为中文譯本写的序

我特别高兴知道我所著"历史上的科学"将以中文出版，这不但是由于我对伟大的中国人民怀着欽佩和热爱的心情，而且因为中国，許多世紀以来，一直是人类文明和科学的巨大中心之一。我深知，对于中国在較古时期的貢献，我的評述沒有能达到眞正公允的地步，但是我曾試图依据我的老友李約瑟（Joseph Needham）博士的淵博学識，对中国的技术、科学和哲学思想，比西方的科学史領域中任何其他作者作出較充实的叙述。我希望我的中国讀者将会扩充我所写的史实并改正我的意見。

已經可以看出，在西方文艺复兴时期——明代初期——从希腊的抽象数理科学轉变为近代机械的、物理的科学的过程中，中国在技术上的貢献——指南針、火药、紙和印刷术——曾起了作用，而且也許是有决定意义的作用。要了解这在中国本身为什么沒有起相同的作用，仍然是历史上的大問題。去发見这个滞緩現象的根本性的社会上和經济上的原因，将是中国将来的科学史家的任务。

目前更重要的，并且使我和你們同样最感兴趣的，就是科学在充滿精力和热誠建設方兴未艾的新中国的历史上的作用。关于这方面，我曾亲眼看見了一些，并且希望在你們解放十周年的节日里将見得更多。我确信，中国过去对技术的这样伟大貢献，将为其将来的貢献所超过。我謹以此书献給将作出这些貢献的人們，希望过去的种种失敗和成功的历史对了解并掌握自然和社会是一把可靠的鈅匙。正是因为現在有了对社会历程的覚醒，人类的历史才眞正开始。

1959 年 8 月，倫敦

貝　尔　納（J. D. Bernal）

关于附註和参考文献

我在本书的初版中，从头到尾避免了在頁的下端加脚註。这第二版才加上少数附註，并用一星(*)作为标誌；如果一頁上不只一条脚註，則再用手劍(†)标誌。这些附註都收集在书末，而以它們的頁次来标出。

文內的参照数目字联系到参考文献，而参考文献也是放在书末。参考文献分为八部：一至七部相当于本书的各篇；八部包括本版所增加的新书和参考資料。参考文献的一至六部又分段，每段內的书和单篇文章都按著者姓名的字母順序排列。

参考文献的第一部分为三段。第一段包含与本著作全部有关的各书連科学通史在內。第二段包含分門的科学史和有关第一篇的各书。第三段列有全书所引用的各种杂誌。

参考文献的第二、第三、第四和第五部各分二段。第一段包含有关各該部的較重要的书籍，第二段則是其余的那些书。

在参考文献的第六部里，第一段包含涉及第十章，各門物理科学方面的那些书；第二段为第十一章，各門生物科学方面的；第三段为第十二、十三两章，各門社会科学方面的。

参考文献的第七和第八部不再細分。

参照数目字的体例如下：第一数指参考文献的部次；第二数指該部內某书的項次；如有第三数目，則所指为該书的頁次。例如 2.3.56 指的是书目的第二部中第三項，即 Farrington 所著 Science in Antiquity 一书的第五十六頁。

应該注意，各参考书名只見于参考文献各一次——在最适当之处。因此，可能本书第二篇的参考书名列在参考文献的第五部中。

致　謝　詞

第一版

沒有我的許多位朋友以及柏克貝克学院（Birkbeck College）教員中我的同事們的帮助，本书就不可能写成，他們都对我有所指教并引导我注意到一些情报来源。

我要特别感謝波荷普（E. H. S. Burhop）博士、爱弥尔·柏恩斯（Emile Burns）先生、柴尔德（V. G. Childe）教授、摩利兹·康福斯（Maurice Cornforth）先生、席德里克·多維尔（Cedric Dover）先生、巴姆·杜德（R. Palme Dutt）先生、爱伦堡（W. Ehrenberg）博士、法灵吞（B. Farrington）教授、費非（J. L. Fyfe）先生、克利斯多福·席尔（Christopher Hill）先生、里来（S. Lilley）博士、莫理斯（J. R. Morris）先生、李約瑟（J. Needham）博士、紐斯（D. R. Newth）博士、魯希門（M. Ruhemann）博士、湯姆孙（G. Thomson）教授和多那·托尔（Dona Torr）。他們閱讀和評論过本书初稿的各章，其后，我就試图照着他們所提出的批評意見把这些章重新写过。不过，他們之中誰也沒看見这部作品的最后形式，所以我在此中所发表的叙述和見解，不能由他們在任何意义上負責。

我也要特别謝謝我的秘书利米勒（A. Rimel）小姐以及她的助手們佛格孙（J. Fergusson）夫人和克来登（R. Clayton）小姐，因为她們助成了这书的技术性准备工作——这是一項繁重的任务，由于本书差不多完全重写过六次——以及这书的索引；还感謝布拉克（M. G. Black）小姐繪制了一部分地图；并感謝瓦德（S. Ward）先生在許多幅图画的复制上給我的支援和建議。

我也要感謝皇家学会（Royal Society）、皇家內科医师学院（The Royal College of Physicians）、伦敦大学（The University of London）、柏克貝克学院、东方与非洲研究学校（The School of Oriental and African Studies）的图书館长和它們的职員，以及伦敦科学博物館的館长和館員。

最后，我要留志我的謝意給我的助手法兰西斯·阿泼拉米恩（Francis Aprahamian）先生，他不懈怠地为本书搜寻并收集了种种参考书、引用文字和其他資料，

并且校对了抄稿和印样。若是沒有他的协助，我永不会企图写作一部如此規模的书。

貝尔納

第二版

在准备第二版时，我得到一些人的帮助，他們指点出一些錯誤和遺漏，并且給了我建設性的建議。其中我特别感謝霍耳登（J. B. S. Haldane）教授和斯泼魏（H. Spurway）博士，雨果·喀迪滋（Hugo Köditz）先生，乃至瓦特京（K. Watkins）小姐——承她費心看出了第一版中許多錯誤。

貝尔納

序

1948年我被邀在牛津大学拉斯欽学院（Ruskin College, Oxford）作了一屆紀念查理·俾耳德（Charles Beard）❶的講演。我选了"社会历史上的科学"作为講題。这是多年来一直使我感兴趣的問題，看来不难于介紹給有理解力而未必有专业知識的听众。当我到了演講时，尤其当我要把講演写成书的形式时，我才开始認識到，我所展开的这个論題需要做的研究和苦心思考比我直到那时为止所已做到的还得多許多倍。但这題目是太令人爱不忍释了，于是我下决心把它抓紧研究下去。这个志願的初步結果就是这本书，我原希望三星期就能把这本书准备好，然而它毕竟花了我两个三年。而且，只是到了現在，我才开始了解科学在历史上的地位問題是些什么問題。

过去的科学家們还可以忽視除了他們的直接前輩以外的其他一切前輩所做的工作，甚至可以把过去的传統当作阻碍进步可能較大而帮助进步可能較小的东西加以排斥。然而到了現在，时代中的种种苦难，乃至这些苦难和科学进展間的不可避免的关联，都使人不得不集中注意力于科学的历史观方面了。要找办法来克服那些面对着我們的困难并解放科学上的新力量使之为人类謀福利而非毁灭人类，那就必須重新考察目前的局势是怎样到来的了。

在最近三十年里，主要由于馬克思主义思想的冲击，才长成了这个观念：非但自然科学家們在其研究工作中所用的那些方式方法，而且連他們在理論性研究途径上的那些指导思想也是社会事件和社会压力所决定的。这个观念受到了多么猛烈的反对，也受到了多么強大的支持；但在这場爭論中，較早的認为科学直接冲击社会的看法却变成比較次要的了。我的目的却是要再来強調，自然科学的进展在什么程度上已有助于决定社会本身的进展；这不仅是在运用科学发見而造成了的經济改变这方面，而且也在由于新科学理論的冲击而使思想上的一般結构所受的影响的另一方面。

可是，不久我便覚察，这么一来所牵連到的便远远不只是制定一份发明和假說的清单，和举出一些例子来証明这些发明和假說怎样影响了經济的和政治的发展。这件事已經被人做过很多次了。現在如果希望得到什么新穎而显著的东西，那么，工作如其少于重新全面考查科学和社会的相互关系，就不能算充分。只衡量科学对社会所发生的影响，就同只衡量社会对科学所发生的影响是同样偏而不全。

---

❶美国史学家，1874—1948，著有"政治的經济基础"等书。——校者

若把探討限于現今时代，也是不够的。假如有待寻求的一切只是工业大革命所产生并从此加快带来的物质变化在生活范型上所发生的那些影响，那么，把探討限于現今时代也許就已經够了。但如果还必須力求发見科学进展怎样改变了人类思想的整个結构，那就也必須回溯到文艺复兴时代关于天的性质的那些大爭論，并从此更远回溯到古希腊罗馬人，因为假若先沒有他們的一些理論，文艺复兴时代的那些大爭論就沒有意义了。

而且除了企图从人类社会的原始起追求全部历史，就沒有旁的办法。此举牵涉到平行地研究所有社会史和經济史对科学史的关系，而这項任务远远不是任何个人以及即使貢献了全生于历史研究的那些人力所能及。一个未在历史研究的技术上受过訓練的忙碌科学家而企图把历史的这个形相認眞而全面地加以分析和陈述，那就簡直是狂妄。然而看起来多少仍有理由，大可以作个初步企图草拟一个概要，即使不过是让这个概要里的遺漏和差誤打动其他較有閑暇和較有資格的人来画一幅更可信的图画。况且，一位年紀較大，因而对于科学轉变和社会轉变两方面各关鍵时期中各項科学运动都亲自經历和甚至参加过的实践科学家，他所处的地位却具有一种补偿性的便利。在执行和組織科学工作以及在目睹平时和战时科学工作被召喚和被使用去达到的各种实用目的上，我确实异常幸运具有直接經驗。

正是在这种經驗的光照下，我企图把其他各时代中科学內部和外部占有优势的种种条件和态度估計一下。这里却不打算貢献一幅在时序上均匀的图画。在本世紀所能目击的科学上的高涨是如此巨大，所能見到的科学的运用是如此迅速和达到了如此的功效——姑且只举青霉素和原子弹两个例子——因而討論二十世紀的科学发展就用了足足半本书。在这里，当代的科学家处在同史学家一样好的地位，而且每位讀者都能凭他自己的經驗来作批評。

本书各处都把科学当作十分广义的来領会，我在其中无論何处也不曾企图削足适履，把它硬塞到一个定义里去。科学在全部人类历史中确已如此地改变了它的性质，以致无法下一个适合的定义。虽則我曾經想把任何可以叫作科学的事物都包括进来，此书的兴趣中心却是放在自然科学和工艺学上了，这是因为按照将要討論的那些理由，各門社会科学在起初都是体現在传統和仪礼里面，只是受了各門自然科学的影响和以它們为范型，社会科学才形成。在本书中时常一再出現的論題是技术、科学和哲学間的复杂相互关系。科学是个中間項目，处于(1)为生活而劳动的人們所树立和所传递的实践，以及(2)一些观念和传統所結成的范型这二者之間，这些观念和传統則是要保証社会的延續、保証組成社会的各阶級的权利和权益的。

科学的一个形相是体系化的技术；其另一形相則是合理化了的神話。这是因为科学起初本是同手艺工人的秘术和祭司的学問几乎辨别不出的一个形相，而手艺工人的秘术和祭司的学問則在大部分的有紀录的历史中一直是互相分开的东西，故而經过了許久科学才在社会里建树了独立的存在。即使当科学在医学、占星术和炼丹术方面出現了它自己的专而精的高手之时，这些人却曾經好几个时代只是一小羣寄生于富有的王子、教士和商人們而生活的人。只是在最近三世紀里，科学才成了一种凭它自己的正当理由而建立起来的传統职业，拥有它的专門教育、文献和团体。到了如今我們这个时代，我們却正目击着一場回到人类早期状态里去的开始，原因在于科学已全面滲透到实际活动和思想的一切形式中，使得科学家、工人和行政者重新会合在一处。

科学的进步在时間和地点上絕不一致。在几个迅速进展的时期之間，隔有更长的停頓时期和甚至衰頹时期。在时間的进程中，科学活动中心曾經推移过，通常是追随而非导致商业和工业活动中心的迁徙。巴比倫、埃及和印度都是古代科学的焦点。希腊成为它們的共同継承者，我們所了解的科学的唯理基础，就是首次在这里建成的。人类思想上这个前进运动甚至不等到古典时代城市国家衰亡之前就已經告終。科学在罗馬沒有多大的地位，在西欧那些野蛮王国更一点也沒有。希腊的遺产回到了它所从出的东方。在叙利亚、波斯和印度，甚至在离得很远的中国，科学新气息都吹动起来，而且在回教旗帜之下形成了一个灿烂的綜合。科学和种种技术正是从这个来源进入了中古时代的欧洲。它們在这里經过了发展，开始时虽然很慢，却終于引起了創造性活动的大爆发，其結果便是現代科学。

一条不曾中断过而且活活泼泼的传統把我們同文艺复兴时代的革命性科学連結起来；不过我們可以在它的发展中分辨出四个主要进展期。第一期集中于意大利，产生了随着雷奥納多（Leonardo）、維薩留斯（Vesalius）和哥伯尼（Copernicus）而来的力学、解剖学和天文学上的更新，就此毁灭了古文明国民在关于人和世界的中心学說上所具有的权威。第二期的进展扩展到荷兰、法兰西和不列顛了，而且是从培根（Bacon）、伽利略（Galileo）和笛卡儿（Descartes）开始和到牛頓（Newton）告終的：它鎚炼成一种新的、数学-力学的世界模型。过了一个中断时期以后，第三期的轉变是以工业的不列顛和革命的巴黎为中心，把希腊人未接触过的例如电学經驗的园地开放給科学。就是在那时，科学才能靠动力、机器和化学品，决定性地帮助了改革生产和运輸。第四期，亦即就規模和功效而論，如果不是就本質上的智力活动而論，在所有各期中最为重大的那一期，就是我們的現代科学革命。我們正目击着一种

世界性科学的开始，这科学是改变了旧工业并創造了新工业和渗透了人生每一方面的。也就是在目前这个过渡时期，我們可以覚察科学是直接牵涉到战爭和社会革命所組成的猛烈而可怕的活剧中来了。

現在明明看得出，科学上这些大时期的每一个时期都相当于一次社会和經济变化。希腊科学反映了受着錢財支配和拥有奴隶的鉄器时代社会之兴起以及衰落。中古时代这个悠长的中間时期，則标誌着还不曾用到科学的、封建式的自給經济之生长以及不稳情况。直到封建秩序的束縛被資产阶級的兴起所突破，科学才能进展。資本主义和現代科学是同一运动中所产生。現代科学进化的各阶段标誌着資本主义經济中相継发生的各个危机。头两个时期同資本主义的早期掙扎和它把自己建成荷兰和不列顛的优势經济制度的初次成功是同时的。第三个时期引进了工厂制，并且好象是預示着进步性的資本主义与科学相联合所要形成的胜利。到了最后一期，資本主义本身已发育过度而且走过了头，社会主义的新形式則正显而易見地爭取着代替并接管資本主义，以便照着它自己的方針来运用經过了証明的科学力量。

不过，这样写只是开始提出問題。所列的社会发展和科学发展間的这些粗糙方程式，引起了一个中心問題。每一次社会变革影响了科学的詳細情形是怎样的呢？古代雅典的科学、文艺复兴时代佛罗稜薩（Florence）的科学以及十八世紀伯明翰（Birmingham）和格拉斯哥（Glasgow）的科学，此三者各自的促进动力和花样翻新是什么东西所賦予的呢？在相反的方面，那些时代和那些地方的科学家們的成就，怎样影响了与他們同时的人的工业、商业、政治和宗教呢？这功效之中有多少是永久的，多少是一时流行的呢？这些都是我所考察而且企图作出答案的問題。

在如此去做时，我曾試图考虑到尽我所能那么多的有关因素。我曾試图决定和描述每一时代的技术上的可能性和局限性，以及推进和巩固那些已造成的进展所需要的經济鼓励的程度。但是，各次进展都不是非人的力量而是生活着的男男女女們所完成。他們的生活和生計、他們的动因、他們同当时种种政治运动的关系，都是必須考虑到的。此外还必須从他們的工作和著述来估計一下，他們从旧传統或从当时热烈的爭論中所吸收来的那些观念把他們促进到什么程度或促退到什么程度。

在每一次轉折中，趋向于把科学促进的力量同趋向于妨碍科学的力量之間的这种冲突总是占显著地位。我們能发覚，每当关鍵性进展开始时，积极的促进力量就突围而出，而在进展終止时，那些自矜博学的和蒙昧主义的促退力量就又兴风作浪。不过，每一种个别局势里的环境都有所不同，要求分别考察。

期待为科学发展上的关鍵性事态找出任何簡单解說,那是荒謬的。虽然这样,先单单把社会、技术和科学因素間的关联闡明,总应該足以导致更进一步的研究和更深刻的、即使不够系統的了解。我自己明白,这个对于过去的回顧已經不可避免地影响了我对現在的理解和对未来科学所要走的道路的想法。誠然,在科学中也許比在人类事业的其他任何部門中,进步更有可能,而且不需要任何历史知識就已經确实大大有了进步;但这种知識是必然要影响到科学的未来方向和路綫的,而且,如果我們讀透了过去給我們的教訓,进步就会更快和更有把握。

这本书代表把过去所能給我們的某些教訓按次序記下来的首次企图。它不是,也不打算是另一部科学史,虽則把这种史实再多多摆出一些和更多地征引一些是很必要的。此书的目的是要通过科学在一些經济改变上的效应,或者通过它在当时統治阶級或在正奋斗着推翻这些阶級取而代之的人們所持的观念上的影响,来表出科学对历史上其他各方面有些什么影响,不論是直接的或間接的。但是我們将会看明白,这些影响极少是輪廓鮮明的,也并非通常是单方向的。政治家們和神学家們自以为从科学思想的最近形态所采取的那些观念,都常常只是他們所属的阶級和时代的观念而反映在处于同样社会影响下的科学家們意識上的。牛頓和达尔文(Darwin)对不列顛的影响大部分就确实具有这种特征,但这并不妨碍他們成为革命性的科学家,假若他們处在别处另一种社会背景里的話。

我对科学在社会历史上的相互作用追究得越多,它們就显出交織得越紧密。我这才开始有点認識我所企图进行的任务巨大而又錯杂,和絕对不可能同时拿出一幅既十分有說服力而又能一目了然的图画。如果我收入本书的东西不够多,我将被責为用現成的答案来充数;但如果我收入太多的东西,却会使讀者在一堆細节目中失掉头緒。我曾寻求我所能找到的最好的折衷办法,但我已設法写成的书同我原定計划要完成的工作一比,就显出文献引用得不足,論辯也不够严密。它所要做到的程度只是使讀者能够追随书中所踪跡出来的历史途径。我希望讀者們与其附和我的任何特殊結論,不如用一种新方法去对待历史,作出他自己的发見,并构成他自己的理論。

篇幅和时間都有苛刻的限制。我写的必須是一本书而非一部百科全书,并必須在一定的几年以內結束它。这些事实以及另一事实——即我从来找不到任何連續的长段时間来写作,而只好忽而利用零碎余暇把它拿起来,忽而又把它擱下去——合起来造成了书中的某些缺点,而对于这些缺点,我比誰也心里更明白。我明知这本历史在細节上充滿了遺漏和錯誤,这些都是假使我有时間和学力来发掘并处理,就可以糾

正的。我希望有警惕心的讀者們指出这些遺漏和錯誤，不要只因为他們在自己特别精通的园地中发現我走錯了路就抛弃全书。我所必須希望的是，关于已成立的事实的錯誤，以及由記录断缺所生的其他錯誤，都不会基本地影响到我所支持的那些論点的眞实性。沒有一位科学家能够保証，而且他也不能够眞正想保証，他所下的判断永远不会被顛倒过来。他所能希望的一切只是，而我所希望的也只是，已經建立了某些事实与另一些事实間的足够确实和显著的联系，备旁人用作基础去寻找新事实和新联系，即使这位科学家先建立起来的这些联系后来被人推翻也不要紧。

本书的編写計划原是按本书所由之而来的講演的計划而决定的，但每一次演講虽是先各自成了一章，継而却又扩大为包含若干章的一篇。导言章(第一篇，第一章)提出了主要的問題，并大致討論了科学的性質和方法，以及它在社会上的地位。由于它的性質有点抽象，不妨向非科学家們建議先把它搁起，等讀过了历史的和叙述的部份才讀。組成本书前半本的第二、三、四、五篇，其中各章講的是从人类社会的黎明起，到二十世紀的傍晚止的整个历史范围。第二篇，即第二、三、四章，講科学怎样从它在技术和社会习俗方面的前驅者中露头，一直講到它怎样在古希腊人的手中完全的定形化。第三篇，即第五、六两章則講科学和技术在回教国和基督教国家中的恢复和慢慢生长，直到中古时代之末。

只包含第七章的第四篇，講現代科学在文艺复兴这伟大革命时代中誕生。文艺复兴时代告終于十七世紀，其时出現了更新的科学，密切联系着年輕力壮、奋发有为的資本主义。第五篇，即第八、九两章，主要是記录在資本主义称霸的时期直到十九世紀末年幻想的黄金时代为止，那已經树立起来的科学如何传播，以及它如何参加了工业上的变革。

第六篇差不多全部用在二十世紀上，而且大部分用在当前的科学和政治上。它的分章不按照时序而按照主題。第十章講各門物理科学連同电工业和化学工业的生长，以及不論是坏还是好的氢弹这項終极成就。第十一章講各門生物科学和它們对农业、医学和战爭的影响。第十二、十三两章进入了各門社会科学这个有爭論的园地，而为了显示連續性就必須把它們回溯到本世紀的界限以前。在所有从第二到第十三講历史的各章里，設計是首先陈述每一相継时期內的社会发展和科学发展，然后表出二者之間的关系。最后一篇，即第七篇的第十四章，企图用眼睛看着将来而总括全部历史，并从其中抽出結論。

本书的范围显然是包罗很广的，但为了得到本书目的所在的結果，这样做是必要的。只作局部的叙述必定会把想陈述全景的主旨丧失，因为这样来做就不可避免会

失于追究在那些被略去的部分中被認为当然的东西。甚至于把久远而不能确知的起源抛弃掉也不行，因为，象我所希望表出的那样，在我們当今的科学上以及在它对社会的关联上，好多幽昧和难說通的东西都只是以那些极古时代流传下来的态度和制度为依据。

这里不須再多写了。我是否完成了我动手去做的事，以及这件事在什么程度內值得做，本书自身是唯一的測驗标准。

1954 年 4 月，倫敦

貝 尔 納

第 二 版 序

一个主要是历史性的而且第一版刊行了还不到三年的作品，其第二版本应該正常地不需要著者多說什么話。但是，由于这书大部分关系到当前世界，这三年来的变化就不得不要求相当数量的增补和修改。何况科学史本身并非停滞不前；这一小段时程中出現了一些新事物和新解释，而这些新东西連同我的批評者們的中肯的評論，都必須加以考虑。为了不至于过分增加本书的篇幅，我已删除了一些次要的資料，以便把較近的发展包括进来，而且把若干較詳細的情报作为一系列附註收容在卷末。

初版写成以后，国际事情主要已傾向于把紧张状态緩和下来。我依然覚得，这种傾向是如此根深蒂固并如此能符合大众的需要，它很可能在 1956 年秋季諸危机的紧张局面过去以后継續存在下去。因此，在把初版中原写于冷战最尖銳的时期的有关部分加以重写时，我抱着世界会安定下来在和平中发展經济和科学的希望，試图表达了科学所具有的建設可能性。

由于斯大林逝世后所发生的那些大轉变，我大部分改写了講苏联和它的諸邻国的那一大节，照着可以得到的情报尽可能糾正了初版中的錯誤。我还多少加添了些材料，都是关于亚洲和非洲前殖民地国家的显著的成长以及它們作为一个中立国家集团所具有的影响的分量的。

尽管有这一切向和平方面走的发展，战争威胁却并不曾消灭。关于裁軍或禁止核武器都不曾达成协議。从近来透露出的关于氫弹战争所能产生的毁灭规模之大来看，我們如果沒有和平，地球上就一定不会剩下什么科学、文明和人类。这項新知識，使得講"战争和科学"的那一大节文字必須改写。

对比着这些最惊人的发展，科学在积极方面的远景現在却清楚得多地进入了視界。把原子能用在和平目的上是一項已成的事实，且已显而易見，只要不发生战争，那么原子能在目前原子裂变或作为热核能的形态下，不必等另一世代过去，便将提供已往人类从未享有过的动力和財富。为了运用这种动力，以及废除那些把人类困在田野和矿山、工厂和办公室中的单調工作，現在我們有了自动化設备和各种电子計算机。

这些物质成就只不过表現了，在处理一些自身就能使人神往而又对于人类直接有用的問題上，研究工作所能具有的力量。物理学和生物学在最近三年里有了一些

巨大的进展，我們看来正面临着一些关于物質結构和生命构造的新鮮、伟大而光輝的理論即将出現的前夕。

現在成为显而易見的了，今后必須用更大得多的力量去研究并教授科学和工艺学，而且新时代的利益只能由一輩新的、受到全面教育的民众来爭取和享受，不再受阶級或种族的限制。科学太重要也太危险了，不能只交給几个人掌握。

如果不改变政治和經济諸制度，这些巨大变化却不可能发生。某种爭执是不可避免的，但再也不能让爭执演成战爭。关于世界上怎样才能沒有战爭的种种問題，都还摆在我們面前。在今天，人們正花費力量去保持現有的不平等状态，去把世界大部分人放在飢餓边緣上而只让相当少的几个人去享受一种局限的、虛妄的、而且处于惊吓下的繁荣。但是这股力量如果加以适当的引导，就意味着在几年之內会使人們全体都享受到更大得多的繁荣。应該让那些靠爭夺和欺騙，在一个匱乏的世界里替自己多取得一点东西的人們認識清楚，一个丰足的世界已經是一請就到的了。

科学在鑄造世界的未来上能起决定性的作用，已經不成問題。为了明智地运用科学，就科学同社会的关联来研究科学史是依然有价值的。

1956 年 11 月，倫敦

貝 尔 納

目　　录

第三篇 信仰时代的科学

第四篇　現代科学的誕生

第五篇　科学和工业

第六篇 現代科学

第七篇 結　论

插图、地图、表等目录

文中插图

图　　版

地　　图

表

第一篇

科学的出現
和
科学的特性

第一章 导 言

本书試图叙述和解释科学发展和人类历史中其他各方面发展的关系，而最后的目的則是要闡明因科学冲击社会而引起的若干主要問題。从物質方面来說，我們今天所見到的文明，如果沒有科学，是不可能的。从知識和道德方面来說，其与科学的关系亦同样深重。科学思想的扩展对人类思想的全部形式的改造已成了一个决定性的因素。特别是在我們时代中的种种冲突和种种企望的局面中一切都是不断地和日益增进地牵連到科学。生存于世界的人类，畏惧被原子弹或細菌武器所毁灭；希望能应用科学于农业和医药以改善生活。目前世界上已經分出了的两个陣营，就是一个例証，显示科学使用上的两个不同目标。这两个陣营的亟待調和，部分地也是由于科学的战爭的災害性和自杀性。

越来越坚定地摆在面前的是随着事象进行而来的与科学有关的問題，如同：科学在社会上的适当运用、科学的軍事化、科学与行政的关系、科学秘密、科学的自由性以及科学在教育方面和一般文化方面的地位等等。这些問題应如何解决呢？如果根据已經認可的原則或自然明白的道理来企求解决上列种种問題，則只有造成混乱。例如科学家对于科学传統的責任以及科学家对于人类或对于国家的責任等类問題，将得不到明确的解答。在变化迅速的世界里，若是原封不动地搬用一去不复返的旧社会的一套观念当然是无多大希望的。但并非說这类問題即无法解决而逃不了陷入今日資本主义国家的知識分子所特有的无能为力的悲观主义和不合理的見解。[1.30] 問題終于必須解决的，至于实际解答方式則是寻求如何最和諧地利用和发展科学使对人类有最好的結果。在若干国家里已經累积了存心专用科学于建設和福利事业上而得来的經驗。即使在英国和美国，在备战和战爭中使用科学的經驗已經教育了科学家們，使他們对在和平中能作什么有所体会。[1.2.285]

单是經驗还嫌不够，而且經驗永不能独立发生作用，故势必致有意識地或无意識地把从人类文化的一般积累所吸取的理論和态度作为引导。若仅就其为无意識的来說，这样依靠传統将会是盲目的，并且只会引致把过去尝試过的但因环境改变而行不通的解决办法再重复一次。若仅就其为有意識的来說，就必須对科学与社会的全部关系有較深的認識，为此，首先需要的是科学史知識和社会史知識，比起所有其他人类建制来，科学更需要发掘过去借以了解現在并控制将来。

这样的主张，至少到晚近为止，很少会被进行业务的科学家所拥护。在自然科学

里，尤其是在物理科学里，有一种坚持的意見以为現时的知識代替了并胜过了所有已往的知識，更承認未来的知識将废去目前的知識，但在現阶段則目前的知識仍是最有效的，所有已往知識中的有用部分都被吸收併入現时的知識，被抛弃的只是无知的錯誤而已。用亨利·福德（Henry Ford）的話，簡单地說："历史是废話"。

幸而越来越多的現代科学家开始認識到忽視历史的后果，随同地必然認識到忽視科学在社会上的地位的任何明智体会的后果。科学家，侭管享有一切威望，只有具有这种認識才能拯救他們自己不致于被捲进善用科学和誤用科学的当代大話剧里。成为棋盘上盲目而无可奈何的小卒。实在地，在不久的已往，科学家和一般羣众一致相安无事地、安逸地相信利用科学自然而然地导致对人民福利方面不断的改善。这种观念不算甚为陈旧的观念而是罗哲尔·培根（Roger Bacon）（186 頁）时代的具有革命性的和危险性的揣測，并且首先由三百年后的法兰西斯·培根（Francis Bacon）（250 頁起）予以滿怀信心的拥护。由于工业革命带来了科学和制造业上的伟大的前进的变化，然后这里所說的进步这一观念成为維多利亚（Victoria）时代又巩固又垂久的眞理，几乎成为老生常談了（387頁）。但是，在目前兇殘而紧张的时代，情形当然不同，看起来科学的威力不大能直接保証和平事业的不断进展而好象是将要把地球上的文明甚至連生命一併扫灭。連在这里都不免生下疑虑，而某些新馬尔薩斯主义者还担心到医救病人在人口过多的地球上也是一种威胁（541 頁）。

不論是有利或有害，今日科学的重要性不必強調而知其必然。也就是由于它的重要，所以必須了解它。我們整个文明就很快地被科学改变着，而且科学正在不断地进展；不象已往那样稳恆不易察覚而是快速地突飞猛进，有目共睹。在我們这一代的岁月里文明的結构已經有了巨大的变化，而今后逐年中的变化还要逐步加快。要了解这一变化怎样发生，单是知道目前科学的作为还嫌不够，更須要了解目前的状态是怎样形成的，科学是怎样受了已往社会逐步变形的影响，以及科学本身又轉而如何范造社会的。

有些人認为既是科学越来越多地影响我們的生活，当然科学家就能有效地掌握着組成文明的机构，因此科学家对于現代人类中的罪恶和遭受的災难要直接地負大部分責任。可是担任实际工作的科学家大都很明了，这个信念同眞象是相去不可以道里計。科学家工作成績的运用，几乎完全不由科学家自己掌握。因此，科学家的責任純粹是属于道义方面的。科学传統却重視不計利害的探寻眞理工作而不管它会引起什么后果，所以連上述那种道义上的責任通常也被推諉掉。我們后来将要看到（387 頁），在大致由于有了科学，一般的社会进步尙能占优势的日子里，这种輕易的

推諉还算說得过去。在这种日子里，科学家尙有一定的理由不自外于当时的經济路綫和政治路綫，并且能庆幸自己不受干扰，在他所自由选择的道路上进行。但是現在面对着越来越穷困、痛苦和恐怖的世界，其中科学又越来越直接地牵涉到战爭里較殘酷的方面去，这种推諉的态度就开始站不住了。在今日的世界里，科学家的道义責任是难于卸脫的。

若要換一条路，不是不負責任而是較有意識地和較主动地对社会負責，这样在一方面，科学是很明显地对于工业、农业和医葯等方面的計划能有貢献，科学家是能充分贊同这些方面的目的的；而另一方面，科学可以經过扩展和轉变而成为全世界人类生活和工作中不可分割的一部分。

目前科学刚刚开始从对社会不負責任轉变到对社会負責。至于轉变的性質和指导方針，則尙未完全規定，这一轉变，仅仅是从以个体所得为动力的經济变到以全民共同福利为目标的經济的社会大变革中的一个方面，然而是极关重要的一个方面。这将是全部人类历史中最重大的轉变之一，又因为此中包含有巨大危机，同时也有无限美好的可能，所以对它預先充分討論和彻底了解，是有其极端重要性的。这样的轉变須要經由最好的途径来完成，在轉变中的每一阶段更須要很明智地运用科学，而这就是为什么要研究过去科学和社会关系的最有力的理由，因为只有經过这样的研究才能得到充分的理解。

科学的形相

在这个研究开始之前，先要談一下科学的意义和范围是什么，当然，最自然和最方便的方法好象是从科学的定义开始。丁格尔（Dingle）教授在广泛評論[1.24]本人所著"科学的社会功能"一书时，曾要求这样做。按照他的主张，著者应該一开始就

> 标明这个現象，并且俍可能地明白叙述这一現象本身在已往是什么，而不牵連到它可能有什么功能或者对其他各現象可能有什么关系，然后进一步研究它在社会生活上已占有或可能占有的地位。

但是，凭著者的經驗和知識我深信这一途径是无益的，是空虛的。科学的历史是相当长，在这历史中它所經历的变化又相当多，在在都和其他社会活动相連結，因此，企图成立定义的尝試俍管很多，但只能多少不完滿地表出整个生长过程中某一期所存在的形相之一，而且往往只是一个不重要的形相。爱因斯坦（Einstein）[1.26]对于这一观点的个人見解是：

> 科学作为一个存在的事物和完整的事物来看，是人类所知的事物中最客观

的。但科学在形成中，和作为追求的目的来看，却如同人类的其他部分一样，是主观的，也是受心理的制約的，惟其如此，以致对于"科学的目的和意义是什么?"这一問題的答案，因时代不同和来自各种各样的人，就很不一致了。

这一人类活动本身只是独特的不能重演的社会进化过程中不能分割的一个形相，对于它定义这一概念并不严格适用[1.4](648 頁)。

正因为它本身的性质，科学比任何其他人类事业要善于变化。科学从作为人类最近諸成就之一来說，更是变化得最快的。科学也久已不是单独存在的。在文明开始放光时，科学仅是术士、廚夫或鉄匠的工作之一形相而已。直到十七世紀科学才开始建成独立的地位；这种独立或許只是暫时的形相。至于将来，科学知識和科学方法就許很会如此普遍地滲入一切社会生活中，以致科学又重新不独特地存在。因为科学本来不能用定义来詮释，故而对于这本书中所作为科学而討論的东西，必須用广泛的闡明性的叙述来作为唯一的表达方法。这也就是此后各章的任务，但作为詳細处理前的一条綫索起見，先将当代科学所取的一些主要形相，試行簡略分析如下。

科学可作为 (1.1) 一种建制；(1.2) 一种方法；(1.3) 一种积累的知識传統；(1.4) 一种維持或发展生产的主要因素；以及(1.5) 构成我們的諸信仰和对宇宙和人类的諸态度的最強大势力之一。在下面 (1.6) 要討論科学和社会的种种相互关系。把科学分为多种形相，并不等于說有这么多不同的"科学"。在任何历史悠久以及关連和范畴广泛的概念上，形相繁复，参証錯綜必然成为定則。因此，科学或科学的等字样，按照运用的联系就有若干不同意义。丁格尔教授曾不怕麻煩就作者写作里查得十种意义。其一，拿科学和实际应用的工程学对比，認为在应用程度上有差别；又其一，把科学驗証方法和对新发現的直覚認識来对比。这些都是科学一名詞的富有意义的用法，但如需要从它們抽取完整意义，就应在科学发展的一般图景里联系起来。在以上所列各形相中，科学作为建制和作为生產要素的二种形相，几乎是专属于現代的。科学方法以及它对于信仰的影响，最少已見于希腊时代。至于知識传統則是由父母传給子女，由师傅传給徒弟，这就成为科学的眞正根源。知識传統自从人类史的最早时期起，远在科学够得上称为建制，或脫离常識和传說而演变成为一种方法以前，早就存在了。

1.1 科学作为一种建制

科学作为一种建制而有以几十万計的男女在这方面工作的这类发展，才不过是最近的事。到二十世紀时，科学职业的重要性始能比得上早得許多的宗教和法律两

职业。我們正在認識科学对医葯和工程，虽有联系，但有所不同，同时医葯和工程本身依靠于传統的地方在減少，而被科学渗透的地方在增多。科学和种种专門职业联系得越来越密切，这就已趋向于加深科学和各項普通社会职业間的分离。在以后各章内，将詳为补叙此种分离的起源，以及其对科学的經济功能的依賴。目前只須引起讀者注意一件事实，就是这种分离在資本主义国家里最为显著。今天，許多在科学传授局外的人把科学看作是某种人卽所謂科学家者所进行的活动。科学家这一名称的年龄并不太大，1840 年休厄尔（Whewell）的"归納科学的哲学"书内首先采用"科学家"字样。休氏說"对于一般培植科学的人很需要予以命名，我的意思可称呼他为科学家。"这般人被看作相当与人分立的：有些在隐蔽不开放的实驗室里使用古怪的仪器在工作，另有些从事于复杂深奥的計算和辯論，他們所用的語言只有和他們共事的人們才能通晓。这种情况的发生是有些理由的。儘管科学愈益滋长，又影响人类日常生活越来越多，另方面却沒有变为使人們愈益容易理解。好些門科学里的实际工作者积久以来，不知不覚地进到了一些領域里去，发見必須創造专門語彙来表达所发見的种种新事物和新关系。卽使对于工作中較饒兴趣的部分，他們也大都不肯費些力来譯成寻常語言。科学已具有专門职业的特征如此之多，包括长期訓練和习艺在内，因此，大众看来，識别一个科学家比識别科学本身来得容易。实在地，科学家的所作所为，就成了科学的一种簡易定义。

作为集体的和有組織的机体的科学建制是一种新兴制度，但仍保留当日科学由个人单干而推进时已經具有的那个經济特征(237 頁)。科学和其他所謂自由职业不同之处，是科学工作并非馬上直接有經济价值的。律师的声辯或判断、医师的診病、牧师的証婚和精神慰借、工程师的設計桥樑或洗衣机等类的服务，都是人們乐于当場致酬的。其所以称为自由职业是因为可索取市面上所能付出的酬报。科学的各样个别生产，除某些立可应用者外，不能出卖，纵然总算起来，又在比較短时間內，靠結合到技术和总生产上去，可能比其他一切职业綜合起来还会带来更多的新財富。結果，如何生活这一个問題总是使科学家首先关心的第一件事。过去因这問題难以解决而主要地阻碍了科学的迈进。今日情形仍然如此，但不如前之甚而已(704 頁)。

在早期，科学大都是有財有閑者或那些較旧职业里小康分子的兼顧的或余閑的事业。职业的宫廷占星家兼做宫廷医师的比不兼的只有多而无不及（162 頁）。这就必然使科学成为上层或中层阶級的事实上的专利。各項科学劳績和科学收获最終都来自种种社会建制和社会传統，其中包括科学建制本身，在此因时代前进而越来越重要。如此說法对科学不一定是貶抑。至少在今日科学軍事化竞爭之前，科学所依傍

的社会指导原是一般的，也是不苛求的，并且实际上会帮助善于想象者，逼他集中注意力在可以获得的經驗中的某些限定方面上。例如，不久将讀到(273 頁)，探求經度就是十七世紀和十八世紀物理学和天文学上一种有开发性的社会指导力。二十世紀里寻求抗生素亦属同一情况。

如果因为科学能增加私人利益，能产生破坏力，科学在社会里方才得到重視的話，那末，这样造成的障碍和倒行逆施才是科学的眞正貶責(465 頁起)。然而有些科学家看到这样一些目的，就是他們生活在其中的社会支持科学的唯一理由，又因为他們想象不到还有任何其他社会，就自然而然堅信科学所受的一切社会指导必然全是恶的。他們热望能回到理想境界，純粹地为科学本身而研究科学，但是，这样的境界事实上从来不曾存在过。哈第(G. H. Hardy)对純粹数学所作的定义是："这門科学并无实用；就是說，它既不能用来直接促进生命的毁灭，又不能加剧目前財富分配不均的諸現象"；連此說在事实面前都已成为謊言。原因是，在上次大战中和战事后，由于研究純粹数学，照样产生了这二种結果。事实上，科学家个人在工作中从来就逃不了密切联系其他三种人，即是：恩主、同事和羣众。

所謂恩主，不論是富有的个人、大学、公司或政府部門，它的功能就是供給錢財，使科学家能生活和能工作。恩主作为交换条件的是对科学家的实际工作，要参加自己的某些意見，如果最后目标属于商业利益或軍事成就，那就格外要这样。只有工作属于慈善性質或是为了追求威信和标榜自己时，他才会显得稍为放松；在这样情形下，他所要的結果，只須足够出风头而又不太引起麻煩就行了。

在社会主义社会里，恩主的作用是代以各級人民政府机构，从工厂或农場实驗室到学院的机构，因此，在过程中根本上起了变化。因为这样的政府能够，而且确乎必須，采取久远的观点，所以科学家的工作就被承認有本質上的价值。支持和推进科学工作的費用，就成为国家或地方財务的首要支出。反过来对科学家就要求能了解本身对社会的責任，这就是按照改造社会的計划合作起来，更兼顧长期和短期工作条件妥为安排，来获取最好的成績。

一般說来，科学家必須把自己的計划"卖"給恩主，但除非至少有他們所隶属的各机构和学会中共同合作的若干科学家的默認支持可以仰仗，否則就未見得办得到。这些团体的責任是維持科学的学术地位。但除了在科学已有計划的場合而外，对于判定哪些科学領域应加研究，以及应作工作的多寡，并不操有，也不能操有很多主动。

归根到底，科学的意义和价值的最后評定是出于人民。当科学为选定的少数人所神秘地把持，就必然結合到統治阶級的利益上去，因而断絕了由于人民的需要和

才力而引起的对科学的理解和鼓舞。斯普剌特（Sprat）主教在所著"王家学会史"（1667）里面自己提出問題一則：为什么"人腦所創的科学經过如此的盛衰变迁所受的損害程度要比人手所創的藝術所受的更为严重?"他的結論是說因为他們曾被"哲学家自己逐出世界……假使起初就使科学多和感覚打交道，更在人道生活中各方面作好亲切的帮助工作；无疑地，在最活跃而最愚昧的时节，人类当可想到保留它是很有必要的。它很可能也同耕田、种花、烹調、鍊鋼鉄、捕魚、駛船等技术，以及許多必要的手艺等都逃避了野蛮人的盛怒。"此外，如果再加上象資本主义发展中較后几个阶段整个时期里那样，把科学用来加剧手工操作程度，造成失业，引起战爭，那就必然增加劳动工人对科学的猜疑和仇視（320 頁）。如此发展的科学是有限制的科学，这若比起了当科学成为全民运动中被了解、被重視的部分后的那种潛力，甚至还不够半科学的程度。

只有从存在于早先一些建制中的科学根源开始研究，才能充分了解科学建制。更須研究它所經过的一切变化，尤其是属于近年的，此外必須指出，作为一种建制，科学对其他一些建制以及社会上一般动作，是怎样相互作用的。

1.2 科学的方法

科学建制是一件社会事实，是由人民团体通过一定組織关系，联系起来，办理社会上某些业务。对比的講来，科学方法是从这些事实抽出来的。但科学方法有被認为是一种理想的柏拉图形式的危险，好象是寻求自然的眞理和人的眞理只有一条正路可走，而科学家的唯一任务就是覓到这条路而順着走。但是全部科学史連同其中多样新方法不断发展，就否决了这个絕对概念。科学方法不是呆物，而是一个不断生长的过程。如若看不到科学的社会性，尤其是阶級性，和科学方法的更密切的关系，就无从考虑科学方法。所以，对科学方法如同对科学本身一样，就无从給予定义。科学方法是由許多操作組成的，有些属于脑力，有些属于体力，这类操作在以往已发現来引导人类去規定、寻求、試驗并运用社会发展任一阶段中一般值得問的也是能答复的問題的答案。在远古时代，能答复得有用的問題大部分属于几門数理科学范围，如天文学、物理学等。至于其他一切領域內，仅有凭經驗获得和經技术用途保証的一些特殊結果。在較晚的时期，科学方法被应用到化学和生物学方面，并得到修正。到了現代，我們才开始明白如何运用科学方法于社会問題方面。

科学方法的研究进行以来已比科学本身发展起来慢許多。科学家首先是发見新事物，継而沉思发見的經过，但頗少見效。遺憾的是大多数有关科学方法的书笈的作

者，虽有哲学天才或甚至数学天才，但并非实驗科学家，而且严格講来，并不知道自己講些什么（425 頁起）。

观察和实驗

做实际工作的科学家所用的一些方法是从日常生活諸方法，尤其是手工业所用諸方法，分离而演化出来的。你首先查看一下任务，再做些試探，看能否行得通。說得更学术化些，我們从观察开始，再継以实驗。任何人不論是否科学家，都观察事物；但重要的是观察些什么和如何观察。科学家和艺术家不同的意义就在于此。艺术家进行观察，是要通过个人經驗和感情，把所看到的轉变为新穎有召喚力的創作。科学家进行观察，为的是要尽量脫离个人情感而寻求諸新事物和諸新关系，但这不意味着說科学家不应該有有意識的目标。远远不是的。从科学史来看，凡要发見新事物，几乎必先具备一个目标；而且常以实用为主要目标。这句話的眞实意义是：要在这个对于最富情感的呼吁都充耳不聞的非人类的世界里达到它的目的，愿望就必須听从事实和定律。

分类和量度

朴直的观察，經过若干时間产生了分类和量度这二种技术。这二种技术当然都比有意識的科学早得多，但在今日却有了很特别的用途。分类法本身是走向了解成羣新現象的初步。这些現象須要先按次序安排，然后才談得到对它們有所作为。量度只是安排次序以后更进一步的阶段。計数是拿一个集合对比着另一个集合来排出次序，最后对比着手指来数。量度就是数出所要称或要量的数量，能够和一个标准集合的数目相平衡或成序列。量度一方面連結科学和数学，另一方面連結科学和商务与机械实践。通过量度才能将数字和形状归入科学。也正是由于量度，才能确切地指出必須如何进行，始能再生出已知的条件，而获得所希望的結果（65 頁，98 頁）。

科学的活跃形相就出現在这里，就是“实驗”一詞所表征的形相。顧名思义，实驗只不过是一种尝試，而早期的实驗是照眞需要那么大的規模做的。一旦引用了量度，不仅可以准确地重做已做过的尝試，还可以多少大胆些进行小規模实驗。現代科学的主要特征就在于能做小規模实驗，或模型实驗。实驗規模改小，就可同时多試許多次，而費用更便宜得多。此外，应用了数学，从多次小規模实驗中获得的結果，要比一二次費功夫費錢的大規模实驗的結果更有价值得多。所有的实驗都可以归結为两个很簡单的操作：先分开和再合攏；或者用科学的术語，分析和綜合。除非把一物或

一过程化整为零,就只能对未分开的整体作观察,而不能有其他作为。若非再聚零为整而仍能使整体照旧有作为，那就无法得知在分析中是否已添进新事物或已遺漏某事物。

仪　器

为了实現这些操作,科学家經过許多世紀以来,陆續配备了他們自己的全套应用的物質工具，就是科学仪器。这种仪器并非任何神奇的东西，只不过是生活中常見的器具移作很特别的用途而已。坩堝只是罐，鑷鉗只是火箸。但科学家所用的器械常有回到生活实用方面,而轉变为有用的器具。例如,現代的电視机，在不久以前原是为了測定电子質量而設計的阴极射綫管，本是道地的科学仪器。科学器具滿足两个主要功用之一:作为科学仪器的,例如望远鏡或传声器，能用来扩充人們对外界的感官知覚,并达到更精密的地步;作为科学工具的，例如微动操縱器、蒸餾甑或培育器,可以用来有控制地推广人們对周围事物的发动性的操縱。

定律、假設和理論

实驗所得的結果,或許更应說是构成实驗的操作和观察两方面的混合物的結果,产生了科学知識的整体。但这个整体并不仅仅等于这样一些結果的清单,否則,科学很快便变得尾大不掉且令人难懂,不亚于作为科学起源的自然界本身了。在这些成果能有任何用途之前,甚至常常在能获得成果之前,必須按照种类和关系，把它們放在一起,可以說是成为綑束,而这类工作就是科学的邏輯部分的功能。人类爭論科学問題，运用符号和公式較早阶段还只用些名称，就进而不断地創立了多多少少融会貫通的結构,就由科学定律、原理、假設和理論合成的結构。这并不是終点阶段。科学正是由此継續萌发，因为科学的諸多实际用途就从这类假設和理論产生。如果在实际用途方面都属有效,它們更引起一些新观察、新实驗和新理論;而遇到无效时,引起得甚至还要更頻繁。实驗、解释和应用三者并肩前进,而从三者相互关系中构成科学的有效的、活的和社会的三个主要部分。

科学的語言

在观察实驗和邏輯的解释的过程中,长成了科学所用的一种語言,或者应該說若干种語言。天长日久,科学語言变为科学所必不可少的,如同具体的仪器一般。也象仪器,这些种科学語言在本質上并不奇特。它們从普通习用語上派生出来,又常回到

来处。如英語循环 (cycle) 一名詞,在希腊語作 kuklos, 意义是輪子, 但若干世紀来, cycle 一詞都是用作周而复始的現象的名称,是个抽象名詞,后来才重返大地,用来称呼双輪脚踏車 (bicycle)。为避免和通用字义混淆起見,就采用現已不流行的希腊語和罗馬語里十分普通的詞, 而得到极大便利。希腊科学家很苦于不能寻到現成希腊語名称,而只能迂廻地使用本国普通語言。例如把顎下腺說成"在顎下象橡实状的核"。采用这种办法,虽能帮助科学討論得更清楚,更簡括,但有不利的一面,就是造下一系列的专門語言或行話。它們有力地、有时故意地,使科学和常人远离。不过这种障碍决非必要的。科学語言太有用, 不容学的人存心抛荒。一旦科学观念, 在日常生活上,变成也象科学器具那样熟識的附属物后,科学語言即能也即将滲入普通語言之中(705 頁)。

科学战略

前面討論科学方法时一直只限于可称为科学进展的战术那一方面。这主要是解决問題的一法,也要做到能够合理地肯定所得結論令人滿意。但是,显然地,单凭它自己,不够解释整个科学在长期中的进展情形,必須一談相当于科学战略的某些事情,才能完成这幅图景。当然,科学并不絕对需要有意識的战略以求进展。在較早时期,科学的指导确实并无任何久远目标。然而,我們将認識到科学进展的路径并非偶然的,必有类似所謂战略的东西随时在起着作用,大部分是无意識的,但有时又是有意識的。

发見新事物所用的战略有它的主要特征,就在决定待决各問題的先后选择順序。事实上, 認出問題比解决問題还要难得多。前者需要想象力, 后者只要巧智。科散比(Kosambi)把科学解释成为对于必要性的認識。这就說明前一句話的意义。事实上, 科学的总进展, 是在进行解决某些問題时才发生了的,而这些問題, 第一是由实在的經济需要提出的, 第二才从更早的一些科学思想上发生。在任何一个指定的时期,通常有一套挑战性的問題,如把代尔菲 (Delphi) 祭壇体积增至二倍, 就包含开立方根的問題,或如測定經度而引出牛頓 (Newton) 三定律,或如法兰西因医治蚕瘟而帮助了巴士特 (Pasteur) 創立細菌致病說。此类被認出来的經典的問題不会很多,而科学的危机就在这里。科学家世代相传,都集中努力来解决这些問題,并要苦心鉆研求得解决。

由于这种趋势, 致令科学在它的历史中若干段长时期里停留在狹窄界限內。等到打破这种趋势,并寻求外界生活的新問題时,科学才扩展到新园地。过去的几位最伟大的科学家如牛頓、达尔文、法拉第 (Faraday) 等輩, 都是按照各个人的計划来投

身于找寻和解决問題;例如法拉第[5,32],在初期事业中，立志去解决一个总問題，就是要寻求物理的自然界中各种分别存在的力——光、热、电和磁——的相互联系,逐对地进行研究,几乎完成了整个計划(352 頁)。

至此，我們方始看到，象这样伟大个人們有意識地完成的工作,其規模虽小,实是科学长成中的重要部分,并且正在发覚,有意識地計划科学,以集体为基础,而不以单純个人为基础是可能的。这里就发生一个更广泛的問題，有需要把一方面由社会和經济需要而发生的,另方面由科学內在发展而来的各种問題調和起来并結合起来。但是,为了发見并运用此中的全部利益,就須对国內經济生活加強控制，要远比在社会主义国家以外強得多。然而这些利益,从长久看来如此重大,以致世界上任何一个国家，若不积极地按計划运用科学,将不能自存。因此,科学进展时，以及科学日益增加它对于社会生活的用途时,所走的未来道路,同过去相比,可預期其更合理得多,偶然性也要少得多。

若从进化史的透視方面来观察，科学就标誌着对人体的感覚器官和运动器官所供給的經驗，来做有意識的考究。它有意識地和从社会着想地把一切高級动物所共有的无意識的学习过程予以推广。动物能从經驗学习,但人用了科学就超出一步,在学习中得到經驗。在这同一意义下,科学方法本身連同比較、分类、概括、假設和理論等規律化的过程,乃是大脑机制作用的扩延，而大脑机制在高級哺乳兽类中,已进化到能应付高度复杂的局面,例如狩猎中所包罗的就是。但是这些动物行为和人类的科学上的种种成就間的主要差别却在于：科学已不是个人的成就而是社会的成就。人类的科学是从工作上的合作努力,并調协以語言而产生。

科学和艺术

人的种种物质力量,由于科学而得到伸展,不再是个接連不断的、几乎自动的、和生物演化性的过程，象在动物中那样。它的发生是作为社会变迁中所必有的关連部分，并且就是以陆續涌現的各阶級中的那些內部斗爭和冲突为特征。如能一直牢記科学和社会間的不可分离性,然后再进一步去作抽象,并考虑科学中能区别它自己和人类社会活动中其他方面，如艺术或宗教的那些特征——这样做也許还是有益的。划清科学形相的重大根据如下:它是主要地关于如何去做事情;它所論及的是从事实和动作上积累得来的一堆知識;它更是最早最前从生产方法,也就是供給人类需要的种种技术的了解、控制和轉变上发生的。

各区别中的第一件，可以表达为說科学既然能够对人們指示或点明怎样去做他

們所要做的工作,科学的情态就是指示性的。科学情态本身却并不企图教人做这件事而不做那件事。企图教人做这件事而不做那件事則是更应属于有同等社会性質的藝術情态的职务,艺术情态的作用之一,正在于使人对于特定动作先产生愿心,然后产决心。[1,2,146] 这两种情态,缺此或缺彼就都不完整,而且事实上,科学或艺术都沒有缺此或缺彼而存在着的。但在这二种情态合在一起仍不能把科学或艺术对于个人的重要意义表达得詳尽无遺。还有个超出这两种情态以外而且是一切形式的人类成就所共有的东西呢,这东西就是:由于静观或者更多是由于創造了字的新組合[即新詩文]、声音的新組合[即新乐曲]、顏色的新組合[即新繪画],或者由于发見了在自然界中本已存在的种种組合[即天然音乐、天然图画等],因而产生了內在的快乐。这种快乐虽然是首先由个人感到,但絕不是私人情緒。犹如最先的兴趣来自社会,这种静观的行为之为社会性的,相差也不过一步。艺术家和科学家都有一种要传授这种行为的強烈愿望,就足以表明是如此的。*

每項科学工作都有一个主旨,并从此产生另一个主旨。但此主旨,既非工作中标誌科学特征的形相,更非科学工作中要被人欣賞的美和乐。从純粹的科学形相来說,就等于一道处方:对某些要做的事,指出如何进行。另一方面,一件艺术作品并非仅能使人感动或喜悅而已。种种艺术作品本身,含有关于世界以及如何生活于世界的极宝貴的知識,尤其是象小說,因为所講的是种种社会問題。

講到科学的这些抽象特征,总有危险会誤認抽象的东西为理想的东西:就是想到假如一旦除去科学中一切非主要方面,如社会道德或社会用途,科学究竟应該是什么。純粹科学这一理想——为眞理而寻求眞理——实在是一种社会态度的有意識的陈說,而这一态度已阻碍科学发展不少了,并促使科学淪入蒙昧主义者和反动派的掌中(110 頁)。应該永远記着,科学的种种指示被人遵循时,科学才算完整。科学不仅是思考上的事而已,它还要让思考不断地投入实践,并不断地靠实践来更新(683 頁起)。这就是为什么科学不能脫离技术来研究。从科学史中,我們将一再发見科学新形相由实践生出,以及科学的新发展引出新的实践部門。現代工程师的各項职务,很大部分直接由于科学上的进步而来。現代工程师有許多名称,如电机工程师、化学工程师、无綫电工程师等。这些名称本身就表明这些种工程原是科学的各部門,而現在就轉变为实践部門了。

科学家和工程师

工程师从科学家里兴起,不断地并密切地和科学家保持联系。但这事实并不意

味着这二种职业就无从区别。事实上，科学家和工程师在功能方面，根本不相同；科学家的首要业务在于寻求工作方法，而工程师却以完成工作为主。从实用角度来看，工程师的責任远比科学家的責任为大。工程师付不起太多依賴抽象理論的代价，而必須根据过去經驗的传統来建設，并試行一些新主张。在某些种工程范围內，科学的地位的确次于經驗。現代船舶的发动机方面和各种控制方面，全部是現代科学設备，但是船本身仍由造船者根据他們从較旧船舶得来的經驗而制成。因此可以說，造船技术，从最早刳树而成的独木舟，直到現代的大邮船，是一部延續不断的技术传統。技术传統自有它的实力，就是永不会大錯——已往若行得通，那么，再做也很可能行得通；但其弱点可說是不能脫离故轍。从工程学方面能够期望有稳步的、累积的技术进步；但非有科学参加就不会有显著的大改变。湯姆孙(J. J. Thomson) 曾說过："实用科学上的研究工作导致种种改进，而純粹科学上的研究工作就将导致革命。"[6.58a.199] 同时，工程上的种种成就，尤其是工程上的种种困难，都以不断更新的机会和問題园地，供应給科学。因科学和工程学两个部門之間存在着互为补充的关系，所以两者都要研究，始可了解每一部門对社会所产生的全部效果。

1.3 累积的科学传統

在前此討論科学建制和科学特征时，都未曾明白強調一个形相，它把科学进步和技术进步，从社会成就里其他一切形相上划分开来。各門科学的这一个特点，就是它們的累积性。假如不能随意运用大宗旧知識和旧經驗，科学家所采用的一些方法将无甚裨益。这大宗里也許沒有一件十分正确，但是从未来的工作着眼，已經够正确来让积极的科学家走到高度的别辟蹊径的路上去。科学是时刻在增长的知識集合体，由一股洪流的思想家和工作者先后相續的反映和观念，尤其是他們的經驗和行为，来逐层造成。单是曉得已知的事物还是不够；自命为科学家的人，应在原有資料总藏上，加上出于自己的东西。所謂某一时期的科学，是指截至当时为止的科学方面的总結果。当然，結果不是靜止的。科学远远不仅是許多已知的事实、定律和理論的总汇，而是許多新事实、新定律和新理論的継續不断的发見。它所批評的，以及常常摧毁的东西，同它所建造的东西一样多。然而科学的整个构造永远滋长不停；不妨說它永远在修整中，却也永远在使用中。

因具有累积性，科学就不同于人类的其他大建制，如宗教、法律、哲学和艺术等。这些建制的历史和传統，当然比科学所有的长久得多，而且引人注意和受人尊敬，也远在科学之上，但是，在原則上都不是累积性的。宗教旨在保存"永生"眞理，艺术就

重在个人表演,而不甚斤斤于宗派。科学家却有所不同,总是处心积虑的爭取改变已被承認的眞理,其工作成績,很快就不再是个人表演,却被同化了,被取代了。不仅是艺术家們和詩人們本身,而是整个民族都能从原本,或逼眞的复制本,或翻譯本,用眼、耳、心来欣賞过去的伟大艺术、音乐、文艺作品。这类作品直接扣打人的心弦,故而总是生动的。和欣賞艺术成为对比的,就是除了很少数科学家和科学的史学家而外,几无别人研究那些名垂史册的科学著作。这些名著的成果已併入时行的科学里,但原本作品却已埋沒了。在大多数的目的上,重要的是已經成立的种种关系、事实、定律、理論等,而不是它們怎样被发見,或首次怎样被闡述。[1.17] 此外,各門科学的传統,尤其是那些門自然科学的传統和宗教或高等文艺的一些传統間,还存在另一种深刻的区别。后述一些传統,是人为武断的,这意思是說,它們最后申訴的法庭就是来自口述传統或笔录传統的启示或审判。就以它們自許为具有合理的支持这一点而論,这种支持是属于唯心邏輯学的。在另一方面,科学传統以及它所从来的工艺学传統,都能参照物質世界里一些可証实的和可重复的观察,来直接核对。科学的每一收获,不論新旧程度如何,总随时經得起用指定的器械对指定的物料来考驗。很早以前,培根就已指出(252 頁)。科学眞理在于能够有效地应用于各物質体系,不論是无生命的体系,象在各門物理科学里;或有关生命的体系,象在各門生物科学里;或人类社会体系,象在各門社会科学里。不过,就是在社会科学方面极少,或几乎没有实驗,因而尙未达到眞正科学的地位(550 頁起)。在这种意义上的各种科学,必然指人类知識中已經发展到能用以直接改善实践的那些部分而言,而不是对明显的事实所作的仅仅有秩序的叙述部分。毫无疑問,希腊人曾有一套生物学,甚至一套社会学,还有数学以及天文学;后二者可用来計划城市和預測天象,而前二者仅仅是把每个农民、漁民或政客的常識,对学者講解得有条有理而已。对于医学有眞实用处的科学性的生物学,在十九世紀以前,簡直挨不到出現,至于科学性的社会学,只是目前才正在开始。

科学知識和技术在累积时所經的各个阶段,将概略地叙述于后列各章里。这应該是一部科学史的任务,而本书并不自命属于这个性質;至于除了罗列諸件发見事实外,更进而稽考諸原因的一部批評性的科学史,就犹待执笔。所以,在此只須指出迄今治理着科学大結构的建成的若干一般原則,就足够了。

科学进步和技術进步的典范

首先,历史指出,若干經驗領域被納入科学境界的先后順序大概是:数学、天文

学、力学、物理学、化学、生物学、社会学。但各項技术在历史上的順序几乎相反，而是：社会組織、狩猎、家畜、农业、陶业、烹飪、織布、冶金、运輸工具和航行船、建筑、机器、发动机。順序互异的理由不难了解。各項技术必是先从人对他的生物环境有关涉方面开始，而只逐漸轉移到操纵各种无生命的力。在另一方面，各門科学的发展的实在順序，則較难解說清楚。这个順序只是部分地受到內在困难的限制。在事实上，各科历史方面，可看出自然界里較为复杂的諸部分的科学，例如生物学和医学等，都是从研究各本专題內容而直接推衍出来的。而自然界里較簡单部分的科学，例如力学和物理学等，不但对它們无帮助，反而常多妨碍（272 頁、376 頁）。至于諸科学的时間順序，就甚至更密切地湊合有利于各时期統治阶級或新兴阶級的可能有用的措施。例如，整頓曆法，原是祭司的职責，但从此产生了天文学（67 頁）；新紡織业的需要，原是十八世紀新兴制造业所关心的，但从此产生了現代化学（305 頁）。

如果从科学进步的途径上，轉到发見史里的詳細順序上，就会遇見某些一般典范。在任何特殊領域方面，例如十八世紀的电学（346 頁起），或二十世紀的原子物理学（415 頁起）上，都可遇到由許多次新发見逐一連成的若干长串，这些长串經常以某一有判决性的新发見开始和終結，它就展开了科学上一些整部新境界。这些发見最經常是汇合以前認为釐然有别的一些科学典訓而成的，例如奥斯忒（Oersted）偶然发見电对于磁体的效应（351 頁），或如巴士特不期然而然发見有生命机体所生的分子有非对称性（365 頁），因而化学和細菌学得以連系起来。每一次有两种科学典訓或科学上有判决性的新发見相交会，通常就从那里分出两三条新枝，而每一枝又可継續成为另一新的发見鏈。整个景象好象由考察和发見二事无限复杂地相互錯綜而构成，又好象古代秘魯人的結繩文字，靠复杂地糾結在一起的繩上再打上联串的結，来传达消息（687 頁）。

偉大人物所担任的脚色

历次考察所构成的长鏈，和判决性发見上的分枝点这两方面，对于科学进步，都属必要，但前者大都是許多耐劳的普通人黽勉运用智力而得的成果，而后者就通常要联系到科学界的大人物。这样的說法已經引起一种对科学的看法，以为它似乎只是大人物的天才所构成，因此同种种社会因素和經济因素的效力，大大地脫离了关系，科学史受着"大人物"神話的支配，实在比社会史和政治史所受的，悠久得多。許多部科学史事实上不过是大发見家的事蹟而已。对于这些大发見者，大自然的种种秘密划时代般地宣洩出来，好象神降使徒們世代承續那样。大人物对于科学进步誠然有

决定性作用,但如不結合当时他們所处在的社会环境,就无法研究他們的成就。正由于看不到这一点,因而解释他們的发見时,就不得不来用"不知所云"的"灵感"或"天才"一类字眼。有一般人在对大人物的了解上过于鼠目寸光或者过分懶于思考,以致大人物的身分被降低了,估价被貶值了。事实上他們是当时和常人一样的人物,受到同样那些形成的影响,也遭到同样那些社会驅策,这个事实只有增加他們重要性。愈是一个大人物,愈是在当时的气氛里浸得透了的;只有如此,他才能有够广泛的把握,来切实地改变知識和行动的典范。

在任何文化部門里,尤其是在科学里,大人物更不是自己一个人就够了,因为若是缺少本領較低的和想象力較差的科学家們的預备工作,就絕不能作出任何有效的发見。此輩平凡科学家在最多数的时間并沒有了解到他們所累积的正是大人物所据以进行工作的必要資料。个人与个人間的智力差异为范围非常巨大。仅有少数人会对科学有貢献,不过今天有机会作出貢献的人較以前为多,而且不久以后还会更多。被选入科学界的人們,或自愿投身科学界的人們,除了都搞科学以外,在几乎其他一切情节上,尽会各不相同。这样就构成了科学的很大的多样性,但是由于社会施行各种有意識的或无意識的控制,科学仍能具有和多样性同等必要的統一性。由于社会加給它的統一性,才有可能把科学看作是人类一致合作的努力,来了解并从而控制人們自己所处的环境(687頁)。

1.4 科学和生产手段

以前各节所講的一切特征,都可用来描写科学为一种建制,为一种方法,又为許多經驗日漸成长而愈加有組織的集合。但是这些特征自身尙不能解释今日科学的种种主要作用,也不能說明科学为什么本来是作为专业化的社会活动而兴起的原因。如要解释,就应該从科学在过去和目前每一生产方式上所起的作用上去寻求。人类力求控制无机和有机环境的手段的历史,有如在此后各章中所概述的。表明这是分阶段进行的,每一阶段是以某种新的物質技术的出現作为标誌。即在今日講到往昔各时代所用的考古学名詞[1836年为湯姆孙所倡用,但根据希西阿(Hesiod)和琉克理細亚(Lucretius)留下来的远古传統],仍以物質名称为本,有石器时代、青銅器时代、鉄器时代(惟黃金时代却失传了)❶。継而有蒸汽时代、电时代,目前更已进入原子时代。

物質材料本身对人是无用的;人必須学会把它們变成器物。即使甚至是原始的

❶ 按指西洋传說中的四个人类退化时代,即黃金时代、白銀时代、黃銅时代和黑鉄时代。——譯者

材料（此处材料指英語原詞"material"，其来源是拉丁語"madera"——木材——希腊語"hyle"，即木料、材料、物質），也必須从树上扯下，始得用来制成棒或矛。在拣取和改造物質，以制造工具来滿足人类主要需求的过程中，首先产生技术，随后产生科学。一种技术是由个人創获而由社会保持的操作法；一种科学就是使人懂得如何操作，以求操作得更好的方法。当我們在此后各章中，較詳細地考察各門科学的最初出現，以及各发展阶段时，就更能明白，科学必須和生产机制有密切而活跃的接触，才能演进和增长。

科学的历史是非常不平靜的，某些活动大爆发后，就連接某些长久休閑时期，直到重新再爆发一次，却常发生在另一国家里。但是科学活动出現在何地以及何时，絕非偶然。我們察見它的兴盛时期同經济活动和技术进步相吻合。科学所遵循的軌道与商业和工业的軌道相同，是从埃及和美索不达米亚到希腊，从回教控制下的西班牙到文艺复兴时的意大利，而轉入荷兰和法兰西，再到工业革命中的苏格兰和英格兰。在較早的时期，科学步工业的后尘，目前則是趋向于赶上工业，并領导工业。正如科学在生产上的地位被人所認清的那样。科学是从車輪和罐缶学习而来的，但却創造了蒸汽机和电机（334 頁起，354 頁起）。

每两次活动爆发之間，有沉靜的时期，又或間以退化时期，例如埃及的晚期各朝代，或古典时代的后期，或十八世紀的初叶等。我們将認出，这些退化时期相当于社会組織的呆滞时期，或衰退时期，因此生产只遵循传統的路綫，而关怀生产就被認为对有学問的人是降低了身分。

单靠观察科学和技术变化二者間的密切結合，本身尙不能解释科学的来源和滋长，仍須認識那些决定技术变化本身的社会因素。而技术因素对社会的反关系，是相当明显的。任何时期的生产技术水平限制了社会組織的可能形式。在石器时代因为分布在广闊土地上，而实行打猎和采集食物的有效社会单位只限于数百人，所以要去找一个辽闊的民族国家，那是徒然的。也必須等到农业进步和工业进步相結合，才能維持大批不事耕种的居民，而构成現代的都市文明（301 頁）。

不过，技术的变化并不是如此簡单地决定于社会組織。如果假定全人类在过去一向是作为单一的知識单位活动，总是企图利用現成的手段为一切人做出最好的供应，并总是寻求最好的手段以扩张人类控制自然的力量，那就离題太远了。从后續各章里将可以看到，在历史的大部分經过中，技术改进的刺激大多由于某些个人或某些阶級会从而获得当前的直接利益，但往往同时就对别人有害，有时若遇到作为发揮才智的长久泉源的战爭时，更要毁灭别人。作为最后手段，那么，社会的形式要取决于

生产物資的人和分配物資的人两者間的关系，而这些关系几乎总过分有利于富人而有損于貧人，有时甚至流为直接強迫的关系，象在奴隶制里那样。

本书(第12章)将說明、就是这些依靠技术上的生產手段的生產关系，促使技术手段有改变的必要，因而导出科学(586頁起)。在一个新阶級到达当权地位而生产关系很快改变时，就有一种特别刺激出来改进生产，好提高这个阶級的財力和权力，而科学就見重于世。这个阶級一旦建立了，而且还有力阻止新劲敌抬头，就对守成政策感到兴趣，技术就变为传統的，而科学又見輕于世。当然，这样簡化了的描繪单是它本身并不够詳細解释科学的兴趣。至于要追究某种科学为什么在某地在某时兴起的理由，就須作更細緻得多的研究。关于这类的例，当概略地列入以下各章內。此外还必要指出各有关因素間的相互作用，以解释科学的发达和衰落，以及它轉而对生产所起的影响：这些因素里有材料因素，如木、煤等商品供应的情形；有技术因素，如技艺的水平和分配情形；有經济因素，如貨物或劳动力的供求情形等。

早期科学的階級性

科学之为科学和它所由兴起并仍然相連的广泛性的技术之間有个基本区别，就是科学是一件离不开文字的事业。它是个用一本本书和一篇篇文章記录下来而且传递下去的东西，不同于那些传統技艺靠实践榜样而传授。在一开始时，这样的职业就只限于那些上层阶級，或少数几个有稟賦的人物，想借忠誠服务以爭入上层阶級的。这个限制对于科学的特性有几种影响。各阶級中尽多富有天才的人，原可对科学有貢献，却因此而大都被摒弃了，而科学进步也就迟緩了(320頁)。同时，这种限制又已确定使那些对科学作思考的人，甚至对科学正在进行实驗的人都几乎不能通晓实用艺术，至少直到工业革命时都是如此，因此弄得他們对于科学的事物，竟会連自己講的些什么都不曾弄清楚。因为他們本身不感到日常生活中的种种实际需要，也就不能懂得它們，所以得不到刺激力来运用科学，以滿足那些需要。

从五千年前最初几座城市里分出了阶級的时候起，科学这样等同于統治阶級和剝削阶級，以致貧农們对于科学以及一般讀书求学，心中都深怀猜疑，在工人心中也是如此，不过程度較浅而已。即使慈善的哲学家們所作努力的用意再良善些，人民只会感到，在实际上，这种努力所生的变化对他們总是不利的，可能更完全地奴役他們，或者換条唯一另外出路，就是使他們失业。最早的科学家們被当作是善于恶作剧无限的术士。这种态度一直維持到古典时代的晚期。此时，常和宗教相結合的羣众意見，憤慨地、有时猛烈地反对哲学家，而不无理由地認为此輩代表被人痛恨的罗馬帝国的

上层阶級的利益(132頁起)。在中古时代,科学仅是由寬容而能幸存;甚至在科学更生之后,仍遭到同样羣众反应,可拿工业革命时搗毁机器者的行动做例。就是对原子弹这一最近科学成就的反应也属同例。在整个文明进程中,作为科学自由发展的、主要障碍的,一向是学者的狂妄和无識,以及下层人們的怀疑和厌恶,双方联合在一起的影响。照一些社会主义国家的經驗所正在开始表現的那样,代替勉強而多怨的合作的,应該是实际知識和理論知識两者間的自由而活泼的交換,这样就能大大地加速技术和科学的进步。当时前者却代替了后者。

这种扼制作用只适应于理論和实践分家上的阶級性,而絕不暗含着对学习在促进科学上的功能有任何低估。事实上,科学曾为善写、会算并能按照定型进行辯論的人所掌握。这种情形,在某些时期,确实对于科学的滋长有无限价值。就自然界的整体看,以它的全部淳朴性和复杂性来說,若单用語言来討論,頗难生效。已經証明有用的实践得到了神話和教仪的支持　这种不着文字的闡論,充其量只能达到这个境界。即如希腊早期的形式科学,也不过是理性化的神話而已(96—97頁)。但是对于經驗中的某些部分,例如各种簡单运动和各种力等,可从形式方面和計量方面来討論。远在阿基米得(Archimedes)发見槓杆的正式定律前数百年,水手們已熟知如何利用槓杆,而商人也已善于使用天平;但是有了他的槓杆定律,人类才能在机械方面作出新发明,而这些絕不是专講实用的人所会認識到的。不仅如此,这就再进了一步,而且是很重要的一步,在伽利略时代和牛頓时代的力学和物理学上,建立一些更进一步的概括結果。逐步地,合理的方法不再是为着顧全面子而用学者語言来做的叙述,却变成了进行概括和扩充实际控制自然的方法,首先是在化学和生物学方面,現在就在社会方面了。

根据后文(648頁起),从前科学进展的最重要和最有成效的几个时期,是阶級界限至少一部分破除,而講实际的人共处于同等地位的那些时期。这种情况得見于文艺复兴时代初期的意大利、大革命时代的法兰西、十九世紀末期的美国;至于今日在社会主义共和国家方面,它們的意义和前不同,也更彻底。

正因为科学的阶級性是世界性的,人就認为这阶級性是十分固然的,以致今天一提到这問題就使科学界惊奇不置,以为科学传統乃其本身权利所应有,和經济或政治上的任何討論全不相干。这无非是說,科学传統所受的社会制約,特别是所受的阶級制約,是隐蔽的而不显露在表面上。在我們自己的时代里才第一次从阶級基础来进行分析科学本身。这种分析工作許多很粗糙,而且指导有誤,把科学的一些实际成就,和在其中所建立的一些一般理論,混在一起;但是这工作必須継續下去,再經过精

鍊，最后就导致人們对科学和社会获得深刻得多的認識。

1.5 作为观念来源的自然科学

科学能供实际应用这一事实是科学进步的永久根源，又是科学生效的确实保証。但科学的进步尙不只是各項技术的不断改进而已。科学的另一同样重要部分是連結許多实用科学成就而构成的理論体制，使这些成就不断地增进它們在智能上的融会貫通。在过去，甚至在今日常把科学史写成仅是这样一个理想的眞理大結构而已。如此写法，就必然忽略科学里全部社会的和物質的成分，而降为經过授意别有用心的胡說。关于这点，前文已有論及，本书正文內当再予充分表明。

从另一方面来看，如果企图完全删略理論，也同是愚蠢的，因为理論一向在科学里据有极重要的地位，而在近代更越来越积极。經过許多科学时期，工作的主要方向取决的条件是理論的被証明，或者更常見的是理論的被否定。例如，十九世紀后期的生物学上，就有达尔文进化論被証明（481 頁）；如十七世紀里，力学上就有亚里斯多德物理学被否定（241 頁起）。但是在科学事业上，发展了这样自主和閉塞的一些領域，就有內在的危险。虽然这些領域原是由实践开始的，但久后就离軌愈远，以致失去任何方向的意义，同时也失去用途。这些方面的工作，在过去多竞尙矜炫博奥的学究气而消沉。例如，牛頓力学到了十九世紀就这样；又或由于和实践有新接触才得甦醒过来，如十八世紀末发明电池后电学才得重振（350 頁）。

对于科学的常規見解，总是把它的一些定律和理論說成是从那些凭实驗建立的事实中得来的，合法的，甚至合邏輯的一些演繹。这个限制假若曾被严格地坚持着，那么，科学是否会存在还是个疑問。科学的种种定律、假設和理論，除本身企求解释客观事实外，尙有一种更为广泛的关系。这些定律等大多数必然反映出当时一般非科学的知識气氛，而科学家个人就无可避免地受到这种气氛的制約。結果就是自然界的和手工艺的現象都要用社会的、政治的或宗教的观点来詮释。例如，将来要看到：牛頓的慣性理論来自当时盛行的对宗教的唯理解释，达尔文的天然淘汰学說来自当时流行的認为自由竞爭是天然公允的这一概念。

这些种思想有时可以导致有效的，也就是实际上可証明的一些科学进步。但这些思想也同样頻数地成为科学发見上的障碍，尤其是当它們获得普遍承認时，新发見上的最大困难，并不怎样在于进行一些必需的观察，而在于掙脫一些传統观念来作解释。远自哥白尼創立地球运动說，和哈維（Harvey）建立血液循环說开始，直到爱因斯坦废弃以太說，和普朗克（Planck）制定作用量子說，在这一系列的事例中，实在

的斗爭并不怎样在于窺透自然的种种秘密，而多在于推翻一些已成立的观念，虽則这些观念当时曾輔助科学得以前进。尽管如此，科学进步仍然依靠先有一幅关于宇宙的綿續的传統繪景，或一具工作模型，其中有的部分是可以証实的，但有的部分則証实难于捉摸，或竟根本沒有着落，而流于神秘。在另一方面同等必要的，就是这个传統既是（而且总归是）由科学和社会两方面的因素合成的，就該时时不断地，并且常常剧烈地遭到毁坏，而对着物質世界和社会世界的新經驗，重新构造起来。

目前所經过的就是这样的时期。在高度工业化国家的經济方面，科学所担負的絕大部分任务，絕非偶然地恰好与对自然現象的了解的大深入和大开拓相符合；在这样做时，突出的是原子結构和生物机体內化学过程两方面的新发見。这个情况自身就已使一些科学理論处于十分紧张的状态，其結果是很快地产生一系列根本变革的新理論，如相对論和量子力学理論等（422 頁起）。

同时，而大都由于一些相同的因素，发生过政治上和經济上一些迅速轉变，从苏联开始而現在正扩展到世界其余各处，对于实践中科学对社会的关系，采取一种基本上不同的态度。这对于科学理論不可避免地已有深刻的影响；科学理論正在馬克思哲学的光照下，受到批判性的分析。这将留待往后一章再詳細些討論。在科学本身內外双方的联合影响下，科学的一些理論基础象今日这样严重地成問題，实为从来所未有的时期。

唯物論和唯心論

科学內部理論爭执的一般特征并非新鮮的事。研究科学史就会很清楚地发見，自从科学始露曙光时，就有一种有时潛伏、有时活跃的斗爭一直在两个主要对立趋向之間进行着：一是形式的、唯心的，一是实践的、唯物的。我們将会看出，在希腊哲学里，如上的冲突占主要地位，但冲突的起源一定还要早得多，实在是从一些阶級社会初成立时开始的，因为参加冲突的双方在社会上的一般敌友关系从来不成疑問。

唯心論代表"秩序"、貴族、和已建立的宗教方面；此派中最能以詞辯胜人的护法者是柏拉图。唯心論者以为科学的目的是解說明白为什么事物是今天这样的事物；若希望在本質上改变它們，那是如何不可能的，也是不虔敬的。柏拉图的意見以为只要除去少数毛病，例如民主政治，那么，共和国在监护者即所謂"金人"者的照管下就可以安全地永存于世。但是較低阶級也許不会立刻明白这种事态的尽善尽美，就必須向他們証明物質世界是虛妄的，因此其中罪恶也是空幻的（99 頁）。在这个想象中的世界里，改变就是罪恶；而理想的、良善的、眞实的和美丽的东西是永久的，而不容置

問;这一切既然不常見于地球上,就必須求之于完美的天堂。这个見解对于科学发展有过深重影响,尤其是在天文学和物理学方面(110—111 頁);即使是到今天,它在若干更周密和更世故的形式下,又有很強的趋向把它強加于科学之上(424 頁,427 頁)。

唯物論者的見解,一部分由于实践性質,而更多由于一些革命性的含义,多少世紀以来,都得不到讀书界的什么支持,更几乎不会成为官方哲学的一部分,可是唯物論的一种表达尙遺留在(102 頁)琉克理細亚所作的伊壁鳩魯派詩"論事物的本性"(De Rerum Natura)里,这首詩既道出了唯物論的威力,也道出了它对現成秩序的危险性。这一派主要是关于种种物体和它們的运动的哲学,从下而不从上来解释自然和社会。它強調說,永在动态中的物質世界有不会耗竭的稳定性,而人类在熟諳这世界的規律后,就有力量来改造世界。在下文內还要講到,古典派唯物論者,因为离开了手工艺术,就不能再有所进展;就連后来唯物論的伟大改制者法兰西斯·培根也无从更进一步。等到工业革命一动起来,科学在实践上变成唯物的,不过因为政治和宗教的緣故,仍継續替唯心論作口头的服务。到十九世紀中叶,唯物主义从哲学角度来看仍不充实,因为它自己并不过問社会和社会的各种轉变,因此就不能解說政治和宗教。至于将唯物論扩充和改造,来包括社会及其轉变,那是馬克思(Marx)和他的信徒們的工作。[1,27] 这个新的辯証唯物論,首先对政治和經济发生效用,目前才正在开始滲入各門自然科学范围內。

科学上唯心和唯物两种傾向間的斗爭,自从最早起就是科学史中一个持久的特証。柏拉图的唯心論在某种意义上是对原子理論創立人德謨克利图(Democritus)的唯物論的答复(102 頁)。在中古时代,罗哲尔·培根攻击当时盛行的柏拉图-亚里斯多德哲学,并宣传以实用为目的的科学(186 頁),費了一番辛劳,終于入獄。在文艺复兴运动时創造現代实驗科学的大斗爭中,主要的敌人就是由宗教支持的正規亚里斯多德学說。十九世紀科学和宗教为了达尔文进化論而进行斗爭,又遇到同样对立情形。虽則唯物主义科学不断获得胜利,但从这斗爭的頑固性看来,在本質上不是一种哲学的或科学的斗爭,却反映出一些用科学意义所表达的政治斗爭。在每一阶段,总是借重唯心哲学,来粉飾說,当前种种不滿是虛妄的,并說明現存事态是合理的;在每一阶段唯物派哲学則总归依靠用实践来检驗眞实性,并依靠变化的必然性。

1.6 科学和社会的相互作用

前面对于科学的一些一般形相,如作为一种建制、一种方法和一种累积传統所作的初步簡略鳥瞰,以及对于科学和各种生产力及一般意識形态的联系情形的叙述,所

作都将由本节予以补充。至此，本书所謂科学一詞的含义，无須強求定义，就应該很明瞭了。本书其余部分的任务是更进一步提供証据，所以目前如果立即要求讀者接受这几节里所提出的和隐含的一些結論，就未免太过分了。事实上，必須把整部历史中科学和社会的种种相互作用，作出相当詳細的介紹，然后才談得到开始了解科学的意义，和它将来的前途。

科学和社会的相互作用，实在方式繁多，而且有一种傾向，要坚持此中的这一或那一方式，因而构成近来对二者相互关系的爭論中一大部分的原因。通常是先从科学对于社会的影响着手：想到某一判决性的发見，例如电磁波，它首先是凭理論預料到的，而継以在科学实驗室內进行探明，再按工程規模来試行，終于成为日常生活中的一部分，即无綫电收音机。但这并不是科学滋长和影响社会的唯一途径，甚至还不是主要途径。科学家更常会偶然察見某一实用器具的操作情形或者失效的情形。科学家检查它的时候，或者胸无成見，或者很常有的事是想能加以改进，至于所发見的不必是如何使那件东西工作，而是完全另外一桩事情。他簡直会因此而創造一門新科学，正如由于研究蒸汽发动机竟建立了热力学[5.3](338 頁)。这里重要之点在于普通实际經驗提供了具有科学兴趣的引人入胜的吸引力，不妨說是象一个磁体，而要了解科学进步，就可以依靠一般經济和技术利益上陆續变化的各个場合，来探索途径。

本书并不自命为一部科学史；本質上是拿科学和社会間的相互作用来做論題。如有偏重，毋宁是在科学对历史发生影响的一面，而不在历史对科学发生影响的一面，有关后一类論題的书已經写得很多了[3.1;4.1]。但是，已往对科学影响历史一事，多不够重視，或者充其量也不过是敷衍了事或引起誤解而已。原因在于史学专家大都不具备需要的条件来評估，甚或不能察覚科学的貢献和影响。而另一方面，研究科学史者又很少关心到自然知識的滋长所具有的較广泛的历史后果。官方历史的傾向，是把科学情况連同文学和艺术情况，一并列为每一历史时代中，有关政治的或目前略微涉及經济的記載上的一种文化附录。其实作为代替的应該是科学对技术和思想所作种种貢献的討論，这类討論应該在記載本身中有其地位。在这方面忽略到怎样程度，等到闡明历史时，也就丧失主要的历史性的特征——就是又进步又不重复的要素——到怎样程度。传下給我們的仅是一篇記載社会的个人关系和建制关系的文章而已，而絕不提示，因何这些关系不曾带着变异，而无限制地一再复現。因为显然进步的趋向不能眞被隐藏起来，所以非科学的史学家必定悍然拒絕解释这些趋向，或者提供带有神秘色彩的解释，也許是神圣天道之說，也許是象斯盆格勒（Spengler）或托因比（Toynbee）所建議的一种假定的文明盛衰規律。只有在科学的光照中，人們才

能开始了解那些道地历史性的、不可逆的、創造新事物的步驟。

前已講过，以后各章还当詳述，科学影响历史有二条主要途径：第一，靠科学在各种生产方法上所导致的那些变更；其次，靠科学的各項发見和观念，对当时意識形态上，所施的較直接，但重要性很差的冲击。前者导致科学一方面从技术中出現，一方面从宗教中出現。一旦利用由邏輯排定的、并經实驗証明的、有組織的思想，而获得一个改进技术的方法，即使范围不广，也就开辟了道路，使种种生产方法得以受到科学的无限影响。这些生产方法又轉而影响到种种生产关系，因而对經济发展和政治发展就有巨大影响。

通过它的观念，科学的另一影响的存在至少也是同样的早。种种科学观念，一經形成条理，就回到人类的思想总汇去。从远古，經过文艺复兴以迄現代，人类对于宇宙以及人在宇宙中的地位和目的的認識，大部分是經由科学而得到大改革。正是伽利略和牛頓所創立的簡单自然定律的新統治，看起来同时具有正当理由要在宗教上轉向簡单的自然神論，在經济上轉向不干涉主义，和在政治上轉向自由主义。达尔文的天然淘汰說，尽管原出于这种自由的观念論，在适者生存这面旗帜下，反要被利用来替殘酷剝削和种族压迫作了借口。但在相反一方面，如对进化論有較为深刻的認識后，就要特别重視下述这样一个情况，就是說，通过社会途径，人类能越过动物进化中一些生物学方面的限制，而完成更远大的、有意識地指导的社会进化（605 頁起）。

科学知識和科学方法正在不断增強地影响到思想、文化和政治的全部型式，其所取的途径，不如上述那样明显。科学現在正变成一个伟大的人类的建制，虽然和其他一切較旧的人类建制关連甚密切，但有区别。不同之处只在一点：因为成立較晚，仍处在活泼滋长的形态中，而它对于社会其余部分的地位尙未达到平衡。科学还須走过很长一段路，才能在人类事业中显出充分重要性。

除两个专章（12 和 13）外，本书的大部分重点在自然科学而不在社会科学，这是因为除了最近由于馬克思主义的影响外，社会中种种人类关系的討論，本身是人类知識中几乎出現最早的部門，仍未能脫离幻术和宗教的束縛。从下文（545 頁起）可以看到，較近时代里新生的各門社会科学被压制到几乎无能为力，惟恐它們会被利用来分析并改变資本主义的經济基础和社会基础。正是部分为了这个緣故，由于自然科学影响生产方式而引起的那些社会变化，既未經計划，又未經了解，并且已时常发生，实在仍在发生一些災害性的結果。只有把一种眞正社会科学和自然科学熔接在一起，才能获得对于社会活动滿意而进步的社会控制。

人类在一切时代都有一个“伟大的传統”，綜括了在不同时代一向被認为是眞信

仰和正当行动的基础。这个传統，自从能彼辯識是从史前蒙昧时期露面起，虽可分为地中海各国、印度和中国几个部分独立支系，但在本質上仍是一个系統。对于这一伟大传統的滋长和变化，若脫离科学，就无从理解；同样，若不把科学看作这个共同传統的一个自然部分，也就无法了解科学。

本书其余部分将采用討論各个时代和討論各門科学的方式，来企图說明科学在文化史中的一般地位。根据序文內所定計划，討論所及，将从科学初現起，一直貫到目前，把科学为全部历程加以叙述，愈后就愈广愈詳。經此說明后，那么，本章所列的一些压縮的，抽象的关系，当不难于了解；至于它們怎样从人类历史的本眞經驗中自然出現，也应該較易認識了。

第 二 篇

古代世界中的科学

导　言

今日所謂科学是一种社会建制，有它自己的传統和它自己的特証方法。在能了解它之前，必須首先窺察它的起源。对科学起源的研究，提出一个双重問題。第一，在研究起源的工作中，有一个內在的困难，就是回溯得越远，而达到发生基本革新的紧要关头时，就越难确定实际发生的究竟是什么。但对于科学起源的研究，困难还要多一层。这是因为科学初出現时，原无可以認識的形状，而須从各时期的文化生活中較为一般化的形相中，逐漸剖辨出来。更須从人类艺术史和人类建制史两方面，去搜寻科学的隐蔽起源。

因为自然科学的主要特征就是它措意于物质的有效运用和有效轉变，科学的主流就来自原始人类的各項技术；这些技术必須照样仿做，而不是記亿学习。科学的表达却先用口传，后用文字，因此，科学的种种观念和理論是来自社会生活，依次序，先幻术，次宗教，再次哲学。

远古文化的势力經历一連串传統，其中仅后部有文字記載；这势力就靠这传統，影响到今日文化。从远古的物质技术和各种社会建制，也就是我們的祖先的各种行业和习尙，逐漸长成今天整个精奥的、机械性的、也是科学性的文明。研究这些行业和习尙，是史学家及其大同行——考古学者、人类学者和語言学者——的任务。他們必須根据一些古代实物紀录和书契紀录，以及現代各原始民族和各进化民族的习尙和語言上的分析工作来研究。

远古事实是片段的、不尽曉的、难于綴合起来的。大多数只有各专門領域里的专家們才能認識，但专家們所关切的通常是考定各文化型間的正确次序和相互作用，很少注意到探求各門科学的起源和影响这一类問題。作者既非史学家又非通儒，而仅是一个进行工作的科学家，所以重构出来的东西一定免不了暫时性，并且很容易受批評。可是正是因为有了这种批評和由此而应当引起的鉆研，才能构成一幅連貫合理的画景。

当然，完全略去最古时代而不討論，并无不可。即使不談古代，仍可写出完全易解的現代科学史——就算写不出中古科学史的話。但是，这样做怕要欺紿讀者。許多确实是由一些古代特殊科学因素和特殊社会因素，共同作用而生的結果，会被認为是当然的、或者作为不說自明的、或者作为強制認定的。举例說，天界球层运行

說上的大論战，标志出了現代科学的开始，但是要了解这一場激烈辯論，非通曉这些球层的神話的宇宙論的原始不可，而这个来历至少古到米索不达米亚（Mesopotamia）文化的最初几期（68 頁）。

本篇試图用提綱式联系到人类社会的早期发展来叙述科学最初的創立和它的門类的区分。这种早期发展所包括的历史范围是由农业上的关鍵性发明划分为两大阶段。第一阶段占有旧石器时代的下紀和上紀，按采食和打猎来区分。第二阶段則占有：几个原始村落农业时期（新石器时代）；埃及、米索不达米亚、印度和中国的最早城市和河流文化时期（青銅器时代）；最后，以貿易为基础的独立城市时期（鉄器时代），而希腊和罗馬的古典文明也在內。一部分因为这末一期有丰富文字紀录使我們認識它比其他各期清楚得多，更重要是因为这个传統直接过渡到現代科学传統，所以現在把末一时期划开，这是便利于本书的一些目标的。因此把第二篇分作三章如下：第二章，旧石器时代；第三章，新石器时代和青銅器时代；第四章，鉄器时代和古典时代。

每一时代里人类对于作为科学的必要基础的那些技术和观念，作出了貢献。旧石器时代产生了处理和粗制物材的一切主要方法，包括火的使用在內，还有对野生动植物的出处和习性的实用知識，以及亲戚关系、語言、礼仪、音乐和繪画这些基本的社会性发明。新石器时代的农村文化，除掉教会人种植、紡織和陶埴外，更为人創造了象形文字和有組織的宗教，作为社会性新发明。青銅器时代又加上金属、建筑、車輪和其他机械装置。更重要的是本时代产生具有决定性的社会新发明物，就是城市本身——“文明”和“政治”二名詞的詞根 civis 和 polis 都有“城市”意义。有城市后，各項技术进步才有可能。跟着这些再产生出一整个复杂系列新发明，有知識的、經济的和政治的——在新演变出来的阶級制和有組織的政府所构成的体制中的数字、书契和商务。到此，有意識的科学已經正在兴起来，而天文学、医学和化学方面可辨識的典訓也具有最初的传統。

鉄器时代在物質技术上并未引致显著的改变，可是玻璃和改良的工具和机器都是这时添出来的。本时代的主要貢献是利用价廉的新金属；就是鉄，使文明扩张得又广又远；但是字母表、錢币、政治和哲学四項社会性发明就准备好基础，使技术和科学得以迅速发展和扩充。就是在这一时期，希腊人从几个較旧帝国的技术經驗里收集并发展出最早的完全有理性的科学，和今日的科学有直接而未被忘却的联系。但是古典时期同时又是战爭和社会冲突、奴役制度和压迫行为的时期。作为本时期最后表現的罗馬帝国，在科学上很少成就，但对公共事业和法律，却貢献特多。由于許多內在矛盾，罗馬帝国在政治和智能方面逐漸衰敗。等到帝国灭亡而古典古代的科学

也随同湮沒。但是在波斯、印度和中国，另有一些平行的科学駢支継續繁荣，并且为新的进展鋪下道路。

第二章　初期人类社会:旧石器时代

2.1 社会的起源

为了找寻科学的最早起源，应观察到人类文化上技术和意識形态两方面間尙未有效地区分以前的那个时代，就是說，直接观察到人性本身的起源。人和禽兽間，第一也是最基本的区别，是人能构成有物質文化的永續的社会，这样就加大了裸体本領而外的新本領范围。

和兽羣不同之处是象这样的社会里必定已有取食和自卫两方的較好方法，胜过了孤立个人所能做到的，更有办法，靠継續不断的传統方式，保存并传下这些較好方法。原始人从似猿的兽类进化过来时，已經継承了体力和脑力双方的配备，好观看、抓持并處理物件。此外，从开始起，人类必已有十分殊异的学習本領，这是由于他們比較大多数具有专門化身躯和特别习慣的大哺乳兽在求生范式上更能概括化些。正因为这种手眼并用的本領，再联結上学习才能，[2,16] 人类才能使用工具；先为偶然拾得的石块或树枝，然后是經过有意选择和加工使能合用者。如果这些进展只限于个人方面，即使这些人天賦再好些，还是不能构成人类的整体。任何用具的制造和使用，必須經过教授和学習，才能使人人都会用它，更使人能改进它。必須經过傳統，才能有效地使它标准化，这就不言而喻地指一种永續的社会。

人类社会需要永續，也保持了永續，这是由于人类嬰儿不能自活为期特长。因此，好几代的人，尤其是女人，联系起来成为实际永不死亡的家族集团。祖母、母亲和女儿保証一串不中断的人类传統。这就基本上說明在原始社会里，部落靠女人維持的道理。又因亲戚关系由母亲推算，所以这样的社会叫作母系社会。所有各处社会里，似乎都有过母系阶段，連我們的远祖的社会也不例外[2.46]。在很早时期，也許族中事务簡直由女人指揮。因此，这样的社会同时也是母治社会。

人类社会所以特别有利，是由于所用的方法，而这些方法則大有类于使用物質制成的一些用具来捕捉、采集、运輸和制备食物，以及采用一种迅速通訊法，即語言，来保証前述諸項任务上的配合。人类靠用具对所处的环境施以更广大更一般化得多的控制，絕不是天賦以最強的牙或角的兽类所能及。靠手势和口声的語言，除掉指点使用用具来发揮最高效率外，还保証社会能团結，以及累积的文化得往后代传递。

2.2　原始生活的物质基础

用具和工具

各种用具在本质上可作为人类肢体的扩充，例如用石头作拳头和牙齿的扩充，用棍子作膀臂的扩充，用口袋或筐子作手或口的扩充。至于拿石块瞄准而投擲，就是从人体向外发展的新型扩充法。单說选择用具和使用用具，就早已需要社会来控制。等到人蓄意制造这类簡陋用具以合专用，就自必更需要控制各种器具的用法、形式和制备方法，就这样由社会决定了。

凭着原始人类的一些自制实物，可以看出自从考古記录开始时起，原始生活传統的延續。今日有些蒙昧社会仍使用这些用具。即使我們看見而不明当日是怎么一回事，它們仍然明示它們的社会性起源。任何一种已知文化或任何一个区域里，同属每一类型的用具，可說是基本相同的，并且經过很长时期，或在很广区域里，确实都不改变多少。即使是一把最簡单的石手斧，也須經过相当費力的斲削手續，才能成形：这种斲削手續，文明人要花很多时間，才学得会。斧的形状一直保留到如今，这一事实就可說明技术传統的极端稳定性。换句話說，火石用具的实际形成本身就是一桩建制性的文化活动，必須十分謹愼地摹仿和施工，才能保証今日所見那样高的一致性[20,36,78]。

所謂一致性并非絕对的，而有各种无可避免的变化。經过若干次改善、沿袭、組合，而逐渐进化到今日的技术状况。但是重要的一点是，由于社会的調节作用，所以在文化的每一个阶段，人类手边都有可以复制的、簡直可算标准的成套用具。每一氏族部落都有适合于其生活情形的成套特别用具，但在若干广大区域內，有許多用具彼此相同。最早时期的原始人就采用标准成套用具。这种习慣是保持技术文化能絕对延續直到今日的主要因素。

标准化用具的存在另有一种含义，就是說，在开始动手以前，制造者心里預存一个用具的概念。有些部分加过工的火石上，更显然制作前在裁取材料上有明确的意图。到后来，这种从有意識的先見得来的經驗，就注定形成所謂設計和計划的經驗，更进而演变为科学的那一特征的經驗，即实驗法的經驗。制造物件时，先用模型或图画来試驗各种方法，而不必总按原規模来边試边改，这就是实驗法的由来。

如果說，象一块俯拾而得、投擲而出的石头这样的用具，是人类技术进步的开始，那么，一旦工具发展，进步就不可限量。有了制造用具的工具，就能产生許多式样的

用具，远非从自然选取或攫取者所可比拟。制造工具的最早程序是斲削石块，其次是磨礪，最后是用錘击和浇鑄金属。这都是現代对实质物件所用的一切物理性处理技术的基础。最早的石制手用工具只能粉碎它們所击中的东西，后来发展到能劈、能断、能刮、能穿。[2.30a] 从制造工具和使用工具的实践中，人們認識了許多自然产物的各种机械性能，这便奠定了物理科学的基础。使用工具不但大大增加打猎效率，更提供办法把木、骨、皮等較軟物質修整成形，以备应用。与此同时，男人，更可能是女人，开始把各物結合在一起，如用釘、縫、綑、絞、繞和織諸方法。用这些方法就推演出装盛食物、水和輕便物件的各种容器。

被 服

一部分是因为要随身携带东西，最早限于食物和用具，就养成习慣，把东西或久或暫地附着于人体的任何便利地方，或藏在发里，或围繞在頸、腰、腕和各处。随带的东西轉而发生炫耀作用和装飾作用，而鳥羽、骨和皮也参与其列。后来，在一次关鍵性的发見中，晓得用毛皮可于夜涼或冬寒时保护体温。从此开始有衣服。先有片段的皮制的披和裙，随后才有縫制的衣裳，成为遮盖全体的衣著，如今日爱斯基摩人(Eskimos)所制的那样，再加皮护足，原始人的足跡范围和活动季节就大大扩展。还有风遮，就是枝和叶做的庇蔭物，也起同样作用；起头，作用不很大，等有土著耕稼后才迈进。这种庇蔭物注定演进成后来的棚舍和房屋。

火和烹煮

人类早期在机械方面的几乎每一种成就，即使是織法和縫級法，都已由特化的兽种、鳥种或甚至昆虫种，先发居上。但是比許多机械成就一定还要早些的就是用火。这却是任何其他动物所完全达不到的。至于人类如何发見火，何以敢于馴火和养火，就犹待发掘。野火或者限在一些特别地区，如火山周围或天然气噴口等处，或者遇到极罕見的森林火災时才有。火的維持，火的传引，在最早时必認为是很可怕、危险和困难的事，試看到处都流行关于火的种种神話和传說，就可以証实。火在最早一定是用于寒夜取暖和恐吓野兽——澳洲土人冷天随身携带火把代替衣服。要等到营火成为习俗后，才会有烹煮。

这个会用工具和会用火的动物，早已走上科学性人羣的道路上了。正如工具是物理科学和机械科学的基础，火也就是化学科学的基础。最先出現的是十分簡单而基本属于化学实践的烹煮法。从这个看来几乎是偶然的用火法，首先才引出須要更

特定地可控制的科学的烧窰法，以及此后的炼制金属法。在枯枝上烤肉，或甚至用灰烬焖植物根莖，都无大困难，但煑沸就給人一个現实难題。由于此問題的解决，就注定跟来几次大进步。最早的聪明立意是用革制的桶，或不漏水的筐，盛水于內，再投入烧热的石块，来燙热水。在史前时代野宿地点周围曾发見因驟热驟冷而破裂的这类石块。可見关鍵性的发見乃是在筐外涂上厚泥层可以放在火上烤，而察覚这样处理后的筐确有改进。大約近旧石器时代末期，又发見可以不要筐而单独制造能盛水耐火的陶器，煑沸仍是一种奢侈。陶罐太重，在打猎时携带不便。居住在北美洲平原的印第安人所称的"煑肉"，是和大宴同义。

此外，一旦使用能久盛液体的容器后，就会注意到发酵这一系列的緩慢化学变化而加以利用。从这項新知識上，終于来了一个一般概念就是用蘸染或浸入化学試剂之法，使物質轉变。这样，首先成功的是鞣工和染工的技艺。因此，在旧石器时代已集成一套实用处方，而合理的化学也就注定从此而起。

关于动物的傳說

供人操作的知識以及工具和火的使用法，只是人类对累积的和流传的經驗的特定运用的一部分，而原先可能更只占相当小的一部分。从观察自然而获得的知識，来得較早，也更直接地重要些。所謂自然，不是作一般解释的自然，而是按照对人类最迫切的需要，以食物为主而言的自然。从这方面获得的有关动物习性和植物性質的知識，成为現代生物科学的基础。原始人类必然把很大部分的兴趣放在蒐集和传达动植物的情报方面。动物的行为，以及猎取动物时的兴奋性和危险性，引起他們的最大兴趣。

原始藝術

今日仍处于打猎阶段的一切部落，都認識自然极为詳細，他們的仪式中又特多兽舞戏；这些都可作为原始艺术的証据。远远分散在各处洞穴內的彩繪、素画和雕刻，几乎全取材于动物，就說明古代情形也是相同的。这些表象不仅是动物的外形，还常有骨、心和內脏。由此可以証明，解剖学是从宰割猎获的动物开始，我們确实依靠原始生活中生物学方面，才有用图达意的一些技术。这不但是視覚艺术的源泉，也是图形符号、数学和书契的源泉。后三項具备，才使唯理科学成为可能。

2.3 原始生活的社会基础

語 言

早在人类这样苦心經营以前，社会已經在发展着語言了。語言是团結社会和发展社会最強有力的方法。語言本身就是生产手段之一，可能在所有生产手段中占第一位。几个人追逐野兽，仗着空拳，或持未經加工的树枝，就只有使用手势或言詞，才能統一合作。这种情况，在未能加工制成任何专門用具之前，或許眞就早已有之。最早的語言必是以关于获取食物之用者为主，并包括人类种种动作、用具制造和用具使用方面的表示。*

語言的获取一定是相当早的，試看人脑承袭下来的結构已受到怎样的影响，就可以看出早到什么程度。占据人脑一半还多不少的眼手协調复合体系，基本上只是从似猿祖先承袭而来，經过精化后的結果。至于相应的耳舌协調复合体系，虽不甚大，却簡直是件新創造。只有在社会开始后，这个复合体系才能种根于人类，而逐代遺传下去。

所有哺乳动物都多多少少用鳴声作交际表意之用，但通常是为表达感情，如性慾、憤怒或恐惧，而听到鳴声后，就轉而生出适当的感情反应。除传达感情和传达行动而外，到后来才能传达关于事物和处所的情报。此中过渡情形并不完整。語言中感情的潛在声調溢于言表而成詩、歌和音乐。但口語中也从不缺乏感情。它使口語有动人力量，甚至有強迫性質。所謂言詞有魔力之信仰就起源于此。不过，語言的魔力方面，对語言的实利方面而言，究竟一向是附属的[2.45]（13 頁）。

从最早开始，語言必然几乎是完全武断的和約定成俗的。在每一个别社会里，发出的种种声音所代表的意义必須得到公認，再經传統固定完整的語言里，这語言足以应付物質生活和社会生活的全体。同此理由，語言是普遍都有的，而語言的种类又是很繁多的。

符号主义

語言所要对付的种种对象和情况，总比用来描述它們的那些声音更复杂得多。因此，語言中的許多詞必然是又抽象又概括化的許多符号。只要这些詞表达得了現場所需的习慣行为，就已足够而无事他求。在創造語言时，各个人类社会是被迫采用概括化方法，以一詞代表多种不同事物，并使用一种言詞符号法或簡式法。由脑力

运用这許多符号，再配以直接視覚想象，就构成人的思想。科学的种种公式或理論，只是制定一种語言的程序中，一些又自然又有防范的扩延部分。我們往后就知道，言詞符号法既会是謬誤之源，又会是知識之源。如果专重詞的一些強制性感动力形相，詞就成为具有魔力的符籙。如果認符号为代替物質对象或动作的东西，詞就可算唯心邏輯的筹碼。

早期社会生活

語言尽管种类多，变化广，其持久性却远远超过技术。石器时代已經一去不返，但我們今日所用的語言，基本上必曾为若干石器时代部落所用过。語言是現今仍活着的古代遺物。研究語言应該是研究各期各地物質文化的一些殘存遺产的基本补充工作。[2.45,2.46] 研究語言并研究物質文化殘迹，再加上目前存在的原始民族来作証，就应該能提供古代社会生活的某些图景。此項工作原非本书的任务，著者也非其人；这里仅指出有关于科学起源和科学影响的各部分而已。

社会团体的成員彼此間的关系，必然从一开始就深深地影响到个别男女的活动和感覚。寻覓食物、制备食物、分派食物、安排进餐以及常按礼节聚餐，这些都是社会动作。这些在特征上是人类独有的动作，因为和动物对食物的不受条件限制的反应，大不相同——动物一餓就要吃，只是独享禁臠，不让其他动物近旁。正好相反，人的这些反应动作，在那些为了維持社会团体而設的传統习慣的影响下，就遭到高度的条件限制。換个說法：人是唯一能充分訓練自己的动物。人与其他哺乳动物成对比，就是动物在生活开始的几天或几星期內，由父母带領予以本能的訓練，而人从出生开始，要經历多年的复杂养育程序。社会訓練过程，也就是教育是严格地属于传統性的；而此种传統，从社会初生起，始終續持，直到今日，变化得非常之慢（558頁）。

取食和打獵。　分工

一切人类集团的一般生态特征，决定于如何取得食物；最早几乎完全如此，后来就很大部分如此。开始时必是采集所有可食之物，如种子、硬壳果、果实、根、蜜、昆虫以及能空手捕捉的任何小动物。关于这个阶段的生活情形，除推理外，不知其他。所有現仍存在的原始民族都已进入次一阶段，而以猎取大动物来补充食物来源。从那些遺留下来的用具上，得以看出打猎技术愈演愈精。以求适应于捕捉各种大野兽，包括毛象本身在內。

从动物时代传下来的唯一不能跨越的社会区分在男女性别方面。当石器时代初期，范围必然很小的那些社会集团，是由妇女延續下去的。当时大多数壮年男子必然都出走，去和其他集团里的女子偶配，而后自身也归到那些集团里去。这也符合于一种經济分工制度，就是由女人采取果实、硬壳果、谷类，掘取根类和昆虫，而由男人捉小动物和魚类。按照当时水平，說到取食工作，男女平等，无甚軒輊。

后来发展到猎取大兽，这是男人的工作，故此提高了男人作为主要取食者的重要性。也許因为男人力大，富侵略性，又有相随而来的技能，所以到石器时代将終，男人位于女人之上。象今日澳洲猎戶間还有这样的情形。家族就是向父系的，部落习俗就傾向于父治的。但这种趋势，到用耨耕种时，很会已經再轉过来，这时又提高了女人的重要性。

图騰主义和幻術

社会集团的能以存在靠每天获得食物。这也靠在力所能及的几哩搜索范围內，有动植物供給好在那里。男和女更須有猎取或采取食物的技能。这些都是获食的条件。只有猎取或采取和技术有关，但技术的改变必然很慢。在另一方面动植物的数目变化很大，有时还发生災难性的变化。人那时完全寄生在不受控制的自然界里，有了一些較好的技术，只注定加深和扩大寄生生活的程度和范围。在发明耕种之前，人不能实在地脫离寄生状态。然而他自以为能用对族人和对他所猎获的动物行之有效的方法，来劝誘和愚弄自然，以求得到帮助。于是就有幻術演化出来，好填充由技术限制所遺下来的一些缺陷。原始部落的人相信，若使用每一种有用的动物或植物，作为某一族的或族里某一部分的图騰，若使用一些偶象、符号象征、和仿效动物行动的舞蹈，将可以促使該动物或植物兴盛、繁殖。各图騰集团間又可因此而互换食物。在社会关系上和在食物和飾物的分配上的种种繁复社会規則，能被結合起来成为一个复杂体系。只要严格地遵守种种图騰規則，种族的繁殖和食物的供应就都巩固了。和图騰有关的是某些人、动物或物件被認为有特賦权力；它們是属于禁忌的，是神聖的；誰要碰它們誰就必須遵守一些最严格的規則，而违者必招致可怕的懲罰。認为一个物件有潛在权力或潛在性能的这种概念，曾做科学发展的基础，有时候頗能生效。例如，磁鉄的迷惑人是因为具有吸鉄的性能，竟創下磁学一門科学。但最多数时，因各項性能是幻想的，故拜物心理阻碍了清醒的思維，例如特别无用的金属——黃金——竟被人重視。

图騰制仍流行于許多現代原始民族中。在包括我們自己的文明在內的所有現今

各地文明里，仍偶或出現一些图騰痕迹，尤其是在宗教和語言两个最守旧的势力范围内。誠如湯姆孙所說明的[2.46]，父亲、姊妹、叔伯等全部社会名称，只能用图騰性社会关系的說法来解释。至今我們形容獅和独角兽时，仍然保存經过門閥典章而传下来的图騰动物的殘迹。

仪節和神話

和科学有較直接关系的是图騰典礼，尤其是出生、入社和葬埋典礼，相关的那些仪节。* 旧石器时代已有入社仪式。洞穴中軟粘土上发現的一些印跡，就証明当日有人参加这些仪式，另有殘缺的手的印痕，也是凭据。任何人必須經过这些仪式。还有和仪式相輔的一些圣歌，就用图騰术語道出有关世界起源和发展的一些解說或神話。这是最早的形式教育，是把对世界以及如何管理世界的一套明确信仰，作为諄諄教誨。这种教育完成了打猎、烹煮等实用技术的实际教学課程，但是从来不曾代替了它。入社典礼特点之一是命名。名称暗含志愿入社者对图騰祖先，因而也对整个世界的关系，故認为特别重要、特别神圣。語原学指出，最早最明显的知識实在就是关于名称的知識。[2.46]（拉丁語 nomen，即英語 name＝希腊語 gnosco，在英語为 know，即"知"）。

所有神話，首次成定式时，必定反映当时实用技术和社会組織的水平。但为了保存部落的生命，甚至也为了保存宇宙的生命起見，認为仪节是必要的。神話既和这些仪节相联系，就比环境情形轉变得慢；若不等到采用較新近的言詞来重新詮释，便常无从理解。例如，埃田乐园神話原是反映从打猎轉变到耕种的情形，但曾被用来包罗禁忌、性别、知識的罪恶、盲从上帝和原始罪孽这些观念。那怕不同部落的諸項神話，也易于混合在一起，而成为一种不甚連貫的共有神話体系。这样的一些图騰神話虽經过多次轉变，但其传統并未中断。非但各种宗教的种种信条，还有科学的种种理論，都从这些神話传給我們。

2.4 唯理科学的起源

原始人所获得的各种知識，如从用具、工具、火、动植物、社会仪节和社会神話上来的，在最早成功时，完全不是区别很明的。不管出現在哪里，它們总混成一种共同文化。如果只凭当时的人所得的經驗，来叙述科学的发展，尙不够使人理解科学怎样从混合文化中发生。故必須兼用現代科学眼光来考察；必須拿过去任何时期里任何經驗領域內的知識范围，来同今日有待求知的事情上的相对复杂性作比較，然后估定前

者。如果有希望能認識到一部分环境中的內部功用，足够随意支配这部分环境，来为人民謀幸福，这才能产生一种充分唯理的又可用的科学。客观地說来，无生命的世界比有生命的世界簡单，比社会的世界更为簡单。因此，对环境的唯理的控制，最后也就是科学的控制，有內在的必要遵循这种順序。

靠着制造用具和使用用具，人从前就按照經过考虑的意志，改变着自然。这是唯理力学的起源，就是实际动用陷捕机、弓、回头鏢和飞砣等整块物质时，所表出的一些运动規律即使不能这样明了自然界的种种功用，只要环境中任何一部分出現了任何規則性的征状，就可利用那一部分。人只要曉得可期待的是什么，并且到現場去接受自然的賜予就够了，完全不必自己来使事物发生。这是属于观察性的科学和叙述性的科学的范围，例如打猎和按季摘果两种技艺就以这种科学为基础。超过人的直接行动所可控制的事情而外，也超过人对自然所可期待的事情而外，人仍爭取用其他方式行使自己的权力，首先靠幻术，后来借重宗教。

原始人所关心的事物总是极其局限的和顧实际的，限于一些生活需要，如食物、动物和植物，以及工具或配备所需的材料的供应。此外，还有認为有关增加生活需要的一些天象或地形等事。虽說是唯理的和期待中的事物的范围或者不广，它仍占原始人所实在关心的事中的很大部分。随着社会的发展，科学发揮作用的領域也大为扩张，但兴趣范围也同样地迅速进展，甚或进展得更快。沒有理由可以相信說原始人对于他們当时所处的世界，安全感有什么不及我們今天的。

力 学

唯理的領域最初就扎根于物理宇宙的构造和感觉-原动机构的构造中。动物的感觉-原动机构是动物經过数十万万年演进的結果。在每一个进化阶段中，动物充分地发揮了此机构的作用。首先是从人体上的視觉—手工要素直接发生的。这些要素就是遺传下来的一些眼—手协調作用，得以使人大大突出于其他哺乳兽类，尤其是在人成为社会动物之时。换句話說，人所以能有唯理思想，肇始于人和其所处的物理环境間的关系。拿很簡单的槓杆为例，推动一端时，另一端将发生的情形是可以預知的。从这种眼—手协調作用的基础上，开始长出唯理力学这門科学。就是在这一領域中，而最初也只是单单在这一領域中，才能直觉地看見和覚到事物的如何发生作用。并且，由于在早期技术上所获得的知識，这方面就大大加強了。静力学和动力学的根芽，原可从各項用具的賦形、制造和使用中发見。远在任何其他科学成立以前，人們已从对一件件确定各别物件作物理处理时，达成一种內在的本质上是数理的灑

輯。在科学进步中，比起科学的其他形相来，这个物理形相总是在唯理性上保持領先。

原始科学中的分类法

只是在以后，成千成万年以后，同样的物理方法才能用来应付人类經驗上其他方面——化学的和生物学的——来使它們也象力学那样，在邏輯上可理解、又可控制。可是这并不是說生物科学和社会科学的基础是在此时建立的，而只是說由于它們的內在复杂性，故必須另循其他途径。当时，人不可能用同样的唯理方法，来察出烹煮或酿造中任何动作将招致何种結果；但若首先經过試探，然后由于記忆或經过教导，就有可能知道将有何事发生。在这个范围內，尤其更甚是在动物行为方面，知識在本質上是传統的　同时，它却又是严格地无理性的，因为，靠当时已有的知識不可能了解并認清事物为什么发生。但因这經驗已經熟悉，而正是这点熟悉性使人不必靠解释。所以这样的知識当时不一定看起來无理性　不过类乎图騰祖先或鬼神等一些抽象的，但是拟人的操縱者的神話式解說，总是可以找得到的。所以唯理的和叙述的两个范围間的区别总不是絕对的。此外二者間有許多相似处和可比拟处；整羣整羣現象都粗略相似。其实就在这个范围內分类办法出現了，这就引起了生物科学的发展和在某种程度上化学科学的发展。这种最初的分类法必然是語言的构成部分，語言就隐含着对具有行动或情感能力(动詞)的存在物(名詞)命名的理論。这里又兴起一种靠类比法的具叙述性的推理法，主要是以幻术为根据，虽然从开始时就是謬誤的，但經一再累积并选择已經考驗过的事实后，就越来越可靠。从現代蒙昧人方面可以証明，原始民族必能相当明确地区别他們对事物已有相当控制的各种經驗領域，区别在哪些方面他們能准确估計未来遭遇，在哪些方面又必須依賴仪节和幻术。然而这几种情况相互密切連結，就促成很稳固的文化。

傳統的約束

根据考古記录所驗証，变化极迟緩，这就說明在任何場合，古代人总是紧抱着传統。　所以可能这样是因为人們无形中感覚到他們的一切文化的統一性，以及脫离文化传統的任何部分时所招致的危险。　人們怎能晓得，如果不执行习慣性的仪节，又不念咒語，結果自然界的整个秩序会不会突然反常呢，会不会断食源絕，带来疾病呢？故認为除非环境絕对不允許維持旧传統，总以不改变任何事情为較安全。

2.5 环境的变迁

直到目前为止，只按最一般化的方式討論了原始社会中的科学起源，着重地指出：由于这种科学有它的必要的、适应的反应，然后人类对物质的、生物的和人类的环境，才能产生日益增进而系統更好的知識。但这只是全景的一方面。另一方面由于早期人类发明了和使用了一些技术，它們自身就能改变那个环境，并促成人去进行生活范式上的基本变化。他們在这方面进行的途径有二。

第一，合用的和可以控制的环境范围，每因一种新技术的产生而扩大。旧石器时代已經充分发展的飞砣就是一例。有了这个新式武器，方可在大平原上追捕捷足的野兽。新配备可能具有更重大的后果。有了毛皮衣、棚舍和火，早期人类就可在北方过冬。类此革命性的技术改变，使人类得以分布到一些新区域去，而在原区域內，也可住得更为密集。

第二，一种新技术的有效使用，例如焚烧林木以除障碍，久而久之就改变自然环境本身状貌，并引起一些新問題。針对这些新問題，只有换走改变技术这唯一的另一条路，始能免于灭亡。其他危机产生于以气候变化为主因的不可控制的自然环境变化，但原始人往往不能辨出何者为人本身活动所造成的危机。这二种情况发生后，都需要或者迁离旧区域，或发展新技术来应付新局势。不論这些技术变迁发生于文化內部，或由于外在形势改变而引起，变迁确实发生。从考古記录更可証实：这些变化大都是进步的，增強了控制环境的力量，也扩大了所能控制的范围。

旧石器时代末期的配备

考古学証明，漸近旧石器时代末期的人已拥有相当丰富的技术发明物——棚舍、縫制的毛皮衣、袋、桶、独木舟、鈎和擲枪。此种情况不难于理解，因为諸般用具虽不全部但絕大多数仍由現代蒙昧民族积极使用着，而以爱斯基摩人为最显著。至于使用得暫有限制的，有南非布西門族（Bushmen）和澳洲土著。他們的技术限于取食和打猎。他們的生活中，主要方向和目的是在追逐禽兽，非但如此，即猎者的配备用具，也很多用杀死了的动物的殘骸制成。就是在这种打猎生計的基础上，方始解决了在裁配和接合材料时所遇到的大多数机械和技术問題（图 1）。

值得注意的是，用材方面現在已經改变了。但当日解决这些問題的方法至今仍大多在使用，并且常常仍是一些現代技术的主要基础。例如，最重要早期文明問題之一，就是想法子保存并携带液体最早的桶和瓶是皮革制成的，到現在虽則用料不同，

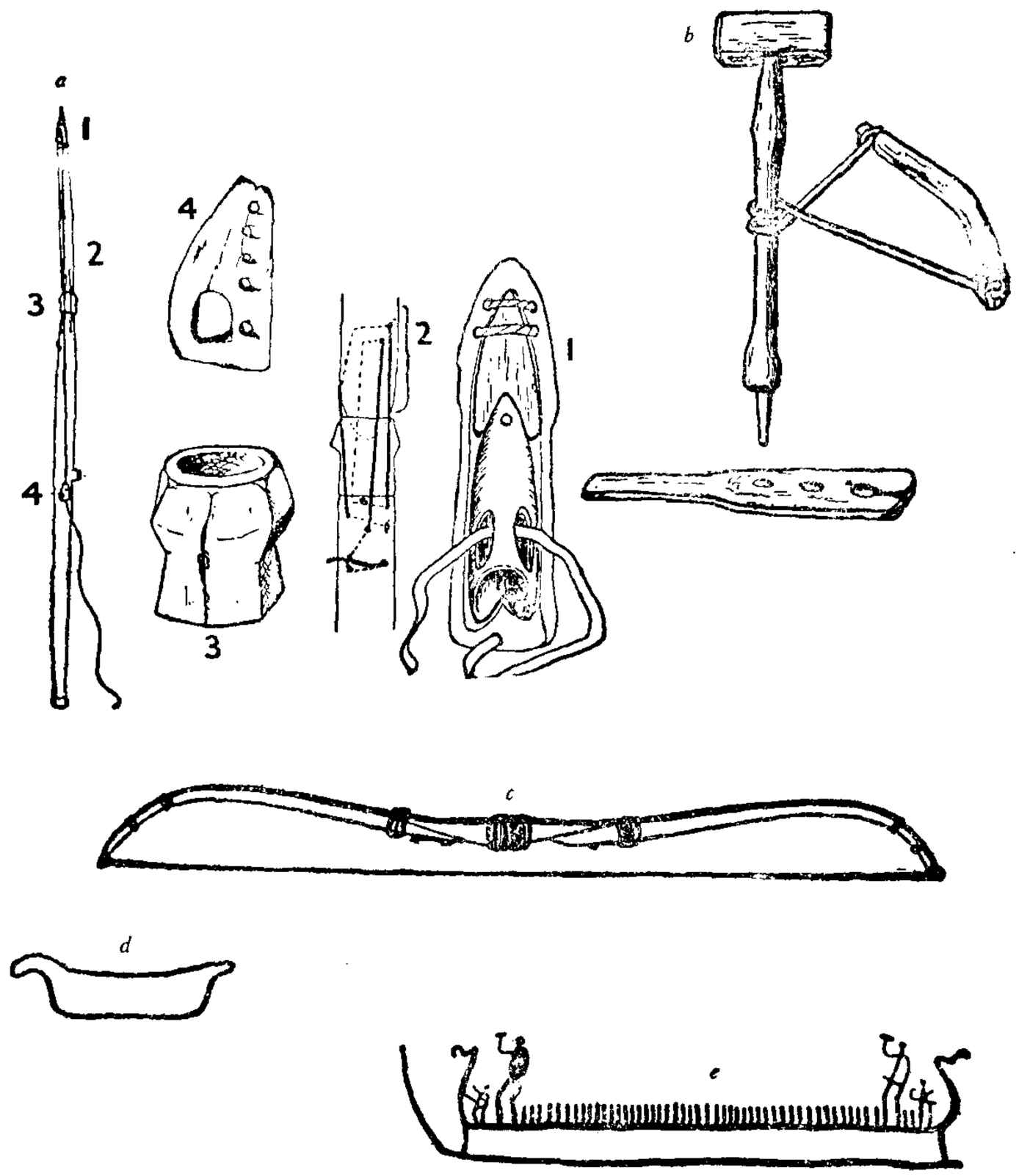


图1　原　始　工　艺

爱斯基摩人的配备

(a)带活头的鲸鏢(各組成部分已經放大)。　(b)弓鉆。　(c)复合弓。

早期船艇(采自挪威的輪廓图)

(d)与爱斯基摩人的艇相似的石器时代兽皮艇。　(e)青銅时代的艇——短竪綫代表水手。

但原制造法只是加以改变，以适应于用金属片来制成桶和罐。即使是玻璃和塑料已代替了皮革，但基本外形仍如往昔，旧石器时代确实已知編籃法，也知粗織法和埴土法。粗織法大約是从編籃法套来的。[2.49] 在这时期，布和陶器进步迟緩，不是因为缺少技术能力，而是因为游牧环境不允許妇女有足够时間停留于一处，以从事于复杂的紡、織、浆漂和染色工作，而且，在当时也不甚需要笨重难以携带的陶罐等器具(图 2)。

投射器和机器

打猎用具方面的种种发展在科学史中特别重要。飞矛、投杖、极巧妙的回头鏢流星和飞砣的作用都暗合物体系統在空間运动时的頗为复杂的动力学和空气动力学原理。它們都从随便擲棒投石等簡单技术中逐步推广出来，經过更大努力而对后来更重要得多的，是好象只是迟到旧石器时代后期才发明的具有关鍵性的弓。这是人們利用通过机械儲存起来的能量的第一例 用拉力逐漸弯弓的儲能，随就縱弦放箭，很快地耗去能量。虽然应用同一原理的弹簧捕器或重力陷穽为期或更早，但弓必是人类最早用的机械中的一种。有了弓箭，打猎的收效必定大增，而弓箭的使用好象很快就已布满于世界(图 1)。

对科学来說，弓箭的使用有三种意义。研究箭的飞行，刺激了动力学。代替手的动作，并且仅用一手就能运用的弓鉆 可用来擰轉发火棒或鉆头，是持續的旋轉运动的一个先例。弓弦弹出的汪汪粗音可能是弦乐器的起源。所以弓对于音乐的科学方面和音乐的艺术方面，都有貢献。还有一种，也許較早的发出乐音的方式，是吹器。吹器中的号角和管早在石器时代一定就已有了。原始人凭經驗很晓得空气和风力都是物质的。气体力学从研究呼吸起。中空的骨或芦管可利用来吹送或吸取气体。把空气装在膀胱內，可作浮子；从鞲鞴內压出空气，可以催火。空气的弹力可用在吹箭槍来打猎，或用在竹制气泵，来发火。装在圓筩內而可以自由活动或被推动的活塞的动作，經过发展，就該派生出大炮和蒸汽发动机。

2.6 社会組織和观念

因为記录都属物质的 所以对于原始人的技术成就方面，我們認識得当然远較在观念方面为多。观念方面的資料虽不多 但結合到我們对今日一些原始民族的認識，就可以說原始人在观念方面也必曾有重大的成就。首先，如缺少相当才能来传替消息和建立社会組織，就不可能在打猎社会內，执行各項复杂的机械工作和組織工作。打猎常是大規模的 把毛象或野馬等动物做目的，就需要对几百人的巧妙部署。

不仅只此，一些旧石器时代遺址，特别是埋葬处，有神話和仪节发展的直接明証。几乎从旧石器时代之初开始就有埋葬的事实本身，恰足以表示当时的人对死后命运怎样看法。这态度似乎还算簡单。陪葬有时用些器具和食物，这說明他們相信死后另有生命，这种見解和当今宗教信仰无甚差别。但如用赭土盖屍来仿做血这一类习

尙，就表示幻术已很盛行。旧石器时代前紀的人，在山洞中和石穴里，所遺留的引人注意的繪画，也可供参証（37 頁）。此項繪画以富有幻术性为其本質；它們的主要目的，是企求打猎順利，兽羣丰富。

根据我們对一些現在原始部落所作的类比，可以公平地假定这个証据指向一整套复杂体系的仪节，基本上包括舞蹈和唱歌，描写的是打猎順利成功，而由一些带上面具的舞蹈者扮演动物。舞台艺术和宗教仪节必是由此种典礼传下的。仿效动物自然是为了要欺騙动物，但欺騙成功后，并不再长久限于动物方面。各种欺騙办法便改用在战爭上，于是带詩意的虛构很容易退化为直接了当的謊言。

巫　医

最早，所有的人一定都参加礼拜，到石器时代末期，有証据表明，开始划分专职。那些遙远难达的洞穴中的繪画必是由經过訓練的画师所作。画师也必是常常参加打猎，才能覚察并摩拟典范的动作。穴画中偶見若干独个的人，用衣著飾成兽形，象是特别重要的人物。多数現代原始氏族中巫医（或黃教術士），被認为能和那些信为控制宇宙或环境中重要部分的潛力关系奇特。所謂部分以食物为最主要，但也涉及健康和个人幸运。这种人多少脫离那种整天生产食物和制造用具的工作，而专門施展幻术为羣众造福，以为报答。他們又負責，須有意識地保存传統知識，因而也要顧到这种知識在社会发展中所需要的修改工作。所以他們的古代先驅者就是神圣的君王、僧侶、哲学家和科学家們的世传文化祖先*。

幻術理論：神灵

幻术家的各种动作本只是无意識地，后来是特意地，拿一种对宇宙作用采取仿效和交感态度为主的理論为基础。从葬礼和壁画的証据看来，好象在旧石器时代已經很講究幻术。一些起初是肖象和到后来簡化了的偶象或符号，可以符合于它們所代表的原物到如此程度，因而对它們所施的法术，可以由感通而轉施于眞实世界。这些偶象和象征，經过不中断的一系列关系，联系到現代科学使用而很生效的一些象征符号。但是，要經过許多世紀的經驗和艰苦斗爭，始能分清哪是象征主义所具有的单純习俗价值，哪是它的幻术价值。

在某阶段內，从仿效的或象征的幻术方面，分裂出来另一原始思想形相，就是一种观念，承認神灵施于实在世界的势力，因而要控制或慰借它們。神灵观念的本身是十分矫飾的。它大約由于不能承認死亡一事而起。从坟墓中設备物可見，早期的神灵

确曾被認为很具备肉体的。以其生前是該部落的成員，所以仍应継續原有关系。又以为神灵和生人一般，能仗直接动作或幻术，来作用于自然。它們的能力原就止于此而已。后来才假想人死时离开躯壳的东西就是神灵（精气、精神、灵魂、心灵），是肉体以外的另一样东西，能具有它自己的无形而非不起作用的生活。

根究到底，神灵的概念应分为二，彼此很不相同。第一种認为一个強有力的人的神灵，經过一个传說中的英雄的神灵轉变为一个神的神灵，[2.42;2.46] 而成为宗教中心人物。第二种認为神灵，从人体起源脫离后，变为一种无形的自然执掌者，例如风或者設想在化学变化和生命变化后面的活动力。后一种概念，一旦除掉它的神性，象以后章所表明的，就在科学中占有极重要的地位，其結局为浓縮在荷兰烧酒店里的"酒精"❶，或仍为"桀驁不馴的神灵"，就是科学家范赫耳梦特（van Helmont）（359 頁）所称的气体（或渾沌），終久要被納入貯气器內的东西。

2.7 原始人的成就

这样对于原始人的技术和观念所作的綜覽，虽然总之过于簡单，但至少应足以指出旧石器时代末期成就所达到的程度，即是通过物質的器具，使用人的智慧来控制自然，并通过传統和仪式方面的社会工作，来保証那些已有的进步保留下去。力学和物理学两者的基础建立在用具的制造和使用上，化学的基础建立在火的使用上，生物学的基础建立在有关动植物方面的实践的并可以流传的知識上。社会知識隐含在語言和艺术里，跟着入社典礼中形式教育的开始，而被系統化于图騰制度之內。

依靠打猎和采食的社会，就决定下它自己的特征，基本上是社团性質的，既无任何显著专业化情形，也不分阶級。

打獵生計的限制

旧石器时代的人的工业成就和社会成就已如此出色，人們可能会奇怪竟不能在那样的景况下无限长久地維持他們自己。实际上，有些人看来已經这样維持下去了，但是只限于最偏远地方，如北极区、澳洲中部、或热带森林。現在仍可怀疑，这些地区的人到底到什么程度好算眞正是旧石器时代的遺留者，或仅是新石器时代的人羣，被特别艰苦的外围环境逼回去过第二期旧石器时代的打猎和采食阶段的文化生活。对其余的部族来說，他們的主要目的只在猎取有限几种棲地上的，尤其是曠原上的，有

❶ 英文里"酒精"和"神灵"同为一字，即 *spirit*。——譯者

限几种野兽，所以，采用旧石器时代打猎技术，也許已嫌过好。如因气候变迁，或因部族猎取过度，以致改变了兽类繁殖条件，那么兽羣死亡，而部族或須他迁到条件較好之处，不然就只有在当地死去。过去許多民族就这样死光，今日許多民族也正走上这条路。再不然，那些部族就須改成另一种文化，来代替打猎，但这是一件困难得多的事情。

打猎社会的基本弱点是人类寄生于所猎取的动物，只能尽量利用原在当地的动物，而一点也不能积极地控制它們。就是說，只会杀灭动物，而不能飼养，或使其繁殖。在事实上，也許是旧石器时代晚期的一些很有效的技术，使得便于行猎的任何地方的大动物都絕迹了。另一輔助原因是气候变化，使可喜的空曠猎場变成森林，如在西欧，或成沙漠，如在非洲等处。約当冰期末年，打猎确已不算人类文化中最进步的型式；它的艺术，甚至連它的社会組織尽管仍旧保留着，却只好附属于农业发明后才产生的更丰富，也更进步得多的文化里而持續下去。

植根于旧石器时代社会的形式中，也許另有一些內在原因，使这社会不很能适应它的环境。但对这些原因，目前仍难分析。具有这样的物质文化水平的一些原始社会今已稀少，而它們的一些純內部困难，就被罩盖在較为进步的各式文化，特别是今天我們自己的文化的毁灭性势力之下，而不易覚察了。

第三章 农业和文化

3.1 走向生产經济

农 業

本章所講的是通常所謂新石器时代和青銅器时代，也就是埃及、米索不达米亚、印度和中国的早期河流文明时代，絕不企图推溯这些文明的历史，而內容只限于表明它們在科学起源上所表演的角色。

約在八千年前，开始了食物生产革命，而这場革命是改变了人类生存的整个物質状况和社会状况的。这个革命虽不完全是，但主要是前章末尾所講的打猎經济危机的結果。此时人們所必須面对的一些困难，导致人們尽力去寻覓新种类食物，或甚至已遭鄙弃的旧种类食物，例如野草的根和种子等。这种追求导致了農業技术的发明，而农业技术的发明正是与火的使用和原动力的使用并称为人类历史中三个最重大的发明的。如同所有大轉变一样，这不是一个单独的动作，而是許多互相錯綜的发明的逐步累积，这些发明都有助于主要成就，就是种植一些供給种子的草本植物。在本質上这是社会由搾取生物环境到控制这环境的轉变，正是达成生产力十分充足的經济的第一步。

農業的起源

談到农业的确实起源，目前是，而且也許将来长久仍然是凭揣测。农业上所用的植物和动物只限于很少而很相近的几种，例如可食用的种子草本植物类，有角的牲畜等。这情况指出农业是兴起于某一确定时期和某一有限的地区，大約是中东一带。至于种植庄稼和家化动物是否始終并行，或是純农业和純畜牧两种文化併在一起才联合的，簡直不能断定，但事跡[2.11.75]好象指出前說比較可靠。原先或許是有些动物被种谷者所遺留的多余刍秣所吸引，因而被人馴伏。在那时馴养家畜已經不是絕对的新事业；旧石器时代就有馴伏的狗了。著者碰到一条小小的綫索：几乎通行全世界的刈谷工具——鐮刀——它的形状和原来具有的齿分明很象綿羊或其他反刍类的很善于齧草的顎骨。*假若不是正在农业最初阶段里綿羊已相当多而已可設想是能馴伏的話，就几乎不会用上鐮刀。种植农作物，比起家化动物来总是影响更远大的发明，

这是因为若无刍秣的供給，通常就不能在限定的区域里养上数目充分的动物。此外，城市中的人替肉类、兽皮和羊毛开辟了銷場，这对于广大的畜牧經济是最重要的。由曠場上牧羊人或放牲畜的人組成的游牧部落，也需要如猎取野畜时所需的那般广闊的場地。另方面若无市場可供給武器、装飾品和副食品，他們就不会感到足够的鼓动肯拿牧畜的麻煩来換狩猎的刺激。

在貯产丰富的地区上，因野生谷类相当多，妇女們可随意摘取，貯藏于固定住所的籃內，所以，在这种地方，初种谷物时不致突然中断固有的文化。* 散布在地上够多的种子又长成为值得收获的庄稼。农业的发明也許不过是人类对于此种偶然发生的事情，了解得足够明白了，就会認为值得去实行有意牺牲已在目前的良好食物留来播种，以換取下一季更丰盛的收成，这就意味着某种定居条件，这种条件，无論怎样可能决定于树林中曠地不够，或沙漠中有水地方太少。平原如干掉，野兽和人当然引退到成了沙漠平原边緣处山谿流过的扇形冲积地。我們得到某些証据，認为这类地方或許就是农业发祥处。

因为采集谷类是女人的事，所以农业或許是女人的发明。无論如何，在发明用牛拖的鋤或犂之前，耕种总是女人的工作，因为其时所用的还是鋤，而鋤是从旧石器时代女人用以挖根的掘棒演变而成的。在一处地方如果食物供应靠农业比靠打猎占优势，女人的地位就相应升高。打猎时代首先引起废除母系改从父系計算传代的世系，到此遭到了遏止和扭轉，而改从母系計算只是在农业居留边緣等处，畜牧业兴盛，才完全过渡到父长制度，如圣經所載。

不問起源如何，农业导致了人与自然間一种在本質上是新的关系。一旦人能从小块土地上获得食料，也象在广大地面上猎获或采集来的那么多，人就不再寄生于动物和植物。人在农业实践中，应用了对于生物界的生殖規律的知識，就控制了生物界，如此就可以大大地少依靠外界条件，这是以前所做不到的。最早的农业也許不过是仅仅耙松地面，或就是园艺性質的。暫时清理出一小块一小块地面，随种随弃。这是游牧式的农业，在今天許多部落中，仍有这种习慣做法。即使是在这样低下的水平，农业实践对于人类的物質文化和社会文化，曾起一种爆发性的影响。和在旧石器时代任何一次轉变相比較，农业就标誌着一个新进步等級，其所导致的是在質的方面有所不同的一种新社会，因为在同一块土地上可以养活的人，在量的方面已大大增加了。打猎事业非具相当継續性不可，但农业就靠季候。所以大多数从事农业者一年之內有部分时間可改做旁的工作。因此农业带来一些新的可能性；而它們再带来一些新問題。

田野工藝和家庭工藝

农业中的种谷物以及从谷物制成食物都需要一套新的技术，例如播种、鋤地、收割、打谷、貯藏、磨粉、烘焙和酿制。随着这些跟来一整套附属技术，或者象編織那样，須先有充分的羊毛和亚麻才办得到，否則象制陶或营造棚舍，須先有永久居住或使用的可能性和必要性才行。旧石器时代已知营造棚舍，但只限于野兽相当多而需要定居之处。在农业社会里，营造是普遍的事。一切事物合而以新进度給予文化发展。需要和物質手段都摆在面前。旧习俗的压迫不得不屈从新情况。一个新因素是不动产的出現，不过最早是社会公產而不是私產。在打猎社会里，大部分的生产所得，就在当地消耗掉，而猎具、炊具和衣服这些仅有的永久性物品，則經常在使用，大部分供个人使用。另方面，在农业社会里，总归保有土地、牲畜、棚舍和仓廪，作为或多或少带固定性的物品，大部分为社会所公有，故而需要求得保管和分配的措施。最早的办法是扩充图騰制下分羣組織法，因而使它变得更复杂。所定出的規則是羣內分配，而且是平等分配。又有由习俗縝密地管理着的一些按礼节的交换办法，遇婚姻和丧葬等典礼大事时，举行于各羣間。有了农业的生产新法之后，陈旧的分配制終于无法应付，就开始改用物物交易，代替礼节交换。每个人对于自己生产出来的东西，就特别強調誇耀。这样才有了所謂私產，也就有了必不可免的財富不均的結果。次一阶段，也就是社会階級形成时期，似乎是到城市建立之时才发展的。

工 作

农业又在社会生活里引起一种新概念：工作的概念。在打猎文化的日子里，并不認为工作和其他生活形相有区别。一切动作都密切地联系到它們所产生的各項結果。你为了食物去打猎，而猎得的食物就是你和你的家人随后即要吃掉的东西。但在农业方面，你所做和你将来为此而有所得，中間要隔一长段时間。同时，許多农业操作本身既煩厌又疲乏，不及打猎兴奋。这样，食物供应起来誠然較可靠，但打猎时的种种奇趣和猎后的頓頓盛饌却都享受不到了。从打猎过渡到农业，实在是現所知道的传說中叫做"人的沒落"的一种过渡。人离开了所謂"天堂"或"埃田乐园"的曠野或快乐的猎場，而去流汗做工，去賺面包吃。

科学和新工藝

然而，由于农业所带来的工作和报酬間很間接的关系，却更加扩大了因果概念，

而这个概念注定成为一种唯理的又有意識的科学的基础。例如动物和植物的整部生活史变成人类关心观察的对象。不仅要捕捉这一种或采取那一种，还需要明了它們怎样生育和成长。同样地随着农业同来的那些新技术更引进一些新的数学的概念和机械的概念。織布显然是采用編筐法而推进一步。两种制作法都含有若干規律性。这些規律性先經实践，然后方經思考。这些就替几何学和算術奠了基础[2,49]。織出的花样的种种形式和所含的經緯綫的數目，在本质上，都属于几何性质，因而引起了对于形和數間一些关系的更深認識（图2）。除了弓鉆可能是一个例而外，紡綫是第一种利用轉动的工业操作。很可能，它本身又做了輪的使用的先声，而輪又在下一个时期內，轉变了力学、工业和运輸。另一方面，陶器的制作是間接用火的第一例，比起照明、取暖和烹煮要求对于火有更大得多的控制。有了陶器烹煮法的范围就得以扩大，而熔炼金属法和初期化学也能够成功。

新石器时代

从首先发明农业到建立城市这一段时期，通称为新石器时代，因为这个时代所用的已由粗磨过的和磨光的石器，来代替石器时代的斲削石器。在那些古文明中心地方，这个时代約从公元前五千年起，到三千年止。但是，以磨光用具为特征的一期文化，占时长久得多。就是今日世界上仍有許多民族过着新石器时代的文化生活。这些現存的新石器时代文化的发生好象出于两条途径。有些可能同当初从中东几个本源中心广泛散布出来的原始新石器时代文化，一脉相承。还有一些或許較晚許多，才从一些青銅器时代的民族推演下来。这些民族迁移到他处，見不到家乡城市的固有产物，因此，除去他們的基本的新石器时代物质文化而外，尽失其他。他們仅保留青銅器时代的某些观念，例如拜太阳。四千年前首批迭巨石为长塚的民族来到不列顛，他們或許就是这样一羣人。还有，中古时代里散布在太平洋的坡里內西亚（Polynesia）民族，也許是这样的人。

目前虽然靠土壤和气候来获得物产，而不象以前那样靠自然状况下的动植物，但新石器时代文化在它原占地域的大部分上，仍然保持着。这件事正說明人曾經怎样在这种文化上造成过新的平衡局面。

宗教的形式化

农业发明后，日常生活的物质基础上的轉变，当然对精神方面有重大效应。这效应改由一些新仪式和新神話来表示。新石器时代社会所最关心的是农作物收成。故

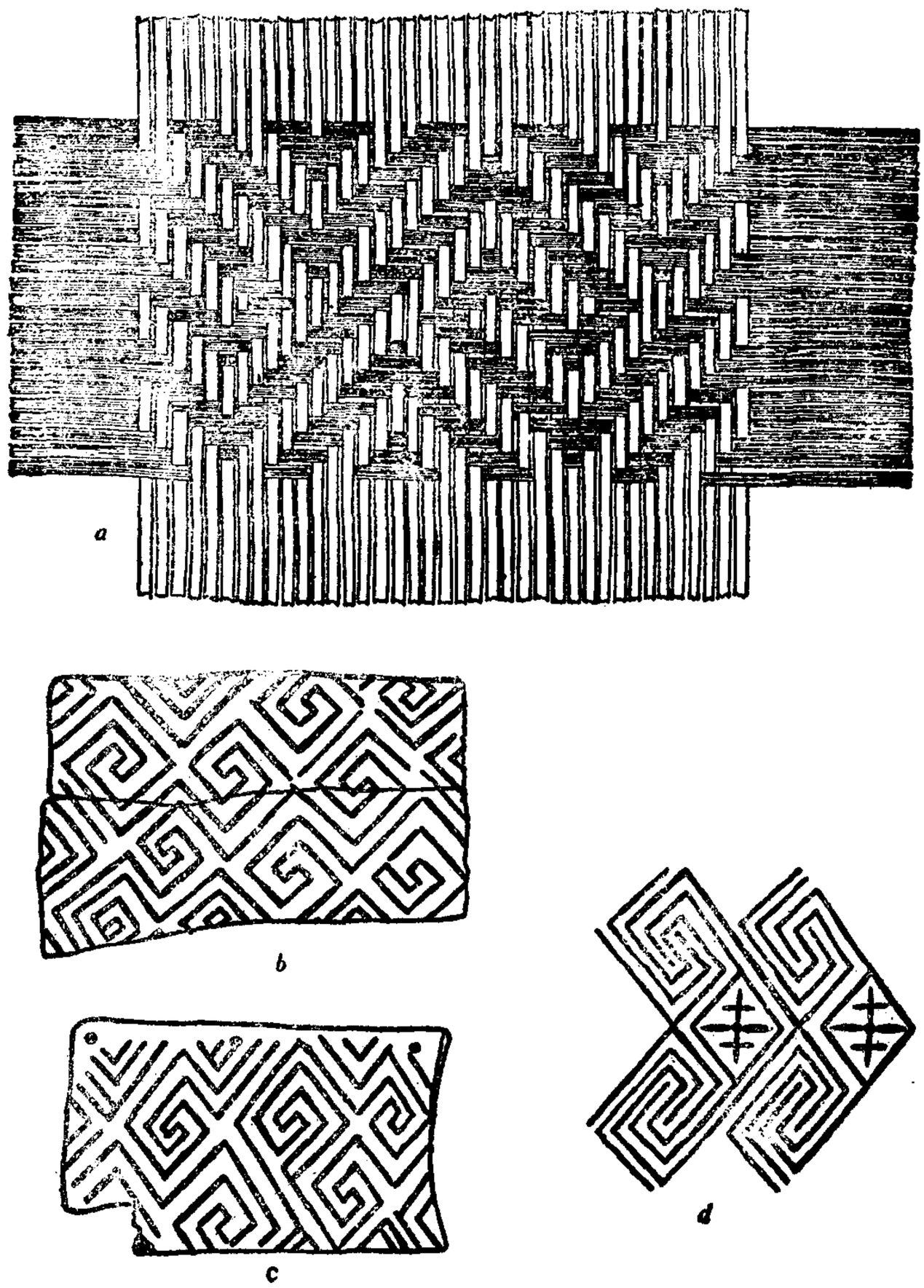


图 2 編籃技术对于裝飾艺术的影响 (45 頁,53 頁)

(a)織蓆,表明希腊主要图案怎样发源于簡单的交錯图形。(b,c)基輔附近出土的旧石器时代毛象牙碎片。注意錯誤和畸形。(d)突特茂斯第三(Thutmose III)陵墓上的图案(約公元前1500年)。采自威尔特菲許 (Weltfish)[2-49]

而对于原来由于女人,为着增多植物和繁殖植物,而举行的一些图騰仪式方面,就更重視,更予以发展。就中最表特征的是用人的交配来激励丰收的那些丰產礼节。在打猎文化时期,只通过雨对动物生活的影响間接察覚雨对植物的影响,但現在雨量对于农作物的影响已成关系生死的要事。用摹仿式的幻术来求雨,成为仪式中另一主要目的。

經过这样的集中注意，就使仪式和幻术格外有次序，更引致其轉变为政府和宗教。春耕和秋收时，按期举行庆祝典礼，选出谷后或谷王和雨师，認为这些是羣众生活的基本，故而予以特殊地位和权力。又因为必須埋藏或毁去旧谷后，新谷始生，就使人想到牺牲。有时甚至以人为牺牲品，要号召国王或其代理人来死，好为人民求福。

農村文化

足以表示新石器时代特征的經济和文化单位是农村。当时一定經过許多世紀，才能演成农村里技术操作和經济操作間的种种复杂相互关系，然后才能确保一个农村在它自己的領域上得到实际的独立。可是，农村經济的范围受有严厉的限制，变化可能性又很小。即使象在今日某些非洲农村等处，其經济牵涉到成千的人，在这种經济制度之下，几乎所有的人仍旧把大部分时間花費在农业业务上，或者在当地制造些物件，也只在当地銷售。新石器时代农村能自給，虽有利于它的扩散，却阻碍了它更进一步的发展。

3.2 文　明

河流文化

人类走向較大規模行动的第一步，是先在大河的广闊冲积流域里，試行农业实践。这些大河流域須沒有不能清除的森林，就是說，河的下游須行經干旱地带。因为湿泥宜于播种，故較大規模的农业或許开始于一些河的低岸。象尼罗河上游一些部落現在就仍然这样。后来才逐漸疏干了沼泽，清除了河床。另一可能只是把高原河谷小块地方的农业，一步一步推向下游，到一些广大河谷里去。在两种情况中都会有一种推动力，促起人开运河和筑堤。这样，就有一种先靠天然灌溉，后靠人工灌溉的新农业兴起。在这样的区域內，农村不再成为天然的經济单位。水災旱災并不尊重村界，因而堤岸須垫高起来，运河須掘起来，却要許多农村共同合作。水的分配，也必須在各农村間，公平划分。即使这样，参加合作的农村只有五六个，这样的合作建立了或被迫施行了，就使每个村里的土地增加收成。这样就标誌着食物生产在量上又推进一步，因为这样能便利更多人生活在土地上。这再轉而引致社会組織在質上也起变化。

社会协調关系的扩大

为了要从河域农业上取得充分的价值，就实在必須把社会协調关系推行到远比簡单农村广大得多的区域里去。一旦推行而有成績，这个办法就会靠自身的成績而巩固起来。单单扩大一种操作的規模，往往就会产生全然猜想不到的各种可能性。当尼罗河流域农村里的那些部落联合以后，或被征服而成为一整个經济单位以后，差不多立刻就能增加如此之多的額外財富，足够在二、三百年內，維持着第一朝埃及帝国国家工作机构上的巨大經济負担。

另外一个較近的事例指出，即使缺少显著的技术变化，組織本身的效应已經够重要了。秘魯印加（Inca）帝国是融合許多独立部落而組成的，每一部落原只耕种自己的一小块谷地，布置自己的有限几道灌溉河渠，凭自己的生产过活。后来要成为一种神圣貴族的那个精力旺盛而威鎮四方的印加部落，半靠政治天才，半仗武力，把各部落組成同盟。这样他們就把整条整条的谷地作为一个单位，开掘灌溉长渠，沿整山坡兴筑梯田，并且准备好适当地分派和支取食物。結果，当他們的帝国存在的若干世紀內，秘魯无一人須挨飢餓。有件有意思的事就是这个制度虽然并未采用任何新技术，但生产有余，足够各印加統治阶級，称为太阳的儿女，过着很豪华的生活，并且，不出几个世紀之久就創造了很高的知識文化水平和惊人的建筑术。

只有那些供水便利的流域，好利用自然水流的沟渠来实行种植的地方，才是文化肇始和紮根之处。后来使用繁重得多的工程，送水进高地沟渠，掘井，又筑山坡成梯田，农业就只在当地附近推广出去。但是，在鉄器时代以前，农业从未远离过冲积平原。所以早期文明只限于若干天然优惠的地区。就我們所知，主要的是米索不达米亚、埃及和印度（Indus）河流域以及数世紀后的奥克薩斯（Oxus）河［即今阿母（Amu）河］和雅克薩提（Yaxartes）河（即今色尔河）、黄河和长江諸流域。

城市的起源

从文学方面总会联想到文明一詞首先是从城市而来的（英語原詞，文明为 civilization，城市原詞为 city，其拉丁原文为 civitas），但城市实是文明的后果，而非文明的原因。城市和农村不同，在于城市居民大都不是在地面工作的食物生产者，而是管理人、工艺人、商人和劳动者。要建立城市，必先提高农业技术，使产生多余的农作物得維持城市中的非食物生产者。我們业已見到这样的农业技术首先需要某种中央組織，这就意味着要有一个包罗許多农村的管理人集团。在这些农村中，主要图騰神庙

所在的那一个村，就会自然成为城市，其余各农村的余粮都集中并存储在那里。由于最初的城市究在何处，迄今未明，因此看起来，从农村过渡到城市好象是突然的，可能当日大概实情并非如此。耶利哥（Jerico）可算是現存城市中最古老的。此处的一些石墙的年代，經鑑定，还在有陶器之前。[8.35a] 在下米索不达米亚，在同一地址上可窺見农村过渡为小城市的遺跡。任何較晚建立的城市[2.46]必定受到人們从思想上，甚至于从經驗上認为城市应該象什么样子的影响。根据某种証据可以設想，当日是把几个农村的部分或全部居民集中起来，而建成城市。城市本身所在处可能是一座經过巩固的天然小丘，是一个躲避泛濫的場所，后来尊为祭献的庙坛，坛上的庙宇屹立如山。巴别塔（tower of Babel）就以它为原型。

指揮地方灌溉設施的为首的管水术士所駐在的农村，首先就許会創为城市。这不一定意味着任何伟大的新創造，甚至也不意味着有意識地多运用些科学。最初挖掘运河和运用水閘时，不过只要疏浚一下原有水道，或打穿一下天然河岸，就差不多了。很象有史时代中，工程浩大的荷兰海塘設备，是从沙坑和泥埂演变而来的一般。在这方面，如同在任何創始方面，技术跟随自然。提奥夫剌斯塔（Theophrastus）說："……技术显然仿效自然，而有时产生很奇特的东西。"[2.44a.139] 然而要搞好灌溉而不发生混乱，就需有某种經过宗教允許而委任或承担下来的有权力的指导。

城市一經建立之后，又出現城与乡之間的新区分。这种区分不是立刻出現的。在若干世紀中，大多数市民仍然保有，并經营城墙以外的土地。由于农村上新增效率而多产出来的物品，除由村人保留不多，供享用外，余均流入城市。埃及几个早期王朝里的小农，虽則在食物供应上較好也較有常規，但在自由和工作条件上，也許还有些不及他的新石器时代里的祖先。不过比起他的后代，就是現代埃及小农，則他在双方都并不見得差。

房屋的演变

起初，城市比起农村几无区别，不过是聚在一处的若干棚舍，各有一个养家畜的庭院，各为一个家族的住处。但通常是几代人連同佣仆和奴隶住在一起。等到人口增多，就在院內搭上更多棚舍，常是靠在墙內的披屋，这是正式房屋的始祖。后来因芦葦葺成的棚舍容易延烧，太危险，就改用泥砖来造。这房屋內的生活都繞着庭院为中心；外墙无窗。天热时，全家睡在屋頂上，天幔之下。后来就出現了有窗的上层房間。房屋与房屋間的空地逐漸縮成街道，但有些部分留出当市場，下余的做园圃。到后来，产业增多，战爭威胁大，就在全部的周围造一道墙，把这些人家更挤紧在一起。

但等到內鬨也成威胁时，就建造一座內部的碉楼，武装的人可从楼上控制全城，或在必要时退守楼內。

庙宇、神和祭司

每个城市以一所庙宇或大房屋为中心，庙或大屋內有一位神，由他的若干祭司协助着，来替代或管轄本地农村中图騰祖先們所合成的一个小神团。

神的建制在本质上是从城市生活派生出来的一种建制，并且是运用新聚攢了可供应用的財富，把簡单的家族鬼神往上捧所造成的。因为这个緣故，神很可能是动物，象在埃及即是如此；或可能有动物代身，例如薛烏斯（Zeus）和他的鷹。在五千年前苏美利亚（Sumeria），古代传說中最早的那些神，实在很具人性。他們有他們的会議、有爭执、有辯論，很象在农村长老会議上。[2.20] 在每一城市里，迟早产生一个当权的神和他的配偶，但其他的神并不废除，而是派充副职。同时在城市发展中，有些特征；一方面神和部落的关系以及和农村的关系，离开越来越远；而另方面神和城內他的庙宇以及和他們的祭司們管理他的土地財产的政权在体用上表为同一。开始起，祭司們就管理各城市，收取了城市利益中的最大一分。他們是旧石器时代巫医們的后裔，又是早期农业社会的那些幻术王的后代；不过，在埃及，則幻术王仍做法老王(Pharaoh，即古代埃及王)，是統治者，也是大祭司。祭司們形成了最初的行政阶級，有各种确定的，实在是至要的职务，例如：安排水和种子的分配、授时給人播种和收获、貯藏谷类以及聚集并支配畜羣和畜产品。*

庙的僕役和手藝人

維持这种經济組織所需要的体力工作，却不由祭司担任，或只是象征式地做就算了。例如我們在图画中見到古苏美利亚城市的祭司王在挖掘水道时，提运第一筐泥土，又見到埃及法老王在揮鋤，很象他們的承継者今日奠基石时那样。收积、貯藏和保管多余的产品时，需用一批为庙服务的仆役。庙宇本身变成一种永久建設，需要修造和保养，又要准备举行越来越奢侈的礼节和筵宴。神案前要好好地上供。被崇奉的神当然只歆享食物的精神要素，而祭司們就必須自滿于食物的物质賸余。凡此諸多事务所需要的工作者，就不免变得更专业化些，逐漸完全脫离了农业工作。营造匠和木匠、陶人和織工、屠夫、面包师和酿酒师聚集在庙宇附近，分潤庙宇的收益，但很有限。这些手艺人脫离种地后从事专門工作，就形成最早的完全分工制。对于神的供应，美好不能有止境。因农收有余，能保証材料的供应，故手艺人們很快就改进他

們的技术。除旧有者外，又加上些新手艺，例如珠宝工和金属工。城市里旧有的农村氏族組織，自从有了财产后，已感凋零，以致名存实亡，即或継續下去，也是作为专門手艺学艺人同业公会的秘密。[2.46.332]

划分階級的社会。奴隶和農奴

到目前为止，关于农村經济轉变为城市經济的起源过程，著述实在太少。証据也許有，但尙未充分解释。我們迫切需要眞正原始青銅器时代城市中經济和社会的分析，如同湯姆孙对于希腊鉄器时代城市所作出的分析。[2.46] 經考古学家揭露，最早的城市似是早已走上划分階級的社会那条路去，而且早期法律在这方面也有很明白的規定。例如巴比倫的罕穆剌俾（Hammurabi）法典（約公元前 1800 年）載有償报处罰表，其中有下列条文：

> 如果一个人毁坏另一个人的眼睛，人們应該毁坏他的眼睛。
>
> 如果一个人折断另一个人的骨骼，人們应該折断他的骨骼。
>
> 如果一个人毁坏一个自由民的眼睛，或折断一个自由民的骨骼，他应該付出一个瑪拿（mana）的銀子。
>
> 如果一个人毁坏一个人的奴隶的眼睛，或折断一个人的奴隶的骨骼，他应該付出他的一半身价。[2.22b]❶

这里包括了三个等級。大多数早期城市的市民按照財富分級，計有祭司、商人和自由手艺人；还有家庭奴隶，城外还有小农，实际上是庙里的农奴。

我們大都根据較晚許多，也較易到手得多的希腊証据。只能揣測这个阶級社会里几个早期分級阶段。这个阶級社会的分級，好象起于农村社会产品分配上有了逐步的改变，以及居民中添了許多完全不能享受任何分配的丧失权利的人和异乡人；这分配工作由祭司們监督，而他們設法逐步增加神名下所得的配量。

貿易和商人

这样发生起来的种种阶級不平等情形，由于貿易而更为加重，更为持久。貿易是始于仪式交换，后来变成必要。最早的貿易靠簡单的物物交换来实現，后来用牲畜作交换单位，或用便于运輸而利于交换的有价值物品，例如貝壳、金和銀，而最后則为信用。等到需要外国貨物时，就要靠旅行甚至武力远征，才能得到。于是专业商人应运

❶ 原书作 [2.226]，似誤，故改。——校者

而生。这些商人原是城市官員或王室官員，后来自己經营，专以貿易为生。开始时以王的庙宇为总仓庫和金融所，一应經济活动都集中于此。分类征收各項物品为税捐，及分发食物和原料，也在此进行。大多数手艺人实际上就是农奴。他們从祭司身份或貴族身份的主人方面，接受原料和食物，而献出作成的物品。不过，即使在早期，已經出了些自立手艺人，自己购进原料，而出卖制成品。无产者出卖劳力，换取工資。缺錢的人就借錢；錢多的人按高利貸出；不能偿还者則被卖为奴。

法律和国家

为了防止这类交易使庙宇遭受損失，或引起流血，就必須发展出法律。最初的书契中就有这些法律在內。有些法律中一切都有規定，細到物价、工資和医生診費。例如罕穆剌俾法典（Code of Hammurabi）載有整骨費或疗腸費，对常人是五舍克尔（shekel）銀币，对自由人是三舍克尔銀币，对奴隶是二舍克尔銀币，后者由奴主代付。

以前在打猎社会里，或甚至在农村社会里，各項法律背后的力量只是传統的意識，認为什么是許可的或遭禁的而已，或甚至只是一个氏族对于其中任何成員的行为所負的責任而已，这种行为，要靠寻釁酷斗来解决，或由执礼賠偿来調停。有了城市社会，单是这点力量就不够了。在城市里，社会上既已不平等，就需要一种有強制力的机构了。

米索不达米亚各城市中原来的市民集会，面对內在的和外来的暴力的威胁，让步于一人統治。这位統治者可能是庙政主持人，或是大軍事首长，同时又是神前祭司。埃及的法老王，即神圣的祭司王，自第一朝起就是国家元首。各項法律的执行和税捐的征收，概由一帮具有警察职权的庙役来担任。国王又僭取了罰款、监禁、拷打、或处死的懲罰权。国家权力，名义上虽是交給一人，实际是依靠全体祭司和商人两个上层阶級的支持，只因畏惧民变，才不敢过于放肆。

本书将依次叙述階級社会存在五千年中的盛衰情形，也就是它的发展和变异，从而可以了解这个社会形式如何协助、阻碍或破坏人类进步上的种种机会。然而在开端时，它的一般进步性是毫无疑义的。这种社会是各种技术的发展的巨大推动力，又大大促使人类开始凭理性来研究这些技术。后来科学就因之而起了。

3.3 文明中的各种技术

金屬的发見

河流平原的农业組織是决定城市崛兴的經济因素。随同发生的主要技术进步就

是发見并使用金屬，特别是銅和其合金青銅。全部初期文明时代就是以青銅为名的。不論后来金属对技术和科学如何重要，在一开始时它們并不如此。英語"金屬"一詞来自希腊語根，原意是"搜寻"，意味着金属早先是希罕的。起初金属确是希有珍物，只用于奢侈品方面。农业和城市里大多数种工艺，只仗石器技术来进行。对于当日文明而言，金属甚至还不是严格必要的。馬雅族（Mayas）或阿兹忒克族（Aztecs）的大城市，除拿金属制飾物外，都从来不知它有别用。此等大城市所用的都是石制工具。

除金和少許的銅而外，天生純态的金属是找不到的。金属的提鍊和制备意味着长久的經驗，甚至可能需要潛心审虑的实驗。其原始动机也許是出于原始人，甚至旧石器时代原始人，对于一切奇形异色的东西，都感到兴趣的关系。金属鑛石的碎块必然引起人注意。从項圈和其他飾品上，确曾发見过它們。从孔雀石最容易分析出銅質。埃及在王朝兴起以前，便已大量販卖并使用孔雀石做涂眼料，这当非全出于偶然之事。至于用金属制工具，一定是属于次要考虑的。

自然存在的金最为触目，因而金是最先为人发見的金属。[2.18] 自然金块性柔韌，可錘击成形，不象各种工具用的石头坚而脆。所以一种金属加工的技术，早在人类能从矿石提鍊金属之前，即已发展开了。自然銅块虽不如此引人注目，或无甚装飾价值，但能錘成块片，坚硬足够制造工具。人又发見，若在錘制前，先行加热或热后退火，則操作較易。把用火的技术联系到金属上，大概就引出其次几个步驟：炭酸銅矿石的分析或鎔鍊，以及对生产出来的金属銅的鎔化和浇鑄。从近代的研究来看，这些步驟的先后好象是按照上述順序的。[2.18] 两种过程都需要比得自普通火焰还高的温度。并且有实据指明，它們与通风良好的窰內烧出上釉陶罐一事是相联系的。要解說冶金术的起源，有个主要难題，就是自然銅或表面氧化銅矿的产地經常是在远离农业中心的山区里。至于冶鍊是始于采矿区，然后由城市很快拿鍊成品去用呢，还是矿石和金属都先集中在城市，然后在城市里作成技术的进步呢，至今仍是未决的問題。即使后一情况是事实，但金属时代初期运輸有种种困难，就会遣送鎔鍊工人到矿区相近处去。

使用金屬的一些成效

金属用具和器皿的生产是技术上又一进步，标誌着人对他的环境的控制起了新的質的变革。金属工具要比石制工具更为可貴，且經久得多。对抗兽敌或人敌时，金属武器更远比石制的来得有效。金属器皿能耐火不裂。

在另一方面，金属的价值很貴，已有若干世紀了。銅矿石稀疏地分布在远而不易

到达之处;錫鑛石情形更甚于此。这两种金属都是制青銅所必需的。青銅的鎔点低,使澆鑄容易办到。青銅比銅硬得多。有了它,制造一切工具和武器,金属显得胜过石头。談到金属和金属鑛石,就意味着远方貿易。这就要靠原始运輸法,必不免抬高成本,因而必然大大增加了城市內金属的价格。其結果是它們的应用最早只限于装飾庙宇、供应国王案头器皿和制造城市工艺人的工具;后来战爭事較常見,更用来造兵器。

金屬工人的技藝

金属制造的技术和金属工具的使用,对其他各种技术有巨大重要性,并且扩大了技工对物質的物理性質和化学性質的知識。板和錄是經过錘和拉而制成的,他如浇鑄、鎔接、焊接和鉚合等技术发展得异常迅速。富丽而复杂的飾品、器皿和造象都要用这些技术来創制。因为在青銅、銀和金三方面的金属操作法,比較晚近才展开,所以不同于制陶和織法,而从一开始就成专业,并且看来似是由金屬工人的不公开的同业会所掌握。这是一个职业派系的先例,后来就发展为印度卑下階級的整个制度。金属工作者必然有过一个很不公开的同业会,他們的方法有許多直到晚近仍是保密的,或是因为沒有留下文字紀录而致失传(345 頁)。

早先的金属工人除从事开矿和鎔鍊而外,主要是在金属鑄块或碎料上加工。他們当中大多数必定居住在城市之內,但从他們屯积下来的碎料和遺留下来的一些半制成的工具看来,他們又必曾周流于各乡村,好象一种高級的补鍋匠。[2.18]

金属工具和武器的价值不仅在耐久。金属工具能有比石器薄得多的断面,所以不只是能陷入或断裂物体,还能割切得整齐。因此使用金属工具,特别是刀、鑿和鋸,可以改变处理木材的工作法,使接榫的木作法和垛砌的石作法,能大規模地应用。最早的机器,特别是有輪的車和水車,都是亏得有金属才造得出。即使在农业基本技艺方面,牛挽的鋤或犂上破土的鏵,亦只是在改用金属代替石材之后,才能充分有效。

运 輸

最初文明时代的种种机械发明,注定有即时效果,也有长期效果。初期城市所以能存在,正依靠能組成运輸大量物資的有效方法的本領。城市里成千的居民需要从各地区来的食物;貿易中的貨物須对其他城市进行交換;金属、木材,甚至連石材,都必須从远处山林运来。因此导致运輸方法上的一些巨大改进和彻底革新。它們对文

明方面，尤其对科学的滋长方面，有远大效果。

船　舶

各地早期文明的成长首先环繞着大河流域，以及相联系的三角洲和湖泊等处，因此从一开始必已依賴水路运輸为主。受到这个需要的刺激，刳木而成的原始独木舟、成束的芦葦、或竹筏，經过几乎不能察覚的逐次添配，在实践中不断地受試驗，就成为能够載运大宗貨物的有用船舶。实在說来，由于利用尼罗河作为水道，早先埃及的政治統一才有可能，和甚至才有必要。早先的小舟和船都是用橈或桨推进的，而且在許多世紀中要这样継續下去。可是約当文明开始的某时，却另外来了一件关鍵性的发明——就是有了帆。这就大大地增加了航行的范围。但是帆之具有首要性在于它首先应用无生命的原动力来滿足人的需求，成了后此跟着要来的风磨和水磨、蒸汽发动机和飞机的初范。

河流和湖泊是鍛鍊海上冒险的地方。不过在这方面，漁人或許比商人占先。为了航海，轉而在造船方面加上一些新問題。对于构造，要做到比內河船只所需要的更坚实。此外还有一点，也就是对于日后科学极端重要的一点：在看不見陆地时，添出一个新需要，就是要辨識航路。最原始的方法是利用探陆鳥，如諾亚（Noah）方舟古传說中所述的。靠星辰寻岸，就意味着一点地图观念。靠太阳和星辰作航行，对于实用天文学的需要仅次于曆法的需要。

輪

作为对技术和科学的后来进步同样有重要关系的一件事，是发展陆地运輸。这里联合了两个极关重要的观念。就是兼用兽力和輪。人类曾經馴伏过，并飼养过动物，首先是用作食物，来更加滿足古时猎人的需要。到此，牲畜起了新作用，如做工、拖曳有輪的車和代替女人挽鋤，这样就变鋤为犂。*

最早用于运輸的牲畜大約是带有馱鞍的。既无任何图画画出当时人騎馬，我們可凭此断定，初期的人一定連驴都不敢輕易跨騎。継馱鞍以后的当是地排子——将馱載的东西縛于两根滑桿，放在地面上拖曳——这是有些西比利亚（Siberia）部落仍在使用的。这桩发明却不象是双輪車的原始，因为在各种类似双輪車的設备中，最早得見的是犂的軛和柄，而未必是地排子的滑桿。只有随着城市的肇始，才需要搬运不能分为零担的較重物体，如用作大樑的树干，或用于大建筑物的石块。为了这个需要，首先的解决办法是用橇，可能只以林中猎戶的輕橇为蓝本，而放大的重載的橇可

以緩縱下坡，但在平地上則用树干做滚子較便利。

滚子橇到双輪車的关鍵性过渡，大約是由于城市的灵感。不过一旦成功，双輪車很快就散布到四乡。此中眞正天才的表現，是在于将一种装牢的滚子，固着在車身，使它能轉，而不脫离。早先米索不达米亚人的双輪車和今日有些印度双輪車的軸，跟着两輪同轉，而靠皮带来束定它自身的位置。这是第一个眞正的軸承；不过带枢和臼的門扇在时間上必是与此很接近的。第二阶段是把滚子两端扩大，起初用几块整块木料做輪，并設計一种皮箍，后用金属箍，把这些木块束紧。两輪車的首創者好象是苏美利亚人，可能是在他們未到米索不达米亚之前。埃及人的城市离开尼罗河从未超出数哩，故大部分运輸是用船；至于有輪的車类是很迟才輸入的。战車的輕而有輻的輪可以自由旋轉，因为需要輪匠的极度准确的拼合，所以出現得更晚許多，已近于青銅器时代的末尾了。

这些发明当然具有巨大的物質效果和科学效果。双輪車和犂，联合起来使农业能散布到所有的广闊平原，远远超过旧有各文明区的界限。青銅器时代初期的双輪牛車，是四千年后开辟新大陆大草原时要用的蓬車的早先原型。在平坦地方，只要能使用犂和双輪車，就能有效地增加剩余农产，又使外地貨物能大量輸入。曾經使用于一些庙宇和金字塔等大建筑中的槓杆和斜面，已奠定了力学的基础。車輪的使用引出水輪和滑輪，而在这些力学基础之上，終于建立一座新理論巨构，竟然可从地面上摩着旋轉的天空。神圣車輪上的十二根輻，标出一年中的月份，而輪本身在运动中，就成为太阳十字架或卐形，先是无罪的先兆的記号，后来变成邪恶的先兆的記号。同时用車运輸，尤其是用船可能做到的事增多了，而速率也提高了。再加以人要了解各种珍貴物料的来源，就引起了有目的的考查，并导致了地理学的萌芽。

这一切新技术的发明和随后的发展，提供給科学認識一个异常扩大的活动范围。而正当这时，新文明的种种組織性需要进而引致一些智力手段，借以表达并传輸这种認識。

3.4 数量科学的起源

計數、书寫和科学

在城市庙宇的活动中关系到范围很广的一些操作，以及大量的种种物料和种种服务，因此就促起这个标誌出有意識的科学开始时的質的变化。第一步，当祭司再不能信賴他們的記忆力时，就不得不用一些办法，来記录收进和付出貨物的量。这样

就意味着須用量度。最初仅是为了便利，如量谷用筐、量酒用甕、量布用疋等。但是随后为了使它們可以比較，就須要有个标准化的办法。因此采用一套确定的庙定量具或勅許量具，又因为便利对外貿易，而逐漸在各城市間，部分地协調起来。大約再后些时，但仍然很早，出現了运用天平来測定重量的办法，它对科学有无法計算的效用。天平必然是城市产物；在农村經济方面，并无不能数或不能量的东西，如一肩羊肉、一載木材等。遇到貴重而不能量的金属，論"块"又太不确定，天平才首先成为必需。这就要用砝碼了。比較重量用的唯一器具，即天平，具有是科学发明的一切特征。天平的初型大約是一根桿和一个載重籃，放平在人肩上。但須把尺寸縮小許多，才能眞正用来称貴重金属(图3)。

数目和象形文字

即使在量度标准化之前，記录物件的数目也是重要的，不論收进的或发出的若干头牛或若干筐谷，早先只在棍上刻几道痕就行了。再就是在一片或一块泥上画一些单条紋，更进就用較繁的方法来表示大数目。为了作記录，遇到有关物件或許会被遺忘，則做了数目符号后，补画該物的图形，或加个簡笔符号，用来表示所数的是哪一种物件。

經过推广后，这些符号旣包罗物件也包罗动作，这样就代表了詞，或只凭符号的意义，如中国文字，或兼凭音义，如米索不达米亚楔形文字，或似曾受米文启发的埃及象形文字。[2.20] 迟到鉄器时代，始有最后簡化的眞正字母表，其中符号只代表音而不代表詞。作为人类手脑并用的諸发明中的放大一种，即书寫，就这样漸漸从記帐术中出現了。斯派塞(Speiser)这样說："书写不是一种蓄意的发明，而只是由于私产意識浓厚，才偶然生出的副产物"。[2.41]首先是宣传性質的公文、对国王的頌辞、讚神的詩歌、最后是科学和文学，都开始用文字书写下来。

數学、算術和几何学

数学，或至少是算術，到来还在书写以前。搬弄代表物件的記号(当做簡单符号)，意味着第一次可以做加法和減法两項初步运算，而不必点数田野的实在物件。要这样做，就是把一集体的物件，配比着另一集体的物件。首先出現标准集体，就是两只手的十个手指，即算术中的十个数字，也就是十進制的起源。在一篇金字塔塔銘里，一个埃及法老王的灵魂为一个恶鬼所詰难，要表明能数他自己的手指，他胜利地及格了。对于較为复杂的計数法，以及加法和減法，就可运用石子(拉丁語作calculi)，

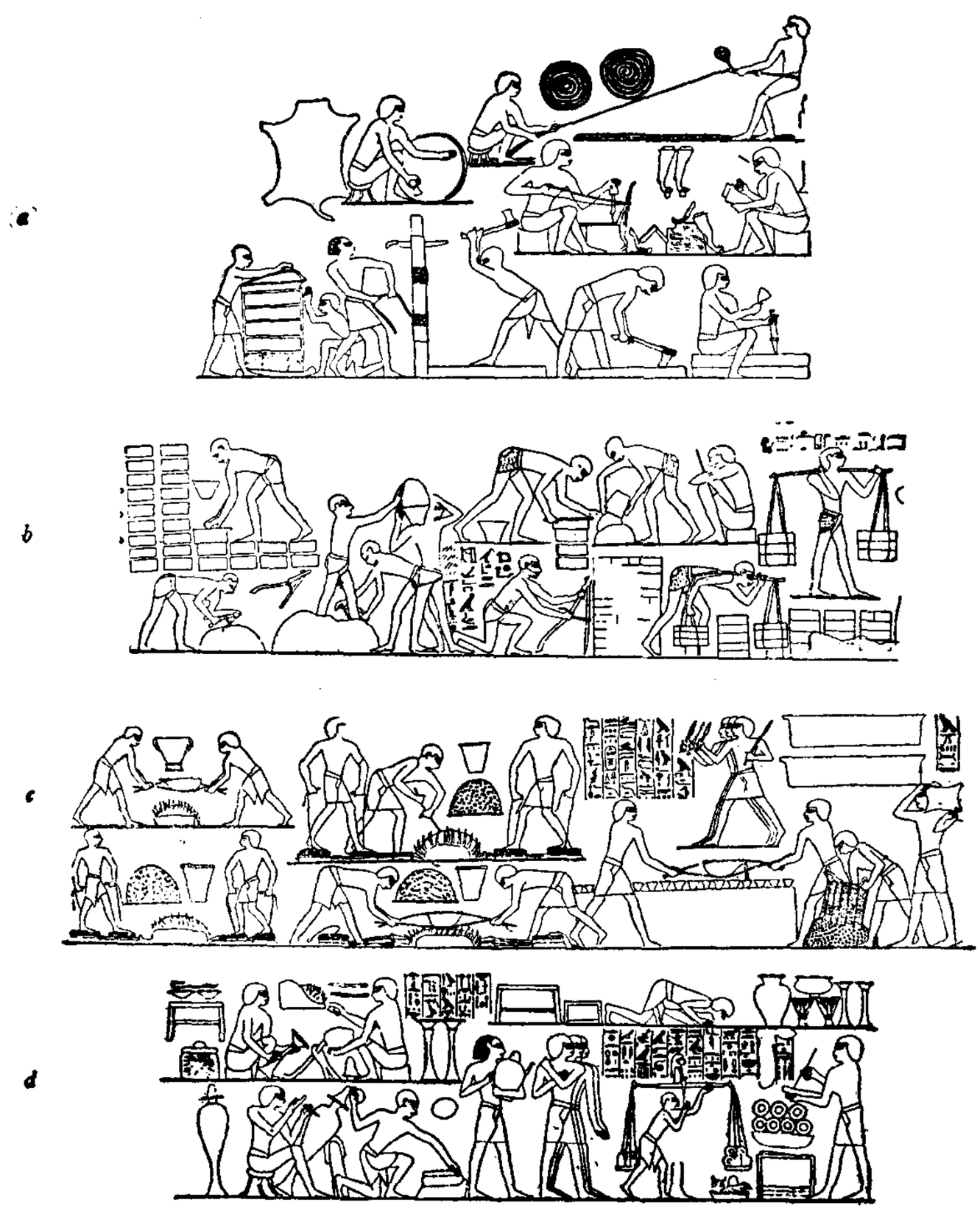


图 3 勒克米耳(Rekhmiré)陵墓上的埃及技术(約公元前 1470 年)
(a)制繩(注意甩动的錘)和制桓(注意用弓鉆、凿和鋸)。 (b)制砖和造屋(注意平挑的担)。 (c) 浇鑄青銅 (注意用脚踏鞴鞴和沒有鉗子)。
(d)精制瓶子和称貴金屬(注意天平和砖担相似处)。

因而我們有了一切計算的总称 (英語作 calculations), 后来換用小珠子卽算珠, 每十顆穿在一条鎳上,就成为最早的也是現仍十分得用的計算器械,卽算盤。引用了量度办法,就能把加法和減法推广到各种量上去。至于較复杂的乘法和除法,要等牽涉到可以明分的諸量的时候, 特别是涉及有关公共事业如掘运河、筑金字塔上的諸量时,才兴起来。

大約甚至在丈量土地之前,建筑操作本身对几何学基础的建立也有貢献。本来,城市房屋只不过是用木材或芦葦搭成的乡村棚舍。在城市里,因空場有限,火災又危

险，用舂实的泥来造房屋，是一大改进。其次一步，后来还发生了更大效果。这一步就是发明用烤干的泥所范成的标准块，就是砖。砖或許不是一件創作性的新发明，而是摹仿河谷荒地上唯一可利用的、信手可得的山区中干砌墙的材料，即石板。除非长方的，砖就难于互相配合，因利用到砖，就必然引起直角观念和直綫的运用。直綫原始于制繩者或織工的张紧的綫（图 3）。

在实行用砖建屋中，特别是在稜錐体的宗教大建筑物方面，不但产生了几何学，也产生了一些概念，可用边的长度来算一些平面形和立体的面積和体積。早先，只有长方块的体积可以估計，但由于建筑上有时需要把墙砌得上斂或傾斜，就碰到一些較复杂的形状，如金字塔那样。計算一个稜錐体的体积是埃及数学的最高造詣，是积分学的一些方法的先兆。[2.35]

建筑术又产生了按比例設計法。例如約在公元前 2250 年，在拉加希（Lagash）造的谷第亚（Gudea）象就表出这种对城市的設計，連同建筑师的标度尺。[2.28.265] 掌管者运用这些数学方法，就能預先規划砖或石建筑物的全部操作。他能很准确地估計需要工人的数目，他們需用的物料和食料的量，以及工程所需的时間。这些技术馬上就可从城市推广到农村，用来規划田亩、計算面积并估定产量，好完納賦稅。这就是繪制地图和測量的起源。几何学——步地术——这个名詞就从这个实际用途得来（英語 geometry 原义为地的丈量术）。數学实在是首先由于城市生活中有了必要，也有了可能，才崛起的一种輔助性的生产方法（图 4，123 頁）。

天文学和曆法

从管理庙宇的实际需要而产生的計数和計算才能，立可服务于那些管理人的另一种权能方面：就是制作曆法和发展随曆法而来的天文学。早先的人必曾相当注意到日、月和星辰，但对于天空暴变象大雷雨等所感到关心自会比昼夜循环的完全可靠而有規律的現象还更深切。他所需要的曆法是由月亮供給的，以前已經集起来許多有关月亮的仪式和神話，[2.46] 但起初月亮对于数学或天文学的要求是很小的。

随同农业文明的到来，成为重要的是年而不好算是月了。各种农业活动不得不作大規模計划时，就必須晓得什么时候开始准备去行动。当然，大自然也时常給予相当好的种种暗示，就中最早的几种，也就是后来墮落为占断吉凶所凭的迷信的那些，来自鳥类与季节間很切合实际的联系。布谷鳥报春，所以是有重要意义的，甚至因它带来了春天，簡直可当它圣神。一位精明的自然观察者，完全不需要数日子的麻煩，就有相当好的曆法。

至少在一个地方——尼罗河流域——洪水是每年准来的現象，对此必須在事前作准备。一年的直实长度，即 365.2422……日一数，不是容易求得的。它需要經悠久而謹愼的測日和观星的工作。埃及祭司們曾进行了这样的观察，約在公元前 2700 年，已据以編成一种太阳曆，以后几千年里都在継續应用。

苏美利亚人和他們在米索不达米亚的后継者，都过分依恋月亮，而不接受如此的一个簡单解决办法。相反地，他們着手进行困难得多的調和阴阳二曆的任务。这需要延长到許多世代的观察紀录和发展准确計算法才行。就在这里发展了六十进位制——一周天作 360 度（很够接近一年中的日数）；一小时作 60 分；一分作 60"亚"分（即秒，英語原义为"亚"）——这些現在我們还用来量角和測时。这些曆法計算是靠鉅大的數字表来完成的，这些表是商业会計用表精密化的結果。我們的代數学和算術很多是从这些表来的，包括了在各方面最为重要的按位記数法。这記数法在若干世紀以后又回来給我們用，即現仍流行的阿拉伯的（巴比倫的、波斯的、印度的）数字制。[2.35]

占星学

包括美洲在內的所有古代文明地区的庙宇里的經常观察，远远超过曆法的需要。作为調节年岁，并导致农产收获的主宰的太阳，就被人当神礼拜。月亮虽已从它在打猎时代所据的首位上，被排挤下去，却未被遺忘。观察还推广到那些光耀的游星，即行星上去，这些星也获得了它們自己的次要神格。

这全部大規模观察工作都远远超过农业，甚至航海术所需。但到那时，曆法和建曆所需的天文学，已有了宗教含义。曆法本身必須規定越来越复杂的一套宗教圣日。对圣日的严格遵守，象我們的星期日（太陽日 Sunday）被認作是保持大自然秩序所必要的。

天文学当时还在发現其他用途。从开始起，天文学便离不开宗教。它研究的是天上世界；人死后，尤其是神圣帝王死后，灵魂就住留在天上。在先，天上世界被描繪得很象地面这个下界。埃及人認为天是一个平盖，安放在許多山頂上。在这些山里流过的是天上的尼罗河，就是銀河。巴比倫人最早描繪它犹如正方形围成的一个极大蓬帐的里面，星辰就象灯一样掛在帐內。*

等到发明車輪以后，才能准确地摹仿天据軸繞极而轉的情形。中国的天文学好象是从这个轉动观念开始。这由中国很古就有璧可証，璧是一个象輪的物件，代表天。它可以实际用来測定北斗各星的位置。有好几个世紀，中国天文学一直重視的

是繞极的那些星，而不是黃道。[3.4]

有了天按規則轉动这一观念，就令人很重視天体的运行。曾有这样的論辯：如果天上的这些有規則的循环复演影响到大自然，而生出四季，它們也一定同样影响到人类的状况。在先，只有神圣的帝王与天相关；但到末后，这种权利变得更普遍。凡是出得起錢的人，都可依靠星辰，来調整自己的行为。七顆行星完全世俗化了，現在一星期各日的字头，就連它們的排列順序——日、月、水、火、木、金、土（原文缺）也是源出于占星学。占星学总和天文学密切相关。它虽然基本是謊謬的，但以它为主要原因，許多千年来，人类才消耗他們的时間，去观察星辰。假如不是相信占星学的話，人类就会把星辰看作漠不相关也不生效用了。

医　学

和天文学同样著称为上层阶級职业的另一职业就是医药业。在这方面，虽則声望大約同高，但由于有生命体系的基本复杂性，医学的实在成就必然要少得多。在事实上，当日医生只能处理一些显著的創伤、脫骨和折骨的病例，以及設法阻止病人因痛苦而自杀，或阻止病人的亲属錯用治法或誤給飲食而害死他。此外实际上簡直不能有其他作为。然而医生可以成功的地方，乃在診断方面。在城市里俱有足够病例，可以拿来互相参照。这样的許多比照，由交流得到推广，由传統成为条例。它們本身就是科学的一个开端。远在书契以前，医生凭口授来延續传統。先是在不公开的宗派里，而这些宗派更由传授和継承得以推广开去（107頁）。从查出疾病起，甚至仅从記录疾病起——我們从早年埃及紙草記載上，看到一些非常有趣的疾病事例——就生出解剖学和生理学两門科学。[2.9]

"預后"——就是晓得疾病大概将怎样結束——这在古代特别重要，因为，至少在巴比倫，法律表明一个不成功的医生非但会被控处刑，而且，不論由哪种錯誤把病人的眼睛弄坏，他自己也就要被挖眼。因此埃及紙草記录上許多病历的叙述都以"病情不予医治"結尾，就无足惊奇了。

官方的医学把植物药材和矿物药材編成条目，有关这些的知識，曾由各原始文化期的巫医們和女巫們传授下来。此中有些种因为作用明显而入选为泻剂或吐剂；其他有些却不如此明白地被发見有利于某些疾病，如南美洲印第安人所发見的金鸡納（奎宁）善治瘧疾；但大多数大約是純粹幻术性的东西，而以形似为本的，例如欧洲曼陀罗花❶的根长得象人体[中国极推崇何首烏，即为明証——譯者註]。城市医生却

❶ mandrake 暫譯为欧洲曼陀罗花。中国曼陀罗花在英語应为 jimson weed 或 jimson。——譯者

能向广大得多的地区去求他們的葯材，并組織葯材的生产。植物学和最早的植物园或葯用植物园起始于这个来源，而并不起始于农业。[1.39]

早期化学

在青銅器时代，或甚至接近鉄器时代末期以前，化学从未达到一种公認的科学的地位；然而它的基础，已在金属工人、首飾工人和制陶工人們的多重观察和实践上妥为奠定了。鎔炼矿石、提純金属、上色、上釉等过程，都牵連到須經多次尝試才能学会的一些复杂化学反应，其中大多数都是失敗的。良好的成績都收集在一些处方里，須要愼重地传下去，并严格地遵守。現在我們尙无法知道这些初期化学家的种种成就的全面，但就已知的来說，已够动人了。[2.37]

这些科学家已認識至少九种化学元素，就是金、銀、銅、錫、鉛、汞、和鉄，[2.18]以及硫和碳，并且还在使用或辨别其他元素，如鋅、銻和砷的一些化合物。他們也認得几种干湿試剂，包括一些硷类，如鉀碱和氨（发过酵的尿），以及啤酒或葡萄酒类的乙醇。他們所用的仪器只限于陶皿或金属皿；他們尙无蒸餾器，故不能应付酒精和各种气体。

由于他們所处理的各种物料又希罕又珍貴，因而就是这一个有力的冲动，使他們的工作法轉向到唯理科学和定量科学，从一开始，各种貴重金属必須称过，并交代明白，而合金所用的比率，又要記下来，并遵守使用。化学分析或驗金术包含一种工作，要把矿石里原已羼合或混合在一起的金属，一一分开，这样做的起因自然是由于須要收回最貴重的金属，并防止羼假。这是化学史中有关鍵性的一步。我們虽不能指出它的确期，但我們可以說它出現在人拿純金代替天然的金銀合金，即琥珀金，来制物品的时候。从較后的資料中，我們了解到所用的若干过程，例如用銻来分开金和銀，以及用灰皿法来分开銀和鉛。埃及古紙草記載里就有一种灰皿处方，是用啤酒潤湿过的骨灰，至今仍是人所推崇的制备灰皿的良方。这件事实表明这些方法有惊人的成效又被継續用下去。当晦暗无生气的氧化鉛堆里忽然出現閃光的、活泼的、成珠状的銀，这个奇观就留下很深的印象。这就成为炼丹术的兴趣中心，并启导了属于精神方面的类比，如用火滌罪，和光荣肉体会复活，試然地，这可能是火葬法的起源。（100頁）（218頁图8）

我們不能因为沒有关于古代化学理論的著作，就推断从前不存在化学理論。虽然它或許从未經正式表达过，但古代化学家，从他們所制成的产物中，表明他們已經認識氧化和还原的一些一般原則，并且已能加入或除去如硫和氯等的非金属。

因为他們主要关心制造飾物，故懂得特别清楚如何产生色彩。由于最关重要的是外观，因此他們評量成績也凭外观。他們試图把銅作成象金，就制出了黃銅；在尝試仿制蓝色綠松石时，他們产生了一种蓝釉，这就是玻璃的起源。他們既然掌握了許多惊奇变化，不由得要自認为，有了这套技术，便沒有办不到的事了。这种康健的科学乐观主义后来就退化为炼丹術这种神秘迷信。

初期化学家們从未当他們自己是化学家，而只当自己是金属工人、金飾工人和宝石工人。他們是与祭司职务和朝政密切关联的很可貴的技术人員，不过他們是从事于一种特别下品行业的手艺人。他們的知識不能和天文学、数学和医学等量齐观。它是一种艺术，却是具有巨大幻术可能性的黑艺术。（127 頁，166 頁）

3.5　早期科学的阶級性起源

那怕只从以上关于早期各文明区的一些科学成就的簡述，已看得出：城市兴起之后，必然跟来什么样的巨大进步。又应該明白各項科学进步，不象技术进步，以发生于大規模管理中諸問題方面者为限。所以它們是由祭司們发展的，也只限于祭司們，因为只有他們才接触得到記录和計算方法。象形文字这名詞——在希腊語（hieroglyphics）原文为祭司的书写——就够使人确信有这种限制。在新成立的阶級社会里，学識和科学联系到一个阶級上；除掉几个重要的例外（691 頁起），一直是这个社会的显著特征，直到今天。作为古代文明中高貴科学的数学、天文学和医学的声望，給了希腊人和在他們以后我們自己的中古时代的人如此深刻的影响，以致这几門学科始終成为高等教育的台柱，只不过后来加进音乐一項，做个陪衬。同时，几种較为低賤的科学，如化学和生物学等，就还須爭取文化界的承認。此外，天际各种运行及其与地球上人生盛衰变化的关系的認識，到十八世紀为止，一直作为科学的主要綱領，差不多从古代文明开始时，就已經大体建立了。

即使用現代标准来評断，在那些早期城市国家里，技术和文化的极高发展速度也要算一个显著特征。例如基薩（Giza）金字塔体积庞大，具有几何学上和天文学上的准确度，在石工方面又完美无疵，却只不过在公元前約 3000 到約 2700 年間两三个世紀里，就从簡单的凿石营墓法演化出来。这样高速度，也同工作本身的特征一样，同时暗示当日必有一些能干的和善于实践的人，愿意在种种活动的极大場面上，創造和試用一些新方法。起初好象那些提倡革新者本人就是技术員，象印和忒普（Imhotep）、土凱恩（Tubal-Cain）和第达勒斯（Dædalus）等文化英雄的古传說，表明他們是手艺人，既能亲自发明，又能亲自制作新奇东西。

书手和工人

但从最早几座城市建立不久后，約在埃及最初几个王朝或米索不达米亚初期几个王国里，显明地由于大規模組織的需要，就已經在引起組織者脫离各項实际技术工作本身。等到他們人数更多起来，变成不可缺少的时候，他們就自成一个卡斯脫(caste)，显然和手艺人分开，还大大地認为自己高出后者。这种新态度的一个很有趣的例，見于一段未能确定年代但是早期的古埃及紙草殘篇記录，大意是一位父亲将要送儿子进"书手訓練学校"时所作的指示：

我已經考虑过激烈体力劳动了——还是尽你的心搞学問去罢。我又曾細想到解脫了体力劳动的人，肯定地沒有任何比学問再可貴的了。好象一个人投入水中一样，你甚至于要把你自己沉到埃及文学的底部……我曾看見鉄匠指揮着鑄工們，但也曾看見金属工人在火炉烈焰前的辛劳。他的手指象鰐魚皮，他比魚卵还要臭。而且每一个在工作着的或在凿削着的木匠，是不是会比农夫好多歇息些呢？他的田就是木料，他的耕具就是銅。夜里下工后，他干活干得比(白天)两臂干得更多。夜里他点上灯……

坐在一个紧閉的棚舍里的織工的命运，比女人的命运还要坏。他的两支大腿高聳到靠近胸前，他簡直不能自由呼吸。只要在仅仅一天之內不能完成他的定額織物，就要被責打得象池里的蓮花。只有拿(他的)小扁面包賄賂几处門口的看守者，才能亲眼看到太阳光……我告訴你，各行业中最恶劣的是做漁人，实在地靠(他的)水上工作，他活不下去。他和那些鰐魚混在一起；如果缺少从生瞎紙草，他就得要喊叫(救命)。如果不給他指出鰐魚藏匿在哪里，他吓也要吓成的子。眞的啊，除了这个最好的书手职业而外，沒有任何其他一种职业上找不到比它自身再好的职业。

人若懂得书写艺术的話，单从它这件事实看，就比别人优越；我已經摊在你面前的各种职业中沒有任何一种能这样說。眞的啊，每个工人都咒罵他的同行。但无人会对书手說"替这个人耕地"……在书房里(度过)一天，对你是要比在书房外的永生还要好。这里的件件工作是(垂久如)山岳一样。……眞的啊，稜尼特（Rennit）女神是遵循着上帝的意旨的。书手出世那天，和生长成人入会議室的时候，她都是在书手的肩旁的。眞的啊，沒有一个书手不吃王室的飯（祝王长青健壮！）。[2.10]

由此可知，那些围白領的职业，或至少是穿白衬衫的职业，已被認为在道德上和

在实际上都較为高尙，甚至于值得化費极大的精力去掌握初期文明里复杂得离奇的书法和算法。祭司执政們，既无需处理种种物質事务，就傾向于慘澹經营他們自己的各种符号方法，再賦予它們一种独立的眞实性。在某种意义上，这是有价值的，因为可使至少几个脑力超羣的人，花費空閑时間去思索，并且他們确实能根据这些符号，創造出数学上的一些抽象結构。希腊人的較后起的也更抽象的数学，就构造在埃及和巴比倫的計算家的各項伟大成就的基础上面。不过优先注意符号，就会容許保留一些更原始得多的观念，例如打猎时日里的感通性幻术，也容許更进一步提高鬼神的威力。

幻术和科学

确实地，随同技术进步上最初鼓动作用衰落之后，幻术看来甚至比一向更重要。幻术作为对于世上事物怎样动作的一种解說，纵使是錯誤的，也說算是进步的；但后来它却变成有效思維前进的阻碍了。这个解說来自脫离生产过程越来越远的祭司方面，它的旨意是要把看来好象太容易的一些眞实問題的解法寻求出来。把健康或成功推諉为受控制于鬼神，这就阻碍了人去追求各种有用的行动，好获得健康或成功。幻术更偏好于使用一些粗疏的类比，而把它們凭借神灵动作对自然事件所作的解释作为就是解释，这就把自然世界看作只是人类世界的扩充过的版本。在事实上，人类的技术每进一步，就招引人們試本着这样有成效的人类活动，来了解宇宙的其余一切。各項主要的有关創世的神話所提供的正是这样的解释。把創造世界比作一个最高灌溉者划分水陆，把創造人类比作一个至上陶工用粘土范造出人来。这类神話与其說是拟人的，无宁說是拟技術的。

在科学言語未制定时，要构成一般的科学理論，有种种巨大困难。我們如对此予以适当諒解，就可以在許多神話里辨認出一些科学理論的雛型。在这些神話里，把大自然力人格化了。但是，也許那些祭司身分的著作人把人格化的办法当作仅仅是一种表达的方式。无疑地，这里面所包括的理論，很容易就被爱奥尼亚希腊人所察覚了，并且在重述时，就不提到上帝了。（96 頁）[2.47;2.21]

非等到科学已进到一个地步，使关系到人类的环境中的主要部分，能凭直接行动来合理地控制时——这个成就只是很近的事——人却很难审核出来，鬼神理論何以不能使人从实际上控制自然。鬼神說法不見得比不上任何其他說法；而且若把信仰和概然性合情合理地組合起来，甚至于可以想象它会作用得很好。人病了通常会好，农作物通常会生长，太阳总可以拿稳它每晨必升起。

話虽如此,只要人依然固持鬼神来解释自然現象,科学的生长就会受到积极的压制。因为对于达到合理的認識和控制的任何企图,非但从开始就当它无用,簡直还会認它有害,理由是鬼神对于这样玩手段取消它們的特权的打算,无疑地会感到不快的。这只是道出祭司生計受到威胁的另一說法。祭司們在宇宙的鬼神玄幻理論上已享有既得的权益;尤其是当早期神庙产业衰减时,祭司們更是越来越要依靠信徒們的捐献了。

普罗米修士(Prometheus)神話的基本用意是在表明企图控制自然力一事,对諸神的貴族政治是有危害的。[2.45] 从最初就認为火是属于天上的;人无权取为己用。祭司所需要的是虔誠——不間断地执行贖罪礼节,謹愼地遵守一切禁忌,服从諸神的意旨。只要是这些見解为当权者所支持——它們在社会里尙未消灭——如果对宇宙的动作方法查究得太深切,那簡直就是大不敬。这样的查究必然为天神們所憎恨,他們的怒气不只将发洩在查究者身上,还要波及整个社会。从一开始,各項宗教力量,就和阶級統治的維持合而为一。在城市初建立了若干世紀后,当統治阶級不再贊助物質进步和技术进步的时候,宗教就不得不限制知識的进展。

3.6 最初各期文明的成功和失敗

全面看来,早先各期文明,对于造成和支持技术和观念上的巨大进步,确实是成功的。当时各項技术成就达到的水平之高有下面的事实可証。我們大半輩子所接触的和使用的器物,就都是当时兴起来的,經过五千年,簡直沒有什么改变。这件事是太平常了;我們簡直不注意。自从头几个埃及木匠解决了接合木榫的难題后,我們的椅和桌迄今都未改变过。具有細枝編座和爪状撑脚的安乐椅,約在公元前2500年就已有了。我們仍然住在有石、砖、和灰泥墙壁和頂棚的房間里;进食仍用那些种盘碟;穿的衣著所用的仍是那些种衣料。

就是我們的种种社会建制,也未改变到非常的程度——远不及原始社会里的各种建制和最初城市里的各种建制間,改变得那样厉害。我們有商人、县长和士兵,和他們一样。我們現代的这类政治糾紛,他們也不是不知道的。换句話說,我們当中多数人們生活在随着最初城市而起的那种阶級社会里。

技術的停滞

在米索不达米亚、埃及、印度和中国等处的大河流域里,随同城市生活的开始而来的技术革新上的一場大爆发,只近及几个世紀,大致是从公元前3200年到2700年。

以后跟来一个比較长得多的文化和政治停滞时期。个别城市兴起来，又衰落下去；祭司王一朝接一朝。有过若干次野蛮人的侵入，甚至有过几次野蛮人的朝代，但在生产方式方面，并无基本的改变，社会仍停留在依賴灌溉的农业的基础上，而輔以对外地的貿易。所有集中在城市也消耗在城市的財富，都来自城市所掌管的农业上的剩余。因为剩余比較少，只能維持比較少数的人，而这些人就傾向于自成一个排他阶級，原来致力于改良农业技术的那些行政者的継承人，更越来越远离生产过程了。他們唯一关切的是为自己尽量多取得产物。他們从財富的生产者，变为搜括者。他們越来越多地要求私人享受，要求建筑并使用日益壮丽的庙宇和坟墓。这就意味着农民和城里手艺人变穷了，也簡直变成奴隶了。这也就引起了冲突；冲突便削弱了那些城市国家，終于扼止住它們在知識和技术双方的进步。

我們对这些事故中的一件，掌握住相当詳尽的資料。苏美利亚的拉加希城，在公元前 2400 年时是南米索不达米亚的主要城市，在那里曾发生了公公道道可以称为社会革命的事。有一个叫烏魯卡季那（Urukagina）的似是从别一朝的統治者手里夺取了政权，就着手推行一整系列的社会改革；这些是計划好了，来限制官僚派、祭司界和富人們的压迫行为的。有些改革的記录流传到現在，里面強調新旧两种政策間的各种对比。当时制止了貪汚和腐化行为，犯者开革。另外普遍地裁減了一大批稅务官和視察員。祭司們的許多权利都被剝夺；在丧葬、婚娶、离婚和占卜上所收的費，削減到三分之一，或更少些。

但是这些改革历时不久。新政策并未消灭掉而只是抑制住統治阶級。这个阶級的成員們就利用最先机会，联合了他們的劲敌城市烏馬（Umma）的君主，而发动战爭。在战爭中，拉加希城遭到洗刼并被毁灭。忠誠祭司中有一位慘痛地記在碑上："讲到罪孽，基尔苏（Girsu）国王烏魯卡季那名下是沒有的，对于烏馬城市的君主路加·扎季西（Lugal Zaggasi），就愿他的女神尼达巴（Nidaba）将他們的罪恶加在她自己的头上吧。"[2.28.176] 得胜者的成功是短命的；他又輪到被亚卡德（Akkad）的第一个王又是第一个世界帝国的創立人薩尔恭（Sargon）所敗。也象摩西（Moses）一样，薩尔恭是，或有人主张是，由园丁拾得的一个弃嬰。

战　爭

这段故事的結局表出早期城市經济不平衡的另一強有力的根源，那就是战爭这一有組織的強暴行为。統治阶級剝削本区农民的表現界限，可以用扩充城市面积的办法来越过。这样做只能和平地推进到某一点；但如果几个城市在有限的面积上，都

采取这同一政策，就引起冲突而演变为一种新建制，就是战争这一建制。照完全意义来說，战争实在是文明的产物。在打猎时期，或甚至在畜牧时期，各部落間反复发生的战斗，不很象持久的战役，倒更象足球比賽。就細节上說，这种战斗虽然殘忍，但对当时那种文化几乎不会有什么普遍的影响。那时无論如何也不能集中若干大队战士，或維持他們在战場上，一次到几天以上。可是一旦城市建立，情形就完全改变了：軍队可以大量地配备起来，可用剩余存粮作軍餉。控制城市政府的那些上层阶級，抱有要打仗的強烈經济动机，他們的財富直接依靠他們所能搜括的地面。耕好的田，連同耕田的农民們，都可从另一个城市方面夺取过来。更甚于此的还有物資牲畜、和俘虏，也都好掠取。

为了战争，征募軍队和率領軍队就成为关乎生死的必要事件，因此就改变了政府和国家的性質。国家元首的主要职务就从农业和公共事业的領导者一变而为战争的領导者，从祭司变为国王。另一个后果就是再度把女人的地位压低。在文明初期，女人曾保持住她們从各处农村文化里所取得的十分重要地位。当战争变成更重要时，她們的一些行政职务就被男人所取代，不过她們那时从未降到鉄器时代才要来的那种家庭奴隶地位。

战争和技術：工程师

等到战事从例外变成常規，而城市初有保卫性的圍墙和設防的城砦，开始和农村有了区别，技术的取向就开始越来越多地受到軍队需要的影响。即使是新近出現的科学，也扳到这同一方向上去。那怕他种技术进步几乎停頓时，制造兵器的技术仍在前进。我們只要想一想，传說中如火鍛神伏耳坎（Vulcan）或鉄匠威兰（Wayland）一流人物所享的威望，就明白兵器匠对于战士的重要性。从长远打算，甚至还有更重要的，就是发明弩炮和云梯等战斗机械，这就須要善于領略力学原理才行。由于既要制造和养护这种战斗机械，又要建筑土工，挖掘坑道，就产生了工程师的职业。在最初时，这首先是軍事职业，不过这种职业的技能本来是从民用来源吸取的。

战争上一些其他方面和关系較疏的方面，也刺激了科学。軍队的各項供应問題，包括筑路和开河[2,50]是在最重要之列的。同样的还有防御工事的計划一事，这是按照比列尺設計的最早事例中的一个（123 頁图 4a）。柏拉图認为几何学的唯一实用在排好軍队的縱横行列。假若无战争，或无引起战争的社会制度，則和平技艺就会已經进步得更快得多。但至少可以把科学和战争的結合說成是，当文化中其他方面正在衰敗时，战争使科学得以生存。

貿易和帝国

部分由于战爭，部分由于根据貿易的一系联盟，那些原来独立的城市国家就傾向于合併为較大的单位。这时它們或屈服于某一城市的稳固而且絕对強大的优势之下，例如埃及的孟斐斯（Memphis）城，它本身并不很重要，却因做了神王的圣城才重要。它們或輪流尊奉若干城市为长，例如有在米索不达米亚先后出現的烏尔（Ur）拉尔薩（Larsa）埃新（Isin）和巴比倫帝国。在埃及，权力如此集中在神王法老（源自埃及語 Per-aah，义为大屋，等于英国白宫）和他的祭司身份的行政的掌握中，因而可以举办象金字塔等庞大而于經济无益的工事。米索不达米亚的城市較平等些，不过，总起来說，上层阶級浪費开支，也可能象在埃及那样大，但从未那样集中过。在雅利安族（Aryan）进犯以前，印度也有过大城市政府，其中有砦、庙宇、和浴池，也象在米索不达米亚那样。但因我們不識他們的文字，了解就太少，而无从評定他們的社会結构。[2.37a] 在早期的中国，称为天子的皇帝的威望相应于法老王的威望的地方似乎多些。不过中国史上，分割为許多互相交战国家的时間很长。

帝国和至尊的上帝

这些帝国扩大后的一个結果是把一个发号施令的城市的神，提高在那些被克服或收入联盟的城市的諸神之上。阿蒙（Amon）原是底比斯（Thebes）州或教区的羝羊图騰，当底比斯帝国兴盛起来，就联合了鷹图騰所代表的太阳神喇（Ra），而成为諸神的主，叫阿蒙—喇。地方神名叫馬杜克（Marduk）的，在巴比倫也变为同样重要。神的权力随同帝国的兴衰而兴衰，但因此就留下了一个观念，認为只有一个至尊的上帝作为全世界的統治者。阿克那登（Akhnaton）凭他自己礼拜日輪，試图在埃及正式由官方来实現这个观念，但是失敗了，而只得留待当时尙在隐晦的一些犹太部落来奏功，并且創立現代一神教。

3.7　文明的散播

当文明在中心停滞了，它的影响却散播得越来越广。帝国的存在，就使得一个早随江河流域文明开始时确实就已有的問題重要起来，就是城市国家对乡野和山区开化較差的一些邻区間的关系。文明供給了一些較好的技术，諸如犂、輪、金属鐮刀等方面的技术，得以用来耕种并非文明所导源的那些地方。因此文明势必取多种方式散播出去。就中一种只是駕牛車搬运而已。当城市区域不能容納日益增加的人口

时，农村居民就携同畜羣和車輛，迁到比較荒僻、欠舒适，但更为广闊的地方去。这样許多农村社会就散播在欧洲、亚洲、和非洲所有可开垦的土地上，可能还到美洲。这样散播开来，許多較复杂的文明产物，必然被失掉或被簡化，因此就难于辨明哪些本是文明移民而变为土著，哪些原是文明程度較簡单的人民，由于邻与邻間的传递而得到一些文明技术。

另一个散播文明的方式是通过商人，尤其靠开矿人。这些都是城市中較有冒险性的人，他們出走到荒野边区，不为定居，而是为采集当地名貴产物，特别是宝石、矿石和黄金。因为商人們要用城市产品作为交换，就需要散布出去，在較小程度上也散布文明社会的一些生产方法。他們又不免和当地居民发生冲突，就須請求他們的家乡政府帮助，好来保护他們。这样就引出散播文明的第三方式，就是政治或武力干涉的方式。我們現在仍然把它联系到帝国主义。古埃及或米索不达米亚的統治者的史传中，滿載着出兵到黄金山、象牙国或珠珍島的惩罰性或刼略性的征伐事蹟。干涉不仅限于軍事行动；依靠发覚并利用各外族間的或它們內部竞爭党派間的相互仇恨，也可以得到不少成就。外交这一专业要比古典文明得多。

最初的野蛮人

出兵征伐有时会导向居留地的实际扩充，而仍在母城控制之下，例如在巴比倫的杜廓尔廓利（Dûr-gurgurri）矿区居留地，不过这样的殖民地是后来鉄器时代較为显著得多的特征。主要結果就是酿成对那些城市帝国越来越強的反抗。到相当时期，环繞各文明中心几百哩处的各民族的一些建制，因为和該地交往而被改变了。这就是野蛮人边緣地带。野蛮人能吸收城市物質文明的一鱗一爪，特别是容易轉运而且最不会多改变他們自己的习慣的一些东西。这些以軍器为主，虽然价貴，但若用来搶刼較为富有的文明中心，所获就远比它們的代价大得多。

野蛮人的各种部落建制，又由于采用私产，尊重战士职位，和增加酋长权力，也遭致改变。这些影响中的对一些游牧民族文化为最大。这些民族是高度流动的，不能与文明同化，但依靠文明的却有許多必需品，如工具和兵器，还有飾物。这些东西，他們沒有技巧，都制造不出来。[2.1a] 野蛮人和城市国家間的那些关系是变动而复杂的。一些強大帝国挑拨一个野蛮部落，来反对另一个，搶刼他們和奴役他們。一些孱弱帝国則因輸入野蛮人充奴隶和士兵，而国基动摇。[1.6] 到終了，这些帝国常完全被推翻，并为野蛮人朝代所統治。这些新朝代通常不久便学会城市文化。

奴隶制度

城市国家和野蛮人間的各种关系的一个結果就是奴隶制度不断地变得越来越重要。奴隶制度可以回溯到河流文化开始时，它的种种恶果紧紧跟着世界直到今天。在打猎时代，或早期农业时代，少有剩余，一个劳动人不过求得一飽而已。在部落間的仇斗中提来的俘虏，如果逃掉被牺牲，通常便收留作为成員之一；奴役他們毫无意义。

在另一方面，在文明国家里，一个农业劳动者所能生产的，比維持他所花費的，好好地要多。这就使收奴和用奴成为一种有吸引力的生財之道；而从别的城市，或更容易些和也更有利些从野蛮人掠取奴隶之举不久就成为被認可的常习。

用奴隶作基础的农业，一直到鉄器时代才全面发展，不过从青銅时代起，就已經开始对文明发生了一些不良影响。約在公元前 3000 年的最古苏美利亚雕刻画里，已見到上了綁的俘虏，准备充作奴隶。[2.28] 有了既无权又无产的奴隶，就必使自由劳动者的地位降低。由于劳动者和奴隶的身份联系在一起，劳动者的工作就变得卑賤和奴性的了。自由劳动者几无鼓励或机会来改进各項技术，奴隶更絕对談不上；上层阶級又看不起他們。結果，数学、天文学和医学等上层阶級科学本已得到相当成就的科学門径，和各行业中少不了要发見的諸問題和情报，就都隔断了，并且很久也不曾伸展到化学这門黑艺术或各項低賤的农业实践上去。

奴隶制度里的一些政治性恶效果为害常更直接慘重。城市越依靠奴隶，越不能顧到本身的防守；而野蛮人也越容易以逃奴身份，或后来以佣兵身份，熟悉城市本身的作战技术，就能利用这种知識来顛复这些城市。

衰微时期

在衰落前的几个世紀里，就是約略在公元前 1600 年以后，西方的古文明，而不是中国的古文明，看来已失去一切改进能力，而越来越衰微。虽然文明生活的架子仍被維持着，艺术和文学成为因袭陈旧，而宗教則走向埋藏在越来越繁縟的大堆仪节之中，可以很恰当地叫作迷信了。虽則損失掉的或被遺忘的都不少，但有一部分科学，例如天文观察，仍継續下去，甚至还在发展；更有一部分退化到迷信，例如仔細察視献祭牺牲的肝脏，以預言将来。这只是利用对于一些晦暗現象的有系統的研究，来作卜命运的方法——相手术、詳梦术等——的一个例子。此中許多种仍存在于我們之中，或仍保原样，或已演化而成各种投机斗智的游戏，例如擲骰、斗牌和下棋，只因它們磨

礪了观察的敏銳力和整理結果的方法，它們对于实驗科学是多少有分的。罗盘这件有关鍵性的发明物大約是中国某一堪輿家所制成的（192 頁）。

3.8 初期文明的遺产

虽是这样，留下来传給后人的必屬动人的和珍貴的知識宝藏——比考古家将来总会仗一柄鏟发掘出来的，还要丰富得多。同时，考古家必定会知道許多事情，却为任何一件事发生数百年后的人們所不会知道的。虽則知識的来源或被遺忘，但知識的許多可用部分可能已被吸收，只不过未經承認罢了。知識和实践既然都是存在的，就可从口授学会，又可从实际工作者的榜样学会。只有某一定量的知識，能够被具有不同社会結构和經济結构的一些新文化型所吸收。那些时期所累积的大宗历史詩歌和文学都是用象形文字和楔形文字写成的，但是这些作品大都不曾传下来，因为認識这些文字的能力也終于失传了。从留存下来見于圣經的那一点点，就看出它們所达到的水平。祭司派的科学頗有一部分也必同遭損失了。技术的遭遇較好；文明生活的配备和制造器物所用的工具，大多数都遺留下来，今日仍在使用（74 頁）。

鉄器时代的，甚至希腊人的科学和各項技术大部分都从古世界所有的推演而来，但絕大部分因无法稽考而未經承認。当然，有些种技术体現在实質的和耐久的物件上，我們就肯定这样演变情形曾經发生过。許多观念或发見都归功于某一位希腊哲学家，其理由只不过因他是我們所曉得的，曾經，或相信他曾經如此表示过的第一人罢了。进一步研究下去，就往往揭露起源出于更早的埃及或米索不达米亚。因此我們就沒有理由可以相信，考古学上現有一些判断已是定論。

作为旧文明嗣裔的鉄器时代人，自己不会不相信，他們曾經出过一分力所毁灭的那些帝国，又伟大又壮丽。易利亚德（Iliad）和奥第賽（Odyssey）两篇长賦反映了那些时代的生活，而它們本身所歌詠的就是刼掠城市和横行大海的故事。当时詩人們拿自己的艰苦生活和鄙陋文化，来对比古老城市的威力、奢侈、华丽、尤其是昇平景象。他們尊敬古代文明国民的智慧，而低徊并回顧过去的黄金时代。

第四章　鐵器时代：古典文化

本章所包括的时期，对人类史，尤其是对科学史，有决定性的重要关系，从公元前第二千年期的中叶起，由于許多技术的、經济的和政治的原因，就把只限于若干河流流域的小范围文明，轉变为包括亚洲、北非洲和欧洲的主要可耕地区的大片文明。鉄器时代的文明，无論在何处被发展，总不及它所代替的那样有秩序、那样和平，但也更灵活、更合理。鉄器时代并沒有供給象标誌着青銅器时代开始时那样的一些巨大技术进步，但因为是以一种价廉而量多的金属为基础，所以，凡是完成了的一些进步，就不只在地理方面，而且在各社会阶級之間都更为广布。

在这里，将主要論及地中海区的鉄器时代，就是希腊人和罗馬人的古典文明。这是部分地因为我們对这一区古典文明，要比对同时的印度文化，或中国文化，晓得的清楚得多。还有特别关涉本书目的的一个更有力的原因是：正是在地中海区誕生了最初的抽象又唯理的科学，然后我們現代的普徧性科学才直接从它推演出来。在随后各章里，还将看到，印度和中国的文明对共同文化，曾有一些大貢献特别是在数学、物理学和文化方面，以及在这些科学的一些实际应用，如指南針、火葯、和印刷术上。不过这些貢献，只在科技传統的一些大綱已按希腊化的形式規定之后，才进入科学和工艺学的主要传統里去。

4.1　鉄器时代各地文化的起源

那些蹂躪古时东方各地青銅器时代文化的野蛮人，不能在他們自己的本土上建立稳定的国家，因为本土的大部分布滿了森林或干燥草原，他們一向缺少建立一种安定农业的手段。在公元前第二千年期的后半，亏得結合了一些物質的和社会的因素，才造成了这些条件，而这些因素，我們只不过是現在才开始在了解。其中的一个因素，是城市中重視私人財产、酋长职位和軍器生产的阶級經济的影响，渗入了并改变了野蛮人的各氏族社会。

发見鐵后的冲击

鉄这种新金属的发見和应用，大力地，也許是决定地，帮助了这些傾向。至于大量的鉄最初是在何处，用何法炼制的，現在仍然是一个謎。最初所用的鉄是一些隕星里的自然鉄，如銅一般地要經过加热和錘击处理，但这东西太希罕了，而只能視同一

种貴金属。最初从矿藏鎔炼出来的鉄,大約就是炼金的附产品,[2.18]这必然是更稀少的。量多到合用的鉄,大約在公元前十五世紀时,由約在高加索山以南,古传說中的卡力貝(Chalybes)族,首先从矿砂鎔鍊出来。但直到大約公元前十二世紀,才在别处見有足够的产量,可以为了經济和技术而决定用它。由于鉄的分布广泛和制作容易,这就結束了埃及和巴比倫旧河流帝国的文明专利。促进这个过程的,另有在两个其他方面的发展:一是草原上馴服了比驴強壮得多的野馬后,出現了騎馬的人;二是駕船和造船迅速进展,而船本身正是鉄工艺学的附产物。

鐵的冶鍊術

在欧洲,实在直到十四世紀,古代所用的鉄,总是在手力鼓风的小型泥炉內,用木炭,經过低温还原法制成的。把所得的海棉状的、未經熔过的純鉄錠,打成比較軟的熟鉄条,再經鍛工和熔接,就成一些更复杂的鉄品。制鉄和鉄工技术,必先久历艰难的經驗,才达到初步講究程度。这种技术完全不同于鍊銅,这或許說明为什么冶鉄术出現得这样晚。然而,一旦建立起来,所需要的只是最簡单的設备,可以很快就教会或一学就会。一經曉得做法,只要有木柴和鉄鑛石,就是說,几乎在任何地方,都可以制鉄。

在古时候作为金属的鉄却有一个很严重的缺点:就是炉中鼓风不够就鎔不了它,所以浇鑄就留給青銅独用了;例外的是中国,早到公元前二世紀,中国已能鑄鉄。[2.18]鉄并未排除青銅,只是在普通用途上作为青銅的輔助品。在鉄器时代,产生和制造用的青銅的量更多,反为青銅器时代本身所从未有过。用攪炼炉法或錘炼法制成的鉄是熟鉄,或很軟的鋼;性韌但比較地軟。以前曾有过更加硬許多的各种眞鋼,如卡力貝人的卡力鋼,罗馬薰炉鉄、利鉄、法兰西鋼等,但对制造方法,鉄工同业們都严守秘密。不等到 1720 年列奥弥尔(Réaumur)的工作告成,整个科学界竟无所知(345 頁)。此中秘訣在基本上是使更多的碳和鉄化合,再經回火法和淬火法,使它硬化。最好的几种鋼是中国所制的鑌鉄,和印度所制的鋼,后者中有称为印度鋼者[2.18]曾輸出去制造聞名的达馬士革波紋鋒刃。好鋼极罕見,价格高昂,所以制成的刀劍被当作法宝,象英王亚塔尔(King Arthur)的厄克斯卡力伯(Excalibur)劍,或后来齐格非(Siegfried)的巴尔蒙(Balmung)劍。直到十八世紀,回火鋼比青鋼稀罕得多,除掉制軍械外,在工艺上它起不了重要作用。

鉄被引用的时期正是民族流动时期。公元前十七世紀以后,多少野蛮化了的民族从东欧或里海方面来到东地中海区。在亚洲也有喜太族(Hittites)、西徐亚(Scythia)

人、波斯人、雅利安印度人等的类似迁徙。善騎的和善航海的民族，极善于流动往来，又挾了許多新武器，弄得那些老帝国难于用武力抵抗。我們可以猜想，軍事失敗，就表明缺少旧文明下的人民的支持；人民往往更同情于入犯者，而不甚同情于自己的貪黷无能的統治者。还有，鉄器时代諸民族，一旦定居下来，就显示出他們有能力在向无收成的土地上建立兴旺的农业社会或貿易社会。結果是把一些初期河流流域文明地区的政治和經济的优越地位，削弱到这样的程度，以致这些文明区不再显露为人类文化发展的中心了。不过，它們的許多文化的、物質的、或精神的成就却流传下去，甚至有些記录还被保存起来。

反之，进步方面的几个有效焦点却移到了古代文明区的外围，也就是較近的野蛮民族的居留地。这些人先設法蹂躪了較旧的文明中心，却大部在中心以外发展自己的文化。雅利安印度人、波斯人、希腊人以及后来的馬其頓（Macedonia）人和罗馬人都承継了埃及和巴比倫的古文明。中国所处地位是特殊的；大部分被大草原、沙漠和丛山所环繞，所以在国界以外建立务农的野蛮国家几不可能。至于那些頻頻迁入的野蛮民族，全都被古代中国文化所吸收。那个基本上不离青銅器时代的文化，虽曾被鉄器时代各項技术深刻地改变过，到今天仍保持住这种文化的延續。

斧和犂

鉄器时代初期里的破坏行为和战爭，并不是沒有补偿的。由新文化来代替旧的，就意味着継續性上有某些損失，但也意味着多量积累的文化糟粕得以清除，以及更有效的一些新結构有建立在旧基础上的可能。如果馬上的战士和滿船的海盜作为那时代破坏行为的象征，那么，持斧的樵夫和駕鉄鏵犂的农民就大足以弥补破坏。金属的較早用途主要是供应城市生活里的奢侈品，以及武装一小撮上流的出身高貴的战士。对常人来講，青銅总是太貴，他們还是大部分依靠石制的器具，其形式从新石器时代起几乎沒有变过。然而鉄在最早制出时，以及其后許多世紀里尽管不如青銅好，但分布得广，又容易由乡村鉄匠就地采取并制作。[2.18] 鉄产丰富的效果就是开辟整块的新大洲来供农耕，森林可以斬除，泽隰可使排乾，而由此所得的空地又可以耕种。欧洲本是名符其实的原始森林僻地，却变成新的"金色西方"——意指它的麦田而不見得是它的黃金。欧洲的黃金在青銅器时代末期已大都耗竭了。結果是人口的增加，这就使得西方国家的旱耕法和东方国家靠河流灌溉的旧耕法两者間势力的平衡，迅速地改变了。

船舶和貿易

在不平静的鉄器时代，对人类思想，尤其是对科学，重要到不可計算的另一特征，就是利用海道散播文化，这要比經由旧日陆行的路綫所能做到的快得多。更重要的是海运比陆运便宜好多倍。由于鉄制的工具給造船术带来更大的便利，就可造更好、更大和更多的船。在地中海里，青銅器时代的克里特（Crete）人首創造船事业。他們的临海帝国先受到以陆地为根据的半希腊种迈錫尼人（Mycenaeans）的侵入，后来又遭到从巴尔干来的較野蛮的阿基亚人（Achæans）以及小亚細亚的血亲部落的侵入。这个帝国的分裂就是一个横行海上和洗刼城市的大时代的信号。有一篇征伐特洛伊（Troy）的永垂不朽的故事，就記述这些远征事件之一。当然，海盗行动使貿易困难，但也使它有利；以前的海盗为厚利所吸引，或为更坚固的地方防御所阻挠，就漸漸轉入經商、探险和殖民等事业。

在鉄器时代，貿易不再是只同底比斯或巴比倫那样十来个大城市相关，而是越来越分散到以百計的新城市去。这些城市，都正由腓尼基（Phœnicia）和希腊等处鉄器时代民族，在地中海和黑海沿岸，到处建立着。只有近海的地方受得到鉄器时代文化的全部利益。在远离海洋的各国，跟着鉄器时代到来，在农业和战争上的确带来了許多更大的可能性。但是凡是无法搬运大宗产品到远处去的国家，它們就不能在經济方面进步，連青銅器时代具有河运便利的文明型都达不到。因此，它們未必会产生任何根本上算得新的东西。亚西利亚（Assyrians）是一个典型的以陆地为基础的初期鉄器时代的民族，主要以殘忍好战著称。几个世紀，他們都保持着古巴比倫文化，包括継續做一些对后来科学异常可貴的天文观察，但他們自己对古巴比倫文化却几无增益。象波斯人首先开辟的和罗馬人后来所开辟的那些道路，并不能完全抵消这个海道的优势。这些道路的价值在行政和行軍方面，而不在經济方面。不到中古时代有济事的駕馬具发展后，大規模的陆路运輸不能开始在經济上合算（189 頁）。就是在那时，它还不适于长距离；还要等到十八世紀筑成良好道路时才行。由于水运便利，首先是地中海区，后来是海岸曲折的欧洲全部，比非洲和亚洲就占了优势。

中国河流、运河和湖泊交錯成网，也占有这些优势中的一些。但因中国，即使屡經战国紛爭时代，仍保留住一种青銅器时代变格的官僚政府，因而缺失了鉄器时代的許多經济发展和政治发展。

4.2 鉄器时代的城市

政　治

鉄器时代，在它的几个早期阶段里，意味着退回到較小規模的經济单位上去。鉄器时代早期各城市的居民极少超过数千人，而青銅器时代各城市的居民多到数十万。到了公元前五世紀，因奴隶制度的蔓延，竟能出現更大許多的城市。雅典的人口最多时是三十二万，里面只有公民十七万二千人；罗馬最強盛时約有一百万人。首創的城市是由每十余农村团聚而成的。[2.46] 但并不等于說这是退化到新石器时代状态，而是大多数居民的生活标准，已赶上，或赶过青銅器时代的标准。每一鉄器时代城市，从青銅器时代城市的各种技术上，承継了一切它所能用的，但是要除去大規模事业的組織。早期的鉄器时代城市的工事，因为地面偪窄，很少超出堡垒、港埠和偶或一見的架渠范围以外。此外它会用一种大大改进了农业和制造业的金属，它也不必自給，很可以依靠貿易取得必需品和奢侈品。其所以可能，仅因改善了生产方法，能制造貨物来供应市場。商品生產成为經济活动的正常部份，其实还成为基本部份，是首先发生于鉄器时代。* 鉄器时代的另一社会經济特点就是使用奴隶，不仅象旧日为了服役，还作为生产貨物以应市場的手段。这主要是在农业和开矿方面，但也扩展到制造方面。我們不久还要看到(129 頁)，奴隶制度不断地越来越重要，直到成为最占优势的劳力方式。这个制度本身更是拉垮整个文化的一个有力因素，結果就把奴隶和貧穷的自由人一併变成平常人，即农奴(149 頁)。

鉄器时代城市，差不多在一开始，就是位置适当的制造和貿易中心，能从外地得到原料，甚至充作劳动力的奴隶，而靠出卖本城产品作为交换。尽管有这些利益，却大大增加了战爭的危险。就在这些永远互相敌对的城市遭刼掠之下，也就是在战爭中，产生了新文化。这些积习难于解脫；保卫城市成为首要任务。城市建筑在交通最不便的山頂上，如雅典（Athens）的高峙的古城堡阿克罗坡利，即高堡之謂（Acropolis）；或在島上，如太尔（Tyre）；并且自然而然地，城市居民全都要当兵。尽管这样，小小的鉄器时代城市，比起以前河流流域城市来，既較簡单，更較自由。城市居民有大得多的动作范围。他們被迫自行組織起来，好照顧公有利益，而不肯参加天命的品級組織。就是这样从鉄器时代城市里开始有了政治，更由城市里不同阶級間的政爭里，相継产生了寡头政治、專制政治和民主政治。

貨幣和債务

使得鉄器时代文明扩展,而內部又变成不稳定的一件重大社会性創造,就是金属貨币的創造。首先有里底亚(Lydia)的压印过的金銀錠,再就是公元前七世紀以后的硬币。一些古帝国曾按重量用过金属做通貨,但只是偶一使用,而物物交換和实物支付仍是常規。貨币这样东西随即用来計量每种其他价值,并且把所有已經建立的社会关系,都轉变为买卖关系。正因为貨币有通用性和不記名性,这就給人带来权利而无义务,能使权力集中在富人手中。同时,貨币替換了部落中分配实物財富的旧办法,因而撤除了穷人所有的一切保障。对穷人来說,錢的存在是消极的;他們长期背債过日子。誠然,穷人受压迫和文明本身同样长久(72 頁),不过旧文明时代和鉄器时代所采用的压迫方式,有实在的差别。在較早的旧文明时代,压迫是緩漸的和部分的。这經济制度从部落社会直接生出,而传統却禁阻专擅行动。耕种者有許多义务,但也有一些权利。如果說他属于耕地,那么地也就属于他。他支付都用实物,至于商业交易和債务,大都限于城市居民。在鉄器时代,氏族經济突然过渡到貨币經济。种种远古以来的习慣,在短短数代之內就都被破坏;貨币的統治就能不顧一切权益。

在另一方面,就潛势力而論,耕种者要独立得多。如果他覚得局面不能容忍,他可加入一伙人,去組織一个新殖民区。如果足够多的人感到不能容忍,他們能反叛,并且却曾反叛过。随着鉄为公用,而所有市民都受过武装訓練,此类反叛常常成功。由于害怕反叛,寡头执政和暴君就受到抑制。尽管如此,自从鉄器时代开始成为城市历史里一般背景的主題的是:金錢势力的压迫,以及由变法或革命以求掙脫压迫的一再成功,不过后者总逃不了是短暫的。进到古典时代末期,在希腊和罗馬两帝国統治下,金錢势力看来絕对占优胜;但正是由于这种优胜,才造成了这样普遍的悲慘和失望,以致整个系統崩潰,而回到較簡单的封建經济制度,在回到这种制度的初期,貨币只起一点小作用。

字母制和文学

鉄器时代里,关于科学起源的一桩重要发展,是把一些古帝国的象形文字和楔形文字的繁难书写法,通俗化为普通的腓尼基字母制,所以識字就变成象鉄那样又廉又普遍。[2.48] 操各种語言的人民在貿易中須应付同样事情,因此,就相应地出現了字母制。字母制的記号表征法以音为基础,故可使用于各种口音,同时开拓了知識交流的

世界，远远超出以前祭司和官員那个小圈子之外。书写不再只限于公牍或商业文件，所以包括詩歌、历史和哲学的文学开始出现了。当然，以史詩体和古話体表出的詩和叙事散文本身，必早已出現在字母制书契以前，甚至在象形文字以前，而由弹唱詩人或专业說书人传下来。文学作品的产生不能強調其必須有字母制，如中国就是一个例子。不过，中国文学所以能有成就，只因造下了一个官僚封建阶級，他們垄断了学問，也大大地遏杀了学問的生机。

4.3　腓尼基人和希伯来人

首先得益于鉄器时代文明的新情况的是叙利亚海岸的腓尼基人。他們占了便宜，因为国土在埃及和亚西利亚（Assyria）两个老大強国間的居中地位，又可从黎巴嫩（Lebanon）山得到很多良好造船木材。他們带头进行貿易、开辟海运和推行字母制。他們发明此制，并随到哪里都使它大众化。但是，即使在他們的最远殖民地，如迦太基（Carthage）或加的斯（Cadiz）等处，他們也过于墨守着旧巴比倫文明，一脉相传下来，作为他們自己的文化；只不过使它适应新情况，而不能多生出新东西。不过可以猜测：他們眞正达到的那些进步，不是被罗馬人所毁灭，就是被他們所盗用。

犹太人和腓尼基人关系密切，并且同有埃及和巴比倫二者的混合文化。犹太人在文化史中是备充另一迥乎不同的脚色的。犹太族居于許多好战民族正中間，这些民族是埃及人、喜太人、非力士丁人（Philistines）和亚西利亚人，还有以后的波斯人和希腊人。既然如此，更无法靠海外貿易致富，所以他們的独立一向是瀕于危险的。而作为民族性的独立終于得到保存，全仗由于文化传統式教律的演化而写成的一部书——“圣經”。犹太族人口不多，又住在比較穷困的国土，但也靠不断努力，才能逃避本族帝王或寡头的专制統治。有了这二个原因，他們的宗教就和独立、自由和民主不可分割地結合在一起了。这犹太人在古世界里成为唯一的，正在于此。他們的宗教和一些圣书的势力，对以后文明的发展，就会証明其具有异常重大的关系（150 頁起，562 頁起）。

“聖經”：法律和正义

希伯来“圣經”，即我們所称“旧約”，远远不只是古史和传說的蒐集而已，而这种蒐集对于了解过去已經非常宝貴了。“旧約”是約在公元前五世紀开始写下来的，从那时起，一直作为宗教的和民族的振兴捩轉点而保存下来。它是一部具有教訓的书，充滿了用詩表达的宣传。宣传之古不亚于书契，不过已往宣传都是为位高权大者，为

国王和祭司們而作。"圣經"上的宣传就有所不同;本質上是为大众的,着重法律和正义的观念。"圣經"所独具的特性并不在于这些观念的各个分立,因为犹太人和其他文化共同具备这些观念,而在于它們的組合。圣經里所見的正义,大都是对有錢有势者的胡作非为的一种譴責。这些人,在当时也如同在現代一样,慣于使用外来的各式压迫。但在法律和正教誓約的名义下,加上及时的民众暴力为后援,他們的压迫就能被遏制。犹太人是我們所晓得的,为了一种理想而斗爭的第一个民族;瑪喀比族(Maccabees)的历次战爭証明他們对宗教的狂热盲信和为教斗爭的精神。犹太史是用上帝名义伸张人民权利的一部历史。历次民众革命运动,往往从"圣經"得到鼓舞和道义支持,这在基督教界是直接通过"圣經";而在伊斯兰教界,則間接通过"古兰經"。(150 頁,563 頁)

"創世記"

然而"圣經"还有它的另一面,也就是含有犹太族特征最少的一面,却对科学有最多的影响。"圣經"古本是古巴比倫,甚至更早的苏馬利亚的有关創造世界的一些故事的譯文。它們代表一种对于世界和人类起源的解說的企图。在公元前三千年,文明始露曙光时,这是卓有光輝的成就。这些神話,一旦得到早早希伯来民族的接受,不久就成为上帝和他的人民間的盟約的主要正当依据;因此就不容人考驗和批評了。再后来,因为这些神話是犹太人种种圣书的一部分,就一直传到現代,作为文字表达的神圣启示,应凭信仰来接受。

犹太人的信仰,照原始形式也好,按大多由它推演出来的基督教形式也好,都因为牢牢以大众情感为基础,所以在經典文明瓦解后,仍得以存在。因此,它要比希腊哲学家的較合邏輯,但并不見得較合科学的各种臆造,更能抵抗险恶时期的风波。他們的这些臆造,在一般平民則看作是,也确实是为了上层阶級統治而苦心构成的辯护辞。[2.42a] 从旧文明废墟里产生的各处新文明,都以宗教为中心的組織原則,因此,"圣經"和"古兰經"在科学事項方面,以及在信仰和道德事項方面,都赢得了絕对的权威。本书以后各章将要指出,人类思想爭取从先民神話的已殭化的遺迹里解放自身出来,是怎样困难,怎样不完全。

4.4 希腊人

在鉄器时代利用并开拓新情况最成功的是希腊人。他們具有双重便利,既因相距較远而脫离各处較旧文明的頑固势力,又能广泛地运用它們的一些传統。同时,在他

們的文明形成的初期中，由于他們的貧困、地方僻远以及海上有实力，就有了保障，免遭損害于文化远差而較好战的一些旧帝国的承継者——米太（Media）和波斯的陆上势力。

有意識的、又一脉相传的历史和科学綫索，几乎完全来自希腊人。这个事实是出于偶然的，但只一部分是偶然的。經过几世紀的毁灭性战爭之后，也在埃及和巴比倫古帝国受到相当忽視之后，所仍存在的大宗学識，只有希腊人接受过去，大部分差不多不知不覚地，也不明来历。但是，他們所做的远不止于此，他們凭自己的敏銳关切心和智慧力，把这知識改变得既較簡单又更抽象，且更合理。从希腊人时代直到今天这一縷知識綫索从未断过。在某些时期或許会失传，但总可以及时重拾旧緒，使得其用。只有通过希腊人来学习当初各期文明，才会影响到我們自己的文明。我們現在从古埃及人和巴比倫人的书契来了解他們的知識成就，已經做得太晚，而不能直接影响我們的文明了。

古典文化

当公元前十二世紀和六世紀間，在希腊各处領土上，构成了統一文化，其中大量地吸收了当时存在的知識，再加上它自己更多許多的知識。作为結果的就是現在所謂的古典文化，經由亚历山大城（Alexandria）和罗馬的文化扩充过，但未严重改变过，它仍是現代世界文化的主要奠基石。古典文化是綜合性的，采用了在所占領的国內能找到的，以及所能接触的每一文化元素，然而它又不仅仅是这些文化的延續；它是一件肯定地新的东西。区别古典文化的那些特征并不就是那些有时号称为属于文化性的任何特征。在这以前和这以后，都曾有过具有同样显著艺术和文学的其他一些文明。古典文化的伟大貢献在于政治建制，特别是民主，又在自然科学，特别是数学和天文学。

抽象科学的誕生

希腊人的思想和行动上的无比特性，正寄託在我們所称为科学方式的生活状态方面。这里我所指的不只是科学知識或科学实践，而是一种能力，善于区分哪些是事实的且可証明的陈述，哪些是情感和传統上的陈述。在这个特征的方式中，又可分为唯理的一面和現实主义的一面，就是說，以理辯自持的能力和取决于普通經驗的信心。

希腊人所以能照这样成功，那怕是部分地，是由于他們的文化在形成中所处的历史环境。希腊人曾制造文明，更不是承継文明，而是发見文明。他們由此所获得的庞

大利益乃是:对他們說来,文明是一項又新又激励人的东西,而不能視为当然。大陆上希腊人原有的文化是属于簡陋的欧洲小农型的,面临着他們所迁往的那些国度的精深得多的文化——克里特和阿那托力亚(Anatolia)的极其丰富和神秘的,而古典文化很大部分都从之导出的第二期文化,就站不住了。以"issos"和"inthos"收尾的字似乎是原出于克里特;有些传到了我們,例如水仙属(Narcissus)和风信子属(Hyacinth)两名詞。至于两处文明中心,米索不达米和埃及,都很迟才輪到它們对希腊发生影响。*

在丧失他們的原始文化时,希腊人不曾,也不能把其他国家的文化整个取过来,而只选择了外国文化中被認为与他們相干的那些。这其中包括了实践方面一切有用的技术;而在观念方面,主要地就是关于宇宙运行的一些解释,但是抛弃了鉄器时代侵入以前和当中的衰落时期里,根据那些解释而造下的极复杂費解的神学和迷信。希腊第一个,也是最伟大的詩人荷馬(Homer),替往古来今,写定了希腊人所走进的那个世界的万象,在"易利亚德"和"奥第賽"两篇詩里看得出一个強烈的对比,一方面是新到的各希腊部族的簡单小农生活,另一方面是他們发現了就只有毁去的一些复杂丰富的古文明。荷馬的詩一直是希腊人的圣书,提供了关于神和人的信仰的共同基础,也提供了和平和战爭的艺术。这些首詩中包含普通人从来所需要知道的那么多的科学。

希臘城市的經济基礎

同大多数西方鉄器时代文化有共同之处,希腊文化的經济基础是这样地不同于那些較古河流灌溉区域文化,以致在本性上对后者的生活方式吸收不了多少。希腊文化所依靠的是相当貧乏的一种旱耕农,保存的田地很小,靠葡萄园橄欖林和漁业来补助。初期希腊时代詩人希西阿把这种生活形容得相当凄慘,把他父亲在比奥的亚(Boeotia)的亚斯克拉(Ascra)所置的土地,說成是"冬冷、夏热、无时好"。尽管这样,鉄器时代的經济,虽然容易遭遇週期性的亏空危机,但是,直到蓄奴风气大規模传入为止,在基本上是稳定的。至于作为补充和平衡,則靠广泛的国外貿易,不再象早些各处文明那样主要是宙宇和宫殿的奢侈品,而是普通市民所需的大宗商品。

阿提喀(Attica)这个最表特征的希腊城市国家太缺少种谷的良田,只得依靠輸出陶器、橄欖油和銀子来购买食物,好供应雅典城三十万以上的相当庞大的人口。早期希腊人能够充分开拓地方富源,全凭劳动強度和方法单純,这只是在密集的城市才做得到。在这样的环境下,就有迅速甚至猛烈的經济变化和政治变化;至于传統,虽

从未消失，却要打折扣了。較富冒险精神的市民，既有雄心，又有能力，来想出所要做的事情，而且就做起来。他們按照自己的成功程度，就能改进他們自己在社会上的地位，既不受部族限制也不受国家限制的阻遏。各种制度和神权都成次要，而更多的注意力却集中于人。

藝術和辯証法

表征希腊文明的新特色是：在繪画和雕刻里，在戏剧和科学里，都凭現实主义来表現人。大壁画已全被毁，只从彫象和瓶画所代表的希腊艺术，得以看出注意力集中于裸露的人体，如果大家不是已經很习慣的話，便会感到奇怪。这种风尙本来导源于一些教仪游戏，以及由此产生的对体育运动的崇拜。埃及雕象的用意在直接发生魔力的作用：須要再賦予死人的灵魂[称为"卡"(Ka)]以形体，作品須要逼眞才灵。希腊雕刻家就不是那么天眞了。他企图对人体完美的境界，提示一种应該达到的理想的目的。在希腊文化里，运动員、艺术家和医生在工作上很密切。这样所生的結果之一就是医业对于健康，比对于疾病，还要关心。

艺术里的現实主义是和語言中的唯理性分不开的。由于古代所認可的已在消逝中，每件事就必須从它的优缺点来辯論明白。希腊的哲学和科学二者在当日向无区别。它們的一部历史就是一系列这种辯論的历史；这类的往复辯論就是希腊人所称的辯証法。論証本領也是因为希腊人生活中的政治特色才有可能的。小型城市国家給予普通个别市民的活动范围，比大帝国的都城所給予的大得多。同时，城市的政治生活很強，专重貿易往来和訴訟事件。最早，在这些方面，每个人自任律师，而审判官則由抽籤选定。这就可以，而且实在必須发展辯論到最高程度。既然这样专重語言的掌握，就引致了伟大的文学和演講，但缺点是使思想脫离了对事物的研究和处理。

科学和技術的分离

希腊科学具有与各早期文明里的科学完全不同的一种特性；它远为更唯理和更抽象，但它一向同样或更远离技术方面的种种考虑。希腊科学的传統表达方法是以一般原則做根据的一种辯論方式，而不是象在埃及或米索不达米的一些原本里所見那样从技术或管理方面的特殊問題上采取实例（67 頁）。数学，特别是几何，是希腊人所最重視的領域；他們在这方面的演繹法和証明法，我們至今仍然照用。因为这些方法的权威极大，我們就容易忽略这些方法实在只能应用于自然界里很有限的一部分；而且即使在这些部分里，还要曾經在观察和实驗两方面做过細致的发掘工作才行。

認宇宙为有理的，又認定它的种种詳情可从一些最高原則上，凭純粹邏輯演繹出来这一信仰，在希腊科学初期，确曾发生作用，使人类从迷信中解放出来。到后来，特别是在亚理斯多德虽然原想做促起研究的人反而成了权威之后，这条又抽象又演繹的研究途径后来就証实其对科学有重大的危害。它导致在世代的知識界自信已經解决了一些問題，实則他們对于这些問題，連研究都还未曾开始咧。(179 頁起，564—65 頁)

鉄器时代初期各項技术发展，特别是亚历山大时代以前希腊人所完成的那些，虽然效用重要，但不象青銅器时代各种新創举那样具有基本性。用了鉄就直接改善一切装柄的工具，如斧头和錘子，又能制如鏟子等一类用具。假如用青銅来制造鏟等，就会貴得毫无实用。大約也是有了鉄才能使用鉸鏈，这样就出了鉗子和圓規两种相当重要的新工具。这些都是由于鉄条容易弯曲成圈状，再鎔接成孔，就好装柄或插栓釘。单只改良工具，还不能构成鉄器时代革命性的技术进步；把工具弄得容易到手，才是主要原因。最重要的各种发展，迟些才跟着希腊数学和埃及或叙利亚 (Syria) 技术的結合而俱来。这些技术包括我們不久将要讀到的 (126 頁)一大批利用旋轉运动原理的东西，如磨、压床、滑輪和絞盘，还有水力和气力机械，提水机和水泵。

化学发明中最重要的是首創于埃及的吹制的玻璃，不过这种东西长久作为奢侈品。由于少数几种新創举和許多种改进，到公元前六世紀，一些古典时代的技术，特别是使用金属的技术的效率，已远过青銅器时代全盛期各文化了。这也是若干原因之一，說明为什么希腊带甲兵好几世紀都能战胜比他們多出許多的亚洲軍队。

然而，鉄器时代各种技术进步，并沒有象青銅器时代初期那样影响到学者們。这一部分是由于这些在基本上只是改进而不是彻底的新創，因此就不能打动想象力；还有，这些改进很少开創出对新的輔助性科学技术的需要。当日的算术和几何学已經足够应付了。可是最有力的原因就是手艺人仍被人輕視。手工劳动者，在希腊文是 cheir ourgos (我們的外科医生仍然被称作先生而不是医师)，被視为确定低于脑力工作者，或参悟的思想家。这絕不是新的观念；这是从旧文明継承来的 (64 頁，72 頁)，但因为結合了奴隶制度而大大地加強，尤其是在后期希腊社会里。尽管手艺頗多由自由人来做，但因他們同奴隶竞爭而不得不遭貶抑。他們的工作也就叫做下賤或奴才的了！

同样地，女人的經济地位和社会地位也因奴隶社会而降低，所以希腊市民的妻和女儿的地位，比在一些較古文明时代里，的确更远不如。她們被禁止参加公众生活；她們比家奴好得很有限。結果是所有家庭工作，包括了許多与艺术有关的工作远非現代所及，例如編織和制备簡单葯剂，都够不上哲学家的关心。因为哲学家虽然依靠

手工艺者的工作，来推出他們对于自然界如何工作的一些观念，但是他們对于这工作很少有第一手的認識，也沒有被要求去改进它，其結果是：就不能从它发掘出許多問題和建議的宝藏，而正是这种宝藏要在文艺复兴时代，創造現代科学。

建　筑

在这样普遍藐視机械操作之下，却有很重要的一桩例外。希腊时代的建筑已进升到公民职业的水平，而不只是一种手工艺术。我們都晓得希腊建筑的优美、比例恰当和对称所达到的最高境界，也晓得継希腊而起的罗馬建筑的动人景仰。建筑极显著地是一种依靠几何学的艺术，离不了准确的画法。它当然不会不影响到号称希腊科学皇后的数学。还有两种用具也在同一方向上有帮助，那就是制图人所用的圓規和工人所用的車床。圓規是一种如此便利又准确的工具，难怪希腊几何学里差不多总离不开用尺和圓規的构图法。能够向前向后进退动作的桿式車床是从弓鉆演变而成的，它是青銅器时代的发明物。現代用皮带传动的車床，迟到十四世紀才有，[2.31]不过世界上有許多地方仍在使用桿式車床，在英国直到五十年前才絕跡。用了車床，可以旋出圓柱、圓錐和圓球，因此可以供应数学家許多絕妙的賞玩。在希腊科学受到各种技术的影响的程度虽也不容忽視，但比較地远不如在各旧文明区里那样厉害。依此看来，希腊科学是在較一般且較独立的道路上发展开的，但因缺少用經驗作校核，就不免在种种猜測和抽象中不知所措。

希臘科学的内容和方法

虽然如此，現代科学是直接从希腊科学导来的，并由它备下了一个大綱、一种方法和一套語言。所有現代科学从之成长的那些一般問題，如天空的性質、或人的身体、或宇宙的运行等等，都是希腊人为之定出表述的方式。不幸的是他們自以为用了他們自己的特别邏輯的、优美的和最后的方法，已經把这些問題解决了。从文艺复兴以后，現代科学的第一任务是指出这些解决方案大都是无意义的或錯誤的。这項工作既然占去了四百年中的最大部分时間，未尝不可主张，希腊科学簡直是一种障碍，而不好算一种助力。但是，我們不能判定，假使沒有希腊科学，上面这些問題到底会不会有人提出。

希臘科学的几个发展階段

希腊科学史，虽是自成一个延續的运动，却可以为了便利分作四个主要阶段，

些可以叫作:爱奥尼亚 (Ionia) 阶段、雅典阶段、亚历山大或希腊阶段和罗馬阶段。爱奥尼亚阶段一期 (4.5) 包括公元前第六世紀全部,其时希腊科学就誕生在最易感受各处旧文明影响的地区。联系着这个时期的有些古传說中的人物,如退利斯(Thales)和毕达哥拉斯 (Pythagoras) 以及其他自然哲学家,用最唯物的方式,推測世界由何构成,并且怎样来的。这种哲学,很配得上一个社会发展的时代,当时在本質上是积极的和充滿希望的。

第二个阶段(4.6)是从公元前 480 年到 330 年,即从对波斯各战役的胜利結局起到亚历山大有效地鎮压了希腊城市独立为止。就在这个时期之內,当伯里克理斯 (Pericles) 时代雅典民主政体之下,希腊文化成就达到极峯,却只因內爭和战事而毁灭了自己。在这个时期,哲学的兴味从解释物質世界移轉到解释人的性質和他的社会責任上去。这就是苏格拉底 (Socrates)、柏拉图和亚理斯多德的大时代,就是通常所謂希腊知慧的高点。

希腊文化的第三阶段 (4.7),就是叫作希腊化时期的,一开始就是独立城市衰微了,而由一些新型大陆帝国取代了它們。亚历山大帝国再使希腊科学接触到东方一些較古文化策源地,远达印度。亚历山大城成为新的科学之家,在这里,因为創設了博学院,而科学在历史上首次受到資助。結果是数学、力学和天文学的大发展;联系到的人物有欧几里得 (Euclid)、阿基米得和喜帕卡斯 (Hipparchus)。和哲学不同,在科学史上,这第三时期要算在各期中为最重要,因为严正科学的躯干到此才首次被組成一个連貫的整体。虽然遭到以后跟来的黑暗时代的損失,但它仍有足够部分得免于难,隔了几乎二千年后,居然还能使科学再活过来。从二世紀以后,伴着罗馬人到来的那时期,这种努力松懈了,并且远在帝国灭亡以前,就停頓下来。这个最后阶段 (4.8) 看不出有任何特殊創造性,但这是从古典科学过渡到以后所有科学的桥樑,值得另章討論。

4.5 早期希腊科学

爱奥尼亞的自然主义

希腊科学通常是認为起源于小亚細亚的爱奥尼亚各城市,特别是和一些古文明接触得最密切的米利都 (Miletus),以及意大利和西西里 (Sicily) 建立的希腊新殖民地。希腊科学出現在公元前六世紀,正当有田地的貴族的旧統治在崩潰,而一批地方首領,称为霸主的,靠商人阶級支持,在夺取政权。六世紀的希腊天下是一个剧烈扩张的天下。它的商业中心最先在爱琴 (Ægean) 海东部。居留在此的大都是爱奥尼

亚人，就是大陆希腊人的原来部落羣之一。爱奥尼亚人在地中海上設立殖民地，远到馬賽（Marseilles）、那不勒斯（Naples）和西西里，更向东到黑海沿岸各地。等到波斯势力迫使他們离开老家，各殖民地又轉而变成基本上同性質的商业和文化中心。这就是为什么認为有理由把从米利都父母城来的退利斯、在附近伊費苏城（Ephesus）出生的赫拉克利图斯（Heraclitus）、从薩摩斯（Samos）逃难而居留在南意大利的毕达哥拉斯以及西西里的恩柏多克利（Empedocles）等人都包括在爱奥尼亚哲学家之内。在这个时期和在这个环境，传統是見輕了，并且一些旧問題的新答案就有机会受到傾听。初期希腊思想的巨大价值，就在于企图用簡单而具体的方式来答复所有問題。这是一种尝試，要借普通生活和劳动，来对世界由何构成和如何作用，建立一个世界的理論。

哲学家和聖賢

提出并答复这类問題的人們，只是后来才被苏格拉底称作哲学家，也就是热爱智慧者。他們当时却被称作文哲家❶，就是智者。我們对他們所知甚少，也几乎不了解他們信仰些什么；大都靠口传，最后还有不多一些片段，在柏拉图和亚理斯多德作品中曾引来作参考，因得保留下来。他們二人的引述，主要是为了駁斥或戏弄前人而已。只要看这些人既出名又被后人长忆，而有关他們生平的传統又流传至今，就說明在当时他們必是很关重要的。在鉄器时代初期的战爭以后，一种新文明正在結晶的时候，这些哲学家表現出一种新社会型。然而他們在本質上是智者或圣賢，他們拾起了东方的旧知識，加以修訂和改进以适合新时代，然后再重述传播。他們也是先知者和宗教神秘的領袖，往往設立半寺院性的社团，也就是学校。那些成了功的人，也就是我們聞見仅所能及的一些人通常設法謀做霸主或民主政治首領的政治顧問，或科学顧問。碰到各式各样的問題，他們都受到諮詢，或者也許无酬进言。如果他們对恩主发生爭执，他們往往会被一个劲敌掐掉。政府背后如有著名哲学家做后援，就更有威信，更巩固。例如伯理克理斯因为亚拿薩哥拉（Anaxagoras）在朝而受益，不过这一回这位哲学家过分藐視羣众信仰，而不得不被罢免。不論他們所贊成的是民主方面或貴族方面，他們差不多尽是富裕的紳士。我們听說有不多几位須靠工作生活的；勃洛大哥拉（Protagoras）和五世紀的其他文哲家就是授徒取費的。柏拉图富有，不

❶ sophists 这个詞一般譯为"詭辯家"，本书譯者也援用这个譯名。但是在这里紧接着就用"智者"来作为說明，总覺得有扞格之感。这个詞的原意照 C. O. D. 的定义是 "ancient-Greek teachers of philosophy and rhetoric"，而"詭辯家"的意义恐怕是后起的，所以改为"文哲家"。——校者

須工作,就嘲笑此輩,認为他們在丧失哲学家的业余身分。

这样的哲学家不只在希腊才遇得見,在世界上許多地方由于鉄器时代的动盪情况,只要人們有和上述相似的观念和心传,就都有发展的場合。在巴力斯坦就有一批先知,和后来著"传道书"(Ecclesiastes)或"約伯記"(Book of Job)一类智慧文艺的作者。耶利米(Jeremiah)就很可能在埃及諾克剌替斯(Naucratis)遇見过退利斯。在印度就有圣哲(rishis)和諸佛(buddhas)。諸佛中以乔答摩(Gautama),释迦牟尼(Buddha)为最著名。在中国,老子和孔子也差不多同时。所有这些人的共同之点,就是对于自然界和人的世界,定出一些一般的看法。他們大多数曾做王者师,企图改革国政,但全无持久成效。大多数虽然宣称力图恢复古人的智慧,如孔子那样,但在当时都非正宗。只有后来,他們才成为各新兴正宗的創始人。

他們的成功,是由于他們填补了,从青銅器时代文明到鉄器时代文明的經济轉变中所遺留的观念方面的缺口。他們所提供的,就是馬克思所說的,为了一种新的生产关系制度而起的,属于思想体系的上层建筑。在这种新制度下,由商人、霸主和崇武的国王指导社会,显然比青銅器时代里更远离生产的物質方面。还有,哲学家們,不象在运河、金字塔和大庙宇时代那些伟大的工程师指揮者那样,对于实际上經济的实質經营,一点不相干。一般地說来,他們所立下的上层建筑在結果上是唯心的,并且对于实驗科学的滋长是相反的。

然而早期的爱奥尼亚哲学家,并不完全合于上述情景。在他們的时代里,奴隶制的国家和富人統治都絕沒有完全建立起来。因此他們和大多数东方智者不同,他們同时是唯物的、唯理的、也是无神的。比起他們的后継者,他們不甚关心于道德和政治,而更关心于自然界。

世界和它的一些元素:退利斯、赫拉克利图斯和恩柏多克利

传統希腊哲学家中的第一位是退利斯。大家公認他首先主张一个理論,說任何东西都起源于水,而地、风和生物都是从水分出来的。有迹象可寻,看得出这个理論和一个普通的苏馬利亚創造神話,即"創世記",是同一理論,因为一个三角洲国家的旱地分明須从疏放泽隰才能取得,这种神話是够合理的。这些神話,因其是很忠实地保持在最初阶級社会以前的原始形式,基本上是唯物的。[2.47] 退利斯繹述这些神話,新穎之处,就是抛去了造物主。象若干世紀后,拉普拉斯(Laplace)那样回答拿破崙,"他用不着那种假設"。退利斯的唯物主义是包含在他的关心自然而拒絕形而上的臆想。形而上的臆想是后来才插进去,替阶級社会做辯护。退利斯的唯物主义不是机

械唯物主义，而毋宁是一种認为所有物質都是活动的唯物观。他是一个万物有生論者。这种基本的唯物論和无神論受到后来他这一派哲学家，亚拿克西曼德（Anaximander）和亚拿克西門尼（Anaximenes）的支持。他們把这假說加以修改，用来說明更多現象。他們又凭依地、雾和火，作为世界所由构成的元素（elements 英字母 l, m, n）（希腊語 stoicheia，即字母）；就象字是由字母綴成一样。赫拉克利图斯是研究变化的哲学家，他自撰的格言是 panta rhei，义为有物必流。他認为火是最主要的元素，因为火极活泼又能轉变一切。他对于这个見解的說法是有启发力的："一切东西換火，火換一切东西，簡直象百貨換金，金換百貨"[1.14.16] 这个說法再次显出各項技术程序和經济实践怎样产生新哲学。他更引进了对立观念：有些东西，象火，总要向上动；有些东西，象石头，总要向下动。两个对立方面互为必要，并产生一种张力，象弓对弦那样。这是一种辯証哲学的第一次宣述。

唯物哲学派的承継者恩柏多克利，用实驗表明看不見的空气也是一种物質，他又改定了古人所举的元素的順序为地、水、风、火，一个在一个的上面，攪乱之后各自会爭回原位。他对于爱和憎两种相反趋势，除了認为它們是机械地起作用的物質原則，更認为它們継續不断地混合各元素再分开它們。这和中国古代的阴阳二元論相似、但或許是独立发展的。中国二元論也講有两个原則，男与女，火与水，相互作用而生其余的金、木和土三元素，并由这些元素再度混合而成物質世界的"万物"。

爱奥尼亚思想完全傾向于一个动力世界，其中物質元素不断地互相轉变着。后来各期大多数哲学家傾向于更集中在諸元素間的靜的自然秩序，把它們看成宇宙結构中固定不可改变的一部分。这种元素的靜态秩序，亚理斯多德尊为神圣，就被用来限制任何一种进步的改变，特别是社会的改变。办法是把一些元素和一些社会阶級等同起来，而进行推論，說社会世界里理想的和最后的状态，应是下层阶級隶属于上层阶級。这样把社会世界和自然世界同一起来，就阻碍人类，既不能認識前者，也不能認識后者。这把原属唯物的理論，变成了形式的理論，給天文学、医学和化学綁套上了侈称为万有秩序所裁夺的一些牵強的类比，因此阻碍它們发展。

古文明国民的世界观下面藏伏着另一生了深根的混乱情形——他們的元素須滿足两个互相矛盾的功能。在一种形态下，这些元素代表如他們所已知的世界上的种种实在物質和运动；它們要做到完全不依靠神灵，而能解說陆地、海洋、日光和风暴的整个全景。我們現在仍說元素的暴怒（指暴风雨），就是按照这个意义。在另一完全不同的方式下，各元素也代表可以归属于任何事物的各性質，如热和冷、湿和干、輕和重等。每种元素不是釘死在某一特殊物質上的，也就是不象十九世紀的化学元素那

样。最后一位爱奥尼亚哲学家亚拿薩哥拉(公元前約500—428年)甚至于說,每种元素的种子就在一切东西里,象現代所說的物質气、液、固三态那样。

原始的爱奥尼亚学派的胜利,就在不要什么諸神或冥冥中造物意旨来参預就能树立一幅画面,表明宇宙如何生出,如何工作。这学派的基本弱点是它的含糊和純粹叙述和表性的性質。它靠自己不能引达任何处;也不能作出任何具体的事情。所需要的是在哲学里引用數和量。

量和數:畢塔哥拉斯

把任意簡单比数联系到天体上去的趋势,很可能起源于巴比倫天文学,在亚拿克西曼德(公元前611—547年)的著作里,已經出发。他把星辰、月和日的距离,分别作为九、十八和二十七倍于餅状大地的厚度,把數目归属于自然界一切事相的观念,是和毕达哥拉斯(公元前582—500年)的教义联系在一起的。他生在米利都附近薩摩斯島,迁居到南意大利,就在那里建立了一个哲学性兼宗教性的学派。不論毕达哥拉斯是不是完全一个传說的人物,以他的姓氏为名的那个学派却是够眞实的,并且对以后各时期要起巨大影响,特别是通过这个学派的最重要的典型宏揚人物柏拉图(公元前427—347年)。

在毕达哥拉斯派教义里,混合了數学的和神秘的两个观念趋向。但可怀疑的是,毕达哥拉斯数学里究有多少属于他自己的。肯定地,他的著名的直角三角形定理曾是埃及人所十分熟悉的实用法則,而巴比倫人还制成长篇的"毕达哥拉斯"三角形表。毕达哥拉斯派数論的全部,无論在神秘性方面以及在数学性方面,有如其特性所強烈暗示的,甚至很有可能是源出于某种东方思想。不論毕达哥拉斯是倡始者或是传述者,他的学派在数学、科学和哲学間所建立的联系,再也不曾失掉。

毕达哥拉斯从数目里看出認識宇宙的关鍵。他一方面把数目联系到几何学上去,指出可以从适当安排的点,作出正方形和三角形;另一方面,又联系到物理学上去,就发見几根弦的长度若成簡单数目的比値,发出音調,彼此間便合于有規律的乐音音程,如八度音程、三度音程等。这样就把以前感官上所欣賞的和諧,和数目上的比値,因而和几何形象联系起来了。毕达哥拉斯派信徒用等边三角形、正方形和正五邊形为面,可以构成五种正立体,就坚持它們的宇宙重要性,定下了希腊几何学的全部情調。特别是正五边形有玄幻意味,因为只要用尺和圓規就可构成,是数学上的一个胜利。正十二面体和正二十面体两种柏拉图派立体,都具有五边形对称性。欧几里得的全部几何綜合法,誠然导至这二种立体的构成方法;而証明此外不能再有其他

正立体，这就是希腊几何学的登峯造极之点，并且是現代羣論的先兆。

比率和无理數

有一桩基本的数学发見来自毕达哥拉斯学派，不过大約是在这位大师死后一些时。設每一长度的量度可用一个数目表出，那么，两个不同的量度的比例就应該可用两个数目間的比率来表示。但是拿一个很簡单的例子，可以說明这事有时竟办不到。不論用什么数目来表示正方形的边长，这个正方形的对角綫的长度就不能用另外一个数目无論是整数或分数来表示。这就等于說：沒有一个分数自乘后能恰好等于 2，也就是 $\sqrt{2}$ 是无理数。发見了无理数的存在，就严重地惊震了整个毕达哥拉斯学派，这是使它瓦解的一部分原因。一条出路是說量度是不实在的；另一条終被采用的出路，是推广数的概念，来包括无理数在內。[2.41]

圓和球在天文学上所以有重要地位，須归功于毕达哥拉斯学派。他們認为地球是一个球，又認为这球和若干星——日、月和一个神秘的反地球——共同繞着一团永远看不見的中心火燄而运轉。經过赫拉克利底斯 (Heraclides)（公元前 375 年）和亚利斯他克 (Aristarchus)（公元前約 310—230 年）的有理化后，这个观念就导向太阳系的現代图象。

毕达哥拉斯学派的工作正是数学和各門物理科学的眞正基础。那怕在数学里，神秘要素还很明显。毕达哥拉斯学派把永生的灵魂和永存的数目形式，联系起来，特别是把灵魂归因于 $10 = 1 + 2 + 3 + 4$ 这个数上去。照他們說，整个世界是由純粹数目构成的。这种极端唯心主义的形式就联系到希伯来神秘哲学的数字魔术，如現在所援引的神圣的三位一体、四福音书著者、七大罪孽和瀆神畜生数字，仍然是乞灵于数字魔术。就是在現代数理物理学中，凡是那些高手們企图把上帝作为至高无上的数学家时，数字魔术的意味也是很明显的。

神秘主义打進科学

在物理学方面毕达哥拉斯学派也进行得离事实太远了，拿数字神秘主义来代替实驗知識。毕达哥拉斯主义的神秘一面，把数字神秘主义連結到奥斐 (Orpheus)（乐神）的种种神迹，就是旧公社魔术的遺迹，这种魔术早已成了逃避鉄器时代殘酷現实的手段了。[2.45.154] 作为奴隶宗教的奥斐主义，在有些地方誠然与基督教相象，特别是在它的輪和穴的象征。[8.67] 毕达哥拉斯派的主要論点是灵魂輪迴說，这在基本上同于印度人的輪迴說，但可能完全未受什么印度影响。立教的目的是通过共同的神秘經驗，如"秘密舞飲放歌"和喜迷入神的虔参，即所謂"見相"，来祈求免于再度輪迴为人

身。[2.17.38] 这就相似于要想通过乔答摩所枉图拒絕的瑜伽，来达到涅槃境界。最初出現于旧石器时代的再世观念，在当时并非不能理解。在鉄器时代，这种观念在本質上是反动的，因为它废去了社会上不平和战爭的一切意义，并替这二者至少赢得默許(611 頁)。[2.13] 在"世尊頌"(Bhagavad Gita) 里，当阿鳩那 (Arjuna) 极为憎恶地問起兄弟相殘怎样来的，克立什那 (Krishna) 答道：

倘使鮮血淋淋的杀人者以为他杀了人，
而被杀者以为他被杀害，
他們就很少体会冥冥无形中之所行，
我迴轉，我逝去，我重来。

这里神秘的目标是要通过滌罪而达成解脫。滌罪原来是純粹魔术性的入門礼节，或即是再生，但到后来，經过用火提炼金属而結合上炼丹术 (71 頁)。毕达哥拉斯派初創通过知識滌罪这一观念，就是通过消极虔参得来的純粹知識。照柏拉图所說，这种見解就是說：人民好象竞艺中的观众，可分作三类：投机买卖者、参加竞賽者和作壁上观者。最后一类人只一味靜观虔参。柏拉图認为他們崇高得多。把純粹科学看成是虔参这一理想，起始于原始礼节，而为阶級社会所貶格，却一直传到今天。現在和当时一样，它給人一种便利的借口，只欣賞知識而不肯負責。

毕达哥拉斯派見解的这些效果虽然明显是反动的，但这都发生在毕达哥拉斯本人以后的一个时代里。根据湯姆孙，[8.67] 原本的毕达哥拉斯社团的政治和宗教性一样強，并且就因为这样而被迫害，終于被解散。他認为毕达哥拉斯主义是民主思想的首次表現，与地主貴族阶級的传統主义对照起来，它是中层商人阶級的唯理主义，他又認为这主义的势力和加尔文 (Calvin) 主义的势力相当。他特别把毕达哥拉斯派对于中均和和諧的价值的坚持去和通过商人的兴起而解决政治斗爭連結起来。后一观念，我們現在归于亚理斯多德。

毕达哥拉斯的影响

毕达哥拉斯学派标誌着一种希腊科学在理論和实践双方的发展中的一个分歧点，从此分出两个很不相同的思想体系。其中最抽象的和最邏輯的一些方面，就为巴門尼底斯 (Parmenides) 所接受，而夹杂着大量神秘主义，就成为柏拉图的唯心主义的基础。在相反的方向，毕达哥拉斯的数論在公元前 475 年米利都的琉息帕斯 (Leucippus) 和公元前 420 年阿布第拉 (Abdera) 的德謨克利图的原子理論中得到了唯物主义的內容。

在实用科学方面，毕达哥拉斯建立了可能把各种物理量化为量度和数目，来加以处理。这个通用方法，虽然常被勉強延伸到适当限度以外，却終于供給了不断扩张人对自然控制的手段。在数学方面，毕达哥拉斯甚至更重要些，因为他的学派建成了根据公設用演繹推理的証明法。这是用来对經驗加以概括推广的最有力的办法，因为它把一些事例轉变为一条定理。* 演繹証法在数学方面固然有价值，但也一向为唯心主义服务，所用手法是从一些不証自明的原則出发，来証明察而可見的荒謬。

巴門尼底斯

首先这样做的那些哲学家里就有南意大利埃利亚（Elea）的巴門尼底斯（公元前470年）和他的弟子芝諾（Zeno）（公元前450年），二人都和城中的貴族保守派有联系。巴門尼底斯是講純粹理性的哲学家，他猛烈攻击全部观察科学和实驗科学，声称这些研究由于感覚的易陷錯誤，只能生出一些靠不住的見解，由純粹理性体会到的关于数的种种眞理却是絕对的。对于"瞎了的眼，回响的耳"一类不可靠的感官中所求不到的絕对眞理和确定性有要求，这就表明对于一成不变的固定性有深切的需要，这种需要总是在困难时期中，通常是在失势的方面重复提出。

并不奇怪，这个反科学的唯心派傾向，到后来要为柏拉图所采用，而且在哲学里持續到今天。巴門尼底斯更深入一步；他乞援于邏輯，駁斥了赫拉克利图斯所持一切皆变的見解。如果在者常在，不在者常不在，就永远不会有任何事情发生，变化也就是不可能的了。在这样的宇宙里，不但变化，連多样性也是不可能的。实在的宇宙只有一个而无变化。由于我們的感官向我們表出多样性和变化，它們必然只是象似的，而表現的物質世界必然是幻覚。这是极端唯心見解的初步明白陈述，也是形式邏輯的开始。黑格尔研究了巴門尼底斯的邏輯，并駁斥他的証明，而認为"存在"的观念与"不存在"的观念互相矛盾，才产生"变"的观念，并从这里用了同样的辯証唯心論，达到整个复杂的理想世界。这就是馬克思建立辯証唯物論时，把它从倒置扳为正立的哲学。巴門尼底斯的唯心主义并不象看上去那样純正。无变化的統一性这一观念，对于用"神"权进行統治的少数，极为便利。

巴門尼底斯的弟子芝諾攻击毕达哥拉斯的数学理論和物理理論的基础。为此他提出了四条巧妙的疑难，看上去似凭邏輯来証明时間或空間既不能是連續的，也不能是不連續的。如空間是連續的，賽跑者就永不会跑到終点；如果他正在半途，就需要时間才跑完余程的一半，照这样推算下去以至无穷。如果空間是不連續的，箭就永不会动，因为箭要么在这一点，要么在邻近一点，而两点之間什么也沒有。芝諾的这些

疑难并不是完全无用的——它們是追究数学上的严謹性的开始。这些微妙論点当时用来証明眼見的世界不能实在地存在;但它們也未尝不好用来指出,純粹理性会比感覚所能締造的任何事物,更愚蠢,更空虛。

原子和虛无:德謨克利图

德謨克利图給予了这些唯心主义傾向一个最有力的答复。他的原子理論对于以后的科学要有极大影响。他所思考的不是理想数目的宇宙,而把宇宙想象为由細小的、无数的、不可分割的(a-tomos)微粒所构成,这些微粒就是在空間的虛无境中运行的原子。原子是不能改变的,这一点和巴門尼底斯的无变化見解相合:他假設原子具有各种几何形状,以便解释它們怎样能結合組成世界一切不同的东西;凡是看得見的变化都由原子的运动来說明。这样,德謨克利图就能包罗毕达哥拉斯的数学內容,特别是他所坚持的几何形状的重要性,同时,却排除了其中的唯心主义和神秘主义。

把虛无介紹到哲学里来也是一个勇敢的步驟。較旧哲学家所謂宇宙是常識中的宇宙,是个充盈的宇宙,是个充滿实質的体系。凡受到尊敬的哲学家都憎恶眞空这个观念,并且把这种憎恶归源于大自然。文艺复兴时代物理学上許多大成就,如伽利略的动力学,以及后来一些科学发展和技术发展,如气体定律和蒸汽发动机,都产生在推翻这个观念的过程中。(269 頁起)

从一开始原子理論就有革命的政治气味,因为它很坦白地是唯物主义的,避免乞灵于神定的和諧。柏拉图和亚理斯多德支持理想(ideals)的或实形(substantial forms)的一些学說(116 頁),他們的权威就足以阻止原子理論受到普遍承認。不过在整个古典时代,原子理論始終算是一个頑強的异端;并且通过伊壁鳩魯和琉克理細亚,它在这时代的后几个阶段里,对哲学和倫理学有了影响。这个学說所主张的世界,是通过它的組成部分的自然运行来維持自己,而不需要神的領导。德謨克利图的原子主义完全是决定論性的,但是后来伊壁鳩魯又在原子上引入了若干起原始变异或偏賦,好容納多样性和人的自由意志。[2.33]

如果把希腊的原子說当作本質地是物理学中一种科学理論,那就錯了。对于从这个学說里所推得的結論,都不能够在实践上証明。尽管如此,它却仍是所有現代原子理論的直系的和公認的始祖。第一个現代原子学家伽桑狄(Gassendi)(269頁),直接从德謨克利图和伊壁鳩魯,得到他自己的一些观念。迨及牛頓(268頁)也是一个热心的原子論者;由于得到他的工作的鼓舞,約翰·道耳頓(John Dalton)(363 頁)終于建立了化学上的原子理論。照命名(a-tomos)的涵义看来,化学原子并沒有証明如

象它們的命名含义所表的那样不可分割。但是核子物理学中的一些較深奥的解释却仍不出这个原子传統以外。

伯里克理斯的时代

公元前 479 年，波斯战事終了后，雅典城崛起为希腊天下的經济的和文化的領导者。由于它抗拒进犯敌人的勇敢和頑強，才赢得这个地位。但是它实在是大大地靠使用从罗立温(Laurion)銀矿得来的錢財而成功的。听了忒密斯托克利(Themistocles)的建議，雅典兴建海軍。它的定員由較穷的市民来配置，这样不但确保了这城市的胜利，还保証了平民在政府中的权力。雅典的商业領导地位更增加了它的財富，吸引到它那里去的不只是画师和雕刻家，还有史学家和哲学家。在下一世紀里，尽管是在对斯巴达（Spart）大災难性战爭以后，雅典仍然是希腊天下的知識中心；而在爱奥尼亚科学的継承上，特别是在数学的、天文学的毕达哥拉斯派传統上，在这里得到了新的推动力。

这是世界科学发展上一个十分重要的时期，因为这是一个环节，衔接了爱奥尼亚人的富有詩意的臆測和亚历山大时代的精密計算。爱奥尼亚哲学家中最后一人就是来自克拉索門尼（Clazomenae）而落戶在雅典的亚拿薩哥拉。他的确是伯里克理斯的朋友，并且，如上文所曾提过，因为主张唯理主义，就在公元前 432 年，被逐出雅典。

社会科学和自然科学双方的一些主要問題都在这个时期設立的，不过許多不同的解决方案是要在其后若干世紀內才被提出来。从此以后，希腊科学就要成为自立的，并且在自己的大部分未曾意識到的限制內，发展它自己的特殊性格。这在自然科学方面，是強調数学和天文学，作为眞理的測驗，而在較低水平上強調医学作为維护健康和人体美的手段。

几何学的勝利

从发見无理数那一刻起（99 頁）希腊数学家就离开数而轉向去考虑綫和面，在这方面当时不发生这一类邏輯上的困难。結果是发展了一种量度的几何学，这大約可算希腊人对于科学的主要貢献。巴比倫数学以及它在印度和回教国方面的成就，依然以算术和代数为主。这一轉变的主要創立人是开奥斯（Chios）的希波革拉第（Hippocrates）（約公元前 450 年），和攸多克薩斯（Eudoxus）（公元前 408—355 年）。前一位是在雅典数学取費的第一人，又是用字母标明几何图形的第一人。他花了許多时間研究用几何法来解决化圓为方和二倍立方两个古典問題。他虽然在这两个問

題上都失敗了，却創立了若干系有价值的命題，所取的途径正是后来欧几里得建立他的几何要素所取的途径。这两个問題，連同不能单凭界尺和圓規解决的三等分角問題，引起了其他几何学者如伊利斯（Elis）的喜庇亚（Hippias）去构造高等曲綫，这就开辟了几何学里的一个新分支。

攸多克薩斯当可算是希腊最伟大的数学家。他創立合用于各种量的比例理論，又发見穷举法，或逐步求近法，来量綫和面。这后一方法，經阿基米得扩充后，就成为微积分学的基础。

球面天文学

在同一时期中到来了毕达哥拉斯的世界图象的邏輯发展。在这方面的大师也正是攸多克薩斯，他之为一个伟大的天文学家，无殊于他之为一个伟大的数学家。他已能采用一套同心球层，来解释日、月和各行星的运行。每个球层繞着固定在外的一个球层里的一根軸而轉动。这模型是粗陋的，是呆板机械式的，但在同时用了实在的金属球形式，就能給人一种观察方法，远比用旧式日晷有伸縮得多。直到今天所有天文仪器都是从这一种仪器引导出来的。球层的理論是簡单的，的确太簡单了，甚至不能解說巴比倫人老早就已曉得的一些事实，例如秋冬二季較短，一为 89 天 19 小时，一为 89 天 1 小时，而春夏二季較长，一为 92 天 20 小时，一为 93 天 14 小时。在当时認为这里的差誤是小缺点，只要增加更多仿天的鈡机关，就可除去——这种办法越来越陷于复杂，終久被哥伯尼和牛頓完全废掉。*

希臘医学：希波革拉第

希腊医学对于有連貫性科学的世界观，又是另一貢献。它是用两条綫編成的，一条是經驗的，一条是哲理的，这两条綫自那时以后貫穿在全部医学中。希腊医学也象希腊数学那样，与各古代文明的医学一脉相承，未曾中断（69 頁起）。希腊医生似乎属于阿斯克勒披亚派，即医界半神阿斯克勒披亚（Asclepias）的集团。这是許多职业集团或行业会里的一个。至今我們在希披革拉第的开学誓詞里，[2.46.332] 仍好好地保存入会礼的一件遺存文物，其中載有对会員和他們的家属应尽的某些义务，这些义务今日仍被遵守。例如誓詞里有这样一条：

> 我愿用訓誡宣講和所有其他教导方式来进行传授，不仅传授給我自己的儿子們，也要传授給曾为我师的儿子們，以及按照医生法律受有盟約和宣誓的約束的生徒們，但絕不传給任何其他人。[1.40.213]

在希腊，也象在各古代文明一样，医生有点象貴族，主要是和有錢的主顧交往。平民有病，仍由老太婆和江湖医生，用传統的和巫术的方剂来治疗。

希腊医学的最早方向就是可斯（Cos）地方几乎成了传說人物的医生希波革拉第的方向。所謂希波革拉第全集是一大堆医学著述，大約在公元前450年到350年間写成，其口气断然是临床性的。它把医学看作是治疗病人的艺术。希波革拉第为着需要警告医生不該让发热病人吃东西，就說了最著名的常被征引的一席話如下：

> 生命是短暫的，而艺术是长久的；机会是飞馳而过的；实驗是危险的，而判断是困难的。然而我們必須准备，不但要尽我們自己的責任，而且病人、侍应者和外界情况，也必須配合一致。[1.40.229]

每个病例是就事論事的，但对它所采的意見仍以同类病例的考察为根据。在这方面所走的是埃及医生的传統道路（69頁）。至于有关疾病的巫术的或宗教的病因或治法，希波革拉第都未提及；他还进一步明白否認这些原因。例如在論所謂"神圣"病即癫症的文章里，可以看到下面一节：

> 据我看来，这种叫作神圣的病，并不比其他的病来得神圣些，而是和其他的病一样，有它的自然原因。人們因为不了解它，就当它神圣……在自然界里，所有事物有一共同点，就是都能追溯到一些先行的原因。[1.39.4]

此外，可斯学派同样地不容忍把哲学应用到医学方面。在或許是詭辯家勃洛大哥拉所著的"古代医学"一部书里，有这样一节：

> 凡是企图拿热、冷、湿、干或幻想出来的任何其他假說为根据，来討論医疗艺术的人，因而把人类患病或死亡的原因縮小到一两条假說上去，他們非但分明錯誤，更应特别受譴責，因为他們是在艺术或技术上錯了，而这种艺术又是所有人类在生命危急时所需用的，如果在这种艺术上的从业医生和施术的人是优良的話，人类便十分尊崇他們。[2.17.63]

尽管有这样的斥責，哲学假說在医学上的使用反有增加的傾向，甚至鉆进了希波革拉第的著作里。

这是部分由于解剖学和生理学研究的开始而起。例如毕达哥拉斯的一位信徒阿尔克米昂（Alcmaeon），从解剖上学到一点关于神經作用的知識，就敢于宣称主管感覚和动作的器官是脑而不是心。这件事实，原始猎人一定早从实际上知道了，但二千年以后，医生們仍然坚决否認，一些較神秘的学說却容易被人接受得多。另一个毕达哥拉斯主义者菲罗劳斯（Philolaus），制定了人有三种灵魂的学說：生长灵魂，为人和一切会生长的东西所共有，位在臍部；动物灵魂只人和畜类才有，位在心脏，执掌感覚

和运动;理性灵魂,只是人才有,位在脑部。这三种灵魂后来好几个世紀在生理和解剖学里作祟,阻碍了人运用感官的驗証,直到哈維送了它們終为止(248 頁起)。

流質学說

对于医学的实践和理論最頑固又最危害的,是首由恩柏多克利(96 頁),明白倡說的四流質学說。他是医生也是哲学家,当然推广他的宇宙观念到他的医学理論里去。他認为同是构成宇宙的那四种元素,或"万物之根",也必存在于人身和一切活的东西里。由他看来,按照大約更古也更神秘的模型,人是个小宇宙,在自身內是以大宇宙为模型的。宇宙的四元素,火、风、水、土,配比着人体的四流質,血液、胆汁、黏液、郁胆汁,这又相当于炼丹术里的四种神圣色,紅、黃、白、黑,看那一种占优势,就把人分作有血气的、易怒的、迟鈍的、或忧郁的。从此引起了一整部的外观合理的医学体系,有好几百年代替了原来希波革拉第学派的实践医葯艺术(165,226,326 各頁)。根据这个理論,診疗目的是在恢复各元素間的适当平衡,要靠控制两对能决定各元素的相反性質,即热和寒,湿和燥。火又热又燥,水又寒又湿,土又寒又燥。人如害热病就需要多些寒;如感寒,就需要多些热。

今天容易看出,这些理論对生理学事实实际上沒有关系,而且根据它們来診病,很难会有好效果。不幸的是,可斯学派虽有愼密的临床研究,但也无从拟出治疗良方。他們擅于預后;如果病人未經霸悍的或不适当的处理,他們便听令病人通过自然的治疗力而恢复健康。因此,这行职业中人当然欢迎一种学說能容他們在治疗工作中尽更多的力,并能抬高他們的艺术使成为一种值得为最善良的人所信奉的哲学。

4.6 雅典的成就

雅典的社会哲学

在希腊思想的第二期也是中期,那种仍旧連科学包括在內的哲学轉移了它的兴趣,从唯物一面到唯心一面。在这次移轉中,哲学反映出公元前五世紀和四世紀雅典帝国里城市国家的較晚各阶段的特别动人的发展优点。[2.45] 这些事件,因为揭露了在社会中起作用的新力量,又因为它們經修昔的底斯(Thucydides)等一流史学家在著作中十分明晰而优美地替后代人記述下来,所以直到今天,对科学和政治仍异常重要。这段时期以人类历史中第一次出現一种审愼組成的市民民主政治开始。这段民主政治当权够长久,足以多多少少表示出它的各种巨大的創造可能性。对于这些,巴特农(Parthenon)神殿和雅典式的悲剧現在仍充見証。它終于顚复,是因为基于奴

隶制度和侵略外国土地之故。在較原始得多而由波斯黃金着实支持的斯巴达政府所体現的貴族反动势力攻击之下，它不能抵抗。

雅典民主政治的失敗标誌着古典文明的轉折点。一度出現过的社会生活的羣众控制，和推翻富人統治，以后再也不可几及了。从那时起，希腊城市国家，尽管有它的一切物質成就，甚至于它的各項文化成就，却已注定逃不了最后的毁灭。民主政治已經到了一个地步，差不多提供了一种逃避鉄器时代城市的經济矛盾的眞正途径。既无此路可走，只好走向在国內多蓄奴隶，在国外进行軍事冒险的唯一另一途径。又过了五个世紀，这种办法把希腊文化散布到世界上一大部分地方，但是它的內部发展却从此告終了。

反动的哲学家

希腊哲学家中有三巨头，即苏格拉底、柏拉图和亚理斯多德，都属于雅典，但已是衰微的雅典了。他們从第一个自由城市的革命性的伟大品質上，得到了他們影响思想的巨大本領和力量；等到他們拿来服务时，却走了反革命路綫。苏格拉底，至少如柏拉图所代表他的那样，以及柏拉图本人和亚理斯多德，都表示对民主政治的蔑視，这种蔑視仅仅部分地掩盖了他們对民主政治的深刻恐惧。馬克思对这三位哲学家太忠厚了，或許他正想起他的旧偏好人物伊壁鳩魯，他說："哲学家們迄今只是試图了解世界；然而任务是要改变世界。"柏拉图十分自覚地替自己布置的任务是阻止世界变化——至少在民主政治方向上。

苏格拉底和邏輯

希腊思想中这种唯心反动作用，是由邏輯这一新技术，即語詞处理法（＝logoi），来表达的。民主时期里的雅典政治重視爭辯和演說，甚至比在大多数希腊城市中还要厉害些(91 頁)；它們是公認的成名和致富的途径。这就引起了对語詞及其意义的新兴趣。用語言控制人民，比靠工作来控制事务收效更多。职业的智人即詭辯家們这一整个新阶段到来了，把这条成功捷径指授給那些愿意致酬的人。此中最著名的勃洛大哥拉今天还被人記念，因为他說过："人是一切事物的衡量"，意在表出人类約定超越于一切絕对知識之上。他的敌手是苏格拉底本人。苏格拉底发展了一种辯論法，針对着他的敌手自己的知識，发出一系列問題，能在片刻之間便使听众明白敌手竟不知自己在說些什么。对苏格拉底来說，人的主要目的是个人的善性或德行，而这应該是知識的自动結果。"善性"在希腊語为 arete，在拉丁語为 virtus，二字都原指

战斗的男子气概。 Aves 是战争的神。这就需要长时間才能温和化而融入公民品格的理想里面去,而要达到基督教的恭順性的地步，就更要长久了。按照苏格拉底,导人向善的知識不是形而下的知識,甚至不是任何可以学得会的东西,而毋宁是弃去一切意見而依賴內在的直覚。在这方面他和与他同时的中国哲学家老子相象。老子之怀疑人的社会常規,和深信一种內在自然眞理,都正和苏格拉底到同一程度。

苏格拉底有他的私人"守护神",在紧要的关头就来启示他。他自己的信仰到底是些什么,現在很难說,因为他毫无写作，而我們所晓得关于他的一切差不多都来自柏拉图。苏格拉底是一位了不起的談論家,也是一位伟大人物,对于当时的雅典有巨大的影响,旣締交了忠誠的朋友,也結下了刻毒的对头。

他自己虽是羣众中人,却不支持民主政治,至少在他的晚年，大都混在富人和貴族青年之中。其中有些,如亚尔西巴德(Alcibiades),在斯巴达战事中轉而背叛本城,而另外一些人,如克立替阿斯（Critias）和察密底（Charmides），参加了战敗后組成的三十霸主的反动政府。公元前 403 年羣众起来革命,赶跑了这批霸主,而代以民主政权。不过这一政权却向斯巴达人保証了不采取政治上的报复。 就是在这个政府下，苏格拉底被控为不虔敬和腐蝕了青年，不过受审的眞实原因却是政治性的。他的敌人显然只要放逐他,但是他的鎮靜的和公然反抗的辯护使得他們判他死罪,这就使他成为第一个也是最著名的哲学殉难者。环繞他的一生一死的种种情况，甚至比他自己的性格,更能标示出希腊思想路綫的分歧。自此以后,哲学就分为道德的或理論的和自然的或形而下的两支,而在二千年中前一支享有較大的威望。

柏拉图

柏拉图是一个有錢而又年青的雅典貴族，当雅典民主政治重新得势而他的政治野心似乎要永远不能实現的时候，苏格拉底便对他发生了影响。[2,5] 他决意終身从事哲学,目的是要作出一个理想国家的一套原則,来引导人們走向較好的生活。这就使他在哲学上走上唯心主义的道路,并且自古以来,他也的确是唯心主义哲学的最伟大的宣揚人。因为他虽然很难算是唯心主义始祖,但是他能用对話形式,提出他的各种观点,而且文字优美,娓娓动听,自有哲学著作以来,却是无出其右的。这些对話表达之优美,确然阻碍了所有时代的人們去看出其所表达的思想醜恶。特别是在他的"共和国"和"法律"二大著作里,他表示他的主要政治目的是拟定一种国家的宪法，永远保存着貴族階級——所謂最好的人民——旧日的一切特权，同时也使这种宪法能为下层阶級所接受。他向斯巴达挹取灵感。在斯巴达假設公民所必須共同經历的軍营

生活会防止他們的貪污罪行和政治阴謀，以及压制最下等的奴隶。但实际上，前一作用如所周知地失敗了，而后一作用也終归失敗。柏拉图将他的共和国內的公民分为四級：监护者；統治的哲学家；担任保卫的士兵及进行一切工作的平民。监护者一切公有，甚至沒有家庭生活。平民允許享受室家的奢侈，但毫无权力。这种阶級的划分是永久的，要以上帝造人时分为金、銀、黃銅和鉄四大类这一神話，或"堂皇謊言"为根据。

这四类就是已出現在流質說里的黃、白、紅、黑四色（106頁），也就是印度原来的四大氏族：婆罗門（圣賢），刹帝利（战士），毘舍（农人）和首陀罗（賤民）的顏色。孔福德（Cornford）則謂柏拉图并沒有从阶級着想，而他所想的是每一阶級的选择应該最适合于它的职务，但孔福德所引柏拉图的一段話未見得支持这个說法。柏拉图的曲喻是：

> 如果統治者发見他們自己的孩子的金屬屬相和鉄或黃銅混合，"就必須毫不怜惜地把他归到合于他的本性的地位，而把他推出去归入手艺人或农民中。相反地，如果这些阶級生下的孩子带着金或銀在他的成分里，統制者就可按照他的价值升他为监护者"。[2.12.133]

由此一說就很明显地看出：各阶級在正常时是世袭的，但是柏拉图如同今日英国統治阶級一般，是够聪明的，看出了容許很少数有能为的下級人物加入上級，就是保持他們的統治万世常存的最稳妥的办法。

柏拉图希望通过这种严格的阶級制度来求得完美的，而最主要的是穩定的政府。监督者只对国家負責，对于家庭并无責任，亦不会有物質的顧虑或野心。监护者更要受哲学、数学和音乐的教育。柏拉图認为这些能感生极高的慈善心。他希望这样来在斯巴达性格上，嫁接些人所怀念的伯里克理斯时代雅典的光荣。在雅典，若干年中，新的民主政治曾将城市的統治委託給一羣有文化的富有公民。柏拉图希望找着一个通曉哲学的君主，或者是可以訓練成为哲学家的君主，来使人接受他自己的政治見解。柏拉图最后努力的对象是叙拉古（Syracuse）的霸主小带奥尼細阿斯（Dionysius the younger）。但小带奥尼細阿斯本人和他的宫廷都受不了数学訓練所需的謹严法度。后来各代对柏拉图共和国的評判很多不同之处。在中古时代，比起不学无术的君主和貴族的又专制又无能的統治，則柏拉图共和国好象是一种进步的理想，尤其是从他陈述时所用优美动人的散文看来，更有此感。然而在現代看来，其中却有着維持資本家阶級統治的一些使人最起反感的預示，[2.40]而法西斯的伪集体国家即是这些預示的回响。

毕达哥拉斯和巴門尼底斯推崇人类对于不变的、邏輯的和数学的絕对眞理的理解。柏拉图接受他們的見解（100 頁），而用来支持他的理想城市这一中心論題，并同时証明他所提倡的有哲学家身分的监护者的生活是合理的。他对于語詞和其眞义的討論，給以很大的重視，就使語詞另具一种与其原来所指的事物和动作脫离关系的实在性。例如現有一个代表"美"的語詞，則美本身必是实在的，而且比任何美的事物还要实在些。这是因为沒有一件美的事物完全是美的；因此事物的美与不美是一个見解問題。然而美除它本身而外，絕不会有其他，而且美必然独立于这个变化着的又不完善的物質世界里的任何东西而存在。同样的邏輯亦适用于具体东西：一般的石头，比任何一块特殊的石头，必定更眞实些。

柏拉图派唯心主义

就是这样长成了一个由各項理想——完美的意象——組成的空想世界；在这些理想中物質世界仅只是投在我們今生囚在其中的洞穴里墙壁上的一道閃影而已。[2.38]

而且柏拉图并非眞正关怀于为这些表現現象供以解释；照他看来，最重要的是証明某些抽象概念是絕对的和永久不变的，和感官印象无关，而只有灵魂的眼睛才能掌握这些概念就是絕对价值的三元体：眞、善和美。第一元他受自巴門尼底斯；第二元受自苏格拉底；而第三元則是他自己的特别貢献，不过还是吸取了他年輕时雅典富人的为艺术而艺术的唯美主义。这些絕对价值今日仍和我們相伴。它們被当作既高于感覚，更超出經由感覚而获得的任何知識之上。这种主张現在也和当时一样，被拿来限制科学考察，而支持直覚的、神秘的和反动的見解。

但是，柏拉图本人根据当时所知晓的那点科学来替这些見解辯护。在事实上，他所引用的大都是数学和天文学，或不如說是占星学。占星学（astrology）这一名詞，意思是关于星体的理解（logos），是由柏拉图杜撰出来，代替旧有的天文学一名，而后者的含义只是星体的序列（nomos）而已。到后来，占星学的名声太坏了，天文学这个旧名又重新回来了。他采納并扩张了毕达哥拉斯所持关于数和几何形的宇宙重要性的一些神秘見解，并在里面找到不依靠感覚的絕对眞理的一些例子。柏拉图本人好象沒有对于数学貢献多少东西，但是，无疑地由于他的影响，使数学有了声价，后来就吸引了許多才智之士。然而他既然蓄意在于抽象的和內观的，这就使数学脫离了它实践經驗的起源和应用，更从而抑制了代数学和力学的发展。

占星学

柏拉图把天文学去配合数学，但这是一种特异的天文学，对于星体只論思想当然

而不論其本然。旧有的通俗見解把天体当作神物，特别是日、月和行星。此所以守旧的人們对爱奥尼亚哲学家把天体說成是在天空中漫遊的一团团火球（planein）的主张，斥为大不敬。柏拉图挽救了这个局面，但都对科学非常不利：他把数学去和神学混合起来，面对已存在的証据，[2.17a.77]宣称星体的神圣性显現在其完美圓周运动的不变規律性上，在它們之間撰成了非肉耳可聞的天球諧和乐。这样，任何变更都从天界排除出去，犹之柏拉图愿意把变更从人事方面排除掉一样。而人的最高責任就是內观曠刼，并在其中求得他自己不死的証明。柏拉图的哲学取消了，科学信仰提出的挑战，由于他假定天象完美无疵，就扼杀了毕达哥拉斯派所表示过的作运动的是地球本身这一类观念。結果是他的影响，連同他的大劲敌和継承者亚理斯多德的影响，有效地阻止了人类对于天体运行实况的知識，随之也妨害了正当物理学的任何可能，达2000年之久。

柏拉图学林（Academy）

当柏拉图对哲学家君主所怀的希望消失后，他就回到雅典，途中被执，几乎被鬻为奴。历时四十年（公元前387—347），他在英雄阿加締米斯（Academus）的园林里，把自己的学說闡明給一些十分精选的門徒。园林門上写道："不懂数学的人免进"。柏拉图死后，这个学林里的講学并未停止，虽然沒有显著地发展他的各个見解，却保持了它們。有了柏拉图和雅典的声望做支持这个学林維持了将近一千年，直到公元525年才被儒士丁年（Justinian）封閉。这个学林是毕达哥拉斯的神秘同道会的扩充和合理化。既有已入室的弟子彼此間的討論，也有企望入門者的教养。它的巨大重要性在于它是所有現代大学校和学会的始祖。决定这个組織的特性和风格的就是柏拉图本人。肯定地它的确合乎現代所謂学院的性質。純粹知識，几乎只限于数学、天文学和音乐。被認为应該从书本去吸取，而不应向自然界去寻求，后者是認为充滿了种种假象和紊乱。柏拉图对数学坚持必須学习，这样，在一种在其他方面可能要算純粹文艺的教育里面保持了至少一項科学的訓練的存在。孔子对于中国教育的影响，也几乎有柏拉图对西方教育的那样长久，但孔子不談数学。这很可能就是造成中国科学比較落后的一个原因。在理想上，雅典学林里追求眞、善、美的知識，只是为了知識本身。事实上，后来的希腊人，和継他們而起的罗馬人，都認为这是出身大家的青年們为了显赫前途而受的极好訓練。

柏拉图主义

柏拉图的影响透入人心比他的学林要深远得多。柏拉图主义，由于保留神秘因

素而忽略邏輯因素和数学因素，就逐漸地貶質，但却滲透到古典时代后期一切規随派思想里。柏拉图主义早就和基督教混合，确实作了基督教神学的主要精神支持。学林封閉后，柏拉图的原著全被遺忘，只賸其中最荒謬的泰米阿斯（Timaeus），这里面包含他对世界形成所作的神話叙述。他的学說大部分通过比他更神秘的柏罗提挪（Plotinus）的新柏拉图主义而流传下来(132 頁)。阿拉伯人重新发見了柏拉图的一些其他作品，并把它們翻譯出来，但要等到文艺复兴时代，才有人按照原本再来研究，而所得效果至少也象这些作品当初才完成时所生的那样巨大。早期的人文主义者不合科学，大部就是由于柏拉图的关系。但在十六和十七世紀，柏拉图的数学激励力，在指导刻卜勒（Kepler）和伽利略(242頁起)的思想上，发生重要作用；又經由剑桥柏拉图派的影响，而指导牛頓的思想。(276 頁)

亞理斯多德

亚理斯多德起初本是柏拉图的弟子，当他的师傅死后，就脫离了学林并于公元前335 年成立了一个对抗的哲学派，叫作萊西烏姆学园(Lyceum)。他生在色雷斯(Thrace)的斯塔齐喇（Stagira），但属于希腊的阿斯克勒披亚第（Asclepiadae）族，或医界（105 頁)。由于种种原因，亚理斯多德就此在科学史里占据了一个中心地位。他在世时，正当希腊政治生活某一极盛的局面，又当另一局面的开始。因此，他的地位便于蒐集各处自由希腊城市的一切知識，而传授下去，以供那些接收希腊城市的帝国拿来应用。他在一生中大部分里，享有城市和君主所給予的种种优待，而充分利用了他的历次机会。他的科学貢献，比他以前和以后的任何个人都更大，范围也更广。此外，他的大部分著述都传到后代，这是由他的学园加了卷帙浩繁的註释而传下来的。这个学园起初从事于研究学問的积极，正不亚于柏拉图学林之积极从事于参悟。

亚理斯多德是一位邏輯学家，是一位科学家，而不大好算道德哲学家。他缺少苏格拉底或柏拉图那样高尙的改革热情。因为他生在較晚的一代，所以覚得柏拉图的一些社会观点已不合时宜。叙拉古的小带奥尼細阿斯是柏拉图的哲学家君主，他既无能力也不愿意保存柏拉图所梦想的那种独立的貴族共和国。亚理斯多德有他自己的哲学家君主。此人大大有名，就是青年的亚历山大（Alexander)。从公元前 343 年到 340 年亚理斯多德做了亚历山大的师傅，但亚历山大却梦想着大刀闊斧地建立个大馬其頓的（Macedonian）軍事帝国，而不在乎执掌一个希腊城市国家。

亚理斯多德滿意于就事物的原状尽量善为处理。最重要的是，他是一个常識哲学家，几乎是一个家常哲学家。看不出有改变国家的需要。所必需的是让人民采取

一种适度的行径，一切事物就会一仍旧貫，很好地进行。这就是馳名的尚中学說——旣不要太过，也不要不及——而就是他的倫理学的基础。

分类和形式邏輯

亚理斯多德的一些大貢献是在邏輯、物理学、生物学和人文学几方面；在事实上，他建立这些学科作为正式訓練，甚至于为适合不了这些学科的知識还加上一門形而上学。他的最伟大的，同时也是他的最孕含着危险的貢献，是分类观念。这个观念貫彻了他的全部著作，又作了他的邏輯的基础。他引入了，或至少編訂了我們現仍应用的，根据相似性和相异性来把事物归类的方法。他所問的一些問題是：这东西象什么？——种类。它比起那些象它的东西又怎样不同？——种差。他的口头遁辞，就是三段論法——凡人都要死；苏格拉底是人；所以苏格拉底要死——今日仍当作邏輯来講授，好象說：我們在知道特殊的以前，居然总会知道一般的。

亚理斯多德是第一位伟大的博学家，对于当时引起兴趣的关于自然和人生的每一方面，他都企图作些說明。此外在他身后許多博学家都失敗的地方，他却用了一种有秩序的方式，得到成功。秩序的观念是他从一些早期思想家承袭来的。亚理斯多德接受了为下界所設火、风、水、地四元素重迭而成的系統，并有效地使之圣典化，而且他还为上界加一第五元素，即以太。

地、水和风都住着生物，各在适当的处所，各有适当的形式。虽然每个个体都不免生和死，生殖和朽坏，但形式保持不变（502 頁）。亚理斯多德拒絕考虑世界如何作成，这样就确定地脫离了爱奥尼亚学派。世界已往經常和現在一样，因为世界要这样才合理，用不着什么創造。当亚理斯多德主义被采作天主教的哲学基础时，这点就有些困难。但是这个困难也易于克服，只要在开始来个突然創造在終了来个突然毁灭，而让中間原封不动就行了。

亞理斯多德的物理学

按照亚理斯多德，認識世界的关鍵就是物理学，但是他意中的物理学并不指今天我們意中的无生命物質的运动規律。完全相反，任何的物理或天性就是它傾向于长成为什么和它正常的行为是怎样。誠然，由于他的医学背景和生物学兴趣，亚理斯多德的思想把世界的一切都理解为好象都是有生命的。他所用物理一詞的意义就是这句贊美詩里所用天性一詞的意义：

让狗喜叫喜咬，

这是它們的天性要。

科学探究的目的就是在于找出凡物的天性，探究的范围要从为什么所有的石头都下墜起，扯到为什么有些人做奴隶。对每个事例，答案同是："这是它們的天性要。"在事实上，这同說："这是上帝的意志，他們应当如此。"一样包罗万有，但是听来更科学些。白脫勒（Butler）对于后来一位哲学家休狄布喇斯（Hudibras），曾这样表白过：

他知道什么是什么，造詣之高
正如形而上的慧力所能飞到。

亚理斯多德在他的"物理学"和"談天"两部著作里，把这种方法应用在我們所謂的物理宇宙上，而在这方面它最不适用。他的解說不見得比柏拉图的更中听些，而且缺乏柏拉图的感情昂揚和数学趣味。但因为这是伟大的亚理斯多德邏輯的宇宙的一部分，所以就成为希腊的宇宙构造思想传到后代所取的主要形式。这在后来就要显得特别不利于物理学的进展。必待乔达諾·白魯諾（Giordano Bruno）被焚死、伽利略遭譴責，然后才能推翻那些从亚理斯多德方面，而不好算从圣經方面，导来的学說（245頁起）。此后的科学史在实际上大都是亚理斯多德如何在学术上一門接着一門地被駁倒的事跡。累末斯（Ramus）在他的1536年著名論文中說："亚理斯多德所教的一切皆伪。"这样說法实在是虽不中也不远了。

終極原因

亚理斯多德把他的物理世界建筑在理想的社会世界的意象之中，在这样的世界里，从属是自然的状态。[2,17,135] 在我們的世界里，万物各知其位，而就大多数来說，是固守其位的。本然的运动，只在某些东西离开本位而傾向于回原位时才发生——如石头穿过空气和水而重回到本生的土地上，或如火花高飞去上接天火。这就适合于那些自身沒有本然运动的物体。鳥要在空中飞，魚要在水中游，这是存在于鳥和魚的本性里的。这在事实上就是鳥和魚之所为而生。从这里可以窺見亚理斯多德的主要观念之一，就是終極原因的观念，在这个观念中，有机体甚至于物質都秉賦了一种要达到一些适当終局的目的。亚理斯多德还承認其他一些原因，如物質原因和有效原因，这些原因供給万物以实質的支持，并使东西起作用，但他認为这些原因都次于終极原因。这个学說曾为科学的禍害，因为这是一个油滑办法，靠假設一个适当目的来解释現象，而不費劲去寻求現象如何起作用。

运动和眞空

对科学中的終极原因的斗爭是一个长期的斗爭，到現在还絕沒有完全获胜。据

亚理斯多德的說法，本然运动是終极的；所有其他运动都需要推动者，如馬拉車、奴隶划大划船、或如自身不受推动的推动者轉动天界的外层。然而象箭从弓射出时那种激烈的运动，又待怎講？这对希腊物理学来講，久已是个难題，而芝諾則誇张邏輯来証明箭絕不能动。亚理斯多德找到答案：推动者是空气——"空气在箭前让开，在其后合攏"。

这一錯誤导致了另一錯誤，而后者对于以后的物理学仍是同样严重的障碍。如果激烈运动必須有空气而激烈运动又存在于这个月下的世界，那么下界必定充滿了空气，而眞空就不可能了。这个三段論法是完整的，但因为小前提錯了，所以整个辯解就垮了。亚理斯多德又引另一議論来反对眞空之說，而这一說法和前一說法好象有些矛盾。[2.7.69]亚理斯多德辯道："空气能抵抗运动。假如撤除空气，一个物体或者因沒有去处而静止；或者物体如作运动，就会以同一速度永久継續运动。但因这是无稽的，所以就不能有眞空。"有趣的是，他說的話比照牛頓的第一运动定律，几乎一字不差，而他用了先驗地排斥这条定律的手法，来証明离他头頂只数哩的某种情况为不可能。但在任何情形下，眞空总是不行的；一承認眞空，就直接走上原子說和无神論去了。"自然界憎恶眞空"这一学說有它的实际起源，就是来自吸起液体的一些經驗中，这些經驗就导出了空吸抽机。結局正是由于空吸抽机的限制才引起托里拆利(Torricelli)做出了眞空。(269 頁)

生物界：自然界的分級

亚理斯多德物理学的有欠妥当和头脑荒謬，却由于他所作生物学观察的規模和質量，而部分地得到补偿。这里用"部分地"的字样来作保留，其过失不在亚理斯多德本人，因为他在动物分类和动物解剖上的宝貴貢献直到現代比較地罕受注意，而在現代这些貢献了解得太迟，已經毫无益处了。在生物学里，終极原因这一观念較为动听得多，因为这是生物成功地适应环境的表示——"啊，祖母，你好大的牙呀！""更好用来吃你呀，我的宝貝。"这只大恶狼是一个不折不扣的亚理斯多德派，而作为一个生态学者也并不太坏。然而，就是在生物学方面，終极原因也已产生了使人麻木不仁的影响，因为全部的要求不过是猜測一下一个器官或一个有机体的目的而已。

亚理斯多德的生物学的主导观念是：自然界的一切都在爭取所能达到的完善，但成功的程度不一。这就引起亚理斯多德拟出一个自然界的分級，以矿物居最低級，其次是植物，再其次是一級比一級完善的动物，最后在最高級的就是人。这样的分級未尝不可認为暗含进化的观念，但亚理斯多德肯定世界上沒有眞正改变的东西，而物种

則必須是完善性或不完善性的永久固定标誌。他实在很傾向于把兽当做不完善的人,把魚当做不完善的兽,而不肯倒过来講。他的其大无比的权威,再加上創世紀的权威,把进化观念躭擱了二千多年。把完善程度分成不同等級这一观念,另有一种用途——就是借它来辯解有些人天然是主人,有些天然是奴隶这一信仰是正当的。如果天然当奴隶的人竟不合天然到連这点道理都不明白,那么迫使他們作奴隶的战爭就天然是正当的了。

物質和形式

主人和奴隶,命令和服从,这样的概念貫彻在亚理斯多德的全部思想里。他采取了柏拉图的一些理想,来表示这概念,就是物質和形式的二重概念。物質是无情的,不异化的;形式是把心(nous)加在物質上的。最原始的物質能具任何形式。它在本身中潛在地具有一切形式。形式代表臻于完善的目的,但并非总能达到。譬如造一雕象,物質是被动的,而且可以迁就人到某一点,但有时就倔強起来,譬如碰碎鉄鎚或以别种方式拒絕接受雕刻家意欲加之于它的形式。由于物質的这种倔強性,結果下界就沒有完善的东西。每一特殊物都有偶然的表相,物質和机会挫折了理性目的,正在于此。

实質和本質

亚理斯多德的形式和柏拉图的理想是可以区别的,因为前者不是普遍的,每一形式各指一个特殊动物或东西。按亚理斯多德所用的名詞說,形式是有实体的。实体一詞的意义,对亚理斯多德来說,和現代科学里的意义,很不相同。它是一种形而上的性格;凡物之所以为其本身而不是其他,正由于此。为了可以多少有些变化,同时又保存个性,因此每一实体之中潛伏有本質。这样說来,在实体上,人有两条腿,但这两条腿并非他的本質的一部分,因为他也許失去一条或两条腿,而不会就此中止为人。本質和潛能两观念在性質上是生物学的,表明种內一个个体所能达到的在下和在上的两个极限。在第一情况下,个体恰好对付着生存;在第二情况下,个体就展現出它的全付能力。

潛能的观点开拓出一条达到形式由不完善以至完善的进化观念的道路。跟着巴門尼底斯和柏拉图的看法,意念中的完善經常是較高的和不可改变的。生活着的东西是可覚察的和可坏的。高于它們的是天体,可覚察的但是不坏的。更高的就是有理性的灵魂,不可覚察也是不坏的。而高于一切的是上帝,是所有实体中最无变化

的，因此也就是最眞实的，最充分地实現它的潛能的。（图 6，185 頁）

人和上帝

亚理斯多德工作的极点就是它推广到作为社会动物的人，并超过人而推广到上帝了。遵从菲罗劳斯的学說，人自身包有三魂：长性魂、动性魂和理性魂，最后一魂为人所独有。各魂的目的，也就是它的动力，是在爭取自身的完善；長性魂爭取生長，动性魂爭取动作，理性魂爭取参悟。理性魂的臻于完善，就是要爭取成为还要更加完善的东西，而这就只能是上帝，也就是整个宇宙的不受推动的推动者，同时又是亚理斯多德的形而上学的中心和范界。志气和爱只能是向上的："我們看出最高的，就必須非爱它不可"，如奴爱其主，女爱其夫，人爱上帝。爱及下級，却非所需要。就是这个以上帝为中心的結論，使得亚理斯多德成为中古时代的教会經院派所十分爱戴，而且有助于他們等間抛开他的哲学和圣經所載創造世界的故事間的矛盾。

总起来看，亚理斯多德的哲学体系是一个小康公民的經驗和态度的堂而皇之地包罗广博的合理化体系。只有結合了絕大的勤勉，和不可动搖的自得精神，才能把它构成。它的天才并不表現在它的任何一个分离部分。除了他个人所作不多的生物学研究而外，其中毫无首創的东西；但所借用的都是取自最优秀的人物。它的特殊天才，則表現在它的包罗广博、在它的秩序井然以及由他的邏輯而賦予整个体系的一致性里。

为了达成包罗广博，亚理斯多德完成了另外一件对于将来有极大希望的新創工作，不是自己去做所有的工作，也不象柏拉图学林里那样只同他的同事們进行討論就算了，而他組織了研究工作。在那个或許由亚历山大資助的亚理斯多德学园里，亚理斯多德的青年門人蒐集了有关几乎一切事物的情报，从社会文艺和自然文艺到城市宪法，从动物和植物到石块。这些結果中留給今世的是有关希腊生活和思想的最可宝貴也最有系統的知識。更可宝貴的是这样研究的習慣，正如柏拉图学林是大学的原型，亚理斯多德学园就是研究所的原型。

亞理斯多德的影响

在下一节里（4.7）将指出：奉行亚理斯多德的研究方法，很快就根除或駁倒他自己的大多数結論，包括作为核心的終极原因結論在內。实在地，他有关許多論題的意見，还等不到他发表出去，早已陈旧了。然而尽管有那些限制，也許正因为有那些限制，他对于阿拉伯思想和中古思想，起了巨大影响。希腊科学上較美好的发展，或全部丧失，或象阿基米得的工作那样，直到文艺复兴时才被人重視。除了在黑暗时代不

易見到的几个有高度訓練和熟諳情伪的讀者外，这些发展就不会被人所了解。好在，亚理斯多德的著作虽然难啃，但要了解它們，除常識外并不需要，或者好象不需要具备任何其他东西。象希特勒一样，亚理斯多德从来不对任何人講他們未曾相信的任何事物。他的观察不必用任何实驗或仪器来校核，不須用任何麻煩的数学来推求結果，也不需要任何神秘的直覚来了解任何內在的意义。誠然，柏拉图更多地乞灵于想象力，也具有更多的道德热忱；但亚理斯多德解說道，他們所知的世界正好是他們所知的那样。他們都好象莫理哀（Molière）所著"資产阶級紳士"里的茹尔典（Jourdain）那样，做了哲学家，自己还不大知道。只要世界老是那个样子，亚理斯多德就算是行了；但是，我們将要看到，世界并非老是那个样子。*

併起来看，雅典衰落时期的三大哲学家标誌着肇始于爱奥尼亚哲学家的观念运动，到此决然停頓了。由于社会制度不能更有进步，就拒絕接受自然是在改变和发展的观念。哲学不是再进步的了，而且作为同一反动的一部分，也不再是唯物的了。取而代之的却是苏格拉底和柏拉图的神秘形式的唯心主义，或亚理斯多德的規陋派策略中的唯心主义。哲学教人对生活要如实接受，而对于那些感到生活不能忍受的人，不但无所貢献，而且还教他們痛苦是不能避免的，也是自然界里伟大秩序中的一部分。这样的哲学已經走上变成宗教的道路，但这只是单純为了上层阶級利益的宗教。

4.7 亚历山大的帝国

希臘的科学

一般哲学观念的停頓并不等于說实践科学到了末日；确实地，后来証明它是实践科学的巨大刺激力。但是眞实的情况是，从亚理斯多德时代到培根和笛卡儿时代这中間对自然和社会的問題，都未曾作出巨大的广泛的攻研，因为中古时代的經院派或阿拉伯人都不是这些問題的大众，甚至也不自命为大众。虽然如此，希腊数学、天文学、力学和生物学上多数詳細成就，都来自下一时代，即亚历山大科学时代，或称希腊化科学时代。其理由，不可能是內在的，后期希腊人的聪明至少不亚于早期希腊人。理由必須在社会方面去找，在那些阻抑一般創造性而鼓励解决范围有限的部門和发展实际应用的情况里去找。

在雅典淪亡一世紀內，随同发生的政治和社会上的大变化就是：一些新成立的陆上大帝国強制統一了那些独立而互相对抗的城市国家，不过这些帝国的文化大部分仍从同一来源吸取的。从馬其頓（Macedon）的腓力（Philip）和亚历山大两人的俄頃成功上，就看得出这一变化逾期了多么久。这些城市因內部阶級斗爭已削弱太过，

又因相互猜忌而分裂尤甚，就远不能作出有效的抗拒。那些新型的訓練精良、装备齐全的募兵可以随意到任何处去。老大波斯帝国的征兵，大都是未經訓練的农民，由世袭貴族統带，名額尽管多，却不是他們的对手。

馬其頓人无所損益地承受过来的希腊型文明，本身在任何其他方面都表現得較优于它所蹂躪的那些較旧的文明。在技术上、在組織才能上、在知識上、在艺术上，希腊的方式无处不受重視。希腊商人和行政人員随軍前进；从在埃及的那个最早也最著名的亚历山大城起，到最远在阿富汗的那个亚历山大·厄斯查他城（Alexandria Eschata，即現在的 Kojand）止都建立起希腊式的城市，尽管希腊人往往只占少数。希腊势力不仅止于此；它蔓延到亚历山大帝国疆界以外，又远又广。在远东，它的影响因为路途辽远而冲淡，但佛教徒阿輸迦（Asoka）的第一印度帝国就是亚历山大侵袭下的直接后果。希腊艺术、哲学和科学还多少有一点随着佛教远远散布到中国。大約同时，一个类似但全然独立的运动发生在中国。公元前 221 年，半野蛮的秦国的統治者用武力建立了鉄器时代式的第一个华夏帝国，而比照传說中第一个称帝的黄帝自称始皇帝。他的朝代虽不曾持久，但自他以后，这个帝国的統一从沒有长期失墜过。經历全部古典时期，具有高度文明的汉帝国扩展同印度和波斯两帝国接界。

希腊化对于西方的影响要大得多，因为在那里需要先排除的本土文化較少。拉丁部族的人很快就希腊化了，部分地由于本身来自亚洲的伊特魯立亚人（Etruscans）的城市文化影响，而部分地又由于沿海諸城市的希腊殖民的文化的影响。有一座城市即罗馬，赶走了伊魯特立亚的君主，就显得比其余城市都強大。在經过一段暴风雨般的內部政治历史以后，就出現了財閥政权的共和国，后来就成为控制全部疆域的罗馬帝国。

希臘化城市和历屆馬其頓帝国

希腊化城市虽然模仿希腊城市，但有許多不同之处。第一，除掉那些已經起作用的阶級区别外，又加上操希腊語的官商阶級与土著間的种族区别或文化区别。在南部和东部的土著，虽在政治上受到压迫，但自知有他們自己的文化比希腊文化古得多，也絕不比它低。这种分裂虽随时間而緩和，却一直持續到古典时代的最末期；这时旧文化即以一种新的宗教形式重振旗鼓(155 頁)。第二，这些城市不是互相独立的，而是成为埃及的托勒密、叙利亚的安提奥克以及小亚細亚和希腊各朝代的更迭起伏的帝国的一部分。这样就走回头，却只是部分地回到旧帝国的状态，有一位神圣不可侵犯的君主、有宫廷、有軍队，軍队里原来都是馬其頓人，后来充滿了各样地方征兵

或地方募兵。公民会受害于暴虐的君主,但更受害于懦弱的君主,而他們对此几乎无能为力、眞正地决定在宫廷里或在战場上。所以公民只专心于賺錢和享乐,同时穷人、土著和奴隶只尽量来熬过这样的局面。結果是社会分裂的程度为人类历史中所从未达到过的。人民有种种机会来发展出很精炼而优越的文化,但从一开始就注定是不能孕育的。

种种承受的哲学

希腊化文化的扩展实在靠牺牲内部文化发展才有的。在艺术、戏剧、文学和政治上,晚期希腊的成就,特别是雅典方面的,打个比方說,都冻結了。他們以稍稍夸大而多感的希腊化风格抄袭了一些好典范;註释和批評盛兴,但并未产生任何眞正伟大和新穎的事物。

在哲学方面,无論德謨克利图、柏拉图或亚理斯多德各学派都沒有眞正的継承人。本已脫离了科学的哲学,实在从亚历山大时代起,更脫离了政治生活,而成为几乎純粹的道德哲学了。这时候公民可以发发財,但除因得寵宫廷外,不再参与国家的治理。哲学这时只关心于劝告在政治上軟弱无能的人,在一个經济危殆、战祸深重的世界里要安于生活的不安定。犬儒学派(Cynics)和怀疑論派(Sceptics)聳聳他們的肩头。斯多葛派(Stoics)深信德行有內在的价值,而世界是受治于星宿所决定的不可改变命运,以这样的信仰为根据,他們很漂亮地表現出高人的灑脫。伊壁鳩魯派(Epicureans)力劝人尽心善处,以修德立行为达到快乐的最可靠的途径,而不要煩心于远在这个由营营急轉的原子所构成的世界之上的神灵。[2,2] 古代世界的哲学,当一个时期的終結而另一时期的开端交替之际,势必以諾斯替教派(Gnostics)和新柏拉图派的神秘主义而告終;它的蒼老之音的最后回声就发为波伊提阿斯(Boëthius)所著的"哲学的安慰"。在两个时期之間,哲学家所代表的毋宁可以更适当地叫作有修养的上层阶級的宗教。但他們确在准备下一种知識的語言,下层阶級一旦当权就用来表达他們較粗陋而生命力強得多的宗教。

希臘化的科学

在知識普遍衰落中却有一桩例外,那就是自然科学的发展有几世之久。确实地,在某些方面,特别是数学、力学和天文学方面,創造性思想有显著的新爆发。这大部分是由于亚历山大战胜后經济的和技术的影响而起。这时希腊貿易突然面临的世界要比它一向所知道的广大得多,因此創立的新市場曾一时解救了希腊城市国家的长

期危局，就是由貧民和奴隶的恶劣处境而引起的消費低落。制造品的出口市場仍然是一个受了阶級限制的市場：专制富人家庭用的——鏨花銀器、范制陶器、吹制玻璃器、紙草所制的紙、染色布、花样精美的織物——但出口够大，这些貨物可成批制造。因此就有一些制造业城市湧現，大多数僱用因有奴隶竞爭而被压下的薪給工人。同时，一个单独政府下較大的区域，就利于經营一些必需品的有限制的海上貿易，特别是谷类，来养活不务农的居民。这样又轉而引起技术上的改进，不只在制造上，而且在农业上，在这方面不断大規模地使用一夥一夥的奴隶。这类改进是統制者关心的事，因而也就是他們的科学顧問所关心的事。帝国和帝国之間几乎处在永久战爭的状态之中，一直需求越来越复杂的攻守机械。这就另添一种对新技术的需要，甚至是更迫切的需要。希腊化国家的馬其頓統治者，不象要攘夺他們的罗馬人，是在希腊学术威信的气氛中培植的。他們对希腊学术的一切分支，不只認可，还予以鼓励。主要受惠者毋宁是希腊科学，而不是希腊文学或哲学。*

亞历山大城的博学院（museum）

希腊科学对于后来科学的伟大貢献中最大部分，的确导自早期希腊时代，或称亚历山大时代（公元前 330—200 年）里的工作，而且，大都就在継承亚历山大的历代托勒密（Ptolemy）的新帝国里最重要的希腊城市亚历山大城本身中。他們让希腊科学直接接触到古亚洲各文化的一些問題以及技术和科学——不只限于埃及文化和米索不达米亚文化，还多少連印度文化在內。这样处心积虑，有意識地来試图組織并資助科学，在人类历史上，还是第一次。亚历山大城的博学院是第一个由国家支援的研究机关。虽則除保存古籍外，在艺术、文学、甚至哲学方面，成就都微不足道，但貢献于科学的却比任何一个单独研究机关在这以前，可能还連以后迄今所曾做的都要多些。博学院的科学工作，連同該院散在古典世界其余各处的离职院員和通訊院員，如阿基米得，等的工作，比以前或以后二千年里任何科学工作，都要专門化得多。它在甚至更大的程度上反映了希腊公民在科学方面受到隔絕。这时的科学世界已大到足够培植出为数不多的篤好妙悟的优秀人物，来撰写天文学和数学上极专門化的著作，专門到甚至受过平均教育的公民都讀不懂，而下层阶級只好怀着敬畏和猜疑望着它們。这样就使得科学家能够大胆探索复杂而精微的辯难，并由互相批評而得到伟大而迅速的进展。同时，这些进步十分不巩固。科学方面的全部努力依靠一个开明政府的照顧。失去照顧，学术大廈就大部倒塌，又因在大城市以外别无活着的根源，就此大都被遺忘，不过还遺留下少数极端重要的著作，要到文艺复兴时代才重見光明。

亚力山大时代科学的早期，工作的重要趋势遵循着亚理斯多德和他的学派的傾向。博学院实在可以認作是亚理斯多德学园的埃及分支；这一分支因資助得較好，在不多几年內，就使較早的学园黯然失色。公元前 270 年左右，一位在各方面最有資望的希腊化科学家斯特雷托（Strato）就兼在亚历山大城和雅典两处講学，他是学园的最后的重要大师。

然而这两处机构的研究范围并未包含亚理斯多德的全部广泛学程。他自己在生物学和社会学上的兴趣，除掉他的第一代承継者提奥夫剌斯塔（Theophrastus）有所推进而外，就沒有更进一步的发展。提奥夫剌斯塔在植物学上所做的工作，相当于亚理斯多德在动物学上所做的工作。他又始創一門叙述性矿物学，虽然簡陋，但有二千年之久实質上不曾經人改进过。受到专深研究的就特别是物理学里的天文学、光学、和力学部門。不象亚理斯多德那样以邏輯为首务，却沿着柏拉图的路綫，对數学有迅速的发展。这里主要关怀于理想形式的內在美而且有必要把这些形式留印在仅可供观察的世界上。虽說这样，数学可以用在，也确曾用在較低的面上，以备天文的描述更为正确，并使力学、气体力学和流体静力学化为严正科学。

有了理想的工作条件，改进了的仪器和进行实驗的場合，于是柏拉图和亚理斯多德的較粗疏的直覚見解，不久就被抛在脑后。以自然地位和終极原因为学說的目的論，以及把眞空說成不可能的亚理斯多德的运动理論，都被废弃了。雅典哲学家曾經排斥得那样严厉的德謨克利图原子理論里，很有些地方重被承認。中古时代所信为古人的哲学遭到破坏的第一阶段，在公元前三世紀之初已經大部完成了。波义耳（Boyle）本来許会发見自己完全同意于斯特雷托的見解。但波义耳从未研究过它們。除在数学外，希腊化时代的高深思想大都丧失了。理由已經略略提到过。原因是亚历山大城、雅典和叙拉古的科学家在社会上和意識形态上都采取了有效的隔絕。他們不再是哲学家了。据西塞祿（Cicero）說，斯特雷托"抛弃了哲学所最必需的部分，倫理学，而专心研究自然"。因此，他們漂泊到兴趣主流以外，而这主流在那些危急和衰落时期就向內轉到个人的內心世界上去。他們的高深見解未經传播。而且，除了在天文学里为了当时較有限的任务，特别是占星学，还需要它們而外，都被遺了，然而柏拉图和亚理斯多德的一些較常識性的和不科学的見解却被小心地保存下来了。

希臘化的數学：歐几里得

在希腊化世界里，所以研究数学和物理科学，是看在两个目的上，就是学术的和实践的。学术目的当然較高，它集中注意于数学，并导致了一个分支——即几何学

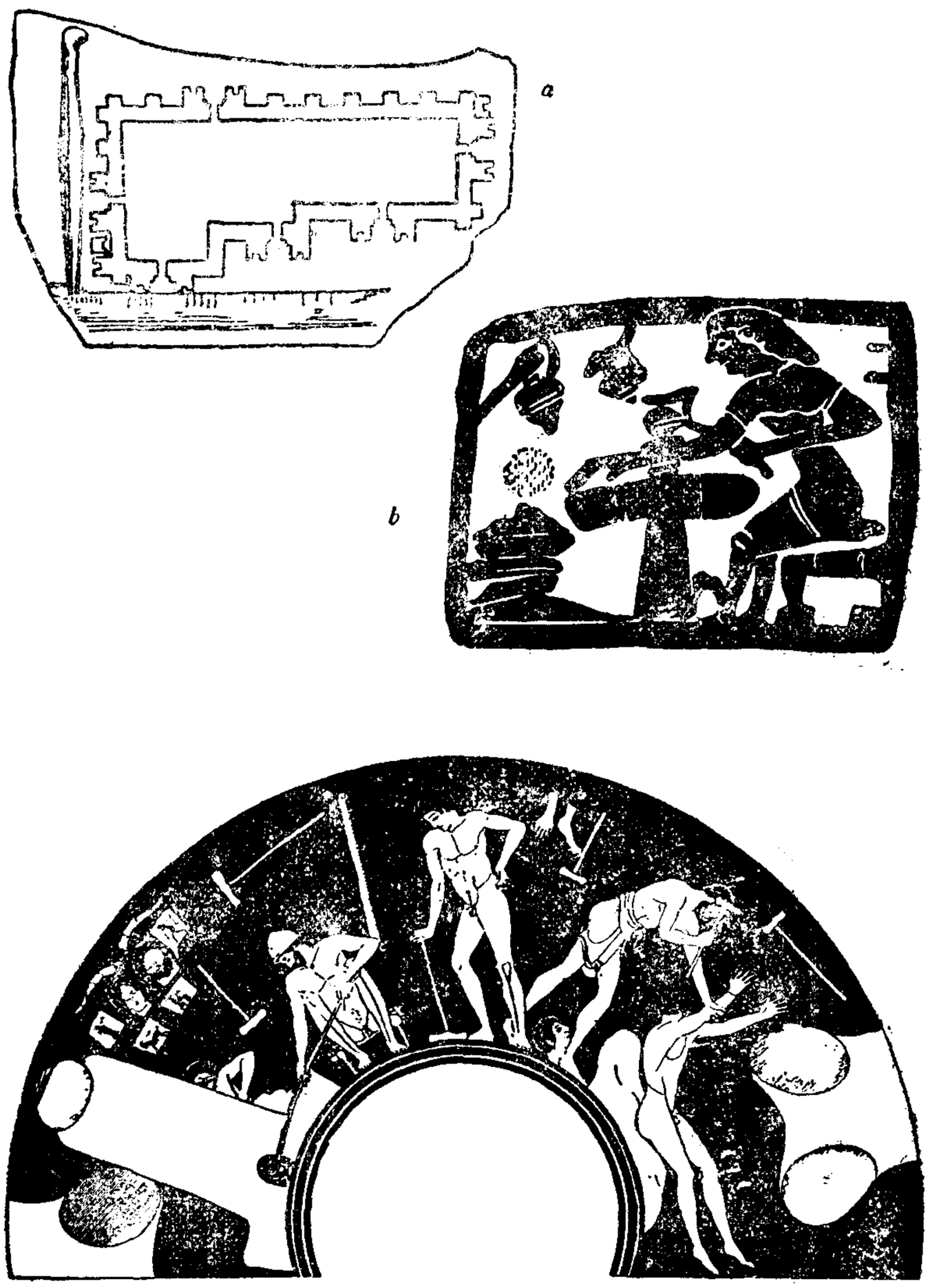


图 4　早期文明的技术

(a) 拉加希的谷第亚造象(約在公元前 2250 年)上的城市平面图，附有墙的正面图，並表出画綫笔和刻有几种标度的尺。

(b) 古代希腊陶人用慢轉輪在工作。

(c) 希腊青銅鑄工在工作。

——的推广和系統化，数值計算肯定地被認为較低級，有需要时，就伪装为几何学。但这里却得到了一些坚实而可讚佩的結果。阿基米得运用并改良了攸多克薩斯(103頁)的这类方法，来算出 π 的数值到五位数字——化圓为方的实践——又求出計算球体、圓柱体和更复杂立体的体积和表面积用的公式。这是后来要在牛頓手里改革物理学用的微积分学的有效的开端。为着要解决三等分角和二倍立方这两經典相传而毫无用处的問題，就大加研究各种高等曲綫。公元前 220 年左右，亘迦（Perga）的阿坡罗尼阿斯（Apollonius），对于公元前約 350 年梅尼莫(Menaechmos) 发見的圓錐曲綫——椭圓、抛物綫和双曲綫——的研究，苦心探討的成就，其終极的意义，比起以上所述重大得多。他的工作如此的完备，所以几乎二千年后，开普勒和牛頓可以原封不动地搬用，来推导行星軌道的性質。

希腊化时代里所完成的数学系統化工作，甚至比数学在各方面的分别成就，更为重要。以前就知道定理間的邏輯联系（103 頁）——亚理斯多德的邏輯实在就是用文字鈔袭了几何学中的証明步驟而已。然而一直要等到欧几里得(公元前300年左右)，才把大部分数学知識結合在一起，成为根据公理进行演繹的整个結构。这对数学有重大价值，欧几里德几何原本的这种形式那种形式仍然是現代几何学教学的基础，即为事实的証明。在物理科学方面，它的价值較为可疑；正由于它強調了証明优越于发見，而根据不証自明的原則的演繹邏輯优越于根据观察和实驗的归納邏輯。几何学的成功，却妨碍了代数学的发展，正象很原始的希腊記数法也曾妨碍过的那样。有个部分的例外是公元 250 年左右带奥蕃塔斯（Diophantus）論方程的著作，因为出現得晚，从它內部的証据就看得出曾經受到同时期巴比倫—加尔底亚（Chaldea）数学的影响。*

希臘化的天文学：喜帕卡斯和托勒密

天文的研究处在理論和实践之間的居中地位。照柏拉图說，这是天上理想世界的研究，这个世界适合于住在那里的神灵的威严。从眞实天空所可观察到的任何违异，就該置之不理，或予以辯解。在另一方面，天界所蘊含的重要性就需要准确地知道星辰的位置，尤其是各行星的位置；而且，如果要有任何希望躲避占星术上的預言，还应該預先知道。由于这两种傾向的結果，希腊化的天文学——这是希腊科学里传到我們并无中断的唯一部分——大都从事于企图要使越来越复杂的方案，能适合各項观察；而不违背純朴和美的准則。这样的追求却鼓励了数学和物理观察两門的发展。可以这样說，差不多直到今天，天文学是所有科学工具磋磨犀利的磨石。

天文学的数学基础就是攸多克薩斯的天球；但为了見于实施起見，較易作到的是認为行星是在平面上作运动，并且采用"輪內套輪"之說来保留表观現象。这是由古代最伟大观察天文学家喜帕卡斯(公元前 190—120 年)完成的。他发明了此后二千多年內所用的大多数仪器，又編纂了第一部星表。他的行星系虽較准确，但比起攸多克薩斯所拟，却复杂得多，并把它在力学上仅有的一点点講得通的地方抹掉了。二百年后，托勒密(公元 90—168 年)提出来的行星系形式，后来就成为标准天文学，直到文艺复兴时代。它所以被接受，是因为它把一切地上的困难推到天上去，而在天上，毕竟沒有理由期待世俗的力学会得适合。此外，这个行星系既然是按照量度来制定的——随需要而增加几个本輪❶——所做出的預測就还算准确。

代換的传統說法認为轉动的是地球，这是公元前四世紀的厄几突(Ecphantus)，或許是公元前五世紀的希西他（Hicetas）所提出的，在以往从未失传过。这个說法曾为庞都（Pontus）的赫拉克利底斯(公元前約 370 年)所大力支持。在赫氏所采用的系統里，旋轉的地球仍位在宇宙中央，月球和太阳都繞着地球轉，而众行星則繞着太阳而不繞着地球轉。这个系統把观察到的完全叙述出来，后来就成为第谷·布喇希(Tycho Brahe)的(239 頁)系統。薩摩斯的亚利斯他克(公元前 310—230 年)走上最后的合乎邏輯的一步。他敢于把太阳而不把地球放在宇宙中央。然而創始人尽管卓越非凡，这个体系只贏得极少人承認，主要是因为認为它瀆褻天神，在哲学上是荒謬的，并违背了日常經驗。不过它依然保持为坚定的异端，由阿拉伯人传布下去，由哥伯尼使之再生，并由伽利略、开普勒和牛頓从动力学来証明(230, 238, 273 等頁起)。

科学性的地理学

天文学发展了，才能第一次有一种測度的和科学性的地理学。繪制地图这一問題是要把一个球面上的天文的位置，就是想象的黃緯圈和子午圈，去和旅行家和官員們所报告的城市、河流和海岸的位置联系起来。这就等于量度地球的大小；第一次完成这样工作的是博学院院长賽瑞尼(Cyrene)的埃拉托色尼(Eratosthenes)(公元前 275—194 年)。他求得的圓周值是 24,700 哩，誤差只 250 哩；这在十八世紀以前，迄未得到改进。亚历山大屡次征服外地，就大大扩展了希腊人所曉得的世界疆域，但也就止于此。直到文艺复兴时代，除掉偶有几个孤零零的航海者如馬賽的匹忒阿斯(Pytheas)(公元前 330 年左右)以外，别无經济推进力鼓舞人更向东或更向西去探索。

❶ 这是天文学名詞，本意即在大圓圓周上滚动的小圓。——譯者

对于航海既缺乏兴趣，就不必去发展准确的航海天文学，因为沿岸航行只要有一些初步的观星知識就很够了。

光学也是附属于天文学的不重要的駢枝。古代人从未做成透鏡——他們的玻璃瑕疵太多，晶体又太希罕。他們的反射光学——鏡面反光的研究——只发展到布置光幻視和取火鏡，而沒有認眞的用途。另一方面，他們的折射光学——瞄准測角法——則用于准确測量。尽管这样，他們象是从来不曾体驗到眞实的透視。这就要等到文艺复兴时代了。

希臘化的力学：阿基米得

希腊化时代給予物理科学的最大貢献，是在力学方面。最初的冲动大約来自技术方面。希腊手工艺，特别是金属工艺，在亚历山大以前已达到高水平。移植到埃及和叙利亚等国家后，由于那些地方控制了丰富得多的資源，就可用来实現一切机器的根本改进，特别在灌溉、运重、造船和軍用机械方面。我們知道，公元前三世紀前后，湧現了大宗看来是新出的器物，但是它們的起源至今不明。这些东西很有可能是由入侵者就当地手工艺人逐代发展下来的机器发掘出来的，随后由有文化的希腊技工記載下来，再經进一步的发展。这时代的准确工艺和精密計算，两者相互促进，到了文艺复兴时代还会再見到。复滑車和絞盘許是来自帆船，齿輪轉动装置或来自灌溉机件；但螺旋看来象是不很朴質的发明物。有可能某位数学家曾插过手。出于他們的王家恩主的要求，哲学家們有可能到了那时只好准备自貶身价考虑用数学来設計机器。当然，所有关于阿基米得的軍用机器的传說必有一些根据，不过普卢塔(Plutarch)講起他道："他把工程师的工作和一切服役于生活需要的事情，都看作卑賤而鄙俗的。"[2.39]阿基米得（公元前 287—212 年）是希腊数学和力学方面最伟大人物中之一，又是眞正有創見的希腊科学家中的最后一人。他是叙拉古最后专制君主亥厄洛第二（Hiero II）的亲戚，并在保护叙拉古城抗拒罗軍时，做了不少事。当他在研究一个問題时，为一个罗馬兵所杀；这个兵或者不知道或者不关心他在做什么。他虽然深深地沉浸在純粹希腊科学传統之中，但是我們从偶然发見的他所著有关方法的著作中，知道他实在用了一些机械模型來达到数学結果，不过后来在証明中，却又抛弃不用。在古典时代里，他的大部分工作沒有人継續下去，只是在文艺复兴时代才充分受到重視。首次刊行的阿基米得著作出現在 1543 年，和哥伯尼的"天体之运行"(de Revolutionibus）以及維薩留斯的"人体之构造"（Fabrica）是同年，并且在效果上也无逊色。（245頁）

静力学和流体静力学

阿基米得在他的"力学要义"里，詳述簡单机械的作用，并从数量上作了說明，奠定了静力学这門科学的基础。这是具有希腊特色的分析法，指出哪些在条件下几个力恰好相互平衡。他又是流体静力学的創始人。这門学科講的是浮体定律，有两項重要用途。一个用途是把物体浸在水里称，来測定它們的密度；这个办法，因为可以用来检驗珍貴金属，就立刻被采納，从未失传。另一用途是估計船的載重量，虽然造船人已由传統很知道有这么一回事，但迟到十七世紀后期，才有人作計算（262 頁）。

空气力学

力学的一个全新分支是空气力学，即空气运动的研究和应用。在这方面，提息比阿斯（Ctesibius）（公元前 250 年左右）和希洛（Hero）（公元 100 年左右）制备了运用压縮空气的好些奇巧妙技，大都用在神庙里。希洛甚至制造以一种按照噴射反作用原理动作的雛型蒸汽发动机。較合实用的发展是抽机的发展。在这方面，金属工人的熟練技术产生了双作式压強抽机，可以媲美本世紀以前一切制品，并且便宜到就是遙远的不列顛也可以用。另一气力装置是用水推动的风琴，用鍵来操縱音栓，就象今日的风琴和鋼琴那样。

希腊化时代的机械知識和各項成就本身，原已很够产生一些导致工业革命的主要机械——复动式紡織机和蒸汽发动机——但它們未到这个地步就停下了。誠然，那时希腊人缺少工业革命时代的主要物料——廉价的生鉄——但他們拥有制鉄的一切手段，而机动风箱也完全在他們的能力范围之內。决定性的原因却在缺少动机。能消納大規模制造出来的商品的市場尙不存在。富人有力购用手工制品，穷人和奴隶除了日用万不可缺少的东西以外，一概买不起。*

科学的化学的黎明

希腊人的以数学和力学为特征的科学，加上他們不愿干任何会弄脏人手的事情，这样就阻碍他們在化学方面有重大进步了。不过炼丹术的开始和蒸餾这一关鍵性化学方法，却或許追溯到亚历山大时代初期。炼丹术和伴随着的科学的化学是否起源于亚历山大城，仍是一个未决的問題。最早的可靠著作，如班諾坡利（Panopolis）的左思馬斯（Zosymus）和女犹太馬利（Mary the Jewess）的作品，迟到公元四世紀和五世紀才出現。他們的任何理論可能受到中国炼丹术（167 頁）的影响。全部現代化学

所据为基础的希腊化化学在技术上所以有种种成就，是由于改进了蒸餾甑(ambix)上(166 頁)需要的吹玻璃术以及制备純淨物料的方法。

自然历史

在物理科学范围以外，除了医生，其他希腊化科学家的各种成就，不需多談。亚理斯多德对于全面研究宇宙一切事象所給予的推动，持續不过一代。在研究动物和植物方面，只有不多的几項重要进步，不过有关实践农业的书籍却开始問世了。

希臘化的医学：格林（Galen）

希腊化时代和罗馬时代的社会条件却有利于医学传統續延下去，甚至有利于有限的进展。这比在天文学方面还有过之。統治者和富有的公民离不了医生。实在地，他們过的日益不健康的生活，就使他們越来越要依靠医生。博学院很鼓励过解剖学的研究。

加尔西頓（Chalcedon）的赫洛菲拉斯（Herophilus）（盛行于公元前 300 年）是一位以观察和实驗为依据的伟大解剖学家和生理学家。在了解神經作用，在了解脉搏的临症应用，在辨别感覚神經和运动神經的功能方面，他都是第一人。厄刺息斯特刺塔（Erasistratus）（公元前 280 年）更进一步，而注意到人脑的重要意义。虽則亚历山大时代早期最精到的著作中，大部分已无原本可寻，但其中精华却凭传統传下去，而編入經典时代最后一位名医格林的浩繁的著作中（公元 130—200 年）。他生于小亚西亚的帕加曼（Pergamum），在此和亚历山大城专門訓練后，最后在罗馬行医，获利頗丰。他又轉而成为阿拉伯和中古时代的医学以及解剖知識的源泉，并且在他的专門范围內所获得的尊敬和威信，其伟大比得上亚理斯多德。其后各医的医师，深感他的学識广博，实驗嫻熟，就輕易不敢拿自己的观察来和他对抗。格林体系实是巧妙地混和了三魂学說等（105 頁）較旧哲学观念，以及一些敏銳却往往虛妄的解剖观察，大都因为他仅限于解剖动物之故。格林派生理学講到精神和血液在动脉管和神經里涨落，說心是热的来源，肺是冷却扇，这一套至今仍存活在通俗語言中。有一千年以上，它是对于人体小世界——小宇宙——的信仰基础，正象亚理斯多德的宇宙学是关于天空大世界的基础。直到文艺复兴时代，蒐获了可以比得上的大量观察，又配合了較好得多的机械观哲学以后，才能废弃格林的种种見解。首次英譯全部格林著作只是近来才第一次出版格林著作全文的英譯，足見当时格林学說怎样彻底遭到废弃。[2.21a]

4.8　罗馬和經典科学的衰落

当公元前二世紀中叶，那些希腊化帝国处在无政府状态中，并在罗馬的更壮盛的威力的重压下，就崩潰下去。罗馬能建立权力統轄地中海世界，并沒有什么神秘。无論哪一座土著城市，办到能建立自己在意大利称雄的話，就会占有远远超过希腊或腓尼基各城市国家以及在亚洲的希腊化各帝国的优势。这是因为所有这些国家，几世紀以来，都遭受过极尽糟踏的剝削，以致在政治和經济双方，都削弱了。当公元前三世紀，意大利仍是一个农业国，气候好，木材多，正在扩展初盛之时，又有逐漸成长的健康人口。这样的緩慢初期发育，却使罗馬比起較旧各文明的城市来，要接近于部族組織型社会得多。罗馬共和国可以依靠人民支持来作战，而其他者就絕办不到。罗馬人屡次采用較进步的敌人的技术来武装自己；可以在战爭中被打敗，但不能被征服。罗馬的唯一严重劲敌是以商业为本的迦太基共和国。它在財富方面比得上罗馬，但在人力方面就不及。

就內部来講，罗馬也經历过和破坏希腊城市时基本相同的阶級斗爭，但还要更露骨些，表現为貴族和平民爭夺国家政权。在公元前一世紀里，斗爭到了极点，而成为殘酷的內战，这就替武力独裁政治，后来又替帝国，舖下道路。帝国掠取所得，实在就成了一个手段，即富人可以拿出从各省掠夺的脏物中一小部分，来收买穷人。另一政策是拓展罗馬公民身份，首先給意大利人，然后給其他各省人，这样一变原来的城市国家而为領土国家，由奴隶主和富商来統治。东地中海和西地中海各国的土地，一片一片落到罗馬人手里，同时他們又开辟了高卢（Gaul）、不列顛、西日耳曼和奥地利等未开化的腹地。結果是組成一个伟大的新帝国，据有地中海全部区域，但和新解放的波斯分領各希腊化王国。

能胶合这大帝国的就是它仗以取得天下的軍队，借以防御野蛮种族的也是軍队，不过在奥古斯都（Augustus）时代以后，武功逐漸衰頹了。皇帝作为总司令，通常設法收到足够的稅款，来防止士兵叛变和另立新君。罗馬帝国，从实际效果講是若干自治城市合成的一个松弛的联盟，靠內部的罗馬治下的和平，来从相互貿易取利。乡間最肥沃的田地是由富人庄宅的奴羣来耕种。較差的地区——各村或乡(pagi)——留給土著——村民（pagans)——大部仍遵守他們本族的习俗(后来成为中古时代的貧农，并且因为他們名叫 pagi 就把乡村地方叫作(pays)，或留給新落戶的居留民（coloni)和已被释放的奴隶，而它們慢慢变成田奴——庄奴（villani, villeins 或 villains)。

比起亚历山大的武力征服对文化所起的影响来，罗馬帝国的扩展所起的作用就

不大相同。当罗馬人上台时，希腊文明的冲击已經过去，在科学和艺术上，其势业已衰微。在另一种意义上，罗馬人接触希腊文明太迟了：他們自己的經济制度，以富有的貴族和他們所保护的平民为基础，太过于根深蒂固，不能有效地利用利学。此外，当帝国在建立中，唯一算得了数的罗馬人只是罗馬的上层阶級。他們虽采用了希腊文明的装飾品，却看不起希腊文明。他們以及西方的新地方人士們，对希腊文明，都沒有加上什么生色的东西。他們充其量只能摭拾希腊哲学里某些一般观念，拿来支持他們自己的阶級統治的形式。公元前二世紀里，乡間一个死硬派老伽图（Cato）毫无顾忌地憎厌希腊科学。照他說，希腊医生是来毒害罗馬人的，哲学家是来敗坏人心的。較晚一世紀，一位飞黄騰达的律师西塞祿（Cicero）所持見解开明得多。他認为柏拉图和亚理斯多德的哲学有很多值得称贊的地方，这种哲学認为最高貴的人应該統治，但他对于他的同国人琉克理細亚正在輸入的伊壁鳩魯主义，却怀疑它会动搖人民对上帝的信仰，因而动搖对已成秩序的信仰。不过，特别在帝国时代，时尙的哲学却是斯多葛主义（Stoicism）。斯多葛主义虽然以抵抗哲学开始，頗象早期的存在主义，但它为德行本身而重視德行，就使罗馬大臣們，甚至偶尔皇帝象馬卡斯·奥理略（Marcus Aurelius）在內，都有自我牺牲的精神，为了公益而不想酬报，最著名的罗馬斯多葛派辛尼加（Seneca）是擅长艺术的皇帝尼祿（Nero）的师傅，他对聚歛鉅財，認为毫不足怪；无疑地，他当这是神的信託。

約当最初几个罗馬皇帝在位时，科学出現了一落千丈的局面，这照例总是归咎于罗馬人重实用的精神。但比这可能性大得多的是，原因还要更深刻：原因在于权力日益累积在少数富人（不論他們在亚历山大城也好或在罗馬也好，都无多关系）的手中，再加上奴隶和从較近世的类比看可以称为"貧賤白种人"的整个羣众的普遍兽性化，末流所至，就酿成了經典时代社会的一般危机。这些人的穷困，就压低商品的需要，而商人和手艺人的处境就更低落。在这样的气氛里，对科学不会有激发力；而其中仍然存在的一点科学凭慣性而勉強拖下去，但很快就失去它探索自然和創作新事物的基本性質。

公用事業和貿易

然而在几个世紀里，当現存知識的应用却能范围更广，規模更大，为以前不論何时所未有。不只是庞大的公用事业如道路、港埠、引水路桥、浴池和剧場可以兴办，而无限制的貿易也可以繁荣，帝国各处的产物也可以自由交换。这样就使例如陶器之类的商品，走上簡直是工厂生产标准化物品的方式。然而，由于奴隶劳动力繁多，市

場又仍限于富有阶級，制造业主就沒有走前一步采用机器的动机。而开展工业革命的条件从未出現过。

建　筑

罗馬工艺学的两項特殊貢献是在建筑和农业两方面。要筑引水路桥、圓剧場和大殿堂，就必先发展拱和拱頂。而这两者都需要大量使用焙砖和石灰同火山灰調制的一种混凝土才可能。罗馬建筑尽管气象宏伟，却远不及中古时代哥德式有殫精竭虑搜求拱和拱頂种种可能的那种意味。只是在最后阶段，而且是在君士坦丁堡(Constantinople)，才从波斯型演变为眞正巧妙的輕便悬拱支撑式的穹窿建筑。

農　業

农业很难成为一种科学，非等到在生物学上所知道的比古代人所可能知道的多許多才行。即使在今天，农业实在尙难成为一种科学。罗馬人关于农业的著作，其中最著名的是詩人味吉尔（Virgil）的"田家頌"(Georgics)，必然只限于貧农实践經驗的記录，加上以奴隶劳动力为基础的产业管理的殘酷往事的追忆。尽管如此，这些著作仍不失为富有兴趣，因其表明今日大部分技术当时已經熟知而且实行了，特别在果蔬园艺方面。在另一方面，因缺少适当的駕馬用的輓具和犂，就限制了可耕种的土地种类。

行政和法律

見于每部史书里的罗馬人对文明的伟大积极貢献，是他們所創立的法律制度。本来罗馬法絕不是要在人和人之間求得公平对待的科学企图，而是老实不客气地意在照顧那些侥倖发财的人，保护他們的财产。如韦科（Vico）第一个所見到的那样，罗馬法含有三层重迭起来的文化史的殘迹。第一，是旧的部落风俗，它是在牲畜(pecunia）动产的垄断化影响下，从它的母权制阶段演变到最严格的父权制阶段。这是著名的罗馬家族制，其中男家长霸道地管制他的妻、子女和奴隶(famuli)。其次是城市和商人法的烙印。这是罗馬共和国特重現款和偿債长期的經济斗爭和政治斗爭的結果。最后是来自承認君主特权的皇室政治的效应。当六世紀儒士丁尼(Justini)統治下的帝国的最末时期，在其最后制成法典的形式中，表現出严厉的斯多葛主义哲学的影响。这种哲学，象孔教在中国那样，成了罗馬官吏的第二天性。从罗馬法可以学到不少的社会史，但它貢献給科学的仅是普徧自然定律这一概念而已。罗馬法律基本

上不适用于封建时代的全然不同的經济制度，但在文艺复兴时代就带着帝国的伟大性的气氛而复活，成为資本主义的基本法典（565 頁）。

衰微和复亡

在帝国的晚期，从哈德廉（Hadrian）的时候（公元 117—138 年）起全部經济开始崩潰。軍队一向是掠奴刼財以致富的大源泉，到此就成为日益加重而必不可少的負担。这是由于当时不再攻取新土地，而帝国自身的防御又日益困难。屡次企图改革，反而終于把事情弄得更坏。貨币經济因通貨膨胀而基本动搖，让位于物物交换，大部以当地产銷的貨物为基础。富人为逃脫而隐匿的别业（villas），成为当地生产的中心，逐漸代替了原先作为經济中心的旧城市，而交易就越来越限于奢侈品。这些只是古代世界阶級社会固有疾病的最后病象。除了全面崩潰，剝削是无法废除的。

經济的和知識的衰微

若不能更往前推的話，在公元前三世紀，古典文明已經实在是在刼难逃了。科学的悲剧是，已經获得的大部分都丧失了，而还要經历悠长的岁月才死去。凡是知識，只要不是正在被用着去获取更多知識的，就連存留都不能存留——只有衰退和消失了事。最初，因为很少人需要讀或想要讀，典籍就在架上霉烂。不久竟至无人能懂，书就未經閱讀而腐朽，到末了，象传說中的亚历山大城大图书館所遭的命运，殘存的书竟被用来烧公共浴池，或以无数莫明其妙的方式失踪了。

神秘主义和有組織的宗教

自然科学虽是凋萎，但思想并未随同停頓。思想只是再一次轉向神秘主义和宗教。虽然情感上促使人走向神秘主义的力量，乃是一种要想逃脫这个万恶世界的愿望，这个促动力却有一个精微的哲学上的知識基础，这基础导源于民主城市政府衰朽时的柏拉图。后来的一些学派，特别是斯多葛派和新柏拉图派，发展了柏拉图唯心主义的神秘一面，而捨弃了数学一面，只留些希伯来神秘哲学性的数目学，里面充滿了幻方和神秘数目。从一世紀以来，哲学性的神秘主义融合了各种救世宗教的神秘主义，其中要算基督教为最成功。它們所共有的致知的特点是信賴灵感和啓示，作为比感覚或甚至比理性更高的眞理泉源：正如忒滔廉（Tertullian）所表达的，“我相信，正因为它荒謬”。

这些宗教的兴起，本身就是一种病象，表出一个奴隶，甚至公民，面对一种折磨他

而看来逃避不了的制度，所处的絕望情形（151 頁）。他可以选择：或者肆意对于这个制度加以几乎革命式的痛斥，象“启示录”里所載的，并鼓动人抗拒正式公开的礼拜；或者隐退到沙漠里去，好避免被世上罪恶所沾污。对于信教者来說，可憎恶的不仅是偶象崇拜，还有伴同可恨的上层阶級政权的一切；奢侈生活、艺术、哲学、科学都是通到地獄的道上的指路牌。奥古斯丁（Augustine）和安布洛斯（Ambrose）从著作邪恶的学問轉到著作神圣的胡說，其为运动中的一部分，正不下于由僧人率領向希腊最后数学家之一海佩夏（Hypatia）投擲石子的暴徒。只有当旧的古典世界尽被破毁，如在西方那样，或被馴服，如在东方那样，教会才会容許有限一点的世俗科学，而且还是很緩漸地，并很勉強地。这是如何发生的，要在下一章叙述，它将追溯源出于古典世界衰微，新文明怎样兴起。这里也有对基督教的說明。基督教虽然是从古典文明之中起来的，却又正是羣众反对古典文明所代表的一切的产物，正当講来，应属于往下一个社会阶段。尽管基督教反对古典文化，但如把古典文化的衰微和沒落都归咎于基督教，那是荒唐的。它是病象而不好算病因。古典时代后期的神秘主义、不合理現象、混乱状况和衰朽情形，都是財閥专权的奴隶制国家里社会和經济崩潰的后果。在亚理斯多德的意义上說，它是腐化已深；按中国成語說，它是天命已尽。在君士坦丁堡的名义上的罗馬皇帝統治，虽然还要再延續一千年，但是这个帝国属于一个新时代。

野蛮民族

在这个帝国中較早开化的和希腊化的东部各处，古典文明瓦解的最終局面，就不同于比較晚近才征服的西部。西部的城市生活是国外輸入的，而乡間大都仍奉异教。东部吸收了境內的野蛮民族。城市生活从未停頓，几乎沒有中断就过渡到回教国王和（希腊色彩远多于罗馬色彩的）拜占廷皇帝的統治。这些国家的新結构和旧的不同，不过貿易、文化和学术都保存着，并暫时輝煌地复活起来。

在西部发生类似于經济总崩潰的局面，使野蛮的侵入者有机可乘。这次經济瓦解，野蛮民族本身并不負責任。实在說来，他們絕沒有侵略罗馬帝国，首先他們是被引入当佣兵、奴隶或田奴，大部是因为在罗馬地主和收税官扼杀性的剝削之下，劳动力早已缺乏，所以需要补充。此外在北部和西部森林茂密地区，罗馬技术在食物生产的实用方面，还沒有大发展。看来无可怀疑，野蛮民族本身，比起他們所排挤掉的罗馬人，拥有更好的农业技术，至少，他們能够耕种罗馬人所弃置的西欧肥沃的黏重土。举例說，在不列顛，罗馬产业只及得异教撒克逊人所占据而耕种有效的地面的若干分之一。*

組織和技術的喪失

在野蛮民族侵入西欧时，丧失了的都是依靠大規模物質組織的文化产物。桥樑、道路、引水路桥、灌溉渠全部毁坏，并大多消灭。同命运的还有那些从几处中央制造厂出来的标准化貨品如陶器等的分布。碩果仅存并能繁盛的只賸了一些能生产精致金属飾品和軍器等可携带物件的細巧工艺。随着城市里富人中的文化分子和食客的消逝，哲学传統几乎不存留，科学也差不多沒有了。晚期的經典学者借教会为避难所，如都尔（Tours）的格列高里（Gregory）或諾拉（Nola）的泡来那（Paulinus）；或成为野蛮种族君主的官吏，如波伊提阿斯；或退休到他們的家园，如奥索尼阿斯（Ausonius）（約公元 310 到 395 年）。虽是这样，留下在欧洲的古典文化还足够使它得以再生，并清洗掉它在帝国时代中的多数限制。在威尼斯（Venice）、撒列諾（Salerno）和远隔的爱尔兰（Ireland），都是以后要成为流布一种新的有創造性的中古文化的发源地，并在十二世紀，重新汇合那股經过东方回教国家的主流。[3.1a;3.30–32]

4.9 古典世界的遺产

本书关涉到科学对历史的影响，特别关涉到古典世界的自然科学对于当时以及后継各时代的生活的影响。本章当用来多少指出一些：在希腊城市生活里，科学意味着什么，达成些什么。我們容易被希腊智慧和艺术所发出的光輝所炫迷，以致难于体会：他們的知識和才能对于生活外表的影响，远胜于其对生活上实际的和物質的現实的影响。希腊城市、神庙、造象和瓶飾的优美，以及希腊邏輯、数学和哲学的精微，使我們茫然不見眞相。其实，当罗馬帝国复亡时，文明各国大多数人民的生活方式，很多仍是在早二千年前青銅器时代文明崩潰时的样子。农业、食品、衣着、房屋并未显著地改良。除了灌溉和筑路方面的些微改进，以及紀念建筑物和城市計划上的一些新风格外，希腊科学几乎未見应用。这是不足为奇的；因为，第一，生活优裕的公民并非为了他們所輕視的应用的目的而发展科学；第二，即使具有世界上最好的心腸，他們所已获得的科学还是太狹隘，太偏重表性，无多实用。希腊数学，誠然优美完整，却因既缺少实驗物理学，又缺少准确的力学，故簡直沒有几种实际用途。宏大的希腊天文学的首要成果，除一些占星預言外，只有一套良好历法和若干无足輕重的地图而已。因缺少船只，或缺少鼓励，去駛行于无軌可循的海洋上，所以几乎沒有应用天文学的广大培育园地，即駕駛員艺术。

其他几种自然科学，充其量，不过是一些散漫的彙录，如普利尼（Pliny）的巨著“自

然历史”[8.52]，收的是鉄匠、廚司、农民、漁民和医师的一些平凡的述說。凡是有科学参入的地方，它就不得不加上一些以元素或流質为依据的素朴的或神秘的理論，这些理論混淆了并歪曲了人类对自然界的認識。希腊人的社会科学的效果較为直接些。不过正因为它們关联到城市国家的情况，所以情况有变，就不适用了（565 頁）。和科学作对比，技术更能持久得多，損失也較少。技术除了依靠規模大小的，如筑路和造引水路桥面外，确实在本質上无所改变而得以传下去，不过，至少在西方，在表現上却貶質了，簡化了。

古典文化所有全部可能性，不能从它所由产生的文明体制上来实現。这些可能无处不受到占有奴隶的財閥政治中社会和經济限制的阻碍，这种限制，如我們所已經看出的，是这种政治所固有的。希腊科学的眞正貢献有待于将来，但也只限于古典文化的萌芽因素能得到保存和传授时，才属可能。所幸古典文明虽无力自救，却有足够声光，能保証至少有些成就永不被遺忘，而在后来还要成为新生的根基。

发生在希腊和罗馬強权时代的，是从大西洋直散布到兴都庫什（Hindu Kush）山脉的一大片文明。这些大帝国的势力和文化所到之处所产生的声光比它們的政治統治耐久得多。这种声光縱然在它的原有激盪力耗尽以后，凭着它仍然把希腊化的各种思想、方法、风格和技术散布到更广大得多的区域去。在东方，中亚細亚、中国和印度都感到希腊影响融混了当地旧文化的影响。在西方，凭借已經消失的学术所留下的声光馴服了欧洲的野蛮民族。

实在說来，从古典时代救出的最重要的遺产也許是自然科学观念本身。传說表明，有一个坚持不渝的信仰，以为古代文明人。經过深入研究，已获得对自然界的知識，使他們能控制自然。受教于亚理斯多德，亚历山大有一艘潛水艇，并能駕鷹力車飞翔天空。在古典文化的实在要素里，科学，特别是天文学和数学，事实証明最为垂久。因为，即使只是为了占星学上的預測，就需要这两門科学来繪制行星图，它們就必須流传下去，并見于实用。其他科学不少保存在书籍里，不时由阿拉伯人和文艺复兴时代的人文主义者再为发見。我們将永不会曉得究有多少东西已損失而不可挽救，但肯定地有够多的东西免于浩刼来引导并鼓舞后来的思想和实践近五百年来再发見的和仿傚的东西如此地多，以致我們已經有效地把古典世界合併到現代文明里，而无論哪一方面都比不上在工艺学和科学方面做得那样有意識和有成效。

表一　技术的发展和科学的起源（第二、三、四章）

	基本食物生产和运輸	工具和物資	配备和过程	社会組織	知識成就和文化成就
旧石器时代（第二章）	采集食物和打獵	石制用具	火	小型社团	語言
		手工具和武器	煮法		有关动物和植物的传說
			烤法		
	有組織地猎取大动物	有柄工具：錘、斧和矛	制过的革	图騰氏族	礼仪跳舞、唱歌和音乐
	刳木艇	弓和甩石带	被服、袋和桶	狩猎仪式	神話
	捕魚、設陷阱	弓鉆	皮条和絞綫	丧葬仪式	自然主义的繪画和雕刻
	采取谷类和植物根		网罟和繩索	巫术士	医葯和外科术
			筐籃		
新石器时代（第三章，1节）	農業	磨制石工具：斧、鋤	陶器	農村	农用历法
	移动鋤的耕种法	手磨	紡		
	家畜充食料、兽毛、馱載和拖曳等用	粗木工	織	丰产仪式	
			芦葦和泥土棚舍、木屋	雨师和谷王	几何图案
	食物貯藏		烘制和釀制	社会等差之始見	象征主义
	犂	天然金和銅制的飾物		仪式集会的物品交换	創世神話
	永久性耕地				

青銅器时代（第三章，2—8节）	灌溉	金屬	砖石房屋	城市	表意符号
	提水設置			階級社会	記賬
	运河和堤堰	开矿和鎔炼		神和庙	数目
	帆船	銅和青銅浇鑄术	楼房	僧侶君主	書寫
			有榫傢俱	手艺工人、商人、法律、財产和債务	度量衡
	有輪車	青銅具、鋸、凿	椅、床、桌		算术和几何学
		武器和甲胄	啤酒和葡萄酒	城市国家和战爭	太阳曆
	道路	鉚合、焊接、金属容器		帝国和奴隶制	天文学
	馬拉战車		上釉陶器	野蛮民族的侵入	职业医学
早期鉄器时代（第四章，1—3节）	增进了的伐林和犂耕	鉄	玻璃	貿易城市	字母
		改善的和較廉的工具和武器		政治	文学
	水車和泵		葯物和染料的改进制备		
	齿輪和滑輪	弩炮和其他作战机器		共和政府	
	改进的航海船			財閥政治的兴起	鑄制的錢币
				社会斗爭	哲学
				強烈化的战爭	唯理科学的産生
	↓	↘ ↓	↓	↓	↓
	生物学	物理学和力学	化　学	社会科学	天文学、数学和医学

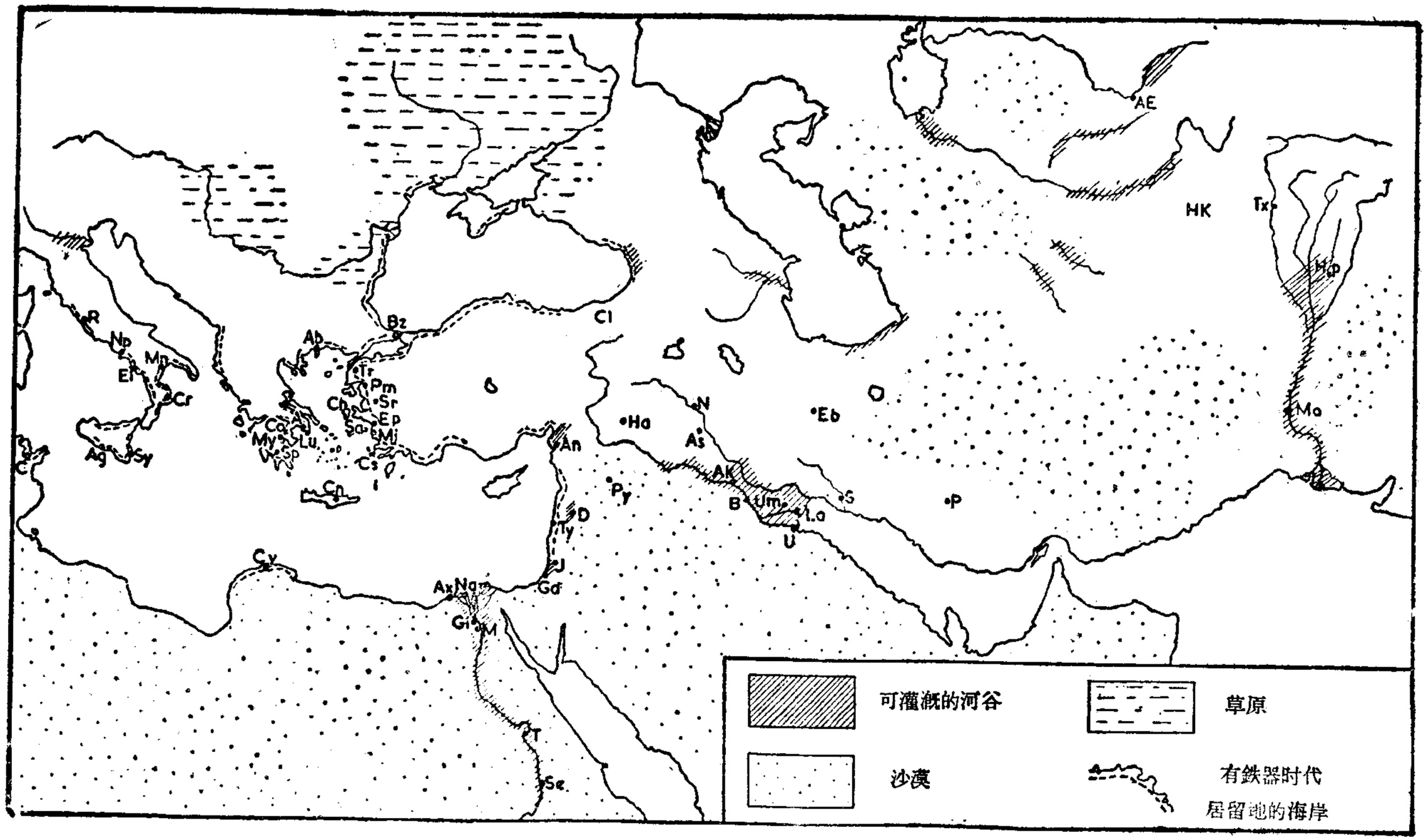
本表指出从最初人类社会到大約公元前六百年古典时代开始时，中間的主要技术发展。列举的年代只指出旧石器、新石器、青銅器和鉄器时代的特征文化在主要发源中心处的开端。在别处，它們出現得迟得多，在每一时代里，排列并不按时序，而只是各該文化阶段里最显著的方面的一张清单。

表二　古典时代的技术和科学(第四章)

	技术发展	政治和社会事件	哲学和科学	
公元前 —600		霸主时代	巴比伦和埃及学术的影响	
	东方技术的获得		退利斯和自然哲学家	
			唯物主义的宇宙論	
		波斯征服爱奥尼亚	赫拉克利图斯:变易哲学	畢塔哥拉斯: 数和形式物质定律
(第四章,5节) —500		从波斯人手中解放出来的希腊	亚拿薩哥拉:天非神圣說	
	开矿和金属工作			
	造船	雅典的伯里克理斯		菲罗劳:球状大地說
	建筑和雕刻	柏罗坡尼塞斯 (Peloponnesus) 战爭	恩伯多克利:四元素	巴門尼底斯:变化是虛妄說
		雅典民主政治	希波革拉第:唯理医学	德漢克利图:原子論
—400				
			苏格拉底:辯証法	
	按网系計画的城市建筑	雅典方面的失敗和反应	柏拉图:唯心主义	
(第四章,6节)		馬其頓的胜利	攸多克薩斯:天球系	亚理斯多德:理性和邏輯,敍述生物学
		亚历山大征服諸国		
—300			亚历山大城博学院	提奥夫剌斯塔:矿物学
	关于波斯和印度的地理知識	在埃及、波斯、印度、和中亚細亚的希腊化影响	欧几里德整理过的几何学	伊壁鳩魯:原子哲学
			斯特雷托:实驗物理学	
(第四章,7节)	給水工程和軍事工程的大发展	迦太基战爭	厄剌息斯特剌塔: 人体解剖学	亚利斯他克: 旋轉的地球說
—200			阿坡罗尼阿斯: 圓錐曲綫	阿基米得:力学、流体靜力学
	机械玩具	罗馬控制希腊世界		
	奴隶制度的大扩展		提息比阿斯: 力学和气体力学	埃拉托色尼: 地图和地球大小
				喜帕卡斯:观察天文学,岁差

—100		罗馬內战	西塞祿：为罗馬人的希腊哲学	琉克理細亚：原子唯物論、无宗教的科学
		高卢(Gaul)的征服		
		凱撒(Cæsar)改曆法		
0	以园拱和穹頂为依据的罗馬建筑的传布	第一期罗馬皇帝奧古斯都		斯特雷坡(Strabo)：地理学
			普利尼：百科全书	希洛：力学，蒸汽发动机
		犹太族反叛	帶奧斯科立第 (Dioscorides)：敍述性的植物学	維特魯維阿 (Vitruvius)：建筑学
		基督教的传播		
公元 100			格林編訂的医学和生理学	托勒密："大集成"(Almagest)、敍述性的天文学
		哲学家皇帝，馬卡斯·奧理略		
	水磨			帕坡 (Pappos)：面积和体积的計算
(第四章，8节) 200	城市經济和商业的衰微	危机和野蛮民族进犯		帶奧蕃塔斯：数值方程
		戴克里先 (Diocletian)試图稳定帝国		
300		君士坦丁 (Constantine)定基督教为国教	左思馬斯：鍊金术兴起、蒸餾法	
		阿里烏斯 (Arius) 教被譴責		
400		西罗馬帝国崩潰		海佩夏被謀杀
		高德人 (Goths) 大掠罗馬		
		奧古斯丁"上帝的城"		最后希腊数学家蒲罗克魯
—500		景教(Nestorius)异端		

本表包罗了一千一百年中唯理科学的发展，以希腊的为主，举出它对現代的历史和技术間的关系。这一时代再分作若干世紀。在篇幅够的时候，个别貢献归列在它們出現的世紀里。再細的时間分段并不关宏旨。时代尺度是均匀的，雅典时代和希腊化时代里列名挤挤，就显出这两个时期里科学的大活跃，而罗馬时代就比較荒歉了。


AE
HK
Tx
Hp
Cl
Bz
Ap
R
Np
Mn
Er
Cr
Ag
Sy
C
Tr
Pm
Sr
Ep
Mj
Ch
Sa
Ca
Lu
My
Sp
Cs
Cn
An
Ha
N
As
Eb
Mo
Ak
B
Um
La
U
S
P
Py
D
Ly
J
Gd
Cy
Ax
Na
Gi
M
T
Se
可灌溉的河谷
草原
沙漠
有鉄器时代
居留地的海岸

地圖一　　文明的开始

地图一說明 本图表出我們确能証明农业起源和城市初建的那些主要区域，但中国平原不在其列。除高山和沙漠外，本区大部分原是宏敞的草原，是畜牧文化可以形成之处；又有重要河流的冲积平原和三角洲，暗示出城市最初所在处；更有鉄器时代所开发的海岸区域。青銅器时代和鉄器时代的主要城市所在处也标誌出来。

Ab-阿布第剌(Abdera)
Ag-阿格立眞坦 (Agrigentum)
Ak-亚格德(Akkad)
Ax-亚历山大(Alexandria)
Ae-亚历山大·厄斯查他 (Alexandria Eschata)
An-安提阿(Antioch)
As-亚述(Assur)
A-雅典(Athens)
B-巴比伦(Babylon)
Bz-拜占廷(Byzantium)
C-迦太基(Carthage)
Cl-哈利貝(Chalybes)
Ch-开奥斯(Chios)
Cn-諾薩斯(Cnossus)
Co-科林斯(Corinth)
Cs-可斯(Cos)
Cr-克洛吞(Croton)
Cy-施勒尼(Cyrene)
D-达馬士革(Damascus)
Eb-厄格巴塔那(Ecbatana)
El-埃利亚(Elea)
Ep-伊弗苏(Ephesus)
Ga-加薩(Gaza)
Gi-基薩(Giza)
Hp-哈利帕(Harappa)
Ha-哈兰(Harran)
HK-兴都庫什(Hindu Kush)
J-耶路撒冷(Jerusalem)
La-拉加希(Lagash)
Lu-罗立溫(Laurion)
M-孟斐斯(Memphis)
Mn-麦塔逢坦(Metaponton)
Mi-米利都(Miletus)
Mo-莫汗珠-大魯(Mohenjo-daru)
My-邁錫尼(Mycenæ)
Np-那不勒斯(Naples)
Na-諾克剌替斯(Naucratis)
N-尼尼发(Nineva)
Py-帕尔邁剌(Palmyra)
Pm-帕加曼(Pergamum)
P-帕泄波黑(Persepoles)
R-罗馬(Rome)
Sa-薩摩斯(Samos)
Sr-撒狄(Sardes)
Sp-斯巴达(Sparta)
S-苏薩(Susa)
Sy-敍拉古(Syracuse)
Se-賽伊尼(Syene)
T-底比(Thebe)
Tr-特洛伊(Troy)
Tx-塔克息拉(Taxila)
Ty-太尔(Tyre)
Um-烏馬(Umma)
U-吾尔(Ur)

第 三 篇

信 仰 时 代 的 科 学

导　　言

本編包括的时間很长，起自五世紀古典希腊——罗馬文化的萎謝，到文艺复兴时代中基于新經济制度和新实驗科学的新文化肇始为止。虽是这样，从本书的目标来看，这长达十世紀的历史过程却具有动的統一性。我們在这整段时間里所看到的，是那些大部分从希腊化世界推进而来的全部技术和信仰的朽敗、传播、恢复以及內部轉变的开始。不只在欧洲如此，在亚洲也如此。在亚洲方面，除了在中国是一种还要古些的传統仍占优势而外，技术和科学也都是深深汲取这同一泉源。只有知晓了柏拉图和亚理斯多德的著作所摘要举出的希腊化的世界图象，現代科学的出現才成为可能的。貫彻本时期大部分，实在直到进入十五世紀为止，主要的知識任务就是恢复这个图象，并使它适应新的、本質上是封建式的經济制度，这經济制度則几乎到处都是伴同拥有奴隶的財閥政权的經济的崩潰而来。也有必要使这个世界图象适应教条式的宗教——基督教和回教——所提出的束縛了人的智力的要求。基督教是在旧世界崩潰后照常存活下去的，回教則本身大部分就是那次崩潰的产物。

这样做竟然可能而不必要有一个彻底新的世界图景，这就标指出：封建制度下的經济，在技术和經济上都比起它所取代的那种經济更片断、更幼稚，因此不甚需要一些彻底新的知識形态，而也就不能发展这种形态。封建經济制度所能做的，而且也眞做到了的，是引进一些新的生产技术，这些技术虽然規模小，却比古典时代的技术推行得广泛許多，和人民也接近得多。在第五篇里，我們将指出：正是这个后期中古生活特征和伴着它而来的一些經济变化，引起了十六世紀里的根本大轉变，这大轉变則同时創下了現代科学和資本主义。

为了解释現代科学的誕生，我們需要晓得它的一些来历：关于它走上了現代科学以前长久而又很隐晦的准备期內的情形，还有关于它从古典文明和古典期前文明，以及回教国家、波斯、印度和中国的諸文化所得到的助益的情形。尤其是需要晓得，它到底是怎样发生的。十六世紀时，意大利新科学的出現是由什么导致的呢？十七世紀中，科学花朵在英格兰、法兰西和荷兰开得如此茂盛，又是由于什么呢？在其他文化如印度和中国的文化中，看来它們好似在自己的历史上各个不同时期里，有了准备可以采取同样的有决定性的步驟，但它們是为了什么道理不曾采取这些步驟呢？这些問題，以及答复这些問題的企图，就成为本书这一部分的中心論題。在此将要把

那些协助現代科学兴起的諸因素估計一下。而且将要闡明，各种經济趋势是最重要的因素，这些趋势在中古时代后期，始終越来越有利于促起技术进步，特别是在节省劳力这个方面。經济結构从封建主义到資本主义的轉变，也是由这些趋势标誌着的。欧洲資本主义滋长时，在时間和地域上所走的实在就是科学发展时所走的途径。我們将指明，科学在早先几期怎样跟着新生資本主义的发展走，而又怎样逐漸影响到这个发展本身。在这整个时期內，决定了科学的一般性格的是当时存在着足以限制它的那些封建条件，而不是对于还沒有来到的那种不同的社会情况有所預期。

第三篇所包括的一些时期，其中有北欧和地中海地区封建經济制萌芽、滋长、开花和萎謝的各时期，以及亚洲方面的一些平行然而独立的发展，这些发展在当时是对世界文化的最伟大貢献。这些时期自然地分成很不均匀的两个部分。第一，在第五章里，先来的是公元 450—1150 約七百年間的过渡时期。此期在欧洲的特征是把殘余的古典技术和科学搶救下来；而在叙利亚、埃及、波斯、印度和中国的特征則是这些技术和科学，直接或間接地受希腊化文化的推动而継續发展。这次发展的全部結果，在本时期之末融合为回教文化，这文化在它的短的然而灿烂的花期中，同时成为既是科学新进展的传达者，也是它的鼓舞者。

包括在第六章里的从公元 1150 年——1440 年这第二期，只在欧洲分明自为一期。在科学范畴內，开始是希腊化科学的回教国翻版向壮盛的封建社会冲击，这就导出了中世紀經院哲学的灿烂然而未能持久的运动。此期另一标誌是，各种技术和科学事业的进展在越来越不稳定的封建制度下，形成了一种迟緩然而逐步加速的运动。这种进展，在它本身和經济后果方面都替更下一步的社会形式，即資本主义，舖好了进路，而犹如我們在第四編里所将要讀到，近代科学就是在資本主义中产生出来的。

第五章　在过渡到封建制度中的科学

5.1　罗馬帝国灭亡后文明的一些发展

在我們的传統教育里，太把注意力集中在罗馬帝国特别在西罗馬一段，以致我們容易以为从三世紀到九世紀文明普遍遭毁灭。其实，全部发生的事只是在古世界里最迟也最勉強开化的一些部分，不列顛、法兰西、来因兰（Rhineland）、西班牙和意大利，那种由富有而蓄奴的罗馬貴族和外省貴族这个阶級来施政的制度瓦解了，而逐漸代以基础广泛得多，但不相联絡的封建制度。伴同这个变化而来的历次蛮族侵犯是它的后果，而不是它的成因。

正当这时，在罗馬帝国的其余部分，大城市如亚历山大城、安提阿（Antioch）和君士坦丁堡都未遭破坏而倖存，并維持着有秩序的行政，只是越来越受限制。这超出罗馬帝国疆土以外，在亚历山大攻掠后而納入希腊化势力下的全部属地上，包括波斯、印度和中亚細亚，文明継續兴隆且发展，但沒有后期古典文化里經济、技术、艺术和科学上的那些硬性限制。一些大时代，如波斯的薩散（Sassan）帝国（公元226—637年），印度的笈多王朝（Gupta）（公元320—480年）和查魯基牙（Chalukyas）朝（公元550—750年），以及中亚細亚不甚聞名的貨勒自弥❶（Chorasmi）几个王国（公元400—600年），都迭盖着五世紀和九世紀間所謂黑暗时代那一段。那时开化得很不完全的西欧所发生的事情，为我們所晓得的太少，就好象整个地球上全是一片黑暗。此外更有中国在魏（公元386—549年）唐（公元618—906年）两代，都各享有一个时期的无比优势的經济和文化成就。[3.4]

所有这些国家的經济結构和政治結构，都未离开他們国土內所曾存在的初期青銅器时代文明范式，象那些希腊化和罗馬化国家的文化所曾离去的那样远。它們从未經过那些生于貨币經济和奴隶制度的猛烈的經济斗爭和政治斗爭，而貨币經济和奴隶制度是先曾构成古典文明，随又毁灭了它的。这些国家的文化，在其他方面，彼此很不同。波斯仍为旧部族貴胄所控制，瑣罗亚斯德（Zoroaster）的单純宗教［即祆教］，那时正被一个改革宗教的王朝恢复了元气。印度当六世紀时已經发展成为佛教

---

❶ 即花剌子模，五、六、七世紀相当于晋隋間，似应从唐书称貨勒自弥。——譯者

所无力阻拦的复杂的宗教的和种姓的制度。至于中国，却早已安然走着孔子所画出的道路，由地方上受过高深教育的上流人士来統治。不过中国文化仍保留原始氏族社会的許多特点，[2.22a] 可从崇祀祖先的祭礼上看出。*

这些文化虽各守其范型，但在这个时期相互接触得远比以前多，特别是通过貿易为媒介。广大市場虽限于奢侈品，但其結果却改进了一些制造技术，特别在紡織、制陶和制金属品方面。就在此时东方出現了牵引織布机、灌溉机器，也許还有机械学和駕駛术方面的关鍵发明中的許多种，这些发明是其后要在中古时代改变欧洲面目的。艺术在当日的确盛极一时，現在我們博物院里所藏的属于这个时代的一些珍物可以作証。希腊化艺术，虽然被远到印度和再远些的地方所踊跃接受，但其冷冰冰的理想型式很快被改造，并被給予了一种新的富于感覚性的生命。

关于在印度和中国之外的科学，我們几乎无知。但从科学后来在回教保护下而不一定在回教推动下那样迅速放出异采看来，就可以推定科学在波斯和中亚細亚也被同样大大地培植。在数学、天文学和医学方面，特别看得出有希腊影响；但移植到新媒介上去，希腊势力就能按一种新方式生长，为它在本国所不再能做到。所有諸般发展，到后来，統統对于促进一种共同的文化进步有所貢献；但是它們，按本身而論，并不象伴着它們的那些基本經济变化那样重要。

罗馬帝国的朽敗和灭亡标誌出全人类历史中的一个确定时期。在全盛时，罗馬曾是世界上最大的国家。它的文武机构和商业都到达了未来許多世紀里任何人羣社会里的极限幅度。在它的旧有土地上，代它而兴的那些国家中，从未能有一国維持得了这样的組織，經过这样长久，而且在这样广大疆域上。除它以外，唯一可以比拟的帝国是中国，而中国的国家組織性質比起古典时代的，就大不相同。当罗馬的財閥专政的和蓄奴的經济制度，由于已經討論过的那些原因而瓦解后，差不多在任何地方都留下一种新的、地方分权的經济和政治制度的种子。

罗馬崩潰的直接后果和更早二千年青銅器时代旧文明崩潰（79 頁）的直接后果，这二者之間有一些显著的相似处，但还有一些更大的差异处。在这两例里，生活都再从較低技术水平上萌发；但在較晚一例里，至少在欧洲，相关的經济衰落甚至还更大些。往下我們会曉得，被拯救的知識和文化却更多許多。在較早一例里，消失了的是依靠大規模操作的一切事情，交通、远程貿易和給水工程。至于代替罗馬帝国的东西，却完全不同于那一批标誌出鉄器时代开始的，經营商业而且終于成为民主制的城市国家。

过渡到封建制度

东罗馬帝国的城市虽継續存在，但新制度下的經济到处都是以田野为主要基础、其单位則是私人的田庄、别墅或貴族領地。在这些处所工作的是田奴，而不是当做物件財产的奴隶。他們永久依附于田地，有权为自己的繁重徭役而要求报酬。私人田庄的所有者，如大多数在东帝国所見，是以前城市財閥的后裔，又或如在日耳曼人或阿拉伯人所占据的土地上所見，是蛮族的氏族长。在东西两帝国，农村經济基本上都是封建的。在东部，产业主起初大多住在城市；在西部，由于交通較差，他們住在田庄中。

在最常見的例子中，农民（罗馬名称是 *coloni*）和田奴（印度名称是 *rayats*）仍然自有田地和农具，但被迫把部分产品和劳力交給地主，其方式为田租、捐税或封建式的当差。在西部，使用土地的标准回复到自給自足的經济（自然經济），但技术水平比鉄器时代較高。在东部，总有較多的剩余供販卖。向封建制度去的轉变，自然不是一下子全都发生的，而是要好几百年；而且在不同地方，进行得不一样快。封建制度还未充分发展，就先从中心腐烂开来。这制度并不限于旧希腊帝国或罗馬帝国境域以内。在欧洲和亚洲，当新土地墨出时，封建制度就作为主导的經济形态扩展开去。

5.2 信 仰 时 代

封建式的生产情形，把对于有实用的科学的需要縮減到最低程度。这要求以后就未再增加，直到中古时代后期，貿易和航海創下一些新需要的时候。知識方面的努力走上了另外几个方向，并且大部分服务于一个彻底新的文明特征——有組織的宗教信仰。

在公元前几个世紀里，产生了一些有組織的宗教信仰，作为政治和社会上一种占优势的力量。这个发展决不限于基督教。这是一种具有世界性的現象，在很不相同的地区中显出了許多相似的特点，而且标誌着它是靠一些共有的可能性，而从一种共同需要中兴起的。公元三世紀和七世紀間，达到有力有势的地位的有基督教、回教以及在中国和东南亚洲的佛教。約在公元前第七世紀中，印度的佛教和波斯的拜火教已作为宗教成立，但在这时代它們的教义才規定下来，他們的教士团才組織起来。形式最多和欠缺組織的宗教，即当时正在印度取代佛教的印度教，也是在这时代把自己重新奠定，并法定了它的經书。*

这好象是人类历史中第一次需要这样一些宗教，这些宗教都得以固定的信仰体系为根据，包括維持这些信仰的方法在內。可以表明这第二种情况的，是一切或几乎一切有組織的宗教或多或少都有的那几种特征。这些特征如下：分成等級的教士制度、固定的仪式以及作为考驗和团結之用的信条，信条中包括信仰經书里所具体表达的宇宙法則。此外还有些变种較多的附带特色，这就是修行者們的外部表征——修行者指的是：或者单干，如隐士、行者、瑜伽师，或者結成团体，如僧侶、喇嘛、或托鉢僧，以从事于絕慾、募化、传道或偶尔劳作的那些人。这里的某些实践比有組織的宗教要早得多，它們其实早已見于最原始的人羣中了，但随着城市生活的进步，它們也采取了新的面貌。隐士和僧侶代表了用出家方式去逃避城市腐化时期中把人压得不能喘气而又罪恶多端的城市；用入世俗方式来逃避的还有富人們之退居于他們的乡間别业，好规避帝国的收税員。[3.1a]

这些新的有組織的宗教的中心特色，是教会和它所确定而且坚持的教条的社会融貫性，而这融貫性則是表現在共同礼节以及共同哲学信仰之中。用穆罕默德的話来說，这些宗教都出自"有书籍的民族"的。这就指点出这些宗教中各有一个如果有限制也是人数較多的阶級，其成員都具有某种程度的文化。教会的典礼和仪礼被推广到所有的人們，这一事实同时表明了教士們是以取得普遍的或公同的認可为目的。这些新宗教一旦度过了它們在形成期的革命状态，它們就确实成为首要的、起稳定作用的組織。它們的目的时常是无意識地，但有时又是有意識地，要替社会秩序取得公認，也就是把它說成是一个不会变化的宇宙中的一个組成部分（568 頁）。同时，这些宗教引进了一些神、神話和对未来生命的幻象，以便造成人的种种狂热并使世界上不公平的現象得到在天国里的平反。

初期基督教

上面这些特征在初期基督教史中是特别明显的。因为現代科学除了短期是在回教之下长成而外，乃是在基督教体系里长成的，所以对于了解科学来說，求得关于基督教的历史知識是件无比重要的事。基督教从罗馬帝国平民的苦难和希望中生长出来（133 頁）。基督教最初出現于犹太人中間，这并非偶然；犹太人如果不是最受压迫的民族，它在被統治的諸民族中却实在最富于反叛性。耶稣本人由于被看作人們所期望的教世主，就被說成了一位革命者和遭遇到一位革命者的定运。初期的基督教社团，本身就是犹太人中持戒修道者（Essenes）的社团，或者是切近地取法于这种社团的。[3.36]这种教团乃是犹太人中一些关門的、經济上自給的共产主义集团，其中的犹

太人既拒絕原来革命的瑪喀比（Maccabee）一家所陷入的那种对金錢和外来习俗的妥协（88頁），又拒絕法利賽（Pharisee）人的教仪尊崇主义。*

初期基督教同犹太人的民主传統有关联，特别是同他們抗拒对于这个世界上种种权威的任何妥协有关联，这就保証了羣众对它的支持，而这种支持是因为受到官方迫害反而加強了的。基督教在它的最初二个世紀里，人民求助于它最为殷切，而正在这时，由富有的和具有文化的公民們看来，罗馬帝国好象最安全又最繁荣。也就是这时候，罗馬統治对平民和奴隶的压迫最严酷。他們覚得这个世界沒有希望，也沒有理由畏惧它在日后被天火燒光的結局。基督教能比犹太教传播得还要广得多，这是因为基督教摆脫了犹太教的部落性的特殊神宠論❶，而保留了它里面为羣众所傾心的一切。基督教更远远超过了象拜日教（Mithraism）那样的另一个神秘宗教，这个教也是在那个騷动的时期里非常盛行的。基督教提供了一种包罗一切的組織，尽管外貌温順，却是絕对坚定地不参到那暴虐的和罪恶多端的古典文明里去。它不可避免地成为一番政治运动，一开始就代表在若干大城市中被压迫的下层阶級的热望，以及若干东方民族在抵抗占优势的上层阶級的希腊化主义时所表現的民族反应。

尽管这样，基督教并未长久地把自己限于一些下层阶級中，当它越来越多地包含了有文化的新的归依者，古典世界的許多观念便鉆进了它的教义。有些观念比其他的一些更容易被同化；特别是柏拉图主义，而柏拉图主义的半基督教化的旁枝即新柏拉图主义为尤甚，这个主义，对于強調宗教中的"彼岸世界思想"，曾是非常有用的。有两个面貌存在于全部基督教史中直到今天：一是宗教中大众革命性的、启示录式的面貌、幻想着最后审判和上帝的王国在我們的时代中就会来到；一是受上层阶級拥护要多得多的、認为另有个彼岸世界存在着的精神态度。[2,42a]

今天还把古典文明在經济或文化上的崩潰归罪于基督教，是錯誤的；尽管在吉本（Gibbon）著书的时代，这样的看法情有可原。崩潰的理由，如前所指出，乃是內在的。在后此的黑暗时代和中古时代，教会担任了主要角色，它对于自己所要取而代之的文化的性質，确实起了广大的决定作用。教会只是晚期古典世界中唯一尙能度过西方帝国灭亡时的种种災难而存在下去的一統的制度。早在帝国完全灭亡以前，教会势力已經深入得远远超越了帝国的旧疆界，籠照着欧洲大部从爱尔兰到高加索（Caucasus）山脉，并广泛伸进亚洲。文化，甚至写讀，都限于教士們，其所达到的程度是从古埃及时代以来所未有过的。除了尽宗教上的各种职能而外，教会还扶养了教

❶ 犹太教把犹太人認为神的"选民"，特殊受到神宠。——校者

育、行政以及中古时代初期的法律和医学。

教会的組織

教会生存得久于帝国，这不是偶然的事；教会有較为坚固得多的政治和經济基础。教会开始时是一种实际革命的运动——它誠然是抱着为彼岸世界作打算的目的，但它仍公开地反抗政府的管理；因此教会为了自卫早就形成为一个既含有鼓动性，也含有經济性的严密組織。这个組織最初是通过它的长老們——即 presbuteroi［希腊語］，祭司們——和他們的助手——即 diaconoi［希腊語］，执事們，修道什长們——保持对个别基督教徒的私人接触，从而能指望以絕非帝国官吏所能希望使用的方式去获得个别基督徒的支持。后来到了二世紀，教会的人数增多，就需要較高組織来保証，好使教义的和个人的种种爭論不致将这組織分裂为不計其数的零碎部分。一个与国家相平行的組織被建立起来，常用同样名詞，如 ecclesia——eglise——教堂，basilica——皇宫，和 diocese ——主教管区。监理——即 episcopoi，主教——被委派，較后，其中最重要的成为耶路撒冷（Jerusalem）、罗馬、君士坦丁堡、亚历山大城和安提阿的大教長。过了若干世紀，罗馬的主教才爭取在这些大教长之中的最高的地位，而自命为神父、教皇、上帝的地面代理人、首席教长或"总造桥者"(Pontifex Maximus)——桥本只是跨过台伯（Tiber）河的一座桥，但現在却被說成了位于天和地之間的桥。[3.1a]

到了三世紀，基督会虽仍只包括帝国居民的少数，却是帝国中最有力、最广布和最有影响的政治組織。历次无情的迫害，都不能摧毁它。到了四世紀，事情才明白，唯一挽救帝国的办法是把教会接管过来，因此君士坦丁，远在他成为一个基督教徒以前，于公元 312 年采取了这样的最后一步。

異教的終結

一旦教会有了权，并且同时能賞能罰，于是至少城市里的异教徒們不久就被罗致过去。无論如何，他們很少抵抗。在那时，对奥林比亚（Olympia）諸神的礼拜并不十分重要，只有一种借以維持声望的价值。講到哲学，几乎每个学派都能在基督教本身里遇到。教会所依然不能容忍的，只是独立于基督教的默示而公然存在的任何哲学。然而教会并不常常直接压制哲学。数学家海佩夏的被暗杀，不是奉行政策，而是出家人由热情而生的失手行为。公元 529 年，信奉基督教的大皇帝儒士丁尼（Justini）之封閉雅典諸学校，才是古典科学末日的更加典型的事例。最后一批教授，被允許去到波斯皇帝科斯洛（Chosroes）在永狄沙白（Jundishapur）所建的新大学（155 頁）。

但他們覚得这里的环境太陌生，于是皇帝把他們遣返，并定了条約，使他們不受欺凌。

对于将来影响更大的一件事，約发生在同一时期，这便是現在称为約翰·菲罗坡諾（John Philoponos）（活动于公元 530 年）这位哲学家的轉信基督教。他的轉信是全心全意的；他投过去时，参加了亚历山大城的一种基督徒行动队，就是"菲罗坡諾派"或"好事者"，其主要工作是"斗爭异教教授，并不时地攻击埃及諸神的最后神庙"。他終于走得太远，成为一个超等三位一体說的信仰者，一个三神論的异端者。菲罗坡諾丟弃异教哲学时，甚至大胆否認亚理斯多德关于运动的理論，而創立"冲动"学說，这个学說在取得一些阿拉伯人和經院哲学者的支持后（182 頁），終于到了伽利略手中，而导出現代动力学（293 頁）。

5.3　教条和科学

基督教的胜利有力地意味着：在西方从四世紀起，直到回教在东方成立止，所有知識方面的活动，包括科学在內，都是无可避免地通过基督教教条表現出来，并且随着时代前进，这种活动日益限于教会人員們当中。在四世紀和七世紀之間，在日趋灭亡的罗馬帝国疆域內的思想史就是基督教思想史。

在基督教的早期岁月里，科学和一般学問都是被認为同那可憎恨的异教上层阶級相联系的，并且因此遭受猜疑。但这态度并未延續下去。一旦教会期望在文化上登峯造极，耶穌的那种平常人說話式的訓言便很难滿足教会了。象崇拜圣言的"約翰福音"所指出，那把 logos❶ 視为神秘的柏拉图主义已經在基督教的基础上发生了作用，并且柏拉图主义在圣保罗传道的話里确实也已經露了头，不过是在一个比較冲淡的形式之下。[2.42a]

正宗和異端

初期基督教的神父們，特别是柏拉图主义創造者、柏罗提那（Plotinus）的同学俄利振（Origen）（約 185—253 年），开始把古代哲学中一些比較稳妥的部分同基督教的教条結合起来。古代哲学有許多东西在其前本已不知不覚地进入了基督教的教条。不过这种任务是困难的，一部分是由于那作为旧約基础的是个十分不同的哲学（87 頁）。这就不可避免地引起爭論，在爭論中每方自称正統，而斥对方为异端。四世紀和五世紀里使东方基督教因而分裂的重大爭执和异端，即阿里烏斯（Arius）宗、奈斯託力烏斯（Nestorius）宗［即所謂景教］和上帝一性宗（Monophysites）的信

❶ Logos，希腊語，基督徒有时譯"言"，有时譯"道"。——校者

从者之間的爭論以及它們所代表的异端，它們大都是关于如何运用新柏拉图主义去解释灵魂的本性以及灵魂同肉体(肉体有会腐烂和不会腐烂两說)的关系。

这些爭执名义上由主教会議来解决，所以含有教会里的基本民主办法，但所作的决定通常是迁就了那能爭取到皇帝同意的一方。四世紀阿里烏斯涉及上帝性質的主张，就是在 325 年的奈西亚（Nicæa）会議上照这样被决定为异端。在这里，阿塔內細阿（Athanasius）強硬通过了他的不让步的三位一体論信条。然而，几乎須到二世紀后，儒士丁尼打敗了信奉阿里烏斯宗的高德人之时，这項胜利方始巩固。

五世紀时，圣奥古斯丁（St. Augustine）（354—430年）作到了信念和哲学間的妥协；他做出一种經文传統和柏拉图主义的合成物，其中带有浓厚的宿命色彩，这种色彩是来自他同摩尼教（Manicheism）有过关系的經驗（159 頁），而摩尼教从此以后还永远紧紧地追着基督教，特别是清教主义（Puritanism）。这里面包含着主要是瑣罗亚斯德的关于善和恶（奥馬兹德（Ormuzd）和亚利門（Ariman））在宇宙間相矛盾的观念，以及与它联系着的魔鬼和地獄火的观念。奥古斯丁所作的妥协，持續了不久；异端一个又一个地出現，到了中古时代，不得不把扑灭它們的工作全部再做过（178 頁），最后在宗教改革时期，这工作終于完全失敗。

神学所根据的各派哲学，虽必然惹起爭論，但都容易同化于一个相信有来世的宗教，至于从事于观察和实驗的各种科学則不如此。首先，这些科学显然非宗教"救世"所必需。其次，因为它們只依靠官能，就減低了神启的价值。克服这种对于科学的态度，要靠若干世紀的工作，并且只是在完全不同于腐化中罗馬帝国的一种經济和社会气氛中完成的。

在所有这些宗教性爭执中，自然科学当然遭到伤害。古典哲学，尤其是在它的后期本来就足够荒誕了。新約和旧約从来不是为了解释自然的。再則他們包含从古巴比倫以来所有各时代之神秘的和哲学的解释，因此本質上就自相矛盾。[2.42a] 企图把哲学和宗教經典合在一起，乃是一桩抹煞所有理智的工作，并且对于自然的任何明确認識也是最有害的。信仰和理智二者不能协調，除非或者把信仰当作寓言来处理，或者把理智歪曲得不成样子，这两种情况，每一种都是挫折了忠实思考的。

在当今这些日子里，歌頌宗教曾把古代科学保存到現代，成为一种时尙。然而正如将来要指出的那样，科学得以依然生存，乃是由于它在应付現实世界上能有所成功，而信仰却在这上头失敗了。无論如何，科学之所以仍然存在，并不是因为許多世紀以来有人努力使科学隶属于一些过时的和矛盾的信仰，而是因为虽然有人这样努力却不曾成功。我們将要看到一系列的事例，直到关于达尔文进化論的論爭(386 頁)

为止，一些明确答案只因为同"創世記"不能強合，就有好几十年之久不曾被接受。这样說，并非要用任何方式来責难教会或牧师們，这些人在当时已按照自己的見識，尽了自己的全力；这样說，却是要責难那些在今天应該認識得較清楚的人。如果在文艺复兴时代以前，科学在所有基督教国家里进展迟緩，这主要不是由于教会本身，而是由于若干經济条件，它們如此长久地維持教会充当了蒙昧主义者的角色。在封建环境下，进步不可能再快一些。

5.4　对希腊主义的反应

叙利亚和埃及的科学

継阿里烏斯异端之后，还有許多别的异端。其中数景教和上帝一性論为特别重要，这是因为它們对埃及和叙利亚的反希腊主义的全国性的运动，提供了一个决定性的动力，因为它們帮助科学散播到亚洲各地，也是因为它們替回教的胜利舖好道路。基督教一經成为罗馬帝国的正式宗教，那些潛伏着的全国性或地方性的独立运动就势必集中在若干异端的周围。至于当时那些异端是些什么，在今天看来就无关重要了。公元 428 年敍利亚僧人奈斯忒（Nestor）坚持馬利亚不应該被称为上帝的母亲，因为她只是耶穌的人性方面的母亲，而不是他的神性方面的母亲。伊費苏（Ephesus）会議（公元 431 年）判了他的罪，千百敍利亚牧師、僧侶和俗人却不惜面向迫害而支持他。在这样的行动中，他們藐視他們所痛恨的拜占庭（Byzantine）政府，并且宣揚他們所潛藏着的敍利亚爱国主义，来反抗希腊官員和上层阶級。帝国境内的迫害厉害得不容抗拒——許多景教徒越境到了波斯，而在波斯，薩散（Sassan）王朝的諸王正提倡着一种朝气蓬勃的文化。波斯虽然原以瑣罗亚斯德教（Zoroastrianism）为正教，但景教徒們因为具有医药和天文知識，所以受到优待，被安插在永狄沙白的王宫附近。在这里，他們造了一座著名的天文台。景教僧侶們深入到波斯的全部，吸收教徒，設立教堂，远到中国。

十六年后，亚历山大城的攸替岐（Eutyches）（378—454 年）意欲避免景教的异端，甚至于宣称基督的凡人性和神圣性是同一的。在皇帝的压力下，这个同一本性的——上帝一性論的——邪說，受到加尔西頓会議（公元 451 年）的責难和制止。事实上，埃及全体僧侶以及在叙利亚和小亚細亚的許多僧侶，都抗拒这个禁令。埃及和阿比西尼亚（即埃塞俄比亚）的基督徒至今仍是一性論者。

受到迫害的一性論者逃往波斯，和那里的景教徒爭吵起来。他們也抖掉他們脚

上的希腊主义的尘土，并且为了神学上的用途，建立了叙利亚本土語文的科学。这里面包含翻譯主要希腊哲学著作成叙利亚語的工作，从而开始了希腊科学最初在叙利亚独立发展的支派。[3.27] 这些发展都配合着叙利亚一个声势浩大的經济浪潮，此浪潮是把叙利亚商人們带到地中海全区，并远到不列顛以及亚洲若干大片地段，与希腊人竞爭而得到胜利的。

印度文化放異采

罗馬崩潰以后五百年之久，科学中心轉移到幼发拉的（Euphrates）河以东地区。五、六、七世紀是一个文化大进步时期，不只在波斯和叙利亚，在印度也如此。在声势強大的历屆查魯基牙和刺斯特拉庫他（Rastrakutas）王朝的保护下，衰老的佛教被复兴的印度教代替了。这复兴在今天还有厄利蕃他（Elephanta）和厄罗刺（Ellora）两处的庄严神庙可以証明。还有了对整个世界最为重要的科学新发展，特别在教学和天文学方面。这里常被人联带提到的人名当中有五世紀的两位亚雅巴塔（Aryabhatas）和維拉哈米希拉（Virahamihira），和七世紀的婆罗門笈多（Brahmagupta）。在这方面作为基础的，是希腊主义时代的科学，加上直接来自巴比倫[2.35] 以及或許也来自中国的科学。*

印度人用的數目：零号

約当此时，此处有了一桩决定性的新发展：就是完成了現代所謂阿拉伯数字的數目系統，其中使用了計位法和一个零号，这样就使計算变成任何儿童都能学会的。很值得注意的是在西方首次談这种計数制的，是叙利亚一性論派主教塞費拉斯·西波克（Severus Sebockt），时在 662 年。另一叙利亚人，以得撒（Edessa）的約伯（Job）（約 800 年），异想天开地把九个数碼等同于天使中九个品級（187 頁），然后講解零号所以取圓形的理由如下：[3.25]

> 計数动作乃按一种循环而完成。就是为了这个理由，古文明民族发明把拇指和食指屈成环状后的（中空）地位，作为这个（十）数的第一个符号。实在地，我們随身常用的数目滿十为止，以后回头再起，推进以至无穷。

希腊化文化中一些要素，包括科学和艺术，在这时期連同佛教延入中国和甚至日本。在那里它們和仍在演进中的中国旧文化相混合，至于这文化对工艺和科学主流有所貢献則是再迟若干时候的事（190 頁起）。

东罗馬帝国的文化

从全面看来，六世紀和七世紀并不能算是黑暗时代中最最黑暗的，而是一个全世界性的文明在生长着的时期。在这个文明里，希腊遺产在各处都产生新的美和新的思想。当时在君士坦丁堡还継續存在着几乎全部希腊化了的东帝国。就連在这方面，除有若干局限外，也有上述情形。在东帝国皇帝如儒士丁尼（約482—565年）等的統治下，艺术和技术有一次重大的复兴。圣索非亚（St Sophia）教堂的嵌鑲細工和建筑便是明証。希腊的哲学和科学传統虽都保存在东罗馬帝国文化里，但缺少生长能力。这是部分地因为牧师們的蒙昧主义——为了响应这个主义，儒士丁尼封閉了雅典的諸学校——但更多地还是因为希腊传統在本土已經死亡的事实。它已是旧东西了，虽受到尊敬、却不能使人兴奋，并且和寺院竞争、宫廷阴謀以及竞賽場中賽車这些当时的現实事情都无关。

古典文化的傳遞

象二千年前几处古河流文明那样，古典文明的崩潰，对科学来說，决不是一个完全不幸的災难。在希腊时代初期里，文化的进展曾于滿怀希望的开始中，为若干限制所挫折；如今，这个逐漸取而代之的新文明，則摆脫了这种种局限中的一些。然而这两次轉变，在一个很关重要的因素上有所不同。在各处初期文明和希腊文明的教化之間，几乎沒有什么有意識的持續，也沒有血統或崇敬上的感情，而在古典文化和敍利亚、回教国、中古时代，以及尤其是文艺复兴时代欧洲的文化之間，却有以传写的文献为基础的持續，又有以古代文明国民的継承者自居的強烈感情。传統的主要綫索实在从未迷失；在整个中古时代，回教徒和基督教徒同样得以接近古典时代許多主要思想家的著作。这些著作，正如許多其他著作，在文艺复兴时代都是通过印刷的媒介，为更多的讀者所使用。

如果假定当时发生的一切不过是再度吸取那发展到了終点的、甚或到了最高潮的古典文化，那就錯誤了。这种錯誤在文艺复兴时代，是頗自然的，但在今日，就无可寬恕了。当时发生的却是另一回事，而且更加重要得多。那些文明在吸取科学中古典遺产时，面临着一桩艰苦任务，即避免本身被它所窒息。我們在上面一章业已看到，它已降到了低落的活动状态，甚至在东方也是如此。虽是这样，在书籍里仍有丰富的知識宝藏；任何人愿意或善于讀这些书籍，都可加以利用。敍利亚人和阿拉伯人，以及后継他們的中古时代的經院学者們和文艺复兴时代的人文主义者們，都須

步一步追溯这个宝藏，直到它的希腊根源。但他們必須尽力防止把他們所不能理解的东西，当作古文明国民的神圣和神秘的知識而接受下来的引誘。他們曾多方吸取而且改造这个宝藏，靠的是他們自己的旺盛的文化发展形势。知識活动的奋发是九世紀回教科学、十二世紀中古时代科学和十五世紀文艺复兴时代科学开始时期的特征。至于古文明国民的作品之再被发現，則是这奋发的效果而远非其原因。

这些进展之所以比較容易，是因为在每个阶段里，新知識所包罗的兴趣范围比旧知識要更加广泛得多。晚期古典文化，在社会和地理两方面，都受到局限。在社会方面，古典文化几乎完全为上层阶級所保藏，結果成为抽象的和学問性的，这是因为有一笔实践知識的巨大財富是被鎖藏在几无文化的工艺人的諸传統里，而以知識自傲的积习却阻止了有学問的人去接近这財富。在文艺复兴中登峯造极的新运动，其最大成就之一是提高了諸般技艺的地位，并拆除它們和学識世界之間的重要障碍。

就地理范围来說，古典文化大都局限在地中海和近东一些国家。它本身的完整性，阻碍它去采用印度和中国这另一些旧文化中技术和观念的共同儲藏。罗馬帝国的崩潰才开放了一条道路，使交换和相互影响成为更广泛得多。

5.5 穆罕默德和回教的兴起

在这些有解放作用的消极因素上，不久就增加了另一因素——即一个新的世界宗教之突然出現和迅速传播。从印度河一路延伸到大西洋，几乎是旧文明的整个領域中，那些在七世紀以前把每个文化限制住的語言、宗教和政治障碍，忽然全被扫除了。回教的特殊形式虽然是穆罕默德的个人性格所决定，但这个宗教的来临却并不是一个难以說明或竟然完全独特的現象。罗馬帝国的力量虽已衰落，帝国的威望却未受影响，而且还殘留許久；这衰落也不曾影响到基督教的声势，基督教作为大众宗教，已逐漸在帝国中占了优势，并且散布得比这宗教的教会和教义的势力还更远。儘管如此，不象北欧那样既无别种文化，又久已消失了对罗馬权力的恐怖；帝国东陲的諸民族只是不情不愿地崇奉了基督教，因为基督教同一个外国的、敌对性的或压制他們的政府是太等同了。同时，就基督教在理路上既有条不紊而在情感上又有激发性的內容而論，波斯的国教——拜火教——或阿拉伯和非洲諸部落的地方神却都竞爭不过基督教。因此开辟了这样一条道路：創出些新的、綜合性的、預言将来的宗教，这些宗教要有羣众基础，而且要尽量容納基督教里的东西，但所容納的該是大众所容易接受，接受了也无需皈依基督教的教会或承認它的教义的。

这些企图中的最初一次，即三世紀摩尼（Mani）的传道，曾取得一些持久但又有

限制的成功。摩尼自命是継續瑣罗亚斯德和基督之后的第三位、亦即最后一位先知，給那些命定被选的人們带来一个永恆得救的消息，并对那些忠誠信仰这几位先知的人們給予今生的安慰。約在 276 年，摩尼殉道。他的信徒們在波斯遭到迫害，但他們的影响却远达东方的中国和西方的布罗温斯 (Provence)，而且他們的某些教义、特别是宿命論，經由他們的最著名的皈依者圣奥古斯丁打进了基督教，其后还再度出現于加尔文主义中 (216 頁)。

在 622 年間，穆罕默德的使命出現于已經壮盛且在扩张的阿拉伯人中間。他們当时只須面对已經衰弱、势呈分裂的罗馬帝国和波斯帝国，所以穆罕默德的使命有較大的成功希望。至今仍是几乎难以相信这是个人的成就。穆罕默德扫灭了旧有的那些部落之神，而代之以一位上帝，即阿拉 (Allah)。回教向所有的人提出弟兄般的爱，有簡单而严謹的个人的礼拜仪节，有簡化到一神論的神学，并且使信徒明确地希望一个現实的天堂。所有这些都是用一本詩——古兰經来传达，它不仅是一种灵感，又是一本有关礼拜、道德和法律的手册。它从前和現在都同样地掌握着貧人和富人的信仰。

回教沒有教堂或祭司，只要一处庭院，❶ 就是清眞寺，以便一般祈祷者和古兰經的宣讀者們使用。这些宣讀者同时是布道者和法律的解释者。回教从开始就是一种有文籍的宗教。古兰經現在还是所有回教民族的共同教科书。穆罕默德的嫡嗣回教国王，是这位先知的承継者，受到人們的尊崇，并且最初也是一个民政管理者。但宗教力量不在这政权里，而在信徒們广布开来所成的宗教团体里。这个早期宗教王国的政治演变，最初随着后期罗馬或拜占庭那个典型，亦即一个富有和奢侈的宫廷，被阴謀所破坏，并且逐加地依靠外国的，尤其是土耳其的奴隶所組成的护卫軍。这就导使回教国在其最初二世紀后，分裂为越来越多的封建諸侯国。它們很容易成为大平原上游牧民族甚至烏合而又好斗的十字軍战士們的胜利品。在另一方面，回教在民众里有坚实的基础，經得住所有的虐政和征服。甚至于也象基督教在北方所做的那样，回教注定要改变征服它的人們的宗教信仰，还要传播到亚洲和非洲的一大部分地区，并且在那里維持着一个首尾一貫的文化，这文化虽不是进步性的但已持續到今天。

回教国的兴起是突然的，穆罕默德死后五年內，他的从者們的軍队就在 632 年彻底击敗了罗馬軍队和波斯軍队。此后許多年，都沒有武力抵抗得了他們。到了八世

❶ 庭院在阿拉伯文里是 Musjid，轉为欧洲語的 Mosque，Мечеть，即礼拜寺。——校者

紀,他們已經征服了从中亚細亚到西班牙諸地。罗馬在非洲和亚洲的領土,除开小亚細亚这一个重要的例外,都落在他們的手里,还有波斯帝国的全部,一直伸展过中央亚細亚,而入印度。从此时起,在这个广大地域里,絕大部分都注定有一种共同文化、一种共同宗教和一种共同文字。有若干世紀之久,它还注定有一个共同政府和自由貿易。宗教和朝圣风气保証了詩人們和学者們从摩洛哥(Morocco)到中国能自由通行,这种情况历时更久。

阿拉伯的文藝复兴

直接发生的效果是对于文化和科学的一个大刺激。阿拉伯人对文明并不陌生。他們有自己的城市,并在組織罗馬帝国东方貿易中,完成了一个基本的作用。他們順利地进行征服,这就說明他們的工作是在当地居民确实同意之下把地中海城市文明接收过来。在当时,居民中很少有人准备用武力来維持帝国政府,这个政府只不过逐步增加賦稅,而办事越来越不行。基督教成为正式宗教这一事实,乃是阻碍而不是协助帝国的亚、非人民的反抗,这些人民大都是信从异端的,他們在回教国王統治下,比在正教皇帝統治下較为安全,少遭迫害。

阿拉伯人除为了自己获得显貴和官吏的俸給外,絕无意干涉地方或城市經济。达馬士革(Damascus)的奥馬雅(Omayyad)回教王权行政的全部,是由希腊官吏用希腊語文来执行的。照此說来,并无特意为了回教而設的經济制度,它只不过是一种古典时代晚期的城市經济制度,其中軍事指揮最初保留給純血統的阿拉伯人。但后来,如在罗馬那样,才落在任何一个侥倖成功者的手里。奴隶制度并未消灭,但因为奴隶的供应的缺乏,奴隶的使用大都限于家庭服役。哪里有成羣的奴隶,哪里就有羣众的叛变。波斯湾制硝厂黑人桑尼斯(Zanjs)事件,証实奴隶是坚強有力的,也正如罗馬时代斯巴达卡斯(Spartacus)党員們那样。耕地的是繳納重稅的农夫,他們事实上就是农奴。这些人也时常反叛。此种反叛之一例是相信共产的卡馬特教派(Karmatians)事件,它持續了一百多年。

由于貿易在复活中,商人們比起在古典时代后期,要相对地重要一些。回教国的統一大大地帮助了貿易,这是由于他們恢复了罗馬帝国晚期困难中所丧失的广闊范围,同时更扩张它和分散它。在回教徒所征服的整个区域里,从哥尔多巴(Cordoba)到布哈拉(Bukhara),并沒有一个中心象罗馬那样,支配着而且吮吸着帝国的經济。麦加(Mecca)一直是宗教中心,而不是政治、經济或文化中心。不只是亚历山大城、安提阿和达馬士革这些古老城市都更延长了生命,一些同型的新城市在各处出

現，特别是开罗（Cairo）、巴格达（Baghdad）和哥尔多巴这几个大的新首都。所有这些城市不断地互相交往，它們的多种多样产品，給商业和技术进步打下基础。

再者，回教国的城市并未同其余的东方世界形成孤立，象罗馬帝国的城市那样。回教国成为亚洲的知識的焦点，結果是在这共同的长流水中出現了新的一系列确实是希腊和罗馬工艺学所不知道和接触不到的发明。这包括鋼、絲、紙和瓷的制造业。这些制造业本身又形成更后再进步的根基。而这些进步則促成了十七和十八世紀里西方伟大的技术和科学的革命。

古典科学的复活

知識方面的延續也极少有过中断。回教国的宗教在一开始时，对人类思想的束縛作用，比基督教要少得多，虽然后来并不如此。当回教出現时，它对异教信仰或哲学信仰，都无危害。在进行征伐的百年动乱以后，即使是回教国的領袖們都热切地寻求希腊人的旧知識，并在古兰經所容許的程度內，尽量寻求他們的其它方面的文化。

这一种外来影响的冲击，是正当达馬士革的奥馬雅王朝傾复，以及阿拔斯（Abbasids）后裔在公元 749 年执掌大权之时。这些人虽不是波斯人，却依靠波斯人的支持，并且解放了那个古老而有文化的民族的传統学术和科学。*有学問的波斯人、犹太人、希腊人、叙利亚人和一些来自較远地方的民族，在新国都巴格达彼此相遇。就在这里和在永狄沙白开始把希腊科学中主要书籍譯成阿拉伯文。[3,27] 这类譯作或者直接根据希腊原文，或者更常常根据叙利亚文，并且这工作一开始就出于回教国王們和貴族們的資助。回教国王阿魯-馬蒙（al-Mamun）眞正創立了一个翻譯局（叫做 Dar el Hikhma），在那里，伟大的学者休南·易逢·以沙（Hunain ibn Ishaac）和塔俾·易逢·庫拉（Thabit ibn Khurra），把亚理斯多德和托勒密的大多数著作，翻成阿拉伯文本。他們也譯了許多波斯和印度的书籍，但是这些譯文不曾再譯成拉丁文，因此就沒有传到西方。

这些翻譯的书差不多全是科学和哲学，因为，十分自然，阿拉伯人对希腊历史并无特别兴趣。阿拉伯人自己原有一个丰富的古传說源泉和生活着的詩歌，所以希腊戏剧和詩歌对于他們就比較地少有貢献了。大部分是由于这样一种兴趣集中的結果，所以当回教知識本身最初传到西方时，就局限于科学和哲学。至于古代人文学的最多部分只是在文艺复兴时代，才直接从希腊和拉丁作家們的原著中，重新被发掘出来。科学和古代人文学从这样不相同的两条路綫进入了現代文化，这一事实是科学发展中的一个重要因素，并且对于构成科学和古代人文学間的障碍頗有关系，这一障

碍直到今天还存在。

5.6 回教科学

回教学者本身对这个学术总庫所提供的实际貢献的价值,难以估計。肯定地,希腊人的学术得以复生了,并且不只是一成不变地传下去。事实是,希腊学术經过了一种象古代东方学术在希腊人手中遭到过的那样的过程,不过,后一情形在关系上要直接得多,也更被承認得多。因为回教学者并沒有把希腊古传說認为就是自己的古传說,所以他們是以自由得多的态度来研究希腊学术,远非希腊人自己所能做到。在閱讀回教科学作品时,讀者会惊訝其处理方法所具有的合理性竟是今日公認为与現代科学分不开的。另一方面,回教信徒,如不是更加癖好的話,那也同样癖好后期古典哲学里的,特别是新柏拉图主义里的那些神秘方面。新柏拉图主义和亚理斯多德間的区别,他們在其初辨别不出,因为亚理斯多德的著作里羼杂了象"亚理斯多德的神学"和"秘密中之秘密"这样的伪书,这种神秘性的混杂內容,通过它們而传給中古时代經院哲学者頗多。不只紧跟着回教,也要紧跟着中古时代科学的另一桩不幸事件,是过分尊敬希腊人的著作,特别是柏拉图和亚理斯多德的著作。柏拉图的数目玄說和亚理斯多德的品質等級論二者融合一起后所滋长了的謬說,是回教科学所永不能自力挣脫的。說来有趣,阿拉伯人虽也信从初期科学中的二大秘說,即占星术和炼丹术,但回教科学界中最伟大人物,如阿魯—金底(al-Kindi)、累西(Rhazes)和亚微瑟那(Avicenna)却都明白地否認了这些伪科学的过分主张。

在回教文化初期,科学家的社会地位,在本質上并非不同于古典时代后期里所曾見过的那样。阿拔斯朝来临时,从754年到861年短期內,在回教国王阿魯—曼苏(al-Mansur)、哈綸—阿魯—剌細德(Haroun—al—Raschid)、阿魯—馬蒙、甚至虔敬的阿魯—穆塔瓦吉(al-Mutawahki)的統治下,大規模提倡科学,为亚历山大城博学院成立以来所无与倫比的。在哥尔多巴的奥馬雅几代回教王(公元928—1031年)以及在西班牙和摩洛哥継他們而起的一些回部小酋长,对科学都同等注意。即使是在回教文化衰敗时,有雄心的君王,如薩拉丁(Saladin)、戛自尼(Ghazni)的馬穆德(Mahmud)和撒馬尔堪(Samarkand)的烏卢·柏格(Ulugh Beg),都以鼓励科学而自豪。还有,富商和达官,如波斯的巴米賽(Barmecide)一家(約750—803年)和穆薩(Musa)三弟兄(約850年),都支持科学家;他們之中有几位自己就对科学感兴趣。回教科学这个凡俗性的又兼商业性的背景,就尖銳地显出它与中古时代基督教国家的、几乎为教士所独占的科学,截然不同(182頁)。回教科学,同欧洲文艺复兴时

代科学更相象得多。就是由于宫廷和豪富的这种照顾，才使回教国的医生和天文学家能够进行实驗和从事观察。这种照顾存在时，也就卫护着科学家，免遭宗教界狂热之輩的积极反对；此輩疑惧这全部哲学会动搖忠实信徒的种种信念。

科学和国王、富商和貴胄的联系，立即供給科学以力量，但也終于成为使它衰弱的根源。由于日子一长，科学完全和羣众分离，羣众就十分猜疑貴人們的有学問的顧問做不出什么有益的事，羣众便容易堕落成宗教迷信狂下的牺牲者。只要城市和商业繁荣着，就会有够多的有文化的中层阶級对科学发生兴趣，而使科学討論和科学进步得到保証。不过，当这种情况消失了，科学家就成为越来越流浪的学者，随着当地执政朝代的兴衰而浮沉。即使其中最伟大的易逢·辛納（Ibn Sina 即亚微瑟那）也从未被賜予任何生活保障。他侍候过在波斯和中亚細亚的几个苏丹（Sultan 即回教君王），有时当医生，有时做大臣。在哈馬丹（Hamadan），有些叛徒揚言要他的首級，他就装病逃脫。伟大的回教思想家中最后一位易逢·卡尔頓（Ibn Khaldun）（1332—1406 年）是来自塞維尔（Seville）的避难者。他被迫得只要在哪里找得到机会，就在哪里服务。在他当时，西班牙的暴君裴得祿（Pedro the Cruel）和叙利亚的坦麦楞（Tamerlane），都愿出資聘用他，而他就不得不同他們进行协商。[3.24]（567 頁）

回教科学的特性

回教科学家大都接受并制定了各門科学在古典时代后期的型范。他們沒有什么志愿来改进这型范，更完全不想改革它。象阿魯一柏魯尼（al-Biruni）（973—1048 年）所表示的，"我們应該限制我們自己，只討論古文明国民所曾討論过的东西，并把能使它完备的东西果然完备"。[3.3.376] 科学已形成由哲学所胶合的統一体，不过个人仍可各有所专。那时科学包括了天文学和医学这一对孿生学問，由一种多少为人所承認的占星学来沟通着。占星学則提供了一个环节，来接連那由天界构成的在人外面的大世界——大宇宙——和人的內部小世界——小宇宙。哲学作为哲学而論，是处于嫌疑地位的，因为它难于和古兰經取得一致。敬神的回教徒学者們确实企图这样做，但正教派对此縐眉头。阿魯一加札里（al-Ghazzali）（1058—1111 年）所著"哲学家之毁灭"下过警告，說这个企图是徒然无益的。尽管易逢·刺須（Ibn Rushd）（1126—98 年），即很遭誹謗的亚味洛厄兹（Averroes），在他所著的"毁灭之毁灭"一书內，作了激昂的答复，但警告仍然生效，并无可避免地逼出了眞理有两种之說——一是較高的性灵眞理，一是較低的理性眞理，这学說終于确实扼杀了二者在回教諸国里的生机，就象它在希腊基督教徒中那样。在回教国家的后来几个世紀里，文化方面和知識方面都

变成静止的，其时科学正萎謝下去，主要原因大約即在終究未能把科学和回教的一些持久性特色联系起来。

在九、十和十一世紀回教科学最兴旺时，这些考虑尙不关重要。实在講来，一个人現在猜想得到，当时有些最伟大的科学家把宗教認作是当然的，而且并不让它妨碍研求世間学术。科学的統一性更因百科全书主义的传統而更得巩固，这就激励了回教的所有大作家和一些小作家去編纂广博的专著，如阿魯—法加尼（al-Fargani），即阿尔法拉加納（Alfraganus）（死于約 850 年）的“天文学概要”和一些巨大医学丛书——累西（865—925 年）的“医学薈纂”（Howi, Liber Continens），亚微瑟那的“医典”（Canon）和亚味洛厄兹的“医学集成”（Colliget）——这些都是十七世紀欧洲仍在使用的課本。

这种务求渊博的傾向全然更为可貴，正因为它較广泛地收容了别国的知識，而使回教科学比古典时代科学显然更加优胜。阿拉伯人非但能利用从巴比倫时代持續下来未曾間断的米索不达米的天文学和数学传統，他們还有意識地采用印度古代知識，也采用中国知識，只是較少些。

數 学

由于天文学对哲学和占星学有关系而生出的中心兴趣，随带着令人对数学重行感到兴趣，这是因为天文学几乎是数学应用的唯一場所，并且又鼓励人研究几何学和計算术。在这方面，因大都受巴比倫和印度的影响，回教数学家就有了最大的进步。希腊数学中迟迟才跟着带奥蕃塔斯出現的数目运用法(124 頁)更得到发展；此乃得助于普遍地、大規模地引用了叙利亚人早已知道而用得不多的印度数目体系。这种技术性措施，对于学术，几乎具有字母的发明对于文字所具有的相同效果。在以前，算术中除了能靠手指或算盘做的以外，都是一种神秘事情，只有最飽学的人才懂得。有了阿拉伯数碼，随便一个貨栈职員都能学得会；阿拉伯数碼把数学民主化了。阿拉伯人又彙集了一系列印度数学家所拟的处理未知数的方法，就是我們所謂代数学。这名詞本身来自阿魯—克瓦利兹米(al-Khwarizmi)所著的一部大的綱要的題名。它是“Hisab al-Jabr w-al-Muqabalah”，或称“补足法与相消法”——这是方程式的解法。阿拉伯人更进展許多地发展了另一个对天文学和測量术双方有重大关系的园地，即三角术。

天文学

在天文学方面，阿拉伯人延續了希腊传統，接受了托勒密的研究业績（125 頁），

既无銳利的批判，也沒有任何根本进展，并翻譯了他的“大集成”（Almagest——Megale syntaxis）。如果說阿拉伯人对理論无所增加，他們却确实接續着古文明国民的天文观察，而未使之中断，特别是加尔底亚拜星者的哈兰（Harran）城的几座天文台，一直持續到阿拔斯朝很久。这些人具有是拜星教（Sabaism）“圣书之民”的虛名，因而得到保护，不受回教的干涉。假使曾让天文学中断，那么，文艺复兴时代的天文学家就不会現成享有留給他們的大約九百年的观察資料，而現代科学所依据的那些有关鍵性的发見，或許要迟許久才作出，或竟始終作不出。

地理学

对于回教科学家，地理学仍为天文学的一个特别分支，也象当初对希腊人那样。他們虽在理論上无甚进步，在实际上却能扩充希腊人的知識到如此程度，以致他們奠定了現代亚洲和北非洲地理学的基础。在这方面，这些科学家得助于回教国的較大版图和文化的分散而不集中——从費兹（Fez）到撒馬尔堪都遇得到有学問的人，又得益于赴麦加的商人和朝圣者的长途旅行。商人远远地鉆到回教国本土以外。有学識的旅行家，如阿魯—馬苏底（al-Masudi）（公元 900——57 年）到过俄国和中非洲，并遍遊印度和中国。許多旅行家写成井井有条而又合理的遊記，比起中古时代欧洲地理学者的传奇和述异，要前进得多。阿魯—柏魯尼的大著作“印度”不但描述地形特征，还报告印度人的社会制度、宗教信仰和科学成就，其描述和报告的方式，直到十八世紀，都还沒有人能及得上。当时地理学不只是叙述性的，也重測度。回王阿魯—馬蒙（最活动約在 830 年）命令把一度緯距分别測量二次，这样的工作，在十六世紀法国斐納（Fernel）（229 頁）以前，再沒有人做作过。地图和海图都制成了，航海使用了天文仪器。

回教国的医学

回教国的医学，象回教国的天文学那样，也是希腊人的医学的直接延續。不过因为回教分布地区較广，就能加添了关于一些新疾病和新药物的知識。不只是回教医生，也还有犹太医生，都广泛研究各种疾病，也同样关心到气候、卫生和飲食的效果問題，連实际烹調术都未輕忽。因为服侍統治者和富商們，所以医生的声望和知識标准都很高。回教国的大国手，如累西和亚微瑟那，必然有淵博的学識，上自占星用的天文学，一直到选药和制药用的植物学和化学。几乎所有回教学者全是医生，而且还有开业医生。这件事实对于这些人的科学的和哲学的見解所具有的重要影响，尙未得

到充分訊識。

光 学

医学中有一分支很发达，就是眼病的研究，这大約是因为沙漠和热带地方眼病盛行之故。用手术处理眼病，就引起人重新关注眼的构造。这就让阿拉伯医生在光綫通过透明体的新意义下，最初眞正了解了折光学（126 頁），从而引到現代光学基础。眼内睛珠就指引人們用晶体或玻璃透鏡去放大和看书，特别是为了老年人。至于把透鏡装框成为眼鏡，則是較后才出現的（197 頁）。易逢·阿尔海森（Ibn al-Haitham）即阿尔哈森（Alhazen）的"光学宝鑑"（Optical Thesaurus）（約 1038 年）是对于这个問題的头一部严謹的科学性的論著。所有中古时代的光学都以此为基础（183 頁）。这部光学书虽經改进，但直到十七世紀都沒有能够赶得过它的。透鏡是人类感官的最早的扩展，可以同人类的运动本領靠力学而获得的扩展相提并論。透鏡就是后来望远鏡、显微鏡、照相机箱和其他光学仪器的雛型。假使回教国医生沒有什么别的成就，那么为光学奠基也就构成了他們对科学所作的有决定性的貢献了。

科学化的化学的开始

回教国的医生、制香家和冶金家都在化学方面对科学的总进步尽了最大貢献。他們在这方面的成功大都是由于他們已經很能摆脫那些阻撓希腊人接近手工艺术的阶級成見。他們的論文表示出，他們直接熟諳实驗室里处理药物、盐类和貴重金属的各种技术。阿拉伯人不是最初的化学家，他們的工作依据是那些已种深根于埃及和巴比倫文明的传統和习慣，而希腊人对这些只不过略使合理化而已。他們也能吸取印度和中国的广泛化学知識，至于吸取到何程度，却还难于确定。[3.4] 化学依靠从許多物質和方法方面得来的广泛經驗，但与天文学和力学所依靠的程度不同。如果这些化学物質和方法能聚攏一起，作为一个可以掌握的整体而传下去，更配上若干一般原則，然后化学才能成为一种科学。这就是阿拉伯人所做到的事，使他們自称为化学創始人确是有理由的。

有一桩利于化学进步的实用关鍵，即蒸餾器，其較早雛型为 Kerotakis 或蒸餾甑（128 頁），但阿拉伯化学家把它大加改善，用来大規模地蒸餾香精[2.19]（图 5）。假使不是为了古兰經禁酒，他們或許已走上其次一个关鍵性的前进步驟，而蒸餾酒精了。这件工作象是留待基督教徒来做的。蒸餾业只是好多的新技术之一，这些新技术却并不是象大部分古典时代技术那样走到手工业传統里去。新技术倒是由最能干的医

学家和哲学家們去考查和討論的。因此这是头一次有可能对化学变化作合理研究，但是，由于化学变化在客观上較为复杂，从来不能使用力学或天文学上可以够用的那种簡单分析法。

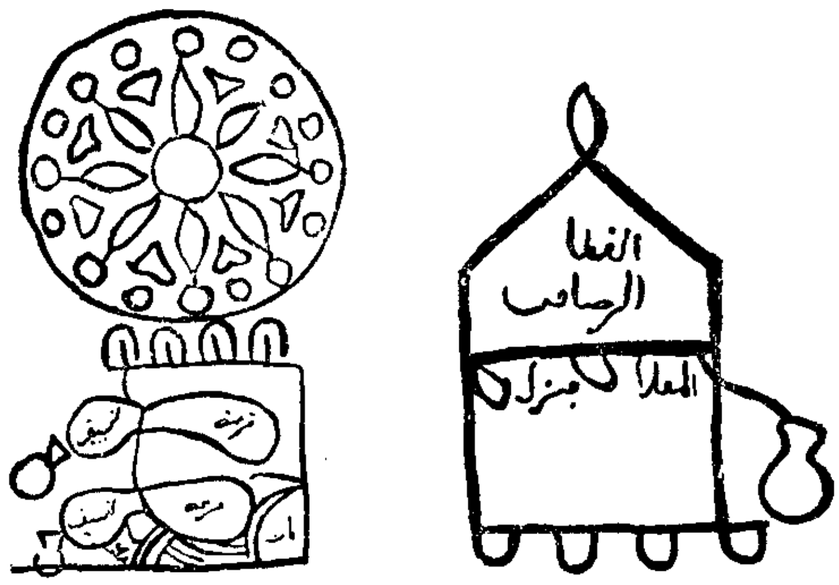


图 5　單式及复式蒸餾塔示意图

玫瑰形略图是平面图

引自魏德曼 (E. Wiedemann) 編"自然科学史集刊" (Beiträge zur Geschichte der Naturwissenschaften) 第廿四卷 (Erlangen, 1911) 所載阿魯—狄馬希基 (al—Dimaschqi) 著"宇宙誌" (Cosmography)。

化学观念有所不同，是起源于当时的依靠类比的思考法，而这个思考法在本質上是生物学式或社会学式的。*化学里存在着一种基本的二元性——我們現在曉得这是因为电子过少或过多之故——这可以由金属和非金属来做例。这种二元說現在我們有証据把它的初次覚察推溯到中国人。在史前时代，中国人已用硃砂作为活人的血液的玄术性代替物，并分出它的元素硫和汞。道教把这二种元素等同于一般化的雄雌两性，即本身来源于图騰的阳和阴，从而发展了炼丹术体系。最初的印度炼丹术，以及后此的阿拉伯炼丹术，大約都由此而来。炼丹术本来不甚着重制备黃金，而是要寻求长生灵葯。

阿拉伯人研究这个汞—硫理論，并扩展了它。[3.38;3.40] 这就成为巴拉塞尔士 (Paracelsus) (226 頁) 的鍊金理論中的珍宝，又通过了他，先成为燃素化学的，后又成为現代化学的珍宝。最初的著作好象已散失了，或可能已收納在用来解释矿物原始的伪亚理斯多德干湿两种地气說之中。归属于雅貝 (Jabir)，即給伯 (Geber) 的有一些类同于此的观念。据說他活跃于八世紀，是阿拉伯化学的鼻祖。无論怎样，阿拉伯最伟大的医生阿魯—累西 (al-Razi)，即累西的著作里，确实見到一部专講化学操作和化学物質的广泛綱領。化学的未来确实須依靠回教国內各項地区化的化学工业，这些工业首先是要尽量生产如碱、明矾、綠矾 (硫酸鉄)、硝和其他盐类等商品的。这些东

西都可以出口，并被全世界使用，特别是在紡織工业上。[3.38;5.4]

回教国的科学遺產

仅仅这一番概述还不够把回教国在科学上的貢献的范围和分量講得充分。在几个中心論題上，这种貢献显然是希腊科学的継續，但它是被重新賦以生气和扩充过的了。由于回教国学者的新活动，并同样由于他們努力探求更早更可靠的种种典籍，他們把希腊科学从它在晚期罗馬帝国統治下所堕入的衰落状态挽救出来。他們創立了一派有生气的且在滋长着的科学，即使这派科学沒有哪一点高攀得上爱奥尼亚自然哲学家們的臆測，或等齐于亚历山大城学派的几何学想象。他們吸取了非希腊族国家如波斯、印度和中国的經驗，竟能扩展希腊的数学、天文和医葯三門科学的狹窄根基，能創造代数术和三角术，并建立光学基础。回教国科学的关鍵性发展是在化学或炼丹术方面的，在这里他們改变了旧理論，又添上新实驗，因而創造了科学中的新专科和新传統。这传統在特征上常是定性的、神秘的，但也正为这个理由，有好几世紀之久，对希腊人的过于唯理的和数学性的天文学-医学传統，做个无价的对衡力量。

5.7 回教文化的衰敗

十一世紀以后，回教科学虽然沒有走上触目惊心的崩潰情形，但其极盛时代显然已过去。声名赫赫的个别科学家們是有的。最伟大的科学家之一是出在十二世紀的亚味洛厄兹，又有迟到十四世紀出現的易逢·卡尔頓，但他們已不再算占据一个基础广闊而又活生生的运动中的一部分。科学失敗在这里只不过是本来面目中的回教国的一般政治經济衰弱的預兆之一。在本質上，这也仍是曾經酿成古典文化衰敗的那些社会力量迁延下来才发生的效果。在回教国，以及在殘留的东罗馬帝国，即拜占庭，同样的这些貧富不均的情形都不会終久不引起經济崩潰。当阿拉伯人接收罗馬帝国里的亚洲諸省时，是把財富連同問題一起承袭过去。他們压制小农和手工业者，也就毁灭了效能強大的工业所需要的市場。这个結果所以延期出現，只是由于东罗馬帝国所积累的大量資源尙未耗尽，而且在于在俄罗斯、中亚細亚和非洲都开辟了商业榨取場所。

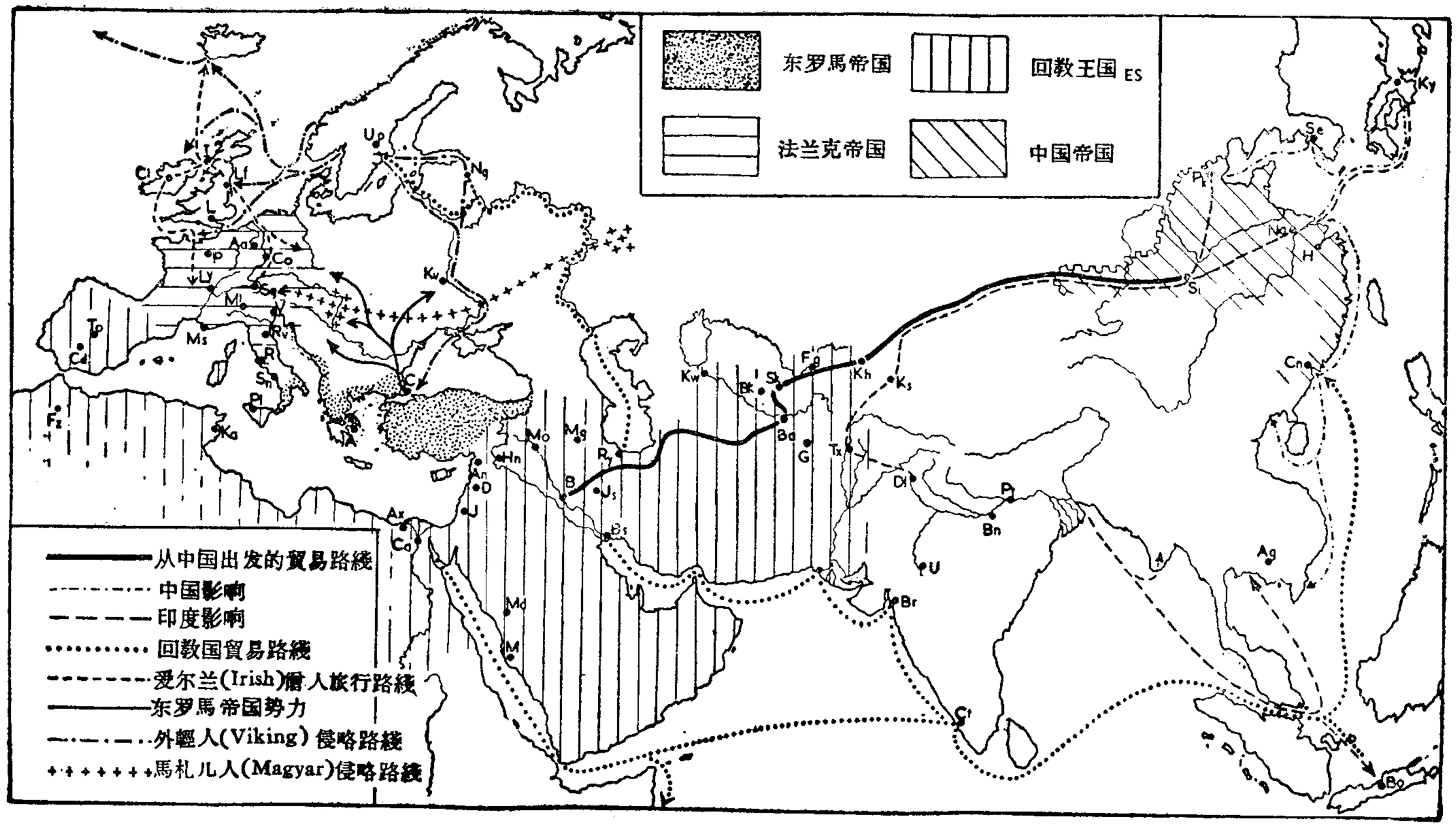
到末了，东罗馬帝国和回教国都不能維持着管理广大国土所必需的組織。到了十七世紀，两个帝国都开始从內部分裂，以致先在軍事企图上，后来在經济企图上，都更要依靠各地方的努力。到十字軍时代，两国都各已发展成为地方封建体制，在武力上較差于西方的封建体制，而在文化上，也不再是显著地較优。再有，如我們所将知

晓，这东方封建体制缺少象那新的西方封建体制下的經济資源和文化前途。它尤其是缺少由領主农村所助成而具有旧部落集体生活的活传統的那种广泛基础。

回教文明的崩潰，毫无疑义地因草原地区蛮族新湧到而加速。假使回教国境內經济盛旺，单靠突厥人(Turks)和蒙古人本身，到十三世紀时断不能蚕食这些土地，并在实效上使这支文化絕种。事实是米索不达米的灌溉农业大大被毁于国內管理不善和蒙古人入侵这双方夹攻之下，这二者都妨碍了运河的护养。在同一时期，蒙古人所从未侵入的埃及和北非也照样衰落；此类侵犯对于具有基本上更稳定的經济制的中国和印度，并未影响它們的生計，而且几乎沒有影响它們的文化。这些事实足以說明单是蛮族入寇尙不能作为使回教諸国文明崩潰的足够的解释。

作为一种宗教以及一种文化，回教在那时依然存在下来而且存在到今天。但是它当初首先苗发时所特具的科学催动力，却一去不还。在継承那些原来阿拉伯帝国的蒙古族和突厥族国家里所达到的是这样的平衡：其中的科学在实質上冻結在十一世紀时它所达到的阶段。此种情况的表面理由是教士宗派的崛起积极地阻撓了哲学和科学。但是，假使当时对科学眞有任何需要的話，这个情况本身，比起它在文艺复兴时代的欧洲来，也不会更有效些。在东帝国，对經济进步的較早刺激一旦失效，知識刺激也跟着消失。这二种刺激后来原可再生，但是，如在蒙古帝国統治下的印度，当它們露出这一方面的一些朕兆时，它們的发展就为初期欧洲資本主义的較优的商业成就和軍事成就所斬断。

回教科学的果实并非白費，但这些果实不是在原来栽种的地方被人享用罢了。回教科学的全部工具，如資料、实驗、理論和方法，都直接移轉給封建的基督教国家的新起而滋长的科学，比希腊科学的传递范围大得多。假使本书是部科学史而不是科学影响史，誠然，較合邏輯的办法，就是把七世紀到十四世紀整个时期，一併当作一个知識进步的专章来处理，而几乎不必区别所用的諸語文，即叙利亚文、波斯文、印度文、阿拉伯文或拉丁文。十六世紀欧洲新科学和十三世紀欧洲科学間的差别，比十二世紀內阿拉伯科学和拉丁科学間的差别大得多。中古时代回教科学和基督教科学的光荣和缺陷，都是由同根生出，都是同封建制的政治和經济基础相联系；至于这方面的証实，必須留待下章。



地圖二　过渡到封建制度时的世界

公元 550—1150 (第五章)

地图二說明 本图表示出八世紀中叶各文明中心間的关系，以及諸帝国的大致范围。东罗馬帝国和爱尔兰僧院势力在八世紀出現得較早；外輕人（Viking）和馬札儿人（Magyar）的刼掠要迟到九世紀末。标誌出来的城市，特别在中亚細亚，是商业和科学中心。

Aa—亚亨（Aachen）
Ax—亚历山大（Alexandria）
Ag—顏可尔（Angkor）
An—安提阿（Antioch）
A—雅典（Athens）
Ba—巴尔克（Balkh）
B—巴格达（Baghdad）
Bs—巴士拉（Basrah）
Bn—貝拿勒斯（Benares）
Bk—布哈拉（Bukhara）
Bo—波洛·布多耳（Boro Budor）
Br—布洛赤（Broach）
Ca—开罗（Cairo）
Ct—科利庫特（Calicut）
Cn—广州（Canton）
Cl—克仑馬諾（Clonmacnoise）
Co—科仑（Cologne）
C—君士坦丁堡（Constantinople）
Cd—哥尔多巴（Cordoba）
D—达馬士革（Damascus）
Dl—德里（Delhi）
Fg—斐加那（Ferghana）
Fz—費兹（Fez）
G—戛自尼（Ghazni）
H—杭州（Hangchow）
Hn—哈兰（Harran）
I—爱奥那（Iona）
J—耶路撒冷（Jerusalem）
Js—永狄沙白（Jundishapur）
Ka—开路溫（Kairowan）
Ks—喀什噶尔（Kashgar）
Kh—和闐（Khotan）
Kv—基輔（Kiev）
Kw—括利生（Kwarism）
Ky—京都（Kyoto）
Lf—林的斯发（Lindisfarne）
L—伦敦（London）
Ly—里昂（Lyons）
Mg—馬拉加（Maragha）
M—麦加（Mecca）
Md—麦地那（Medina）
Ml—米兰（Milan）
Mo—摩苏尔（Mosul）
Ms—馬賽（Marseilles）
Na—南京（Nanking）
Ng—諾弗哥罗（Novgorod）
Pl—巴勒摩（Palermo）
P—巴黎（Paris）
Pt—帕特那（Patna）
Pk—北京（Peking）
Rv—拉溫那（Ravenna）
Ry—雷（Ray）
R—罗馬（Rome）
Sg—圣加棱（St Gallen）
Sn—撒列諾（Salerno）
Sk—撒馬尔堪（Samarkand）
Se—汉城（Seoul）
Si—西安（Sian）
Tx—塔克息拉（Taxila）
To—托利多（Toledo）
U—烏見（Ujjain）
Up—烏普薩拉（Uppsala）
V—威尼斯（Venice）

第六章　中古时代的科学和技术

6.1 西欧的黑暗时代

当东帝国和回教国里的文化发展得光輝灿烂时，欧洲絕大部分，因罗馬帝国崩潰，又因蛮族侵略而留下混乱局面，故仍在苦难中。五世紀到九世紀間，到处的城鎮都在凋零。在不列顛，城鎮是由外国人建基的，它們完全消灭了；在意大利，因为城鎮曾經过一千年，所以殘留下来，不过也半毁圮半废弃了。最初的蛮族統治者——在西方有法兰克人（Frank）和高德人，在东方有斯拉夫人（Slav）——保持了帝制的一点痕迹，其中包括大規模販卖奢侈品和奴隶。古典文化逐漸死去，留下了类如波伊提阿斯(Boethius)天鵝曲等至今犹存的遺作。新兴的基督教文化，保存了圣經和片段的拉丁、希腊文学作品，从那些位于外围的中心，如爱奥那[3.16]或基輔，[3.21a]散布开去。只是在君士坦丁堡有个希腊气味較多而罗馬气味較少的基督教化的帝国，它能維持自身，并守护古典遺产。

西方諸王国，虽然在查理曼（Charlemagne）治下就統一了，却不能取法罗馬型范而維持国家組織，来抵抗諾尔曼族（Normans）、馬札儿族（Magyars）和薩拉森族（Saracens）的三重进攻。尽管这样，西方諸国并未一蹶不振，不多年后再抬头时，仍生气勃勃，但版图已分裂了。他們抗敌成功是基于就地防御，并就地自給，这就是封建制度。从公元一千年始，这个制度一經稳固建立，恢复是快的。西欧的初期发展因森林和黏重土两因素而停頓，但封建制度一来临，正是因为有这两种因素，进步才較快。从十世紀往后，欧洲的各种內在經济优势才开始显露出来。这些优势主要是农业方面的。斫伐丛林和耕破黏重土等技术困难一經克服后，根据气候和土壤情形，西欧适于干耕(133 頁，191頁)。另一方面，回教所領的东方最大部分是干旱地区，如此就易于变成更旱和增加土壤流失作用。再联系到行政組織的腐敗，这就成为災害，因为唯有行政組織才能維持灌溉系統，并阻止錯誤耕种法所引起的損害。

在西欧就不存在如此广大組織的需要；所要的只是地方的而非国家的力量。即使从一个极其沒有組織的阶段开始，西欧的經济就能够一村一村地再建設起来。以广大、丰饒、而且熟耕的土地为坚实基础，就长出一种新文明，长得虽慢，却是阻挡不

住的，而且它不久就超过它的前驅。但只有欧洲的西部和北部能长久利用这些优点，因为距离远，甚至更因为森林多，就倖免于一些亚洲遊牧民族的最后入寇。在十三世紀时，韃靼族（Tartars）压服了基輔这个高度文明的国家。这个等于拜占庭的查理曼的法兰克神圣罗馬帝国并非全部被扫灭，但須从它在北部林区的一些支派重建起来。結果，称为大莫斯科維（Great Muscovy）的俄罗斯国活动起来，比西欧要迟几世紀。在十四世紀和十五世紀时，同样命运临到东南欧；那时几个南方的斯拉夫国家和最后拜占庭本土，都被突厥人（Turks）所蹂躪。

中古时代基督教国的世界因此是很褊狹的。中央枢干从意大利經过法兰西东部，到英格兰；在东部只包括来因兰和荷兰；在西部是加斯科尼（Gascony）和加达魯尼亚（Catalonia）。即使是在这样一个范围內，最显特征的发展仍更受限制，而集中于富裕而饒有水利的农业平原，如法兰德斯（Flanders）、諾曼底（Normandy）、香宾（Champagne）和巴黎盆地，以及英格兰南部几郡。在法兰克族的土地上，也正是那个以巴黎为中心的法兰西北部（Île de France），經济的形式、建筑、中古学术的智力发展初放异彩。另一个大文化中心，即在意大利，特别是在倫巴底（Lombardy）和多斯加尼（Tuscany）的中心，却因受古典世界的影响浸漬过甚，而不能做出如此彰著的貢献。要等到中古时代的較后期和文艺复兴时代，才輪到它露头角（地图 3，249 頁）。*

6.2 封 建 制 度

对比着前此的古典时代奴隶制經济和在后的資本主义經济，从五世紀到十七世紀整个时期里的經济制度可以当做封建的来看（149 頁）。不过，只是在欧洲十一世紀到十四世紀，封建制度才显得充分发展，完全备有它的政治上的和宗教上的有等級的［統治］集团，以及相应的艺术和学問。[3.20] †

封建制度的經济基础是土地。封建制度的标誌是它依靠当地农业生产（这种生产品大都是就地消費掉的），又依靠分散的手工业。封建制度的經济单位是农村，在农村里，男妇数十人，大都是亲戚，分摊土地而工作，共同占有大多数东西。在情感上，有时甚至在血統上，他們还未远离旧氏族集团。他們进行簡单輪种法，在北方通常把土地分作三部分，即个别的狹长耕畦，还有树林和牧場。加在农民之上的是个有等級的［統治］集团，即凡俗的或僧籍的領主、他們的大領主、亦即主教和国王，以及名义上最高的头子即皇帝和教皇。每一个領主可拥有一个或較多的农村，或分在几处农村里的土地。在农村里，他的田奴們被迫使为了养活領主和也养活他們自己而工作。正是封建制下这样的当差义务，也就是說，这种強制性或习慣性然背后仍靠強力

撑腰的工作，才区别了封建主义的剝削制和資本主义的工資劳动制。农民虽有稳定的佃地权去耕种他們自己的田，但是在他們身上加上了前述的义务，这才区别了封建剝削制和古典时代[把人当作]牲畜的奴隶制。

在理論上，封建制的各項义务不完全是单方面的。为了报酬农民的服务，領主本来算是应該保护他們，但所謂保护怕要当作帮匪式的保护去了解。他須要保护他們来抵抗的最普通的危险，是其他領主的袭击。貴族領主的全部責任是应命为他的大領主战斗。但他也許会同他的大領主战斗，当他高兴这样做的时候。此外，他尽可飽食和打猎。僧籍領主的全部責任是祈祷，但他通常办到了让自己作着这种工作，而耗費同他的凡俗弟兄一样多的粮食。由于沒有足够的輸粮办法，較高的貴人，不論凡俗的或僧籍的，还有他們的从者，都只得在他們的分散領地上，一处一处挨着传食。即使是国王，也絕无法久住在一个地方，而是必須同臣属到处周遊，象个馬戏班。[3.39]封建制下的貴人和教士簡直无异于寄生在农村經济上。这种寄生却是彻底的和搞得很巧妙的。領地上的执事，凡俗的或僧籍的，都很精通怎样从农奴身上榨取最后一滴血汗。[3.39]

有可能不靠大規模的貿易或組織就能維持一种寄生阶級和他們的不事生产的从者。（人数一共約有总人口的十分之一），这件事实說明了封建农村的經济一点也不幼稚。虽然在社会形式上，封建制度表示回复到古典时代以前的农村經济去，但这次回复，技术水平却升高了，計有广泛应用的鉄、較好的犁、較好的輓具、較好的織机，又有象磨机等节省人力的器械。古典时代的种种技术进步是集中在城市以及奴隶为了商人和地主所代表的富人政治的利益而在其上从事生产的大种植場。到了封建时代，这些进步广泛地推行到各处的乡間了，使得各处都有了当地的剩余。因此，比起古典时代的富人政治来，封建制度在工业方面也如同在社会方面，对于更前进一步的进展是一个稳当得多的基础。

同时，如要封建制度本着自身的內部創始力而迅速完成这种进步，它就嫌过于局部分散，且缺少集中。特别是从十一世紀到十三世紀，封建制度能够做的，并确实做成的，是自行散步到欧洲未开垦的和荒废的地方去。只有靠这样推广垦殖，封建經济才能发展开来，而不失其特点。貴族和牧师同样地在推行这个制度，都急于要扩大他們的产业和权力。农奴在新土地上可以商訂較优的条款，所以这个制度也时常受他們支持。到十三世紀末期，这种扩展就走过了头，和引起了一場严重的經济危机，此后封建制度再也不曾眞正恢复过来。

正当同时，封建制度的內部却正长出一些以一种貿易和都市制造經济为基础的

其他經济形式。这些經济形式因为破除了封建經济里的地方自給制，就不免終于把这种經济摧毁。但是，这些經济形式在最初还能被吸收在封建制度里面，封建制度在不列顛和法兰德斯就再継續了两个世紀，在欧洲他部則継續得还要长些。封建經济制度自身大部生于古典經济制度崩潰后所引起的无組織情形，以及这个崩潰所激起的历次蛮族入侵和扰乱。一旦局势稳定下来，而战事也成为只是偶发的了，要走上一些不甚直接依据于土地的組織形式的趋势，就重新把自己表白出来。

中古时代的市鎮

从地中海区开始，在黑暗时代市鎮蒙害最微的有意大利、布罗温斯（Provence）和加达魯尼亚，随后又在农业剩余最多的萊因兰、荷兰和倫巴底等处，市鎮开始再度出生。[3.31]到十一世紀时，市鎮在这些区域里已經很好地建設起来了；到十二世紀时，在法兰西北部、英格兰和萊因河以东的那一部分日耳曼（Germany），市鎮也在发展中。市鎮一边长大，一边爭取摆脫教会和封建建制的种种約束。在中央政权最弱的日耳曼和意大利，市鎮簡直变成独立城市政府；在法兰西和英格兰，它們仍然臣属于王权而非臣属于封建势力。这些市鎮的生活靠的是用手艺工人业会在自己屋墙以內所生产的新制造品来换取封建經济下的剩余产物。最初，市鎮居民只占总人口中微不足道的一小部分；即使到了中古时代末期，象意大利和法兰德斯等較为都市化的国家里，市鎮所代表的人口大約不多于百分之五。尽管这样，市鎮的成立有决定的重要性，因为，将要創立資本主义的資产阶級（市民）是从市鎮里产生出来的。这都市运动又成了一派新的功利主义科学的焦点；而这科学是同古文明国民的科学根本不同的。

在中古时代的大部分年代里，市鎮却并未負有这样革命性的任务。市鎮一經获得一些必然的自由，就很好地配合基本上属于乡村的封建經济。这种經济却一点也不稳定。前文已指出，在最初局面中，它的主要重点是建立和推广封建秩序。[3.31]十三世紀以后，这个秩序自身开始崩潰，不仅是在它建立得最不稳固的意大利，还在它的中心即荷兰、英格兰和法兰西北部。全面說来，这个崩潰却是有进步性的，而不是退化的。作为标誌的是生产增加了，不仅是食物，还有紡織品；随同着还有农民間的分化，在这种分化中，至少較富的农民豁免了封建制度下的当差。应付市場的商品生产代替了餬口經济，結果是提高了貿易和市鎮的重要性。这些情况再进一步激励了制造方面和运輸方面技术上的一些改变，就是这些改变引出了資本主义新时代。

对工艺革新所施的推动力，在中古时代开始时就已有了，特别在改进利用土地法和多多使用机器这两方面。中古时代的农民和工人在此能得利于古典时代諸技术的

遺产，更受惠于阿拉伯人对諸技术所增加的东西。至于所損失的，如已指出的那样，大都是享乐艺术和大城市組織的艺术。缺少引水沟渠的大桥和沐浴所也就算了，磨坊和鍛冶場却保留下来。如我們所将見及，农业和各項实践艺术，由于自东方假借一些东西，再靠本土的一些奇巧发明，因而再有改进。所取的改进方向是用机械动作代替人体动作；用畜力或水力代替人力。中古时代手艺工人所能做的事，实在沒有一样是希腊人或罗馬人所不能做到的，但希腊人和罗馬人缺少那种爭取人半功倍的迫切动机，缺少那种需要。

中古时代大部分岁月經常缺少劳动力。非但不再有可以供用的，曾經阻滞了古典时代工艺进步的奴隶劳动力，而且有扩展由封建制度本質滋生出来的种植事业的推动力。貴族需要越来越多的地，但沒有农民的地是无用的，而农民永远不够多，特别是在收获时。当然，农民可以被迫工作得再勤些，并繳給地主更多的产品；但这样做是有限度的，农民反抗运动便是有力的証明。因此，先有进取的封建地主和牧师，継而有富商，都寻求一些旁的方法来致富——如靠磨坊、紡織厂、矿山和对外貿易。技术进步来得慢，这是由于貴族和业会分子的既得权利作梗，这种进步却是无法制止的，它的后果終于挖空了封建制度的基础和封建制度的知識表現即中古世界秩序的基础。

6.3 中古时代的教会

在中古时代自始至終，都是由封建制度提供了經济基础；至于知識方面和行政方面的表現則是教会来供給。教会的团結和教会的法度抵制着貴族的一些无政府傾向，并給予所有基督教国家以共同的威信基础。皇帝和教皇間，国王和主教間，在特别爭点上虽常有权力抵触之处，但双方都認識到，要把社会維持住，就必須互相凭借。教会并沒有挺身出来反对封建制度，它倒是封建制度的一个本質部分，而且从宗教改革就可以看到，不改变这二者中之一，就不能改变其二。

在十世紀以前过渡时期中，西罗馬帝国的教会所最关心的只是保存殘余文化。教会是古代文化对抗蛮族一再前来冲击的唯一大本营。这些蛮族是高德族、汪达尔族（Vandals）、法兰克族、薩克森族（Saxons）和倫巴族（Lombards），他們来到罗馬帝国境內以后，总得想法子把他們爭取到基督教方面来。較晚些，基督教叫人归化它的活动伸展更远，到了斯堪的那維亚（Scandinavia, Norsemen）和馬札儿族。在所有的事例中，教会靠着刺激蛮族首領的雄心，以及他們的家属对神奇事物的輕信和喜爱，把自己首先作为帝国伟大性質的承継人所以应該享有的統治权，強加于人。但教

会本身在这个过程中免不了野蛮化；虽然抓住了仪节、法衣、遺物和奇蹟这些动人的宗教外表事物，却失去了許多初期的学問內容。至于有些东西还能保存下来，那是多亏許久以前爱尔兰和諾森伯利亚（Northumbria）的早期传道会所作的努力。这几处地方的僧人，象比德（Bede）（673—735 年）和伊烈基那（Erigena）（約 800—約 877年）保存了些古典时代的学問和哲学。[3.1a]

在欧洲，查理大帝（Charles the Great）作了首次的恢复知識的广泛运动。他本人虽不識字，却創办了九世紀的宫廷学校；但因斯堪的那維亚族、馬札儿族和薩拉森族重新侵犯，这事遭挫敗。直到十世紀从勃艮第（Burgundy）的克卢尼（Cluny）开始的宗教改革形势中，教会才認眞开始建成一个組織，能够控制基督教国家里从国王到农奴所有的人的生活和思想。这个組織本身是封建的，而且实在是双倍封建的，这是因为不但教阶制度中的凡間教会人員，如教皇、大主教、主教和祭司，都是封建地主，而且連正式教士，即僧侶，也都各自承担风险去开拓僧院所拥有的土地和成为封建主义扩张的矛头。

在整个中古时代里，至少到十三世紀初，那怕是在意大利，教会通过祭司和僧侶几乎享有求学和甚至識字的全部垄断。封建行政是要牧师經手的，直到今天，英文 clerk 一字还是明証[英文 clerk 有牧师和书記二义]。这种垄断使中古时代思想具有某种程度的統一，但也严重地限制了思想的范围。希腊思想和回教思想却都不曾这样局限于单独哪一流人（162 頁）。

中古时代教会对于人間事务所公然采取的态度，在罗馬帝国衰敗中的黑暗时日里，已經規定下来。它把今世生活当作只是永久的地獄生活或天堂生活的准备阶段。这种态度，只是因为人生环境有了不容否認的改进才逐漸变弱，但不到文艺复兴时代还不曾被吹散。不过，教会对于人間俗事，实际上采取了机敏的关注，深深地裹到对于封建制度的維持里去。

修道士的出現

教会既和一种以乡村为基础的經济打交道，就使它自己，从十二世紀起，与新市鎮中工商界凡俗社会的利益相对立。工商界把他們的不滿表現为信从一些通常属于摩尼派和神秘派的异端，主张不必靠一羣貪婪而生活邪恶的教士居間，人照样能接近上帝。这些异端可以暫时用武力鎮压，如在 1209 年抵抗阿尔比（Albigenses）派的大規模的十字軍中。但是，到十三世紀中叶，就寻到一个較为滿意的解决办法。教会从特許的行乞者和传道者方面——圣芳济（St. Francis）派和多密尼克（Dominic）派修

道士方面——获得新臂助。这些修道士出現,一部分是环境变更了的表現,一部分是对于这些变更过的环境的反应。

阿西西 (Assisi) 的圣芳济(1182—1226 年)在他的生活和传道中反映了較貧的市民反对世慾熏心和过分的財富。他的說法得人心,得人心到了危险地步,故而需要使用所有的教皇权术来阻止它暴发成为异端和內鬨。这类困难,是今日应付法国"工人教士"时仍会遇到的。甚至于这"唯灵的"圣芳济派的阻碍在 1812 年被破除后,他們的主义仍通过奥坎 (Occam) (死于約 1349 年)和威克里夫(Wycliffe)(約 1324—84 年)而継續活动,并舖就了走上宗教改革的道路。

在另一方面,圣多密尼克 (St. Dominic) 派的修道传教士,从开始起,就是处心积虑地反动的。他們的目的是用劝导来防止异端的传播。市民变明白了,甚至有了学識,因此不得不团聚最大量的正教学識力量来对付他們。故而就有圣阿尔伯特 (St. Albert) (1193—1280 年)和圣托馬斯·阿奎那(St. Thomas Aquinas)(約 1227—74 年)在哲学方面的努力;也就还有他們对亚理斯多德这个維护法度的角色的衷心的同情。比起历次十字軍和宗教裁判的更殘酷的努力来,这种劝导的效能究属如何,就难于道出。不过,异端却被压制了約三百年之久。

尽管修道士这样努力,中古时代的最后二世紀依然发見在兴旺起来的市鎮的势力下,并在国王日益联結市鎮来反对乡村貴族因而增长了的力量下,宗教显然衰弱了。教皇政府于 1309 年被逼迁到阿威农 (Avignon);从 1378 年到 1418 年,教会分裂,成为受二位或三位教皇所管。为了医治这种創伤,对教会联合大会賦予了新职权。即使是这样,仍不能維持秩序。大会虽能在 1415 年焚毙胡司 (Huss),但他的党徒抗拒大会,并在波希米亚(Bohemia)維持着一个独立民族国家,直到 1526 年。然而教会只不过在組織上被削弱;教会已深深印入学术思想和社会思想,所以后此数百年中,政治上的种种爭执都是主要用宗数的詞句来表达。

6.4 經院哲学派和大学

在十世紀,西方基督教国家开始恢复时,它需要一个知識基础,比那搶救出来的一点古典学問所提供的,即使是由比德和伊烈基那等天才思想家所传述的,还得广些。牧师們須要訓練得能想能写;教会的有关灵和俗双方的各項主张,須要巩固和維护。在先,为适应这种需要,就設立大会堂附属学校,如在沙脫尔 (Chartre) 和理姆斯 (Rheims)的。到了十二世紀,这些学校已发达成为大学,有固定課程,教授七項学艺、哲学和那被認为最重要的神学。其中最先并最著名的巴黎大学,与其說它在 1160 年

創立,不如說它那时被承認。大学作为广泛的研究所（拉丁語 studium generale）来了解,即作为同时研究一切学科的地方来了解,并不是一个全新的观念。古代曾有雅典的一些学校,还有亚历山大城的博学院。回教徒有他們的清眞寺学校,称为回教学校(按阿拉伯語义为讀书所［Madrasseh］),历若干世紀之久,校內教授宗教,也教哲学。并且从十一世紀以来,撒列諾就已經有了一所医科学校。虽則中古时代新兴的大学模拟所有上述諸大学,但他們的教程要更普及,并更系統化,而且在基督教国家的世界里,早就获得作为学識宝庫的特别地位。波罗那（Bologna）大学的建立也有巴黎大学那样早,如果不更早些的話;牛津大学实际是巴黎大学的分校,建立在 1167 年;劍桥大学在 1209 年。随后就是帕彫亚（Padua）大学在 1222 年,那不勒斯大学在 1224 年,薩拉曼加（Salamanca）大学在 1227 年,布拉格（Prague）大学在 1347 年,克拉科（Cracow）大学在 1364 年,維也納（Vienna）大学在 1367 年和圣安德魯（St. Andrews）大学在 1410 年。

这些大学从創办时起直到比較晚近,主要是訓練牧师之所。当牧师垄断了从事文化职业的权利,并負有完成一切行政責任时,強調大学主要是訓練牧师之所,并沒有多大关系。当时所以重要的是他們必須受教育,尤其是必須把古典世界的諸观念吸收一些。由于书籍希少,教学是用講課和辯論方式,到添設医学院时,仍用此法。課程是根据七項学艺而定出的,是古典学問的异常簡化了的概要。开头的"三門普通"科目是文法、修辞和邏輯,目的在教会学生說和写得有条理——当然是用拉丁語。然后継之以算术、几何、天文和音乐等"四学"。只有經过这番学习之后,才能接近哲学和神学。很值得注意的是基本学习不只是凡俗的,而且是科学的;在这方面采取的是回教型范。至于法律和医学則配备于其他的学院里,但史学和文学却付缺如。由于缺少此等学科,文艺复兴时代就发生了人文主义派,来反对整个經院哲学制（215 頁）。

实际上,所教的科学总在一起仍极少。[3,2] 算术只是計数;几何学只是欧几里得原本前三卷;天文学几乎限于历法和复活节日期計算法;物理学和音乐都很脫离实际,是柏拉图式的。对于自然界或实用艺术,接触极少,而且几乎不想接触,但求知的热爱和爭辯的兴趣至少得到了促发。在中古时代的后期,除极少几个例外,如帕彫亚大学(222頁),諸大学是既成为法定知識的保护者,也成为文化上任何进展的障碍物,但在初有大学的时期,大学是欧洲知識生活的焦点。

阿拉伯知識和希臘知識的冲击

阿拉伯学問,带着一股吸取甚至比西方国家所保留的还要丰富得多的古典知識

的风气，冲进了这个受到限制和如飢如渴的求知活动的世界，从十一世紀的几种翻譯开始，到十二世紀就有大宗阿拉伯和希腊經典都譯成拉丁文，最多是从阿拉伯文譯出，[3.2] 但有些直接由希腊文譯出。最多的翻譯工作是在西班牙完成的，有些是在西西里完成的。历次十字軍运动对文化的散播，影响微不足道。大約除了印度科学和回教科学間的传递而外，这一次文化传递，在特性上，与較早时期的那些次，完全不同。因为，在这里，不是让一种实际上已死去的传統传給一个新的生气勃勃的文化，而是把一种还不好算已过全盛时代的文化的各种果实，移交过去。乍一看来，要把具有非但外来而且积极仇視的宗教信仰的民族所传来的、并用一种完全不同的語言表达出来的一些观念传达过去，或許有种种极大困难。但是，比起阿拉伯人所传文化对拉丁人所已持有的文化間的基本类似性来，这些障碍就确显为表面性的了。他們实在只是接受着早已成为自己的文化基础的希腊化文化，接受得更充分些，而且同它的源头更接近些。两族的文化都含有同样的柏拉图派和新柏拉图派思想的底层。語文虽不熟悉，意义却不然。

不仅止比，正是回教本身也曾面对着同样那些要使基督教徒感到困惑的知識問題——宇宙的創始；信仰和理性間的調和；古兰經的文字之出于神启或永久存在性；神秘經驗的有效性。阿魯-加札里和亚味洛厄兹間已經展开的論战（163 頁），将要由邓·斯科塔斯（Duns Scotus）和托馬斯·阿奎那（Thomas Aquinas）継續爭辯下去。把九世紀到十四世紀这段时期，当作調停宗教和哲学并完成古典时代世界画景之一元的阿拉伯-拉丁的努力时期，单就科学来說，可以說是合乎邏輯的。不过，这样做就不免忽視了一些地理区别和經济区别，这些区别是准定要使这桩企图的結果显出明明白白的分歧点的。因为，在諸回教国里虽已达成了一种和解，因而断絕了科学的进展，但在基督教徒手中，爭論仍未已，直到在一些經济变化冲击之下，整个希腊世界画景才被毁灭，而为另一画景所取代。

信仰和理性

当阿拉伯学問的全副冲击力量被人感覚到以前，十一世紀中各学派之爭已在把方向轉到这个中心問題上去，即要在理性里替信仰提供一个基础；或者，再往狹里說，就是要使宗教經典和神甫这一方与希腊邏輯另一方取得一致。这工作最初看来相当容易：圣安瑟倫（St. Anselm）（1033—1109 年）以至善观念的存在就証明了上帝的存在。一种合理宗教的諸細节，就較难填补进去。阿柏拉德（Abelard）（1079—1142 年）在他的"是与否"（Sic et Non）里，确实征引了神甫們的相当多的文句，这些文句差

不多在每个重要問題上，都表出一些互相对立的意見。十二世紀里重获亚理斯多德的重要著作后，人們初以为这就会提供足够的指导，去解决这些問題。当他的淵博学識和謹严邏輯成了人們所能賞識到的东西之时，他的历传的令名，就被認为不只是名符其实，而且有过之无不及。此外，如我們所已知(114 頁)，亚理斯多德的一些基本上保守的理論，原是用来配合一种靜止的，划分阶級的社会。只須經过某些改变，这些理論就能适应于基督教的和封建的，而已非异教的和奴隶制的經济了。

中古时代始終尊为伟大評註家的亚味洛厄兹（163 頁）已經采取了最初几个步驟，但他太过于尊敬亚理斯多德，以致他的詮释不能馬上配得上基督教的启示。[3.19;3.35] 該項任务是由多密尼克修道士圣托馬斯·阿奎那完成的。他的大部头的"神学大全"(Summa Theologica) 所提供的自然和人类世界的解释，是把自然界和人类世界当作了神权統治和人类解脫这齣更重要得多的活剧演出的地方。全部著作极有条理，对每一論点征引贊成与反对見解，还具备一套論証，把人引到正教派的解决办法上去。据說有些事物单凭理性永不能发見；在这个意义上，信仰总高于理性；但是，启示和理性却同样地永不会相抵触。答案既然是預先拟好的，这位先圣的辯論就常常具有特别是辯护的口气。然而这些辯証其后从未有所改进，他們成为天主教教义的基础，直到今天(附註 118 頁)。

由于所受的时代限制，圣托馬斯的成就是一桩在系統性和智巧上的非凡功业，因为它不仅是亚理斯多德学說的重編，而且包括运用亚理斯多德派的方法去应付希腊人在已往断不会遇見的一些封建社会局面。尽管如此，这桩工作并不标誌創始性的思想进步，至于今天仍用它来作为哲学基础，这只是拥护反动的新托馬斯派在理智上破产的自白。

圣托馬斯实在是过分能干了。他不但使初期基督教里片断而又常相矛盾的一些教义得与理性調协，他还用了新柏拉图派的伪书，就是所謂軍神山法院判官带奥尼細阿斯 (Dionysius the Areopagite) 的"天上阶层制"(Celestial Hierarchy)——說公道話，几乎所有中古时代思想家都奉此为福音书——作为他的世界秩序的主要基础，这基础因此既不是科学式的，也更加不是基督教式的。

若干晚近史学家，鑑于現代科学起自中古时代經院哲学，就盛称那种使經院哲学家能搞出現代科学的辯才。其实第一方面，創造現代科学的不是經院哲学家，而是象雷奥納多、培根和伽利略等人物，他們激烈排斥經院哲学家的目的和方法(250 頁起)。再則，科学革命史指出：扫除所有各时代累积了的无稽之談，这是科学基础工作里，远远最艰难，最乏味的任务。当我們体会到，假若沒有这些障碍，这宗用了将近一千年

才完成的思維,原可紧縮在二百年之內,那么我們对于那些建立了各种理論去很着实地阻撓了科学进步的人們就会不再那样輕易推尊。

唯名論者的反对

圣托馬斯的勤劳,在当时不如其后許久那样受欢迎。即使在受到阿拉伯学識冲击以前,人們已在反对那以柏拉图式各"观念"或亚理斯多德式各"实質形式"所具有的实在性为基础而极其抽象的辯論法。与实在論者相反的唯名論者中第一人洛塞来那斯(Roscellinus)(約1050—約1122年)的論辯,得到了圣芳济会会士邓·斯科塔斯(約1266—1308年)不顧圣托馬斯的反对而給他的增援。唯名論者坚持个体的重要性,又主张万物先名称或观念而存在,他們其实已切实地拒絕了全部唯理的神学方案。然因为唯名論者也是純正的基督徒,这样做就不至于引他們入怀疑主义,也不会在大多数場合上走直接研究自然之途,倒是頗象阿魯-加札里那样,去拥护那被視为神秘并且崇高到非人类理性所能了解的盲目信仰。不过,因为他們必須和实在論者爭辯,他們就不得不走批判的路子来发展他們的推理,这样他們就提供了一些論証,这些論証在后来自然科学复生时都是有用处的。奥坎的威廉(William of Occam)的有名的"剃刀",即"单元不应无理由地增添"这句話,或者更合乎原文的"少用几个单元就行而多用几个,这就是徒然的"这句話,曾被用来刈除科学中的許多謬論。再晚些,巴黎的白利当(Buridan)(約1297—1358年)和奥累斯美(Oresme)(1320—82年)学派用奥坎的方法,批評亚理斯多德的运动理論,就此替伽利略对动力学的改革舖好道路(242頁)。[3.1;3.2] 在化学方面,理性久已只具有微薄的掌握力,因此,炼丹术的研究就也赢得有神秘思想的人們的支持。把回教在神秘派的神秘主义輸进基督教国家,主要是瑪約喀(Majorca)的雷門·勒尔(Raymond Lull)(約1235—1315年)。他是,或据說是,那将要經过巴拉塞尔士和范赫耳蒙脫(van Helmont)而传到今日化学的化学传統的始創者之一。这在往下还要交代。(226頁)

6.5 中古时代的科学

这一长篇关于中古时代科学的宗教和哲学前言是必要的,因为当时的那一点点科学研究是几乎专为宗教目的,而且是由神甫、修道院士或乞食僧这些宗教人員所担任的。就这点而論,这和回教科学的情形成为显著对比;在回教方面,极少科学家負有任何宗教使命,大多数却抱有坦白的实用目的(162頁)。

現在有一种頌揚中古时代的科学而貶損文艺复兴时代的科学的风尙,这风尙是

特别愚蠢的。这样做是沒有把事实弄准确，对中古时代的宗教人員兼学者尤其是不公;即在他不求功的地方,却归功于他，至于他的眞实貢献,却被抹杀了。即使罗哲尔·培根(約1235—1315年),当他乖戾而刚愎地指責同时代的人物而把伟大的圣阿尔伯特和圣托馬斯叫作"无知孺子"时，他也絕不曾怀疑到科学的主要目的不該是支持宗教中的启示。[3.42] 他和这些人唯一不同之处是他凭經驗,而不凭理性，去求証实。中古时代的人对于推理、以及設計和执行实驗,都完全胜任。不过这些实驗老是孤立的,也同希腊人和阿拉伯人所做的那样，基本是表演，而不能导致决定性的进步。这一撮中古时代实驗者的成就虽然很值得表揚，他們并不曾多多利用这些方法来研究自然,更少去控制自然。他們缺少一种动机去这样做,却尽有許多理由去劝阻他們自己。他們是圣职者,故有許多其他的正务:給尔貝(Gerbert)(約930—1003年),第一位西方科学家,后来当了教皇;罗伯特·格洛斯忒斯特(Robert Grosseteste)(約1168—1253年),西方科学家中最能干的人,是个主教和牛津大学的监督;大圣阿尔伯特是多密尼克会中的一位地方首脑,負責整个日耳曼;最优秀的实驗家夫賴堡(Freiburg)的第特立喜(Dietrich)(活动于1300年)也是如此。連中古时代后期最勇敢的思想家庫薩(Cusa)的尼古拉(Nicholas)(1401—64年),也被拉去替教皇作宣传工作,終于做了白利克森(Brixen)的主教。他們在科学方面所做的无論何事，只是业余工作。

常規可以用例外来証明，如罗哲尔·培根和神秘的朝圣者彼得(Peter the Pilgrim)就是。罗哲尔·培根在科学研究上用了一大笔家財,但尽管有教皇的祝福,他为了自己的辛劳反而下獄。朝圣者彼得是用实驗法研究磁学的鼻祖。关于磁学，他曾发表一短札(193頁)。仰慕他的罗哲尔·培根曾說:"他不喜演說和笔战,而埋首于智慧工作,并从中求得安宁"(188頁)。

在各門自然科学方面,中古时代的总成績可以开列如下:圣阿尔伯特关于自然历史和矿物的少数記录，腓特烈二世(Frederick II)皇帝关于狩猎用的鳥类的一部重要专著,夫賴堡的第特立喜和尉忒罗(Witelo)对阿尔海森(Alhazen)的光学的一些改进,包括一篇关于虹的記載——这要到牛頓才再被改善,还有白利当和奥累斯美对亚理斯多德的运动理論的一些不是很有独創性的批評。[3.2] 有了以上的根据,現在可以断言科学革命应算从十三世紀开始,而这位迟迟才被尊为圣的圣阿尔伯特(在1931年)有資格当保护科学的护圣。

數学和天文学

在数学和天文学方面,表現虽較好,但基本上还是同样的情况。斐波那其(Fibo-

nacci)(活动于 1202 年),即比薩(Pisa)的雷奥納多,初介紹阿拉伯代数学和印度数目字給基督教国家。他本人是一位大数学家,但未传下一个学派,而其后数学要到文艺复兴时代才有重大进步。在力学方面,約旦納·內木拉里(Jordanus Nemorarius)(約死于 1237 年),在一篇述槓桿理論的簡記里,提出了一条原則,說机械所作的功同人們加在机械上的功总是相等的;但是,在当时技术情况下,这个原則对于实际力学并沒有影响,也不能有影响。

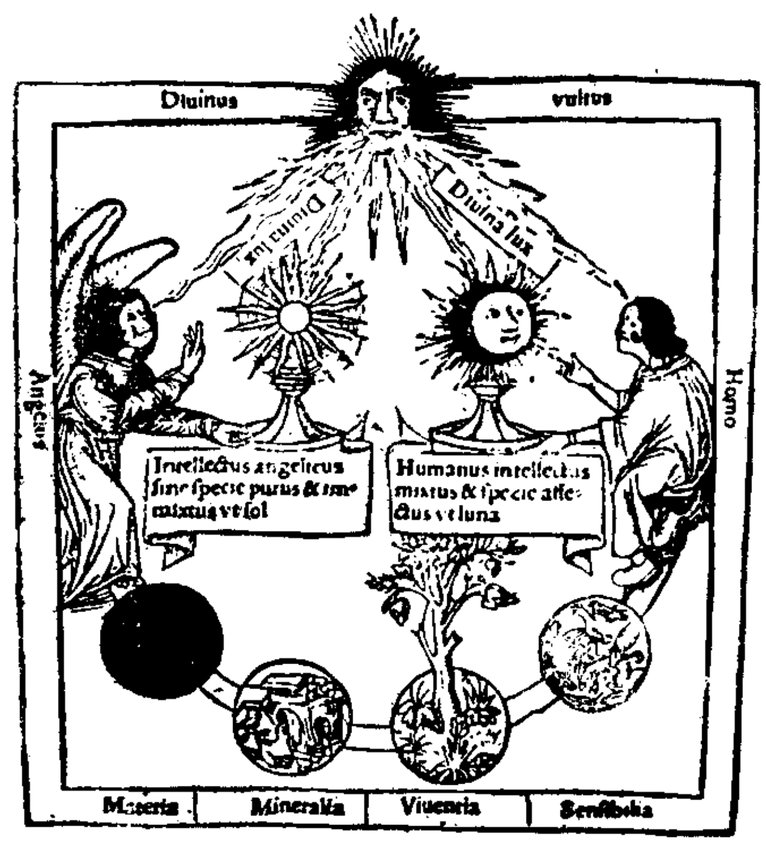
在天文学方面,克里摩那(Cremona)的机刺德(Gerard)在 1175 年把托勒密所著"大集成"从阿拉伯文翻譯出来。这本书里面的研究,配合着当日最新的观察資料表,就使人能在基督教国家里継續研究希腊化的天文学。这些观察資料表是在十三世紀由号称賢明的亚丰瑣(Alfonso)王的命令,根据較早的阿拉伯人观察而編制的。在基督教国家里,也象在回教国家里,天文学主要在于曆法和占星方面。值得注意的是在观察性天文学这唯一需要精确观察、計算和推測的科学里,回教学派的优势維持得較久于在任何别門科学里。馬拉加城(Maragha)(天文台)(約 1260 年)的伊尔塔尼(Ilkhanic)天文表,还有烏卢·柏格(1394—1449 年)的表,直到文艺复兴时代都是当时所能使用的最好的天文表。中古时代天文学家,特别是十四世紀麦吞学院(Merton College)的学派,显出他們能在天文計算方面作些有关細节的改进。[3.21b] 他們也有貢献于三角术和仪器的构造。这些貢献当中最重要的是布罗温斯的利未·本·杰尔孙(Levi ben Gerson)(1288—1344 年)的貢献,他推广了十字測角器,这种原始的六分仪曾替十五世紀和十六世紀漂洋覓地的航海家服了务。有趣的是,新近发見的"行星赤道仪"(Equatorial Planetarie)一书[3.32b] 乃是英文中最初的严謹科学著作,仪器本身則是預測行星方位的机械用具,它虽非焦非理·乔塞(Geoffrey Chaucer)(約 1340—1400 年)所发明,却被他講述过。他自称"給我儿子小留伊斯(Lewis)"的"論星盘"(Treatise on the Astrolabe)一书是久已聞名了。[3.15] 天文学沒有彻底修改过,这是因为薩克森尼(Saxony)的亚尔伯特(約活动于 1357 年)、奥累斯美以及最明显如庫薩的尼古拉等的反对学派——推动力学派——虽則敢于提出每天在旋轉的是地而不是天,他們这样做却是基于哲学立場。他們本人都不是天文学家,职业天文学家則仍信奉托勒密,直到进了十七世紀好些时候为止。

中古时代科学的局限

中古时代基督教国家对科学的貢献,在过去也許不公平地被忽視,到今天却又有夸大其重要性的危险,夸大到把整部科学史弄成不可了解。此中特要的事实是:科学

作为一套活的传統，只活跃于十二世紀和十三世紀，到十五世紀初期已堕落为晦暗的迂腐学問，这就可以辯护并說明文艺复兴时代的人对高德人的野蛮的藐視。[4.27]这件事

a



b

图 6　中古时代的实踐和理論

(a) 当时所用的星盘：由太阳的光推算白昼的每一时刻，由恆星推算夜間的每一时刻。
摘自“牛津早期科学”第五卷所重印的乔塞(Chaucer)的手稿。

(b) 实体的大鏈。
神光照耀着天使和凡人，二者則由未成形物質界、矿物界、植物界和有覚界所联系。
摘自 1510 年玻維勒斯 (Bovillus) 所著“論知識”(De Intellectu)。

实，再配合了經院哲学家所处理的主題和所采用的方法与回教科学所处理的主題和所用的方法簡直相同，就指出如下一个結論：中古时代科学，就全部而論，必須看作是一桩求知运动的結尾而不是开头。这是拜占庭-叙利亚-伊斯兰式采用希腊化科学来适应一个封建社会的情形的最后面貌。这是旧的古典时代經济崩潰所产生的后果；而且它又随同継起的封建經济的崩潰而腐敗和消灭。*

对这样的科学，如果期待得較多于当时对它的要求，那就欠公平。对于回教徒同对于基督教徒一样，在辯护宇宙的神圣法則这一大任务中，自然科学有份，但只是不很重要的一份。宇宙的神圣法則的种种主要特征，則是神启示給人的和理性所支持的，也就是說，由抽象的邏輯和哲学来支持的。罗伯特·格洛斯忒斯特也許可算是心灵最卓越和对中古时代科学的发展影响最大的中古学者；他就以为这科学在本質上是用来解說神学眞理的一种方法。他进行光学研究和靠实在經驗来証明透鏡的折光現象，都是因为他把光設想为同神灵的輝耀相类似(图 6)。[3.16]

在中古时代，不这样想的人极少。不这样想的人容易被人检举为崇信异端，或者

最便宜是被人忽視。再有格洛斯忒斯特的門人罗哲尔·培根也証明了那时我們已离开中古时代的見解多么远，他是当时最眞实的声音，宣传着为人类服务的科学，并預言可以通过知識来征服自然。尽管他預言将有自动船、自动車和飞机、以及"教人怎样去寻找能够延长人寿的东西"的炼丹术科学，但他对科学的兴趣主要是为了神学。在他看来，科学知識同启示一样，只是为了替上帝服务所应思考、体驗和运用的完整智慧里面的一部分。

基督教的眞理被認为能指点出人生在世的眞正目的，辯明这种眞理成了一种压倒一切的需要。凡俗知識沒有能和救世方案比拟的，而教会則是依靠种种圣礼和传統掌握着这个方案的关鍵。这样的考虑指导着中古时代思想去安排一切知識和經驗，好构成一幅庄严的世界画景，里面含有人所应知的一切事物的精华。在中古时代，使这种博学多識的傾向达到最高点的不只是托馬斯·阿奎那著"神学大全"一书的完整邏輯方案，而且还有其他包括更广泛学識的著作，例如英国人巴托罗繆(Bartholomew)(約活动于 1230—40 年)和波未(Beauvais)的芬森特(Vincent)(約死于 1260 年)的著作。他所著"大鑑"("Speculum Majus")篇幅之巨，在十八世紀法国"百科全书"(302 頁)以前，无与倫比。

中古时代的世界画景

即使是只因为現代科学大体是为了企图替代中古世界画景而起，并仍带有这种斗爭的許多痕跡，就須要在此一談这中古世界画景。希腊-阿拉伯这一中古体系的主要特色是它的完全性和阶层組織性。亚理斯多德(113 頁)和亚历山大城天文学家(124 頁)的灵气的宇宙方案，已变为一种呆板的神学性兼实体性的世界。整个世界里是若干同心球面层——月和日的球层；行星的球层；尤其是諸恆星共有的一个球层；往外就是天。还有，作为神学方面必需的对衡体，另設了一个下界，这里是但丁(Dante)的"地獄篇"("Inferno")里所曾描述得十分可怖的一些地獄禁圈和陷坑。世界由天意注定为分品級、分地位。亚里斯多德描写的世界是永久性的，犹太人和基督教徒描写的世界是在一次行动中构成，将在另一次行动中破坏的；两者折衷而成为这里所說的世界。这是一个居間的世界，显然有它自己的各种法則，却只充当一座舞台，备各人演出自己的一生，就靠演得好坏来决定一个人最后是得救还是下地獄受罪。

階层組織

社会上的阶层組織在宇宙自身里也复現出来；正如有教皇、主教和大主教，皇帝、

国王和貴族,就也有个天上的阶层組織,其中含有九班天使:最高六翼天使(seraphim)、灵童天使(cherubim)、护座天使(thrones);主权天使(dominations)、品德天使(virtues)和权能天使(powers);君侯天使(principalities)、天使长(archangels)和天使(angels)(都是伪带奥尼細阿斯的幻想成果)。每級天使在执掌宇宙工作中起固定作用;他們按等級隶属于各行星球层,使它們适当地运动着。属于月的球层的最低級普通天使,当然和又在他們之下的人类一級,交往最頻繁。一般講来,有宇宙体系,有社会体系,有人体內部体系,它們都代表某些状态,是大自然在受到干扰后就趋于回复到的那些状态。每一物有其位,而每一物也自知其位。四元素也成一个体系——土居下,水較高,风更高,而火为最貴元素,居最上。人体的高貴器官——即心和肺——同腹腔內的下等脏腑,被膈膜妥为分开。在这个广泛体系中,动物和植物都各执行其适当职司,不只給人許多必需物品,甚至更进一步做出些道德榜样让人看,如蚁的勤劳,獅的勇敢,鵜鶘的自我牺牲精神。这个庞大、复杂、但秩序井然的宇宙,在观念上也是合理的。这个宇宙观联合了古希腊人和古罗馬人的最按照邏輯而規定出来的那些結論,以及圣經和教会传統里那些不被人疑問的眞理。各学派在这种說法的若干細节上,容或不一致,但是对于它在实质上之为一幅眞正画景,都不置疑。基本問題,看来象是已經一劳永逸地解决了。当时已能有一个同时既合乎实践要求、在神学方面又健全而且明显地合理的宇宙。*

6.6　新技术改变中古經济

在这样看法之下,就容易了解:攻击这世界画景的任何部分,如何被当作比单单作知識上的調整要严重得多,严重到簡直好算攻击社会、宗教和宇宙本身的全部法則。因此就必須使用教会和国家的全力来抵抗这种攻击。中古时代的思想体系必然是保守的;假使听其自然,恐怕要保持到今天。但是,这个思想体系并不曾听其自然。中古时代思想体系尽管会很傾向于靜止,但中古时代的經济是不能停止不动的。

前已說明(174 頁),封建制度含有其本身变化的种子。貿易增广了,运輸和制造的技术改进了,这就无情地赶向一种商品与貨币經济制度去,来代替以指派下来的服务为基础的經济制度。就是这次經济革命里的技术方面将成为决定的因素,来創造一种新的和进步的实驗科学,用以代替中古时代的靜止而唯理的科学。它将带給文艺复兴时代的人們一些局势和問題,是旧知識所不足以应付的。

因此,这些調整知識的办法属于較晚时期,但一些基本的技术改革本身却发生于中古时代,而且确实代表当时对未来科学文明的最显著的貢献。在这样一个看来并

井有条而又静止的社会里，这些技术改革历久不被人認識，因为它們大多数够不上宗教編年史家的注意，虽則他們在領主田产記載和訴訟档案里露面得相当突出。从一位大石匠威拉·德·渾湟庫尔（Villard de Honnecourt）（約1250年）[3.2]的笔記本里，我們得到一件宝貴文献，載有許多机器的图和說明。极少中古时代学者提到技术事情，至于企求了解它們的就更少了。罗哲尔·培根对朝圣徒彼得的頌揚，显出了这种兴趣在当时是何等地絕无仅有：[3.16]

> 他从实驗懂得自然科学，还懂得医药、炼丹术以及天上的和地下的一切事物。如果任何平常人、老妇、村夫或兵士懂得一点有关土壤的事为他所不悉，他就要慚愧。所以他熟悉浇鑄金属法，以及处理金、銀、其他金属和一切矿物的方法；他懂得有关軍人职务、軍器和狩猎的一切；他考察过农业、田地丈量和耕种；他更考虑过老嫗的幻术和算命术、这些人和一切术士的符咒、还有魔术家的种种手法和障眼法。他却藐視荣誉和奖励，以为它們将妨碍他在实驗工作方面达到伟大成就。

这种理想同經院哲学家的抱負离开得很远。这些人难得注意到这类与拯救人类灵魂或自己的陛級极少关系的事情。文艺复兴时代人文主义者則以为一切好的东西或事情都直接来自希腊或罗馬，所以就他們自己而論，就存心不睬上述那些事物。他們反抗中古时代的全部成就，把它辱駡为野蛮的和高德式的。

中古时代的建築

我們这些已不再和封建制度进行着生死斗爭的人，只要一观高德式建筑物的发展，即从諾尔曼式的阴暗、厚重，到垂綫式的明亮、輕巧，就明白这三个世紀跨过了一个急速的技术进展的世界。建筑实在是中古时代技术和思想的最伟大、最特殊的表現；不过，与其說它是科学成就，不如說是純粹技术成就。在圓拱和扶壁方面的了不起的构造，比罗馬人或希腊人所尝試过的任何东西还要大胆得多。它們是針对一些实际困难而作的一系列特創性（ad hoc）解决的結果。理論一点也沒有用在这里面；理論也不能用在这里，因为除了关于圓拱的运用常識而外，圓拱的理論是迟到我們的时代才被发見。同一理由，中古建筑术对科学进步上的輔助，直接的或間接的，都几等于零。其他革新事物就不同，其中有些，象罗盘和火药，将替新科学提供基础；还有其他一些，如駕馬用具和貫軸舵，則将通过它們所导致的生产力的增进而間接影响科学。[1.13;1.14;2.29;2.30]

东方国家和中国的一些技術革新

各种发明和发見以及各种开拓和发展都加在一起，才使中古时代的种种技术进步成为可能的，并且才使欧洲人对于控制世界和其后終于对了解世界，有了比他們从

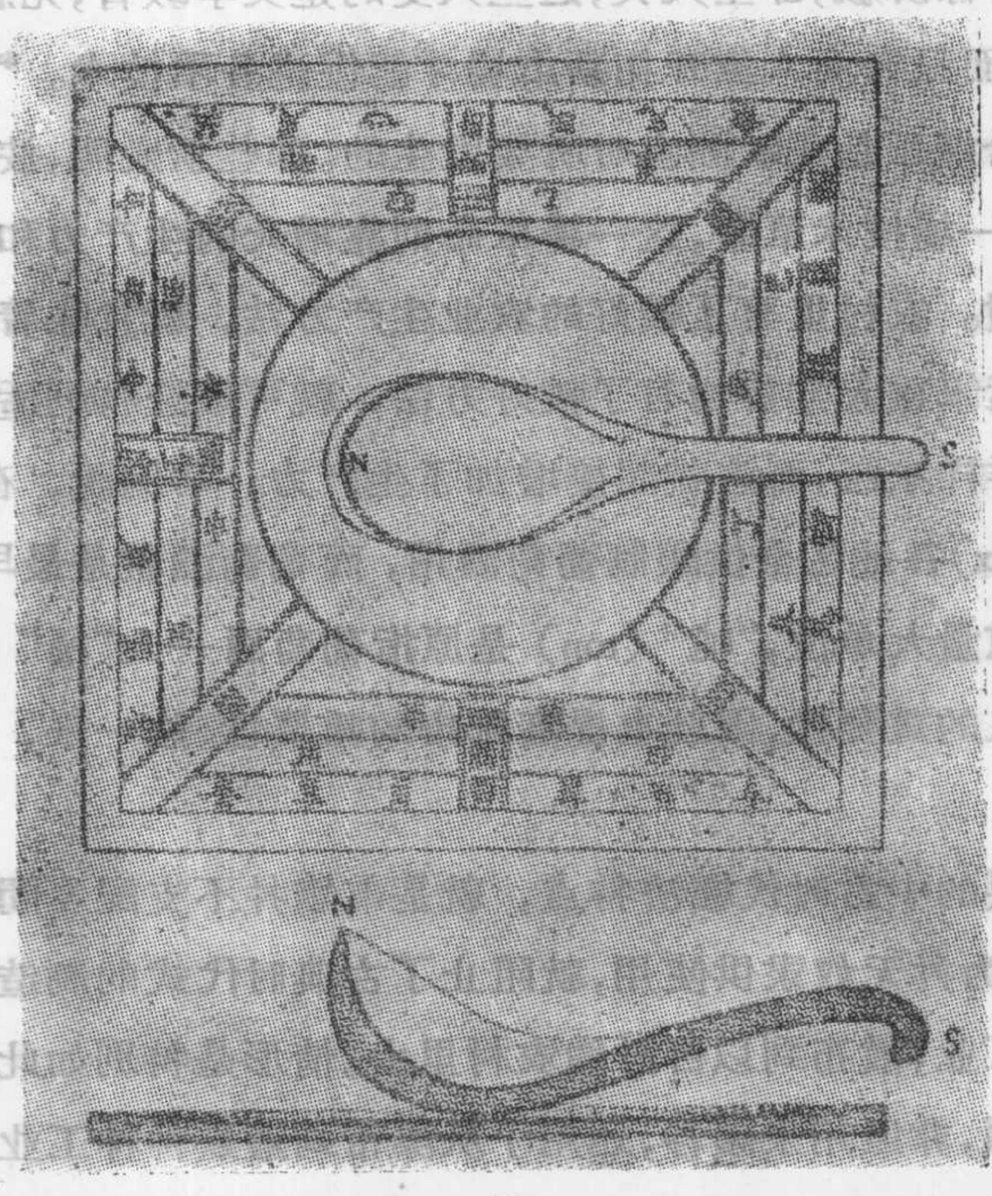


图7　早期中国的技术和科学

(a) 武梁(公元147年)墓的拓片[即武梁祠画象的拓片——校者]表明改进了的馬鞔和軛。

(b) 王振鐸复制的最古形式的罗盘。平衡了的勺是用磁鉄矿做的，盘是汉代的风水盘，約在公元100年。

古典时代的遺产所能获得的还要大的力量。意义重大的是，如馬鞅、时鈡、罗盘、貫軸舵、火药、紙和印刷术这些主要发明，本身都不是发展于封建时代的欧洲。这些东西都好象来自东方国家，而其中的大多数，归根到底是来自中国。

我們由于多了解些中国科学史（在这方面李約瑟［Joseph Needham］博士对中国技术和科学来源和历史的重大研究是非常宝貴的），[3,4] 才开始認識中国的各項技术发展对全世界的巨大重要性。就我們所已知的而論，已足以說明西方基督教文明唯我独尊的观念是建立在对世界其他各处的狂妄无知上面的。文明传递总难于証明，但事实俱在，許多迟到十世紀或更晚才出現在西欧的发明品，早在公元最初几世紀里就在中国詳細叙述出来了。

至于仍待解释的是：何以中国及在較低的程度上印度和回教国家的早期技术进步虽然有过頗有希望的开始，但到十五世紀以前竟全然停止，又何以归結为造成了这几个东方文明，其技术程度虽高，却靜止不前。李約瑟博士認为，特别适用于中国方面的理由是出了官僚阶級，即士大夫，这些人受的是文学教育，无意于改进技术，只是关心压制商人，然而只有商人靠开拓新市場才能促进各項技术。*

这个情况却恰好正是在欧洲当时所要发生的。那些新发明，按照着它們被使用开来的程度，推动了一場技术革命，这一場革命則靠增大的生产力和貿易，累积地酿成了封建組織的崩潰。农村里有了較好的农业生产方法，就意味着更多的剩余产物可供交换。等到搬运笨重大宗貨物有了較好方法，就可以让特别适宜专种某种农作物的土地不必生长样样东西，而这就間接增加了生产力。举例說，在十三世紀，曾拿环繞波尔多（Bordeaux）各地区全供酿制葡萄酒用，而葡萄酒就是最早的一种大笨貨，其証明在于現用的重量大单位，"吨"（ton）是原指葡萄酒一大"桶"（tun）的重量而言。貿易轉而提高商人的重要性，因此也提高都市的重要性；这一来，手工艺就开始滋长于市鎮和乡間。

对将来最重要的中古时代經济特点，就是市鎮并不支配乡間。封建制度仍維持这样的独立，又因为并无奴隶供使用，就阻止了古典时代式的制造厂的兴起。由各項新发明而兴起的工业，散布到以百計的农村里去。情形是特别如此，等到风磨、水磨成为动力的主要来源，非但用来碾谷，还用于从漂布到鍛鉄种种工业程序之时。采矿和冶鍊則必然是分散开的地方工业。因坐落乡間，前述劳动力的經常缺乏就更形严重，人們就重視机械技巧。还有，到乡間后，市鎮业会的成員对于会使他們自己失业的各种新法子所加的限制，就都可以避免了。

新式駕馬用具

在上文列举的諸种发明中，前二种，即馬鞅和风輪水輪，在本质上是較有效的传力方法。其中第一种最能直接生效；把項圈套上馬肩来着力，以代替束紧气管的胸带，可能得到的曳引力就增到五倍。[2,30]这件新东西出自七世紀时的中国，在十一世紀初期传到欧洲。立即产生的一些效果是馬可代替牛来挽犁，还有，不适于用牛耕的地都可垦种。同时馬車还代替了牛車。同时輸进了釘馬掌法，使馬能在道路上馱貨和輓車。新型駕馬具使法兰克族和諸尔曼族諸国家首蒙其利，并开始把北海周围和英吉利海峽一带原来土質良好、不遭旱災的地方变成主要生产中心。有余的谷、魚、皮革、原羊毛和布匹——新兴粗重商品中的主要品种——都可在如香宾等处的大商場上，交换东方和南方的更精致的輕巧产品。

水輪磨和风輪磨

水輪磨的实际創制属于古典时代；維特魯維阿（公元前約 50 年）曾講过一种。把磨［水磨、风磨］作为中古的器械来看待却有正当理由，因为它到中古时代才广为使用。罗馬的［水輪］磨不多；因那里的川流对磨不甚适宜，并且地中海区有奴隶可以做工。对比之下，磨从一开始起就是封建經济的主要特色。差不多每处領地（英格兰的古老的"土地清丈册"开列了五千处）都有一座磨和一个磨手。地主充分使用了权利，要他的所有的田奴在他的磨坊里磨他們所生产的谷。

风水磨不限于磨谷用；它們为更普遍地使用动力开辟了道路。凡是需要稳定不断或逐次加力来做而且又是能够送来做的工作，就都可以采用磨机机构，因磨本身是不能搬来搬去的东西。把旋轉运动变为往复运动就得有碓和曲柄这二种器具，而这二种器具显似来自中国；[3,4]曲柄很重要，因为它不象碓，而是还可以用来把往复运动变成旋轉运动。风輪磨显似来自波斯，約在 1150 年传到欧洲。水輪磨可用于漂布、鼓风、鍛鉄或鋸木，但直待工业革命（300 頁），才用于同样艰辛却更分散的工作，即紡綫、織布或打谷。风水磨在欧洲使用和急速发展到如此多的用途，正足証明劳动力的缺乏以及此种缺乏对技术和科学发展的关联。

风輪磨和水輪磨必須由人制造并看管，而这种工作不是大多数农村鉄匠的技艺所能胜任。因此就有了风、水輪匠这个行业，他們往来于乡間，制造并修理风、水輪。这些人是最初的、按照現代意义所称的机械师。他們懂得齿輪的做法和齿輪的作用，也同样晓得管理堤和閘，所以他們既是水利工程师、又是机械工程师。他們是技艺宝

藏庫。文艺复兴时代是更継起的工业革命时代(389頁),尤其是从这些技巧宝藏庫吸取了唯一能把新哲学的一些观念变成实践的手艺工人。

时鈡和表

这种机械师对于中古时代在欧洲发展出来的現代式机械时辰鈡，也出过力。从名称看来,时辰鈡(英語: clock)原先只是鈴(法語: cloche)为了指出礼拜时刻而撞鳴——后来則报告一切时辰。这是由报时人依滴漏而撞鳴。約在十一世紀时，設計出一种巧妙机构,就是摆輪軸和节摆件(verge and folliot)，能使輪舌往复运动。时辰鈡所須做的只是通过一串鈡机关(*clockwork*)(基本上就是較輕巧的輪机)而释放一个重体去敲打出相当的时辰。某一位风、水輪匠或僧人想到可使用这同样机构,让它一次再一次地工作着来报时,这样就制成了机械式的"更"[即"表",时計](mechanical *watch*)——鈡表业現仍把表称为"更"[*watch*]——而取消了报时人(watchman, 更夫)。机械鈡,包括表在內,就誕生了,做了自行調节并自己运动的現代自动机器的初范。

計时器(timepieces)当然很古。阿拉伯人把希腊的水鈡大加改良,并用作許多复杂、自动机械的基础;不过这些都用浮子和繩索来操作,沒有齿輪組来得准确、有力。但是,我們現在曉得,鈍齿輪联动系,在希腊和中国都悠久得多。*所以鈡不能再認作是欧洲的发明物,不过,在欧洲是最为发展而已。从前,鈡与其說是有用的东西,还不如說是炫耀身分的东西。市鎮或礼拜堂都以有鈡而自傲。然而在文艺复兴时代,制鈡者和其后制表者这两項稀罕行业成了科学上的——犹如风、水輪匠成为工业上的——巧思和巧技的丰富来源。

航海罗盤

观察到地球磁性在一块自然磁鉄或自然磁石面上所显現的指向力，此事一定曾为最困难也最重要的科学发見之一。看来几无可疑，早在我們从别处得到有关磁石用途的記录以前数世紀,中国人已知磁石按装在枢軸上就能指出方向。

根据李約瑟博士,[3.26]这桩发見象是地卜(geomantic divination)——投若干物件在一个盘上，于是按照这些物件的散布情况来預測吉凶的一种法子——的一种副产品。这种法子現在还有人継續使用,并且不妨順便点明,它們引起了案头游戏的大多数項目，包括擲骰、斗牌和下棋。此中有一物件就是[中国人称为司南，而欧洲人称为]北方的、符号的,此即大熊星座或北斗星,用一个勺形物来代表。用磁石——五种

圣石之一一一制成的勺就会永指一个方向。在六世紀以前已发見：被磁石触过的鉄块，和甚至灼热后任其指着北方和南方而冷却下来的鉄块，也都有指向性能。把这样处理过的鉄承置于木块上而做成的浮罗盘，大約早就有人知晓，不过在十一世紀才被人詳細叙說。这就是传統的中国罗盘。它的框架上的諸符記指出它同占卜用的盘有过关联（图 6 ）。至于它如何传到西方，到今还是不明。一个十二世紀的古史传說已把它当作人所共知的东西談到。支在枢上的磁針和載有风候表的指向片，看来却象是十三世紀意大利的发明物。[3.6]

罗盘自从最初发明后的緩慢的发展，具有传統上和技术上一切改进的标誌；不过老早就要求科学来解释它的作用了。西方基督教国家在这方面的最初科学創作是"磁石通信"（Epistola de Magnete）（1269 年），墨里庫尔（Mericourt）的朝圣者彼得所作，他与罗哲尔·培根同时，被培根称贊为当时最伟大、最务实的科学家（188 頁）。这部著作表現出高度的独立思想，以及計划和执行一連串实驗的本領。隔了許久，諾尔曼和吉伯（Gilbert）（246 頁起）才从这个著作上做起研究工作，再从那里出了磁学和电学的整部理論和实践。不只这样，磁鉄对罗盘的影响，还替以前关于感应的种种純属玄幻的学說和推論，提供一个眞实科学基础。甚至更重要些，它对引力原理提供一种有效模型；这个原理貫彻了全部科学，做了牛頓的重大綜合的嚮导明星。

貫軸舵

貫軸舵显似来自中国。中国的船和西方的船基本不同；后者是从刳木而成的独木舟发展出来，从中央龙骨向两側添出了船舷；中国船則从竹筏演变而成，把前后两端翘起来，作为船头船尾。[2.29;3.21] 既然沒有龙骨，船尾中央就成了装舵的天然位置。在欧洲則因旧式的龙骨尾部傾斜，所以較难装置中央舵，而是在古舷固着一只操縱桨。約在十三世紀間，一經如此配备，再加上把船尾骨改为垂直式，这就使原依外輕人船型制成而有了較深的龙骨的欧洲船，成为更优良得多的帆船。依照着使得风帆可以同风更接近而定的航綫来行船，也就办得到了。这轉而导致从較旧式的三角帆发展为前后帆。从此就不再需要等候船尾来了风才开船；风浪較猛时，亦可航行。

罗盘和貫軸舵这两种有关駕駛的发明物在海上所发生的重要效应，同陆地上駕馬用具所发生的可以相比。用了这两种发明物，在广闊海洋上航行就成为可以实現的，而这类航行就大部分代替了早先迂迴的沿岸往来。它們破天荒第一次开放了大洋，供人探险、战爭和貿易，引起了巨大而迅速的經济的和政治的效果。

航海術

航海术的发展，在科学上所引起的后果极端重要。大海上航行，即使只是在地中海，也要靠天文观察和海图，这就直接鼓励人去发展一种能作准确預測的天文学、一种新的計量的地理学以及一些适合船上使用的仪器。在大洋航行进而提出一个迫切問題，就是推求經度。对此，所有十七世紀大天文学家都来着手尝試。由于罗盘和其他种类航海仪器的需要，就产生了制作航海罗盘和日晷这一行新型精巧工业。做这些东西的人后来对科学起了重大影响，特别是树立了越来越高的准确量度标准。許多科学家，連牛頓本人在内，都是仪器制造者；另一位仪器制造者瓦特（Watt），对工业和科学产生了革命性的影响。

火藥和大炮

中古时代和流传到西方的所有发明物中，是那最有毁灭性的火药对政治、經济和科学，都发生了最大的影响。有人把火药的最初发明归功于阿剌伯人和拜占庭希腊人，但更強有力的証据是說它起源于中国。火药的作用的关鍵在于羼入一种硝酸盐（硝石，即火硝）而使可燃物不需空气即能燃烧❶。若干盐場出天然硝石，施肥过度的田地里也有。或者是最初偶然把它用为制造焰火的配料，或者可能是在拿它代替碳酸鈉（天然苏打）用为加有木炭的鎔剂时，察覚它发出一道亮閃光和一陣輕微爆炸。在中国，有若干世紀，只用它去制焰火和火箭。

火药对軍事的重要性开始于火药用于大炮。这大約仿自拜占庭人的火管，但更可能些，仿自中国的爆竹。炮身被称为炮筒，这正說明其原始构造是由一些鉄質的筒片箍合而成。大炮和随后跟来的抬枪在战事中所以有效，很少是因为它們的射程或力量超过旧式的石弩和弩炮，而是因为它們尽管又笨又貴，却比后二者价廉得多，也易于搬动得多。用枪炮来作战和攻城，就創导了战爭技术上的革命，这革命是只有三千年前，鉄器时代开始时所发生的情形可以比拟的。

拿火药，連同大炮、火枪，来对付不备有火药的仇敌，簡直就处于永远不敗之地，因此"文明"人的地位显得着实地优胜于比他們多許多倍的"土人"。但是，即使在"文明"人中，火药也大大地改变了势力的均衡。大炮一經上台，就成为求胜利所必不可缺的东西，并从在一种本可省錢的东西变成战爭上的一項新开支。所以，只有富有的

❶ 俄譯本："制造它的秘訣是把硝石摻入[煤炭和硫磺]使东西不必遇空气就能燃烧"。——校者

共和国，或由商人支持的君王們，才能控制金属資源，并操纵制造金属大炮的技能。这件事实必然要摧毁那些以土地为根据的貴族的独立性，也象炮弹必然要打垮他們的城堡那样。火葯获胜，就是民族国家获胜，也就是封建制度末日的开始。

在海上，火葯的效用也并非比較不重要。火葯用在海軍大炮里，大炮装在船上，船又由新天文学和新罗盘来操纵；这样，从那时起到本世紀中叶，火葯就让西欧人在世界海道上称雄。火葯又使欧洲人能拿他們的文化型加在其他的文化型上，后者在文化和武功双方，都并不低于前者。火葯更直接地使他們能把世界上可以罗致的資財都集中在他們手里，如此他們就有了累积的資本，来資助工业革命。

火藥在科学上的后果——化学方面的和物理方面的

归根到底，是火葯对科学的影响而不是它对战事的影响，将产生最大的影响，使机器时代得以出发。火葯和大炮不只爆破了中古时代的經济世界和政治世界；它們更是毁灭中古世界的思想体系的两股主力。馬約（Mayow）这样說过："硝石在哲学里嚷叫得和在战爭里一样响亮。"首先，火葯和大炮对世界說，是新东西——希腊人就沒有一个称呼它們的名詞。其次，制造火葯、火葯的爆炸、炮弹从炮筒放射出去以及出膛后的飞行，都提出了一些問題，其实际解决引导人們去研求一些属于一个新种类的原因，并創立几門新科学（图 10，243 頁）。

不論火葯是怎样来的，其主要成分硝石（硝酸鉀），只能在悉心研究盐类的离析或提純之下产生，而这离析和提純怕是同炼丹术有关。无論在何处，如須制备硝石，就使人注意到溶解和結晶两現象。还有，如何解释火葯爆炸，极度地难住了中古时代的化学和物理学。火葯爆炸显然是火的作用，但它不同于地球上所有其他的火，并不需要空气。因此就引起了揣测，以为硝石已备有了空气，和反过来說，空气中含硝，或至少含一种带硝的精气（*anima*）。那时以后，对燃烧以及对与此有关联的呼吸，也就是动物需要空气一事試行解释时，都奉这种揣测为模范。在人們爭論了和实驗了四个世紀以后，它終于引导人类发見氧，并由此走上全部現代化学（357 頁起）。

爆炸本身所具有的力，和炮弹从炮膛里的排出，強有力地指出了有一些天然力、特别是火，其力量是可供实用的，而且这就是使蒸汽发动机得以发展的鼓励（333 頁起）。往后，我們将要看到，发展了备鏇炮膛之用的机器（337 頁）怎样被用来制造准确的汽缸，这种汽缸使初期蒸汽机有机会来表白自己的效率。

最后，炮弹在空中的运动（弹道学）促起了关于动力学的新研究。古典时代科学家已經研究过静止的物体，即以比較稳定的力来互相发生作用的物体。新世界却得

考虑物体在激烈运动中的問題，以此为根据，就建立了新而詳細得多的力学。推动理論早在有炮以前就有了，但因后人对炮弹飞行感兴趣，才把新注意力集中在这个理論上。新力学和古典力学間有一桩极其重要的区别：新力学依靠数学，并轉而使数学滋长——它是定量的和数字的。

蒸餾術和酒精

从酒制出浓酒精是十二世紀在欧洲最初开始的，不过，对此的大多数先导步驟，在阿拉伯人发展蒸餾术时即已采用。至于最末断然的一步，則大約完成于撒列諾(Salerno)，那里的医学校在当时已經有名了。这个学校建基于九世紀，終于从希腊、阿拉伯、諾尔曼三种文化的共同融炉，即西西里，吸取了阿拉伯科学的精华。因为香精和油类的蒸餾法当时已为人所知，所以酒精大約是在制备药剂中偶然碰上的。制法的关鍵是把蒸罐的頂部，或蒸餾室，冷却到使酒精和水都凝結。[2,19]所得蒸餾物，最初当珍药飲用。它的一些兴奋性質也被人注意到。不久所制成的蒸餾物就浓到能够燃烧，它的声望因此大增。据說十四世紀时，雷門·勒尔曾拿酒精和生石灰一同蒸餾，得到几乎純醇。把酒精叫作 alcohol 却是誤称；这个阿拉伯名詞其实本指涂眼料，継指任何細粉末。到十四世紀黑瘟时，才大量需要酒精——又名火水、usquebaugh［爱尔兰語］、威士忌、烧酒、白兰地。当时相信，經常服火酒的人永不会死，因而就有"长命水"(*aqua vitae*)之称。从所公布的許許多多禁用火酒的法令可以証明，"长命水"后来簡直脫离了医生的控制而开始大量生产。火酒創下了第一种科学工业，即蒸餾业，这就是現代化学业的基础。

制备火酒对社会和科学有多种結果。最显著的結果即飲火酒的后果以及飲火酒的嗜好，对欧洲社会虽还不怎样重要，但在开化較迟的地方，火酒替"文明"完成的使命仅次于火药。([美洲]滿哈坦(Manhattan)島是荷兰人在1626年用三桶甜酒从印第安人买去的。島名的意义是"我們的醉乡"。)对科学而言，火酒有双重重要性，一在化学方面，一在物理方面。有了提取酒精法就大大推动了人們用同法去处理其他有揮发性的物質。蒸餾业既产生了更有效得多的用水冷却的冷凝器，就意指其他揮发物，如醚，也可冷凝出来。蒸餾器和冷凝器补充了蒸餾室和蒸餾甑而成为主要的实驗室仪器，使人有可能研究有机化学。(图8，218頁)

蒸餾中的物理程序，显得难于了解，特别是热从火轉到冷凝器的水里去这种莫名其妙的事。我們往下将晓得(336頁)，要待到十八世紀的布拉克(Black)才从这上面推出潛热原理，也就是热力学的开始。替布拉克制造仪器的人瓦特轉而从这个原

理上发明了分离的冷凝器，并由此制出了第一座有良好热效率的发动机。

透鏡和眼鏡

前已讲过的透鏡的发見(166 頁)，到 1350 年导致了显似在意大利发生的造眼鏡之事。眼鏡的使用則更进一步鼓励人去研究光学。在解释透鏡把光綫集合于焦点和放大物象时的作用上，格洛斯忒斯特、罗哲尔·培根和夫賴堡的第特立喜都有所貢献于科学。[8,16]也許更加重要的是因为需要眼鏡而添了磨鏡片和制眼鏡这两种行业中的人。由于其中的一位，据传統是立伯晒(Lippershey)，我們有了新发明的望远鏡，时为 1608 年。看来好象至少在那一阶段，无意中把几块透鏡配合在一起，比单凭理論去猜測怎样放大物象，收了較大的效果，而拼凑透鏡却只有在眼鏡作厂里才办得到。

紙

从东方輸入的最后二种工艺，是紙和印刷术这有关联的两大发明，而此二者后来在西方都比在它們的起源地发生了重大得多的效用。既推广識字，就越来越迫切需要比很昂貴的羊皮紙較为价廉的书写用料。制紙法原发展于中国，是以植物纖維为基础。公元前第一世紀，中国已經用紙作为廉价的书写物料。十二世紀时，它經由阿拉伯人传入欧洲。在欧洲，人們用破亚麻布为原料造成了最初的高級紙，从那时起，还沒有比这再好的。紙后来变得如此又好又便宜，以致十分容易到手，这就轉而使鈔手供不应求与印刷术所提供的新鈔写法能够成功。

印刷術

印刷技术并不十分难于发明或操作。从最早起，印章、拓本和鈐記，实在都已經是采用了印的办法了。印刷术在欧洲很快的发展就是一个例子，表明一种技术装置会由于社会上和組織上的需要而被采用和向前发展。一种需要必須先經人感到它的确存在才能产生效果。但眞使某項技术从无变有的那一特殊需要，却不一定就是这新技术其后所終于供应的主要需要。

甚至于在中古时代晚期，还很少有人覚得出对于大宗的紙制的书籍的需要。就事实而論，印刷术最初就不是只因文化作用而发展的。印刷术的全部价值，只是在同一內容的大宗廉价复制本有了需要时才被人感到。因此，就难怪在东方首先是用印刷术来复制道教或佛教的經咒——这种东西份数多起来，对于宗教确实有好处；更晚还用来制紙币，而紙币也是张数相当多的。在西方則眞够奇怪，是别一种用途，即原

供占卜用的紙牌盛行，才使大規模的雕版印刷有了需要，而印制教皇的免罪券、祈祷书和圣象也是很重要的原因。

廉价書籍、宗教和新学問

木板活字印刷术原是十一世紀中国所发明。金属活字在十四世紀时由朝鮮人首先使用。活字印刷术在十五世紀中叶輸入欧洲，传播得非常迅速，先用于祈祷文，后用于书籍。新兴的、廉价的、印刷的书籍促使人讀书，也使人要更多的书，这样就激发了一种爆炸性的或鏈式的反应。当然，印刷者首先注意于把最需要的手写本制成更多的印本。原始的关怀中心是宗教，特别是圣經。印刷圣經和把它散布給正在兴起的中层阶級，这件事对解放思想脫离教会控制的新趋向正合拍，而这个新趋向后来終于导致了宗教改革。其次紧跟着古代和現代的文学和詩集，这些东西是供文艺复兴时代中当时已有文化的貴族和上层資产阶級欣賞的。

再迟些，大部在十六世紀，印刷术之成为技术和科学上一些大变化的媒介，是由于它把关于自然界的，特别是关于自然界中新发見的部門的各項叙述，以及首次提出的有关技艺和行业的各种过程的叙述，大量发表給大众讀和看。在此以前，手艺工人的技术一向凭口传，从未写下，而是只通过直接經驗，由师傅传給徒弟的。有了印本书，手艺工人才初次有了識字的可能和継而有了識字的必要。印本书里的工艺方法的說明，尤其更是书中的插图，帮助了在各行业、各技艺和学术界各专业間首次建立密切关系（219 頁）。

6.7 中古时代晚期經济的发展

这里討論印刷术的重要性，已使我們越过中古时代范围，但在轉移到考察文艺复兴时代科学革命以前，必須把这些和其他技术进展合起来对中古时代晚期經济和思想所生的效果衡量一下。在整个乡間，生产和运輸有了改进所产生的联合結果，是农村总剩余的增加以及和因此在那里所能銷的制造品总量的增加。

在欧洲全部，封建主的优势虽尙未动搖，但富农和都市工人的地位已巩固，开始形成为一个大規模的市場。这样就轉而刺激人去制造商品，特别是半奢侈品，如酒和細布（粗布仍在家庭中紡織），也刺激人去生产額外食品，醃魚以及金属，特别是制造工具和軍器所用的鉄。这些制造事业，虽然較通常地是由农民在乡間用一部分时間去进行，却为都会商人所把持。十三世紀中叶可以認作中古时代的轉变点。此时都会富商，通过他們在业会中所占的势力已取得垄断地位，他們靠这种地位賤买、貴

卖。

城市中这种寡头政权常彼此猛烈对抗，有时竟到了引起战争的程度。到了中古时代后期，它們方才体会到在共同开发那些还不怎样发展的地区这項事业上，合作有它的价值。这类組合中最著名的是那以开发波罗的海商务为中心任务的北日耳曼同盟（North German Hanse）。約从 1358 年到 1550 年，这同盟簡直管理着昔日外輕族在斯干底那維亚（Scandinavia）的諸据点。这同盟有它自己的海軍，又在旁的市鎮（即从倫敦的鋼場［Steelyard］特区到諾弗哥罗［Novogorod］）經营工厂，并且掌有治外法权。它集合力量，从一些遙远国家蘆购大批原料，然后卖出成品，这样就抑制了除它自己的一些城市而外的工业的发展。

城市联盟的活动范围推广后，只延緩了而并未消除城市以内的冲突的种种原因。而面对着本土的資財的增长，外国商人也不能永久維持商务上的优越地位。例如不列顛直到十五世紀还是輸出原羊毛的国家，这原料由法兰德斯和意大利去加工完成。[3,82a] 在財政上，不列顛受制于倫巴人、佛罗稜薩人和罕薩（Hansard）分子。事实上，它已成一个半殖民地国家，不过，象十八世紀北美洲殖民地那样，它有如此之多的資源，因而它的經济独立只是或迟或早的事。不列顛的解放实在是早在十四世紀随着国内羊毛紡織业的发展而开始的。

在意大利以及荷兰的最前进的中古时代城市里，富有的业会会員的統制激起了手艺工人的叛变。例如 1378 年佛罗稜薩織毛料的工人❶，以及从 1302 年到 1382 年間，布魯格斯（Bruges）、列日（Liége）、根脫（Ghent）的織工都叛过。这些次叛变虽成功、但沒有演成一些古希腊式的城市民主政府，这是因为中古时代的城市乃是位置在一整片发达得多、人口也众庶得多的封建式乡間。相反地，城市里或城市間諸爭执的最后結果，是或者巩固了封建国王，或者巩固了王侯般的大商人們和在意大利受雇佣而搶到大权的队长們（*condottieri*）。这种情况导致了文艺复兴时代民族国家的建立。民族国家在本質上仍是封建的，但其重心是市鎮。資本主义从这个資产阶級核心产生出来，是更后的事。

商業和數学

因此，我們必須从城市方面找寻中古时代晚期里思想的发展，特别是科学的发展。城市中正长成起来一輩新的、在家人的知識分子。他們是忠实的基督教徒，大都

❶ 原书用意大利語 ciompi，苏联大百科全书 чомпи 条云是德国籍織毛料的工人。——校者

这种进步被延搁得如此之久，其基本原因却在封建經济制度(回教的也好、基督教也好)，缺少途径，使唯理科学可以被用得有任何实际利益。占星学被君主們推崇得足够使天文学継續下去。炼丹术本可改进化学技术，但它很少得益于理性，原因在于它的理論几乎是純粹魔术性的。在把科学主要地用来給神学提供事例的日子里，沒有理由要求科学走得比一种相应于經驗的形式类比更远些。对于实际用途上的研究性試驗，也就永远不必实施。因此在整个中古时代里，科学就大部分限于书本知識和爭論。較晚出現的一些知識进展，除了得力于有人要証明經院哲学家錯誤这一种刺激而外，极少得力于經院哲学家自身。这些知識进展倒是古典时代最好的思想之被重新发見，結合了人們对于自然世界和艺术的新的实用兴趣所激发的新实驗方法才产生的。

对于未来，意义比中古时代思想还更重大的乃是制造和运輸方面的技术发展所累积的惊人的总量，和一些需要运用智力才能解决的困难的实践問題所形成的一份遺产。拿这些点来考虑就可以部分地答复本书开头所提出的問題：現代科学誕生的时間和地点是由什么东西所确定(25 頁)。大希腊自然科学首次大爆发的継承者之中，处于还能多少向前推进的状况中的只有西欧。到十五世紀，回教世界在經济上已告崩潰，而且毁于自相殘杀的战爭和侵略。尽管有后来土耳其人和蒙古人的一切胜利，回教世界已丧失了它在知識方面的推进力。它的宗教也不再是寬大为怀的，而是淪为一个狹隘的正統。印度成为一起一起湧現的回教侵略者和冻結在种姓制度中的印度教交战的战場，种姓制度則是牺牲了任何进步的可能性而提供了安定的。中国保持了它的旧文化，但它的国家制度已經阻碍它并且还要有四百年之久阻碍它采取必需的步驟去結合技术和书本知識。

中古时代末期的欧洲文化，在物質方面，或即便在知識方面，都不見得高于亚洲几个大帝国的水平。至于欧洲所以能有較大希望，則只有用它的社会形式和經济形式都比較缺少固定性和一致性去說明。传統尽管力量大，到处却发生着城市与乡村間、教会与政府間不同利益的爭执，这些爭执的后果都是向这个传統挑战的。教皇和皇帝双方本人的旨意最时常相背馳。他們的权力因此不足使变化受到任何严格限制。把自己的基本特色賦予了中古时代的封建制度，到了十四世紀末它自身显然已在崩潰中。不过，这并不是社会腐朽的征象，因为許多地方在經济方面和工业方面都有不容置疑的向前进展的征象。如說一个旧社会正在死去，另一新社会却正在代兴，这个新社会远比中古时代的領主們和教长們更会利用欧洲的自然資源和諸民族的劳动力这两种有利的情况。

表三　科学和封建制度:希腊遺產的被拯救(第五、六章)

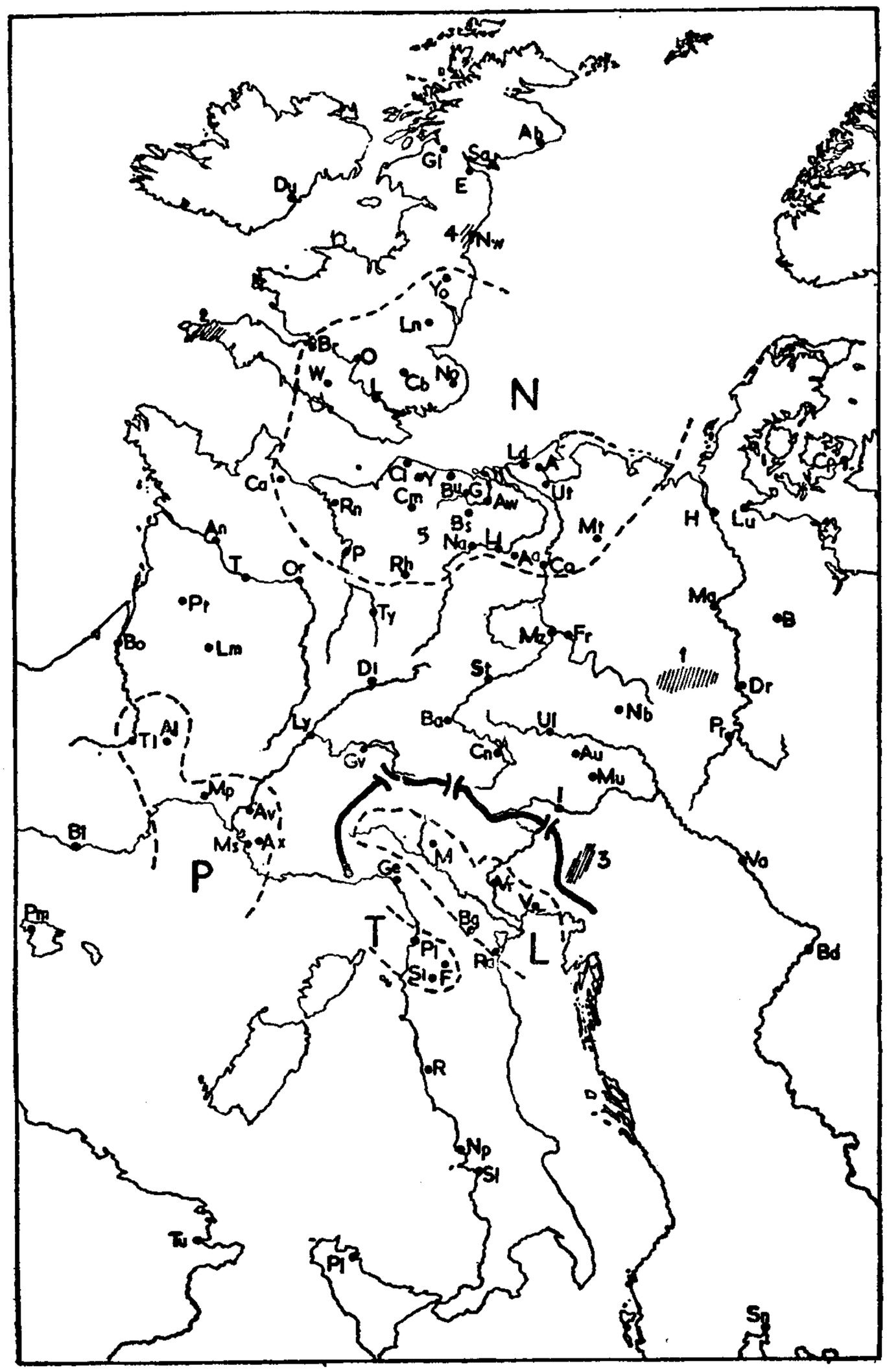
向封建制度过渡(第五章)

	技术发展	政治、社会大事	哲学和科学	
—500				
	圣索非亚[教堂]建成	儒士丁尼封閉雅典学林	帶奥尼細阿斯:玄妙神学	亚雅巴塔(Aryabhata)、發剌哈密希拉(Varahamihira):印度天文学家和数学家
	絲从中国輸入欧洲	波斯人在永狄沙白建立大学	菲罗坡諾:反亚理斯多德的冲动学說	十进計数法的发展,零号
600		中国唐朝		
	中国木版印刷术	穆罕默德传教,回教传布到波斯、非洲和西班牙		布拉馬古他:代数学和三角学
			塞弗拉斯·西波克:印度数碼传入敍利亚	
700	北欧采用有輪犂和三田輪种制		希腊文著作譯成敍利亚文 回教化学的相传始創者給伯(Geber)	
		阿拔斯朝回教国王巴格达建成	梵文、敍利亚文、希腊文著作譯成阿拉伯文	
800		查理曼	学宫	
	外輕人改进帆船 馬鞅、馬蹄鉄、馬蹬从中国传入欧洲	哈綸-阿魯-剌細德 北欧人和馬札尔人侵略欧洲	最初阿拉伯哲学家阿魯-金底 最初哲学家伊烈基那 回教遍在神秘主义出現,新柏拉图派炼丹术神秘主义 回教天文学始創者阿尔法拉加納	阿魯-克瓦利兹米:代数学 最初基督教史学家比德
900				
	水輪广泛使用	回教王国分裂	累西:医学和化学 阿部·瓦發(Abul Wafa):三角学	阿魯-馬苏底:几何学

中古时代（第六章）

1000	波斯用风輪	教会改革 教皇和皇帝斗爭	亚微瑟那:医学和物理学 光学始創者阿尔海森	阿魯-柏魯尼:印度风土記
	始用透鏡	意大利城市兴起	雅薩拆尔 (Arzachel) 制托利多天文表,椭圓軌道	
	火酒	塞尔柱(Seljuk)突厥的入侵	阿魯-加札里:回到神秘主义	奥瑪·卡雅 (Omar Khayyam): 数学
—1100	西班牙用紙 染色玻璃	第一屆十字軍 法兰德斯地方自治	彼得·阿柏拉德:巴黎大学,經院哲学开始	
	法国用风輪 航海罗盘	薩拉丁再取耶路撒冷	亚味洛厄兹:亚理斯多德式回教体系 迈夢尼第(Maimonides):亚理斯多德式犹太体系	
1200	火药传入欧洲 威拉·德·渾涅摩尔: 机械器物和时鈡	腓特烈二世称帝	阿拉伯文著作譯成拉丁文。←——	比隨 (Pisa) 的雷奥納德:阿拉伯数碼的传入
		蒙古人洗刼巴格达	罗柏特·格洛斯忒斯特: 科学支持信仰 罗哲尔·培根,朝聖者彼得:实驗和致用科学	
1300	始用眼鏡	教皇政权分裂	聖亚尔伯特,聖托馬斯·阿奎那:亚理斯多德式基督教体系 阿魯-图西:"伊尔堪尼"表	雷門·魯耳: 回教遍在神秘主义和炼丹术
	大炮用于战事 貫舶舵 油画	百年战爭 黑瘟 农民革命	鄧斯科脫斯,奥坎的威廉:唯名主义 經院哲学的衰微 白利当,奥累斯美:冲动学説的发展	
1400	印刷术	教皇政权分裂告終 胡司派反叛	易逢·卡尔頓:历史科学 廊薩的尼古拉:地球运动的推測	烏魯·柏格:撒馬尔堪观象台
—1450				

本表包罗九百年,从公元 500 年到 1400 年。在整个时期内,科学思想的內容（如果称为科学思想的进步,就不正确）本质是希腊的,而且确实标誌着表二所講的各种情形的直接延續。对比之下,研究科学的地区散开得更辽远許多,而科学研究的中心也随时变动。亚历山大城、敍利亚、波斯、中亚細亚、印度、中国在本时期初段都很活跃。西班牙、意大利、法兰西、英格兰和荷兰則活跃于后段。从表內可以看到,除了儒士丁尼治下的一次小規模的爆发活动外,其他三次明显的但非主要的爆发,出現于九世紀的回教亚洲、十一世紀的回教西班牙和十三世紀的法兰西。将要在下一阶段大起作用的一些技术发展,如罗盘和火药等,难以考定年月日。通常可以标明的,只是传入欧洲的約略年代。


N
P
T
L
1
2
3
4
5
Ab
Sa
Gl
E
Du
Nw
Yo
Ln
Br
O
W
Cb
Np
Ld
A
Ut
Ci
Y
Cm
Bu
G
Aw
Bs
Na
Ll
Ad
Co
Mt
H
Lu
Ca
Rn
An
T
Or
P
Rh
Ty
Pr
Lm
Bo
Di
St
Mz
Fr
Mq
B
Dr
Nb
Pr
Ba
Ul
Cn
Au
Mu
Ly
Gv
Tl
Al
Mp
Av
Ms
Ax
Bl
Ge
M
Vr
Va
Bg
Pl
Sl
F
Rd
Vo
Bd
Pm
R
Np
Sl
Tu
Pl
Sg

地圖三　中古时代的欧洲

地图三說明 本图表出第六章所討論的中古时代基督教国家各城市和学問中心的分布情形，又指出在欧洲中央脊部上的密集情况（172 頁起），以及在阿尔卑斯山脉障壁两側的罗尼河和来因河两条主要貿易道路。特别指出的是作为經济复兴中心的四大区：北海区（N）；意大利境內伦巴底（L）和多斯加尼（T）两区；以及西地中海布罗溫斯和郎基多克（Languedoc）合区（P），这个区可以扩展到包括巴塞罗納（Barcelona）和巴利阿利（Balearci）羣島。另外标出的几个孕育期工业区有：薩克森尼的銅矿和銀矿（1），康瓦尔（Cornwall）的錫矿（2），士的里亚（Styria）的鉄矿（3），紐喀斯尔（Newcastle）的煤田（4），和比利时（5）。

Aa-亚亨(Aachen)
Ab-亚伯丁(Aberdeen)
Ax-爱克斯(Aix)
Al-亚尔比(Albi)
A-阿姆斯特丹(Amsterdam)
An-昂热(Angers)
Aw-安特卫普(Antwerp)
Au-奥格斯堡(Augsburg)
Av-阿威农(Avignon)
Bl-巴塞罗納(Barcelona)
Ba-巴塞尔(Basle)
B-柏林(Berlin)
Bg-波罗那(Bologna)
Bo-波尔多(Bordeaux)
Br-布里斯它尔(Bristol)
Bu-布魯格斯(Bruges)
Bs-布魯塞尔(Brussels)
Bd-布达(Buda)
Ca-康(Caen)
Cl-加萊(Calais)
Cm-喀姆布来(Cambrai)
Cb-剑桥(Cambridge)
Co-科仑(Cologne)
Cn-康士坦司(Constance)
Cp-哥本哈根(Copenhagen)
Di-第戎(Dijon)
Dr-德勒斯登(Dresden)
Du-都伯林(Dublin)
E-爱丁堡(Edinburgh)
F-佛罗稜薩(Florence)
Fr-法兰克福(Frankfort)
Gr-日內瓦(Geneva)
Ge-热那亚(Genoa)
G-根脫(Ghent)
Gl-格拉斯哥(Glasgow)
H-汉堡(Hamburg)
I-音斯蒲路克(Innsbruck)
Ld-萊頓(Leyden)
Li-列日(Liége)
Lm-里摩日(Limoges)
Ln-林肯(Lincoln)
L-伦敦(London)
Lu-律伯克(Lübeck)
Ly-里昂(Lyons)
Ma-馬德堡(Magdeburg)
Mz-馬因斯(Mainz)
Ms-馬賽(Marseilles)
M-米兰(Milan)
Mp-蒙伯列(Montpellier)
Mu-慕尼黑(Munich)
Mt-閔斯德(Münster)
Na-那慕尔(Namur)
Np-那不勒斯(Naples)
Nw-紐喀斯尔(Newcastle)
No-挪利支(Norwich)
Nb-努恩堡(Nürnberg)
Or-奥尔良(Orleans)
O-牛津(Oxford)
Pl-巴勒摩(Palermo)
Pm-巴尔馬(Palma)
P-巴黎(Paris)
Pi-比薩(Pisa)
Pt-波亚帖(Poitiers)
Pr-布拉格(Prague)
Ra-拉溫那(Ravenna)
Rh-理姆斯(Rheims)
R-罗馬(Rome)
Rn-卢昂(Rouen)
Sa-圣安德魯斯(St. Andrews)
Sl-撒列諾(Salerno)
Sn-薩罗尼加(Salonika)
Si-栖恩那(Sienna)
St-斯特拉斯堡(Strasbourg)
Tl-土魯斯(Toulouse)
T-都尔(Tours)
Ty-特拉(Troyes)
Tu-突尼斯(Tunis)
Ul-烏尔穆(Ulm)
Ut-禹特列克(Utrecht)
V-威尼斯(Venice)
Vr-味罗納(Verona)
Va-維也納(Vienna)
W-溫彻斯特(Winchester)
Y-伊泊尔(Ypres)
Yo-約克(York)

第四篇

現代科学的誕生

导　　言

市鎮、貿易和工业的发展，在接近中古时代的末期，漸增声势，就显得不适应于封建經济制度。这些变化，在封建秩序的表面下，漸漸成熟，終于露面，并陆續在各地在經济和科学方面始創一种新秩序。有了較好的技术、較好的运輸方式和更广大的市場，为銷售而进行的商品生产就稳定地增加。这类市場所在的市鎮，在封建經济制度中久已处于一种附属的，几乎是寄生的地位；但到了十五世紀市民或資产阶級已滋长得如此強盛，就开始改变那种經济，使之成为一种經济，其中生产形式是由貨币支付而不由強制服务来决定。資产阶級的胜利，以及由他們演成的資本主义經济制度的胜利，只是在最激烈的政治、宗教和学术斗爭之后，才发生的。当然，轉变过程是緩慢而参差的；在十三世紀，轉变即已开始于意大利，但一直迟到十七世紀中叶，資产阶級才在英国和荷兰那样最进步的国家里建立下他們的統制。还要再經过一百年，这个阶級才临到控制整个欧洲。

在看到資本主义发展为主导生产方法的同一时期——1450 年到 1690 年——也看到实驗和計算都发展为自然科学的主导方法，轉变是复杂的；各項技术上的变化导致了科学，而科学又轉而导致一些新而更快的技术变化。这样在技术、經济和社会三方面联合起来的革命，是一桩独特的社会現象。这場革命的根本重要性，甚至比起使得文明本身成为可能的农业发現还要伟大，因为它自身，通过科学，就含有无限进展的种种可能性。

現代科学起源这一問題現在終于被人認为全部历史中主要問題之一。例如巴特非尔（Butterfield）教授[3.1]就主张“所謂科学革命……使基督教兴起以来的一切都黯然失色，并使文艺复兴和宗教改革退居于仅仅插曲的地位，而不过是中古时代基督教国家系統里的一些内部更替而已。……几乎不能有另一領域比起科学革命来还更为重要，让我們在其中看得出……居于学术发展在某一特殊历史过渡，某一特殊阶級的基础地位的确凿作用。”我本人虽深深不同意于他所举出的一些分析，却完全承認这問題的重要性。

資本主义和科学的运动是相关的，但相关得太密切了就非因果等簡单話所能表达。不过可以說，在本期开始，經济因素占优势。使得实驗科学成为可能和必要的是由于資本主义兴起的种种条件。到本期将終，就开始感覚到相反的效果。科学在实践上的成功已有助于下一步的重大技术进展，就是工业革命。这样，就在本期里，自

然科学渡过了它的紧要关头，保証了它作为社会生产力的一部分的永久地位。从較远的历史观点看来，这件事实比当时的一些政治或經济事件重要得多；因为資本主义只代表社会里經济演进中的一个暫时阶段，而科学却是人类的永久財富。如果說資本主义先使科学成为可能，那么后来就会輪到科学使資本主义成为不必要。

然而当資本主义在早期阶段里，正在掙脫一个日趋腐敗的封建制度的束縛时，它是精悍而开扩的。采用中古时代晚期的种种技术器械，就使农业、制造业和貿易在越来越大的地区上增加和扩展。由經济进展而产生的种种物質需要，导致了各項技术上更进一步的发展，特别在开矿、战爭和航海方面。这些需要轉而引起因新材料和新过程的作用而生的一些新問題，这些問題就使象罗盘、火药等发明都沒有地位的古典时代的科学力不胜任了。远出探地的航海表明了古文明国民的經驗很有限，因而加強了寻求更有远見、更多作为的新哲学的需要。

当十七世紀开始时，一个新兴的有进取心的資产阶級頗能响应这样的刺激，并建成实驗科学的一些主要因素。新科学家就此組織成队伍，也象商賈冒险家那样。在这世紀告終以前，一小羣有为的人已經成功地解决了力学和天文学的一些中心問題。这样，他們提供了比古文明国民的科学所提供过的东西还要多——正在需要中的实际帮助：就是在航海方面。但这只是略略的預尝而已。新科学家的眞正胜利乃在一种新推动力，要用科学方法来研究技术和自然，并导致努力精究一些新的实驗的和数学的方法，来分析和解决它們。这些方法要在后来几世紀里才产出丰碩的果实。到十七世紀末，科学从重新接触实践工作而獲得的远远多于它在彻底改进技术时所給予的。

科学革命

第七章的主要任务是追溯新科学的发展，从誕生和茁壮的关鍵时期起，迄于学术成熟时为止。这就必須首先指出新科学对文艺复兴和宗教改革两股新社会力量的关系，然后考查新科学的成就在継起的現代里，如何决定其工艺学，并范鑄其諸观念。在这关鍵时期內，科学观念里的改变实在比政治和宗教观念里的改变大得多；尽管后二者在当时看来最为重要。許多科学观念的改变就总合成为一場科学革命，在这場革命中，从希腊人，并經回教和基督教神学者所圣典化的思想假設的整个大結构，被顛复了而代以一种彻底嶄新的体系。一幅新的、表量的、原子的、无限扩展的和人間世的世界图景，替代了回教的和基督教的煩瑣哲学家从希腊人承袭来的那幅陈旧的、表性的❶、連續的、局限的和宗教性的世界图景。亚里斯多德的阶級宇宙在牛頓的世界

❶ 原文作 Quantitative，恐系排印之誤。——校者

机器面前就垮了。在过渡中，毁灭性的批判和建設性的綜合如此互相切近以致无从画出界綫。

这样的更替，只是对知識的新取向的征兆。它从作为人对世界現在、过去和无尽未来以至末日来临的一切順应的手段，一变而为通过認識自然永恆規律来控制自然的手段。这种新态度本身就是对物質財富有了新关切而生的产物，并使学者們重新关怀到百工行业的实践。就是这样，文艺复兴运动虽只是部分地，却弥补了貴族理論和平民实践之間的裂隙，这是文明初期阶級社会开始时就裂开的，它并曾限制了希腊人的伟大智慧才能。

要充分了解現代科学怎样开始，就必須考虑在文艺复兴时代中开始的实践和知識两方面的轉变。科学史作家通常只重視后者，因此，把整个轉变或者看成是据不証自明的第一前提，从拙劣的論辯轉变到健全的論辯，或者看成是对显然的事实，作較仔細的观察和較正确的估价。这两种解释都不充分，因为都不能說明为什么經济技术和科学进步的时間和地点都相吻合，再則也因为科学上所关怀的問題和社会上各控制集团所关心的技术問題也恰相吻合。

另一方面，如只考虑这些技术兴趣，也是不够的。思想上的态度，以及对物質的关怀都必須顧到。正在出头的資产阶級，在斗爭中的意識形态，在这几个过渡世紀中的科学观念上以及宗教观念上都留下了它們自己的烙印。实在地，对于許多世紀以来一直被承認的那些观念要指摘非难的話，那只有当社会的整个基础成为問題的时候，才做得到。

不象以前几次过渡那样，如罗馬帝国末年时，把新科学建立在旧科学的废墟上，或如中古时代开始时，把科学从一种文化改换成另一种，这次兴起現代科学的革命发生时，一点也沒有象这一类的緒統中断，或外来影响。这就进而更強調一个事实，就是說，在新社会里，一个彻底嶄新的思想体系正从直接来自旧社会的各种因素中建立起来，不过这些因素又經过进行革命者的思想和行动而改造过。旧封建文化曾早經考驗而被認为頗有欠缺；它經不起由它自己酿成的那些冲突。由这文化所撑起的新資产阶級还得找寻他們自己的新社会系統，并推演出他們自己的新思想体系。文艺复兴时代和十七世紀的人肯定地覚得他們正在从过去摆脫出来，不管他們可能不自覚地受惠于过去有多么深重。

科学革命在一个重要方面不同于較早的几次变革，就在它有意識地表明科学革命是回复到一个較旧、較崇高和較富哲学的文化的一些观念上去，因此革命就較容易，尤其在开端的时候。古文明国民的权威可以引用作为支持，也曾被哥伯尼和哈維

等那样眞正的革新者(230 頁起,248 頁起)所引用，其重要不亚于感官的認証。这件事与其說是排斥一切权威，还不如說是借一个权威来支持另一权威。人文主义者可自由选择，他可以为了內在的理由而作出选择。当时恢复了經典古代最优良数学著作中的至少一部分,尤著名的是阿坡罗尼阿斯和阿基米得的著作,这就有助于打破亚理斯多德的垄断。即使是柏拉图,如看作是数学家,而不当作神学家，也能成为鼓舞的来源。就一种意义,也实在是最善意的意义来說，新科学是直接来自古文明国民;这是因为遵循了古文明国民的方法,新时代的人才能推翻他們的观念,并超越他們的成就。

科学轉变中的主要階段

为了便于了解新科学的創立的实际过程，可以把科学革命的全时期分成三个阶段,并为便利起見可称为:文艺复兴阶段,1440—1540 年;宗教战爭阶段，1540—1650 年;和王政复辟阶段,1650—90年。必須記住,这些不是三个对比时期,而是从封建經济到資本主义經济的一个轉变过程中的三个阶段。

第一阶段(7.1—7.3)在政治范围內包括了文艺复兴、航海大事、宗教改革以及一些战事,这些战事結束了意大利的政治自由,并导致出現一个作为第一个世界強国的西班牙。

在第二阶段(7.4—7.6)，美洲和东方国家对欧洲貿易和掠夺的开放所引起的結果，在震撼欧洲全部經济的物价危机中开始感覚到了。这个阶段又是法德二国毫无結果的宗教战爭的时期。对于历史,归根到底,远为更重要的是荷兰資产阶級共和国在本阶段开始和英国資产阶級共和政治在本期終了的成立。

第三阶段(7.7—7.9)是政治上的妥协时期,虽然諸政府是君主制的，但在所有在經济方面正发展的国家里，政权命脉都为大資产阶級分子所掌握。不顧凡尔賽(Versailles)大君❶ 的威风,荷兰人竟开了这个时期的风气。在不列顛，这个阶段标誌着君主立宪以及商业和工业迅速发展的开端。

科学方面相应的发展，在第一阶段的是对中古时代从古典时代継承来的整个世界图景的爭議。爭議的断然表示是哥伯尼拒絕了亚理斯多德以地球为中心的宇宙說，而代以从旋轉的地球上看到的太阳系,而地球則是顆行星,也象其他行星。

在第二阶段,开普勒和伽利略力排严重的反对,証明了爭議的正确，而哈維更把这爭議推广到人体。所以能有这样的成就,是通过使用了新的实驗方法,而料到科学

❶ 按指法王路易十四。——校者

新时代来临的头两位預言家就是培根和笛卡儿。

第三阶段标誌着新科学的胜利，它的迅速长成和扩展到新領域，以及它首次組成学术团体。这是玻义耳、胡克（Hooke）和惠更斯（Huygens）的时代，是新的数学、机械哲学的时代。經过許多人的手和头脑的工作后，終于成为牛頓的"自然哲学的数学原理"的制定，当时人認为在这个基础上，科学的其余部分可以滿怀信心地建成。最后目的之說让位給机械原因之說，而中古时代的阶級宇宙被另一种宇宙所废弃且取代了。此后独立的粒子，受到无形的自然規律宪章的制約，能自由地相互作用。看得出懂得这些規律就轉而执掌了駕馭各种自然动力的关鍵，来为人类服务。高超的冥想已让位給有利益的行动了。

第七章 科 学 革 命

7.1 第一阶段:文艺复兴(1440—1540 年)

从封建主义到資本主义过渡中的第一阶段，其中包括文艺复兴和宗教改革两个运动,不过,連同前因和后果，它們所跨的时期还要长些。为了一个由貨币偿付所控制的市場而生产商品的經济类型，从十二世紀以来已存在于分散各处的城市里。十五世紀里,这种类型,在从意大利,經过高日尔曼 (High Germany) 和来因兰，到低陆各国 (Low Countries) 这一窄条地方首先成为流行的經济方式。在这一带里,只有意大利的較大城市,如威尼斯、热那亚、佛罗稜薩和米兰能在政治上和經济上独立,并建成文艺复兴中灿烂的艺术的和学术的文明。在意大利，这种情形并不意味着脫离教会,因为罗馬的教廷从所有基督教国家的捐献上,得到一笔丰厚的进款。当这运动蔓延到日耳曼和再远些情形就不是这样了。在这些地方它一方面导致了在民族基础上的宗教独立主张，表現为路德 (Luther) 的宗教改革运动，另一方面导致了猛烈的社会爭斗，表現为 1525—26 年的农民战爭和 1533 年閔斯德的再受洗教徒的反叛。类似的反叛也发生在匈牙利,甚至在奉天主教的西班牙。后来，当宗教改革散布更远，到了低陆各国、不列顛和法兰西,所取的則为还要激烈的加尔文主义的形式，排斥整个圣秩教会政府,而把民政权和教权都授給选拔賢能的民主政府。

然而民主政治的收效,不到下一阶段,是不会有效地提出的。当时先来代替分級权力和宗室的封建制度的政治形式是专制君主,他靠商人支持,而享实权，他本人更或許就是躋升王座的商人，象麦第奇 (Medici) 一家就是。君主政体的恢复标誌着罗馬皇帝和教皇的民政权的結束，随着的是中古世界观的整个方案的結束。代之而起的就有一些民族国家开始出現,彼此之間,結盟宣战,变化无已,終于成为不稳定的均势局面,在这里沒有哪一国能够称尊。

这班国王或君主的宫廷,对于当时已不再依靠教会的新人文主义者和科学家,予以惠顧。知識份子的地位实在变成象在阿拉伯人时代那样,在那时,学者也是王侯們的装飾品。除在意大利外,旧有中古时代大学仍然是封建思想的堡垒，并反对新学。法王法兰西斯一世 (Francis I) 不得不在 1530 年建立皇家学院，即現在的法兰西学院,来教授巴黎大学神学院 (Sorbonne) 所不能容忍的人文学。

文艺复兴和宗教改革是同一运动的两方面。这运动要把那种根据固定传統地位

的社会关系制度，变成一种根据买卖商品和劳力的社会关系制度。促进这运动的主要經济因素是貿易的迅速扩展，而其所以可能則由于得到了較大的可利用的剩余財富。这剩余財富則来自中古时代后期所引用的技术改进的效应，特别是农业和織布的技术。同时，因航运和駕駛上有种种进步，这剩余就大大地可多利用了。貫彻整个十五世紀貿易的主流大都仍然是奢侈品，从东方来，經威尼斯，入日耳曼，使奥格斯堡和努恩堡因而致富，然后到低陆各国和不列顛。实在就是这种貿易使这些地区在財富和文化上处于領导地位。

然而到了这世紀末，正当文艺复兴的頂点，在旧貿易方式中却起了一次关鍵性的突破，这里科学起了决定性的作用。航运的发展对于旧日通到已建立的市場所取遵陆而行、費用高昂的路綫，作用在于另辟捷径，并对意想不到的新市場也开拓了省費的路綫。最动人听聞的成果是发見美洲新世界，但是更在当时具有重要关系的是葡萄牙人夺取亚洲海洋貿易，以及波罗的海地区和俄罗斯的迅速发展。貿易路綫起了这些轉移，就要改变欧洲的整个經济均势。意大利和高日耳曼的貿易被从根斬断，它們的政治的和經济的重要性也就不得不衰落，不过它們的文化和技术的影响却还要継續一些时候。代替这两处地方而出現的是一些海洋国家，首先是葡萄牙和西班牙，后来是荷兰和不列顛；后二者拥有較多基本資源，所以能維持較久。

由于海外貿易的利潤，使得第一次积累流动資金成为可能，就是投入生产企业，而不只投在土地上的資金。更因貪得更多利潤，就导致了造船和航海两业的迅速发展，而航海业对現代科学的誕生要发生有决定性的影响。募兵代替了封建时代的征兵，战爭就能維持得較久，但費用也較大，因此需要青銅和鉄，銀和金。开矿和金属品制造业兴旺起来，火葯制造和烈性酒类的蒸餾也是这样。

这整个时代是經济扩张的时代。差不多在欧洲每处，生产都增加，不只是工业，农业也增加，谷类、牲畜和魚类的出产都更多。这难归因于任何一种特定的技术进步；而宁可說这是积累了无数次个别改进而得的总結果，再加上經过新貿易路綫而更快传播开来的各項改进。唯一的基本重要工业进展是印刷术的輸入。关于印刷术，为了便利，已在前一章講过(197 頁)。印刷术本身虽不是生产方法，但却是传播技术改进的最有效途径之一。从早期印出的农业、园艺、烹飪和諸行业书籍册数之多，就可証明此說。

态度和观念上的人文主义革命

假使文艺复兴仅仅标誌了經济情况的逐步的，或甚至迅速的改进，也就不会占据

象它在世界史中所占有的地位。它在科学、艺术和政治上所以重要，是因为它是一桩有意識的运动，并且还正是一桩革命性的运动。就它的学术方面說，它是为数小而自觉的学者和艺术家的少数人的作为。他們委身于反对中古时代生活的整个范型，并努力創造一种新型生活，尽可能接近經典古代的范型。他們不愿再通过长串的传統，通过阿拉伯人和經院哲学家，来窺見古文明国民，而要直接由发掘古造象，由自身閱讀原书，来了解他們。这就是說，要回到原来的希腊文献，并第一手地接触非但柏拉图和亚理斯多德的思想，还有德謨克利图和阿基米德的思想。

人文主义运动实在是早在十四世紀就由佩脫拉克(Petrarch)和薄伽丘(Boccaccio)在意大利开始的。在經典中，他們所欣賞的是表达的优美和情感的高貴，而未必是邏輯的微妙。以他們的哲学性而論，他們是柏拉图派。人文主义运动在十六世紀散布到法兰西和北欧，取得了更浓厚的宗教气味。在一切場合，它意味着排斥教士政治中的特别封建的观念，而对社会的态度則更近世情。这并不意味着排斥宗教，或甚至神秘主义，而毋宁是改变重視之点，轉向于更合于个人的宗教，其中就不需那样多的教会救助了。在旧罗馬所謂大丈夫的独立性的意义上的个人崇拜，品德崇拜，就成为理想了。[4.27]

在基督新教国家里，宣告了私人判断权，或特别选择权。在这方面，人文主义者由于恢复了希腊文和希伯来文的經籍，并直接譯成当地語言，就加強了圣經的威信。以前对圣彼得（St Peter）的継承人的訓示的崇敬，則要代之以对文字上的上帝的話的信賴。这一切全适合于一个拒絕对封建制度低头的商人阶級的道德体系。封建的过去确曾遭到猛烈的排斥，連带受排斥的是被人文主义者嘲笑为高德式的建筑术，还有煩瑣哲学家的哲学，僧侶的参悟生活，乞食修道士的行乞。[4.82] 到終了，甚至天主教教会本身都被迫改革，并承受和它中古时代的过去絕裂，几乎就同宗教改革者所要求的那样严重。圣恩的教义是罗馬人的相当于信神得救說的說法。教皇政府曾有一个世紀被道德可疑、但宏奖艺术、能容忍的人道主义者所掌握，不得不变成几乎有最严厉的基督新教派門徒那样固执，而且比他更不能容忍。

享乐、藝術和金錢

在天主教和基督新教国家里，文艺复兴同样标誌着对于过去显有断然的和蓄意的决裂。过去之中有不小部分无可避免地被保留下来，但是一个新方向被采取了，中古时代的經济、建筑、艺术和思想的形式都注定永不复返，而要代以一种新文化，其中經济是資本主义的，艺术和文学是經典的，而对自然的研究則是科学性的。

比起古典时代后期的失望心情，和随着来的信仰时代的听天由命，文艺复兴是一个扰攘的但是有希望的时代。对于未来的生命关怀較少，而对于目前的生命則关怀較多，这种关怀就自行表現在无宗教色彩的艺术，在繪画、詩歌和音乐的迅速生长。在每种表达形式中，都有新的气概，坦然承認对物質的享受。这个时代的大先知弗朗沙·刺伯雷（Francois Rabelais）博士（約1490—約1553年），替他的理想社会台列馬僧院（Abbey of Thelema）自撰的銘語是："喜欢什么做什么"。（570頁）[4.82] 在理想上人們活得自由，想得危险；在事实上，沒有什么人供得起这样做；这种新生活需費大，要預先付現。金錢的重要远非昔比。自然的結果是人对賺錢的态度改变了。只要行得通，任何办法都是好的，不論是老老实实地制造或去經商，或者提出一种新的有利可图的器物；或者开矿；或者掠夺外国人；或者放債盘剝。教会或許反对，但它如坚持它的反对，就只有对教会更不利，如在宗教改革中所已經表明的。就拿魔术来說，由于可以作为致富和攬权的手段，竟重新获得兴趣，如浮士德（Faust）的故事中所見。利用自然力的魔术实在几乎不能和科学分清。[1.43;4.4]

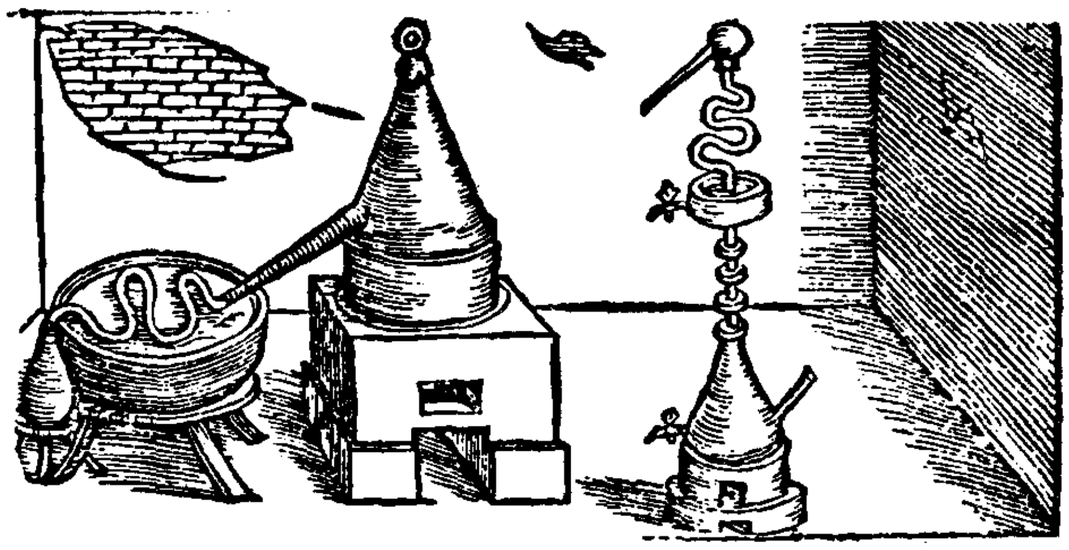
手藝工人和学者的結合

正因为技术人員和艺术人員，从賺錢和花錢两方面来講，絕不可少，因此他們就不再象在古典时代或中古时代那样被人輕視。装飾和陈列的艺术、繪画、雕刻和建筑都兴盛起来；在发展上比起古典时代来，虽然不如其魁伟，但在創作性上則远胜。然而眞正新鮮的，則在重視实用艺术，如紡、織、制陶、制玻璃，而尤其重視足以提供財富和战爭孿生需要的艺术，就是矿工的和金属工的艺术。有关种种艺术的各項技术，在文艺复兴中要比在古典时代更受重視，因为技术已不复在奴隶手中，而归自由人掌握，并且自由人也不象在中古时代那样在社会上和在經济上都远离新社会的統治者。例如，在中古时代的佛罗稜薩，艺术家是医生和香料商（Medici e Speciali）的主要业会的从属会員；彫刻家就降得較低，而只和石匠和砖瓦匠的次要业会在一起。可是到了十六世紀初，个别画家和彫刻家竟能博得教皇和君主的照顧，不过往往要催逼償付才能取得他們的作品的代价。

由于手艺工人的地位提高，就能恢复他的传統和学者的传統間的联系，这种联系差不多从初期文明开始时就已中断了。双方都大有可貢献：手艺工人能在經典古代的旧技术上，增加一些中古时代发生的新器物；而学者能貢献世界观、思想見解，尤其可能貢献最多的是通过阿拉伯的和經院派的哲学而导自希腊的邏輯辯論法，以及新演出来的計算方法。这两条途径的联合，需要长时間才能做好，而起初經由知識和行

a

b



c

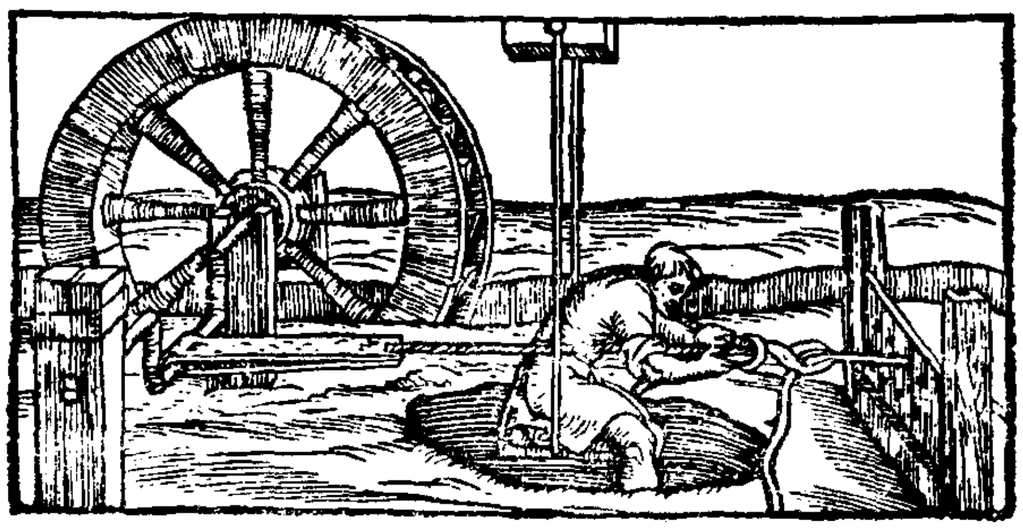


图 8 文艺复兴的科学和工艺

(a) 备有灰皿的化驗室。

把重量已知的矿石和純鉛混合。把混合物放在炉中烧成浮渣。然后用秤称結果出来的亮銀珠,就表明从矿石得到金属产品的分量。(70,224 頁)

(b) 生产烈性酒的蒸餾鍋。

右方是一个回流冷凝器,較淡的酒在其中冷却并流回去;左方是一个备有浸在大盆水內的旋管冷凝器的蒸酒器。(196,336 頁)

(c) 机械拉鎳。

一部水輪机轉动一个曲軸,每轉半轉就把鎳拉过拉鎳板。(191 頁)

采自比令古雀的"用火技术"。

动的各部分扩展得較为緩漸。但是，一旦把組織成分集在一起了，結合就一发不可遏止——而是一种爆炸性的結合。文艺复兴时代的学术任务，在基本上，是重新发見并掌握艺术的和自然的世界。

世界概覽

文艺复兴时代富于伟大的描述作品，这里面包罗了人生經驗的全部。这时代的兴趣的范围，見之于一个人的种种成就，他本身就是那个时代的縮影——就是那伟大的、全能的工程师、科学家和艺术家雷奥納多·达·芬奇(Leonardo da Vinci)。这时代的两件最伟大的成功是以太阳为中心的天界系統的明白闡述，即哥伯尼在他的"天体之运行"(De Revolutionibus Orbium Coelestium)[4.84]里所說的系統，以及維薩留斯在他的"人体构造"(De Humani Corporis Fabrica)[4.109]里所描述的第一次的完备的人体解剖。这二大著作同在1543年刊出。这两书都最初描繪了諸天球体或人体，在凡是有眼能見的人都会自行看出是怎样一回事，而不要通过古代权威的眼鏡。这两部著作問世，一起始就被一个新的凡人社会所接受，而这个社会也正学习着亲自察看和亲自經驗。只是到后来，这个新眼界在政治上产生的后果开始显明时，当局才感到惊惧，而設法关拦，但已經太迟了。

伴同这些大著作的还有一向为古文明国民所不注意的艺术和自然界的各部門內的許多其他著作。例如，比令古雀(Biringuceio)(1480—1539年)的"用火技术"("Pyrotechnica")，[4.91]講的是金属、制玻璃和化学工业；还有給俄格·包尔(Georg Bauer)又称阿格利柯拉(Agricola)(1490—1555年)的"矿物談"(De Re Metallica)，[4.14]可算是从未有过的最完美的技术著述，因为所描述的不只是矿物和金属，还有开矿实践，甚至开矿經济学。后来，在格斯納(Gesner)(1516—65年)、琅第列(Rondelet)(1507—66年)和柏倫(Belon)(1517—64年)等輩的著作里，出現了許多关于旧世界和新世界中动物和植物的叙述。[4.44;4.21]此外还可加上几乎不計其数的探覓新大陆的历险記，包括1504年亚美利哥·味斯浦奇(Amerigo Vespucci)的"信札"[4.110]和皮加斐塔(Pigafetta)首先所記1519—22年間麦哲倫(Magellan)周航世界的事跡。新发見的大陆以"信札"这部书的作者命名，其实无甚关联。

科学革命的开始阶段是一个描写和批評阶段，而不好算有建設性的思想的阶段。这后一阶段，要以后才来临。首先来临的必然是广闊眼界的开拓和对旧权威的挑战。鉆研各項艺术和技术，对于推进新科学，提供了积极的鼓励和物质手段。宗教方面的論战和冲突，动搖了正教的构架并允許少数人試行自己思考。个人判断和直接負責

这两項新的宗教姿态，来源于导起科学的同一需要。这些都是資本主义經济成功的基本先决条件。在企图討論科学在文艺复兴生活中的地位和影响之前，首先必須談一下本阶段里对科学发生作用的那些最重要因素的影响。这些主要是艺术和技术，特别是工程和航海技术的影响。

7.2 艺术、自然和医学

文藝复兴时代的藝术

文艺复兴的第一特征是：覚視的和手工操作的艺术，对比着消极的和脫离实际的思考，地位已提高了。誠然，繪画、雕刻、建筑和音乐都大盛于中古时代全期。許多种古典时代的技术，特别在化学和金属物制作方面，都靠它們做轉递媒介。不过，这些艺术只用为达到目的的手段，由卑微手艺工人或僧侶执行，来为教会服务，至于为武士制度服务的程度要低得多。

文艺复兴中，艺术在社会和經济上的重要性却另为一等。非但在艺术上，特别在繪画上，要比較早各时代多花許多錢，而艺术也开始有其本身的价值。艺术家就轉而向新起的商人君主們兴盛的地方去服侍他們，先在意大利，后在勃艮第 (Burgundy)、法兰德斯和高日耳曼。为着要炫耀富豪的新生活气派，就无厌地追求种种更动人更突出的型式。[4.17] 因此，艺术家的地位升高了，在意大利大多数城市里設立了艺术室，同时又充作大学校和实驗室。艺术本身，虽不完全脫离传統，但已有意識，且合于科学了。艺术家向自己提出了一些新問題，并从物質和知識上找到一些新的解决方法。視覚艺术对于科学的发展在全部历史里其他时代从未发生过这样的效果；而这种兴趣正当科学史中最重要变化的开端，不迟不早，大約不是偶然的。

透視和視覚

艺术家有助于建立科学的主要方向，是在发展眼力和透視，在对自然，特别是人体解剖上，发生兴趣，以及把这些使用于土木工程和軍事工程。雷奥納多·达·芬奇把自己的时間分配在所有这些兴趣上，他虽是这样做的最伟大的一个，却絕不是唯一的一个。

文艺复兴时代艺术的第一篇宣言是 1434 年雷翁·巴替斯达·阿尔貝第 (Leon Battista Alberti) (1404—72 年)的"画論" (Trattato della Pittura)。他是一个因政治关系而被放逐的佛罗稜薩富家之子。但他并沒有不屑委身于技艺或向手艺工人学习："他要向一切人学习，向金属匠、营造匠、造船匠、甚至鞋匠詢問，惟恐任何人可能抱有

他本行上某些不平常的或秘密的知識，并且时常假装不懂来发掘别人的优长。"[4.15] 他是形式透視法的最初主张人之一，这种透視法是十五世紀初年布魯涅勒斯歧（Brunelleschi）所发明。据阿尔貝第看来，繪画的主要目的是用二維来表出三維立体图象。因此他要求所有画家須有透彻的几何知識，他并且使用了光学的帮助，如用暗箱于风景画，又如拿直角坐标网来描出視界所及的范围。在文艺复兴时代里，三維空間的基本度量概念变成差不多直覚常識，这是由于象馬薩綽（Masaccio）、匹罗·的拉·夫蓝析斯卡（Piero della Francesca）和曼忒納（Mantegna）等艺术家已实現了这个綱領。

当雷奥納多·达·芬奇把繪画称作一种科学时，他只不过說出当时流行的見解而已。在随同他的"典范"（Paragone）[4.114] 一起出版的論繪画的专著里，他直率地說：

> 繪画这門科学所討論的是物体表面上的一切顏色以及由表面包藏着的物体的形状；涉及这些物体的相对远近距离；講到距离漸增时物形必須縮小的各种程度；此外，这門科学是透視学之母，也就是視綫科学之母。

有些人要指摘繪画是半机械性的，达·芬奇的答辯和柏拉图全然相矛盾。他說（100 頁）：

> 天文学和其他各門科学也需要动手操作，尽管它們起源于心意，就象繪画，虽起于起意作画者的心意，但若沒有手工操作，就不能完成。繪画的科学的和眞实的原理……只为心意所独自領会，而不需要任何手工操作；这些原理构成繪画科学而存留在起意作画者的心意中；然后再从这門科学产生实际創作，这样的創作在尊严性上远胜于先于它存在的构思或科学。

自然和人

文艺复兴見到了艺术中現实主义运动的胜利。古典艺术专致力于理想形式，并专用传統象征主义来达成效果；拜占庭艺术則尤有过之。在中古时代，根据大自然的繪画已开始从画幅的边緣潛入，有作叶状的，有作动物状的。到文艺复兴时代，对画幅中心的人象也添上同样的現实主义作风。所有这些都要人极仔細地观察純自然，如山、石、树、花、兽和鳥，这样就建立了一种地質学和一种自然历史的基础，而不再从书本和邏輯派生出来了。尤其是要有对人本身的解剖知識，来查見人的姿势和表情的基本机理。文艺复兴时代的艺术极少印象主义的风格，正象它极少形式主义的风格。阿尔貝第敦劝画家先考虑人骨，然后考虑联骨在一起的肌肉，而只在最后才顧到人象所披的一切衣飾。雷奥納多在他的实践和教訓中，更超过这个境界。从静止中

的人的画象的表达,他推到动作中的人象,因此,也就推到了生理学和动力学。对他講来,这样把动态中的人和动物表現出来,只是求达某种目的的手段,而这目的則是要表出那使动作活起来的精神或灵魂。所有这一切需要深入研究脑和內脏的解剖学,而雷奥納多在这方面的繪画从未有出其右者。那一門导致哈維的血液循环說的新解剖学,应归功于艺术家,几不下于医生。

文艺复兴时代的医学

在这里研討一下文艺复兴对于以医学为中心的生物学研究上的大貢献,是适宜的。意大利諸大学一般既无生气而又充滿蒙昧主义,但其中的医学院系却为最突出的例外(179 頁),特别是在帕彫亚大学,它的医学院已赢得最高的声望,吸引了最富天才的头脑。这对医疗的实践并无显著的助益,因为要經过若干世紀后,化学和生物学的知識才足够用来有效地应用科学来和疾病作斗爭。不过,这对于自然科学的发展,却有絕大助力。

意大利医生們和来此研究医学的許多国外学生并不与外界隔絕,却随意和艺术家、数学家、天文学家和工程师混在一起。他們当中不少人实在自身就从事于这些职业中的某些种。例如哥伯尼,除了是行政者和經济家外,还受过医学訓練,也执行医务。由于这些联系,使得欧洲的,特别是意大利的,医学具有它的独特的叙述性的、解剖学的和力学的傾向。人体被解剖、被探究、被量度、被記录并被解释为一具异常复杂的机器。解释是太簡单了;我們現在对于諸器官的功能或演化史上的知識,大部分未經,也不可能被他們猜想到。然而有三門基本上属于現代性的新科学,即解剖学、生理学和病理学——我們感謝法国的伟大医师让·斐納(Jean Fernel)(1497—1558年)定出了后二名詞——却是建基于直接观察和实驗,至于古典时代权威和巫术传統两者的束縛就此开始被打破了。[4.87]

此項工作的总結出現在安德累雅·維薩留斯(Andreas Vesalius)的巨著"人体构造",这是当时对人体一切器官的最完备的叙述。但是它对格林(128 頁)的古典描述却仍未作任何严格批評;而成了为拙劣的生理学服务的优良解剖学。然而他在 1537 年在帕彫亚創立的学校,却造就出一連串解剖学家,直到哈維。維薩留斯当了查理五世(Charles V)皇帝的御医。查理的劲敌,即法国的法兰西斯一世,用了一位外科医生安布洛阿·帕累(Ambroise Paré)(1510—90 年),其人有許多地方与維薩留斯形成对比。他是一个眞正的手艺工人,未尝学文,把亲眼見的和亲手做的,都用法国俗語写下来。他改革了疗伤法,特别是对当时恶战中很常見的鎗炮伤。

工程师：雷奥納多·达·芬奇

在文艺复兴时代，画家、建筑师和工程师的职业是不分的。一位画家也許会受他的城市或君主之召，也許出于自愿，来鑄銅象、大建教堂、排洩积潦或围攻城鎮。大匠总要懂得物料的性質，以及处理它們的手段。文艺复兴时代的艺术家必須曉得所有这些，并且还要多許多；他必須有意識地仿照古代，把几何学和力学灌注到他的工作里去。雷奥納多·达·芬奇，作为艺术家和博物学者，已經达到最高的境界了，而在这范围內也显示了他的最大才能。例如，当他向米兰公爵自荐时，就提起他所能制造的若干軍用器械，最后还說，"在繪画方面，我也不弱于别人。"[1,3] 从他的笔記簿里，可以看出他怎样敏銳地研究金属工人和机器工人的各項操作，而他自己又怎样成为第一位力学和流体力学大家。虽然注定失敗，他的最伟大的尝試是想做到机械飛行——这是工程研究中的一件傑作，要观察鳥类并結合制造模型、計算和按实际大小的試驗。[4.66; 4.113]

雷奥納多設計了并繪成了差不多不計其数的巧妙机械，从輾压机到可移动的挖河机。今天我們拿来研究，就显出他的天才的悲剧的另一特点。[4,9] 他能发明差不多供任何用途的机器，并把它們繪制得精良无比，但是几乎沒有任何一件，而其中最重要的更絕无一件，眞会起作用，即使他眞能弄到足够的錢来制造它們的話。文艺复兴时代的工程师缺少靜力学和动力学的数量的知識，又沒有象蒸汽机那样的原动机，事实上絕不能超越传統实践的限度。他的影响在机器发展上并不大，而是給学术界一种深刻观念，即自然界的种种操作可用机械来闡明。

雷奥納多·达·芬奇的一生和他的事业就是表明文艺复兴时代的希望和失敗的例子。[4.22] 他經訓練成为画家，多才多艺，青年时便贏得意大利艺术最灿烂时期中大人物的眷顧。但他不滿意于专业繪画，他同时要了解所画的东西和审視时所用的光的潛在本性。于是他的研究是多方面的，牽涉到光学、解剖、动物、植物和岩石。同时，运动和力的重要性对他的印象越来越深。为了要在实践中实現他的思想，他就投身于当时最有权力的君主米兰的卢多韦科·伊·摩洛 (Ludovico il Moro)，但因战爭籠罩着这位君主，所以雷奥納多在那里成就极微。1499 年米兰失陷以后，雷奥納多被迫成为流浪者——曾一度随同愷撒·波尔甲 (Cesare Borgia) 出征，于是在佛罗稜薩城又在教皇处服务，最后流亡到法国，受法王法兰西斯一世的恩俸至死。

他一生努力更深入地鉆研自然和社会的基础意义。他在这方面，幸而由于未受大学教育，因而須要力图忘却的旧学比較少；但却正为此原由，旣无系統鉆研門径，又

无数学技能来貫彻他的思想,或使别人信服它們。他不曾留下学派,对后人是灵感而不是指导。

文艺复兴时代的工艺学

文艺复兴时代工艺学上最大的进步是在采矿、冶金和化学三个密切相連的部門內。因需要金属,就迅速开矿,先在德国中部,后在美洲。德国矿山是資本主义生产的培育所。在中古时代全期,采矿大都是个人或小規模合夥經营的一系列冒险尝試,由"自由采矿者"进行,也就是他們自己的探矿者。他們向国王或君主納税,并受他們保护,免遭小封建主的干涉。[4.106] 等到有了較大規模的矿业时,自由采矿者就集合起来,組成公司,并将他們的所得分成股份。十五世紀时已有不管事合夥人加入股份,来协助提供資金,以置办越来越貴的联动机器。矿开得越深,泵和起重联动机就越有必需。著"矿物談"的阿格立柯拉,就职务論是薩克森尼的白来柏(Bleiberg 鉛山)的一个矿山医生,但他也持有几处最有利潤的矿山股份。从动力传递和泵所获得的經驗,是对力学和水力学原理发生一种新关怀的开始,这項关怀在科学革命和工业革命中,都产生多方面的效应。自从德国因历次宗教战事而矿业衰敗,德国矿工和冶鍊家分散到西班牙;到新世界;尤其重要的是到英国,在那里他們替英国的未来財富打下技术基础。

冶金術和化学

金属冶鍊是化学的眞学校。广泛地开矿必然揭露一些新矿石,甚至新金属如鋅、鉍(似金金属)、鈷(英文 cobalt 来自 kobold,义为矿妖)和紅鏶矿(假銅)。要分离和处理它們,必須依类推原則去寻求方法,再从慘痛的經驗来加以改正。但在进行中,就有牽涉到氧化和还原以及蒸餾和混汞法的一般化学理論开始形成,起初自然只是隐約的。試金术,即从一种矿石里定出能生产多少貴金属的方法,只是規模小而确定的冶鍊工作。这就成了化学实驗和化学分析的基础(218 頁图 8).

这一大羣新的金属物質对于进行工作者不能不发生生理上的影响,大多数是有害的,但也有些有益的。例如矿区姑娘們就用砷来改进容顏。金属化合物开始用为葯剂,因为它們对人体有剧烈作用,并打破人們对传統草葯的信賴。特别有决定性的事是用汞来治疗由哥倫布(Columbus)部下水手們带回来的新的可怕的梅毒症,对这种病古传草葯已証明无用。

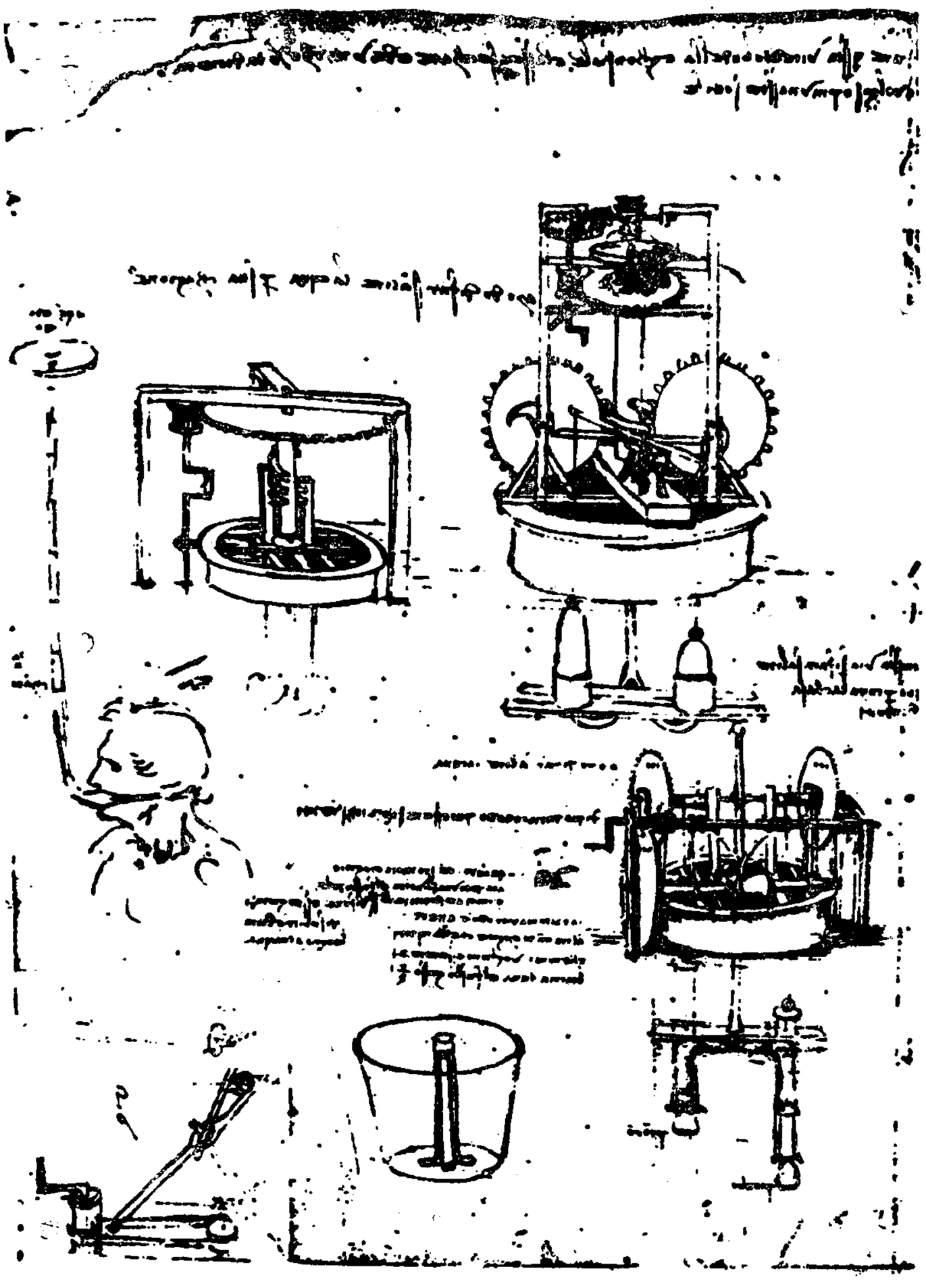


图9　文艺复兴时代的工艺学:雷奥納多·达·芬奇

机器的草图,大多数是双作压动泵,表明一些間断螺桿和蜷綫范动輪策动的巧妙設計(222頁)。

巴拉塞尔士（Paracelsus）和精灵主义

菲力帕斯·奥理拉·提奥夫剌斯塔·邦巴斯达·封·和痕海(Philippus Aureolus Theophrastus Bombastus von Hohenheim)(1493—1541 年)自名为巴拉塞尔士,❶ 表明他自己比古代名医塞尔士(Celsus)还要高明。他是医疗化学家(化学医生)新学派的态肆而热心的創始人。他在巴塞尔(Basle)城鬧市里当众焚毁格林和亚微瑟那(Avicenna)所著的书,并按照眞正的新教精神,宣称直接經驗要比任何权威优越。他虽然引用阿拉伯人和雷門·魯耳(Raymond Lull))(182 頁)所流传下来的鍊金术旧传統,却能改变它們,并更换它們的方向。在硫和汞两种旧传統相剋物之外,他加进了中和性的鹽,因而建立对抗亚理斯多德的四元素(114—115 頁)的"三元",作为他的化学上"鍊丹"技术的基础,这技术就为了追求健康而放弃追求黃金。

巴拉塞尔士对化学的攻研坦白地走精灵主义派的路。凡一切自己会动的或有生命的活动,都連系到一些无形主宰的作用——这种主义是人类最古的思想之一,大約起源远自旧石器时代。这与呼吸的气息有关联。每一动物初生,首先有气,到死即断气。我們的語言中有从許多别种語言假借而来的若干詞,就說明这个观念分支很广:如灵物(指动物)、神感(指一陣风)、吸气(引申为企望)、鬼魂、灵感、心灵、精灵、灵魂。空气本身就是一种精灵,它在身体內的作用,从許多气泡看来,就是一种活跃的"發酵"的征状。化学中一种关鍵性过程,蒸餾术,就是一种截获沸液中升騰而起的看不見的精华的手段。这样的精华实在強烈,这从飲用后的效果来看就太明显了。(196 頁)

照格林派生理学講,所有身体操作都由几种各别的精灵或灵魂来演出:位于肝內的生长精灵或自然精灵,职司消化食物;在心脏里遇到賦予生活力的气息,这个精灵就变成生命攸关的精灵,經由动脉而散布到全身;在脑室里,这个精灵再經精鍊,成为生动精灵,通过神經使全身能动。巴拉塞尔士虽然擯斥格林,但在引用精灵的概念时,甚至还要更无拘束些。他描繪精灵——拉丁語作 archæi ("元精"),象出沒于矿山的小矿妖——正当指揮的天使們被逐出天界时,就主持胃、肝和心各內脏。尽管这样神秘,然而由于化学的內在复杂性,一直到十八世紀化学革命以前,推进化学最有效的途径,不是那合理的机械的途径,倒反是这条直覚的、神秘的途径,而巴拉塞尔士則据有作为現代化学始創人的不容爭辯的地位。甚至他所認为"元精"已再現为現代生物化学里的酶,其种数比他所想象的多得多。(490 頁起)

---

❶ 按希腊詞头 para (巴拉)的意思是"超越"。——校者

文艺复兴时代化学家所从事探討的矿物不只是金属矿砂。有些化学家，如伯尔拿·帕利栖(Bernard Palissy)(1510—約1590年)，研究土类，目的在找寻陶瓷用的新釉；当时欧洲陶工正在开始赶上波斯陶工的技术成績。他們要仿制中国瓷，却还太早——我們現在称瓷仍用与"中国"一名相同的一个詞。至于在經济上重要得多的則在明矾一物，这是織布和制革都少不了的主要物料。据有明矾矿，教皇政权就坐拥現金。1462年，教皇政权办了第一家化学信託公司，叫明矾公司。[3.38]不幸得很，教皇政权下的明矾很昂貴；为了励行垄断，就用地獄业火为恐吓。这样強制，又添上一个原因，迫使北方国家布业中人贊成宗教改革。教皇們为了支付圣彼得教堂建筑費曾发行著名免罪券，它們引起路德反抗罗馬。我們从这些券上看出，有几款罪名連券都寬恕不了。其中就有从敌对产区販运明矾这一款。

另一重大的化学发展在蒸餾技艺方面。它扩张并改进到如此程度，以致一直到十八世紀之中不再起重大变化。不只在欧洲大規模飲用烈酒，而且在劝誘无知的蒙昧土人捐弃他們的土地，甚至他們的身躯时，酒精确仅次于火葯。到文艺复兴时代末叶，化学实驗室，有了炉、曲頸瓶、蒸餾瓶和天平，已具規模，就引达今天的实驗室，并沒有任何根本的改变。(218頁图8)

7.3 航海术和天文学

航海和發現

矿业和金属的各項技术发展，得益于科学者无几，但很有助于科学。但是向欧洲資本主义企业开辟全世界的历次重要远洋航行，情形就不然了。这些是为了光荣和利益服务而有意識地最初应用天文和地理科学，而获得的成果。意大利和德国城市，如威尼斯、热那亚、甚至內地的佛罗稜薩和努恩堡，都因貿易广泛，在理論方面自应处于領导地位。由于十三世紀老旅行家馬可·波罗(Marco Polo)和魯布立格(Rubriguis)等的报告，以及近世航海所获的結果，使希腊地理学复活并得到扩展，以合于当时最新的知識。同时，意大利人和德国人改进了天文学在航海术上的应用，并首創一种运动，把天文表做得足够准确和簡单，使水手都会用，更把地图弄成可在其上繪制航綫。

实用方面是葡萄牙和西班牙的海員們所主要关怀的事。他們以十字軍的最后努力和实用眼光結合起来，着眼于糖蔗种植、販运奴隶和探采黃金。理論和实践会合在薩格(Sagres)的航海家亨利(Henry)王子(1415—60年)的宫庭里，摩尔族(Moor)、犹太、日耳曼和意大利专家，同慣航大西洋的船长們，商討新航程。柏爱巴赫(Peurbach)

(1423—61 年)和他的弟子里吉奥梦忒那 (Regiomontanus) (1436—76 年)都曾大大地修改亚丰瑣 (Alphonso) 的天文表(184 頁)。里氏在努恩堡工作，后来得了阿布勒喜特·度勒 (Albrecht Dürer) 的协助。在这項工作中，柏、里二人采取旧日的托勒密体系，但用了利未·本·杰尔孙 (Levi ben Gerson) (184 頁) 的三角术来簡化計算，这样就回到阿剌伯人的旧路，并为全部中古时代的数学学术别辟蹊径。这些表和方法对于备有杰尔孙十字測角器的航海家是立即可以适用的。在十五世紀后期，因东方貿易被土耳其人牢牢地垄断着，就生出一种誘人的想法，要从紅海以外其他路綫突进印度洋。理論家爭議着两条可供选择的路綫，而最明显又可逐步試探的一条是繞过非洲。这条路綫是葡萄牙人所贊成的。在 1488 年，发司哥·达·加馬 (Vasco da Gama) 試航此路成功了。不过，到 1497 年，才到了印度。因为那块陆地也許伸到地球的一个极点，所以事前一点也拿不稳可以成功；但相传迦太基人曾經做到，而沿途也許大有随手掠取的东西。

克利斯多福·哥倫布 (Christopher Columbus) 和新世界

天文学家和理論地理学家，如佛罗稜薩人托斯卡涅利 (Toscanelli) (1397—1482 年)，所互相探討的另一計划，是在未經航行过的大洋上西行，去寻訪在寰球另一面的中国。但討論这样一种假設，比起眞正一直向海外駛去，却完全是另一件事。按照大众想象，这样的冒险家会遭遇到任何事故。他們也許永远航不到边际；他們也許航到世界边緣而翻墜下去。沒有一个人預見到的一件事，就是也許中途有块大陆拦住去路。凡是愿意尝試的人至今总是被認为航海家之王，也是探险家中最幸运者，"哥倫布把新世界献給了卡斯梯拉和勒翁(A Castilla y a Leon, Nuevo Mundo dió Colon)"❶，但他本人除受磨难而外，几无所得。哥倫布实在远非一位科学家，对于他試图去做的事，也一点沒有清楚的概念。[4.49] 他所确实具有的乃是一种神秘灵感，以为航过大洋，可发見一些新島，甚至发見中国(Cathaya)，或者毋宁說，他以为自己是上帝选定的神舟——載运基督者(Christophoros)——使命是要发見"新天新地"这一启示的眼界。就是这种半宗教半科学的幻想，賦予他威力，凭一个身无分文的人，終于贏得人来支持他的冒险事业。在以前，这类事不会有人想到过；即使在扰攘而且勇于冒险的十五世紀里，要这样做也是够困难的。哥倫布不得不周遊葡萄牙、西班牙、英格兰和法兰西的宫庭，販卖他的理想有十年之久，但被一个个专家委員会相継浇冷水。最后，只有靠幕后势力，他才得到允許开航，为他备有一艘一百吨的船和两只附属小艇，并立有契

❶ 卡斯梯拉和勒翁都指古代西班牙的部分。——校者

約，如果他找到新陆地，应授以海洋提督銜和重賞。葡萄牙人繞道非洲历次航行，以及哥倫布冒一切危险几次直渡大西洋，二者間的对照，就表征着另一对照，就是依靠稳步改善传統而推进技术，以及凭理性从基本上脫离传統而用科学推进技术。因为不論哥倫布本人的一些內心动机怎样神秘，他航海的得到支持，全靠有人从实际上来估計証实一条科学假設后所可期待得到的收获。

哥倫布从不知道他已发現一处新大陆，而新大陆的今名是若干年后才从佛罗稜薩人亚美利哥·味斯浦奇得来的。他是雷奥納多的飽学朋友，在用文字来写出他的发見这一点上他是較为成功的。留待最后，才由葡萄牙人麦哲倫，在替西班牙服务时，表明如何周航世界，才完全証明地圓。麦哲倫本人絕未完成环球航程，他在菲律宾羣島被杀。周航世界后回到故乡的第一人却是他的一名馬来种奴隶。

經济的和科学的影响

伟大的航海的經济影响既見效于当时，又垂于久远。传袭下来的，阿拉伯人所从事的遵陆而行又換船航的貿易，曾使他們和突厥人获重利。但自从改泛外海大洋有了捷径，葡萄牙人就致鉅富。同时却毁了威尼斯商人。后来，在美洲，用掠自非洲的奴隶劳动力，从事采矿、甘蔗和菸草种植，来进行开拓，就使西班牙和其他殖民強国得到更大、更稳定的收入。但由于西班牙經济制度落后，这宗財富不曾留在国內，因为采矿和貿易两桩开发事业都在外国人的掌握里，反去供作荷兰和英格兰的工业資金。

对于科学的影响也是具有决定性的。早期航海奏功，就开創了对造船和航海的极大需要，应运而生的是一班新手艺工人，有智力，受过数学訓練，能制罗盘、地图和仪器。这样开始有了科学的大众，并对各阶級有智力的青年提供了訓練場所和生計。航海学校就在葡萄牙、西班牙、英格兰、荷兰和法兰西建立起来。[4,101] 星体的运行到此有了現金价值(241 頁)，即使在占星学已不合时宜之后，天文学仍屹立着不怕无人理会。

同时，在一方面发見了古旧而富饒的亚洲文明，在另一方面又发見了美洲新世界，連同它們的一切奇风异俗和物产；这一双孿生新发見就使古典世界显得褊狹，并使人自知已成就了古文明国民所想都想不到的某些新事业，因而得到鼓舞。新园地既敞开供人来观察、来描写，就需用新方法来分析。航海实足以代表对知識范围的大突破，其重大无殊于它們对地球范围的突破。文艺复兴时代的創导者希望有一个新时代，并为了这新时代工作过。到十六世紀中叶他們能感覚到已达成了新时代。人文主义者让·斐納是法兰西王的御医，也是近代量出子午綫一度有多长的第一人。他曾于 1530 年左右在他的"对話录"(Dialogue) 里表示这种新精神。当他判明一些医

学新方法为正确时，他說：

假使我們的长輩和他們的前人只照他們以前的人那样，走同一道路，那会怎样呢？……这样不行，相反地，看来应該让哲学家改走新途径、改从新体系；应該不許誹謗者的呼声、也不許古文化的压力、也不許权威的盛势，来妨碍那些要发表自己意見的人們。照这样，每个时代都产生新作家和新艺术，作为它自己的收获。在我們这个时代，就看到暈厥了十二个世紀之后而光荣地复甦的艺术和科学。艺术和科学現在的光輝与古代齐明，或有过之。在任何方面，本时代用不着自輕，也不必望着古文明国民的知識而低徊兴嘆……我們眼前这个时代正在做着古代所梦想不到的一些事情……由于我們航海家的勇敢，大洋被横渡了，新島屿被发見了。印度的一些僻远隐蔽的地方，揭露出来了。西方大洲，即所謂新世界，为我們祖先所不知的，現已大部明了了。在所有这些方面，以及在有关天文学的方面，柏拉图、亚理斯多德和古哲学家們都曾获得进步，而托勒密更大有增益。然而假使这些人当中有一位今天重来的話，他会发見地理已改变得認不出来了。我們时代的航海家給了我們一个新地球。[4.87.17]

哥伯尼的革命

就在这个和地理学有密切关系的天文学范围内，要发生全部古代思想体系里第一次，而且在某些方面是最重要的一次突破，这并非偶然的。这件事就是哥伯尼明白地并詳尽地揭露了地球据着本身的軸自轉，又繞着固定的太阳公轉的运动。当时，独有叙述天文学这一門科学积累了够多的观察資料，并发展数学方法到了够准确的程度，让人能清楚地設立一些假說，并从数值上来检驗它們。再則我們所已經看到的叙述天文学，由于它既对旧占星术有用途，又对新航海术有用途，就成为复兴后的重感兴趣的中心。单是新旧两种用途本身也許不大会导致任何彻底的进展。职业天文学家，如柏爱巴赫(1423—61 年)和里吉奥梦忒那(1436—76 年)，認为那些旧法經小小改进，对他們就够好了。而正是由于这些职业天文学家和引导他們去寻求希腊原著的文艺复兴时代精神才产生了新天文学。柏爱巴赫曾在拜占廷人文主义者柏舍立昂(Bessarion)(約 1400—1472 年)主教处服务，并由教皇聘去改良历法。

哥伯尼所增益的是新的批評精神，是对审美形式的体会，以及新經編輯，而也可用来衡量一家家古代权威的旧籍所启的灵感。因为我們已經見到，地球自轉的观念絕不是新的。它可以回溯到正是希腊天文学的基础上去，并且在公元前三世紀，曾由亚利斯他克(Aristarchus)用許多文字陈述过(125 頁)。这个观念一直是对星体运动

的一个代换观点——不过它是似非而是地违背常見罢了；因为說地球不动，而日、月和星辰則可以看見是在移动，是不証自明的。要推翻常識見解，不但須靠科学，也还要有勇气。尽管一生謙退成性，敢于这样做的人是富有勇气的；而且，作为一个文艺复兴时代的人文主义者，却具有做到这样和过去断然决裂的一切激励因素。

尼古拉·哥伯尼在 1473 年生于波兰的托朗 (Torun)。他在波罗那 (Bologna) 大学学习天文学，在帕彫亚大学学习医学，在非拉腊(Ferrara)大学学习法律。他一生中有最大部分在夫牢恩堡 (Frauenberg) 总教堂牧师团里当牧师。这个总教堂所在的城市正坐落在条頓族 (Teuton) 爵士們和波兰王国互相爭夺的地区，所以他頗多过問战事和政务。但是他的主要兴趣总在天文学，他把私生活全部貢献于努力寻求更合理的天界图象，而这图象的最后形式則揭示在他所著的"天体之周行" (On the Revolution of the Celestial Orbs)一书里。这书正在他死的那年，1543 年，才印出来。在这书里，他假設了一个球的体系，围繞太阳而不是地球为中心，假定地球自轉，并詳細指出这就可以解說一切天文观察。*对于这項革命性的改变，他所操的理由基本上是哲学的，是审美性的。[3.1] 談到他的太阳中心体系和它所暗示星辰几乎无限遙远之意，他写道：

> 我認为相信这一說法❶，比起把地球保持在中心的人們必須假設大数的球层因而混淆了观点的办法，要容易接受些。这样，我們倒是順从自然，自然之道，并不产生任何徒然的或多余的东西，而是傾向于賦予一因以多果。[4.84.19]

然后在逐一叙述行星星体后，他归結道：

> 在一切的正中，坐着太阳，如登宝座。在这最美丽的神庙里，要这个发光体能同时照明一切，还能有更好的位置来放它嗎？他被叫做明灯、精神、宇宙主宰，都很正当。黑梅斯·特立斯麦吉斯塔 (Hermes Trismegistus)❷ 叫他作可見的上帝，索福克儷 (Sophoclès) 的悲剧"伊勒克特剌" (Electra) 称他作普見。所以太阳如坐在皇座上，管理他的儿女們，就是繞着他轉的那些行星。地球有月球为她服务。如亚理斯多德在他的"論动物各部分" (de Animalibus) 里所說，月球和地球的关系最密切。此际，地球受孕于太阳，所孕的是每年再生一次。

这里我們也看得出哥伯尼兼有两点，一是重返到对宇宙的最古而确然玄幻的見解，一是推崇中央王制，"太阳王" (le Roi Soleil)。

太阳系的提出，經过了若干时日才发生任何影响。少数天文学家評价它是改进計算的手段。1551 年，根据哥伯尼体系制就普魯士表，但沒有什么人相信这体系确实可

❶ 按指太阳中心学說。——譯者
❷ 希腊神話中的女神。——譯者

靠。除了与常識抵触外,还有許多反对意見影响到学者,特别象:地球既在自轉,何以不产生狂风,或使下落子弹偏斜。这些疑难只有等到伽利略才終于扫除掉(245頁)。

不管怎样,仅仅以地球为一个开廓宇宙中的一小部分的观点,就对神所創造、神所維持运动的閉合的同心透明球层那个旧想象,起粉碎作用。如果地面上有若干新世界,天上就不会也有么?布魯諾(Bruno)之死就是由于这一异端邪說。

文艺复兴的成就

这場科学革命的第一阶段,在观念范围內主要是一个破坏阶段,但有哥伯尼的唯一輝煌的建設性的假說給照耀着。不仅在天文学里,也在其他有兴趣的方面,如在解剖学和化学里,旧的思想方法正日益显得不适当和不滿人意。文艺复兴时代的人,对他們自己所提出的那些問題,即使只解决了其中沒有多少条,但至少已斬荆披棘,准备在下一世紀思想大斗爭里,解决其余的問題。

說到科学用途,对比起来,文艺复兴却标誌出一个有决定性的成就的时代。中古时代早期的科学努力已經黯淡,主要是因为找不到实际用途,这已經提示过了。文艺复兴时代航海家的一些成就,确实正好提供了什么是所需要的,就是一个又稳定又正在增长的应用場合。而这个場合需要天文学和航海术,正好是从古典时代以来,保留得最好的,也是在占星术和制历任务中支持得最积极的科学部分。在机器发展中的力学科学和在炮术发展中的动力学科学,都应該予以进一步的支持。从这时起科学就稳固了;科学已成为最关生死、最积极、又最有利潤的事业——貿易和战爭——所必需的了。到后来,科学的服务能够推广到制造、农业、甚至医学上去。文艺复兴的全面重要性就在于标出了首次脫离封建中古时代的經济、政治和思想。建設工作中的絕大部分还有待完成,但絕不許走回头路。科学正开始在历史上树立标帜了。

7.4 第二阶段:初期資产阶級革命中的科学(1540—1650年)

約略从1540到1650年这一时期,在历史上无簡便名称。它曾被叫作反文艺复兴时代,[4.4]但这样就将表示一种对前一阶段的反动程度,远比实际发生的厉害得多。这一时期包含了:反宗教改革,以巴罗克建筑风格(Baroque style)为其可見的表征;几次宗教战爭,更番汹湧在法兰西(1560—98年)、低陆各国(1572—1609年)和德意志(1618—48年);1576年荷兰国会的成立和1649年英格兰共和政府的成立。在这些事件中,最后二件应有最大的根本意义。它們标明在世界貿易和制造所大量集中的两个国家里的新資产阶級的政治胜利。

在科学方面，这一时期包含新創的观察的和实驗的途径的初期伟大胜利。它从哥伯尼首先闡明太阳系創一新鮮局面开始，而以通过伽利略不顧教会譴責毅然进行工作使太阳系巩固建立告終。在它的范围內包括了吉伯在1600年所述地球为一磁体之說，以及1628年哈維的发見血液循环現象。这个时期亲見到人类最初运用二种把可見自然界扩展开来的伟大利器，就是望远鏡和显微鏡。

从經济方面說来，控制这一世紀的是航海所累积的影响，当时与航海有关的貿易已得到欧洲旧有的內陆貿易。本世紀更特别显示出物价大增，这是由于美洲的銀內流所造成。西欧封建地产制破坏了，特别是在荷兰和英格兰，就把失去土地的人赶到劳工市場上去，同时，雇佣工人的实际工資也就被严重地压低了。这样就在物价高漲和銷路增加的时期，发生了降低产品成本的效果，并同时为制造商提供了大量劳动力。結果是在新辟海洋貿易綫上能罗致新資源并供应新市場的那些商人和制造家，就发了史无前例的巨大財富。[4.5;4.7] 德意志曾是十六世紀初期欧洲最进步的部分，它的經济竟被毁于貿易改道和战爭頻仍的联合影响。

旧中心地区的損失由外围地区弥补而有余。欧洲的新經济中心，那时实在算世界的新經济中心，在围繞北海一带，起初是荷兰，后来是英格兰和法兰西北部。在这些地方，制造可与貿易合併，这就不同于其他两个滨海国家，即西班牙和葡萄牙，它們仍未脫离封建状况。德意志和意大利手艺工人外移，而且迅速地把文艺复兴时代的技术成就和艺术成就传播給当时有势力的北欧諸民族。同时，荷兰和英国人口日益增加，需要谷类，它們的航运业又需要亚麻、木材、瀝青和鉄。这就刺激了波罗的海諸国的經济发展。在那些国中，丹麦、瑞典、波兰和俄罗斯，开始以独立強国的姿态次第出現。

在經济革命第二阶段中，推动的主脑和主要得益者就是荷、英两国商人，他們有发达的农业和漁业为后援。資产阶級有了財富就有政权，但得来也非容易。須要經过多年的斗爭和公开的战事，才逼得西班牙和英格兰的国王先后認識到：不能再把他們的殷实的荷兰或英国臣民抑制在那些阻碍臣民追求利潤的封建情形之下了。斗爭的表面理由是宗教性的，而这样来解释，至少有理由說是：新兴資产阶級在政治和經济上的信仰和实践，用加尔文主义的說法来表达，要比用天主教或甚至路德派的說法来表达更自然些。[4.99]

工藝学的進展

就技术而論，这是一个在規模和成績上都舒徐前进的世紀，而沒有标誌出以前以后各世紀的革命性的新創事跡。农业仍是占优势的职业，呢絨制造仍是主要工业。

尽管这样,已有了变革的气氛。由經驗改进了造船术,跟着再改进了航海术,貿易的增加和运費的減低,使財富在資产阶級中分配得广泛得多。絲綢和玻璃等希罕奢侈品成了商品,同时棉布、瓷器、可可和菸叶等从东方和西方来的新产物,开始出現在欧洲市場。法兰德斯派和荷兰派繪画开始脫离为宗教服务,和为权貴揄揚,而描摹普通人民的飲、食、行乐。就在这时,荷兰人树立了城市第宅和乡間别墅里的資产阶級享乐标准,并在园圃上投下了宝爱的金錢。(272 頁)

鼓风炉和鑄鐵

有些較不惹人注意的貨物,尤其是鉄,在生产方法上正发生着終究頗为重大的变革,而在当时却几乎无人覚察。十四世紀以来,在欧洲日趋成熟的鉄冶鍊的轉变,就在这个时期开始起着有决定性的影响。从公元前一世紀起,中国已有鑄鉄(82 頁),但它在欧洲的出現好象完全无关。鑄鉄的生产足以代表一种单凭加大操作規模就能引起有关鍵性的改变。有三千年之久,都是在小型吹鍊炉內低温下用木炭还原来制鉄,出来的鉄成糊状堆(82 頁)。在整个中古时代鍊鉄炉逐漸加大,用风箱来鼓风,后来是用水力来推动风箱。温度偶然高到足以鎔鉄,就把可鍛的"鉄块"变成頑固的"鉄結块"。[4.96] 后来,在十四世紀,最初在萊因兰,有人想出一个主意,让鉄水流入炉前地面上的坑里,这坑不久成为总槽(英語"sow",意为"母猪"),附有一窝生鉄(英語"pig iron",直譯为"猪鉄")。这生鉄起初难于精鍊,而改进办法也慢;但是这过程的知識传播开去,鼓风炉就代替了吹鍊炉;到了十六世紀末,鉄的浇注就开始以吨計,而不再按英担(112 磅——譯者)打出来。[5.2]

因鉄貴加給一切技术的限制,很快就消除掉了,但又出現了新的隘口,这是由于缺乏鎔化大量的鉄所需的木炭。往日建立的一些产鉄区,如色賽克斯(Sussex)的威尔德(Weald),失去了它們的重要地位,而这种重要地位轉移到有大宗木料的瑞典和俄罗斯。通过貿易和战爭,使这两个国家进入世界經济实以鉄为主要因素,一旦鑄造青銅鈡的技术能够应用,鑄鉄就首先被用来制造軍械,特别是大炮。英格兰老早就以善制大炮著名,而且大炮的买卖則严格遵守唯利是图的商业原則。不管最信天主教的西班牙国王的大战船上的炮也好,奉异教的阿尔及利亚(Algiers)君主的炮也好,是否在色賽克斯或在别处鑄造的,机会相同。[4.96]

煤的使用

缺少木材来鎔鉄,只是十六世紀后期影响荷兰和英国的严重木材恐慌的許多原

因之一。一般的商业繁荣就提高了木材的需要，如在造船和造屋、充薪柴、制盐、煮皂、制麦芽糖以及家庭杂用等方面，这就远远超过了当地森林的供应量。运进一些木材，原属可能，但是有一种現成补救法，就是用坑煤。这是从罗馬时代就在諾森伯利亚(Northumbria)和苏格兰露天煤层里采取的，并且，在中古时代已作为海煤（由海洋而来的煤——譯者)而远銷到倫敦，甚至到大陆上去。坑煤是相当污秽的东西，但仍被市民当作燃料烧，而不顧一切禁用的法規。

十六世紀，柴价高涨，煤的用途越来越广，而它的生产也增加得很快。从 1564 到 1634 七十年間，从紐喀斯尔每年运出的煤增长了十四倍，几乎到五十万吨。[4.73] 相应地在技术上，不得不更加努力，去从更深的也更易受水淹的矿坑里去采。因此就采用大都从欧洲金属矿轉取过来的一些机器，如改良的水泵和煤車出矿所行的木質軌道。在过去，屡次发生的燃料恐慌，曾把文明越赶越远，赶到未經采伐的边区森林去。煤后来眞解决了这类恐慌。从那时起，工业中心，随着它的是文明中心，都只好移向煤矿区，而注定在那些地方安定下来，至少有四百年之久。导致不列顛工业优势的因素就是它，而不見得是任何其他因素。机敏的观察家丹尼尔·笛福(Daniel Defoe)在敍述約克州（Yorkshire）三分区中的西区时，这样說：

> ……大自然对于这个在其他方面非常恶劣的国度所施的仁爱就是这样：工商业以及人民安乐所需的两件主要东西这里都有，而且所处的局面是我在英格兰任何部分从未見过类似的；而且我相信，在世界上任何部分也不会見到如此布置的局面；我指的是煤和高山頂上的长流水：这看起来是由上天的智慧的手专为对制造业所服务的目的而安排的，否則制造就无法进行；沒有了这两項，五分之一的居民眞也无法养活，因为土地不能維持他們。

十六世紀晚期和十七世紀的工业勃兴曾被称为第一次工业革命，但无論是在所涉及的技术新創方面或者是在科学的使用方面，都不能和十八世紀的工业大革命相比拟。然而我們今天可以看出前者是后者必要的前奏。要从一种用木材和水力的工艺学变到一种用鉄和煤的工艺学，必須先能表証其为必要，才能想象得到，或办得到。正是由于第一次工业革命，不滿意于中古时代封建經济所認为足够的有限資源，需要紧迫，这才逼着人去寻求各种新資源和各項新技术。

售計家：西門·斯忒提凡(Simon Sturtevant)

由于同一紧张情况，終于改变了人們对新事物的态度。一旦利潤成为合法的，而新穎的方法又能予人以致富的企望，新鮮事物就会受到拥护而不遭引避。正是这出

卖"新想法"的店舖，巴特非尔教授把現代科学的誕生归功于它。[3.1] 十六世紀晚期和十七世紀初期出了最早的一伙售計家，后来改称發明家。他們不象罗哲尔·培根那样只談說了不起的新奇机器，而是自告奋勇，愿受酬制造，而有时甚至于眞这样干。

哥尼流·德勒伯(Cornelius Drebbel)(1572—1634 年)就是这样的一个人，他制成一艘潛水艇，在泰晤士(Thames)河上展覽，但他創制一种猩紅色染料，却是更賺錢的投机事业。还有这样一位被人遺忘的悲慘人物是西門·斯忒提凡。这个乖僻的牧师的志向較高，至少是"爱用海煤或坑煤，来制作、鎔化、并鍊成鉄、鋼和其他金属；这桩发明的主要目的在于可能挽救我国的森林和木材"(摘自他所著呈請专利书"金属論"[The Treatise of Metallica][1612 年]的序言[4.97])。至于斯忒提凡的秘密是什么，或者他怎样得到的，我們可能永不会曉得了。他給他自己出的題目在实际上再过一百多年并未得到解决(345 頁)，但他留給我們一部最宝貴的著述，載着有关发明的技术方面和經济方面，写在新工业时代黎明以前，然而在許多方面后来无出其上的。他的书开宗明义就是"发明的艺术，教导如何找出新东西，如何評判旧东西"。他把这再分为包括固定資本的"組織"部分，和包括"工人"技巧的"技术"部分，在他对发明过程所作的分析中，他区别出制图、模型(表观模型和眞实模型)、施工模型、原始样品，而最后是"宏大机械性的"或滿額規模的生产，"其形状和格式的大小依照原始样品安排，或根据后来經驗所示，而作有利的增补"。他十分注意到发展費用和盈利关鍵，而对于筹集資本的方法，也有明确的概念。那么，为什么他会完全失敗呢？这不关乎技术上的无能——他发明了我們今日仍在使用的压制粘土器皿，这样就已証实他的价值。此中原因在后来看来是起源于时代的条件，这些条件完全不适合于他以惊人的明察所預見到的那种資本主义企业。

斯忒提凡估計制鉄专利一年所得是三十三万英磅。因此他把企业分作三十三股；此中，国王、王子們和倖臣卡耳(Carr)共得十八股，斯忒提凡本人得一股，其余十四股就分配給那些承担冒险尝試、参加或协助工作的人。以当时宮廷的貪婪无厌，这一切完全落空，是不足为奇的。冒险家中有二人偷取了斯忒提凡的专利，更設法剝夺了他的法律地位；但是等到他們按照方法自己去做，却失敗了，因为原专利內容遇到細微处，是一个含糊不清的典型。*

在封建条件下，或即是在复兴时代君主的特权下，現代工业不能兴起，因为君主习于糜費，永远缺錢，永远受騙。眞正完成工业进步的是那些积利作本的平凡人們，但他們要到下一世紀，等到国王、貴族以及团体的一些特权都被扫除后，才能有成就。(345 頁)

新兴实驗哲学家

欧洲新的半覚醒的科学就要在这样的气氛中生长到成熟。虽則特权泛滥，腐敗成风，但这样的气氛对科学絕不是不利的。即以反宗教改革运动而論，尽管曾有效地挡住了并打退了基督新教在欧洲的进展，但对科学并沒有发生同样作用。主持运动的耶苏会中人有足够智慧，認識到扶植科学，比盲目地反对科学，更易于赢得人心。因此，他們就全心全意地投入科学运动，特别是新天文学，甚至成了在印度、中国和日本传播新天文学并設立观象台的行动者。同时，他們在科学內部充当看守犬，防止科学对眞宗教或許起任何危害作用，这样无意中就便宜了他們控制所不及的基督新教国家里的科学家。

十五世紀时，科学集中于意大利的現象已代以普及全欧的現象，不过意大利在知識上的优越地位，虽然在政治和經济上已經衰落，仍然持續下去；这是因为西欧国家中第一个摆脫封建传統的意大利，在久已失去政治和經济重要地位之后，仍为欧洲的文化中心。它的文化是一种平衡得当的文化，因为在意大利，各大学已經大部分地被爭取过来从事新学問，而全欧洲起初只有它一国这样。此外大学教授們也就是朝臣，因而能把世界的实用知識去和他們对于經典传統的全面認識和接触联合起来。新科学家无論来自任何国家，不管是波兰、英格兰或法兰西，他們总是在意大利获得学問，而且也是在意大利做成相当多的最好工作。

新兴实驗哲学家，或即我們現在所称的科学家（7 頁），不再构成文艺复兴时代城市里紧张生活的一部分；他們看来更象新資产阶級中的个人分子，大都是律师，如微他（Vieta）、費馬（Fermat）、培根；医生，如哥伯尼、吉伯、哈維；若干小貴族，如第谷·布喇希（Tycho Brahe）、笛卡儿、封·葛里克（von Guericke）和范·赫耳蒙脫；牧师，如梅塞尼（Mersenne）和伽桑狄；甚至还有一两位从較低阶級来的出色的新成員，如开普勒；在历史的条件下，他們形成离羣索居；但在实际上，因他們的人数很少，比起今日的科学家們，相互間接触起来总容易得多，也更快得多，不象今日的科学家們，人数庞大，加以要受生活上的压力、出版上的多方延滞、和軍事上和政治上日益增加的限制。

科学教育：格列善（Gresham）学院

在荷兰和英格兰甚至有了科学教育的开端，坚决傾向于航海术，仿效第一阶段里西班牙和葡萄牙的学校。两个法兰德人，艮馬·佛里西烏（Gemma Frisius）（1508—55 年）和杰喇德·梅凱托（Gerard Mercator）（1512—94 年），已指出繪制准确航海地

图的途径。英国地理学家就紧密地步他們的后尘。其中最早的一位是約翰·狄伊(John Dee)(1527—1608年),他虽然以占星学最为出名,却是伊丽薩白(Elizabeth)时代許多大航海家的朋友和顧問,并且可以正当地推認为新时代中第一位不列顛科学家。在英格兰传授新科学的最初机关是格列善学院,根据托馬斯·格列善爵士(1519—79年)的遺囑,于1579年創立。格列善是倫敦大商人之一,是英王的財政代理人,也是皇家交易所的創办人 他是商人資本和新科学联合的化身。不象前一代的法兰西学院(214頁),格列善学院不仅仅是人文主义者的机关。講学固然用拉丁語,也同样用英語。它的七位教授中,有两位受聘担任几何和天文两門科学,后者还經敦促为了"海員的才干"[4.48]去講授駕駛仪器的用法。有一个世紀以上,格列善学院做了英格兰的科学中心,并成了皇家学会的会址,該学会最初就在校舍内集会。

当代大多数科学家認为理所当然,接受了古典时代和中古时代里曾列为异端之說,以为科学所主要关注的是自然和各种艺术,而它的职責是要做到有用。他們当中大多数人都曾一度为政府服务,就致力于和平时期和战爭时期所需要的合于实用的发明,以期对得起国家的重用。只是在表面上他們显得有創造性和个人突出。其实他們思想中最大部分还是必然也依賴同样的传統、采用同样的方法、并注意同样的問題。这些問題,无論比起定質的文艺复兴普摄主义,或者比起經过組織的科学的下一阶段里对自然界的系統性研究,为数是有限的。所提出的主要問題是一些关于天象的作用,这就引导到天文学在航海术上的应用,还有关于炮弹和机器的运动,以及关于人体的宏观机构。科学家的計划不再是純粹消极的,如在文艺复兴最初阶段那样:他們准备要作的,并不很在乎催毁亚理斯多德和格林的体系,而是要提供行得通的代换体系。在这方面,他們的成功超出了一切希冀,不过最后的綜合工作还要留待牛頓的时代。

7.5 太阳系的証实

哥伯尼所創的太阳中心的革命学說的含义,經过了一段时期才深入人心。这个学說,由于它簡单,而且虽然远非准确,但可以作为改善天文表的手段,所以最容易受到职业天文家的欢迎。接着出了一般人,在这个学說里,看出了陈旧的、中古时代的、亚理斯多德派世界观实为愚拙的令人信服的說明,或者由于这学說所揭露的无限宇宙的眼界而受到启示。此中最著名的是乔达諾·布魯諾(Giordano Bruno)(1548—1600年)。[4.90]他生在近那不勒斯(Naples)的諾拉市(Nola),性情火烈,心思銳利。他参加过一个寺院修道会,不久便和它爭吵,于是遍历欧洲过着流浪生活,和人辯駁,并

刊布一些把魯耳（Lull）派神秘主义和世界多重性的观念混在一起的书籍和小册子。他的才气使得当代伟人和科学家同受感动;但因舌鋒犀利，以至仇多于友,总是营扰不已。最后,在 1592 年，他不留心冒险进入威尼斯，为人所卖,并交付罗馬宗教审判所。八年后，由审判所借异端罪名，将他活活烧死。他不惜以身殉难,与其說是为了科学,不如說是为了思想自由，因为他既不做实驗又不做观察，但却坚持他有权从科学事实中得出他所选择的結論。

布魯諾使人对哥伯尼理論进行思考和爭辯。不管他的遇难吓坏了多少天主教徒,一定就有同样多的基督新教徒已得到鼓舞。然而必須要有一些更坚实的論証,然后哥伯尼理論才能眞正建立,并且使用起来有利益。在其最初的形式上,这理論所缺少的，一則是該应由天文学家准备的一項工作,即对众行星軌道的准确敍述；二則是要能提出令人信服的論証来解释地动的不可覚察性，此項任务就意味着須先創立动力学这一門新科学。

烏蘭尼堡(Uraniborg)观象台和第谷・布喇希

上面所說的首創任务是由二位非常人物所完成的。他們是第谷・布喇希(1546—1601 年）和他的助手約翰・开普勒（1571—1630 年)。第谷・布喇希本人是丹麦貴族,其势力足以影响国王腓特烈二世（Frederick II)，使他在 1576 年建造了現代世界上的第一个眞正的科学机构——烏兰尼堡观象台——坐落在瑞丹海峽(the Sound)里的文島（Island of Hveen)，丹麦的絕大部分財富就来自在海峽所抽的捐稅。他用特制的仪器,在这里收集了一系列有关恆星和行星方位的准确观察結果,使得以前在这方面所做的一切工作全部作废。他受了哥伯尼的工作的影响，但他更乐于用自己的一个体系,就是太阳繞着地球轉,而行星繞着太阳轉,当然,这就是相对于一个静止的地球的哥伯尼体系。在事实上,他选择了最适合于那些观察的一种体系,而不为它在物理上的不合理而自寻煩恼。他虽不坚持,但实在已經粉碎了亚理斯多德的体系,这是由于他表明了 1572 年的那顆新星位在恆星范围之內，而按照定义說，那里本不可能有变化。第谷生活在天文学的过渡时期,恰好是从前几乎专为占星之用,因而只由君主們資助来收集天文資料的需要,到此正退让給一种新需要,即供航海家用的更准确的天文資料的需要。

开普勒

第谷的种种結果,經开普勒整理过，对于科学进步，就无限地提高了价值。开普

勒的父母是穷人，部分由于他自己的奇特性格，他生活在不断斗爭和挫折之中。他是第一位伟大基督新教徒科学家，但一生大都在天主教地区工作。他一方面染上了数字玄术的离奇想象力，一方面对度量和計算中的准确性又具备毫不苟且的正直感，他极不平凡地把二者併合起来。在后面推动他工作的主要力量，是一种想要窺透宇宙秘密的不可思議的慾望，于此，有他的第一部著作"宇宙之神秘"（"Mysterium Cosmogicum"）的命名为証。[4-63] 但他必須生活，而且如他所說，"上帝对每一动物都提供他以最低的生活手段——对天文学家，上帝提供了占星术"。当第谷在布拉格城內，罗馬帝路德福第二（Rudolph II）所建瘋狂的鍊金占星研究所里，度其晚年时，开普勒做他的助手。在十六世紀的波兰、丹麦和波希米亚（Bohemia），出現活跃而受津貼的科学研究事业，这本身就是封建欧洲的边陲諸国当时所正在經历的新經济发展的一个标記。

就是在那里，开普勒曾設法，試图求出单用一条曲綫就能表示行星运动的最好办法。哥伯尼仍死守着圓和圓周上外切滚动的小圓；它們非但笨拙而且不能使之湊合新的准确观察。經过許多次失敗以后，开普勒发覚，对于观察到的火星运动，唯一的解释乃是：火星的軌道是以太阳为焦点的一个椭圓軌道，这种想法并不是完全新出的；十一世紀时，托利多（Toledo）的阿薩拆尔（Arzachel）（1029—87 年）曾經建議过，但所根据的資料很不充足。开普勒却成功了，因为他出現时，資料已經够准确足以表明一个圓也好，或若干圓的組合也好，都絕对不行；但可惜他又沒有晚到資料如此准确可以显明看出軌道并非眞椭圓，而是更复杂的曲綫，这些曲綫，只有等到爱因斯坦来到，才得着解释。

椭圓軌道的假說，和开普勒解释行星在軌道上的速率所用的其他两条定律，不但解除了天文学上对哥伯尼假說的主要反对論点，并且对毕达哥拉斯-柏拉图的观点給以致命的打击，这观点以为天体必然只能呈現完整的，也就是圓的运动（就連哥伯尼也曾保留此說）。开普勒的这些純属天文学性的計算，却并非在人的思想里引起走向一种全新宇宙观的大革命的决定性要素，但是它們却成了牛頓后来作出的定量的、动力学的解說的观察基础。（273 頁起）

望远鏡

要人承認关于天界的新观点，后来要証明为有决定性的步驟不会是靠任何进一步推广、只有专家才会重視的天文計算法，而是靠一种普及于大众的直接物理方法，把天界搬到地面，使日、月和星辰都能让人逼近来审視；換句話說，就是靠发明望远

鏡，或称千里眼。

望远鏡本身也許不是一件科学的創造：它仿佛出現在荷兰，是制造眼鏡时的一种副产品，可是眞相不清楚。据传說，約当 1600 年时，立伯晒的工厂里某儿童头一次隔着一个透鏡去望窗里的另一个透鏡，而发覚外面的东西象是近了些。发明望远鏡不需要科学天才的这个事实就表明这桩发明久已愆期了。望远鏡的需要一直就存在着，但因为認为不可实現，所以以前毫无作为。制造望远鏡的手段在事实上已存在了約有三百年之久。看来只需要随着十六世紀財富聚集較多，光学制造大量地集中，便会触机发見望远鏡。

伽利略·戛里雷（Galileo Galilei）

望远鏡表現为当时最重要的科学仪器。望远鏡的点滴消息传到了帕彫亚大学物理学兼軍事工程学教授伽利略·戛里雷（1564—1642 年）的耳中，就使他决意自制一具，来观天象。伽利略已是一个信服哥伯尼的人，并且深切地注意摆的运动，和相关的物体下墜諸問題。他在观察天象的头几晚上所看到的，已足以粉碎亚理斯多德对那宁靜不变的基素❶的整个描繪。就月亮来說，它并非完善的球体，已經看出它的表面上布有海和山；金星象月球那样有盈亏之相；而土星則好象一分为三。最重要的是他查見环繞木星而轉的，有三顆卫星或月亮，是哥伯尼体系的縮小模型，任何人都能从望远鏡里自己看見这个現象。

伽利略有強烈的好名之心，又深明他的发見有物質价值，这在他看来，和发見新事物时所得的純洁快乐，并无矛盾。他因此立即試图相継把君临这些星的尊号出卖給佛罗稜薩公爵［麦第奇（Medici）大家族中的一員］、法兰西王和教皇，但他們都覚得天上荣誉的代价太貴了。后来，他悟到星体运动还有更合实践目的的用途，就是拿来在海上測定經度，他就設法出卖这秘訣給西班牙王和荷兰国会。这两方面都曾为求經度測定法而悬过賞，但尙无領受者。[1.3.187]

在伽利略看来，这些企图还只是垫台戏。他立刻感到新法观察❷的眞正革命性特征。在这方面，他安排好让人人都看得見哥伯尼的天上体系的眞切模型。这是不应当保密，而应当宣传出去的知識。在 1610 年，不出一个月，他发表了一部显然最暢銷的科学书“星界信使”（Siderius Nuntius）。在这书里，他簡要而浅显地陈述他的观察。这书鬨动一时，而仍未遭遇立刻不利的反响。伽利略的受审訊是要在二十四

❶ 按指构成天体的基本要素，以太。——校者
❷ 按指用望远鏡的观察。——校者

年之后才发生，而且虽于 1618 年发表了对哥伯尼的观点措詞有斟酌的譴責，但并不妨碍这些观点被認作天体运动的一种数学表示法。有些頑強的亚理斯多德派信徒拒絕用望远鏡观察，尽管他們明明知道只消用单純推理就晓得天上有些什么。只要理性和观察老是分开在两个不同的討論范围之內，就不致于发生糾紛。

物体的墜落：动力学

伽利略感到，虽已凭观察驗証了哥伯尼的审美偏爱，还嫌不够。为了表明哥氏观点的正当，还必須說明这样一个体系如何能存在，并須消除哲学和常理过去对它提出的反对意見。地球自轉而沒有反向吹来的狂风，物体抛入空际而不会留在后面，这些都需要解释。这就意味着要認眞研究在自由运动中的物体。本問題因关联到放炮的瞄准，已具有巨大实践重要性。

这时，曾为阿拉伯人所轉递，并由巴黎唯名論者（182 頁）所苦心推敲的菲罗坡諾（Philoponos）推动力理論（153 頁），正在贏得承認。炮弹离开炮后，就假定它賦有推动力或"活力"（"vis viva"），而这力就暫时消掉了它要向下墜落的自然傾向。塔塔格力亚（Tartaglia）（1500—57 年）、貝內得提（Benedetti）（1530—90 年）、还有十六世紀其他的人，对这个解說曾大費心血。他們在抛射体猛烈上升和自然下墜两段过程之間，插进一段弧形混合运动。就他来說，这是他毕生的主要工作，这項工作只是在他遭到譴責以后出版的"关于两种新科学的对話"（Dialogues on Two New Sciences）里才充分表出，但已隐含在他所写的"关于世界两大体系的对話"（Dialogue Concerning the Two Chief Systems of the World）里，而后一桩事却成了他和宗教冲突的直接原因。他对所有已經被承認的观点都加以探究，并采用新方法，即实驗法来进行。他曾否确从比薩（Pisa）塔頂上投下重物，不是主要之点；但我們的确知道他用了摆和斜面来对落体作准确的測量。

这些差不多是，但还不完全是現代科学的最早实驗。这些实驗不同于十三世紀学者的那些实驗，主要在于这些是探索性的，而不是演示性的，尤其是在于它們具有能湊合数学理論的定量性質。伽利略本人对他自己的实驗表現了一种騎墻的态度。他有一次說过，他做实驗并不是要說服自己，而是要說服别人。他异常自信有能力靠理性来解說自然。在这个意义上，他的这些实驗毋宁是演示而非实驗了。尽管如此，他的确作出了实驗，不象那些把現代物理学弄得烏烟瘴气的、理想上的紙面实驗。还不止此，当实驗产生了不是他所期望的結果时，他并不抛弃这些結果，却回头来查究自己的論点說法，由此显出了实驗科学的高貴品質，即在事实面前低头的根本謙逊性。

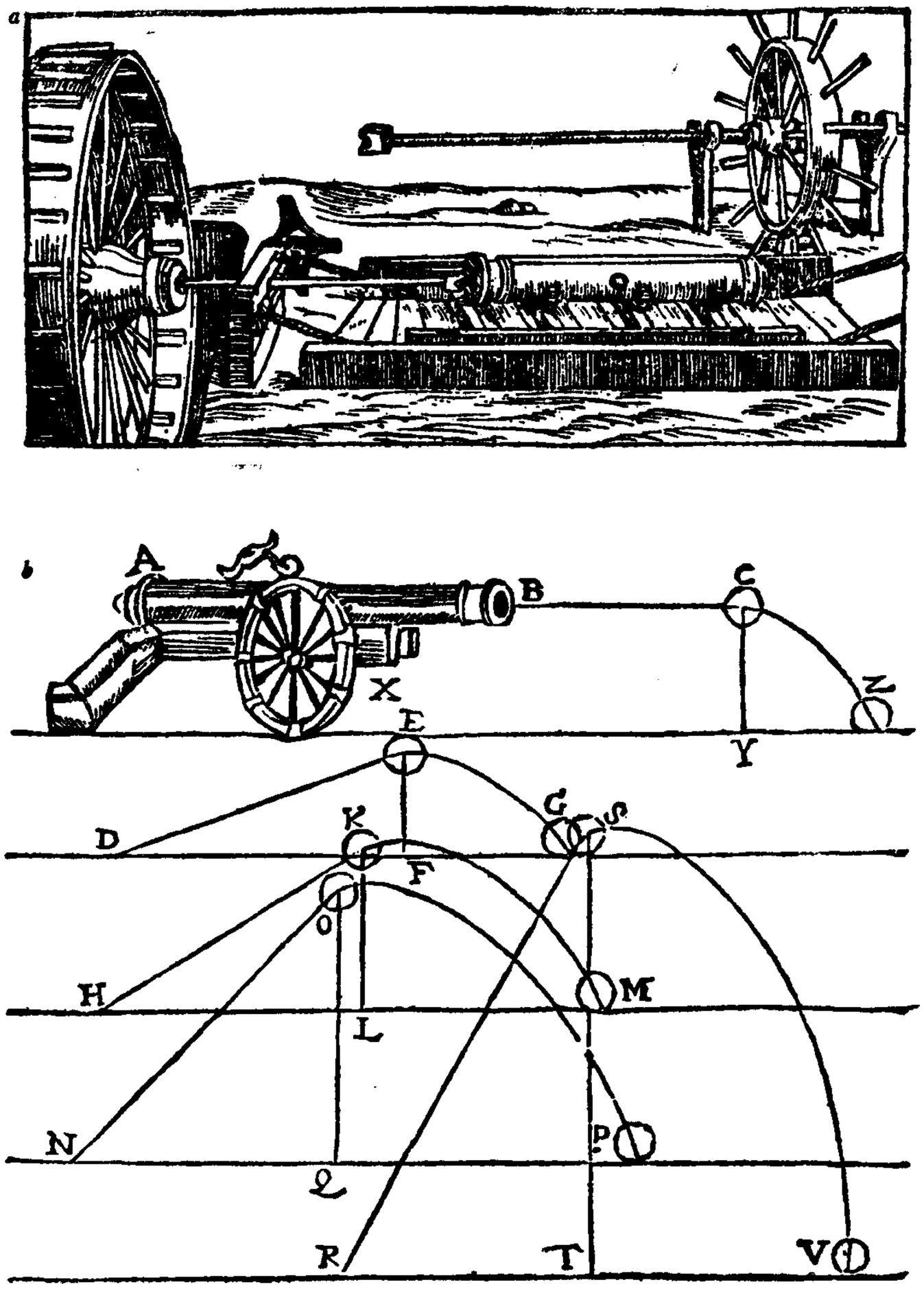


图 10　文艺复兴时代工艺和科学中的大炮

(a) 用水力和手力鉆炮膛(195 頁)。
引自比令古雷的"用火技术"

(b) 按各种仰角发射的炮弹的軌道。各軌道最前部分的直綫形是由于冲动理論的原因。
引自賽斯庇底斯(Cespedes)的"几何学的新仪器"
(Instrumentos Neuvos de Giometria), 1606.

伽利略的落体实驗中的数学解释，在此显出比实驗本身难得多。当时必須把握住的观念是：一个物体如果一直在改变它的速率，則在給定时刻就能具有任何特殊速率。事实上，伽利略在一开始就錯了，認为速率是随着物体所已行过的距离按比例增加；其实如他自己后来所推断出来的，速率直接依賴于物体墜落的那段时間。[4.64] 要了解物体的墜落，因而也就連炮弹在空中的运动和月球在天空的运行在內，开宗明义要先掌握住即时速度这一很难懂的物理概念。这就相当于$\frac{dx}{dt}$这一微商的数学观念：即使 dx 和 dt 两个量本身变小到近于消灭，二量的比值始終不变。伽利略使用了这些观念，但未精密地列出公式。他結合精确的实驗和数学分析，解决了物体墜落这个比較簡单的問題，証明若无空气，落体便要遵循抛物綫的路綫。这样一来，他提供了現代物理学所用諸方法的第一个显明的范例，这些方法，在此后若干世紀里，发展得异常成功。他所首創的精确物理方法，直到很晚近，一向被当作科学的眞正方法，而所有其他科学，归根結底，也都可以归到这个方法上去。

數学的复兴

伽利略和开普勒所以能够成功，因为他們在那跟着文艺复兴一同欣欣向荣的新数学上，是两位大师。微他(1540—1603年)已采取了有决定性的步驟，用字母代替已知量和未知量，不但在代数学方面如此，在三角学方面也如此，就使得所有代数証論都符号化了。这个純粹技术性的措施大大加速了計算，并消除了文字所难免引起的混乱。除了有卡尔丹(Cardan)(1501—76年)和塔塔格力亚的工作外，还亏得有微他，代数方法才可以用来处理任何問題，只要其中的量可以化为数目。古老的希腊几何学仍保持其威望，特别是从阿基米得的几何学著作，首先由塔塔格力亚在 1543 年編訂而重見于世以后。但数值計算，用代数法来处理，就容易得多。1585年西門·史蒂文 (Simon Stevin)(1548—1620 年)初用数的十进位制，1614 年內庇 (Napier)(1550—1617 年) 始創对数，就在实用方面进了极大一步。由于計算縮短了許多分之一，在效果上就使得从事实际工作的天文学者和物理学者增加了許多倍。

为了完成一連串的論証，伽利略就必須把数学联系到力学，而怎样去做就成为他的整个科学生活中的先务之急了。雷奥納多曾在摸索用定量方法来研究力学的途径；伽利略占了有較好的实驗和更为适用的数学的便利，就完全掌握了这条途径。他成了科学性工程的創始人之一。另一位不是别人，却就是新荷兰布魯格斯的第一位大工程师西門·史蒂文，他曾在解放战爭里作过大事。他建立了力的合成定律，以及定量水力学的基础。

静力学和动力学：第一級性質和第二級性質❶

对一些庞大物体要充分了解其运动，就要研究力，先是在平衡状态下，如在静力学里，然后在不平衡状态下，如在动力学里。这两者是"两門新科学"，[4.40] 在其中，伽利略奠定了不只关于运动定律，也关于材料力学的数学理論的基础。在后一方面，他和一些大造船师进行了討論，而得到依据。

伽利略說得比他以前的任何人都要更清楚些，他說物質的一些必要的和內在的性質——实在就是物質仅有的可按数学来处理的性質，因此也就是可以多少处理得确定些的性質——是广延、位置和密度。所有其他，"味、嗅、色，对于它們象是寄在的客体而言，只是几个名称而已。它們仅仅存在于有感覚的物体內……"提到新科学的人們并不当这样說法是一种限制，而当它是一种程序，用来把一切实驗簡約到"大小、形状、数量和运动"等第一級性質。

古代宇宙論的摧毁

伽利略为了使他的新的、数理机械科学能博得公認，首先須摧毁托勒密的球层天体系統，并且，照他本人所清楚地看出，还要連同这体系，再摧毁全部亚理斯多德哲学，后者将近两千年之久不仅是自然科学的，也是社会科学的基础。这桩任务由他来負責就特别相宜，因为他曾看到亚理斯多德哲学在帕彫亚大学盛极一时。他絕不是局外人，但他能用他自己的邏輯来反駁这位大师。他的方式使那些学者們尽管多么持异議，也不能采取置之不理的态度。从含意上說，他的作品全部是对亚理斯多德派的抗議，但他的首次显然爆发則在 1632 年，那时他向教皇題献他的爭論性著作"关于托勒密、哥伯尼两大主要世界体系的对話"（Dialogue Concerning the Two Chief Systems of the World, the Ptolemaic and the Copernican）。这书不用古雅的拉丁文，而用意大利文，便于大众閱讀。他毫不留情地批評了，并嘲笑了官方对最重要主題所持的見解。这是新科学的最初的伟大宣言书。

伽利略的受審

他摆下的挑战使人不能不过問，这就直接导致了那場有名的审判。他在科学方面的敌人之多，不少于在教会方面的，而在"对話"一书刊行后，这些敌人就对他加倍譴責。我們在今日难于了解，为什么地球和行星运动这样一个学院論点居然会惹起

❶ 这里原书用的是 quantities，但細察文意，恐是 qualities 之誤。——校者

这場猛烈斗爭，不过，当时看来关系重大的問題要多得多。經过好几世紀的激烈爭論，花了最大的脑力，才鎚炼出基督教-亚理斯多德派間的和解，就是宗教改革时期的教义爭执都并未动搖了它。如果說伽利略的挑战在一个基本方面上，即天的构成上，都置之不理的話，那么，这样对教义的攻击岂不是可以加剧多少倍么？已經有了热忱的哥伯尼信徒，如布魯諾和康帕內拉(Campanella)(1568—1639年)，根据新知識作出一些結論，这些結論威胁到教会、政府、公众道德和私产自身的稳定(187頁)。布魯諾已被焚毙，康帕內拉被囚禁多年；但对伽利略却是另一件事：他有科学威望和一些有权势的朋友，他的天主教信仰并沒有受到怀疑，而且，除了在科学以外，他不是一个革命者。

审判必然照教会的而不照伽利略的看法和推理方式来进行，因此，結果也就是預定的結局。不过有趣的是对审判記录竟行保密，最可能的原因大約是怕公开后会揭露出审判員們不是太严厉，而反嫌寬大了。[4.102] 教皇和教廷官吏对教会里瘋狂死硬派的可能反应，倒比对科学家的反应，还要更担心些。伽利略被判有罪，并发表了他的著名悔罪詞，但他所遭受的只是在他的一位朋友邸宅里仅仅是名义上的监禁。在退休中，他竟能完成动力学和静力学著作，并在晚年发表出来。

然而这一审判事件却标誌着一个新紀元。因为这件事把科学和宗教教条之間的矛盾戏剧化了。由于审判的失敗起了作用，就是說，几乎所有有学問的人，那怕在天主教国家里，对判詞都表示不滿，这就大大增加了新的、革命性的实驗科学的威望，特别在已經推翻罗馬主权的一些国家里。伽利略的成就今天还显为是攻击旧宇宙論的頂点。从那时起，这件事便悄悄地被放下了，而实践的天文学家总是使用哥伯尼-开普勒式的太阳系。四十年后，开普勒的一些观察性定律就要联同伽利略的动力学併入牛頓的万有引力理論。

磁学：諾尔曼(Robert Norman)和吉伯(William Gilbert)

导致此項綜合工作的另一物理学綫索，是对磁学的实驗研究。伊丽薩白女王的御医威廉·吉伯在1600年发表了"关于磁体"(De Magnete)，世人才知道有磁的現象。吉伯所根据的实驗发見是平支着的針的傾斜現象，这已由哈特曼(Hartmann)(1489—1564年)在1544年注意到，并由罗伯·諾尔曼(盛于1590年)詳加研究。諾尔曼是海員而兼罗盘制造者，是最初几位既非世家出身又无书本知識的科学家之一。他充分感到自己的权利，有如他在所著"新引力"(The Newe Attractive)一书(1581年)的序言里所說：

……然而我的意思是，上帝愿意，既不貶低别人，也不抬高自己，要記下較近时在这块石头上找出的一条实驗眞理，这眞理和以前曾写到有关該問題的所有的人的意見都相反。在这事件里，我无意于仅仅使用令人煩厌的猜測和幻想；但是，我要尽可能簡略地叙述一遍，我的各項論証只以艺术的根据为根据，即經驗、理性和演示。尽管精通数学的人或許会說，就象有些人已經写出的那样，說这絕不是机匠或海員应該过問的問題，正犹之推求經度也不应由他們过問一样，因为那必須要几何演証和算术計算，来美妙地处理；在这些艺术里，学者們正要所有的机匠和海員都无知，或者至少懂得很有限，不够用来做这类事，还引証亚比利(Apelles)說的拉丁諺語"鞋匠不离鞋"(Ne sutor ultra crepidam)。不过我的确这样想，虽則在那几門科学中有学問的人，在书本堆里进行研究，能够幻想大事情，写下他們牽強附会的驕矜，說得天花乱墜，并用动听的言詞，希冀所有机匠，作为机匠，由于开不出口，就应受委屈，把他們的知識和自矜的东西让給有学問的人們，使他們靠这些机匠飞黃騰达起来，并随意应用他們的成就；然而在这个国家里有各种机匠，在他們的各样技能和行业里，熟諳那些技术易如反掌，能够把这些艺术应用于他們的种种目的，比起那些最会蔑視他們的人来，既同等有效，还更輕而易举。

我不惜整段引述，意在作为新手艺工人对旧学者挑战的宣言。这段話得到了迦伯列·哈維(Gabriel Harvey)(1545—1630年)的評議做回响。哈維是繩匠的儿子，是斯宾塞(Spenser)的朋友。斯宾塞主张自己在文艺界中有同等的权益，这些权益不久即为手套工人的儿子威廉·莎士比亚(William Shakespeare)充分証明其理应享受。哈維写道：[4.51]

> 一个人，記得懂数学的机匠汉符理·柯尔(Humfrey Cole)、造船匠馬太·培克耳(Matthew Baker)、建筑师約翰·叔特(John Shute)、航海家罗伯·諾尔曼、炮术家威廉·鮑尔恩(William Bourne)、药剂师約翰·赫斯特(John Hester)或任何类似的灵巧精妙的实驗家(柯尔、培克耳、叔特、諾尔曼、鮑尔恩、赫斯特会被記住，而較大的学者定被遺忘)，然而如果輕視有专长的工匠，或任何不管怎样未受学校教育，或不諳书本知識，但却是通达而勤劳的实践者，那他就是一个驕傲自大的人……哪一位淵博的数学家，如狄格兹(Digges)、哈里渥(Hariot)或者狄伊，不尊重那富于創造才能的机匠呢？让每人按他自己的程度享受他所应得：让每个勇敢的工程师、灵妙的巧匠、熟練的航海家、出奇的金属匠和每位专业商人，就是說，让各行能手，有独得之秘的才人，都按照他对公众服务或私人勤劳的最大幅

度，受到尊敬。

不管怎样，学者仍然有須执行的重要职务。他們須把过去的知識传給新兴的手艺科学家，直待这些人都能学会自己站起来并且須要通过他們与富貴阶层的联系，来保証做到承認和支持各門新科学。吉伯令人讚嘆地完成了这两种作用。他所著"关于磁体"一书虽然充滿了以拉丁文写出的強烈謾駡，就同任何一个象諾尔曼或哈維的人能运用英文来攻击旧哲学家的盲昧无知，但他却有淵博的学养作后盾，足使整个学术界不得不認可，不过諾尔曼的书必然曾对海員和制罗盘者发生过更大用途。

"关于磁体"这书的本身及作为新科学态度的闡明，是一部巨著。吉伯并不把自己局限于实驗：他从实驗抽出了新的一般观念。此中最能打动当时想象的是他这样的一个观念，以为維持行星在它們的軌道上的是磁性的吸引力。这对天体的有秩序第一次提供了物理学上說得通的、而完全非神秘性的解释。这部书肯定地使牛頓在他的論战中更易于反駁具有物理思想而只能从互相接触的实質物体才生出推动来設想力的那些科学家。

人体的力学

然而不仅在天上和在磁石方面旧見解正让步給新的，同时，对內部宇宙——人体的本性——也正在加以同样有效的进攻。亚理斯多德的世界图象主要集中于地球和人。居于宇宙中央的人假設为是和宇宙所有部分直接相接触，靠潛在影响和神灵，把人和行星球体联系起来。人本身是一个小世界——小宇宙。它的作用詳情曾由希腊医生們苦心研究过，最后一位是格林，他对人体器官所作的叙述，也象托勒密对天界所作的叙述那样，已成为經典了。文艺复兴时代的新解剖学，特别是維薩留斯的工作，就指出格林的描写必然錯誤；但只有对这問題采取一条完全新的研究途径，才能找到代換的解释。这条途径結合了解剖学和文艺复兴时代里对机器——风箱、泵和閥——新起的关切，并能从这些机件上推寻出一門新的实驗生理学。

哈維和血液循环

这一桩工作有待于威廉·哈維（1578—1657年）来作。他是出身世家的英国人，在帕彫亚大学受教育，所以就能結合意大利的解剖学传統和开始漸入英格兰的对实驗科学的新兴趣。哈維所要寻求的是用机械原理来解释人体血液的运动。他在1628年发表的著作"动物心脏与血液运动的解剖实习"（Exercitatio Anatomica de Motu Cordis et Sanguinis in Animalibus）就是一种新的解剖学和生理学的記录。这不再仅

是解剖手續和描述,而是积极的考察,簡直是采取实际的实驗来进行的一件水力工程学研究。他从事的是一件难于証明的事件;他必須克服一种无能为力的情况:好象一个哥伯尼被迫去推导他的新体系,而沒有一个伽利略看得見的凭据来証实它。他能按邏輯証明必有一种循环,因为血液从心脏的一边出来而回到另一边——輸过的血量,比人体本身經常能容的,要多得多。但是,他却看不出血液怎样从一边到另一边。血液流經的纖微的毛細(象毛髮的)血管要在后来由馬尔丕基(Malpighi)(1628—94年)用另一种新光学鏡,即顯微鏡,来証明其存在。

哈維根据实驗后严密推理所建立的东西,对旧生理学和格林生理学,起了革命性的影响,就象伽利略和开普勒的发見,对柏拉图的和亚理斯多德天文学所起的影响一样。他指出人体可看成一具水力机,而从前認为居处其中的神秘精灵,并无处存身(128頁)。不过他自己的見解仍更近于哥伯尼派和开普勒派,而不甚近于伽利略派,具有一种強烈的說人体类似平行于世界的意思。[8.27] 例如他写道:

> 所以心脏是生命之始,也就是小宇宙的太阳,比例說来,太阳就配叫做世界的心脏。由于这心脏的性能和搏动,血液被推动、被圓滿化、被賦予生活力,并被保护得免于腐敗和化脓。这个大家熟識的家神对整个人体尽其职責,滋养、培育和助长;它是生命的基础,一切的創造者。[4.5.56]

这样他把心脏安置在人体里的地位就同太阳在宇宙間所占君临居中的地位一样。哈維对血液循环力学所作的优美演証,大大加強了有机体是一种机器的观念,不过后来才弄明白,有机体要比十六和十七世紀人們所想象的机器复杂得多。

哈維的发見对医学却很少直接影响,除了它核定一些防止流血至死的办法为正当,而这先已由战場軍医如帕累等实施了。然而这一发見对于任何有理性的生理学,都是絕对必要的基础。从哈維的工作中长成的有机体图象是一套可称为"灌溉田"的器官的图象,备有循环功能,以营养方式和化学方式使每一部分和其余諸部分相連絡。

化　学

从1540年到1640年的一世紀里,化学方面的进步并不惊人,因而对化学的了解就不得不推迟。唯一具有第一流脑力而致力于化学的人是范·赫耳蒙脫(1577—1644年)。他是貴族,受过医学訓練,又是巴拉塞尔士的信徒。他贊成巴氏的神秘見解,但并不需要他的胡吹。他的化学观念一直回溯到爱奥尼亚人,相信仅有的元素是空气和水。但这个观念与其看作哲学假設,还不如看作实驗結論,因为他在花盆里

用一粒种子种出一株柳树，而加入盆內的只有水。他又是研究气体——或渾沌——并替它命名的第一人，指引了后来化学获得胜利的途径。就其余而論，化学的进程緩慢而稳定，展寬它的經驗基础、改进量度的准确度、并扩大操作規模，特别在烈性酒的蒸餾方面。

7.6 新 哲 学

行星自轉和血液循环这两件重大且得来不易的发見，到 1642 年，即伽利略逝世而牛頓出世那一年，已經稳稳建立了。科学革命的第一个理智目标已經完成：古典的世界图象已被毁去，不过代替的只是一个新图象的簡陋輪廓而已。人們一边这样做，一边已找到了新手段来了解并征服自然，但直到这时，已經露头而能断言为具有一般实用的东西还几乎沒有。望远鏡本身与其說是科学发明品，不如說是技术发明品。在思想上的革命的影响本身能够使人們在实践中感覚到以前，必須先把新科学所提供的种种可能性从心里打动非但学者們，还有那进行自己的政治革命的一个新兴进取阶級的人們——商人、航海家、制造家、政治家以及初期的进步資本家。伽利略已开始这样做，不过他所在的国家已丧失銳气，而且还在很快地被反宗教改革运动凝为反动。

先知者：培根和笛卡兒

从文化較低而活力較大得多的北方国家，出了两个人物——培根和笛卡儿——来担当这一任务。这两个主角正站在中古科学和現代科学之間的轉折点上。两人本質上都是先知者和公論家，是已經見到了知識的可能性的前景，并以把这前景昭示于全世界作为自己的任务的人。两人的眼界都是无所不包，但追求知識的途径則大不相同。从性情上講，也頗难再找两个人比他們更相异的了：一个是精明、自私、后来頗为豪奢、总是置身于公众事务中心的律师；另一个是潛心冥想、踽踽独行、富有的退伍軍人。各自又表出他本国科学革命在本性上的特征。

培根強調了新运动在本質上是实用的一面、它在艺术改进上的种种应用、和它很有效用地使人們更多从常識来体会他們周围的世界。生活在伊丽薩白和詹姆士一世(James I)两朝的英国宫庭里，他了解到种种困难的发生与其說是起于僵硬的思想体系，不如說多在于有需要为一种新的、一般易接受的哲学立下坚固的組織基础。提出这个观点不仅是要取代較旧的观点，还为了要清理英国宗教改革运动中已产生的一些空想的混乱状况。笛卡儿在另方面，必須向盘据在法兰西官立大学里的中古思想体

系进行斗爭；他的成功，全靠用一种邏輯，比他們所用的更清楚、在理智上更有說服力。

新工具(Novum Organum)和方法論(Discours de la Méthode)

这两位思想家都注意方法，不过他們对科学方法的观念很不相同。培根的观念是蒐集材料、进行大規模实驗、再从整堆証据探求結果——本質上是归納法。笛卡儿，在另方面，相信单刀直入的純粹直观。他主张，只要思想清明，就应該可能发見一切凭理性可以認識的东西，参用实驗主要是作为演繹思想的輔助。可是他們的主要区别在于：一方面笛卡儿用他的科学来造成一个世界体系，这体系在今天几被遺忘，而当时却能完全取代中古煩瑣哲学派的世界体系，另方面培根絕不曾提出他自己的体系，而是滿足于建議一种組織，来作为新体系的集体建筑者。照他自己看来，他的职責只在提供給建筑者的新的利器——"新工具"的邏輯——来执行組織工作。

在这个意义上，他們二人严格地互相补充。培根的組織概念直接导致第一个有实效的科学社团即皇家学会的成立。笛卡儿的体系，由于与过去决然断絕，建立出一套概念，可以作为用严格地定量的和几何的方式来論証物質世界的基础。

然而两位哲学家的思想都无可避免地深深染上了中古思想的色彩，不过各人所走的路不同。法兰西斯·培根属于百科全书的传統派，他的同姓人罗哲尔·培根、和波未的芬森特的传統（186 頁），或者更往前追溯，还有普利尼和亚理斯多德本人的传統。在兴趣上，他首先是一个自然主义者，对于新数理哲学，既无知識，也无同情。他的方法大都是否定的，其根据在躲避那些曾引导旧哲学家誤入歧途的观念上的"偶象"式虛伪誘惑。他的"新阿特兰提斯"(New Atlantis)一书中所載他想象的所罗門宫(House of Solomon)，是一种宇宙实驗室，是在烏兰尼堡的布喇希的眞观象台的理想化。这接着就成了后来一些科学机构的启发。培根虽然是实驗的信徒，但他自己却不是实驗家，終身不曾充分了解伽利略已經在运用得十分出色的、而需要来从复杂情形中抽出眞理的抽象和簡炼。他以为有系統的普通經驗，清洗掉古希腊、罗馬的有害观念后，就够充作知識了。他的科学信仰并非本人首創，而是采自閱讀，特别是特里修(Telesius)的著作。他批判了特里修，但称他为"現代人的魁首"。

特里修（1509—88 年）是意大利学者，首先創立一个敌对性的体系，以絕对脫离亚理斯多德。他的伟大貢献是抛弃亚理斯多德的形式的和終极的原因，而只保留物質的和有效的原因（114 頁）。在这一点上所有后来科学都跟着他走。他自己的見解使人回忆亚那克西門尼（Anaximenes)的見解。他的宇宙靠內在的热和冷两种动力起作用。这是能量学說的前兆，并含有一点能量守恆的观念，但在定量的方面，比中国

哲学中阴阳之說(97 頁)高不了多少。

培根在他生平事业一开始就出头鼓吹这样的主义道:"科学的眞正的和正当的目的就是人类生活要用新发見和新动力来丰富起来"。

他并不怎样把他自己当作科学家和发明家来看，而是当作科学和发明的鼓励者来看:"我只自任了搖鈴来把其他有才的人召喚到一起。"法灵吞(Farrington)教授在他所写令人讚佩的研究法兰西斯·培根的书中,引了下文:[4.37]

在所有能給予人类的利益当中,我覺得沒有比得上发見新技艺、天賦和商品来改善人生那样重大的了。因为我看出在原始时代，粗魯人民之中发明者和发見者被尊为圣，被列为神。很清楚，創建城市者、立法者、民族崛兴的始祖、暴君剷除者和同类的英雄們，他們的功績只及于褊狹的范围，只留于短暫的时期;至于发明家的工作,虽然沒有那样声势炫赫,却到处有人感戴,而且永垂不朽。

然而高于一切的是,如有一人能成功,不在于开創出不管如何有用的某种特殊发明，而在于在自然界中燃起一道光芒——这道光芒在升起时就应該接触并照亮界限着我們現有知識范围的所有边緣区域;并这样越散布越广,不久就应該揭开并使人看出世界上一切最隱蔽最秘密的东西——这个人(我以为)就会眞正是人类的恩主——把人类統治推及于全宇宙的传播者、自由的战士、貧困的征服者和抑制者。*

培根被認为,而且很正当地被認为是給科学以新方向,并且是再一次确定地把科学連結到物質工业进步上的第一伟人。

培根既然具有凭經驗的傾向,就无可避免地反对一切預定的自然体系;他相信只要有了組織完善、配备优良的研究工作者的团体，那么事实积累的分量，就会終于引到眞理。笛卡儿的方法，在另方面，比較直接地从煩瑣学派的方法承継而来,但具有这样一項絕对差别:他所要建立的不是他們的体系,而是他自己的。在这方面，他表現出那种个人傲性,就是文艺复兴时代重大解放特征之一的傲性,这同样的傲性也自行表現在一些大航海家和新世界的西班牙略地者的身上，并表現在所有对权威的反抗上,这类反抗标誌出封建时代告終而个人創业时代开始的特征。[4.4]

不自覚地，笛卡儿的体系参入了他所想要摧毁的体系中的很大部分。这里他照样坚持演繹邏輯和一些不証自明的命題,不过他从这些出发,用了以他为名家的數学来推得一些結論，远非他的中古甚至經典时代的前輩所能及。他在数学方面的主要貢献是坐标几何学的运用,用了这种几何学,一条曲綫就可以由一个方程式来完全表示出来，这方程式就把曲綫上各点按几条固定軸定出的坐标值的关系表达出来。还

超出了几何学的图繪。它打破了希腊的連續統的科学，即几何学，和巴比倫-印度-阿拉伯的数目运算学，即代數学，两者之間的旧区别。从那时以后，它們的两大力量就要联合起来攻研以前从未尝試过的問題。

笛卡儿对旧哲学的攻击既勇敢，又同样机灵。他对有組織的宗教并无正面冲突的意思；这样的冲突使得布魯諾在天主教控制下的罗馬，又使賽尔維塔斯（Servetus）在加尔文教派控制下的日内瓦都横受誣枉，慘遭焚毙。他存心要做得圓通，他灵机一动想到一个妙法来这样做，使得科学成为可能有数世紀之久，但所付代价我們現在才开始感到。

第一級和第二級性質

笛卡儿对我們所亲見的这样一个宇宙，制定下一种划分，分它为一个物質的部分和一个道德的部分，划分得比以前任何人都更明确。别的哲学家，回溯到阿拉伯人和中古时代斯科塔斯（Duns Scotus）派連罗哲尔·培根在內，以及法兰西斯·培根本人都对于只从信仰或启示而来的知識（182頁）作了保留，但这样虔誠的保留是专为这个目的而做的，又容易遭受反对，說它隱含着上帝无理性。对笛卡儿来說，这样划分成了哲学的一个体要而有理性的部分。这是他把感覚經驗先归約为力学，再归約为几何学按邏輯推理的結果。也象对于伽利略一样，广延和运动是笛卡儿所承認为仅存的"第一級的"物理实在；存在的其他方面，象色、味、嗅等，指为"第二級的"性質。在这些以外，还伸展出另一領域，更非物理学所能接近，即情感、意志、爱和信仰的領域。据笛卡儿，科学本身所关涉的主要是第一組性質，即可量度的，亦即物理学的基础；关涉到第二組性質的程度較小；但完全不关涉到第三組性質，因为它們处在启示的領域。[4.31] 由笛卡儿看来，动物，連人在內，本身只是机器而已。一方面是純粹机械的人按照物理原則运用他的四肢，另一方面是处在人体內的有理性的精神和意志，这两者之間显然一定有某种关联。笛卡儿天眞地，但显得十分認眞地倡議說，这种关联可能是通过头顱頂上的小腺体——松果腺的——即人类的爬行綱祖先的一双眼的殘迹，但現在已无显明功用，因此很可以合理地認为，即使不是有理性的灵魂的所在处，至少也是它的入口。

宗教和科学分离

笛卡儿这样划分的影响，自从那时起，就使得科学家能够进行他們的工作，不受宗教干涉，只要他們不侵犯宗教的范围。这当然很难避免或自己制約，尽管如此，他

們的影响是产生了一派純粹科学家，凡有可能陷入宗教和政治性紛爭的場合，他們就洁身远引。笛卡儿本人在一定程度上必然也是这样做的，因为相传当他写成"世界体系"一书时，他听到伽利略受审的消息，就理会到这书如果原封不动，簡直不行。教会很显然地具有决心，必須用亚理斯多德-托馬斯（Thomas）体系来維护正教信仰的眞理，也就不会容忍任何其他可能使人怀疑这些眞理的体系。所以笛卡儿就自己担承，要証明他的体系能够証明上帝存在，即使不胜于旧哲学，也无逊色。从他的著名的第一条演繹"我思維，所以我存在"，推出結論說：既然一切人都能想到某种比他們自己更完美的东西，所以一定有一个完美的实在。笛卡儿的体系为了免受神学的攻击，防范如此的周密，尽管有各大学的抗議，它在他身前和在他死后一个世紀都在最信天主教的国家法兰西得到承認。

然而笛卡儿的体系尽管充滿了数学的和观察的內容，从本質上說，却是舖叙新科学可能是什么的一篇宏丽的詩或神話。这同时是它的誘惑力，也是它的危害性。他的体系是由两方面的結論揉合而成：一方面是有健全的实驗依据的結論，另方面是按照笛卡儿的著名"方法"，从专注重它們的清晰性而选用的第一性原則推演出来的結論。追求这种明晰性，自从那时起，一直成了法兰西科学的装飾和限制。凡在知識情况中可以允許这样的場合，象在十八世紀动力学和化学，以及十九世紀細菌学里，这方法可以用来整理整个純眞而紛乱的知識部門。在其他場合，它傾向于退化成一些枯燥的口头禅和虛矫的簡单化。

笛卡儿本人在某种程度上承認哲学中单人独干的局限性，也体会到，要正当地建立世界体系，須靠許多才智的合作。他在"方法論"里談到实驗时这样說：

> 我也看出，它們（实驗）多到如此，以致我纵然有千倍于現有的双手和家財，也不会有助于我达到目的……我在我的著述里所須表明的是公众能从它获得的利益，再則我要恳求所有为人类謀幸福的人，也就是所有眞具美德而非伪装的人，和我联系，把他們自己的結果告訴我，并在尙待进行的研究中帮助我。

在另一处，为了說明他自己的一些結論值得发表，他又說：

> 它們向我表明，很有用于人生的知識是可以达到的：而且人們可以找到一种实用的哲学来代替那种在学校里传授的哲学，靠了它，我們認識火、水、空气、星辰、天界以及一切其他环繞我們的物体的力和作用，清清楚楚，就同認得我們的手工艺人的各种行业一样，于是就能按着同一方式把它們用在它們所适合的一切用途上，如此我們就成为自然界的主人翁和占有者了。这非但有利于发明无穷技巧，使我們能享受地球上一切成果而无患，而且主要地有利于保持健康。

这样說来，笛卡儿在最后目标上同培根沒有多大区别；他对于培根，无論如何是讚佩已极的。培根和笛卡儿，此倡彼和，就在上流社会中把实驗科学的地位抬高到可以和文学的地位相比拟。从他們的时代起，新自然哲学，不是学校中所授的哲学，成了大家注目和討論的中心。实在地，再过二百年左右，它才差不多打进了英格兰的各大学。

这門自然科学和它的最初成果大大扩展的时机成熟了。再下一期，即1650到1690年，培根所梦想的"大中兴"，或即我們所称的改造，終于发生了。

我期望人們相信，这不是要人来主张的意見，而是要人去做的工作：还要人們十分放心，我还在辛勤努力，并非为了任何教派或教义，而是为了人类功利和力量奠定基础。

7.7　第三阶段：科学的成年（1650—1690年）

在十七世紀后半，到达了現代科学成立的第三阶段，也是最后定局的阶段。前已見及，在理智上，由于以前一百年里，封建經典理論被推翻，就已經給現代科学打好了根基。虽然这样使得科学更前进、更巩固成为可能，但还不是唯一的，也不是主要的原因，使活动力爆发起来，在不滿五十年內，从实質上在它的大多数部門里創立了現代科学。这样的极度长成，比以前或以后任何时期，都要更集中些。主要的焦点是倫敦和巴黎，因为意大利和荷兰的积极科学家，在他們的本国內，找不到这样可以发表意見的中心，而中欧和东欧的科学家則尙未行动起来。

能使如此迅速的长成得以实現，以及有利于长成集中的首要条件，是不列顛和法兰西建立了稳定的政府，其中上层資产阶級占据一个控制的，或至少是重要的地位。在不列顛，內战❶带来了眞正的革命，較富的商人，得到城市居民和小地主的助力，已从英王和拥有土地的貴族手里夺得政权。但这些集团，在得到胜利之后，不久就爭吵起来。势力微小的人对民主政治和經济平等，有抱悲观的傾向，[6-180] 而且，一等到克倫威尔（Cromwell）不再作梗，商人派和地主們取得妥协，这样英王查理斯第二（Charles II）就出現为第一朝立宪君主。商人們仍控制經济，而一个制造家的新阶級刚开始露头角，其中成員部分地来自商人行列，部分地来自专精的手艺工人队伍。內战結束后，随着就是制造和貿易大扩张，連同航海业中出現了許多新的发展可能，都使机械发明事业受到重視。論时候，論地方，各方面都最宜于科学的长成。

荷兰虽属异常殷富，到十七世紀中叶，已过了它的极盛时代了。那場結束了西班

❶ 指查理斯第一（Charles I）与議会的战爭（1642—1649年）。——校者

牙統治的革命，已过去六十年了。赢得国家独立的羣众支持，到这时大部渙散了，政府掌握在富商和地主的組合的手里。不久，由于商战的消耗以及缺少充分制造业，荷兰就显出太弱，不能維持她的領导地位了。到十七世紀末，已有些最能干的荷兰人到国外去服务，特别是去发展奥倫治的威廉（William of Orange 威廉第三）治下的不列顛。同时，荷兰最伟大的科学家基利斯当·惠更斯（Christian Huygens），作为法国科学院院士，在巴黎做了他毕生最大部分的工作。

另一方面，在法兰西，大革命还在未来，封建制度和宗教力量已表現在压倒法国耶苏新教徒一事；不过这是一个緩慢的过程，只是在废止了 1685 年的南特敕令（Edict of Nantes）以后，才完全奏效。这个精力飽滿而又日益扩展的国家，当时在欧洲总是最大最富的了，在这一般的經济发展中自不能置身事外。于是拼凑成一种妥协办法，由貴族让出一部分权力来换取免税、恩俸和凡尔賽离宫（Versailles）的荣华。行政权集中于国王，但国家机器彻头彻尾属于資产阶級，大部由有才智的律师即所謂长袍貴族主持，而其中后来却要出許多科学家。在实际上，这样的妥协，只在路易第十四（Louis XIV）（1661—83 年）主政的早期在处事認眞的科尔伯特（Colbert）指揮之下还算过得去，而这时期恰好和科学的大时代相合。

欧洲其他国家，在科学舞台上，扮演了較不重要的脚色：德意志和奥地利在三十年战爭（1618—48 年）后，才开始恢复；宗教裁判迫使西班牙和葡萄牙几乎完全守中立；同时，在意大利，伽利略的継承者采取了后卫战的动作，对教权主义的势力进行了斗爭。[4.90;4.102] 瑞典、波兰和俄罗斯仍然大部是在新加上的农奴制的慘痛下的原料生产国，而且虽然軍事上強盛，但在这个阶段才只开始对科学有所貢献。

偉大的世紀

在以前一百年的宗教和政治大动盪之后，十七世紀下半就是一个比較安宁而积极地趋于繁荣的时期。瘟疫和战爭是經常的事，但对于科学家的工作的影响却少得出奇。国际竞爭也尙未严重地妨碍他們活动和联系的自由。这是一个有意識地建造文明的时代——偉大的世紀——而科学家則被認作并尊为一个共同学府的一部分。所有主要国家的政府和統治阶級对貿易和航业，以及对改进制造业和农业，抱有某些共同的关切。这样的关切就提供了推动力，使科学革命中这个第三阶段达成最高成就。这是第一次靠有組織的和有意識的努力，来把科学使用于实践目的上。

这是三十年前培根敦劝人們去栽培的果实；而培根的在实驗和組織研究两方面的方法就被用来收取果实。后来这样做的人們表出了他們的时代和国家的特征。代

替前两阶段中依賴君主宠眷才得生活的倖臣和大学教授的，是十七世紀中叶的艺苑名家，他們能独立生活，多数是商人、中等地主和从事自由职业而有成績者，如医生、律师和不少的牧师。他們尽管可以去求王室的恩惠，但他們却不能指望把王室的錢用于科学；英王查理第二对于他的皇家学会从未付过一文錢，甚至从未安排过时間去临幸一次。这些艺苑名家必須挖自己的腰包来資助科学。但是他們的腰包是寬裕的，并且因貿易大增很快地就益发充盈了，而貿易利益所流入的地方正是科学发达的那些国家。有些人甚至能招致其他科学家来工作。罗伯特·玻义耳(the Hon. Robert Boyle)就雇用了一位穷苦副牧师的儿子胡克，也象荷兰的苏里欽(Zulichem)貴族基利斯当·惠更斯雇用了布腊(Blois)的得尼·佩品(Denis Papin)那样。

这般人都有資格，也有足够的兴趣独立地进行科学研究工作；但是，当他們人数多起来了，就自然趋向于聚集在一起，进行討論和交换知識。这后一种情况，由于时代的商业趋势，以及主张平等的趋势，就更容易了許多。他們还更进一步：因为受了培根宣传的鼓励，他們开始想到一种积极的組織，經过詳为考虑的、目的在于通过合作的努力，来赢取自然界的秘密。

科学学会的創立

就在这第三阶段里創立了最早的相当坚強的科学学会，即倫敦的皇家学会和法国皇家学院。这些学会自己担当的任务，是集中注意力于当时一些中心技术問題，如有关抽水和水力学的，还有炮术和航海术的，同时几乎矫情虛飾地避免一般性的哲学討論。特别是那些有关航海的問題，对科学进展提供了刺激作用。因为，由于攻研这类問題，才能把較早科学里的二要素——力学和天文学——集納在牛頓的伟大綜合里。在本章后部，还要追溯一下导致这个綜合的实驗和論点的若干綫索。但更重要的实际結果来自泵的研究上，从这方面就引起人首先发見眞空，然后是气体定律——更从这些导出下世紀里的蒸汽机和化学上的气体力学革命。

把科学建成文化方面的一个充分得到承認的因素，这是在科学学会一經形成的时候就确定了。我們已經看到科学学会的观念由来很早，表現在原先的学林(111頁)、萊西烏姆学园(112頁)和亚历山大城的博学院(121頁)。回教各大学和基督教各大学，在較早几个阶段，都近乎这类組織，但到十七世紀，就显然看出这些組織不能滿足新需要。所需要的是另外一种东西，而这就按相当的进程出現了。这就部分地响应了象法兰西斯·培根等新时代先知的启发，但更进一步是关心科学的人們的自动集会得到了正式承認。

在先知里，摩拉維亚（Moravia）教会的末代主教約翰·亚摩士·夸美紐斯(John Amos Comenius)（1592—1670 年）是一个特出的人物。[4.72] 他接近科学，把科学当作他一生大部分所致力的普及教育的一部分。他計划了“汎智学院”(Pansophic College)，在这里要实践并传授实驗新哲学。他因三十年战事而被逐出波希米亚，过着流浪生活。一些朝前看的政府，因为他的教育方法有效，就訪求他。新兴的民族国家的政治家开始認識到，必須有一批受过教育的非教职人員来执行政事。1641 年，夸美紐斯受了議院的邀約，来到英格兰，在英国，他希望建立他的学院。虽然由于当时的一些困难他的計划失敗了，但皇家学会得以誕生，却有一部分由于他的势力。[4.98]

事实上最早的科学学会是罗馬的林切学院(Accademia de Lincei)（1600—30 年）和佛罗稜薩的齐門托（Cimento）学院（1651—67 年）。[4.8] 这些学院，虽已作为其他各处学会的模范，但对于遏止意大利敌視科学的一些因素而言，就嫌出場得过迟了，而这些因素不久即使这些学会消灭了。倫敦的皇家学会（1662 年）和法兰西的皇家科学院（1666 年）較为幸运。所有这些組織都起源于在早有一些对新科学有兴趣的朋友仍时时举行的非正式集会。

早在 1620 年，一些法国科学家，包括再引入原子理論的伽桑狄在內，就在爱克斯-昂-布罗芳斯（Aix-en-Provence）地方的富有律师皮列斯（Pieresc）家里常开过会。[4.25] 不过法国科学的实际中心，却在圣芳济教派（Franciscan）修士梅塞尼(他本人就不是泛泛的科学家)的僧舍里，直到 1648 年他死为止。他是一位不辞劳瘁的通訊者，替欧洲所有科学家，从伽利略到霍布斯（Hobbes），充当一种总邮局的任务。[4.60] 到后来，集会在另一律师芒模（Montmor）的家里举行，从这里就終于形成了皇家学院。

另一位类型与上頗不相同的科学促进者是累諾多(Renaudot, 歿于1679 年)，他是一个活泼而斗爭性強的医生，設立了一个診所，为貧人免費治疗，大招巴黎医师会的憎恶。他在診所里联合設立了一个科学集会講演室、一个出版处和一个职业介紹所，后者大部分偿付了整个組織的費用。1661 年他的保护者馬薩林(Mazarin)主教死后，他的仇人竟封閉了他的事业，也扼杀了法兰西大众科学一百多年之久。

在英格兰，1645 年內战告終就是新兴的实驗科学家集会的信号。他們当中大多数同情于議会派，也有一些是清教徒，但对实际作战不甚相干。这个集团里的領导灵魂是約翰·慰尔琴斯（John Wilkins），是一个能适应政治的教士，娶了克倫威尔的姊妹行为妻，結果就做到彻斯特(Chester)的主教，但他却是对新哲学的坚定支持者。与他有联系的有数学家瓦利斯（Wallis）博士、德国的逃亡者狄奥多·哈克（Theodore

Haak）博士和若干医生。哈克首先建議每星期集会。在倫敦举行了几次預备会之后，他們于1646年安頓到牛津去了。这个忠于皇室的大学刚好經議会委員会改組过，有空缺的講席和各学院的領导位置都由"无形学院"的新成員补充了。直到1660年王政恢复，牛津不得不在非正常的和非自愿的状态下，成为攻击亚理斯多德的中心，而牛津，在这以前和在这以后都十分尊崇他。在牛津，这个团体由于三位有前途的青年归附了，而得以加強。他們是罗伯特·玻义耳、威廉·配第（William Petty）爵士和克利斯多福·棱（Christopher Wren）博士。此外还得力于罗伯特·胡克，身分虽較低，但尽力最多，使皇家学会得到成功的都是他。这个团体的一份子，罗彻斯特（Rochester）的未来主教，又是学会的撰史者托馬斯·斯普剌特（Thomas Sprat），[4.93] 記述当时情况如下：

> 他們的最初主旨不过是要呼吸較自由的空气，并且安静地彼此交談，而不参与那个沉悶时代的各种激动和瘋狂，就算得到滿足了。由于这个集会的建立，这也就算足够的了，纵然沒有其他利益，而只有如下的一点利益，也就够了：通过这种办法就为下一时代培养一輩青年，他們的心灵从集会的成員获得清醒而豐富的知識，不可动搖地武装起来，免于受到狂热的一切迷惑。
>
> 对于本来就是这样坦率而无感情冲动的伙伴，处在这样阴暗的时代，还有什么学科比起自然哲学来更为适于供人选择从事呢？
>
> ……它絕不会把人們分成不共戴天的敌对党派；它让人們有不同意見的余地，而不至于彼此怀敌意；它更允許人們对它提出相反的想法，而无任何内战的危险。
>
> 他們集会的多少按照他們的事务所容許的程度；他們的会程是进行会务，而不重討論；主要是参加某些特别試驗工作，在化学或力学方面；他們沒有固定的規定的規則，也沒有固定的方法：他們的用意毋宁是把他們在如此狹窄的范围内所能作出的发見互相交換，而并不是一种联合的、固定的或經常的探究。

起初，这些业余科学家只是会晤、談論、做实驗給彼此看、和寄信給未出席的朋友們或在别国的同行們。正式科学通訊和出版业务，就起源于这些原来純系非正式的而随后成为較規則的书信往返。到后来，英、法两国的科学家一致感到一个确定机构的必要，因为当他們継續工作时，他們体会到他們的工作可預期将有相当大的实际重要性，并且要完成这工作就必須有更多的錢或更多的外界承認。

进行办法按照两国的經济制度的特性而有所不同。在法兰西，有坚固集中的政府，因而这类机构就很自然地不仅由皇家来建立，还要由皇家支付經費。科尔伯特正

在法兰西創設国家工业，所以就不难于劝他建立科学院，来和馬薩林（Mazarin）的文艺和美术院抗衡。然而在当时，装飾和舖张，无殊于商业，是太陽王国（the kingdom of le Roi Soleil）的光荣所必不可少的。科尔伯特所支持的工业是里昂（Lyons）的絲織业、舍甫耳(Sèvres)的陶瓷业以及巴黎的哥伯林（Gobelin）的花氈业，所有这些的重要性都被認为可与法国海軍的造船事业相比拟。[4.7]

另一方面，在王政恢复时的英格兰，有了它的共和独立的遺风，国家的眞实財富掌握在拥有土地的貴族和商人的手中，因此所需要的全在皇家的恩奖而已。新成立的皇家学会会員們，为了自己的科学研究，自任經費。会費是每人每星期一个先令。此項会費极难收取，并几乎不够付书記和干事的报酬。这位干事“应精通有关哲学和数学的学問，熟練自然和艺术方面的观察、探討和实驗”，并須“于学会的每个集会日提供三、四項重要的实驗，但应不期望酬报，要等到学会有了积蓄而力能支付的时候”。[4.11]

經官方承認这些学会后，其必然結果是对政治和宗教观念一般地順从，并避免成爭論的問題。在法兰西，教会很勉強地撤除了它对亚理斯多德主义的坚持，而接受了笛卡儿所提出的妥协办法(253 頁)。在不列顛，权益范围上也有相似的划分，但发生的方式不同。这起源于十七世紀中叶大反叛的苦难，而早期科学家极愿避免当时消耗大多数知識分子精力的无穷尽的神学-政治爭論。在 1663 年胡克所拟皇家学会章程序言草稿里，曾这样規定：

> 皇家学会的任务是：靠实驗来改进有关自然界諸事物的知識，以及一切有用艺术、制造、机械实践、发动机和新发明——(不牵涉神学、形而上学、道德、政治、語法、修辞或邏輯)。[4.11]

愿望和業績：早期的失敗和后來的成功

使人感到兴趣的是，在法、英两国，这类学会，作为学会而論，只充分活动了一个相当短的时期；到了 1690 年，两国的学会都处于严重的衰落状态中，而它們在十八世紀的复活，实际就等于新創立。学会的产生，以及在一般社会上所引起的一般支持和兴趣，表明在当时科学被認为是激动人的、是有兴趣的、也許还是有利可图的。由于后一点，就不得不引起严重的困难。法兰西斯·培根，象四世紀以前的罗哲尔·培根那样，已清楚地抱定了一个看法，認为了解自然是为人类利益控制自然的唯一途径。但是，一个看法和一件成就，其間是有很大差别的。事实上，只有在一个領域，但是一个重要的領域內——即天文和航海的領域內——实际上限于数学和物理学的新科

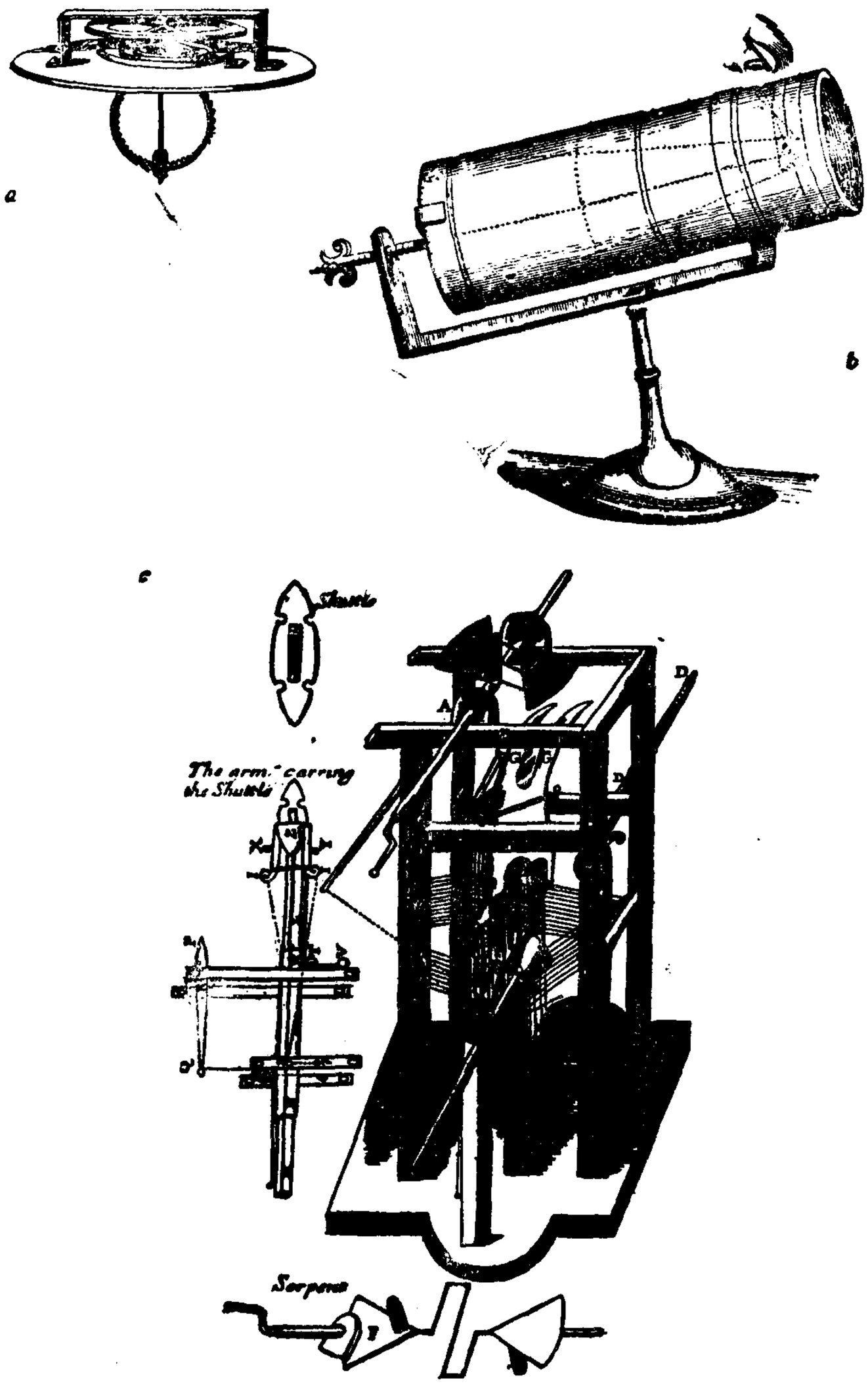


图 11　仪器和机器图

（采自“伦敦皇家学会哲学会議录”）

（a）祖里亥姆（Zulichem）的基利斯当·惠更斯先生对很准确而便携带的表的一件新发明（1675）。（274 頁）

（b）皇家学会会員，剑桥大学数学教授牛頓先生所发明的反折射望远鏡（1672）。（268 頁）

（c）海軍軍官德让尼斯（de Gennes）先生献于皇家科学院的織亚麻布的新机器，无需技工。摘自“斯卡范斯杂誌”（Journal de Scavans）（1678）。（300 頁）

学,才能有眞正的用途。安多尼·底因(Anthony Deane)爵士在1666年确曾設法在船只下水以前推算它的排水量,但这并未显著地影响造船实践。初期皇家学会的自許远比它所能达成的多許多。非科学的知識分子对它就加以嘲笑,其中最著名的例子要算斯慰夫特(Swift)在他所著小說"格利佛遊記"(Gulliver's Travels)中的諷刺,就短期而論,这也不无相当理由。

然而从久长看,效果却大不相同。由于鼓励了"自然学者对各行业洞察內情"(265頁),学会就能够来替传統艺术和制造业合理的評价和改造奠定基础,这就演成为下一世紀的工业革命。誠然,学会的工作必然导致这次革命的中心特征——蒸汽机,有一切理由配称为哲学發动机。这个果实不是这一个或那一个孤立发明家的工作,而是齐門托科学院(Accademia del Cimento)、皇家学会和法兰西科学院的几个集体的科学家的工作。(334—335頁)

科学成为一种組織

初期学会的創建具有另一效应而且是更恆久的效应:它使科学成为一种組織,具有了較古老的法律学和医学組織所具有的会徽和严肃性,但不幸也带有一些它們的浮华和矜夸。这些学会在实效上成了科学的审判处,一个威望够高的审判处,足以排除使普通羣众极难把眞科学家从其中区别出来的許多自吹自擂者和狂人;但很不幸,至少在一个时期中也能从沾了官气的科学本身排除許多革命性思想(340頁)。十七世紀后期結会的科学家們的兴趣范围,有如他們的"哲学会議录"(Philosophical Transactions)所表明,包括了自然界和实际生活中几乎所有的方面,从星辰的距离到胡椒水里的微生物,从染色术到死亡統計。[4.93]

新有組織的科学的第一次宣言是斯普剌特主教在1667年所写的"皇家学会史",写成时学会建立仅五年。无可避免地,这不只是一部历史,而毋宁是实驗哲学的綱領和辯护詞。在斥責了种种教条派哲学家而后,他贊同:

> 已成为第三类新哲学家的那些人,他們不仅不同意于古文明国民,并向他們自己提出了从容而稳健地進行实驗的正确路綫:并照着他們自己的短促生命、或繁多的事务、或有限的金錢所許可,充其量执行这条路綫。
>
> 他拥护学会容納各种阶层和各种职业的人,以及各国的人,然后談判主要的存在理由(raison d'être),那就是:
>
> 我們生在其中的时代的特性。因为現在進行实驗的天才已如此广布,即使是在这民族里,再多設一个或两个这类的集会,也不会缺少够多的能人来进行它

們。所有的地方和所有的角落目前都忙迫热忱地从事此項工作；我們发見每天有許多崇高希罕的东西交給我們，不仅来自学者和专业哲学家手中；也来自机匠的工場；商人的航行；農夫的耕犂；紳士們的体育运动、魚塘、苑囿、花圃：所以如有怀疑，也只涉及未來的时代而已。而且即以未来时代而論，我們也可以确保：既然路綫現在已这样清楚地画定在它們面前，既然它們将会尝到这些最初果实，并且受到这种事例的激励，它們就不会长久生不出一輩勤于探究的头脑来。

他討論学会的实驗和仪器到結束时，評論了"会中的談論方式"并提出有必要除去"言詞中的浮靡和陈陈相因的現象"。为了这个緣故，他們严格地：

……拒絕文体上一切舖张、支离和臃肿：而当人們有多少事要述說时，就要回到素朴的純洁性和簡約性，几乎只要用同样那么多的言詞来表达。他們曾強制所有的会員用紧湊坦白的自然說話方式：正面的措詞、清晰的意义；本然的平易性：陈說一切事物时，尽可能逼近数学般朴实程度：宁愿采用工匠、乡人和商人的語言，而不取才子或学者的語言。

至今不变的事实是英語的风格，在十七世紀后期就剧烈地簡化了。[4.64;4.62]有一段关于这点的奇特評論，就是一百年后撒木耳·約翰孙(Samuel Johnson)談到斯普剌特时所写的，他說：

这是由于情感高洁和措詞优雅，而得保存下来的很少几部书中的一种，虽然所写的主題是变动而短暫的。現在讀皇家学会史的人，并不想要知道他們那时在做些什么，而是要了解斯普剌特怎样表达出他們的会議情形。[4.60]

技術上一些兴趣中心

在最初看来，任何事物和每件事物都能从哲学的探究而得到改善。虽然如此，某些兴趣場合吸引了名家(virtuosi)的特别注意。这些場合就是新哲学的論題迎合了正在发展的貿易和制造两方面所最清楚地感到的需要。这些当中，站在最前面的是天文学上的精密化，成了大洋航行的基本需要，特别在解决經度的問題上。这問題不可分离地联系到太阳系的眞正組成和动作的問題，后者在当时虽被承認，但未曾得到物理上的解释。此外，对宇宙作新的數学的解释提供最好园地的就是天文学。牛頓最后求得的解决办法，就被認作是，也正确地是新科学的主要胜利。

但是，这种同时代的兴趣不应任其掩蔽其他終要显得至少也有同样重要的发展。其中之一是光学和光的理論，分别由望远鏡和显微鏡而密切地联系着天文学和生物学。另一个发展是气体力学，在这方面，关于眞空所发展的技术終于对工业要具有极

大重要性。眞空問題也是一个回溯到希腊时代的哲学爭执点。有关眞空存在的新实驗証明，帮着复活了德謨克利图(Democritus)的原子假說。复活了的原子或微粒理論在化学領域中提供了作出理性的和定量的解释的最初綫索，化学領域在这以前一直是技术秘方和神話解說的园地。化学轉而联系到生理学的开端。有关血的性質、肺的机能、神經和肌肉的作用、和消化过程的諸問題，都按照新的唯物哲学精神来討論并进行实驗。这些問題的范围并非当时个人所不能企及，其实，这些人的生活和著作就是最好的例証。其中傑出的有罗伯特·玻义耳和一度充他的助手的罗伯特·胡克。

罗伯特·玻义耳

罗伯特·玻义耳在 1627 年生于力兹摩耳 (Lismore)，是理查·玻义耳 (Richard Boyle) 的第七子，也是第十三个小孩。理查是科尔克 (Cork) 的第一代伯爵，又是伊丽薩白时代的凶殘而得意的土地掠夺者。[4.67] 年輕的罗伯特把最易受感染的岁月，都在日內瓦清教派的环境里度过了，在那里和他同时的人物巴斯噶 (Pascal) 和斯退諾 (Steno) 一样，他受到了宗教的感化，但和巴斯噶不同，这并沒有使他轉而反对科学，却使他爭取利用科学来支持神的启示。一部分由于这个原因，一部分因为病困終身，所以他过的是絕慾生活，在內战时不加入任何一方，却貢献他自己和他的丰厚財富来鉆研新的实驗哲学。他和牛津的"无形学院"諸人一起工作，并是皇家学会最初发起人之一。1680 年他被授为皇家学会的会长，但因对宣誓有所躊躇，故辞而不就。玻义耳确实是皇家学会最初时日的中心人物，就象牛頓是学会全盛时代的中心人物一般。关于宗教和科学論題，他的写作甚富。他的最著名作品，除了"空气弹力"("Spring of Air")而外，就是"天上恋人"("Seraphick Lover")、"怀疑的化学家"("The Skeptical Chymist")、以及"論实驗的失敗性"("Unsuccessfulness of Experiments")。他早年对原子理論的兴趣引致他对于眞空和气体定律作出划时代的研究工作。此后，他就不这么有成就了，部分地因为他缺少充分的数学和实驗才能，但最多还是因为他企图把不能应用于化学問題的力学理論来解释化学問題，又不肯等到积累了足够的事实可用任何其他方法来解决化学問題，就先于起来了。他的兴趣范围更远及生理学和医学，而在这些方面，切实成就的希望就更少了。尽管这样，他在各方面的兴趣和热忱感动了别人，因此，下一世紀科学成就中有很大部分还出于他的鼓舞。从玻义耳的为人，我們可以看到新科学里虔敬和博爱的面目。他把要表明上帝在作用里所显示的光荣的愿望，和要帮助同胞的愿望合併起来，他眞地参加了百慕大 (Bermuda)

和东印度公司的董事会来推行他的感化异教徒的方案。然而他在完成这些目的时，不象中古时代牧师們那样，而是极度实际的。在他的小册子"論自然学家洞察各行可以增加人类用品"(That the Goods of Mankind May be Inereased by the Naturalist's Insight into Trades)，[4.24] 他写道：

……我結束这一段时，要对讀者表明，既然大家如我所希望同意实驗哲学不只可由考察各行业而推进自身，还可改进各行业；那么实驗哲学对各行业的可喜影响，就絕不可認为是自然学者所可利用来促进全人类大統轄的方法中最微末不足道的了。因为，各种行业应有的管理显然是公众所关怀的，这可以从那許多現仍有效的英国法令中看出，这些法令是用来管理制革、烧砖和形形色色其他用到机械的职业的，这些立法者并沒有不屑过問，而是制定了十分詳細的条例和指令。

罗伯特·胡克

在許多方面，玻义耳和他的最早助手，也是終身朋友罗伯特·胡克是成对比的。如果說一个是屈尊从事科学的貴族，另一个却是在鉆研科学时要靠科学来謀生的穷人。胡克是外特(Wight)島上一个教士的儿子。当玻义耳已到牛津时，胡克設法謀得奥里耳（Oriel）学院的工讀生。他很早就紧跟着玻义耳，并在事实上，大約替他制造了他的一切仪器，更进行了他的大多数有关眞空和气体的实驗。在胡克离开他之后，玻义耳就肯定地沒有表現为出色的实驗家了。当皇家学会建立后，胡克被任为实驗主持人，除了执行繁重的任务外，还設法担任1666年大火以后倫敦新城市設計工作的大部分，来补充他的菲薄而愆期的薪給。

假使他的社会地位較稳固些，又不因貌醜久病而受累，也就不至于成为那样一个难处、多疑和乖僻的人，而他在科学史上起决定性作用的地位也会得到了充分的承認。如果說玻义耳是皇家学会幕后的灵魂，那么胡克提供給学会的就是双眼和双手了。他是法拉第以前的最伟大的实驗物理学家，并且也象法拉第那样，缺少牛頓和麦克斯韦(Maxwell)所具有的那种数学才能。他的兴趣遍及力学、物理学、化学和生物学的全面。他研究弹性而发見了有名的胡克定律，这是物理学里最短的定律：伸长和力成正比；他发明了摆輪，用它就可以制成准确的表和时計；他著成"微物图誌"(Micrographia)，是講微生物世界，連細胞的发見在內的第一部有系統的书；他把望远鏡引用于天文量度，并发明了測微計；而为蒸汽机准备道路，他是和佩品共有功績的。

也許他对科学的最大貢献只是在目前才开始被人認識，就是：他应享有首創平方

反比定律和万有引力的观念的荣誉。如我們所将見到，牛頓的高超数学成就非胡克所可倫比，但从今天看来，基本物理观念是属于胡克的，而他被剝夺了这方面的功績，很不公允（275 頁）。胡克的一生表明，十七世紀中具有天賦的实驗家的遭遇旣有种种良机也有种种困难。他也表明了几千年来隐沒于素朴无文的手艺工人脑中和手中的大宗創造性和深邃科学見地的宝藏。

7.8 制作新的世界图景

本时期所強調的是对遍及全部自然界和技艺領域的广泛鉆研，和对可以应用数学方法的那些部分作出建設性理論。这时期已不再需要象前一时代那样，要集中于推翻亚理斯多德物理学或格林生理学了。哥伯尼、伽利略和哈維的理論几乎被新兴的名家所一致接受。他們和前輩意見分歧之处，就在于企图賦予这些理論以更深的物理学的和哲学的意义。首先出場的笛卡儿体系，所強調的是单純的延展，以及由稀微物質，借各部分間相互冲击的作用，完全地和連續地充滿于宇宙的現象。这就是物質充实空間的原理。

微粒哲学：伽桑狄

但是，有另一見解，一个古旧得多的見解，开始为人注意了。对亚理斯多德的攻击就替德謨克利图和他的原子理論扫清了一条道路（102 頁）。这个理論，由博学而深邃的数学家兼哲学家、布罗方薩耳（Provençal）的神甫伽桑狄（1592—1655 年）引起了科学世界的注意。假使他的本性不是那么謙虛、退让，他就不致于如此容易被他的同时人物笛卡儿所掩蔽；因为伽桑狄在科学上是有大影响的。他是一位有名的天文学家——头一个观察到水星凌日——又是气象学創始者之一，最先研究幻日和北极光。他的工作远过于救活了伊壁鳩魯和琉克理細亚所創的古原子理論；他把它們轉变成为含有文艺复兴时代物理学的进步的学說。伽桑狄的原子是具有慣性的重粒子，在伽利略后継者所証明存在的眞空里作运动。他为原子所作的定义，就是五十年后牛頓所著“光学”（“Opticks”）里所給出的，几乎一字不动。他提出这个見解，說得那样动听，以致所有不曾发誓依附笛卡儿具有涡旋的物質充实空間原理那些自然哲学家們，都几乎不自覚地即行接受了。

微粒假說显然很适合当时数学-力学的傾向。循着伽利略和笛卡儿的动力学，求出这样点状的粒子的运动，比求出一片均匀空間的运动，容易得多。可是由于伽桑狄的虔誠，也清除了結合于原子的无神論和反教的联想（102 頁）。他明白指出新力学

的隐含意义，所要求于上帝的不是物质世界的連續运行，而只是在世界开始时，給予所有原子的一种冲动，这就由神圣的天意来决定所有原子的种种未来运动和組合。

自然哲学仪器：光学鏡类

新科学着重实驗，这就意味着使用仪器，尤其是为了实驗而特制的仪器。虽是这样，新科学家的物质配备，仍然属于最簡单的。只有望远鏡不得不作得体形大而費鉅。差不多任何房屋都可容納一間实驗室（或称为光荣的工作室），里面或許有一座炉子附带若干甑和蒸餾头、一架天平、一架显微鏡和一些解剖工具、一架新式抽空气机、一支温度計和一个气压計。任何其他东西都是临时制作的。有了这样的設备，所有各門科学里当时的最大发見都能作出了。为便利起見，先談一下光学、气体力学、化学和生理学里的大发見，然后轉到天体力学这个中心論題上去。

十七世紀初，从实践上，也出于偶然，发見了望远鏡，从此引起了对光学的新兴趣；因为一旦有一件仪器存在了，由于須加改进，就引致人們去推求說明这仪器如何作用。在企图这样做时，就发見一些导向制成他种仪器的科学原則。十七世紀光学所以长成，大部是由于企图了解望远鏡所依据的光的折射性質，并要除去不久从望远鏡身上发見的那些缺点。

关于光的折射性質的第一个問題，十七世紀科学家不得不从阿尔海森（166 頁）和他的两个中古时代信徒夫賴堡的第特立喜和尉忒罗（183 頁）在四百年前遺留未就之处开始。他們已經确知光綫射达較密媒質就被屈或被折——叫做被折射。但他們不能推得折射定律，因此就无法計算透鏡的作用。荷兰人斯湟耳（Snell）（1591—1626 年）找到了正确的定律，笛卡尔加以利用，并用运动着的光粒子来予以說明；但粒子通过折光体的速度必須比在空气里要快，这样一个不象会正确的結論后来就引起相当大的混乱。有了斯湟耳的定律，光学看起来就成了几何学的一部分，因此应該能制成完美的望远鏡了。不过实际望远鏡却仍具一些恼人的缺点。特别是看到的星的象被一些彩色光暈所环繞。至于光通过透明体而发出虹的色彩，是久已知道的了。为了闡明虹，中古时代科学家甚至对稜鏡进行了許多广泛实驗，不过只能进行到認出一件事实，即紅光被折得最少，而蓝光被折得最多。[3.16] 笛卡儿研究过虹，但不能改善这些結論。关于色的問題，只有到牛頓才解决，这也就是他在物理学中第一件被承認的成就。（他一生的业績，将在下文 275 頁起，連同他的引力工作，一併論述。）

牛頓的"光学":色的学說

牛頓首先試图不用那引起有色象的折射作用来避免这一困难。他制成了第一架反射望远鏡(图 11),是現在的巨大天文望远鏡的原型,也是較近代的反射显微鏡的原型。他并不滿意于这种望远鏡,就直接攻究色的問題,継續笛卡儿所遺留未完的稜鏡实驗。由于他把实驗技术和邏輯联合得极其出色,他就能表明,从稜鏡所看到的种种顏色,或从虹所看到的色不是稜鏡所造成的,而是普通白光的內在成分。然而他的一些研究并未帮助他解决他原来的問題;他在自身認为不滿之下,确曾指出要改正透鏡的色散或造色特性是不可能的。在这一点上他錯了,而他的权威却阻碍了望远鏡的实际发展約达八十年之久。一位瑞典数学家克林根斯哲那(Klingenstjerna)(1698—1765 年),似是相当謹愼地重复了牛頓的一些实驗,而能揭发他的錯誤的第一人。直要到 1758 年,仪器制造者多倫德(Dollond),听到克林根斯哲那的工作,就能运用拿两种折射率不同的玻璃来相互抵銷色散作用的观念,因而产生了消色差透鏡,就成为所有現代光学仪器的基础。

光作为粒子或作为波动:惠更斯

牛頓在他的光学研究中,考虑到除虹霓而外的各种色,特别可注意的是象由水面的油等薄层反射所产生的那些顏色。从色的方面,他得到物質和光两者的不連續性或"粒状性"的最初提示。这就加強了他对物質具有原子性的坚定信心,这种信心源出于他的哲学傾向和对数学便利的考虑。不幸,这同一信心又使他跟笛卡儿走,也当光是原子构成的,光綫就是被反射的粒子的軌道,就象从墻面反跃的球的軌道。别种产生色的現象却又指向另一結論。格里馬第(Grimaldi)(1618—63 年)早在牛頓之前就研究了在物影边緣的一些顏色,特别是在細縫或毛髮的投影的顏色。他并发見光綫逼近物体掠过时,不是笔直而是微曲的,即衍射的。他把这两种現象都归入波动——象大家熟識的水面波紋,或声音的脉动,由于不同的波长就生不同的顏色,如音乐有音調一般。惠更斯用数学来发展这个观念,并指出光的波动理論如何会說明衍射和薄片顏色两种現象。此外,他对于冰洲石(方解石)的奇异性質,即隔石看物都成双的現象,解释得比牛頓強得多。然而在这問題上牛頓的崇高权威又一次煊赫一时,而光波理論却要等候一世紀多,才得恢复。(333 頁、353 頁)

顯微鏡:小东西的新世界

正如望远鏡到了伽利略手中就揭发了星辰的秘密那样,另一光学鏡就是显微鏡;

到了十七世紀的一些观察家，如馬尔丕基（Malpighi）、胡克、算麦丹（Swammerdam）（1637—80 年）以及无双的荷兰服装业者雷汶胡克（Leeuwenhoek）（1632—1723 年）的手中，就开辟了极小东西的新世界。[4.39] 昆虫、植物各部分、水生小动物、甚至极小的細菌以及含有生殖要素的精虫，都經显微鏡观察过，并且成为惊奇、臆測和爭論的对象。对較大动物的解剖学也变得更精緻了，而哈維的血液循环說也完全被証实了。但是，在一方面望远鏡，不論是航海用的或天文学用的，从一开始就具有眞切、实际的用途，而显微鏡先还不能証明其自身的价值，直等二百年后，到了柯赫（Koch）和巴士特手中，才拿来和細菌所引起的疾病作斗爭。大部分为了这个原因，早期的那些显微研究不能立即导致显微术或生物学上的任何大发展；所看到的东西停留于使人感到有趣和在自然哲学意义上較有教益，并非有科学价值或实用价值。

眞空和气压計

气体力学发展得远远超过希腊人所达到的境界（127頁），这是物理学方面迈进的第一大步，这毋宁导致了工业方面的，而不是天文学和航海术方面的結果。达成这一大进展的决定性发見，就是在实际上做出了眞空；这发見本身就直接来自实用水力学。到此为止，眞空的存在一向是要靠爭辯来解决的哲学問題（102 頁）；从1643 年起，它就变成一件可以在实际上演示的事情。伽利略晚年关注到寻常的空吸抽机不能把水吸到高于約三十二呎的原因。这个事实早就为矿工和掘井者所熟知，但迄未引起学者的注意。伽利略把这現象归結为水柱受不了它本身重量之故，但他找不到滿意的解說：为什么水柱一旦中断，并不逕自落下；他把这归源于有一种有限制的对眞空的恐怖。

直到伽利略死后一年，他的学生托里拆利（1608—47 年）才想到一个巧妙的看法，用汞来代替水，因而就能用短到易于处理的汞柱来进行工作，因为在顚倒过来的管子里，汞不会升到三十吋以上，这样它的压強就等于水柱的每方吋十五磅。由于他的智力，他有胆量敢于認出眞正的解释是空气的压強支持了汞柱，因此这件仪器就成了气压計，也就是量度大气重量的手段。汞柱頂上方的空間就是实在的眞空，这一向被認为是自然界所恐怖的。实在地，如我們所已看到（115 頁），亚理斯多德早就証明了眞空是不可能的，因为在急剧运动中，需要有空气在前面让开，在后面合攏。眞空的发見是对亚里斯多德力学的最后致命的一击；但人們还用种种努力，来否認它，或設辞解說。不过托理拆利的解释不久就由巴斯噶（Pascal）（1623—62 年）的实驗証实了，他把气压計带到山上去，而看出气压降低。

封·葛里克的空气抽机

这件故事后来就由一位非常人物，也是今天稟賦很強的科学家的原型，即鄂图·封·葛里克（Otto von Guericke）（1602—86 年）来接續下去。他是馬德堡市长，又是古斯塔甫·阿多甫（Gustavus Adolphus）的前任軍需官。他是一个頗有家財，又有事业心的人。他做起事来气魄很大；为了他的实驗他用去了四千鎊，这在当日却算是巨款了。他首先試用直捷痛快的办法，从密封的桶里把水抽出，要抽得眞空。桶炸了，他就制一个更堅固的黃銅容器。后来他設計成一具抽气机，竟在大容器里抽得眞空。在他的著名实驗里就用到了这些大容器之一。这个实驗是当着皇帝和廷臣面前进行的：每側要用十六匹馬，才能把两个半球形容器拉开。馬德堡半球就提供了新科学的实質性眞理最感人的表演。但这个实驗不仅止于此，它还向人們表明了空气压強的眞空是一种极強的力，只須用智慧控制它，就能用于种种有益的用途。封·葛里克自己想到通过抽空的管子来使传递动力，这个想法后来經发展，就有了鉄路上用的空气軌。

封·葛里克的抽机經玻义耳大加改良；或者更可能些，这是那时受他雇用的胡克所为。用了这个抽机，玻义耳表演了許多新奇效应；例如，他証明沒有空气就不能传声，但光和磁性就不受影响。他又发見两件或許在期待中的事，但实行表演出来仍然惊人，就是生命和燃烧在眞空內都不可能。这样一来，就对下一世紀里化学和生理学大革命提出了若干开端的綫索。

抽气机的使用，特别是抽气时連带必須的力量，引致玻义耳去研究压縮和膨胀的空气的行为。这样他就发見了簡单力学定律以外的头一条科学定律，就是他所謂"空气的弹性"，亦即現在所謂的玻义耳定律：定量空气的压強，被其体积所乘，是一个恆量——或如后来所发見，与温度成正比。

利用各种新发見的自然力来滿足人类需要这个观念从未完全消失，而必定要在科学大有作为的时代里出現，如在十七世紀那样，那时抽掉矿山的水和推动欣欣向荣的工业巨輪所需用的巨大力量日益增高。一种分明可用的力是火力，特别是自从火力已在大炮上显現以后。最初几种粗陋的想法中有一个是一种內燃机，但想用火药而非我們今天所用的石油。此后，发明家轉到蒸气的膨胀力上去。这些直接办法决定要失敗，并非因为它們在本質上有誤，而是因为当时的技术尙不能提供堅固到足以应付这般大的压強的容器。惠更斯的助手得尼·佩品（1647—1712 年）后来一度和玻义耳一起合作。他設計做成一种浸煮器，用它把肉骨煮成浓湯，但他的压煮鍋只

是到今天才得到使用。对于实际可用的蒸汽机他也走了最初的几步。在次一章里将表明要經过眞空才能走上使用蒸汽动力的途径。

理性化学的假黎明

眞空的发見提供了可能引致理性化学在十七世紀里发展而不再迟一百年的最早綫索。眞空抽机証明燃烧和呼吸两者都需要空气，并使人集中注意于火焰和生命这一对孿生問題上。玻义耳、胡克和美約（Mayow），遵循巴拉塞尔士所遺弃的一条綫索，几乎做到能証明空气含有某种对燃烧是必要，并把动脉里的血变紅的东西。玻义耳講到这东西时，說它是"一种微小的、生命必需的精华（如果我可以这样叫它），它有更新和恢复我們的生命元气的作用"。美約叫它做"硝化空气精"，这样就联系到火葯了——这东西就是后来拉瓦錫（Lavoisier）的氧。但他們这几位都未曾再进一步，这是为了两个基本原因：缺少适当的科学理論，又无充分的技术和材料。

化学从来不是古典經訓中的一部分，而亚理斯多德的地、水、风、火四大元素一直只具有气象的和物理的，而沒有化学的表相（97 頁）。阿拉伯人的和中古时代的化学，或者毋宁是炼金术，却和把金属和行星連系起来的占星学透彻地混合在一起。亚理斯多德-柏拉图世界图象的倒塌，就意味着，化学去掉它的种种气和行星的影响，就不賸下知識基础了。正如玻义耳在他的"怀疑的化学家"（The Skeptical Chymist）一书里所指出的那样，阿拉伯-巴拉塞尔士派汞、硫、盐三主素的"医疗"化学，遭遇也并不見佳（226 頁）。各种主素都太过于模糊和变化无端，就不适于特意設計出来排除神术性質的粒子哲学。玻义耳設法給元素下一条准确定义，不过是一个否定的定义：

> ……任何物体，凡不是完全均匀的，但可以再分为任意多区别明显不論如何微小的物質的，都絕不是眞正的主素或元素。

不幸，化学技术那时不能保証，除不多几种金属而外，什么才是元素；玻义耳的判断准則在下一百年里还不适用。在他的"論实驗的失敗"（On the Unsuccessfulness of Experiments）一文里，他自己認識到这一点。

牛頓对化学所作的工作比对物理学长久得多，但在实践上并无进展。如瓦維洛夫（Vavilov）[4.85;4.108] 所指出的，仅在理論上推演出一幅原子图，由层层的壳状部分組成，越向里越結合得牢固。这是对具有电子和核的現代原子的惊人而合邏輯的預見，可是被遺忘而擱置了近三百年。十七世紀里化学还不曾达到能够援用粒子分析法的状态。对于这一点它須要下一个世紀才出現的新实驗事实的不断积累。化学不象物理学，要求多种多样的經驗；并不含有不証自明的原則。若无原則，化学必仍然是依

靠实有而难解的神秘的一种"神术"科学。

只要化学总是繞着古希腊、罗馬就知道的同样那些資料打圈子，它就傾向于刻板化。但是，十五世紀以后，化学世界扩张得很快。具有非常性質的新物質，如磷等，无意中产生了，还有新金属，如鉍和鉑等，被发見于旧大陆和新大陆。要說明它們的性質，就必須用到一些不断由新实践来校核的新理論。新理論最初必然是定性的和含糊的，但它們却构成了較准确的理論的主要基础。为了适应越来越专門化的商业和工业的种种要求，一切时期都需要一些特种化学品，如硝石、明矾、綠矾(硫酸亚鉄)、"矾油"(浓硫酸)、碱，这些就产生了一种化学工业，从这方面的經驗和問題上，就要在后来的时期里出現理性化学。

十七世紀生物学

生物世界，以它无比繁多的复杂情形，必然要比化学变化的世界更难解說得多了。因此，新兴的和机械性的粒子哲学，尽管自負不凡，却沒有什么眞实用处，是不足为奇的。三克托利斯(Sanctorius)(1561—1636 年)在进食和睡眠时用秤自称，但对观察到的那些变化，却无法解释。照笛卡儿的想法，动物——机器和人类——机器的差别，只在后者通过松果腺而得附上一种来駕馭这部机器的理性灵魂。但这并不曾怎样推进生理学。玻勒利(Borelli)(1608—78 年)把这个类比更推进些，并用机械原則来講人和动物的肢体的运动。对心脏和血液，水力学已很能作些說明，但对脑和神經液，就几乎无用。

十七世紀所作的关鍵性进步点在观察方面，特别是在显微鏡的运用上(268 頁)，它第一次揭示了担当生殖作用的精虫。在当时更为重要的是尼希米亚·格魯(Nehemiah Grew)(1641—1712 年)和約翰·蕾(John Ray)(1627—1705 年)的工作。前者奠定了植物生理学的基础；后者是鉄匠的儿子，他初步走向植物的科学分类法，而对动物分类法則較少成功。

十七世紀后期的生物学研究，在实际上，对农业沒有什么直接用途。所作出的变革，而且是大变革，特别在园艺方面，毋宁应認为是由于在异常有利的經济条件下，小心并緩漸改进传統实践而来。在法兰德斯和荷兰才遇到了拥有財产的人，能够也情愿拿工具和肥料作为資本，投入他們的农庄，同时并得到保証，改良过的产物会有广大而增加的市場。多亏热心的业余农艺家如約翰·厄味林(John Evelyn)(1620—1706 年)等的工作，新方法才得从荷兰这个育苗圃传到英国(233 頁，215 頁說明)。

观察和实驗的这种直接方法，对医学更能直接生效，不过进展却緩慢得令人失

望。有一种观念,認为医学应是靠研究病人才能发見的一种科学,而不是以病人作实习的学理,这观念虽創于远古的希波革拉第,但大都被人遺忘了。到了这时代,才由一些医师們重拾旧緒,其中如息登翰(Sydenham)(1624—89年),既是一位伟大的临床医师,更对当时的全部科学无不接触。

7.9 天体力学:牛頓的綜合

所有这些成就固然証明,在許多范围內的科学活动都在灿然怒放,可是十七世紀的中心兴趣和最大科学胜利却无疑地是在于完成了一个普遍的力学体系,能够用地球上物質所具有的可观察的行为来闡明星辰的运动。在这里現代人实际上就是在对古希腊人一劳永逸地进行着清算。古文明国民和現代人都同意于研究天象的重要性。但因为后者的兴趣在此时重实际甚于重哲学,它們所需要的答案就很不同于古代人所需要的。以完整而令人滿意的形式求出这个答案,是一序列的数学家和天文学家的工作。这里面包括几乎所有当代科学界的大人物——伽利略、开普勒、笛卡儿、玻勒利、胡克、惠更斯、哈雷(Halley)、稜——可是一切都导致牛頓所著"自然哲学的数学原理"(De Philosophie Naturalis Principia Mathematica)里对力学作出的清楚的統一,在这本书里,牛頓申述并証明他的万有引力理論。

太阳系运行問題的內在兴趣仍然很浓厚,只是,在事实上,随同古文明国民的宇宙論的毁灭,它的哲学的和神学的意义早已消失了。伽利略的受审判,其性質的确只是宗教界亚理斯多德主义临終时发出的最后一击而已。但是,除非能为哥伯尼和开普勒体系求得令人信受的物理解释,那一座要代替旧建筑的新大廈才算完成。这就是理由之一,为什么几乎每一自然哲学家都在揣測、实驗并計算,其目的就在于找到这个解释。有些人很迫近目标了,特别是胡克,直到牛頓的成功才結束了这場竞逐。

推求經度

天文学家所以要发見太阳系的运动规律还有另一个更迫切的原因。这就是所需要的天文表,比起天文学在以往主要用于占星預測已足应用的表来,要准确得多。航海的需要严格得多了。一个屡屡发生的問題是:要測定船在海上的位置,特别是位置中更难定的部分,即經度。当若干国家的經济和軍事力量花費在海外冒险上的部分越来越大,这問題也就越来越紧要,特别是在英、法、荷三国本身即科学进步中心的国家里为尤甚。推求經度这一問題是一个要博学的天文学家和实践的航員花上几十年,甚至几个世紀的問題。正是为了帮助解决这个实际問題起見,才首創了一些国立的

科学机关,如 1672 年巴黎設立的皇家观象台和 1675 年格林威治(Greenwich)設立的皇家观象台。

測定經度的問題在本質上就是在任何地方測定絕对时——或即今天所称格林威治时——的問題。这个时刻,比起当地时来,就給我們一个时差,而这就可以直接換算为經度。在任何地方,現在只有——或在发明无綫电之前,那时只有——两个方法,可以測定格林威治时:一法是观察月球在星辰間的运行,而这就是已固定在天上的时鈡;另一法是随身携带一具原已对好格林威治时的准确时鈡。第一法需要极准确的表,来預測天体位置,第二法需要絕对可靠的时鈡机构。經过整个十七世紀和十八世紀一大部分,两条进行路綫都有人采用,而沒有那一条占确定的优势。在两个方向上都各有一种当前的鼓励,激起思考、观察和实驗,这种鼓励一部分只为图利,但也有为了国家的和个人声望的鼓励。

天文时計

这两种方法初看起来很不相同:其一关系到某些由物質控制的机构的运行,另一个則关系到太空里球体的运行;但当两者都受到研究时,就发見两者同以动力学为基础。伽利略本人发見了准确地用节拍来表示恆定时間的理想控制物是擺。胡克做了一件必要的实际貢献,就是用弹簧控制着的摆輪来代替摆,它不会为船身动搖所攪扰。在无論哪一种办法里,准确的計时法都有賴于了解作振动物体的运动定律,正是在这点上惠更斯解决了問題,并为第一座天文时計打下基础,有如在他所著"振动时計"(De Horologium Oscillatorium)里所申述的(1673 年)。但是,要經过很长时期,通过改进的工艺,才能把这些原則变为有效的实用,而哈礼蓀(Harrison)的天文时計才終于在 1765 年获得英海軍部为推得經度而頒发的奖。

行星的运动:引力学說

正是純粹天文学性的研究途径,虽不能提供实际解决办法,但对未来科学,却会証明为更有价值得多。这是因为天文学鼓励人,从数学和动力学上寻求方法,来解决行星运动的問題。許多人早曾揣測为什么行星要循着最初由开普勒指出为椭圓形的軌道而繞日运行;他們甚至曾猜想它們或許是被某种引力維系在那里。在事实上,自从吉伯研究磁鉄(246 頁)以来,甚至再早些,引力观念已是普通观念了。磁鉄启示給人,引力可能发生于相当距离之間,而吉伯本人就曾建議,以为維持行星位置,并且确在驅动它們循着軌道运行的东西,也許正是磁力。

1666年波勒利引进一个重要观念，說行星的运行意味着須要存在另外一种力来平衡离心力，象甩流星时石头对繩所施的离心力。他把这另一种力表征为作用超出地球的紧邻，而达到月球，并从太阳伸到行星的重力。要說明椭圓軌道，而行星愈近太阳时就运行愈快，則重力必須增大以平衡增加了的离心力。所以重力是距离的冪的某种函数。問題就变成：什么函数？胡克本已猜到重力越远越小，他企图探查一个物体在地面上、在矿井里和在高閣頂上时重量的变异，来作証明，但这种努力是徒然的。

当时流行的仍是笛卡儿的重力理論，就是說：重物之所以被吸向它們的引力中心，乃由于"它們的涡旋的以太具有某种秘密的推拒外物的主因。"这句話引自牛頓，而他晚到1679年仍坚持此說。[4.79]

非要等到这些一般观念能化为数学形式，并經观察的校核，事情不能再前进。惠更斯在1673年向这方面迈进了第一步，他在有关摆鈡的工作中，发表了离心力定律，指出这力和半径成正比，和週期的平方成反比。可是按照刻卜勒的第三定律，週期的平方和半径的立方成比例，因此推知平衡离心力的、由重力而来的曳力，亦即向心力，必依半径除以半径立方而变，也就是跟着半径平方的倒数而变。胡克、哈雷和棱在1679年已完成这一推断。还賸下两个問題：解释椭圓軌道；施引力的大物体的作用方式。胡克写信給牛頓，提出这两項問題，但未得复，而在1684年哈雷悬賞征求解答。当时已明白，答案是很近了；但是，虽然許多人都已到了它的面前，只有一个人才具有找到答案，并从而推出革命性結論的那种数学才能。

愛薩克（Isaac）·牛頓

这个人就是愛薩克·牛頓，是年輕一代当选为学院評議員的一个——生于1642年，就是伽利略死的那年——但已以数学和光学研究著名。牛頓来自新兴的农村中等阶級，这阶級里已出了克倫威尔和議院职員。他是林肯夏（Lincolnshire）小农的遺腹子，由于人事关系好，送他进了剑桥大学，但他在大学的学业并不特别傑出。1663年他遇着博学而行踪很广的愛薩克·巴罗(Isaac Barrow)(1630—77年)，是当时新来的刘卡司(Lucas)数学講座教授，他賞識牛頓的才能，并于1669年使牛頓在二十六岁就受聘担当他自己的講座，尽管牛頓并未发表过著作，也并未引起什么人注意。他留在剑桥大学，一直到他在最享盛名时，于1696年，被任为造币厂监理，后来又任造币厂厂长，年俸四百鎊，他获得这个职位，人都以为他很幸运，他对于职守是很尽心的。

在剑桥大学，他研究光学、物理学中許多别的部門、化学、圣經編年学以及旁門外道的阿里烏斯（Arius）派神学。他对于大学好象是影响很小，也从未成立学派。就是

在大学里，他受到亨利·謨耳（Henry More）所領导的宗教色彩很深的柏拉图学派集团的影响；柏拉图思想要素就通过这些人进入他的哲学，因而进入現代科学的哲学里。[4.28]一般說来，他遵守他那一阶級的观点，代表剑桥大学出席議院，并在政治上支持民权党的妥协政策。这就有助于使得他的观点，虽然要到后来才显出革命性的潛力，但一起始看起来却是冠冕堂皇的。牛頓的个人性格极其乖僻，很沉默退縮，甚至是隐隐藏藏的。他終身不娶，又因怀疑三位一体說而不肯接受圣职的任命。他的知識足够，使他严于自我批評；但这样就使他对于旁人的批評更加厌恶。

牛頓公开投入有关万有引力的討論是很晚的。可是在他大学毕业以前，当 1665 大疫之年，他不得不回到他的伍尔斯索普（Woolsthorpe）家里去的时候，他很可能已經考虑过引力問題了，而那个关于苹果的故事也許是眞的。尽管这样，他或者对这問題有疑虑，或者不認为它很重要；因为他对这問題絕沒有发表什么，而且有二十年之久都在忙些别的事情。从他的較晚的工作里可以看出，他很能同时考虑好几个很难并立的假設，然后选定其中之一，也許他在这一問題上就是这样，这从 1679 年他还依附笛卡儿派的揣測，可以看出（275 頁）。无論如何，他在1665 年的思想，对科学的进程不可能已起影响，而平方反比定律，在他发表之前肯定已有好几个人先找到了。

虽然这样，牛頓的貢献是有决定性意义的一个貢献。这就在于推求数学方法，来把物理原則轉变为可凭观察証实的、可用数量来計算的結果，而且，反过来說，要从这样的观察来求出物理原則。在他的"原理"（"Principia"）一书的序言里，他自己这样說：

> 我提出这部著作，作为哲学的数学原則，因为全部哲学的任务看起来就在于这一点——从种种运动現象来研究各种自然力，再从这些力来表証其他現象；……我愿我們能用同样推理方法，从机械原則导出其余的自然現象，因为許多理由引我揣測这些現象可能都依賴于某某几种力，通过这些力，物体的粒子，由于一些迄今不明的原因，或被迫而互相趋近，內聚为有規則的形体，或被斥而彼此离开。这些力既属未知，所以哲学家試图探索自然到現在为止都归徒然；但我希望，在这里定出一些原則，将会提供指向这一种或者更眞实的一种哲学方法的一綫光明。

微分学

他做成这項工作所用的工具就是微分学，或用他所命的名，就是流数术（一个連續函数的平滑流动）。此术标誌出，从巴比倫的前輩，历經攸多克薩斯、和阿基米得

等許多代的数学家的工作,到此而登峯造极(104 頁)。在十七世紀里,經过費馬和笛卡儿的工作,微分学就很快地被发展,而由来布尼兹(Leibniz)(1646—1716 年)作成我們所知的形式(297 頁)。究竟是牛頓还是来布尼兹在微分学上应得較大的功績,成为当时苦苦爭論之点,但从科学进步的观点看来,就并无任何大关系。重要的是,牛頓用了他的微分学去解决物理学里一些最紧要的問題,并教会旁人同样去做。

用了微分法就可求出物体在任何时刻的位置,只要曉得該位置和在另外任一时刻的速度或速度变化率(即加速度)間的关系就行。换句話說,一經曉得力的定律,就可計算运动的路綫。反过来应用,牛頓的万有引力定律就直接从开普勒的运动定律而来。照数学講,它們是同一事件的两种說法;但是行星运动定律固然看来是抽象的,而認为行星被強大引力維持在其常軌上这种观念却成为可以捉摸的意象,尽管万有引力自身仍然全然是神秘的。

微分学,如牛頓所发展的,就可用来,而也曾被他用来解决許多形形色色的力学和流体动力学問題。它立刻成为凡是要了解变量和运动,因此也是全部机械工程的数学工具,并且保持为几乎是唯一的工具,直到进了本世紀好些年为止。在一个很实在的意义上微分学,同望远鏡一样,确是新科学的利器。

"原　理"

哈雷一定曾尽了劝說的能事,才使牛頓在 1685—1686 两年內,把他对行星运动的解法作为所著"自然哲学的数学原理"(Philosophiæ Naturalis Principia Mathematica)的构成部分。这部书是为皇家学会印行的,并以它的会长为出版人,出人意料的是这位会长就是撒木耳·皮普斯(Samuel Pepys),但学会短少經費,哈雷只得为了出这部书自掏腰包。这部书,坚持闡发了物理的說理,在全部科学史上是无与倫比的。就数学而論,只可以拿欧几里得的"几何原本"(Elements)来和它相比;就它洞察物理的卓識和对思想上的影响而論,就只有达尔文的"物种起源"(Origin of Species)比得上它。这书立即成为新科学的經典,这倒不是說它已到了作为正統学說的泉源的地步而受到崇敬——虽然多少有这种危险,特别是在英国——而是說书中举証的种种方法可以作为以后推广的泉源而受到崇敬。

牛頓在他的"原理"一书里,远远不只建立一些行星运动定律而已。他的伟大目的肯定地在于表証万有引力如何能維持整个世界体系。但在此項工作中,他的意图是不用旧的哲学方式,而要用新的、定量的物理方式。在这方面,他还有另外两个任务要完成:首先要摧毁前此的新、旧哲学概念;第二要树立他自己的哲学概念,不只

作为正确的，还作为最准确的方式，来解說諸現象。

“原理”中有很大部分是用审愼的定量方式来駁斥当时最时行的，也是他自己曾一度鍾情过的体系，就是笛卡儿的認为每一行星都維系在其中的一組旋涡的体系。这是一个天才的、直覚的想法，但如牛頓所表明，是一个完全不能导出准确数量結果的想法。这样进行就引导他去建立流体动力学这門科学，討論了并精粹了黏滯性和空气阻力的观念，并确实替流体的力学奠定了基础，而这門学問要到飞机时代才获得它自己的地位。

牛頓虽然用了微分法来求出他的結果，但在“原理”中，却很审愼地把全部工作重新塑造成古典希腊几何学形式，使其他数学家和天文学家能够了解。这书印行后立即发生的实际效果是：它提供了一种計算体系，使人根据最少的观察，就能推定月球和行星的位置，比他的前人用經驗扩展的繁长級数所能成就的，要准确得多。例如只要观察三次，就足够断定一个天体在将来任何时的位置。

这一点的証明，是在牛頓时代后不久，由他的朋友哈雷用他的著名彗星来提供的：他根据牛頓的理論，成功地預言这个彗星何时回来。应用牛頓理論，其結果就使航海表准确多了。不幸，在推求經度时，供人观察的最适当的天体是月球，而月球的运动在太阳系中恰好正是最复杂的。月球的运动当时从未經納入够好的条理，使成为海員的可靠指針。到末了，还是具有科学脑筋的制鈡匠从脑筋机械的天文学者夺取了奖金——或者是人們所能說动海軍部割爱的那么一点。

牛頓代替了亞理斯多德：自然建立的宇宙对上帝維持的宇宙

牛頓的引力理論和他对天文学的貢献标誌着从哥伯尼开端对亚理斯多德世界图象所作轉变的最后阶段。对于由最初推动者，或由天使受上帝命令而运行的天体的想象，牛頓有效地代之以一种机制的想象，这一机制是按照簡单自然定律来操作，不需要連續加力，而只要神灵插手創造它，并使它起动。

牛頓自己对这点还不是十分有把握的，就留出了漏洞，让神插手来維持体系的稳定。但这个漏洞被拉普拉斯（296 頁）塞了，而上帝的干涉也被废除了。牛頓的解决方案，包含了实际預測月球和行星方位时所必需的数量，只欠对有无神灵計画的根本質詢。实在說，牛頓觉得他已經揭露了这个計画，就不肯提更进一步的問題了。

他曾作过有絕对运动存在的难于自圓的假說，为了迴避这一困境，他就走他的柏拉图派朋友的路子，說空間是上帝的感覚中枢，也就是上帝的覚識或脑筋，所以必然是絕对的。他就是这样避免让自己糾纏在相对性理論里面。他自己的理論并未給出

任何理由，来說明为什么諸行星都多少是位在一个平面上，并且都以同一方式运轉——关于这些，笛卡儿的旋涡說曾經作出了輕率的解释。牛頓靠假設世界起源是上帝开始創造世界时的意志来誠实地掩飾他对这一問題的无知。

这时候，文艺复兴和宗教改革的破坏阶段已过去；宗教和科学之間頗为需要一种新的妥协，正如君主政治和共和政治之間，以及上层資产阶級和貴族之間需要新的妥协一样。牛頓的宇宙体系确已代表了宗教正統派方面相当大的让步，因为从这个体系看，上帝的手已不再能明显地在每桩天上的或人世的事件里看出，而只在整个世界的总体創造和組織上看出。实在說来，上帝也象他在地面上所立的君主，已成了一个立宪君主了。科学家在他們一方面，承担不侵入宗教的固有范围，这就是人生世界連同其各种希望和責任。这种妥协，是由斯普剌特主教很聪明地予以提倡，并由令人可畏的本特力(Bentley) 博士在 1692 年所作的玻义耳講道詞里加以宏揚，就持續下去，直到十九世紀才由达尔文把它推翻*。

虽然万有引力体系在当时看来是，而到現在仍然是牛頓的最伟大工作成就，但他对于科学和科学以外的影响，通过他所用来达成結果的方法，甚至是更有实效。他的微积分学提供了一条普用途径，可在数量变化与数量本身之間，来回推求。他提供了一把数学鈅匙，保够其后二百年里解决物理問題之用。由于提出了运动定律，所連系的不是力和运动本身，而是力和运动的变化，他断然脫离旧日認为运动需要力来維持的常識見解，并貶低了那使一切实用机构都需力来維持的摩擦到次要地位，而让良好工程师認它为对象去消除它。一句話，牛頓一劳永逸地建立了对宇宙的动态观，来代替曾使古文明国民滿意的静态观。这个轉变，結合他的原子說，就表明牛頓不自覚地和他那时代的經济和社会世界是相調和的，在这个世界中，每个人在各奔前程的状况下所从事的个人事业，正在取代晚期古典时代和封建时代各人自知身份时的固定教阶秩序*。

完全不談这些实在的成就，牛頓的工作，本身就是一个世紀的实驗和計算的精华，提供了一种可靠的方法，让后代科学家可以放心使用。同时，它再度向科学家和非科学家同样保証宇宙是由簡单的数学定律所調节的。因此，如我們所将見到（349頁），电学和磁学的定律，当时是按照牛頓式的模型建立的，而化学家的原子理論則是牛頓的原子臆測的直接結果。

牛頓的威信和影响

正是牛頓的諸般成就随带来了相应的損害。他的才能这样高，他的体系这样显

然完美,以致它們阻挠了下一世紀里的科学进步,或只能让科学在他所未曾接触过的領域內有所发展。在英国的数学,这个限制一直存留到十九世紀中叶。牛頓的影响延續得甚至比他的体系还要久,而他所賦予科学的整个情調被認为理所当然到这样程度,以致它所隐含的严重限制——大都导自他在神学上的一些先入之見——都未被識破,直到爱因斯坦时代,而且即使在今天也仍未完全被識破。

說来象是很矛盾,牛頓儘管一心要把自然哲学限制在数学的表达上,他的各种观念的最直接的影响却在經济和政治两方面。由于这些观念通过他的朋友陆克(Locke)和陆克的承繼者休謨(Hume)的哲学为媒介,就势必产生对权威的一般怀疑,和对放任主义的信仰,这两者就要降低宗教的威信,和人对神建的社会秩序的崇敬。直接通过首先把他的著作介紹給法国人的伏耳泰(Valtaire),牛頓的观念就有助于"启蒙运动",因此对法国大革命思想有貢献。到今天,这些观念仍然是資产阶級自由主义的哲学基础。

7.10 回顧:資本主义和現代科学的誕生

回顧一下十五、十六和十七世紀里新科学的史跡宏伟的运动,我們就有更好的准备可以看出为什么科学恰巧在那个时候和那个地方誕生。我們可以看到,科学的誕生怎样紧随着商业和工业的大复兴而来。而这次复兴标誌出十五世紀和十六世紀資产阶級的兴起,以及十七世紀时这阶級在英国和荷兰在政治上的胜利。科学的誕生紧跟着資本主义的誕生。同一打破了封建制度和宗教的固定形式的精神,也和古典世界传来的、甚至更古的蓄奴的、保守的传統决裂。在科学方面,也象在政治方面那样,和传統决裂就意味着解放人类智能到一向認为的禁地里去。对新科学家的兴趣来說,宇宙里沒有一处太遙远,职业中沒有一行太卑賤。

十七世紀科学的統一性

不管研究园地怎样形形色色,十七世紀科学具有一种根本的統一性,这里面又有三重基础:就是人物基础、思想基础和应用基础。首先,十七世紀科学家本身就能照顧到当时已知科学的全部范围。并产生創造性工作。牛頓不只是数学家、天文学家、光学家和机械师,而且研究化学也有多年。关于化学,他虽沒有发表多少著作,可是比起同时任何其他的人,他似乎了解得更深入許多。胡克虽不是大数学家,但如我們所已知,却工作于所有这些范围內,此外还有生物学。他又是显微检驗术方面的先鋒之一。我們晓得棱是一位建筑师,却也参加科学运动中的眞正核心工作。既有这种

普遍性，其結果就使十七世紀科学家或当代名家能对科学园地得到比以后时代所能达成的更为統一的图象。

數理哲学

次之，有一种基本統一性，产生于一种主要为数学性的指导思想和工作方法，其所根据的数学直接来自希腊人，但也包括阿拉伯的、印度的、还可能有中国的貢献在內。这并不是純粹有益无損；十七世紀科学領域所受到的有效的但未經認識的限制，就是由于这种以数学为先务之急的原故。經驗中若有在当时不能归到数学里去的部分，就有被弃去的趋势，并且，即使那些原不适于数学的部分，也有被当作数学来处理的趋向，带来了未免可突的結果。例如，哈維的一个信徒竟試用人体各腺的顆粒的相对动量来解說各腺的作用，而这个动量又依靠各腺的排泄管排泄时所取的角度。极端事例則在社会方面，有最高尙的十七世紀哲学家斯宾諾沙（Spinoza）（1632—77年），試图把倫理学化为数学原則。由于坚持数学之故，十七世紀科学家只限于象力学和天文学等园地获得成功，也就是他們以前的希腊人成功的所在，而在化学和生物学方面，就几乎沒有显著进步。

科学和技術問題

新科学的第三項也是最表特征的統一原則，是它对当时一些主要技术問題的关切。如我們所已看到，从十四世紀以来，甚或在这以前，技术的大进展是出于在欧洲的有利情况下，丰富資源須靠少数人来开发，智慧就很見重，于是就和传統决裂之故。在开矿、金属工作、运輸和紡織方面所达成的解决方法，是技术性的解决法，但与传統决裂后，就引起一些新問題，而現代科学就是創造来解决它們的。有相当多的此类問題，特别有关航海、炮术和机械学，都在希腊传統学术范围之內，就达到了当时立即可以得到实际解决的范围了。其余的問題就要成为十八世紀科学的启发泉源了。

科学証明它本身的价值

的确，科学家一开头自命能做成一些大于当时可能作到的結果。直到十八世紀末，科学获益于工业的，远多于它当时所能給还工业的，在化学和生物学两方面，至少要再过一百年，然后科学家才能給出任何可以取代或改进传統的方法，而在医学方面甚至还要更久些。即使在已为人所熟諳的力学和炮术两門物理科学里，实践工作者仍占便宜。磨机的改良还是要掌握在磨机工人的手中，炮的改良要掌握在鑄工的手

中，为期都相当久。做木工或做粗鑄件，就无法用到新数学和新力学所能提供的精确成就。例如牛頓的确求得炮弹的弹道，顧到了空气的阻力。他的方法，在第二次世界大战时，仍在采用，但在牛頓时代，完全不能应用。那时炮膛粗糙不平，炮弹不配合炮膛，装进的火药的質和量又都每次不同，而安准炮位，除了用繩子和尖劈很粗略用人力搬运而外，更无别法。实际的炮手自知他的技艺限度，很可不管弹道学。[4.50] 唯一例外是制鈡技术，在較高的造詣上，如在航海时計的設計上，就必須具有动力学知識。

新科学一件大成就在航海方面。这够得上称为成就，因为正是在那时，控制海道和开辟新世界都成了民族的、經济的和政治的成功的关鍵。由于科学在这些方面表明自身有价值，它就成了新兴占优势的資本主义文明中一个站稳了的部分。科学获得了延續性和永不会丧失的地位。当人們了解到欧洲文明在軍事和經济上的优越性超过回教国、印度和中国的古文明，是由于它的技术成就，而技术的改进就需要不断应用和发展科学，然后科学的重要性才会相对地和絕对地增长起来。

古文明国民和現代人

就是在这个技术領域里，十七世紀的人覚得自己非但高出他們的文艺复兴时代的，和野蛮中古时代的祖先們，甚至还超过古希腊和罗馬人的几乎无稽的成就。当时人們感覚到現代人未必更为明智或胜过前人，但他們肯定地是更聪明，而且能做出古文明国民所永远梦想不到的事，如发射大炮或航海到美洲之类。比成就本身更重要的是一种認識：成就还只是开端，并且，沿着同一路綫往前去，可能的进展是无止境的。早在 1619 年，夸美紐斯（Comenius）主教的师傅約翰·发楞廷·安德累（Johan Valentin Andrae）就曾宣称，"認为进步无望是不光荣的"，而这个观念，即使对古典时代人的头脑不全然陌生，但对中古时代人的头脑却很格格不入，但这时竟走上了胜利的前程[4.46]。

誠然，古文明国民和現代人之間思想上的战斗，是在本时期之末才最有意識地进行交鋒。这場战斗遍及于整个知識界，而成敗各处不等。[4.61] 它的最有名的描繪是斯慰夫特所著"书籍之战"（Battle of the Books），这部书肯定地把現代人写得一塌糊涂。可是这里斯慰夫特，如在"格利佛遊記"里那样，是在逆流游泳。古典书俱管还大批大批地装飾紳士們的书斋，但在一切实用目的上是死去了。这些书对于撰写声調鏗鏘的散文或許仍是权威，但对十八世紀所理解的那种哲学而言，就无所貢献。

进步仍是一种理想，而尙非成就。十五、十六和十七世紀的大轉变并未給物質

的生活方式带来任何革命性变化。这个变化还有待于后来。财富和貧困已經重行分配了。英格兰和荷兰的富人,在本时期之末比在初期多許多,不过在意大利或許是較少些。重要的是:把財富变为資本来倍增財富的方法到此已突破封建藩籬,而把它无限扩展的道路已打开了。在第一阶段資本主义之下,图利的新刺激使人重視技术的进展。然而經济結构,却是头重脚輕,一开始就不稳定。十七世紀的商人和紳士,俱管多財,又偶尔对科学有兴趣,却不是能利用新的可能的人;但他們已开辟了場合让一輩較低微的制造商繁荣起来,后者多亏了科学,才得去利用文明的传統技术,并把它們发展到面目全新,使人一点也認不出来了。

知識革命

要把促进科学的力量說成是十足功利主义的,那就完全錯了。此时科学仍带着文艺复兴所曾大大补充过的古代世界哲学在政治和倫理双方很多的声望。所謂自然哲学是受重視的,甚至是高貴的职业,而它的宏奖者,在維护之中,就正是为国增光。从事新兴实驗科学的人感覚到古文明国民的眞正承継人就是他們,而不是煩瑣哲学家;而且,他們的方法所能奏效的仅仅是客观世界中的几部分,实在就是已由希腊人所培植的几部分。虽然如此,希腊数学一方面是現代科学方法的一种特征工具,另方面科学的整个知識运动却起于反希腊哲学的斗爭中,这哲学象曾在中古时代那样,适合于为到此已不入时的封建制度服务。在它的早期形态中,新的实驗科学必然是批判性的和破坏性的;在它的后来形态中,它的目标就在于为較能合于时代需要的哲学提供新的基础。新旧的决裂从未达到完全的程度;宗教的把持力,有內在的,有社会所加的,仍然太強,絕不允許人背离天主教徒和基督新教徒所共同接受的創世救世的总方略。以培根和笛卡儿而論是很明显的,即以伽利略和牛頓的較为謹愼含蓄的哲学而論,都是很輕率地对待神力統治世界的方略。这些哲学都成了下一世紀里对宗教全部体制进行批評的基础。

科学革命中令人疑訝的現象是:对有貢献的人,从实質講,就是从哥伯尼到牛頓这些科学革新分子,在宗教和哲学見解上反而最頑固。如說他們不属于正統派,这只是因为他們認为正統教派已經脫离了理性途径了。他們接受了圣托馬斯·阿奎那調和信仰和理性时所用的綱領,但他們不得不抛弃他的結論,因为他使自己的信仰所迁就的那种世界方略,至此被揭露为显然离奇了。可是他們自己的調和方式却要显为甚至更不能經久。但神学統治科学的日子已經結束了。神学优势仍能歪曲和拖延科学进展,但不能阻止它。宗教不言而喻地被限制在道德和精神的范围以內。在物質世界

表 4. 科 学

本表試图举出現代科学在誕生中有关政治、經济和技术发展的一些主要特点。1400—1700 段中努力大集中的情况。特别指出一些主要的、有关鍵性的发見和理論，如哥伯尼的太阳系辯証、于相互关系很复杂，其他关系，如哈維的发見和抽机研究之間的关系等，皆未列入，不过其中有些

历史大事	哲 学	航 海	數学和天文学
復位的權威 ⟶	柏拉图	杰尔孙 (Gerson)	阿基米得
推翻的權威 ⟶	亚理斯多德		亚利斯他克
			托勒密
——1440			
意大利文艺复兴在佛罗楼薩的柏拉图派学院	人文主义回到古典文艺	航海地图	希腊数学的恢复
貿易和艺术的大生长		薩格 (Sagres) 学派	柏爱巴赫：天文学复兴
		葡萄牙人在非洲沿岸	米勒(Müller):航海曆书
		哥倫布發見美洲	
意大利战事		發司哥·達·加馬到达印度	
1500			
法蘭西斯一世：法兰西学院	謨耳 (More) "烏托邦"		
	微未斯 (Vives)、伊拉斯莫斯 (Erasmus)、喇柏雷 (Rabelais)：中古风气的批評		
宗教改革运动			
路德		麥哲倫遍遊世界	
加爾文			
——1540			
			哥伯尼：太阳系
1550 通貨大膨胀		努達兹(Nunez)地图和航海术	
反宗教改革运动			塔塔格力亞，卡爾丹 (Cardan):代数复兴
法兰西宗教战爭		經度問題	
荷兰的反抗	蒙旦(Montagne)：怀疑主义	梅凱托的地图	
伊丽薩白时代	布魯諾：复数世界观	諾爾曼：磁傾	微他：符号代数
格勒善学院			第谷：准确观察
1600			
資本主义得势	培根：实驗哲学	吉柏：論磁体	开普勒：行星軌道
林切学院 (Accademia de Lincei)	伽桑狄：原子学說		内庇(Napier):对数
卅年战爭			
不列顛内战	笛卡儿：机械哲学		笛卡儿：解析几何学
科学家的非正式集会	霍布斯：唯物主义		費馬：数論
——1650			
皇家学会			牛頓：微积分学，引力理論
法国路易第十四	斯賓諾沙(Spinoza)：唯理論理学	葛里克：摩擦电	
			朱布尼兹：微分
科学院(法)			
法国耶穌新教徒被逐放			
——1690			
	朱布尼兹：預立的諧和		
		↓	↓
		电 学	数理物理学

(第七章，7.1—7.3节)

(第七章，7.4—7.6节)

(第七章，7.7—7.9节)

年这一时期的时間标度是均匀的，但分别标出第七章各节的相应阶段。这样就显出了最后几个阶
哈維的血液循环說和牛頓的引力理論。本表編排的目的是要揭示最有意义的相互关系。可是由
則列在表8里。

光　学	力学和水力学	化　学	医学、生理学和自然历史
阿尔海森	菲罗坡諾 亚理斯多德	魯耳	亚理斯多德 格林
繪圖和透視的发展	冶金、开矿和抽水法的发展	化学制造的萌芽，酒精、火药、明矾	
		炼金术轉变为化学	
雷奥納多·达·芬奇 科学繪圖	雷奥納多·达·芬奇 工程学、給水工程		雷奥納多·达·芬奇 解剖学和自然历史的图画
度勒：透視学	炮术的发展	巴拉塞尔士：化学复兴 阿格利柯拉："矿物談"	柏累：外科术 維薩留斯："人体构造" 塞爾維塔斯：呼吸循环 收集奇珍 园艺和农业的发展
眼鏡匠发明望远鏡	塔塔格力亞：弹道学 荷兰发展海塘、运河和水閘 史蒂文：靜力学和水力学		
伽利略用望远鏡观察"兩個主要系統"的審訊	擺，"二种新科学"，动力学	范·赫耳蒙脱：气体	
	抽机的科学研究		哈維：血液循环 动物的生殖
	托里拆利：氣压計 葛里克：眞空 玻义耳：氣体定律	玻義耳："怀疑的化学家"	雷汶胡克：微生物学 馬爾丕基：显微解剖学
牛頓：顏色理論 勒麥（Römer）：光的速度 惠更斯：光的波动理論	胡克：实驗物理学	燃烧	馬約：呼吸理論 約翰·蓋，尼希米亞·格魯：动物和植物的分类
↓ 光学仪器	↓ 蒸汽机	↓ 理性化学	↓ 科学性的生物学

的范围内,科学革命,不管愿意或不愿意,确已发生了。

科学建立了

1690 年科学确实到来了。至少在当时社会上层中,它获得了巨大的威望。它以英国皇家学会和法国王家科学院为它的組織,这两个机关由人事关系而和統治权密切結合——在英格兰是議院和重要的民权党議会,在法兰西是王廷。科学正在散播到别的国家去。实驗和計算上有条理的紀律已經发展出来一个有条理的方法,用了它,任何种类的問題迟早都能解决。科学的基础,后来也許还要从底下撑垫,并加以改动,但基础上所建的大廈是稳固的;而且,甚至更重要的是:兴建大廈的方法現已熟悉,看来再也不会忘掉了。

然而,正是早期科学方法的成功就含着危险的因素。这方法本身里旣掺和了不少的旧观念,不免于使第一代科学家們的思想受到薰染,并把它們以及从实驗导来的新观念一併奉若神明。就是过去遺留下来的无意識的殘迹正出現在今天的許多唯心科学理論之中;很有可能二十世紀的科学的任务是要打破牛頓的体系,犹之十七世紀打破了亚理斯多德的体系。

第五篇

科学和工業

导　　言

資本主义和科学

十八世紀和十九世紀是現代世界的重大形成世紀，是生活在其中的人們看成代表人类发展中一个解放阶段，人类終于找到通向繁荣和无限进步的眞正途径的世紀，对于我們这些經历过二十世紀多次騷动和变革的人来說，它們显見是做准备工作的两个世紀，在其中人类付出了經历很多苦难作代价来作成一些大事，产生一种浮夸而不稳定的文化。它們所占有的时期，在其中科学是作为新工业文明不可缺少的一个特征来建成的。在十七世紀革命中所精心求得的实驗科学的新方法，終于被扩展到人类經驗的全部范围，同时，新方法的种种应用，旣和我們所称为工業革命的生产手段大轉变齐步前进，同时也灌注其中。

工业革命主要不是，而在早期几个阶段中肯定不是，科学进展的产物，但某些科学貢献，显著的如蒸汽机，就成了革命成功中的必要組成部分。虽然如此，整个运动被認为更密切地等同于資本主义經济制度的生长和內部轉变，从商人和小制造商占优势的阶段，进到金融家和重工业占优势的阶段。

科学从理智上的系統化、工业中的技术改革和資本主义在經济和政治上的优势，都同在那几个时期，同在那几处地方长成和繁荣起来，这并非是偶然的。然而它們之間的相互关系，却絕非易于解析。技术、經济形式或科学知識在这时期都长得快，变得快；有时某一方面象在領先，有时又象是另一方面。特别在本段里，我們的任务是設法理清科学对技术和經济轉变的貢献，同时也要追究这些轉变对科学本身的生长和性格所起的影响。不过这一任务，只能在更細致地研究相互关系的特殊方面之后，才能認清，而且結論也只能放在本段之末来討論。

可是在一开端就有必要对該时期的社会和經济变化作概括的描述，使得能够取适当的透視来看科学的变化。十七世紀末已經为新的——資本主义的——生产方式更向前进搭好了舞台。在那时仍只属欧洲的小小一隅之地，差不多限于英格兰、荷兰和法兰西北部的城市中等阶級已經在或大或小的程度上摆脫了封建制度所加的种种限制；他們有了新航运开放給他們全世界对他們的产品一直在增长着的市場，就能投資于营利的生产。生产仍是手工式和家庭式的，但商人和資本家身分的制造者却越来越能控制生产，所以手艺工人和农民都被压抑到賺工資的劳动者的地位。

市場一天天扩大，由于城市行会瓦解，解除了制造上的限制，以及有利的企业开拓了投資园地，这些結合在一起，就使人重視技术革新，如紡織机器，并且重視革命性的科学发明，如蒸汽机，而这些都能減低成本并扩大生产和利潤。較好的劳动組織、任务的分工和专业化、工厂制度，最后还有由原动力驅动的机器，都是达到这种增产营利目的的手段，而这些手段都从这目的引出了打破較早建立的生产制度所必要的社会动力。一旦这种过程在十八世紀后期开始后，它以它所产生的新資本为坚实基础而获得自己的成績，就傾向于滋长并散布到其他范围内去。到十九世紀中叶，資本主义的优势普及全世界，已不成問題了，但是正是这一事实不仅限制了資本主义的膨胀，它明显地表現出它所无法逃避的基本不稳定性。正由于資本主义的本性，要为营利而生产，就永不能对它所产生出来維持长期繁荣的新兴靠工資的工人的广大人口，允許有足够的貨品或机会（629 頁）。市面勃兴之后接着就是越来越严重的暴落，对有限市場的竞爭，就激起国际的敌对。然而这制度直到二十世紀才开始显明崩潰。对于目前所討論的这一时期的絕大部分来說，科学进展的背景就是一种傾向对科学要求日益加多的在扩大中的工业資本主义。

技術和科学

虽然在最初几个阶段里，不須任何科学参預，技术就能改变以适应經济需要，并确曾发生了改变。不过，单純地跟着現成趋势走，常常会遭到各种意外困难，这些就只能請教科学来消除。例如，某种植物染料的天然供应来源，也許会只因布的产量增加就告缺乏，这就产生对人造代用品的需要，而这只有通过科学协助，才能求得（368 頁）。或另举一例，从家庭酿造过渡到大規模酿造，本身就可能惹起悲慘失敗；但若乞助于科学，就能防止（377 頁）。

科学在工业中的这种附带的、几乎是医疗性的地位，到十九世紀将終时，才换为一种更积极的地位。起源于科学本体的观念，就被发展成为各种新工业。其中最早并最重要的是蒸汽发动机——即十八世紀初期所謂自然哲学發动机；但是它的一般原理一經熟悉后，它的制造法和使用法就被吸收到实用工程里去。只是到了十九世紀末，那些始終带科学性質的工业，如化学和电机工业等，才开始形成，而它們的全面发展，更要迟到二十世紀才看得到。

尽管有蒸汽机的貢献，不能就主张說：对于十八世紀最后二十几年里所实現的从手工生产到机器生产的有决定性的轉变，科学是个主要因素。这个新生产方法，在另一方面，确实成了科学知識的大温室。十九世紀时，局势开始改变。科学成为实現技

术发展的主要执行者。要等到二十世紀,科学才完全和生产机构合为一体。

然而科学对这时期的历史的关系,絕非只限于它在生产过程中的职能。以貨币交换为基础的新式社会正在形成,同中古时代的固定个人身分和社会責任作对比,它強調自由和个人事业。这个社会,因为它的利益受到阶級和国家的限制,它本身也受到同样的限制,所以它需要一套新观念来表达自己,并为本身辯护。这个社会从新科学的方法和成果中在很大程度上找到了这些新观念;而另方面这些新观念,在制定它們的理論时,又深刻地虽然是不自覚地受到流行的社会信仰的影响。

科学革命和工業革命

若在十八世紀初,就把一次工业革命和十七世紀的科学革命分开,这样,也許看来有点武断。当然,两方之間有不断的連續性,是无問題的。也許看来較好的办法是把它們当作一次大轉变中的几个相継的阶段。尽管如此,据我看来,这样区分不只是为了便利的区分而已。这两个时期在質的方面有显而易見的区别。前一时期的突破作用,主要是在理解上;后一时期的突破則在实践上。一种吸引人的想法是把这个关系当做因果关系,但是眞正的关系,如我所希望指出的,要复杂得多。到某一程度,知識和力量两方面的演化是平行的,由分开的內在势力所推动,不过总是相互反应着,特别是在进展迅速的时期里(678 頁起)。十七世紀将終,有第三个因素,即表現出制造业里資本主义的經济因素已脫穎而出了,正是要在这方面,才可以找到十七世紀数学-天文-医药科学轉向十八世紀化学、热学、电学科学的过渡。科学、工业和社会之間的复杂相互作用的性質,我希望,将由下面两章里所举这种相互作用的历史上的一些实例而更为明显。

工業和科学的成長的階段和形相

为了要在如此丰富、如此复杂的一段时期里,具体地跟踪这些相互作用,而不致迷失历史过程的統一性和連續性,我所能找到的最好方法是:在这里运用一种按时期和按主題的双軌划分制,来提供一种互参分类法。这两种划分将先后見于第八、九两章,后面再加上一段总結。

在第八章內,把主期分为副期特别困难,部分地因为可用的資料丰富到慫恿人作細致的再分,但更多地是因为不可能找到同时适用于政治史、經济史、文艺史和科学史的划分。例如,在政治方面的大分界,最明显的是法国大革命和拿破仑战爭那段分界;然而这些事件并未引起科学活动失去連續性,反而一般地增进了它。在另一方

面，1760—70 年的十年是工业史和科学史上的轉变点（318 頁），但在政治范围里，就不这样使人注意。有时候分界几乎相合，如在 1831 年，政治改革和科学改革同时发生——絕非偶然如此，因为提倡的同是那些人，而支持的也同是那些羣众运动（318 頁）。

我最后选定的办法是把全期分为四个主要阶段。首先是引达工业革命的过渡或蘊伏阶段（8.1），也就是从 1690 年到 1760 年。第二阶段（8.2—8.4）包括法国大革命整个运动，从 1760 年到 1830 年。这个阶段在技术和科学方面，同在政治方面有同等的革命性，它确实包括了工业革命和气体力学或化学革命中的主要进展，其重要性仅次于十七世紀的数学-机械革命。

第三阶段（8.5—8.6）是十九世紀中叶，从 1830 年到 1870 年，即人們一向所謂的資本主义全盛时代。末了，第四阶段（8.7—8.8）很短，从 1870 年到 1895 年，在科学以外的世界里标誌着現代帝国主义的开始，而在科学之內則标誌出伟大的二十世紀革命前的过渡时期。

这些阶段中的第二、三两阶段包括科学进展和胜利的两个显著时期。第一阶段‘在十七世紀英雄时代之后，毋宁是科学的死水，是从事喘息，并为将要来临的进展作准备。还有第四阶段，亦复如此，但方式两样，不过在两种情形里，当时工作的人都覚得自己正在完成一所宏伟的大廈：在第一阶段是牛頓的物理学大廈，在四阶段是法拉第和麦克斯韦的伟大物理学綜合，以及达尔文和巴士特的伟大生物学綜合。

即使这样把时期分开，然而要对历史背景中的科学来作一般性的綜覽，如在以前各章里所写下的，已經不足以对科学中日益分立的各学科提供一幅适当的画面了。为了这个目的，所以在后一章（9）里，試图根究十八、十九两世紀全期內技术和科学进展的許多主要路綫中五条路綫的发展。所选定的是 9.1 热和能，包含蒸汽机史；9.2，工程和冶金，特别提到鉄和鋼；9.3，电和磁；9.4，化学；和 9.5，生物学。

每节的目的是在于闡明活动領域的內在聚合和連續性传統，举示經济、技术和科学各因素的相互作用，并表明各門科学和技术間的相互关系。只是在按时期和按主題两种划分都完成后，才企图併合两条途径，并試从此中抽出在社会和科学轉变的决定性时期中有关科学地位和影响的总結論。

第八章　工业革命的前提和后果

8.1　十八世紀早期的停頓（1690—1760 年）

在文艺复兴时代創造科学，并带着它經过十七世紀中叶大爆发的那股原始冲动，到了世紀之末，似乎趦趄不前而瀕于死去。1687 年牛頓的“原理”发表后数年之內，其实甚至在此书写成以前，科学劲头松弛，好奇心衰熄，到了可察覚的程度。科学进步曲綫上的这一段低沉，是一种普遍現象，也不只限于在英格兰；不过因为在皇家学会初年，在英国科学即已高度发展，所以天然地这現象在英国看得最清楚。

这段停頓时期，在某一程度上，可以归因于科学世界的內部原因。牛頓的声誉已使科学轉到一个在許多年內只有枯萎的方向上，这是由于他自己的工作已达很完美的境界，而他又超越同輩很远。然而在英格兰，而在較小程度上在学术界其余地方，科学进展的松弛在絕大程度上是由于社会的和經济的因素。发动十七世紀科学推进的阶段，即当时关心于把有科学根据的新方法用于航海、貿易和制造的紳士商人們，已由新的一代所接替，更有財富，但进取心和好奇心較差，而尤其易于自滿。这般第一代的民权党貴族們認为土地是最稳妥的投資，把兴高采烈的賭博如“南海泡泡”(South Sea Bubble) 作为他們投机兴趣的出路。要起来代替他們当权的阶級，即后来要开創工业革命而当时正在兴起，但仍是小制造商的人們，还不曾意識到科学的种种可能性，甚至不曾意識到科学的存在。在整个十八世紀初期，他們都忙于发展和采用一些改善过的技术方法，仍然大都由手工操作，但一时可以用来应付对布疋和制造品方面永在增长的需要。

这些变化本身反映在科学的奥林巴斯（Olympus）神山即皇家学会方面；为貿易服务的冲动力衰退了，而学会本身也遇上了很艰难的日子。康拉德·封·烏芬巴赫(Conrad von Uffenbach) 曾于 1710 年在格列善学院参观王家学会，他对会中所收藏的仪器写道：

> 非但毫无秩序，毫不整洁，而且蒙上了灰尘、污秽和煤烟，許多件已破裂，并完全毁坏了。

他継續說：

> 如有人詢問任何物件，引导参观客人的操作員通常会說：“歹人把它偷走了”，或出示它的殘破部分說：“它腐烂了或破碎了”；他們保管东西就是这样的。[5,12a]

学会經济十分拮据,經 1740 年調查,发現許多会員停付会費。[4.11]

可是此时虽然科学多少是憔悴了,但技术变革并未停止,而且如果說十八世紀早期的进步好象緩慢,那只是对比着工业革命在短短几十年中所完成的那些巨大变化来說的。有几条变化路綫,当十八世紀初期,在不列顛已經进行得很好,对工业和科学二者的未来,都要成为极端重要的。

路綫之一是农业实践中的迅速改进。这些改进工作是在十七世紀里变通了荷兰人的办法(272 頁)而来的,在不列顛传播得很快,并帮助商业性农业获利。这些改进办法所以可能,一方面因为有源出于商业的資本可以利用来投資于土地生产上,另一方面由于城市发展迅速,以倫敦居首,就替谷物、肉类和蔬菜备下了可靠的市場。在技术方面是进步,但这些改进对社会却不公平而且殘酷。这里关系到圈地法令的施行,使得对土地虽有传統但名存实亡的所有权,而耕种的手段更差的小农阶級受到排除。[5.8]

另一件非常重要的变化是新兴的重工业,和制鉄制鋼的根本上全新的方法,都迅速膨胀,这重工业是以改进的采煤和运煤方法为基础的。与此相关的科学发展,即原来用于矿山排水的蒸汽机(334 頁),具有关鍵重要地位。还有同样重要的技术发展是用"坑"煤制出的焦煤代替古到不記年月的木炭(234 頁)来鍊鉄。此事在 1709 年,由教友派教徒亚伯拉罕·达比 (Abraham Darby),在不惹人注目中,首先做成功,然而这些发展都限于工业中一些次要部門;它們本身还够不上达成一次工业革命,不过却是工业革命必要的前驅。

这一阶段标誌了在悠久的以农村为基础的經济轉到以煤为基础的經济,即从食物經济到动力經济眞正絕无返顧的一点。用巴特里克·革得斯 (Patrick Geddes) 的术語,它从黎明技术 (eotechnics) 时期到古技术 (paleotechnics) 时期。[5.34] 但这只对于正在煤区或近煤区新技术的生长才适用。这些根本变化大部限于不列顛,不过在一些制鉄国家里,机器方面另有独立的发展,如瑞典的坡罕默(Polhammer)(1661—1751 年)所制輾压机和切縫机[5.64;5.10.635] 以及坡組諾夫 (Polzunov) (1758 年)在烏拉山区 (Urals) 用来制鉄的蒸汽机。[5.19]

轉移到以煤为基础的經济,不只要改变英格兰南北两部之間的平衡,而且对于苏格兰 (Scotland) 流星般驟升为第一流工业和学术的国家也要成为一个主要因素。[5.4] 苏格兰虽有古老传統,又經过十六世紀的加尔文主义运动,但在十七世紀不曾同英格兰的迅速发展并駕齐驅。它缺乏初期工业革命的資源。煤的优点一旦被認識了,形势就完全不同了。正是因为国家穷困,再加上高度文化和清教徒传統,才意味着:一旦接受了改进的观念,进步就不会象在英格兰那样受阻于自滿和愚昧。

此外，也是由于加尔文主义，苏格兰曾和荷兰建立了学术联系，特别是和莱頓大学，就保証了訓練优良的人才的不断流入，而特别是包含化学在內的医学。范赫耳蒙脫的門徒，伟大的博尔哈費（Boerhaave）（1668—1738 年），是欧洲一些化学家的老师，他在苏格兰有特别势力。在苏格兰，他的門徒把科学介紹給各大学，起了領导作用。苏格兰各大学，当十八世紀时，实在和他們的英格兰姊妹大学很不相同；它們成为从各方面力求理論結合实践的科学进步的活跃中心（304 頁）。[5.44]

当苏格兰和英格兰正在很快接近工业革命时，即使象法兰西那样一个进步国家，它的发展仍継續沿着老路綫。在那里，稳定地滋长着手工工业，它的品質很高，分工相当細，而产量比英格兰多，但絕无企图大規模地使用机器，除了用于例如皇家給水厂之类。

在法蘭西的时髦科学：自然哲学家

尽管这样，在同一时期，法兰西科学的活动突然上升，不过性質和在英格兰大不相同。这种活动，在基本上，一方面是一部分相当厌倦了的貴族的一种兴趣表示，他們不象在英格兰那样实际上忙于治产，而是蜷伏在宫廷的圈子里；而在另一方面，是在法兰西由行政和法律从业人員所带头的新兴中等阶級对事态不滿的表达方式。那时科学是时髦的，同时也是革命的。介紹牛頓派哲学到法兰西的并非他人，而是伏尔泰（1694—1778 年），这是对法国的症状有先兆意义的。[5.54a]

业余科学家——自然哲学家的努力多用于批評那些被認为束縛住国家經济和政治发展的現有制度。然而对工业的兴趣却在增加着；可是，不象在英格兰那样，而是仿照十七世紀的型范从上而来的。例如，列奥繆尔（Réaumur），（1683—1757 年）智力高，兴趣广，从 1710 年到 1720 年，对制鋼进行了长期的工业性研究（345 頁）。但他的发見的結果，因为在一个困于传統的工业里，得不到响应，就不能在法兰西創建鋼鉄工业，而它們的利益只是在一百多年后才由英国制鋼者来收获了。

科学在歐洲的傳布：普魯士（Prussia）、瑞典（Sweden）、俄罗斯

也正是在这个时期，科学兴趣传布得远得多，不仅限于在十七世紀独占科学的法兰西、英格兰和荷兰那一羣国家。通过万能哲学家来布尼茲的努力，依照英国式和法国式的学院就被建立在德意志和奥地利亚的各个王国里；后来又在乖僻的、有科学头脑的、爱詩的普魯士腓特列大帝（Frederick the Great）宠眷之下成立。到这个世紀中叶，任何未設艺术科学院的宫廷就不能称为十全。这些艺术科学院的院士們时有

欠薪現象，他們为了竟得君王們的恩宠，就得撰写頌揚的詩歌，或做些逗乐的实驗。*

瑞典和俄罗斯两个北方国家也靠設立学院显示它們在軍事和經济上新取得的重要地位。但是，从一开始，这些学院的职能就不同于其他欧洲国家的斯文社会。它們所关心的大部是用科学方法研究木材、瀝青、亚麻、鉄和他种矿产等重要原料資源，因为这些国家刚开始开拓激增的海外貿易，就极需要所有这些东西。彼得大帝（Peter the Great）輸入科学，作为創立經济和軍事两皆独立的俄罗斯的計划中的一个方面。[6,6] 虽則在起初他在科学上录用的人員不得不是外国人，最多是德、法人，但却包括了一位数学泰斗瑞士人欧拉（Euler)(1707—83 年)，他的目标是組織一个眞正的民族科学集团。眞正的成功要等到他在位之日以后，有了十八世紀学术界巨人、詩人、艺术家和物理学家，迈克尔·罗蒙諾索夫（Michael Lomonosov）(1711—65 年)的終身工作来表現，他是一系列俄国伟大科学人物的始祖（360 頁）。[5,59;5,73]

科学的建立：牛頓的影响

从这些社会变化和文化变化看来，在十八世紀最大部分中，科学趋势和十七世紀的有所不同，就不足为奇了。在一个紳士气味較重的时代不那么強調实用，但也从未絕响，如列奥繆耳和嘿尔斯（Hales）的研究卽是明証(359頁)，而且近这个世紀之末，就比从来更显著地注重有用了。在开始时，科学的兴趣方面和教育方面較为显著。对于宗教，已不再有斗爭，基督新教和天主教一样，都已衰頹到了安于容忍而不聞不問了。无論如何，科学确是来到了；它成了一种建制，它已获得了它自己的內部传統。

亏得牛頓，数理天文学才得很好地建立起来，成为科学的尊长部門，并且，經过整个世紀，都是稳恆地継續下去，而在法兰西比在它的本土英格兰更为成功，因为，在英格兰，这位伟人的威望更麻痺人。事实上，对牛頓理論，毫未加上物理学方面的重要东西，不过大部由于来布尼兹力学原理，得到普遍化并和新数学合併了。这样的組合就成为解决往后发生于物理学各部門，特别是电学和热学的較复杂問題的工具。欧拉、达朗伯（d' Alembert)、摩拍屠伊（Maupertius)、拉格朗日（Lagrange）和拉普拉斯在力学上所得出的大通則就成为二十世紀数学物理学革命的基础。

新兴趣：电学和植物学

虽然这些門学术都具有科学的十足声望，但当时的重要进展不在加深，而在推广科学兴趣范围。十八世紀初期和中叶，对科学的主要貢献是在电学和植物学的領域，

其一是科学中完全新增的部門，另一是差不多最古老的一門科学的复活和重新釐定。这两門科学，在最初阶段表現出一种确定趋势，离开十七世紀的机械和数学傾向，而轉入花样較多而严謹較差的一些領域（346 頁起，371 頁起）。

开始研究电学时，毋宁是看作一种有趣而无用的消遣，提供了一系列新穎、惊人、詫为奇观的实驗。富兰克林（Franklin）发明了避雷針，文質相符地說，是把电从天上引到地面来，并預言了它的未来重要性。植物学在十八世紀脫出了专心照料医生制备葯剂的葯草园的范围，而在林尼烏斯（Linnæus）的启发下徧布到荒野，增強了那厌倦的貴族和遭到挫抑的資产阶級回到自然去的社会傾向。

随着植物学，又复活了蒐集一切种类的物品，如錢币、矿石、化石等的兴趣。这些东西很适合富人的多宝橱，后来就蔚为新兴的博物館。館长們就成为科学家的新羣，其中流品不一，从富有而享盛名的罕斯·斯隆（Hans Sloane）爵士（1660—1753 年），到巧于偷窃的拉司警（Raspe）（1737—94 年）。前者的精美堂皇的收藏品成了英国博物院的核心，[5.15] 而后者則享有被皇家学会开除，和写了“梦糟生男爵”（Baron Munchausen）故事的双重大名。[5.17]

哲学中的新秩序

十八世紀初期主要是对十七世紀的巨大科学进展加以消化和深思熟慮的时期。十七世紀哲学家的任务是要証明中古时代經典-宗教的世界图象以外还存在一个代換的图象，并从培根和笛卡儿讚揚新科学的胜利的預言性著作里找到它。在另方面，十八世紀哲学家可以接受牛頓所給予他們的科学世界图象而視为当然。他們的任务是扩充这个图象，并把它的发見，尤其是它的思想态度，去和在他們当时正开始出現的新的政治和經济范式求得調和。

起初，他們所宏揚的是对于有理性的新秩序的接受态度。陆克本人是一个科学家兼医生，对于超自然的东西不留什么余地，称許規律的統治——即牛頓的科学規律和1688年宪法革命所訂立的民法。来布尼兹，尽管有渾身的数学和哲学天才，并呼吁欧洲的和平，基本上还是一个中古式的思想家。他所建議的“先在秩序”的原則和牧师的上帝沒有什么差别，而且他讚揚的事实是“一切是为了所有可能世界中最好之中的最好的”[5.59a]。

尽管如此，这个世界是不会安于静止的。后継的哲学家們覚得这幅怡然自得的图象有点不对头。爱尔兰（Ireland）唯心主义者貝克萊（Berkeley），为了已經成立的宗教的利益，否認世界和科学的实在性，除了在上帝的眼中而外。这个看法在他的时

代无甚影响,但在二十世紀里却成了反动的基础。怀疑論者休謨却更为成功得多地証明:我們对任何事物不能确定知道,特别包括宗教教条在內。犬儒学派伏尔泰更进一步,用理性和仁爱的名义带头向宗教本身进攻。十八世紀消逝下去,哲学越来越傾向于以从事社会的和經济的改革为自己的任务,并为法国大革命舖好道路(574頁起)。

8.2 科学和几次革命(1760—1830年)

我們所討論的时代的第二阶段占有七十年,对科学也象对政治一样有决定性作用。这阶段的科学重要性比得上十七世紀,但它在当时的和在实际上的影响都远超过十七世紀。本阶段包括了不列顛的工业革命以及美洲和法兰西的政治革命。几次革命战事实在把本阶段划分为二,不过未曾切断科学和技术的連續性。从1760到1800的头四十年見到了所有这些大事,也見到了另一次科学革命,即气体力学革命的发动和完成,关联着电流的发見和产生,在实質上創造了一种新的有理性的化学。本阶段的第二部分,从1800到1830年,虽然在新科学观念或政治观念上,不那么有成果,但仍然在人类实际活动的一切領域里表現出巨大的精力和扩张。

社会变化中的这些不同形相間的联系不会是偶然的。实在,越細密地考察这些形相,就越觉得在这时期把科学、技术、經济和政治交織起来成为文化轉变的一个型范的千絲万縷更显得复杂。这个时代是人类发展的关鍵时代。正在那时而且只有在那时,人类对自然的控制断然轉向于双方面的更替,用复式机械代替人手,并用蒸汽力代替人畜較弱的力以及不稳恆而且限于地域的风力和水力。十六和十七世紀有了两項基本轉变,即实驗定量科学和資本主义生产方法的誕生,然后十八世紀的轉变才有可能。当这两項轉变发生时,它們大部分仍是彼此分开的。[4.64] 科学的主要实际用途,以及科学所受的主要实际刺激,是在航海范围內,对于貿易是不可少的輔助,但只間接有关于生产。由各学会和科学院新組織起来的十七世紀科学家所作处心积虑的巨大努力,在制造业和农业的改进上很少有直接的实际的用途(257頁起)。对比起来,十八世紀后段就見到科学革新和資本主义革新汇合起来了,而它們的相互作用就释放出許多力量,后来要使資本主义和科学起变化,而随着它們并使世界上所有人民的生活起变化。

对于十八世紀的种种政治、經济、技术和科学轉变,虽有丰富的資料,甚至充分的分析,但这些研究仍然大部是分开的,而对它們作併合的分析有待于写作。在这里就着手于这項工作是不可能的;現在至多只能試图把科学发展安置在它对应于当时的

經济和政治背景的地位，并探索它受影响于当时社会的其他方面并轉而影响它們到什么程度。

工業革命

"工业革命"这名称显然是早在 1844 年由恩格斯 (Engels) 第一个所起的，[5.30] 不过后来托因比也承認了。[5.91] 生产力变革最早发生在一些制造业范围內，对于这些方面的变革，不能用比革命再輕一点的字眼。棉制品的生产量从 1766 到 1787 年間增长到五倍。[5.14a*] 对貿易、农业和对人民所起的相应影响同样确定，也几乎同样迅速。只要工业革命的影响接触到一个新国家，这国家的較旧的生产趋向就显出驟然向上突破之势。

工业革命狹隘地限制在它的发源地；差不多所有它的主要发展都发生在不列顛中部和北部，而最多是在伯明翰、曼彻斯特 (Manchester)、黎芝 (Leeds)、紐喀斯尔和格拉斯哥的紧邻。虽則这事件本身具有爆发过程的一切特性，而这一过程則由决定这事件发生的地点和时間的各种情形的特殊組合所触发，但它仍保持为持續高出七十年或更多年来产量增多的最后阶段。从經济說来，这样的增产看来是决定于一个主要銷售紡織物的制造品市場的稳恆增长，而这市場本身則大部是十七世紀远拓航綫和发展殖民的一个后果。

煤和鉄

从基本上改变生产所需的經济和政治先决条件的結合特别有利于不列顛。正是在这个国家而不是在法兰西，制造业能自由发展来供給需要，因为十七世紀的几次革命已扫除了封建和王室两方面的限制。不列顛的另一奇特便宜，听起来驟难理解，竟在于缺少木材，而木材在所有以前的文明时代里旣是基本材料，也是基本燃料。正是这一点迫使人們去发展使用較劣但較廉許多的煤炭来作燃料，而后来則用較貴但較好得多的原料，即鑄鉄，来作結构材料 (234 頁)。它們的生产在十八世紀后期增加得很快，而发动机以及采矿和冶鍊方法都大大改进了，这部分地該归功于科学方面的新推动力，以洛巴克 (Roebuck)、布拉克、斯米登 (Smeaton) 和瓦特 (Watt) 这类人物为标誌 (337 頁)。此外运輸方法，特别是运河，亦复如此。

紡織工業和机械化

工业革命本身并非起源于重工业和运輸业的发展，它来自，也只能来自国內，而

且实在是到那时为止所有国家內的主要工业，即紡織工业里的各項发展。当国內和国外两方面对布的需要都增加时，英格兰南部旧式商人所經营和受同业会約束的工业，不能发展得够快，而北部工資低，又不受种种限制，就吸引工业向北去。在北部，先在約克州[8,16]，后在兰开州（Lancashire），更有額外的便利，用水力来进行研制等过程，以及用煤来輔助漂和染等工作。到了1750年，这工业就要处理一种新纖維，即棉。棉布一向由印度輸入。因服装业請求而禁止輸入后，就大力慫恿要国內自制。原棉可以种在新辟的美洲大农場上。但制棉需要一些新技术，不受羊毛旧传統的拘束。原棉先在兰开州貧瘠地区逐漸种成，这地方气候潮湿，格外适宜。但紗的需要随即超过旧法手工紡制的产量。

紡織业里曾經有过一些人孤立地試用机器（图11），甚至試用动力发动的机器，例如織袜架以及1719年龙伯（Lombe）的絲織机。这些尝試成功了，但因銷量有限，并未扩张。最后，在制棉工业里，用机器代替手工的范围无可限量。一些大发明，如1764年哈格里佛士（Hargreaves）的紡績机，1769年阿克来（Arkwright）的水力紡紗机，以及1779年克朗普吞（Crompton）的紡棉机，都眞正第一次脫离了旧式手工技术，首先是倍增手的作用，然后是用原动力于紡棉这一初步过程上。[5,10,508]由于这些机器的比較巨大的产量，就使得它們推行广泛到如此程度，以致鼓动水輪的小溪竭于供应。到1785年采用了最后合乎邏輯的步驟，就是引用了瓦特的蒸汽发动机来推动这些机器。

工業資本主义

紡織业革命，后来有了1785年卡特賴特（Cartwright）的动力織布机，就扩张到織布方面，并包括了棉以外的羊毛和亚麻纖維，絕不只是技术性革命。这只是由于十八世紀早期的社会和經济变化，才有可能，而它自身更引起十九世紀里一些甚至更大的变化。要使生产革命能得到开端，就需要資本和劳动力作底子，因为当此时期，两者都已經以現代形式而存在了。資本首先来自前一世紀的巨大商业利潤，这个世紀早已开始搜刮到新发見的土地上由奴隶所开的矿山和所耕种的大农場，或竟几乎不加掩飾地从印度掠夺而来。[4,3] 劳动力要通过圈地法从土地上解放出来，而且劳动力不再受中古时代市鎮同业会种种限制的約束，不得不在厂里作时間长而工資低的工作。最初，劳动力并不多，就促起了节省劳动力的机器，特别是要能由不熟練的人尤其是女工和童工来操作。[5,37] 后来，有了更严峻的圈地法，又移徙貧穷爱尔兰人入境，劳动力就足够而有余，根本上新穎的新发明风起云涌的情况消逝了，代之而起的是那些原有的发明的巨大扩充，改善了但并沒有变化。

工業的集中

紡織品的市場决定了工业革命爆发在当时不列顛独有的特别順利的环境之下。相去不过一步，紡織机器和紡織加工的市場刺激了制鉄和化学工业，而所有这些工业，都需要那个普遍供应者即煤的不断增加的供給。由煤又轉而引起了开采和运輸方面的一些新改变。到了世紀中叶，賴有达比的发明，鑄鉄得以大量供应。这时所缺的是熟鉄，而临时应付需要就靠 1784 年才引用的科特（Cort）的攪鍊法。这些变化在科学技术方面的情形，以后再討論（345 頁），而現在主要的是再度指出，这些变化結束了多年依賴木材为原料的习慣，并把制鉄工业从森林区移到了产煤区，而在产煤区已經集中了大量其他工业（235 頁）。

工业集中实在是工业革命的一个首要特点。封建性的家庭工业，甚至城市同业会的生产，都必然散布在許多州里。新的机械工业則从一开始就紧紧环繞着产煤区。曼彻斯特、伯明翰、紐克斯尔和格拉斯哥四座新兴工业城市分担了几乎所有的新产品。* 这些正在发达的巨大制造业城市影响所及又广又远，一方面由于产品价廉，到处摧毁家庭工业，另一方面由于它們既需要人手又需要食品。[5.1;5.2;5.8;5.37]

農業革命

正是这种需要鼓励了地主和中富农进行一种新的現售收成的农业，他們正在取代英格兰絕大部分的貧农和他們的仅能糊口的农业。农业革命是由三方面混合而成，即經驗的畜殖法，輪植法和开始用条播犂、馬輓耙等等机械化。[5.10.501] 在十八世紀早期少数有进取心的改善者已为此作了准备，吸取了荷兰的經驗，但未能推行，要等到工业打开谷类和肉类的新市場，并且同样首先提供了工具，然后是动力，才能实現。农业革命本身也象工业革命那样，标誌出人类事务中带有根本性的变化。革命进展后，农庄上生产食物所需的劳动力越来越少，这就加強了大部人口流入城市的傾向。从英格兰开始，机械化农业不久就传到美洲新辟的土地上，而好几十年后才传到欧洲人口較稠的农业区。

对农业的兴趣并不限在温带。为了寻訪热带产物以及可能的殖民地，就导致人更去泛海发見新地，这样的航海已不再是十七世紀半海盜式的冒险行为，象但披尔（Dampier）的几次冒险那样了，而是适当配备的科学性远征，其中許多国家彬彬有礼地互相竞爭。庫克（Cook）（1728—79年）、玻根維尔（Bougainville）（1729—1811 年）和拉佩乐兹（La Perouse）（1741—88 年）是最著名的例子。就連 1789 年不幸的"洪恩

号"(Bounty)的海員叛变，其放洋目的原是要把面包果树从南洋輸入西印度羣島。[8,74]

工業革命的开創者

工业革命本身在初期几个阶段里并不依靠任何科学貢献；它的建筑师是工匠身份的发明家，他們的成功是由于处在特别有利的經济环境里才有可能。紡織的中心发展的出現，事实上并未用到任何根本上新穎的科学原理。这些发展的眞正重要性在于它們标誌出一个在行动中的社会因素的崛起。工人积累了或借到一点資本，这才首先确定他的主张，要求改变并指导生产过程，用的是如馬克思（Marx）所称道的"眞正革命性方式"，[4,3,123]与仅由商人支配小工匠通过"排挤"制度的生产成为对比。

蒸汽动力

尽管如此，如果缺少蒸汽发动机和它所供給的实在无限的动力，工业革命就可能不过是加速了給水便利的地区，如兰开郡和約克郡的西区等的紡織品制造业，而它的成就也許不会怎样超出許多世紀前中国的类似的技术成就。正是由于用了蒸汽机来供給紡織工业的原动力，这才把原来分为两股的重工业和輕工业結合起来，并創造了現代工业的那种复合体，从它的发祥地不列顛散播到全世界。蒸汽机，如以后所将指出的(334 頁起)，突出地是科学思想的有意識的应用，而科学在工业革命中所担任的主要任务正在于此。

反轉来，工业革命本身又刺激并支持科学活动的一次新爆发。这次爆发和工业方面所提出的問題的关联甚至比十七世紀的更为密切。不只是在英格兰、苏格兰和法兰西，而且，随着世紀的进展，在俄罗斯、意大利和德意志，同样有了走向有意識地使用科学于"改进艺术和制造"的运动，遍布在新兴資产阶級中，甚至連部分的貴族以及慈善的专制君主，如迦德璘大皇后(Catherine the Great)和奥地利的約瑟第二(Joseph II)等都驟然垂青。但对科学的关切已不同于前一世紀；更坚实地联系到生产上的种种成就，并带有革命意味。

工業区域中的科学："百科全书"

表現这时期的特征的情形是，十八世紀晚期不列顛的科学复生就不再象十七世紀那样起源于牛津、剑桥和倫敦，而起源于黎芝、格拉斯哥、爱丁堡和曼徹斯特，尤以新兴城市伯明翰为最，竟成了这次运动里最著名的中心(304 頁)。在法兰西，类似的过程却越来越明显地被一种过了时的政治和社会制度所阻挠，于是所有进步思想的

精力，感到任何改进都无希望，終于轉向于废除这个制度，此項努力就助成了法国大革命。这番努力的紀念碑是伟大的“艺术、科学、行业百科全书”（Encyclopédie des Arts, Sciences et Métiers），从1751年到1772年出版了二十八巨册，大部分要归功于狄德罗（Diderot）（1713—84年）和达朗伯（1717—83年）的努力，但是差不多所有的自然哲学家都参加了。这是新自由主义的圣經，把自由思想和科学、制造与放任主义（laisser-faire）联合起来了。

本杰明·富蘭克林

新运动中最著名的先知和前驅是本杰明·富兰克林（Benjamin Franklin），比起坎宁（Canning）来，可以更符合于眞际地說，“他引进新世界来矫正旧世界的平衡”。他生于1706年，是亚美利加合众国波士頓（Boston）一个貧苦脂烛匠的儿子。他十二岁在某印刷兼出版商处作学徒，十七岁逃往費列得尔非亚（Philadelphia）去謀自立。他被遣往英格兰去追求鏡花水月。在英国，他以印刷工作自給，并努力获得有关当时科学和政治的知識。1726年他回到費列得尔非亚，奠立了电学理論的基础，并发明避雷針、搖椅和鉄炉。1743年他創立了第一个美国哲学会。他担任了殖民地的邮务长，并替布喇多克（Braddock）将軍配备了1755年攻打度量要塞（Fort Duquesne）（在匹兹堡［Pittsburgh］）那次失利的战役。

后来他回到英格兰作了宾夕法尼亚（Pennsylvania）州的代理人。在这里，他認識到除了为不列顛貴族寡头政治所既不能尊重又不能統治的殖民地的独立工作而外，并无其他选择。他的确是头一个人了解到世界的潛力，并开始筹画它的将来，有如他在独立宣言和宪法方面所做的工作为証。他因年紀太大不能参加独立战爭，却为国家貢献出他最后的力量，在某些方面也是最重大的力量，就是出任駐法大使，爭取到外援，这对独立的斗爭确实起了决定性作用。正在他留居巴黎和凡尔賽时，他对于指导政治和科学，运用了他最大的影响。富兰克林是十八世紀的培根；是培根，但有一点不同——不再以詭譎的朝臣或博識的法官的身份来呼吁君主們建立科学，而是从羣众中来的人，生长于一种自由之中，这自由他有决心要保存和扩大。他是在新时代科学的最前列。他热忱地参加了自然哲学家們的种种企图，并加上了他們所缺少的民主意味和实践性常識。

离經畔道的学院和“月社”（Lunar Society）

在不列顛，富兰克林的較年青的同时代人們把他的意見实行起来。前已解释过，

工业革命虽无甚借重于科学之处，但指导这次革命进行的人們却浸透了科学精神。科学的价值这时已不很受到宫廷和城市的重視，但却为一代北方制造商和他們的朋友所完全掌握了。他們看出了，在已往科学所以失敗的原因是因为科学的行家并非实践的人。还有，第一次在航海学校之外科学开始得到有系統的講授。尽管較老的一些大学(大多数新人物是离經畔道的，就总不得入学)忽視科学，但在那些离經畔道的学院，如瓦灵吞（Warrington）和达汾特立（Daventry）等学院，科学就有地位。它們既是基金独立的学校，它們的成功就是对科学的需要程度的衡量。在十八世紀中，仅次于苏格兰各大学(295 頁)，这些学校提供了世界上最好的科学教育。

正是在这个时期，制造家、科学家和新兴的职业工程师，在工作上和社会生活上都混合在一起，水乳交融，远过于后来的十九世紀。他們互通婚姻，慷慨酬酢，不断地交談，进行实驗，并联合拟定新計划。这就是伯明翰和黑烟区（Black Country）的"月社"的时代。这个社常在月圓之夜在社員家中集会。其中成員有制鉄家約翰·尉尔琴孙（John Wilkinson)(1728—1808 年)，他生活于鉄，梦寐不忘的是鉄，并以鉄棺入殮；有陶工威季吳得(Wedgwood)(1744—1817 年)；有滿怀妄幻而高尙的改良社会設計的和爱尔兰人厄治渥司（Edgeworth)；有"散德福德和麦吞"（Sandford and Merton）一书的半庄半諧的激进作家托馬斯·戴（Thomas Day)；[5.75]有利池非尔（Lichfield）的詩意盎然而又务实际的伊拉斯莫斯·达尔文（Erasmus Darwin）博士（1731—1802 年)；有以后还要談到的約瑟·普利斯特利(Joseph Pricstley)(1733—1804 年)；有忧郁而百折不挠的苏格兰人詹姆斯·瓦特（James Watt）（1736—1819 年)和他的較年青的同乡煤气照明的发明家麦多克（Murdock)(1754—1839 年)；最后有整个运动的心脏和中枢，富有、进取心強、愉快而好客的馬太·波尔吞（Mathew Boulton)(1728—1809 年)，[5.27] 他是伯明翰的鈕扣制造家，而作为蒸汽机的第一个制造家，他几乎成了名实相符的工业革命的原动机。正如他写給迦德璘大皇后所說的，"我出售的是全世界所需要的——动力"。

由私人关系而和这些人紧紧联系的，是十八世紀苏格兰复兴中較严肃的一羣：有哲学家休謨（1711—76 年），他是和法兰西自然哲学家联絡的关鍵；有放任資本主义精神上的始祖"原富"（Wealth of Nations）的作者亚丹·斯密（Adam Smith)(1723—90 年)；有气体力学革命的創始人布拉克博士(1728—99 年)；[1.69]有現代地質学理論的建立人赫騰（Hutton）博士(1726—97 年)。[5.35] 还有其他的人，如洛巴克博士(1718—94 年)，本在医学界，轉到化学品制造，并創办卡倫（Carron）工厂，是第一家妥愼計划的鉄工厂，还有斯摩尔（Small）博士(1734—75 年)，是托馬斯·杰弗孙(Thomas

Jefferson）的师傅，这二人属于英格兰也属于苏格兰。

科学和制造业有这样的結合只是在十八世紀晚期的不列顛才看得見。它的存在标誌着科学和技术之間的一个动态平衡时期，这是两个时期之間的过渡时期，在前一时期中科学对工业是取多予少，而在后一时期中科学则几乎完全以工业为依据。在其他国家中，相当的各界人士的注意必然是經济性和政治性較強，因为它們缺乏那种只有新兴制造家才能建立的坚固基础，在它們看来，不列顛已成了工业的朝圣地麦加。在記述英国工业的一些最好的文章里，有几篇就的确是外国的聪敏的参观者的手笔，如法国重工业創設人之一迦伯列·雅士（Gabriel Jars)(1732—69 年)。值得注意，1782 年决定在勒克勒索（Le Creusot）創立現代制鉄业，这是在不列顛以外的第一座大厂，非但法国的，連德国的鋼鉄业都导源于它，当初創办时，竟須吸取制鉄家的兄弟行尉尔琴孙去应付技术方面。[5.17a]

理性化学和气体力学革命

工业革命时代的伟大新科学貢献乃在于建立了現代的，也就是理性的和定量的化学。这在科学史上的重要性比得上前一世紀天文学-力学的大綜合。它如何发生将在下一章中叙述；目前只消提一下它标誌出化学工业迅速发展的結果，大部是作为新兴大規模机械化紡織工业的輔助性事业，而且也是科学家对于物質和物質轉变諸問題应时发生兴趣的結果。

使得对化学中种种复杂現象作簡单說明成为可能的眞正綫索，就是对各种新气体的研究，这本身就密切关联到前世紀里对空气和眞空所作的实驗以及本时期里蒸汽发动机的发展。化学的兴起实在很可以說成是这次"气体力学革命"的結果。由于一些先进实驗者，如苏格兰的布拉克、英格兰的普利斯特利和瑞典的謝勒（Scheele）的工作，其結果是拉瓦錫的有邏輯訓練的头脑才从新旧事实一团糟里，理出头緒。二十年之后，道尔頓（Dalton）提供了用原子所作的說明，这就坚实地把化学納入了牛頓的物質-机构方案之中，不过还要再迟一百年方能解释化学原子間力的性質(360—364 頁)。*

理性时代：約瑟·普利斯特利

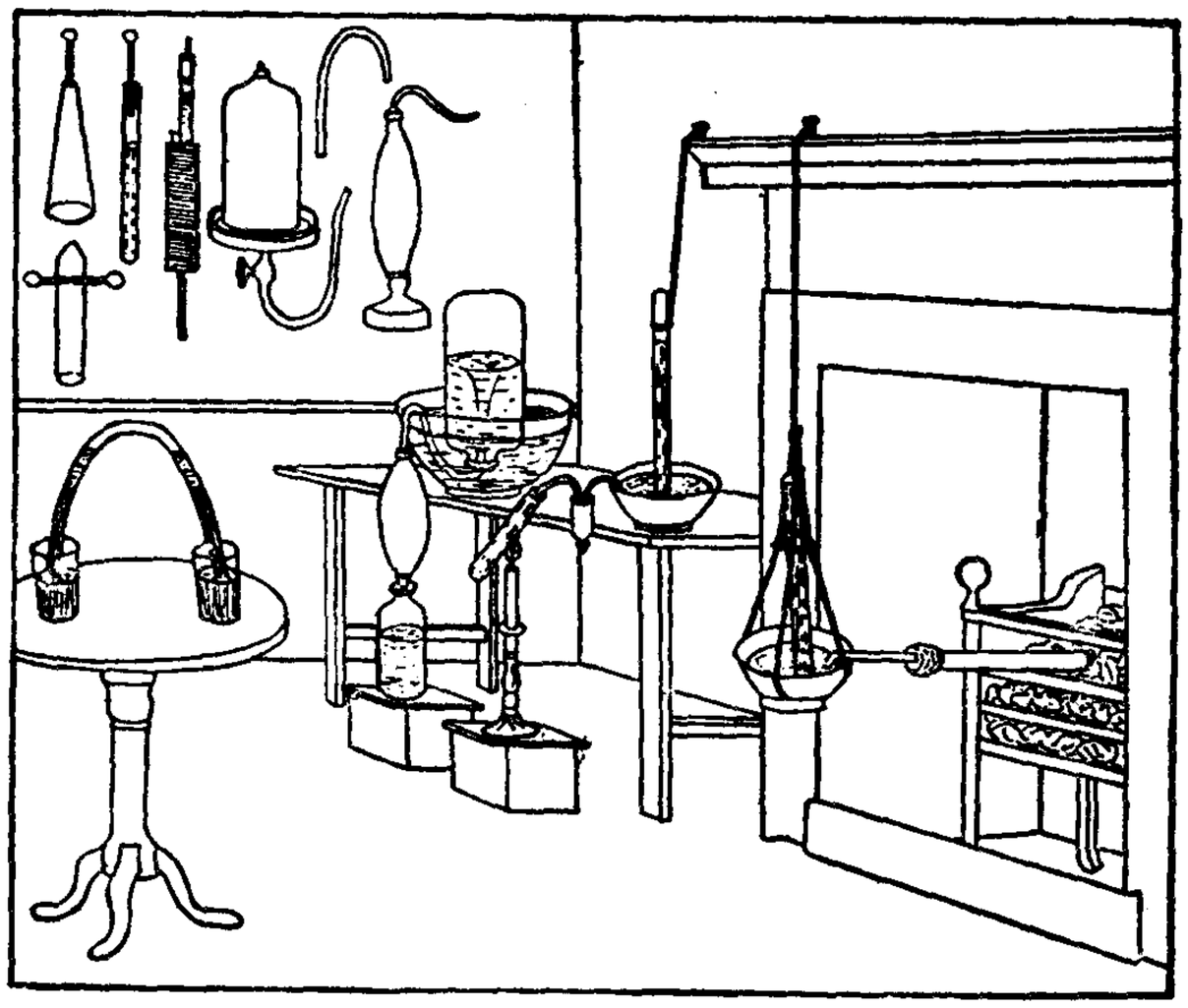
科学的影响不仅限于工业范围。从富兰克林起，十八世紀后期在英格兰和法兰西的科学家們在思想方面显著地是激进的和开明的。在这个联合了科学研究、慈善事业和激进政治的运动中，最具特征的人物是約瑟·普利斯特利(1733—1804 年)，

他是約克州一个布匹厂主的儿子，在达汾特立的离經畔道的学院里受过教育，目的是預备做公理教会派牧师。他如飢如渴地吸收了开明的新精神，但这并未引致他背教，如改在法兰西就会发生这样的事，而却引他走向一派越来越类似一神論的合理基督教。这就使他得不到正教派的賞識，但是他的学問和兴趣却引他去接触科学界，特别是本杰明·富兰克林，富氏鼓励他去写一本"电学史"(History of Electricity)[5.67]，就使他踏上了他的科学事业的前程。1767 年他当了黎芝的一个牧师。在黎芝他进行了对二氧化碳的实驗(360 頁)。自此以后，他获得了制造家們和某些开明貴族的支持。事实上，在从 1773 到 80 年他一生最有成果的时期里由勛爵謝尔本(Shelburne)供給了住宅和实驗室。就在这里他发見了氧，因而使他得到国际荣誉。

虽然这样，就他說来，研究科学还是从属于他的主要目的，就是在教义的爭端中贊同开明的宗教。普利斯特利的宗教見解和他的科学有密切的关联。他远不想象笛卡儿那样，把物質和精神，理性和信仰分开，他寻求的是一种会把它們合而为一的純粹默示。这种默示他求之于圣书，也同样求之于作为神的功能的自然。在他的心目中，电所显示的种种活动表明物質不是呆滞的，因此也就不是內稟地不能感覚的了。在一种意义上，他的思想往前溯源到伊利基那的物質活动(177 頁)；在另一种意义上，往后又推及于怀惕黑(Whitehead)的有机体哲学。对于某些信仰，如三位一体、贖罪、宿命、甚至灵魂的存在，他都看作是基督教的腐敗。[5.9.190] 在十八世紀里，这种見解的感召力有限。法国人看到一位相信上帝的哲学家，感到惊奇；英国人認为普利斯特利的宗教和无神論难于区别。可是他却坚信基督教的理論，"无非就是众所熟知的人生义务，对上帝的更大虔敬，对人类的更大仁爱"。就是本着这种精神，普利斯特利支持任一形式的社会和文化改进，用他的話說，向往于"最多数人的最大幸福"。

他从未积极参加政治，但当意見正对法国革命的种种傾向逐漸形成反感时，只要不但仅仅对法律規定的英国国教教义，而且也对有身份的畔离者的教义，公开立异，就被認为等同于反抗，即使不算大逆叛国的話。这位温和而仁慈的普利斯特利博士不久就成了激烈的共和派怪物。1791 年，最高潮終于来临，一羣伯明翰暴徒，为了保护国教和国王，并經当局默許，焚毁了他的近城房屋，連他的藏书室和实驗室全付一炬。尽管他得免毆辱，他感到，为了他的政治見解，他的同事們都避不相見，以致他只好流亡到美洲，于 1804 年死在那边。他的遭遇似乎使得他当时的任务归于失敗。但是，直接地或間接地，他的影响要再度起来启发十九世紀的自由和慈善运动(314 頁起，580 頁起)。

a



b

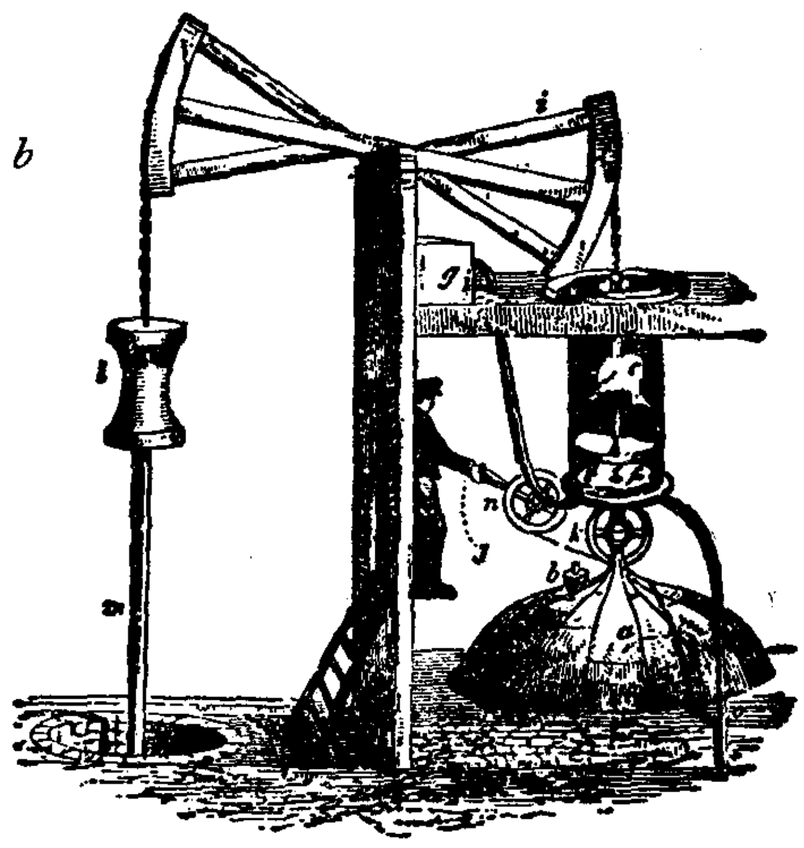


图 12　十八世紀的工艺和科学

(a) 普利斯特利的实驗室。
主要是为制备和处理气体。注意器具的居家性质。柔和加热用的蜡烛，强度加热用的煤炉格子。(360)

(b) 牛柯門 (Newcomen) 的真空蒸汽机。
注意操作者每一冲程都須用手启閉汽閥。后来用汽閥传动装置来代替。(335 頁)

安端·劳郎·拉瓦錫 (Antoine Laurent Lavoisier)

普利斯特利的名字在科学史上和拉瓦錫的名字相联而不可分离，因为这个法国人就是根据了这个英国人的先进研究来建立那革命性的理論，使化学从此变为有理性而定量的科学。[5,52]作为一代人物，拉瓦錫統治了十八世紀后期的法国科学。他和普利斯特利很不相同。虽然对于两人，科学都只是生活中的兴趣之一，如果是主要兴趣的話，拉瓦錫却沒有絲毫相当于普利斯特利的含混的宗教的、激进的慈善主义之处。拉瓦錫所注意的却是对公众的有效服务和科学的实用来使旧制度焕然入时。拉瓦錫从少年就显出是个极其能干和自負的人，这部分地是由于出身富家，为一家中的最幼者，由于治家謹愼妥善，就逐步騰达，从邮車騎手升为邮务长，再作商人、公証人、律师、終于进了巴黎法院。拉瓦錫本人，只差沒有作到貴族，走了最后一步，在那个专替国王收税的小而极富的社团包征所 (Ferme Génerale) 里买得一个地位。他未能預見这就要送掉他的性命。

他受的是最好的科学教育，包括教学、天文学、植物学、解剖学，而最重要的是化学，受自法国皇室御花园 (Jardin du Roi) 的和藹的表演教师魯雷 (Rouelle) (1703—70 年)。这里是一个富有的青年，对一切可获得的知識，都容易掌握，更怀大志，要把科学和社会納入合理秩序之內。1767 年，他二十四岁，初次替科学出力，周行法兰西，繪制地質图，并調查国內矿藏資源。后来他又須从事于处理一些問題，如路灯系統、实驗耕种以及許多其他表出十八世紀英法两国特征的一般改进計划。最重要的是他在 1775 年奉派参加火葯委員会和任职兵工厂。在厂里他設立了当时世界上大約算是最好的实驗室——普利斯特利的实驗室只要用一只托盘就可以装运了 (图 12)。

关于拉瓦錫的科学工作，我們往后再談(361 頁起)；目前我們只涉及他在利用科学上所生的影响，他在这方面所表現出的老成練达，在以后許多年中都沒有能比得上的。每做一事，他都显出有一种特别清晰、有条理、有支配力的思想在那里活动。他不癖嗜哲学。他虽开放了化学的广闊領域来应用物理和数学原理，但留传久远的倒是他給以人的眞正的光明，而不是他的方法。他和包征所其他人受到断头之慘，并非針对他个人，更不是針对科学。他的遇难是为了一种制度，在他所尽力推进的革命运动中，他不可避免地而且很惹人注意地被認为就是这制度的化身，遂食恶果。

普利斯特利和拉瓦錫，在当时与科学和工业迅速生长密切相联的希望和进步的蓬勃高涨之中，只是两个代表型的个人。在世紀将終，越来越多的人，而历史上破天荒第一次还有女子，开始想到一个由理性和平等，而不由成見和特权来統治的世界的

可能性。这一运动广泛地传遍欧洲和新世界，达到意大利、奥地利、普鲁士、俄罗斯，甚至到了西班牙。举例来說，值得注意的象在意大利，沉寂已久的科学界这时候再出了民族天才，有迦伐尼（Galvani）、伏打（Volta）和阿伏伽德罗（Avogadro）的一些重大貢献为証。他們所受的影响，不仅是由他們的經驗和各項抱負所演生的原則，如在卢梭（J. J. Rousseau）(1712—78 年）的著作里所見；而且来自当时正在学习到的一切事情，有关中国人的著名合理的社会，印度的善良社会，美洲的品質高貴的紅印第安人；此外更来自科学远征队对太平洋珊瑚島居民的簡单快乐生活所作的报告。由哲学家明智地安排出来，而不受习俗专制的社会，就合乎当时的理想；而一切事情都以回到自然为指归(574 頁)。这是腓特烈大帝（Frederick the Great）、約瑟二世（Joseph II）和迦德邻大皇后在位的开明专制时代。科学是这时代的重大鼓舞力量之一。它提供了批判旧統治的新的智力工具，和通过利用机械化了的工业来实行再造人类的手段。这个时代要解放出科学技术的一次大爆发，在強度上、意識性上以及在高度水平上，对社会所产生的影响比世界以前見过的任何事情都要重大。

8.3 法国大革命和它对科学的影响

王朝末日的法国科学家深深浸染了自然哲学家的改进精神——新政权給予他們以机会。在普遍扫除封建殘跡和高揚理性之中，新科学居于主导地位，所有革命政府都正式認識到它的重要性，資助优厚、而对它的期待也同样的高。有些科学家，如蒙日(Monge)(1746—1818年)和拉薩尔·卡諾(Lazare Carnot)(1753—1823 年)，都是热情的共和派并立即执掌經济甚至軍事政权。其他如巴宜(Bailly)(1736—93 年)、康多塞(Condorcet)(1743—94 年）和伟大的拉瓦錫，虽在开始时完全合作，但不能洗清与旧政权的联系而在法兰西被侵入时的羣众反动中成为牺牲者。大多数科学家从事于改善陈旧了的国家机构，按照科学的路綫改进教育。

最初的任务是改革度量衡和創立米突制，終于1799年完成。这須要經过一次革命来实現；証明是凡是法兰西势力和法国邏輯所不能透入的地方，累贅的旧制就頑固地持續下去。第二件巨大任务是創立現代科学教育，也就是文艺复兴以来教育方面第一次的眞正改革。这些革命者得以大規模地、有条理地、建設一切，所凭借的基础早由英格兰畔离学院和法兰西軍事学校不顧旧大学的反对而奠定下来。苏格兰是例外；我們前已見到，苏格兰的大学从头就走在科学进展的前列。畔离学院所造成的人物中有普利斯特利和制鉄家尉尔琴孙——在法国軍事学校方面，則有数学家如蒙日和逢色列(Poncelet)，軍人如拿破侖，还有頗出人意料的例子，就是离开伊呑（Eton）学院之后

的威灵吞(Wellington)。为了工业,为了战爭,科学都已成为不可少的了。高等师范学院、医学院、以及其中最大的多科技术学院,都設立了,为将来的科学教学和研究机构树立了典型。[5.84]这些学校只选聘最傑出的人物任教职,因而創出薪給制科学教学的类型,这就在整个十九世紀里逐漸代替了早先的紳士业余学者或受寵眷的清客科学家。

新教育机构最初养成的一批学生中包括了一些有名人物,如查理(Charles)(1746—1823 年)、給呂薩克 (Gay Lussac)(1778—1850 年)、忒納 (Thenard) (1777—1853 年)、馬呂斯(Malus)(1775—1812 年)和菲涅耳(Fresnel) (1788—1827 年),他們都要在許多門科学上作出重要的进展。对一切阶級中有稟賦的人,这些机构都給予机会,使在科学中有立足点。法兰西以科学昌明独步世界,要归功于这些机构,这种情况續持到十九世紀之中,直到英格兰和德意志也仿照法国提供科学教育。

拿破侖:科学的护法

紧接大革命后的拿破侖时代对科学的推进并未引起絲毫松懈。虽然一些慈善的专制君主曾照顧科学,拿破侖却亲自管理科学行政。他經常出席科学院会議,亲自率領整个科学远征队到埃及去,并很高兴地命令晶体学鼻祖阿羽伊(Haüy)修道院院长(1743—1822 年)写一部物理学課本。他到底是百余年中头一个有科学教育的,也是唯一重要的統治者。所以說,他对科学的用途,有一定的見地,那怕只是精明的資产阶級的見地。他并注意到科学对于他的統治和他的軍队都給出实际的支援。

拿破侖战爭間接对科学有相当的重要性。工业革命到世紀轉換之际才慢慢透入法兰西,但法兰西是一个比英格兰人口繁庶得多的国家,大約是二千八百万对一千一百万。而它的工业产額,虽不及英国集中,实在較大。[5.45.3] 因此它完全能够支持史无先例的发兵遍及全欧作战的重負。 英国由于海軍技术上的优势才可能封鎖法国,但在当时并不起什么損害作用——封鎖政策的长期后果主要在于破坏了法兰西的海外市場。凡是感覚到供应中断,如硷和糖等,这就促进了法国的化学工业,并有助于法国在化学方面維持优势有三十年之久。 不同于更近代的战爭,拿破侖战爭并未扩展及于科学領域本身,而毋宁是增进了各国科学家的会晤。 1808 年拿破侖因为戴維(Davy)在电化学上的一些发見,頒奖給他。戴維毫不迟疑地到巴黎去領奖,还对那些只因两国交战而反对他去的心胸褊狹的人提出抗議。[5.5]

在法国大革命时期不列顛的发展就很不相同。 在不列顛,不看見有生气而且激烈的革新,却是几乎拼命地抱住教会和政府的旧形式,并拒絕民权党的自由主义化傾向。宗教方面的分歧从崇理的自然神教派轉到崇感的监理教派。不过两者都沒有妨

碍工业的进行，由于对法兰西封鎖政策的結果，更由于外加上不只要替不列顛也还要替一些工业落后的盟国生产作战物資的急务，就为工业提供了較大的市場。

皇家研究院(Royal Institution)：倫福德(Rumford)伯爵

英国只作了一次努力建立約略相当于大陆上的新的科学学校：就是1799年創設皇家研究院。这是本杰明·湯普逊(Benjamin Thompson)爵士(神圣罗馬帝国的倫福德伯爵)(1753—1814)首先創議的，他是美籍保王党員，不过具有实用傾向，和富兰克林相似。他是一个民主政治的反对者，他認識到如果旧統治要存在，就必須有效率地对公众服务，而以他对法兵侵占以前的巴威略（Bavaria）王国的治理作为示范。在那里他驅逐了街道上的乞丐而把他們收容在习艺所里；研究了俭省的烹飪法，成績好到每天只花三个小銅币就够养活一人；并且为士兵設置了一些工业，把軍費預算从亏損变为盈余。在这样进行中，他发見了传热定律，并証明了热如何可由功产生。他回到英格兰，就立刻認清了工业革命不能成功，除非設法訓練以科学为依据而不以盲目传統为依据的新型机工。为此，他劝說富人投資于一种由皇家贊助的机构，目的是：

> ……传布知識，便利普遍介紹各項有用的机械发明和改进，并由哲学演講和实驗等学程，来传授科学在日常生活目的上的种种应用。
>
> 这个机构并未經久保持創办人的愿望。它的第一任院长就是伟大的科学家，但却是更大的势利人和好出风头的人汉符理·戴維(Humphry Davy)（1778—1829年）。[5.5] 戴維最著名的是他在1815年发明了矿工安全灯，这是一件直接的工业研究工作，他担任进行，不曾取酬。虽則原意是要防止坑会爆炸，此灯却被有效地用在以前人不能进入的充滿气体的矿穴里，其結果是产量增加，而事故的数目大約仍旧。1802年，才二十三岁的戴維在他的开場演詞里讚頌了科学的用途，清楚地表出新时代精神。在这次演詞里他把十九世紀的信条表述如下：
>
> 财产和劳力分配的不平等，人类等級和处境的差别，都是文明生活动力的来源，是它的推动原因，甚至就是它的灵魂。[5.5]

結合了科学、功利性和健旺的保王党感情，皇家研究院成为时髦中心，象歌剧院那样大受貴族和上流社会的欢迎，就不足为奇了。

为了使研究院更为高不可攀，連那原来让工匠們不为人所注意地爬上楼座的后門也用砖堵塞了。但研究院兴旺起来了，提供了唯一受津貼的实驗室；十九世紀上半期大部分基本科学发見都在此完成。它的施教方法限于公开講演。这些講演虽然吸引了古今来最大科学家之一，釘书匠的徒弟迈克耳·法拉第(Michael Faraday)（352

頁)，去作戴維的助手，并在那里学成他的科学，然而当时的英格兰肯定可以象在法兰西那样大量产生的以百計的潛在法拉第，却得不到任何地位。

拿破侖时代以后的反动

伟大的启蒙运动，在拿破侖战爭的前几个阶段內，战爭曾大有助于它的得以遍布全欧，但在战后的反动时期，和十九世紀二十年代严重衰落时期里，却消沉了一些时候。就是在这样的环境之下，工业革命显出它失业和貧困化的最醜恶的一面，而統治阶級，在他們眼前就有另一次革命的恶兆，感到必須穷尽使用物質的和精神的力量来鎮压羣众。世人的眼光退轉到一个多少是綜合性的"中古时代"，而一种崇尙情感的浪漫主义代替了附有无宗教的和革命性联系的理性唯物主义。科学兴趣暫时低落，除了在德意志以外；在那里，科学关联着正在醒覚的国家主义和空談縹緲的自然哲学(376 頁)。軍事定貨低落，所以工业对科学的需要沉寂了；而在法兰西复辟和神圣同盟期中的政权对科学的需要都比一向为少。尽管这样，这次衰落只是相对于十八世紀最后二十年里的巨大活动来說的。在那时候，成就如此之多，科学在新工业中已經如此根深蒂固，因此这次后退就不会象十八世紀初期那样严重或长久了。科学精神也不是容易抑制下去的。在不列顛、法兰西和德意志，尽管有反动，科学家和爱好科学者，还是在这次重起爭取自由革新运动中成为矛头。

8.4 工业革命中科学的特征

从 1760 到 1830 的七十年，特别是从 1770 到 1800 的三十年，是世界史上起决定作用的轉折点。这几十年标誌着在新兴的資本主义生产工业的构架中第一次实現了机器的新力量。一旦采取了这些步驟，十九世紀工业和科学的巨大扩展就是不可避免的。和旧的比較起来，新制度是这样更有效力得多，更便宜得多，簡直沒有竞爭可言。从此以后，要走回头路更是絕对不行。世界上每个人的整个生活方式，迟早都要改变。关鍵性过渡的来临是以工艺和經济的变化达到高峯而出現的，而这些变化，如前所指出，在不列顛，当 1760 年左右，在工艺方面达到破裂点，在法兰西，則在三十年之后經济和政治方面才达到破裂点。这些变化实現并非容易，而这时期是空前的革命和战爭时期，絕非偶然。就科学而論，十八世紀的变化也是革命性的——气体力学革命这一名詞只包括了許多变化中的一个方面。虽然在率由旧章的科学史中只把这些变化看成是哥伯尼-伽利略-牛頓抛弃古代科学的从属事件，这也不过是史学家本身怎样仍被經典传統所催眠的衡量罢了。十七世紀已把希腊人的一些問題用新的数学

的和实驗的方法給解决了。十八世紀的科学家則要用同样这些方法来解决希腊人所从未想到的問題。但是他們的作为还不止于此：他們要把科学牢固地結合到生产机构之中。通过动力工程、化学和电学，科学从那时以后就要成为工业所不可或缺的了。十七世紀已經走了第一步，有了科学为服务于航海而对天文学所作的貢献。尽管这样，科学仍然大部停留在古典时代里它已形成的情况，就是为統治阶級利益所树立的信仰体制中多少有些神秘的部分：它是意識形态上层建筑的一部分。就实效論，科学对工业毫无貢献。在十九世紀初，科学却要成为人类生产力中主要因素之一而不失其学院式的特征。我們将見到，这就会成为重要性日益增长的永恆特征，注定要比助其誕生的資本主义的社会形式經久。

在观念范畴內这个革命时代所产生的沒有什么可以比得上科学发見或技术发明的重要性。从 1760 到 1830 年相継迅速发生的大事和轉变，需要时間来消化。在思想上这个时期可以說是处在一道分水岭上。启发革命的观念出自法国的自然哲学家，如伏尔泰和卢梭。它們是牛頓和陆克的薪传，所根据的是情感上对人的信賴，以及一旦摆脫了教会和君主的束縛以后，人靠自由的建制和教育有达到完善的可能性。它們在德国的反响从康德(Kant)(1724—1804 年)的淵深的思維中看得出；他企图把科学的成就和良心的內照鎔鑄成为一个体系。(583 頁)

要在十九世紀里出現的观念，其基础是工业革命中人类飽尝艰苦的經驗，和有文化有財产的人对过于照字面应用自由、平等、博爱的口号所抱的迟疑态度。在法国大革命中企图运用启蒙运动中的社会哲学却揭露了严重的限制，特别是揭露出那些新观念对于組成絕大部人口的貧农和貧苦工人的生活很少相关。給予革命的推动力的是他們——这些人民，但当完成了革命的直接目的——废除了封建制度对私人掙錢所加的禁制——同是这些人民却成了"暴徒"，成了永远悬在有产者——視国家为私有的人們——面前的威胁。科学、教育、开明的神学已不时髦，且一变而为危险的思想。比較一下高德文(Godwin)(1756—1836 年)的乐观主义和馬尔薩斯(Malthus)(1766—1834 年)对人类生存的可怕而絕望的描繪，就可看出当时的迅速轉变(578 頁)。

观念方面的一个基本进展，是时代中大变化的一个直接后果，这就是确認了人事中有历史性的和不可逆轉的因素。依照官方的、牛頓学說的、开明的观点，从太阳系推广来包罗了生物界和社会的自然定律，被認为具有无时間性的統治。所有必要的只是找出那些定律是什么，并按照它們来安排工业、农业和社会，从此一劳永逸。法国大革命未能建立理性时代，就使得一个代换的見解，即进化发展的見解，逐漸得势。十八世紀早期，韦科(Vico)(1688—1744 年)确已約略窺見这个有关人类社会的看法

(576 頁),后来毕丰(Buffon)(1707—88 年)和伊拉斯莫斯·达尔文(1731—1802 年)曾推測說,生物,甚至地球本身,都有进化史。但要留待黑格尔(Hegel)(1770—1831 年)才把这些观念建成为一个哲学体系,而由查理·达尔文(Charles Darwin)(1809—82 年)和卡尔·馬克思(Karl Marx)(1818—83 年)后来在十九世紀来闡明自然界和社会的进化斗爭的后果。(582 頁起)

8.5 十九世紀中叶(1830—1870 年)

如果十八世紀的好奇而有远見的人,曾感到机械工业的来临,那么,到了十九世紀中叶,世界每一处,連最不經心的人,也不会不察覚它的影响。仅只是由于扩大了較早期发明的規模和范围,就使得居住在那些新兴工业化国家里千百万人民的生活上,起了完全的轉变。广大的新城市紛紛崛起,充滿了迅速增多的居民。工业滋长以外,彻底新的运輸方法已发展了:鉄路把各工业中心联系起来,汽船則聚集工业原料并分布工业产品,范围既远且广。实在地,十八世紀在哪里找到了生產关鍵,十九世紀就要在那里找到交通关鍵。人生环境改变得这样彻底、这样迅速,是从来所不能比拟的。工业主义传到哪里,那里的旧有封建社会关系就被破坏。絕大部分人民都成为賺工資的劳动者。所有有关經济和政治的开創都属于一个新兴的資本主义企业家阶級。即使是在政府里,封建反动作用的遺跡,在法兰西 1830 年革命和在不列顛 1832 年革新法案的成功声中很容易就被扫除了。[5.95] 用馬克思的話說,政府成了"統制阶級的执行委員会"。从此就不再必要靠法制来保护权利了,一旦产业巩固了,这个經济制度的作用就会注意到每人所得恰好是他所值的。

財富从来沒有这样容易积累;悲慘景象从来沒有这样普遍,而社会保障也从来沒有这样无能为力来減輕它。随着工程上所有的新胜利而来的是烟尘的污浊、单調和醜恶,絕不是以前的文明所能产生的。就在这般环境下,科学接近了它現今的活动規模和重要性。誠如我們所已見到,在十九世紀开始以前,科学已成了指揮新工业所不必可少的輔助力量,而当十九世紀前进了,科学服务的范围不断在增大。科学大大生长,而当其如此生长,必然会直接受到資本主义占优势的社会力量的影响。

到了十九世紀三十年代,就認識到出現了权力从有位者轉移到有財者的現象,甚至認为这也許已成为必要的了。誠然,在法国大革命时,这种权力轉移已超出了它的应有范围,而这时既已达到立宪民主政体的理想状况,因此就有种种理由来拒絕再进一步的基本性改革,甚或拒絕对于社会弊端作任何激烈批評。在过去,科学曾是对于批評的主要刺激力。到現在,科学家和非科学家同样感到,科学既已建立就緒,它的批

評和背教的职能很可放在一旁了。

功利主义者

所有必須要做的就是象在十七世紀中叶那样，把科学概念和科学所含的社会意义再一次分开；創造出"純粹科学"的观念，从而恢复科学的尊崇地位，使它繁荣，甚至更好些，使它眞能生利。这一轉变大部由功利主义者所实現，他們是十八世紀法国自然哲学家的受閹割的从者。他們跟随着亚丹·斯密和泽里米·边沁(Jeremy Bentham)的导引，蓄意自行担任，用予資本家以絕对自由的立法来消除社会上的旧传統弊害。只有这样，在李嘉图(Ricardo)(1772—1823 年)和斯图亚特·穆勒(J. Stuart Mill)(1806—73 年)所說明的經济学上的鉄定規則之下，才能获致"最多数人的最大幸福"(306 頁)。在那时代他們侈然自信，以为社会作为一羣自由定約的独立个人，它的永恆定律已为科学所最后揭露了。在資本的黄金时代里这些冒险企业家坚信他們的新先知，就自行負担起証明他們是如何正确的任务。在这时进行着的生产活动的巨大爆发中，从 1830 年到 1870 年，除了略有小挫折而外，科学要占有不大的，但有生命力而日益增长的一份。

这时代是資本主义的全盛时代，富者縱慾狂放，貧者苦遭折磨；在这时代有宪章运动，有飢荒的四十年代，以及 1851 年的博覽会。資本主义，誠如馬克思在 1848 年所預言的那样，已經造下了被剝削到一貧如洗的工人阶級，这阶級最終形成的力量就注定要結束資本主义的統治。但这样的一天当时还离开得很远。虽然要求改善生活状况的斗爭从未停止过，但产量既已增加，市場又在扩大，所以长时期內确曾使資本家对工人阶級的生活水准能作出一些应时的让步。

十九世紀中叶不是一个比得上十八世紀的技术根本轉变时期，它毋宁是一个以日益加大的規模进行經营，稳步改进制造方法的时期。虽然竞爭者正在开始出場，不列顛在工业革命中赢得的优势仍得保留，甚至还加以改进。在一段时期內不列顛簡直可以名符其实地說是做了全世界的工厂，主要貨物是由新式机器生产的紡織品，售价的低廉就把市場扩展到好象几十年內不受限制。仅仅增多并稳步改善現有类型的机器，就能应付这样的市場，因此，在生产中，对于新生产設备就沒有狂热的鞭策。在另一方面，却越来越須要加速交通和运輸。电报就是新电学的最初的实际大規模的应用。在实質上更重要的是鉄路和汽船应用原动力来进行运輸；在这里科学只居于配角的地位。

工程师的兴起

鉄路和汽船两者都是机械工程师这行新职业的直接产物，两者的可能实現，是由于有了廉价的鉄，这时用煤鍊鉄規模之大，好多倍于以前任何时期。現代工程师的出現，是新的社会現象。他并不是旧时軍事工程师的直系后裔，毋宁是手艺时期的輪机工和金属工的嫡传。布累馬(Bramah)(1748—1814 年)，摩德斯雷(Maudslay)(1771—1831 年)，繆尔(Muir)(1806—88 年)，惠特渥史(Whitworth)(1803—87 年)，还有伟大的佐治·斯蒂芬孙(George Stephenson)(1781—1848 年)，都是这个类型的人物。[5,78—80] 十九世紀中叶，科学应用的增长比科学本身快得多，所以有关应用方面的处理和发展都落在实际工作者的手里。其中大多数——仅仅最伟大的如理查·特雷費錫克(Richard Trevithick)(1771—1833年)，佐治·斯蒂芬孙，和 I. K. 布魯湟尔(Brunel)(1806—59 年)等是例外——进行处理这些应用問題，如前人之所为，边試边改，并在直接从科学而来的革命性更新之上加一重演化性的技术发展。这样，往复式蒸汽发动机尽管經过近二百年的改进，基本上仍然是和 1785 年从波尔吞和瓦特工厂出来的机器一样。

鉄路和汽船

鉄路原是采煤业的产物。把发动机配上輪子改成机車这件伟大的革新，也是在矿場上試做得最为成功(338 頁)。在鉄路时代中，鉄路网就在三十年代和四十年代布滿了不列顛；并在整个世紀內散布到世界其余各处。它并导致了旧式土木工程得到巨大的增长，这門工程継承了十八世紀开运河、筑路和造桥的馬卡丹(Macadam)和任尼(Rennie)等人的传統。在罗伯(Robert)·斯蒂芬孙和布魯湟尔的伟大著作中，仍看得出这种情况。开运河和筑鉄路时，在挖掘和开隧道的过程中暴露了岩石結构，就引起人对地質学的新兴趣。同时，在測量家的职业中对地理和地質科学提供了收入的新来源。

电 报

由鉄路和汽船在运輸上所引起的改进就重視迅速的通訊。自从有人类以来，就需要迅速传递消息，这有許多烽火墩为証；但既乏幻术或精神感应术，除喊叫报警外，就沒有方法来实現这需要。即使为了战事需要，制出的东西沒有比轉递信号杆更講究的了。可是方法在人手边也有些时了。早在 1737 年就曾用电来传递信息，达数哩之远，但静电的使用既困难，又不可靠。鉄路的出世恰巧正当奥斯忒发見了电流对罗

盘磁針的效应，这就正在需要最急时，提供了一个便宜而簡便易会的方法，并确保以后能成功地发明电磁式电报。

使得一羣发明家[例如莫斯(Morse)、惠斯通(Wheatstone)等]同时在这方面作工作的眞正推动力，并不是什么社会通訊的一般需要，而是貨物或股票的行情和可能影响行情的事件的消息所具的实际金錢价值。消息意味着金錢，而电报就提供了迅速传达消息的手段。

短程电报是电的很直接的应用，只要一种很簡易的字母电碼；但是要把电报扩充到更大的距离和传得更快，就要絞尽物理学家們的智慧，直到今天，并导致了很多基本知識和精致的仪器配置。特别是联系华尔街和倫敦商业区的大西洋海底电綫的順利工作，在1866年才得到保証，这要归功于当时最大物理学家之一，即开耳芬(Kelvin)勛爵威廉·湯姆逊(William Thomson)(1824—1907年)的天才。对科学的一般地位来講，甚至更为重要的事实是：电报創造了对受过訓練的电工技术人員的需要，这就进而提出对技术学校和大学物理学专系的需要，而十九世紀后期大多数进展都依靠这些学术机构(354頁)。

十九世紀五十年代时，科学已在偿付紅利。主要地由于紡織工业在扩展中需要硷和硫酸，一种新化学工业，正在兴起；而苯胺染料的发見就巩固了有机化学的将来。那时正开始征用科学，特别是化学，通过人造肥料来改进农业(382頁)。[5.4]生物学也开始找到了传統农业范围以外的新用途。化学家巴士特(1822—95年)正寻找方法来改良啤酒和葡萄酒的酿制，并正在首次胜利地攻克一种疾病，不是人类所患的，而表現时代特征地是有經济价值的蚕所患的(378頁)。

这里第一次有了可能用不同于传統方法的科学方法控制生命过程。即使是医学也开始随时代动起来，并且頗为勉強地从新化学方面接受了象麻醉剂之类的惠助。实际上，由于貧穷、拥挤和在一般方面放任經济的恶果，工业国家里这时人民的健康状态比起它們历史中任何别的时代里可能都更为恶劣。由于运輸上的新便利而带来災害性大的流行病东方霍乱継續发生，直到这病的眞正兇恶性和它給予中等阶級的威胁引起了認識卫生的需要，并对貧民区房主的恶习有所抑制。(380頁)[5.77a]

科学的組織

当年无論对科学的实践或科学的传授所提供的便利，比起科学已在經济生活中所尽的功能来絕不相称。这在科学正得到最大应用范围的英格兰尤其如此。[5.7]当1830年，在查理·巴貝治(Charles Babbage)(1792—1871年)領导之下，一羣英国青年科学

家,对于政府和政府在科学上的代理人皇家学会两方面都失于对新需要显出反应,大声疾呼。巴貝治在他所著的"英格兰科学衰落的感想"(Reflections on the Decline of Science in England)[5.14]里指出,皇家学会已在效用上变成了职員們的圈內組織,控制着社員中的大多数,而对科学不过是点头之交,甚至也不是科学的大方的贊助人。改革虽有空气,但皇家学会却从容不迫地采取了限制新社員的簡单手段,迟到巴貝治死后若干年才做到象他所要求的情况。[4.6]

英国科学促進协会

巴貝治很有理由地感到不耐煩,就和他的朋友們計划在 1831 年創立了"英国科学促进协会"(The British Association for the Advancement of Science);这是代替皇家学会的組織,可以靠它来替科学办事和說話。这是仿照罗倫兹·奥硜(Lorenz Oken)(1779—1851 年)1822 年在德国創立的"德意志自然科学研究者协会"(Deutscher Naturforscher Versammlung)組成的。奥硜是最热烈和最幻想的自然哲学家(376 頁)的一个,但又是一个坚定的自由主义者。1819 年,他宁肯放弃耶拿(Jena)大学教授职而不愿把他的杂誌"爱息斯"(Isis)❶ 呈送检查。他所发起的运动,在事实上要成为十九世紀中叶德意志重大科学复兴的先行。[5.85]英国协会,以它自己的方式也同样成功。它有一个习慣在联合王国的每一城市,甚至各处殖民地,举行会議,因此很快就变成一个比皇家学会出名得多的机构,虽然总沒有它冠冕堂皇。这些集会就成了当代所有巨大科学爭論,特别是科学和宗教間的爭論的战場,以如下事件为达到最高潮;如 1860 年赫胥黎(Huxley)在牛津大学反駁威伯福士(Wilberforce)主教;1874 年丁鐸尔(Tyndall)在貝尔发斯特(Belfast)的演說,提示生命可能来自无生命的物質。这个协会一部分是个普及科学的团体,一部分又为国家利益而提倡和資助研究工作。例如,它担任了促进对地震学、潮汐、气象学、磁学、电学量度标准、地質学和生物学的研究。在实效上它把在别处由政府所管的事由私人企业来做。到世紀之末,負担太重了,終于移轉出去,靠創立一些机构,象国立物理实驗所(National Physical Laboratory)之类来承当。这协会的行动之中有一件要产生极大的后果,就是它邀請郁斯图斯·封·利比喜(Justus von Liebig)(1803—73 年)作一篇有关农业化学的报告,这一任务就把这位大化学家的注意力轉向有关食物生产的实际問題上去,并成了土壤化学和营养学两門科学的出发点。(368 頁,382 頁)

---

❶ 埃及的自然界女神。—— 校者

这类的活动代表了新兴工业資产阶級有需要自行掌握科学，并打进在十九世紀头几十年里科学已經回到的排他的上等阶級和大学的圈里去。到了世紀中叶，这些活动已大都奏效，而科学的新重要性也已得到建制上的承認。

各种科学学会

在十七世紀和十八世紀可以滿足需要的一般性学会，都已不能应付正在創造科学新部門的那股专門化知識的洪流。在法兰西、英格兰、苏格兰、德意志和其他地方，都建立了化学、地質学、天文学和其他学科的学会，各有适合自己的期刊，而当这同时，工程师們也开始自行結合成为学会了。

大学里的科学

英国和法国各大学持續了二百多年对新科学的反对，也是在十九世紀中叶才开始崩潰。在英格兰发生的情形，一部分是由于在倫敦和制造工业城市里，設立新学院，后来改为大学，另一部分是在已成立的各大学里增加新学系。[5.90a] 一方面在世紀开始时，英格兰的大科学家，即使非大多数也有許多是业余学者或是由学徒訓練出来的，如戴維和法拉第就是的，而到了世紀中叶，大陆上已为众所熟知的大学教授就开始成为英格兰科学家的典型。[5.42a] 1851 年的大博覽会是科学、发明和制造三者統一的象征，而大会收入中一部分就用于創設一个科学教学中心，即在南恳星吞（South Kensington）的皇家科学学院。在法兰西，很早以前已采取了一个决定性步驟，設立了多科技术学院（École Polytechnique）和高等师范学院（École Normale Supérieure）（309—310 頁）。

把科学吸收入大学的經常生活中去，領先的显然是德国。德国大学在十八世紀启蒙时代确已开始革新。先导的是哥丁根（Göttingen）大学，它是 1736 年由佐治二世（George II）在他的汉諾威（Hanover）領土上設立的。从十八世紀三十年代以后，德意志各邦的大学在設置科学講座上互相竞爭，也要办教学实驗室，只不过进行得較緩些，其中以在基森（Giessen）的利比喜（Liebig）的实驗室为典型。德意志参加科学运动很晚；比起法兰西和不列顛来，它的官僚阶級紀律性較強，而独立性較少，但能用組織来弥补它所缺少的个人首創精神。到了世紀中叶，德意志养成了熟練的科学家，編好了課本，还制出了仪器，来供应国界以外远方的需求，而且以后还愈加如此。

所有这些变化的結果，大大增加了科学工作的規模和威望。科学有了越来越正式的組織，研究科学成为专业，比得上較老的法律和医学专业。但是，这样一来，科学

就丧失了不少它在早期的独立性,亦即它的业余地位。科学之改变大学,远不如大学之改变科学。科学家成了不如以往那样的破除迷信和富有想象力的人,而毋宁是更象印度学者(pundit),是伟大传統的传播者。 特别是在德意志,科学家最初已和自由运动相結合,而到 1848 年遭到可恥失敗之后,就成了官方国家机器的最坚定的支持者。[5.3]

中等階級的和大众的科学

科学要在許多年內保持为中等阶級中的精选部分,即欧洲所知的自由知識界的独占品;而且不可避免地要継續受到他們的世界观的局限并被染上色彩。 在十九世紀中叶,他們并不輕視实用;他們对于当时伟大的工业运动,感到兴趣。 他們坚信进步的不可避免性,但对于进步所发生的任何不愉快的和危险的結果,他們却推卸一切責任。 尽管他們的財力和势力都在增长,他們的相对的政治和經济地位却降低了。在势力上工业和金融比科学增长得快得多。十八世紀时,第一流科学家固然和工业界領袖有互通酬酢和婚姻的地位,但在十九世紀,比較上很少科学家能够——或認眞地想要——登上有錢有势的席位。

科学在十九世紀里尽管有那么多的滋长和扩充,却只做到了間歇地透出中等阶級的圈子以外,而且升沉不定。倫福德伯爵的努力,在世紀更替时建立了一个机匠訓練所,其結果是几年之后的皇家研究院,供貴族和紳士作科学娛乐,而也創立了一个輝煌的研究实驗室,則只是附带的事情。其他机匠养成所,在原来目的上,成功較好,其中有名的一个于 1823 年創立在倫敦商业区,从它后来要产生柏克貝克学院(Birkbeck College)(581 頁,639 頁)。可是这些机构,以及著名科学家,如托馬斯·亨利·赫胥黎(Thomas Henry Huxley),对較低阶层所作的一些有改进作用的演講,只接触到工业革命所喚起的新兴工人阶級中微不足道的部分。 至于技术教育,在机械工业之家的不列顛,到二十世紀初为止几乎不存在。[5.3] 那些未曾或不能倚靠"自助"来作为爬上中层阶級的途径的人們,往往会一般地把科学和技术革新看成是削減工資和造成失业的手段(246 頁)。

科学的新势力会使工人阶級有可能消除資本主义的压迫制度,这一卓越見解,曾由罗伯·奥文(Robert Owen)的开創性試驗所預示,而由馬克思首先在"共产党宣言"上明白宣布,后来又在"資本論"中作精辟的論述;但是这个主义的冲击力量非到下一世紀还不会被感覚到。(649 頁起)

8.6 科学在十九世紀中的进步

十九世紀中叶所記录的科学进步,其方面如此之广,以致在几頁之內,只能拣出

它的主要成就而已。物理学、化学、生物学都扩展了，并繁育成为分立的分支科学。对自然和技艺的所有部門都做了大規模的探索，如培根所曾梦想而未实行的那样。进行此項探索的头脑，都飽受了十七、十八两世紀所貽留的观察、实驗和計算的訓練。所有以前发展了的部門，継續加深对它們的分析，并从实践中找新出路。

化学的勝利

化学特别要作为十九世紀的科学，基本上因为化学是从属于紡織工业的主要科学，而紡織工业在这整个世紀里又是最重要的工业。到了下面适当的地方（357 頁起）将要講到，化学是靠原子理論得到革命性建成做稳固的基础而长成的，并迅速地能应付所有类型的物质。在这时，重要的是，当十九世紀逐漸过去，在表面字义上，也正如从譬喻說来，所有制造的产品都染上了化学的色彩。新的、廉价的合成物料——羼混剂、香料、染料、大部从煤焦油提取——起来代替了过于昂貴、过于希少的天产品，以应付各处的新市場。就在这一过渡期里，化学研究中心，从它在十八世紀的出生地不列顛外移了，通过在法兰西經过典則化和扩充后而到了德意志，后者是化学的万千用途首先在实用上实現的国家。这一过渡要在下一世紀里表現为具有兇恶的后果。

能量守恆

在旧科学和新科学的这个积极进展中，有两大概括突出为十九世紀的主要貢献。一个在物理学范围內，是能量守恆原則；另一个在生物学范围內，是進化原則。如我們所将見到（340 頁），前一原則代表从卡諾到亥姆霍兹（Helmholtz）这一整批科学家所体会到的各式能量互相轉变性作为宇宙原則的重要。自从工业革命刚开始起，就已由蒸汽机实現轉变煤为原动力，而对这种轉变的研究就切实启示了这个原則。这原則經逐漸賦予数学性愈強的形式就出現为热力学这門科学，而其中的第一定律，即就丧失了不少它在早期的独立性，亦即它的业余地位。科学之改变大学，远不如大学能量守恆定律，配合着一条第二定律，即决定能量的取用限度的定律。表示当时特征的是这第二定律，竟早在 1824 年即由薩第·卡諾（Sadi Carnot）所发見，因为具有一定設計的发动机从每吨煤所得到的功量，受制于第二定律，而非第一定律。发动机的这个效率，在当时，极少高到百分之五。[5.3]

热力学第一定律提供了一条統一原則，指出以前認为自然界里各别的种种力，如物体运动、声、热、光、电和磁，都可用相同的单位，即能量单位来量，而能的总量在宇

宙中既不增多，也不减少。这定律的制定使我們回忆到远隔許多世紀以前赫拉克利图斯(Heraclitus)(96 頁)論变化所說的格言："百貨換金，金換百貨"，而且实在是正在当时由实践建立的自由貿易原則的物理表达。能量守恆是牛頓的运动守恆原理的宏大扩展，但和牛頓原理相似，本身并不含有进步性变化的概念。变化誠然从第二定律推导出来，但这变化是取退化的形式而不是进步的形式，因为定律表示在任何封閉系統里，热和冷必然終于一同达到一致的温度，而从这个状态就无法再提取任何能量了。(341 頁)

進 化

刚才說的这样一个概念，与十九世紀資产阶級的进步的和乐观的情态不相协調，他們認为在進化理論中得着了气味相投的对他們看法的科学性論証。地球已有悠久历史这一观念并不是新的。我們将見到(373 頁起)，这看法实在早于十八世紀就开始形成，其所以迟迟未被接受，只是由于十九世紀初期教会成見所生的反动作用。随着这个理論，就認識到动物和植物曾有一度和現在很不相同，并且显明地含着动植物可能是从更早的形式传下来的。然而从筑运河、修鉄路的时代里所取得并經过整个十九世紀累积起来的經驗，就使其他任何解說都难于相信。同时，对生存着的动物和植物的分布和分类，有了較多知識之后，特别創世之說就显得愈加武断了。虽是如此，要由好几代的地質学家和生物学家經过多年耐心摸索、隱晦无聞的工作，然后才能使世人肯于听信并开始接受有机进化的观念，連带一条刺耳的系說，說人是兽的后裔。甚至晚到 1859 年，还要有达尔文的全副卓識、高才和科学声誉，才能由"物种起源論"的出版而使人傾听这个彻底新的观念。

进化理論从刚提出起，就成为科学、思想和政治論战的中心。达尔文几乎无意識地破掉了柏拉图的有生世界理想形式的学說，其摧毁的力量不亚于伽利略对无生世界所起的作用。达尔文不只宣揚进化而已；他还提供了自然淘汰这一机制，这就破灭了亚理斯多德的目的原因范畴的最后論据。神学家們的整个世界图象是終究不变的，这就无怪他們要排斥进化学說了。甚至更为惊人的观念是說人自己——这个創世的唯一最后目的——也不过是一种特别成功的猿猴而已。这种說法看来不仅粉碎了宗教原理，也粉碎了唯理哲学的永久价值。但宗教和哲学虽受打击，却恢复得太容易了。(386 頁)

可是在当时进化論却处在进步和反动双方斗爭的中心，因为这个学說非但有支持者，也有反对者。在抱有唯物思想的工业家們的手中，这学說成为一种武器，一方

面对抗重情感的保王党，另一方面，对抗唯心的空想社会主义者。这学說看来是对于无拘无束的竞爭成了有科学根据护持，又用适者生存原則作为成功者致富的論据。当达尔文的見解継續得势，并赢得了新一代科学家的热烈支持，科学本身就开始重新呈見极端的情調，但离社会主义的情調却还很远。

当时追随約翰·斯图亚特·穆勒、奥古斯脫·孔德(Auguste Comte)(1798—1857年)和赫伯特·斯宾塞(Herbert Spencer)(1860—1903年)而起的流行思想学派，傾向于运用邏輯和科学的說法，来表明私人企业自由是正当的，并傾向于頌揚十九世紀是人类終于找到正确路綫的一个时代(592頁)。这在当时还不是尽善的；仍有若干过去的弊病須要扫除；进步还要継續下去；但这种进步却被看成目前状况的直接扩展——更多的机器、更多的发見、更多財富的积累、甚至也有由应取所値的穷人，遵守"自助"的福音而誠实地掙得的享受。撒木耳·斯迈尔(Samuel Smiles)(1812—1904年)在所著一套現代工业創造人传記里，杜撰了"自助"这个名詞，这就表明他对意义重大的历史所具的認識远远超出了他的同业。他虽是結合着朴質的个人主义学說，但到晚年就感覚"自助"之外还有别的东西也属必要，因此成为工人技术教育的首創人。[5.80]

社会主义的崛起

穷人对于进步的利益的看法，表現在世紀中叶要求人民宪章和其他几次革命性运动里，并表現在本阶段末的1871年随着战爭和围城苦难而来的起义性巴黎公社里。他們的哲学家卡尔·馬克思，以后对他还要多所叙述(582頁起)，这时是被排除于安乐舒适的知識阶級的意識之外的。虽是这样，这些阶級里較誠实的分子，不得不睁眼看，用鼻嗅，从而体会到正是在十九世紀繁荣的心脏就有无可救药的大害。艺术家、詩人和作家都痛心疾首，抗議新兴工业城市的种种丑恶，抗議美的普遍退化，抗議令人齿冷的夸耀財富。在反对这些东西时，这些知識分子在提出回到理想化的"中古时代"的企图时才初次得到支持。开布尔(Keble)(1792—1866年)和牛津运动，喇斯金(Ruskin)(1819—1900年)和拉斐尔(Raphael)以前的学派，都标誌了一些最初的反应，这些到了世紀将終，就成了威廉·莫理斯(William Morris)的精力飽滿的社会主义的一部分。(602頁)

科学和文化

这个文学的和艺术的运动，在屏弃工业主义外，也大部屏弃了科学，他們不无理

由地觉得科学已使自身等同于机器生产，以及随之而来的一切。[5.24] 就从世紀中叶起，人文主义者和科学家間的分裂才起始变得严重，这在我們自己的时代竟成了特色了。这分裂的直接影响是阻碍了两派知識分子之間的合作，而沒有这样的合作就絕不可能对經济和社会制度提出建設性批評了。人文主义者对于这个制度，除了不生效的情感而外，从未充分了解它究竟如何起作用；而科学家凡遇到不在他們已經高度专門化的工作范围以內的一切东西，艺术也好、美感也好或社会公道也好，都完全蓄意逃避开去，因而变得迟鈍了。[1.2.146]

8.7 十九世紀晚期（1870—1895 年）

快到六十年代末，早期資本主义的最初、簡单、乐观的阶段，已在开始走到尽头。七十年代起的大衰弱，标誌着一个过渡时代，从以不列顛为世界工厂的自由貿易时期起，到基础較广的新金融資本主义时期止；这时在保护市場的掩盖下，法兰西、德意志和美国都出头了。工业革命解放出来的巨大生产力，那时正开始向生产力的所有主提出关于永增无已的、可供支配的余利的問題。在資本主义制度下，这項余利却不能还給造成余利的工人。如果把它在国內投資，就要引起更大的生产，并須更热狂地向世界各处寻覓市場，而市場又是随即充斥了的。結果是殖民地的扩充、小規模的战爭、并为了要发生在下一世紀的較大战爭而作的种种准备。

作为一个过渡阶段，所以不易分清期限，特别是在科学方面。在回顧中試行划分比在当时分必然較为容易，因为当时的变化是逐漸的，一脉相承，不見任何明显的中断。在渡过这个时期的人看来，科学总是推进得愈来愈快。不过也开始发生疑虑：科学的使用是否正导向进步无限而有利的将来。回顧已往，我們可以把十九世紀后期看作同时既是結尾又是开端，它是牛頓时代科学大推进后的冷落收束，也是二十世紀风波更为猛烈的科学和政治革命的准备。

在工业方面，同样地，这时代也是过渡性的。当各項旧工业継續发展，在不列顛較慢，而在德意志和美国则很快，它們的特征却起着变化。小型家庭商店間的竞爭，导致了股份大公司的組成，不久又变成二十世紀的庞大垄断事业。在金属工业和工程工业方面，这种过渡特别明显。在这些項工业里，久操于重实际的人們手中之后，又重行引用科学，而在新兴的完全起源于科学的化学工业和电工业尤其如此。随同这些工业的长成，就初次出現了若干开耳芬、爱迪生(Edison)、西門子(Siemens)、白魯納(Brunner)一流的人物；不是变成科学家的商人，而是变成商人的科学家。[5.3]

我們又第一次見到科学在战爭上的大規模应用：潛水艇、魚雷、猛烈炸葯和大炮，

都是作战机械化的开端。十九世紀末期的主要工业特征是廉价鋼的誕生和电力的引用。这时代也标誌着使用內燃机的开始，这就要在下一世紀导致运輸上的革命。还有从最后成果看来，重要性并无逊色的是科学医学初奏功績，減少了传染病致死的人数，并为开拓热带地区提供可能。

鋼的时代

运用科学来轉变传統制鉄工业的第一步始于貝塞麦(Bessemer)(1813—98 年)，他本人原是一位具有科学脑筋的制造家，与制鉄工业毫不相干。他的轉炉，早于 1854 年就在引用，它証明鋼可便宜地大量制出，但因需要高級矿砂，所以轉炉仍只能供有限制的用途。直到1879年，季尔克立斯·托馬斯(Gilchrist Thomas)創用硷性衬里的平炉，才能用低級矿砂来制鋼，而产量就从而飞跃上升(346 頁)。[5·87]

对历史更为重要的是这就改变了重工业在地理上的重心。有了硷性平炉，洛林(Lorraine)的含磷酸盐的大矿藏就可用以制鋼。由于新近工业化的普魯士王国战胜了法兰西，洛林鉄矿和魯尔(Ruhr)煤矿就在 1870 年联合起来了。

德意志工業的兴起

从此以后，在欧洲就要有一处产鋼中心，不久就要赶上并超过不列顛的鋼鉄中心，而以鋼作基础，就有一項新工业，組織之好，和国家联系之密，都在不列顛之上。但不列顛有她的多种多样的、竞爭性的工业，故仍在世界市場上保持領导的地位，虽然局面已較前縮小了，这特别是由于世界上所有未开发部分，都在她掌握之中的原故。

竞爭不可避免，因此就成为下一世紀各次战爭发生的第一性原因。主要由于有了廉价鋼可資应用，各国的竞爭在初期几个阶段表現为以資本作为輸出品，如鉄軌、机車以及农业和矿业机器，用来开辟新疆土。这些輸出品补充了仍在扩大銷售中的布疋、小飾物、小武器和金属器具。十九世紀中叶的殖民主义就是靠銷售这类貨物为基础。賸余的鋼，特别是賸下的各种新发展的合金鋼，就用来制造战舰和大炮。(400 頁起)

电工業

我們已見到，在改革十九世紀中叶的交通时，电担当了极为重要的脚色。自从法拉第发見了电磁感应并在 1831 年演示了发电电动机而后，用机械力发电和用电来輸送动力都是十分显然可行的(354 頁)。至于五十年来电却未見使用，其中原因，如以

后所将指出，主要不在技术而在經济。[5·3] 十九世紀的工业，所据以进行的，是比較大而集中的动力单位——制造厂的固定式蒸汽发动机，牵引用的机車或船舶发动机。把能量輸送到远处的唯一办法是运煤。后来小型工业愈益机械化，这就需要小于蒸汽所能便利地供应的动力单位。解决办法最初是煤气发动机。这是最初見于实用的内燃机，也是在二十世紀改革运輸的柴油发动机和汽油发动机的先驅。

电动机以后要成为灵活得多的办法，来满足工业上所需要的小型固定的动力单位。然而它的全部价值却依靠分布广远的电力供应网，而这网只有对电有較普遍的需要，而不仅限于工业时才能实現。这样的普遍需要則要由从事家庭服务演进而来。世紀一面进展，就設置了广泛的給水和供应煤气的网，更晚些的是电报和电話网。有一个总在上进的电报事务員托馬斯·亚尔伐·爱迪生(Thomas Alva Edison)(1847—1931 年) 跃进到其他竞爭者的前面，并領先为另一类似的扩展——电灯——开辟了道路。(354 頁)

一旦电必須为照明而制出、而分布，也就可用于动力，因此一种普及而价廉的分布能量的新法就可应用于工业和运輸业，不过这办法不到二十世紀不能完全見效。这些发展开創了重型电工业，和旧工业对比起来，一开始就是垄断性的和科学性的。这种工业密切联系着其他一些正在长大中的重工程垄断事业，以及电报和电話垄断事业。对科学来講，重型电工业还具有另一首屈一指的重要性，就是它开創了工业研究实驗室。爱迪生的孟洛花园(Menlo Park)，原来只是一幢为試驗新发明用的棚子，却表明了継續进行密切有关生产的实驗之必要性。[5·72]

科学性的医学

当这些进展正在轉变人类的可能处理的物質环境时，却有一項甚至更为重要的进步正在形成：即科学性医学的开始。其所以这样晚才发生的原因，是因为有生命机体的构造比起最复杂的机械或化学体系来，不知道还要复杂多少倍，所以首先要对这些机体有所了解，才能开始作有效的进攻。

从文明的黎明起，医学就已既被看作神秘又被看作职业而存在。但尽管有古今解剖学和生理学知識的一切进步，医生所能为力的，不过是和緩一下病人的痛楚和忧虑，并多少准确地預測一下病情的进程而已。由于人类所患大多数疾病，都自然而然地痊癒，因此医生的治疗通常是受到报酬的。药典所列一大堆令人見而生畏的药剂，編纂时所靠的来源，一部分是古代医学依据民間医术和幻术的药草，又一部分是文艺复兴时代巴拉塞尔士所引用的較剧烈金属药品(226 頁)。差不多所有这些都是无用

的。

这里或那里，例如用奎宁来治疟疾，用接种痘苗来抵抗天花等預防措施中的少数几种特效药，都只是侥倖碰上的，但因缺乏充分实驗或理論就不可能加以概括。如以后所述，最初由于把化学用于酿造啤酒和葡萄酒两項古老的生物学工业所得到的新发見，这就引致人們初次認識到，一些致命疾病，如炭疽热、恐水病、霍乱和鼠疫，都是外来有生机体侵入人体的結果；同时并揭露出如何向它們的传染作用进行战斗，甚至再进一步，防止人們染上它們。（379 頁起）

从此而后，至少在原則上，战胜疾病的道路是开放了。在最初几个阶段里，这指出，用了科学，人自己就能克服以前看来总象命运的盲目作恶，或超出他的控制而不可思議的天意。仅仅在这一点上科学已为它自己作了表証。然而正是新医学科学的进展，現在愈益分明地衬托出外表上如此丰富強盛的文明，其基础和支持竟在于工业和殖民主义为劳动人民所招致的貧困情形。疾病的根本原因不在細菌，而在于使細菌得以繁殖和蔓延的条件，而且沒有任何疫苗或血清能应付經济制度本身所特有的內在毒害。

对殖民地的競爭

到世紀之終，工业化了的欧洲，大部分集中在环繞北海的煤田区，人口倍增，以致不再能直接自給。需要不断增加的大量食物和原料必須从东欧，特别是俄罗斯，以及美洲輸入。正是由于这样的需要，就引致迅速改变耕种方法以及保藏和运輸食物的方法。农业机器的发展，虽通常不能增加单位面积的产量，却大大增加了每人的产量。这种机器特别适用于地广人稀之处，因此較宜于美洲，而不怎样宜于东欧和亚洲的較旧而仍然封建的农村文化。

采用农业机器和相联系的鉄路和輪船运輸，就根本改变了人和他的食物供应的关系。在这以前，甚至在十八世紀种种改进之后，食物生产量的百分之八十到九十五消耗在当地；城市中的工人和四体不勤的富人，总占少数，就只能銷掉余下的百分之五到二十。有些国家或靠貿易而生存，如十七世紀的荷兰，或靠制造，如十九世紀的不列顛，只有榨取全世界以百万計的貧农的微小个人农产賸余，才能維持庞大的城市人口。那么，使用农业机器的耕地工人，可以是日益縮小的少数，而却以从来不能想象到那么多的余粮供应城市。在最初，仅有谷类食物的情形如此，而食物集中城市这一原則，要推广到肉类和魚类，只有采用牵涉到很多物理、化学和生物学研究和发展的冷藏法或罐装法之后才行。

这些用机械来进行剝削的方法，以实施于初耕地者为最多，比起当时散布得很广的采矿企业，有很多地方相同；但因占地較广，在效果上破坏性就厉害得多。土壤肥力的耗竭只能部分地用人造肥料来緩和暫时，而这就为下一个世紀开了破坏严重的土地侵蝕之路。

西方和东方土地的开发，最初是为了拓展农业，然后是为了拓展工业，其所以可能，大部是由于农业机器和运輸方面都使用鋼。这就成了一些古老国家的經融資本的最有利的出路。但在东西两方，这样投資下去，其命运却大不相同。北美洲从开始建立就是資产阶級的殖民地，甚至在南北战爭以前，就已在产生本土的資本家。他們靠大陆上未經开发的資源，以及千百万欧洲穷苦移民的劳力，日益致富。不少的杜邦(Dupont)、阿斯忒(Astor)、洛克斐勒(Rockefeller)、和摩尔根(Morgan)不久就在財富和势力上都超过他們的欧洲先驅者，并把美国轉变成为資本主义的堡垒。

另一方面，在俄罗斯，专制政体和封建遺风，再加上英、法、德資本家的高度压榨，就此在一个时期內阻止了发展，但是等到革命扫除了这一切，就为第一个社会主义国家敞开了道路。

在东方，印度仍供直接压榨，而中国則供間接压榨；但日本一国却得任其自成本土資本主义开展文明的价值的模范，創造了新式"西方"文化所有的表象，包括科学在內，但用它們来在封建基础上建立一个不受約束的、专行掠夺的、軍事化国家。

8.8 十九世紀晚期的科学

在一个象十九世紀晚期那样又短又挤滿了实际成就的时代里，不必期望完成許多理論上的大进展。在物理科学方面，这时代特别显然是一个过渡时代，对十九世紀初期的大进展加以完善；同时更有一类新研究在开始，这就要引致二十世紀爆发式的进展。另一方面，在生物学上則另辟天地，从事研究微生物，并打开途径从物理-化学观点上来了解生理学。

光的电磁理論

这个时代物理学方面的主要成就是麦克斯韦制定的光的电磁理論。有了它，就在一个概括的理論中綜合了物理学中几个不同部門，即电学、磁学和光学，两个世代的实驗和理論上的种种結果，并給予它們一个簡单的数学規定。这理論本身虽是数理物理学的胜利，但仍靠建立准确的电学单位来驗証它自己，这也是因电工业兴起而引起的必要任务。麦克斯韦方程式又轉而成为未来电子学的理論基础，这正是理論和实

践錯綜复杂的相互作用的实例。

电磁理論是一項登峯造极的成就，实現了法拉第的梦想，認为自然界所有种种的力应該能証明为相互有关，而連同热力学定律一起，它似乎暗示着物理学有某种終极性——这一观念要在二十世紀被无情地粉碎掉。然而这个理論又是一个开端，因为它的中心概念——电磁波的存在有理論上的必要——就要引导赫兹（Hertz）于1888年用实驗表証电磁波，进而引向电磁波在无綫电报上的实用和由此而产生的一切。

化学元素周期表

在化学方面，这个时期包含一項主要的概括，就是1869年門捷列夫（Mendeleev）（421頁）指出的周期表。这个表在当时又象是限制了基本不同类的物質的存在，但是它实在要借一种对物質的新观念来发現它的充分詮释，这概念不再認为物質是由不能轉变的原子所构成，而是由自身能改变、能轉化的几种基本粒子，比較非永久地互相联合而成。門捷列夫是原子体系的哥伯尼；原子体系的伽利略和牛頓，还有待后来才出現。在有机化学方面，一旦克服了由于迟疑接受原子理論而引起的混乱，对于詮释天然物質的种种結构，就有了宏伟而秩序井然的进展，甚至更能給人深刻印象的是有目的地合成新物質。临到这世紀之末，化学研究就完全納入新兴化学工业，作为其中一个主要部分，而这时此項工业已于制出合成染料之后更展向合成药品的胜利（369頁）。化学家的人数論倍地增加，竟代表了所有科学工作者的半数以上。

研究实驗室

这样科学和科学家的利用既然增大，就需要大大扩充科学教育和科学組織。唯一的組織性革新是开办工业研究实驗室，这样实驗室几乎是在不知不覚中从那种发明家变成商人如西門子或爱迪生的工作处或私人試驗所发展出来。但科学的各項新用途意味着各种新职业，因而吸引了越来越多的学生，于是大学实驗室也生长起来了。这样，尽管有科学不应关心图利的一切抗議，那时期的学院式科学終于要依靠科学在工业上的成功。然而在大体上，学院式科学仍得享受不少自由，只要它尊重政治和宗教上的习慣性約制。

德意志科学的优势

科学最大量的增进是在德意志。德意志大学，新成立的高等技術学校，无数的期刊和参考手册，为数之多越来越能在将近世紀末走向統轄科学世界。不列顛和法兰

西，倚靠她們自己的伟大传統，就反抗这一趋势，但德語已卓然成为科学上的国际語言，而德国教授建立了一种科学帝国，包括了欧洲的北部、中部和东部，并对俄罗斯、美国和日本的科学发生了相当大的影响。德国教授已走上了成为全世界科学家模范的道路。象大多数德国知識分子一样，教授对于統治这个新近工业化并在扩张中的国家的黷武封建制和大企业的联盟，和平共处。这样的臣服效忠就要指向科学发展的下一阶段，在其中科学就要用来为国家服务，特别显著地是为了軍事目的。

大消沉

十九世紀之終，也象十九世紀之初，其标誌是有一种傾向于严厉限制科学范围和重要性的哲学反动。不过，世紀初的反动指向着反对法国大革命的影响，而世紀末的反动却由于忧心忡忡地意識到社会革命之将来临而不得不起而反抗。尽管那些越来越靠科学操作的工业正在产生巨大新財富，尽管有更多进展的前景，社会上的紧张状态看来有增无減，而在有文化的知識分子行列中，不容否認其具有无可奈何、大难临头的感覚，世紀末日的感覚，而这是后来所表明为完全有据的。特别是在欧洲，馬克思社会主义看来正在为工业界里工人阶級提供一条充滿希望的代換出路。所以就是在欧洲，哲学的潮流最直接地受到影响，但不列顛和美国，尽管对哲学一貫地不关怀，也不得免。

世紀中叶的含蓄的、乐观的唯物主义一度曾轉向到馬赫(Mach)(1839—1916 年)和奥斯脫瓦耳德(Ostwald) (1853—1932 年)的新实証主义。他們在为科学清除不必要的意識結构的幌子之下就删去了物質，而代之以成細的感覚或便于自己的虛构。这派哲学，以及其他类似的哲学，如柏格森(Bergson) (1859—1941年)的"生命的冲动"(élan vital)和威廉·詹姆士(William James)(1842—1910 年)的实用主义，都趋向于把革命性的刺激从科学中除掉，对任何以为科学可用来有意义地改进人类命运的观念，則一笑置之，不屑一听，并使科学成为能被有組織的宗教和政府所接受(596 頁起)。

凡此諸派哲学实在只是一些症象，表明科学愈益为技术所不可缺少的結果，就是被吸收到資本主义机构里去。用了增加捐款，容許更大的专业化，和别有用心的頒发荣誉和宠眷，这样就較易改变科学家的态度，使科学家专向純粹科学，而脫离社会責任。正是科学家人数的增多，也加強了这种順从国教和逃避責任的趋向。到世紀之末，独立的科学家只是微小的少数。大多数科学家都从大学或政府領取薪金，而同化于統治阶級心理的現象为从来所未有。

这些順应派的傾向究竟阻碍科学发展到什么程度，总是难于断定，因为，在历史事实上，它們的影响被科学本身規模的巨大扩张所压倒。但是，如对某几門特种科学的进展，詳細研究，都会看出多少总有这样的阻碍效应。[5.3] 有关重要的并不在于有些現象被錯过了，或者，纵然观察到了，而有些后来象是明显的結論，当时未經从現象推出来；不过这种情况确曾一再发生。关鍵所在毋宁是：十九世紀晚期的社会制度里，絕不存在眞正的方向感，或者对于不同工作部門的相对重要性毫无概念。假使当时曾有这种感覚，那么要在世紀更替时出現的种种伟大发見之中有許多可以提前二十年，或更早些就預料到了。对于旧理論加以精化所浪費的毫无結果的精力，应該卓有余裕地足以揭露新理論了。可以这样說，这样的看法与当时的科学是格格不入的——有人說目前仍然如此——但是，无可怀疑的是，几个重大时期，如十七世紀中叶和十八世紀后期，甚至十九世紀中叶里的全面的、有組織的科学大推进，看来已經消失了。非要等到二十世紀的动盪时期，它才会精神飽滿地再度出現。

这里結束了对十八和十九世紀科学一般发展的敍述。对于那个大时代里种种成就的一般評估，要延緩到第九章之末，在更詳細討論过各門科学的进步之后，再作陈述。

第九章　十八、十九兩世紀各門科学的發展

9.0 导　言

到了十八世紀，科学对社会的种种关系不能再表述成一个簡单的时間序列。以前有必要从这样一个序列說起，因为，沒有它，各門科学史都只是保持为一些編年录了；但是仅以它本身而論，它却掩盖了連續貫串着这整个时期的几門特殊科学的內在联系。在每門科学中，了解和控制的平行增长有賴于內在和外在因素两方面。內在的有决定力的因素是自然的无可爭辯的事实：物質的結构以及物質进化的事象和特征。外在的有决定力的因素是那些同一般历史相联系的技术的、社会的和經济的能力和推动力。这些虽然可能不会断定所发見的东西，却有判断作用，能决定何时并如何把新事实引入科学的累积性传統。要充分了解这是怎样发生的，就必須詳細寻繹科学史，要具备比以往对此通常所凭借的更为博大的知識和批判才能，才行。我在此不能自詡为就这样做，但仅仅企图例示相互作用中的某些原則，办法是概略地討論某些选定的科学和工艺部門，这些部門在它們之間表明出十八和十九世紀中进展的一般特征。

我所选定的部門是：热和能(9.1)；工程和冶金(9.2)；电和磁(9.3)；化学(9.4)；生物学(9.5)。在本章最后部分(9.6)，我試行貫串本章和前一章里的材料，并审查应該从时間和主題序列所吸取的教訓。选择主題时宗旨在于表明十八、十九两世紀中从学院式为主的变到在經济生活上起主要作用的科学这一过渡时期中的主要特征。除了第二部門以外，每一主題包含一項以上与某重要基本科学原則的发見相联属的、在經济上重要的发展。因此，第一节包含了蒸汽机的历史，并指出增加蒸汽机效率的种种企图怎样导致了能量守恆和轉化定律的发見。第二节，就某一意义講，是第一节的附录，因为正是对蒸汽发动机和汽动机器的制造有严厉要求，才导致了鍊制金属用的精密方法，并使人能大量生产改进的金属，这又引进了鋼的时代。在这一方面絕沒有牵涉到重大科学原則，而且所需要的科学也比較少。研究工程的价值在于能表明：第一，机械轉变中有多大一部分依靠簡单的工人；第二，精密金属鍊制对于工业和科学二者是如何必要。在鋼的叙述中，所着重的却在于使用比較少的科学知識，而达成了极大的技术和經济进展。

在关于电的第三节，我們遇到另外一个不同的情况——即一个純属科学兴趣或

甚至玩好兴趣的題目轉变为一种主要工业的研究。同时，这一研究，应該有助于表明：十七世紀里发展的数理力学，在一个經驗完全出人意外的部門上的应用，怎样能在十九世紀里創造在理論上最为重要的新概括。导致光的电磁理論的步驟，可以和导致牛頓引力理論的步驟相比。这个电磁理論本身代表着使人誤認十九世紀科学具有終极特点的第二个主要的、有統一作用的假說。

第四节重述十八世紀科学的中心进展，其結果是使以前为盲目經驗主义和神秘炼丹理論所分轄的化学园地，归为有理性的定量科学之列。联系到普利斯特利和拉瓦錫的气体力学革命，代表了科学第一次越出希腊人所培植的科学領域以外的大規模扩展。它在人类历史上压倒一切的重要性在于这样的事实：这个革命也表示科学积极而有利地进入一个主要生产工业，这是第一次。后来化学对紡織工业，并从漂白和染料推移到炸葯和葯品，所发生的密切联系，就在十九世紀中伴随并启发了有机化学的題目。

末了，我已試从生物学各部門的广大范围內，提出两三条决定进展方向的指引性綫索。在这里一方面有农业和医学上的先务之急，它們終于导致了微生物学和巴士特的病菌理論。另一方面又有关于創世說的激烈爭論，就要通过地質学和自然历史而引到达尔文有机進化論的建立。不容怀疑，十九世紀一切伟大科学成就，包括物理学中的輝煌概括在內，只有进化論的重要性足以比拟哥伯尼-伽利略废黜地居宇宙中心說的重要性。从那时起，人类找到自己在自然界里的地位了。人类只有承認自己是动物，才能懂得社会和文明的作用已使自己如何不同于祖先。随着进化論的被承認，亚理斯多德派世界图象的最后一环就被掐断了；但是以人类造成的世界来代替天上神为的机构，其邏輯含义尙有待于抽繹——这一任务，在資本主义的社会体制中是要表明为太困难的。

由于集中注意力于这时代的主要科学和技术进展上，我就免不了把图象过于簡化了，而且不得不略去作为一部全面著述所需的整串整串項目。然而并无理由相信，这些成串項目所繪描出的故事，会是另外一类。例如，我极少或全未提到十九世紀初开始的光学大发展，包括导致光的波动理論重現的新发見，即偏振和衍射，也沒有講到光譜学和光譜分析。这些发展后来要使可供其他科学应用的仪器的种数增加好几倍，要使化学和天文学发生轉变，并在下一世紀提供窺探原子結构的綫索（420 頁）。光学史里富有科学因素和經济因素相互作用的实例，甚至在十九世紀在电影和电視发明之前就是这样，但这里沒有篇幅来談到它們了。不过在以后几节里的討論却应該表述够多的相互作用类型来照顧那些未加論述的部門的类型。

9.1 热 和 能

对于現代文明的发展，热及其轉化的研究在知識方面甚为重要，而对技术和經济更为重要。本来这不过是从观察自然、感觉冷热、操作烹飪、注意天气变化扩展出来。远古对于热的臆測很多。热和生命和火，显然相关，也和猛烈的作用相关。

爱奥尼亚哲学家，循着甚至更早的传說，曾引进了热和它的对立物冷作为宇宙进化的两个原因——热引起膨胀和气化，冷引起凝縮和硬化。亚理斯多德，特别是在他的气象学里，規定了冷、热性質的传說；冷和热加上干和湿，就决定了典則上的四大元素，即火（热，干）、水（冷，湿）、风（热，湿）和地（冷，干）。（106 頁）

这个学說，由化学和物理学融合而成，深入人心好几千年，在中国和印度也同在欧洲一样流行。互相剋制的元素之說在医学上特别重要，并且好象为发寒和发热的經驗所支持。最初的原始量热观念确实从医学而来。热和冷都假定为各分成四种程度或等級，第一刚刚感覚得到，第四就要致命了。[3.19] 对于第一、第二和第三种程度的葯剂，其目的在于矫正和緩和相反的剋制，因而有"緩和度"（即温度）的观念。

这个哲理的医学理論一直留传下来，而到文艺复兴时代还获得新的生命。培根，遵循特里修，甚至已用冷热对立之說作为他的哲学的中心特点（251 頁）。从最古的时候起，就把热联系到气体和蒸气的运动上去，而且大部由于热关联到十七世紀的气体力学上的发見，它才脫离定性哲学的軌道，走上定量科学的軌道。伽利略曾造出一种空气膨胀温度計，而这种温度計，連同托里拆利的气压計，就用来观察天气。[4.13]

蒸汽机的進化

热的定量研究的进展路綫却并非要通过这一类探究，而要沿着实践方向，利用膨胀力来使热做有用的功。整个十七世紀里，机巧的設計家都傾倒于"以火升水"的观念（270 頁）。这問題在于怎样把两个都是古老的观念結合起来使之成为合于实用的发动机：先要用空吸力（或眞空度）使水充滿空間，然后用膨胀的空气、水蒸汽或气体所施的压強，来排去內含物。德·柯斯（De Caus）（1576—1626 年）是一个十六世紀很风行的园囿給水工程的設計者，他在眞空实現之前实际上就已解决了这个問題。他在一个盛水极少并用管子連到水井的器皿下面点起火来，等水烧干，器中充滿蒸汽，他把火移开，并关閉汽閥，水就被吸进，填滿空处。这个办法，虽然沒有什么实用，却具有眞空发动机的主要原理，但是非到封·葛里克的工作出現（270 頁起），它的作用不能完全了解。大多数对眞空进行研究的科学家，都多少对于实用发动机有些概

念，但缺乏机械方面的才能来造出一个会工作的发动机。最能逼近目标的是得尼·佩品。他先后替惠更斯和玻义耳作助手，拟定了这样一架机器的詳細規格，但捐不到錢来制造。他穷死在倫敦。我們还保留着他在1708年写給王家学会书記的一封惻然动人的信，請款十五鎊，来做一个"值得考虑的实驗"，可是书記回信說，会方不能貸款，除非事前保証成功。[4.11.38]

第一个人計划成功了一个可工作的火力泵并出資制成它的，是王家工程师队的薩勿里（Savery）大尉（1650—1715年）。他用两个器皿，交替着充滿蒸汽去排水，再冷却下来以吸进更多的水。至今凝汽眞空泵仍用此法。他絕非寻常的投机創办人。从他的专利声請书，題名为"矿工之友"，可見他完全明了蒸汽发动机的可能重要性，尤其在抽干矿井，对繁重連續工作有最大的需要。他在声請书里說：

致英格兰矿业界諸位企业家先生。

我很能体会，諸位中有很多位仍把我所发明用火的推进力来升水的方法看成一种无用的設計，絕不会符合我的意图或抱負；而且認为这样的发动机完全不能在地下使用，也不能升水和排除你們矿井里的积水，也就不配受到你們的任何鼓励。我不很喜欢蒙着空洞的投机創办人的坏名声，所以特此呈献我的机器草案一分，列举它的种种用处，让你們考虑到底它值不值得費你們一些事来利用与否……。

对于排除矿井和煤坑的积水，用了这发动机，就会充分自行表明能够升水，很易行而省費。我不怀疑，几年之內，它将成为增加我們王国中非关等閒的一部分財源，即矿业的手段，使之达到今天的两倍，如果不到三倍的話。而且如果說現在每年出口的大量鉛、錫和煤，是在費用如此浩大，矿工們排水的痛苦一言难尽的种种困难之下开采的，那么用了这种处处合于矿中需要的发动机，費用大大減輕的时候，出口量岂不就会增加好多么？

虽然如此，薩勿里的发动机工作起来有不少实际缺点，它的主要价值乃在于表明这个問題是能解决的。1712年达特茅思（Dartmouth）鉄器商托馬斯·牛柯門（Thomas Newcomen）造了一种更成功、更切实用的发动机。他用一个活塞，由一个直接通到低压鍋炉的汽缸里的凝縮蒸汽来加压。他的发动机，不象薩勿里的机器，不須建造在矿井的底下，不需那么多的照管，并且不靠高蒸汽压，所以安全得多。采用此机，就标誌出初步把空气压的科学原則移用到一种可由实践的人們所制成的机器上去，非但会工作，还会生利。（307頁，图12）

就我們所知，牛柯門既未受科学教育，也和科学界无联系的事实，[5.10.611] 就成为原

因之一，使 R. S. 美克耳翰（Meikleham）在 1824 年駁斥蒸汽发动机是"科学賜予人类的最高貴恩物之一"的見解。他断言道："沒有一种机器或机构，比它更用不着理論家們的那一点工作的了。它的兴起、改进、达于完善都是由动手干的机匠做的——而且只是由他們做的"。[5·58] 关于科学在蒸汽发动机起源上应有的成份，有这样极端相反的两种見解，并非不相容的。一个机匠会不会悟到眞空唧水的彻底新的观念，是可疑的；至少在一个科学家悟到它以前，机匠不曾悟到。在另方面，沒有一个科学家曾具有，或能掌握那种技巧，去解决同等主要的問題，就是要造出一架能工作的发动机。如下文所指出，发动机的更前进的发展所需要的是彻底新的科学观念和老練的工艺反复的結合。

牛柯門的发动机造成后几乎七十年內，沒有根本的改进，其中有些架使用了一百多年，这就对他的智巧称道不少了。但它的用途有限，除抽水和噴水而外，作用起来嫌太不規則，而且耗煤极多。它的更前进的发展須有待于由科学方面注入新观念，尤其从創造一种关于热的定量科学方面来。

比热和潛热：約瑟·布拉克

那些对热的用途最大的工业操作逐漸推广并加大規模，热学也就跟着开始变成一种定量科学。这門科学的成长是从酿酒者和制造者的經驗得出科学体会而来，这些人慣于大規模地煮沸和冷凝液体，此外，它又从那些制造和使用早期蒸汽发动机的人的經驗生长出来。

布拉克医师对化学的貢献，在于发动气体力学革命（360 頁），也是建立热的新观念的創始人。他所取的途径首要是医学-物理的途径。他所关怀的是要闡明能通过血管而影响它們的內含的元素，火或热的本性。他发覚，各种不同物質，經加入同量多的他所称为"热質"之后，变热到不同的程度。他用混合法发見这現象。这方法由让·摩林（Jean Morin）（1583—1656 年）首先用过。[5·60] 布拉克仍按阿拉伯人四种程度的热平衡四种程度的冷的观念进行工作，并达到了确定不同物質的热容或比热的地步。就是在这个地步他反复考虑了雪和冰都需要时間熔解的事实——就是說，吸收了热而并不变得更热——这热一定是躲藏或潛伏在冰所熔成的水里。第二步，他量出了蒸汽的大量潛热。酿酒业中早知道，煮干水比煮水到沸需要的热要多許多，这事实就反映出蒸汽有很大的潛热。此外，当蒸汽在蒸餾甑的旋管里冷凝成水时，又释放出先前所吸进的热，所以在管外須通过很多冷水来去除热。（218 頁，图 8）

詹姆士·瓦特:分离的冷凝器

潛热发見后第一次的实际应用是由格拉斯哥一个青年仪器制造者詹姆士·瓦特所作成的。大学責成他修理一架牛柯門发动机模型(請注意这是又一个技术对科学交互作用的例子)。他发見弊病是由于在每次冲程中蒸汽在冷汽缸里凝結成水而丧失了。布拉克就用他新近发見的潛热現象来替瓦特作了解释,其后不久瓦特就悟到把蒸汽冷凝分开进行的观念。1765年发明了分离冷凝器,这对于蒸汽发动机的发展起了关鍵性的作用,因其使蒸汽机的效率大大增加。冷凝器只是瓦特所作許多改进的起点。

馬太·波尔吞:索和(Soho)發动机厂

瓦特为了要造出可行銷的发动机,在洛巴克所开的卡倫工厂經过相当失敗后,不得不和伯明翰的伟大制造家馬太·波尔吞合夥(304頁),并利用黑烟区日益发达的金属工业的資源,在这以后蒸汽发动机才能从理想变成事实,因为正如瓦特以不自覚的曲喻所承認的,"苏格兰人天生当不了工程师",特别可貴的是約翰·尉尔琴孙用他的鉆炮膛机器为瓦特服务以制备正确的圓筒汽缸。瓦特創出了把飞輪、节汽閥和离心力節速器联合使用的方法,就造成一种发动机,能按稳定速率推动机器,甚至不怕負載量变得很厉害。这种机器本身就是工业上反饋的或控制性的調节的最初范例(439頁起)。它正在工业大革命开幕时出現,就成了二十世紀第二次工业革命特征的自动化的先兆。*

一直到瓦特时代,蒸汽机只例外地用在远离煤田的矿場,牛柯門的发动机,纵然經过斯米登(Smeaton)(1724—92年)改善,仍只有在煤价天然极賤的地方,用来抽去煤矿积水,才是一件合算的事情。但有了效率較高而較稳的瓦特发动机,康瓦尔(Cornwall)全区重金属矿业的产品,而后来徧布全国的工业性紡織厂所需的动力都变得又容易得到,又便宜。

有許多經济的和技术的困难等待克服,所以蒸汽机是經过了艰巨的斗爭,才打进了不列顛每一采矿区和每一制造区。不止于此,因为波尔吞主张为全世界进行制造:蒸汽机就装設在法兰西、俄罗斯和德意志,大多数都是由不列顛的工程师担任。

机車和船用發动机

由于蒸汽发动机須滿足一些技术上和經济上的要求,所以它后来的发展就以这些要求为条件。瓦特的发动机,对于矿和制造厂方的大多数需要,能够滿足,可是对

于所生出的动力說来，却嫌昂貴、笨重，而耗煤仍太多。凡是需要机体輕、功率高的場合，就要有可以搬动的发动机。早在 1801 年，特雷費錫克(Trevithick)已說明用一种高汽压发动机，完全废除冷凝器，并把废汽排洩到空气里去，这就是上述要求的答案。[5,28]

机車是在摸索之中出世的。它是在它的天然出生地，即煤田区，連接坑穴和装卸站的軌道上成长的。当它还談不到能生利时，有无数的关于推动、悬置、路軌、永久性路基的問題亟待解决，这就不怪科学在此无甚作为，而解决这一切問題进行最远的竟是一个煤矿掌炉手的自学成功的儿子佐治·斯蒂芬孙。[5,69] 他的一件决定性发明几乎出于偶然，就是把废汽轉送进烟囱里去，这样催促炉火，发出动力，足以超过馬匹，而达到每小时二十哩那样非凡的速率。1829 年新筑的利物浦 (Liverpool) 与曼彻斯特之間的鉄路上，在雨山 (Rainhills) 地方举行試車，斯蒂芬孙的火箭号获得了头奖。从此机車的胜利就为人所承認了。

要发动机适合水上运輸，又完全是另一問題；这里重量和大小都不关紧要，而燃料的节省則极为重要，因为汽船必須携带自己所用的煤，正是这一限制使汽船在十九世紀大部分里只用于內河和沿海貿易而已。1781年霍恩布罗尔(Hornblower)(1743—1815 年)創用多級膨胀法才解决了問題，不过发展得很慢。后来除掉用螺旋推进器代替明輪外，并无其他根本改变，直到 1884 年巴孙斯 (Parsons) 的渦輪机才改革了产生动力的方法。

工業革命中經济和技術的相互作用

蒸汽机的历史表明工业革命的必要条件怎样又是經济的，又是技术的；說它們是經济的，意思是紡織工业的成长提供了在扩大中的市場上出售的消費商品。說它們是技术的，意思是新的发动机是唯一的手段来供給煤和动力，以及归根到底必要的运輸方法，沒有后者紡織工业的扩大是不可能的。

蒸汽机大部分是实践工程师們所改进的，并不靠科学有任何显著的貢献。可是它的作用确曾吸引了許多想了解它，或甚至希望改进它的科学家的注意。这样的研究，結果是使人們对气体和蒸气的行为所依从的定律获得深得多的了解——这是制定各种蒸汽表所必需的——这就导致物理学中的一个新的普遍概念，用一个共同的詞，"能量"，把机械力和热在理論上列成等式，有如蒸汽机已在实践上所作出的那样。

热質的建立

說来奇怪，对于作为把热轉变为功的手段的蒸汽机操作性能，首先予以認眞的科

学研究的，是在从外国輸入蒸汽机的法兰西，而不是它的发祥地不列顛。首要的困难在于当时存在着的关于热的意义的传統观念。我們已經見到（334 頁），从前把热和火混淆了；甚至把生命有关的动物体热，也归属于一种不可見的火。[4.87] 在十八世紀，把热当做一种有質物，即布拉克的"热的物質"，后来由拉瓦錫命名为热質。虽然屢次有人試图称出它的重量，都失敗了，这只是表明它是一种不可称衡的流体，象电或光一样。[5.53] 拉瓦錫（363 頁）指出，这一概念很合于他所持的看法，以为热由化学化合产生，尤其从火或动物体中的氧所起的化合作用而来。

然而，另有一个全然不同的传統，甚至更古些，以为热是一种运动，完全不是实在的物質。人类用取火鉆和进行鍛工几千年所积累的經驗，已表明力可以轉变为热；到了这个时期，蒸汽机更証明热可以轉变为力。但仍須借重蒸汽机，即所謂"用火升水"的发动机，才表出了热和功两者間的定量关系。

早期的牛柯門蒸汽机几乎失敗了，因为它做出来的功几乎不够抵偿所耗的煤，而煤离开煤矿或潮汐所到处，就很昂貴。用馬来做，反而便宜些。瓦特本人为了要估定他对于使用他的发动机的人，应該收費多少，曾量度过馬在一分鈡內能做多少呎磅的功，就拿他所創的普遍用的馬力来表示发动机的功率。波尔吞和瓦特合伙的店想出一个聪明的方法来出售他們的发动机，自愿免費装置并照管它們。然后比照换新机代替牛柯門发动机或馬拖軋棉机后所省下的燃料或飼料的价錢，索取三分之一，作为报酬。[5.27]

1798 年倫福德伯爵首先在慕尼黑表証馬力轉变为热的倒易作用（311 頁）。他向来对热关怀，尤其是热在經济上的用途，就首先注意到鉆炮膛时所生的热，后来又加以量度。由于他表明了有限量的物質能生出无限量的热，就有效地駁倒热为物質的理論，但这还不足以树立一个代换的理論。

卡諾：可逆热机

发动机鍋炉里的热变成飞輪里的动力，这个事实虽已大被利用，却久久不能納入严正科学的軌道。[5.3] 每架发动机有它自己的一个耗煤对做功的轉换因数，这因数随着发动机的改进而降低。当时似乎看不出效率有什么限度，可是这样的限度非有不可，否則永恆运动就会成为可能。就是这类的考虑，导致十九世紀无人承認的伟大天才之一薩第·卡諾（Sadi Carnot）写出了"对火的动力的感想"（Réflexions sur la Puissance Motrice du Feu）（1824 年）。薩第·卡諾（1796—1832 年）是法国大革命中"胜利的組織者"拉薩尔·卡諾（Lazare Carnot）的儿子。他在新办的多科工业学院訓練成为工程师，是首先把数理物理学原則应用于新机器性能的行列中的一人。

卡諾把蒸汽机設想成一种机器，在其中在高温度下的热質流經发动机，而在低温度下留給冷凝器；只要在这过程中毫无損失，就会作出最大限度可能的功。对比的驗証就在发动机的可逆性上。发动机，作为我們現在所謂热量抽机来使用，就能用同一能量，反过来把同量热質从低温升到高温。他証明，即使在可逆性的这种最佳条件下，輸进的热也只有一小部分能变成有用的功。换句話說，只有当热在不同温度之間轉移，才能做功，这就相当于后来所謂的热力学第二定律。

卡諾的成就不止于此，他看出一部分的热确实在发动机里轉变为功，甚至查明它有多少。可惜他死于霍乱，竟来不及发表此項知識，而他发見热功当量的伟績也埋沒在笔記册里五十年之久。在这期間他已发表的著作也几乎为人遺忘，亏得 1832 年克拉珀龙(Clapeyron) 挽救了它。这著作后来却成了热力学这門新科学的根本基础。热和功之間的关系还要再等几乎二十五年才得充分闡明。[5.3] 到那时候延誤实在太久了。

能量守恒：迈尔 (Mayer)、焦耳 (Joule)、亥姆霍兹

1842年一位随船医师罗伯 (Robert)·迈尔 (1814—87 年)首先估計了热功当量。不久，一个殷富酿酒商的儿子，业余科学家焦耳(1818—89年)和生理学家兼物理学家封·亥姆霍兹 (1821—94 年)，也提出这个当量。看起来至少有五个其他物理学家或工程师，独立地发生了实質上相同的看法，不过表达得不很明显。这三个主要发見人所取的途径，却各具不同的特点。迈尔是从宇宙性的一般哲学思維上着想，而达到他的概念。他看到物体受重力影响墜落时，获得"活劲" (vis viva 能量)，又見到气体被压縮时，发出热来，二者的类似性惹起了他的注意。焦耳起初做了些实驗，目的在于断定新創电动机能成为合于实用的动力源到什么程度，因而也被导向这个观念去。他証明这电动机不合实用，因为所有的动力来自驅动它的电池內所消耗的很昂貴的鋅，在証明的过程中，就引导他去考虑功和热之間有量的相当关系。1843 年他把这个見解通知在考尔克市 (Cork) 举行的英国协会，但会方淡漠視之。皇家学会不肯发表他的全文，他只得用愈来愈准确的实驗来打开引到世人公認的道路。[5.3]

1847年亥姆霍兹企图把牛頓的运动概念推广为許多物体在相互引力下起作用的概念，就証明力和张力，即今日所謂动能和势能，加起来总量不变。这就是在最正式的意义下的能量守恒原理，但它所以重要乃在于它調和了有关热的新学說和力学上的旧学說。这个过程以后要由焦、亥两人的朋友威廉·湯姆逊，即后来的开耳芬勳爵在他的"热的动力当量" (The Dynamical Equivalent of Heat) 的論文 (1851 年) 里才大部分完成。*

不論研究取径怎样不同，所有发見人都受了蒸汽时代的气氛的影响，[5.3] 直接地甚于間接地，尤其是受机車的影响。如迈尔所說："把热从汽鍋蒸餾出来，在轉动的輪子里变成机械功，又在車軸、輪箍和軌道上，凝而成热，都是在机車里进行的。"

机械功、电和热只是能的不同形态。能的守恆原則是十九世紀中叶最大的物理学发見。它把許多門科学併合在一起，很合于当时的傾向。能量成了当时物理学的普遍通貨——好比是宇宙种种变化中的金本位（97 頁）。所建立的是各种不同能量通貨之間的一种固定兌換率：在計热所用的卡、計功所用的呎-磅和計电所用的千瓦-小时之間的固定兌換率。人类活动的全部——工业、运輸、照明、最后推到食物和生命本身——都看得出有賴于这一个共同名詞：能。

能的可用度

然而在十九世紀后期，本来似乎很乐观的能量原理，由于体会到热力学第二定律指出：有关紧要的并非宇宙間的能量，而是能量的可用度，而这可用度总是降低，于是这原理就受到严重的修正了。照麦克斯韦的分子論的說法，任何体系，开始时有快的（热态）分子和慢的（冷态）分子，結局就会有大多数分子以中速作运动（温靜态）；或者用吉布斯（Gibbs）（1839—1903 年）的表达方式，一个体系的攪混态（熵）总傾向于增加起来。

如果当宇宙是个整体，那么，看来无可避免，热源会要逐漸自行耗去，而达于普遍的温靜态，即所謂宇宙的"热寂"。竭力传播此說的开耳芬好象对这种普遍平凡性的前景几乎感到高兴。取譬于近，他能設法証明太阳不会无限地照耀不息，因而地球的存在不会多于几亿年。这比地質学家所需要来解释进化現象的时間，短得多了，可是物理学家的权威盛极一时。然而物理学家們錯了，因为这一預言，象許多其他預言一样，注定要被在原子內所发現的数量級庞大无比的动力新源所猛烈推翻。不过为了对开耳芬有公道，应当指出，他为此曾預留退步，对他的預言，加上了一句限制話："除非造化的无尽藏中还备有我們現在所未知的泉源"。[5.88]

能的哲学：馬赫、奥斯脫瓦耳德和新实証主义

也就在这时期，大部多亏勒夏特列（le Chatelier）（1850—1936 年）和吉布斯（1839—1903 年）的努力，热力学知識开始达到化学，甚至生物学。[5.6] 一时之間看起来好象全部自然現象都可以用机械能和热能这两种簡单的可观察量来解释，而这样的看法在馬赫一流的哲学家和奥斯脫瓦耳德一流的化学家的手里，就似乎有指望为逃

出原子論令人为难的唯物主义和激进主义开方便之路。

一种新的实証主义出現了，它宣称物質原子等一类的物理学假設，不再是必要的了，而科学全部可以从初浅的观察直接推导出来。1866 年麦克斯韦所演出的热的分子动力論，含有原子存在之意，是和这种趋势相矛盾的。不过麦克斯韦的原子完全是臆測的东西，需要新証据，才能認做是可以量又可以数的实質物体。

9.2 工程和冶金

十八、十九两世紀有一显著特点，就是机器的胜利。然而在这里，科学的地位仍然比較輕微。因为在工程和冶金两方面，占优势的是以手艺传統为基础的技术因素和以盈利为基础的經济因素。尽管这样，科学因素总是活跃的，而重要性日益增长，为它在二十世紀所要取得的領导地位准备了道路。

工程的历史，以它十八、十九两世紀的伟大創造，标誌出两方面的不断相互影响：一方面是商业和工业上增长着的种种需要，另方面是新的运用手段——机器、发动机、材料，創造了有利用途的新可能性。因为需要更多棉紗和更多布疋，就初次采用紡織机器；因为需要更多煤，就初次采用蒸汽发动机；因为需要便宜的运輸方法来搬运越来越多的貨物，就改进港埠、运河、道路、桥樑并彻底新創鉄路（316 頁）。然而，只要某一新机构或材料发展起来应付这些需要，馬上跟着就有对于以前認为不可能的或想不到的用途的新尝試和新推广，都变为可能的了。就象蒸汽发动机，原先为了抽水而发展出来，下一步就采用来为冶鍊炉鼓风和打鉄，再則代替水輪机来推动机器。再迟些时，蒸汽机装在船舶或运貨車上，变成能自己运行，就产生了輪船和火車。相似地，由于对机器构造有特定要求，就造出廉价鉄和廉价鋼，于是在需要更多机器、車輛、船舶和房屋的构造中又引起革命。

工程师

在机械和金属发展的每个阶段，手工艺人就忙着試驗新器物，并尽量吸收可以利用的科学；而科学家也不得不学习这些行业，为的要能了解它們所依据的原理。这个过程，我們可以通过 1750 到 1850 年这一重大时期里許多工程师的传記为媒介来研究。在这里幸亏有不列顛工业史大家撒木尔·斯迈尔的著作，[5.78–80] 此外还有新的一代更有学問的史学家，如狄肯生（Dickinson）[5.26–28] 和牛柯門社其他社員的工作提供了很好的材料。不列顛久为工业革命中心，其中工程师大多数出身簡单工人，旣灵巧熟練，又有进取心，但通常无文化或靠自学。他們或者是車匠象布累馬（Bramah），或者

是机器匠象麦多克和佐治·斯蒂芬孙，或者是鉄匠象牛柯門和摩德斯雷。另有仪器匠象斯米登和瓦特、技工象內斯密司（Nasmyth）（1808—90 年）或采矿机师象特雷費錫克，几乎和前面几个人无甚分别，只不过对科学較接近些罢了。在法兰西，車間的作用小些，而国立学校和軍事学校的作用大些，所以学校出身的工程师占优势：象雅尔斯（Jars）、蒙日、逢色列、佛內龙（Fourneyron）、薩第·卡諾和法国工程人材为英国所用的馬克·布呂湟（Marc Brunel）（1769—1849 年）。在較晚的一期里，即 1850年以后，科学优势轉为显著，随着来的是德意志在一些主要发展方面新占重要地位，不列顛只出了一个巴孙斯，来和德意志的西門子一家、鄂图（Otto）和狄塞耳（Diesel）相抗衡。

工业革命全期里的主要傾向在于发明越来越巧妙的机构，并获得机器和結构的稳步改进。除掉在初次牵涉到新物理学原則的情形，象新型热机关和电机以外，这两方面都不多求于科学。机构的設計大都摹仿工人的动作，包含着一种实用机械数学，太复杂了，在学校中是学不到的，毋宁是从鈡錶匠和制鎖匠的传統技巧派生出来。可是为要做到成功，这还得配合上对当时工业的需要有机敏的体認，并对在什么場合会有节省劳力的可能而且能够获利，心中有数。由于这一类的判断力难得备于一身，因此利用新发明倖利的人，象棉紗业里提倡工业革命的健将阿克来（300 頁），通常傾向于排挤单純的发明家，而后者往往瀕于毁灭；但是机器总是建造了。自 1750 年以后，发明家兼利用家所向无敌。代替人手的巧妙机械，从紡織工业推广到千百种其他工业，兼有消費品制造业以及金属和机器工业本身。它們甚至侵入农业和食品加工两种最古的传統职业，尤其是在美洲，那里尽管有蓄奴制度，肥沃土地总多于耕种的人。十八、十九两世紀的种种机构，虽然多式多样，又大大助长了文明，却仍只是旧原理的联合运用，而并非象二十世紀的机构是新原理的应用。因此它們对科学，所取无多，所与亦无多。

效率和利用：渦輪机和內燃机

世代相續的工程师的任务在于改进机器和发动机——几乎全是蒸汽发动机——的操作。本期內大部时間里，这任务大体是一个适应的問題，从細节上改进，設計得更妥善，使发动机能配合它的各式各样的用途，并逐步增加每耗一单位重量的燃料，或一单位生产成本所产生的能量。在十九世紀后期，卡諾的观念和根据它們而建成的热力学，逐漸浸透了工程世界；但这些观念的实效，与其說是在于改进旧式往复发动机，毋宁說是在于导致了渦輪机、內燃机和冷凝机所具的革命意义。

这些新发展要把产生发动力的世界分为更好管轄和更能适应的两半。內燃机要

导致輕便发动单位、摩托車、后来是飞机;蒸汽渦輪机則导致巨大船舶的推进力,和可分配各处的电能的发生。这两样虽是十九世紀的产物,却要到二十世紀才获得見效的場合。(449 頁)

工程构造:机械工具

由于用了机器而起的謀利机会,就产生了机器制造这一門工业;这又轉而开創了手工艺的改革,把机械程序更往前推进一步,并且用机器来造机器。其中最早的也是最重要的,是摩德斯雷的滑架和螺絲鏇床(图 13)。[1.31;5.10] * 这一改革有賴于科学之处不多,只限于更严謹地援用几何学来控制眼瞄和凑合的判断法,諸如摩斯雷的平面板和測微計和惠特渥史的标准螺絲等。在这里車匠和鈡錶匠的旧传統不断地和新兴机械工程师的传統融合起来。使此成为可能的条件是一些能制成正确形状的金属——先鉄后鋼——可以利用了,而处理它們的机械动力也可以利用了。只有到将近十九世紀中叶,工程界的任务才开始超出古文明人的肆应范围。內斯密司的汽鎚一出世,缶耳堪鍛神(Vulcan)冶鍛場上一切传統就一去不复返了,而机器制造就变成了机器規模的工作,不再是人身規模的工作了。[5.63]

虽然实在产生精密完工的金属部件对科学所賴甚微,因其只靠机器的平順操作,然而它却要成为使机械工程本身可以变成科学性的途径。在十八世紀中牛頓力学的最精微的数学应用对于实践工程师沒有什么用处,因为机器除了靠最高手艺,和为了十分特殊的机件象鈡之外,不能精确地制造。即使为了战爭胜負的需要,也不能制成膛壁足够平滑,口径足够均匀的枪炮,使得人們能够把已經确立的弹道学理論加以認眞的运用。[4.50] 自从有了精密的金属切削术,这一切都变了。机械器物的操作能在繪图板上計算出来,多少有了預測操作的可能。它也要开辟出使用通用部件的道路,因而也要开辟出二十世紀的大量生产的方法。这方面最初的預兆是 1800 年伊利·輝特尼(Eli Whitney)(1765—1825 年)的滑膛枪厂,和 1784 年泽里米·边沁的弟弟撒木耳·边沁(Samuel Bentham)在俄罗斯設立的海軍軍需厂。后者后来导致了不列顛海軍部的排段厂(block factory),其中的机器是摩德斯雷制造的。意义深长的是两者都属軍事工艺。

金属革命

既然需要新机器,特别是矿場用的重型机器,以及随后在鉄路、船舶和建筑方面所用的,还不必提永恆重現的軍事需求,就必須使金属产量日益增加,品質日益提高,

才能滿足。鉄和鋼已能随处利用，冶金技术上又随之而起了革命，这两个因素对于工业革命的重要性可以同紡織机和蒸汽发动机的发明相比。有如机器制造业的情形，直到十九世紀快完大量产鋼的关鍵性阶段为止，冶金革命也是得力于实践家多，而受賜于科学相当少。

鉄和鋼的冶鍊作为技艺已經实践了至少三千年。中古时代东方和西方鉄匠的技巧几乎无可改进。不过他們用手仔細制成的产品，价貴而量又少，只能供应車軸、馬掌、犂鏵、兵器和甲冑等比較固定的需要。十六世紀的多次战爭对炮术提出了新要求，就使得西欧的生产达于供不应求的限度，即使是在鑄鉄这一彻底革新的发明之后也是如此（234 頁）。基本产鉄法仍靠木炭，而木炭供应的継續耗竭就驅使制鉄工业移到瑞典、俄罗斯和美洲的森林里去了。

鐵的时代

正是这个限制，面临着商业和工业上不断增长的需要，就迫使人們在十八世紀初期采取革命性手段，从用木炭过渡到改用烧焦了的坑煤，即焦煤。这就完全使煤田胜过了森林，因为煤作为家庭和工业用的燃料，已經取代了木材。虽然早就有人認識到煤可用来制鉄，但如前所見（236 頁），眞正的成功却有賴于先解决許多物理和化学問題，这却完全超出了当日科学的能力。这些問題在实践上不得不連同出售贏利这一高出一切的問題去謀取解决了。初期售計家的失敗大都在于筹款时野心太大，并企图強制执行专利，象斯忒提凡那样（236 頁起）。

只有煤谿谷地方（Coalbrookdale）教友派达比一家人[8.56]的毅力和正直誠实才克服了这一切障碍，并且到了十八世紀中叶就揭开了廉价鑄鉄时代的序幕。一吨生鉄在 1728 年价十二鎊，到 1802 年跌到六鎊。[5.2] 但鑄鉄有它的一些限制。誠然，鉄軌、柱子、桥樑、輪盘、发动机汽缸可以用它制造，但工具和发动机的工作部件却不行。凡是需要张力或韌性的場合，就須用熟鉄，而若要硬度和弹性，更非鋼不可。1740 年亨次曼（Huntsman）制出坩堝鋼，1784年科特又創为攪拌和輾制过程，都部分地解决了生产熟鉄和鋼的問題。这两樁发明都多亏智慧，然而毫不依靠正宗科学。在十八世紀較早时期，列奥繆尔在所著“鍛鉄鍊鋼术”（L'Art de Convertir le Fer Forgé en Acier）（1722 年）一书中揭露了当时科学上的局限性和可能性。他靠小心实驗，已能解决鍊鋼家的秘密，就是从卡力貝人（82 頁）时起严防洩露的、鋼不过是含碳不多不少的鉄的秘密。他发見他能把鑄鉄和熟鉄鎔在一起来制鋼。他发表了他的結果，这样他就写下了保卫科学出版自由最崇高的文章中的一篇，[1.3.151] 但并无人利用这些結果。要么就

是制鉄者不識字,要么就是他們发覚列奥繆尔的成方不合实际。

十八世紀后期和十九世紀初期全部时期里鉄的生产青云直上，而鋼的生产却远远落后。种种改进办法都取同一方向,要加快过程，先用压气鼓风法，后又用煤气厂化学师尼尔孙（Neilson）（1792—1865 年）所創鼓扇热风法。[5.4] 这些改进办法所包含的不过是运用新的机械动力来改变一个古老程序而已。

鋼的时代：貝塞麦、西門子、季尔克立斯·托馬斯

貝塞麦发見大規模制造鑄鋼方法，对根本革新旧习起了决定性作用。在他的轉炉里,鼓风通过已鎔的坯鉄,烧去碳質,生出足够的热,使产出的鋼保持鎔态。这可称为半科学的結果，因为虽无理論根据，却是从实驗得来。貝塞麦并非科学家,却是典型的发明家。他懂得的科学恰够用,而不是太多;对于金属,有一点經驗,但并非从制鉄工业得来的。[5.3;5.87] 值得注意的是，制鉄家和冶金学教授都从来沒有提議过任何这类瘋狂的方法;他們自信懂得够多,确認这些方法不行。

1856年貝塞麦鋼出世不久,一个較旧的方法延长了它的寿命,这是通过把西門子的热再生的原則应用于平炉或反射炉上，利用已用过的高热气体来加热于进来的空气以升高温度。这样，大批的鋼可以鎔解，而列奥繆尔的方法可以从坯鉄、废鉄和鉄矿石起就得到应用。从 1867 年以后,敞炉就成了貝塞麦轉炉的劲敌。

两种方法都受到同一严重的限制：只能用于比較純的鉄矿石（分布不广），象瑞典、西班牙和苏必利尔湖（Lake Superior）区所产的。如用于克利夫兰（Cleveland）和洛林两处較丰富的沉淀矿石,那就还要經过最后的改善才行:就是引用硷性衬里去吸收有害的磷。这是季尔克立斯·托馬斯在 1879 年的发見，它在当时所以有意义，倒不在于它所生的后果的重要程度，而在于它是彻底地科学的。[5.3;5.87] 托馬斯虽然不得不在斯忒普尼（Stepney）警察法庭当书記員謀生,他却是冶金理論的大家；他确切了解他正在試做什么;他在倫敦一处地窖里所进行的实驗,在三年之內便能移用到正式規模的生产上去,而获得成功。他的工作是下一世紀里工业研究的先兆。

这三种方法一起就誕生了鋼的时代，首先很快地把木材从工程所需的結构材料完全排挤掉,然后把鑄鉄从鉄軌、船舶和枪炮方面排挤掉。十九世紀后期帝国主义就建立在廉价鋼的基础上,着重于海洋貿易，发展鉄路和港埠来开发热带殖民地，并不断增資以准备海陆战爭。

9.3 电学和磁学

牛頓时代終了后第一种崛起的新科学是电学，一部分因为这差不多是物理科学

上牛頓本人所未曾注意到的唯一方面，所以在这方面他的巨大声望不曾把地位較差的研究者吓跑。电学具有悠久而富于传說的过去。从我們所知最古的时候起，人类已珍視琥珀，并且大概已注意到它經摩擦后具有吸引輕小物体的能力。人类很自然就拿这現象来和磁石的較強許多的吸力来做类比；也很自然就把二者都融会在古代一般玄术思想里。亲和力和吸引力的学說，即在特种物質里寓有品德而經适当处理即被激发，这一整套观念就表現在琥珀，而磁石表現得更明显，因为它具有由接触而把自己的品德传給其他物体的玄幻性質。

不过磁学这門科学，要等到这种品德用于有益方面，如航海罗盘上（192 頁），才算开始。我們曾論述过几个步驟，从朝圣徒彼得（Peter the Pilgrim）和罗伯·諾尔曼研究罗盘以至吉伯对磁学作科学研究的开端。（246 頁）

吉伯所著的"磁石論"(De Magnete)不只論到磁石；还包括对吸引原理的概括，推广到琥珀的吸引力和最初电学仪器的发明，即平衡的磁性指針的发明，其后来的苗裔，驗电器和电流計，要給科学以很多的指針讀数。

早期电学：摩擦的效应

虽則如我們所已見及吉伯的磁学要成为对构成引力理論的启发，但他对电学实驗的发展却并未超过他在整个十七世紀伟大实驗时期里所达到的程度。在其早期阶段里，似乎沒有任何有益应用的希望。它只是一件哲学玩具，既然作为玩具，就不甚合于当时大都重視力学和眞空的兴趣范围。虽然如此，有几項結合眞空的实驗就为日后要来到的大发展准备了联系。发明眞空抽机的封·葛里克約在 1665 年发展了旋轉球，从球上，他用摩擦引出了火花。这在后来就成为以后一百年中起电机的类型：但对于他来說，这是一个表明他的宇宙論学說的一个模型。1675年皮伽尔(Picard)(1620—82 年）注意到一个气压計在暗处加以搖撼就发出綠光——汞的磷光。十八世紀初，此事引起了牛頓的助手豪克斯比（Hauksbee）（約歿于 1713 年）的兴趣。他指出：摩擦在生电的同时能在眞空里产生发光效应——我們的一切熒光照明的先驅——但对它們怎样发生并未得到任何进展。

格雷（Gray）：导体与非导体

牛頓的另一信徒斯蒂芬（Stephen）·格雷(約 1666—1736 年)[8,12]从事于与此类似的实驗，引致他在 1729 年作出电的传递这一开人眼界的发現。一开始几乎是出于偶然，随后一步步按邏輯引到一种想法，認为由摩擦玻璃管所生的电能传到相当大的距

离。他观察到的头一件事，是他放在玻璃管末端的軟木塞会吸引小紙片或小金属片。其次他想到在軟木塞末端插上些細棒，棒头再装上鈕头，还有在細綫上带些小球，这些东西全都同样有吸引力。最后他把包裝用的細繩，架在絲綫圈上把电从他的房里引出，围繞他的花园一周，簡直在实效上产生了第一个电报机。他所作出的基本发現是：电是一种能够从一处流到另一处的东西，而絲毫不显物質运动的情况——也就是說它无重量，是一种无質流体。象在玻璃或絲綢中产生的电可以保持于这类物体之中 他称这些为电体——即今日所謂非导体或电介質——电不能流过它們。在另方面，电流經金属或湿綫，但不能在它們內部产生出来。这些是非电体或导体。

德雨費（Dufay）：兩种电

有关这些既很簡单又很有趣的实驗的消息不久便流传出去，并开始使电学变成一种又时髦又娛人的題目，在有些地方好奇的人就业余从事探究。1733 年法兰西的德雨費发見电分两种，玻璃的和树脂的，看是用玻璃还是用琥珀摩擦来产生而定。許多人开始制造起电机来做种种实驗，甚至表演給人看来賺錢。

萊頓（Leyden）瓶和电震

一种相当明显的看法就是企图把电的流体儲存在瓶里。1745 年，波美拉尼亚（Pomerania）的牧师封·克来斯脫（von Kleist）（歿于 1748 年）試用一根釘把电通到瓶里去。他一手握瓶，一手触釘，就感到电震，这一定是人工产生电震的第一次。几个月后，穆兴布罗（Musschenbroek）（1692—1761 年）显然独立地在荷兰提出同样实驗的报告。他是制造科学仪器的人，与学术界联系甚多，所以他的姓氏通常和現在仍称为萊頓瓶的电器联在一起。

这桩发見簡直产生了名符其实地爆炸性的影响。个个人要尝尝电震的滋味，也要看到别人試驗电震。电成了宮廷中盛行的时髦。法兰西王組織他的整旅卫兵，同时受多組萊頓瓶发出的电震，而使他們一齐跳起来。

富蘭克林：陽电和陰电

电已如此风靡一时，以致远在費列得尔非亚的富兰克林（303 頁）也听到了，并派人收集电学仪器，用了他的健全的常識和自己設計的仪器，他就能看透以前电学实驗里的混乱情形，而提出在今天仍为有效的說明，就是：并沒有两种电，而只有一种。他想象电为一种非物質的流体，存在于一切物体內，但物体含电达到飽和时，电便无从

察觉。如加上些电，物体就变为带阳电；如減去些电，物体就变成带阴电。电的流体有趋于它的眞正平衡态的傾向，这就是电的吸引作用的原因，而吸引够強时，就成为火花和电震的原因。如果我們拿实际上几乎沒有重量的电子，来代替所謂电流体，并改电荷的(＋)号为(－)号，那么富兰克林的說明就变成現代的电荷理論了，因为电子过賸的物体是带阴电的。

避雷針

这一簡化說明，連同对于萊頓瓶作用的解释，是富兰克林对于电学理論的重要貢献，并立即树立起他的科学声誉。但眞正使一般外界印象深刻的，却在于他体会到，实驗室里的电火花，和他用风筝从天上引下来的电閃，实相类似，并証明那就是电。由这一事实，他又崇尙实用，就立刻推出結論，說新大陆上特别严重的閃电所招致的危害，可以防止，只要用他在 1753 年試驗成功的避雷針就行。有了这一发明，电学头一次見于实用。富兰克林的爱国傾向或者說反英傾向，对于英格兰起了奇怪的副作用。1780 年，英王佐治三世（George III）坚持克攸（Kew）王宫的避雷針应該装上圓球，而不愿用富兰克林所建議的針尖。皇家学会会长約翰·普林格尔（John Pringle）爵士(1707—82 年)不能同意，就示意他辞职。当时一个才子綜括了这場爭执，賦成諷刺詩如下：

避雷鈍針竟把尖头换，
原来佐治大王想找安全，
　　举国上下乱成了一团。
富兰克林取径更聪明，
坚持尖針才能保太平，
　　任凭雷裹閃耀不胆寒。

庫侖（Coulomb）和引力定律

尽管有这些进步，电和磁仍旧是神秘的无重的流体。非等到有了計量它們的方法，无法开始在量的方面来研究它們。1785 年庫侖(1738—1806 年)抱着富有意义的目的，要改善航海罗盘，就做成了这項工作。[5.10] 他发見用細纖維悬掛磁針的方法，并用它計量磁极間的力，后来更推广到电荷間的力。这就是扭秤，即今天大多数灵敏电学仪器的雛型，曾經米歇尔（Michell）（1724—93 年）独立发展出来，并經卡汾狄喜（Cavendish）(1731—1810 年)用过。用了扭秤，庫侖确定了若干年来所猜測的磁极間

的力,以及电荷間的力,都遵守重力所遵守的定律,就是說,这类的力是和距离平方成反比的。1766 年普利斯特利曾作了观察,1771 年卡芬狄喜再观察得更仔細些,从而人們看出相同的結論,即带电导体内部不含电荷。这些实驗使得全套牛頓力学工具好用在电学上,但具有一項区别:在电学上,斥力和引力同样碰得到。

动物电:伽伐尼

电学上紧接而起的发展并非沿着这条定量的路綫。象萊頓瓶的情形一样,人类的和动物的感覚再次参加了物理学进步的加強和指导。敏銳的观察家已注意到,萊頓瓶所发出的电震,和若干种电魚,特别是电刺鰭(或电鱣——"催眠魚"),所发出的电震很相似。1776 年,卡汾狄喜曾眞拿皮革制成一条电鱣模型,連接到一組萊頓瓶上去。[5.57b] 这就导出动物电的概念。有許多发現它的尝試,都很杂乱而无效。直到 1780 年,波罗那大学解剖学教授伽伐尼(1737—98 年),无意中在实驗里把一些电学仪器和备制的动物試品混在一起了。他注意到凡是发生了电花,就有几对蛙腿显出痙攣現象。可是六年之后,他才观察到,实在不一定要用电学仪器,只須放两块互相接触的不同金属到蛙的神經和肌肉上去,蛙腿就会痙攣。

电流和电池:伏打(Volta)

伽伐尼在事实上已經发見了电流,不过他并不認識它,他对神經生理学的兴趣使他把他的实驗看作动物电的証明。需要他的同国人巴費亚(Pavia)大学物理学教授阿利山得罗(Alessandro)·伏打(1745—1827 年)所具更有邏輯的心思,才了解伽伐尼究竟做了什么。1795 年,伏打表明怎样完全不用动物也能生电,只須放两块不同的金属在一起,中間隔一种液体或湿布就行,这样他就制出了第一个电流电池。[4.81]

十八世紀后几十年中的电学进步就是所有各門科学影响趋于汇合的清楚例子,以及那个革命时代所賦予每件既新穎又有用的事物的特殊刺激。由于电生理学效应它就引起了寻求新治疗法的医师和江湖医的注意。其中有約翰·格瑞安(Jonn Graham)医师,他的"健康庵"是由恩瑪·萊昂斯(Emma Lyons)女士,后来称哈密頓(Hamilton)夫人所主持的。在同时,而且也部分地由于医师,电被引用来服务于当时化学方面正达到最高潮的气体力学革命(359 頁)。1800 年,倫敦外科医师卡来儿(Carlisle)(1748—1840 年)和他的朋友,工程师、商业旅行家、兼科学出版家威廉·尼科尔孙(William Nicholson)(1753—1816 年),用新发明的电池組,把水分解成为它的組成部分——氧和氫(361 頁)。这样他們就解决了化学中一个关鍵問題,并始創了新的

科学分支，电化学。

不久，伽伐尼电池組就成了設备完善的实驗室所必不可少的东西，正象五十年前的萊頓瓶組一样。但伽伐尼电池組起初时甚至比萊頓瓶还貴，只有最有錢的人才能造大电池組。因此在 1802 年，落到戴維用皇家研究院所拥有的全世界最大的电池組，才产生了鈉和鉀两种新金属。这些实驗把电作为一組特殊現象从它的隔离状态中释放出来，并把它联到科学的总体上去。它正开始显出既有用途又有兴趣的前途。然而这一前途却要等几十年后，直到电和磁間的联系发見了，才能实現。

除了发見伽伐尼电池所生的电和摩擦起电机所生的电，种类相同，不过在量和強度上大不相同而外，电流的性質仍然籠罩在神秘之中，还要过二十年之久。电池組所生的电流不稳定，又无从預測，非等到发見电流的另一种完全不同的效应，沒有可能量度电流。

电磁学

电和磁之間的許多类似点，使物理学家想到两者一定有某种关联，但很难发見它。直到 1820 年，通过講台上的另一次偶然巧合，哥本哈根（Copenhagen）的奥斯忒（1777—1851 年）发見电流使罗盘指針偏轉。这样一来，他一劳永逸地把电和磁两門科学連結起来了。紧跟着的后果之一，就是斯忒景（Sturgen）（1783—1850 年）在 1823 年发明电磁鉄和亨利（Henry）（1799—1878 年）在1831 年改善它。[5,6] 再下一步，就导致了电报机和电动机的发現。

电流使罗盘針偏轉这一現象，在理論上极为重要。在安培（Ampère）（1775—1836 年）、高斯（Gauss）（1777—1855 年）和欧姆（Ohm）（1787—1854 年）三人的手里，它导致了对电流所产生的磁場和电流怎样流經导体的了解。电流电学这时已可以成为一門定量科学，并取用力学的一切数学工具。尽管如此，有一个重要而令人困惑的方面，即新的定律和牛頓的定律不同。在牛頓所考虑的物体之間的一切力，都是沿着連結这些物体的中心的綫而起作用；但在电流的情形里，一个磁极是被迫沿着和把它連到載流線的直綫成直角的方向上作运动。这是头一次打破了簡单标量場的理論，并开辟道路，走上一个包罗更广的矢量理論，其中方向同距离一样有关紧要。正是这些物理学上的发見，要給予数学以一种新的促动力，并把它从固守牛頓传統这时已成无力生长的局面中解救出来。

是偶然發見嗎？

在这里思索一下导致这个知識阶段的一序列显为偶然的发見，是一件有趣的事。

乍一看来，这好象加強人們認为科学完全不可預測而且完全依賴純粹碰巧发見的看法。实在說来，我們既已認識自然界不同方面間某些关系的特性，就能看出天长日久而不以一种方式或另一种方式碰上它們，那才极为难得咧。奥斯忒受了自然哲学的統一观念的启发，确实在寻求电和磁間的关系历十三年之久，不过他的眞正发見并非任何有意識的計画的結果。在这个例子里，既然有許許多多人那时都玩弄着电流和罗盘針，总免不了有一个人迟早要注意到两者間的相互作用。也許好多人曾发覚这情形，却不去再加思索。科学中的困难往往不很在于去作出发見，而是在于自知已作了发見。一切实驗总有若干效应，起于种种外来原因，初看起来一点也不重要，这就需要一定程度的智力或直覚来辨識哪些原因眞含重要意义。特别是在現成理論中毫无足以使人預期这类事件会发生的理由，而往往更甚于此的是在看来有充足的理由不期待它們会发生的时候。然而迟早之間，如有够多的人集中注意力于一个部門，从中就会出現某人，观察够仔細、胸怀够开拓、批判力够強或对正宗学說够无知，因而能作出发見。(436 頁)

迈克耳·法拉第：电磁感应

在能了解电和磁的全部相互作用以前，还得要采取另一决定性步驟。电流如何产生磁，已經被表明了；磁如何产生电流，則尙待表明。这桩发見，虽然要再等候十年，却不象奥斯忒的发見那样出于意外。这是法拉第精心設計的研究的成果。1831年是法拉第四十岁的一年，他已脫离了略存嫉忌的戴維对他的工作所設的限制。[5.5]他証明磁和电之間的关系是动态的而非静态的——要电流出現，磁鉄須在电导体附近移动。这一最具关鍵性的观察証明，非但磁等于运动中的电，而且反过来电就是运动中的磁。因此这两組現象都只能在电磁学这門新的联合科学之內来討論。

法拉第的发見也比奥斯忒的发見在实际上重要得多，因为它意味着可以靠机械作用来发生电流，并且反过来，又有可能用电流来操作机器。在主要方面，全部重型电工业都在法拉第的发見之中，不过要經历将近五十年，才能尽量利用它(354頁起)。法拉第本人很少沿着实际应用方向覓取行动的傾向。这并非由于他有任何对来世的憬憧；从他对商业和政治世界所得的經驗，他有足够的認識来估計要花多少时間和心力才能使他的任何想法达到开发有利的阶段。他感覚到他可以更好地运用他的岁月。[5.18]

从他的笔記册里可以看出，他所关心的是一个长期远大的計划，要发見当时物理学方面一切已知的"力"——电、磁、热和光——之間的种种联系，用了一系列聪明的实

驗，他事实上能够一一确立这些联系，并在进行过程中发見許多其他效应，这些須等到我們的时代才得到充分的闡明。[5.32]

电磁場：麦克斯韋

有一类希罕的物理学家，他們对于所处理的种种力具有如同眼見和几乎亲身感受的了解，法拉第就是其中之一人。他的生动的想象力創造了电場和磁場的图象，配备了力綫和力管，表明每当一根磁力管切割一个导电体，就引起电流，而且反过来，电力管的运动就产生磁場。在这个意义上；法拉第的工作正补充了牛頓的伟大数学綜合，其中場和势取代了几何点間的吸引作用的地位。把法拉第的对性質上的直覚从形式上翻譯为精确地定量的数学方程式，是克拉克(Clerk)·麦克斯韦(1831—79年)的工作，他以簡明的形式总括了全部电磁理論——但要除去电对物質的某些显然不可捉摸的效应，象放电时所发生的，而且要导致电子的发見。(416頁)

电磁波

但是麦克斯韦的方程式的成就不仅只此：从它們的形式就可能看得出它們可以适合于对电磁扰动波的表式，这些波会以耐人思索的逼近光速的速率进行。十九世紀已經历了一次关于光的本性的看法上的大翻案。牛頓曾自鳴得意地断定光是由以高速进行的迅急粒子所組成的，一百年中无人敢于詰問他的权威。1801年，英格兰医师托馬斯·揚(Thomas Young)(1773—1829年)和法兰西物理学家菲湼耳(1788—1827年)，由于考虑到光的干涉和偏振，不得不恢复惠更斯的見解，以为光是由波构成的。在和崇拜牛頓的人进行了尖銳的斗爭之后，他們終于获胜，而其后一百年內，光的波动性从未受到詰难。然而，如果說迅急的粒子不再有需要，就要有一种載波的媒質，即使通过广漠无垠的太空的时候也是如此；于是設为同时具有无限刚性和无限稀疎，两种互不相容的性質的"光以太"，[4.117]来担当这項任务，让它来做"波动这一动詞的主語"。但电和磁也早被認識为作用于太空，因此也替它們創造了同等不可捉摸的場。麦克斯韦实在証明了，只要单一的但仍然神秘的以太(275頁)就可以适应光、电和磁三方面的需要。他在物理学中完成了一件伟大的精鍊和簡化工作，从而不久就引出了重要的后果。

后果之一就是在若干門科学之間建立了新的統一局面：光的全部都表現为电磁現象。另一后果是推論出来；电磁振动应該在以太中发生相似于光波的波动，但頻率要低得多，1888年赫兹(1857—94年)在实驗室里表証了这些波，后来它們就成了无

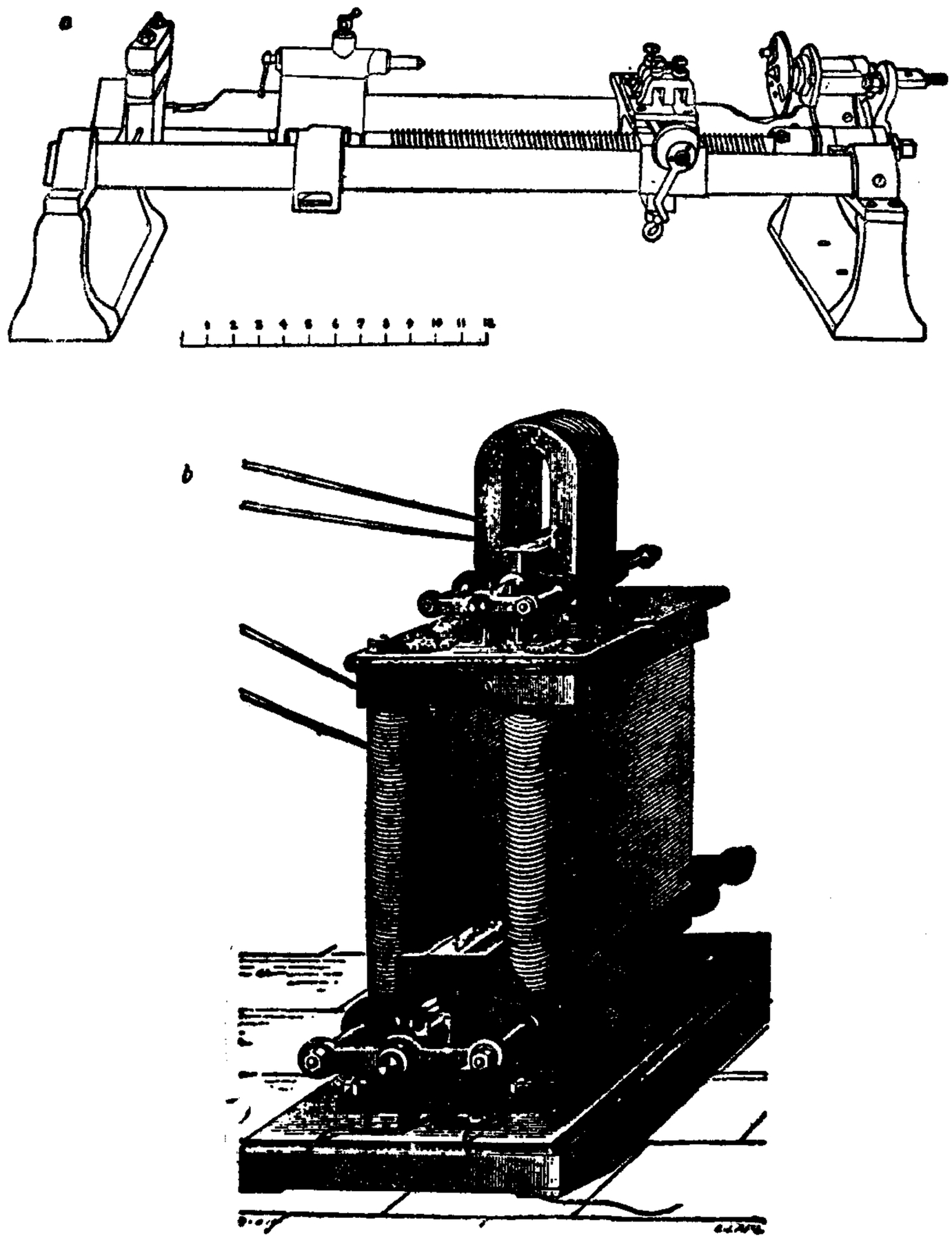


图 13 十九世紀的工艺学

(a) 摩德斯雷原来的滑架,螺絲鏇床:存于伦敦科学博物院 (344 頁)。
(b) 外耳德(Wilde)的第一架發电机,具有分激用的久磁电机来代替磁鉄的場線蟠(354 頁)。

綫电訊的基础。

有了麦克斯韦的方程，电学理論看起来如此近于完整，物理学的将来好象只含有对这理論的推广和臻于完美而已。其实如将在下一章中所見，这理論只涉及电現象中的一小部分，而电的粒子单位即电子，完全逃出了这些方程以外。

电的应用的滞后

为了把电磁理論的发展陈述成一个連貫的故事，就要把它看作一个貫穿整个十九世紀的合邏輯的序列来講述。但那一时期中，自始至終，电学的成长另有一个方面，即实践的方面，不断和理論的进展互相起作用。[5.3] 約自 1830 年以后，电学开始直接貢献于經济生活，先在通訊形式方面，然后在电鍍、照明和动力方面；有两种通訊新方法——电話和无綫电报——則在世紀之末才投进来。电学实在是第一个不靠任何传統而創造自己的工业的科学。

尽管如此，过程仍是緩慢的过程，因为尽管有种传說，認为机敏的創业資本家善于抓着新主意，并搶先比竞爭者早一步投入市場，但在事实上要引进任何須先发展然后生利的东西，都有极大的实际的困难。学院派科学家們和独立发明家們这两种人为了这些发展籌供資金，經常陷入窘境。唯一可行的办法是生产任何暢銷品，用从它所得的盈利来資助下一項新发展。很少人有办法迈得过一桩重要应用上的一切难关。大多数人失敗了或受到挫折，而虛誤的开端更不計其数。

在把实驗室里的发見轉变为盈利工业的产品过程中，可以辨識出四个主要阶段，每一阶段各关涉到新电学原理的一种不同的实际利用。这些阶段是电报、电鍍、弧光灯照明、最后是白熾絲灯。其中第一項需要很小的电流，主要导致了电池組和接收器的改进，并且因此大大地发展了电学理論。

在另方面，电鍍需要強大电流，就优先使用了某些由电机产生的电。这就导致法拉第原理的最初几种应用，但有一种只用了永磁鉄（匹克西[Pixii]机），因而是弱而不够有效。还有，电鍍工业的需要絕不会很广泛。

弧光灯和發电机

弧光灯照明提供了广大得多的場合，而高效率发电机的需要就建立了。1867 年外耳德（Wilde）（1833—1919 年）和威廉·西門子爵士（1823—83 年）发見，一架发电机所生的电流可用来激励另一发电机的場磁鉄。这就导致了第一架發电机，成为一个新时代的能量象征（图 13）。有了比較廉价的电流，重点就轉向发掘它的广泛

用途，但这方面最有前途的場合是家庭和商店的照明，因为弧光灯嫌太亮了。

"再分电光"的問題的解决是从白熾灯求到的，它的抽空了的泡子里，有一根細絲，最初用碳絲，后用金属絲。要制造一种廉价而耐久的灯，技术問題很严重，然而阻挠进步的却不在此。做出类似白熾灯的，在 1872 年有俄罗斯的洛地金 (Lodygin) (1847—1923 年)，稍晚有英格兰的斯望(Swan) (1828—1914 年)。为了商业生产，制灯就需要大大改进了的眞空抽气系統，但只要有了誘因，这在十九世紀中任何时候都会作到的。眞正的困难还在于分配和出售方面。爱迪生的决定性貢献是在 1881 年建成的电力站，把輸电綫結成网絡，供給电流就象供給煤气或水一样。

如此看来，从法拉第发見后到爱迪生的应用，中間隔了五十年，并非由于科学或技术的滞后，而主要是由于經济的和社会的原因。[5.3] 十九世紀中叶还无法可以使得有組織地利用科学的意图达到能生利的阶段。可是一旦达到这个阶段，也就无法遏制它。电光和电力已来到了；它們要在下一世紀里扩张得比蒸气快得多。

电在有关运輸、驅动机器、供热和照明需要的动力分布所处的重要地位，和它在电报和电話上的用途，都有賴于对奥斯忒和法拉第首創的电磁实驗加以精致的推敲，由一代的理論物理学家归結为数学形式，到麦克斯韦而达于頂点。自从 1831 年以后，事实上絕沒有增添什么根本上嶄新的物理观念。十九世紀以及二十世紀的电工业，除了电子学的应用而外，是純粹科学性工业的一个理想的例子，全靠技术和聰慧，运用有限的一套原理，来解决范围日益广泛的种种实际应用。

电和磁的故事在历史上提供了第一个实例，把一套純粹科学性的实驗和理論轉变为大規模的工业。电工业必然是彻头彻尾科学性的。尽管如此，在这里我們見到了一个无可辯駁的例子，表明科学研究怎样只須再进一步就能变成工程实践了。那些要去架設电报綫路系統的人，用不着具备象电报发明人那样的科学才干。这样就产生了电报工程师这一职业，在 1871 年結成一个立案的集会，到 1889 年改名为电机工程师学会。在五十年之中，电机工程师已获得实践的传統和規章。在电磁感应的基本科学原理之上迭起了种种問題，設計和生产，工作中的經济，和修理上的便利。这一历史車輪到底要得到圓滿，而这一新职业在短时期內要供給两个青年的生活，他們就是要在物理学上起革命作用的亚耳伯·爱因斯坦和 P. A. M. 狄喇克 (Dirac)。

放电現象和新物理学

然而电机工程的实际胜利并不会成为电学和磁学两門科学研究中最富成果的最后結局。它們也不属于电磁理論上进一步的研究范围之中。伟大的新进展要来自另

一套完全不同的現象——曾困惑十七世紀中最初治电学的业余家的那些奇怪的发光电輝——有如在第十章里我們所将見到，这些新进展更引导人們发見X射綫、电子、放射作用、电子管、电子理論，最后到原子裂变。这一部門并非显然有指望；其中現象变幻难測，几乎无从化为定量的陈述，也沒有就手的实际应用好集中人們的关切，并导致人們的深入研究。因此人們只散漫地研究它，而它所能产生使人兴奋的效果，須等到十九世紀末才被发見。

9.4 化　　学

在十八和十九世紀时，科学的中心特色是化学的崛起，实在就是化学的建立成为思想方面和实践方面的一种唯理的学科。就实用的意义来講，化学这門科学也象任何其他科学那样古老，或者还更古老些；但如前文已解說过（43，127，166 各頁）的，因为較早各时期的科学缺少基本的先决条件，所以非迟到最近时代，化学不是，也不能成为一种合邏輯的科学。首先必須等到累积了一大堆有关更多形形色色的物質的性質和轉变的經驗，要比古代或文艺复兴时代所累积的多得多。一种分布得很广的非科学的而基本是技术性質的采矿和化学工业的迅速发展，是构成任何有效化学理論的必要前提。但也还需要一些概括的观念，把形形色色的实驗鎔合起来，从而制出一幅貫通的图象，使能由人們去掌握和运用，以引致更进一步的发見。

鍊金術的終結

对于化学要得到任何合理的观点，一个初步要求就是要扫除来自古典时代，甚至更早时代的那些在当时仍然淤塞着实践化学家的工作的幻术信念。这些信念中最有害也最难根除的是鍊金术里的占星术的和神秘的方面，以及此术对当时徒然无益的人工造金問題的专心致志。如我們所已見（272 頁），在十七世紀时，虽則由于玻义耳、胡克和馬約的工作，使化学成为合理的企图很接近于成功，但这时期中的最初尝試，仍必須作为失敗論。微粒說的哲学，以它的一些过于拘执的数学-机械模型，非要等到它的表性的特点首先彻底闡明之后，事实上尙不能施用于化学。

化学原則的探求

化学进展的路綫，在十八世紀大部分里，不得不取完全不同的另一条綫。此时知識的进展不是企图把根据于不能应付千变万化的化学事实的机械模型的有理性原則施用于化学，而是走使原属幻术术和万物有灵的观念逐漸合理化的道路。这些观念，虽

在开始时不免模糊,却具有伸縮性,就使得实践化学家能理会,并把它們的形形色色的运用,都用少数几条言詞概括,归出条理来。只有当这已經作到以后,才有可能有意义地应用量度和計算的物理性測驗。十八世紀的大进步是把化学問題归束为一个中心問題,燃烧的問題——即火的精灵的作用(167 頁)。問題是:当各种可燃物質在空气中燃着时,对于这些物質发生的是什么?显然的答复是:这些物質在火焰和烟中消失了,而剩下灰烬。如此描繪,对木和油固然很說得通,但不易推广到他种物質,如金属;它們在空气中会遭受貶損或銹烂掉。所有这些东西是否有任何共同的地方?空气又有什么功用呢?

对于这些問題的若干答案已于十七世紀提出。让·雷伊(Jean Rey)在 1630 年[1.83]和馬約在 1674 年[1.68]都确立了一些根本事实,如金属在空气里烧热后就增加重量,而空气自身含有某种彷彿是"硝性气質精"的东西,此物与維持火和生命中呼吸二者都有关系。但这几位都是孤立的前驅,不能影响化学思想的总潮流。(271 頁)

燃素学說

实在說,这潮流是在強烈地向着相反的方向而行,傾向于一种見解,認为所有可燃物質都包含一种在燃烧时即便失却的物質。此物在基本上就是阿拉伯人和巴拉塞尔士派所說的硫,但由柏赫(Becher)(1635—82 年)和他的門徒斯塔耳(Stahl)(1660—1734 年)賦予新生命而命名为燃素,不过燃素理論是在十八世紀中叶才得到一般承認。凡物含有多量燃素,就燃烧得暢旺;凡物不肯燃烧,就是缺乏燃素。含有多量燃素的物体,如一块煤,能把燃素轉移給一个已失却燃素的物体,如一块鉄矿,并使它沾染燃素,而轉变为有光泽的金属鉄。即使在开始时,这个理論已引起反对的意見。有人指出燃素不是一种物質。以本質而論,燃素是物質的反面;它沒有質量。但如我們所已見到(348 頁),不能称量的流体这个观念并无奇怪之处——电、磁、热的实在性都无人怀疑,而也都具有这种本性。即使已經断定有些物体失去燃素后实在变重了,但仍認为或者是从空气得到次級附加物,或者推諉于燃素具有天然輕浮性这个观念。

若是从燃素理論的密接的承継者,即把燃烧視为氧化理論的見解来看这問題,我們容易把燃素理論認为是荒謬的;事实上,它是一个极有价值的理論,并且調协了化学上許多不同的現象。这个理論已証明是十八世紀中叶最优秀化学家們的良好工作根据,其中許多人坚守此說直到世紀之末,包括約瑟·普利斯特利在其內,尽管他所做成的一些实驗要摧毁这个理論。(306 頁)

燃素的邏輯

燃素的邏輯所依据的中心概念，是增加燃素-消去燃素这一对相反过程的普遍性。这样它就把相类的过程归在一起，而把不相类的过程分开来。在反对此說的人看来，消去燃素并非消除一种形而上的物質燃素：而是增加一种实体性物質氧——即氧化；另方面增加燃素則是消除氧——即还原。为了化学的进步，有必要用天平来检驗。在現在的二十世紀，我們有充分理由再把这个观念反过来，回到燃素是物質的看法，只不过是极輕的一种而已；用近代的語言，可以把它說成是电子。凡物質有过剩的、易于除去的电子，如氢、金属或煤，就是以前認为富有燃素的物質；凡有恰被平衡的电子的物質，如盐类和各种氧化物，就是消去燃素的物質；在另方面，那些亟亟于吸收电子的物質，如氧，就显为高度消去燃素的物質。燃素理論的失敗，并非由于它的內在不合邏輯性，而是因为照它的原样就永不能符合物質的事实。这学說必須完全顛倒过来，即增加燃素应成为消去氧化，而消去燃素則应成为氧化。促起这个顛倒了的說法的动机并非来自传統化学，而是来自另一方面，即对气体的研究。

气体力学革命：桀驁不馴的精气：范·赫耳蒙脫

到了十八世紀中叶，蒸餾法已不怎么新奇了，兴趣就移轉到那些由化学作用产生而不能在冷凝器內回收的产品，即范·赫耳蒙脫所謂"桀驁不馴的精气"(249頁)。諸如他所称为精气、鬼气、或氤氲(混沌[chaoses])的东西，在实践中，特别是对矿工們，是熟知的，并且开始引起科学家們的注意，这些东西就是矿井里和沼泽中隐秘为害的火毒气和"可燃气"，都可以收集在膀胱內并使之燃烧。此外还有洞穴中致命的噴发毒气(mofette)，即矿內爆发后跟着发生的"余毒气"。这在釀酒桶里也可发見，工人偶然墜入桶內就会窒息。

嘿尔斯和气体的處理

就是由于研究这些气体才找到了綫索，来解释化学。传教士斯蒂芬·嘿尔斯(1677—1761年)当十八世紀初年已在他所著的"植物靜力学"(Vegetable Staticks)里，指示如何在水面上收集气体，并如何量度它們的体积。較晚些，普利斯特利和卡汾狄喜更有成效地在汞面上收集气体。下一步的需要是必須去認識到这些气体并非空气而已，而在它們之間有性質上的区别。此后只須把玻义耳曾經用于物体轉变上的那些定量处理法来对待各种不同的气体。

天平的檢驗:物質守恆

主要的展望是把称衡正在經历变化的化学品的重量的观念推广到变化所生的一切产物，而不象在旧式驗定法中只关心于原来矿砂的重量。对于反应中进入的或出来的气体,要是不去称衡或量度的話,就显然不能使化学帐目平衡。化学帐目之应該平衡，在 1774 年首先由罗蒙諾索夫(296 頁)清楚地陈述为物質守恆原理。但他的工作被忽略,要留待 1785 年,由拉瓦錫来建立为基本原理,够奇怪的是这是从研究发酵程序而来的。

約瑟·布拉克:固定的空气

关于新的、定量的气体化学的第一步,是由約瑟·布拉克所采取的。他是一个苏格兰籍医生,听到寇楞（Cullen）博士在格拉斯哥所作的最初化学演講,引起了兴趣。布拉克在 1754 年所写的医士学位論文是"对鎂白、生石灰和其他硷性物的实驗"，为的是寻求一种主治石淋的和緩新剂。石淋是十八世紀縱飲者的最通常的症患。佐安那·斯蒂芬斯(Joanna Stephens)揭示了这种治疗剂,就由下議院表决奖給五千鎊。这种葯剂經发見內含煅蝸壳,調以蜂蜜。

布拉克辨别了，并作为損失而称量了石灰石或鎂土等碳酸盐在加热时所释出的气体。他称此为"固定的空气"，因为他能用石灰水来吸收它因而重新构成原来的碳酸盐,增益的重量和損失的相等。就是这样,他表明了一种气体能做一种固体的組成部分,气体确是实物,毫不剩有任何神秘之处。

約瑟·普利斯特利和氧的發見

下一步的重要进展应归于約瑟·普利斯特利（306 頁)。由于富兰克林的建議,普利斯特利撰述电学史。他在进行中,对于空气中的放电現象作了某些試驗,这就引他离开物理的而改入化学园地。表出这个早期的特征是：化学的眞正进展并非由化学家作出。化学家知道得太多了,他們認为有了解释一切的理論;这就要由一点也不懂的物理学家来提供愚拙的或常識性的解释。

普利斯特利抓着了一种想法,認为不只有一种空气。他所能找到的多少种气体,他都一一把玩并制出了許多种旁的气体。他的首次成功是制备了"苏打水"，含有溶解的"固定的空气"。为此他获得了皇家学会的最高荣誉——科普雷奖章（Copley Medal)。虽則此物对于早先希求其能治疗在远程航海中作祟的坏血病，未能滿足人

愿，但它仍以气体化学的第一种新商品而功績常存。

有一种气体是由他烧热紅色氧化汞（天然煅汞）而制成的。他特称它为“消去燃素的空气”，因为此气对燃素的亲和力，比平常空气所有的更大，就是說，在此气中，东西更容易烧着。这就是我們現在所謂的氧，而1774年氧的发見則是可以适当地称作化学中气学革命的极点。差不多同时，謝勒在瑞典也已制备了氧。他是一个比普利斯特利高明得多的化学家，但因为他的兴趣多寄託在分析上，而不是在化学的理論問題上，所以他虽发見氧，却对于中心問題的解决，貢献得不如他所应达到的程度。普利斯特利指出，在燃烧中以及在呼吸中同样是耗用了消去燃素的空气（我們所謂的氧）。他又指出，在阳光中，綠色植物确实从它們所吸收的固定的空气，即二氧化碳，产生氧。这样他就在原則上解决了碳循环这一基本問題：从大气經过植物和动物，而再回到大气。但是他沒有充分懂得他自己的发見所涉及的范围的重大意义。这就要落到拉瓦錫身上，以他的更合邏輯得多、更有条理得多的思想，来弥补这个缺陷。

燃素理論的推翻

也象普利斯特利，拉瓦錫是通过物理学而进入化学的（308頁）。但不同于普利斯特利，他并不求在范围广泛的、定性实驗中貪多务博，而只从事于一些有限而确定的任务，来研討他所認为对于化学理論有关鍵性作用的空气中燃烧的机制。他的工作通盘都是精密的、有秩序的和定量的。他在1773年已感覚到新气体化学的重要性，特别是在把空气定为一种物質的重要性，他就訂出計划，要运用这事实“来引起物理学和化学的革命”。后来，他听到普利斯特利发見了氧，立即体会到它的重要性，并能表明唯有氧才是燃烧的原因，而燃烧不多不少正是加氧。氧原称酸素，即酸类的产生者——这是他专为这个目的而杜撰的名詞。这和燃素理論絕对相背馳，但他毫不迟疑就攻击燃素理論，把它所有的論点都顚倒过来，并且，象馬克思对黑格尔那样，使这理論重新用脚站起来。（605頁）[5.52]

化学原素

拉瓦錫指出，化学里前此种种混乱現象都可以按照不論新旧元素的一条化合定律，把它們整理出条理来。对于按照玻义耳而非亚理斯多德的意义列出的元素表（271頁）——碳、硫、磷和一切金属——拉瓦錫加上了他的新元素氧，以及空气中另一成分，即无生命的窒素，即我們今天所謂的氮，而氧和氫就去构成旧日的元素水。在这新体系下，种种化合物大都属于三大范畴：氧和一种非金属合成的，为酸类；氧和金

属合成的，为醚类；酸和醚合成的，为鹽类。拉瓦錫把所有旧日依据制图方法或臆想相似性所制定而崇为典則的化学命名法：如潮解酒石油、鉛糖、以及其他等等，都一扫而空，并引用了我們今日所用的名詞，如碳酸鉀、醋酸鉛等来代替，这一步驟本身标志着把十七世紀初期施用于物理学的同一合理化程序推广到化学方面，也吸取了林尼烏斯(Linnæus)(卽林內)在他的植物分类法里所創用的簡化命名法(371頁)。

可是拉瓦錫本人却把同样的程序更推进了一步；利用很快就累积起来的各种固体化合时关于量的資料，他把这程序推广来照顧新找出来的气体，并且，亏得他的質量守恆定律，得以把化学簡化成只須記載元素的会計。就是这样，他一举而把化学，从必須逐一了解而各自独立的一套方剂，改变为一种一般理論，由之而有可能不只解释以前的种种現象，而且还以計量方式来預言新現象。拉瓦錫，与其說是一个化学分类家，毋宁說是一个化学立法家。他抓着了基本要点，而留待他人，如柏托雷(Berthollet)(1748—1821年)和利希特(Richter)(1762—1807年)等人去担負考查化学亲和力的本性，或化学物質在实际化合中的精确比率的任务。

化学的首要性

拉瓦錫在化学上进行革命所获的成功，激起了莫大的热情。革命空气正在蔓延，而新化学，这时很密切地联系到物理学，不久就吸引了若干当时最有才智的头脑，并有助于为法兰西获致科学世界中的显要地位，将近半世紀之久。

对化学方面的兴趣，从工业上反映出来，而工业也反过来供給化学以各种新物質和新問題。謝勒对玻璃着色的矿物錳所作的研究导致他在1774年发見氯。柏托雷在1784年发見氯在漂白上的用途，而麦格勒革(McGregor)受其婿瓦特的启发，首先大量用氯于正在增展的格拉斯哥棉布工业。[5.4] 其他主要的工业化学进展則有洛巴克制造硫酸(1746年)，用来代替漂白用的脫脂牛乳酸，还有按照1769年的开尔(Keir)(1735—1820年)方法和1790年的勒布朗(Leblanc)(1742—1806年)方法，用盐代替貴重的海藻和海草，来制造碱。[5.4] 虽然当时听任勒布朗穷死，他的方法却由拿破仑直接下命令而得到完善。此一方法的成功，使法兰西不依靠英格兰所控制的国家来供应碱。所有这些方法都是紡織生产額大增时的必然的伴随事項，而紡織增产又是工业革命的主要生长点，而且所仰給的有限植物产品快要来不及供应了。卽使在諸如此类的例中，这些方法发源于传統理論或燃素說，然而它們的成效，以及期望中的未来的成效，就鼓励人們研究化学，并使人容易采用新的合理学說。

吃食和呼吸的化学

拉瓦錫对科学的另一貢献，是把普利斯特利对生命过程的化学本性所描出的定性图象，使之成为定量的，因而他就成了定量生理学的始祖。用了一套精妙的設計和进行的实驗，他能証明一个有生体的行为恰如火一般，烧去食料中的物質，并以热的形式释出所生成的能。这是第一次能确立有机体的一般的化学結賬总清单，并且揭露了呼吸的机制和差不多二百年前哈維所发見的血液循环机制的眞正重要意义。

道耳頓：原子理論

二十年后，一个教友派織工，又是曼彻斯特的学校教师約翰·道耳頓（1766—1844 年）走了了解化学的下一个决定性步驟。他也象普利斯特利和拉瓦錫那样，主要不是一个化学家，而是物理学家和气象学家。他对把气体看作弹性流体，感到兴趣，并試图按照牛頓原理用原子的相互推斥来解說它們的性質。这就引导他去考虑不同种气体中的原子的可能比例，从而去观看如何解說各种元素以某些确定重量的倍数而化合的定律。这些定律已在分析一些新气体，如氧化亚氮、氧化氮和过氧化氮等时，逐漸出現。根据道耳頓，我們把这些气体写作 N_2O、NO 和 NO_2。这样的写法，只要假定所有化合物都由一个一个的原子組成就可以推出——各种原子則或成双、或聚三、或合四而自行排列。

晶体学：阿羽伊

一些其他有規律的現象，如发生于晶体中的，也大約在此时指向用原子作解释。斯退諾在十七世紀已經指出晶体各表面所成的角是不变的。惠更斯已看出这意味着晶体必由許多相同的分子、象弹丸那样堆积而成，或者如牛頓所說"成列成行"。但这还要留待一个正退休的法国修道院院长阿羽伊，在 1800 年来概括这些观察到的現象，并指出这些分子在各种晶体中相結合的方式。后来密拆力喜(Mitscherlich)(1794—1863 年)察出，相似化合物具有近于等同的晶形，因此晶体学这門新科学得以成为化学的有用附属部分。

电解：漢符理·戴維和法拉第

另一附属部分見于电学。經察出新发見的电流（351 頁）不但分解水，也分解盐类。1807 年戴維从以前所不曾分解过的硷族和土族里，制备出三种新金属，鈉、鉀和

鈣，这就完成了拉瓦錫的方案，并把所有元素区别为金属和非金属。金属原子經察得带有阳电，而非金属原子則带阴电，在事实上法拉第指出，溶液中各种原子的迁移率和它們的化合量成比例，而这当然就从邏輯上导出認为电有一种单个共同原子的概念——即現在我們所知的电子。但是，反对把原子性归属于一种流体的成見如此強烈，以致这最后一步还要再等上七十年。

无机的和礦物的化学：伯澤利烏斯(Berzelius)

电学理論提供了一种簡单解释，表明阳电荷和阴电荷怎样相互中和而构成盐类。从这方面，特别是經过瑞典大化学家伯泽利烏斯（1779—1848 年）之手，就导致十九世紀前半期对大多数种类无机化合物和矿物的組成所作的測定。

开始于十八世紀的新兴非传統的化学工业，在新知識以及一些其他工业，特别是占优势的紡織工业的需要大增的双重刺激之下，到此就迅速滋长。但化学工业仍是在一些小規模組織里进行，小到可允許科学家和制造者在工作上密切接触，即使两方并非同属一人。这种新工业提供了矿物化学家和葯剂师之間的联絡，前者主要对試驗矿砂有兴趣，而后者則关心于动植物两方面的产物。[5•3]

有机化学：杜馬（Dumas）和封·利比喜

就是这样第一次替化学提供了一个坚实而垂久的經济基础，比过去的葯房大得多，供应也丰富得多，并且，从这个基础上，就能向有机化学的較困难的領域扩建出去。虽属这样，尽管在这个部門的工作者有天賦和才能，事实証明这仍是很慢的一个过程。实在地，大多数簡单有机物質，如油类、糖类和植物酸类等的提取和純化，比較易于完成；而依据所知道的碳、氮、氧、和氫四元素来分析它們，也并不难。但是得到的数字本身启示无多——它們需要一种新詮释。

这是新化学家們的工作，首先在法兰西有給·呂薩克（1778—1850 年），劳郎(Laurent)(1808—53 年)，热喇(Gerhardt)(1816—56 年)，和杜馬(1800—84年)：再則在德意志有封·利比喜和味勒(Wöhler)(1800—82 年)。当法国称雄近七十年之后，在化学方面使德意志恢复首要地位的利比喜的功績比任何人都多。他在基森所建立的实驗室要成为現代化学教学和研究实驗室的典范。逐漸地，从較簡单的物質——脂肪类、脂肪酸类和醇类——的研究上，开始出現結构的观念。当一种經氯漂白的新专利烛发出可怕的恶臭，而使一次舞会大失敗后，就要求杜馬进行研究，他因而发見可以用氯来代氫，并引致他悟出代换的一般理論。由此就导出有关分子型的一个理

論，象各种醇类，有某些部分是共同的；再則是有关各种基的一个理論，即分立部分本身，如甲基或苯甲醯基，这些都能担任原子的任务。

如此的結构当然可以是仅仅迭加的，不过早在1823年封·利比喜已发見同分異性的例子——两种物質，組分相同但化学性質互异。这就清楚地指出分子內部排列的差异，但这类观念遭到断然的反对，大多为了形而上学和哲学的原因。原子假說为許多科学家所不能接受。有些人認为它离开經驗所示的情形太远了；另一些人却認为它有极端自然神論的气味。至于說生物所造成的物質能在实驗室內做出来，人們又十分迟疑，不肯相信了。

亞伏伽德罗的定律

假使不是为了由物理科学而来的两次冲激的話，有机化学恐怕依然不过是带有質量公式而經鑑定的各种物質的，以及轉变某些种物質为其他种的反应的分类集合而已。第一次冲激是承認了早在1811年就由亚伏伽德罗(1776—1856年)首先提出，但迟到1860年由卡尼察洛(Canizzaro)(1826—1910年)重行申述，才被普遍認可的一条定律。这定律說：同样体积的所有的气体，在相同条件下，含有相同数目的分子；这样就使人能决定一个分子內每种原子的正确数目。

不对称的分子：巴士特

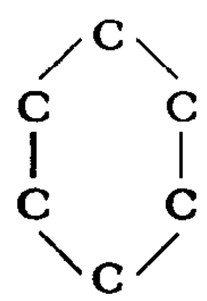
第二个发見是外消旋酒石酸的分为两个組成部分，一是普通酒石酸，一是在化学性質上相同而在物理性質上相异的另一种酒石酸。这一发見后来要成为十九世紀科学上的中心重要关系，是在1848年由二十五岁的青年巴士特做成的。[5.3] 他指出，由一些普通实驗室方法制出的分子不会旋轉偏振面，但那些自然产生的就能这样。前者包括化学构形相反的两种分子，象左手和右手那样，而数目則相等；后者只含一种分子。

从这一决定性的观察，就推导出两种很不相同的后果。第一种是說分子在三維空間中具有一种形状，換言之，可以把它們描画为固体模型。第二种是說大自然在着手造成分子时采取的方式一定不同于当时的化学家，再則是，有机体內必定存在着确定的化学結构，假定說吧，是右旋的而不是左旋的。巴士特本人遵循了第二綫索所指示的途径，这就使他得以居于現代生物化学以及較晚的細菌学的始祖之列。

克古勒(Kekulé)和苯环：原子价

有机化学的未来却是沿着另一条分支而树立的，不过仍然开展得很慢。分子可

以摹拟为原子在空間中构成的图案这个观念，是由天才的德国化学家克古勒(1829—96年)按邏輯推演出来的。1865年，当他坐在一輛倫敦公共馬車的頂层时，悟到这样一个观念，就是苯分子 C_6H_6 含有六个碳原子排成一个环：



从那时以后，对于某一物质的分子，若只列举其中各种原子的数目，仅仅作会計員的叙述，便不能再令人滿足了；而应照某种象建筑师的概念中的图样那般，用結構式来表明那些原子是如何安排的。这样，他就对当时逐漸开朗的那个观念，加了一个有决定性的証明，說是各种原子的特性就在于它們能和其他原子所成的鍵的数目上。氫有一个这样的鍵，氧有二个，氮有三个，碳有四个；这些数目也就是各該元素的原子价。

范托夫(van't Hoff)和勒·貝耳(Le Bel)：立体化学

直等到十二年后，才同时由范托夫(1852—1911年)和勒·貝耳(1847—1930年)体会到碳的四个原子价不可能位于同一平面上，而必在空間中挺出，这样就能解說早在二十五年前由巴士特所发見的右旋和左旋两种不同构形。从那时起，三維結构的有机化学就成为应用几何学的一个分支，于是人們就既能分析又能合成种种十分复杂的化合物。

合成染料和德国化学工业

然而，即使在这以前，有机化学已經以实用的方式自行建立起来了。几乎是出于偶然，柏琴(Perkin)(1838—1907年)在寻求制造奎宁代用品时，在1856年发見了最初的人造苯胺染料，品紅，同时为从煤气工业中的煤焦油制出的产品找到了出路。不过，在英格兰，化学仍只由少数业余者，甚至更少的大学科系在鉆研，而另方面化学工业都自夸是"实用的"。柏琴的发見在不列顛遭到忽視，但立即由德意志新工业界一些較具科学头脑的主持人所采用，而很快就从各种合成染料累积起来的利潤，就又作投資来創造巨大而占优势的德国化学工业。这工业虽然原先附属于紡織业，但由于它有能力生产硝酸来供各种新式炸药之用，对第一第二两次世界大战提供了骨干。

化学家，特别是十九世紀后期的化学家，在效果上是一种新型科学家，比起較早

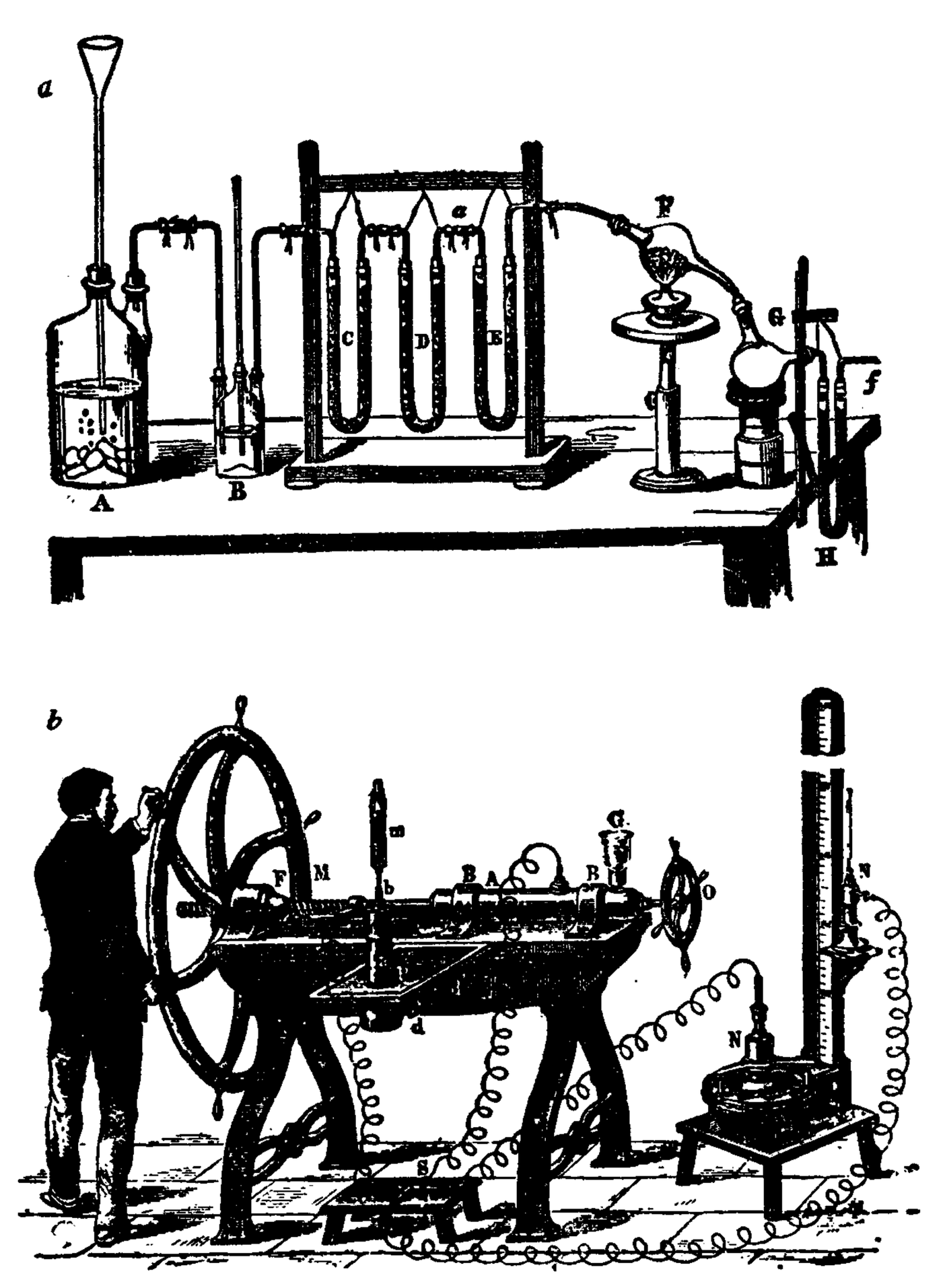


图14　十九世紀的化学和物理学

(a)　伯澤利烏斯和杜隆(Dulong)把氫气通过氧化銅来分析水的成分所用的实驗設备。
(b)　凱厄忒(Cailletet)在 1877 年所作氧的液化。氧气在螺旋压強抽机內受压縮，而当压強解除时在冷却管內液化。
摘自 1850 年格瑞安(Graham)的“化学概要”(Elements of Chemistry)。

时期的物理科学家来，在結合工业方面，要密切得多了。这所引致的使科学和工业利益趋于一致的趋势，是导达普遍地緩和十九世紀末期的科学爭論的主要因素之一，特别在急进的科学态度方面。

然而从純粹的科学的观点上看来，用有机化学的方法来建立分子結构，却是人类智力上最伟大的合于邏輯的成就之一。决定性的步驟是由极少数人所采取，但为一大羣化学家所追随。他們用了化学轉变的邏輯就能想象原子在空間中的最复杂的构型，并确实制成具有这种构型的物質，这样就用合成法来証实他們以前用分析法所建立的事实。有机化学就这样长大成为几乎不靠物理学的一种学科，有它自己的定則和它自己的工作方式。

物理化学

但是，这并不适用于化学的全部，特别是无机方面。在这方面，人們开始从物体的实在成分轉移他們的兴趣到它們彼此間的反应方式，热的影响以及溶液、結晶、电解等問題上去。从这些兴趣生长出化学的一个新分支，終于成为一个新部門，即物理化学。这是第一种混生科学，以后要成为其他各种"桥樑"科学的原型，而各門"桥樑"科学在二十世紀就要把全部科学連成一个有实效的統一体。当人們企图从工业上利用非取这些方法不能分离为組成部分的矿物盐的新矿藏时，特别是要利用斯塔斯福(Stassfurt)的大盐矿时，就开始察覚到物理化学本身的价值。物理化学又是整部新化学工业的基础；其中如代替了勒布朗制碱法的索耳未(Solvay)的氨碱法，以及制硫酸和氨所根据的催化法都是的。这些制造法后来都成为不列顛最大化学专利事业的主要基础。

早期的生物化学

新的有机化学在科学史上还要担当另一主要任务——它要引导人們更充分地了解生物的过程。事实上，如果沒有对化合定律以及对在生物体系中实际上遇得到的結构型式的知識，要开始得到比显微鏡所能提供的更深入的了解，就是完全不可能的。有机化学在十九世紀的发展，从邏輯上看，須要比任何制定基本生物学的企图走在前面。

动植物新陈代謝的主要特征，只就碳、氫和氧而論——就是說，只就一个动物可以当作一个热机关看待而論——在十八世紀里就已經确定了；但是确定氮的同样重要的作用却花去了十九世紀很多的岁月。指出植物从地下所吸取的是什么食料——

氮、磷酸盐和盐类，是封·利比喜的工作。諸元素的轉变大循环，象氮从植物来，通过动物而回到土壤等例，是用能固定氮的有机体所踪跡出来的，甚至追踪到空气中去。这离懂得有机体內无机物质的种种功能还很远。对导源于一度曾有生命的根源的种种物质，而研究它們的种种性质，主要是在工业上有用的性质，这是一回事；追寻这些物质在新陈代謝中所經的种种轉化，却完全是另外一回事。这就是为什么有机化学要这样长久才轉变为生物化学。虽然这样，当十九世紀快完时，化学家的注意开始从染料工业中直接生利的合成化学，轉向于了解各种天生有机物质的更詳細的結构。这种情况特别表現在爱弥耳·斐歇尔(Emil Fischer)(1852—1919 年)关于糖类和生命物质——蛋白质——的伟大工作中，他能証明蛋白质含有成鏈串的簡单得多的化合物，即氨基酸类。作为染料化学的副产品，也就奠定了新的化学药理学的开端，供应一些治疗剂，例如哀利喜(Ehrlich)(1854—1915 年)的治梅毒的六零六和拜耳(Bayer)的治嗜眠病的二零六，凡此都預示着下一世紀里化学疗法的胜利。(510 頁起)

9.5 生　物　学

跟着整个十八世紀和十九世紀里物理科学的发展同来，并如以后所表明与之在許多地方起相互作用的，是对于了解生物，重新走科学的路綫。这情况的根源远在古典时代亚理斯多德的自然历史和格林的生理学。經过一个长时期，純粹从形式和道德上关注自然界，如一些以动植物說教的图籍所表征的。到中古时代晚期和文艺复兴时代里，对逐漸增进的图繪自然主义兴趣又恢复起来，并由于新世界的奇跡和种种預期的財富而引人入胜。如我們所已見到的，解剖学和生理学在十六和十七世紀里經过革命，而且另一新的微物世界被最早的显微观察家所揭露。(269 頁)

然而十七世紀生物学先驅的活泼的兴趣，也象在物理学方面那样，快到世紀末，一方面轉向于对自然历史中的奇情异事的賞玩；另一方面則轉向于卖弄学問的医学的运用，包括主要为药材来源对植物学和动物学的研究。不过这一段散漫观察的时期却要成为生物学史上一个十分必需的阶段——生物学这一門科学，比物理学，甚至比化学，在細节上更丰富得无与倫比，并且，因为是一門科学，在其中必須收集几乎不計其数的事实加以考察，并安排成条理，然后才能得出一点意义，这一任务要历时二百多年。

在十八和十九世紀里，决定生物学兴趣的方向以及伴随着的生物学进步的方向的主要推动力，首先是大部分为了希望找寻并开拓新的天然产品而进行的地理探查工作的动力；第二是生理学和解剖学的、正在觉醒的医学上的需要的动力；第三是伴

随从传統的仅顧最低生活的农业过渡到供应市場的商品生产的农业而起的农业革命上的需要和問題的动力;最后是大大扩展了的工业需要的动力,其中包括紡織、食品和飲料,而这些大部分都依靠动植物产品,并由于操作規模这一点,就再也不能靠传統了。这些兴趣彼此重迭,互相影响。前两項动力一直存在着,不过,探索的精神衰落而医学的相对重要性則上升了。科学性的农业要到十八世紀后期才来临,而工业生物学更要迟到十九世紀中叶。

和物理和化学科学中的兴趣作比較,其中如我們所已見到,有限数目的問題是由工业本身的进展提出的,对生物学鉆研的方式,就显得分散异常而且几乎是随便的。生物学不如物理学和化学那样能借实用过程来确立它的进展,就必然更容易受到科学以外的思想潮流的影响,而特别是在整个时期內容易受到宗教的和反宗教的大斗爭的影响,这些斗爭以不同的形式震撼了跨越法国大革命大分界的十八和十九两世紀。

信宗教的人希望在有生命的世界中为那已經在天界中丧失了的神授統治重新获得辯护理由。唯理派的希望正相反,要由表証生命現象中物質的机械作用来从宇宙中排除神灵,并一劳永逸地爆破旧約里有关創世的一切幼稚的神話。具有这两种信仰的生物学家却勤恳地探索自然界,要为他們所确認为必然是唯一的正确見解累积更能服人的証据。宗教的先入之見不再有力来阻碍研究,但它們至少直到达尔文主义胜利的时候确曾拦截了研究的最明显的含义。引达凭理性来詮释生命世界的途径寸步都必須爭取;而唯一的安慰是,也許正为了这个理由,纵然确立正义需时較长,但了解得也較明白。

正是在生物学方面,有甚于物理学,但不如社会科学,人們曾經常常同时承受在平凡和怪异两方面竟胜的愚昧見解。在一方面,自然界里一切事物分明是自然而然的——不需要解释草为什么生长,或獅子为什么吼嘯。这原是它們的天性要如此;它們一直如此,也永远会如此。如果根据化石的証据,或根据創世記的传說,反过来承認今日所知的世界必定和以往有所不同,那么要說世界砰然一下就开始了,或至多在七天里开始,而且是从一无所有而起,这比起竭力从某种不熟悉但并非絕对不同于今日所見的东西一步一步追溯这个世界的兴起,那就容易得多了。直到1859年,最講实用的和有常識的自然学家或地質学家在思想上完全有准备承認諾亚时代洪水比起来簡直是小事的宇宙巨災,而在理智上毫无不安。

无論如何,由于生物学的眞正复杂性,要能建立生物学的重大概括,只有在对生物作最广泛、最深入的探究的基础上进行,而这首先是自然历史学家的任务。在下

面，我們要先蹤跡自然历史和它的伴侶地質学的发展，直到以有机进化理論为頂点的时期。这个伟大理論尽管在人类思想史上有其全部重要性，却只是以現有的和已石化的生物的外表形状和粗疏的解剖作根据，而且几无实际效果。另一途径是通过研究大小生物的內部构造，以使用显微鏡作开端，継之以化学方法，比較起来要深透得多。近十九世紀之末，生物学才开始表示出它对治疗疾病和滋养农产的实际用途是有希望的。

自然历史和分类法：林尼烏斯

十八世紀是旅行家、收藏家和分类家的伟大世紀。分类这一观念起于实际需要，要把植物布置在植物园中，把收集品庋藏在橱架內，也許更可能起于編印目录。十分自然，每个收藏家或編目家对于整理他的資料，自有主見，結果是名称上和排列上都是一团混乱。

直到十八世紀中叶有一个富有精力和条理的瑞典青年卡尔(Carl)·林尼烏斯(1707—78年)，出身于穷牧师家，几乎全靠自覚，而后来被封为封·林內(von Linné)。他先独自担起重任，替世界上所有动物、矿物、尤其是植物来作分类。在植物学方面，也就是他的主要貢献所在，他具有天才，对卡美喇里烏(Camerarius)(1665—1721年)得出植物的花是性器官这一重大发見，看出其为植物分类学的鎖鈅。根据一向被人忽視的雄蕊和雌蕊的数目，他把植物分为綱和目。对于再精細的属和种的划分，他創立双名命名法(Primula farinosa)(具粉报春)，这样就提供了足够多的实詞，使人能区别每一个生物。

当日如此組織知識的时机已經成熟，尽管是很任意的——因为一开始不会更进于此。林尼烏斯遊踪广远，采集丰富，并且在烏普薩拉建成一座分类植物园。他不久就吸引了一队虔誠的門徒，他們周游全世界，去完成他的分类工作，并到处遇見讚揚者和仿效者。倫敦林尼烏斯学会建立于1788年。根据他的簡单体系，以及他对資料的无人怀疑的精通，林尼烏斯的分类法就推行到整个学术界，加上后来的修正，直到今天它仍是植物学和动物学上的分类制。在另一方面，他的矿物分类法，由于当时不可避免地根据了一些不科学的原則，所以不久就被弃置，而让位給根据化学和晶体学的更合理的体系。

走向自然体系：毕丰

自然学家們，不論在世界上任何部分，被这个体系武装起来，就能一起工作，他們

心里知道，如果把名称弄对了，大家所談的就是同一有机体，而且，如此他們便能供应資料，編成有机生物的共同目录，而这一程序在今天尙在延續下去。作为开端，林尼烏斯的体系就嫌太硬性了。但是，不必在实質上破坏它，有可能一步步改变它，直到它越来越变成一种自然体系：直到凡是比其他种更彼此相似的种，都同見于一个属里；而更大的羣，如属和科，就根据它們的較重要的区别而彼此分开。

分类学家的工作有直接而垂久的实用价值。然而，从科学上說来，这工作的建立就具有更为远久得多的效应。从那时以后，凡要考虑生物的自然分类，就不得不認眞地想起它們的亲属关系，这些关系事实上已包含在所用各属、或各族和各科的名称术語之中了。最初看到这一点的人們之中有佐治·路易·德·毕丰（George Louis de Buffon）（1707—88 年）。由于他的才气和和靄，在法国官廷和正在兴起的資产阶級（他是其中受封爵的成員）中，他对自然历史的通俗化的建树比任何别人为多。在 1739 年，他被任为皇室御苑（即現在的植物园）的司苑官，就把它变为当时的大研究所，在这里，許多法国的生物学家和化学家受到启发和訓練（308 頁）。不象林尼烏斯那样，除自然历史外缺少其他任何知識，毕丰原是一个物理学家，并把牛頓綜合法的合理观念引入生物学的范围內；然而可能正为了这同一原因，他絕不象林尼烏斯是一个耐心的观察者，也不象林尼烏斯是一个勤劳的分类者。他树立了对科学作文学表达的风尙，而由于他对世界、植物和动物、和人类自身的起源，有他的大胆的想法，就使法兰西的自然哲学家手造法国大革命的人都爱重他。

在他的不朽巨著"自然体系"（Système de la Nature）里，毕丰主张說：动物和植物的分类法所包含的亲属关系是一种实在的关系。在这方面，支持他的是前曾提到的月社的一个領导成員伊拉斯莫斯·达尔文（1731—1802 年）。他是利池菲尔（Lichfield）的有成就的医生、詩人、科学普及者、又是生物学上一个善臆測而勇敢的理論家。他所著"动物規律"（Zoonomia）企图从一种原治蕊莖来追溯生命的根据，这蕊莖受了許多种外来影响而起各种不同的反应，結果就产生了許多种类的观察到的有生命的形式。正因他对有生物質的奥秘結构，或它的各种反应的机制，都不可能已具有任何知識，他的观念必然是臆測的，而且更直捷地有助于支持德国的自然哲学家浪漫派，而未获引致任何新的观察和新的实驗（376 頁）。然而，他所敢于想的，旁人有了較好的理由时，就可以跟着他想。

假使不是为了有虔信派反对法国大革命的反动，那么，所有物种都来自共同的始祖这一观念，在十九世紀初期，就会被人自由接受了。然而，在十九世紀初期，比十七世紀或反宗教改革运动时，几乎更必須拥护圣經里关于創造动植物种的那些某天造

某物，認为字字皆眞的故事，因此大多数自然学家有五十余年之久都在显微鏡前視而无覩，拒絕去思考自然体系的意义。

早期的进化論者：拉馬克（Lamarck）

尽管这样，有人仍継續臆測，其中最有創見的是拉馬克（1744—1829 年）。他是王室御苑中的植物学家，在 1809 年大胆提出一种理論，[1.14] 說今天的物种导源于以前各期的物种，这是由于它們具有更密切地配合它們的环境的意愿而作了适应之故。长頸鹿看到长在高树上的树叶，就伸长頸項，而这种伸頸动作就遺传給它的后代。这个观念似乎过于牵強，也未贏得什么支持，但不久証据却累积起来，不只从研究活的有机体得到，而且到这时从研究化石得到的更多。

臆測的地質学和創世学

地質学的研究在科学范畴內出現得很晚，它异常显明地是一門野外科学。采集家置身标本架前，除了对地下的奇珍异品表示惊愕而外，殆不能更有所为。在另一方面，采矿人如此关心于某种矿物以及他种岩石是否也含該矿物的标誌，以致他通常既无志愿，也无学識，去制定有关地球結构和历史的任何一般理論。但是人們对地球以及它的化石的臆測，在十八世紀里，随着人們对自然界的兴趣的普遍增加，而稳步滋长。山上出現貝壳就意味着那里原是滄海，这一观念，在事实上，甚至从更早些起，已引人去多方揣測生命的悠久，不过在过去，把一切都推給諾亚洪水，整个問題就輕輕地遮掩过去了。从航海的行程，从关于国外火山和地震的惊人記載，人們开始持有另一見解：就是說，世界曾受到陆續的洗刼，当其时地壳因內部噴火而破裂；而且，水刼論者，即相信洪水者，和火刼論者，即相信地震者，二者之間的各項爭执，在整个十八世紀后部，始終是无益的操劳。

胡騰（Hutton）和常識

脫离臆測性地質学的初次根本轉折点，来自胡騰，他是一个爱丁堡医生，是布拉克的密友，又是曾把爱丁堡变成北部的雅典的一大羣出众的科学家和哲学家之一（304 頁）。在他所著"地球理論"（Theory of the Earth）（1795 年）里，他举出一个观念，在它的常識中带着革命性。他說，地質学上諸現象就是我們現在四周所仍看見起作用的各种力的产物。从他到乡野散步所見，又从农业实践上所吸取的經驗，他断定說：河谷是河流所冲刷而成，而河流带来的泥沙就淀积为平原，再硬化而成岩石。他

又了解到，所謂亚塔尔宝座（Arthur's Seat）那里的巨大未成层岩石，不会象为首的水刼論者韦尔納（Werner）（1749—1817 年）所主张那样由水所淀积的，而必是由于古代火山岩浆凝固而成，这些見解过于合理，熬不过反对法国大革命的反动。后者引出了一派地質学家，往往是牧师，他們到处寻找創世遺跡，[5.35] 但胡騰派的見解从未完全消灭。

田野地質学的成功来自开凿运河的經驗，而不是来自采矿人所具有的深入而极为局限于一隅的行业知識。威廉·斯密（William Smith）（1769—1839 年）这位实用測量者和运河开凿者，从他的工作中理会到南英格兰全部的各地层逐一相迭，成为一个无变异的、地質学上所謂的地統。他花去一生的大部时間，繪出各地层的露头的位置，而制成最初的地質图。

來埃耳（Lyell）的"原理"

关于地层如何迭成的刼变理論，越来越难于維持了。来埃耳在他所著"地質学原理"（Principles of Geology）[5.49] 里，就悄然删除了这些理論，恢复了胡騰的关于自然力作用的学說，并根据一些广泛得多的观察，建立了他的均变理論。但如果每一地层代表某一时期的沉积物，那么，这里面所包含的特殊化石必然原属于当时生活着的动物，而这些化石則对应于完全不同的有生形式，甚至还表出确定的进展。例如爬行动物未見于第二紀地层之前，哺乳动物未見于第三紀地层之前。来埃耳既承認物种固定性为邏輯上所必需，就只能推断，在每一个地質时代，必有整批的新动物区系創造出来，更依次而絕灭。显然地，所有这一切必然經历过很长很长的时間，因此，圣經里的創世故事，完全不論其中的奇迹，越来越难于相信。不过，在十九世紀早期里的反动气氛中，对此說提出疑問，就是万分胆大了。

查理·达尔文和有机進化

在事实上，非等到証据全然令人傾倒，再加有了某种可以說得通的机制来解释不同类的动物之間如何能有互相传袭的关系，这才能打破古宗教的迷惑力。以自然选择的形式来提供这个机制，正是伊拉斯莫斯·达尔文的孙子查理·达尔文的工作。他是中維多利亚时代資本主义的典型副产人物，拥有足以自立的家財。他乘"猎犬"号（Beagle）周遊全世界，[5.23] 經过这次有助于形成学术修养的航行以后，就能在蕩恩第（Downe House）他的书斋和花园里安居下来，詳細地和小心地考察生物界里有关种源問題的种种形相。

达尔文研究象加拉巴哥（Galapagos）羣島等远隔大陆的島屿上的罕有物种的分布情形，而对物种問題印象特别深。人們設想这些物种曾来自大陆上的祖先，而后来不知怎样长得有些不同，这样想是很有引誘力的——但究竟如何而且为么什呢？是不是和它們的生活条件有利于某些方面更甚于其他方面有些关联呢？他开始想到，人类經济生活的竞爭条件或許也适用于动物世界。其实，一种为資本主义剝削进行辯解煞費心力造成的理論，实在已在他的掌握之中。按照馬尔薩斯牧师（578 頁），生活是竞爭，其中最优者得生存，而財富和地位則是品質在这种竞爭中的报酬。疾病和战爭都是限制人口的手段，使之不多于可利用的食物来源所能維持的人数。达尔文想到，如果动物社会里也发生同样情形，那些在更适合于它們的环境的方向上变得极少的动物，就能把这优点传給它們的后代，这样就会逐漸演化为我們現在所知道的物种。十九世紀中飢餓的四十年代是一个很适当的时机来观察这个現象的发生。

自然选擇

然而，达尔文是一个最愼重的人，并沒有发表这个观念。相反地，他化了近二十年来替这个观念树立証据。他的証据是从自然历史所有各方面吸取的——有表明以前各时代中形式逐漸变繁复的岩石記录；有世界上动物和植物的分布情形；最后有十九世紀中进行的那些大規模繁殖实驗的研究，一部分是求改良品种，一部分是求培养出奇品异种的狗或鴿子，这就提供給他一些变异例子，同进化中所发生的任何实例同样新奇。但是如不是有另外一个年輕得多的旅行家亚耳弗列·罗素·华萊士（Alfred Russel Wallace）（1823—1913 年），通过他对东印度羣島动物分布的研究，独立地达成物种进化的观念，达尔文可能还絕不肯发表他的理論。

"物种起源"和進化論上的爭端

随着"物种起源"刊行后而爆发的怒潮，說明了退縮成性的达尔文曾如何小心翼翼地隐起他的看法。即使在比較进步的六十年代里，这些看法还是要造成久延而尖銳的爭端。不过这爭端所在毋宁是神学或政治性的，而不是純粹科学性的問題（387 頁）。在生物科学里，这产生了巨大解放影响。它对整个生物世界提供了一个統一性原則。

然而，达尔文主义在科学上的效果并不是完全可庆幸的。它确实提高了人們对生物学的巨大兴趣，并吸引了許多人到这門学問中去。但是在同时，达尔文理論強調了单純地追踪生物間的进化亲属关系，并建立繁复的族类譜系，这样却分散了自然学

家的注意，就不去研究动物和植物的实际生活和內部。沒有人能因此而責备达尔文本人，因为，如他在蚯蚓、肉食植物和情緒表达問題等十分多样論題上作出的詳尽研究所表明，他是实驗生物学中的先驅之一。[5,20-22]

自然哲学

物种爭端的原委，按順序叙到十九世紀之末。現在必須回到十九世紀初，拾起另一綫索，就是研究生物的結构来了解生物的綫索。在这里，頗大一部分开始的推动力也是来自自然历史，但更大部分則自来解剖学和生理学这方面，还有它对医学的密切关系。

特别是在生物学方面，科学上的神秘趋势——新柏拉图派的、魯耳派的、巴拉塞尔士派的——借十九世紀初期德意志自然哲学而得到最后一次訊眞的表达。受到哲学家如赫德（Herder）和謝灵（Schelling），詩人如歌德（Goehe）的启发，就出現了对絕对观念或大自然的神定計划的追求，这和德意志民族的再造，以及可憎的法兰西数学唯物主义的破坏也是不可思議地結合在一起的。[1,14]虽然如此，寻求生物原型却意味着要对动物和植物的結构作比較研究，也就是形态学（歌德所創的名詞），这个企图，在引它兴起的那些观念已經消失之后許久，还要延續下去。洛倫兹·奥硜，前已提起他是德意志科学的再造人，就是这学派的最好代表之一，而且首先辨識現有和已絕跡的有机体的主要分羣——各門——在构造上具有共同特征（318 頁）。这一点是他的功績。

顯微鏡：組織和細胞

除自然学这条研究途径而外，另外还有一条是从医学方面来的。虽則古典的格林派医学夹杂了阿拉伯人对它的評述而成的混合物，在医药实践上仍占势力，但是，根据流質說的古医学理論，面对着化学和生物学两門科学的进展就望风披靡。不过，甚至迟到十九世紀初，不可能有任何有效的学說来代替这些理論。其結果就形成一个胡乱揣測和杜撰体系的时期，这就引起了騙人的江湖医，如衒有动物磁性說的麦斯麦（Mesmer），以及过于自信的解剖学家，如持有骨相学的高尔（Gall）都贏得了广大的門徒。

同时，在解剖学和生理学方面所恢复了的兴趣，就引向文艺复兴以来的最大进展，去了解人体健康和受病的情形。毕夏（Bichât）（1771—1802 年）在短促的寿命中事实上再造了病理学，并且，由于細心研究了不同器官的构造，分辨出許多部分共

有的組織，如属于神經、动脉、静脉、肌肉、纤維、腺、外皮的等等。另外一些人継續作了这种研究，其中用了阿米奇（Amici）（1827 年）的新式消色差显微鏡，就能更深入窺探組織的精細結构，这就是組織学，远胜于十七世紀先进者之所能为。这就揭露出来，組織更是由細胞組成——肝的是方形細胞，肌肉的是长形細胞，神經的是伸得特长的細胞。

細胞理論

如施利登（Schlieden）（1804—81 年）和施往（Schwann）（1810—82 年）在 1839 年所指出，整个身体可以当作一个細胞羣体，而更进于此的是，所有細胞都由一个，或更应說由两个細胞而来，就是卵細胞和精液細胞。大約同时，封·貝尔（von Baer）（1792—1876年）継他們之后，察得有机体从受精的卵細胞实际生长的情况。胚胎学这門新科学事实上是由他建立的，又揭示出每一大羣或門，如脊椎动物門中許多不同动物的亲族关系。有了細胞理論，就使得个体的发育成为可以理解的，正如有了天然选择說就使得物种的发展成为可以理解的；而且，这二者看起来是循着平行的进化軌道。在生物学的所有各部門，用了显微鏡，就开始揭露了种种猜想不到的复杂情形，但在起初几个阶段，它們对于眞正的实践很少影响。只有等到研究了最簡单的动物和植物，即菌类[4.47]和更簡单的单細胞原生动物和細菌，然后才达到了对細胞的生活和功能有一定的了解，随着才有控制生物的可能。

發 酵

象时常在科学史上所遇到的，发酵这一成就乃恰巧来自生物学之外，事实上来自农业病害和工业化学的研究。从文明黎明以前，人类已在利用一些过程，如結果美好就通称发酵，如不然，就叫作腐敗。由于愼密的操作和严格遵守規則，他們甚至設法办到了对有限数目的几种过程获得确定而可以重复的控制，即酿造啤酒、炼熟干酪、或鞣制皮革。但是，象所有在技术上完成了的过程，要改变它們就极其困难，并且很危险。十九世紀初期各处新增人口所造成的需求的巨大扩张，不但消費激增，也引起了很多的災禍。

巴士特和細菌学

1855 年，就是在壮大中的工业城市里尔（Lille），有一个青年化学教授巴士特初次接触到一些活酵素的作用。通常良好的啤酒和醋有时会莫名其妙地变坏了。他因

为找不到化学上的解释，就用显微鏡考察它們。他发見在正常发酵的进行中有小圓形的酵母細胞，就是凱納·德拉都尔(Calgnard de la Tour)(1777—1859 年)在 1839 年所已研究过的、但不正常的发酵的特征則是另一些有机体，就是他所謂的顫动子，因为它們在显微鏡的視場中不停地跳着舞着。

我們已看到（365 頁），巴士特早已关心到在不对称分子的产生中生物所起的化学作用。对霉菌的实驗使他深信，发酵过程本身必然由于活的有机体所致，而不是由于任何惰性的化学反应。作为一个化学家，他不但研究了微生物的外形，还研究了它們的化学作为。他考查了微生物是否能生存于有空气处或无空气处，結果就能設計一些巧妙而合实用的方法，包括現在所謂巴氏低温杀菌法的过程，来防止微生物影响到啤酒或醋的順利生产。

正是他对发酵中的生物所获得的知識促使他极力否認生命自发的可能性，并导致了他和蒲协（Pouchet)(1800—72 年)的著名爭論。这里他指出，若排除了空气中不可見的微生物，那么动物和植物物質就能无限地保存下去而不腐化。他就这样使学术界相信某些事实，这些事实早在 1810 年著名廚师阿柏（Appert)[5,12] 在他保存食物的方法中就已利用的：食物沸煮后再封貯于玻璃器皿內，这方法后来就成为大規模罐头工业的基础。然而曾有人提出反对意見，說阿柏的瓶罐不含氧气，而主张氧才是致腐的原因。巴士特就得再証明，要是滤淨空气对于防腐也一样有效。

巴士特既認发酵的有机方面为首要，就反对封·利比喜所持发酵起因于特种化学酵素的見解。由于巴士特的成功，这个見解就掩而不彰了。直到 1897 年，才由布希納(E. Buchner)（1860—1917 年）几乎在无意中从磨碎的酵母中分离出这样一种酵素，这就开創了酶的研究。因此，到了末了，封·利比喜和巴士特两人都被証明是正确的。发酵是由一种酵素所引致的，但这酵素只能由活的生物經营而成(490 頁)。[5,3]

蚕病和細菌理論

1865 年，巴士特被召喚去担負一个更困难的任务。法兰西的新工业大大地依靠絲的供应，而由于一种神秘的蚕病，絲有断絕之虞。巴士特就奉派去处理此事。在那时，他說不上是一个自然学家，甚至于不曉得蚕是什么，也不曉得一条醜怪的蠋后来会变成美丽的蛾。尽管如此，經过一季度的专精研究，他找到这病是由于一种确实寄居并生长在蠋体內的有机体。这就提供了扫除此病的綫索。

从此而后，他越来越想到較大的生物、动物和人类的疾病也由于类似的原因，由于細微的病菌。这并不是新观念。这观念实在也象疾病本身那样古老，有传染和流

行病的現象可以为証。靳納（Jenner）实在很早就采取了最初的正式实际步驟，用接种痘苗法来控制痘証，这方法預先假設，对照着实施数世紀的用痘本身的猛烈接种法，是有一种作用較和緩的病毒存在着。但是这些病菌从来未被辨認，而又完全不合于医学界的亚理斯多德派，或甚至希波革拉第派的理論，因而医学界就不肯承認它們存在。不过，在多年以前，雷汶胡克用了他的簡单而优良的显微鏡，就已經看見过它們了，但在他看来，他所看到的微小生物和为害于动物以及人类的疾病之間，似乎并无明显的关連。

經历二百年之久两方面都积有証据之后，才发見細菌的职能，已嫌过晚了。如在类似的情形中，巴士特既不是第一个又不是唯一的发見者。德国乡村医生柯赫（1843—1910 年）継达卫恩（Davaine）（1812—82 年）之后研究炭疽病細菌的繁殖，发展了在明胶上的培殖法，就使得可能获得純种——他后来就用这方法来分离結核病和霍乱的病媒。在苏格兰，利斯特（Lister）（1827—1912 年）发展了消毒的实用技术，这就开始減低医院里可怕的死亡率。不論如何，巴士特是抵抗細菌战役中的大旗手。

巴士特和医生們对抗

更多地由于他对人类幸福献身的热忱和強大的人品力量，而不仅用冷冰冰的科学論点，他居然摧毁了这一研究病源的新途径所遭到的反抗，因为反抗非常兇猛，几乎全体医界都在其內。巴士特需要靠他作为一个早已成名的化学家的整个声誉，靠他作为工业顧問和畜病战胜者所贏得的全部声誉，才能說服各医院当局采取現在我們所認为最起碼的防毒措施。但是一旦他証明了他的免疫法的效果，首先对牲口的炭疽热，最后也最动人的是对人类所患的狂犬病，公众的热情才迫使頑固的医生們接受他的观念。

科学性医学的基礎

巴士特所引起的变革，有效地成了科学性医学的基础。在以前各世紀里，对于人体以及人体健康时和害病时的情况，曾有大量发見，但这只是半科学性的，能預測并緩和一些病象，但不能从效驗上証明它能用有效的預防和治疗来控制疾病。少数預防法，如隔离和接种，或少数治疗法，如用汞治梅毒，或奎宁治疟疾，都是对偶然发見，或部族传統的明智利用。但因这些并非根据任何科学理論，也就不能使之普通化而用来治疗其他疾病。若无病菌理論，就不可能懂得各种急性传染病中所发生的事情，而医生們也只得听任疾病自由进行，甚至不知不覚地竟帮助疾病蔓延。

傳染病的控制:細菌学

一旦透彻地掌握了細菌的理論和技术，几十个献身于这种事业的人就可以在現場研究一种传染病,追察起因的病菌,虽然不能一定，也往往找得到一种免疫的或有疗效的血清。而即使沒有这血清，也能指出必要的預防法来遏止疫症。由改进了的卫生方法所抑制,水中所含的疾病,如伤寒,就开始絕跡于欧洲,而害死儿童的白喉也減少。依次地,霍乱、鼠疫和瘧疾等大災害,除因貧穷不能施用新办法而外,都被控制住了。

病菌理論指出了方法来控制多数大量杀害儿童和青年的急性病。正由于这样成功，竟使輿論受到蒙蔽，甚至还蒙蔽了医界一个时期,只不过程度較浅些而已，以致都不辨事实,看不到被截回的只是疾病的前鋒,而在对于看成外因所引起的疾病进行治疗时,竟一直忽視人体的反应。至此仍存在着致人于殘废的軟骨病,以及致命的糖尿病、心脏病和癌症,对下一世紀的科学家提出挑战。虽是这样,通过細菌学,科学从此以后永远进入了医务部門,不久即成为医学传統中的組成部分。

巴士特和他的門徒的工作,以及其他細菌学学派的工作,对科学的意义远过于其对医学的直接效果,尽管这些效果在文明史上是关鍵性的。用他較早期的工作,他已表証了那怕是最簡单的生物也不会复活，而在这个地球上絕沒有生命的創造仍在进行。說这些微小生物具有生命，从它們能运动能生殖看来是肯定的。不过它們的生命必然十分不同于高級生物和生命,它在基本上毋宁是化学的,而不是机械的——依靠分子結构,而不依靠骨骼結构。因此,巴士特是二十世紀生物化学革命中的伟大先驅者之一。

克罗德·伯尔拿(Claude Bernard)和生理化学

另一先驅者克罗德·伯尔拿(1813—78年),也是法国人,他研究活人、活动物的生理学，而发見身体中的重要內部活动是由各項化学反应的一种复杂平衡作用所执行的，其中有許多反应是他揭露的，而这平衡的維持則是生命本身的一个必要条件。有机体愈高級,就愈趋向于維持它的內部条件恆定，并独立于外部的条件，因而当較簡的有机体被冻得不能活动或被煮死时,仍能起反应作用。*

神經学

神經控制机制的研究是生理学中自从近二千年前格林的实驗(128頁)以后就一

直处于蟄眠状态的一个方面，也是在十九世紀才又甦醒过来。神經功能的两个方面，即輸訊給肌肉和受訊于器官，最后都得到了解，应当感謝貝耳(Bell)(1774—1842年)和馬攘第(Magendie)(1785—1855年)[5.77]的工作，而其間的种种关系，是从神經系統的极度复杂性踊查出来。这才第一次照亮了一切网系中最复杂的即脑的控制功能。甚至在十九世紀中，唯物的生物学家已在怀疑純粹精神現象的絕对本性。生理学正在开始揭露出：即使是最簡单的动物的躯体，比起哲学家所曾想象出的任何东西，是如何几乎无限地更为复杂。

科学性的農業

在前已叙述过的十八和十九世紀生物学知識的四个来源中，即自然历史、医学、农业和工业中，要处理其第一、二两項，免不了要提及末两項的貢献。达尔文的观念就很受影响于畜牧家和园艺家的实践成績。早期的細菌学家首先在处理动物疾病上获得他們的成功，巴士特本人就是通过制葡萄酒、酿造啤酒和繅絲三种工业过程，而被引导到細菌学。然而仍存在着一般独立的科学思想潮流，发生于农业上的中心問題：植物在土壤里如何生长，人和动物的食料由什么构成？

从十八世紀的开端起，凡是資本主义經济透入之处，农业問題就居于最前列。当問題在于从土地获取最大酬益时，人类所尊敬的传統就不再有用了。个别求改善的农民与进步的地主联合成社，来促进农业，[5.4]而鉴于时代的性情，科学之应該参与揭发农业基本原則的任务，是很自然的。然而这任务証明是十分困难的。

非到十九世紀中叶，而且經过了多次錯誤开端之后，才有可能超出农业实践本身的直接經驗以外。事情在于逐一試驗現有方法的种种改变，注意何者能够增产，进而循着有希望的綫索前进。来自工业而非来自科学的重大革新，是在农业机器方面，它們改革了耕地、播种、收割和打谷的方法。不过蒸汽发动机給予耕种的，远少于給予工业或运輸的。全盘机械化有待于二十世紀的較小較輕的內燃机。

动物和植物的营养

科学毋宁是在化学方面，不是在生物学或机械学方面，对农业发生最有效的接触。以普利斯特利开始而以拉瓦錫到达頂点的化学方面的气学革命，曾指出：动物有机体就象一种热机关，烧消食物供作燃料；而植物則反其道而行，利用日光从废气再造出有生組織，而把氧还給大气。用牟雷斯珂(Moleschott)(1822—93年)的名言来說，生命是光从空气織出来的。

不过,非等到弄明白了土壤的作用,这沒有一点能具有什么实践关系。实践的农民和园丁都晓得土壤飼养植物,但从 1790 到 1840 年科学家就无法察出到底如何飼养。在二百年前,范·赫尔蒙脫指出柳树单靠水就能生长。在当时看来,假設水这一元素轉变为元素土或木,是完全合理的。但在 1790 年以后,这一点就被証明是炼金术的謬說,但非等到封·利比喜的經典研究出現后,絕沒有代替它的东西。他应英国协会的要求(318 頁)而作的"化学和它在农业和生理学上的应用"(Chemistry and its Applications to Agriculture and Physiology)一篇报告(1846 年)确立了有生組織的分类,分为目下已成經典性的醣类、脂肪类和蛋白質(朊类),后来食物也照这样分法。他指出前两类主要是植物从空气中二氧化碳造成的燃料,而只有末一类含氮,这在植物是由以土壤所吸收的硝酸盐类連同其他主要元素如磷和鉀所构成的,后来要再从动物的排洩物回到土壤,就成了自然界的另一巨大循环。

人造肥料

闡明了土壤的化学功能,农場粪肥的作用才第一次有了解释,随着就有了从其他来源加以补充的可能。約翰·劳斯(John Lawes)爵士(1814—1900 年)是一个有科学嗜好的紳士,他把他的罗丹斯忒(Rothamsted)产业改为第一个农业研究实驗場,对从种种来源所取的硝酸盐类、磷酸盐类和鉀碱来充作农場粪肥的代替品,甚至还建了工厂来生产这些东西。从他的实驗,以及其他各国的类似实驗,就出現了巨大的肥料工业,这个工业在十九世紀后期服务于双重目的,一則由加強农业生产,再則由补充紡織化学药品的需要,以建成一个高度垄断性的重化学工业,为二十世紀的战爭需要作为供应的准备。

食品工業:冷藏

馬尔薩斯牧师考虑到:"在放肆的揣測中,曾有人提議(当然这与其說是認眞的,毋宁是开玩笑的),說是欧洲应該把它的谷类栽种在美洲,而它自己則专門从事于制造和商务,以作为一个最好的全球分工"。[5.54]在他的玩笑能够認眞演为事实之前,就必須遣送一批人,不管是奴隶、罪犯或迫于飢餓的移民,到远方去栽种粮食,并且必須找出办法把食物在可食用的状况下轉运回来。要如此办,的确存在着一些传統方法,如晾干、盐醃、煑沸、冷冻等,都导源于石器时代。但是假使这些方法未經科学的渗入加以合理化并有所改变,它們就絕不能用来应付足以供应几千万人的大規模。

在另一方面,巴士特的終身工作已經指出消除細菌的需要,在另一方面,新兴的

热力学也指出了途径,反用热机来人为制冷(339頁)。在这两方面之中，就有了装罐头和冷藏,保証随便哪里出得起錢买,就有东西吃。这也保証了罐头公司和冷藏公司的优胜地位,它們遍布在全世界上空敞之处,牛肉可以当活牛赶到各处。这种过程的一端已有騎馬牧牛人和欧洲与美洲印地安人的混血族流传的事迹使之浪漫化，其另一端則見于芝加哥（Chicago）或辛辛拿提（Cincinnati）的待屠畜栏，这里屠宰的机械化就替下一世紀大量生产中的装配流水作业綫提供了原型[6.43]。

实用生物学：医学和農業

到了十九世紀末，生物学已取得与物理学和化学两門較老的科学并列为有理性的科学学科的地位了，但仍保留下以往的幻术和神秘的信仰和許多痕跡。生物学也远远不象那两門較老科学对自身的資料所达成的了解和控制。不过，生物学业已在証明它的实际用途。誠然,假使沒有应用生物学的助力,十九世紀后期的巨大經济进展就会完全不可能。馬克思有句格言:“人类自己所承担的任务总只是它自己所能解决的”,刚才所說应用生物学的情形实在就是这句格言的最好例証之一。[5.57.357]

十九世紀的許多制造工业城市里人羣密集，假若沒有由逐漸体会病菌理論而演化出来的卫生方法,就絕不能維持下去。假若沒有对植物营养的新化学知識的应用,也就无法养活这样大批的人口。含氮肥料和磷酸盐肥料的使用是土地增产和有可能扩展可耕地面积远超过以前所認为可能的主要因素。最后，除非至少控制住了热带病中最兇恶的几种,对于发展工业极为重要的热带产物,如橡胶和石油，就不能爭取到象需要那么大的量。

9.6 回　　顧

資本主义时代中的科学

現在我們已經循着十八和十九世紀科学进展的几条主流而得其梗概，并已看到了两方面的关联,一方面是它和工业革命及其后果所例示的社会物質发展的关联,另方面是它和使人有效地联系到他所处在由社会創造的新环境所必需的思想进化的关联。正当此时期,資本主义羽毛丰滿,繁荣极盛，并开始显出衰落的最初征象。科学也強壮地、連續地增长,可以不管一些次要的起伏,而且它的增长,甚至比起整个經济的增长,必然还要快,因为在本时代之末,科学所占据的地位,比在时代之始，更为重要得多。在十八世紀初期,科学以蒸汽发动机提供原动力給工业,这工业在那时大部分仍建立在传統技术的基础上,有賴于才智的地方多,而有賴于科学的地方少。近十

九世紀末,完全奠基于科学的新型主要工业正在兴起。此外,科学正在渗透到較旧的手艺工业和农业本身的內部去。在开始时,科学需从工业学习的仍多于它給予工业的;到末了,工业本身的存在就和科学連在一起了。由于科学已使工业技术的轉变成为可能,科学就在影响着資本主义的发展,使它能脫离小規模工业的个人主义自由竞爭,而轉向具有周密計划过的科学化的生产方法的庞大垄断企业。

試拿第七章里所討論过的十六、十七两世紀的科学革命,来和十八、十九两世紀的工业革命相比較,就显出科学和經济生活之間的那种关系,已經根本改变了。在第一时期中,如我們所已見到,对科学的号召以及科学的有效答复,都在一条范围很狹的陣綫上,几乎不过是天文学和航海术。在第二时期中,工业活动的全部范围都包括在內了:机械、动力、运輸、化学品和軍需品。与此对应,第一时期的科学所关怀的主要是为收集自然界情报所用的新仪器,如望远鏡、显微鏡、温度計、气压計等,还有是設計仪器和解释它們所得結果需用的数学分析。在第二时期中,仪器虽則継續发展并倍增,但只是科学的物質产品的一部分了。各科新机器——蒸汽机,涡輪机、发电机、电动机、化工設备——設計出来都不只为发見自然界,还要改变自然界,成为十八、十九两世紀的表出特征的产物。

在一次革命和下一次之間,科学确已从被动的地位变为主动的地位,从考虑自然界到"实現一些可能的事"。这一过渡之成为可能,在技术上正是由于机器的发展,大部分是工人和科学家联合努力的結果,而在經济上則由于能够运用以前投資生利积累的不断增长的金額。就是这种資助技术和科学进展的十足資本主义方式,說明了十八世紀后期和十九世紀中叶里这方面活动的大爆发。

比起以前任何时期,这时期所作的努力是大得可惊的。只有当我們比照今日的絕对或相对努力来看,才覚得它似乎很藐小。例如,不列顛在整个十九世紀里用在科学研究上的总金額,不会比一百万鎊多出許多。[5.3] 目前我們单是花在民用研究上的,每年就合此数的七十五倍。我已在旁处指出,[5.8]科学和利潤的关联就說明了那种进展的速度的极不一致。甚至当一种科学应用,看来有获大利的希望,然而由于缺乏可以动用的資金,来投入会把它冻結若干年并不能保証最后成功的冒险事业,这就阻止了除去最乐观的而外所有企业家却步不前了。

工人階級和資本主义

当科学合于达到資本家增加利潤的目的时,他們就最乐于采用。对于应用在公众福利如保健和教育的科学,他們就无可奈何才迟迟采用。当科学成了用来考查,或

許可能改变他們致富的制度的关鍵时，他們就絕对拒絕采用。但他們如果不肯这样做，却有别人要做。資本家在使科学为利潤服务的过程时，已指示出一条走向大規模社会生产方式的道路，会使利潤动机成为不必要，同时他們引致了一个工人阶級的存在，对于这个阶級，資本主义制度就代表苦役、生活无保障和貧困。

在本时期的开始，一个新出現的資本主义正在有效地摆脫旧日封建生产制度的最后殘余，并在走上有进步性扩展的前途。在本时期之末，資本主义大大发展了，已遍布它的优势到全球，但是这时它却站在抵抗一个新兴工人阶級的守势地位。資本主义什么都干得出，就是不准备前进到一个新型而包罗更广的社会主义生产方式，一个眞能充分利用科学成果的生产方式。（401 頁，658 頁起）

依此說来，对于十八和十九世紀时科学在生活和思想上的影响，如要加以估計，就必須踪跡它的过渡情况，从在本期开始科学联合了所有的进步力量所发生的解放影响起，到本期終了科学所处曖昧不定的状态中已不能再訊进步为不成問題而战爭和社会革命却隐現于人类視界为止。这分界綫来自法国大革命和繼此的反动。法兰西旧統治和不列顛拥教保王的政党，两者都以地产为它們的基础，尽管照顧科学，竟不得不站在反对科学的立場上。因此，科学的进展在十八世紀后期就联系着正在兴起的工业、政治改革和开明的神学，大有助于支持一种乐观而进步的展望。

1815 年以后，情势就不再如此簡单了。科学本身深刻地分裂为順从的和自由的两部分，如在地質学史中和进化論爭辯中，即有例可举（375 頁）。科学的旧传統以及科学发見的实际效果，就傾向于把科学与十九世紀中的資本主义大扩展等同起来，但这种等同的看法已不再是滿心欢喜的了。与此对照的則是在工业地区的阴郁和醜恶中科学应用的显明成果，以及随着这种看法同来的是羣众即新兴无产阶級的覚醒，不管是出于敌意或良心的譴責。共产主义的幽灵，尽管这时在行动上还是怎样无效，已显現于知識境界和政治舞台。1870 年后，欢欣的心情大都烟消云散，而一种神启式的情調就潛踪而入。

观念世界中的科学

对于在这个时期有統治力的观念，科学的直接影响远不如科学通过結合工业革命而生的間接影响那样重要；尽管如此，这影响絕不容忽視。十八世紀和十九世紀物理科学中的思想革命，比起十六和十七世紀的，并不具有相同的关鍵重要性。誠然，也許看来更为适当的办法是絕不把它說成是一次革命，而是如牛頓綜合所表示的較早期革命結果的巨大展布——首先展布到其他科学部門，如热学、电学和化学，然后

展布到經济的和政治的領域。尽管如此，这些扩展本身在某种意义上实在是根本的革新。从实質上說，正是通过这些扩展，科学才第一次在工业中成为有效，蒸汽和电两种自然力才被控制住，而一向由传統管治的物質轉变才能有意識地导向去为有計划的目的服务。在观念的范围內，如果說物理科学沒有对过去表出可相比拟的割断关系，但它扩张及于新部門，却揭露出自然界的猜想不到的方面，就是电和磁的相互作用的方面，以及化学反应的特性方面，并引达某些宏伟的概括，如質量守恆定律、能量守恆定律以及光的电磁理論等。

進化論作为社会力量

然而提供眞正革新的，毋宁应該是那些在其中数学分析仍然找不到立足点的叙述性科学的发展，以达尔文所創通过自然选择的进化論的伟大綜合而达于頂点。达尔文自己的貢献，作为对地質和生物观察多年，而最后不可避免的結果，出来較晚。若不是为了有宗教和地主利益所作的抗拒的話，进化論就会得到公認。他們这般人本能地感覚到，承認进化論就意味着完全結束了对世界由神安排的支持。牛頓通过他所新創的天界构架，在很大程度上恢复了哥伯尼和伽利略所从根动搖过的神定方案之可信；达尔文則对人类自身下手，更为切中要害。作为一个革新者，把达尔文比之于哥伯尼，这是完全正当的。宗教世界在这以前依然存在，并已几乎忘却古代东方天文学世界图景的破坏所引起的扰乱。但是它依然保留創世图景不动，特别是人自身在上帝象中的图景，然而，在达尔文以后，創世記作为历史的征信記載就所余无几了。要經过一些时，才能发見适当的、保全面子的公式，才能把宗教眞理看作处在另一水平面上，超然于世俗事实的任何反駁。爱德蒙·戈斯(Edmund Gosse)的父亲腓力·亨利·戈斯（Philip Henry Gosse）認眞地提出的建議，說上帝以他的智慧，曾把化石埋在岩层里来引誘思想自由的地質学家永堕地獄，他用这种說法来提供有效的出路，人們認为是过于牽強了。不过，教皇庇护第十二（Pius XII）既已在 1948 年，凭他的教权宣布創世記第一章必須以譬喻的意义去了解，那么这一爭端在現在，除了对于某些基督新教的基要派以外，必須認为已成过去了。

“物种起源”一书的出現，正是它的說教有迫切需要的时候。它为經济界和政治界的极端的、反教的派系所接受，由于它很大部分就是它自己的放任自由和自助等理論的映象。它使得有可能支持資本主义世界中正在进行的一切，如人对人的殘酷剝削，优越民族压制卑下民族等。甚至于战爭本身也可比拟着自然界中的“牙爪皆赤”，而認为公道。旧日的借口，說到有些阶級或种族所以优胜，是由于他們是特选人民或

上帝子孙，此外还需要新的借口来支持他們在一个有理而科学的世界中継續下去。达尔文主义就提供了这种借口，虽然这終非达尔文之所愿。

进化理論的基本重要性，就在它把历史要素引入科学范围，因而和希腊传統的正宗派断然决裂，和柏拉图及亚理斯多德的永久眞理及固定种别之說断然决裂，并回复到古爱奥尼亚哲学家和德謨克利图強調有理性的发展和变化的較早的异端派。由于把历史引入科学，达尔文进化論本可以充当自然研究和人文研究之間的桥梁，但它不曾做到这点，因为大多数建議人都极其迟疑于把它的学理推行到底。誠然，強調了人与动物的血亲关系，就掩蔽了人类的社会进化，而重視純粹的生物进化，这就轉而导致尼采（Nietzsche）超人的謬說，并替种族理論和帝国主义辯护。

自然科学和社会科学之間的关联，以及自然界中的历史和社会中的規律的全部含义都不会作为有机进化理論的一个直接結果来鎔鑄出来。这应該成为完全另一个运动的工作，这运动同时是观念的，又是行动的，作为工业革命的社会影响的一个后果而兴起，并且要由馬克思和恩格斯来給以一个理論和一个行动綱領。这虽然发生在十九世紀中叶，却远在达尔文主义爭論之前，它的全部意义和后果非到二十世紀才能明显，而有关的討論則留給第十二、十三两章。

科学家的社会地位

从十八世紀开始时几个优秀的心灵瞥見科学可以作为具有解放作用的观念，过渡到人人在十九世紀末看来已是一种能够改变生活型式的物質力量，如我們所已見到，并不是一个簡单过程，而是对于許多交替着的、迅速的或被阻滞的进展的冲突的結局。

在这一斗爭中，个别科学家們就不能避免被迫去考虑不仅是自然界的永久秩序，而且还有技术和科学的新力量成功地干預自然秩序而生出的后果。科学家无可避免地被冲突性的冲击所震撼。科学家以来自中层和上层阶級的为最多——因为他們的主要集体很易于吸收并轉化从劳动阶級中来的某些个别加入这个队伍的新成員，例如法拉第——他們是和資本主义发展中的大运动有联系的。虽然这样，作为科学家，他們就不能不看到，他們努力的結果正日益用来为私人致富，而不在导向着人类一般命运的改进。只有很少数的科学家有意識地参加了对这些发展的譴責。其中有例如不列顛的 A. R. 华莱士和 A. G. 威耳斯（Wells），德意志的赫克尔（Haeckel），以及 1894 年在法兰西結合起来保卫德雷福（Dreyfus）的一羣知識分子。

純粹科学的理想:对宇宙的悲观主义

然而大多数科学家避开摆在他們面前的不愉快的选择，而以潛心于科学的純粹眞理为逃避。他們覚得,如果他們不借自己的发見来歛錢,就多少得免于受到借发見来营私利的責备。

这种态度,即使在科学本身之內,不会不使他們的观念和理論染上色彩。虽則科学观念在揭露世界的构造上曾有巨大成就,从星云到人脑,虽則有进化理論所呈現的关于不断进步的堂皇图象,但远見的科学展望,到本期之末,基本上却变成悲观的了。宇宙的图景沒有受到任何概念上的光明，显示出人类有意于为本身一代和以后世世代代的利益担負起駕御自然的任务。因此它就傾向于成为順从盲目命运的图景，通过鉄的規律引向不可逃避的死亡。

科学的限度

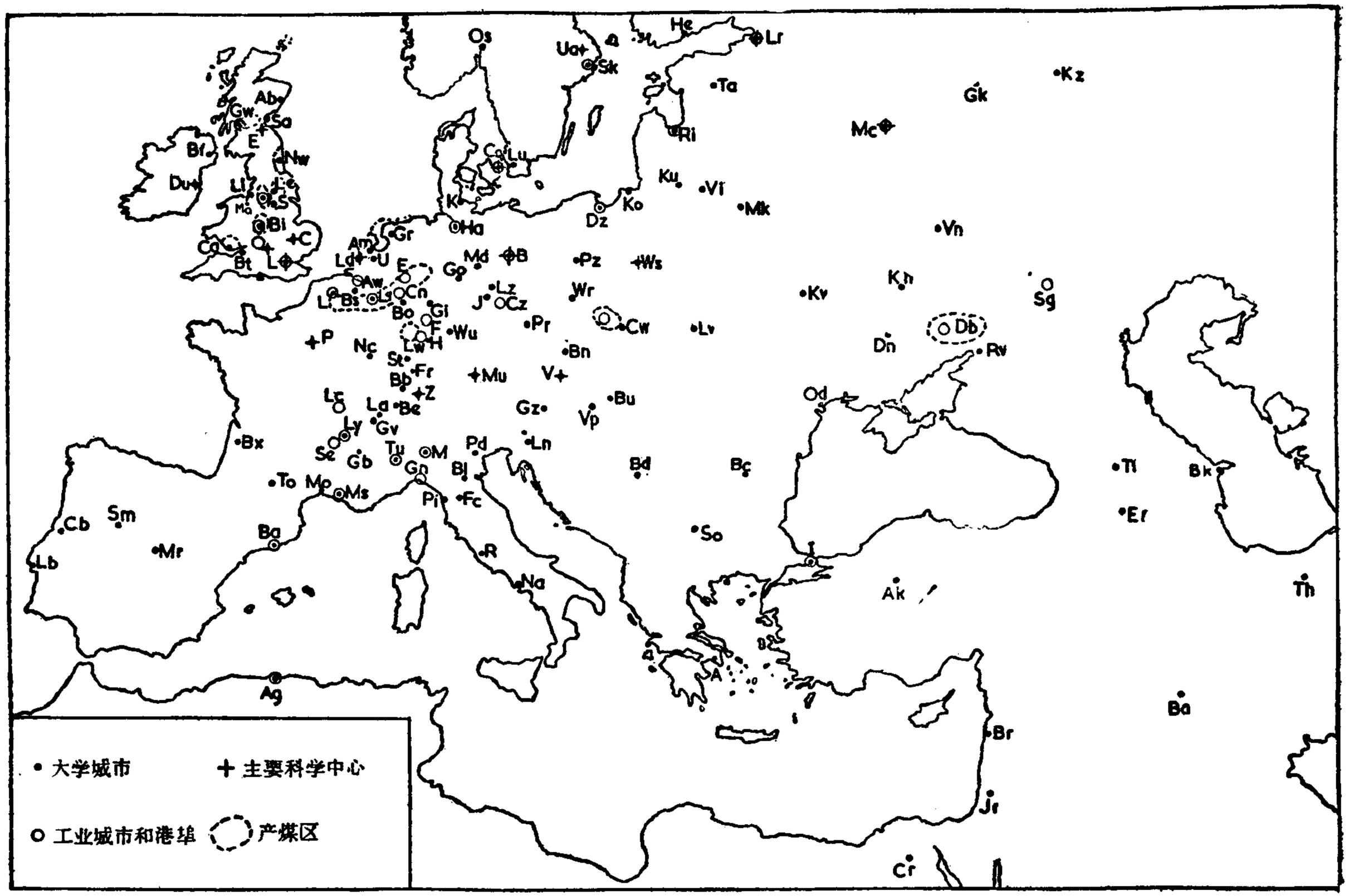
科学在当时看来象是有定限的。十九世紀科学的进步所揭露的各門科学日益融貫統一的图景,在科学家看来,似乎是科学正在趋近尽头的迹象。在物理学中，原属分立的各种力量,如光、电和磁、以及热,通过联合在一起,成为一个宏伟的电磁理論。虽則对重力当时还未了解,它的作用却完全可以預測。在事实上,拉普拉斯以为整个宇宙都是粒子組成的,它們的运动,假使在某一时刻的知道了，在永久的将来的也就知道了。这种观点支持了一种比希腊人所曾有过的任何一种还要包罗万有的命定图景。在化学上，元素已經差不多全被发見了。門捷列夫的伟大概括甚至已經指出元素总共能有多少种,而尙待找寻出来的是如何之少了。在生物学上,达尔文的理論已經表明,进化本身已成了宿命論式的受制于机遇和竞爭的进展了。

当然,仍有很多事情要科学去做,每一科学家在他自己的范围內，認出他面临着发見种种細节的无限前途,因为,說来眞奇怪,尽管理論上有这些伟大概括,科学在十九世紀末,比起过去，或从那时以后,已变得更专門化了。专門化本身就是逃避覚得宇宙統观的負荷过重的途径。对宇宙的悲观主义就这样由一种关于科学和社会的当时現状和眼前展望的信念(如果不是沾沾自足的話)所平衡了。

不論十九世紀科学家們对他們自己的主題感想如何,他們知道,科学理論的一般构架是稳固的；牛頓的遺业大部已經完成,有些零星現象,看来不合于这幅經典图景的,只要有才智充分的人肯去抓它們,无疑地就会得到說明的。恰好同这一样，他們抱有和他們廝混在一起的人們❶ 的同样情感;認为社会秩序——股票交易所、企业自

❶ 指資产阶級。——校者

由、旅行自由和貿易自由——如果当时还未絕对实現，也就馬上要实現了，而且一个无限的精神和物質进步的时期已在目前。当然，天际有烏云：劳工糾紛，令人煩恼的一般軍备的增加；但以他們的常識，并体会到維持住和平的資本主义經济，对人人有近利，他們就希望烏云会消散。他們覚得，未来必定是过去的一种扩大而頗无趣味的延长。在科学和社会两方面的此类希冀注定要失望，失望所由，我們今天已知道得太清楚了。二十世紀，如我們将在本书以后各章所見，要为科学和社会开展出宏伟而新穎的远景。



地圖四　科学的和工业的欧洲

地图四說明：此图表出第八、九、十章所述十八、十九和二十世紀在欧洲和邻近国家內科学和工业中心的分布情形。图中只标出主要的工业城市和港埠。列出的大学，作为科学中心，具有很不相同的重要性；若干主要的特别在图中标出。較旧的大学建制都聚集在欧洲的中脊一带，如地图三所示。在十九世紀，而以在二十世紀为尤甚，向东方的展布是显著的。科学中心在美洲的相应分布情形，可参閱地图五的附插图(726 頁)。

各　大　学

Ab—亚伯丁(Aberdeen)(1494)
Ag—古代阿尔及利亚(Algiers)(1879)
Am—阿姆斯特丹(Amsterdam)(1632)
Ak—安卡拉(Ankara)(1856)
A—雅典(Athens)(1837)
Bg—巴格达(Baghdad)
Bk—巴庫 (Baku)(1920)
Ba—巴塞罗納(Barcelona)(1450)
Bb—巴塞尔(Basle)(1460)
Br—貝魯特(Beirut)(1846)
Bf—貝耳发斯特(Belfast)(1845)
Bd—貝尔格来德(Belgrade)(1863)
B—柏林(Berlin)(1809)
Be—貝尔恩(Bern)(1834)
Bi—伯明翰(Birmingham)(1900)
Bl—波罗那(Bologna)(1160)
Bo—波恩(Bonn)(1818)
Bx—波尔多(Bordeaux)(1441)
Bt—布里斯它尔(Bristol)(1909)
Bn—布尔諾(Brno)(1909)
Bs—布魯塞尔-卢芳 (Brussels-Louvain)(1834, 1425)
Bc—布加勒斯特(Bucharest)(1864)
Bu—布达佩斯(Budapest)(1635)
Cr—开罗(Cairo)(970, 1908)
C—剑桥(Cambridge)(1209)
Ca—加的福(Cardiff)(1893)
Cb—哥印伯拉(Coimbra)(1290)
Co—哥本哈根(Copenhagen)(1479)
Cw—克拉科(Cracow)(1364)
Dz—但澤(Danzig)
Dn—得尼普羅伯特路斯克 (Dniepropetrovsk)(1918)
Du—都柏林(Dublin)(1591)
E—爱丁堡(Edinburgh)(1583)
Er—伊利凡(Erevan)(1920)
Fc—佛罗稜薩(Florence)(1321)
F—法兰克福(Frankfort)(1914)
Fr—夫賴堡(Freiburg)(1457)
Gv—日內瓦(Geneva)(1559)
Gi—基森-馬尔堡(Giessen-Marburg) (1607, 1527)
Gw—格拉斯哥(Glasgow)(1451)
Gk—高尔基(Gorky)(1918)
Go—哥丁根(Göttingen)(1737)
Gz—格拉齐(Graz)(1586)
Gb—格勒諾布尔(Grenoble)(1339)
Gr—格罗宁根(Groningen)(1614)
Ha—汉堡(Hamburg)(1919)
H—海得尔堡(Heidelberg)(1386)
He—赫尔辛基(Helsinki)(1828)
I—伊斯坦部尔(Istanbul)(1883)
J—耶拿(Jena)(1558)
Jr—耶路撒冷(Jerusalem)(1918)
Ku—考那斯(Kaunas)(1920)
Kz—喀山(Kazan)(1804)
Kh—卡可夫(Kharkov)(1804)
K—基尔(Kiel)(1665)
Kv—基輔(Kiev)(1834)
Ko—寇尼斯堡(Königsberg)(1544)
La—洛桑(Lausanne)(1537)
Le—黎芝—(Leeds)(1904)
Lz—来比錫-哈勒-維騰伯(Leipzig-Halle-Wittenberg)(1409, 1694)
Lr—列宁格勒(Leningrad)(1819)
Ld—萊頓(Leyden)(1575)
Lg—列日(Liége)(1817)
Li—里尔(Lille)(1562)
Lb—里斯本(Lisbon)(1911)
Ll—利物浦(Liverpool)(1903)
L—伦敦(London)(1836)
Ln—卢不里阿那(Lubliana)(1596)
Lu—伦德(Lund)(1666)
Lv—罗夫(Lvov)(1661)
Ly—里昂(Lyons)(1896)
Mr—馬得里(Madrid)(1508)
Md—馬德堡(Magdeburg)
Ma—曼彻斯特(Manchester)(1850)
Ms—馬賽-爱克斯 (Marseilles-Aix) (1409)
M—米兰(Milan)(1923)
Mk—明斯克(Minsk)(1920)
Mo—蒙伯(Montpellier)(1220)
Mc—莫斯科(Moscow)(1756)
Mu—慕尼黑(Munich)(1472)
Nc—南錫(Nancy)(1752)
Na—那不勒斯(Naples)(1224)
Nw—紐喀斯尔-寶然姆(Newcastle-Durham)(1832)
Od—敖得薩(Odessa)(1807)
Os—奥斯陆(Oslo)(1811)
O—牛津(Oxford)(1167)
Pd—帕彫亚(Padua)(1222)
P—巴黎(Paris)(1160)
Pi—比薩(Pisa)(1338)
Pz—波兹南(Poznan)(1919)
Br—布拉格(Prague)(1847)
Ri—里加(Riga)(1862)
R—罗馬(Rome)(1303)
Rv—罗斯多夫(Rostov)(1869)
Sa—圣安德魯斯(St. Andrews)(1411)
Sm—薩拉曼加(Salamanca)(1227)
S—歇斐尔德(Sheffield)(1905)
So—索斐亚(Sofia)(1909)
Sk—斯德哥尔摩(Stockholm) (1878)
St—斯特拉斯堡(Strasburg)(1567)
Ta—塔屠(Tartu)
Tf—提弗利司(Tiflis)(1920)
To—土魯斯(Toulouse)(1229)
Tu—吐林(Turin)(1404)
Ua—烏普薩拉(Uppsala)(1477)
U—烏特列克(Utrecht)(1636)
Vp—費斯普伦(Vestprem)(1952)
V—維也納(Vienna)(1365)
Vi—維尔納(Vilna)(1578)
Va—伏洛涅息(Voronesh)(1919)
Ws—华沙(Warsaw)(1816)
Wr—伏罗赤拉夫(Wroclaw) (1702)
Wu—烏尔次堡(Würzburg)(1582)
Z—楚利克(Zurich)(1833)

工业城市和煤田

CAn—安特卫普(Antwerp)
z—刻姆尼兹(Chemnitz)
Cn—科仑(Cologne)
Db—頓巴斯(Donbas)
Es—厄森(Essen)
Gn—热那亚(Genoa)
Lc—勒克勒索(Le Creusot)
Lw—卢威哈苏(Ludwigshafen)
Le—圣忒狄恩(St. Etienne)
Sg—斯大林格勒(Stalingrad)

表5. 科学和資

本表包括十八和十九世紀，故在表內能按較好的条理列举科学和技术的进步。前三栏包括有自动机器的发展，另一方面引到十九世紀的伟大的中心概括結論，即能量守恆說和热力学。第四更牽涉到商业和工业的服务。在第五栏里，我們可以踪跡十八世紀后期的气学革命，和十九世紀工业。最后，在生物学和地質学部門內，我們可以从林尼烏斯首創分类法起，到达尔文确定进化原

	历史大事	哲学	經济学	工程和冶金学
——1690				
		陸克：自由、財产和寬容	英格兰銀行成立	
1700				蓋勿里：蒸汽抽机
(第八章8.1节)	西班牙継位战爭	貝克莱：唯心主义		達比：用焦煤鍊鉄
	彼得大帝			牛柯門：蒸汽机
	俄罗斯的兴起		不列顛和法兰西小規模制造业的生长	列奥繆爾：鉄和鋼的理論
		休謨：科学怀疑論		
		自然哲学家		斯米登：科学性的工程
1750			农业改良，圈地法	
	非特列大帝	狄德羅："百科全書"		
		伏爾泰：啓蒙运动	工业革命的开始	
——1760	英国征服印度	盧梭："民約論"		洛巴克：卡伦鉄厂
		伯明翰的月社		布拉克：潛热
(第八章8.2—8.4节)	美国革命			哈格里佛士、阿克來、克朗
			亞當·斯密："厚富"	
				普吞：紡棉机
		康德：責任哲学		波爾吞：金属制造厂
			資本主义和工厂制度	尉爾琴孫：制鉄家
	法国大革命	歌德：自然哲学		瓦特：旋轉發动机
			馬爾薩斯：人口論	科特：熟鉄
				倫福德：功生热
——1800	拿破崙战爭			特雷賚錫克：高压发动机
				布累馬、摩德斯雷、惠特遲史：机器工具
(第八章8.5—8.6节)	神圣同盟			
	和平和反动	黑格爾：辯証唯心主义	边沁，穆勒：功利主义	斯蒂芬孫：机車
	革新运动，資产阶級的胜利		鉄路时代	
		孔德：实証主义		卡諾：可逆性原理
	革命之年	馬克思和恩格斯："共產党宣言"，辯証唯物主义，"資本論"	不列顛：世界的工厂	邁爾、焦耳、亥姆霍兹：能量守恆
——1850				貝塞麥：鑄鋼
	美国內战			
(第八章8.7节)	普法战爭			勒諾亞 (Lenoir)：燃气发动机
	巴黎公社		大衰落	西門子：平爐
				郭圖：四冲程循环
	德意志的兴起		社会主义的兴起	季爾克立斯：醇性爐觀
		馬赫：新实証主义		克劳修斯 (Clausius)、吉布斯：热力学
	殖民帝国主义			巴孫斯：涡輪机
——1900				

本 主 义（第八、九章）

关政治、知識和經济的发展。 中央一栏合併了工程和机械方面的諸成就，一方面引到热机和半栏专載电学，它在将到十九世紀之初，照亮了化学理論，而到二十世紀来临时，就通过电报和电灯，更拖得长的但同样有决定性的对有机化学的闡明，这两者，当每一轉折点，都联系着扩展中的化学則止，踪跡其間的源委。

电　　学

豪克斯比：摩擦电

格雷：導电性
德雨費：两种电
穆興布羅：电容器和电震

富蘭克林：阳电和陰电，避雷針

庫仑：定律

迦伐尼
伏　打：电流

戴維：电化学

奥斯忒、法拉第：电磁学
电报

麦克斯韋：光的电磁理論

外耳德：发电机

愛迪生：电灯

赫兹：无綫电波

化　　学

斯塔耳：燃素

哩爾斯：开始气学革命

羅蒙諾索夫：物理化学

布拉克：二氧化碳

普利斯特利、謝勒：发見氧

拉瓦錫：反立燃素論，兼立現代化学

道爾頓：原子理論
阿羽伊：晶体学

伯泽利烏斯：无机化学

杜　馬
利比喜
巴士特
克古勒
范托夫　} 有机化学的創始者

門捷列夫：週期表

染料和炸药的制造

生物学和地質学

卡美喇里烏：花的性別
伍德華（Woodward）：上古洪水时代化石遺跡

博爾哈費：医学大师
林尼烏斯：分类法，"自然体系"
特蘭布雷（Trembley）：无脊椎动物
畢豐："自然历史""地球理論"
哈勒（Haller）：生理学

韋爾納：地質災变說
赫腾：廢除奇跡的地質学
畢夏：組織
拉馬克：变异导致进化
奥碩：形态学
居維叶（Cuvier）：古生物学
W. 斯密司（Smith）：地質图
貝耳（Bell）、馬揔第：神經系
貝爾（Baer）：胚胎学
萊埃耳："地質学原理"，均变学說

利比喜、劳斯：农业化学
冰期和原始人的証据
孟德爾（Mendel）：遺传学
達爾文："物种起源"
选擇導致进化

巴士特：病菌理論

防腐，免疫

第六篇

現代科学

导　言

二十世紀背景：科学革命和社会革命

当我們到了我們自己的时代，历史就融混为記忆所及的經驗。在这时代里，我們对于发生的事件是亲切的，正在注視着一些迄未解决的斗爭，其中的主要人物依然生存而且活跃，这一切使得我們特别难于理解正在发生的事情，难于分析并判断科学和社会两方面运动的意义。然而尽管如此，我們仍須对此努力，因为避免处理晚近时期，以待时間許可作公允的估价，对于一般史学家或許是合适的，可是在本书內，这却双倍地不可能。象本书开宗明义就要表明科学和各种社会力量間的各种关联，因此惟有表明如我們在此地此时所見的那些关系，如何从它們的以前历史发生，才能够有用。現在和过去之間絕不允許有一道鴻沟，但如省略了二十世紀的科学事蹟，就会排斥掉全部論証的最重要部分，因为正是在这二十世紀，科学才第一次进入了自己的天地。在最近五十年里，科学所完成的事业，比在以前全部历史里所完成的多得多。而且，不仅仅是量的增长；同时，在有生命和无生命物质的基本本性方面的知識，比起在任何可以比拟的过去时期里，都有更大的进展。我們可以合理地說二十世紀发生了第二次科学革命。* 此外，更密切地触及本书的宗旨的事情是：科学和科学家，第一次在历史上直接地并公然地牵涉到这时期的經济、工业和軍事上的主要发展。

問題不再象在本书前几章那样要表明科学如何影响历史的进程，过去的科学的种种成效是足够眞实的，但須要寻求才会得到。过去的危险是会把科学当作一种副属品——有兴趣、有光芒、但远离历史主流。到現在，已經过了二十世紀的半程，危险却是相反的一种，即过于推重科学，把本世紀所經历的极重大而紛扰的变化、历次战爭、历次革命，不論为功为罪，都归源于科学。

科学革命和社会革命竟会一起发生，并非偶然，但如認为此一革命是彼一革命的結果，这种見地就未免过于簡单了。其間的相互作用要比这微妙得多，相互影响要深远得多，而理清出它們的头緒将是本书下余各章的主要任务。

每当事态发展临着重大轉变时，須要求出的是有助于决定科学进展的总方向和速度的社会力量和經济力量，而且又要反过来求出科学发見深刻地变更經济事件，甚至政治事件的进程的轉折点。

过渡时期

这些事件尽管可怕、急驟、紊乱，但并非沒有一般的型式，我們正生活在从一种社会到另外一种的过渡时期里，在各項矛盾仍未解决之中，首見于1917年的世界分裂，是旧形式和新形式之間对比的尖銳性的指标，但这只是把潛伏在外表一致的十九世紀社会中的矛盾，公开地揭露出来。对于这斗爭的解释及后果，无論人們的感覚是怎样的不同，絕沒有人能否認这斗爭的存在。最初建立在三百年前的整套資本主义制度，目前正受到由資本主义本身的內部矛盾所产生的另外一种制度，即社会主义制度的挑战。

不过，对二十世紀大部分而言，成为世界历史中的主要决定因素的与其說是由于苏联的存在和壮大所代表的公开挑战，毋宁是較早时期的力量的延續作用。本世紀的两件决定性大事，即第一次世界大战和1930年的經济大衰落，是由于完全属于資本主义內部的政治的和經济的困难所生的产物，因而也就是第二次世界大战的准备和早期阶段。在这整个时期內，資本主义継續演进，而它在世界上很广大的尽管現在正在縮小的部分，仍然是佔优势的經济。

世界上社会主义部分的演进——首先单独在苏联，現在在中国并在許多其他国家——必然属于一个不同的类型，部分地因为这些国家原属貧困，部分地因为面对外部仇敌的不断干扰，而必須从事艰苦的斗爭，以构成彻底翻新的經济制度，所以迟到最近若干年內，社会主义国家才开始索取世界經济、技术和科学的領导地位。

但是，尽管有这样的迟滞，社会主义国家发展的重要性，比起仅仅从它們的規模上所表示的要大得多。这些发展代表着对自然資源和人力的一种新使用法，而这方法正在感动着資本主义国家的工人，甚至更深地感动着那些落后国家的人民，这些国家已經贏得某种程度的政治自由，目前正在要求有效的經济解放，这就成了从資本主义过渡时的一个外加的、有力的因素。

壟断和帝國主义

在資本主义世界里，二十世紀的主要特征是那些部分属商业的、部分属工业的大企业联合、信託組合或卡特尔迅速成长到完全的优势地位，即使是它們的名称，也都是全世界所熟悉的——杜邦（Du Pont）、通用汽車、克虏伯（Krupp）、希乃德·克勒索（Schneider Creusot）、皇家化学、法本（I. G. Farben）顏料等，更不必提美孚油行名义上是分散了的統轄区或摩根（Morgan）企业的广大范围，原已显見于十九世

紀晚期的垄断趋势，首先是具有經济来源。信託組合，运用着部分的或完全的垄断，比小型互相竞爭的商业在盈利上，在不再受市場波动的支配上，在能渡过困难时期上有很大的优越性。从技术因素看，类如內燃机的发展就創立了原动机工业，并轉而替新兴石油工业提供了广大市場，就傾向于垄断事业。技术革新本身，如大量生产，就提高了规模大到够有利的制造业所必需的資本，而且要提高到只有垄断企业才能达得到的水平。最后，科学本身，也是通过支出巨大資本的同样需要，帮助了垄断事业的形成。那些主要地或完全地創建于科学上的工业，如化学工业和电工业，从开始就是垄断性的。我們将見到（699 頁），这种情形的后果就是工业科学有百分之八十是在垄断企业的研究部門中进行的。[6.35;6.36]

就因为有了信託組合和卡特尔，才提供了保障，使价格远高于竞爭水平。这一点，結合着更充分利用工程和科学研究以使大規模生产減低成本，就帮助了垄断企业获取越来越大的利潤，这些企业也就得以經过兼併办法和新投机事业，而扩充范围。它們的控制网即使偶尔公开，也只是一部分，这就使它們处于显然坚不可摧的地位。作为生产企业而論，它們无疑地标誌出是优于它們所破坏或吸收了的传統的，单凭实际經驗的小企业的一种改进。尽管如此，經驗指出它們也不是更能逃得掉所有生产图利的报应。它們在剝削劳动力上的成就效率愈大，就愈难于在生产貨物的工人中找到消費这些貨物的人。正是由于需要新市場，以及保障原已获得的市場，才引导垄断事业簡直篡取政府机能，以推进它們自己的目的（629 頁）。

从 1880 年以来，政府政策，特别是对外和殖民政策，大都取决于一种鼓动，要替垄断企业的产品，特别是鋼鉄、机器等資本貨物的輸出，力求获得越来越大的世界市場。这是帝国主义的型式——曾經驕傲地夸张了一时，而現在成为譴責对象，須要設辞辯解——以这种或那种形式，在英国联合王国的旗帜或美国星条旗之下，現在依然是資本主义的占优势的形式。

尽管往往在各国垄断事业对世界市場的分占达成了一些安排，但总不能持久，而竞爭对抗趋向于增加。每逢市場分配看来不再和各強国的实力相应时，改变分配的唯一办法就是武力。因此就有許多大小战爭，在近七十年中扰害了世界。战爭和备战自身却都是鋼鉄和化学工业里那些最有力的垄断商行的产品的主要出路。它們提供了无限制的定貨，而对价格則絕沒有过多的审核。尽管如此，不論战事对侥倖成功的国家的垄断者以增大市場的方式带来了什么样的利益，但要脫售工业产品来获利的基本困难仍然存在，而除战爭外，唯一选择就是严重程度为以前各时代所未經見的經济危机。在某种程度上曾以冷战为代，但冷战到了竞爭性共存的时代，就再一次难

于替有利的生产提供条件了。

以上各节簡短的陈述可以作为現代政治和經济背景的导言。更有批判性的評估，則留待十三章中对社会科学的討論（674 頁起）。

壟断时代中科学和技術的地位

垄断事业、帝国主义和战爭間各环节的加強，就已产生更进一步的影响，使得以軍备为首要責任和最大开支的各国政府直接去发展交由大垄断企业承造的新軍器。这些軍器——噴气飞机、导弹、弹道火箭、原子弹和氫弹——都越来越科学化了，不仅在始創发明上是这样，而在后来的經常改进上也是这样，这些軍器因此就把政府牵連到增长极快的科学研究和发展上去，軍事研究費用已經不仅大大盖过了純粹科学上的費用，甚至也盖过了工业研究上的費用（467 頁）。

工业国有化对于科学的影响比起它在軍事上所承担的任务来，就是很小的一件事，这是由于这样的事实，即在私人企业之下，这些工业本无利可图，因此对它們进行的研究就很少，而在国有化之下，研究工作所具有的优先性是很低的。在另一方面，在不列顛，甚至在所謂自由企业堡垒的美国，受到許多国防研究合同的压力，政府实际上接管了大学的財务，这就使研究工作的地位变得与前大不相同。虽則在目前，对于研究所施的控制，至少在不列顛是很間接的，但在事实上，的确意味着基本研究的总管制，現已移归政府掌握了。[6.7;6.14]

当这些权力集中的过程正在进行时，那些控制十九世紀經济的独立竞爭資本家就正在迅速被淹沒。这并不是說小人物就无容身之地了。实际上，現代大規模工业的各种补助性需要，对于无数小承包商和部件供应商，提供了机会，毋宁說是他們的相对重要性縮小了；他們要依賴大商行；他們已成为顧客而失去了他們的独立了。那些从十七世紀以来，在推进科学方面起过那么重大作用的发明家和业余科学家，也已同样丧失地位了。从这时起，科学家也好，工艺家也好，連同大多数的医生，都已不再是旧日意义下凭技能取費或为自己工作的职业者，而已成为政府部門或大商行的雇佣者或主管人員了。

这样出現的轉变，起初是逐漸的，后来在二次世界大战期內和战后就很快了，对于科学家們，不仅作为个人，而且还关系到他們的工作，必定要深深地影响他們的态度。这使得科学家們在他們当前所依賴的生活来源，和維护、推进和使用科学所負的責任之間产生了深刻的冲突，这一問題，我們以后还要再講到（699 頁，711 頁起）。

社会主义經济制度中的科学　苏联

迄今我只討論了影响到資本主义国家的科学的那些經济趋向，在苏联和其他一些已采取断然步驟走向社会主义的国家，科学发展就很不相同。在这些国家里，所有主要工业都已由国家管理，既无垄断，又无竞爭，就有了审愼而有意識的鼓励，来全面发展并尽量运用科学。这方面的成就，不是由于把科学附属于代替了私人企业的工业和农业組織，而是利用旧有的科学院（703 頁），把它們从已經形成的荣誉学会轉变为活跃的研究中心和培养高級学术人員的中心。正是那些聚集在科学院及所属研究所里的科学家們計划这項工作，目的是在同时要获得科学的最有收获的內在生长，并获得对于自然資源和人力資源的全面利用上的最大助力。关于这点，将在科学工作的有关各方面再行述及（458 頁起，649 頁起，645 頁起）。[6.10;6.30;6.54]

新中國的科学

从一开始，这个国家就把科学作为物質和文化进步的必要因素而給予最大的鼓励。在初期阶段，它首先在教育方面下大功夫。正在計划要在数十年之中，建立起为滿足現代化工业国的需要的一支科技工作者队伍。这个国家由于不能长久等待自然資源的利用和重工业的建立，因此正在特别努力訓練出地質学家和冶金学家，其規模之大，远远超过資本主义国家所已达到的規模。除了一些历史較久的大学的地質系外，它已建立了三所規模很大的四年制地質学院；其中有一所拥有数千名学生，校址是日本人在长春为伪滿洲国皇帝所兴建的皇宫。此外，还有采矿、炼油等独立学院；这些学院的毕业生，早已到野外工作，特别是到中国实际上未經开发的西部，在那里已发現有大量煤、石油、鉄矿和許多矿物的新矿藏。[8.6a] 同时，在新生的中国科学院的統筹下，研究工作正受到积极的扶持。和苏联一样，中国科学院把基本科学的发展和为国家經济需要的服务結合了起来，它已經完成了头等的工作；不要多长时間，中国就将躋于世界科学的前列。

工業和科学的相互作用

現代工业是为科学所滲透，并且，在某些方面如电学和化学工业就大部是科学的創造。因此，要描写工业的特定特性，并継之以它們对科学思想的影响，就不再象在較早时期那样有关系了。二者互相滲透的程度已經过深了。这里只值得試为提出工艺学对科学所发生影响的一般特性，并在后面各章里当特殊相互作用发生之时給以例示。

二十世紀的种种技术发展已經指出我們面临第二次，或更确切些是第三次的主要工业革命（471 頁）。然而这样比較可能会掩盖一件事实，即这是一次新型的革命，在其中，有計划的科学研究正越来越多地代替着个人在机械方面的智巧；再則一方面伟大的工业革命大部分关系着力的生产和力的传递，在原則上解除了人們的艰苦体力劳动，另方面二十世紀的革命，却大部分是用机器或电子装置来代替工人的技巧，并且应当解除他們所負担的单調繕写任务，或看管机械的任务。

虽然在发展自动化和伺服机构时，已采取这次革命的最高步驟，但这只是新近的成就。二十世紀工业較早期的特点是側重于把十九世紀創作的器物加以扩充，并推广到新場合去。二十世紀工艺学所走的方向，是由运輸、交通和娱乐三种羣众媒介的特别赢利性来供給推动力。

在运輸方面，汽車、牵引机和飞机的成为可能，首先靠內燃机，而內燃机本身就是十九世紀的发展物，这些交通工具，在灵活性方面以及在广泛范围方面，使数以百万計的小单位能到任何地方去做任何事情，因而就代替了具有呆板的和局限的便利性的鉄路。

为了广大的、新兴的、廉价的市場而制造这类交通工具，就意味着各种大量生产方法的迅速扩展，汽車和汽車工业轉而提出需要大大增产汽油、橡胶、鋼板和各种塑料，而这些物品随即找到許多其他用途。一种新型工程，也是輕工业长成起来，靠集中发电来代替固定的蒸汽机，而这种工业連同对家庭的饋电，就新創了电力重工业。在經济上不甚重要但較使人注意，并带有来自科学的較大貢献的，是无綫电和电視两种新兴电通訊工业，以及廉价报刊和电影对照相术的利用。

不幸的是这样列举，仅仅举出工艺学的和平用途，不能穷尽。飞机差不多从一开始就已具有軍用为主的目标，民用航空只是从它分享一点餘瀝。关于远距离通訊和雷达在电子学上的多方面精益求精以及原子能方面新起的杀人事业，也要归源于战爭了。

作为各种机械的和电的器物的基础，虽然远不如上所列举的那样显著，就是迅速成长、滲透各方面的、科学化的化学新工业生产的是从肥料到清洁剂，从尼龙到抗生素药物等一切东西。这个工业本有准备制造战事用的炸药和毒气，而在目前已成为有关原子动力的生产上的主要支柱。

动力和控制

我們越来越生活在科学的形形色色的生产之中，这些生产大部依靠应用两項很

普遍而极为重要的工艺学新原則，第一是恰好在需要的地方，要有足够动力可資使用，不論是在廚下打一个蛋，在工厂里車制一个二十吨的鑄件，或在遙远森林中砍一顆树，由輸电网絡和遍地都是的燃油发动机分任了这种动力的供应，就成为原因之一使美国在最近五十年中每人每小时的生产量增加到五倍以上。

第二原則在将来可能甚至更为重要些，就是所有工业上的操作，不論是机械方面或化学方面的，都要有精密而且日益自动化的控制。許多化学工厂已經完全自动化，用了控制着一切变量的各种电子学設置。在工程上，进行制造和自动装配綫都已走上了同一条道路。这两个原則共同意味着，科学对全部工业过程提供了日益增长的力量和技巧，如此就无限地补充和扩展技巧工人的手和脑的范围。在二者之中，第一原則只是工业革命中机械动力的扩展。第二原則就根本是新的了，它利用电学方法来扩展人的感官、神經和脑的效能，而且由于它能供給范围无限的組合方式，它就必定具有預測不到的更大的物質影响和社会影响（471 頁）。

这些发展，目前开始令人注意原子动力和自动化已經到来。在較早阶段中，主要轉变起源于工厂的規模扩大和更加集中。这样一来，就有了可能使得工业研究实驗室几倍地增加，其范围从仅仅試驗性的車間到几乎等于大学研究室的等級。在十九世紀晚期完全例外地出現的（325 頁），在今日已成为經常的了。在工业上，科学已贏得明确的地位。这情况，結合了政府任务中同类实驗室的增长，就意味着科学和生产程序之間的相互作用，一般地說，現在已变得更密切得多、更重要得多了。这种相互作用在二十世紀已变得根本不同于較早时期的相互作用：現在的規模較大，发展更迅速，并且正在成为一种完全有意識的相互作用。

科学進展的規模

科学努力的規模，在二十世紀增加得几乎不能辨識了。在 1896 年，全世界大約有五万人分負着科学全部传統的使命，其中担任研究工作以推进学术的不超过一万五千人。五十八年后，积极的研究工作者至少有四十万，而在工业、政府和教育方面的科学工作者的总数，几乎不能估計准确，但是一定接近二百万人，在科学上的开支增加的比例更大得多，从不到五十万鎊加到二十亿鎊以上，連貨币变值計算在內，增加了四百倍，就等于每年平均增长率是百分之十。[8.54] 最近若干年的增加率要大得多，高到百分之二十五（497 頁）。这样的增长率，比社会上任何要素要大得多，甚至超过直接的軍事开支。然而科学仍然远远落后，因为尽管科学費用中的百分之九十都花在事研究和发展上，但这笔費用仅是軍事支出的百分之十二。

这样的增长率所預示的不是仅只規模上的变化，其本身就是一种指标，表示出科学性質上，以及科学和社会关系上的深刻变化。关于这一变化科学內部以及在工业和政府对科学越来越大的凭借上，都有充分的表現。这种凭借已成了完全相互的了。不但是科学的总費用增加到无法計量，而且科学的各别組織成分的总費用也是这样。即使除了在物理学研究的若干部門內必不可少的那些数百万金元一架的机器而外，普通实驗室的費用就超过最富的个人以外任何人的資力，或甚至超过大多数教学机构的財力，这就強逼人去依靠大商业或政府。

这一轉变的另一显著特征是在地理位置上的改变。在 1896 年，实际上全部世界科学都集中于德意志、不列顛和法兰西，而其余在欧洲和美洲的科学中心，实在只是这些国家的科学的补助性的地方分支，而在亚洲和非洲科学就比較地很少了。到了 1954 年，那些旧中心的科学已經长大了許多，但长得不平均，而这样的生长却被美国和苏联的巨大科学发展所完全掩蔽了。日本、印度和中国，在推进科学方面，正在作出充实的貢献；科学几乎不能等待帝国主义者重重限制的废除，便要散布到其余的殖民世界去。

一种世界性科学确是在形成过程之中，而是一种从开始就有意識地联系着工业和农业生产扩展的科学。应該也注意到，虽則社会主义国家和資本主义国家之間对科学的哲学观以及在科学的主要用途上分歧都很大，但两种社会制度都达到了愈来愈迫切需要科学的情况了。

科学应用的迅速度

二十世紀科学上的第三特征是对于科学发見，有了就用，比以前更直接、更迅速得多。虽然在事实上大宗二十世紀技术所根据的科学仍然是十九世紀科学——在动力生产方面、在电学方面、以及在化学方面，但是完全依靠較新科学发見的創造发明，已使尽管次要但却引人注意的职能受到它們的冲击了。雷达和电視、塑料和人造纤維、合成維生素、腺激素以及抗生素，所有这些，都只是二十世紀科学大革命中行将出現的东西当中最初几个实例而已，而且，如果我們失于謹愼，則大規模使用原子弹和氫弹，放射性毒物和細菌毒物也就会同样到来。这些正是比所有原則併在一起还更重要的一个原則的一些例子，这原則就是有普遍的可能立即、或迟几个月、或至多几年，利用自然科学来规划和解决实际生活中的任何問題。在十九世紀里，几乎是偶然发生的事情，或者是由孤单的发明家如貝塞麦，或公益为怀的科学家如巴士特的天才和品格所成就的事情，現在都成为公認的并几乎是例行的解决工业、农业、或卫生上

諸問題的途径了。

誠然我們已到了这样一个阶段，如再走老路，听任这类問題坐待机会，或全凭經驗，就是愚蠢和自取挫敗了。研究和发展已成为体現在迅速滋长的建制里的公認規条。經由密切和运筹的方式，科学現在已透入工业，而这样一来，就扩大了并轉变了。而且，发展不是就止于此。科学应用的日益增大的規模，以及战事和备战所加給科学的迫切需要，就把科学越来越密切地联系到各国的政府；同时，在新建立的社会主义国家里，正是从国家一成立，就必然对每个建設計划都召喚科学。从这样的科学經驗就长成一种新意識，認为科学力量是社会轉变中的执行者。一种現代社会就要靠科学才能自存。我們开始在本世紀里看到十七世紀的人們如笛卡儿的愿望的实現，当时笛卡儿宣言：通过科学，我們能"成为自然界的主人翁和据有者"(255 頁)。

今日我們所参加的就是由这般人在四百年前发起的革命的最高潮，这次革命在重要性上比得上导引最初人类社会的革命；它甚至比随着发明农业而起的革命更为重要，因为它提供了无限的远景。現在很明显，人类快要达到一个境地，通过有意識地运用科学，就能控制自己所处在的物質环境，他能保障自己不虞匱乏，消除煩厌的辛劳，并且，經过迅速的阶段減少疾病痛苦，这会作成到多大的程度，現在看来，正是要看人能不能改变社会形式，来提供达成这些目标的合作，并推翻种种障碍前途的势力。因此，有关人类社会和社会轉变規律的科学，就占据决定将来的中心地位。

科学有力量来影响人类生活，不論是利是害，已不再有人認眞怀疑了。現在的問題毋宁是在于寻求方法来指引科学走向建設而不走向毁灭。但这一問題，比我們正討論着的各門特种科学中任何問題，都更重要得多。在第十四章之末，还要回到这問題上来，到那时，物理、生物和社会方面諸科学的种种考虑，都能使之和它发生联系。在这里只要考虑一个較直接而較实际的問題就够了，就是如何最迅速地利用科学，或是設法堵塞科学观念和实际利用之間的空隙。这空隙在十九世紀是可怕的，它所以存在的原因主要在經济方面，而不在技术方面(354 頁)。要有两次世界大战的反常情况，才在实际上証明了这空隙可使縮小，并表明了即使在和平时期，也可以做到。

战事对科学和科学家的影响

第一次世界大战助长了轰炸机、坦克車和毒气的发展，并使人預尝到科学在战爭上能够做出什么的味道，是一种极其苦的味道。由于各項軍事需要的促动，用款又比較地无限制，大战把科学家和实践家直接合在一起，这就強迫人承認并不需要等上很

多年才能使某一观念逐步經过实驗和尝試而达到全面生产。这个教訓刚学会就已大部份被忘記了，不信請看在两次大战之間显操胜券的噴气发动机(452頁)和电視(548頁)发展得緩慢，就可为証。在这个教訓能被接受和实行之前，还需要第二次世界大战的施教。关于这一点，第一件惊心动魄的証据就是原子弹的生产——从1938年原子裂变作为几乎察覚不出的效应的科学发現起，到1945年成为致死的恐怖事件止，耗費的錢比科学在人类历史全程上，截至那时为止所曾用掉的还要多(432頁起)。

科学和計划

在二十世紀里，有意識地运用科学最突出的实例是由战爭产生的。在工业和农业的所有部門里，这条經过总体化的新研究途径开始被运用。实在地，从开头，这就是由1917年革命而产生的社会主义新型社会的政策。工业、农业、医学，甚至科学本身，都开始要經过計划，而不是听凭經济力量发生作用的幸运。資本主义国家的实业界和政府尽管毫不掩飾地不贊成，却开始仿效苏联的計划傾向。在多次成功和失敗的經驗的参照下，就开始看得到：科学的种种应用不是本身就会出現的，而是要先行发見人类的各种需要，然后还要有精思熟虑的和經过計划的科学努力，才找得出方法来滿足这些需要。科学功能的这种萌发的意識，确是二十世紀社会革命里最突出的特征之一。这情况相应于科学本身內部同样影响深远而也还不完全的革命。

現在时代的重大而可怕事件——危机、战爭和革命——不論对于科学和技术应用的主要目的所含有的意义是什么，总是如我們所都了解的，很适于科学的一次新出現的大放异彩。然而各种新发見和新发明，尽管源源継續而来，新科学理論尽管又深又广，纵然都是新异的，却还只是从文艺复兴时代以来就不断进展的科学实驗和科学思想的內部运动的延續現象而已。現代科学进步的內在本性，可以說成是起因于科学的內部历史；不过，甚至在这里，各种外来因素也往往起过大影响。虽然这样，整个运动的空前大規模和高速度，都直接联系到技术的和經济的因素。同一情形的，还有进展方面的总策略，和专用于科学各部門的有关努力(716頁)。

科学自給

主要而有决定性的事实是：从九十年代起，随着在第一、二两次世界大战中迅速增长的冲动力量，科学已开始自給。科学久已无意識地并偶然地作为生产的不可缺少的部份，可是到这时就变为完全有意識地并直接地这样了。科学是一种值得投資

的事情，或者直接創建研究实驗室，或者間接資助各大学，在那里可以訓練实驗室的工作人員，可以进行基本研究，供人人应用。

在五十年过程中，实現了全面轉变科学在社会上的地位，而轉变中的三个阶段，已經分辨得清。当本期开始，就是在九十年代，仍是私人科学时期，教授的小实驗室或发明家的后房間的时期。次一阶段，初見于本世紀的二十年代和三十年代就是工業科学时期，即花費几万鎊的研究实驗室，和相应扩大的大学各科系，以及那时受补助的研究机构的时期。第三阶段，始見于苏联，但在第二次世界大战时成为世界性的，就是国办科学时期，在这时期里，研究和发展費用增长到若干亿鎊，而建設規模要大如城市，以容納必需的人員和設备。为此只有国家才能筹出这笔錢，不过[資本主义]国家可以号召垄断企业的帮助，用发展事业合同的方式替政府花錢，这些垄断企业本身，根据它們自己的权利而言，就几乎等于国家。

規模每次扩大，科学应用范围也跟着扩大。在第一阶段，范围限在細微的改进和小型設置上。在第二阶段，范围是全部科学新工业——如无綫电或精制药物。在第三阶段，科学达到了最大的企业——已被作为国家資本主义企业的焦点的备战生产；或者是社会主义下建設性的和轉变自然的巨大計划。

科学和日常生活

随着科学努力的这种扩展，科学就双途并进，一面伸展到許多工业过程，另一面伸展到日常生活用具里去。科学在同时正轉变为更有用，更为人所熟习。工业和农业的每一方面都經科学渗入，并且越来越有意識地渗入。在工作枱上和在田野里，都在使用科学仪器，科学概念正在代替代远年湮的传統。

同一傾向現在散布到了家庭，不只是精巧复杂的科学装置如电視机正在变得为人所熟識，而且在日常生活中如烹飪和洗濯、儿童保育、維护健康和容顏等方面，各种科学产物和科学观念都鉆进去了，尽管有广告上所有的欺詐和虛构，也不足以阻碍人們对科学新起的認眞而激动的兴趣的传布。实在說来，这种兴趣轉而产生了对科学的实际促动力。科学性的精巧器物的暢銷成为利潤的一个主要来源，而这就有助于研究，另方面大众对科学所感的兴趣就已产生出科学新聞業这行新职业，以及人們要先讀为快的科学小說。

科学進展的策略

以上这些一般考虑，固然在某种程度上解释了本世紀科学在規模和进度上的迅

速增长情形，却須經过更密切地审察，而后才能說明科学进展各分域所取的特殊方向，只是在某些事例上，而且并非科学方面最重要的事例上，經济需要才直接影响了特种科学的进展。举个例說，研究大气电学就有賴于无綫电通訊的发展，和后来应用反射原理于雷达（437 頁）。更通常些，冲击是来自科学的內部发展，而凡是这些发展能够广泛地和有利地应用于和平或战爭，科学就此开花。例如，随着青霉素的离析（511 頁），就广泛研究抗生素，随着核裂变的发現（431 頁），就广泛研究原子弹。在較早时期里发生于科学和社会之間的这种类型的关系，曾經叙述过。标誌出二十世紀的有两項：以科学为根据的各种工业活动的庞大規模，以及科学进展和技术进展間种种相互作用的迅速度。这些相互作用中某些究竟是怎样的，将概括地提出于此后各章里。

科学家們对历史事件的反应

科学內部各种发展的一些效应，以及技术因素和工业因素的一些效应，即使合併起来，都不足以說明科学在二十世紀的进展的性質和精神。因此，科学家生活在其中的大事件对他們自身思想上的影响，以及由于他們越来越見重要的参加和負責而对他們个人招致的物質問題和道德問題，都必須多加重視。这类影响是一般性的而不是特殊性的，所以科学上各項特殊进展，就不能归源于它們。不过，在象原子核物理学和微生物学这样可爭辯的部門里，要看它們变成等同于原子弹或細菌战到怎样程度，就发生吸引工作者或者使工作者退避的傾向。

科学家最盛行的反应是从自己的良知上除去各种不愉快的事情，但这个过程本身就意味着把他們的科学兴趣轉移到更抽象的，或如他們所謂的更純粹的科学方面上去。某些科学家越来越坚持科学的純粹性和自由性，这件事本身就指出：关于他們的工作对社会发生的諸后果，以及社会变化对科学本身前途的各种效应，他們在良知上不能自安（710 頁起）。另一方面，为数不多而逐漸增加的一部份科学家，看出了并欢迎旧秩序的崩潰，同时理解到科学本身如何就是一种解放力量，它由变革工业而間接发生影响，又由开放所有人类胸襟，使更能实現自己的本領，而直接发生影响。这些分歧傾向的結果是科学因冲突而分裂，但这冲突本身或竟已实在帮助了科学进步，因为科学一直靠批評成长，特别是在二十世紀里，沒有一个理論或信条是保险的。就內部而言，科学由于自身的某些不一致的結果而正受攻击，对外而言，科学家正被引着越来越多地去参加当时的經济和政治斗爭。

納粹主义的兴起

到1933年为止,尽管有第一次世界大战后的种种攪扰，科学家作为科学家就一直享有一种稳定的而且多少带些特权的地位,在国內如此,在国际上也如此。在建立眞理和人类幸福上，科学家的工作就曾被認作使他們高出于国家的和阶級的共同冲突之上。希特勒当了权,科学家在第一陣迫害巨浪中就遭受打击,这迫害本身是以歪曲科学为根据,这些歪曲被用来支持較早时期的宗教偏見。納粹党徒,受到种族理論的激励,首先打击犹太籍科学家的生活,次及他們的科学信仰，于是一些著名科学家就避难到許多旁的国家，并带去有价值的学識，以及德国知識界的一部份哲学和成見。

納粹党当权十二年,其极峯是一場毁灭性的战爭,并瘋狂地用科学方法屠杀几千万无辜人民。这就应該足以向从事科学的人們表明，也同样向其他人們表明,資本主义不顧一切的貪得无厌仍然有內在的危险，而且有必要采取步驟来阻止这些危险的复发。但是正由于災难的巨大,以及它們所产生的对未来的恐惧,再加以強制性的安全考驗和忠誠考驗，都对資本主义国家的大多数科学家起了麻痺影响，他們把自己看成是一架巨大机器的一部份，明知这机器能做些什么，但沒有力量来制止它的运动。只有少数人幸而免的順应态度,不能只限于政治和經济事件上；不可避免地,这态度也使得科学思想的特性染上色彩,使科学思想处处更謹愼、含糊和神秘，而尤其是更悲观(626頁)。

社会主义世界里的科学家

在社会主义国家里，科学家的态度，由于他們从另一方向所得的經驗而趋向于另一端，可以說是极化了。一方面，他們遭到过欧洲和亚洲的殘酷蹂躪,把他們从历年努力和牺牲中得来的果实都扫光了。通过他們的經驗，他們多少明白了些他們在資本主义世界里領导人物中所惹起的抑而未逞的仇恨心。另一方面，他們已受到鼓励:一是由于有希望,二是由于被毁地区各民族对复兴和再造所表現的力量，三是由于只要有和平,就有远远胜过以往成就的靠得住的前景。这里的一个效应是对科学所有那些方面,不管是理論的也好,实践的也好，只要看来是联系着資本主义的毁灭性和限制性特征的,就产生了一种批判态度，而常是猛烈的批判态度。同时,它产生了一种积极信仰,相信人类思想有了解自然和控制自然的本領,这就預先否定所有种种內在的限制。在重要的建設性科学工作上,这些态度就有积极的表示,但同时也有不

幸的消极結果。部份地由于国外的形势，部份地由于斯大林掌政时的某些缺点，在苏联以及受苏联影响的国家里，有一种教条主义精神散播到科学里。这就引起种种爭論，其中之一，有关遺传学的，以后要討論（524 頁起）。这对苏联科学发生了有害的影响，并疏远了許多国外科学家。同是这些傾向使得对苏联各民族成就估計过高，而对資本主义国家的科学成就，相应地貶抑了。但这些傾向，現在看来，这些只是一种临时的現象，而在目前的和緩气氛中，正显著地在減少。在資本主义国家和社会主义国家之間，在相互取予的基础上，特别是在原子能的有决定性的部門中，各項科学交换正在倍增。但这并不意味着就不再有差异。不过，这些差异不再存在于科学本身范围里，在这里有訴諸邏輯和实驗为手段，就提供了必然地临时性的妥协；但是差异毋宁是存在于哲学性的理論方面，而在这里，有关社会原始和历史原始的意識形态的影响，发生較大作用。否則不同文化的不同經驗，确实就这样产生关于科学的本性和宗旨的一些相反观念，但对一个处在迅速轉变状态中的世界，不同經驗間的觝触，可能揭示出那些作为基础的力量。

二十世紀中轉变的各階段

經济因素和政治因素与科学发展相互作用的方式，若是联系着科学各分支的进步来討論，将更清楚和更具体。在以下各章，将試图这样討論，如此处理必不免打断时序的先后，但科学已长成得如此多方面，又正在进步得如此迅速，則如此做法，比起企图拆散这时期，而象在以前各章那样，分开討論每阶段里全部科学的进步，要損失得少些。在本书的大多数讀者的記忆中，这些事件都如此又近又新，因此首先把它們很扼要地予以重述，然后，当它們发生时，再逐节喚起注意，就应該行了。这样做只有更容易，为的是比起人类历史上任何其他时期来，也許我們这个时代突然断裂得格外厉害，显然标出一些很明确的分期，每期有其特殊征象。两次大战，連同战后紧接萌发的革命的后果，就把本世紀的早期划分出来。在科学上，也同在人类史上一样，它們都是主要事件。

第一次世界大战到来以前，支配世界的資本主义已达到最后阶段——一个富裕、太平、但困难日增的帝国主义时代。在两次大战之間，出現了苏联，建立为一个有生命力的經济单位，又出現了資本主义的經济大危机，連同它的納粹主义的后果。在第二次世界大战之后，以及欧洲和亚洲的解放运动胜利之后，反动势力集合全力宣布"冷战"。由于原子核問題的僵持，以及所有各国民族显然都不愿再捲入又一次甚至毁灭性更剧烈的战爭，其結果就使这时代不得不成为一个两种制度和平共处的时代

(614—616 頁)。不过只要世界上总是有两个敌对的武装陣营而原子战爭又总是禁止不住,就不能太太平平地說这危险已經过去。这些变化,連同发展落后的和旧殖民地的民族的显然兴起,表明社会的一般轉变的一个新阶段确实正在开展中。

在詳細地追溯科学和社会之間的种种相互作用时,如能顧到各不同时期的一般特征,并且也記住自从 1917 年以来两种世界經济制度应加以考虑,以及 1945 年而后亚洲和其他未发展各国的民族正出現于图画中,这就足够了。

在以下四章內,物理科学上的进步、生物科学上的进步、还有社会科学上的进步,将逐一加以追溯,而处理則必然各别不同。物理科学要在第十章中討論。在二十世紀里,它們經过的革命,比起十七世紀大革命,同样重要,而更迅速得多。这次革命,大大增加了这些門科学的力量,作为一种手段来了解非但物理学和化学,而且是每門科学。生物学却不然,如将在十一章中所看到,几乎同样是基本地改变了,但改变的标誌毋宁是由新生而扩展,而不是驟然的突变,所受的影响大部份是外来的,其形式是在正在发展中的农学和医学提出种种新問題的压力之下,从其他科学方面得来的新技术、新观念和新解释。

各門社会科学所处的地位,又属另一不同范畴。在自然科学中,本书所面向着的問題,是从一个反映大部分不靠人类社会的自然界的知識总体,来表明社会的和經济的因素和汇合的結果。在另方面,在社会科学里所反映的則是人类社会本身,因此,問題是在于从那些有意或无意用来維持富人統治于永久的五花八門、道貌岸然的传統和新理論中,理析出任何客观的現实性。为了这个理由,本书对社会科学的論述,不得不是广闊得多的論述,也必須回溯到过去历史中更古得多的时代里去,而不能限在二十世紀,象对待物理科学和生物科学那样。因此,对社会科学的处理,要另辟两章。其中头一章,即第十二章,談的是社会科学的一般性質,以及二十世紀以前的社会科学史;第二章,即第十三章,則叙到今日为止。

第十章　二十世紀中的物理科学

10.0 导　　言

本章专論現代科学中的一大部分，这部分可以很概括地叫作物理科学，还包括了以它們为基础的各种技术。对这一范畴，用排除法要比用类举法来下定义更为妥善，即是把它說成这样的一类科学，它不涉及有生物，或有生物产出的有生物的研究。例如把煤作为一种燃料或化学产品的来源来研究，就正当地属于物理科学；而研究煤的形成，以及研究煤如何表明石炭紀森林的情况就属于生物科学。物理科学的統一性是由对处理問題所共同使用的定量途径来保証，但在宇宙科学，即天文学和地質学的范围里，定性的描述法仍占支配地位。这个統一性，受到了十九世紀中专門化的分化傾向的威胁，不过以后就由原子和量子的新观察和新理論的广大范围所加強了。旧日所划分的物理学、化学和宇宙科学几門大类至今仍然存在，不过，它們現在被認作仅仅是实际工作上的区分；以物質为基础的图象，則对所有这些門科学都是相同的。由于原子物理学的絕对重要性，以及因为它的最初发見和后来的精进差不多完全在本世紀內所作的，这就是为什么在論述物理科学时，对原子物理学的发展，必須推尊它的地位。

二十世紀的物理学革命无可避免地引起了科学和工艺学間的脫节，比在以前任何时期更为显著，尽管理論和实践間的脫节已大大減少，这現象还未消失。基本的工程产品，即使是比較新鮮的汽車和飞机，以及用来制造它們的方法特别是大量生产法，毋宁仍是以十九世紀的，而不是以二十世紀的科学为根据。当本世紀推进得越来越快，这間隔就正在收攏，或者不妨說，当根据于新物理知識——首先是电子学，后来是原子核物理学——的技术滲入較旧的工业，并創造一些新工业，如电視和原子能等时，这間隔还在通过工业过程的范围而向前进行。由于这一間隔的存在，以及工业中正进行着活跃的轉变，就构成一个理由，为什么在本章里把以前某些章里所遵循的順序顚倒过来，先討論科学发展，再及技术发展，看来是适当的；另有一个理由，远为基本得多的理由，其实前一理由就是它的后果，这理由就是在二十世紀里，科学和工艺学間的关系正在很迅速地被顚倒过来。科学愈来愈少地追随着工艺学，而工艺学却愈来愈多地追随着科学。

因此本章开始的討論(10.1, 10.2, 10.3)是物理学的大革命，以及大革命的有关原子能和电子学方面的若干較直接的技术成果(10.4)。由此导出下一步的討論(10.5)，即原子理論和联系着它的新技术如何推动化学和宇宙科学。再下一步的討論(10.6)就是二十世紀的工艺学，以电动机和飞机为中心受到日益电气化的大量生产的工业和科学化的化学工业(10.7)的服务。这两种工业都关系到更多凭理智来开发自然資源(10.8)，以及目前使科学为战爭服役的压制(10.7)。在章末(10.10)企图揭露科学和工艺学間的相互关連，表明它們对同时代的社会运动的关系，并对将来蘊藏的可能略作預測(10.11)。对于科学的建設性的、和毁灭性的用途的充分論点，要推緩到能对生物科学和社会科学說明之后(711頁起)。

物理学上的革命和它的分期

十九世紀的物理学是人类心灵的宏伟成就，这一成就，对当时正在从事于它的人們看来，是一种行动趋向于在伽利略和牛頓的力学的稳固基础上来完成我們关于自然力量的作为的某种图象。这个图象注定要在二十世紀刚开始时就被粉碎，而为迄今尙未完成的另一幅图象所代替。研究这次革命的性質，就能提供关于科学內部发展以及科学和社会的关系的重要教訓。

虽則物理学上的革命发生得突如其来——这次革命的确期几乎可以定在1895这一年——但从此以后一直以稳恆增大的冲动力向前推进，而且遍及物理科学并超出物理学，而散播得越来越广。它包括了碰到意外发見的机会，如在1895—1896年的X射綫和放射作用，1912年的晶体結构，1932年的中子，1938年的原子核裂变，以及1936到1947年間的介子。它同样包括了伟大的綜合理論成就，如1900年的普朗克(Planck)量子論，1905年的爱因斯坦狹义相对論和1916年的爱氏广义相对論，1913年的卢瑟福-玻尔(Rutherford-Bohr)原子，以及1925年的新量子論。然而我們能辨識出作为这些关鍵性成就的基础的一次伟大运动，并認出这运动并非均匀地进展，而是自行划分为至少三个区别显明的分期，每一分期都联系着經济的和社会的类型的特征。

第一分期，从1895年到1916年，可以称作現代物理学的英雄的或者从另一方面看是业余家的阶段。在这一阶段中，新的世界在被探索，新的观念在被創立，主要是用了旧十九世紀科学的技术上和知識上的方法。这仍是以个人成就为主的时代：是居里(Curie)夫妇和卢瑟福，普朗克和爱因斯坦，布喇格父子和玻尔的时代。物理科学特别是物理学本身，仍属于大学实驗室；对工业沒有什么密切联系，仪器价廉而簡

陋，这門科学仍在"火漆封-弦絲挂"的阶段。

虽然这样，工业的滲透已見开端了。例如，萊頓大学在1884年所建造的伟大低温实驗室就与冷藏工业有密切关系。柏林-达兰（Dahlem）的威廉（Wilhelm）大帝学会下各研究所的創办就是德意志重工业对科学研究感有兴趣的表示，就是在1909年，美国通用电气公司选了业已成名的物理学家欧文·郎繆尔（Irving Langmuir）来主持公司的新研究实驗室。工业科学的大扩展的确是从这类的开端兴起的。

第二分期，从1919年到1939年，标志了工业技术和組織初次大規模地进入物理科学。基本研究工作仍以在各大学实驗室进行为主，不过，以往独自工作的大学科学家們这时則領导成队的工作者了，开始使用貴重的配备，并和大工业研究实驗室有密切联系。一方面，为数比以前多許多的物理学家在工作着，并花費空前的財富，另方面物理学本身正开始拓广范围，并表現出新性質，物理学也正在工业上开始生利：在无綫电、电視、和控制机械等方面。三十年代里，备战的影响就已开始显而易見地左右了物理科学。为战爭服务，物理学和化学研究的領导人和工业和政府研究机构之間的紧密联系，就形成了。

第三分期，虽則經过只有几年，却是分明地有所不同。这一分期是在第二次世界大战时物理科学更大的扩展中生长出来。从本質上看，这就是政府科学的最初形态，連同它的大大增进了的便利，也带来了同样大的指导失当和遭受限制的危险。物理学的扩展情形可以从数目字上看出，它們表明在1938到1948的十年期內，英国各大学每年物理学毕业生人数从大約300人上升到750人，在物理学会会員方面从1,500人上升到5,000人。

这样的增加更意味着这一分期中的物理科学比前一分期的总是日益集中。由于把科学上的进步直接联系到工业和軍备上的进步，物理科学，在資本主义世界里，就成为越来越显著地美国式的了。仪器已变得如此昂貴，工作必需的队伍已变得如此庞大，以至于連工业都供养不起，而只有最強有力的国家才能对物理科学作出显著的貢献。一些較旧的文化中心的前景是比較消沉的，因为提供不出什么机会，也不能和美国在科学的吸引力上相竞爭。还有，在历史上第一次，由于科学联系着战爭，科学本身就分裂了。执行了保密制，以及連带的政治忠誠的检查，科学本身就不可避免地无法再以政治中立性来粉飾門面了。

在这三个分期之間插进了1914—1918年和1939—1945年两期的軍事科学。我們必須認为这两期和两次大战間的年代同样足以表征二十世紀的特点。不过它們的科学貢献却完全不同。战爭进行的年代，特别是第二次世界大战中的年代，最突出的

地方，就是它們是加速且按計划使用科学的时期，在两次大战中，都有意为目前而牺牲未来。巨大的科学力量竟去造成毁灭和悲惨；不过，这股力量的这种成就本身就表示同一力量若轉向建設目的，就能有什么作为。两次战爭，特别是后一次，提供物理科学以一些待决的問題，以及解决它們所需的物質手段。

10.1 电子和原子

1896年的物理学

二十世紀的一些大运动以及伴同而来的物理科学革命，在五十余年的进程中，已把物理学改变成另外一种东西，几乎認不出来了。要了解这次革命，就必須退回去考虑在本世紀开始时这科学的态度和地位。在十九世紀末，物理学的气氛是把一种貫串的、滿足人的智能的理論，和越来越有成效的实际应用联合起来。法拉第和麦克斯韦的电磁学，在新兴的电照明网和輸电网上正得其用。克劳修斯和吉布斯的热力学正开始影响热机和化学厂的設計。肯定地新发明的气氛正在传播。电磁理論势必促起无綫电；热力学已經导出內燃机，就要使得廉价运輸和人类飞行成为可能，不过所有这些都只是已經建树的知識的扩展，并不提供导致任何嶄新事物的指望。

放电現象

情况的改变要从对物理学的一些被忽略的分支的鉆研而来，在这方面有一些效应不容易配合古典的图象，而表面看来又很不重要，因此沒有人認眞地感到怀疑，它們終究会納入图象之中。最初打破十九世紀物理学自滿情緒的外壳的研究之中，就有放电現象的研究。电火花、电弧和刷形放电这些現象，总被看成是物理学含糊而不可捉摸但又具有迷惑力的次要分支。十九世紀中叶，由于弧光灯的行时关系，放电現象才引起某些注意，但弧光灯到世紀之末，看来要让位給熾灯絲了。可是在眞空中放电也大显光明，而由于新兴电灯泡工业的需要，就促进改良眞空技术。因为兴趣复活和发展了新技术两方面的結果，就在十九世紀后期做了若干重要的新观察。其中有許多不象可凭經典物理学来解释：威廉·克鲁克斯(William Crookes)爵士(1832—1919年)，在1876年，依照远在1838年法拉第的观察，在高度抽空的放电管中，看到从阴端，即阴極，展伸了一道发光的电輝，看来其中含有从阴极剝脫下来的某种粒子。他把这些阴極射綫称作物質的一种新輻射形式。这一发現是有預示性的，因为正是由于对許多这类高速的或輻射的粒子作了研究，新物理学才会建立。

倫琴和X射綫

蔣斯通·斯通尼（Johnstone Stoney）（1826—1911年）窺見了这一可能性，就在1894年把阴极射綫叫作电子；让·柏兰（Jean Perrin）（1870—1942年）証明电子带有阴电荷（1895年）；J. J. 湯姆逊（1856—1940年）測定它們的速率（1897年），在1895年十一月，一桩偶然而完全未經預料的发見突然改变了研究趋向。康拉德·封·倫琴（Conrad von Röntgen）（1845—1923年），当时只是尉尔茨堡（Würzburg）大学的一个不出名的物理学教授，买到一个新出的阴极射綫放电管，目的在闡明其內部机构。在一星期之內他便察覚在管的外面发生了一种情形；有某种东西往外逃逸，具有自然界中从未經人想象到的一些性質；这东西使熒光屏在暗中发亮，又能透过黑紙使照相片变模糊。这些照片确属惊人——照片上有荷包里的錢币，以及人手上的骨头。他不知道这种东西是什么，就名之为"X射綫"，这是一个名实完全相符的科学发見；是人人可以亲眼看到的事，也就无怪在几天之內就成为全世界报紙上最后插入的新聞；竟成了娱乐場所无数談笑的主題，并且，在几周內，差不多每一个有名望的物理学家都在重复这个实驗，并表演給欣羨的观众看。

电 子

X射綫立即产生的价值固然很大，特别在医学方面，然而对物理学的全部和自然知識，其終极重要性还要大得多。这是因为X射綫的发見不只对物理学的一个分支，而是对它的許多分支，成为一把开門鈅匙。第一，这桩发見使J. J. 湯姆逊完成他对X射綫的发生者——阴极射綫或电子的了解，因为他发見，不仅是电子打到物質上发生X射綫，而X射綫打到任何物質上也发生电子。电子能在气体中产生离子或带电荷的粒子，这就在相当大的程度上解释了各項放电的神秘性質，包括了最大規模的放电——即电閃。自从发見在千种万类的物質中都能提出电子，而且显然是完全相同的电子，就指出电子是电的素質，但这素質是由各别的粒子所构成——是原子性的——就是由于考虑到这个事实，才引导J. J. 湯姆逊采取最初的断然步驟去发見原子的內部結构。

原子說的再生

二十世紀物理学区别于十九世紀物理学之处，在于坚持原子为具体的实体。十九世紀的科学史以化学中的道耳頓原子理論开其端。这个世紀进展中在有机化学的結

构式上，原子說又获得更多的胜利，但如在第五篇所表明的(341 頁)，十九世紀晚期的思想潮流，大部分受到馬赫和奥斯脫瓦耳德的影响，因而是反原子說的，并贊成就用一些較普遍的物質和比率的說法，来解释那些归属于原子的性質而搪塞过去。牛頓本人是一个原子論者，但他的力学，經拉格朗日和哈密敦推广之后，就使它自身易于为人所借用来形成一种空間构象，在其中由一处到一处性質的变异很微。这个場型理論，从法拉第的直覚，以及經麦克斯韦把它轉变为光的电磁理論，这在本質上是一个力場理論，就获得巨大威望。如我們所将見到，这一理論还要由爱因斯坦在他的两部相对性理論中，再进而加以推广。

在場的物理学上，連續性是至高无上的，因此就不能輕而易举地包罗原子的非連續性，以及后来要出現于量子理論的、甚至更大的非連續性。正如在对物理現象作有意識的思考的最初时期，原子观念曾看来象有革命性的，并且总是被联系到一般无神論的和革命性的思想。場象完美的几何形式，是保守性的和連續性的。場物理学看来是一种安全得多的物理学，但企图把它重新建立起来，就是一种后卫战，不能御抵一湧而来的、只有应用原子說法才能解释的新知識潮流。

貝克勒耳（Becquerel）和放射作用

1897 年，原子确定地来到了，但似非而是地不再是人們心目中的原子（102 頁，不能分割的东西），却呈現一种十分使人为难的可能性，就是可以分裂，而且不只象 J. J. 湯姆逊所已表明那样簡单法。同时，另一桩甚至更重要的发見已經完成。在发見 X 射綫后四个月之內，在法兰西的貝克勒耳(1852—1909 年）想到 X 射綫和出現于放电管內的光輝，必有什么关系，就試图寻找有否其他发出相似光輝的物体，如矿物和盐类特别是鈾的盐类会显出类似的性質。怪极了，这些物体确是这样。这是科学史上出現的类似于眞正偶然事件的事情（351 頁）。由于亨利·潘迦累(Henri Poincaré)(1854—1912 年）的示意，才引起貝克勒耳去确定 X 射綫和熒光現象之間有什么关系。他的父亲曾收集了洋洋大观的許多熒光物質。貝克勒耳完全有可能选取硫化鋅，也象选取硝酸鈾那样容易，那么，放射性現象的发現以及它对原子物理学的一切意义，就許会再躭擱五十年。誰知道有多少同这一样簡单而能改革我們的科学的現象，目前是否就隐藏在我們的周围呢？

从鈾发生的新奇射綫也能透过物質，并且，不需任何仪器，射綫就自发地从一些看来惰性強而持久不变的化学物品产生出来。

居里夫妇和鐳:原子的蜕变

对于十九世紀的物理学和化学信仰，这件事甚至是更大的震惊。由化学家中最伟大的,即拉瓦节本人的工作建立了元素不可轉变的定律。此定律的建立是作为直接反駁旧炼丹家要改变元素或創造物質的主张。但在这里显然地,物質的确地在自行改变，并无絲毫外界的激动力来触发它，这件事对于能量守恆学說，也同样是一种震惊。这些新的放射性化合物里如此显而易見的能量究从何而来？它只能来自原子本身以內。但是少到几乎无穷小的一点放射性物質竟发生相当大量的能。这里面隐含的意义是原子內所含的能，其量之大是使用十九世紀工业基础的燃料能的人們所完全梦想不到的。

一旦放射性被发見，科学进步就快起来——实在比在科学史上以前任何时期里更快些。在六年的短时間內，自发的原子变化的主要特性,已經被揭露了,皮埃尔·居里（Pierre Curie）（1859—1906 年）和他的波兰籍妻子馬利(Marie)（1867—1934 年），也就是第一位伟大的女科学家，这本身就是一件极有意义的先兆,发見了一些比原来的鈾要強得多的放射源。他們分离出了一种新类型的元素,如釙和鐳,后者放射性如此之強,在暗处就自行发亮，而且对于接近它的人，能加以严重而終于致死的伤害。

盧瑟福和索第 (Soddy): 放射性轉变

卢瑟福对各种輻射的本性加以研究，并指出一种类型,即 α 射綫,又是科学上十分新的东西。此种射綫由物質粒子构成,这些粒子的发射速度大得不可想象。他証明鐳原子在放出許多原子,即氦原子,而剩下另一原子——鐳射气的——至于氦本身就是一种希有而被目为浪漫性的元素,最初从太阳发射的光的特性发見太阳里有氦。这是炼丹术,但是,是自然的炼丹术;因为到那时为止,沒有任何人能做出任何事,来人为地按照放射性衰变的定則来改变原子分裂的速度,并轉变原子的种类。虔敬的人認为这正是另一件不可思議的自然界神秘，并坚持它是永不能由人来干涉的。当时在蒙特利奥(Montreal)卢瑟福和天才化学家索第共同工作,有了物理和化学技术的輝煌配合,就探索这些变化,在 1899 到 1907 年間,揭露了整族整族的自然轉变,一族从鈾来,一族从釷来,一族从鋼来。每一种放射元素发出 α 射綫,或 β 射綫和 γ 射綫,并变为另一种,所有这些都很順适地終于变成那不活泼的元素,即鉛。在研究这种过程时,显然看出元素不是簡单和均匀的,而每一元素可以含有若干原子，在化学性方面都相同,

但以不同的方式作物理的分裂，这些就是同位素，到后来要从它們演出許許多多的事物。

普朗克和量子理論

起初，这种現象的混乱是远远超出了固有理論所能說明的范围，以致只好作为冷酷的事实看待，但是綫索已从物理学的另一部分得到，含有助于把它們弄明白。电子的最初发見，对光的輻射理論，引起了許多困难。如果光是产生于轉动的或振动的电子，那么，当电子由于輻射而損耗能量，光就該不断地改变顏色；但在光譜里波长不变这桩显明的証据就表明光并不变色。另一矛盾出現于热的理論。按照經典电磁理論，一个很热的物体所有的能量应当集中于短波方面，就应呈現蓝色，然而却呈現紅色。如此的一些矛盾不能永远置之不理；但是，在 1900 年，馬克斯·普朗克（1858—1947 年）对解說这些乖差所作的努力虽获得成功，但仅消除了实驗方面的困难，反带来了理論方面的困难。普朗克实际上提出：原子的能量不能継續不断地发射出来，而是一点一点地出来；換句話說，能量也象物質，具有原子性，但这原子性并不在能量本身之內，而是在奇异的作用量（即能量与时間的乘积之內）。因此就有了不变的量子或足够的作用量，即普朗克恆量（$h = 6.6 \times 10^{-27}$［尔格］［秒］），由它在各原子体系中控制所有的能量交換的量。

爱因斯坦和光子

亚耳伯·爱因斯坦是从这点取得它在物理学新領域中的实际应用的第一人。他解释了为什么金属因受到有色光綫而射出的电子的速率，不論光是弱或強，总是相等。电子只能收集光所具有的能量子；較多的光意味着較多的量子，而不是較大的量子。不过，速率却直接依靠光的顏色，也就是依靠光的頻率，爱因斯坦所想象的由光射到金属而产生电子的图景，是一种粒子的图景，这粒子即光子，即頻率为 ν 的光原子，移轉其能量于另一种粒子，即速度为 V 或能量为 E 的电子，所依照的方程是 $E = \frac{1}{2}mv^2 = h\nu$。事实上他把光的波动图景反过来回到牛頓的旧观念上去，而把光作为粒子构成的。

原子核

量子論还原等待另外两个关鍵性的发見，才能充分应用到原子結构上去。1910 年，卢瑟福門下的两位工作者，盖革（Geiger）和馬斯登（Marsden），曾証明那些

自然抛射体,即 α 粒子,有时不径直透过薄片物質,而被径直射回来。卢瑟福从这个惊人結果(他把这結果比作十五吋大炮的炮弹被一张紙挡回来),推断出簡单的結論,說这些粒子必然是击中了某种极小而极硬的东西。事实上,他已看出原子有一个核。核是和电子相对的伙伴,更因为电子带有阴电荷,則核必然有阳电荷,恰恰等于围繞着它的那些电子的总电荷。这些电子是怎样安排的呢?这問題和曾經迷惑了文艺复兴时代科学家的太阳系里行星的安排問題,有許多奇巧相似处,并且,这問題指向相似的解决方案。实在地,这方案在 1901 年曾由柏兰提示概略,但因缺乏来自另一方面的,即有关发見 X 射綫的波动性質的一些事实,就不能証明。

封·劳厄和布喇格父子:X 射綫和晶体

1912 年,封·劳厄发見 X 射綫能被晶体所衍折,很象光被任何細紋結构物,如羽毛、細布、或留声机片所衍射,其中紋路的大小接近于光的波长(268 頁)。他察見小到与原子本身大小同等級的物体,也能衍折 X 射綫,所以 X 射綫的波长相应地是較短于光的波长。封·劳厄的这个发見,在实效上就和 X 射綫本身的发見同样重要,首先是威廉·布喇格爵士和劳倫斯(Lawrence)布喇格爵士父子倆从事研究这問題。他們表明 X 射綫的波长是可以計算的,而且在同时晶体的結构也可按照組成晶体的原子的安排来决定。

卢瑟福-玻尔原子

不久以后,在 1913 年,卢瑟福在曼彻斯特大学的实驗室里,有一位后来在加利波利(Gallipoli)遇难的❶最有天才的青年物理学家莫塞萊(Moseley)(1887—1915 年),对若干种不同元素量得 X 射綫的波长,而証明这些波长遵守着一条很簡单的定律,恰恰依靠原子序数,或每种原子的电子数。由于卢瑟福本人的品格,所以他的实驗室吸收了物理学界从来不曾有过那么多的最优秀的人才在一起工作,其中有一位丹麦青年,尼耳斯·玻尔,他能够合併四条分开的綱領:散射实驗时所遇到的硬核,早由巴耳末(Balmer)(1825—98 年)发見的有关氫光譜各頻率的一些簡单定律,不同元素的 X 射綫的波长的規律性以及普朗克的量子論,而量子論就会起把前三者联系起来的作用。好象一个新开普勒,他表明原子可想象其图形如太阳系,其中每个电子有它自己的特殊軌道,并且,只有当一个电子从一个高能軌道移至另一个低能軌道时,才产

❶ 在第一次世界大战中。——校者

生光或X射綫。

卢瑟福-玻尔原子，即二十世紀的原子，至此已妥善地建立起来，这样說法的意义是：也象对牛頓天文学那样，只要知道原子所含的电子数，就能从而預測原子的性質。它解释了为什么原子发出的或吸收的光只限于某某几种頻率的。对于复杂的光譜也能加以詮释，而对于不同原子中的电子，可以求出其能級。能級这一概念本身就是一个量子概念。它意指每种原子結构或分子結构可存在于許多状态中，而每一状态具有不同的振动特性，象乐器的泛音那样，并且，量度了这种結构所发出的或吸收的光的頻率，就可求得各态間的能量差。

化学上的新原子

卢瑟福-玻尔原子观念的作用可以远过于此。它能直接用来解释那些一向属于神秘的和武断的化学定律。首先，它說明了为什么不同原子有它們所具有的各种性質，为什么有些成为金属而有些不是这样，为什么有些又是惰气。由定数电子——2，8，18，32个——的排列，看来特别稳定。如果多于本組內所允許的数目，則多出的独个或几个电子就維系得松得多。对于由这种原子所构成的物質，光容易使其电子振动，而光就被強烈地反射——这就是金屬的特征。如果电子少于构成一組所需的数目，則不同原子的电子相联合，而按照最好的效应来共享这些电子；結果就是非金属的中性分子，如气体分子或有机分子。如果把非金屬原子和金屬原子放在一起，金属原子就把它多余的那个电子让給非金属原子，而成为带阳电的离子，而非金属离子，現在就带有阴电，由于簡单的电吸引，而和阳离子化合成为一种鹽。俄国大化学家門捷列夫在那时以前五十年，根据邏輯所造成的，按族和序排列的元素表的整个图象，就这样得到物理学上的和定量的解說。那时有92种天然元素，从氢到鈾，这是因为存在着在它們的核里分别具有1，2，3，4直到92个阴电荷的元素，而每一元素有它自己的原子序数。

晶体的結构

然而封·劳厄和布喇格父子的发見还要有其他的更广泛的效果。由于分析了晶体內原子的相对排列情形，布喇格父子就能建立一門新的有关結构的晶体学，这門学問又要轉变化学家对晶体和分子的本性的一些观念。这就好象找到了一种新的显微鏡，使人能窺見化学原子的位置。它一方面能表明在簡单盐类如氯化鈉里分子全然不存在，氯化鈉是由鈉的阳离子和氯的阴离子有規律的聚合体；在另一方面，分子确

实存在于一些物質如萘，这里一羣原子密切联系在一起，而和其他各羣隔开的空隙很大——乃十九世紀的化学分子。实际上，X射綫分析法的效用在于首先証实分子的結构，后来又愈加精化，这样的結构，化学家通过根据分子轉变为别种分子的最巧妙数理邏輯，早已得出来了。但在不能应用这些化学方法之处，如在金属和矽酸盐范围内，X射綫就能馬上揭露原子的图案，并同时說明这些物質的各种特殊的和有用的性質。

10.2 理論物理学

第一次世界大战：相对論

就在刚刚提到的一系列新发見之后，第一次世界大战阻止了物理学的进步，使現代物理学的第一段英勇时期突告結束。若干科学家，但絕不是大多数被战事所吸引，而参加战时服务；不过即使在战事无影响的地方，除了一些中立国家而外，它确实阻挠了未經动員的实驗科学家們的純粹科学性研究工作。尽管这样，理論科学家大都仍然継續工作着，并且就是在这个时期，发生了人类思想史上若干最伟大进展之一——爱因斯坦在1915年完成了广义相对論。說到相对論，它在本質上以归属于十九世紀的科学比属于二十世紀的要恰当得多。二十世紀的科学的基調是不連續性和原子性；另一方面，相对論仍是一种連續区域和場的理論；但相对論上的場要比麦克斯韦的电磁場更为概括得多，而是新的空間-时間場。爱因斯坦在1905年所提出的狹义相对論曾表明：因为只有相对运动才能被观察到，依靠观察者的运动而空間和时間在某种程度上是可以互换的，依观察者的运动而定。十年以后，爱因斯坦就能把一直是武断的同时是玄妙的万有引力，归入空間-时間的概括化图景之內，但这样作法，他势必不只是摆脫了牛頓的力学，而且还得摆脫基础更加稳固的欧几里得几何学。

質量和能量的等值

相对論，尽管在大众中很时髦，但仍是一种很难領悟的理論。不过它在科学上的重要性是依靠二种关联很密的关系：即質量和能量的等值，和光速的特殊有限性。其中第一項关系，用 $E = mc^2$ 这一公式来表示，这里 E 代表能量，m 代表質量，c 代表光速，就要提供封閉在原子里的巨大能量的理論表示。这些能量后来就被証明是宇宙間一切集中了的能量的泉源——那些最初原子核能的反应堆，即太阳和星辰里的能量。事实上，太阳在照暖我們时，逐漸变輕了，因为它燃烧着它的氫使变为氦，这种形

式的火，普罗米修士（Prometheus）❶ 的継承者們，并不因他所遭的命运而沮丧，正在以氢弹的形式把这种火从天上搬下来。光速的有限性也是一桩同样有意义的事实。由于表明了所有速度都是相对的，爱因斯坦又能解释：尽管連續加速，沒有粒子能够运行得快于光的临界速度，因为若是粒子接近这样的速度，它的能量和它的質量就同时增加，因而也就越来越难于使它运行得更快。

爱因斯坦理論的科学内容

无論爱因斯坦的一些理論是怎样地抽象，而且实在經过对以前的科学理論的意义深思熟虑而产生的，它們归根結蒂是从实驗推导出来，并引起了实际的用途。爱因斯坦的思想的起点是十九世紀物理学一个分支内在困难：就是要由証明光的表观速度有賴于观察者行經假設为固定的以太的速率来企图概括光的电磁理論。这就是著名的迈克耳孙-莫雷（Michelson-Morley）实驗，也是科学史上最伟大的否定性实驗。因为不論观察者怎样迅速地或在什么方向运动，都找不出光速有任何差别来。几年以后，J. J. 湯姆逊証明在高強度的电場里，电子就不以按照經典牛頓物理学所应有的速度作运动。当电子运动得較快，它們似乎就变得更呆滞，也更难再加速。这两种效应都由爱因斯坦的狭义相对論而得到解释了。

爱因斯坦的广义相对論的探討所及还要远得多。它企图把万有引力容納在空間和时間的量度范围之内。这理論的特殊重要性是它完全避免有求于习慣上所称的玄力，如重量或者用更有学术气的名称，重力，即超越距离而起作用的力。这理論不要这些力，而提出一个公設說：当一个物体在自由状态下，即不和其他物体有物理性的接触时，这个物体就全然不受力的作用，那么，它的运动方式只表明它所經过各处的空間-时間的性質而已。按照这理論，我們的欧几里得几何学只适用于虛无所有的空間——在重物体的附近，空間就弯曲了。这个見解标志出回到毕达哥拉斯所創立的天界中以圓周运动为合于自然的观念，但是却回到了一个較高的平面上，不再是半神秘性的直覚，而是一篇数学的說明，經得起最精細的定量性驗証。

假使爱因斯坦只不过为引力另找一种代換的表达法，比牛頓所用的更为簡洁，他便已成为新时代的哥伯尼了；但他的成就还更多，他表明了这新方法所产生的結果更符合于实驗。他能解說星辰近太阳时，由于弯曲了的空間使光綫挠折，而在表观上移位，又能解說水星运动中一些不規則現象。牛頓的太阳系理論終于肯定地得到了

❶ 希腊神話中的神人，他教人用火，遭祖斯(Zeus)神之怒，把他用鏈拴在高加索山的岩石上。——校者

改进。

星体天文学和巨型望远鏡

不过到那时，这种理論早已失却了它当初假定七大行星的軌道是天上阶梯所具有的重要性。到了二十世紀，天文学实在差不多失去了它在古典时代和中古时代里表达神的世界計划和推算星占的重要性，以及它在文艺复兴时代里作为航海方法的重要性。不过天文学的声望还略有存在，这就使得那些即使是憧憬于来世的天文学家，也能从无情的商人手中巧言募化大宗金錢来制造毫无用处的望远鏡。巨型望远鏡实在就是費布仑（Veblen）在分析資本主义中所謂“显著浪废”的最豪奢的榜样。[6.178] 它表示出不計私利，甚至比搬移欧洲城堡渡过大西洋，还更实在；它同时还保留了竞爭的健康因素。增加望远鏡的口径和視程的爭強斗胜，也和战舰上大炮方面的竞爭同样明显。但是，不論观象台的来源如何，配有新式摄影和分光工具的观象台既然倍增，就把天文学推进到远超出太阳系以外的星体和星云去，至于星云，包括我們的銀河系在內，那时已經被認为是許多島宇宙，如康德在 1755 年所首先建議的那样。

天体物理学

从各天体所发的光来研究其內部的工作，开始于十九世紀光譜学上的发見。到了二十世紀，天体物理学正在变成一个公認的科学分支。在这方面，实驗室工作和观測台工作完全混合起来，这門科学从一开头就有一个特征不同于地面上的物理学，乃在它所揭示的构造，不仅是在空間內的构造，也有在时間內的构造。罗素（H. N. Russell）在 1913 年按光譜型把星体分类，无可疑議地指出了一种进化性的次序。宇宙論看来就包含着天体演化学。事物的目前情况不能不提起它們如何成为这样的問題。就是这样，天文学又开始多少获得它旧有的重要性。如果天文学并不曾揭示出那个为古文明国民以及甚至牛頓所相信由仁慈的神一举而永定了的唯理宇宙計划，那么，它就正在另自表現一齣創世的不断展演的戏剧，这齣戏看来对人类是有教訓的。作为原子核物理学进一步发展的后果势必就是宇宙历史的知識的大发展。爱因斯坦所采取的只是第一步，不过却要成为有决定性的一步。他曾表明力学上的原理可以認为有問題。量子論以它的旧形式，已經要更进一步摧毁牛頓物理学的基础，而以它的新形式，則甚至更为厉害。这次革命，有如文艺复兴时代推翻亚理斯多德，其重要性相同，也同样孕蓄着种种更进一步的可能性。

这两种理論已指向一些新实驗，而这些实驗往往已証明为富有成果。然而，凡是首先不由实驗而引入它們的任何事物，要充分加以解释，它們就一貫地归于失敗。

新量子理論

这个情况，在二十世紀物理学史的下一阶段里表达得最为清楚。玻尔原創的有关原子的量子理論，应該在原則上說明了所有原子和分子的結构。但在实际上，却遭到了很棘手的困难情形。按照理論要求，归于各种单原子的能量級的量子数，保持为整数，但是，在第二最簡单的模型里，即双原子分子模型里，能量的量子級，从底下开始，并不依着 0, 1, 2, 3 的順序而十分棘手地依着 $\frac{1}{2}$, $1\frac{1}{2}$, $2\frac{1}{2}$ 的順序前进。这一情况以及其他一些异常情形，到了 1924 年就表明量子理論的形式存在着某种十分严重的錯誤。这形式正在发展成为一种形式代数学，几乎成一种当时所謂的神秘数字，由之就能找出一組数目，来解释最多的事物，但是除了方便而外，却找不出选取这些数目的任何理由。无論是电子，还是电子运动的理論，都不象玻尔原来所想的那样簡单。用来解释这桩困难的最早手段是，象 1924 年高兹密（Goudsmit）和烏仑貝克（Uhlenbeck）所为，假設电子是一个小磁体，又是一个电荷——就是說电子具有"自旋"。不过主要的困难依然存在。

波和粒子的物理相当性：波动力学

由于力求克服这些困难就在 1925 年导致对量子理論进行一次十分深入的通盘修訂。事实表明这項工作已过迟了，因为差不多同时在作这項工作的就有四位很不相同的科学家：法国的德布罗意（de Broglie），德意志的薛定諤（Schrödinger）和海森伯（Heisenberg），还有英格兰的狄喇克。他們的解决方案在形式上彼此很不相同，但在数学上是相当的。路易（Louis）·德布罗意在 1923 年曾循着物理学史的途径而回溯到十七世紀牛頓和惠更斯的爭論[6.17—18]（268 頁）。这番爭論已提出一种显著的类似性，即不論媒質如何，粒子和波总循着最短的途径。波的运动是使时間最短（費馬原理），而粒子的运动則是使作用量最小（摩柏屠伊原理）。德布罗意想到：如果粒子和波在本質上相同，那么，这两个原理可不可以簡化成为一个原理呢？电子也許終于是波，正象光波也許就是粒子。粒子和波之間看来实在有一般的相当性；每一粒子可以看作是由一波伴着，而每一波則含有排列在波陣面上的粒子。

1925 年薛定諤运用这个观念来說明玻尔所說的原子里的稳定电子态，認为这些态类似于原子里的电子按駐波而非前进波作运动时的各种特征振动方式。这就在形

式上相似于一具乐器上各种特征振动，其間具有諧振关系。德布罗意-薛定諤波动力学具有优点，在于能解释旧量子理論上的异常情形，所取的方式既能使人从物理学上掌握，又能用数学来陈述。但这并不是严格地必要的；海森伯和狄喇克各取不同的途径，甚至对这种程度的物理表示也都不屑考虑。海森伯用矩陣式，即布滿数目的棋盘，狄喇克則用一种代数，其中 $a \times b$ 不同于 $b \times a$，相差是 $4\pi h\sqrt{-1}$，都对量子物理学的一些問題，提供了同样好的形式解决方案。[6.33]

自从这些方案被提出，对于这些理論的物理意义一直有深邃的論辯。这些方案既美妙，又善于解释事实，因此在长时期內被認作是它們的眞理的完备凭証。但是，随着时日的进展，看来人們所謂的新量子理論，似乎要象旧量子理論那样遭到同等严重但很不相同的困难。这些新理論，对于它們所从来的現象，虽能解释，但当原子核和高速粒子的研究日益进展，就出現了一些日益难以說明的新現象。各种各样的方法以及特創的量子理論变种都使用过了，并无成效。那些足够本身一致的新量子理論甚至还不能使人从数学上加以接受。这些理論仍代表牛頓的粒子物理学和一种全新数学之間的一种不自在的混合产物，前者經由某些量子假說作了适当的調整或拆散，而后者則大部分决定于統計性的考虑。这些理論所引起的哲学方面的困难甚至更为严重*。

測不准原理

正如相对論的情形一样，也輪到新量子力学被当作神秘化的很方便的根据。对有反动思想和神学思想的人来說，海森伯的測不准原理就特别有价值。这原理宣称：任何粒子的速度和位置不能由人同时决定到高于某种程度的准确度。这一原理，作为物理学上的陈述，不过是把一条很有用于决定某些观察得到的量的方程式，翻譯成文字罢了。測不准原理是建基于某些假設性实驗的成功和失敗之上。这些实驗中最著名的是 α 射綫显微鏡，在这里，正是观察一个粒子的这一动作，就驅逐粒子使它离开它不被观察时原来占据的位置了。这类实驗，作为譬喻是有用的，却永不能实在地执行，但是它們已經容許一些概念得以輸入量子論中，这些概念，例如观察者的主要地位，并不成为量子理論的眞实部分。正如爱因斯坦和德布罗意所已指出，[6.17] 这样企图把現象做成主观的，就会导致一些謬論，其荒唐的程度并不下于建立測不准原理来防止的那些謬論。

此外，通俗科学作家，而更甚的是哲学家，却給予了这原理以另一完全不同的意义。由于这种假設的測不准性，就主张电子在某种意义上是能自由的作用者。在任

何时刻，它也許做，也許不做这件事或那件事。如果电子是自由的作用者，为什么人就不是呢？为什么科学性决定論的整座大廈就不应当倒塌，而代以不决定性的渾沌局面呢？够奇怪的是新不决定論的許多附和者，事实上絕不是不决定論者。他們所要的是要十分武断地把电子不知不覚地放进或取出它們所能占的地方，以便找出可能让上帝无微不至地干預宇宙間的事情。对于这情况的最好評語出于爱因斯坦，他說道，"我不能尊敬一位一天到晚从事于博弈遊戏的上帝"。

实在說来，加于量子理論上的构造是全然武断的和不需要的，这种构造所依据的是对物理量的意义所作的特殊分析。即使在原子范畴上講这是正确的，也不应該尽量推广到复杂得多的生物和社会体系的場合里去。如我們以后在本书中所将看到，物理学理論本身的特性，在本世紀中叶，已經变成象未被新展望所轉变以前的过去物理学理論一样复杂且不滿人意。重要的是要在心目中区分开两个方面的主要差别，一方面是在进行了成套的实驗之后用来說明并协調它們的理論，另方面是那些完成各种新发見并向科学思想开拓新領域的实驗家們脑海中，或有意識地或无意識地存在着的观念。

10.3 原子核物理学

盧瑟福和物理学的物質的研究途徑

二十世紀物理学的大人物，并且，实在也許可以說二十世紀科学的大人物就是卢瑟福。一貫标志出他的工作的，是他的观念的单純質朴性，以及他解释物理現象所采取的极度物質的和机械的研究途径。在这一点上，他象法拉第远过于象牛頓。他最初对原子，然后对他所发見的次于原子的粒子，都把它們認作恰恰象寻常的物質顆粒：弹丸、网球或松球。他就把它們当作是这样的东西，并从它們的运动或跳跃的方式来找出有关它們的一些事情。但有时粒子不象他所預期的那样的动作，他就承認这种新发見是事实，并替他正在处理中的結构，拟出一幅新的想象图画，来把它融化进去。他就这样一步一步地从研究放射現象中不稳定的原子，进到发見原子核和关于原子的一般理論。

人为嬗变

当他的晚年，他再进而研究原子核本身的內部，和一羣优秀助手合在一起工作。1619 年，他完成了一桩有关鍵性的发見，就是用一个 α 粒子的直接冲击就可以打破

一个氮核。从此以后，显然地，只要能找到适当的射体来冲击原子核，人就能控制原子核里进行的过程。有两个方法可以做成这件事，一个是从各种原子核本身去找寻那些会自然发射适当射体的原子核，另一个方法較直接，是用电器来加速普通原子。

高速粒子的產生

最初采用的是后一法，不过够奇怪的是，大多数重要結果却要从用放射性所产生的粒子的旧方法得来。卢瑟福本人工作所用的仪器极其簡单而价廉，几乎是十九世紀所无从比拟，而实在更象十六世紀吉伯所用的。这就是卡汾狄喜实驗室的著名"封腊細繩"学派。說到簡单性，未免近于虛构，因为事实上若不利用十九世紀里那些靠考究得多的仪器耗費心力而后积得的知識，就取不到这些成果，尽管这样，比起加速粒子的新需要，即通俗所称的原子击破机来，两两相形，是惊人的。使粒子达到这里所必需的高速，就需用一类不同于一向見于实驗室里的仪器，而这些机器的制造就意味着在物理学和工业发展之間的关系的历史上展开了新的一章。考克饒夫（Cockroft）和瓦耳頓（Walton）得到电工业的协助制成一种高压管，在管里可以用一百万或二百万伏特来加速氫原子，并且，用了这仪器，就表明这类粒子能够打破若干种輕原子的核。

物理学和电机工程相联系

这种高压管的能够制成，是由于本世紀初年里电工业已在进行着一些发展，随着电力輸送的距离增加，就需要研究高压綫路。在同时，通訊工程上各項发展，特别是无綫电增长得离奇地快，就导使人能掌握大規模眞空技术既需要按照工程規模来制造物理仪器，这就意味着，从二十年代中叶起，物理学的研究，特别是原子的研究，甚至要更密切地联系着电工业了。单就費用和必需的技术經驗来說，就已不能让它再作为仅仅是大学教学的附属部分来經营了。在考克饒夫和瓦耳頓的二百万伏特加速器以后，就出现了一大羣庞大的現代式粒子加速机。劳倫斯（Lawrence）在迴旋加速器上所引用的原理，不是用一次爆发而是用相継的冲击来逐步提高粒子的速度，就开辟了途径而导出越来越強的原子迴旋加速器、同步加速器、綫性加速器，直到同步迴旋加速器，发出的电压相当于几十兆兆伏特。唯一的限制是費用，这在 1956 年已达到一千万鎊的地步。这数目已非較小国家力所能及，而为此它們就不得不联合起来。[8.53]

要充分体会这个故事中后来的发展，就有必要考虑物理学上另一部門的长成，这部門是自由电子的产生和控制，将从 435 頁起加以討論，但为了避免中断起見，还是

直接継續講下去来得好。

中子、陽电子和介子

二十世紀的三十年代发展的趋势使得人們目覩物理学发現的一次新爆发，比起以前 1895 和 1912 年的两次爆发，卽使不更重大，也一样重大。放射学，卽原子核的研究，在以前十年中表現了很少的进步，这时再度成为兴趣中心，并导致一連串不断的实驗发見，而以对原子核过程的控制而达于頂点。第一件主要发見应該是中子的发見，是由用 α 粒子裏击鈹而产生的，实在地，当中子初产出，并不認識它是中子而竟猜想它是 γ 射綫，正因为今日我們看来甚属簡单的不带电粒子的概念，虽經卢瑟福預測这种粒子的性質，当时却差不多已成为名詞上的矛盾。中子一經查德威克（Chadwick）在 1932 年由实驗認識并确立为不带阳电荷的質子以后，就被看成核結构上的中心特点。此后很快就由安得孙（Anderson）发見另一种基本粒子，卽陽电子，这种粒子对粒子关系上的阴阳号之間提供了需要的对称性，并且，由于質子的重量几乎大二千倍，它就远比質子更为适和狄喇克的理論所說：宇宙里的阳电荷，打个比方，就是瀰淪宇宙的阴电荷所短少的部分。中子和質子之間的关系表現为絕不是簡单的关系，以前認为由質子和电子所合成的原子核，这时看来，若借質子和中子来表达，更为妥善，而質子和中子則由強大的力保持在一起，这个力，是湯川在 1935 年把它归源于一种假設的居間粒子，卽介子。这是首先从理論預測到的一种基本粒子，后来在 1936 年果由安得孙和奈得迈尔（Neddermeyer）观察到了。

在这些种粒子之中，对核轉变的产生，要以中子为最有效。因为中子无电荷，它就能透进物質里去深得多，并能接近和鉆进那些推斥带阳电荷的 α 粒子和質子的带阳电荷的原子核。从 1932 到 1938 的短短六年中，中子对各种原子核的效应都經研究过，就在这几年中，一般地說，科学，特别是物理学，越来越要感覚到引向第二次世界大战的事件的冲击，希特勒当权后，物理学界有創造智慧的大多数人，都先后被赶出德意志和奥地利，他們的工作自然就培育了并促进了物理学在不列顛、法兰西和美国的发展，同时，反动政策、蒙昧主义和腐化行为的日益加紧的魔掌，反延緩了希特勒統治內部的物理进展。

人为放射作用：核反应器

最初有关鍵性的发見是約里奥（Joliot）所作——就是：差不多所有的原子，經中子裏击后，本身就有了放射性。这桩发見所生的邏輯推論的影响是巨大的，这意味

着天然放射作用只代表来不及达成稳定状态的原子的殘余活动而已，鐳已被用来計量地球上岩石的年龄，而它指出地壳初成的日期約在二十亿年之前。但其他元素則被認为多少是永恆的。可是这一說法也成問題，而有关原子轉变的知識可以用来解释元素是怎样发生的。

太陽的热能

伽莫夫(Gamov)和貝忒(Bethe)利用这个概念来揭露太阳能量的来源就在于使四个氫原子合成一个氦原子的机制已經很显明，宇宙間大多数能量导源于原子核过程。到此而兴趣轉移了，要問能究竟怎样被释放出来。从輕元素研究起，就出現一种新的核化学，也有一套套的轉变和稳定状态，象出現在普通化学里的那样(420 頁起)。1936 年，費米进到原子序的另一端，而用中子轰击重元素，并声称他已經产生了若干种元素，比自然界里所見的任何几种，都要重些，关于这一点他确实在大多数事例里都完成了，但他不知不覚地又已惹起了其他一些要显为更重要得多的变化。

1938 年裏的原子核分裂

直到 1937 年，所有已发生的放射变化，其性質是把小粒子加进核里或从核里移出，抛出来的最大碎片是含有二質子和二中子的 α 粒子，但就是在这一年，哈恩(Hahn)和斯特拉斯曼(Strassman)发見用中子照射鈾而得的若干种产物中有几种的原子質量竟然不很低，几乎是鈾原子的一半。这时，就体会到原子不仅被削去小屑而是被劈开，这种知識也就立即被看出含有极为重大的意义。

按照質子为比例，重核比輕核所能多带的中子要多許多。当鈾原子分裂时，必然释放出若干中子。一旦这在 1938 年实現了，大部分是經过約里奥的工作，大規模的嬗变的可能就变成了实在。这里发生的是鏈式反应，或者是滚雪球式的效应。如能誘致任何原子核过程，使它对于本来供給的每一中子，生出一个以上的有效中子，則反应就会进行得愈来愈快。如果不加控制，它就会成为爆炸；如果控制它，就得到一座产生能量的反应堆。

鏈式反应：原子彈和反应堆

假使这一发見是完成于十九世紀較宁静些的时日里，則人們終究为了它的实用会已經研究它了；而很有可能，在五十年左右之后，人們或已使它具体化到生产动力的新型机器里去了，不过由于缺乏財务上的鼓励，又因为已有的动力来源方面享受了

既得利益竟許会无限制地阻碍发展。但实在的事情是这样的，原子核裂变的发見正在出現在一次新的世界战爭的前夕，英美政府是幸运的，因为在它們的物理学者里面，有若干位，內中特别是包括了被納粹分子和法西斯分子所放逐的那些，深知那已完成的发見在軍事上的潛力，也許更足惊奇的是，他們能劝服軍政当局認清这个計划值得竭尽全力来进行，主要的理由是如果不这样做，敌人肯定会先有原子弹。德国科学家对于联盟国的科学家并不这样看法，这是德国科学家的不幸，却是世界其余地方的幸事。他們看来任何科学家，除德国人而外，竟会終于制成原子弹，是不可想象的，因此他們就采取較閑逸得多的态度来进行。[6.45]

最迅速的科学应用

原子弹是怎样发展、試驗成功和使用，現在已成为世界史的一部分，而不仅是科学史的一部分了。除掉它的珍貴的"秘密"而外，原子弹已在数以百計的书籍和論文里叙述了，[1.49;6.13;6.20] 在这里只需要說，主导的物理学观念差不多直接来源于大部分在欧洲的大学实驗室里进行的实驗和計算。它是在美国成功地发展这个事实，部分由于美国得免于实际战祸，部分由于它有大宗可以利用的工程的特别是化学工程的資源。这情况在实效上意味着，原子弹，連同释放原子能所需的一切配备和"法門"，从一开始就掌握在美国电机工业和化学工业的三四个托辣斯手里。[6.1] 这就提供了一个补充理由，說明为什么嫉妬地严守秘密，以及战后为什么力求阻撓使用原子能来产生原动力。有控制的释放原子能在軍事和政治上所生的影响，将在以后討論，在这里只須注意一点就够了，就是原子能的释放在技术上代表着人类在控制自然力上的另一次主要大跃进，其历史地位之高同于取火、耕种、和用蒸汽，而且可能具有更大的終久重要性，看上去，这一发見来得正是时候，特别是对于在历史上就依賴煤的一些国家，例如不列顛，能量的消耗率就比煤的生产率增长得快得多。

原子核能的成本已可和取自热源的成本相比，而且我們有理由可以期待，如果使用那些在工作中产生更多核物質的，又能利用較丰富的釷以及鈾来充作燃料的增殖反应堆，則成本以后就会減低。核燃料的缺乏在一千年左右是无需恐慌的。阻碍着人类迅速开拓原子核能的，首先就是武器方面压倒一切的要求，即使在英国尽管迫切需要燃料，然而在今后几年內建造的新反应堆全部将生产原子弹所用的核材料，并且有一些反应堆主要就是专供此用的。[8.32] 其次作为主要的因素的就是缺少科学家和技术人員，这在将来的发展上比目前的建造上为尤甚，因为除社会主义国家而外，大家对于科学方面开展大規模高等教育的必要性都失于体会。尽管有了这些延誤，但如

果能够避免战爭，原子核动力时代正在迅速来到，而且到了本世紀之末，原子核能将成为电的主要源泉。

不过，也許在几十年內，动力将不是从核裂变来，而是从核聚变来，或者，換言之，我們将要制造緩慢燃烧的氫弹，庫尔察托夫（Kurchatov）已經报道了在苏联的一些实驗，其中用了实驗室里的磁效集中，已能发生一百万度的高温，但无人知道，或者即使知道也說不出，我們离开热核炉，或者人造太阳还有多远。一旦在这方面有了成功，就不必再躭心能量了。我們用得了多少能，就能得到多少能（469 頁）。

原子核能的生产中的副产品已經对科学和人类有了用途，在这些副产品中，有許多放射性同位素（418 頁）是有标誌的原子，可以有效地用来比得上大多現有的或可以制造的一百来种元素，这些原子，由于它們的放射性作用，容易自行暴露出来，所以就可以利用很微小的量来追究原子在化学作用中所經过的各种化合和离解，包括在生物机体內发生的化学变化。反应堆和反应堆产物的其他用途是作为珍貴的鐳的代用品，并作为聚合过程和塑料的硬化过程的促进剂。

“为和平的原子”：1955 年日內瓦会議

自从 1955 年 8 月在日內瓦举行和平利用原子能国际会議之后，对用核裂变发生动力和其他有利用途的展望就光明得多了，这次会議本身就是解除国际紧张局势的主要信号。在会議之前，整个原子領域都为秘密所統治，只是在最无害的地方才稍微揭开一点。在日內瓦，来自美国、英国和苏联的原子科学家們自由地交換了除有关原子弹而外的几乎所有一切情报，并且发見是在大体上他們都走着同样的途径。如大会主席印度的巴霸（Bhabha）博士所說：“知識一經发表就不能收回”。这会議本身标誌了国际科学健康性的第一步，并指出一条走上合作而非竞爭的更迅速进展的道路。

宇宙綫和介子

研究宇宙綫就提供了另一种威力更大的利器，但到現在还沒有軍事上的用途。宇宙綫发見在差不多五十年前，这是由于它們发生刚刚可以覚出的使絕緣良好的物体放电的效应的原故。一步一步地就認出这些射綫起源于宇宙的較外层，且具有高度透穿性。根据观察各别粒子的径跡，布拉开（Blackett）和斯科貝耳琴（Skobeltzyn）用了云室，而鮑威耳（Powell）用了照相片，都已揭露出某些种粒子，其中有些的能量如此之大，不但透穿或分裂原子核，还使核炸裂成許多碎片（图版 1，面对 466 頁）。

从这些研究上看来，电子、質子和中子不是仅有的基本粒子或核子，而仅仅是稳

定的或寿命长的粒子。此外还有許多不稳定的居間的基本粒子,即介子(430 頁)。在目前看来,好象有好几种介子,其差别在于質量、电荷和寿命不同。在这里面还得算上阴質子,以及甚至更重些的超子,它們本来在宇宙綫中发見,但現在可以在粒子加速器中制造出来。*

有这样寿命短的粒子的存在,就表明我們对世界的普通經驗,只是很有局限性的經驗,受了我們的理解能力的限制。許多东西存在着,并且可能在自然界中居于异常重要的地位,但或因过于微小,或因变化迅速,而未被揭示給我們。我們所認为永恆的一切事物,不过相当于一連串变化中一个維持得长久的阶段而已,而維多利亚时代的科学家們的元素,就象赫拉頡利图斯的元素,是处于永远变迁的状态中。变迁不一定总是按同样的速率进行。有相当証据說明,我們今日所知道的地球上很大多数的元素,是由同一类的过程所构成,不过这些过程比起在反应堆中进行的过程,要強烈得多,只是有元素存在的事实以它們的相对丰富度或希罕度,就提供了証据来推断約在四十亿年前太阳系和众行星原来形成时的情况。

膨脹的宇宙

原子核物理学进展的出現,正当其他驗証的綫索指向一个进化性宇宙的时候。我們的銀河系的大小,然后是近的和远的星云的距离,都一步一步地开始用天体物理学方法来量度,所利用的是凭巨型望远鏡得来的观察結果。巨型望远鏡中,以在1915年所完成的威尔孙(Wilson)山天文台的一百吋口径望远鏡最为重要。当这些量度結果和对星云光譜的观察相結合时,就发見譜綫的完全出于意外的紅向移动,这显然指出星云距离愈远,它背离我們的速度就愈快。宇宙正在膨脹这个看法,似乎是无法避免的,而且,反过来說,在遙远的过去,宇宙的內容所占的空間必然比它們現在所占的小得多。1927 年,勒迈特尔(Lemaitre)采取大胆的假說,以为宇宙間所有的物質原来是密集而成为一个原子,好比一种宇宙卵,这原子在最初的也是最大的一次原子爆炸中破裂了,这不是在四千年前而是在四十亿年以前,这一見解并非未遭到詰难;尽有許多更替性的理論,其范围从一些怀疑光譜綫的紅向移动是否眞正意含宇宙膨脹起到一些假定宇宙間物質非一次而是連續創造的理論止。[6.14;6.50] 在这期間对远近星云的观察,似乎揭示了星体以及可能連同各行星系在形成中的一些中間形态,显然是新出現的星体,形如整串珠鏈,曾由費森科夫(Fesenkov)在阿拉木图(Alma Ata)摄成照片,从表現看来是从一綹一綹的星云質聚縮而成。在目前,种种观察、实驗和理論都处于如此的变迁状态,因而所有看来已經成立的东西只是宇宙有它的历史这样一句話。

物理理論的欠缺

在寻繹源委时，从关于物質和輻射的本性所可能学到的，也会同关于辽远天界所可能学到的同样多。实际上，新的发見，特别是介子和由介子产生的原子蛻变的发見，确乎使得現有的物理学理論相当受窘，尤其是关于基本粒子相互作用定律和原子核組成的理論，象現有的一些理論——必須承認关于許多現象并无理論——都是建立在头痛医头的类比上，而把量子理論应用到原子核物理学中大得多的作用力和小得多的距离。由于牽涉到"朦朧晶球"模型，"幻数"和"奇异"量子数等，这些理論甚至不免带有玄幻的——希伯来神秘教的——气味。不过对于原子核結构的某种更广泛的說明都有正在出現的征象，哪怕只是取布呂克納(Brueckner)理論的高度数学性形式。

然而很有可能相对論和量子論需要經过一次彻底得多的修訂，不是要对現在的理論修修补补，同时接受它們所依据的假設而毋宁是要它們的邏輯的和哲学的基础作根本性的进攻，正是用了这种方式来把旧理論推翻，首先是累积它們所不能解释的物質实驗証据，再則是对那些导出經典理論論点提出的基础。任何新理論当然必須能說明所有的或者大多数的現有事实，但是除說明这些而外，还要做到能更成功地联系甚至更广的經驗范围，然后这个新理論才会被接受。

我們正走进一个批判物理学理論的新阶段，其中由于数理物理学家們对量子論和相对論的不充分和不精湛，而显然感到不舒服，正在引起作根本重建的努力。各方风起云涌地为此进軍，有老一輩的巨人如爱因斯坦、德布罗意、狄喇克和夫倫克耳(Frenkel)，也有青年物理学家，如布洛欣采夫(Blokhintzev)、雅諾西(Janossy)、玻姆(Bohm)和維叶(Vigier)。虽則新理論是多种多样的，但有共同的目标。其一是要概括出一种場論，把一向不相配合的相对論和量子論統一起来。另一目标是要为新量子論解除掉那个特别联系到玻尔和海森伯的根本的不决定性的需要。对于新而范围較全面的物理現象，即原子核內力，和瞬息万变的各种核子的行为，无論誰能滿意地解释，胜利就属于誰。要說最后将要出現些什么，为时还嫌过早，但肯定地将要很不同于最近二十五年中得到認可的正統学說(474 頁起，427 頁註)。

10.4　电子学

无綫電和電離層

在这里，我們叙述原子核物理学已达到現有知識的界限了。但是原子核物理学，

虽然代表实驗和理論向未知境界进展中的最远前哨，却不是物理学的全部，甚至还不是它的最有用的部分。 眞的，假使同时物理学的其他部門沒有得着巨大的进展原子核物理学就不能存在。 最关重要的进展是在无綫电波和电子学領域內。 在这方面，物理学的发展和工业的发展平行而进。 如我們所已見到，在 1886 年，赫芝遵循麦克斯韦的有关电磁波的本性和其他性質的理論，产生了电磁波，但直要等到十九世紀之末，电磁波才在实际上用于发递信号。到了那时，电磁波所启发的兴趣就引致許多国家里的有效的尝試：有英格兰的奥利佛·洛吉（Oliver Lodge），俄罗斯的波波夫（Popov），印度的玻色（Bose），还有許多别人。不过充分的商业上的成功却归于有天才而抱乐观的业余者，而不属于有訓練的科学家。

在本世紀初，一位稳健的物理学家就会这样說：要发送电磁波到怎样远的地方去完全不可能。电磁波只离开地面而去，穿过空气层，就不复返。但是馬可尼(Marconi)，还够不上一个物理学家，就不相信这一套，他試不凭借导綫遞送信号过大西洋，而对岸居然收到了这些信号，这就意味着必有象鏡子一类的东西，能把电波反射回来，再下达地面。爱德华·阿普頓(Edward Appleton)爵士在二十年代时进行这項研究，而能表明这类反射层含有太阳輻射产生的离子，存在于大气的組成中，不只在某一高度，而在几个高度处——即在所謂电离层里他向上空发送了很短的信号，細察其反射回来所需的时間，来测量各层的高度。这就是战爭中所用雷达装置的基础，在要旨上和用在第一次世界大战的回声测深法相同，后者利用水中压強波的慢得多的运动，来确定潛水艇的位置，实在也就是蝙蝠在黑暗中避免碰到障碍的方法。

电子管

馬可尼的煊赫的和出乎望外的成就，保証了无綫电通訊的迅速发展，即使不是为了其他用途而只是为了和海上船只互通消息的話，然而假使沒有发展出电子管，这桩成就在日常生活上就不会占有它今天已有的地位。二十世紀电子物理学上的这个主要貢献，来自工业和来自科学的差不多相等。不到十年，就从实驗室內的奇巧东西，轉变而为可以銷售的商品，从这一情况可以衡量工业吸取并利用二十世紀物理学是怎样地迅速。导致电子管发展的原始观察，就来自工业本身，实在是来自爱迪生(Edison)自己的門洛园(Menlo Park)研究实驗室。早在 1884 年，他已注意到电灯泡里的熾热灯絲能保持阳电荷而不是阴电荷，他把一个金属板封在灯泡里，就发見他能把电流从板通到灯絲，而不能从灯絲通到板。 这就是第一只电閥，其作用經 J. J. 湯姆逊用电子理論就很容易地解释了灯絲上热鎳发出电子，而电子只是当板带阳电荷时，

才能渡过去，但是如果是冷板，即使带有阴电荷，也不能放出电子，閥的作用依賴于电子的各种性質，所以它的現代名称电子閥（即电子管）是确有根据的。在无綫电方面，人們发見二极电子管可作整流装置之用，不过它在1905年曾由德福勒斯（de Forest）多少按照經驗加以修改，而加进另一柵形电极，就成为三极电子管，这就使得电子管具有眞正革命性的可能，即电波放大和产生。有了这个器件，无綫电話和广播才有可能，并成为在射电以及越来越广泛地在动力电两方面的現代高頻工程的基础。

放大和再生

三極管和它的繁多而复杂的衍生品，不只是閥而已，甚至在本質上已不是閥了。它的实在新奇处是在它能作为放大装置用；它能使电压或电流的小变异轉換成大变异。放大的原理能使能量的小变化管制能量的大变化。轉早期的器具如槓杆，扩大了机械作用，或者象透鏡，扩大了物象，但在所有这些情形里，所应用的能量只是被传递，而总有些要損失掉。在电子管所实現的放大作用中，能量是从外面供給的，而其型式可以由弱得多的能量所強加。电子管是一种装置，由信息而不由动力来操作，电子管实在是最初的，完全有伸縮性的控制装置（439頁起）——从中古时代的鈡上的擒縱件，或十九世紀电的替續器等簡陋的先行来看，它迈进了一大步，在共振綫路中，使电子管所輸出的能，反回去耦合到本身上，就可使电子管产生具有可控頻率的振盪放大和再生或反饋，这两种性質使电子管可同时作为观察仪器，也作为工具。它也許是二十世紀工艺学上最表特征的产物。

电子管制造的发展是以电灯泡制造的发展为基础，而对电子管的更严格的要求又轉而刺激了眞空技术。第一次世界大战后几年里，在无綫电通訊上要用电子管，紧接战后，羣众对收音机又有新需要，都大大地刺激了这技术。一旦电子管能又便宜又大量地制造，就可回过来替物理科学服务。电子管要有重要工业用途，才能造得够便宜。假若电子管沒有普遍用途，实在就不能想象物理科学怎样能完成它在二十世紀第二个二十五年內所完成的效果。高压、眞空和电子管三項技术的发展不可避免地导致学院式物理学和二十世紀电工业联为一体，其密切情形也同学院式化学和十九世紀化学工业联合时一样，一种新的应用科学誕生了，并且获得了电子学这个很恰当的名称。

无綫电和雷达

电子学的最初用途是无綫电通訊的求精和扩展，一部分因为广播发送器越来越

多,耗竭了可供使用的波段,就有了使用越来越短的波长的稳定趋势。用較短波长另有一优点,就是更有可能使得这波长沿着明确的定向束射进行。定向无綫电学开始于有需要偵察造成恶劣天电的雷雨的来源,后来又用于远距离发送的定向射波无綫电方面。不过方向的准确度却基本地依靠选用越来越短的电波,而这情况轉而影响到用来发生电波的电子管和綫路的制造。

从定向电波过渡到反射的研究,而从此进到雷达是很自然的。直接有效地刺激雷达的实际发展的,是第二次世界大战以前籠照着世界的空袭威胁。一旦制定了用輻射脉冲的反射来偵察飞机的問題,不久就靠集中而有組織的研究,导出有效的解决方法,在不列顛亏得瓦特孙-瓦特(Watson-Watt)的首創,一种雷达屏发展得正当其时,在大战的第二年阻制住空袭。不久以后又推进一大步,就是发明了空腔磁控电子管,作为厘米波的強大来源,这样就使得定位达成了高得多的精密度。在战事进展中,雷达的用途越来越多:探寻途径、从空中測繪、控制飞机的飞行,継而更控制炸弹和炮弹的飞行。

短波:射电天文学

大战結束后,短波和超短波无綫电設备已成为普遍的生产——这一发展,如在和平时期,要許多許多年才得实現——用了这些短波,人类平添出一种新感官,这在远程和中程观察和通訊方面,比普通的光所能給我們的任何东西,要更适用些。用普通光学方法只能測出远处信号的方位和性質,而雷达却提供距离作为額外坐标。因此,这些新方法可用在天文学目的上,例如,作为对月球距离的有用核校法。更使人惊异的是太阳和星辰竟也发出这类射綫,所以这些射綫就生出一种新天文学,即射电天文学,証明有看不見的星辰存在。

陰極射綫管和电視

自从J. J.湯姆逊的一些初期实驗以后,在各种变型的阴极射綫管里,曾应用运动着的电子注,来轉变变化迅速的电流为看得見的运动着的象,再分析这些电流。阴极射綫示波器本身是一种时間显微鏡,能跟踪一些变化,比任何机械的槓杆組或鏡組所能跟踪的要快得多。这件仪器在科学上和工业上的用途是多方面的。作为电視屏,它是以百万計的人現在所熟識的。在电視里,发送机利用了运动着的电子注,来扫描一个透鏡所生的象經光电作用而产生的电荷。結果所得的型式就由另一同步扫描电子注复制出来,而映照在接收机的焚光屏上。电視的所以迟迟发展,不是因

为它的原則未能早日掌握(与現在所取路綫基本上相同的坎貝耳·斯文呑(Campbell Swinton)的建議早在1911年就提出了),也不是因为扫描,或者闊波段短波传递在技术上有困难。它的落后,基本上是因为那些大电器商,甚至随无綫电而成长起来的新商行,过于专想立即致富,竟不愿多費錢来发展它。这样就留待热心的业余者如白尔德(Baird)(1888—1946年)之輩,用簡陋装备,来作出有决定性的进展,并使商业世界相信这里有利可图。

电視虽是阴极射綫演示系統里最直接的一种,但不是唯一的一种。由于战爭上的需要,特别是要能見对方而不被对方看見就导致了許多别的系統。接收机、扫描电路和发送电路,以及演示等,因范围广闊,故能取任何一种原始輻射——X射綫、紫外綫、紅外綫、或短波无綫电——并用阴极射綫管来构成一个目所能見的象。在扩大人类知覚方面,这办法特别重要,因为人脑本身有一半以上时間专用于視察并理解視察所見的东西。如維納(Wiener)[6,70]所指出,眼、脑的复合体,本身就是用来認識分析、并跟踪物象的异常致密而效能高的神經綫路。使一个現象成为可見,这就大大扩张了我們了解这現象的能力。

电子預測器和伺服机械学

在大战中,无綫电工程发展上的另一意外附产品,是用电子联系着的,由接收机和伺服机械两者結合而成的机构的发展,先实現为預測器,后来实現为計算机。这些机构主要是用来瞄准、操纵、引导和引炸武器,其范围从雷达控制系下的高射炮,到这些炮所发出以百万計的电子控距爆发的炮弹。这就在机械生产上加添了一个新幅度,正象工具代替爪或齿,而机器代替臂和躯体来操作工具,电子伺服机构就代替了整个人,連同眼、脑和手一起,这是把自动化原理从旧式机器所适应的有規則的例行工作,扩展为另一种性質,其中可以发生差异容許限度很寬的变异。

凡属伺服机构必須具有感覚元件如光电池,以及起动元件如电动机,在这二种元件之間它还必須具有某种联絡,包括固定性的指示、条件性的指示、甚至預示的使命。靠这些,就可引导这装置所接收的种种刺激,通过电路,来实現适当的外在反应。至于这些电路,将留待联系着电子計算机来一并討論,更为合适。

按各种方法配合电子管电路,就可以利用电子动作的极輕而极有伸縮的特性开始解决过去需用脑力的各种任务中的許多种。已經作到的在实际效果上就是增加一切有意义的而非笨重性的操作的速度到几十万倍,就是說:有些工作,由于笨重物質的固有慣性之故,靠机械方法来做一向需要一分鈡,現在只要万分之一秒就能完成。

同时，又能在极小空間里挤入許多电路，但若代以机械操縱的部分，則所占地位当以許多千倍計。就在目前，这种过程才只开始，而小型化工作在战时所得到的发展中，有些表明这工作还可往小里前进很多。整套无綫电收发机可以制作得如此微小而价廉，竟能装入每顆高射炮弹，放出去就听其損失，这样想法即使在大战开始时，也会被人当做幻想。但現在这已是一件寻常事，而更新的发展，保証这类爭时間省空間的方法，正推进得更远得多。在鍺半导体电子管中，結晶的半导体內的电子运动代替了电子在眞空里的运动。这是无綫电初发明时的触鬚传下来的后裔，而久被遺忘了。在許多用途上，特别是要体积小的时候，这半导体管已代替了电子管；而且，为了甚至更高灵敏度而特别設計的他种新材料或許将补充它。某些頑磁性的物質也能发揮相似功能来供作存儲情报时的判定元件。

电子計算机：控制学

但是，現代电子装置眞正新奇之处，并不很在于那些組成部分本身，而是在于它們相互間的联系上。又是为了战爭上的目的，就必須做成一些装置使加法和計算法能迅速到能应付指揮和測定距离以及計算炮弹弹道和火箭弹道等复杂操作的需要。基于这些情况，就在战爭将近結束时，发展出头几架全用电子管的計算机。就計算机而論，电子計算机的着手处还是一百多年前机械計算机的撤手处；那时巴貝治曾花了巨大代价，企图制造一架机器，来推算数学表，要比用人力演算更快更准确。在目前，我們只是开始感覚到电子計算术的种种可能性。在这里我們有了一种一般化的手段，把計算人脑子中进行的繁复而有秩序的过程，轉譯为电子的动作。

这样的机器不只能准确地执行发給它的命令，而且能对依靠它自己在前几阶段中已算得的数值但并未預見到的情况起反应——这正是它的主要新奇之处。它是伺服机构中高度专門化而更精进的类型。也象伺服机构那样，它能对种种临时事变起反应，而且甚至已开始在选取調协的并捨弃不調协的結果时，表示出判决和学习的某些特征，在于能找寻便捷途径来做一些已經做过一次的事情，因而在一定程度上当它一面进行时，就一面为自己定出进行所需的法則。在这全部工作里，它必須随身携带許許多多的資料，或者情报的片断有些由外界提供，其他一些，則由机器的操作所产生，并且，为了留备再用，就无限地保存着，但一遇需求就可放出来应用。这就是記憶是电子計算的基本特色，而且一方面已在服务的若干記忆是属于静态的，就是說，是記录在某种分度很細的綫或盘上的記分，另方面还有一些則属于动态的，备在那里作为信号，不断地流經一种液体而成压強波，并且，只要有需求，就能按照同样波型

一次又一次地再被产生出来。这些以很粗略而簡化了的方式，的确很象神經脉冲的迅速而永不停止的流动，这些脉冲，以其特定的型式，可能就是把我們自己的記忆保存許多年的手段(521 頁)。如維納在他所著“控制学”(或駕駛术)一书中所表示的，这实在是一門新的創造性科学，把数学、电子学和通訊工程学，以名为信息論[8.60]的数学新分支为引导，去和神經系生理学和心理学本身联系起来。不論思想水平怎样低，若能制成果眞有效的思想机器，当然不仅对科学，而且也对經济学和社会生活会具有重大的影响(535 頁)。

电子的波动性

人类控制了长电磁波，正在供应新型望远鏡，而控制了电子自身，則正在供应新型显微鏡。德布罗意在他 1924 年所发表的理論里曾提示每一电子都伴有和它的速度成反比的波长，三年以后，戴維孙 (Davisson) 和革末(Germer)偶然地发見了晶体使电子发生衍射，这和十四年前发見的晶体使X射綫衍射相类似。这一发現可能是为了企图証驗德布罗意理論而作的。在事实上它是純粹由实驗才碰上的，而且碰得为时已晚了。电子的衍射甚至可能在X射綫发見之前就已被观察到，因为远在 1894 年就有过很細的电子注射透金属片，只是无人想到去摄取穿透出来的射綫的照片。假使早观察到电子衍射，然后据以推論电子的波动性，那么二十世紀物理学的全部发展进程就要有所改变，而且也許就会大大地加速，不过，同样是这几桩发見，先后次序也許会不同的。

电子顯微鏡

甚至在認識电子和光都具有粒子和波动双重身分的平行类似性以前已有人在开始利用致偏电場和磁場来使电子聚焦的想法。我們現在知道如何集中电子并使之聚焦，好运用正常光学仪器上所已采用的一切折射和干涉技术。起初要这样做的困难主要是实驗上的，因为电子只能在眞空里自由运动，而且施用于电子的“透鏡”不得不是非物質的电場和磁場。但当技术改进了，这些困难就克服了而电子光学这門新科学就长成起来了。它的最伟大的胜利就是电子顯微鏡。通常的光学显微鏡，由于所用的波嫌粗大，它所能察見的物体的大小，就受到限制。而且虽則对于我們的感覚，光波是极微小的东西——小于五万分之一吋——但比起原子的大小来，光波仍然很大，事实上約为二千倍大。現在电子波可以做到比这还短得多，而且，波长約当原子直径十分之一的波是便于使用的。把若干电場透鏡或磁場透鏡，配合起来，照說就

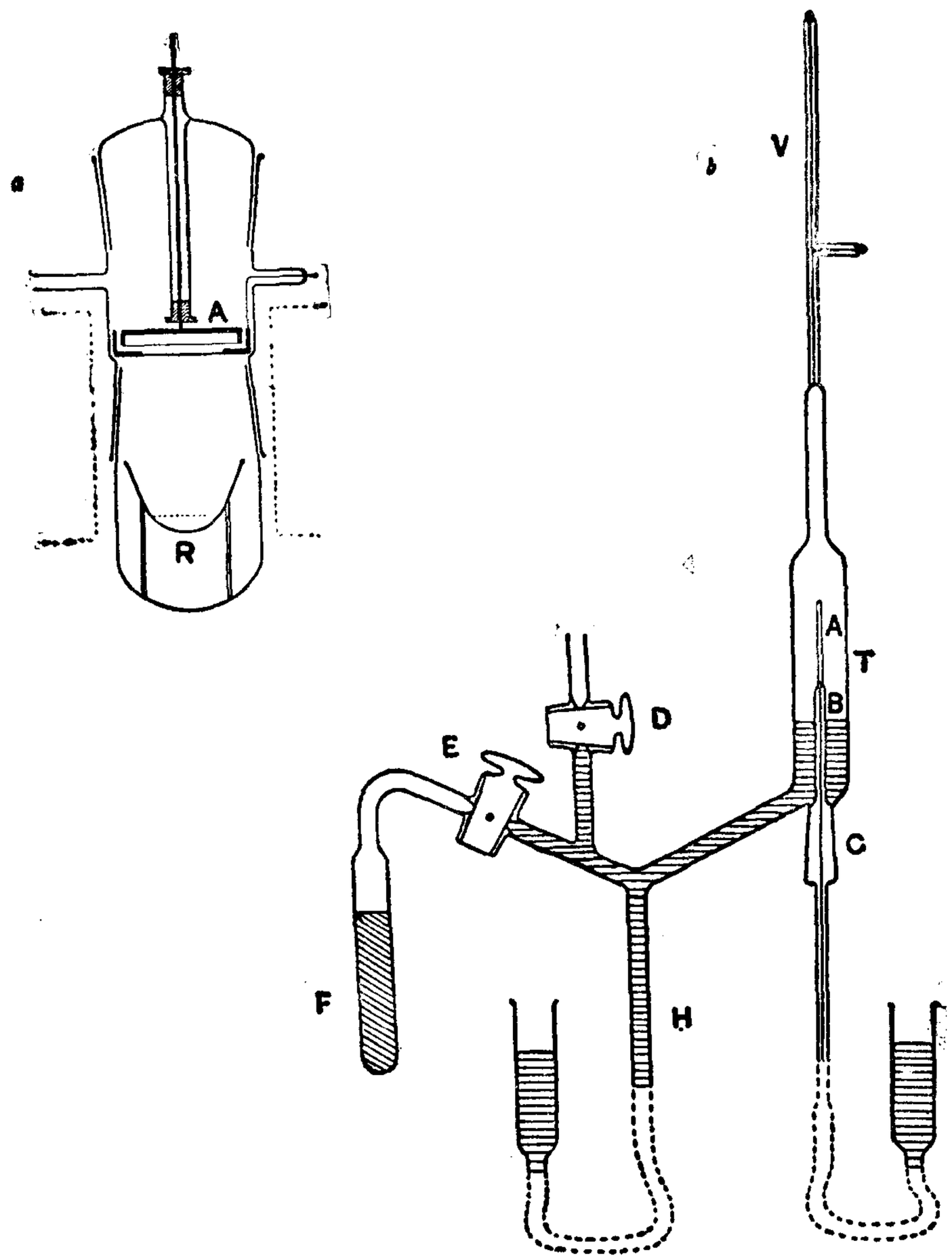


图 15 盧瑟福研究放射現象的兩个有决定意义的实驗
表明所用仪器的極度簡單性

(*a*) 确定 α 粒子所带的电荷。从源 R 发射的 α 粒子在絕緣电极 A 中收集。
采自 Proceedings of the Royal Society, A, **81**, 162 (1908).

(*b*) 認証 α 粒子是一个氦离子。鐳射气引入 A 管，通过它的薄壁的 α 粒子是由它們在放电管 V 中的能譜来探測。
采自 Philosophical Magazine, **17**, 281 (1909).

应該可能仿制一架显微鏡，其放大率能做到比用光学显微鏡所能获得的大一百倍或一千倍。魯兹卡（Ruzcka）把这件事做成功了，他在 1937 年制成了第一架电子显微鏡。从那时以后，显微鏡的視界和放大率都經大大改进，因此小到象单个分子那样的物体都可以看得清楚。

电子显微鏡超出普通显微鏡，甚至比显微鏡超出肉眼的进步更大。电子显微鏡使我們能察見，并用照相法复制整个大小范围的結构，从普通显微鏡下看得清楚的，下至实际上就是原子大小的結构。这就是把微小物体的結构納入我們的普通感覚范围以內的最直接的途径。作为这种途径，它对哲学就极为重要，因为，对于起初当做抽象假設来看待的单位体，例如分子，就由它賦予了一种可見的实在性，对于了解生命中各种特征性質，这样大小的結构最富有兴趣，也最有重要意义。在电子显微鏡之下，病毒和噬菌体第一次成为看得見的和可以分辨的东西，而肌肉和皮肤等組織在构造上的細致性質，也开始呈現出些东西，說明为什么这些組織具有它們在有生机体內所表現的一些特殊而有用的性質。电子显微鏡甚至已显示出在細胞內部所見的細濾体和其他亚单位，都具有一种內部层状結构，这样就第一次揭露了怀疑已久的細胞內构造。放大比率在目前是如此的大（× 1,000,000），因而按照已由生物化学所确立的分子模型的性能来說，就能解释所看見的东西，这样就在原則上提供了原子和生物之間这条鏈上的最后一个环节。从电子显微鏡的运用上，将会出現一門全新的生物学。[8.31a]（图版 3 和 4）

10.5　物理学和物質的結构

分子構造和化学

在电子显微鏡发展以前很久，已根据封·劳厄和布喇格父子用晶体使 X 射綫衍射的創始发見（420頁），而发展了一种虽非直接的，但力量強大得多的方法，来观察一些甚至更細微的結构。这些晶体結构分析的方法到現在已經变得如此完善，以致能在許許多多实例里，决定十分复杂的分子內諸原子的詳細位置、大小和形状。例如，青霉素分子的結构，在經化学分析証实以前，早就純粹由 X 射綫法首先求得。[6.84a]* X 射綫分析法揭示原子是确定的，多少带球形的物体，按其內部組成而大小不等，而在分子內或在晶体內，它們之間的距离是比較固定而量得出的。克古勒和十九世紀有机化学家們，为了說明化学反应上种种邏輯性推論，而构成的想象的分子图，經表明是具有物質的和空間的基础的。能用来暴露分子和晶体的結构的短波輻射，不仅是

X射綫一种而已。电子衍射也已广泛地被使用，特别是拿来研究一些往往有极端实际重要性的表面效应，并决定气体內分子的結构。更为晚近些，又用了晶体使反应堆所生的中子衍射，中子有一很大优点，就是給出有关原子核而非电子云的情报。这个方法已揭示了反鉄磁性的存在，在这种場合里，原子的磁矩安排得彼此相互中和，而不象在鉄磁性的鉄里那样相互支持。

分子的內振动

X射綫所显示的分子图必然是静态的。由于暴露时間长，任何內部运动，也就模糊不清，但二十世紀的物理学也要把这个缺点弥补起来，并給出有关分子动态行为的情报，相当于把它們的运动制成电影片。这应用分子光譜的量子理論的結果，特别是在紅外綫区域中。在这里，光的振动周期能和分子內原子的固有振动相調諧。另有一种更替的情况，象喇曼(Raman)和曼德耳斯坦(Mandelstam)在1928年所表明的，这些頻率的数值，可从分子所散射的可見光的顏色中发生的微弱变化推求出来。在这些分子中維系原子的力，就要由分子中不同部分的振动率来提供极其准确的量度。以前对分子如何团結在一起，是用原子价及亲和力。这一类定性的概念，来作純属形式上的論述；而新的物理学方法对它則如上所述构成了一幅定量的物理图象，具备了距离和力。

化学的新理論

早在1920年，有了科色耳(Kossel)以及留伊斯和郎繆尔二人根据能取或捨几个电子而成为阳离子或阴离子的簡单玻尔原子而作成的理論，就能用物理学的說法来重新解释无机化学。这在合理性上是一个巨大收获。十九世紀化学能替种种化合物找到簡单公式，但旣不能解释这些化合物的性質，甚至也不能解释为什么化合而成的是某些而不是别的东西。有了对原子的新認識，就能开始解释这两类事实，并且使化学少靠記忆而多靠从几条簡单原理所作的推論。化学的总領域目前可分为四个分領域：希有气体的領域，在这里，所有电子都保持附着在原子上；金属的領域，在这里，电子有过剩；非金属的領域，在这里，电子是不足的；还有盐类的領域，在这里，金属和非金属离子之間已經彼此交换过了。这是对阿拉伯巴拉塞尔士派关于汞硫和盐的炼丹术体系，从現代眼光来加以認証(226頁)。其所依据的从表观現象作的类比，則从量子理論立場而得到說明(421頁)。随同量子論的发展，这种一般图象又能轉而成为定量的；在盐类或离子晶体方面，維系着整个晶体在一起的力，可以借已知的静电

电势而計算出来。

礦物化学

前叙各情,对于了解有关矿物和岩石的复杂化学有直接影响。劳倫斯·布喇格爵士用X射綫所作的詳細分析,結合着 V. M. 高耳喜密特 (Goldschmidt) (1888—1947年)对所有元素的广泛考查,和泡令(Pauling)的理論上的眼力,就表明矿物結构的稳定性,从而推及它們在地球上的发生,都只依靠很簡单的考虑就得到說明。事实上,一种稳定矿物的发生是由于有适当数目可以当做大小不同的球体的組成原子,紧湊地并有規則地填集在一起。原属混乱的矿物世界,就变为整齐有序了,而且对于了解元素在岩石中的分布,并从而通晓往那里去找它們,这种新知識是有切近的价值的。晶体結构确实要成为制定地球化学上种种原理的一把門鈅,而有了它,則岩石經过侵蝕、沉积、褶皺和火山作用而生的种种短期或长期轉变,就可以追究了。

金屬和合金的电子理論

应用X射綫来分析金属,就更推进了一步,在实用上更重要。金属显出具有异常簡单的晶体結构,这就說明了它們之間所以容易参合。在这方面,使金属同时反射和导电的自由电子数,已被看出具有主导影响,并且已能据此开始进行合理的,而不只是边試边改的冶金术。从結构研究所得的还不止此。它們解释了金属所具第一性的有經济价值的性质——它們的范性和硬化性,使它們可以鍛、軋和拉——又使得有可能开始合理地控制这些过程。

原子价和原子間鍵的量子理論

关于非金属間的化合物,問題却困难得多,迟到1927年才找到非金属間的作用力性质的头一条綫索,这些力是归因于每一对原子所共享的諸等同电子之間有互相交换的可能,其方式只有用了量子理論才能懂得。晚到1934年,海特勒(Heitler)和倫敦(London)才作出有关同极鍵或电子共享鍵的定量的解說,而施用于具有二个质子和二个电子的氫分子这个最簡单的例子。虽則这方法不能定量地应用于更复杂的例子上,但对于向来完全武断的以及只凭实驗的那些化学事实的大多数,确实給予了物理的理解,它解說了化学反应的一般本性,以及为什么每次反应释出或吸收某定量的热,相当于电子能級在动态和末态中的改变。它也使人明瞭了二十世紀化学的最重要的实践发展,就是用人造催化剂或天然酶来輔助的反应的发展,后二者的作用在

于減低化学反应开始时所需要的能量,不过并不影响它的最后状态。它也照亮了鏈式反应的机制,这类反应,不論是发动机汽缸中的迅速燃烧型,或者是制造塑料时的聚合作用,都已成为工业上主导的重要反应。

化学和物理学的关系

不过万万不可想象的为由于所有这些进展的結果,化学已变成了仅仅是物理学的一个分支,实在发生的情况是:物理理論和物理实驗方法,越来越貫串了并理性化了旧日化学家的旧定性观念和凭經驗的习慣。化学在处理越来越繁复和越不稳定的化合物时,已变得更复杂,其变化的速度也像化学中心学說被物理学所轉化那样快,如果不更快的話。物理学对于化学家是一件工具,正如化学对于物理学家是鍛炼智慧的一个場所。

地球科学:地質学和地球物理学

各門地球科学——地質学、海洋学和气象学——的地位和物理学和化学两門基础科学的地位相比,有种类的区别。这是因为地球科学缺少和基本科学同程度的普遍性,它們所論的是特殊的地点和特殊的时候,而不是为一切地点和时候定出規律。它們所关涉到的因素描写性和历史性較強,而邏輯性和数学性則較差。它毋宁是图志式的学問,而不是推理式的学問。为了这个緣故,尽管地球科学的范围上已大大增加,但它們內部所发生的变化,大部分是由于从物理学和化学輸入了新技术和新观念而起。

在二十世紀里絕未发生任何事情使得在十九世紀建立的地質学原理遭到彻底改訂。不过这些原理所获得的精密性和广泛性却大大增加了,石油、煤和金属的需要現日益增加,在这压力下,調查方法已經完全改样了。地球物理学这門新科学应运而兴,把最精致的重力的、地震的和磁力的測量仪器都用于野外探測,或甚至有时用于空中探測。从这些仪器所得有关数千呎下面地层性質的情报,已和鉆探所得的情报联系起来。携带小鎚的旧日地質学家和携带驴、鉄鍬和淘皿的旧日踏勘人同样不合时宜。代替他們前去的是一队队的工程师和科学家,还配备了飞机、卡車和鉆探机架,他們的工作是由地質构造理論来指导,他們的結果是由基地实驗室来复核。正是在这个領域里,新的社会主义經济,由于不受商业竞爭式探采矿藏时的保密和种种限制,已經远远走在前面,阿塞拜疆所造就的土著野外地質学家就比英格兰还多。

这一大堆新資料的整个科学价值,尙有待于探討。結合着地球化学,并以現代工

程規模的示范实驗为补助，这些新的地質学的和地球物理学的資料，应該成为基础来充分定量地說明种种現象，如造山运动、火山的形成、地震的发生和冰川时期等等。在地質学的历史方面，由于用了各种放射性的变化来測量地层的絕对年龄，就进展了一大步，因此，到目前，鑑定年代已成为地質史上不可少的部分，也同在人类史上一样。利用同位素来追查各岩层形成的准确起源的办法正在开始，但已預示頗有希望提供地質学上的一些有关鍵性的年代，例如生命起源的年代的綫索。[6.77;6.113]从新方法的經驗，已有够多的表象，指出地質学这門科学里不久就要发生大变化，但要等到地球上每个部分都經开发給居民使用时，也要等到人类的机械本領和科学本領能用来发見和利用天然資源于建設目的而非毁灭目的之时，这大变化才会来到。

海洋学

在地球的固态地壳的研究上，当以构造因素和历史因素为最要，而在水和空气的研究上所必須了解的，則是动力因素和变化的迅速性。海洋学的經典时期是在十九世紀，那时，繪制洋流图和探測海洋深度成为和开辟世界貿易和沉放海底电纜自然伴同着的工作。这門科学在二十世紀里的发展是范围广而不是新奇，有关海洋种种物理情况的資料已經不断地累积着，有关蒸发、潮汐和风卷洋流的定律，已經闡明。最大的进展得自海床的边緣，即大陆支架，由迄今不明原始的波状深谷构成褶皺，曾經用第一次世界大战中反潛艇設置，即压电回响測深器研究过。第二次世界大战中海岸登陆战术才引起人們第一次眞正从数量上研究海滨以及形成海滨的波浪和水流。战后以来，最惊人的是对深海底的研究，人穿了深海潛水衣，开始探索海底。現在已能从深海軟泥里鉆取一长管一长管的物質，相当于許多千万年来的緩慢沉积，而对它們的解释就給了我們有关古代气候的綫索。用了爆炸回响測深法，就能更深下去，而跟踪这些沉积物直到結晶的地壳。在这方面，海洋学以及地球物理学和地震学并駕前进，而所得成果的兴趣，就不只是学院式的了。到目前，人只开辟了土地下的財富，而海底下更大得多的大片財富，仍有待将来挹取。

气象学

在另一方面，空气到二十世紀才完全进入了它自己的时代，这时由于飞行的需要越来越多，在和平时如此，在战爭时尤其如此，就十分重視温度和风向的时时刻刻的情报。所需要的知識也要向上空扩展，其范围远非旧式株守地面的气象站所能及。气象学的最初成果之一是在 1900 年发見受扰动的下层空气，有上限，即对流层，并有流

动平静的高空同温层，其次的关鍵性发見是1918年柏业克涅（Bjerknes）所創气旋的极鋒理論。[6.12] 气旋本身算不得什么发見，而是一种差不多不会不被人注意的現象；中国的天龙，虽属可怕，但到底有益并能致甘霖，而也就是人格化了的龙捲风。关于此风，1687年但披尔（Dampier）作了第一次的准确描写；1841年厄斯披（Espy）首先用地球自轉所擤起的一股上升空气团来解說它。

柏业克涅所增添的关鍵性观念，是認为分别的热空气团和冷空气团只在接触斜面上，亦即冷鋒和热鋒上，才相互作用，而产生云和雨。柏业克涅的理論是第一次世界大战中的一个間接的，也許还是消极性的后果。由于他在挪威和外界气象情报隔絕了，就被迫而想出預測气候的独立方法。柏业克涅在气象上加入一个第三度，就預料到了由航空迫切需要而来的上空物理学的巨大新重要性。在第二次世界大战中，这种需要借助于无綫电。特别是无綫电探空仪，部分地得到解决，后者是从可以准确定位的气球上广播出气象情报来，而由于直接使用雷达，就对研究风暴情形特别有价值。即使是稳定降落的雨，也有可用雷达探測的平坦云幂，在那里雨是由融雪构成的。尽管有新的丰富情报，甚至尽管有了电子計算机——正在招引人們采用来使这大宗情报听人控制——气象学还有待于把定量的定律結合到物理学的其余部分，才能成为一門充实的科学。*

10.6 二十世紀的工艺学：工程学

我們已經概述了二十世紀上半期各門物理科学的进步和相互关系，但还要探索这些发展对于这时期內一般技术和工业所生的影响。这里的困难不象在前几世紀里那样在于追踪科学和工业之間的联系，而在于能分别处理它們，那怕是为了叙述的目的，用这个情形的例子，从有必要把无綫电工业作为物理学进展的一个組成部分来叙述，已經見到。显然地，科学对工业的影响，比起以前来，更迅速更广泛，并且，在第二次世界大战中和战后两个时期，科学确实正在很快地变成工业的一个組成的和不可分离的部分。从本世紀初起，在有些工业中，例如在化学工业和电工业中，可以公道地說，目前科学所貢献于工业的多于从工业所学习的。到本世紀中叶，即使象农业和建筑等最富传統性的工业，也正在达到这种阶段。

在二十世紀里，工业的发展虽則継續追随着十九世紀的发展，却前进得如此地快并如此地远，以致要把全部生产过程轉变成为一种簡直是新的事情。在本世紀前半期，基本改变是从用机器协助手艺的生产轉到大量生產，而这方法可能在世紀后半期再轉而让位給自动控制的生产，在这里，新的机制大部分是电子学的，将代替今日在半

自动化机器上操作的非熟練工人。单件物品的生产方法既起了这类变化，随着来的是几种不同工业之間也发生了大得多的相互結合，并且象农业和建筑业等传統的和手工业也变成机械化的工业。以下各节，将包括机械工业和化学工业上主要发展的大綱以及科学在这些方面所担任的职司的概况。因为电工业和物理学有不可分解的联系，所以在討論物理学各項发展时，电工业的大部分已談到了。

大量生產

大量生产在本质上毋宁是組織性的而不是技术性的新創。这种生产方法的主要因素就是可以互换的部件和流水装配綫，从十八世紀后期起就已經存在了(344頁)。最显特征的是在美国独立战爭时，伊利·輝特尼(Ely Whitney)的炮厂里最初証明在制造复杂武器时，不必先形成不同部分使之互相湊合，而可以从一类一类制造得各自足够相同而便于和他类装配的部件中，随便拣齐一套，拼攏在一处就行。[6.43;6.56] 把一系列操作一步接一步迅速地完成的方法在 1870 年已由辛辛拿提屠宰場在实践上做到了，所采用的則是高架流水作业法。[6.43] 不过这两种办法要迟到二十世紀头十年里才联合起来，因为只有到那时，而且也只有在美国，才能找到够大的市場来銷售大批的复杂机器，如果这些机器能造得便宜的話。同时，这种关鍵性发展就会要缺乏熟練的劳动力，而富于非熟練的劳动力，并且要求象在不列顛那样历史悠久而資本雄厚的工业上的既定权益方面干涉到最少限度。如此配合着的条件，只能在本世紀初的美国碰到，当时美国的耕地已全被占用，但缺少机器和运輸工具，并且从欧洲正湧进以百万計的新移民。

內燃机和汽車

比任何别种机器还更能轉变二十世紀工业和生活状况的，是內燃机。但是这种机器的发展并不直接从蒸汽动力厂的发展而来。在大体上，这是因为十九世紀中叶，創立动力和运輸工程事业的人們成功太盛了，至少是在这些人的祖国，即英格兰。工厂所用的固定式蒸汽机、鉄路所用的机車、輪船所用的船舶发动机都有垄断企业，这样，在英格兰，用电的和內燃的其他两种动力形式的发展，就停頓了。[5.3] 假使不是因为鉄路当局对任何别种道路运輸方法故意加以限制的話，我們早在約三十年前就該有內燃机了，臭名昭著的"紅旗"法案迟到 1896 年才废除，而內燃机只得在法德等国发展，而这些国家完全缺乏象在英格兰所能得到的那种工程經驗。

內燃机是应用科学的成果，即应用热力学的成果，不过不象原来的蒸汽机那样直

接罢了。让預先压縮了的空气和可燃蒸汽的混合物爆炸，以达成热力学上的效率，这种基本观念要归之于早在1862年的法国工程师德·罗卡斯(de Rochas)(1815—1891年)，但是从这个观念到一架能够动作的机器，还要跨上一大步，并且許多非蒸汽机所需要的基本細节，如点火法、控閥法等，都尙待解决。实践創始人勒諾亚(1822—1900年)和鄂图(1832—1891)設計了直到現在几乎仍是最通行的四冲程週，还有狄塞耳(1858—1913年)增添了压縮点火法，他們都能制成有效的发动机，但在十九世紀，这种发动机只限用在相当少数的固定型气体发动机和油发动机。用作道路上的机車或自动車，則是在上世紀最后几十年里才慢慢发展起来，并且即使在那时，大多数仍是定制品，供炫耀豪奢式进行竞賽之用。亨利·福特(Henry Ford)(1863-1947年)是后院业余制車匠出身，但很快就成为最有成就的新車制造家，因为他看准了眞正需要的是价廉而数目巨大的車輛。[6.40]在这种情况之下，就需要某种大量生产的办法，同时，这事业的前途发展也得到巨大的推动力。从那时起，工程学上的一切經典方法必須重行設計，使能产生大量的相同部件，而用不着熟練技工的个人照管。

發动机工業

一旦有便宜車子可以供应，則以前未經实現的个人、家庭和道路貨运的巨大潛在需要，就促起一种整个的新工业。这应該可以用作例証来說明資本主义企业家对于何处有利可图，缺乏知識。除非有够多的原型样品可供試用，就无法估定一种新产品的眞正需要情况。但要提供这些样品，就必先投資建厂，而資本主义下的困难一向总在于为这样的初期筹集資金。結果則是从刚发明起到初次实际使用，中間长期延擱，大部分就由于这样一些純属財政性質的考虑。*

发动机制造的有利可图一經証明后，資本就踊跃投入。一种新工业长成起来了，注定在几年之內赶过那些較旧的工程行业，并且大部分併吞它們。自动車工业，自从在大众化方面获得成功的时候起，就是高度集中的，因为只有最最大的公司才能应付市面需要。自动車工业和化学工业、电工业的新联合企业并列着，在資本主义的眞正中心取得了它的地位。看起来有趣味但不很使人惊异的是自动車的最初大規模发展，实际是在內燃机的发展終了时来到的，因为除了操作上有一些基本属于技术性的小改变而外，自动車仍然无异于1880年的自动車。无論車子的外表怎样改变，彻底全新的，都不在車子本身，而在制車所用的大量生产方法。关于这些方法，我們以后还要再談。內燃机更进一步的技术发展成为內燃涡輪机，却要来自另一方面，即航空方面。

航空事業

人类多年来的梦想之一就是要能象鳥那样飞翔，有如一些流行很广的有关飞人或飞翔机器的传說所表明的，而且各地很早就有人企图仿效鳥类，也可为証。飞行引起兴趣的特别是科学家們，如各具不同性格的雷奥納多·达·芬奇(223 頁)、苏格兰王詹姆斯第四的炼丹家約翰·达綏(John Damian)(約 1500 年)、[6,59] 数学家愷利(Cayley)(1821—95 年)和实驗物理学家兰格利(Langley)(1834—1906 年)等。我們現在知道，由于缺少輕巧的动力单元，至少在持久的飞行方面，他們之中沒有一个会得成功，不过他們会能制成滑翔机，并使它們飞翔，就象今日任何人都会做的那样。实在說来，虽則科学家指出了途径，虽則兰格利制成了一架飞行了約半哩的用蒸汽动力大模型，然而努力的最后成功不会由科学家們来作出。飞行的問題如此复杂，不能由前一世紀的科学来解决；实在說，許多重要問題，仍超出今日科学的能力之外。

飞行在眞正实践上的发展，毋宁应是技术上的成就而不是科学上的成就，好象刳木艇发展为巨舰那样，然而这里有这样一个显著的区别：后者需时約二三千年，并且在不知不覚中緩步前进，而前者則在实效上不到二十年就告成了，眞是所謂平步登天。这个区别是由于更有意識的，也更为活跃的技术背景、社会背景和二十世紀的进展速度。最初的試飞完全是，而且也不得不是业余性質的。只有癖好醉心的人才肯冒着早期飞行試驗所招来的准定折本和丧命折肢的严重危险。創始人中最伟大最富科学性的利連薩(Lilienthal)，就在 1896 年遇难于他的滑翔机上。但业余家人数够多，他們所获得的經驗由此传彼，直至最后达到成功。

为了持久的飞行，所有一切都依靠一种足够輕巧的动力来源，而这来源只有在二十世紀才能从利用內燃机的发展得到。来特(Wright)弟兄，职业是自行車机匠而志向是航空，他們把自制发动机装在一架飞机上，并加以修正，直到1903年这机第一次飞起来了。凡事起头难，一旦奥微勒(Orville)·来特使他的飞机升离了地面，并在空中飞行了若干呎之远，航空事业的前途就站稳了，不論遭遇过多少事故，不論受到过什么样的金錢損失，到这时，大家都晓得人能飞了。各方面的进展，虽則在十年內仍属业余性的，却是迅速的，就是因为这时的新兴发动机工业有了广闊的兴趣范围和技术本領，只要得到嶄新的机会，是无孔不入的。航空事业的立可致富在当时尙不明显，但这事业的宣传价值是巨大的，并可由新兴的廉价新聞事业来开发。不幸地是对于这些新出現的飞行机器的压倒一切的需要量，来得就嫌太快了，在初次飞行成功后十一年內，已有第一架飞机参加战爭。从那时以后，战爭的需要，就提供长期的鼓励，要发展

飞行事业,而这种鼓励,到今天仍然絕对地控制着航空事业。

气体动力学

基本上因为飞机发源于經驗,所以它在起初的三、二十年中貢献于科学的,要多过吸取于科学的。它还引起了对气体动力学最早的認眞研究,这在工程甚至气象学和天体物理学两門科学上,就要引起广泛的反响。例如馬格那斯(Magnus)(1802—70年)所做的早期努力,則涉及炮弹的飞行。为了发展早期飞机而进行的有关流綫运动和湍流的研究,当时就在船舶設計上,以及从鼓风炉到家庭空气調节等有关空气流动的所有問題上,得到应用。

試拿二十世紀里飞机的发展来和十九世紀里蒸汽机車的发展比較一下,就显出帝国主义时代的經济和政治条件的巨大影响。即使在現在,从經济上来看,机車是比飞机好得多的生意。須知机車的发展正当极为太平的时期,而且純粹为了商业和謀利的原因(316頁)。它需要大資本,但靠得住历久有利。飞机則不然,几乎从一开始就在国家的羽翼之下,眼光总是注視着它的战爭潛力。飞机制造尙不能自給,而航空运輸只是在政府的直接的或隐蔽的資助之下进行。* 飞机所提供的种种便利和次要裨益,如把医疗服务送达偏远地方或应付蝗災等,比起它扩展毁灭的效力来,那就絕对地微不足道了。就是在原子弹出世之前,飞机已无处不到,人們旣知轰炸机"总会通得过",就散布着一种恐惧心理到全世界,并摧毁着人类对任何可能的最后安全所怀的希望。

噴气机和火箭

螺旋桨推进式飞机的演进,从来特的双翼飞机直到超級空中堡垒,是一种直綫发展,但是,軍用方面要求越来越高的速率,就終于突破了設計家的典型保守主义,因而产生了燃气輪机,然后就能制成噴气飞机。表明特点的是在英格兰和德意志看到这項发展一定会来,已有許多年了,但是对于提倡人几乎沒有給予鼓励,而且,即使在第二次世界大战中,这种飞机問世太迟,显不出軍事的价值。

对于火力抛射体中最古的火箭旧緒重拾,是起于軍事的需要。飞机和火箭的区别到了現在日漸稀微,只要到了原子能被控制为推进能源之时,就会消失。只有在大气上层里,噴气飞机和火箭的飞行才是經济的,而火箭只是在洲际旅程上才能用作运輸工具。对于火箭的飞行,大气已不再是助力,反而成了障碍,空間旅行的前景,在十年前看来还是遙遙无期,但在今天,肯定地已在技术能力范围之內了,不过,在目前世界形势之下,这个前景正在被发展来作为进行毁灭全世界的新用途。

“在写这几行的一年間，第一个人造地球卫星于1957年10月先在苏联发射，隔了一段时期，美国亦有发射。在三年間，第一个装有仪器的空間运行器又从苏联发射出去，它在掠过月亮之后，便成为第一个人造行星。地球的引力阻碍确定地被冲破了。这一事件的直接效果，是当着全世界的眼中，确立了苏联在火箭飞行領域內技术上的优越性，这就带来了对苏联在和平和战爭工业方面所具有的力量表出了新的尊敬。在科学上，它打开了一直掩盖着太阳和星辰的最有趣現象的大气之窗，而且把我們引进了研究环繞地球的磁場、电場和粒子的新时代。当本书到达讀者的时候，可能已有第一批人航行过太空，甚至实現了在月球上的降落。令人加倍悲痛的是：在社会体系分裂的这个世界里，这些科学和技术上的伟大成就，竟成为人們恐惧的根源，而不能普天同庆。

工藝学的趨向：速率

飞机設計的趋向是一切現代技术中显然可見的一般傾向的一个例子，就是要走向越来越高的速率。速率它带来了有利点也带来了抵消性的不利点。高速发动机的有利点在于能够把較多的动力收歛在較小的空間里，而由于操作更迅速就能在給定时間內，完成更多工作，或运輸更多的貨物。乍看起来，这种发动机好象能节省資金——十八世紀的巨型樑式发动机，可怜只有四匹到十匹馬力；而在今天就可以把一具一千匹馬力的发动机放进这个发动机几个汽缸中的一个里面去。但这样的对比稍为有点矇人；因为得之于节省体积的又失之于开行和維护的高成本。我們不再期待象有些陈旧的樑式发动机那样眞正給出百年不断的服务。因为較高的速率在材料和制造两方面都必須更加完善得多，因此原始成本也随同速率而提高。凡是速率和节省体积超过其它一切，而成本不算一回事的場合，这些不利点就都不存在了——在战爭中就是如此。即使在和平时期的用途上，凡是高速联系着較高工作温度，并由此达到較高热效率的場合，則增加速率仍可能合乎經济。在关于电的相类情形中，較高电压就提出絕緣問題，但这却按比例减少了电流損失，因而使得动力的远距离传輸有了可能。

科学成本和資金節省

追求速率确已刺激了科学和工艺学，因为速率愈高，就愈加要了解有关的各項过程和各种材料，并提高規格标准和技艺标准。速率只是把工程事业推向这个方向的一个因素，到处的經济条件逼着人要做到减低生产成本。不但东西必須要做得更好些，还要更快些，用人要更少些。由于不放松的团体压力而获致的高工資就促进节省人

工,这一切都重視运用智慧和科学,对这两方面都大有可为。

制造过程,作为制造过程而論,在过去所含有的科学因素微不足道。这些过程只是从金属时代初期(316頁)的师傅学徒式作坊里,經过逐漸的,几乎覚察不出的变化而成长起来。非要到二十世紀才有人認眞企图凭理性并用科学方法来研究它們。这样的企图,除了含有其他意义外,意味着工程和科学之間的一种新关系,在一个方式上,这竟是回到工业革命开始以前存在着的情况。在十九世紀里随同机器的迅速滋长,就在比較少数的探究新事物的人——科学家和許多发展和使用这些科学发見的人——工程师两者之間,滋生出日益增加的分隔。我們現在开始体会到,好工程师不可能不也就是科学的工程师,也就是說,他們不可能不会运用科学的种种技术来分析并求出他們正在做的和应該做的事情,而只去应用可靠的經驗、常識和摘自教科书上的公式(14頁起)。

但是,在工程师能成为科学家之前,科学家必須学会做工程师。一向的弱点是:科学家在滿心想达成在数学上和实驗上易于处理的解决方案时,有意地不理睬工程师所免不了要应付的种种变数中的大多数:如时間和空間,以及可利用的材料的品質上的一些实际限制,也許甚至更有关系的是关于成本的經济問題,以及关于管理权和所有权的政治問題,因为这些离开純粹科学的眼界更远些。然而在每一个眞实問題中这些因素也都在考虑之列。这是事实,但这事实并不使这問題变得更不科学,它却強調科学还沒有承当起它的全面任务。在生产过程本身上,和在变更这过程时所用的方式上,引进成本因数作为变数,并且是为了最大效率而在定量基础上来这样做,是完全办得到的。当世界大战期内,在資本主义国家里,这类的計算在事实上执行得很有成效,这里的問題可以看做是要决定如何用最少人力和最少物資,来完成最大量的有效生产。有关工业組織的問題,基本上是政治性的和社会性的,虽仍在科学范围之内,不过領域比自然科学更为广泛。它們将在本书中社会科学部分里的适当地方来加以討論(633頁起)。

大量生產的社会影响

大量生产的工业的长成所发生經济的和社会的影响,在运輸和輕工业上感受最多。——机动車輛,特别是客車和平台貨車,一旦能大量供应,則开始于鉄路时代的一个过程就告完成,而貨物和旅客都能到乡間也能到城市去。这对市場就起了当前的直接的經济影响,但对社会的影响甚至更大,在于把城市推广到乡間,并把大多数工业区变为广大的近郊区。同时,用了大量生产的农业机器,特别是拖拉机和联合机,

就大大減少了耕地上所需的許多女工和童工。这就有助于打破地方特殊主义，并且必然产生拉平的效果，总是日益加強，不只在地方上，还在国际間，甚至在洲际間。这作用不一定导向較广大的国际諒解，但却傾向于轉变民族爭端为阶級爭端。引用了公共汽車和自行車，就便利了亚洲和非洲的覚醒。

大量生产方法一旦在汽車工业里确立起来，就傾向于扩展到其他工业去，显著地是到新的电工业去。这种生产方法也加速了把以前在家庭中进行的小型紡織工业和食品工业轉变为大規模工业，对市場提供标准化的，和有包装的消費商品。仅仅把这种过程集中在制造厂里的作法本身就引起品質控制和移用小規模技术于大規模生产的一些科学問題。这样就使得有关材料性質的科学研究的新部門，如范性学和流变学，即研究瀝青或混凝土这类物質的流动的科学，以及有关过程的管制等，都活跃起来。这些新科学轉而对于那些完全出于它們起源范围以外的技术，使之合理化。到了世紀中叶，一切传統工业都至少得到了一点科学色彩，即使是它們的最后根据地，即家庭廚房，也不例外。

房屋：混凝土和分部預制

由于越来越明智地运用鋼料和混凝土永久性建筑物在二十世紀里的进步，只是比大量生产方法不那么出奇惊人而已。鋼的使用就本身說，革命性較差；鋼架摩天大楼不过是規模較大的中古时代房屋，而且无論如何无非是瘋狂地浪費鋼料。有意义得多的是創用鋼骨水泥，早在 1868 年就由蒙尼尔(Monier)第一个使用，而迟到二十年代才取得自己的地位。在这里仅求把混凝土的渾厚性和抗压強度以及鋼料的抗张強度合理地配合起来。1928 年，德·夫累西內(de Freysinnet)取了进一步的合理步驟，而使鋼預受张力，这样就在預应混凝土中产生了質輕而富弹性，几乎不亚于鋼的材料。用了鋼骨混凝土，就大大地增加了人类种种結构在自然界里的相对規模，如房屋、道路和堤坝等所証明。配合着机械开山和浚河用的整套重型設备，鋼骨混凝土已有效地使人类有力量越来越大規模地改变不利于人的地理特征，改移河道，凿穿山岭(536 頁)。在同时，年代深远的建筑传統正起着延擱已久的变革，不再逐块逐块地砌砖，也不再就地用人手来完工，却預先制成越来越多的单位部件，而造屋本身，基本上就成为使用机械来协助的拼装过程了，这項发展进行頗慢，并且仍面对极大阻力，但因人类需要便利而廉价的住处，在这压力之下，它終于在来临了。然而这問題不只是一个技术問題。房屋是人类生活的整个型式的一部分；要使传統和效率相协調，就有賴于建筑师和工程师的最高本領了。

10.7 化学工业

在經受本世紀科学轉变的程度上，化学工业仅次于电工业。其結果是化学工业成了現代文明的中心工业，而由于它对材料的控制，就趋向于扩张到，并終于併合了若干較旧的工业，如采鑛、鎔炼、炼油、紡織、橡胶、建筑甚至由于肥料和食品加工的关系，連农业本身也在內。*

参加到化学工业里去的不仅是化学，还有物理学加入程度越来越深，这就导致了根本上脫离十九世紀初期設在后院的骯脏化学工业，以前靠仅仅改变传統化学操作，并扩大它們的規模，这种办法，到此就让位給有意識設計的化工厂，按照計算好了的方式把实驗室的結果应用到規模完整的操作上去，这类操作所需要的控制，完全不同于旧派化学家的办法，它依靠使用仪器，而不凭經驗和歌訣方法，由此就創造了化学工程师这行新职业，而物理化学家，終于是物理学家，都也正在化学工业里直接参加一份。

連續流程法，催化作用和合成途徑

二十世紀化学实践区别于十九世紀的两大特点是应用連續流程法和催化剂，不用分批，而改用連續流程方法。就是化学上相当的流水装配法，而且早在其前。这就牵涉到对每一阶段的控制要更全面得多，其結果就使得仪器措施和自动控制等物理方法的运用更加重要了，只是現在才开始显示自己的全副能力的另一大发展，就是大規模使用催化法，在化学上，催化过程是旧有的，但催化法的現代用途特别是有关油类化学和气体化学的，在規模上如此基本地不同，以致构成了化学上的新时代。化学品的提純和变更，正在让位給从根本上来的合成法。

在过去，化学产品是从天然产品經过分离和轉变而制成的。举一个极端的例，象煤那样高度复杂的天然产品，經过蒸餾逐步分裂然后区别为許多副产品，而副产品又可經轉变而成为更有价值的化学品。与此成对比的現代实践，則是从相同的或类似的材料开始，絕不企图把現有的化合物分开，而把每种东西破裂为最簡单的化合物或甚至为元素——化学上新的通用材料是双原子分子，如氫、一氧化碳、氧和氮。从这些物質，用了催化剂，就制出所有的新旧化学产品，特别是以前取自自然界的产品，不过現在所要求的在量上和在純度上都比自然界所提供的高得多，例如高性能燃料、人造橡胶、以及許多形形色色的塑料和纖維。

聚合物和塑料

所有这些物質，除低分子量的燃料而外，就是所謂聚合物，是許多分子，通常受催化剂誘致，由鏈式反应而自动串成分子串。在聚合作用的鏈式反应中，对比着燃烧或原子裂变的猛烈消耗性鏈式反应，分子上每增加了一新段，就有可能再加上一段。如果分子只按一維的方向增加，結果就是一种纖維，如果加在多支的鏈上，就成一种树脂或所謂塑料。謝米奥諾夫(Semyonoff)和眉耳維耳（Melville）等化学家所揭露的鏈式反应和聚合作用的机制，就标誌出本世紀中最有意义的化学进展之一。*由于应用了它們，就产生了一整套新化学工业——即人造纖維和塑料工业。这其中的許多，如尼龙(nylon）和頗斯佩克斯（perspex），現在成为家庭用詞，但在三十年前是想都未曾想到的，在构成和制作各种聚合物时，新的唯理化学，以粘度計和X射綫照相机等物理仪器为助，正在透入工业部門里纖維的強度和弹性、耐久性和宜染性，現在都可以做到合于規格，这是因为人們正开始了解这类性能和分子結构之間的相关机制。战爭的种种需要，对加速新化学工业的发展，曾起过决定性影响。美国的宏大的合成橡胶工业是在两年中建成，来供应現代战爭的庞大需求。这在和平时代看来会是不能想象的，但主要困难总是在經济方面而不在技术方面。

按需要定做的分子

聚合物和塑料时代只是正在开始，而它們本身也只是那些可按照規格来制造的物料中最早的例子而已。工业化学上所已发生的事情是由于应用了科学，特别是物理学，正变得有可能在性能和廉价两方面赶上并超过天然产品。如我們所已見到的，大部分由于先有紡織工业才出現化学工业，但照目前看来，化学工业好象要代替紡織工业了，至少在生产纖維方面。无論如何，这絕不暗示工厂将代替农庄，但的确意味着将来的矿山、农場、工厂和实驗室必然要一幅繁杂的化学生产流程表联系起来，其中所用分子采取最省費就可生产的那些种类，并参入最能滿足人类需要的物料和物品之中。

科学性的化学工業

在这方面已达到的程度，就是一种表征，表明化学工业已經成为一种眞正科学性的工业了，而在重要性方面，也只有电工业才可相比拟。这两种工业之間的区别是：电工业在一开始就是科学的完全起于十八、十九两世紀里有关电的发見，而化学工业曾有必要从最古老的传統办法改换到一种根据合理研究途径，来解决意义明确的問題

的办法。因此，这两种工业，为了将来的研究、发展和生产所需要的具有各种造詣水平的科学家，多于所有其他传統工业，連重工业和工程工业都不例外。事实上，工业界里所有科学工作者，大致有四分之三都在电工业和化学工业里。

精細化学品工業

从量来說，化学方面的生产以重化学品和塑料为特多，而且越来越靠各种自动控制的合成过程来完成。談到質，无論如何，为将来計，甚至更重要的是精細化学品工业，而这种工业就越来越傾向于成为新生物学的一部分。在十九世紀后期，为应付有商业价值的染料而演进的各項化学技术，到了今日，很大部分已轉向于研究生物学上重要的物質，首先在学术研究上，然后很快就大規模地使用于医药或农业方面。生物化学在科学上的地位，将在第十一章里討論，从化学观点来看，只要这样說就够了：这个科学显出一切征状，表明它还处在最初而发展最速的阶段里。

社会需要和科学計划

然而生物化学和化学疗法的进展，却已表明科学在这方面对人类事务将比以往更为直接有效，整个世界在今天可以由于某种化学发見而改观。如治疟疾的特效药氯胍（paludrin）或治拿加拿病（nagana）❶的杀錐虫剂（atricide），要比世界上所有的鈾所增加的能量生效还要快些。这个事实使得科学的不同部門的相关发展成为公众迫切关怀的事情，这就不能再听任各别科学家的个人意向和单干，他們往往不明所研究的主題的較广的含意，随自己高兴去发展这一部門或那一部門，而发展这一門或那一門的区别竟可以成为几万万人生死存亡的問題。这并不意味着怎样多去指揮科学家們，而毋宁是要有一种較好的科学教育体系，适应于一个以有意識地获得人类最大福利为目的的社会。

10.8 天 然 資 源

原动力、土壤和礦物

从我們的这顆行星上的天然資源如岩石和土壤、水、空气和日光等的运用上，最能看清楚我們需要上述这类概括的眼界，这是任何其他場合所不及的。这些資源就是地球科学的領域，而这些門科学，本身虽是由于人类挹取天然財富从經驗产生的（373頁起）[6.49] 直到很近的时期，依然大部分保持为叙述性的和解释性的。一向发生的事情只是盲目地和浪費地开拓矿藏財富，同时加上更危险地妨害了土壤和植物，直到本世

❶ 一种非洲牛馬錐虫病。——校者

紀，这类浪費和破坏还是有限制的，还是局部的。在今天，机器的規模和能力日益增大，而燃料和金属的利用甚至增加得更快，都威胁着要毁灭这整个行星上逐漸累积起来的天然儲备到无可挽回的地步。

到現在为止，在資本主义之下，只是对資源的无知才保护了資源。地球成了私产，由垄断性联合企业划分为权益范围，它們的权益在这里可以悍然不惜浪費，对天然資源尽情开发。以低廉工資迅速获利，然后又完全拒絕发展下去，恐怕供应多了，价格和利潤会降低，因此这地球就不能科学地了解，并合理地利用。事实上，在所謂自由世界的所有各处，有关天然資源的知識，只限于一些公司在另星地点上所进行的探勘工作，以及由小心翼翼地避免干犯私人利益的政府持着紳士风度十分吝嗇地举行的官方調查。在大战以前，他們所发見的仅仅是很容易达到的矿产中的很小一部分。大战以后，在略得支持的調查中。已侥倖发見一些丰富矿藏，这就足为明証。

从苏联和中国的經驗也可以学到同样的教訓，在这两国里，由迅速扩充的科学探勘队伍所配备的集中踏勘工作所揭露的天然資源远远超过了最乐观的早期預測。[6.130;6.156*] 在这两国里，对天然資源的研究，也密切联系着它們的利用目前正在变得显然的事，就是自然界的种种原料不仅是在那里的东西，随人自由取舍，而是在喚起人类整个加以控制。矿藏、水源、土壤从生物学看的种种可能性，土著居民的才能，都非固定而不可变易的，而是非但要經过改造以求得每一項的最好用途，并且要求得所有諸項之間的最好配合。在这一方面，不只是要了解自然和运用自然，而且还要改造自然。如在苏联和中国的經驗所开始表明的，科学所貢献的机械方面的、化学方面的和生物学方面的种种新的可能性，則河流可以变为一串湖泊，如或需要，也可以反其道而行之；平原可栽培森林，沙漠可以开垦（536 頁）。人类現在可以按照自然界的大規模而工作，因而几倍地增加以前可以利用的資源。[6.104] 改造自然必然是物理問題，也同样是生物学問題，因此，更充分的討論最好延迟到下一章。在这里只要指出一点就够了；由于操作的規模加大了，若仍限制人类的知識和活动在各别的地区，就不再足够应付了。行动須要具有世界規模，即使对地球上任何一部分要得到完备的知識，也必須应用遍及全球的观察。为了充分运用科学，使天然資源供全人类取用，則国际合作成为向所未有地那么必要。†

10.9 战 爭 和 科 学

不幸得很，在本世紀，正当科学上的国际合作已成为最需要并最有用之时，却偏偏最受阻碍。历次的战爭和革命，以及未来战爭和革命的威胁，使科学的进展停滞不

前，使科学的种种用途无正当途径可循，那是最有效的了。

凡是企图要討論二十世紀科学的成长和它对工业的关系，就必須毫不含糊地包括战爭的影响在內。虽然如前所表明的（126 頁，194 頁），战爭对早先各世紀的科学曾有重要影响，而战爭本身更曾为科学所更改，但战爭的影响在今天却已具有完全不同的程度。在我們的时期中，許多情况联合起来造成这样的局面，早先把科学用在生产过程上，曾大力地助长了經济上和政治上的不平衡，并从而引起了本世紀里的帝国主义、种种危机和历次战爭。十年时間已經耗費于实际作战，在此时間工业国家的全副精力都轉向于改良、发展和制造新武器，并且至少又花了二十年来备战。在这期間进行的同是这些活动，只不过步子稍慢些罢了。这样做的物質結果人人都看得見，至少在旧世界里几十几十座需要許多世紀才建成的名城化为灰烬，还有人命損失，看来虽不如是显明，但摧殘尤烈，貽害更久；而也許为害最甚的，是在于养成了人們把这一切都認为不可避免的心理状态。

毁灭性武器

造成这类毁灭的手段大都是科学性的。即使是在原子弹以前，一些政府已雇用了以千計的科学家，花費了数千万鎊来改良飞机、炸弹和雷达导航，更不必談改进了旧武器的杀伤能力了。現在我們充分明白，这样运用物理科学已經造成够多的祸害，妨碍文明数十年之久，而且如果照現在这样的步子加速推进，就能扫尽地球上大片地方的所有生命，氢弹的威胁已使全世界相信这个結論。

軍事配备的潛在用途

可是軍事科学的經驗同样強調地指出一种迥然不同而更有希望得多的結果正是战爭需要上的迫切性表明了物理科学如何可以更快得多地推进并应用，而这在承平时期是难于說服任何人使之相信的。談到科学的利用，即使在战爭本身中，专为战斗目的的在程度上是次要的，其中最多数所滿足的需要和民間生活中所需要的相同，不过要做到不容拖延，也不計成本。战时的主要技术发展是在通訊运輸和生产三个領域里。步行对話机、清道机、两棲車艇（DUKW）和吉普車，其表征第二次世界大战的特征，无殊于自动炮、超級空中堡垒和原子弹本身。重建世界和推广文明到一向荒蕪的地区，采用了这些簡单而有用的工具，就能完成得比以往認为可能的要快得多。杀虫剂滴滴涕和青霉素，虽然本身并非起源于战事研究，但假使未曾发生战事，就不可能发展和使用到今天这样的程度。

即使在武器本身的发展上，运用科学所采的方法，在太平时期和战爭时期，可能基本相同，不过在資本主义国家里，只有在一种刺激之下，既怕亏本，又希望能获得只有战爭所能导致的利潤，才竭尽全力来推进这方法。而且，也只有在战时，才能达到高度的計划性和作通盘影响的考虑。所有这些事相都显見于第二次世界大战时各項主要科学发展中，特别在雷达的发展中。

运筹研究

战爭的經驗，不只是要在武器生产方面加大物理科学的作用范围。在战时，科学家的工作，是在战爭中才第一次使他从武器的考虑进而考虑武器在战場上的用途。作为这些研究的結果，几乎就不可避免的要进到采用科学方法中的观察和实驗来处理陆、海、空的实际軍事操作，运筹研究曾被定义为："运用科学方法，特别是度量方法，来作出能据以发号施令的决定"。[6.53a] 这种办法曾由英国軍队，后来更由美国軍队广泛地使用，并且往往起了决定性作用，例如在反潛艇战役中，[6.26] 德国人沒有采用此法，而这一缺陷就导致了他們的失敗，因为德国对敌人的武器既找不到反击的措施，而在某些武器上却又花費了不相称的精力，其实这类武器，假使經过运筹研究，就会表明其为无用的。

只就我們所知道而論，苏联軍队不曾使用任何分立的运筹研究兵团。这对他們本来不必要，因为，由于紅軍的基本不同的阶級組成、訓練和传統科学从一开始就是他們的运筹訓練和作战的不言而喻的部分。紅軍生产新式和旧式优良武器，如坦克、大炮、火箭，并在战場上运用它們，所得成就都表明科学可用于战事上到什么程度，既有伸縮性，又具想象力。使用傘兵，現在認为是进攻部队的最可貴的助力，通常总忘掉了这是苏联所首創的，而最初試用时，曾被外国的軍事专家尽情嘲笑。

只是在初創时，运筹研究才专門局限于物理科学。因为它是从类如雷达和投弹瞄准器等新巧器物开始的，进行运筹研究的人員有由物理学家担任的傾向。然而在本質上，这方法是人的組織的方法，将在第十四章作为这样的方法加以討論。在本段文章里，其所以重要因为它是头一条途径把物理科学、工程和眞型实践联起来，而成为有意識的共同訓練，其中的含义要比战爭所具有的广大得多，特别是对工业生产而言。

原子彈的教訓

在向来所不能置信的短短三年之內，一种科学发見专为战事而生产，其最高事例就是生产了原子弹。作为科学的和工业的企业而言，这桩发展表明人类全史中最集中

的，而且在絕对数字上，最巨大的科学性的技术努力。事实上，花在原子計划上的款項，約五万万鎊，比起有史以来，在全部科学研究和发展上所曾花費的，还要多得多。

另一方面，利用科学时，在任何合理制度之下，原子裂变当属最集中力量的发展中心，导致把它用于产生动力，以及反应堆的各种产物所能施用的其他用途(431頁起)。

如我們大家所知，实际上原子裂变却是发展了来供另一用途，即是生产一种炸弹，濫杀广島的六万人，和长崎的三万九千人。这个举动并无軍事上的理由。即使在官方出的太平洋战爭报告里，我們談到这样一段：

> ……以所有事实的詳細調查为根据，以有关的幸免于难的日本領导人的陈述为佐証，調查团的意見是：即使原子弹沒有投下，……肯定地，在1945年十二月卅一日以前，日本也会投降的。[6.13;6.20]

正是由于原子弹的存在，由于美国威胁用它来对抗它的前同盟国，由于間諜和保守无所謂秘密的秘密的可悲鬧剧，就使得各国互相仇恨，更散播恐怖和絕望情緒到全世界，这比任何其他科学产品所起的影响更厉害。在美国，由于知道苏联也发展了一种原子弹，就加強了猜疑，而罗森保(Rosenbergs)夫妇便成为牺牲者，与这对抗的一着棋并非协議禁用所有的原子武器，反而是赶快去发展更可怕得多的氫弹(464頁起)。奥本海末(Oppenheimer)失势的眞因就是由于他反对这种政策。[8,17] 从开头起，原子弹的各項发展就对科学、經济和政治有重要影响。特别是在美国，原子能委員会的势力已使得研究轉上一条完全不平衡的道路，而向着原子核的研究走去。[1.49]

此后的全部历史，就是对废止原子弹以及控制原子能的糾纏不清而且至今尙无結論的討論，它揭露出物理科学，在国际政治上所居的前所未有的关鍵性地位。[6.13;6.20] 关于这一方面，我們以后还要再談，目前只須強調那种围繞着原子弹生产而长成的新式大規模工业企业，它意味着享有垄断权的电工联合企业和化工联合企业，同軍界和政府之間更密切的合伙关系，为向来所未有，这样一来，这些企业本身毫不承担任何危险，就能从国庫領取越来越大的款項。英国国会的原子能法案包含了一些建議，要把同样的体系扩展到不列顛，此外目下为了在資本主义范围內資助原子能所推动的欧洲原子能联营組織和其他策略的种种行动，都表現出一种共同趋势要使科学所揭示出来的各种新力量来为营利和战爭服务。

原子弹的历史也带有一种教訓，就是即使在資本主义范围里，在战爭威胁之下，也能在一种有計划的基础上，实施象这样一种协調各門科学和各項技术的巨大企业。这就提供了一桩不可否認的証据說明科学能做什么，假使是从策略上用来滿足人类

需求，而不是为了破坏目的的話。

導　彈

原子弹是科学为战爭服务的最具毁灭性的用途，而且利用了科学上最嶄新的发展，但它还不是具有关鍵重要性的唯一发展。意义重要比得上它的还有輻射物理学和信息理論的应用，例如远程通訊、雷达、伺服控制炮术、近标信管、导弹和投的弹，都是在大战快完时才投入战役，并且已从那时起集中地发展起来，这些发展所根据的原則已經討論过了(435頁起)。在此处只須指出，由于战时的努力，无綫电和电子学研究被促进了多少，以及由于軍事上需要輕巧、坚固、尤其是耗費得起的配备，又怎样改变了配件的制造，并导致了小型化，而这在战后达到頂点，就有微小的半导体管代替了笨大的电子管。

科学性的和不人道的战事

把电子控制和指揮引用到武器上面的最后目的，則是把参加战事的人的成分从实际作战区撤离得更远些，或者更粗魯些說，是为了保証使用武器人的安全，让他远远离开他的工作結果，也不遭敌方直接报复。使用了这类武器，实在一点也不使战事变得更人道些。美国人和他們的联盟者在朝鮮所用的猛烈炸葯和凝固汽油弹[6.60]使更多人更快受到更严重得多的肉体痛楚，这是过去任何一次堪以比拟的战役所不及的。然而这类武器大大增加了战事費用，因此作战能力就限于能充分利用科学的高度工业化的一些国家，或者限制于这些国家的一些不很高度工业化而較能花費得起的主顧。不仅止此，由于行动和效果远远隔开，漠不相关，就养成現代战爭的不負責任，其絲毫不加措意，实在比得上从前时代的蓄意殘酷。涅夫(Nef)教授在他的"战爭和人类进步"[6.161]里，提出了一部征引翔实的历史，闡明战事中正当行为的逐漸退化，和具有杀伤力的武器的改进同其步驟。按电鈕作战就纵使那种善意的、表面文明的人們，以清白的良心执行他們亲眼永远看不到的最可怖的屠杀。

甚至更危险的是对按电鈕作战的效驗所寄的信仰，因为就是出于这样的信仰，才輕心掉弄地走上侵略性的或所謂以战止战的战爭。特棱查-道歇(Tranchard-Douhet)的理論，說是用战略性的集中裹炸来消灭敌人作战潛力，要对第二次世界大战中并不产生任何决定性战略利益的絕大部分蹂躪負其責任。德国的軍事生产，在英美強烈裹炸之下，实在反而增加起来。[6.13] 尽管如此，这种观念比一向更盛行。有些身居高位的危险的瘋狂人物，配备着原子弹或氫弹，以及各种受引导的武器，打着如意算盘，要在

几小时或几天內,在第三次世界大战中取得胜利。在这种信念上輕妄自負就很可能触发这場大战。

氫 彈

凡此諸观念,因系吸取自原子以前的时代,就以氫弹的制造对自己降下天罰。一朝制弹竞賽开始,看来那一方能先赶上杀伤力比"慣例的"原子弹要大千倍或更多的氫弹,就获得决定性的优势,并且,如美国人所公然夸称的,就掌握着不可动搖的"实力地位",从而进行談判。但事实上結果是苏联看来在这方面略为前进些,而在 1954 年达到一种可算原子的僵局,这也許已有利于緩和国际紧张局势。

在最初,把氫弹当作祇是一种猛烈得多的原子弹,每一次爆炸的威力,需要几千万吨(几十大吨)三硝基甲苯(俗称 TNT)才比得上。威力如此之大,以致一枚氫弹就显然足以毁灭象紐約或莫斯科那样的大都市,或者象魯尔那样的工业区。由于用在較小目标要形成浪費,所以氫弹的使用就意味着致命一击和三十六小时决战的理論。

不过另有一种效应,甚至使这样程度的毁灭看来都不重要,它更賦予科学战爭以一种新的又显然是最后的恐怖。这就是1954年三月一日美国在太平洋試驗氫弹后,从一桩偶然发生的慘事上才大白于世的放射性降临,由于风向轉变,使七十五哩以外几个日本漁民暴露于放射性灰尘而得了严重的放射性疾病,在六个月以后死去一人,据日本物理学家的分析,那放射性物質的性質显示,以鈾裂变产物占很大优势,这是足够惊人的。这就立刻使人明白炸弹的威力出于三重的而不是双重的原子核反应。从氫聚变爆炸中所生的中子,就正在被用来破裂包围炸弹的一个鈾匣。到此已无必要再保密,美国当局就公布有关放射性降临的資料,它們表明这种杀害潛力甚至比爆炸的直接影响还要大,从离开地面数千呎而发縱的这样一枚炸弹就可期待其在約几千方哩間散布到完全致死的浓度,而当离开爆发处的上风和下风方向,再向外六千方哩內,其浓度約为一个未經保护的人所遭受的致命剂量的四倍半到半倍不等,这是順风分布在約二百哩长的一长条地方。暴露时間的判明并不关什么重要,因为輻射作用大部分是长期的,而在放射性降临时隐蔽起来的人,几乎不能逃出这个区域而不受沾染。甚至这一点也还不是全部故事,有些放射性物質被带到高空气层,而分布到全世界,要几年之久才下墜,沒有生物能够逃避,在威尔斯(Wales),羊的骨內已出現鍶 90,这是从太平洋爆炸得来的,正是这些較弱的輻射作用有生殖影响,并且可能会生出几代怪物来(527 頁)。

这些事实都曾經过很长时期,才得到一般人从思想上来領悟,对政客和軍人甚至

还要长久些。这班人把战争的任何前景都看作是大屠杀的前景，其程度和痛苦不可想象，而其种种后果簡直毫无限制。任凭某些权威性的預測，看来不象是每个人都会幸而被杀，但能逃避放射性疾病的就几乎沒有，而能不受生殖影响的更絕无。半打氫弹就能扫灭不列顛的城市和工业。一位美国軍事专家甚至宣称說，美軍如果出动全部裏炸力量，将杀害七万万人，即世界人口的四分之一，但死亡絕不限于敌方。[8.9a] 如布拉开教授在 1954 年所指出，这說法实在使那种以軍事力量为根据的世界战略的全面成为胡鬧。尽管这样，沒有一个当权的人，至少在官方的愿意承認这些后果，并愿意宣布，由于全面战爭不啻自杀，則愈早愈好的办法是各国同意普遍裁軍，而在武力以外另謀手段来解决它們彼此間的种种分歧。至少直到現在，西方各強国还在談到氫弹是巨大遏止力量，并在无益的軍事准备上耗費它們的总收入的十分之一，以及极关重要的科学方面和技术方面的人力的一半以上。

战爭对科学和科学家的影响

第二次世界大战对科学的身份和地位所引起的大变化，已經提及，首先受到影响的是物理科学，因为这門科学最前进，又最密切地联系着战爭和工业。在不列顛和美国，由战爭而引起的最大阻碍特别是在物理学方面。大多数大学实驗室都关閉或改为軍用，而最优秀的人才就在从事于和他們的先前工作不相关的一些問題，由战爭而給与物理科学的至高重要性，主要是在有关原子能和电子学方面，已經持續到战后时期。特别在美国，这就已意味着物理研究的大大扩充，并配备庞大而价值极高的仪器如实驗反应堆、同步加速器和电子計算机。

軍事科学的优势

这些配备和工作的一般規模完全超过甚至那些最富足的大学的范围，或者甚至工业商行的范围，因此，就祇能出現于政府的特别实驗室或政府資助的大学实驗室和工业实驗室里。在实际上，这两种办法都用过，結果是政府实驗室已能和大学在研究院級的工作上相匹敌，而大学的物理系竟成了大学內部政府特約計划的附属物，这样做的本身不会有什么損害，而且假使不是由于在事实上所有这种研究到底是为了它未来的軍事价值而得到支持，还許会有益处，在于使大学更多接触到同时代的工程实践，战爭的影响已更加巩固了政府和垄断事业对控制物理科学的优势，这控制的程度在各国相差很远，而以在美国为最彻底。

有关原子性質的所有工作，从一开始就在保卫限制之下，从 1950 年起，这种情况

还扩展到其他部門。比起仅仅控制或許有軍事价值的研究結果来影响深远得多；它影响到所有大学人員的整个生活和思想。它意味着在某些条件下的"忠誠"宣誓，而抗拒宣誓就意味着解职。并且，一宣了誓，就使教师受到任何告密者的摆布，告密者可以指控他和一大堆顚复組織中任何一个相通，或者仅仅因为交往而犯罪。对負責实际制造原子弹的科学家罗伯·奥本海末博士的攻击，就是这种办法所达到的最高潮。这种气氛对新时代科学家的影响，是阻挠任何思想的独立，实在也就是除了特别狹隘的科学专业而外阻挠有任何思想。

在不列顚，对軍事科学而言，政府所承担的要比各大学多許多，而且严格秘密的研究工作，曾不尽然，也几乎只限于政府实驗室。軍事科学对大企业的关系更間接得多，大学經济虽主要来自国庫，但归大学人員管理。科学軍事化的最粗暴罪恶，靠这个办法就算避免了，但其代价則是削減了研究的发展。还有在控制思想上施加影响，比在美国要微妙得多，但要对它反抗却更难，教师們很少为了他們的政治意見而被开除，如果他們的見地被認为不健全，仅仅是不把重要职位派給他們而已。

在法兰西，由于有被納粹占領的复杂情形和广大而有势的共产党，局面又有所不同。由于政治原因，許多著名的科学家都被排挤到領导地位以外。在 1950 年，原子裂变发見者之一，也是著名的抵抗派領导人約里奥·居里因为公开地說过原子能永远不应該用于作战，就此被免去原子能委員会首席委員之职。

尽管有这样的官方压力，全世界科学家已頑強地抗議原子战爭的危险性和滥用科学于战爭。美国、英国和法国的原子科学家协会，对这主題，已維持了一种有充分情报的压力，同时，一些更一般的团体，如世界科学工作者及科学为和平协会，以及印度、中国和苏联的其他科学組織也都已加入了它們的呼声。在日本，簡直每个科学組織都已出动着来反对原子弹和氫弹試驗。报道得最完善的两篇宣言，就是：由柏传·罗素和爱因斯坦所創导而要求結束战爭的文章，以及大多数諾貝尔(Nobel)科学奖金获得者的較有限制的呼吁。[8.59a] 第一次在加拿大浦格瓦許(Pugwash)市召集的、其后又数度集会的著名科学家会議，将产生重要的影响(見世界科学工作者协会編輯的"世界科学"英文版第Ⅰ卷第 2 期 4—7 頁，1957；及第Ⅱ卷第 3 期，由 6 頁起，1958)。在这些会議中，苏、美等国科学家就原子爆炸的危害以及全面原子战爭的毁灭作用警告了全世界。所有这些，对于輿論曾有其影响，但很明显：为了要使各国政府認眞考虑就禁止原子战爭取得协議，还必須做很多很多的工作。甚至在由科学家們組成的一个官方委員会发表了原子弹爆炸可以毫无困难地被发覚这样一个意見一致的报告后，一直到作者写这几行的时候(1959 年 8 月)，还不足以促使談判已达数月之久的

各国政府就禁止原子弹爆炸这一問題取得任何协議。核裁軍問題更为困难，因此离开解决似乎更远了。

軍事研究的代价

現仍存在的辛辣事实是：資本主义国家里的物理研究，正为軍事需要所控制着，其程度为前此所想象不到。在研究結果的应用上，軍事面貌甚至更为突出。在美国和不列顛，专供軍事研究和发展用的款項現在比战前所花多許多倍，如下表所示：

研究和发展費用（单位：百万鎊）

	工业方面			政府方面					
				民用事业			軍用事业		
	1937	1949	1955	1937	1949	1955	1937	1949	1955
美国	61	325	920	20	43	140	5	250	710
不列顛	3	32	65	3	17	36	1.5	86	214

战后費用完全使同一时期的民用事业研究費用和发展費用相形見絀。在密幕围繞之下，錢是怎样花的，就更难于說明。大概最大部分流到包括化工业和机器工业在內的軍备厂商那里，为了发展新物質和組成机件，一笔大得完全不相称的数目很会用来发展各种大規模毁灭用的武器以及从远程发射和控制这些武器的方法。頗有可能这笔錢大都浪費掉了，因为这是軍事部門的习慣，这些部門偏好一些只能使人学到极少东西的大規模試驗，而又借着"安全"为口实，就不受科学的或經济的节制。[1,2-3] 虽然良心已使很多科学家远离軍事科学，而安全节制又排除了其他一些人們，但听任留在这方面的人已經够多，足以标誌出科学所遭的巨大潛伏損失。

已經筹出可供軍事研究用的几亿鎊或几十亿金元，就足以清楚地指出，假使在較健全些的制度之下，民用科学該应能享受些什么。在事实上，如果好好地分配在教育、研究和发展三方面，这笔錢就会全然改变科学的局面，并使科学在应用于滿足人类需要上的速度和价值方面，能大大地跃进一步。这样使用科学，在資本主义社会里，却是几乎期望不到的。此中原因，将在第十四章內討論；而在这里，只須說一面一点，就是：一方面政府所主办的和平研究工作，妨碍私营或垄断性工业去剝削消費者，另一方面，政府主办的战爭研究工作，却把发展合同带給这类企业，并保証盈利而无危险。

为了同样原因，二次世界大战給予科学的主要教訓——战略計划的价值——不能轉移到和平情况之下（636 頁起），[1,2] 二次世界大战所显示的是：在大战全部作为的

范围里,有可能拣出一些問題,甚至是基本問題,并多少安排一个先后次序。这样做时,涉及解决这些問題的重要性,也涉及在合理的时間里解决問題的可能性,而始終顧到每种学科里所能吸收来供使喚的科学家們的資格、人品和兴趣。現在比一向更需要和平时代科学里某些与这相类的策略和計划,但是能否达成目的却不是物理科学的問題而是社会本身的問題了。这方面的討論必須留待对生物科学和社会科学两个領域作出概覽之后。

10.10 物理科学的将来

在轉移到这些領域之前,現在就值得察看一下,将来的时期对于物理科学以及和它們异常密切相关的生产工业蘊藏着什么可能,也值得考虑物理科学对未来岁月中的思想和文化所能作出的貢献。社会因素和經济因素会控制着,而作为最后手法,就必然控制着科学和工业进展的总速度。这些因素也会决定科学事业的总努力在各門科学間的方向或分配,不过程度較小些。然而仍然沒有疑义的是,在現有配备和观念的基础上,科学和工业只能短暫地进展。革命性的发見和理論,就很可能出乎預料地改变这样一幅画面;但試一想到量子理論經过相当时日才引人注意,又容易看到这种改观并非全面的或一切都是突然的。即使是原子裂变,虽則在这上面已花了几十亿金元,却对物理学的路綫尙未构成什么有关全部的差别。

虽是这样,如果企图分别預測基本科学和应用科学的未来,就会是徒然的。基本科学的任务既永在增強,物理科学上的研究和发展肯定要愈来愈密切地互相結合。三个世紀以前产生工程学的那些門科学,正在迅速改变着工程学。

技术轉变的領导,今后仍属科学。靠实地經驗的法則进行改变的时代已經过去。此外,从发見到生产的移轉速率自身正在迅速增加。在物理科学的每个領域里,每种新的科学发展,很可能在几个月之內就見諸实施,而新的实践經驗,却要反过来发生影响,提供新仪器和新問題給基本科学,不过通常并不完全那么快罢了。

同一傾向互相結合的普遍趋势的另一方面是各門不同科学間有一种正在增进的相互关系性,在事实上,远远超过物理科学,而深入生物科学和社会科学的領域。随着这种关系性,就越来越需要了解科学的和技术的努力型态的全貌,这样使它可以組織自己,按策略来前进,而不至于耗散在走向未知之境的一些不相联貫的袭击之中。

若是从这些一般事相轉到特殊发展上,那么,完全不必企图作詳細的預測,也能指出一些有迹象的趋向,沿着它們就有理由可以期待得到一些显著的进展和应用。这并不是說最惊人的发見将会沿着这些路綫,正因为承認它們惊人,就假定了它們的不

可預測性，在一种指定的科学努力之下，我們可以断定这些发見总会发生，至于在何處或在何时，就无法得知了。某些富于新发見的領域可暫时供人鉆研，而其他領域，科学家在其中踟躕了数十年而一筹莫展的，也許正处于革命性轉变的边緣，尽管这样，新近过去的一些进展上的經驗，在預測不久的将来时，可能不会完全徒然的。

原子核物理学的將來

由于这門科学的固有重要性，因此基本粒子的本性，以及它們在低速的和高速的碰撞中，和在多少稳定的原子核里的相互作用的本性就在物理学上踞了高位。如果加上这門科学对軍事的直接重要性，以及在工业用途上的今后拓展可能性，以及耗費于这类研究的数十亿金元，那么在这方面我們可以期待有最大的进展。正因这門研究粒子和原子核的物理学处于十分复杂并且本身矛盾的状态，就表征着一种新而包罗广博的理論或許要出現。这实在已愆期过久了。一方面具有产生粒子的加速器和反应堆，另一方面有偵察粒子的閃爍器和計数器，这样备有各項实驗装置的武庫，就必然要产出一些新資料和新現象，因而会刺激理論物理学，甚至对愆期已久的进展提供一些綫索(474 頁，475 頁)。

这門科学，在若干不同方式下，将帮助推进其他各門科学，如用示踪剂来推进化学和生物学，而更有社会意义的是迫使普遍地增进科学教育和科学研究，来推进其它科学。原子核物理学的种种实际效果，現在才开始从炸弹和放射性毒剂的生产以及軍事安全的窒息約束露出头来。虽則如此，从日內瓦会議以后，正使人們看得到至少是这門科学的若干用途。*

原子动力

前已論及(431 頁起)应用于民事方面的原子动力，不只在发电，也在运輸。美国有一种原子潛艇。苏联正在制造一种原子破冰船，能熔冰，又能碎冰；原子机車和原子飞机，也有人道及。原子火箭就可能提供空間旅行的鈅匙。在半世紀之內，如果战爭可以放开，从原子核裂变而获得的廉价动力，甚至从原子核聚变所得的更廉的动力就得以大量取用。这就意味着物料和食料在供应量上将有无限的潛在可能性。一种矿砂，不論如何低劣，都可以用这种动力来提取其中的金属。鋼和鋁将来会丰富到要多少有多少。植物可以种在整个沙漠地带，所灌的水从海洋抽上来或蒸餾出来，或經过北极的漫长夏季而繁殖于温室之內。能量固然象空气般可以自由取用，却另有其他一些限制因素要对付，但絕不会难于处理那些由貧困、不平等和人剝削人的时代所遺

留下来的社会因素（672 頁，722 頁）。

对宇宙的了解、探索和利用

現代物理学上由研究原子核和宇宙綫而大为增进的一种十分明显的趋势，是对外围宇宙、行星、恆星和銀河重新恢复了的兴趣。当我們超出我們自己的这顆行星以外去的可能性变成更迫近时，这种兴趣就会增多且加強。原属奢侈科学的天体物理学和宇宙学，似乎已經接触到高能量物理学的核心，而这两門科学在地球物理学和地球化学上的应用肯定是人类所必需，以探索地球的全部价值，即使我們永远无法离开地球的話。举个特例，重新感到兴趣的是为了产生热核能（431 頁），而注意电弧中等离子区在电場和磁場中的性質，这种等离子区其实就是原子和电子的高温混合物，这种兴趣直接关系到对太阳的种种过程、星体和星云的观察。要了解原子核中的过程，所需的实在不只注意到外围宇宙的結构——各元素的相对丰富度，以及太阳和星体里能量变化的循环——还要注意到外围宇宙的历史。訊历史因素加入物理科学，这才使得这門科学和生物科学和社会科学之間的关联完备起来。

光学型的、射电型的和宇宙綫型的望远鏡現在看来是人类对宇宙进行物理学上的探索和拓殖所用的瞭望器。在过去两年中，由于已說明的火箭发展，这方面已經有了大踏步的前进。带有仪器的人造卫星和行星已确定地冲破了地球的重力，送入上空的动物成功地回来了。輪到人駕太空航行器的出現不須等候許多年了。

太空旅行这一观念，已經抓住了青年人的想象力。在国际基础上一旦相当地发动起来，这种旅行将成为一种具有如此吸引力的冒险尝試，很可能提供威廉·詹姆斯（William James）[6.146] 所謂的技术竞爭。

固态物理学

物理学里这个新支的重要性正在迅速地增长，因为它有种种用途，一方面在工程和原子核物理学上，能生产具有新性能的金属和物質（445 頁），另一方面，在电子学上，能提供晶体振盪器、鉄磁性粉末和半导体管（437 頁），也还有发光物質和熒光物質。晶体理論的迅速发展，晶体的生长現象，以及晶体的脫节現象和欠完美，終于正在把正确科学带进工业实践的領域之內，而我們可以期待会导致具有特别可貴性能的物質的巨大新进展。*

第三次工業革命：自动化

动力是盲目的；我們浪費地使用能量作为开动脑筋的代替品，但这是一种高价的代替品。虽則每一人时的生产力，在最近十年中已有所提高，但每千瓦小时的生产力却实在降低了。[6.145] 仅仅扩展人类的物質基础，而不改进效率和技能，就等于冒着毁灭我們星球到不可救药的地步的危险。

这类效率和技能，現在可以由电子学上更进一步的发展来提供，其中若干項已經討論过了（439 頁起）。現在工业上，特别是大量生产的工业上正在进行着的轉变，不只是推广机械化而已。我們有理由提到一次新的工業革命，因为我們引用了电子装置所能提供的控制因素、判断因素和精密因素，还有进行工业操作的速度大大增加了。原型的自动化生产綫，甚至完全自动化的工厂都已有了，但是这些装置在一切工业部門里的使用的全部邏輯仍待推究出来。它正在来得很快，因为主导观念已經牢牢在握了。仍在阻碍它的，特别在資本主义国家里，是享有既得权利的經济因素，以及科学家和技术家人数的不足（640 頁，661 頁）。

自动化主义虽則在資本主义国家刚刚开始，却已导致了失业，并威胁着更多人的失业。要充分利用它就暗示着一种合理的并具伸縮性的完备生产体系。所有工业和农业的一般工作流程，必須予以維持，并不断地改进。这就意味着須用計算机，要能处理这工作所生出的复杂情形，我們現有的电子計算机，祇是笨拙的雛型而已。全部經济生活——工資、采购、捐税和退职費——想来都可以自动处理而不需成百万的伏案作苦工者，在今天，这些人不得不耗去他們的一生来应付这些事情。

用在数学、物理学和其他科学上的新式計算机器的效应，从长远看要比現在大得多。它們不但使一向远远超出人类本領的計算变成可能的，还肯定地要从基本上改变我們在計算中关于計量方法的整个想法，其情形和中古时代晚期采用阿拉伯数碼的影响相同，不过范围所及要广远得多。这些新机器絕不是数学思想的代用品，而毋宁是它們应該激发数学思想去作出新的努力（440 頁）。电子学另有一个方面，在将来可以扩展到几乎不能想象的地步，就是能翻譯和用符号記录任何感覚資料，并能从某一种表現形式改为另一种表現形式，象今天雷达和电視接收屏之所为。利用电子的閱讀机、說話机和翻譯机都已經有了，而根据神經系的生理学来加速人与人精神方面的直接通訊，也有种种可能性（521 頁）。*

新化学

基于原子結构的一种化学的綱要已經描繪出来了。最近将来的任务，是使这种化学变成定量的、并能供实际应用，因而科学就能对經驗指出路径，而不是追随經驗。就是有了一些經驗的方法，化学正在获得本領，可按照指定規格来承制物質，更特别地是在聚合物的領域之內，新的改进的最大价值，将如我們所看到，是在生物学領域內，但在工业材料領域內所能做到的已足够产生一次主要的革命。合成纖維、洗滌剂、油漆、吸收性树脂，都是已經完成的一些实例，表明化学在摹倣和改进天然产品方面能做到什么。次一步驟是以理論为基础来制造合成物質，使其具有天然产品向不具备的优良性質。

如我們所已見到，化学貫彻它的全部历史始終联系着工业，或者可以說联系着家庭、农业和工业过程的全部范围，这些都需要产生或改变物料。不过其中关系一向是偶然性的。从今往后，这整个范围可以有意識地計划好，并配合成为一幅流程图。祇有这样，地球上的有限資源才能应付工业的而且科学的文明不断扩增的諸般需要。处处所要強調的将是节約和保持对物料的取用，不只是因为凑手而已，而是因为它最适用于該項工作。对于原子和分子，将不只单单拿来使用，随后又弃掉，而要求它們按无尽的循环为連綿不断的服务。在各項結构中固定着的，或在空气、水和土壤里消失的，将使它減到絕对最小量，而且，这只限于較丰富的元素而言。蘊藏在木材中而由太阳合成的宝貴醣类将首先充分利用于胶合板、黏合木屑或紙张，等到这样利用以后，再直接地，或經过酵母或菌类改造而間接地充作动物的飼料。

各門物理科学所呈出的最近前景，就是我們能完全控制我們对自然界普通作用所已經熟識的經驗范围，也就是科学地控制一切原子核外面的現象。在本世紀結束前，原子和分子应該能听人操縱，有如十九世紀的槓桿、齿輪和汽缸。下一阶段的任务是扩大各門物理科学的境界，一方面要更深化对原子核的內部和对基本粒子的知識，另一方面要解释化学上和生物学上的种种复杂現象。

物理科学的利用

假如各种科学单是为了它們的固有兴趣，甚至是它們对造福人类的最大助力而被发展，則它們的进展方向，至少在短时期內，就应該比較容易預先見到。不过，在今天实在的世界里，在物理科学方面，也象在其他各种科学方面，所发見的东西和所使用的东西，其問題与其說是科学的和技术的，毋宁更应是科学的和政治的。

至于发生的是什么，就要看世界各处使人发展和运用科学的新刺激受到經济限制和軍事需要作梗或歪曲的程度了。如果一次原子的世界战爭得以避免——如果不能，則物理学的将来就几乎不值得写了——則今后的若干年，在完成科学和技术进展方面，以及在改进一般生活标准方面，应該表明社会主义制度和資本主义制度的对比价值。这样一幕竞爭将在世界舞台上演出，由拥有世界人口半数的落后国家在內的各民族来观战，要認清到底选择那一种制度。主要的資本主义国家在开始时有財有势，先占便宜，但因強調軍备和不稳固的經济制度而遭到困累。那些爭取胜过資本主义国家的社会主义国家，不得不从較低的經济水平做起，而因缺少資本貨物而限制消費，就略見削弱。成功将归于最会利用和发展科学的制度，而这在理論和实践两方面，优势应在社会主义一边。

10.11　一个过渡时期中的科学和观念

物理科学的声威确是既伟大又微妙，在今天是建立在和平和战爭中实际表現上。大家这才第一次認明白：科学，經过人类有意識地指导，而不听从它盲目地凭机会去生长，就能改变生活的物質基础，几乎沒有限制。人类力量如显著增进了，就不能不影响到人对宇宙和人在宇宙間所处地位的观念——哲学的古旧广泛园地，現在竟被人自炫地簡化成語法上的討論（648 頁）。物理科学本身內部的大轉变是伴随着我們时代的技术革命和政治革命而来的。情况如此，并非出于巧合，不过如果企图用任何簡单的因果綫索来連結这些变迁，那就愚蠢了。这些因素的关系，比上一次在十七世紀里的科学大革命里的那些因素的关系，甚至会更复杂（280 頁起）。

我們既生在一个过渡时期，所以就能在今天足够清楚地看到从伽利略承袭而来的物理学思想旧型屆临末日。在本世紀初，这个旧型被几个現仍活着的人打破，不过迟到現在我們才得到对这变化的全部体会。我們所能仅仅隱約見到的是要用来代替旧有物理宇宙型的新物理宇宙型。我們已經有过我們的哥伯尼派革命，却还沒有过牛頓派革命。这并不正是因为我們生存在一个动盪不定和危疑的时代。如果物理学的基础被发見是錯誤的，它們就被为此特設的假定予以支持，于是以上各层的建筑仍然高高兴兴地进行。新知識的湧来可以說是太迅速，而且太凌乱也太多矛盾，以致无从全部吸收。但是每个物理学家具有信心地期待所有一切将会及时井然就緒，不过大多数物理学家都感到这一过程是愆期了。

实証主义和物理学

如我們所已見到的,正当这頃刻間,簡单的机械的图画既崩坏,就对最狂妄的和最蒙昧的臆說开放了决口。如果意識失灵,則无意識的胡說不論非圣洁的或圣洁的,也許毕竟是对的。就大多数科学家而言,对于困难不是欢迎,而是規避,办法是紧紧守着观察,甚至到了弄不清是对什么的观察的程度。在資本主义国家里,物理科学上占优势的哲学是实証主义,是十九世紀妥协派的不可知論的一个更冲淡了的形式。实証主义在根本上不是从物理学推衍出来的一种哲学——它的政治、經济上的起源将在后来討論(646頁起)——但它却已深深地侵入物理学,特别是在不列顛和美国,因为在这些国家有不信任一切哲学的传統,就使得科学家們不知不覚地很容易上了出售給他們的第一起荒唐胡說的当。

爱因斯坦的相对論,海森伯的不可决定性論,玻尔的并协性論,都具有实証主义形式,并非为了任何內在的物理性的原因,而是为了設想这些理論的人們从培养上就具有实証主义的观点。近来关于隱藏变数(427頁)的爭执,就表明青年科学家,也有一些前輩,如路易·德布罗意和海森伯本人,正在开始看透这些循环不休的論辯。因为实証主义在物理学上是破产了的;它在本世紀早期有过表观上的胜利,二十五年来从未产生主要新观念,并且正在陷入越来越深的矛盾之中。

物理学上的危机和它的解决

克利斯多福·科得威尔(Christopher Caudwell)在若干年前所討論的"物理学上的危机",[6.22] 現在在各方面都正式承認了。由于科得威尔缺乏科学訓練,几乎不能期望他理解科学家所面对的那些困难中有关技术的微妙处。但是科得威尔每每击中肯綮,这事实就表明眞正的問題是在物理学上,也同样是在社会上。实在說,如我們已看到,伽利略,牛頓的机械的和原子性的图象恰好配得上資本主义的整个个人主义的、竞爭性的、經济的体势。新的实驗和观察指向物理世界的种种形相間的一种令人接受不了的相互关联,上述看法受着物理学本身产生的这种重压,就开始崩潰。同时,正是資本主义生产的成功、即各种大企业的增长,对于帝国和战爭的集中注意,就使資本主义制度越来越不稳固。

在社会方面,也象在物理学方面,这种种困难的解决要来自这制度本身上被排除的和被忽略的部分;在政治方面,来自工业劳动者;在物理学方面,来自累积起来的、久被遺弃的量子化現象——放电、光电——这些現象都不能納入体系之內。对这两

方面而言，若不从基本上轉变这体系，新因素就不能有效地参加进去。这些类比，虽然够明显来表現某种眞实关系，但万不能过份从字面上着眼。物理世界的新知識的内容，始終不依賴于发見知識所用的观念形式。知識的表达可能深深地染上了这些观念的色彩；这些观念可能，而实在早就成了作更进一步的发見的障碍，但它們并不使物理科学在实驗上或理論上的成就归于无效。

新綜合的条件

懂得这些困难是什么的人現在沒有一个相信物理学的危机只要略施小技或略微更动現有的理論，就会解决得了。需要的是某种带基本性的东西，而这更非远远超出物理学范围不可。一种新的世界观正在形式中，但还須要經过許多經驗和辯論，才能取得定形。这种世界观必須是連貫的，必須包括并闡明有关种种基本粒子的和它們的复杂作用場内的新知識，必須解决有关波和粒子的表現矛盾，必須使原子的内部世界和宇宙的广漠空間，同样地为人所領会。这种世界观必須具有和以前一切世界观都不相同的一种幅度，并在它本身之内包括一种对发展和新事物起源的解释。

就这点而論，这个世界观就自然会同生物科学和社会科学中有規律的型模与它們的进化史相融合的汇合趋势相一致。它也将与一种組織得更完整的社会即社会主义社会的情調相协調。为了所有这些原因，物理科学的新方案，即使制作出来，也不再能看作是最后的見地。等到它輪值完毕后，它将沉沒在一些新矛盾之中，而且让路給一种更好的方案。不过我們的正事不是追求这些远景，而是更洽当地对付我們現在的困难。

在这里，我們必須离开物理科学的領域，进而考虑其他主要領域，即生物科学和社会科学。已經动搖了科学的紛扰和爭执并不限于物理学，实在地，这些紛扰和爭执在物理学方面比在更密接个人生活和社会生活的科学方面，仍然保持了一种更带学院式的特征。虽然这样，事实仍然是：物理学在二十世紀里的革命尽管現在还未結束，却已深深地影响了我們对有生物質的知識，生物学永不能成为物理学的一支，但是，有关原子和量子的新物理概念，却提供一把无价鈅匙，去打开研究生物的道路。如我們所行将看到，这些概念，虽然并非唯一的，却成了主要的因素，促进生物学的轉变，其范围之广几乎不亚于物理学本身的轉变。

表六 二十世紀的各

	历史事件	数理物理学	原子核物理学
1890			
	殖民战争 垄断事业成长	洛伦兹:电子理論 斯忒凡:輻射定律	貝克勒耳:放射性現象
1900	日俄战爭 俄国第一次革命	普朗克:量子理論 爱因斯坦:狭义相对論、質能相当性	居里:鐳 卢瑟福、索第:放射性轉变
1910	帝国主义間紧张情况的強化		索第:同位素 阿斯頓(Aston):質譜仪 卢瑟福和玻尔:核型原子
	第一次世界大战 俄国革命	爱因斯坦:廣义相对論,万有引力的解說	
1920	战后衰落 意大利的法西斯主义 不列顛总罢工	玻尔:光譜理論 德布罗意 海森伯:新量子理論 薛定諤 狄喇克:波动力学	第一次发見原子核蜕变 宇宙綫 考克饒夫、瓦尔頓:人为蜕变
1930	經济大衰落 納粹主义的兴起 西班牙內战	狄喇克:电子理論 湯川:介子理論 膨胀宇宙	查德威克:中子 約里奥:人为放射作用 安得孙:阳电子和介子 貝忒:太阳热起源于原子核
	第二次世界大战	玻尔:核滴理論	哈恩(Hahn):原子核的裂变
1940	苏联被侵入 解放 冷战 共产主义的中国	介子場理論 原子核的壳层理論 狄喇克:量子电动力学	第一个裂变反应堆 原子彈 宇宙綫蜕变
1950	朝鮮战爭	爱因斯坦:統一場理論	热核反应 氫彈
1955	紧张局势和緩 日內瓦会議		同步加速器 反質子,中微子

今天要在一张表里列出科学的进步,便不再是容易的事了。我所选定的方法,是分列为二表——出相互关系,但关于第五行,即工程学栏,出現一些困难。这一行因为同电学密切相联系,才取得得頁起,481—484 頁)和表八里都得到了說明。我沒有企图兼收社会科学。就是在这样短的时間里,科然而第六行的地位,由于它表明物质結构和化学工业发展的密切关系,发展重点在合成和塑料,所以不

門物理科学(第十章)

电子学	工程学	物质結构	化学
克魯克司:阴极射綫 斯通尼:电子 勒納尔(Lenard):阳射綫	汽車的发展		
伦琴:X射綫	建筑物中的鋼架和鋼筋混凝土	物料机械性質的加精密的測定	染料和药品的合成制法
J. J. 湯姆逊:电子質量			
郎之万(Langevin)、密立根(Millikan):电子的电荷 电子管、无綫电話	米特的第一架飛机 飞机的迅速发展 廉价汽車		制硫酸用的接触催化法
劳厄:X射綫衍射 布喇格父子:晶体結构	大量生產	布喇格父子:固体的結构和性質	哈伯(Haber):從空氣中取氮
莫塞萊:X射綫譜	坦克、平台貨車、和飞机;机械化战爭的开端		
			紆維素、塑料、人造絲的发展
无綫电广播	德夫累西內:預应力混凝土	科色耳、留伊斯、郎繆尔:化学的电子理論 海特勒、伦敦:同极力	
阿普耳頓(Appleton):无綫电回波,电离层	机械运輸代替旧式运輸	高耳喜密特:地球化学	斐歇尔、特洛普須(Tropsch)伯季烏(Bergius):從煤提煉汽油
	拖拉机、联合收割机和农业的更进一步的机械化 精密工程学	紆維的結构 金属的范性 泰罗(Taylor):晶体中的脫节 宝登(Bowden):摩擦的研究	从原油催化裂制汽油
雷达的发展			
伺服机械和电子計算机控制学	噴气飞机和火箭的发展	奥罗万(Orowan):金属范性的現象	聚合作用 人造橡膠 尼龍和种种新塑料
电子显微鏡 电視 射电天文学	生产的仪器控制,最初的自动工厂	謨特(Mott)、法兰克(Frank)、李德(Read):范性的脫节理論和晶体的生长	示踪元素在化学上的应用
半导体管	原子發电站		順式立构聚合物 光閃譜术

一表为物理科学,一表为生物科学。这样也許会多少模糊两方面之間的关系,但这些关系在正文(458

学活动实在巨大,所以只能举出科学中少数显著的发見和应用罢了。各縱行排列时,尽量照顧到能表个地位。可是这样一来,就打破第二、四、六行彼此間的密切关系,这三行都涉及原子結构上的新知識。得不象表上所安排的。

第十一章　二十世紀的生物科学

11.0 导　　言

对二十世紀生物科学的影响作一个既充分又簡括的說明，是比对物理科学的这样企图还要更困难得多的任务。但討論生物科学是必要的，因为，正是在二十世紀，生物学作为一种有效的和有用的科学，才开始达到自己的地位；从已有的成就看来，显然地，对其余科学絕对地或相对地而言，更重大得多的胜利已在手边。如果对生物学弃而不顧，則这幅科学画景就会全然失去协調。但如要对它做得公正，就須得助于一位在生物学科許多方面有过修养和經驗的人，而对此我却不能高攀。虽无其他可以代替对一主題的直接接触的东西，但在生物学方面，有足够的主要趋向为专家以外的其他人們所知晓，而使人能描繪出至少一种大概的輪廓。現在生物学在很多方面涉及物理科学，以致在物理科学上工作的任何人，都不会不对生物学的論題发生某些实际接触。

在我的例子里，这关系要比一般人更密切些。这是因为通过我对晶体結构的分析工作，我就在实际上十分接近生物学問題，并且，我除了还有其他相类工作外，对維生素和激素，蛋白質和病毒等問題，甚至替生物学补充了一些知識。此外，自从我在二十多年前最初認識了围繞在剑桥大学的高兰·霍布金斯（Gowland Hopkins）左右的一羣优秀生物化学家，我就乐于和生物学家們为伍，傾听他們的爭論，并間或添进我自己的貢献而助长糾紛。[6.78–81] 因此，这段文章可以作为一种紀載，說明一位在生物学若干科目以外但仍相近之处工作的科学家，对生物学以及它的一些社会和經济影响的看法。

在二十世紀，生物学的生长至少也象物理学那样宏伟，虽則在生物学历史上，并未曾有过一些那样象戏剧般引人的改变。生物学上的諸般进展不那么十分集中，但所临的前沿陣地却較广闊，另方面生物学在观念上的轉变几乎是同样地彻底，而在实践方面，甚至轉变得更彻底些。比起本世紀开始时，在我們的一般生活和思想上，生物学今天肯定地占据更重要得多的地位。

在那时，看来好象对于生物的十分复杂而变动大的本性，排除使用那些十分着效于物理科学的同样严格的方法来研究。生物学知識的特点彷彿更原始些、更定性些，象早二百年前在化学上那样。在这段期間之內，这种显然落后的情形，已經大为減

少。到了現在，人們正开始把生命現象越来越当作是可以象对化学和物理学那样用科学方法来处理的問題。

同时，人們开始明了即使是生命的最簡单形式的复杂程度，其品类完全不同于物理学或化学所处理的品类。我們一向所讚叹的生命的外相，高級生物的形状和运动，或植物和花的对称性和美丽性，按照我們現有的較广泛的知識看来，却是一种大得多的內部复杂性的相对地肤浅的表現而已。这种內在复杂性本身就是生物把自己提升到現在状态所經过的长期进化历史的后果。

生物学上的問題不只是种种复杂系統的有关化学和物理学的問題；甚至也不是在化学和物理学上加了些不同的东西以后的那些問題。它們仍然自成一类，要由观察科学和实驗科学来解决，其中还要考虑到定性和定量两方面。正是物理学和化学的种种成就，才保証了生物学現在揭露全部自然科学的一些关鍵問題，而提出一种挑战，要了解我們所安居的世界，这样做就需要作出比科学在以往所曾应付的还要更广泛得多而同时調协得更好得多的努力。

生物学作为有生环境的有意識的控制

二十世紀里，生物学的地位，和十九世紀时化学的地位有些类似处。如我們所已見到(262 頁起)，那时由于工业方面，特别是在紡織工业方面，不断需求的推动之下，化学本是以高度神秘性燃素理論为装飾而殆未得解释的一种传統成方概要，轉变自身成为由連貫的、数学性質的原子理論作后盾的、計量性質的实用学科。对于有生环境进行利用和控制，向来是人类的基本任务，而在較早时日里，只是一些传統习慣，各有其本身語言和法則，而这些在基本上是定性的，或只凭經驗的。生物学到了現在，在理論上和实践上，才开始成为科学的和定量的。

这情况的发生是出于強制的，因为在二十世紀里大部分由于帝国主义扩张的結果，与农业、食品和药物有关的新工业都成长起来，而为了使它們的操作效率高，就需要对生物学过程和产品，有一种可以一再复現的控制法。同时，諸如釀制和焙制等古旧传統工业就正在获得一种越来越合科学的生物学基础。最后，为了經济上和軍事上的理由，有一种为工、农、兵的健康和效率而提高了的关切，就已給予医学研究以巨大鼓舞。結果是生物学开始有巩固的經济基础。更多的錢就分配到这类工作上去，而更多的人也就能靠这类工作来謀生。这些刺激力就带来更高工作标准的要求。使一种科学必須作出工作又能自給，这个要求就提出了严格的控制，如物理学和化学目前那样，現在就越来越广泛地应用于生物学方面。每一进展都結合到某种新式农具

或药品，而得到确定和巩固，因此就可以作为更进一步发展的基础(682—683 頁)。

生物学上这些新进展实在出現得只是恰当其时；因为除非人对他的环境获得較好的生物学控制，則由于他累进地損害土壤，再加以人口增加，就准定要象十九世紀时因忽略了起碼生物学会要再引起大疫恐怖那样把旧日的飢荒恐怖带回来。本来是主要的人类传統职业的农业，从欧洲和美洲較富足的国家开始，正在迅速轉变为一种越来越带科学特征的工业。另方面原先专属医师本行的医学，就正在轉变为一种用科学控制人类环境的企图，因而在将来，医学所主要关切的，当是健康而不是疾病。

与經济發展方面的关联

促成生物学进步的人类需求，以及此項进步对人类健康、食品供应和人口所生的影响，在相互作用上，都牵涉到最重要的經济、社会和政治运动。我們現在所晓得的已足以看出，世界需要如何組織起来，使能对所有住在世界上的人們，提供一种不断改进的生物学环境。尽管这样，現在只有占世界上三分之一的社会主义正在朝着这个方向上走。其余三分之二依旧处在图利規律的支配之下。这样做的結果，誠然使最受优惠的工业工作者享有比較高的生活标准，而只是少数主持者和依靠他們的一些人則享受梦想不到的奢侈。但对其余地方，特别是在殖民地的和"自由"的热带国家里的十亿人，这样做的結果就是生活越来越退步。耕地荒蕪了，人民处于半飢餓状态，疾病极多，这都是因为改进他們的情况对某些人不会有利之故。誠然，也正是由于他們的悲慘，才使那些有特权的工业国家能如此廉賤地获得靠以致富的原料。

只是当这些情况恶化到如此以致影响到图利本身，如南非洲金矿兰德山脊（The Rand）各矿場的石末沉着病(矽肺)，或如馬来亚橡胶产区的疟疾，生物科学才受到祈求。最大部分，由于保有地和賦税等苛刻制度，不能得到往昔由有周期的反抗所提供的苏息，資金匱乏，和欧洲垦植者公然掠夺最富地区等事情，就降低了世界上大多热带和亚热带地方的土人的生活标准。[6.88;6.89a]

使用了仅仅最有限的科学知識来抵抗这些地区里的疾病而不改变剝削的方式，招来了的結果是让人口增加了，并因而惹起生活标准的更加降低和天然資源的更趋耗竭。在生产食物和保持土壤两方面，科学应用是同样基本必要的，而就人民眞实需要說来，却少到可笑的程度。[6.89a] 所以对生物科学的要求，比起本来可以有的情况来，是太少了；在生物学上所已发見的知識只应用到最有限的程度而已。尽管如此，这些要求却产生了很迅速增益的知識总体，并正在轉变人的潛在能力来控制他的生物学环境。

为了更高的工业效率，以及全部努力所依賴的劳动力量的健康而增产粮食和工

业原料，这种新的关切，就决定了二十世紀生物学的新特性。基本地說来，这种情况在本世紀之前就已开始，而以八十年代帝国主义的最初爆发为开端。热带医学始祖孟逊(Manson)(1844—1922年)成了約瑟·张伯倫(Joseph Chamberlain)的被保护人，并非出于偶然；或者，还有当1897年美利坚、西班牙战爭中发起最初几次大規模扑灭黄热病运动，以及由于这方面成功才能凿通巴拿馬运河，也非出于偶然。

在生物学方面，誠然在本世紀开始，沒有象标誌新物理学出現时相似的突变情况。虽然这样，提出二十世紀生物学这名称，仍是有用的。因为，只是在世紀的开始，新生物学赢得了最早的大規模的成績——这里有最初把热带整治得比較安全的医学成就，以及那些植物育种实驗，后者引致人們創造象馬奎斯(Marquis)小麦等类变种，而結果則大大扩充了加拿大的种植区。

來自物理科学的貢献

由于有关提高生物学普遍需要的这些經济因素的作用，一些新貢献，首先来自化学，随后来自物理学，大約在同时就使得更向前进展成为可能。对于物質的最小单位即原子和分子的行为的新認識，以及研究原子和分子的技术，在整个二十世紀里都显得对生物学有无上价值。这并不象若干人易于想象的那样意味着生物学正在变为物理学和化学的分支。相反地，用了物理学的或化学的知識来解释生物的机械的、电学的或化学的形相，就只有更突出它們的生物学形相。这些現象，不管能用物理学言語来描写得怎样清楚，它們并不出現于由为神服务的艺人按照亘古流传的理想模型而作成的机构里，但却存在于自行調整和自行繁衍的实体里，这些实体現在所具有的形式，是千百万年前以来的演化的結果。

实驗生物学

化学和物理学渗入生物学，不限于創立了生物化学和生物物理学两門新科学，而是深刻地影响了生物学的所有其他方面，特别是对实驗給予了一种新的特性和重要性。实驗方法对于生物学并不新鮮。如我們所已知道的若不是更早些的話，从格林时代起，实驗方法就已伴随着生物学，特别是生理学了。如玻勒利和三克托利斯所表明(272頁)，即使是定量的实驗在生物学里也有一段长久的历史。

尽管这样，仍有某种意义来主张說：从十九世紀最后几十年而后，最初偶一見于并限制于少数学科方面的实驗方法，却正在变为某种新东西；这方法正轉变为系統化的和批判性的了。

这一情况所以更为显著，是因为在达尔文主义影响之下，生物学家們的主要兴趣早已是对照着无数的精細观察和解剖来树立每一生物的每一部分的演化起源，而并不是由实驗来决定生物如何生活着，和确切断定它如何长成它既成的样子（375 頁）。許多生物学家主张，有机自然界过于沒有准則，也太靠不住，所以不能在控制下的实驗中按照意图并从量的方面来改变它。然而在二十世紀里，进行尝試的和开始生效的，就正是这一类实驗。

假使沒有在二十世紀里才能发揮作用的三种主要因素汇合在一起，就不会創立一种完全实驗性的生物学。第一，假使不根据最多数执行于十九世紀的、对动物学和植物学的极大累积起来的观察和分类工作，則具有任何复杂性的生物学实驗既不能进行，也不能产生有意义的結果。最主要的是各种生物学实驗者应該象分类学家絲毫不苟地叙述物种的結果那样，确知他們所正在研究的是同种的动物或植物。同样重要的是，对于要进行实驗的那些部分的解剖学或形态学方面，应該叙述得恰当而可靠保証关于这些部分沒有任何异常情形。

第二因素是化学和物理学上实驗技术的发展，沒有了这个技术，在生物实驗中，就既无仪器又无試剂可用了。生物化学在二十世紀里的进展大多依靠有机化学实驗和理論在十九世紀中的进步。

第三因素是首次出現了一种医学、一种农业和一种生物学工业，都发展充分到有要求并有能力用到生物学实驗工作的程度。从这些根上，就滋长出了各种各样的生物学实驗，其范围从对农場收成的統計控制，到对細菌身上寄生物的作用上所作的改变。从所有这些，我們开始看到一种控制生物的可能性，也象控制无生命物質所已成就的那样确定和那样可以計量。

生物学的新工具

生物学的进步，在今天更甚于以往，总是依靠观察仪器和控制仪器做得尽善尽美。直到最近为止，这些仪器并不是为了生物学上直接需要而发展的，但可以說是外界贈予的，如十七世紀的显微鏡就是。对研究生物学所用的最新的和最有力的一些輔助器具也都来自物理学：如电子管放大器用来計量生物体系里的微弱电流和电势；电子显微鏡（441 頁）弥补了光学显微鏡以及由 X 射綫所研究的原子間尺度中間的缺隙；还有各种同位素和示蹤元素（433頁），用来对生物体系中一些化学品的轉变的实在过程，預期获得新解释。最后，純粹数学的，特别是統計理論的一些技术，已經显明能从生物科学里种种以不規則性为特征的度量中，抽出有意义的秩序，而有莫大的价值。

可是，由于生物学本身的发展，以及各門科学間相互关系上有了更清楚的了解，生物学就开始有助于其他科学的仪器建制。这是部分由于为生物学本身的应用而发展一些仪器和一些方法，而这些仪器和方法，本来可以而却不曾发展来为物理学或化学直接服务。其中最有趣的一种是紙上色层分析术，这是一种十分簡单的技术，簡单到所需的器物不过是少量吸液紙和几种溶液而已。此术最初用来从蛋白質的分解析出复杂的分量，而在今天就証明在各种普通化学分析法中为最便宜的一种，也是最有效的一种。R. L. M. 辛吉（Synge）和 A. J. P. 馬丁（Martin）为了这个方法而获得 1952 年的諾貝尔奖金。这方法本身就是 1906 年咨威特（Tswett）最初发展来析出矿物油的有色分量的吸收剂柱色层分析术的修正，故有此名。在企图拣出羊毛在崩解中所生的复杂产物时，辛吉和馬丁被迫使用并根本地改变了这个方法。这件事足以表明工业、化学、和生物学間的反复的相互作用。

另外一些方法，象靠化学試剂或物理刺激对生物或生理学制备物所发生的种种效应，来检驗这些試剂或刺激，則属更純粹的生物学性質。这常常是最灵敏的方法。如我們所已見到，当伽伐尼时代，蛙腿的抽縮确实最初提供了探測电流的唯一方法。到現在，就观察技术和实驗技术而言，生物科学已如此地进展，竟能自行領先来发展它們自己的方法和仪器。

二十世紀生物学的特性

虽然如此，生物科学在二十世紀里的进展仍然走过相当混乱和暗中摸索的道路。本題如此庞大和多样，在这里几乎不能期待象在物理科学上所曾作出的簡单而动人的发見的序列，不过也出現过一些，显著的則有酶类作用的闡明，或植物激素的生理学。但一般說来，由于所研究的現象如此多样和繁杂，以及对它們进行研究的組織又如此随便，以致二十世紀生物学的进步就成了在各不相同領域里的进展之間的一种綿續的相互作用的进步。在这情况下，不能說出当某一指定时期起过一次一般的决定性变化，但是，若干主要进展却显然辨得明，尤其在生物化学、胚胎学、发生学、神經协調生理学、行为和生态学方面。

即使是在二十世紀，生物学方面的进展仍然継續地被阻于象物理科学在十七和十八两世紀中所遭到了的并克服了的那些旧障碍——即是集結在敬神和传統旗帜下的愚昧无知的旣得权利。生物学現在仍然是深深地糾纏在对于来自玄秘时代的各种概念进行澄清之中。生物学对于我們的个人利益和社会利益，以及对于正是我們自己躯体的构造和机能，太切近了，以致即使要象較早时代物理学和化学那样不牵涉人类

情感,不牵涉社会型式的影响都不行。我們已經見到,在較早的时期中,这些看来疏远的主題怎样成了強烈爭論的战場。今天的生物学就是这个情况;只有为了証实进化确有其事的这一場战斗打胜了,但建立进化的来由如何以及生命在地球上如何开端等其他战斗,还正待进行咧。

发生学的問題,人口的問題,食物供应和农业的問題現在仍是,而且在人类史上或許比以前更是有关政治的問題,而所有这些都牵涉到对生物学諸問題所抱的不同态度。因此,即使在本世紀中叶,要期待生物学对于甚至最簡单的一些一般原則有任何一致見地,也徒然无益。生物学現在仍是一个混乱的論題。重大的簡化澄清的概括工作还在未来。

11.1 生物学对社会影响的适应

現代生物学的研究是循着几条不同的路綫的。作为达尔文主义爭論的結果,并作为十九世紀占优势的兴趣,对动物分类学和植物分类学上的兴趣現仍継續下去,不过对生物学的进展所作的貢献,就比較地少得多了。从医学、从农业和从新的生物学工业而来的另外三种影响,就成为更有力得多。各項发見中的許多导源于滿足实践需要的企图,而把二十世紀中叶的生物学改为一种嶄新主題,是由于眼光改变,这些改变尤其是导源于滿足实践需要的企图。

医 学

医学对基本生物学曾有特大影响。只是在本世紀,人类才大大感覚到科学对于来自十九世紀巴士特和克罗德·伯尔拿的倡导工作的医学实践所生的影响。在供应上医学已經要依靠重要的化学和仪器工业,而对于病人方面,医学就已越来越牵涉到国家权力机构了。制葯事业原只是采集葯用植物,或調合剧烈矿物盐类,到今天已变成一种有科学性的工业,即使从純粹商业观点来說,这事业的重要性正是不小的。

随同着二十世紀的重大成就——即抗生素的发展,在合成方面的,如磺胺类葯物,在自然来源方面的,如青霉素——制葯事业对生物科学的全面进步就更加有积极作用,而使生物科学轉向了解生命基础的种种化学程序。生物学的現有影响,以及如我們所已知,在过去为了找寻和制备葯物的需要而起的影响,其間的区别是在于規模和成效有了增加。对于唯理化的葯剂学,我們还离得很远,在这样的葯剂学里,人不只知道葯物的表观成效,还要晓得葯物的正确的、生物化学上的作用方式。只有到了那时才能合乎科学地控制身体上的各項过程,来恢复并保持健康。在另一方面,我們絕

无反顧地抛弃了曾在許多世紀里控制了医学，并遺誤了科学的由旧时哲学派和神秘派对葯物所作的一切論証。

营养学

当二十世紀初期，医学上比較被忽視的一个方面——即食物疗法——一跃而成显著的营养科学。这方面的研究，就要导致一桩主要科学发見——即輔助性的食物因素，即維生素的发見。連同这个发見而来的，就是人类認識到人类必需多少食料和哪些种食料才能維持健康，或者甚至才能生活。这是經济大衰落时期多次营养調查和营养运动的基础一些創始者，如馬各尼格（McGonigle），勒·格洛·克拉克（Le Gros Clark）和博埃德·奥尔（Boyd Orr）的工作就导致了树立最低的标准，如1936年的国际联盟标准，和1937年的营养咨詢委員会标准。[6.161a;6.101]最后的結局是，由于軍事准备和战爭的刺激迫使各国政府都要有这种营养学知識，因为政府不得不采取行动来供应賴以維持軍事人力和工业人力所必需的食料。这样就轉而对最大而最旧的生物学工业即农业，以及对新建立的食品工业，发生直接影响。

食品工業

到了十九世紀末，新兴城市的大量人口集中的食料，已經不再是从田野直接来到餐桌上。人民的食料就逐步增加地要依靠一种有关食料加工的工业，而这工业，随着时代的推进，就越来越合科学。其所以被迫这样做，部分是只为追求利潤，而部分却是由于濫制食品和羼假食料等舞弊事件，激起了公众的正义感，要采用法制和严格管理。食品工业的成长已引出一种保藏和制备食品的合理制度的开端。这办法正从制造厂扩展到家庭。始創于冷藏庫的人工致冷法，已經进了廚房，并且作为最古老化学工业的烹調术，終于走向科学化的路。虽則在家庭里进行烹調的越来越少，就是仅仅为了节省时間而不使終于損及口味，家庭中所进行的就必須更合科学。

对于寄生物的控制

营养学只是曾促使生物学进展的公共卫生上的新方面之一而已。十九世紀的一个主要成就，是引用卫生措施而战胜了由水中所含的疾病。結合工程学和化学方法而战胜甚至消耗性更大的由昆虫传来的种种疾病——疟疾、斑疹伤寒、黄热病和鼠疫——就是二十世紀的一个主要成績，也就是新兴帝国主义加強搾取殖民地的直接成果。这次企图，比早一次表明了对联合措施有更大得多的需要。許多門生物科学，

如昆虫学和生态学,受到激进;而在事实上,有几种,如流行病学和寄生物学,差不多就是在这次企图的执行中創始的。

临床医学对生物科学也曾有过巨大影响,这因为有新的体会,認为必須引用它来了解和应付疾病的作用。确实地,正是科学在处理传染病上的成功,才引起了人更加重視慢性病情,如风湿病和心脏病等,并更重視由于一种机械化文明而生的越来越多的操劳过度和意外肇祸所致的結果。举例来說,普遍推行了汽車运輸以后,除掉增加交通事故外,更已导使职业司机得了几种胃病。

医学和战爭

这方面的极端情况就是战祸,在本世紀里,战爭所散布开来的死亡創伤和疾病,要比在任何其他时代更为广泛。违反常理的是,在战爭的紧迫状态下,在防病和減病的医学上,却引起了比任何和平时代更大的科学努力。血庫和血清庫的方法,就是在战爭中首先試行出来的。如青霉素等新葯或滴滴涕等新杀虫剂所具有的各种強大潛在力量就是因为有战爭而得以迅速发展,并大規模地使用。更为切近地則是由軍事外科学,特别是整形外科学,直接地并按在动物方面的相应研究,已使我們多懂些人体的工作情形以及人体生长和生殖方法。

所有这些原因一齐作用起来,正在創造着一种新的人类生物学,它合併并恢复医学各派的旧有解剖学和生理学。研究工作趋向于在医学訓練和經驗中,承担較大成分,并供給医学界以具有科学眼光的干練人材。我們确实正在亲自看到医学从一种玄幻艺术迅速轉化为一种科学学門。

農 業

在二十世紀里,农业成为对生物学研究的一种有力刺激。在十九世紀里,在农业上作出的变化主要是机械化方面的。問題是須要找出較便宜的方法,或更特别地較省人力的方法,去做基本上就是新石器时代农人在当时所作的工作。二十世紀农业上的变革,大部分仍属于机械方面的——拖拉机是一种二十世紀的革新物——但这些变革同时正在越来越带有生物学性質,在积极方面,是走改良肥料和飼料的方向,而在消极方面,是不断对自然界的和有生命物界的力量作斗爭,对昆虫、霉菌、和病毒进行战斗,并保持土壤,以防侵蝕和貧瘠。十九世紀后期由 V. V. 杜古查耶夫(Dokuchaev)(1846—1903 年)和 K. D. 格林卡(Glinka)(1867—1927 年)所开創的全部新科学即土壤学,其中仍带有俄語語源的名詞如灰壤和黑土等,实在就是企图建

立一种科学农业的一个直接后果。

新旧生物学工業

发展生物学工业的第三根源就是从旧的和新的生物学工业直接派生出来。如我們所已見到，酿制曾对初期細菌学提供了某些最大的进展，而到今天就越来越認識到化学工业中很大部分，特别是依靠应用天产物的部分，若用生物学方法，即細菌作用，就时常可以处理得几乎象用直接化学方法同样地經济。事实上，我們正看到一种新型工业成长起来，它把自然而然进行于許多現有动物，如牛类或白蚁等体內的作用，按照工厂規模来进行。牛类并不自己把它們所吃的草直接消化掉；毋宁应說是草先餵养住在牛类的各别胃里的大羣細菌，而牛再靠細菌所生的可溶物和細菌的屍体来生活。

在将来，我們可能找到根据全部細菌和藻类新陈代謝知識的整个工业——一种微生物学工业——生产着药物如青霉素，还有食品和工业产物。这工业，在許多种物品范围內，特别在結合着近代农业废品的有效利用方面，就对純粹化学性的工业进入有力的竞爭。在二十世紀后半，实在許会有一种以应用生物学为根据的工业，其規模之大，也象在十九世紀以应用化学为根据的工业(596 頁)。

二十世紀生物学進展中的各方面

为了透視历史，对于影响二十世紀科学发展的各因素所作的这些一般性思考，需要补充，要考虑到这个紛扰而剧烈的时期里政治和經济事件对生物学的关系。这些已在第四篇导言中有关一般科学的、以及第十章有关物理科学的叙述里討論过了。

要在生物科学里探索出任何划分得清清楚楚的进展阶段，象在現代物理学方面那样显然，就不容易。因此就沒有要在內部发展和外部发展之間追踪出密切平行事例的問題。儘管如此，正因比較地缺少強大經济支援，所以生物学已表明自己最容易受到大量注入的經济援助的影响。特别是在医学和农学两方面曾由战事的刺激而有过迅速进步。誠然地，有些时候，正在当时的經济兴趣曾使生物学研究染上了一般色彩，例如三十年代的营养生物化学，或第二次世界大战时的抗生素学。

慘痛經驗把我們时代的历史的主要分期深深印在每一个科学家的心坎里，其实也在每一个成人的心坎里。两次大战，以及发生在其間的經济衰落，就足以把这五十年分作不同长短的五段。

在直到 1914 年为止的第一时期，也就是自由主义时代的黃昏，生物学紧随着扩

张中的帝国主义繁荣起来。这是医学最初大胜疟疾和黄热病的时期，也就标誌出澳大利亚和加拿大动植物育种事业开始赢利的轉捩点。

第一次世界大战中的生物学

第一次世界大战是一段插曲，这插曲，除在美国而外，渙散了生物学家們的研究工作。不过这次大战可以用来表明种种抗疫措施，在这时在历史上第一次足以維扩大軍久駐战場，不过，仍不能防止发生于半挨餓的非战斗員中、比战事还多杀害数百万人的战后流行性感冒的传染。这次战事还应用了毒气，使人略略預尝到生物学战事的滋味。为了进行毁灭而第一次公然施用現代科学，激起了科学家和人民如此的反响，以致侭管在两次战事之間官方从未中止研究，而在第二次世界大战中沒有一个交战国敢于用它。事实上，只有莫索利尼（Mussolini），在他对待埃塞俄比亚人而进行所謂开化任务时，曾再度使用过毒气。由于他們是黑种人，又不能报复，对待他們使用任何作战方法都算合法。

两次大战中間时期的生物学

在两次战事的中間岁月里，包含了最初的繁荣尾声衰落和再繁荣，跟着是三十年代的大衰落，而最后則有納粹主义兴起，更随波逐流地走向战爭。最初，正是由于受飢餓和疾病的刺激才使生物学家集中注意力于营养問題和抗疫研究。这样一来，就有了一种大冲动力，来使用在早已发見的各种維生素和相关的激素。战后最初几年的特征，最容易是用生物化学的成年来标誌。

經济大衰落，以它所处的丰足中的貧困的情景——如咖啡被焚燬，作物被犂翻，和以百万計的熟練技工失业——就頗足表明生物学在当日流行的經济制度中是无益的和受挫抑的。在同一时期，作为苏联第一个五年計划一部分的医学和农业上的迅速发展，就开始表明另有一种可以施行的更替办法。在三十年代后几年里，战爭阴影伸长了，而且，納粹党的种族理論猛烈地散布出去，連带着他們对科学的歪曲，就使生物学家，尤其是发生学家，回忆起了他們的工作对社会的含义。

第二次世界大战中的生物学

然而只是在第二次世界大战时，生物学在实践上的充分潛力才开始得到領会。由于需要保障作战人員使免得病，特别是在热带战場上，以及需要減少創伤后果到最低，就引起普遍推进卫生、医药和外科手术。滴滴涕、青霉素、百乐君主要地都是战

时产物。同时，对食品既有压倒的需要，就刺激了农业和各种加工工业。

战后生物学

这些良好影响中有些持續到战后的混乱时代，有些就不曾。在一个方面，科学的軍事用途，当战时大部限于物理科学，等到和平来临，本身就移轉到生物科学去了。对于制造原子彈时所生的放射性毒素的研究，以及对細菌武器的实驗和試用，看来已开辟了一个生物学作战的新时代。那怕就是氢彈試驗已經表明它作为散播毒素者的效能，而这已在日本漁民和太平洋島民身上得到确証，只是太悲慘了。只有靠自覚有社会責任的生物学家們所启发了的民意，才能阻止氢彈变成殘酷的現实，并危害不仅是整个人类，还及于这个行星上一切生命的存在。

同是这些战爭所产生的力量的积极方面，就是把新的物理学技术滲透到生物学里面去：象放射性示踪剂、超声学、电子显微鏡、和記录人脑的直接反应的电示脑动器。战后第二时期标出生物物理学的成年。这并不意味着生物化学已被废弃：生物化学的最大胜利还在将来。在战后时期里，我們已亲見抗生药物倍增，以及循合理途径去研究激素疗法和一般药物的开端。

同时，标誌出生物学在有关农业方面的是認識到有一种急迫需要，要停止浪費天然物資，要建立食物的新来源，引致結合工程学和生物学的計划，以改变自然。这事不再是片断地，而是按照地区規模在进行着，而对这办法的最全面例証就是里海和黑海盆地的抗旱計划。在这些企业中，正在尝試着一种包容地質学、物理学和生物学的綜合工作，其中就正用着一种新的生态学，并非为了代替原有的自然生态学，而是要代替那种由人們主要在以剝削和图利为目的的經济制度驅策下而強行的危害性生态学。

生物学中的生長点

有关生物学在二十世紀的种种进展的这篇摘要叙述，可以充作导向更細緻地研究各种生物学学科的进展的一篇导言。在本阶段所談过的已足以多少表明強大經济和社会力量怎样协助今天生物学迅速进展，也多少表明这种进展对經济发展进程的交互影响。然而影响生物学各分支的进展的，不仅由于社会力量給予了各分支以冲动力。这情由的另一部分則是这些經济和政治力量影响到生物学思想的內在作用，影响到一些观念的范成和生物学家思想上对自然現象的种种不同解說的接受或拒絕，并且因此而影响到进行观察和实驗的类型。

只是当我們更广泛地却更細緻地考察到最近五十年里曾显出最伟大最富成果的

进步的生物学主要分支时，这些影响才呈現出来。我所选取的是：11.2—11.4，生物化学，在这一庞大而迅速生长的主題里，更进而区分为 11.3 微生物学和 11.4 医学生物学，包括化学疗法在內；11.5 包有細胞学和胚胎学，講到生物的生长和发育；11.6 討論生物的整体，特别对于生物的內分泌和神經的控制系統；11.7 包含遺傳学和進化学；11.8 处理生物間的关系作为生态学，还有应用生态学这門实践科学，即農業学。最后一节，即 11.9，企图多少預測一下生物学的未来。我深知原可再包括許多主題象植物生理和动物行为，更不必提古典范围內的动物学和植物学的进步了；但在这些方面，我的知識更受局限并属第二手，而且，在这本书里，我由于必然原因从不企图作一种包罗完备的叙述。

由于每一論題实在包含了繁杂到令人悵惘的分題，因而在处理中就不能維持甚至象应付物理科学所达成就的那种程度的历史性处理法。各論題間的先后关系甚至更难循索。对比着已經在此处以及在第六篇的导言里所曾略述的一般历史背景来看，那些特别进展中有許多可帮助表明一种对政治或經济事件的密切的或疏远的关系。

生物学上这八門进展区域不是分离的而是屡屡重迭并相互融合的，此外还結合了成分越来越大的物理科学。这八个区域中前五門联系医学較为密切，而后三門則联系农业較密。二十世紀里所有这些分支都有巨大进展，而事实上其中許多在基本上就是二十世紀的科学。

11.2 生 物 化 学

生物化学这門科学远不仅是施用化学于有关生物学各問題而已。它毋宁是企图发見，并終于仿效，发生于生物体內、微妙得多、且受控制的那些化学作用。生物化学起源于研究发酵，至于它建立为单独一門科学的年分，可多少武断地当作在 1897 年，那时 E. 布希納(1860—1917年)几乎在无意中察覚虽然沒有活細胞，而压碎了的酵母也能使糖发酵。这一情况表明一种无生命的化学物質，即所謂酶——原文 enzyme＝在酵母中——是发酵的原因，并且一些类似的物質是有生物質里所发生的大多数其他化学反应的原因。

然而要經过約四十年，才开始明了酶类的性質和其作用的机制。在十九世紀的大爭辯中——巴士特和封·利比喜关于发酵性質的爭辯中——两人都对，也都有錯(378 頁)。利比喜主张发酵是由一种化学物所引致，終于被支持为正确。在另一方面，这些物質都不是实驗室里的化学物品，而是只有生物才产生得出来的，这就証实巴士特所主张发酵中生物有基本作用之說。誠然，自从刚有历史起人就知

道，并已用过无生命的酵素，如麦芽里的淀粉酶。布希納的发見所以重要，則在它証明了一件久經怀疑的事实，就是往往归之于由神秘生命力而起的各項細胞內部反应，乃由于細胞內部的若干种酵素或酶。

从本質上把生物化学从更經典的有机化学——本身是从研究生命产物而起——区别开的地方，在于生物化学所討論的化学过程是那些借按照酶类作用而进行于生物細胞內部和其周围的过程。举例来說，差不多所有的生物都进行着两种主要作用——发酵和氧化——另外还有一个，就是今天所有其余一切都要依靠的另一种作用：即綠色植物的光合作用。这些作用在組成上都很簡单，但在执行中則极其复杂，要經过若干步驟，每一步驟則由一种特定的酶所操持。

在本节短小篇幅里不能企图照应該做的那样，按着生物化学的历史次序，連同它对医学、农业、和工业的相互关系，一并解明并陈述它的小史。用作开場的資料极为多样，其中簡直要包含着从生物方面所能找到的許多万亿种显然各别的化学物質中不是完全任意选出的几千种。它們之間的反应，甚至更是多种多样和层出不穷。[6.74;6.93] 要探这个迷陣，綫索在事实上是由在闡明和控制有益的或有害的自然过程的努力之中，从人类社会、和經济方面选择的确定問題来提供。在生物化学的发展中，对促进或制止发酵或生长，对了解药物作用，对驗定食物的眞价值，这些需要都各有作用，而且，通过每一阶段里所記录的成功（維生素、激素、和抗生素的发見），就一步一步增加了生物化学的名望和活动。偏离医学、工业有关的主要路綫的，另外有过許多誘惑人也酬报人的歧路，甚至单純好奇心也起过它的一份作用。伟大的霍布金司在研究生物化学时，就从分析蝶翅色素开始——这一条途径导入了和維生素 B 的成分之一，泛酸，有关系的重要蝶翼素基羣。

即使生物化学史能被紧湊成短短的一篇，但对非专业的讀者，沒有比小史本身更长的說明，就介紹不了。面对着这种种困难，又恐怕冒犯我的一些研究生物化学的朋友，最好是放弃走沿革史这条路，而討論生物化学各种局面中能特别清楚地表現出科学研究和各种社会力量間的相互关系很有限的几种。此外，为了使得这些起碼能懂，我愿意凭着我的难免陈旧的現有生物学知識来处理它們，其結果是这些局面必然出現在一种比起它們产生时很不相同的科学知識背景。我所采用的次序与其說是历史的，毋宁說是邏輯的，但即使这样，还难于使每部分只依靠前已发生的事，而不同样要依靠将来发生的事。因此，这样做，对特别感兴趣的讀者，会值得再讀一遍。我的开端要簡略地叙述一下最大量有生物質似由之构成的居間分子构造单位。必須这样才能引入对酶和輔酶的作用，以及发酵、氧化和光合的过程。然后轉到維生素、痕跡元

素和激素的小史,作为再进一步的实例,以說明微量特殊物質的生物化学作用。从这里就打算回头来考虑那些最复杂而特殊的生物学物質,即蛋白質,并略談一下它們怎样产生和消化,以及它們在生物体里担任什么样的脚色。

这就引致新陈代謝的一般描述并对微小生物如細菌和酵母等的总体生物化学的討論。講述和分析生物中出現的物質和过程,还只是第一步。还有必要說明各种生物如何而有的,并且,这一討論就引致提出一些有关生命原始和它的早期发展的問題。最后我要講一点生物化学和医学发展間的一些关系。

有生机体的基本分子

近来的工作証实了,給予生命以特定特征的,与其說是任何实質物的存在,毋宁說是續化学过程的不断循环的活动(502 頁)。不过,要能討論这些过程,就必須先談一点介于簡单无机气体分子,如氨或二氧化碳,以及作为現代生物基础的、极复杂的各种蛋白質和核酸之間的各种分子的形式具有十来个原子的較小分子,比具有成千到上百万原子的較大分子,出現得早,这是合邏輯的,也許还是合史序的。

所有这些分子实在都已經被証明能分解为比較少数的类型,而这些类型本身大都归入四个主要分組。这些分組是(1)构成蛋白質类的二十余种氨基酸;(2)几种含氮双鍵环分子,包括核酸的各种嘌呤和各种嘧啶,一些細胞色素的各种吡咯和卟啉,和許多在生理上活动的生物硷;(3)植物酸和碳水化合物,最多是醣和它們的衍生物;(4)脂肪和相关的固醇。地球上所有生物,經过人研究它們的生物化学之后,都好象是由这些种基本分子构成;經过研究的生物种数虽則比較少,但这些种应作为一个具有代表性的例子。

这些当中,氨基酸类,或至少其中較簡单的,看来最原始,而近来实在已由密勒[6.106]从光对氨和二氧化碳的作用制造出来了。含氮圜化合物看来是从前一种,由圜組成作用和去氫作用而衍生的。醣类和碳水化物类看来現在是从二氧化碳和水經光合作用而产生的,但这是一种复杂过程,而它們原来很可能从第一分組里經过去氮作用而来。看上去,脂肪类和固醇类离开原始素質最远。它們可能衍生于一些圜化合物,或醣类,至于它們的原始則至今仍属不明。

对今日生物界,揭出其中共同原始的,不只是比較有限的若干基本分子羣的存在,也还有一切有生机体內合成和崩解二种共同途径的存在,前一种更显見于植物,而后一种更显見于动物。除毒物不計外,每一动物能从每一植物得到些滋养料,而最后所有动物都靠植物为生,这件事实就表明:按照生物化学看来,生命是个統一体。

酶类的作用方式

这个統一性之得以維持，是由于現在由酶所催化的連起来的反应鏈的作用，不过現在的酶不可能是具有这样职能的原始分子。現在知道由于酶的作用，只要一小粒那怕是粗制品，如乳凝物或麦芽，就能轉变量大得多的所謂被作用物，如牛奶或淀粉，对这作用的了解在过去就必須等到酶能制备得相当純淨才行。这件事直要到二十年代的中叶才得达成，而即是在今天，虽然已知的相当純淨制品的种数已可以百計，也只有几十种酶通得过結晶检驗。

只有当酶經过提純后才能公允地判断它們的巨大效用。[6,93a] 一种酶象过氧化物酶的一个分子，每秒鈡能活化——百万个过氧化氫分子。提純作用的基本重要点，在于要表明一种粗制酶，即所謂酵母的釀酶，不曾一下子就把糖变成酒精和二氧化碳，而发酵过程是由大約二十种可分开的酶进行着，每种負責一項瑣細的化学步驟——如除去被作用物分子里的一个原子，或移动一个化学鍵。事实上看来細胞內种种化学物質所起的生物学轉变很象現代化工厂里所发生的轉变。在工厂里，每一反应皿只进行一种操作，而把轉变成功的物質移交次一反应皿去处理。再者，每一各别步驟所牽涉的能量变化，經察出只是极少，这样就保証反应得以在相当低温下进行，而不致放出足够的热来显著地提高温度。一个酶轉化体系就象一对步驟，它們能使反应物越过一个大能量垒，而不需要一气跳过时所必要的能量或高温。

一旦能把酶类提純，就显見其中大多数就是蛋白質，或含有蛋白質。久已知道，朊类或蛋白質类如蛋清或瘦肉，在所有活細胞里都有，而其硬化的一种，則見于珠被，如蚕絲、羊毛、或角質。恩格斯早在 1877 年就把生命說成是"蛋白質存在的方式"。[2,16] 至此，对提純了的酶类还是第一遭开始看到它們所以重要的至少一个原因，即是：它們有促进生物化学变化的本領。往后我們还要多講些蛋白質的結构。足以应付目前的則是說大多数种蛋白質酶是含有酸、硷两羣的、由上千或更多原子的巨大可溶分子所組成。

生物化学方法

生物化学的方法，就其有别于物理化学或有机化学的而言，主要是围繞着酶的作用成长起来。生物化学家的艺术在于从一块搗碎了的組織——象肝或籽芽——分出所含的各种酶。除了运用一切新旧化学技术而外，生物化学家用以工作的还有从酶类本身学习到的和修改过的器物。往往有可能用某些药物，来毒害或鈍化某些特种

酶，因而在相应之处，使鏈停止而找寻中間产物。根据酶使被作用物轉变的速率来量度酶的活动力，就正可用来追获它。一种較活动的制备品必然含有較多种的酶。如果进一步分餾看来不能增进活动力，那么，这酶大約就离純淨程度不远了。

女巫的蠱鍋

这种利用活动力比度的浓縮方法，是生物化学家得自經典化学的最有力工具中之一——居里夫妇就用它把鐳分离出来——而經典化学則是从矿工們的实践中导出此法。利用这些方法，一旦認清了一种活动力，就能寻求含有这种活动力到可观程度的物質，等到寻得了最好的一种，就可把它提純，而在过程中往往产生出具有料想不到的种种特性的相关物質。原材料的形形色色就象原始巫医或麦克貝斯（Macbeth）悲剧❶里女巫所用的那些原材料：

沼蛇的筋鞘，
在鍋内沸煮幷熬烤；
蠑螈的眼和青蛙的趾，
蝙蝠的毛和狗的舌子，
蝮蛇的舌叉和蛇蜥的螫刺，
蜥蜴的腿和鴟梟的翅，——
为了蠱術魔力高，
像地獄肉羹般沸騰而冒泡。

不过，在今天不再把它們混合一起，而是細心地逐一分开。就是照这样做而查出了幷提純了不仅是酶类，还有維生素类、激素类、和抗生素类。有一队越来越多的生物化学家耐心工作了五十年——英格兰的生物化学学会在 1911 年只有五十个会員，現在超过了一千六百人——已闡明几个完整的反应鏈，幷找到約一百种酶和其他一些具有生物学活动力的物質。后者之中具有較小分子的許多种已被分析过，幷有几种已用有机化学方法达到合成。

輔 酶

人們开始更仔細研究由酶类促起的反应鏈时，就发見酶类里的蛋白質类幷非单独发生作用。对推进这些反应同等必要的是少量通常可溶而分子量不大的非蛋白質

❶ 莎士比亚的名剧之一。——校者

物質。这类輔酶——輔酿酶——中的最初一种是由哈登（Harden）和楊（Young）在1906年查出，并經厄耳非近（Elvehiem）在1937年証認为菸硷酸的一种二核苷酸化物，即抗癞皮維生素。已知的輔酶类沒有酶类那样多，但同一种輔酶可代理几种酶。从若干事例里，查得輔酶的作用是接受并传送主要酶反应中所解放的原子或小分子。例如核黄素在变氧为过氧化氢时，就充当氢的施主。

呼吸系統的各种色素

上述一种蛋白質酶对一种小而活动的分子的关联就显出酶类作用和所謂呼吸系統色素，如血液的血紅蛋白質，或細胞的細胞色素之間的密切平行情形。这些呼吸色素所含有的是一种珠蛋白松松地結合着一种顏色鮮明而通常含有金属的卟啉基。这样的配合看来能使一个小分子，象氧分子，十分松弛地抓持着，因而这小分子就很容易就位和脫离。这样，呼吸色素的作用在于执行一个关鍵步驟，即引入和移去生物化学体系中的小分子。

痕跡元素

它們的特异性很有賴于它們所联合的金属：因此只有鉄在脊椎动物的血色素血紅蛋白質里起作用，只有釩在与脊椎动物有亲戚关系的石勃卒的血色素里起作用，只有銅在蝸牛的血色素里起作用。由于这些物質都很活泼，一个含有五千左右原子的蛋白質分子只要一个金属原子，所需用的金属量极小。但沒有它，这系統即无法工作，而动物或植物就要死去。牧草如缺少某一种金属，牛羊吃了会害莫名其妙的衰瘦病，求到的解說就在于此。例如現在在每畝田里使用二十八磅鈷，就能治好牛只衰瘦病。使用这类痕跡元素，很可能在将来大大扩充有利的耕种面积。

光合作用

卟啉类是有顏色的分子，就是說它們对可見光有反应。因此我們发見其中之一——叶綠素——在光合作用中是无敌地最广布和最有效的取光分子，就毫不足怪了。从太阳来的，使植物能生长，动物能运动，人能思維的所有能量，都通过这样的一种分子。高等植物里的光合作用的粗糙产物，看来很够簡单。从空气中取得二氧化碳，还原为碳，再与水化合而成碳水化合物——糖、淀粉、或纖維素——多余的氧再送还空气。

在实际上，用尽了光化学上和示踪剂技术上的精致方法，研究多年只不过表出这

过程十分复杂,而且尚未完全揭露。光的作用好象是移除水中的氧,而余下的氫原子后来就被利用要把空气中二氧化碳所构成的一种羧基酸,还原为一种糖。

呼吸色素、酶类和輔酶类所生的作用經发見后,就指出一条途径来解說人类久已知曉的一些現象:对大型生物而言,那怕施用极微量的某些物質,也会产生一些剧烈后果。这点知識实在要早到旧石器时代最初发見并使用毒物之时。希腊語 Toxon(箭)就代表箭和毒的意义。在几桩簡单事例里,一些毒物发生作用的情况,可以解說明白。例如氰化物和一氧化碳的作用是把血紅蛋白質的正鉄血紅素和一些有氧化力的酶类結合得比对它們所应带有的氧更牢固些,这样就阻塞了輸氧的主要机制。

維生素的發見

生物学过程中一些为量极少的化学物質的重要性在現代也发見了,但毋宁是似非而是地倒过来从缺少它們的时候所生的后果发見的。在过去,把許多疾病說成是也十分正确地是由于飲食方面的一些缺点。这些种疾病中,当以坏血病,即海員所患的病,为最重要,而这也是最早認識到的一种营养缺乏症。早在十八世紀,庫克船长就已长久备下鮮果,使他的船員們免得此病。但此項知識未具科学性,故在十九世紀流行的細菌致病理論下,就不免被忘却。正是由于霍布金斯的天才,[6,96]才初次引人注意到充分的飲食中含有一些微量的物質,而在缺少这些物質时,生长就停止而各种退化征象也出現了。

后来称作各种維生素的这些附属因素,直接激起人去研究生物化学,为的是这里到底有一些可用的,而且还能直接用来治病的化学品。一种东西缺乏就引起一种特殊情况,这个观念一旦得势后,就要找出所缺乏的是什么,要分离出能治疗这缺陷的那些物質,要决定这样一种物質的分子式,最后还要用合成法制出它,这就变成一件艰苦工作和化学技术的事情了。当然,困难有許多,不过有些維生素却也簡单,例如維生素C或抗坏血酸就是。这种酸最初由圣·基沃杰(Szent-Györgyi)把它分离出来。他給了它一个初听很怪的定义,說是"一种东西,如果你不吃它,你就会得病"。其他各种維生素实在是十分复杂。最初叫作維生素B的,經查出含有不同物質至少十五种,而每一种都需要来在人体內执行某一职能。許多的可能是一切的維生素,看来是担任輔酶的职能,而也許所代表的只是生物已失去合成能力的那些种正常見于食物中的輔酶。

維生素知識对社会的影响

維生素类的发見和分离,以及維持健康时每种必需量的决定,就在原則上提供了

对人类食物需要的初步近乎完备的定量估計。在二十世紀里，科学就这样使人类掌握一种方法，来在食物所能有为的程度內保証全世界的人过好日子，維生素类分布得相当广，因此，它們在混合而充足的飲食里总已含够量了。这就是为什么那些营养缺乏症主要地就是貧困病，而这些病可由优良經济和賢明政府完全医好。例如，当十九世紀时，四肢弯曲的傴僂病在英国如此普通而被称为英国病，到今日就难于一見。这是一桩十分新近的成就，也是要归功給妇嬰健康服务工作的一种成就。迟到 1931 年，抽查結果还表明学龄儿童中，百分之八十以上多少有点傴僂病的临床症象。在另一方面，丧失权利的民族情形就差了。在非洲的大部分还有脚气病，而在意大利和美国的南方諸州則癞皮病常見。

对这些情况的科学研究的价值，是把以前由于有許許多多不相关的考虑而混淆起来的有关营养的事实暴露出来。把穷人的疾病归之于酗酒或恶习，这很容易；而且只要穷人不显而易見地由于缺乏食物而餓死或接近死亡的話，就認为对于它們所能做的一切，都正在做了。由于現在有了新知識，对剋扣含有維生素的好食物这种反人道主义的眞实罪行就不能再掩蔽了。一旦这种知識确然建立了并广布出去了，那么，由于社会上的疏忽而在实效上使人类丧失活动力和成殘废等情，也就成为不能再容忍的了。

很够表現特征的，倒不是这些考虑，而毋宁是第二次世界大战中要适合軍队作战的健康要求的那些考虑，才引致充分有效的和官方着手的应用营养科学，这工作做得效果如此之好，能让英国人民吃一种节約得很多的粗飲食，而比战前实在还要健康些，这样的飲食，在沒有維生素知識时，就不免于意味着，特别是在儿童之中，大量引起营养缺乏症以及流行病的普遍增加。

激素类

极小量特种分子的重要性却不限于食物里的分子。当这些研究工作在进行的同时，别的一些研究工作，也就表明身体上許多状况都靠有产生在躯体內的小量物質，通常在一些特别地方：即那些所謂內分泌腺，它們的作用对初期解剖学者曾是一桩神秘。这样，发見了一羣新物質，E. H. 斯塔灵(Starling 1866—1927 年)在 1905 年称之为激素，或催进物，类如結合着女性性周期和授乳期的雌酮和有关的卵巢激素类。另一种是甲状腺素，如不能产生此素，則将引起甲状腺肿和呆小病。甲状腺素的关鍵元素是碘。許多地区缺少这元素，就成为上述諸病的基本原因，但如把碘化物适当地分布一下，这些病就可防止。在其他一些事例里，例如胰島素，問題就更为复杂，因为

这激素本身就属蛋白質，目前尙不能用合成法制出。患糖尿病者要靠其他生物产生的激素来代理，或靠牛羊胰里提出来的胰島素。不幸全世界糖尿病病例发生多于来自动物可能供应的胰島素的量。除非我們情愿容忍由于一些原可防止的病因而死去几十万人的話，就应該用最坚决的和充分受到支持的努力来合成胰島素，或胰島素代用品。

植物激素类

維生素和激素的研究上的一些成功不仅限于动物而已。温特（Went）和其他人在1928年开始用生物化学方法来研究植物生长所受外来刺激如光和重力的影响方式。如果說植物自然而然向上长和向着光长，就簡直是註熟見来掩飾无知。一个基本的求知步驟是測量它們怎样长法；但只有用控制和改变环境情况的实驗法，才能开始認識这个过程。就是照这样的方法而发見一些能使細胞伸长，也就是长大的天然物質，即茁长素，而植物长得或直或弯，就看茁长素分布得或均匀或不均匀。后来又发見一些人造物質，和天然茁长素在化学上不很相似，也有相似效果。現在已广泛地使用这些异茁长素来促进发育，特别是使插枝长根。如果剂量較大，就引致不受制約的发育和死亡，因此就开始应用于消灭害草。由于資本主义世界的病态心理的特征，就大花錢并严守秘密来发展其他一些，要在細菌战爭里摧毁敌人的作物，并且近来曾对馬来亚农民試用过，并未遭到有效的抗議。

研究各种維生素和激素，并且更甚的是在施用这些东西的实践中往往有的一些戏剧性的效应，这很引誘人不再当生物是机械式机器而是化学机器。后者的作为完全取决于給予它們的有效作用物的总体。照有經驗的生物学家，甚至生物化学家所指出：如果单使用一种特效化学品就引起某种生理效应，并不能由此得出結論說，同样的或者极相似的化学品，就不会在健康条件下，也引起同一生理效应。有許多其他化学的、和神經病学的因素要加以考虑，而且，从一些十分不同的途径可以得出同样的結果。話虽如此，这种知識究不应引起生物学上的一种全面散布的怀疑主义或神秘主义。把它正确地看待，它应該成为鼓励人更深入和更广泛地去研究生物学的推动力。

免疫学

到目前为止，我們強調了生物体內分子的活动。某些分子具有另一种性質，即种属特异性，而这性質也特殊地联属于蛋白質。巴士特几乎偶然地在誘发免疫性的反

应中发見了从死細菌調合剂所提取的一种无害疫苗，如何能使病者免遭同样細菌在有毒状态下的侵害。这发見就成为免疫学这門新科学的基础，它的实践成功，則有实际上已經消除的象白喉等疾病的記录。

在本質上，这桩事所代表的只是把几千年来作为保护动物不受疾病传染的过程进一步揭露出来。人类認識和应用这过程，則隱沒于历史的朦朧情况之中了。沒有人知道久已实行于东方的防天花的种痘习慣的起源，但这却极少可以归功于科学。不过靳納在 1796 年正是从这方面引出了他的接种痘苗实施法，而这件事所以重要，是因为这是第一次科学地运用挤奶女工們根据传統而公認为对于牛类所患較輕痘症所施的保护性免疫法原理。要經过近乎八十年，然后人們才貫彻这第一次的突破，并且，直要等到本世紀，免疫原理才有广闊的应用范围。到后来，認眞地試用輸血古法于受驗的人类时，也显然生出同样的效应。

各种血型

最初，在成功之中，也出現了一些严重事故；并发見了有些人的血里的蛋白質类，和其他几类人的血細胞在一起要发生反应，并且实在还要发生沉淀作用。兰斯太納(Landsteiner) 研究各种血型就从这里开始，而这注定确証为在战时，以及在和平时，救人性命的无价之宝。这两項反应都靠蛋白質有高度种属特异的事实和另一事实，就是每种蛋白質可充作人体內的一种作用剂，来产生一种抗体，后者在将来，将沉淀这一种而且只沉淀这一种蛋白質。这种反应的机制至今还不明白，但所晓得的已够表明这种反应所牽涉到的，只是蛋白質分子的一个特殊部分。对此更进一步去研究，必然要揭露蛋白質結构在生物学上的主要詳情。

蛋白質类分子的結构

对种属特异性和酶作用的研究，正开始表明，在生物里蛋白質类該是担任着怎样一种有效的职能，它們同时給出个性和活动性。比起有机化学家所处理的大多数种分子来，蛋白質类就十分复杂。首先，它們的分子是大的——大到用平常化学度量法就度量不了，但又大到够得用物理学度量法来处理，有如斯未保(Svedberg)所表明的，用了超級离心器，即一种百倍加速奶油分离器，所得各級轉动高速来分离它們。

更奇怪的是能使这些分子結晶，也就是說，数以百万計的同类蛋白質分子能湊合在一起——照牛頓的話是"成列又成行"——其有規則正象无机晶体內的最簡单原子那样。这就意味着任何一种指定蛋白質的分子在实質上都相同。相同不一定是絕

对的——直到最后一个原子或鍵都相同——但結晶却意味着大多数分子在大小和形状上相差不过百分之几。

既有了蛋白質晶体，就可使用以前用于有机晶体的X射綫分析法来检查蛋白質結构。这样就得到各种蛋白質分子的大小的准确度量，其范围則自含有一千原子的，到含有数百万原子的——而这些大多数是碳、氮、氧和氫原子。这也对原子怎样团結在一起，給出了一点綫索。目前最近眞的假設是：蛋白質分子是成束的氨基酸鏈，由电荷相当牢固地維持在一起而构成的。

用了物理学的和化学的新技术，就逐漸闡明了这些分鏈的結构。最早有决定作用的一步是桑格(Sanger)在1952年对构成胰鳥素分子的两个鏈中，断定了氨基酸的准确順序。这是分析化学迄今的最大胜利。这些鏈怎样折迭起来或盘繞起来，至今还不明白。对于解决有关蛋白質結构的問題，我們距离得还很远，非等到我們对这結构比現在知道得多些，我們将仍不能作出任何基本解释；这就是任何对引致有关蛋白質过程的任何充分的和有意識的控制而作的任何解释。这些过程，不仅是已經討論过的那些純粹化学过程，也是一些最初步的生理功能，如一切动物运动所賴的肌肉收縮，和神經信息的传导。

纖維狀蛋白質类

肌肉和神經两者都是由纖維状蛋白質类所构成，而各种动物有机体的一些不活泼部分，如軟骨的胶原，毛、爪、角的角蛋白，以及昆虫和蜘蛛的絲等，也是如此。这些硬性纖維状蛋白質，在某种意义上，可作为生物学上的副产物，即留作种种結构用途的排泄物。植物的纖維状纖維素，和昆虫硬壳的甲壳質都承担着同样的任务。正是因为纖維蛋白質类坚实和稳定，所以从原始时代起，它們就已对人类确証为有价值，而也就成为羊毛、蚕絲和皮革大工业的基础。

为了同一理由，它們是最早应用X射綫来进行分析的蛋白質。馬尔克(Mark)和阿斯伯里(Astbury)的工作表明它們是氨基酸类的鏈，这在象羊毛那样的弹性蛋白質类里，是摺卷的，而在象絲那样的刚性蛋白質类里，則是笔直的。这工作作了很多，打下了一个科学基础，从而改变种种旧技术，并提供創造新型紡織纖維的方法。从天然的球状蛋白質类已經产生了一个新范围的副纖維状蛋白質类，象从落花生的珠蛋白結晶所制成的花生布；而且眞正的合成蛋白質类，象聚苯酰谷氨酸酯現在可制成纖維形状，这就威胁着要胜过完全属于人造的尼龙的聚醯胺类。

球狀蛋白質类的結构和發生

然而，从用人工自氨基酸产生纖維狀蛋白質到眞正制成活泼的、所謂球狀的蛋白質分子，其間距离尙远。看来这件事要靠盘起来的和摺起来的縮氨酸鏈怎样形成一种确定分子，如胰島素分子。我們正在沿着物理学、生物化学和生态学各路綫来研究这問題。对每个原子的位置，正在利用X射綫分析法，来設法求得絕对的解决。这里肯德魯(Kendrew)完成了一次肯定的突破，他定出了代換金屬原子所致X射綫衍射的形相，就推导出抹香鯨的肌紅蛋白的大体位形。这看起来是由一个复杂的蜷蟠所构成，他認为这个蜷蟠大部分都是氨基酸鏈的蟠，象在泡令的假說里那样，排成螺旋型。虽然这样，已經很显然，存在着各种复杂程度的蛋白質，从一束一束的摺迭鏈这样的束的集合，例如在血紅蛋白里，直到这种集合的有序羣，如在病毒蛋白質里。

核　酸

在这期間，生物化学的兴趣大都从蛋白質移轉到表观上較簡单但同样带基本性的核酸分子，早已知道，如它們的名称所表的含义，細胞核具有含氮硷、糖和磷酸盐的絡酸。生物化学家把它們提純，已获成功，并区别为两种类型，由两种糖的存在，即核糖和去氧核糖，而表出其特征。这些物質，分别用 RNA 和 DNA 作标記，現在知道在生长和生殖上居于要害地位。RNA 看起来是較簡单的一种，因为出現在一切細胞的外部里、在細胞質里，也在較小的病毒里。DNA 只发見在核里和在較复杂的病毒里，如噬菌体里。由于对受感染和分裂中的細胞进行了一系列使用示踪剂和发生学方的生态-生物化学实驗，已經表明了 RNA 和 DNA 具有自生殖的性質，不过只能在具有一切必要酶类的細胞培养基內才行。最近的发展是，克瑞克(Crick)和瓦特孙(Watson)，部分地用X射綫的証据，部分地用生物化学的証据，推导出了一种令人可信的机制，由于这种机制，DNA 就达成了自生殖。他們已經表明，活細胞中的分子能够取二股螺旋綫的形式存在，而且在适当的环境中，一股能够生殖出与本身恰恰相似的模型。他們也提出建議，不过尙待証明，認为 DNA 能够合成蛋白質。RNA 在活細胞中和在病毒感染中肯定都能合成，但它的分子的位形并不正确知道(参看頁531)。

这些发現很可能在我們对生命及其起源的了解上标誌出一个轉捩点。在目前我們正在瞥見大部分由蛋白質所实現的生活过程的新陈代謝各方面和由核酸所实現的生殖之間的相互关系。我們面对着一个熟悉的表观矛盾。核酸合成蛋白質而蛋白質

合成核酸:哪一个在先呢? 这里,从演化的眼光看,答案又是二者沒有一个在先,而是某种較簡的先驅分子型。一条綫索也許可以找到,就是核酸的核苷酸部分和已經提到的根本輔酶之間的相似性。

新陈代謝

生物学上各种中心問題之一是新陈代謝問題。如已談过,某些新陈代謝过程——例如糖的烧化——已經多少解决了;但还有比这多得多的問題依然要待解决,而新陈代謝的建設部分,或称組成代謝,的研究則几乎尙未开始。不过,特别是由于用了示踪元素,很近才澄清了一件事情;就是說:組成代謝,即从躯体內較簡单結构到复杂結构的組成,以及分解代謝,即这些結构的分解,都进行得比一向所認为的要快得多。我們躯体內的、以及所有生物躯体內的分子永远在改造状态之中,并且,原子就象几乎不断的流水般通过躯体。很可能沒有人会还有初生时的原子,即使有,也不过几个,而且即使是成人,大約隔几个月,我們或許就换过体內的大部分物質。

生命作为过程的生物化学特征

那么在个体生命中,具有永久性的不是构成生物的物質,而是有組織的生物所由构成的分子的形状和反应。生物的实在物質所以看来是基本性的,主要是由于必須先有这物質来执行化学变化的不断循环,而这些变化就是生命。由于这些变化是在生物的整体之中,所以在每个活細胞之中就必然是多少是平衡的。这一情况——或多或少地——意味着在每个細胞的內部,以及在作为整体的生物体里这些循环是永远不完全的;又意味着在生命起訖全段过程中,生长或退化是常規,而这就是对于亚理斯多德所主张的統治月下球层的"发生和腐化"的遙遙回响(113 頁)。还有一层,如克罗德·伯尔拿所指出,在某些限度以內,平衡是稳定的:生物的反应是要維持它的內外环境恆久不变。只是当超过限度时以及某一种变化失于控制时,活細胞或生物才不按协調状态执行它的功能(或者照我們所說就是死亡)。即使在这种情况已經发生之后,它的組成部分中許多种,如細胞例子里的酶类,或者生物体例子里的整个細胞,暫时仍同以前一样有效。

任何一个生物当活着的时候,所具有的基本特征是它的种种过程的順序和协調,而未見得是不起作用的物質的任何結构。就这个行星上全部生命而論,則过程隐然显得甚至更为重要。

在生殖方面,也象在生长方面,过程的循环有所变更,但要慢得多。只是当实在

过程和維持它們的結构，被看作是一种长期进化而首先是化学进化的产物时，它們才取得充足的意义。

只是在近数十年来才开始探索有生物质的基本化学过程所具的本性，而目前这工作正处在一个十分活跃的发見阶段。所有这些过程看来都由于酶-輔酶体系之所致。誠然，看起来在細胞內最多数自由蛋白质分子是作为酶类在发生职能輔酶的任务，特别是含磷的核苷酸化物类——核酸的組成部分——的任务，看来具有关鍵重要性。它們好象是充当了放出能量的一些分解过程，以及吸收能量和达成結构的一些組成过程之間的环节。[6.102]

如我們所已見到，这些由酶操作的轉变，是由微小能量步驟出現的，并且使得生物能进行很可观的化学变化，而温度并不显然升高。按照斐納所說[4.87]，生命是"无焰微火"(363 頁)，出現于各种生物里的反应，以及出現于各种生物間的化学关系之中的反应，从互利的共生到公然的摄取或寄生行为，就成为复杂而相关联系化学体系的部分。在充分发展了的，至少在最近十万万年卽已存在的生命层里，比較上很少的有机分子是閒置的，而那些閒置的，如煤和石油却对人类最有价值。大多数都周历着无尽循环轉变的經过植物、动物和細菌而再回到植物。整个生命层可認为是一种进化着的生物化学体系，沒有理由相信这是宇宙中这种唯一可能的体系。在其他一些行星上，許会有别的一些生物化学轉变体系，在效能上，有些不及我們这里的，有些又比这里的強。[6.113;6.77]

生物热力学

在种种有生命的体系內，其能量交換的特定性和被控制性，連同通过它們的物质的高速流动，就大有助于解释一个看来和热力学第二定律有觝触的表現矛盾，这定律要求在每个封閉系統里熵或混淆性，必然一直在增加，或者換一說法，是在时間上越来越失去秩序性。生物在活着的大部时間中，看来在长时期內維持一个差不多同一程度的秩序。它們当生长和生殖时，实在增加了这秩序性的程度，而只在死亡时才失去它。这在过去是当作意味着某种由神規定的或有目的的安排，但在今天看来，这是一个事实的后果，卽一个活的生物不是封閉的而是敞开的体系。如普里戈經[6.116]近来所表明，对于这些体系，熵并不增加；它仅傾向于一个定值。热力学第二定律事实上是对一些封閉体系的一个特例而已。由于这点知識，就沒有任何需要把生物的新陈代謝和生长的热力学方面，認为有什么特殊重大关系的了；并且，这点知識，在二十世紀里，对有机的能量变化之所为，就象缶勒在十九世紀里对有机物质之所为。不过这

并不解决生命問題；它只消去一个已經和本問題混攪在一起的假問題。它留下了那个基本問題，就是：說明表証活生物所特有不断变化着而根本循环的結构和过程的型范的起源和演化。

11.3 微生物学

当生命不被形状和行为的繁文細节所复杂化时，我們最易察覚它的基本化学性質。在二十世紀中的生物化学終于开始揭露那些最小生物，即細菌、酵母和霉，以及那些最簡单动物——单細胞原生动物——的生命的秘密。所謂簡单，只是在形状和結构方面而已；在生物化学方面，如我們将看到，它們如果不比那些高等生物更复杂，至少也同样复杂。对于研究它們的大力鼓励和支持，既有来自医学方面的，因为要治疗它們所致的种种疾病；也来自工业方面，因为它們产生化学品和药品，包括一种最重要的通用药品，即酒精。由于土壤的肥沃性在很大程度上要依靠它們，所以現在也开始研究它們对农业的貢献。

生物学战爭

然而近十年来微生物学中最紧张的也最濫受資助的研究，就一直以准备生物学战事为服务对象——为了所謂純粹防御性目的。[6.118] 在这方面的目标是要培植，而不是要扑灭，具有最大毒害能力的生物，并且要找出种种方法，利用噴射昆虫或其他媒介来保証能把这些生物散布得最快最广。象炭疽、馬鼻疽和地中海热等剧毒細菌的生产已达成量以数十吨計的程度——如果均匀地散布开来，就足够歼灭整个人类。細菌毒素的致命力甚至更厉害，因为其中有若干种不消一嚥就能产生同上的可怕結果。这些生物本身，看来由于它們有在疫症中繁殖的能力而被看中。不过这里有一个严重的困难，一种細菌的致疫效力只能在战場上并針对人类来估計。正是这种需要，使得朝鮮和中国科学家們对在朝鮮战事里实行了这样的試驗所提出的控訴有声有色。[6.85;6.117] 英美人民驟然难于相信这些控訴，就正足以測出羣众对这种作战方法所感覚到的憎恨程度。尽管这样对这类武器的研究和发展仍在継續，甚至还在加速。美国政府仍然持續拒絕批准禁止使用細菌武器的 1925 年日內瓦会議，很显然，假使发生另一次世界大战，对細菌战，也象对毒气战的唯一障碍就是怕报复。許多科学家都覚得这种局面不能容忍，而且，在其他的科学組織之中，在 1953 年举行于罗馬的微生物学国际会議上就記載了以下的决議：

第六次微生物学国际会議深信能理解所有微生物学家們的思想，現在表达

它的意見，認为微生物学这門科学应以人类福利和进步作为唯一目标；所有微生物学的研究应指向这个目的；所有国家应执行1925年的日內瓦协定。

科学意見和羣众意見的压力迟早要成功地阻止这种罪恶最昭彰的歪曲科学目标的行为，并挽回微生物的研究的原有目的，来对付疾病并协助农业和工业。

簡單生物在化学上的变通性和适应性

我們現在才开始窺見使用化学方法来研究微生物学时，这門科学的种种可能性。把这些微小生物培养在含有不同物質的溶液里，就可学到很多有关它們的正常的和反常的生活过程的知識。这些物質对它們的生长的影响可以加以研究，而考察排洩到介質里去的产物，就可获得有关这些物質在生物体內所遇种种轉变的情报。从这些研究出現的知識是：在形态学上最簡单的生物，在化学上却是最复杂的。实际上，它們能进行較高生物所能完成的任何过程，并且往往还要多得多。看来它們好象一些小小化学厂，在这里面，分子一路上从一种酶被递到另一种酶，結合进生物体內而形成生长作用，从它們提取能量，最后作为无可再用的糟粕而被排洩出来。不同生物对于不同过程有所专化，但略为出乎意料，专化看来絕不是呆板的。簡单生物的新陈代謝看来特别显明地有适应性。[6,98] 如果一种食料分子不存在，这些簡单生物很快就利用另一种，而为了这样做，就变更它們的許多化学过程。这样的变异性常常对我們是最为煩恼，因为这个性能对于抗菌毒剂也生效，并且有許多特种現在已习慣于应付磺胺葯类，有些甚至已习慣于应付青霉素。在形式上这是一种化学知識，一旦我們掌握着它的机制，我們将能指导这些生物去制造我們所需要的东西。这就表明原始生物的一种頑強性和伸縮性，使它們在过程中能存活并能演化(531頁)。

病　毒

霉类和原生动物类是內部結构在显微鏡下可以看見的比較复杂的生物。即使是簡单些的細菌也具有特征形状，而在电子显微鏡之下，就开始現出內部結构。如果放在一种适当的介質里，它們全都現有一种很細密的新陈代謝。有些更小更簡单的生物，即病毒，甚至連这种作用都不具备。在种种病毒之中，可以看出一整个系列，从引起痲疹和天花等病的比較大而复杂的动物病毒起，到引起无数植物病的十分細小的植物病毒。甚至細菌本身也有一些病毒，即噬菌体，而这情况就可以想象为"大跳蚤背上有小跳蚤在咬它們"这样鏈串的末一环节。疾病可从一个生物移植到另一个生物，甚至可引起传染病，而在引起疾病的作用上，病毒比起細菌，在本質上并无不同；

事实上病毒和細菌間的区别只在病毒可以通过用来拦截細菌的过滤器，并且在普通显微鏡下不能窺見。現在我們有了电子显微鏡，就可以看見病毒。它們大多呈現为比細菌小得多的小圓体，并且除了几种动物病毒而外，都无明显的內部結构。

結晶病毒

鮑登和皮里(Pirie)一起，还有史坦利 (Stanley) 发見較小的植物病毒具有一些性質，对一个活的生物說来，頗为异常——即它們是結晶的。这情况并經用X射綫来进行研究而得証明，这表明病毒的大多数原子不是摆布得杂乱无章，而是按照有規則部位牢固地維系着，就象在蛋白質分子的例子里那样。换句話說，病毒就是一种化学分子，而同时也具有活生物的許多性質。

威尔逊 (Wilson)，富兰克林 (Franklin)，和其他人近来所作的研究已对病毒的結构有所表明。看来病毒含有两个部分，即按照几何图案安排作螺旋式或多面式。由蛋白質分子組成的构架，以及按照固定部位而附着于构架上的一細条一細条的核酸。看来还有植物病毒和动物病毒之間，除了决定形体大小的蛋白質的量而外，在原則上并无分别。发見于健康細胞內的微粒显得也有一种和这相似的結构。

病毒类不是原始性的

乍看起来，也只是乍看起来时，才会以为病毒是在有生命的和无生命的东西之間提供一种环节。实在說来，对病毒进行化学分析就打消这个观念，因为毒素經証明是一种蛋白質，并且还不只是一种簡单蛋白質，而是一种核蛋白質。这些是本身里結合得有核酸的蛋白質，而核酸本身又結合着含有已經在有关新陈代謝中討論过的嘌呤类、糖类、和磷酸族組合。蛋白質类和核酸类两者都是复杂性很高的有机产物；病毒类不可能算是原始生物，而看来頗属退化的。虽然这样，即使只是在别的細胞里，病毒类能生存并繁殖的事实正就表明病毒所操作的尽于生活、发育和繁殖的最低机能，所需要的除了某一生物化学上的最低限而外，絕不再要什么繁細的結构了。这情况更暗示，使我們借以認識高等生物的其他更带物理性的机能，如运动和感覚性，却是附属性的，并且或許是后来才演进的。病毒如果曾經有过这种种机能而現在却已抛弃了它們的話，看来就是用最精悍的結构节約来应付的：它們全然沒有各种器官，并只由一种化学物質构成。它們只能增殖，实际上是在他种动植物的細胞里增殖，而这就是它們所过的一切"生活"。它們不能以发展較低級的食物为食。

病毒是否象看来那样十分簡单，就属另一問題。仍然有可能，病毒也許会表明为

非独立的生物，而是高等生物的細胞里的脫离常軌的亚单元，并因它們在不熟諗的环境中，因而就以无控制的方式操作。現在看来，可以說病毒的机能单位大都是，如果不全然是，它的核酸部分。沒有核酸的病毒粒子經判明无传染力，而夫兰克勒·康拉特（Fraenkel Conrat）則声称不含蛋白質的制备物，虽然十分不稳定，却能产生这些粒子。在正常的感染中，看来核酸不知怎样离开它的蛋白質外壳，进住在寄主細胞里而增殖。病毒中每一型或甚至每一种，能产生它自己的、具有可辨别形状的蛋白質，这事实就加強在与构成蛋白質也有关的健康細胞的微粒体以及这病毒两者之間的类似处病毒形成过程和受精过程之間也有一个类似处，而在受精过程里，显然地差不多只是精液的核酸部分鉆进了卵細胞。这样看来，我們当作病毒制备物而加以研究的只不过是病毒的干孢子或者休息阶段。正确地說，它們不是独立的生物。

自养細菌

在化学行为标度的另一极端，代表着絕对独立性而同完全寄生性正相反的，則有自养細菌，例如生活在土壤中和温泉中的細菌。这些細菌有了硝酸盐和硫酸盐等簡单盐类，就能滿足它們的全部需要。有些細菌甚至不靠氧来生活，而利用对鉄和硫的化合物进行氧化和还原来补充氧。由于大部分硫积层是由它們构成的，所以它們在經济上頗可重視。它們的极端自足性就表明它們比病毒类一定更接近眞正原始生物得多。然而它們不能算眞正原始的，因为它們在它們的內部化学配备上已經完全失去簡純性，不只具有其他生物所有一切酶类，还要多出几种，必須用来应付它們所吃的簡单物質。

原始細菌看来可能曾經发展成为一些其他生物，这些生物，如果分别来看，在化学充裕性上与其說是較多，毋宁說是較少。一种自养細菌能活在一种尽是无机物的环境里。所有动物和許多种植物已經丧失了这些机制中的某些种，因而就要靠从环境来取得已經制备的有机食料，或如維生素类等副食品。[6.100] 这些生物中較原始的不过是靠透过自己的細胞膜食取其他生物的腐敗产物或分泌物，而活下去。其他略微高級的細菌，已获得一种利用叫作紆毛或鞭毛的一些可动綫状物来运动的方法，使能达到食物較多的地段。更有仍属单細胞的其他一些細菌，例如变形虫，已采取其次一个决定性步驟，而实在食取一块块的食物——活着的或死去的物質；就是說，有效地寄生地以别种生物为食而活下去。这种趋势有双重效应。第一，仅仅由于有了可取自其他生物躯体的食料，其中則含有許多已經形成的主要物質，也就不須具备那些較原始的生物所需要的許多生物化学过程。因此它們在化学上就变得較簡单些，但只

是当它們在組織和机能上变得相应地更复杂时才行。它們必須能針对食物环境起反应而不仅是苟活;它們必須能移动到食物較多之处;并須有某种擒获食物的方法。

形体大小的重要性

为了这样，形体的大小就成为一种重要因素。一些小形单細胞动物在它們的紧邻很能应付——它們不需要运动器官来周历多处。在另一方面,如果它們长得大些,那么,为周历多处而努力,尤其是要一口而替整个机体取得食料，就十分困难。有两种在原則上頗不相同的解决办法。其一是生物停留不动而扫拨食物使它經过自己;海綿就是用这样的原始方式；牡蠣和茗荷介的方式則較为复杂。其他一法是去追求食物;魚类、爬行类、以及最后我們人类自己,都取这种方式。我們人已更进一步，而实际上是促使其他生物通过农业过程，来生产我們的食料。进化的总趋向是从脫离微小单位的純粹靠化学的生存法,而改用越来越增进的組織、协調和理性。

生物化学的演進和生命的起源

所有这些事实都指出生物的化学組織的极端重要性和古老性，此外还指出存在着生物的化学进化这必然在結构进化之先就已有了，不过也許沒有經历那么久。要决定这种进化經历了究有多久，就需要在地球化学上更深入地做綿密工作了。从几种硫同位素出現的比例上看来,到現在我們已得到一点証据,表明牵涉到硫还原的生物化学生命在姑且算是八亿年前的上前寒武紀以前并未发生。按生物化学来講，在五亿年前,即寒武紀底层,生命必然和現在的十分相同；而中間的三亿年必曾包括生物化学进化和形态进化。[6.64] 不过这些数目只是約略的，还須待很多的独立驗証。对于这种进化,我們将永远得不到直接凭証。間接凭証,事实上是記載在現有各种动植物的化学組成和化学机能上面,而在解决它們所含的生物化学反应鏈时,以及在运用邏輯方法来寻求它們在进化过程中所必然形成的順序时，都很可能发見这种間接証据。因此,生物学就提供了生命起源的綫索。反过来,生命起源的研究就是对生物化学的引綫,正象进化論的研究对十九世紀生态学那样。[6.118]

有生命以前的世界

生命起源問題当然可以从其他一端来寻求途径,就是說,从生命未出現以前的世界本質来研究。这是天文学、地質学、而特别是地球化学的事情。这門新科学是当二十世紀工业对希有金属的需要更广泛得多,就应运而成长起来,因为，即使是在发見

鈾的重要性之前，也需求如釩和鍺等其他希有金属；并且这些希有金属的分布，就对挪威的伟大的 V. M. 高耳喜密特和苏联的費尔納德斯基等敏捷的地質学家和化学家，提供了一个問題。

在一个正在冷却中的行星的物理演化里，会不可避免地形成一个包含河和海的水圈。最早的生命現象必然出現在这水圈中，在这圈里水和泥正受到太阳光的作用。組成各种生物的那些簡单含碳的和含氮的化合物，必然就是正在这个时期內聚积起来的（135 頁）。生命也許并无精确的开端。在由一种化学物和另一种化学物之間的不断轉变所引致的活性平衡之中，很可能已建立了某些自延不絕的循环——即 A 分子构成 B 分子，依此类推，到 Z 分子再构成 A 分子。照生物化学的意义，在这个阶段，虽然不存在生物，但全部媒質可以說是活着的。不过，这样的生命显然总归容易消解。只有当产生了大形聚合物分子——蛋白質类或其先导者——化学过程所构成的这些小世界才能把自己維系在一起，自行脫离围繞着的水，而成为最初的生物，而所有以后的生命都从此中之一传下来。这情况的发生可能就象三十年前奥巴林（Oparin）[6.114] 和霍耳登（Haldane）[6.94] 所指出的某些方式那样。

自然發生

一百年以前，認为証明到底有沒有生命的自然发生一事极关重要，而現在却認为行星上生物自己发生是当然的事，而且这种看法并不引起特别的大惊小怪；这对于近百年来心理态度的轉变，是一种奇怪評述。我們現在了解，百年前那些想要証明自然发生的人的观念，实在比炼丹家們的一些迷梦还要荒唐得多。同时，我們也了解这不是不能解决的問題。不过，要解决这問題簡直比我們所想象的难得多，而且須由十分不同的另一途径来对付。

生物化学过程的利用

誠然，我們不象会在将来能用人工創造生命。但更象会出現得多的，而且甚至几年內就可能完成的是：为了我們自己的利益而应用純粹人工方法有效地执行生命的許多机能，特别是有机物質的那种基本机能，即光合作用。倘使我們能用今天照射到地球上的日光，不靠植物参加其間，而直接变出人类食料，这就一举而解决了世界經济的一个主要基础問題，并保証人类得以无限扩增的可能。在这里我們又看到获得知識和获得力量之間的关联。在我們能够希望倣效生物的任何一种特征之前，我們必須首先了解生物如何料理自己；而这将意味着很多的研究工作，其中大部分并不用

来解决那个問題,而只用来找出一些以后或可利用来解决那个問題的关系。

11.4 医学上的生物化学

如已指出(481頁),生物化学研究的原始动力来自医学。作为生理化学,生物化学研究在二十世紀里变为重要,这大部分是因为它标誌出十九世紀里由巴士特工作所前导的医学大革命的第二阶段。早期的細菌学家們滿足于按純粹生物学方式进行,使用从細菌本身制备的疫苗或免疫血清作为治疗剂。到后来,为了想要获得更确定的結果,就引致人們更深入研究这些治疗法的化学机制。这項工作和另一研究主流合流,后者起自各种营养缺乏症的研究,并起自那些已被发見为具有化学基础的新陈代謝病的研究。把它們結合在一起的共同环节,就是生物化学。

愈科学地研究疾病,就愈显得疾病是联系到細胞和組織液体的反常生物化学行为,联系到对我們叫作生活的分子轉变中平衡了的均势的干扰。这干扰也許暴烈,象創伤或肿胀破坏了某一极重要的联絡,并全然断絕了接济,例如坏疽和肺炎,不然,这干扰可能是隐潛性的,例如产生糖尿病的衰敗性变化。身体或其任何部分,如果缺少它所需要的某种化学物,或取得对它的工作有干扰的某种化学物,那就叫作得病。

除了純粹的精神痛苦而外,所有疾病归根到底都出于絕食或中毒。按照毒素如何闖进,或需要的物質因何缺少等情,可把疾病分别成类。下列四类并非排他性的,因为一类会引致另一类,而且,不幸得很,所有这些类可能并发。这四类是:(1)传染或寄生病类;(2)內部的和外部的营养缺乏症类;(3)恶性組織生长的病类或癌,这一类当我們对这些病認識更多时,頗可能証明为属于(1)或(2)类;最后是(4)由于社会根源的种种精神錯乱可能顛复身体內化学平衡而引起的病类。在所有这四类病的防止和治疗上,特别是最前二类,本世紀里已有惊人的进步,而大部分是在最近二十年里。

这种疾病分类法是在这里暫定的,意在显出通过生物化学的应用对了解和控制疾病在二十世紀里所得的种种进展。不过用意并不是要給人一个印象,以为病只是身体上化学平衡的攪乱,要用某种特定的化学治疗物質,或把話說得明显些,从瓶中倒出一种新药,就可糾正。然而这是一步重要的进展。这一进展給医生提供了战术性的新武器,而大大有助于对病作战,但却不能代替长期健康运动的总战略。因为这就关系到整个人和他的經济环境和社会环境。基本的要点是良好的食物、洁淨的工作、伴侶的情誼和对未来的一种生动而合理的信仰。如果沒有这些要点,生物化学这門科学的所有胜利只不过是緩和剂而已;如果有了这些要点,所有这些胜利就能越来越著效地对外来传染或內部缺乏营养的意外事故提供防治措施。

抗生素

在处理传染病时，凡細胞毒是由住在体內的外来生物所产生的，二十世紀医学，一面保持并精鍊巴士特的所有方法，却更推进了一个阶段。現在仍和往昔一样，必須阻止微菌和寄生物侵入身体，但現在能越来越有效地对付它們，那怕在它們已經侵入之后。要这样作的企图产生了巨大的刺激，要研究特定化学物对微生物和它們的寄主，特别是人的直接作用。虽則原来的动机曾是要战胜疾病，但对这些研究，一个很重要的并且受到无比慷慨的經济支持的动机，却是目的在于或者用毒气或在現在用放射性毒素和大量細菌进攻来酿成疾病。

自从巴士特发見細菌以来，一直总有这样的希望，要找到某种化学物能杀死病人体內的細菌，而不一并杀害病人。凡传染性的生物对化学物是十分敏感的，例如昏睡病的錐体虫，或梅毒的螺旋体，因此就有一点希望以为簡单无机化合物，特别是重金属的化合物可能具有良好作用。在十九世紀已經发見情况确是这样（369 頁），但細菌所引起的疾病的通常演进，却已显为更頑強得多。

最初成功的达到，是由于尝試查考能使細菌染色以供辨識的化学物，能否也用来在体內尾随細菌并杀死細菌。这是最初一組化学治疗物質，即磺胺类的起源，而在 1932 年由杜馬克（Domagk）首先制出。

青黴素

此后不久，就完成了青霉素的划时代的发見。这一发見是二十世紀里科学組織的力量和弱点的一个极好的榜样。佛来銘（Fleming）在 1928 年注意到他所培养的細菌中有几种在几处不同地方正被吃掉。他是一位很細心的观察者，看出这是因为他所用的載物玻片出現了一种霉，好象就由它发出某种物質来杀死細菌。这霉被真菌学家們所誤訊，而且有十年之久都沒有人想起这是值得追究到底的。这并不意味着他們假使曉得这件事而仍竟无一人对这項观察感到兴趣；相反地，許許多多人正在寻求能杀害細菌的任何无毒物質。所缺少的是进行研求和发展任何有希望的門径的一种組織。直到十年之后，夫罗瑞（Florey）和柴恩（Chain）受到磺胺类成功的刺激，开始系統地探求自然抗生素，才用到佛来銘的观察。从青霉菌所得的提炼物既有巨大功效，就立即引起人們集中化学攻势，来分离有效成分，并証明它只是对細菌而不是对細菌的寄主有毒。在动物方面所做的实驗如此有希望，因而就努力制备够多的药品来治疗人类。这样做必然带点賭博性，因为要在严重病例里，始終供給足够

的药物，直到全愈，再另外处理够多的病例来表明并不是偶凭运气才全愈的，然后才能証明此种药物的价值。

当这种药物的临床价值証实之时，大战发生了，此后的提純和大規模制备等阶段赶得如此快，是以前和平时期所断不能做到的。这是化学、生物学和医学三个部門的集中努力，而运用脑力的規模就比得上专用于原子弹上的規模。这是一件赶成的任务，僱用的科学工作者大約要比严格所需的多許多，但任务終于完成了。假使听它慢些走，許多人工日可以省下来，但是成千成万的人却要死掉了。假使不是为了大战，就无从肯定青霉素是否会得到任何发展。这东西在起初看来似无特别希望，要筹出款項把它推进到价值确定的程度，就有困难。当青霉素已經制成之后，还有三項任务要完成：查出青霉素是什么；如何合成它；在杀菌时它是如何作用的。第一項是在1944年完成的：大部分靠运用X射綫技术而发見青霉素的詳細組成式；[6.84a] 第二項直到如今还难住了化学家們；在第三項方面，已經有了某些进展。要查出一个化学分子对一顆細菌的进攻方式，是所有任务中尤其最重要的，因为一旦查到了，就应該可以設計一种能工作得一样好或更好些的分子，并且制造起来更容易和更便宜。目前有一点儿証据，說明功效是由于抗生素分子很象但不完全象那細菌的正常食料，因此就被細菌取食以致阻塞了它的机能。

种子進展上的机会和計划

青霉素的发見常被引来証明重要发見是凭机遇的。对此的答复是：使得把戏做灵的特殊組合确是凭机遇的，但是倘使由于首先提供許多作出发見的机会，再提供让有兴趣的人們去发展它的机会，所以机遇就会論倍地增加（351頁）。一朝青霉素被发見后，就比較地容易从自然界搜寻其他可能具有同样的，或更好的效应的物質，于是就开展了抗生素类这一整个新部門——鏈霉素、金霉素、氯霉素等等。不过，即使在今日，追求抗生素就象蜂涌般攫取黃金，而不是有正当領导的科学探勘的动作。科学家們和支持他們的制药商們如此热中于探求一种新抗生素，以致他們在大羣生物中瘋狂地搜寻会起作用的任何东西，而牺牲了对于抗生素的发生和作用方式的一些基本性发見工作的可能性。垄断性資本主义对于发見事业的态度就有这样的事实表出其特征：一方面所有的青霉素生产工作首先是由不列顛的医生和研究工作者所进行的，他們并无偿地发表他們所得的种种結果，而另方面青霉素的实际制造则在美国专利权保护之下，因此，在青霉素发源的国家里使用每一单位青霉素都要向美国化学药厂交付特許权使用費。

营养缺乏症的起源

在討論二十世紀生物学主要成就之一，即各种微生素和激素的发見时，已列举了有关第二类疾病諸問題的綱要（485 頁）。从这些研究中就开始出現有关生物的化学行为和控制的更一般的图画。高級动物和植物都是从簡单型式演进的，而这些型式大約也象今天所知道的細菌一般地具有化学能力。它們能从簡单无机分子制出它們所需要的一切复杂物質。当生物变得更复杂时，它們的細胞中有些就停止产生許多特定物質——主要是輔酶如維生素 B_6，或菸硷酸——以及某些更复杂的激素，如胰島素。这并不关紧要，因为在它們体內也已有循环系統演化成功了，因而专司制造这类物質的少数細胞就能替整个生物补足所需。动物和某些植物如眞菌則更进一步：它們整批地摄取有机物質充作食物，包括維生素和其他一切，因此它們不需再自行制造这些东西。只要食料供应充足，而一羣一羣专职細胞式腺又不出毛病，就不会有妨害。但如发生了这两种情况之一，則失去簡单生物所具化学伸縮性的其他細胞，就越来越受到損害，到最后，其中最弱的就要垮下来，而整个动物就会死掉。

慢性病作为新陈代謝缺乏病

在本世紀初，对坏血（缺乏維生素 C）和脚气（缺乏維生素 B）等外部营养缺乏病，以及甲状腺肿（缺乏甲状腺激素）和糖尿（缺乏胰島素）等內部营养缺乏病的了解和治疗，取得了一些成效之后，才开始显出极多慢性病是营养缺乏病，不过，在某些情形里，营养缺乏或許是早受传染的后果。要去追寻能够抵制营养缺乏病但尙未出現的东西，当时是一种挑战。最近的成功是在恶性貧血（缺乏維生素 B_{12}）和关节炎（缺乏皮質酮和促腎上腺皮質激素）方面。我們仍須进行研究，来断定一般的組織硬化和血管硬化，或引致大脑出血和心脏病的不正常脂肪厚积，是否起因于缺少某些种激素，或食物中有了某些种有毒物質。[6.75]

在二十世紀，在本部門內的成功也許象在十九世紀急性传染病方面的成功同样重要，特别是这种种疾病突出地属于老年期。在現代工业区人口里，上年紀的人的比例較以前一向都要大些，并且如果老年人得免因慢性病而致殘废和早死，則人类的幸福和人类的成就当要大大增加。在实际人生中，疾病并非很簡洁地自成門类。传染使人缺乏营养而缺乏营养使患者更容易被传染。这两者都受居住条件和工作条件的影响，还受心理和社会势力的影响。有关健康的問題，总是比医学或生物化学能为着解决它們而单独做的任何事情重大得多。但如沒有生物化学，眞正的解决是絕不

可能的。

一个生物化学工業

当本世紀中叶，生物化学在医学和农学上的种种成就引起一种新而重要的工业，即精細化学品工业（369 頁）。我們所已看到的，只是一个开端而已。倘使专一使用更大得多的力量来研究化学疗法，并据以建立一种掌握着人民的健康和生命，因而比任何其他更应該归于公有的工业，那么，能做成的，并很快就能做成的就要多出不知多少。这样一种工业仅仅靠慣常的化学方法来經营是不行的，这工业必然越来越傾向于微生物学的方法，在一方面联系着釀制和焙制两种工业，在另一方面又联系着农业。

11.5 生物的結构和发展：細胞学和胚胎学

生物化学是从分子一級的面来研究生命的，因此它参加生物学，是很晚的。只是在最近五十年，并且大部分通过研究酶类，化学方始成为研究生物学諸問題的一种有效途径。生物学和化学之間，較早的接触，对化学进步有莫大的助力，但对生物学就几无貢献。达尔文"物种起源"所用的种种論据并不依靠任何化学知識。生物化学的研究途径絕沒有更替較旧的研究生物的直接途径，而毋宁是用来补充和协助解释这些論据。观察的和解剖的方法也在二十世紀里有了很大进展，把显微鏡視限步步向前推进。細胞的內部結构，先是单由观察，随后則由联合实驗的观察来逐漸闡明。在休止中的細胞，并更清楚得多地在分裂中的細胞，都对核和它的染色体以及例如綫粒体和質体等細胞質的包含物进行了研究。当 1910 年摩根表明了細胞染色体密切联系着早經孟得尔遺传理論（526 頁）所預測的特定特性状的遺传，就大大增加了人們对上述各点的兴趣。

新型顯微鏡

物理学方面的发展已在同时制出了許多新仪器。1940 年以前，旧式光学显微鏡相当地故步自封有六十年之久。一种新而更有力量得多的显微鏡，目前就有电子显微鏡可用（441 頁）。电子显微鏡又采用普通显微鏡的某些新的修正型来补充，而普通显微鏡实在是受到电子仪器的竞爭才激起修正。其中最重要的是相衬显微鏡和干涉显微鏡，有了它們就能研究活細胞，而在以往必須先杀死細胞并染色才行；其次是新式的紫外綫反射显微鏡和紅外綫反射显微鏡，能現出除此无法得見的細致东西，又

能用来研究种种細胞結构的化学組織。

这些研究表明細胞是极其复杂，但同时却是有条理的一种結构。現在看来，細胞含有不同类型的、甚至更小的各别部分，或細胞器的集合体，这些部分的結构，現在获知的已細微到将近分子的大小。有些細胞器象核里的染色体和細胞質里的微粒，就含有核酸，兼具有某种生殖任务和合成蛋白質的任务。其他，例如綫粒体，看来有关酶类新陈代謝的活动。更有其他，例如哥尔基（Golgi）氏体，可能控制細胞分裂。每一細胞器有它本身的內部結构，所包含的大部分是精致折攏的、双分子的类脂膜。不过，我們的細胞知識还在哥伯尼或开普勒学派的阶段，当然沒有到牛頓学派的阶段。我們能观察細胞內看得見的东西，我們也能观察在这些細胞組成的生物体內进行着的化学变化和形态学变化。但这二者間的关系仍然逸出我們的了解范围。单单說这其間有一种关联，并說动物的特征含在各細胞的染色体內，这样說法本身并不成为一种解释。如果承認如此說法的表面价值，就会限制我們的研究，止于追求发生学規律的眞实性的更多一些例証而已（527 頁起）。

細胞分裂和生長

細胞学中最重要的部分之一是詳細地研究生殖細胞，受精作用，和細胞增殖形成新生物。人类对动物从卵子生长这件事所感到的兴趣，一直回溯到科学本身的起源。十八世紀里发表了有关这問題的对比有别的見解：先成論者相信整个生物实在以折迭的形式存在于卵內，而新成論者則認为每一生物是由一种賦形精灵的作用从新造作起来的。[6.110]

近十九世紀之末，又提出了原爭論的另一說法的两方面：一方面是机械論者，意在証明每一个体的生长是从卵起就完全决定了，另一方面是生机論者，認为卵的每部分有通过某种賦形作用者的影响，而发育为整个生物的潛能。当德利須（Driesch）（1867—1941 年）于 1891 年証明一枚海胆卵一分为二之后就生成两个完整幼虫，而不是两个半个幼虫，生机論者获胜了；但当勒布（Loeb）（1859—1924 年）于 1900 年証明用化学法处理未受精的卵子就能使它生出一个完整生物，而机械論者又获胜了。等到 1931 年斯比曼（Spemann）、霍耳夫列特（Holtfreter）和曼哥尔德（Mangold）解除了这些矛盾中的若干处。他們証示了：当某些化学性或机械性的刺激施于一枚未分化的卵，就能导致一个完整生物的形成；而其他一些刺激，若仅仅作用于一个生物已开始发育的較后阶段时，就能产生这生物的各个部分，如一眼或一肢，甚至駢生的眼或肢。[6.108] 这些組織者的性質現在仍未明了。它們可能和性激素有某种相似处，这些

性激素已經查明能引起青春期的副性征，而且这些变化的确可以看作个体发育中推迟到晚得多的阶段的胚变化。

这些化学胚胎学的研究似乎表明，生物的一般发育必然受到化学因素的控制，其程度并不亚于它們的正常的和不正常的新陈代謝的受到控制。至于由什么来决定不同发育阶段中各种組織者或激素次第出現，則仍成問題。在一个生物体里，有周期的发育和无周期的性变化两方面发展的測时机构在那里呢？很清楚这机构是十分原始的，所依据的事实是：这机构普遍地分布在各处，显見于植物中也同样显見于动物中。

組織和器官的培养

在整个世紀里有一股越来越強的推动力，趋向于用实驗来研究各阶段上的生长和分化。这从研究卵和胚的生长起，已进到較高級生物体的生长，內中就有 R. G. 哈利孙（Harrison）在 1907 年和斐尔（Fell）在 1928 年掌握了所有組織和器官的培养技术。这种种研究表明：細胞即使从身体移出之后，仍然継續生长和分裂，而大部都保有它們的特性。肌肉細胞仍保持为肌肉，骨細胞长成骨头。看来有一种化学性質的內部調节系統，控制着健康动物的細胞的发育，并且不让这些細胞互相妨碍。*

癌 症

現在所以执行这种种研究，大都受了一种企图的推动，要对付第三类病，即生长失調所致的疾病。这第三类病，总名叫癌症，已成为人类越来越大的恐怖，特别是对工业文明区的人們，在这些地方，平均年龄較大，就使人口中有較大比例会遭受这类疾病的侵袭。癌症不同于其他各种疾病之处在于：至少在初发期內，絕对属于局部性的。它們是細胞方面的病，从細胞传到細胞，似乎主要由細胞的传輸而遍布到全体，細胞成倍增多就形成此症所特有的肿瘤，看来受病的倒不怎样在整个細胞，而却在細胞核，引起不規則的細胞分裂，分裂出来的数目一般地多到异乎寻常。

除了象在可能情形之下用有效的外科手术治疗法割去患处而外，現在仍未发見眞正医学意义上的疗癌法。虽然如此，有关癌症的性質的知識正在如此进步，看来也許就在相当近期內可以达成某种确定的控制法；不过条件是对癌症的研究和研究的应用，只有进行得比目前更加努力、更有条理和更合科学的方法才行。对如此可怕的病症，我們努力的方向首先是治疗而次要是了解发生情况，这是很自然的，但这却是一种浅見的看法。控制和了解是同等重要的。“离开实践的理論是空洞的理論，离开理論的实践是盲目的实践”。

進攻新路綫

在癌症問題的解决上似乎有三条基本实驗路綫正在会合。久已知道癌症是由某些化学物所引起：約翰·亨特(John Hunter)(1726—97年)在十八世紀第一个观察扫烟囱人所患的癌症，就指出有可能是焦油产物，而这些东西都已經鑑定了。在吸烟和癌症之間的表現关联上，也疑有类似的作用物。癌症如果能由化学物引起，也很可能由它們来治疗。眞正的問題在于把化学物放在最能生效的地方，来抵抗癌細胞，而不伤害健康的細胞。一种久已使用而不甚了解的解决方法是用X射綫和鐳来治疗。現在从里亚（Lea）、博湟·摩利（Bonét-Maury）、馬戛（Magat）和其他人的工作中看来，这些輻射并不直接起作用，而是由产生強有力的化学根例如氫氧根，它們攻击迅速分裂着的細胞比对正常細胞更为有效。[6.99] 沿着这条路綫进行更合理的研究，也許会提供一种解决癌症問題的办法。*

再者，产生癌症的化合物密切地关联着某些激素，特别是性激素，它們本身就使細胞增殖；至少有一类癌症，即男子前列腺癌症，由施用这类性激素而确实治愈。第三，癌症和某种病毒引起的疾病很密切相关；事实上，难于断定病毒病止于何处，而癌症又从何处开始，特别是在某些动物癌症方面。因此，癌症研究一方面和生物化学、細胞学，一方面和病毒研究都有密切关系；而且，只有努力于所有这些領域內較广大得多而又有計划的研究，而对癌症問題并无任何必要关系，这样才会有信心去探索解决办法。

11.6　生物的整体和它的控制机制

机械論者和生机論者之間的主要斗爭之一是把生物看作一个整体的概念，在二十世紀到达了严重关头。这是一直回溯到希腊时代里形式和物質两者之間的旧爭論的别一形态。毕达哥拉斯-柏拉图派的看法認为每个生物，作为一个个体，必有某种相应于它的个性的东西，一个灵魂、一个精灵或一口生气(99頁)。这是一个古旧的玄幻观念，經过希腊人理性化，更由阿拉伯人传到現代科学里。象原始佛教徒那般人，对灵魂的存在找不到証据，就想替一个动物的統一性和显然的目的，另找出某种貫通的理由。在文艺复兴时代自然而然自行提出的，并由笛卡儿所热烈拥护的解释是說动物是机器。人类当然有所不同：他們具有由上帝种植的一种理性灵魂（253頁)。

生机論和机械論

在現代科学上,这两种看法的区别,从哲学看是基本的。对灵魂的信仰就对行为提供了解释,这解释的本身是自圓其說的,因为它把整个身体的任何动作都推給灵魂的种种活动,灵魂,既然是精神的,就超出科学考察之外了。然而,若不要灵魂而解释身体的动作,对身体机器的操作所作的分析要更为細心得多,并要进行实驗考察。在实际上,这区别的表观性大于实在性;生机論者,虽然为他們自己起見不需要解释,却仍須研究活的生物,意在表明机械論者对于它們的作用所作的解释是有錯誤的,并在不断提出挑战,其作用就很有力地激起机械論派去作出更多的发見。事实是在十七世紀里,而且差不多直到十九世紀末,动物生理学知識进展得还不够供作任何眞正合理的解释,来說明一个动物如何作为整体起作用,因此,就对精神論派的解释类型敞开了門戶(226 頁)。

二十世紀的研究进展的程度已能提供一种合理的和唯物的解释。古文明国民認为維持动物的呼吸、消化和排洩的生活机能,是一个掌管不自覚生长的灵魂的事,比起指揮外表动作的較高級的动物灵魂,是較低級的(128 頁)。直到十九世紀还不能提出更好的解释,甚至到現在,这幅画景中的大部仍旧是模糊的。尽管这样,已有不少地方由观察和实驗而弄清楚了。

呼吸和消化

近年来,除了从医学来的較早的推动力而外,已加上了一个新的策动力,这起于有需要对付在机械化和軍事化世界中有些人所不得不面临的非常情形。人体对深入潛水的压力的抵抗限度,以及高空飞行和爬山所得的缺氧病,都引人去深入地研究呼吸机能。这研究工作大部由国家款項来开支,而所关心的是被困在矿坑里的工人或潛艇人員和飞机人員的得以倖存。J. S. 霍耳登(1860—1936 年)和他的儿子 J. B. S. 霍耳登用定量的量度和以他們本人为受驗者所举行的英勇实驗,[6.95] 来探索人类对不同气体浓度所能忍受的极限,并对人体如何对付它所忍受的相当大的变化,提供了合理的描述。这描述表明为如此复杂,牵涉到肺、心、神經和脑,因此 J. S. 霍耳登就被迫接受一种超自然的解释,但他的儿子却发覚这描述和唯物主义同等地能相容。

消化的研究,散漫地进行了几个世紀,这时受到了两方面的新推动力:其一,已經提到过,来自生物化学,另一則来自实驗生理学。生物化学方法解决了食料为唾液淀粉酶、胃蛋白酶、和胰蛋白酶所相継分解,消化产物被腸粘膜所吸收,以及这些产物以

后为肝所轉变并貯存。这些都是瑣細的化学作用，可以就隔离了的制备物来研究。論到它們的調协作用，就必須研究整个动物了。

巴甫洛夫（Pavlov）

这就是巴甫洛夫（1849—1936 年）在 1897 年所做的工作，开辟了生理学上的一个新紀元。这不只是因为他作了观察又作了实驗；在这方面他是跟随着斯帕兰紮尼（Spallanzani）（1729—99 年）和波蒙（Beaumont）（1785—1853 年）。他之所以是开創人，毋宁是在計划和执行新式有系統的和定量的生理学考察。巴甫洛夫的天才在于当他运用实驗来对专題寻求解答时，有本領注意到并追究一个旁出反应。就是这样引致他从胃液分泌速度的測定达到条件反射的发見，关于这点往后还要再講。他所創立的学說是：消化不只是胃里的化学烹飪，而是整个动物对于从胃、口、鼻和眼而来的刺激，受到由中枢神經系和交感神經系的居間关联而起的极复杂的相互作用。生物的統一性建立在它的結构深处，結构本身則是长期进化的产物。

对身体上其他各种机能，也已得到了有关临床、实驗和生物化学研究的与此类似的进展，都只揭示出越来越复杂的相互作用。由于每一新发見增加了我們的認識和控制力，所以复杂性的揭发并非倒退一步。例如，李約瑟[6.110] 在他所作有关排泄的比較生物化学研究中，曾証示了演化的順序。在簡单的水生动物中，氮以氨的形式排洩到易于冲洗掉的場合。大多数較大动物，包括哺乳类，把氮排洩为比較不溶解的尿素，能貯存起来而不損及組織。最后一个阶段是在爬行动物类和鳥类中产生几乎不溶解的尿酸；他提示这尿酸演化出来是要节省它們在卵內发展所能取用的极有限的給水量。

内分泌学

在所有近来諸进展中当以对內分泌器官——即已經討論过的产生激素的无管腺（497 頁）——的作用的研究为最显著。这些腺不是孤立的单位；它們自身能对别的化学刺激和神經刺激起响应；它們是整个身体的化学作用調节者。它們不仅关系着正常的維持和生长，还关系着对內外刺激的响应。首先观察到的这类作用之一是腎上腺激素的作用，此素在惊恐或憤怒情况下，被释放出来刺激全身，使它发出有效响应，这在前一情况下是逃走，而在后一情况下則是战斗。

更进的研究，特别是对性激素的研究，就表明种种化学控制机制更复杂得多。每种不同激素不但有它的专門作用，还对其他产生激素的腺起反应，并刺激它們使之增

加或減少自己的激素产量。看来誠然象有一个一般的激素或内分泌系統，由在大脑底部的垂体腺在化学上予以指揮，而这腺能分别地发出十来种不同激素，影响着身体中不同部分的其他各腺。不仅止此，神經系統和内分泌系統是处在經常的和复杂的相互作用之中。各种激素影响到情緒，而反过来，情緒又影响到激素的产生。

看起来好象身体拥有两个彼此重复的通訊系統，即迟緩邮递式的化学传訊，以及迅速的神經电訊。后者可能是从属发展的，或两者都可能是并行演化的。不論如何，生物的机能統一性并非由于各部門間簡单机械式的并列关系，則是越来越明显了。有人祈灵于原始的有指揮作用的实体如灵魂，或圓极（226 頁），是为了要試用社会的，实际是阶級社会的阶級組織来說明生物的行为，象莎士比亚在科立奥雷納斯（Coriolanus）那齣戏里胃造反的寓言所举示的。現代科学絕不能免于矛盾地利用这些观念；它必須爭取揭示那些保証生物在所处环境中执行統一性机能的結构和程序，并且就生物对它自己的演化的关系上，合理地說明它。

神經系統的活动

到目前为止，我們只是講了生物的一些比較迟緩的生长过程。生物能够对环境立刻起反应，是乞援于感官、神經系統、和肌肉的复杂結合。我們已經知道（105 頁），对这系統的研究直要回溯到正是科学的起源，不过二十世紀里的研究已使我們在理解这系統方面迈进了一大步。到十九世紀末，已把人类的和許多不同类型的动物的神經系統，按照解剖学方法制成图說，并以种种动物实驗为輔助而观察神經系各部分如何因疾病或伤害而連带損及局部动作和感覚，这样就确定了神經系統的主要关联。业經表明人和高等脊椎动物具有中枢神經系統，从大脑出发，主要地职司意識感覚和自主动作，还有不那样集中的交感神經系統和副交感神經系統，所司的是内部器官的不可忽視的，但属无意識的动作和分泌。

神經冲动的电性質

虽是这样，在二十世紀开始时，神經信息如何传导，又如何結合，仍然大部分不明白。假如沒有現代生物物理学方法和生物化学方法，要了解所牵涉到的基本結构和基本过程，誠然是不可能的。亚得里安（Adrian）和其他人，利用电子学放大系統，就能在 1926 以后几年中証示神經信号含有強度完全相同的电势的脉冲，但頻率到某一确定限度为止，則和初始刺激的強度成比例。因此，神經只能传导有关一个脉动的量的情报，而一个信息的特殊性質，例如色彩、音調或感覚，就不得不从信息传出时

所循的路径的位置来推論。

这种分析法已产生巨大效应，而对我們了解思想和意識来說，将来要有甚至更大的效应。很多神經信息始終完全达不到人的意識，却非失于协調的。有許多神經信息联合在一起而成反射弧，在这里，某一感覚就自动产生某一行动。二十世紀諸大成就之一是巴甫洛夫在 1897 年的創作，表明这些反射作用不完全和精神脫离，而能彼此附着，并由意識来改变。[6.167] 对条件反射的实驗研究，标志出从物理的面开始而进到心理过程的研究法的最高水平。

在更为新近的时期，由步赫塔耳、霍吉金（Hodgkin）、和其他人表明，在神經脉冲里电作用势，基本上是由于电极化状态沿着一层膜通过金属离子的传递从膜的一面传到另一面。在另一方面，已經表明，在发生行动或接收感覚上，神經脉冲的操作基本上是化学性的。如德尔（Dale）和都德里（Dudley）在 1929 年所表明，一次电脉冲来到神經末端或連接二神經的突触部分，就释出一种化学物——腎上腺素或胆硷——这化学物又传而刺激那应該传递脉冲的細胞。

神經聯絡和电子系統

正是通过神經脉冲的相互联絡，特别是在大脑里，生物学的研究才越来越密切結合着高深物理学，特别是电子学。1928 年柏格（Berger）察出放在病人头部的电极間有电势波通过。这就引致发展了甚至更灵敏的脑动电流描記器，这在診断治疗如癲癇等脑病上有很大价值。并且，这在格雷·瓦耳特（Grey Walter）等研究工作者的手中，就开始闡明伴随着知覚和思想的电現象的发生。[6.66*]

从研究較簡单动物的脑，人們已学到許多东西。J. Z. 楊（Young）研究了軟体动物中最有智力的章魚，正开始揭示有关联絡方式的端倪，这个方式把导源于感官的脉冲轉变为决定运动的肌肉收縮。[6.182]

在这里，一向难免認为在大脑的一方面和目前正由电子工程师們迅速发展的伺服机械和計算机的一方面之間有类似性（440 頁）。在这些机械里，有三个主要的形式要素，即：編制符号部分，把輸入信息譯成适用于机器的一种形式；机器本身，包括一个保藏暫不适用的情报的記憶部分；还有譯解符号部分，把机器发出的信息改成某种对外作用。这三部分約略相当于感官大脑和肌肉組織或其他效应器官。看来可以說，电子計算机本身就是連很原始动物的大脑里都已經建妥的种种結构和活泼联絡的极度簡化了的翻版或类似物，这些結构和联絡的复杂程度，到人的大脑就大大提高。例如，現在还沒有一个人能設計一种机器，象我們当一个物件轉了一个方向或攏近或离

开时，就会完全自动地辨識出那物件的連續性❶。在原則上，这是一种迴路机构，用来辨識复杂信号，而容許歪曲到一定程度。当然，这并不意味着脑是一架計算机，正如同說眼不是一架照相机。但是，这的确意味着我們可从一些自然系統和一些人为系統之間的种种类似处学得許多东西；这里的自然系統經过长时期演化，获得了对它們的环境有更強的知覚和更准确的分析，因而終于有更大的控制力，而人为系統則是有意設計来扩展人在这两个方向上的能力。[6.66]

动物行为

对动物体內部协調諸問題的另一不同研究途径是用科学来研究动物行为，这大部分是二十世紀的发展。主要要感謝巴甫洛夫，这項研究才得和神經机制的研究发生关系。人研究动物行为已經很久很久了，也許最专心的时期是在旧石器时代，当人类开始猎取它們的时候；还有在新石器时代的开始，当它們初被馴服的时候。从此而后，这类知識成为传統的，而对于新景象所感的兴趣，却低落了。这类知識本是功利主义的，首先一变而为玄幻的，正是預言未来的許多方法中之一，然后用来建立道德，例如古典时代的动物寓言和中古时代的禽兽格言，講的有勇敢的獅子、狡猾的狐狸、和自我牺牲的鵜鶘。最后，在維多利亚时代里，就成仅仅故事性的和情感性的，主要是为了癖好和娱乐。大都因为認为无可解說了，所以严肃的定量研究发展得很晚。按照定义，动物缺少理性，就必然靠本能做一切事情。实际上，却有一个新世界在等待被揭露。达尔文有他所著"人和动物的情緒的表示"一书上所述的研究，在这方面也是一个先驅者。[5.21]

本能和学習

对动物行为的实驗研究以 C. L. 摩尔根（1852—1936 年）的工作为始，他研究了一些动物，从雛鸡和鼠到猴子，对某些境遇如何反应，并对某些問題如何試图解决。困难在于要找到一些足够类似动物所习慣了的境遇，还要足够簡单到便于控制和詮释。早期所得結果，特别是美国瓦特孙（Watson）和德国科勒（Köhler）所得的，看来反映研究工作者的精神，多于反映动物的精神。前一人发見的是完全无意的偶然行为，而后一人发見的是有思考的行为。他們基于这結果，构成两种彻底不相同的理論；瓦特孙全然抛弃精神，走着实用主义的路綫，并主张就人以及就动物而論，所存

❶ 意思是說物件轉了向虽与未轉前看去有所不同，但使人仍能辨識其为同一物件（即連續存在）。——校者。

在的只有刺激和适应的行为；科勒則以动物的精神作为新的統一构造——格式塔(Gestalt)——的住所，奇特地使人回忆到柏拉图的观念。

在較近的、較有批判性的工作里，已有一个新开端，探究各种动物的兴趣范围，并略为探究精神能力中最显要的一項，即从經驗学习这种能力的作用。学習意含記忆力，但比記忆力前进得多。得到的經驗必須加以貯存、比較和选择，而且还必須添进新經驗，然后才能建立一个学习到的行为型式。然而即使是这一点，已可以由电子机，象格雷·瓦耳特（Grey Walter）的思索机和遵教机（M. Speculatrix and M. Docilis）来初步仿效。

动物的語言

現在把細心的观察和設計得很巧妙的实驗拼凑起来，就能說明在自然情境下的动物的行为，包括它們的交配、爱护雛儿、以及和它們本种的、或异种的其他份子的关系等。这样的一些研究实在正代替着旧时的故事性的自然历史，也正滿足着对学习动物語言蓄念多年的想法。动物語言虽比我們的語言簡单，但仍很复杂。从一些观察家如廷柏根（Tinbergen）等人的工作所看出的，[6.122]是运动和进食所必需的行为型式可以移换位置、更改或夸大，来轉达意思，并对其他动物施以适当的行为。因此鳥鳴能招喚配偶，或警告对敌。如封·弗里須（Von Frisch）的美妙研究所示，即使是蜜蜂，也有它們自己的語言，而是用舞蹈来表明蜜源的方位和距离。有如早可期待的，乐羣的动物差不多全都有某种語言。这类研究所以具有最深远的重要性，不只是因为它們闡明了一些神經机制，还因为闡明了人类通訊的起源和性質，以及由人类通訊而构成并結合在一起的社会（558 頁）。由于同一原因，企图解释动物行为，即使是最簡单的，也会遇到并不完全由于动物行为在邏輯上的复杂性而起的一些困难。在这样的边緣区域里，要消除人类思想和語言的殘余影响，就不容易，而尤其困难的是，象在下一章里所辯解的，因为它們是同宗教的和政治的成見的束縛在一起。

精神病：心理学和精神病学

这些考虑之点，甚至更有力地适用于医学上最后也是最困难的分支的进步，就是关于精神病的分支，而精神病可以在精神形式和躯体形式两方面表現出自己来。在这里，最近五十年来曾看到了巨大的兴趣，而沒有稳固的进步。这一向是論战和时尚的园地。許多人会主张：弗洛伊德(Freud)的工作也象二十世紀爱因斯坦的工作同属划时代性的。在从心理学中清除大量哲学糟粕这一消极意义上来講，这确已証明是

这样。但代替的却不过是如此而設的一些新的字面构造——无意識、伊特(id)、心理复合和压抑——而这些名詞現在却已流入資本主义国家知識份子中的現行慣語中(642頁起)。并沒有任何稳固的实驗証据辨明心理学的这种形而上学基础是正确的。弗洛伊德派心理学,以其原来的形式或任何变式在治疗精神痛苦时,并未曾达到对它所寄托的初期希望,不过,对那般出得起錢求治疗的人曾証明它有安慰作用。这种疗法的不适合可証以更新近的时尙,用激烈的物理处理来对付精神錯乱,例如震扰(休克)疗法,甚至前額叶切除术——切除大脑中主要关涉社会經驗的部分,而希望沒有了它其余部分将会作用得更好些。

尽管在心理疗法范围內引起浓厚兴趣,这种在比較上的失敗的原因則属基本性的。人的精神,在一方面旣非仅是一套神經联絡网,在另一方面,更非一套脫离肉体的圓极——灵魂、本能、心理复合。它是人不由自己而是在社会中演化出来的方法,用来应付他的越变越富于社会性的环境。为了这种原因,心理学如果离开了社会里的經济的和政治的基础,就必然走上錯路。唯一更替的道路留在下一章里討論,因为它在基本上是一件属于社会科学的事情。

11.7 遺传和演化

二十世紀里生物学进展中其余的遺传、演化,和生态学各分部联系着农业比联系着医学更为密切。在十九世紀里,对于繁多的动植物种所感的兴趣仍旧大都是采集家和自然学家所具的兴趣,首先关怀的是要編制生命世界的清单,在求博的方面用广泛的探查,而在求深方面則用显微鏡。即使是达尔文派进化論的爆破性效应都不能即时改变这种趋向。这学說的初步后果是沿着相同的自然学路綫,把生物学的努力納入軌道,企图替采集品清理出一点条理,即对生命界提供它的譜系。同时,实践的农业仍追循它的传統途径,而得到科学帮助的只在农用机器、肥料和几种动物用葯罢了。改良的育种工作就留給实用的人以及热心的业余家和癖爱者。

改良植物动物品种的运动

虽然如此,在世紀更替之时,当达尔文学說上的爭辯在消沉下去,对科学就不可避免地出現一种新需求,要有实用育种的科学,和对遺传有相应的兴趣。到了那时,显然可見开发美洲西部大草原来种麦、开发澳洲来养羊、以及开发从非、亚两洲分割出来的新帝国来生产种种热带产物,都应当強調需要比旧日碰巧的育种法所能提供的更好些的方法。在科学方面,演化的主要路綫已經規定,兴趣就开始以演化的机制

为中心。遺传规律开始获得新的重要性。在今天，即使我們不懂得一个卵子或一粒种子怎样会长成一只蛙或一顆櫟树，我們仍能合理地有把握这些东西会这样。

后代酷似双亲，但不是絕对的；在一代后代中有些通常比其他的大些，或者在某方面对人类更有用些；从历史黎明以前，这些就已被人用来育种。如果要等到把一些遺传現象完全解释之后，再制定暫时規律，好让我們学会控制这些現象，那就荒唐了。发生学的历史确乎是这样，而发生学很迟才发展成为一門独立科学，而在这門科学中实践早就走在理論之前了。立意育种必然开始于正当农事和畜牧业发端之时。例如，远到紀元前二千年的文献里，就出現譜系良馬育种法，而且，如果只是以純粹經驗为基础，那么，为了实用或竞賽嗜好而改变品种的主要方法，从文明初期起确实就已树立起来了。

达尔文和变異

因为进行培育的不只是动物，人类也如此，又因为社会上阶級区别和种族区别的建立关鍵在于継承，因而发生学上諸問題以往是，現在仍然是，不断受到宗教和政治考虑的兇恶对待，継承或遺传这个詞，本身就結合着传下产业給后嗣这个基本上属于社会性的概念。用到这詞就暗示即使是生物学性質的継承，也有某种物質的或形式的东西要移交下去——象哈普斯伯（Habsburg）❶ 的頷带着对神圣罗馬帝国的継承权。

达尔文的进化理論集中了巨大注意力于継承中的变异上的原則上，但实际上它所引起的困难比它所解决的更多得多。他以为物种可能响应环境而变异，而选择会对那些变异起作用。在某种程度上，他是一个拉馬克派，意思說：他以为环境直接影响这种变异。生物对环境的变异最甚的情形所作的奇妙适应，全都指向这样的范造效应。然而达尔文的一些遺传观念之所以不能有直接的收获，大部是因为它們沒有定量的实驗基础。看来不可能在实践中表出变异如何发生，又如何得以固定下来（375頁）。

遺傳、階級和种族

达尔文自己虽曾向牲畜培育者和癖爱鳥兽者吸取許多資料，但他的一些后継人，較多学院风气，就和他們失去接触。重視传种的信念对于貴族封建制度誠然是一种古旧的也是基本的支持，但直到十九世紀并无意于求得科学的証明。等到需要支持

❶ 从1282年到1918年統治奥地利的王朝。——校者

来抵抗十九世紀晚期急进潮流时，才在优生学运动的幌子下，請助于科学。这方面的初期成功大部分是由于高尔頓(Galton)(1822—1911 年)——一个有錢的、有良好血統来历的业余家，碰巧又是达尔文的表弟兄——还有卡尔·皮尔逊(Karl Pearson)，一个数学家，又是实証主义哲学家，差不多是应用数学于生物学問題的第一人(593頁)。这两人在基本上所关怀的是要根据科学立場替中上阶級証明它們的道义地位，这地位由于平等主义派社会主义者的鼓动，开始动搖了，所以他們两人要証明中上阶級在发生学上比下层阶級来得优越。在更卑鄙的人的手中，同样这些論据就能用来証明白种人比有色人来得优越，或者，北欧人比其他白种人，尤其是犹太人，更为优越(594 頁)。

魏斯曼 (Weismann) 和种質的持久性

在十九世紀之末，魏斯曼 (1834—1914 年)更进而強調物种和遺传的固定性，他原要产生后天获得性的遺传而屡次失敗，就根据这些而发展了种質連續性的形式理論——所謂种質是家族之宝，不稍減逊地从双亲传給子女，而祇是由于在有性生殖中不免产生的混和作用，才遭到改变。照这样的見地，活的生物或混合(异发生性)型不过是永久的遺传型的許多轉瞬即逝的表現之一而已。这种說法，在十九世紀里，差不多是完全退回到十七世紀中先成主义的观念上去。这实际上使得进化論成为荒謬，因为它暗示所有动物和植物的潛在的特征已存在于最初的胚里，而祇需要拣选出来。对遺传无上重要的更进一步的支持，則来自 1856 年維尔莫令 (Vilmorin) (1816—60 年) 和 1903 年約翰孙 (Johannsen) (1857—1927 年) 的田野实驗；它們表明普通收成中的各别植物具有很不同的遺传性，但經过仔細的种內繁殖和选择后，就能产生純种綫，这些純种綫在原則上会照原样永远継續传育下去。

遺傳的不連續性：孟德尔定律的再發見

不过，只要总是認为遺传上的变异是連續的，則所有在这方面的工作必然仍是純粹叙述性的，而不能联系到生物学的其余部分。在認識到有一些不連續的变化后，才把这种局面改变过来。貝特生 (Bateson) (1861—1926 年) 在 1894 年主张在进化上有意义的，与其說是不确定的逐漸划分，毋宁說是这些斬截的变异。[6.54a] 1901 年德·甫里斯 (de Vries) (1848—1935 年) 发見月見草有驟然的变化，即突变。这两人都从 1857 到 1868 年間所作的实驗上，也从孟德尔本人时代 (1822—84 年) 未經人注意而被他們两人所再发見并扩充的，在 1869 年发表的孟德尔定律上，得到支持。孟德尔在捷克斯洛伐克的布尔諾地方他的庙园里，用豌豆来工作，曾表明：有許多特征，由簡

单得出奇的方式,經过有性遺传而留传下去,而这些情况照他解释是指出有某些能决定象花朵顏色或种子皺紋等情的单位因素存在着。这种基因遺传理論或单元遺传理論的初步大便利处,是它在基本上是簡单的而且适于数学处理的。但是,当然也有那时不曾立刻理会到的危险,就是研究可能只限于表示这些簡单关系的特征,还有,会把一种只解释遺传的某一部分的理論,当作能解释全部遺传。

摩根:基因和染色体

当种种单元发生学特性,和在分裂中的細胞核內观察到的染色体之間成立了联系时,孟德尔的簡单定律看来就越发动听了。这在基本上是美国 T. H. 摩根的工作。从 1910 年开始,他广泛地研究一类小蝇,黑腹果蝇(*Drosophila melanogaster*)的全部变异范围,用这类小蝇有优点,就是它繁殖很快,保养很容易。发生学理論的簡洁性和正确数理性鼓励人們在有关这种蝇的詳細特性和它的染色体結构之間做了极多研究。

这种研究引致发見了:一些往往共同遺传的不同特性,可以联系到一种染色体內的、也是近在一起的某些部分;换句話說,染色体相当于沿着它排列的那些特征的全部发展图。因此就假定:对于成年生物內出現的每一遺传特性,在这生物的双亲的染色体中之一的內部有一个相当的物質粒子,即基因。每一生物的每个細胞里,含有一組若干双染色体,每双里来自每一亲体者各一,所以应有代表每种特性的一对基因。結果是育种过程就簡化为混和并分派后裔的基因的不同方式。如果一个亲体的任何特性未出現于后裔,就假定缺了这种基因,或者被另一亲体的較強的或占优势的基因所抑制。基因虽被假定为实質物体,这說法实在是从它們在染色体內的位置推断的。

自然突变和人工突变

当时日一久,就十分詳細地求出了果蝇和一些其他生物的发生情况。基因看来不是完全稳定的。在 1900 年,德·甫里斯已观察到,即使在族內繁殖綫上,一些新特征也会不預示先兆而偶然出現,还会传下去而不失眞。这些突变的发生就提示基因也不免起偶然变化,而它們的出現会受到外部环境的影响。穆勒(Muller)証实了这个情况,他在 1927 年表明用 X 射綫可以增加突变种的产生。从那时以后曾經証明其他一些作用物,例如秋水仙硷等特效化学品也产生突变。从那时起,这些略带学院气息的、或至多在当时具有农艺兴趣的观察,已成为对人类具有最关生死存亡的重要性,因为由于原子弹和氫弹所产生的輻射效应,以及它們的放射性爆散作用,就使得

动物、植物、和人类中产生这样的突变(527頁起)。相当多的这类突变必然已在1945年并在以后产生于日本,不过,由于历次爆炸試驗的結果,还要扩散得更广远得多(464頁起)。[8.26;8.29;8.45;8.46;8.76]

輻射对于生物的影响

特别是由氫弹影响而引起的惊慌,才揭露了有关各种电离輻射对生物的影响的十分有限的可用知識,而目前正在进行这方面的积极研究。例如操作原子核反应堆而发生事故时,或直接暴露于原子弹或爆散作用下,所产生的大量輻射就使所有受到影响的細胞內产生剧烈反应,大約是由于更多的氫氧根干涉酶反应而普遍地扰乱了細胞的代謝作用(516頁)。在一个較低的、但仍然厉害的輻射程度上,看来正在分裂的細胞最受影响,因而,这类輻射,局部化起来对抑制癌症就有价值。

原子战爭对發生(遺傳)上引起的后果

当輻射是一般性的,象在原子弹牺牲者的情形里,受到影响的是身体上分裂最速的細胞,尤其是血液里有保护作用的白血球。即使剂量較輕,大抵是产生紅血球的細胞受到影响,而引起白血病和死亡,往往只在几年以后。

如量剂再輕些,在正常的、分裂中的細胞里,只发生最小的变化,但如在胚細胞的特例里,結果就也許是一种突变,而这一种突变,如属隐性的,也許就不在遺传中出現,除非带有这种突变的人偶配了另一带有相同突变的人,而这突变就将按这缺陷在居民中密集的程度和近亲繁殖的程度而出現得或早或迟。在不同程度的、由炸弹产生的輻射的效应可以估計出来,但因研究未获适当支持,只是十分粗略的。因为对于可能爆炸了的炸弹的数目和特性,缺乏任何基本資料,就不可能判断原子战爭中侥倖生存者在发生方面受損害的总程度。在第一阶段里恐怕流产和畸胎会特别多。在随着它們而来的減少了的人口之中,由于隐性遺传基因的种种組合而生的一些缺陷,或許会出現在几百代中相当大一部分誕生儿里,也就是在世界上察得到的炸弹輻射痕跡早已消失了許久之后。当然,損害也不会只限于人类。动物和植物恐也不免生出一些畸形,而且恐怕要过好几千年才能达到发生方面的任何平衡状态。

照爆炸試驗的目前密度来說,影响已經够慘了。从那些經过大打折扣的突变增加百分率来表示結果的官方报告看来,或許能安人心,但放射性灰尘还在从大气上层沉下来,并且即使爆炸試驗現在就停止,到1970年仍将到最严重的程度。[8.29;8.46] 現在已經肯定了:在跟着就来的若干代里将有数以万計的流产和畸胎,在同样多的家庭里也

引起痛苦。不等这种罪恶的蠢行更恶化就先禁止,这个立場是势不可当的,但人民对政府的压力尙未(在 1956 年)強大到足以获得任何資本主义政府同意停止这些試驗。

發生学的应用

从开端,遺传学的基因理論的主要兴趣和主要应用所致力的場合,是在单个基因的效应可以清清楚楚地标志出来,而在不同基因的效应可用不同組合来研究的場合。这种情况发生于基因控制单个生物化学反应时,而这反应在改变着——或不改变着——某种最后产物,例如花、羽毛或尿的顏色。

在生理学上,这些可能是重要的,也可能是不重要的——例如,以人而論,它們可能产生某些白痴类型——但不論如何,它們最有用之处是作为标志物。象霍耳登和盘罗斯(Penrose)等工作者制成的人类发生图表,就頗有临床价值。特别是用发生学决定血型这一方法(499 頁),凭它指出輸血的必要性,已拯救了許多嬰儿的性命。在农业方面,成就就較为有限。按照正确的发生学实践,曾产生了某些抗病的植物类型,但在改良例如杂种玉蜀黍或棉花方面,发生学上大多数的成功却是得自很粗陋現成的办法。其中的原因是:一种动物或植物在經济上最有用的特征,例如重量或产量,大多数都必須依靠許多发生因素。理論尙未充分地发展到能应付这类复杂情形,同时,全面的发生学分析工作所要花費的,比一个发生学研究部門通常所能筹措的还多,而农民更不能坐待这工作的完成。

在苏联的發生学論战

正在第二次世界大战之前和之后,苏联对孟德尔派发生学展开了严厉的批判,大部分由于这一类的考虑,还带有着对于看来联系着納粹党种族理論的观念的憎恨。我以后还要处理这論战中的政治方面。在这里我要企图解释它有关科学和农业的某些方面,因为,虽然在苏联对孟德尔派观念和发生学研究不加限制,但在所有社会主义国家里仍然活跃地在研究表現站在相反立場上的米丘林和李森科学派在这些方面的工作。当时虽認为足够实在,而現在我說是表观相反,因为不同的見解包罗了生物学和实践农学上种种差别很远的方面,而爭論者們在大部分时間里又是从相互矛盾的目的来进行談論。旧派发生学家們所关怀的是要了解机制并求出一个有启发性理論的后果;苏联农业生物学家們却正在試图找出改良他們国家的农作物和牲畜的最速方式,不甚用育种和选种,而是理智地改变它的环境。这項工作在基本上依靠生理学,而更为广泛地依靠生态学(535 頁)。有关遺传的問題可說是埋藏在这几門科学

里，但孟德尔派采用基因来处理特征遺传而获得若干成績，这些就构成一种印象以为他們的方法在某种方式上占点优势，因此以为决定因素是遺传而未必是环境，就是这个信念促起人反对他們。

米丘林（Michurin）和李森科（Lysenko）

米丘林（1855—1935年）实际上属于摩根以前的植物育种时代。从1888年起直到死，他一向做的是合用远緣杂交和嫁接法来改良植物，主要是果树。米丘林虽然成功地生产了一些新而有用的变种，但被那些沒有研究过他的著作的人称为不过是一位經驗家；但如他已发表的論文所表明，他的工作事实上是根据大部分从他自己的实驗演繹出来的控制遺传的合理原則。[6.105] 据他看来，生物对于可能改变它的性格的影响，所具的感受状态，大有关系。幼稚的生物，或因同时存在从十分异别的双亲所得遺传而构造得不稳定的生物，可由一种为較年长的、或純种的生物所能完全抵抗的环境，来改变它們自己。米丘林的見解密切类似某些从有关胚胎发育而完全独立地发展出来的見解，在胚胎发育中，每一器官只有在某一特定发育阶段才能被一种适当的化学組織者所改变。他和当时流行的选择論者的見解基本上不同之处是：他相信对生物采取直接行动来获得所求的結果，是有效的。表出他的特性的名言是："我們不能等待自然的恩惠，向自然索取是我們的任务"。

李森科和春化

正是这个态度特别感动李森科。他自己开始科学生活时是一个植物生理学者，因此就能够重視外部或內部环境对植物生长和发展的影响的重要性。植物异于大多数高級动物之处在于它們的生殖器官可以从生物的任何部分构成。因此，它們更容易受到內部的、大部属化学环境里的变化的影响，而这些变化又产生于外部的、物理化学的环境里的变化。在生长中的某些情况中这些变化，据李森科主张对遺传有影响。这些就是他用来影响植物特性的情况，例如：加热或冷却种子而改变冬收为春收，或倒过来——即所謂春化和馴化。

嫁接和变更环境联合在一起，就成为新李森科农业生物学的基础。有了这門科学，在实践上就获得了頗多成就，不过其中有些因为缺少充分的統計控制而尙在疑似之間，还有些工作則是失敗的。某些李森科的信从者甚至被責难为欺騙。但整段历史記录还要等人来写。李森科本人給我的印象是一个忠实而狂热的人物，不耐任何反抗，但对植物和土壤确有認識。他的实践工作不大象生物学，却很象医学中某些部

分，即在科学观念指导下的一种艺术。在全部論辯中，他承認染色体在有性遺传中是重要的，但远不及他所研究的因素那样重要。現在这論辯虽已归沈寂，但从生理学-生物化学立場来說，他的实践仍然很值得考虑和研究。

遺傳在細胞学上和生物化学上的情形

正如用光学显微鏡研究細胞分裂的复杂現象引致对染色体在遺传上的重要性的体会，較新近的电子显微鏡和其他显微鏡的发展（441 頁起），由于更进一步分析染色体的結构并弄清細胞小集团里其他微小粒子，正在展开发生学上新的一章（515 頁）。研究它們的結构和它們的反应，就正开始描出发生过程成为一幅可理解的画面，并对細胞其他各部分的职司有所闡明。在目前这幅画面的大部分不过是惹人着急的东鱗西爪而已，因而由此所成的草图必然大部分仍属想象工作；但成果到手如此之快，在几年之內我們可希望有一幅画面，和古典派細胞发生学者描出的同样包罗广博，可是具有大得多的基本重要性。

这幅正在新展露的画面不只是細胞学和生物化学的画面而已。它由数学的一个分支联系着发生学的观察，这一分支在另一領域內，即信息論的領域內，已获得突出的地位（441 頁）。生殖，在最明显的意义上就是"相似的生相似的"这句老生常談；也就是一种仿制——总不十分逼眞，否則便沒有遺传上的变化。問題是要求出仿制的是什么，和如何仿制的。可是所仿制的不会是实質物，或甚至它的形式，或內在型范。沒有三維的型范，例如一个生物或一个細胞，能創造它自己的点点相同的复制品；可仿制的不是型范，而是作成型范用的"指示"，基本上属于直綫性信息的性質。

去氧核糖核酸（DNA）的职司

在过去有人猜疑这类信息是包含在綫状染色体里面，而人們只不过才开始明白它們怎么会这样。如已經指出的（501 頁），現在的証据十分傾向于認为在一切生命形式中，除了最低級的而外，信息是由直綫型聚合体，去氧核糖核酸，DNA，所传递。

見于自然界中的、聚合而成的去氧核糖核酸只包含四种有区别的嘌呤、嘧啶基（492 頁）。它所含的任何信息，看来必是按照这些基的順序而留駐的，就好象这是一套双份的莫斯电碼。在另一方面，綫状蛋白質包含約二十五种不同的氨基酸，类似于我們的字母表。生物的特异性依賴于它們所含蛋白質的特异性（499 頁），而核酸类則明确地联系着蛋白質的合成。从病毒新近得来的見証（506 頁）現在更大大巩固了这个立場。况且，至少在实驗室里，通过一种蛋白質酶的作用，可以把核苷酸构成核

酸。具有引誘力的是把某一特殊蛋白質的发生联系到某一特殊核鏈，或某一核鏈的一部分，或把后者联系到前者，这在基本上是一种譯碼和編碼过程。看来核酸分子直接合成其他核酸分子，而且两个全同的或近于全同的核酸可以蜷捲起来或解蜷，象性交中所发生的情况，但是这一过程的許多細节尙待增补。

演 化

演化問題和遺传問題有如此密切的联系，看来在此处談演化更为合适，不过，按照邏輯，应該等討論了在理論上属于生态学而在实践上属于农业的动物和植物間相互关系之后再談它。在第九章里已經描出了十九世紀里有关有机进化的大論爭的輪廓。

达尔文的胜利，說在于他发見演化，还不如說在于他使演化观念在科学上足以起信。多亏了他，演化确曾发生，而且正在发生，这个事实，除了几个頑固分子外，已为人人所接受。十九世紀末期大部分用在决定不同型式的动植物間最可能有的亲属联系——打个比方說，画出演化的家族譜系图。在二十世紀，兴趣轉移到建立演化的方式，即新型式的存在如何而来，为何而来，在何时来，从何处来。关于这些，絕沒到达到最后的終局；事实上正是在答复这类問題时才揭出生物科学上主要的分歧意見。

基于突变和自然选擇的新孟德尔派演化論

最近几十年里，我們目击到用孟德尔的基因理論重写达尔文的自然选擇理論。用来代替达尔文所假設的覚察不出的变异的，已經提出了种种突变，基因代換所生的，基因增殖所生的，染色体双倍或多倍性所生的，以及基因突变所生的。所有这些变化都假定其发生的原因与已成长动物的合成性格的适应价值毫不相干。根据这个观点选擇并不会作用于性格上，而是作用于承載性格的基因上或基因組合上。自然选擇的作用是作为一种篩按照数理上可决定的方式，来改变該种动物全体成員中的基因組成。适应无非就是若干次絕对乱碰中最成功的一次。在形式上，通过斐歇尔(Fisher)和霍耳登等数理生物学家的辛勤統計工作，这样的机制会解說一个物种的演化，以及甚至一个物种怎样分裂为两个不相杂交的物种，也就是解說了怎样創造出一个新种。不过这情况极难从实践上驗出，这是由于定量地控制环境的困难，更是由于演化时率很慢。

獲得性的遺傳

近年中进行了一些有关演化的实驗，这些实驗本身或可帮助解决自然学家們所

仍然感覚到的主要困难，即关于是否一些胡乱变异中的簡单选择作用就足以解說实在的演化过程。自从拉馬克(373 頁)时代以来就感覚到环境必然以某种方式指揮着改变了的遺传的进程,对生物有如此明显的利益。到現在为止,要証明获得性的遺传的一切努力都遭到失敗(526 頁)。現在我們看出,为什么在具有最难探明的生殖机构和长久生殖时期的高等动物和高等植物的情形中,这工作就应該如此困难。說到下等生物,例如細菌,生命的循环只以几分鈡計,就可能观察到响应化学环境而起的变化了,这些变化,就其能在新媒介中生长的意义来說,确定是具有适应性的。它們是否起因于选择,在此就成了热烈的爭論点。[6.98] 除此而外,至少要加上一件事例,就是亚維来(Avery)[6.73a] 把一个类型的肺炎双球菌变成了另一类型,方法是拿第二型的核酸提液加进第一型。經过改变的型传下去不失眞,这就表明可用一种特定化学品来导致定向的、发生学上的变化。

不过这种情况和联系着一般环境刺激的适应性遺传之間,相距还很远。瓦定頓(Waddington)曾发見了这样的一型。当某一蝇株在蛹期被暴露于高温度,則发育后翅上就少一条平衡棒,显然是一种瑣細的变化。可是如果这过程継續好几代所产生的蝇,即使蛹未受热,传下去也缺平衡棒。若再多传几代都不使受热,这些蝇就回复到正常型。不論解释是什么,而瓦定頓所提出的是一种复杂的孟德尔派解說,看来至少是这样:外力加上的发展上的变化,可以以某种方式經过相对地不多几代就結合在生物的遺传里。

据报告,还有甚至更动人的事例,[8.25a;8.26a] 就是遺传的是习慣而不是結构。約在三百年前,野生金絲雀被选作籠鳥,祇为它的羽色而已。此鳥会叫而不会唱。但是,各地的养鳥者設法教它們唱各种歌,而且現在每一品种的金絲雀,即使从卵孵出未經教練,也会照那一品种的特征声調而唱。在我們自己的遺传方面,好象也有过多少同样的情况。我們学会說話并不很久——按照不同估計,是从二百代到一千代。甚至在現在,我們还是要經过教才会說話。不过,人的大脑和人耳已經深刻地改变过,所以大脑皮层的不少面积已經专門拨为这种目的之用,而且也沒有多少反哑型的选择的証据。非等到我們晓得一点关于这些迅速的演化性的变化所賴以进行的机制以后,不能把这种遺传制成一种理論,但是这仍然是一个警告,不要教条地排他,而祇信賴演化中性格遺传的一种方式。

在这个問題上——遺传和演化的中心問題上——不祇是有最大的理論兴趣,而它的解决方案也将导致重要的实践后果。育种和选择必然是十分緩慢的过程,特别是在一些繁育得慢的物种方面;但是,比起实践育种家們現在所用的碰碰看的方法,

則定向的变化会大大增加人类改进它們的速度。如果象許多发生学家，在这个时刻而說这在原則上是不可能的，就是阻挠沿着旁的路綫来进行研究，并是冒着忽視他們的方法有限制的危险。但如断言已經找到或即使說看到任何指引演化的方法，那就仍属太早。惟有把集中力量的、和有批判性的研究带进費用大而有計划的实践里去，才能希望发見它們。虽然这样，在本質上并不禁止人类希望有意識地去做自从初有生命以来自然界里就已在发生着的事情。

11.8 生物和它們的环境：生态学

二十世紀生物学里迅速生长的一种研究，是按照生物对各式各样的自然的和实驗上的环境的关系去研究生物。在这以前，叙述一种动物或一种植物时容易只限于形态学的、解剖学的描写，加上对它的个别机能上的一点生理学研究，以及对它的习慣的自然历史的記載。現在却感覚到这种知識祇是了解生物生命的复杂得多和更生动得多的各方面所必需的第一步。仅仅的观察和自然历史是不够的：也需要詳細的和大規模的实驗。

如在本章开端所已指出，本世紀內曾看到兴起了一个实驗生物学派，也是靠变更活动物或植物的生活条件而观察所生的变化来研究它們的机能的学派。实驗生物学在二十世紀处在的地位类似有机化学在十九世紀所处的地位。这是一条途径，由它来研究生物对不同环境的反应，从而察出有关它們的有效結构的情形，正象化学家把他所研究的各种分子暴露在各种試剂之下来研究它們的結构。这件事，如果祇限制在生物平常生活条件之下去观察，就办不到。范围較广的可能环境，須待发掘。在一些更复杂的情况下，必須很仔細地分析环境中所有分别得开的因素，改变这些因素，或者每次变更一个，或者变更几个，所取的方式要由統計方法来决定，并且还須对那生物进行同等复杂的观察。

生物彼此間的相互作用

任何生物所处的环境毫无例外地包罗无数其他生物，而这事实就把問題弄得甚至更为困难了。在十九世紀中叶，达尔文本人充分体会到这种情况，特别是在他的有关花的受粉[5.20]和有关蚯蚓[5.22]的著作里。但是，到現在才完成的工作，只是強調生物彼此关系間的极端复杂性以及我們对它們的意义的簡直一无所知的情形。例如：土壤是所有地上植物生活的基础，也因此就是所有陆上动物生活的基础，但很大部分都是生物科学上未知的区域，虽然土壤整体里所含的活生物大約比起地面上所見得到的

要更多。直到近来，土壤科学在基本上曾是叙述性的，又大部是无机性的，而依据于地質学和矿物学。我們祇是現在开始認識土壤本身是生物的全部复杂集結，其中沒有一个生物能被改变而不影响所有其余的。

生物群的相互依賴

生物类的，亦即是不管哪里发見的动物类、植物类和細菌类的相互关联着的复杂集結，就成为生态学所研究的主題，而生态学是某一特定地区所有生物的总效应的分析。例如一块田或一个池塘里的生物的大会合，已經察出其具有它自己的凝聚性和永存性，比任何个体生物所有的更大。生存竞爭这个陈旧而粗糙的概念，正在让位給一个概念，認为不同生物从演化而来合作。合作有时可能取頗为表現矛盾的形式，例如，肉食类和草食类的合作。鹿的生存情况，在很大范围里，要看狼或猎戶把它們削減或保存到怎样程度来决定。試看鹿輸入新西兰后的慘遇，可得明証。但是，总而言之，在自然界里任何匀齐环境下，总維持着某种平衡。沒有个别物种可以增殖，而不影响到所有其他物种，更不要說可以死絕了。

对于达尔文生存竞爭这句話的粗糙誤解，就更加模糊了生物彼此依賴的眞相。为着繁荣任何个体或物种而消灭其他一切生物，对于前者是沒有什么价值的。这样說法，适用于同一物种之內，比不同物种之間，甚至更为有力。然而，竞爭求存这一概念仍在流行，大部分因为在替殘酷竞爭和人事中強者治人作辯护，这个概念曾經很有用，現在仍然很有用。如李森科所指出，祇是当拥挤到离奇程度时，一个物种中的許多个体才起竞爭，而这在自然界里是罕見的。在植物界和动物界大多数例子里，有了同种中其他成員存在，就会改善环境的适应性。譬如，一座森林对生于其中的所有树木是具有淨价值的。

人类对自然界平衡的干涉

当人类开始干涉自然界里先已建立了的平衡，而所取的途径在基本上异于任何其他生物所取的，我們的这个星球的历史上的一个新局面就展开了。作为一个猎人，而以作为一个农民为尤甚——最初无意識地而且小規模地，后来有意識地，而且扩展到整个星球——人就从事推翻自然界的平衡以利自己。从一开始人这样做是怎样地成功，就表現在人类的倍增和散布，这两件事已进行得越来劲头越大。在早期阶段里，人类对于自己做些什么，缺少适当的了解，而产生一些偶尔不是自己所要的結果，例如歼灭了人类賴以为生的野兽，纵牲畜过分吃去牧草，或耗竭了一片片耕地；但由于

这些作为规模小,故并不致怎样永久地損害地球上的种种資源。現在情况不同了;既不缺少知識,又不缺少能力,但現代机械化农业和林业的成功代价却是毁坏了地球上大到危险比例的土壤面积,并改变了地球上的气候,对于几乎所有各种生物都不利。

資本主义下農業的破坏效应

这种大規模的极度破坏与人类先天凶恶或愚蠢无关,又或与許多政論家要人民以为人类所具有的約束不住的传种欲望也无关;而不过是由于資本主义本質上的掠夺性,而这主义現在已成为广布在世界上很大地区的帝国主义。在过去五十年中,土壤的破坏大大加速,这是由于表出資本主义特征的为目前利益而进行不择手段的剝削方法。实际破坏土壤者未必本身是資本家,而可能是作价偿租的貧苦农民,为了不致被逐而不得不爭取多收卖現錢的农作物;或者被那些夺取最肥土地的欧洲人驅赶到划定保留区的非洲土人。这些不同原因都导致同样結果,而且这种过程正在不断加速。土地越是不毛,越要搾取得厉害,因此它的情形也就越恶化。[6.82;6.84;6.88]

土壤保持

虽然这样,却沒有絕对的理由让这般浪費并破坏无法补偿的資源的行为継續下去。即使在資本主义制度下,也有制止这行为的間歇性的和有限度的企图,正足以表明这在技术上是完全可能。本世紀三十年代中美国經济大衰落带来了田納西(Tennesse)流域管理局和广泛的土壤保持运动;这两件事,只就生物学工程而論,都是成功的。[6.155] 但是私人利益却存心要田納西流域管理局保持为区域計划中所能做到的事情孤独榜样,而土壤保持措施仅限于合算的地方,而且,祇要集中耕作能获利,就被放弃。因此这些措施从来不用在最需要的地方,特别是現在为了外国投資家的利益而越来越由大种植場和售現作物农业来控制的广大热带地区。

改变自然

在世界上目前未遭受自由市場和垄断托辣斯操纵的部分,景象就十分不同了。惟有在这些部分,更尤其是在苏联,才有时間让长期計划得以成熟,改良土壤和开垦沙漠已經进行了二十年。这里的土地属于人民,而土地的永久保护和改进是投資的首要項目。

在战后年代里,这个过程扩充并加速,构成了我們的这顆星球的历史上根本全新的东西:即一种經过愼重考虑的企图,要再造自然和改变地理,来为人类服务。为了

能够想象和实行这样的事业，首先須有一个民族，慣于为共同事业工作，并够有信心，肯牺牲目前，以求得后来的报酬較大。不过为了使这种善意能見效，就須尽量运用科学：用机械工程来拦挡河流、凿开运河和建造动力站，用生物学工程来种植林带、設立灌溉系統、平衡畜牧和农产。

到了1956年，已經采取了一些基本的工程步驟，在苏联东南部和里海盆地的旱災威胁区和半沙漠区創建一种新式农业的和工业的文明，最后目的要能維持一亿人口。原則是看土質和位置而定，按若干不同利用程度，来充分发揮地利。低洼平原就賴重力从蓄水庫輸水灌溉。在一种情况下灌溉水道正在山里打通，而在另一种情况下，就正在越过海湾引水。水平較高的地区也要用电力抽水来灌溉。在常設灌溉区以外，就綿亙着畜牧地段，有水管或电泵井。在广闊沙漠里，就由沙地假木賊等把沙固定，而即使是日光，也被利用于抽水和冷藏。

作为設計单元的是全部河域。大河如伏尔加（Volga）河、頓（Don）河和第聶伯（Dnieper）河，正在改造成一串湖泊，由設有船閘和电力站的堤坝来隔开，再分出灌渠象触鬚一般。洪水和旱災将相互抵消。1956年已經有三个主要电站在运行，包括伏尔加河上古比雪夫站在內，这是世界上最大的了；所有欧洲境內河流上各站，当在十年之內完成。在全联邦里都正修建灌溉水道，特别是在靠阿姆河（Amu-Daria）的沙漠里。

水电站发出的电力将用于工业和农作，也用于灌溉。这类多方使用法将分散負載而增加功率因数，因而每一滴水都要充分利用在物理和化学方面。不仅是大河如此，即每一小支流也迫使服务。对每个集体农庄或一小組田庄，都鼓励和帮助它自建堤坝、水庫和发电站。在每个場合都重視联合着室內和場地实驗的复式种植法。目的是要同时发見和实施一种农作法，要能用一种动植物双方平衡恰当的生态学，来保养和增肥土壤。[6.104;6.156]

正是大規模土木工程所用的那些新机器才能改变了荒野为繁荣地带，把有改进心的农民們几世紀的工作压縮在几年之內（301頁）。巨型卡車、压路机、纜拖挖掘机和水力挖掘机能做千倍于人的工作。現在它們已照自然界規模工作了。地理不再能認作是当然的了，世界的表面从此将随人意改观。举例說，波罗的海地区的冰河时代遺物——堆石、漂石、由排水道阻塞而产生的泥炭沼——以致地瘠而不能生产。农民們双手劳动若干千年还做不了的，机器在几年之內就做了，从地上清除石块和漂石，挖掘新河以加速排水，这一切都是从泥炭取得动能来做，留下的是良好耕地。

河谷、山嶽、分水岭、沙漠和冻土地带，甚至海底，都能改造。苏联第二套計划是

要把西伯利亚地区現在注入北寒带沼地而无用处的大河,拨回头来,从土尔阶(Turgai)缺口流入咸海洼地。

这种办法沒有一桩是苏联垄断的。在中华人民共和国方面,內战一結束就开始水土保持的伟大計划。淮河洪流經常蹂躪最富庶的东区各省,却在一年內就被馴服,而长江和黃河方面的支流控制和蓄洪区,也已造成好印象。祇等有了最起碼的配备,用耡挖土,用筐运土,就完成了所有这些任务。这种工作,在已往六千年中任何时間,都可以做成,但皇帝們和官僚們都无能,因为沒有人民的积极支援,他們即使想要做,也毫无能为。[6.147]

在世界上所有其余地方,为了所有的人民,靠运用技术和科学,尽有活动余地来改变它們自己的国家。它們之中有些誠然是在这样做了。印度有达摩达(Damoda)和其他計划已有良好开端,但因缺少資金而受到阻碍。埃及的阿斯旺(Aswan)水坝在經济方面也有同样困难,已威胁着要触发一次世界战事,而在草此文时,款尙无着。这些計划当能大大增进这些民族的生活标准,而在技术上也沒有什么不可能之处。仅仅是为了在資本主义国家里,这些計划不是有利的投資对象,而認为投資于国內軍备工业或消費品工业上,当可以更快、更稳当地收回利潤。

每个国家的民族,祇要不受外国統治的直接和間接影响,就都能做好所有这些事情。假如消耗在軍备的工程潛力中几分之一,能改用来帮助人們战胜自然,而不互相毁灭,那么,这事业用不了一代就能做好了。目前美国人糟蹋在原子弹和超級噴射器上的技能和金錢,許会找到一种有成果的又能振奋人的用途,来試图在苏联人自己提出的为用途不为利潤而改造自然的竞賽中,一决胜負。[6.82]

人口問題

在社会主义观念和实践的鼓舞下所已做成的事,就已指向文明的巨大扩展——农业和工业在一起——在这方面,土壤不祇要加以保持并要无限地改良,而由土地支持的生物也将倍增。凭这种知識和經驗看来,所謂人口过多有危险的說法,越发更清楚地是反动的胡說。这种以二十世紀形式复活的馬尔薩斯理論本身所根据的,是取自資本主义国家或其扈从帝国的不可否認的事实。这样的理論无非表明在維持人民活命的起碼工作上資本主义在基本上失敗了。但是——正如資本主义的眞正运用者所想而又怕說了太冒失的——养活人民从来就不是他們的职务。如果維持人民活着不合算——那么就让他們死吧。"不給霍屯托族(Hottentots)❶牛奶吃"是1936年反

❶ 南非洲的一种民族,意指"落后"民族。——校者

对罗斯福总統的共和党員的口号之一。現在共和党当权，把口号改为"大炮只用来反共"。他們認为达成同样結果，也大大减少麻煩的更人道办法，却是禁止生小孩！这样的观念，因在科学的掩护下而广为散布，就提供了"理由"輕視象兔子般繁殖的未开化民族，并为他們的一种看法預留地步，就是要把未开化民族看作是給与了上帝自己土地上的居民以不便的不受欢迎的毒虫来控制。[6.123]

新馬尔薩斯主义的流毒已深深传入英国和美国的官方科学里。1952年，A. V. 喜尔(Hill)教授，在他就任英国学会会长的演說里，提出了整个問題，認为是"科学家在倫理上的两难問題"。这里就不再是仅限用避孕法来控制人口了。現在竟乞灵于古代的瘟神来保証不让太多劣等民族活着而后慢慢餓死，也不让他們在攘夺食物时，推翻比他們优胜的人。如果人們繁殖得象兔子，一定要让他們死得也象兔子：

> 但假如現在确知：不因疾病控制而不断增加的人口的压力，不仅会导致广泛地耗竭土壤和其他最要的資源，而且也会导致持續并加強国际紧张和紛扰局势，以致文明本身难于殘存，那么，大多数講人道和理性的人們到那时肯改变他們的心意嗎？如果倫理原則，为了求善，就否認我們有权作恶，那么，当預見得到的后果是恶的話，我們行善是否正当呢？

与其要医学科学的全部工作面向"落后"民族的經济自由的整个含意，毋宁应当抛弃掉。人类生命的神圣性，本是西方文明的最高宣言之一，却在保护私产这个凌駕一切的理由之下，而被抛开了。

到現在应該明白，不完全脫离旧时地主或大种植場制度，或甚至是名义上自由而被束縛于外国公司的小农制度，就沒有可能提高落后国家貧农的生活标准。馬来亚、菲律宾和南美洲出产香蕉的諸共和国的命运，表現这情况就很清楚。[6.88] 眞正的經济独立必須以不断生长的工业化为根据，这在利用淡季劳动力，和供給必要配备于科学化农业，都是必需的。*不过，在資本主义范围里沒有一桩能做到。外国資本不是随要随有，而国内私人資本旣太少，又过于追求眼前利潤。唯一途径，如印度和埃及已在发現的，是某种方式的社会主义。别的一些未开发国家不会迟迟才学它們的榜样，特别是現在資本主义对于技术窍門已失去垄断了（459頁）。要从人口增多到瀕于悲慘生活标准这样一个恶性循环里摆脫出来，这誠然是唯一的可能了。

有文化的英美科学家，由于全然无能力来正視任何其他事态，再加上一种通常不肯承認的厌恶心，不愿看到这样多的較低級的种族在向他們的特权挑战，就起来支持限制人口的政策。

查理·高尔頓·达尔文（Charles Galton Darwin）爵士現在已經循着家族的整个

圓圈❶走回到馬尔薩斯牧师。在他所著"今后的一百万年"[6.28]一书里，他看不出为人类有任何好事。誠然，他認为在一切时代中爱德华时代是世界上最后的黃金时代。

在他的书上和在任何新馬尔薩斯主义者的书上，关于利用科学对人民供应粮食这一起碼任务上所已知的和已成就的事情，連痕跡也几乎沒有。但已知的和已成的只代表应用生物学可以做到的事的小小开端而已。世界人口增加本身不是災难性的；大体上增加率在每年百分之一和一.五之間，而生活标准高則增加率会低些。因此，对粮食消耗量的增加，充其量所需的是比率稍高的平均增产。每年增产百分之二，是完全在現有技术可能成就的范围以內。只是到了后来阶段里，当可耕土地严重缺少时，才有运用新研究的必要。

目前离这情形还很远。联合国粮食农产組織估計地球陆地面积三百三十亿噸中已經开墾的只有三十亿，或者說不及百分之十。[6.90]其余的很多地面，特别是赤道区，照苏联和中国已經在做的那种办法，只用有限的实在資本，就能用来种植。地理学家L. D. 斯坦普(Stamp)的保守性估計指出，用現有技术，尽能按充分营养标准維持約一百亿人，或卽世界現有人口的四倍有余。照現在的增加率，到那时当早已过了2100年，而那时人民比起現在要有好得多的条件，曉得自己要如何解决粮食和人口問題了。如果他們决心让人口再多下去，那时仍有許多土地可供更科学地指导着的开墾之用，更特别地是在沙漠地带，而海洋才刚开始在利用。对已經耕种的土地，再加強利用起来，还可以达到五倍到十倍的因数。目前的一些平均产量还不及最高額的三分之一，而这些最高額仍嫌过低；它們确实能靠生物学研究来提到較高得多的水平。如此辛劳而获得的实际植物質中的五分之四被燒掉了或犂盖了。这样做断非必要。例如：象皮里所表明，[6.115]各种綠草所产生的丰富蛋白質类，可用压榨法提取来給动物吃，并在紧急时供人类消費，而下余的纖維質更是餵家畜的好飼料。这样，农人可从同一块牧場获得腊猪肉和鸡蛋来补充他的牛肉、牛奶和奶油。利用各种酵母和眞菌类，可从植物废料中制出食料，或利用藻类，可进行有控制的光合作用，这些所提供的可能性甚至更大。

爭論用科学方法所得的粮食确实有多少，是学院式的空談，因为方法本身将按着应用的程度而生长并改变。靠各种慣用的能量来源，就可做好所有这工作。現在原子核裂变的能量已經产生，而且甚至更多的原子核聚变的能量也有理由可以期望得到(432頁)，因此，粮食生产的长期远景簡直沒有限制。只要慣常的农作法在用着，

❶ 恶性指循环。——校者

原子能就能供給必需的水和热（469 頁），但如人口上升到千倍或更多倍于目前的数目，則一些其他方法或更直接的方法将可供人使用，而且确实将会应需而出，如有必要，連原子嬗变也包括在内。馬尔薩斯的鬼就很好地和眞正地葬埋了。

不过这其中沒有一点能对那些目前就不够吃的人們带来安慰。这里的眞正困难不是科学性的也不是技术性的。能使科学发揮作用的毋宁是要达成社会的和經济的条件。如果一旦能摆脫帝国主义魔掌，停止移用技术資源于备战，就許有充沛的資源，作为必需的机械和化学資本，在十年内改变农业，还有充足的款項来供研究并发展科学之用。在 1951 年，据联合国秘书长所委派的一組专家所估計，每年投資一百九十亿美元就足以把一些落后国家的生活标准每年提高百分之二。[7.26] 安全进展因数大約是百分之六。然而象在目前，直接或間接花在軍备上的就有一千亿美元之譜，因此，这种增加是立可办到的。对这一点的較新近的討論見于我所著"无战爭的世界"一书。[6.9a]

然而战爭仍然是最能生利的投資，而新馬尔薩斯派要很好地用心去更認眞地注意这种对人道主义的禍害。如果他們能阻止这禍害，他們就不再須要去求教瘟疫和飢荒来削弱人类到他們的斯文标准了。

社会医学

农业改造只是現代生物学冲击社会的一个方面；另一方面就是与此相对应的医学改造。二十世紀里，生物学，特别是生物化学，对医学的那些大貢献——維生素类、激素类、抗生素类、輻射学和輻射疗法——只是从治疗术到健康科学的更大得多的轉变中的一部分而已。大部分由于有正在方兴未艾的社会主义原理武装起来的工人阶級抗議的压力，才开始不再把疾病看作来自上天的懲罰和警告，甚或当作邪恶生活、酗酒、和污秽的自然結果，而更多地把它看作一种毫无心肝而且愚蠢的社会制度所強加的生活条件的反映。

从收集和分析医学統計材料起头，[6.99a] 社会医学开始用冷冰冰的数目字証明久已显然的事，即貧穷是疾病的主要原因。[6.101] 各种职业病是第一目标。不顧那些看来是靠牺牲人命而获利的人們的頑強阻撓，这些疾病中最显著的几种——漆工和陶工的中鉛毒、火柴工人的磷毒性頜疽、鑛工和磨鋼工人的矽肺症——都遭到譴責，并且，过了許多年后，由法律規定一点保护和賠償办法，但是，即使到今天，不列顛每年还有約八百人死于这些疾病。[6.141a] 工业城市中充滿煤烟的空气照旧害死一部分人；在曼彻斯特死于支气管病的人数等于在英格兰南部的五倍。在 1952 年，原可防止的倫敦煙

雾在两天之內就害死了四百多人。

十九世紀社会医学的最大成就是卫生工作。这工作扫除了工业化国家里霍乱和伤寒两种由水传播的病，但一些害死人最多的病，即結核病和嬰儿病，仍然剩下。到了二十世紀，居住較好、保健措施改进、尤为重要的是食物較多較好，这些疾病才被制服。发見各种維生素的社会价值，由于維生素类本身得以供应者尙小，而更在于使人集中注意于营养，認为是对健康，尤其对儿童健康的第一需要。尽管有屡次經济大衰落和战爭的阻碍，在那些幸运的工业国里，民食已緩慢而稳保地改进了，并且，随同这情况，結核病已減少，而嬰儿死亡率更惊人地下降了。

在这方面的种种成功已暴露了幸运較差的国家里不必有的疾病和死亡的全副恐怖情况。[7.23a] 如果在瑞典嬰儿是五十死一，在印度为什么就該是六死其一呢？現在分明确知，世界上人民有三分之二，因为缺少食物或医葯照顧，都原可不死而死去，并且，現在死掉的十个嬰儿中，倒有九个是可救的。明知如此而毫无作为，就是同謀屠杀，只不过沒有默許用原子弹或凝固汽油弹杀害他們那样直接而已。

国家保健服务

虽是这样，这种知識并非沒有效应的。最近五十年来，在全世界上，除了在那些个人主义堡垒里健康象其他任何东西要花錢买的而外，已經起了一种有效的要求，把免費保健服务作为一种权利。即使在不列顛，医业界，即使不情愿的話，也已忠誠地默然同意于国家保健服务了。这个保健服务現在仍是有名而未必有实的。为了保卫国家利益，才注意办到，自从 1940 年以来，在不列顛只建了健康中心五处，和民用医院一处。国家保健服务部，在大部分工作上，仍依靠那些旧式外科医院，这里工作过度的医生們把无效葯品分給一长串一长串的病人，而吩咐病人的話却是无法接受的。尽管如此，这也許就是对健康所抱新态度的开始，而在新态度下首先要考虑每个儿童、妇女、和男人都应有权利享受最能保証他們一生美滿、活泼、和健康的那种生物学的和社会的环境。医生仍有需要，但只当作顧問和看护犬，而不当作因环境恶劣而扭伤和破損了的躯体的弥縫者。

社会医葯，从邏輯上說，意味着社会生产和社会分配；要不是这样，怎能保証每个人得到的工作、休息和飲食都对他适当呢？簡单說来，社会医葯意味着社会主义，而这就是为什么社会医葯在美国特别遭到猛烈的憎恨，因为它打击了那些懶而貪的人所認可的，穷困和痛苦是驅使閑置貧民去工作的唯一手段。

对比之下，在人民力量已得胜的任何地方，就已进行一种立即改善公共卫生的运

动，特别是为了儿童。提高医生和护士們的地位，不要他們为了几个付費病人而需要竞爭，这才克服了医务界久已生根的反对增加成員的見解。例如在目前称为烏兹别克斯坦(Uzbekistan)的領土里，当沙皇时代每三万一千人中才有医生一員；到了1952年，每八百九十五人中就有一員，而在阿塞拜疆，則每四百九十人中便有一員。这些数目可以拿来比不列顛，每八百六十二人中一名，再比尼日利亚，1953年里每五万六千人中才有一名。[6.89a;6.130]

在中国的进展甚至更为惊人。那里的卫生运动采取了羣众集体形式。第一步是扫除传染病的种种来源。中国是世界上蒼蝇最横行的国家之一，而在人民政权建立两年之后，在中国的任何城市或农村里难得找到一只蒼蝇。[6.135b] 一些地方性的鼠疫中心都已經清除了，四亿以上的人民都已注射过牛痘預防苗。医药服务机关也大为扩增。譬如，1952年六月，在中国东北区，工厂和鑛場的医院，多到解放前的二十倍，而診疗所就多到十二倍。每六百二十五名工人中就輪得到一名医生。在这个范围內，全国数目是每八百八十人分配到一名医生。一些新厂已建立了，来生产各种救命的新药，打敗了美国禁止向中国輸入这些新药的恶毒意图。

在所有不卫生的，也是只因貧穷和被榨取才成为不卫生的热带和亚热带地区里，也可以完成同样的改造事业。这桩事能由人民自己，也只能由他們自己来做好。从外面来的医药援助，用意无論怎样好，也只能起緩和作用，并且有时甚至連这都做不到，就是說，不經过改革时，这样做只会引致普徧的穷困。1944年孟加拉疟疾流行时，免費发出的药品很快地找到黑市出路，接受施药的人不愿挨餓必死，却宁肯冒着害病万一不死的危险。

在最近五十年中，生物科学和社会医学的实践都已証明人已經脫得开許多千年来压迫人的这副疾病和死亡重担了。現在这既已是人所共知，也就沒有任何东西，那怕是氫弹和超級毒剂的最大发展，还能阻止人类集体去寻求美滿而健康的生活了。

11.9 生物学的将来

以上講生物学的現在地位和它对社会的影响的記述，从篇幅长和范围广上面，就应該足以說明这种新贏得的知識冲击到差不多世界上每个人的生活方式是在日益增多。生物学的生长虽不見得比物理科学慢多少、但对社会的冲击却比它們快得多——除了为战爭服务而外。一种新药或新植物品种可以見于实用，比一种新建造或工程方法，甚至新型飞机，要快得多。生物科学的周轉率較快，而資本价值較小。

从另一个角度来看，这种考虑意味着生物学不那样直接联系到重工业。这是一

个主要原因,說明为什么在所得經济支援上和在研究工作者人数上,生物科学都远不及物理科学。

在不久的将来,假設冷战結束,那时生物学的酬报必然导致这門科学的极速扩展。同时,生物学的內在兴趣将吸引越来越多的能干工作者,加入这門科学的种种研究。除原子核物理学而外,要数生物学,特别是生物化学和生物物理学,已經成为最使人振奋的研究园地了。这是因为生物学提出的問題复杂性很大,因而推重才智。从最近半世紀中所获到的知識来看,現在很清楚,以前的观察家們对生物和它們的相互作用所抱的見解是怎样一种无疑地过于狹隘且太簡单化的見解了。即使是其中最簡单的,在絕对复杂性上,也要超过人类所設計的最复杂系統一千倍或百万倍。誠然,假使从前的生物学家們,对于他們所在应付的那些主題的复杂程度,多少有些概念,他們也許早就缺乏勇气去承担这个任务了,因为照馬克思所指出,人除非有了解决办法,是不会向問題进攻的。当生物科学大軍增強,它所要进攻的問題的复杂性也要增高。

生物学上的一次突破?

象我曾試图表明那样,解决这些問題的一些方法現在正来到手边。新的化学方法和物理学方法已在改变不只是我們对生物結构的概念,而且是对生物功能的概念。电子显微鏡示蹤剂,以及电子探察装置,正在分任着提供我們以生物学的新幅員。聚合物化学和統計学技术等新概念,助以电子計算机,就能帮助我們分析它們的发見,从病毒的內部到动物社会的行为。照我想来,目前最激动人的几点是有关細胞的新結构和它們在生物化学上的重要性各点,这里包括蛋白質、核酸和类脂的职司,以及代謝过程,特别是光合作用的位置和控制,还有关于細胞分裂和有性接合的更深入的了解。我們正是在这里很有可能看到一次突破,把生物学引到新概念去。在这天平的另一端是生物內部神經控制和生物間互通消息这两个問題的前景,看来也預示有很大的进展。結合着这两种情况的是有希望創造一幅更为本身一致的有关遺传和演化的画景,一路伸展,回溯到这个地球上生命的起源,向前到人类社会的出現。

走向一种新的生物学理論

在一个巨大領域上,多方并进的前景強調合作的需要越来越大。有效的生物学进展,不論是否被認作一种广泛的联合操作,却必須是如此的,因为每一个人的工作价值要靠几十个别人的工作价值。这就需要指导健全的情报服务和一些策略感(705頁),这些并不阻止人去認識和探发料想不到的事物。

就事物性質来說，生物学不可能簡单得象物理学或甚至象化学，因为它本身之内就包含这两門学問。它也不能用精密数学的語言来表达，因为头緒太紛繁，不能用枚举法来描述。眞的，大多数把生物学約成数学的企图，因为很抽象又很不适当，就引起一些差誤，而假使用了文字来表达同样这些观念，就不至于犯錯誤。尽管如此，因为我們必須要能在实际上处理各种有生系統，故必須找出一种适当的語言，以合理的而不是传統的方式来叙述、思考，并从而控制它們。任何有用的生物学語言必須就生物之所以为生物来討論它們的結构和行为，并須适合它們的較高水平的复杂性。

新概括：辯証的途徑

尽管是通过今天生物学上的发見和爭論的混乱状况，我們也开始看出那种語言所将要采取的形式。現在越来越明显，生物学上极重要的新概括就要出現。生物化学里那些指向生命的化学性質和化学起源的中心发見，尙待譯成一个一般的生物学理論。这样的一个理論必須在本質上是演化性的；就是說，它必須把現有特性表出为結合在生物結构和机能里的过去特性所成的結果物。研究演化的旧途径是根据于看得見的外表和动作，而新途径就必須一直看到原子般的小尺度，不过这样做时，絕不許失于看到生物和社会的較大統一体。正因为它要牵涉到物質和历史併在一起，所以只能沿着辯証唯物主义的路綫来建立。导源于牛頓时代的机械理論不能应付生物学的本質上属于历史性的情况。在物理学上，了解种种系統如何作用，一般就够了。在生物学上，同样重要的是还須了解这些系統如何达到現在这般情形。演化的整齣戏是新型式成系列产生的例子，主要是由以前各阶段內发生的冲突而起，这些冲突是由于在生物的內部和在它与它的环境之間的关系之中有不可避免的矛盾。

生物学研究的应用

这些考虑，虽在表观上有学院气，然而就其內蘊而論，对社会和經济都具有最大重要性。我們愈趋近于对生物学的基本了解，就愈快地能够对有生命的环境和我們自己的身体获得有意識的控制。許多激发人的前景已正在展开。对于土壤科学、生态学和植物生理学更获得更多的知識，就应能提供丰盛得多的农产，并使产量可靠。有了控制遺传的可能，就应导致創造不仅是改良了的食用植物，而且是适应气候的新型。通过酵母菌类和藻类的培植，生产新食品和新葯品的可能范围是无限的。有理智地应用生物化学，就应当注意务使我們所生产的食料得到最充分和最好的使用，并使烹調成为一种科学，而同时保存它作为一种艺术的美好成就。

表七 二十世紀

	历史大事	生物化学	微生物学
1890	殖民战争 垄断事业的长成	生物化学的兴起 布希納:酶类	伊凡諾斯基(Ivanowski):植物病毒 勒夫勒(Löffler):动物病毒
1900	日俄战争		兰斯太納:血型
	第一次俄国革命	維尔斯塔特(Wilstatter):光合作用	
1910	帝国主义者之間增长的紧张局势 第一次世界大战 俄国革命	亨德孙(Henderson):“环境的适合性” 瓦柏格 (Warburg):呼吸,酶类	赫列勒(Herelle):噬菌体
1920	战后的經济衰落 意大利的法西斯主义 不列顛总罢工	斯未保:超速离心器	
1930		色謨納(Sumner):結晶酶类	史坦利-鮑登-皮里:結晶病毒
	經济大衰落 納粹主义兴起 西班牙内战 第二次世界大战	开林(Keilin):細胞色素 克列布斯(Kreibs):生物化学循环	恩格尔哈特(Engelhart):肌肉作为一种酶
1940	苏联被侵入 解放 冷战 共产主义的中国	裴魯兹:結晶蛋白质的X射綫研究 桑格:蛋白质类里的氨基酸序目	亚維来:肺炎双球菌的变系,用电子显微鏡研究病毒和噬菌体
1950	朝鲜战争 紧张局势緩和		富兰克林:病毒的内部結构
1955	日内瓦会議	合成促腎上腺皮质激素	夫兰克勒-康拉特:核酸所致病毒感染

本表列出二十世紀的生物科学,时間分段法和物理科学表相同。各栏排列大致配合第十一章各分究工作竟会以二十年为期——例如,兰斯太納研究血型的經典性工作,就占了本世紀的头三十年。表內

的生物学(第十一章)

医　　学	細胞学和胚胎学	控制机构	遺传、演化和生态学
爱克曼(Eykmann):脚气病营养研究	魯斯(Roux)和德利須(Driesch):实驗胚胎学 勒布:卵的人工授精法	斯塔灵:心电描記器 巴甫洛夫:条件反射	貝特生:再发見孟德尔 德·甫里斯:突变 兴姆柏:植物生态学
霍布金斯:維生素		J. S. 霍耳登:呼吸 謝灵頓 (Sherrington):神經系統	格林卡:土壤学 約翰孙:純系 貝特生:連鎖关系
哀利喜:化学疗法,六〇六	受精和細胞分裂的許多研究		摩根:果蝇的发生学
		瓦特孙、科勒:动物心理学	染色体和基因
激素 班亭(Banting):胰島素 多埃西(Doisy):卵巢激素	哈利孙、貝耳:組織的培殖和器官的发展	封·弗里須:通信蜂	服尔忒剌(Volterra):食物鏈
明諾 (Minot): 恶性貧血因素		柏格:脑动电流描記器	穆勒:X射綫誘导的突变
文道斯 (Windaus): 維生素D		亚得利安: 神經脉动的电性質	斐歇尔 (Fisher): 进化里的統計理論
圣基沃杰(St. Gyorgy):維生素C 抗生素 杜馬克:磺胺类 佛来銘、夫罗瑞、奇恩: 青霉素	斯比門:誘导胚胎发育,組織者		J. B. S. 霍耳登、福德:生态学和进化 李森科:春化法
大規模制造青霉素 其他抗生素	喇斯卡 (Ruska) 和阿登涅 (Ardenne): 电子显微鏡 外考夫:生物和組織的研究	楊: 章魚的行为和神經病学	在苏联的发生学爭論
皮質素 B_{12}			
		霍吉金: 神經中的化学变化	
	分子內結构的电子显微鏡分辨		
古多夫 (Gudov)、安德罗索夫(Androsov): 机械化外科手术	赫胥黎:肌肉紆維結构	格雷、瓦耳特:脑电流的分析	

节,如所标出。只列了若干主要进展。 在生物学里,甚至比在物理学里还要常見的,則是单单一桩研标出各条的年份因此有些武断。不过,对于研究的最有决定性的結果,都力求指出年份来。

医学上的进展对我們的接触甚至更直接。对生物化学和生理学如得到更深的知識，当使我們更接近于調节身体机能以适应环境，因此偵查疾病是把它作为一种趋势来扭轉，而不是作为一种情况来治疗。我們尙未具备的是有关每一个人一生內最适宜的飲食制的知識，如果有了，当使我們对葯物的需要減少到最低程度。同时，有目的地配制的葯品应备在手头，以制止代謝作用上任何部分未及預防的失效。等到传染病和癌症，即使不能根除，也已不能为害时，兴趣将集中于延长寿命和增进健康，使之远远超过目前的限度。外科手术已能修补和暫时更换心脏和腎脏等性命攸关的器官。我們对細胞的新陈代謝如有更深邃的知識，就应該能使損坏了的器官还原。精神病，只要起源于生理原因而非社会原因，就应該屈服于神經机能知識的进展。

所有这些和現在仍未想象到的更多得多的事情，其来临的速度之大，将不仅和目前花費在生物学領域中的研究上的精力成比例。若把研究力量从軍事范围移轉过来，那么，这方面力量的增加就容易而且迅速。人口不断增加和粮食供应不变或反而下降的問題只能由活跃而前进的生物学来解决。沒有一个社会制度，不論建立得如何体面，能够无限期地拒絕如此迫切的人类要求，何况同时还存在着全面利用生物学为人类服务的实际表証。生物学的未来，本身是社会問題正如它是生物学問題，而且，在这个过渡时代中，人类社会的形式所可能經历的变化，肯定要改造生物科学，同样要改造人类的生物学环境。

第十二章　历史上的社会科学

12.0 导　　言

人类对他生活在里面的社会的知識远比人类对周围物質世界的知識，或者对这个世界里生长和生活着的植物和动物的知識更难于获得，过去如此，現在还是这样。关于人类社会的各門科学作为一个类别而論，都是些最年青的和最不完备的科学，而且，就其現有形式来看，它們被称为科学，有些人是怀疑的。就象前面已經講过的那样，英国皇家学会所維护的英国科学传統并不承認社会科学是一門科学，在英国和美国——然而并非也在别的地方——科学这个名詞是被自然科学包下来的。这是因为各門社会科学研究人的社会活动的根源，和各門自然科学相比，它們同历史有着更为密切的关系。因此任何企图广泛涉及一般科学发展与社会发展的关系的著述，一定要用相当的篇幅講講社会科学。

由于各門社会科学发展較迟，它們作为一个类别来看，缺乏十九世紀中各門自然科学所有的那种自主性，并且把来自社会习慣和宗教的一些先科学而出現的旧观念带到二十世紀来。要理解現在的社会科学，就必須相应地回溯本书前面討論其他科学的各章所涉及的大部分时期。因此我考虑最好分两章来論述，这一章即第十二章把各門社会科学到第一次世界大战为止的經过情形摆出来，下一章即第十三章講比較近期的社会科学。

这一章开始簡述各門社会科学的范围和分类，指出它們同各門物理科学及生物科学的本質区别。这里要闡明社会科学的落后主要不是由于研究对象具有一些內在差别或仅仅是复杂性，而是由于統治集团的強大的社会压力在阻止着对社会基本問題进行認眞的研究。接着叙述这种对待社会科学的态度，在历次社会革命中接連着被粉碎的情形，說明这种情形如何导致了今天两种对立的社会科学体系的出現和发展，这两个体系是相应于資本主义和社会主义这二者的区分的。社会主义的社会科学体系在法国大革命的后浪中便开始形成了，但它只是在 1848 年馬克思、恩格斯的共产党宣言里才得到十分明确的表現。

把从 1848 年起这两个对立的体系的发展加以討論是很必要的。这个发展中完全属于世界性資本主义經济体系范围的第一阶段告終于 1917 年。这个年份最适于結束这一章的叙述，虽然这个年份与自然科学新紀元的开始(1895)并不切合，而后者

是根据不同的理由选定的。資本主义社会科学体系，和社会主义社会科学体系的較后的发展，一直是它們的早期形式的継續，然而从 1917 年以后，这两个体系就各自在一个显然不同的社会得到最充分的表現。这些发展及其相互的影响，将在第十三章里面加以論述。

我知道这样处理破坏了本书的时間次序，但是我以为这样处理比我考虑过的其他办法要好些。我在序言里曾經指出，有些讀者或許喜欢把这一章的历史阶段分别与这本书的第一部分到第五部分連接起来看，看完第十一章便直接看第十三章。这就是說，第十二章的第二节与本书第二部分連接，第三节与第三部分連接，第四节与第四部分連接，第五至第七节与第五部分連接。要把 1848 年以后的两种思想主流分别处理，有着更大的困难。这里本可以按整个的时間順序，把学院派的社会科学和馬克思主义的社会科学合在一起先后論述。然而实际采用了的办法是把每一种学派的时間順序，从 1917 年划分为前后两段，平行地加以論述，使得現代的观念更为集中，这样似乎比較妥当。总之，对历史事件与社会意識的相互作用的論述，必須采取对立論點的形式，把不同的論題納入共同的款式。

12.1 社会科学的范围和性質

社会科学可以分为两大类，即說明性的社会科学和分析性的社会科学，虽然这两个名詞并不互相排斥。說明性的社会科学如考古学，人类学和社会学都是說明过去和現在的社会，它們的結构、相互关系和发展情况。这一类社会科学可以列入比較广义的人类历史学的范畴。分析性的社会科学是要把决定社会行为的各种方面的根本关系揭示出来，特别着重当前的社会。經济学、法律学、政治学和教育学通常都应列入这一范畴。分析性的社会科学还包括心理学和哲学，特别是道德哲学、倫理学和美学里的許多东西，理由在后面将有說明。

社会科学和自然科学

所有这些学术研究，只要是采取自然科学所应用的科学方法，这就是說，只要它們是以物質基础为根据且其准确性經得起成功的預見和实际应用的检証，就都可以列为科学。各門社会科学由于內在的和特殊的困难（以后将詳述）只是在很小的范围內做到这一点。因此它們的許多部分只是为了礼貌或者为了考試的目的而列为科学：它們令人覚不出同宗教、文学、艺术这些非科学的形式混而为一，后面这些交流思想、想象和情感的人类活动合起来对于社会文化有所貢献，保証了它的生命力和发

展。眞的，現在和往常一样，許多最好的社会科学是可以从小說、詩歌、戏剧和电影里找到的。社会科学与实践的关系即社会科学与控制社会的关系，也是比自然科学对控制物質世界的关系更模糊和更具有派生性。企業、工業組織、行政管理、法律和政治都是实际的社会活动，但是这些活动仍然远远不是应用社会科学。事实上許多門社会科学不过是把各行各业通行的实际办法，用学术文字写下来罢了。

这种同有利害关系的人羣活动而不是同漠然无关的物質世界的联系，比任何其他因素更为有力地阻碍了社会科学取得自然科学的相对的独立性。用馬克思的話来說，自然科学主要是研究社会的生產力，而社会科学則研究生產关係以及为維护和解释生产关系而建立的意識形态的上层建築。在資本主义世界里，社会科学的发展远远落后于自然科学的发展，这是即使不用馬克思主义的分析也是很明显的。社会科学今天所达到的发展阶段确实多少类似自然科学在伽利略和牛頓以前早已达到的阶段。这些社会科学本質上还是推論性的和分类性的，它們今天虽然加添了統計方式的測量，但是仍然缺乏設計周密的或者放在控制之下的实驗——应用中的实际測驗——而在十七世紀以后把自然科学建立在稳固的物質基础之上的就是这种实驗、測驗。正如俗話所說，社会科学夸夸其談，然而并不頂用。社会科学只是为学位和毕业論文提供題目，为获得教席，为获得广告部和科学管理部的职位才有用。在資本主义世界中，社会科学家不論怎样神气十足和能說会写，还是不及化学家或者工程师那样缺少不得。

社会科学落后的原因

社会科学处于落后状态的原因很多，极其重要的是开始就弄清楚哪些是决定性的原因，哪些仅仅是表面的虛謊的原因。首先就該指出，有人提出过两个哲学性質的理由来証明社会科学在本質上絕不可能同自然科学相比。比較次要和易于駁倒的理由是硬說社会科学不可能进行实驗。千眞万确，沒有实驗就不可能有完备的科学，但阻碍社会科学上的实驗和观察的并不是社会科学本身固有的任何东西，而是它所研究的社会里面的某种东西。在資本主义制度下只能进行一些微不足道的社会实驗。象美国田納西流域管理(Tennessee Valley Authority)(第536頁)那样最庞大的实驗只是在經济危机严重的时期进行过，而且受到过很多限制，在其他地方从未被人仿效过，这与其說是由于它的失敗，还不如說是由于它的成功。大規模的社会实驗不能正常进行的原因，主要是由于这一类的任何实驗必須取得参加实驗的人民充分的和自覚自愿的协作，而不受因为尊重私有財产、既得利益和利潤而強加于社会的种种限制。

这样的确实举办过的"实驗"，例如社会服务事业的兴办，只是行政官吏为政客們服务而設計和举办的，它們应用到社会生活方面的范围这样小，因而不配称为科学的实驗。这种实驗頂多是为了人民进行的，从来不是由人民自己进行的。反之，广泛的社会实驗在各个新的社会主义的国家中却是一种常規。在这些国家的工业和农业发展中，社会有意識地改变了它的生活的习慣，并且根据改变的結果，学会如何計划进一步的改变。还有，在这些国家里，首創精神来自工人和农民自己，例如斯塔哈諾夫运动和工人的革新运动就是証明。

[对于社会科学的落后]所提出的第二个理由是各門社会科学自称它們与自然科学有本質上的区别是因为它們研究的对象本身包括着自然科学所沒有的价值鑑定(評判)。据說对于象正义和美这样絕对的无时間性的概念，科学方法永远无用武之地。現在看来，这种說法是别有用心的蒙昧主义，它虽然出自最有名的远古的典籍(110頁)，这件事实对它也无补。与此相反，从这些"价值"的社会和历史的关系来分析和說明这些"价值"，并且指出它們何以必須随着未来的社会变化而改变，恰恰是各种社会科学的职能(721頁起)。

[关于社会科学的落后]除了上述虛构的原因以外，却还有其他三个有一定道理的原因。其中第一个原因是社会科学与物理科学不同之点，在于人本身就是他所研究的社会中的一部分，因此观察者和被观察者是这么夹纏在一起，以致眞正科学的研究，即使不是不可能，也是很困难的。

第二个原因是人类社会不单是組成社会的个人的总合，因此研究人类社会必然比研究人类心理学更为复杂。人类既然是最复杂的动物，对人类的研究就必然比生物科学和物理科学更要复杂得多。人們根据这种意見，認为仅仅研究对象的困难就足以說明社会科学方面緩慢的进步。

第三个原因是社会不断变化的性質所注定的原因。别的科学可以倚靠越来越接近自然界中某种不变的或反复出現的体系——例如在物理科学里的——的知識而获得进展，或者靠接近象有机体进化那样慢慢变化以致不容易察覚的自然界体系的知識而获得进展。社会的变化却是迅速的，社会科学对某一种形势还来不及作出分析，这形势就已經轉变为另一种新的不同的形势了，古典派經济学家面对1929年世界經济萧条所演的丑戏，就是可悲的例証。他們在二十世紀三十年代才发現了对于自由貿易和无限制的竞爭所产生的經济平衡的分析，他們似乎以为很了不起的分析。然而这种情况已經与五十年来的实际情况不相符了。帝国主义、垄断組織和国家定出的种种限制，这些因素的內在性却是古典派經济学家所不敢承認的。他們企图把这

些因素当作了对于自由主义經济的不合心意的外在障碍，而不当作这个經济制度內部演变的自然产物。这并不是个孤立的例子。应当是社会进化的先驅的社会科学，实际上在今天資本主义制度下显然注定了总是落后于社会科学所必須加以分析的形势好多年，甚至好几十年。

說明社会科学所面临的特殊困难的这三个原因，其說服力是无可否認的。但是把这三个原因加在一起是否就能解释社会科学的落后状态，却大成問題。它們的口气是辯护多于說理。类似的困难并沒有阻止各門物理科学的发展，这些門科学对于可以主观曲解的、高度复杂性的和迅速变化的現象已經找到了对付的办法。

为已建立的制度服务的社会科学

在阶級社会的条件下，社会本身內在的另一因素，比上述任何一个因素更为有力地阻碍着任何眞正大公无私的社会科学的形成，而这个因素是过去起过和現在仍然起着最大的作用的。社会科学的历史再清楚不过地說明，阻滞社会科学发展的眞正原因，就是那些控制着社会組織、从它得到最大利益的人所強加于社会科学的頑強而积极的原因。在人类有記載的全部历史中，而且据推断在許多未經記載的历史中必也一样，"过分"严密地观察人們自己的社会的机能是一件非常"危险"的事。統治阶級为着自身的利益，要让他們自己的成員和被統治的人都相信，使他們取得特权的社会秩序是神圣所制定而永远有效的。随着資本主义的出現和宗教信仰时代的消逝，这种社会制裁[力量]已經丧失了十足的威力。举例来說，下面的詩句：

富人有城堡可住，
　穷人担心守門戶，
上帝把他們分成貴和賤，
　还安排了他們的財祿

終于(在 1950 年)从"古今讚歌集"(Hymns Ancient and Modern)里机警地删去。虽然如此，人們仍旧可以認为：社会的和法律的形式代表一种以不变的經济規律为根据的天然秩序。对社会的結构或作用进行过多的观察，就会揭露社会上专横的和不合理的特征，从而使馴服的臣民或者后来的独立自由的选民发生动搖。这就是为什么柏拉图在所著"共和国"一书里面(109 頁)为普通人民故意編造一些神話，而不作合理的解释。这就是为什么在教会当权的年代，教会認为人們对邻居和对統治者（这在当时代替了社会科学的地位）的义务是神学的一个部門和完全归教会自己掌管的事。这就是为什么甚至現在还有人并不認为社会科学是适于在学校里講授的功課

(639 頁)。

特别值得注意的是：对社会科学研究浇冷水的人其所以这样做，是由于他們認为这个研究对象在哲学意义上或者实际上是无法探索的。他們却完全不是以为正确的答案很难发現。他們沒有通过用科学方法寻求这些答案的艰辛努力，就早已知道这些答案了。这些答案或者是不言而喻的，或者当它們有似于法律性的"神譴"(即"天災")那样时，便是过于荒謬、非任何有理性的人所想得出的，它們是神所启示的。

历代上层人物对普通老百姓提出的关于社会的形象总是簡单明了的。社会行为的准則应該是种种習慣、制度和道德所决定；或者說，应該是必須按照成規行事，否則就要受懲罰这个原則所决定。但是这准則从来不可能是个公平的准則，原因在于提出这种准則的人都是从他們自己的切身利益出发，虽然他們并不承認这一事实。以支持这个准則为目的的理論也不可能是正确的或者說科学性的理論。从本书前面各篇章已經很清楚地看出，几乎在每一历史阶段，阶級利益妨碍了和歪曲了自然科学。由于社会科学对于物質生产力很少有所貢献或者簡直毫无貢献，同时由于把社会科学加以歪曲倒有大得多的好处，那就难怪社会科学的經历曾經是更加坏得多。簡言之，社会科学的落后和空洞无物，是由于这个凌駕一切的原因：在所有的阶級社会中，社会科学无可避免地都是腐朽性的。不首先承認这一事实，关于人类社会的眞正的科学就不可能存在。在阶級沒有被消灭以前，这样的科学也不可能充分地被人应用。

產生社会科学的社会变化

这并不是說在阶級社会中沒有任何一种社会科学是可能的，而是說只有靠阶級社会发生变化社会科学才能出現。初看起来，把盲目承認事物現状的习慣維持住，似乎就足以阻止社会的变化。但是采取这种看法就是沒有估計到各个社会本身的进化——在新的生产力的影响和生长之下以及在生产力所引起的新的生产关系的影响和生长下各个社会本身的进化。企图冻結旧的生产关系的統治阶級，和必須強力打破这些生产关系来消除对于它們自己利用新的生产力的障碍的那些新兴起的反抗阶級，这两个阶級之間的斗爭，在历史上一而再、再而三地使社会发生分裂。人类历史的主要內容就是經济方面和社会方面积累起来的紧张局面及其急剧解除的連續更替；而关于社会性質的理論則是在各个解除或革命的时期才得到检驗和改正。

宗教与社会斗爭

几个大的世界性的宗教产生于早期文化中的混乱时期，这些宗教力求回答的問題基本上就是迫切的社会問題(95 頁)。孔子、老子、释迦牟尼、馬哈維拉 (Mahavira)、卓洛斯特尔 (Zoroaster)、希伯来的众先知、耶稣基督以及穆罕默德，都是在发生巨大經济和社会变迁的时代中活动的。他們对当时存在着的社会发表了猛烈的批評，并且先后树立了有关人类权利与义务的新規划。的确，这些規划都是以宗教的語言表述的，同时，改革者总是說，他們是在恢复更古的时代的公正而稳定的关系。但是社会生活中不会发生倒退的事。这些大宗教改革者們，不論他們愿意与否，都成了社会革新者。作为这样的革新者，他們肯定是当时社会科学的創始人，正如埃及、巴比倫和希腊的自然哲学家就是物理科学的創始者一样 (73 頁，94 頁)。

新的社会观点、新的意識形态不是单从紧张时期的斗爭中产生的。他們本身也是推动社会向新的秩序轉变的有力武器。关于社会的知識从来不是一种消极的教条：在維护或者摧毁一种社会制度上，这种知識总是起着积极的作用。資产阶級从封建制度束縛下爭取解放的伟大运动——文艺复兴，宗教改革，十六、十七、十八世紀的起义和革命等——都是发生在社会基础发生动搖的时期。在这个时期，虽然最初仍采用宗教的語言来表述，但是新的自然科学的影响已开始为人們所覚察，而社会科学作为一門一定的科学的学科，可以說是已經誕生了。正是在这个时期中，首先形成了的是含意虽不明确但范围很广的自由主义的个人主义学說，这学說后来成为資本主义的支配思想。

在十九世紀，当代表社会主义的工人阶級开始向資本主义的社会制度发动挑战时，社会批判和社会認識也开始了一个新的循环。从此以后，这个批判認識新循环的声势越来越浩大，到我們的时代——一个史无前例的变化和十分紧张的时代——它已达到最高峯。社会科学的領域——即社会的結构以及社会中每一个人的权利和义务——以前从来沒有成为这样彻底探索、这样热烈爭論的对象。

但是在紧张的年代里，也发生了特权的巩固，因而把社会科学逐漸冻化成为宗教和政治方面的正統。这种情况导致了对社会研究的十分冷淡的态度，因为害怕这种研究会成为社会进一步改变的根据。在我們今天这个时代，我們既能看到保守主义的傾向，也能看到变化的傾向。在所謂西方文化的势力范围内，即在大西洋两岸的資本主义国家，我們可以看到对社会知識的普遍压制和神秘化已經进行到最后阶段。現在有人非常固执地說，社会研究是一門純粹而客观的科学，与社会的变化不发生直接关

系。这种說法虽然表面上把社会科学放在受人尊敬的物理科学和自然科学同一范畴之內，却取消了社会科学进行实驗性試驗的可能性，而这种实驗乃是具体推进社会科学的唯一手段。社会科学变成种种不痛不癢的陈腔濫調的堆砌，加上一些支离破碎的經驗主义的謬論。只是在直接指出社会体系根本和諧，或者間接指出改造社会的任何建議既无可能性，又很悖謬，借此来替現存社会秩序辯护时，才求助于社会科学。

同时，不仅在社会主义陣营，即不仅在苏联、在各人民民主国家和在中国，而且在凡是人民站起来批判和反抗阶級社会的压迫的地方，新型的社会科学都已成长起来。这些社会科学是从相反的一端出发的。它們都是实践性的社会科学，在这些科学中，人民自己在把他們的社会关系与他們的物質环境一起加以改变，并且同时把社会原理和社会行动方式发現出来。这是破天荒第一遭最十足的社会科学，因为社会科学正如其他科学一样，只有从实践出发并且通过实践才能为人类的知識打下可靠的基础。

社会科学和自然科学的历史因素

社会科学經常是而且必須是与政治斗爭和經济斗爭紧密联系这一事实，使得社会科学与物理科学和生物科学有着程度上的但不是本質上的区别。这是因为正如前面各章所說，物理科学和生物科学对于社会因素的反应比一般認識到的要強得多。另一方面，由于社会科学所研究的是迅速而不可逆阻地变化着的現象，这一事实也說明它和其他科学的区别虽然很大，也只是程度上的区别。

随着自然科学和社会科学的发展，这两种科学在研究方法上都有改变，但是到目前为止，自然科学里的变化只是随着科学知識的日益进展而来的，而大部分社会科学則不仅方法上有改变，而且研究的范围变化得更为迅速。眞的，特别是在史学中以及凡有史学性的其他社会科学中，主要的兴趣就是放在变化的本身上。虽然象考古学和人类学那种搜集古今史实的方法，其变化可能比較緩慢，但是解释这些史实的方法却随着現代历史上历次运动的經驗而发生变化。这个在历史研究上經常起作用的趋势（因为历史的許多部分多半是由于它能給予参加当时爭論的主角以支持，才被研究），只是通过馬克思主义[1.5]的影响才成为人們所充分意識到的。

学术界大部分人仍然坚决拒絕公开承認这种情况，与此同时，那对古代史和考古学研究的偏爱則在极大程度上是由于想逃避困难，这种困难在于必須有效地，即实际地分析和研究我們自己的社会。我們对非洲西部某一个乡村的經济生活在社

会学方面和統計学方面的了解，仍然比对英国的某一个工业城市經济生活的了解要詳細得多。这主要是因为至少到很晚近为止，人們以为这样做是合理的：即把非洲的乡村当作一个稳定的实体来看待，这个实体的变化該保可能小，而且只是为了占領国的利益才让它发生变化，这种变化，无須說，是必然会符合于当地人民的"眞正利益"的。在另一方面，对工业城市的人，如果让他們知道通过他們参加进去的一种有效的社会研究可能做到的事情，那么他們要求做到的事就会特别多。

这种对逃避主义的批判，并不完全适用于那些对原始的或者已湮沒的社团进行社会研究的优秀著作。这样的社会研究[2.1a;2.49]已經說明了許多在現代社会我們認为当然的事，它們指点我們，我們所带来的以为是"人类本性"或者"不言而喻的眞理"的一些观念，其所以存留下来，仅仅是因为这些观念是从远古时代未經检驗就継承下来的，而且对今天的統治阶級也是最为便利的[6.135]。

社会和自然界自發的变化

我們开始懂得对社会科学有着头等重要性的历史变迁，对生物科学（在这里我們称之为进化）甚至对物理科学都仍然有很大的作用（432 頁）。整个科学同各門社会科学有着比我們过去所想到的还要多得多的共同之点，而且整个科学象社会科学一样（虽然不那么显著）向来受着各个社会中統治阶級的极大影响和控制，而这些統治阶級对于科学的发展是有过貢献的。在这方面，社会科学对其他科学带来另一最重要的貢献。在社会里面而且只有在社会里面，我們才容易反复地观察到正在进行的眞正自发的变化，那就是从一个制度本身內部发生的而不仅仅是由于外界对它的影响而发生的变化。这样的变革或者革命，在历史上甚至在我們今天的历史上，是一再反复地发生，而且是可以进行研究的。的确，在过去由于缺少解释，常常把这种变化联系到微不足道的或者超自然的根源上去，但是随着日益增长的社会認識，对这些变化之起于內在矛盾，就越来越清楚了。

我們将会在后面看到：正是由于对十九世紀中叶大混乱时期中种种社会变化的观察，才使得馬克思認識到社会中自发变化所具有的根本的辯証的性質（583 頁起）。

社会科学在一般科学中的地位

公認的科学順序体系是把各社会科学排作一系列科学的最后几項，这一系列的科学是从数学开始，然后由物理学、化学进到研究动物的生物学，又进到研究人类的生物学，到心理学，最后才进到社会学。根据这个观点，科学的知識是从各門精确的

科学开始，而以各門社会科学告終。实际上这种排列方法隐藏并曲解了人們对社会的关系。这一整个的規划本質上有它的宗教根源，它把人类的創造和社会秩序当作是神的安排，而不是当作从动物阶段自发的天然的自我发展。通过共同劳动第一次組成的人类社会，随着語言及传統技术的发展，帮助創立了我們所知道的人类心理，同时大大改变了心理在大脑和肉体上的物質根据。心理学的某些方面，即关于人类与动物所共有的机能，如听覚的敏銳或者大脑中构成印象的机构等等，本質上都是生物学的一部分（519 頁起）。

但是心理学主要是研究社会所創造出来的人。整个看来，人类区别于一切非社会性动物类型的特点就在于社会的結合的持久性和連續性。在各种动物的即使是最精緻的社会中也沒有什么东西近乎我們在人类最原始的部落中所发現的进行訓育和实現传統的行为。說有离开社会而生存的人类，不能是确实的。我們每一个人从呱呱堕地起就得經历一种被叫作"教养"的巧妙体系，这个体系中，包括着从搖籃到坟墓每一阶段的无数的由习慣所引起、所固定的传統行为和反应；附带地說，搖籃和坟墓这二者也都是社会的建筑。确切地說，人是一种自我訓練的动物（39 頁）。一切我們称之为"自然的"，或者"人类本性"的东西，完全是人类社会条件的产物。如果我們說这些条件是永恆的，說不变的人类本性这东西是存在的，那末，我們就是在重复把社会本身認为不变化的謬論；再不然就是在表示社会不該变化的希望。这希望是某些人所眞誠怀抱着的。人类的心理——人的种种愿望、恐惧、缺陷和美德——都是这种自行延續的社会范型的一部分，这范型則是一面在不断变化，一面又与更早期的社会范型保持着一种不中断的联系的。各門社会科学并不是一羣彼此孤立的研究，而是对一个統一的和发展着的社会所进行的統一的研究，不管这个研究的門类如何多或者如何各不相同。

价值是社会的建筑

不仅心理学属于社会科学的范围，凡是我們一向称之为哲学和宗教的古代精神状态的整体及其附属部門即关于倫理道德和美学的研究，也都属于社会科学的范围。柏拉图所推崇的所謂永恆价值——眞、善、美——都是社会的产物，都是离开了社会就毫无意义的（110 頁）。不仅如此，它們还随着社会的发展而发展，随着社会的变化而变化，而想把它們固定下来或者提高到永恆价值的一切企图，就是想把社会的某种特殊形式固定下来的企图，都是永远注定要失敗的。

这并不是說沒有一些价值是实在的。人在了解和改善他和别人的关系上的每一

个成就都是积极的成就，其实在性不下于任何技术上的成就。但是这些价值并不象技术的实际成就那样体現为物質的东西，而是經常体現为更固定的社会体制。社会上有好的行为，有至理名言和美的事物，但是这些都是眞正的男人和女人的行为和选择，而这些行为和选择所代表的价值并不是空洞的、抽象的东西，而是历代人类經驗的积累。然而人类价值的創造者——过去和現在的詩人、建筑家、革命家——所拿出来的貢献并未消失，它們已經成为人类共同传統中的不朽的部分。

虽然如此，由于人类的传統經常处在发展和变化之中，它們不能代表将来必然要到达的止境。眞、善、美的标准是随着时代变化的。新的、比較复杂的社会提出比較繁重的要求，这些要求只有生活在那些社会的人才能予以滿足。历史上任何时期都存在着創造新事物的新生力量和力图窒息这种新生力量的旧势力之間的斗爭。

人类在倫理、道德、科学和艺术方面伟大的創造，都是进步力量在这种斗爭的每一阶段作出的貢献。正因为如此，这种进步力量具有仍然推动和鼓舞着継往开来的斗爭这种共同的性質。在这个意义上，而且只有在这个意义上它們所代表的是永恆价值。如果把它們当作稳定的眞理，盲目地接受下来，以后就会被用来阻滞社会的发展。到了那时候，它們就必然要被斗爭，以至被粉碎；新酒一定不可以灌到旧瓶里面。只有承認社会对于种种价值的态度經常在改变这一事实，我們才能了解这些价值本身的更深刻、更有永久性的性質，并且在建立一个新社会时，有效地、适当地利用这些价值。

社会科学的方法

社会科学不仅在它的研究对象方面，而且在方法上都与自然科学不同。在这方面社会科学处在很不利的地位。三种互不相容的不同的方法——文学的、生物学的和数学的方法——曾經是相継地而現在却是同时地应用在社会問題的研究上。后面还要講到，由于不是以适合于人类社会复杂的和由自身发展出来的特性的方法进行研究，社会科学受到很大損害。企图直接采用其他科学的研究方法，特别是生物学的方法，曾經得出过于簡单化的、謬誤的和危险的結論。統計的采用往往給社会的事实加上一种貌似正确的虛伪幌子。

社会科学家的互相爭論、自相矛盾和含糊曖昧，曾經使得一般公众不愉快地認識到社会科学和自然科学不完全是一回事。妄說社会科学确与自然科学不同，这种企图却是輕率的，最多是一种幻想，但是，有时却是一种蓄意的欺騙。不弄清这一点而講授社会科学，其效果只是浪費时間；这种講授产生了这是人类已經获得的知識这种

錯誤的理解，这样做实际上妨碍着学生去認識一些最单純的事物，这些事物是即使沒有任何科学，学生自己也会想到的。

阶級的存在、富人对穷人的剝削，已經是四千年来社会生活中最显著的事实。然而在以社会为对象的"科学"中，对于抹煞这个事实或者为这个事实进行詭辯而作的努力，却比对于研究这个事实并且找出这个事实的种种后果所作的努力多得多。社会科学所需要的，是少使用只求精緻的技术和多发揮勇气去解决而非躲閃中心問題。要做到这件事就得不顧虑那些把社会科学造成目前这种状况的种种社会因素。而要了解这种情况，我們就必需首先更深入地观察社会科学的历史。

12.2 社会科学的历史

古代的社会科学

前面几节对社会科学以及它同自然科学和其他文化方面的关系作了一个簡单的形式上的分析。对这些关系的分析，特别是对社会科学的分析，要做得完全，就必須研究社会科学在一般历史发展中的历史。目前科学与历史的关系（这是本书要討論的主要对象），对于自然科学和对于社会科学来說，是两种极不相同的关系。一方面是由于社会科学对于生产方法的改变很少或者沒有什么直接的帮助；而人类命运中一切經常的改良进步都依賴生产方法的改变。另一方面，社会科学同人类社会、經济和政治制度变化的联系，要比自然科学同它們的联系紧密得多。社会科学同科学出現以前的宗教和哲学的传統意識形态的联系也比較明显。因此要全面理解社会科学就必須回溯人类社会的起源。

原始人类的社会科学——宗教仪式和神話

前面有一章已經講过人类和社会的起源（34 頁起）。人类从宗教仪式和神話方面得来的关于这种起源的概念，只能就他所知道的社会范围来表述。在目前还存在着的野蛮人的神話中，有无数这样的例子（47 頁）。这里我們完全可以假定关于这种起源的概念，原始人类是和現在的野蛮人一样的，因为原始人所遺留下来的实物証明他們当初举行的是非常相似的宗教仪式。这些仪式是通过模仿或象征去使人再注意实际生活中的各种大事，并且意味着对人类用巫术就能控制自然的实际信仰。仪式以及伴随着仪式的唱歌和神話，其目的首先是要获得食物或其他必需品。社会生活范型的維持和食物等的获得几乎同样重要，而且沒有显著的区别。人們从一个阶段到

另一个阶段的共同的轉移仪式：如出生仪式、成人仪式、婚姻仪式、丧葬仪式（这些仪式現在都还在［基督教的七种］“圣典”中供奉着）都是社会生活中不可避免的关系之戏剧的表演和巩固。尽管生活方式已經有了很不同的改变，許多旧的神話和宗教仪式仍然还和我們在一起，保留在殘存到今天的宗教組織里面，也保留在比过去的宗教寿命更长的普通习慣之中。这一事实說明了神話及宗教仪式的重要和力量。

从神話到道德倫常

但是，由于社会变得更复杂，以及由于阶級的产生，这类神話，已經显得不很合适了。从文化上探索由早期巫术的和神話的社会分析到道德的和理性的社会分析的这一轉变，換言之，即过渡到同城市生活中的組織和技术上的需要更相符合的社会分析（59 頁起），这种探索是很迷人的。这是一个自然的发展过程，在古代中国，在印度，在近东甚至在美洲的文化里面[2.47a]，都有这种同样的发展，在这一切例子中，旧的表象并未破坏，而是被給予了一种新意义。現在圣經“利未記”（Leviticus）里面关于希伯来人的最初的行为典則，大部分都是原始的部落的戒律和巫术性的訓言[2.42a]。“出埃及記”（Exodus）里面的十誡則是更后的社会变化的結果，那时文化的道德势力已經有时間破坏比較古老的不合理的部落习慣。

这种变化的秩序是：首先有像避免吞食图騰动物之类的行动，只是因为它是万万做不得的事（拉丁語 ne-fas，［亦可譯为］注定的），或者更确切些說，是因为人們坚信吃了它就会給部落自动带来病害或飢餓。在野蛮人的时代，自然力的作用，是通过这个形式人格化了：即“某种行为是倒运的”，这样做的人，“会失去上帝的恩惠”。只是到了人类有了文化的时候，我們才看見某些行动是被認为本来就不道德的。在发展过程中那些比較有形相的成分，有的逐漸完全湮灭，有的或只是在寓意的意义上保留下来，最后变成仅仅是文飾品，例如中国葬礼中焚烧的紙馬，或者我們自己［西方］关于倒泼盐的迷信［預兆不祥］。

我們切不要誤解，以为这种变化过程是与任何道德方面的进步相符合的；事实恰恰与此相反。野蛮人的文化是十足的平等主义，既不需要內心的道德制裁，也不需要外在的法律制裁。所謂法律只是当阶級划分已經尖銳化、私有财产和特权必須加以保护的时候才出現的。发現一种禁止侵犯某种利益的法律，并不証明沒有发生过这类的侵犯，反而証明这些侵犯規模之大已到了不能再加以漠視的程度。如前所說，意識上的道德观念的产生，是与那由財富公有的、无阶級的部落社会轉变到財富私有的

阶級社会的过渡相适应的。

如前面所述（53頁），阶級社会的发展也是与用来控制外在物質世界的那一部分宗教仪式和巫术轉化为原始科学的过渡相适应的。体現在宗教神話中的社会学說只是在对于不平等的制度必須加以解释和保卫的时候才有必要。官方的道德以及法律上与道德类似的东西实質上都是一种两面性的手法。道德一方面告誡广大的貧苦而低賤的人民不要有妨碍統治阶級的行动；另一方面，它树立一种关于权利和正义的理想，打算让人民感到滿意，以为人对人的压迫限于一定范围，从而制造一种尊重那些統治阶級的气氛。指出圣經的說教有多少是关于誥誡富人尅制他們的強夺貪婪行为的[2.42a]，倒是一件有趣的事。到了阶級社会衰落了，阶級冲突激烈了，官方的道德就越来越多地依賴于宗教。宗教里面以雕象或画象来象征的想象的神，被描繪得比富裕的酋长們或长老們更令人畏惧。而所謂神本来就是按他們的形象制造出来的。

紳士[君子]哲学

在这个阶段，在社会科学方面，正如在自然科学方面一样，也发生了理論的科学与实践的科学的分离，即統治者的书本知識与被統治者的传統智慧的分离。这种情况在印度、中国和希腊早期文化的哲学方面，表現得最为明显。这种分离是表現在：統治者——象孔子所說的超人或君子，印度的婆罗門或者希腊的哲学家——所需要的哲学知識，与普通人民的比較簡单的知識和比較有限制性的行动之間（96頁）。在这三个文化中心（大概也在巴比仑和埃及，但我們知道得較少），为了便利那些有志治理国家或被召来治理国家的人曾經有意識地企图，創立一种系統化的关于人类社会知識的体系。中国的經书里就有这种記述，特别是这里引述的"大学"这个經典清楚地闡明了哲学的主要价值是作为統治有方的指导：

> "物有本末，事有終始，知所先后，則近道矣。古之欲明明德于天下者，先治其国，欲治其国者，先齐其家，欲齐其家者，先修其身，欲修其身者，先正其心，欲正其心者，先誠其意，欲誠其意者，先致其知。致知在格物。物格而后知至，知至而后意誠，意誠而后心正，心正而后身修，身修而后家齐，家齐而后国治，国治而后天下平。"[6.143]

柏拉图的"共和国"和"法律"，其性質根本上是与此类似的。两者本質上都是对高尙的貴族政治在理性上和实际上的指导（109頁）。

中国和希腊哲学家們所持有的道德和理智的理想，是超人的或君子的理想，超人

或君子自身不是統治者而是統治者的顧問，他知道应該做些什么，为了使人尊敬以及在物質上享受优异的待遇，他愿意以先王的嘉言懿行或者純理念所指示的行动綱領告知帝王。这种概念是一种实用性的社会科学——其中特别包括历史、哲学以及經典知識作为上层阶級青年学习統治艺术的教育基础，从古代希腊人一直到今天几乎沒有什么变化。

神秘主义和逃避社会

印度的解决方式（这种解决方式是适用于阶层划分比較更严格的社会的）与中国的道教徒的、祆教徒的及西方各种神秘宗教的解决方式，有些区别。在印度，追求知識是作为逃避社会而不是企图控制社会的一种方法。禁欲主义者或瑜伽师的学說虽然沒有被人当作社会知識，但是事实上它是一种消极的社会知識，是为了証明人們对社会的无能为力而作的一种社会分析，本質上是把人們引向隐退、无所作为以及相信万事皆空的学說（100 頁）。实际上禁欲主义和神秘主义在社会上并不是中立的；由于这些学說的存在，它們寬容了几乎是招来了对愚昧的統治者所造成的压迫和不幸进行維护，这些統治者的行为就象旱災和瘟疫一样，被認为是一种不可逆料的神圣的安排。禁欲主义者有意或无意地极力要人民和統治者都相信的观念就是：圣品人的行动，就象性灵界的避电針一般，保护着邪恶的社会不受上帝的懲罰。

聖經与人民

另一种解决方式（仍然是宗教性的解决方式）是依賴神的制裁，把属于氏族社会反对放債和奴役（这是阶級分化的必然产物）的性質至少保存一些。这样的企图一定經常都作过，但是只有犹太人在这方面的努力，才在世界历史上具有持久的影响。这种情况，一部分是由于它以文字形式归併到圣經里去，一部分是由于散居全世界的犹太人对习慣的坚持；最后是由于基督教和伊斯兰教吸收了很多犹太人的传統。关于犹太人在古代世界中的地位，前面已經講过了（87 頁起）。他們不得不对比較強大的、比較有文化的以及經济比較发展的邻邦进行不断的生存斗爭。在这种斗爭中，王公和富有的犹太人們經常設法与外国人合作。为先知們的譴責所激动和为圣經所振奋的人民，对这些王公和富裕的犹太人們一再进行頑強的和有力的抵抗[2.42a]。特别是在［旧約］"申命記"（Deuteronomy）里面，由于它坚决主张解放奴隶和限制高利貸，我們发現一种至少是限制并和緩阶級統治的殘忍的社会法典，这种殘忍行为是可以用巴比仑法或罗馬法作例来說明的。

犹太人民的抵抗是一种孤立无援的抵抗；这种抵抗过于依賴他們对犹太人和耶和华［上帝］有着一种特殊圣約的信仰，因此这种抵抗便不能直接传播給其他人民。但是同样的情况也引起了各处被剝削人民类似的，即使是不很明显和不很有效的抵抗。古代的历史虽然具有出自上层阶級之手的性質，也不得不記下一系列的农民斗爭、民主起义和奴隶革命，这些动力当然都是来自下层的。随着文化的传播，那同哲学家們的高超科学相敌对而为貧苦和被压迫的广大人民羣众所掌握的实际的社会知識发展起来了。眞正的道德的宝庫存在于人民中間，而不在王公教士那边。这种道德是由自我克制、同志情誼和互相帮助等組成，积极的道德；它沒有被維护阶級制度尊严的渴望所腐化。这种穷人的哲学不是一种有意識的文学的或哲学的創作，然而它是体現于长期保持下来的社会习慣之中，并且是在成千上万民間歌謠和諺語中响应着和生活着的。所有的歌謠和諺語并非都对他們的上层人物表示尊敬。

古代希臘人对社会的分析

关于社会意識的表述，不論是宗教的或者是民間的，都不宜于称之为科学。这些表述缺乏系統、术語和邏輯。正如在一切其他思想領域一样，希腊人对各門社会科学首先作出了分析性和邏輯性的貢献。眞的，我們在倫理学、經济学、政治学以及历史学本身这些研究对象上所用的全部术語都是从希腊語来的。一切爭論、革命、希腊城市国家間的战爭都与社会問題有关，在这些問題中，阶級划分問題最为显著。希腊人認为人生来就是公民——即亚里斯多德所謂政治动物（zoon politikon）——但更原始的沒有阶級的部落人民則恰恰在这个水平以下。都市管理問題在社会科学中居于支配地位，眞的，它第一次在这方面进行了系統的研究，例如亚里斯多德和他的研究人員曾經对 158 个城市的法制进行了蒐集和比較（117 頁）。

亚里斯多德的目的——事实上办不到的——是要寻求一些不放弃阶級特权而又可以保証社会和諧的制度。他的中庸之道的眞正目的就在于此。此外希腊人并不限于对他們自己城市一个一个地进行比較；他們还到过許多社会組織程度不同的各民族地区——从原始氏族部落到有高度組織的东方帝国去旅行和做过买卖。（希腊的希洛多特斯，Herodotus，是人类学和历史学之父）可是，正如极盛时期的英国人一样，希腊人对于他們自己的都市国家有一种天然的优越感；認为其他民族都是只会巴巴的叫，甚至不能正常談話的野蛮人，他們的生活习慣是应該廻避而不該仿效的。而这种关于社会組織各不相同的外部世界的知識，却給予希腊的思想家--种为印度

人和中国人所缺乏的客观性。

希腊人对社会科学的主要貢献是他們在抽象方面的成就，他們之善于找到表达不同情况中的共同因素的詞彙，无須常常征引特殊的例子。这样就有可能进行討論，但是这也造成对抽象詞彙的使用过于随便，好象它們代表自在的事物一样。而且由于濫用邏輯竟从这些抽象詞彙得出符合一切先入之見的結論。从苏格拉底的对話就可以看出，这种抽象是一种煞費苦心的詭計，其目的是把对实际問題的討論放在无足輕重的地位。如果，象柏拉图在"共和国"中所說[2.38]，正义的理想是从实施这种理想的城市条件中抽象出来的，那就很可能托正义理想之名为最专横及最不民主的法制进行詭辯。这样濫用抽象的情况在自然科学方面多少要逊色些。自然科学的抽象，至少是可以計算、可以衡量的。在各門社会科学中，[某些]抽象的范畴却已經証明是十足的废物和障碍。古希腊人有字眼可用以称呼的一些价值和理想，到今天仍然使人感到头痛。

但是，和自然科学的情况一样，要認眞地企图搞好一种对社会的科学研究，就必須追溯希腊的根源。而要妥善地使用希腊的資料，就必須了解有多么多的希腊社会哲学只是一种为特权和奴隶制辯解的企图。試图把这样社会哲学应用于現代問題时，必須把它的偏見大大地折扣掉。古希腊人仍然会是最危险的老师。不錯，馬克思的学术研究是从他的关于德謨克利图和伊壁鳩魯的原子哲学的論文开始的。但这两位是不属希腊思想主流而是扰乱視听的和急进派的老师，虽然，象前面所述，他們肯定地推动了整个現代科学。在各門社会科学的历史上主要的任务就是要掙脫柏拉图和亚里斯多德著作中所包藏的信奉正宗的鎖鏈，在社会科学方面完成这一任务已經花去的时間要比自然科学方面花的时間长些，直到現在还沒有完成。

罗馬法

罗馬人虽然对自然科学缺乏想象力（133頁），他們对社会科学却有較多的实际知識。这是經过了艰难道路获得的知識，首先是在罗馬貴族和平民的长期斗爭中，用武力鎮压或协商解决罗馬城市的阶級冲突，然后是征服、掠夺以及統治罗馬帝国。这种知識表現在哲学方面不及表現在法律方面那样多。罗馬法是掌握貨币和政权的人們支配社会的状况的最完备的法典。在罗馬法典中，財产私有权是至高无上的。私有財产包括奴隶在內，而且眞是以奴隶占最大部分。因此可怕的对私人的非正义行为得以假借社会正义之名得到認可。不管怎样，罗馬法是代表着一种把社会关系条理化的安排（130頁）。作为一部有效的法典，罗馬法的寿命并不比罗馬的行政制度更

长(罗馬法是在这个制度里面构成的),到了野蛮人的时代,罗馬法就变成殭死的文字了。但是,多少世紀以来,罗馬法一直是这么一种体制,讀书人可以从这里面把社会作一个有理性的东西去看待。研究法律成为中世紀以后借以重新发現社会性質的方法之一。

12.3 封建时代的社会科学

社会科学与早期的教会

但是,在罗馬帝国消失之后,代替法律和秩序的則是一种不同然又类似的社会思想体系。如前所述(149頁起),古典的(主要是地中海的)文化的崩潰与有組織的宗教的兴起恰相符合,这种宗教本質上是人类历史上新的特征。这首先是以信徒們的聚合为基础而产生的一种基本上比較民主的制度。其典型就是犹太人的会堂(Synagogue),它原来是凭借坚守法律和宗教仪式,作为保护犹太人反对外国統治者武力侵害的抵抗运动的集合場所(151頁)。早期基督教教会(Churches)虽然是根据創建人革命的和共产的传統而发展起来的,但是它們却不得不在教会周围的因素(大部分是犹太人或希腊人的)之中建立它們的社会哲学。当教会加強它們的組織时,由于有必要保卫基督教不受来自异教的意識上和肉体上的迫害,迫使分散的宗教集会把它們的信仰統一起来,虽則异端和宗派阻碍了众教会,使它們一直沒有組成全面的統一战綫。[3.27;3.36] 当时西方帝国由于經济崩潰和野蛮人的入侵,帝王的权威和世俗(非宗教的)文化已极衰微,因此教会得以取而代之,并且用一种有組織的方式,几乎控制和管理着社会生活的各个方面。

在沒有发生这种崩潰的地方,如东方帝国,不論是基督教会或者是它在亚洲和非洲的継起者,即伊斯兰教,都从未組成类似的中央組織,它們也不能发揮同样的政治力量。但是即使在这些国家以及在中国和印度,各种宗教也傾向于把自己組織起来,虽然只是在比較薄弱而且地方性也較強的基础上。在伊斯兰教的国家通过大学(madrasah)(原来只是清眞寺所办的学校)的設置取得了正宗教义与法律相結合的巨大成就。佛教凭借遍布东亚大部分地区的喇嘛庙,发展了他自己的僧侶組織。只是在象西藏和蒙古那样一些落后地区,佛教才促成了僧侶政治的建立,其权力与罗馬教皇相等。婆罗門教一直是最无組織的、沒有一定的信仰和礼拜仪式;但是通过种性(caste)、村落、家庭祭司以及朝拜圣地的設置,它在本地保留下一种独特頑強的文化型式,虽然由于同样的原因,它无从向外传播。

教条与信仰

有組織的宗教的建立終止了信仰的流动性；它还为种种明确的社会学說确定了一系列制度上的基础。宗教的正統教义里面，的确有一套完整的社会科学体系，虽然是从世俗习慣吸收来的，但是人們很快便坚信这是神（上帝）的永久的安排。因此近代社会科学不是从无偏見的社会考察开始，而是从人們对于宗教的社会观所表示的异見开始，这种异見在最初是試驗性的和合乎正宗的，但逐漸变为比較大胆的和异端的了。

"上帝之城"（The city of God）

甚至宗教的正統，尽管它的永久性是很显著的，也有它的历史。在西欧，事实上教会不得不大大地改动西欧的社会科学。古典哲学家和法学家的遺产需要大大加以修改，以便适应正在消亡的罗馬帝国或継起的野蛮王国（barbarian kingdoms）的形势。这种改变的一个方面是必須使下面这两种观念取得一致。一是以禁慾主义的隐退逃避这个邪恶世界，求得个人灵魂脫超的概念，这是从古老的、神秘的崇拜传下来的，后来又經波斯的摩尼教（Manichaeism）（158頁）大力加強了的观念。另一观念是要恢复和保持現实世界秩序，至少使教会可以安全地繁盛起来。調和这两种观念所需要的是对于心灵本性的考察——即心理学（psychology），虽然这是后起的名詞——和对于社会体制（即上帝对尘世的安排）的考察。有趣的是，以研究儿童教养問題聞名的第一位經典著作家是奥古斯丁，而且他对儿童时代的观察和回忆，大大地帮助了他在神学上对原始罪恶❶这个教义的支持。也就是这位圣奥古斯丁把希腊柏拉图式的理想加以改編一下，使之适合于一种正在消亡的古典文化。他所著"上帝之城"一书，对公元410年罗馬的复亡是一种精神上的安慰。这是中世紀世界将要这样建立起来的第一次有意識的計划（154頁）。

易逢·卡尔頓的緒論

穆斯林人的社会科学，由于企图使可兰經符合于被征服城市的复杂生活而受到影响（160，179頁）。大多数伊斯兰教哲学家們都是引用了柏拉图和亚里斯多德的观

❶"原始罪恶"（original sin）是基督教的教义之一，說人們的祖先亚当与夏娃当初犯了罪，所以他們的子子孙孙都是一生下来就有罪。——校者

念来处理社会問題的。唯一有始創性的是易逢·卡尔頓(163頁)的貢献,他的历史著作有一篇根据經济决定社会发展的理論而写的緒論，这理論是在韦科和馬克思之先出現的。

經院哲学家的社会学

伟大的中世紀經院学派的論爭,大部分基本上是关于社会問題的,特别是关于政府的問題，例如关于教皇和皇帝职权范围的爭論就是。圣托馬斯·阿奎那的"神学概要"（Summa Theologica）就規定了一个符合于圣經和理性的公平社会的性質(181頁),而但丁的"神曲"（Divina Commedia）和"君主政体"（De Monarchia）所提出的則是这种世界观在意大利城市动乱生活中的反映。

这位圣徒和詩人的一般概念是和統一的教职阶級制的社会相一致的。这个社会建立得很好,似乎出于自然,其中各个組成部分互相依賴，同时每个人有他一定的地位。这实質上就是基督教化的亚里斯多德主义。尘世社会世界一点一滴处处与伟大的天上世界相符(186頁)，有好些象世人們一般分成等級的天使們在位,这些天使管理着星空。这个制度显然也是一种只受上帝意旨支配的持久不变的制度。这种制度是从上帝創造世界时就創立了的,在沒有响起最后的号角以前,即在天界的阶层政治尙未永远固定以前,这种制度将継續存在。

異端与社会批判

这种理想,如果曾經一度符合于現实,为时也不久。实际上的教会醉心于积累財富，它本身变成了最大的封建組織。对宗教信仰的批評越来越容易了，这是因为人們把它和对牧师們违反基督教行为的批評和对他們剝削农民和城市小市民行为的批評合在一起了。崇信异端的人們采取了某些方法去恢复早期共产的基督教，同时把圣經里的先知书向众人大量灌輸。最初异端信徒只限于地中海沿岸經济比較发展的地区，因此很容易为十字軍和宗教法庭所鎮压。在中世紀后期，随着英国和法国的农民革命,随着胡司的信徒（Hussites）在捷克斯洛伐克开始还很順利的起义,鎮压他們已經証明是一件比較困难的事，最后更是毫无希望之举。所有这些异端信徒的观点,尽管是用宗教語言来表述,本来却都是以批判封建主义欧洲的不合理的阶級制度为根据的。但是它們本身无力推翻这个制度，因为它們沒有什么本質上不同的东西去代替它;要代替这个制度,就得有更強大的經济力量的活动。

12.4　社会科学与資本主义的誕生

文藝复兴时期的变革

这种強大的經济力量只有从城市的实力的成长中，从新的商业和制造业的实力的成长中找到，現在这些力量都掌握在正在上升但有着十分不同的思想的資产阶級手里(214頁起)。正如[旧式的]諸天体系不能滿足文艺复兴时期新的商业时代对航运的需要，中世紀的社会哲学同样再不能滿足文艺复兴时期的經济要求。以土地和对人身劳役传統的勒索为基础的經济不得不让位于以貿易和小規模制造业为基础的經济。貨币的使用或者毋宁說是为使用貨币而进行的榨取居然从放高利貸的罪恶一变而为"堂皇的"按利息貸款。劳役不再是凭借土地契約对領主效忠的問題，而是必須付錢去买。一个人能做多少活，他就有多大价值。

宗教改革者虽然墨守宗教的形式，甚至声称要恢复較老、較純粹的宗教形式，却摧毁了人我一体的社会制度的全部概念。宗教改革者不得不以原子式的概念来代替人我一体的社会制度的概念的地位。这个新概念把社会当作个人的聚合去看待；每个人是都必須单独地和上帝打交道，个人的灵魂获得拯救，馬丁·路德(Martin Luther)的信徒以为是凭信仰，而約翰·加尔文的信徒以为是凭注定的命运就行。在这方面天主教会最后与新教取得了一致。虽然天主教会坚持神学上的种种教条，但是特兰特会議(Council of Trent, 1545—63年)，經过很长的时間，終于通过神恩的教义，接受了各个人分别得救的观点，同时放弃了中世紀教会的人我一体的社会理論。

中世紀的世界图景已經具体体現在无数的社会制度和习慣之中。因此，經过了許多思想家长时期的努力才描繪出一幅完整的个人主义世界的新图景。文艺复兴时代最特出的人物是意大利的馬基亚費利(Machiavelli)，他象画家观察自然界那样清晰而冷静地观察人类社会。他虽然是一个爱国者和本質上民主主义者的佛罗稜薩人，但是在他那个时代，除了勾心斗角的利己主义，以強凌弱和阴险狡詐的伎倆以外，他看不到任何事情可以成功。但是甚至在当时，把历史上那么多的伟大而虔誠的人物的行为准則用文字記載下来，也不是討好的事，而他这样做所换来的只是留传至今的臭名。

歐洲宗教改革与革命

早期的宗教改革者完全不是属于同一社会阶层的集团，象路德和加尔文这样一

些領袖們最后都和王公們或者大城市富裕的資产阶級联成一气。宗教改革的羣众支持来自低下得多的小民，即工匠和农民，他們希望現实世界和未来世界的改革同样显著。他們傾向于把对罗馬教皇及其仆从的罪恶統治的批判与对富人压迫穷人的整个社会制度的批判混为一談。这就引起了德国和匈牙利农民和工匠的起义，这些起义曾經取得一些成就，如在閔斯德建立了一个再浸礼教的社团，其后却仍然被比早期更加殘暴的压力鎮压下去了。

就是从这个时代，即从十六世紀早期起，一种蓄意培植的关于共产的国家的观念，这观念一部分来自柏拉图，一部分来自早期的基督教，开始形成了。这方面最著名的也就是給这种思想一个总称号的，就是人道主义者托馬斯摩尔(Sir Thomas More)的著作"理想国"——"烏托邦"(Utopia)。他虽然是新兴的資产阶級上层人物，但是他厌弃資产阶級的貪婪，想通过一个共产主义的社会，找出一条避免財富和权势的腐化作用的道路。他最后为保卫旧教信仰而死，是符合他的本質的[4.29a]。拉别雷(Rabelais，法国諷刺作家)的著作，几乎在同一时期出現，而其意境却极不相同。他是一位医生，也是一位对中世紀一切装腔作势的学究气和对知識方面的殘余古董的猛烈批評者。他的著作"食慾巨大的人"(Gargantua)同时也就是新的人道主义的自由的綱領(217頁)。"为所欲为"(Fais ce que voudra)就是自由放任主义(laisser fairc)早期的先声。他的幽默里面包藏着严肃的意境。他的名言，"沒有天良的科学就是灵魂的毁滅"(Science sans conscience n'est que ruine de l'âme)虽然是对当时貪財的人道主义者說的，今天还有它的現实意义[6.128]。

后来的人道主义者受了历次宗教战爭带来的災难和幻灭的折磨，丧失了极盛时代的文艺复兴运动所具有的兴致勃勃的乐观情緒。但是正由于他們所經受的这些經驗，使得他們对人类社会的性質产生了一种比較稳健的观点。塞万提斯(Cervantes，1547—1616年)这位灰心失意的西班牙战士，在戏剧"唐·吉訶德"(Don Quixote)里面写下了封建主义的墓誌銘。莎士比亚的(特别在他后期所写的)戏剧里面也涉及了同样的問題。蒙旦(1533—92年)是法国盖斯孔(Gascon)的乡紳，他的最高官职为波尔多的市长，也发表过向資产阶級时代过渡的最成熟的思想。从这些作家的著作里面找到的社会科学要比从当时一切道德家、哲学家的著作里面找到的社会科学多得多。大多数文艺复兴时代的哲学家，都是仰承王公們的鼻息，他們殫精竭虑和奉命唯謹地逃避一切社会問題而集中討論个人征服自然的問題。虽然，培根和他的同道当时已經有了这样的認識："就象冒险商人組成了公司就会走运，哲学家們也会是这样的"(251頁)。

自然法律

在从宗教的社会观过渡到商业的社会观这个过程中，律师們作了很大貢献。他們的职业迫使他們承担使整个法律和政治的制度适应于新的經济需要的許多工作。但是，对他們說来，似乎他們只是恢复自然法律的永恆原則，不再受野蛮时代所加的限制。十六、十七世紀的法学家都是人道主义的継承者。他們当中最著名的人物总是努力緩和宗教斗爭中的暴力行为，为一个有文化的、寬大为怀的、但仍保留着私有財产的神圣权利的社会服务。法国人波丁（Bodin, 1530—96 年）給历史科学打下了基础，他了解历史科学与經济学有着多么密切的联系。他是解释十六世紀通貨大膨胀的性質的第一人。

最伟大的法律哲学家是国际法創始人格罗修斯（Grotius, 1583—1645 年）。国际法在十七世紀初叶已經很重要，不仅由于主权国家的建立，甚至在更大程度上是由于貿易的扩张遍及全世界，同文化完全不同的国家发生了接触。格罗修斯从事学术研究实在是从他在荷兰东印度公司作律师时开始的。后来由于他支持宗教上的寬大政策被判无期徒刑。他逃出来以后就从事于重新闡述一种独立于教会和国家的自然法的全部基础。

資產階級社会科学的誕生

資产阶級社会科学眞正的新生是随着十六世紀后期和十七世紀中叶伟大的宗教斗爭、民族斗爭和阶級斗爭而誕生的[4.12;4.52]。要为反抗西班牙国王的起义或者为砍掉国王查里的头进行辯护，需要对社会的最終目的加以研究。李尔柏恩（Lilburne）和温斯坦萊（Winstanley）的社会批判[6.180]以及他們的同道"平均主义者"（Levellers）和"掘地者"（Diggers）的行动就是把进行社会制度的理論研究和实际改革相結合起来的較早的形式。但是这种运动是为时过早的运动，在十七世紀后期欧洲普遍的反动形势中就消沉下去了。当时比較能被接受的只有荷柏斯（Hobbes, 1588—1679 年）对社会的集体性質的分析，他得出的結論是要求一个強大的政府来控制大財主集团。

政治上的几何与算学

以新实驗哲学的胜利为其最高峯的十七世紀中叶科学活动的巨大高涨，并不限于各門自然科学。虽然这些自然科学对其它学术領域提供了重要的鼓舞，并且渲染了它們。看来在物理学范围內行之有效的測量法和几何証明法，在人类社会范围內，

似乎也可以发揮同样的作用。但是直接的效果是令人失望的。甚至象斯宾諾沙和莱布尼茨这些最伟大的哲学家也沒有做到让很多人相信倫理学和道德学的命題可以象欧几里得对几何学命題一样,給以精确的証明。

但是,在归納方面,已經开始把測量应用到种种社会因素上去,这件事对未来具有很大的重要性。一位倫敦的商人葛朗特(Graunt, 1620—74年)出版了他的"死亡統計表說明"(Remarks on the Bills of Mortality),因为这部著作,他被聘为英国皇家学会的研究員,得到国王的明文嘉奖。这是生命統計的开端。另一些人継承了他的事业,如哈雷制出了生命統計表,大行政官康湟利物斯·德·威特(Cornelius de Witt, 1623—72年)根据这些統計表去出售养老金謀利,从而解救了荷兰共和国的財政困难。全部的巨大保险事业是从这里发源的。另外一个皇家研究員威廉·配第爵士(William Petty)(他是一位异常成功的律师和商人,而且一度是荷柏斯的秘书),用他的著作"政治算术"(Political Arithmetic)創立了另一种社会科学,即今天非常流行的經济統計学。

12.5 启蒙运动与革命

牛頓与陸克

政治和經济的学說已成为十八世紀的主要社会科学。随着政治和經济学說的发展,自然科学与社会科学的关系又变得非常密切了。牛頓的朋友陆克(1632—1704年)是一位科学家和从业的医生,他根据新的科学概念为1688年光荣革命后产生的妥协政府进行辯解。这个政府事实上是把一切权力都交給城市商人和地主貴族,他們联合起来組成了新的富裕的資产阶級。他們所要求的就是保証摆脫皇室的任意干涉和来自下层的強夺。他們已經有了准备,只要他們能制定和执行法律,他們就以文明的合法的方式来治理国家。陆克本人曾經在1696年协助創立了商务会議(后来改为商务部),这是把新的数学方法应用到公共事务方面的第一次有組織的企图。这时已經发現:宇宙本身也是按照一种永恆的規律运行的;因此,有一套完整的宪法就沒有理由再发生任何变化了。当时的这些发現是极为方便的。

亞当·斯密的"原富"

英国宪法的优点,在消极方面,也是研究政治經济学所带来的。許多十八世紀的作家都关心經济問題。哲学上怀疑論或不可知論学派的創始人休謨(1711—1776年)

对資本主义各种新制度的支持是非常肯定的。他認識到商人之間的竞爭对于降低利潤和減輕利率具有重要性，而利潤的降低和利率的減輕則对于規模較大的商业有利。他也了解在維持高額利潤的同时貨币积聚的日益增加如何压低了实际工資[1.36]。曼德維尔（Mandeville, 1670—1733 年）所写的"蜜蜂的寓言"（Fable of the Bees），認为社会的福利可以是富人的敗行和奢侈所形成的后果。

自由主义的政治經济学的发端作为一門重要的学說，只是从亚当·斯密开始的。他是一个苏格兰知識分子羣里的一員，这些知識分子的活动与苏格兰由一个非常落后的农业国家过渡到一个工业中心的轉变恰相脗合（304頁）。亚当·斯密对他亲眼看到由产业革命以前制造业自发和无組織的发展而引起的不列顛的巨大繁荣印象很深（294頁）。他把这种繁荣看成是工业上的分工以及商品和制造品自由交換的結果。同时他不能不指出政府法令強加于制造业和貿易的干涉。他特别看到了为了少数富商的利益而垄断了殖民地貿易的、当时流行着的重商主义制度，正是新生力量自由发展的最严重的敌人。[4.3] 为了証实他的这些观点，亚当·斯密自己开始分析整个社会从生产到分配的整个机构，并且把分析的結果写在他的"原富"（Inquiry into the Nature and Causes of the Wealth of Nations, 1776）一书里面。从它第一次出版就成为新兴工业資本主义的圣經的这本书，是这么一部伟大的綜合性的社会全书，以至于足与阿奎那（Aquina）的"神学概要"（Summa）相比，而且只是有了馬克思的"資本論"，它才被超过。但是，它在范围和意图方面要比"神学概要"和"資本論"狹隘得多。它主要是研究一种新的"經济人"，这是一种靠劳动和同邻人交換自己的产品而生活，并且总是尽其所能創造最有利的条件的动物。亚当·斯密解释了这些活动在过去如何总是受到古老的习慣，封建的权利或者重商主义的立法者的限制。現在他終于在这个新的开明的时代，看到了实現社会的自然秩序的前景，在社会的自然秩序中經济人有可能不受任何限制来进行他的活动。这就必然产生最好的結果，因为，根据經济学的規律，追求个人利益，无論如何不是实际的犯罪，而只会产生最大限度地滿足全社会需要的結果。立法的干涉完全不需要，眞的，这种干涉几乎总是有害的，因为人岂不是"被一只看不見的手推向并非出于他的本意的目的"？

放任主义的經济学，对于亚当·斯密和他的信徒說来，是代替上帝的意旨和王公們的智慧的自然秩序。这門經济学，虽然有它的局限性（关于这些局限性我們現在知道得很清楚），虽然产生了可怕的后果，但是在当时，这一学說却是一种伟大的、有解放力量的学說。亚当·斯密却不只是发表了这个学說，而是还做了更多的事。为了証实他的学說，他奠定了經济思想上邏輯方法的基础，这种思想方法的基础比他据以

得出的結論寿命更长。

劳动价值学說

这些經济思想方法的基础当中最重要的是他对一件产品的价值的看法。他把产品的价值公正地归結为制造产品中所花費的劳动。当他宣布劳动价值学說时，这个学說所針对着的是那些不劳而获的朝臣、教士和地主。后来，在十九世紀，正統派經济学家才貶低了这个学說，因为他們認为这个学說可以同样用来反对資本家。事实上在亚当·斯密的学說中，已經隱含着剩余价值的观念，馬克思說明过，产品的价值和付給实际生产者的工資之間的差額就是剩余价值。亚当·斯密認为，追求利潤的共同目标虽然是一切經济活动的动力，但并不經常是一种与人为善的力量。資本主义的这位大祭司眞的并不大相信他的牧民們正直无私，因为他把他們称为"属于这样一类的人，他們的利益与公众的利益从来不是一致的。他們一般对欺騙公众甚至压迫公众有兴趣，因此他們在許多場合已經欺騙和压制了公众。"[5.81]

"原富"一书的影响不仅是在当时就发生，而且持續了很久。它的影响远远超过了經济思想的范围；它为工业資本主义的实践提供了理智上的辯解，并且发出了呼声，叫人們对于以开明的自私自利为最高道德的社会采取新态度。这本书必然成为自由主义哲学的一个主要堡垒，从此以后，对自由主义哲学，誰也沒有提出过在理智上这样有力的支持。

在所处环境沒有这样順利的其他国家，經济学的研究并沒有带来这样簡单而令人欣慰的解决办法。較早的美洲革命是更为明白的經济事件。如前所述，这个革命的理論家富兰克林（303 頁）曾經把他在科学方面、經济方面和政治方面的知識同他作过印刷工人、邮政局长、当过兵、作过政治家等极为具体的經驗結合起来。北美洲殖民地人民基本痛苦的补救办法，即："未經代表大会通过不得征稅"，只有通过实际的起义才能实現。甚至在革命胜利以后，經济冲突还震盪着这个新生的共和国。

重農主义者

在法国，革命以前的重农主义者的运动主要是一种經济运动。法国重农主义者是以对英国經济繁荣的分析作为他們自己的理論根据的一部分，希望看到法国的自然資源，特别是土地，得到合理的利用。这就无可避免地把他們摆在反对早已腐朽和不起作用的封建制度的地位。重农主义者的理論也极符合法国新兴的制造商的要求，因此在指导最初的法国革命者的政策上起了重要的作用。按照奎斯奈（Quesnay）的

說法，这是个追求"放任"的革命，它的爆发是經济危机所决定了的。"放任"（laisser-fairi）和"放行"（laisser-passer），首先是爭取各个制造业摆脫政府的控制，爭取商业豁免地方的苛捐杂税这一运动的口号。

崇高的野蛮人

十八世紀革命性的社会科学并不限于經济学方面。同时也出現了一种新的兴趣，即对人的研究，所研究的則少分是西欧文明国家的人，而多分是那些处于蒙昧状态中、因而尙未經腐化的人。这付高度理想化的［崇高的野蛮人的］图景，是以当时若干大規模旅行以及传教士的故事［为根据而］构成的。此外欧洲的讀书人对他們正在学习的（基本上也是从传教士那里学习来的）关于中国和印度比較古老而最为优雅的文化有很深刻的印象。

从古希腊时代以来，这时才第一次有了研究比較社会学的可能性，而这种比較是使十八世紀的欧洲文化相形見絀。更有权威性的哲学家，如孟德斯鳩（Montesquieu，1689—1755年）和伏尔泰（295頁）利用野蛮人与东方文化的比較，来对他們本国的制度进行批判[5.9]。他們眞的同一切哲学家和經济学家一样，关心着在法国推翻旧政权的，或者在英国反对地主特权的伟大政治斗爭；这就是說，在这两种情况下所反抗的都是或多或少的封建制度的变相殘余。因此，他們不得不摒弃为封建制度辯护的传統，去追求一种假設的、理性的統治，在这种理性的統治下一切都是最理想的，因为一切自然的規律得以暢行无阻。

但是，哲学家們并不愿意走得过远。［他們認为］不用推翻旧的社会秩序而只要消灭一些积弊就够了。比这更前进了一步的則是浪漫派。

盧梭

卢梭（Rousseau）是日內瓦一个鈡表匠的儿子，深受加尔文传統的影响。他的学說是：人的本性为文明所糟蹋，而返回自然則人的本性就可以恢复。这里是把人类犯了罪［因而被赶出乐园］的这个老［宗教］教条重新揑造了一下。人无須等待上天的拯救，他可以通过自己的努力获得拯救。但有些文化价值，例如法律和秩序，仍然可以通过人民自由同意的"社会契約"形式保留下来。这个学說促成了一种对社会分析的乐观的和本質上是民主的修正，影响了它（社会分析）的許多方面，特别是教育。

理性时代:伏尔泰

十八世紀的各門社会科学性質上大部分基本上是演繹和批判性的。这是很自然的,因为这时的社会科学首先是作为一个反对传統观点的运动而出現的,它反对教会(基督教和天主教的教会都一样)利用传統观点来維持它們对社会生活实践的控制。这些社会科学的主要目的,是要摧毁传統的社会观的理智和道德的基础——[途径則有的是采取哲学的批判,如休謨和拜耳(Bayle, 1647—1706年)的怀疑論;有的坚持唯物主义的观点,如法国百科全书派的狄德罗和霍尔巴赫(Holbach, 1723—89年);有的主张返回自然,如卢梭;还有伏尔泰所采取的影响最大的办法,即露骨而辛辣的諷刺,这諷刺是針对着作为旧制度的象征的教会而发的,所提出的口号为"粉碎无恥的丑行"(écrasez l'infame)。他們会同着彻底摧毁了上流社会的信仰,但是要知道上流社会只是社会的极小一部分。然不久就看出来了,他們用来代替旧信仰的却只是人为的、武断的东西。这"理性时代"还沒有更为細致的探索性的分析,因而不可能找到一种切实可行的社会制度。这一切的人都缺乏一种同时是历史的和实践的研究法。

韋科和关于社会的"新科学"

但是只有韦科(Giambattista Vico, 1668—1744年)一人例外,他至少已經認識到进行历史研究的必要。他是意大利那不勒斯一位不知名的法学教授,早在十八世紀初,并且超出科学思想和哲学思想的主流以外,他就发表了他的"新科学"(Scienzia nuova),[4.111]这是关于社会的科学的第一次明白的表述。韦科反对笛卡儿,而且保持着与他极其崇拜的培根非常相同的精神,試图不凭純粹的理性而凭社会所产生的成品的性質,特别是凭社会的法律和詩歌,去認識社会。韦科首先明白說出这句話:"人类社会是人創造的,因此人能够認識社会",而且,他首先看出了以往各个时期的文学和法律在性質上反映了当时社会的发展。例如,他曾自問,为什么史詩只是在古典时代的初期才写成;他的結論則是,这些史詩对于在那个古代統治着希腊的、野蛮酋长們的社会特别适合。

韦科首先清楚地看到:社会在它的一切表征——詩歌的、法律的、宗教的表征——上,是个統一的整体,这个整体并且不是个靜止的整体,而是必然要发生变化的整体。历史上的运动决定了种种社会制度。这种观点,与在十八世紀中流行、認为存在着一种自然而合理的社会秩序的观点,当然是完全不一致的。哲学家們相信,政府和迷信所代表的反常現象——即帝王和僧人的統治——一旦被清除,人类就会回到自然秩

序，而且在其后永远过幸福的生活。韦科却看得更远，認識到有个必然的社会进化；但是，甚至韦科也不能摆脫人类社会发展是个預定的循环这种旧观念，这循环，他是以天意（神的意旨）去解释的。韦科的著作，当时虽然不曾而且不可能被接受，却并不是完全白废的。通过黑格尔和米希雷（Michelet），他的著作对馬克思主义是有些影响的[6.166]。

法国革命："人权"

如果美国和法国革命以前的哲学批判是动搖了上等社会的信仰，这两个革命本身則是把这些哲学批判传播給广大的人民羣众。从新发現的美洲崛起的湯姆·潘恩（Tom Paine, 1737—1809 年）在所著"人权"一书中攻击了十八世紀从陆克到布尔克（Burke）关于有秩序的文明之整个概念，認为是腐朽的暴戾的概念而加以譴責[6.157.c]。人因为他是人，而不是由于显貴和財富，都有必須受到尊重的权利，这个观念即使只在客厅里发表，也是新奇而令人震惊的。最早来自民間而成为大詩人的人之一罗伯特·朋斯（Robert Burns）說得好："显貴不是别的，而只是金币印記，儘管如此，人还是人。"* 他的更进一步的結論是：一切其他权利都是強加于人的，在最后的决定中不得不屈服于普通人民在大街上示威遊行所表示的权利。这个結論，本身就是革命。

法国革命在它的破坏阶段虽則必然是羣众性的革命，但是当革命創导者的目的已經达到以后，革命的性質就发生了变化。法国革命的資产阶級派倡导者之急于为了拥护私有財产的权利——在美洲則包括拥护奴隶的私有——而反对羣众，正如他們之急于为了拥护这种权利而反对帝王。大多数政治思想家都属于他們这一派，虽然法国有一个巴表夫（Babeuf, 1760—97年），曾經胆敢提出要把人类不但从政治的而且从經济的鎖鍊下解放出来，結果他被处死。直到这时为止，工人阶級，除了被当作在农业生产方面便于計算的单位，或者作为制造业的人手以外，在官方社会学中是未予重視的。事实上当时工人阶級过于軟弱而且沒有組織起来，对于政权不可能提出任何重大的要求。

在十八世紀后期的英国，資产阶級上层分子已經取得政权，同时产业革命使得他們大发其財。他們沒有理由扩大自由的范围，而有着許多限制自由的范围的理由，但是在比較低下的制造商和手工业者当中已經生出了不安的情緒。法国革命和甚至拿破仑时代，由于它把欧洲古老的反动因素已經扫除干淨，激起了人民的同情，这种同情非用坚决的鎮压是扑灭不了的。法国革命对知識分子，如高德温（Godwin）之类的哲学家，以及雪萊（Shelley）、布雷克（Blake）和拜仑（Byron）这一类的詩人有

着深刻的影响。甚至迷了途的領袖渥兹渥史（Wordsworth）在他的"序曲"(Prelude)中还曾經写道:

当时全欧洲狂欢雀跃，
法国站在黄金时刻的尖端，
人类的本性好象重生……
在曙光中还活着就够有福了，
如果正年青，那就是天堂啊!

12.6 功利主义和自由主义的改革

資產階級自由主义的勝利

拿破仑的失敗以及其后的反动逆流使得这种乐观主义从政治轉变为替新兴的产业資本主义解释和辯护。在积极方面，有伟大的功利主义者的学派，拥有边沁（Jeremy Bentham）（315 頁）和穆勒（James Mill, 1773—1836 年），他們旨在証明如果革除了某些弊端，自由的企业就沒有理由不給"最大多数的人民带来最大的幸福"(306頁)。* 在消极方面，有牧师馬尔薩斯，他認为无論如何这个最大多数人民的数目未免太多了，而那些不能成为小資本家又不能实行自我克制的人注定要被週期性的飢荒、病疫和战爭所淘汰，就象他在 1798年发表的"人口論"(Essay on the Principle of Population)所解释的那样。他就是报酬遞減律（law of deminishing returns）这种悲观学說的創始人，从此以后，这学說就被利用来阻碍一切改善人类命运的企图。

李嘉图

富有的銀行家李嘉图(1772—1823 年)是馬尔薩斯的朋友，虽然他在許多方面并不同意馬尔薩斯的意見。十九世紀早期，李嘉图为完成亚当·斯密在一百年以前已經开始的工作尽了很大力量。他拥有看到产业革命巨大高涨的經驗，又有在英国这个最伟大的、眞正几乎是唯一的工业国家过着有保障的生活的經驗。因此他能够根据新兴資本主义的"机器制造业"(machinofacture)肯定的成就来从事經济学的著述。他接受了亚当·斯密的劳动价值学說，但是他对于固定資本在决定成本方面起着更大的作用，这种改变了的情况，并未考虑到。只是馬克思才指出，这种情况与劳动价值学說实际上并不矛盾，因为这种[固定]資本不过是物化在設备和机器里面的劳动。

但是以后的經济学家却把李嘉图的这个缺点当作推翻整个劳动价值学說的借

口，并且把經济学的研究从注重財貨的生产轉为注重財貨的交换。眞的，这一轉变过程早已同李嘉图自己的工作一道开始了。作为一个銀行家，李嘉图对財富的分配比对財富的創造更为关心，这就使得他細心考虑，扣除工資以后的剩余价值分配于地租利息和利潤的相对比例。利息和利潤是可以辯解的，但是，根据李嘉图的观点，土地本身不能有价值，因此很难为地租辯解。为了替地租辯解，他不得不提出对于优于普通的土地征收級差地租的概念。这个与李嘉图的其他观点不相符的概念，后来，却还被引伸到利潤方面去。从这个观念产生了級差或限界价值学說，下面我們将看到，这个学說后来便被利用来掩盖那隐含在劳动价值学說中的剝削。李嘉图的主要目的仍然是鄙弃地主阶級的权益，反对他們的保护税收和粮食高价政策。因此，他的著作对改良主义运动的意識形态很有帮助，并且导致了自由貿易的胜利。但是李嘉图却不同于以后的經济学家——指馬克思所說的"庸俗經济学家"——如賽义（Say, 1767—1832 年），老納梭（Nassau Senior, 1790—1864 年）和巴斯蒂亚（Bastiat, 1801—50 年），这些人受到了下层阶級第一次尖銳批評的針刺，便只好"怀抱着黑良心和恶劣的意图"来为資本主义解释或辯护。

經济学的鉄則

快到十九世紀中叶时，各門社会科学有功利主义邏輯的可靠依据，又有工商业的成就为之辯护，似乎一切都毫无問題了。自由主义和自由貿易盛极一时，同时沿着这两条道路走去的"进步"似乎是很有把握的。但是不能否認，有一种不舒服的感覚正在滋长，覚得整个制度有很糟糕的地方。經济学这門"沉悶的科学"其目的显然是在为維持原状而进行詭辯。从較貧苦的各阶級，其实就是从发財的制造商以外的任何人看来，这个社会制度有糟糕的地方。而正是这个时候，經济学出来替它辯解。在世界最富足的工业国家，在作为那个时代的天之驕子的最繁盛的商业都市，存在着飢荒和病疫，[5.30]同时，愚昧无知和社会不安定的情緒到处都是以前所未見的規模継长增高。对这一切必須有所解释和辯解；必須不让任何人类的感情留有活动余地；无情的、不可避免的規律必需取代感情。因此，十九世紀中叶的經济学、邏輯学和心理学是死板地模倣物理科学而构成的，而且都是尽量远离生活实际。

宗教与复古

当理性的制裁无法使人信服时，甚至不得不找到宗教，让它为資本主义提供超自然的制裁。法国革命后曾經有过一次有意发动的返回宗教运动来反对自然神教

(deism) 的怀疑論[5.37-38]，这种怀疑論的传播已經表明它对法律和秩序是个多么大的危险。富有的人恢复上教堂了，有的甚至玩弄起罗馬的宗教仪式。美以美会(Methodist) 和其他的福音教派的运动滿足了这种感情上的要求，同时在扭轉中下层阶級和"活該"貧穷的人[对資本主义社会制度]的批判上，做了一些工作，虽然"非英国国教派的良知"总是在支持急进的一方。但是并不允許宗教認眞干預实际的普通常識，或者中层阶級的商业行为。这并非单单因为象不信宗教者嘲諷的說法，宗教只管星期天那一天的事；而是因为可以引据圣經非但替禁慾和节約辯解，而且替实行禁慾和节約就能得到物質报酬之說辯解。虽然这是最占优势的和官方的論調，但所有的发出来的声音并非都是贊成忍受和馴服的。

急進派和浪漫派的抗議

詩人、作家和艺术家們确实曾以文字和图繪来抗議十九世紀資本主义新的丑态，而且注意了这种丑态，就会进一步看到了在資本主义制度下的恐怖和災难以及使資本主义能够継續存在下去的跋扈和貪婪。在革命的时期，詩人布雷克、拜仑和雪萊曾經高呼反抗強暴和难以忍受的貧困。后来当資本主义似乎巩固起来时，象狄更斯(Dickens)，盖斯克尔夫人 (Mrs. Gaskell)，爱略脫 (George Eliot) 和底斯累利(Beujamin Disraeli) 这般人对資本主义的种种表現都无情地加以攻击，可是提不出其他办法。象卢斯欽 (Ruskin) 和喀萊尔 (Thomas Carlyle) 这样的批評家曾試图赤裸裸地暴露資本主义的根源并提出补救办法；但是由于他們既不愿意也不懂得如何使他們的分析深入到社会的阶級根源和私有財产根源上去，他們便轉向过去，轉向英雄时代或信仰时代，轉向当时的商业主义和工业主义以外的任何其他的东西去寻找他們的解决方式。

罗貝尔特·歐文

英国威尔斯(Welsh) 的急进派 R. 欧文(Robert Owen, 1771—1858 年)的事业影响較大，这是由于他比較接近人民。一位不得已讚美他的人[6.141]說，欧文"靠着資本主义和普通常識发了大財，然后把他所发的財浪費在共产主义和瘋狂上"。他是一个白手起家的人，二十岁时就成为一个富裕的制造商。他在他的新拉納尔克 (New Lanark) 紗厂举办了教育和社会福利，从实际上証明棉紡織工业中的奴役制和貧困完全不是好的企业所必不可免的。

欧文所有的是事业头脑和經济头脑而非政治头脑。他是首先認識到新的机器如

果管理得合理就能为一切人創造財富的人們当中之一。但是他和許多自由主义的唯心論者一样，認为改革所需要的一切只是让有錢有势的人相信，如果他接受或者甚至促成一个比較公平的社会制度，这就对他們自己有利。他爭取工人阶級自己起来行动的企图常常因为害怕惊动了統治阶級而受到限制。他理想的目的是一个合作的公共財富团——他称之为新道德世界——这个团組織生产，对資本家和工人不加区别。他的第一次企图是在自由的美洲把这个团建立起来，但是 1825 年他在印地安那办的新諧合（New Harmony）移民区只支持了三年便失敗了，这次失敗耗去了他的大部分財产。他毫不灰心返回了英国，把他剩余的資財投入当时刚从"非法活动"中露出头来的工会运动，在背后推动它。1833 年他把建筑工人联合会改成以清除包工头为目的的建筑工人行会。第二年他的雄心变得更大，发起了全国統一的总工会，但不到几个月这个組織便由于政府和业主們的联合进攻而解体。結果还是他的合作事业支持得最长久。欧文本人喜好办生产合作社，然而后来扎下根来的倒是分配[方面的合作社]。第一个坚持下来的合作商店（虽然它并不是首先成立的），为 1844 年的罗奇达尔先鋒合作社（Rochdale Pioneers）。虽然它事实上很成功，而且在一定程度上保护了穷人免受过高物价的威胁，但是它对于制止利潤制度的根本剝削，却无能为力，而这种合作社扩展到最大限度，到現在也沒有占到零售商业的百分之十以上。

但是，随着时間的成熟，合作运动仍然不失为証明工人阶級有能力創立和管理自己的組織的一个例子。对产业革命所产生的种种社会后果的最深刻的認識来自产业革命的受害者——英国急进派和宪章运动者——这些人主要出自小商人和手工业者阶层。象約翰·格雷（John Gray, 1799—1850 年）和佛兰西斯·布雷（Francis Bray, 1809—1895年）这些人，他們把功利主义者的和欧文的論点引伸到社会主义国家这个邏輯的結論，在这国家里所有的人都是社会財富的生产者。还有一个人是霍吉斯金（Thomas Hodgskin, 1783—1869 年），他是倫敦机械学会（London Mechanics Institute）和后来的柏克貝克学院的实际創始人。他的批判要深刻得多，因为他发現只有取消資本家才是解决工人阶級长期貧困的唯一办法（639 頁）[6.126;6.131;6.141]。

这些人不滿足于只是对社会进行分析和批判；他們还要設法改变社会，求得政治上和經济上的自由，取得工会的合法地位，还要以英国宪章中的人民民主政治来改变[1832 年英国]选举法修正法案（Reform Bill）所代表的有限度的进展。到了十九世紀中叶，看来他們的艰苦奋斗已告失敗。这时資本家的地位比以前更加巩固。誠然，有些不公平合理的情况減少了——新的商业繁荣被工人們分潤到一份了——但是根本不合理的剝削制度仍然存在。尽管如此，英国社会主义的先驅者們，不管他們的目

的是怎样烏托邦式的，他們給社会主义运动带来了具有永久价值的大批經驗和大批热情。

法国的社会主义

法国的工人，虽然有着革命的传統，处境也不比英国的工人好。僧侶反动的直接影响刚才消失，代之而起的却是巴尔扎克（Balzac）和杜美（Daumier）的不朽著作所描繪的厚顏无恥的財富統治。1830年的革命給法国人民带来很少自由，正如1832年英国的选举法修正法案带給他們的英国弟兄們很少自由一样。但是当时法国革命的传統仍然激起了对社会問題和經济問題进行生动而有理智的討論。半瘋狂的貴族圣西門（Saint-Simon）以及具有求实精神而为欧洲合作运动創始人的傅立叶（François Fourier）比英国的慈善主义者和急进派持論更为抽象、更有系統。他們把体現社会正义和自由这些理想的新社会的性質和組織，一劳永逸地决定下来。他們認为人民一旦認識到新的社会形式——即社会主义（这个名詞在1830年就有了）——比旧的社会形式无比优越，自然会欢迎它，同时，經过一次革命，最好是經过一次和平的革命以后，太平盛世便会到来。

事实并不是这样；欧文主义也好，英国宪章主义也好，或者空想社会主义也好，尽管它們激起了丰富的热情，但是对資本主义的霸权却沒有引起任何重大的改变。很明显，它們都缺乏某种本質性的东西：即缺乏想要实現显然为众所渴望的变革就該具有的关于社会如何变动的認識。工艺学已經由于把各門自然科学建立起来而找到了它的种种問題的答案，这是因为，如前所述，只是在有可能把这些科学中关于自然界如何变动的发現用于控制自然时，这些科学才发展起来的。而十九世紀所需要的則是一种关于社会的科学，这科学必需在保証由組成社会的人来控制社会这件事业上能发生同等的作用。

12.7 馬克思主义和关于社会的科学

卡尔·馬克思和弗里德里希·恩格斯的伟大成就就是創立了这样一种关于社会的科学。馬克思于1818年生于德国莱茵兰的特利尔(Trier)，是一位有自由思想和有教养的律师的儿子。他出生的时代和地点对于一个将使人类思想发生根本变化的人都是很适宜的。这个地方虽然离法国很近，容易感受启蒙运动这一伟大知識活动的全部影响，但他所受的培养却恰恰是不在資本主义发展的主流之中的。因此他逃脫了当时法国和英国的思想家們共同遭到的危险——即把資本主义的发展視为当然的。

但是如果他不是受了把敏銳的理智洞察力和对人类正义的深厚的热情合在一起的培养而成长起来，那末这些优良条件也就不会起什么作用。

他的学生时代正值 1848 年法国革命前夕的普遍騷动中，学术和政治的爭論都达到最高峯之时。当时的德国还沒有捲入产业革命，而且由于拿破仑的战爭受到法国自由思想的影响，因此在德国就有可能对社会問題作抽象的思維，而又不至于因为同实践作出过于密切的比較而感到不便。十八世紀末和十九世紀初这个时代是康德、哥德、謝林以及尤其是黑格尔的德国唯心主义哲学的伟大时代。在德国，社会科学和自然科学都結合在一个包罗万象的巨大的自然哲学(Naturphilosophie)之中。康德認为对太阳系提出星云的假設和对地球上人类行为提出无上命令，即良心上絕对无条件的道德支配律，并无不合；哥德歌頌了理想的美，同时研究着哺乳动物的頸部脊骨；黑格尔作出了把从絕对起到普魯士的理想王国为止的一切东西都包括在內的哲学体系。这个体系是由一种唯心主义辯証法推演出来的，其出发点不过是存在的观念中就含有不存在的观念 (the idea of existence entailing the idea of non-existence)。

但是黑格尔的邏輯学却有某些优点。它比十八世紀众思想家的邏輯更有流动性而且更富于想象，其中含有差不多所有十八世紀思想家都缺乏的一种因素，即历史发展的观感。而这历史发展的观感是为研究黑格尔自己所不屑正視的一些情况創造了必要的工具。从 1831 年黑格尔逝世以后，他的門生便开始分化为两个陣营。黑格尔右翼強調黑格尔哲学的唯心主义的和信从正統的一面，黑格尔左翼則以革命的意义发展了黑格尔关于辯証的变化的种种观念。費尔巴哈(Ludwig Feuerbach, 1804—72 年)是从唯心論轉到唯物論的一位有影响的黑格尔主义的哲学家。他对正統派反动的基石——有制度形式的宗教 (institutional religion)——下了攻击。費尔巴哈与十八世紀怀疑主义者不同，他沒有把宗教称为一种有意識的欺騙，但是他却說过，宗教本身就是生长在社会里面的人所創造的。在費尔巴哈看来，天上的神圣家族无非是地球上人类家族的影象。

青年时代的馬克思認为黑格尔学派的观点是具有启发性然而又是不够的。他認为費尔巴哈在暴露社会和宗教的內在性质的工作上仅仅是开了端。“哲学家們只是用不同的方式解釋过世界，但問題是在于改变世界。”[5.57.473] 这时正出現着改造世界的新时机。

在十九世紀四十年代的早年，革命已經风起云湧；整个欧洲都在譴責神圣同盟的高压制度。以一个自由主义的新聞工作者开始他的积极事业的馬克思，認为他必須

仔細研究社会的和經济的現实，并且要从現实世界而不是从理想世界去研究他的哲学。他毫不怀疑他是站在哪一边的人。他写过反对地主和同情被压迫的农民的文章。[6.165] 后来因为批評了普魯士的新聞检查制度而惹了禍，他只好逃出德国。不久他就回国参加了 1848 年沒有成功的革命。从 1843 年到 1845 年流亡巴黎期間，他接触到法国革命的和社会主义的思想。更重要的是馬克思和他的青年同志弗·恩格斯的会見。恩格斯曾在英国曼徹斯特居住和工作很久，并且目覩了产业革命的种种成就和种种可怕情况，以及欧文主义和英国宪章主义运动的高涨。[6.126;6.131]

历史唯物主义

馬克思处于所有这一切影响集中了的地方，而且他的清晰的理解力和对社会正义的热烈关怀結合起来，使他能够把这些影响都融合到一个有联系而且本質上是新的关于社会的理論中去。黑格尔的邏輯学(論理学)飽含着由于內部冲突而引起变化的概念，馬克思則把这个理論应用到他那个时代的阶級斗爭中去。他因此能够闡明一切社会运动的內在动力。他指出社会变化的推动力既非僧侶們所說的天命，也不是自由主义者所說的由于有理性的人对一种理想境界的追求，从而提出了过去一切社会主义者对社会的分析都未曾提到的因素。他从被压迫的但正在兴起的各阶級为爭取一个象样的和比較丰裕的生活而发动的斗爭中找到了社会变革的动力。他还进一步指出，由于生产方法上技术和經济的变化，以及随之而来的人与人之間法律、社会和經济关系的改变，新的阶級已經一个接着一个兴起了。同时他很懂得在任何阶級斗爭中，憤怒和代表正义的事业本身并非就是取得胜利的保証。它們需要"阶級意識"[5.57.204] 的支持和不是得自推理而是建立在社会历史事实上的理論的支持。在馬克思以前社会主义的意識形态仅仅是一些鼓吹或叙述，只有馬克思才使社会主义成为一門科学。

哲学和政治行动："共產党宣言"(Communist Manifesto)

社会科学和自然科学同样需要用行动来检驗并使它充分接触現实。馬克思看到革命的政治方面的行动場所是当时的重要的行动場所。他不滿足于仅仅研究关于社会变化的种种理論；他認識到实际的变化的实現乃是千百万人所持有的意志的結果，这些人对社会变化的科学理解得越清楚，他們的行动就越是有效，同时他們自己就越是紧密地組織起来以实現他們的目的。他把認識、闡明和組織从資本主义社会到共产主义社会的改造工作当作是他毕生的事业。第一个步驟是 1848 年"共产党宣言"

的发表。这个宣言是新的科学社会主义运动的第一次的行动号召。它仍然是馬克思对社会和社会变化的分析最簡要、最明了的表述。

馬克思和恩格斯在"共产党宣言"里首先提到的是，担負把資本主义社会改造为共产主义社会这个历史任务的是工人阶級：一无所有的无产阶級，这个阶級本身就是随着以追求利潤为目的的資本主义生产方法的产生而出現的。这个时期的成名的历史学家們和哲学家們对人类社会的阶級划分早已习慣了，而且法国革命的經驗使得他們更清楚地注意阶級划分。但是由于这些历史学家們和哲学家們本身的教养，他們从来沒有发生，也不可能发生这样的問題：那就是一切工人阶級或下层阶級除了保証上层分子的幸福生活以外，在社会里应該还有什么其他作用。在他們大多数人看来，工人阶級或下层阶級不过是一羣需要加以鎮压的暴民。[5.95] 心腸比較好的人認为这些活該穷困的人当中至少还有些人是适于他們施捨的对象，而自由主义者則認为这些穷人对于維持社会現状应該和上层分子有着共同的利害关系。

社会科学分裂为資產階級的和馬克思主义的

根据阶級斗爭的情况来描述西欧的社会历史，对于学院派的思想說来是过于陌生的，同时，控制着大学校的当权者也很难于接受，这就难怪这种阶級斗爭的历史观經过了一百多年才挤到为官方所承認的社会科学里去。甚至現在，在一些"自由"和"民主"的国家中极少数还能由官方来講授馬克思主义的地方也只是完全由反馬克思主义者来講授，然而应該承認，現在官方的經济学家和社会学家們的很大一部精力是花費在攻击馬克思主义的"錯誤"上面的。

从共产党宣言时起，社会思想实际上已經形成了两个明显的和对抗性的趋势。虽然現在还沒有一个确切表述的資产阶級社会科学，但是一切各色各样的社会学說，从美国所宣揚的腐朽的个人主义到社会民主党的唯心論都統一在这样一个社会假設的共同基础之上，这个共同基础使这些学說即使在細节目上有爭論，本質上却能为当权者所接受。这是自有道理的，因为他們实际上都同意資本主义是最适宜的社会基础，并且将永世长存，或者延續极长的时間。他們一致認为資本主义不管有些什么缺点总比他們所幻想正在苏联以及在現在遍及欧洲和亚洲日益扩大的地区发展起来的那种社会主义要优越些。对于資本主义不管是原封不动地加以承認，或者是按照着所謂"福利国家"（Welfare State）的方向稍稍修改过才加以承認，都意味着对一般唯心主义的和反历史的社会学說的服膺。这些学說完全說不上是什么科学的理論，而且也很少用来指导資本主义世界的事务。

生產力和生產关系

与此相反，馬克思主义的社会科学首先是唯物主义的和历史的科学，而且它正在全面的社会实驗中証明它的价值。馬克思主义的社会科学把每一个社会組織的状况(包括資本主义)看成只是为了滿足人类物質的需要而利用物質和自然資源的一系列經济时期中的一个历史阶段。任何时期的社会形式，主要要受到体現于实际物質生产資料的生产技术水平，即生產力的限制。例如搞大量生产的工厂比猎取袋鼠要求更为細致得多的社会組織。生产資料的充分利用，以生產关系的状况，即与生产資料相适应的购买者和出卖者、老板和工人的关系为轉移。

在实践中，現有的生產力和当时的生產关系之間总有一段时間距离，生产力多半总是走在生产关系的前面。这种时間上的距离是社会各階級間冲突的反映，而这种冲突正是社会变革的根本动力。能够使生产关系更适合于当时生产力性質的阶級取得了胜利，便把社会推向一个更高的阶段，同时也促使生产手段迅速地进一步改善。十九世紀和二十世紀的科学大大地促进了生产手段的改进，这是产生社会不稳定的一个因素，但是它本身不可能是社会变化的原因，社会变革总必須有一种人的动力。

根据馬克思主义的观点，生产力和生产关系并不包括全部社会現实。每一个新兴的阶級在建立自己的阶級的斗爭中，与旧的統治阶級賴以維持其統治的思想、作风、习慣和法律——这一切都是意識形态上层建筑的各个部分——发生冲突。为了取得胜利，新兴的阶級必須創立給这个阶級以夺取政权的知識和鼓舞的一种新的不同的意識形态，一旦取得了政权，这种意識形态便成为在社会发展的新阶段占支配地位的意識形态。因此，如前所述，在封建主义后期成长起来的个人主义意識形态帮助了資产阶級取得政权，同时也成为借以維护私有財产的特权地位的自由主义的基石。

"資本論"

根据馬克思主义的观点，人类社会这样的演进被看成是一种革命变化的过程，因此其中任何一个发展阶段，特别是資本主义阶段，都不是社会的一种［固定］狀态。关于馬克思的一般社会学說，除了在"共产党宣言"和"工資、价格和利潤"里面提出了一个初步綱領以外，在馬克思的最具有决定性的經典著作"資本論"(Das Kapital)里面有詳尽的解释。"資本論"第一卷于1867年問世，第二、第三两卷，仅仅是以未完成的形式，在馬克思逝世以后，先后在1885年和1894年出版[5,56]。馬克思

在"資本論"里面不仅用历史的眼光去看經济学，指出經济学規律的偶然性和暫时性，而且还根据經济学来解释历史。馬克思指出历史的主要变迁，从古典的奴隶帝国到封建主义再到資本主义，根本是出于經济上的推动力，而且是以生产方式的变革为轉移的。馬克思这样第一次提出了一切学院派的历史著作所沒有提到的关于因和果的邏輯結論。"資本論"是牢固地建立在对历史进行科学分析这个基础之上的。因此它能够揭示現代經济活动的机能，同时又充分認識到它的非永續性。

剩余价值学說

馬克思継承了亚当·斯密和李嘉图精心研究的劳动价值学說并且从它得出最关重要的剩余价值的概念。"庸俗經济学家們"(579 頁)把資本家付給工人的工資看成是对工人所做的工作的价值的公平交换，而雇主們所得的利潤則是由于他們的卓越的远見，或者是由于他們的节約。馬克思和他們相反，把商品的"交換价值"看成是生产商品所需要的"社会必要劳动时間"，而不是象限界[价值]学說的創議者們那样，把它看成是对市場本身的主观估計所决定(579 頁)。它里面包括商品生产中所消耗的原料和基本設备部分这二者的价值(物化劳动)("資本論"第一卷第七章)。

資本主义制度付給自由工人[的报酬]却完全不是他所付出的"社会必要劳动时間"。劳动[力]本身被当作和任何其他商品一样的一种商品，其价值是按照它所体現的价值或劳动时間来計算的。它[劳动力的价值]相当于仅仅够工人和他的家庭按照当时那一类工人的习慣方法(馬克思所說的历史的和道德的元素)去維持生活。实际工資可能高于或低于这个价值，但总趋向于与之相符。

加在产品上面的交換价值同生产这产品所消耗的劳动价值之間的差額就是被資本家掠夺去的剩余价值，也是資本家的財富的最根本的来源，这財富是他能够当作資本，用之継續經营的。剩余价值归資本家所有并不是因为資本家有任何特殊的优长或貢献。資本家之所以能够榨取剩余价值是由于資本主义社会制度的政权力量，这种力量是由于資产阶級的政治和經济斗爭的結果而建立起来的，同时也是資产阶級用尽一切高压手段(即他們所控制的国家的法律和警察)来加以維护的政权力量。因此，馬克思論証了資本主义完全不象古典經济学家們所說的那样，是一个天然正义的制度，而是以专横霸道的势力強加于人的一种掠夺的制度。正是这个关于剝削的中心概念(这是經济学家們甚至对自己都諱莫如深的)，賦予了馬克思学說以爆发性的力量。并不是多少世紀以来工人和农民沒有感覚到受剝削，而是他們現在才能了解到賴以进行剝削的社会机构。現在他們能够明白，問題不在于这个老板或那个地主的凶恶、

刻薄，問題的癥結在于老板和地主賴以生存的整个制度。工人們还要向馬克思及其継承人学习如何"剝夺剝夺者"以及如何为自己建立一个合乎社会发展規律的經济制度，在这个制度里面，由社会生产的財富就是由社会分配的。

馬克思的社会和經济学說，其一切基本要点在 1867 年前后已經研究出来，是从取材于神話的社会研究，通过有系統的說明轉向科学的社会研究这一演进的直綫发展。馬克思的社会和經济学說过去是、現在还是社会知識和社会行动富有生命力和不断发展着的部門。資产阶級的各門社会科学，則凭借着抹煞或否認馬克思的这个学說，还在継續甚至展开着它們为資本主义制度进行辯护的努力，資本主义却是已經过了它的极盛时期，不过，还远远并非一見即知其为在衰頽中罢了。馬克思主义所涉及的問題，引起当时統治的資产阶級的很大反感，因此，在后来的五十年間在全世界，以及直到今天在世界的大部分地区，馬克思的学說仍然为社会科学的官方代表人物所抹煞和反对。

社会科学的兩个体系

因此在本章所剩下的篇幅中，对于以資产阶級的社会学家和以馬克思主义者的著作为代表的关于社会的科学的两种互不相容的研究法分别加以論述，将是必要的。在过去一百年来，他們一直是背道而馳。有許多年之久，資产阶級社会科学家不理会馬克思主义，这是由于他們簡直不注意到它的存在。甚至当馬克思主义的社会主义在欧洲的进展已經无法再加以掩盖时，学术界还是在原則上継續抹煞它，或者把它摒除于科学領域以外。到 1917 年为止馬克思主义还沒有取得官方承認的地位：它还是属于一种地下的破坏性宣传。1856年馬克思曾經半开玩笑地提到这种情况。他說：

> "我們知道社会的新力量为要动作得适当，只需要有新的人們来掌握，而这些新的人們就是工人。工人也象机器本身一样是現时代的发明物。在使資产阶級、貴族和倒霉的倒退預言家惊惶失措的那些現象中間，我們認出我們的好朋友，我們的罗宾·古德菲劳（Robin Goodfellow），极善于在地下刨土的老田鼠，光荣的工兵——革命。"[55.7a;428] [馬克思恩格斯文选两卷集，第一卷，337 頁。]

在馬克思和恩格斯居住过和工作过的英国，他們的思想意識对于自負的資产阶級知識分子一点也沒有发生影响；但是即使在英国（后面将講到），由于威廉·莫里斯（William Morris）和社会民主联盟（Social Democratic Federation）里面一羣馬克思主义同路人的影响很大，需要进行反駁。在欧洲，特别是在德国和法国，这种影响更大，对这种影响不愉快的感知，传播得非常广远，甚至在某些方面影响了大多数的社会科

学家。学院派社会科学家一面拒不承認馬克思主义的影响，一面却不能不引用乃至附和許多馬克思主义的解释，虽然他們不免反对馬克思主义的方法和由这些方法得出的实际結論。特别是历史方法的采用以及从經济上解释历史或多或少有些歪曲的形式已經传播很广并且受到尊重。

現在我們能够从历史的眼光看到馬克思和恩格斯由于創立了关于社会的新科学，做出了多么巨大的貢献。它是在知識方面可与伽俐略对自然科学的貢献相比、或者可与达尔文对生物学的貢献相比的一个巨大成就。但是正因为它是个更密切地涉及人类生活各个方面的成就，正因为它同时激动了旧社会制度中某些人所享有的每个既得利益和被旧社会損害的人的每一个渴望，因此，它在实質上比任何自然科学領域里面最伟大的发現还要重要得多。因为它的意义非常重大，它就必須为了得到承認而进行更为堅強的战斗。馬克思主义的理論对于認識科学在历史上的地位极关重要。如果沒有馬克思主义，自然科学可能还只是关于宇宙以及控制宇宙的有效秘訣这类有趣的資料的不断堆积，人类历史可能还是限于关于政治变迁的簡单叙述，而不加以任何一貫的解释。

12.8　十九世紀后期和二十世紀早期学院派的社会科学

学院派思想的主体是十九世紀后期和二十世紀早期已經成为經典的自由主义思潮的継續，虽然在这段时期的末尾，出現了神秘和反理性思想的強大逆流。各門生物科学，特别是新发表的进化論产生了一种非常普遍的影响，虽然心理学也受到生理学的影响，考古学也受到古生物学的影响。各門社会科学和各門生物科学的結合給各門社会科学带来点作观察的习慣和归納式的邏輯，因此，在某种程度上打破了各門社会科学从第一原則作演繹式論証的习慣，这习慣是从亚里斯多德和教会継承下来的。但是它也产生了一种看法，認为社会学就是人类生物学，这种看法对我們这个时代产生了不幸的后果。

与十八世紀的各門社会科学对照来看，一切十九世紀后期的社会科学的共同特点就是它們的躲躲閃閃。在这方面它們只是在科学的境地內反映了上层社会中流行着的伪善。正如誰都知道有些人生形相明明存在然而从不提到它們，在各門社会科学里面也从来不提到阶級的存在或者剝削的存在。对于社会現象的解释不得不任意加加減減，以便絕不談起这些尷尬的事实(指阶級剝削)，如果办不到絕不談这些事实，那就不如完全不作解释。

历史学范圍的扩大:早期文明的發現

历史学这門在社会科学中包罗最广的学科，在这个时期沒有什么属于理論方面的重要变革。然而在这个时期中,特别是通过它的輔助学科考古学,历史学的范围和細节都有所扩充，因而提供了全新的时間上的眼界。"史前"时期的往事，一堆一堆地被揭发了。照字面解释的旧約紀年史看来作为人(甚至只对于已有文化的人)的历史是不可救药地要不得了，就如同它作为关于岩石、植物、动物世界的历史已經被地質学家发現是要不得的一样。石器时代,包括新石器和旧石器时代,已被发現,同时石器时代文化的历史序列已經确定了。埃及和米索不达米亚古文明的有文字的历史,已經开始可以从当时的文献去閱讀。对印度、远东以及南北美洲的其他文明的历史也被人知道得更多。同时,从文献或发掘物中得来的成千累万的詳細事实都已經可以編排到古典的、中世紀的和現代的欧洲历史里去。

新的历史眼界这时已經能够第一次提供現在从过去发展出来的那些史跡的間架。但是这个新图景的广泛解释只是由布克尔(Buckle)或者温伍德·里德(Winwood Reade)这些异乎寻常的历史家提出来的，专业的历史学家則偏于专門研究某一地区和某一时期的历史,而以写出解释极其少的所謂"科学的"历史自豪。历史方面的写作在已往却并沒有經常受到这种限制。

宣傳性的和科学的历史

最初,历史是为了厚顏无恥的宣传的目的而写作的。开始它以歌頌英雄和帝王、城市和教会的事蹟为目的。后来，从文艺复兴的論爭一直到十九世紀前期，历史是为这一边或那一边的政治服务。政治性的和宗教性的历史所設法达到的有限的客观性，事实上是从宗教改革与反宗教改革或者从自由党和保守党这一类眞正的政治斗爭中产生的。任何一方前輩人的弱点都被他們的反对者尽情揭发。甚至十八世紀的最伟大的历史著作，英国历史学家吉本所著"罗馬帝国的衰落和灭亡"(Decline and Fall of the Roman Empire)，本質上就是为时事服务的作品，它攻击教会当了腐朽和堕落的主使人。

这种趋势一直継續到維多利亚(Victoria)时代，从馬可黎(Macaulay)为旧自由党辯解,或者弗劳德(Froude)为美化伊丽薩白的帝国主义而写的历史就可以看出。但是,这时主要由于德国的影响,流行着一种傾向于客观历史的趋势。眞的,在当时一个历史学家对于所发生的事情越是解释得少,他就越被認为是科学的历史学家。专

門着重自己那个时代而避免概括性的解释，就能赢得客观性的声誉。[6.177] 但是，这是一种极端片面的而且是欺世盗名的方法。这个时期的历史学家們既然只收集史实而不談关于历史的理論，他們就是毫无根据地为他們在其下生活着的社会制度的存在进行辯解。这种历史只是一种插話式的和毫无意义的历史，与个人主义的和不受管制的經济制度很适合。費雪(H. A. L. Fisher)在他所著"欧洲史"(History of Europe)的自序中已經表达了官方历史学家的基本的怀疑主义。[6.138]

> 比我聪明和比我有学問的人已經从历史上分辨出了一場阴謀、一种旋律、或一个預先决定的典范。我是不了解这种一致性的。我只能看到一种出現的东西随着另一种出現的东西就象后浪随着前浪一样，我只能看到一个伟大的事实，因为它是独特的事实，就不可能加以概括，我只能看到历史学家应遵守一条唯一可靠的规律：他必須承認在人类命运的发展中是偶然性和不可預知性在起作用。这并不是嘲笑式的和絕望的理論。进步的事实明白而大量地記入史册；但是进步并非一种自然规律，这一代取得的进展，下一代可能丧失。人們的思想有可能流入导致災难和野蛮主义的水道。

在这种态度的后面，隐藏着的原因是：任何对历史作严肃而合理的解释的企图，必然要导致对現存經济制度的批判，更坏的是必然要引向馬克思主义。人們能希望历史所指出的最多只是"进步"，而且就是这种"进步"在十九世紀最后几年中也变得大可怀疑了。

一个明显的对立观点就是把历史当作一門科学的概念与把历史当作一种艺术、即当作文笔优美和有趣故事的一种传达工具的概念而加以对照。由于官方的历史越来越"客观"而呆板，这就为浪漫主义者改写历史提供了更为广泛的活动范围，其結果，严肃的历史学家沒有填充的历史闡述的空隙，民族主义和帝国主义的宣传家、无知的盲从者和露骨的反动派便乘机宣揚种族的偏見和先知預言的应驗。

人类学的成立：摩尔根和泰勒

历史所沒有做到的——让人們从观察社会的过去来認識人們所生活的社会——通过对生活在現代世界中的、文化水平极不相同的各族人民各种各样的社会典型进行比較直接的研究，却应該是可以做到的。新的人类学在十九世紀中期曾經有过一个良好的开端，当时摩根(L. H. Morgan, 1818—81年)和泰勒(E. B. Tylor, 1832—1917年)对美洲印第安文化及其他文化的研究，揭示了世界各地各部落种族共同的社会結构，揭示了它的总是以母性为中心的复杂的亲属关系，以及沒有私有制、沒有监

獄、沒有警察的情况。[6.160;6.177b] 他們推測，这类情况就是我們自己的文化比較原始的状况；同时他們指出这种情况如何与古希腊、罗馬时代的社会組織相符。但是，这条路綫上的工作，是留給了恩格斯和后来的馬克思主义者去发展；[6.137] 对于学院派的人类学家、对于传教士和商人們(他們是这些人类学家的主要情报員)来說，这个工作是太危险了，因为它摧毁了政府、道德和財产的基础。这种[被認为]有偏向的历史研究以外，按照弗拉塞(Frazer, 1854—1941 年)或韦斯特馬克(Westermarck, 1862—1939 年)的比較方法来收集一些艺术品和民間传說，量头骨大小来探索种族起源，这样的研究[却被認为]要安全得多。

随着交通的改善以及作为十九世紀后半期的特征的大英帝国海外扩张的新要求，我們与原始人民的接触日益頻繁了。虽然这些接触多半造成了对原始民族的剝削和民族灭絕，但是，对于研究他們的习慣和信仰却有了更多的机会。第一次"田野的"人类学調查是 1871 年米克魯霍-馬克萊(Miklukho-Maklai, 1846—88 年)在新几內亚(New Guinea)进行的和 1898—99 年哈頓(A. G. Haddon, 1855—1940年)和利物斯(W. H. R. Rivers, 1864—1922 年)也参加了的托列斯海峽(Torres Straits)以及新几內亚动物考查队所进行的調查。但是这些直接观察虽然証实了摩尔根和泰勒关于部落組織的典型，同时仍然沒有超出了只从心理学上加以解释的作法，而且忽視了他們的經济状况。

社会学

同样地坚持收集簡单而零散的資料、坚持比較法、加上反对对社会作历史的和經济的解释，这种情况从一开始就注定了十九世紀中期社会学的厄运。社会学由于它的創始人孔德和赫柏特·斯宾塞尔(Herbert Spenser)而遭到双重不幸。这两人都是难以想象的、最古怪和最与世隔絕的人物。孔德(1798—1857 年)为圣西門的弟子，是一位隐士，他早年就养成一种強烈的信念，認为他已經掌握了理想的社会措施的关鍵。这就是运用他所謂科学的实証方法，这一方法必然胜过更早期的宗教和哲学的方法，他写出了一系列的长篇著作来詳細說明。[6.131a] 从它打破了传統的或宗教的解释这个意义来說，这在当时是一个进步，但是孔德的思想很狹隘，而且是教条式的，本質上是反动的。[6.140b] 实在說，除了錯誤地运用自然科学的各种概念以外，他对于社会科学并沒有什么貢献。他認为人民应当由优秀人物来領导，他还有一种与之相应的小資产阶級对羣众运动的厌恶感。虽然他有不少徒弟，有些是很有才智的，象馬鉄諾(Harriet Martineau)、爱略脫(George Eliot)以及穆勒(John Stuart Mill)都出于他的

門下；他还創立了一門宗教——人道教，但是他的著作却沒有什么持久的价值。实証主义这个名詞，后来在十九世紀为馬赫所継承，把它的意义弄得更为抽象了。

斯宾塞(Herbert Spencer, 1820—1903 年)出身于新鉄路的雇員，是自由放任的資本主义的狂热崇拜者。自信小有才气，他曾致力于他給自己安排下来的繪制社会发展图表的工作。在达尔文以前几年，他已經发展了宇宙进化的思想。[6.171a] 这种进化思想和达尔文的不同，它是根据世界上錯綜复杂和千差万别必然不断增加这样一个假設的規律，而不是根据对形成进化的物質結构的任何深入观察。斯宾塞根据生物学的观点重新表述了孔德的社会学，正是他在当时英国享有很大声誉(在美国尤甚)的著作，大大地促成了把社会学作为生物学一个部門的观念。

达尔文主义的影响：進化論：生物学主义

十九世紀末期在关于社会的研究的一切領域內，凭借达尔文的巨大威信，引証进化論的生物学，为逃避历史的解释和不牽涉当代的关系找到了学术上的借口。虽然达尔文的学說已經推翻了認为社会状况永远注定不变的观念，从根本上有着一种解放的影响，但是它也带来其他的錯誤、使得一切关于社会的研究发生混乱和思想殭化。正如十七世紀初期牛頓的物理学和它的数学自然定律支配了社会思想一样，在十九世紀末期，生物进化規律也被用来解释一切变化了。

把生物学应用于社会的理論，这并不是第一次。特别是在十七和十八世紀，自然界的秩序已被贊頌为上帝的匠心創造，并且被高举起来作为人們自己的社会生活的指南。[4.12;5.9] 但是，当时認为現实的世界是和天体世界一样秩序井然的和静止的。早期的生物学已被利用来維护把自然界秩序当作上帝所創造的一成不变的东西的看法。佩力(Palay, 1743—1805 年)[把自然界比作]鈡表的著名論据，几乎是这种詭辯性生物学的最后形式。

說到进化，情况便极其不相同。进化不是一件静止的事。它是一个永远継續前进的过程，是改变着、而且是按照十九世紀的人类完全能理解的方式改变着世界面貌的一个过程。它标榜競爭，并且导致進步。除了象克魯泡特金(Kropotkin 1842—1921 年)那样的无政府主义者和象布特勒(Samuel Butler, 1835—1902 年)那样的怪人以外，在十九世紀人們还沒有理解的，或至少是还沒有接受的，是：在进化中人們所看到的不过是把人們在資本主义的社会实践中的关系反映到那些处于自然状态中的动物和植物里去，以为这就是关于动植物的科学理論。

高尔敦和优生学

由于把人类仅仅当作一种进化着的动物，人类社会的发展就完全被誤解为一种精神的进化，就同所假設的肉体进化一样的一种自发的和无法控制的进化。[6.133] 达尔文的表兄弟弗朗西斯·高尔敦（Fraucis Galton）抱着最高的志向，对英国具有特殊才能的人們的遺传进行研究。[5.33] 他发現那些人很多是亲戚，而所有有特殊才能的人都属于比較极少的几家人家。由于他的生物学的先入之見，他忽視了这一历史的事实，即在他那个时代，英国的統治阶級只是极少一部分在彼此盛行通婚的人，他也忽視了这一社会的事实，即在成功的机会上，甚至在学术上成功的机会上，过去是，現在仍然是有教养的和有地位的家庭的子女占着絕大的便宜（525 頁）。

从技术方面說，高尔敦的研究标志着統計学在遺传学研究方面第一次粗糙的运用，同时它給优生学这門社会生物学打下了基础，从此以后，这优生学就以企图根据发生学証明上层阶級的世家的优越价值，并且強調必需保护他們不受下层穷人任意生育的影响，作为优生学的主要任务。这种用生物学来解释人类的学說，加上它对种族和教养的強調，在較多或較少的程度上影响了社会科学和历史科学方面最进步的思想家。象葛林（Green）这样的历史学家以及象威尔斯这样的小說家又把优生学普及化了。他們永远不能了解，把人降到一种較低的进化的水平就是把历史学和社会科学变成毫无意义的东西。

种族理論

在实践方面这还产生了更坏的結果。这种把社会的想象納入生物学的范围、又把生物学納入社会想象的范围的重复换位，在二十世紀一旦被应用于实践，必然产生一种可怕的后果。它以无比的力量推翻了認为人是属于社会的、而人的个性只有通过社会才能找到充分表現这种在传統的宗教中不曾牢固地建立起来的、比較陈旧的信仰的一切基础。浸染了錯誤的、生物学的人类观，把人类当作一个种族，而不是当作一个社会，这样，甚至宗教道德中所包含的有限的保障都消失了。在凡是能够利用种族的謬論来为任何程度的阶級剝削和殖民地剝削进行詭辯，甚至能够利用种族謬論来証明白种人和黑种人是不同的品种[6.132a]的地方，生命成了被任意屠杀的对象。但是，这种种族謬論为我們准备下最大的恐怖，却是发生在这个时代的，在我們这个时代中，成千累万納粹分子的信徒所狂热信奉的种族优越性的口实，在令人难以相信的殘暴和堕落的情况下，被利用来展开了史无前例的、規模最大、最无人性的屠

杀[6.169a]。被納粹匪徒无情殘害的生命比整个人类历史中一切因內乱和宗教上互不相容而被屠杀的人的总数还要多；而这一切都是在根据生物学的理論的幌子下干出来的。

这不过是它的罪恶的一半；这种对达尔文主义的滥用，除了歌頌种族的优越，也歌頌战爭，因为只有在战爭当中种族本身才証明它的优越，只有在战爭中才体現适者生存。[6.148] 的确，有这类思想的人大部分是那些不学无术的狂人。虽然象尼采(1844—1900 年)、柏格森(Bergson, 1859—1941 年)以及索列尔(Sorel, 1847—1922 年)这样一些哲学家曾給了他們支持，但是和他們有过直接关系的科学家却为数极少。可是十九世紀和二十世紀的科学家們仍不能辞其咎。他們害怕捲入政治，意味着他們宁愿让别人把他們自己的观念应用于社会問題，而且对自己的研究成果也任人歪曲、滥用而不作任何抗議。

經济学：限界学說[限界效用論]

十九世紀最后几年經济学的发展，与历史学的发展相比，成为鮮明的对照。这时[經济学]傾向于从抽象的第一原則得出推論性的理論，而不注重資料的积累。十九世紀中期的"庸俗經济学家們"滿足于发表一些經济学的鉄則，为他們那个时代的无情的剝削进行科学的詭辯。但是早在 1852 年甚至密勒(John Stuart Mill)，在他所著"政治經济学原理"(Principles of Political Economy)一书中，就已开始怀疑任何法律是否能够为这种不幸的情况辯解，同时表示了令人惊异的社会主义的傾向。[6.126] 是的，在十九世紀中期，經济著作的主要目的根本上已經改变了，虽然这种改变是覚察不到的。这个新时期的經济学家的任务已經不再是反对老式的保护主义者和地主阶級的利益来捍卫資本主义，而是要反对来自下层、来自社会主义的运动，最明白地說，来自馬克思的批判，以捍卫資本主义。这就需要一种更巧妙更科学的辯解。

这种为資本主义辯解的方法首先为杰芬斯(Jevons, 1835—82 年)、孟格尔(Menger, 1840—1921 年)和瓦尔拉斯(Walras, 1834—1910 年)所采用，又由馬歇尔(Marshall, 1842—1924 年)建立起一套完整的体系，这就是限界效用論(Marginal Utility)(579 頁)。在承認資本主义生产制度本質的和永久的自然性的同时，它对經济交換問題运用了一些稍稍精鍊一些的数学上的限度理論。只就这个意义来說，这个理論是科学的。根据这个理論，一切价值都是由最末梢的或者限界的单位能够有利地进行交換的那个价值所决定的。这些限界单位是：例如还值得开垦的最坏地段的田地，还值得制造的額外产品，还值得雇用或者就只值得被辞退的工人，以及人們准备放弃

的购买品或娱乐——这一切都构成某一特定商品的生产和消費的开始和停頓的限界点。限界成本代替了平均成本，他們正考虑以这两种成本之間的差别来为地租、利潤和利息提供解释和詭辯。

限界效用学說否認除了在理想的自由市場上由供求律决定的价值以外的其他任何价值有重要意义。价值仅仅取决于不必考虑到卑鄙的物質情况的純粹主观数学計算法。由于劳动沒有被包括在价值的决定中，因此就不能有剩余价值問題或者剝削問題，于是李嘉图和馬克思的論点都被認为是无关的了。限界效用学說还用一种完全是自动地行动着的絶对均衡代替了十八世紀經济学家所謂先天存在的和諧，这絶对均衡說同时也就是一种乐观主义。职工会、垄断組織或者政府对于按照眞正限界价值进行的交换的任何干涉，据說必然会产生对于人人来說都是使事态恶化的局面。

限界效用学說的提出，首先并不是出于这种辯解的动机。它的企图是完全根据市場交易和証券交易来說明价值变动的原因，对于生产过程本身則不予任何考虑，当时的經济学家，除了少数經济史学者以外，对于这个过程是都不認眞感到兴趣的。总之，这个学說从来沒有与經济的現实发生过紧密的联系。商人們在进行交易时并不采用限界效用的計算法。某些物品的实际价格受着为这个学說所忽視的外部原因，即投机者所造成的偶然波动的支配，同时，一般的价格則受制于更为严重的、似乎是不可避免的、但又是不可預料的市場旺盛与市場萧条的变动。这些变动是不能忽視的，但是却被当作一旦达到了理想的平衡就会消灭的波动。

远在限界效用学說得到承認以前，它所依据的条件早已不存在了。自由的世界市場很明显地一方面被垄断集团和托拉斯所侵占，另一方面又为經常和它們有密切联系的、保护主义的政府所侵夺。重工业向英国以外的地区的扩展(324 頁起)事实上已經改变了限界效用学說所根据的十九世紀中期对于此說是极为有利的条件。然而这个学說仍然不仅在英国而且几乎在每一个資本主义国家已成为定論，并且，只經过极細微的修改就在每一个經济学系中講授着。它和現实的毫无接触，使它的科学論証显得好象很美丽。直到里昂列尔·罗宾斯(Lionel Robbins)才把这个学說的缺点的本質明白表露出来。他說：

> ……个人的估价和技术情况都不属于經济一致的范围，……但是岂不是应該希望超过这种限度呢？难道我們不应該希求能够对評定价值的标准提出数值，来建立数量上的供求律么？……这些知識无疑会是有用的。只要稍稍想一下就可以明白，現在我們正在进入一个調查研究的范围，在这里沒有理由設想会發現各种一致性。

……如果对象供求的作用这类簡单的概念提供明确的数值的企图确是如上所說，那末，这話可以应用到对更为复杂的現象——如价格变动，成本的涨落，商业的週期等等——提出"具体"的运动規律的企图之处就要多得多。[6.169b]

他还夸耀說，眞正的經济学不必牽涉到

关于农民所有制的不同形式、工厂組織、工业心理学、技术教育等等、……也不必牽涉到关于肥料的无根据的陈腔濫調的繁瑣討論。

但是二十世紀发生的大事，特别是三十年代巨大的經济萧条，即使对学院派的經济家們来說，也是很大的教訓。他們当中最著名的麦·凱恩斯(Maynard Keynes, 1883—1946 年)反对限界效用說的缺点和矛盾，如何标誌着經济学說上(包括充分就业的理論)一个新时期的开始，这点将放在后面更合式的地方去論述(628 頁起)。

限界学派的主要特点，它的构成和主观性，乃是十九世紀末期知識界普遍向后退的表征。这个学說表明它回复到十七世紀末曾經发生过的、对社会現象作不恰当的数学解释的阶段。关于采用統計学，按杰芬斯的話来說是这样的："我們这門科学必須是数学的科学，理由很簡单，因为我們这門科学研究的是量。"这种从經济学里面取消社会和物質問題的学說，由于按照十九世紀末期日趋重要的、实証主义的、本質上是主观主义的观点来看(330頁)，它象是科学的和客观的，所以很投合知識界的心意。事实上它却既非客观的，亦非在政治上中立的。由于特别強調消費的个人和他的主观慾望，它認为一个百万富翁想再买一部輾压机和一个工人的妻子想为她的小孩买一品脫牛奶，其間毫无差别。由于它从經济学里面排除了任何剝削的概念，革命的批判便被赶出了大門。它把現存的經济制度看成是当然的，因而終于为現存經济制度辯解。这种辯解当然是非常必要的，但是已經越来越困难了。

"世紀末"("Fin de siècle")的思想涸竭和頹廢

随着从 1870 年开始的大恐慌和它所带来的商业萧条、劳工騷动和战爭的恐惧而产生的災难的預感，对于各門社会科学比对于各門自然科学具有更为直接的影响。(388 頁起)虽然財富的积累在不断增加，但无止境的进展似乎并不那么可靠，而且进展的方向也成問題。甚至在英国最繁荣的时期，模糊的社会主义傾向已經在各中层阶級里面成长和传播开来。为了对抗这种趋势，学术界和知識界一般傾向于把文明的非常明显的罪恶与危险認为只是表面的現象而不去理睬，或者試图为它們进行狡辯，甚至还想把人們对社会問題的注意轉到个人和心理学的方面来。在这个公認的頹废时代，出現了一种宗教的、神秘的、显然违反理性的社会科学的趋势。象尼采、柏

格森之流的哲学家和象巴雷多(Pareto, 1848—1923 年)和苏勒尔(Sorel, 1847—1922 年)之流的社会学家們都指出,人們一切理性的集体努力都是徒劳的;又指出要么采取明目张胆的破坏性的行动和违反理性的行动,要么隐退于清淨无为和神秘的沉思境界。如果社会世界是超出了理性范围的东西,那末它的进步必然就要依靠天才或超人的灵感和直观了。

但是,由于自然科学和生物科学的兴起带来了知識界的深刻的进步,加之风行一时的自由主义是和有着強烈传統的理性主义(唯理論)相联系的,就使得这些反动的观点在很长一个时期无法得到普遍的承認。为了使新的、科学的神秘主义能够代替旧的、宗教的神秘主义来窜改社会科学,特别是心理学,就必須找一些科学上的詭辯。許多最进步的、最受尊重的科学家和哲学家,从法国的波昂加雷(Poincaré, 1854—1912 年)和英国伯尔特兰德·罗素(Bertrand Russell)到美国頑固的威廉·詹姆士(William James,1842—1910 年,他是实用主义的首創者,同小說家亨利·詹姆士 Henry James 是兄弟),这許多人对新的神秘主义都有过貢献。

实用主义

实用主义是美国継佛兰克林之后在社会思想方面最早的主要貢献。实用主义的性質可以用来說明在漫无限制的資本主义的影响之下,文化和社会的良知已經墮落到什么程度。在馬克·吐温(Mark Twain)的"鍍金时代"[6.177a] 里面,他描写了瘋狂的掠夺和自然資源的浪費正在进行,以及粗暴的个人之間的几乎是公开的战爭其結果是使創立庞大的托拉斯組織的极少数的財主們大发其財[6.184]。費勃仑(Veblen, 1857—1929 年)对这个时代的社会性質曾經作过精辟的、虽然还有些浅薄的分析。[6.178] 这是个貪婪、強暴以及宗教狂不稳当地互相均衡着的社会环境。[6.125a] 威廉·詹姆士感到必須注入一种科学使它們不致冲破藩籬。詹姆士是根据进化生物学,特别是根据适者生存学說的濫用取得了他的科学的。根据实用主义的观点,認为生存是好的,因此得到生存的手段必然也是好的,而这个方法本身必然是正确的。眞理就是发生了效用和博得了实利的东西。这种学說是使得上礼拜堂和謀利一律都能披上哲学認可这件道袍的方便手法。由于詹姆士最著名的学生約翰·杜威(John Dewey, 1859—1952 年)的发揮,实用主义注定成为美国自由主义思想和教育的基础。实用主义彷彿有种种"进步的"性質,但它在科学方面是空洞无物的,在道德方面是破产的,而后来,它对美国主义(Americanism)之公然反动的和蒙昧主义的傾向的反抗也显得十分无力。

奥地利学派

在制造一种言之成理而又不冒与資本主义势力发生冲突的危险的世界观这件事上，最著名的貢献来自維也納。在大战发生以前，維也納正享受着它充当无可救药地落后和搖搖欲墜的奥地利帝国的首都的最后年月，在当时这帝国包括了布达佩斯(Budapest)和布拉格(Prague)这些知識中心在內，它們有着一个共同的文化，虽然本質上是德国的文化，但是摆脫了柏林的侵略成性的自負精神。这种文化只是为一小撮感到幻灭的、属于許多国籍的知識分子所专有，他們，直接或間接地，主要依靠帝国政府生活。因此，維也納便成为創立一个在一切方面的知識上悲观主义的学派的最为合适的都市。不論在哲学和心理学方面这个学派都有过貢献，即新实証主义和精神分析学說，此二者不仅对二十世紀的学术界，而且对"西方"的、即資产阶級的思想的整个方向都产生了深远的影响。这个学派却还不是只以这几个园地为限；門格尔还創立了一个奥地利經济学派，这个学派和英国的学派并肩作战地发展了限界效用的学說，更加強調了当时在維也納已經成为一支重要力量的社会主义在邏輯上的不可能性。

馬赫和实証主义哲学

奥地利学派的第一个主要貢献是創立了主要应归功于馬赫的实証主义哲学(330頁)，这个哲学認为科学不过是組織感观印象的最方便的方式，認为关于实在的物質世界的任何討論都是純粹的和无用的形而上学。早期的实証主义者特别輕視象原子这一类的物質概念，不幸的是他們正处在这样一个时代，这时代的物理学研究使这些概念变成越来越显著的現实。

实証主义虽然首先出現于物理科学，它牽涉的方面却广泛得多。正如我們在叙述物理学(425頁)和經济学方面限界效用学說的发展情况时所看到的一样，实証主义标志着知識界从具体問題向抽象問題、和从自然主义的研究方式向形式主义的研究方式的后退或撤走。这一动向的根源就是不肯面对事实；因为事实，特别是社会事实，越来越使得資产阶級知識分子难于对付了。实証主义确实給那些愿意站在右方观战的人們准备了巧妙的借口。正如爱尔兰人所說，"我知道，在这个战斗中你們是大公无私的，但是你們究竟对那一方大公无私呀？"只有最愚蠢的反动派才对它[实証主义]也反对：对于奥地利的实証主义者說来眞不幸，納粹分子就是属于这一类人。在相反的方面，实証主义的观念容易地滲入了社会主义运动中的知識分子一翼，增长了

这一翼对不愉快的現实的脫离,和軟化了它的起而行的意志。关于实証主义的发展和影响,在二十世紀更为明显,对于这一点,后面将作更詳細的叙述(647 頁)。

弗洛伊德和精神分析学說

奥地利学派第二个主要貢献是在心理学上所起的好象是的革命,这个革命是由精神分析学說和它对有意識的理性的空虛和偏見的暴露以及对违反理性的、非道德的无意識思想的強調而形成的。在十九世紀末,学校里面講授的抽象的心理学,除了教学以外显然毫无用处。这种抽象的心理学本質上是亚里斯多德学派的,而且有意地保持着这种状况,因为一切关于感情、道德的問題必須由有組織的宗教去解决。这时需要有一种新的"科学的"心理学,在1890年以后終于由西格門得·弗洛伊德(Sigmund Freud, 1856—1939 年)提出来了。但是,由于弗洛伊德的心理学的許多发展和它的最大影响都是属于二十世紀的事,所以留待下一章(642 頁起)叙述比較好些。

实証主义和反动

从奥地利学派以及从在英国、美国进行的同样的运动証明,整个傾向是为資本主义或者为"西方文明"(他們的信徒們喜欢这样称呼它)寻求一种在表面上象是自由主义传統中的科学分析的形式的、哲学的、心理学的和經济学的詭辯。他們以高深的学术名詞強調宇宙的非理性和毫无意义,強調人們在解释宇宙时个人偏見的不可避免性,強調个体心灵完全受"情緒綜合体"的支配,因而具有的不負責任性,从而扰乱和瓦解了控制和改造宇宙的企图。他們坚决主张个人自外于社会的权利,給那些要为自己的无能进行詭辯的人們提供一个躲避风暴的港口。

英国的社会思想

在英国,根据比产业革命还要早的种种传統,抽象理論从来沒有象在欧洲那样起过如此重要的作用,因此,社会科学和現实政治从来不是界綫分明的。不列顛人,特别是英吉利人(因为苏格兰仍然保持着欧洲的传統),常以講求实际,无需玩弄理論或形而上学(特别是对于社会問題如此)而自豪。正如我們在叙述各門自然科学(425 頁)时已經看到的一样,这不过是一种錯覚,因为他們的实际的判断中包含着許多一旦公开发表則大多数是不能得到承認的理論。何况这种理論只是一种有限度的方便的假設,因为它可以掩盖任何程度的內在矛盾,并且許可不伤体面的論調改变。正是由于英国的資产阶級采取了这种方法,它在三百年間的大部分时期內,只要外界环境

对它有利，它就能設法为所欲为，沒有遭到其他国家資产阶級所遭到的剧烈冲击。从1850年到1880年这三十年間，英国的資产阶級眞的很少遭到工人阶級的反抗。

1848年的英国宪章运动失敗以后，首先組織起来的工程师、木工等等职业工会，除了一般地支持自由主义以外，避开了政治的目的，并且集中力量进行提高工資和改善工作条件的斗爭。有組織的工人承認了旣成的經济制度，只要求把他們的劳动产品公平地分給他們一份。在英国継續充当全世界的工厂时，这种分配的份額就足够阻止英国工人追随欧洲大陆工人的榜样，欧洲大陆的工人則已接受了馬克思主义的社会民主主义或者无政府-工团主义的影响了。但是，在十九世紀下半期已經可以看出英国的情况并非那末美妙的初步征兆。十九世紀七十年代的經济恐慌已經成为复兴工会活动的信号。私人企业和自助必然产生不断的进步和繁荣的这种观念，似乎已經被經驗所粉碎。情况成为不堪忍受的非熟練工人开始組織工会。随着有組織的船塢工人和煤气工人的出現，工会主义的一般性質已开始发生变化。象矿工工会那些較老的工会已开始改組，并且挺身而出，参加了斗爭。在激烈斗爭的罢工中不仅經济上的要求被提出，而且資本主义制度是否公平合理的問題也再一次被提出。

劳动人民和知識分子已开始研究和宣传社会主义。馬克思主义的思想在1883年以被冲淡了的和机会主义的形式，首先出現于兴德曼（H. M. Hyndman, 1842—1921年）社会民主同盟中，所爭取的主要是議会代表名額。后来有一个分裂出去的团体，而带有更明确的从事于宣传的和馬克思主义的性質的，是威廉·莫里士（William Morris, 1834—1896年）組織的社会主义者联盟，他把对人类的互相提携和創造美的能力的热烈信念带到运动中来。[8.66a] 据他表示：

> 貧富悬殊是不能持久的，不論穷人和富人都不应当对它加以容忍。現在由我看来，我旣然感覚到这一点，就必須为摧毁这个制度而行动起来，这制度我認为只是压迫和障碍；我看只有由对它不滿的多数人联合起来才能推翻它；中上层阶級少数分子的个别行动，我看是十分无力反对它的；換言之，这个制度所孕育出的各阶級的仇恨就是推翻这个制度的天然的和必要的工具。[6.160c]

1893年組成了一个更明确的工人阶級的組織，即独立工党（Independent Labor Party），主席是凱尔·哈地（Keir Hardie）。这个党的目的是根据"爭取一切生产、分配和交換資料（手段）的集体所有制"的綱領（这个綱領比現今英国工党所自命为社会主义的政綱进步得多），把工人阶級的候选人选到議会里去。但是，它的政策本質上还是反对任何要革命的建議的改良主义政策。

社会調查

对于大多数自由主义的和向前看的人們說来，改造社会却还不及革除損害社会的最大缺陷更为需要。这些缺陷究竟是些什么，則只要发展出一个新的調查方法，即社会調查，就能确切地决定。曾經在整个十九世紀对英国的政治和經济生活的許多方面作过彻底調查的各个英国皇家委員会是这种社会調查的前身。結果虽然是干出来异常少的成績或者什么成績也沒有干出来、那些調查报告却是社会情报的宝庫，被馬克思和恩格斯充分利用过。[6.160a]

新的社会調查則是一种由私人用科学方法进行的类似的調查，但是一般具有在政治上和經济上眼光比較远大的目的。这种調查在当时仍是首屈一指的資本主义国家英国首先最充分地发展起来。步着早期社会主义者的后尘，首先是布士（Booth，1840—1916年），然后是西博姆·朗特里(Seebohm Rowntree)和韦柏(Webbs)夫妇以有系統的和統計的方法对貧民和工人阶級的实际情况和生活样式开始进行了研究。他們的动机主要是慈善主义的，但是，几乎从一开始它就发展了一种微妙的政治气味。

費边社（The Fabian Society）

1884年雪尼·韦柏（Sidney Webb, 1859—1947年）把一些文职官員、慈善主义者、政論家和其他有名好心腸的人物，包括威尔斯、萧伯納(G. B. Shaw)，聚集在一起，創立了費边社。他們的主要目的是通过"測驗和宣传"来改良行政和經济制度，而他們这个社的名称就表明要"通过漸进的必然性"来达到他們的目的。他們的主要的关切之一就是：社会的改造应当用說服而不要用革命来进行，以便自由党和甚至保守党的政府也会采納社会主义的方案。費边社在暴露貧民窟和血汗制工业的可怕的状况和在改良地方政府机构方面却都做了很多工作，同时在費边社的"英国工会史"(History of the British Trade Unions)里面，韦柏对主要是自发的工人阶級組織給予了理智上和道义上的支持。費边社的短篇論文[6.137b]中有些是那位值得去干更好的事业的萧伯納[6.179]所写。这些論文把这种被冲淡的社会主义思想传播得比費边社本身广泛得多。萧伯納的戏剧和威尔斯[6.178b]的小說后来影响着千百万讀者，并且在二十世紀早期創造了一种气氛，使費边主义在知識界中成为几乎是理所当然的。

費边主义的社会学：倫敦經济学院

逃避基础理論、注重事实、尤其注重大量的事实，是費边主义社会学的特征。正如

哈門德(Hammonds)关于十八世紀和十九世紀早期城乡劳动者的輝煌研究[5.37-8] 所得的結論一样,費边社会学只是从完全被遺忘的往事作出結論。但是,对当前的問題却是一点一滴慢慢地研究。[他們認为],推动改良的力量,决不是来自起义的工人阶級,而是来自充分了解革命危险的、宁愿采取比較温和的办法的开明的文官阶层和企业团体,这种比較温和的办法,意味着一种向前改良着和越来越合理、越来越漂亮的資本主义之无限継續。

費边主义者們沒有自己的經济学說 并且以此自豪,但是他們用"科学的"經济学、即限界效用学說,作为代替,并沒有看到,或許也不想看到:利用一种暗示資本主义无限期継續下去的学說并不能使資本主义有所改变。費边社最大成就之一,就是在1895年促成了倫敦經济政治学院的創立,其最初目的是要用进步的思想和高尙理想来教育青年下一代。这个学院的教員中有格拉罕·华雷士(Graham Wallas, 1858—1932年),霍布豪斯(Hobhouse, 1864—1929年),湯尼(Tawney)和拉斯基(Laski, 1893—1950年)这些有才华的人物,所以如果不能希望它产生社会革命,至少应該可以希望它对經济学和社会学重新加以解释。然而費边主义本質上胆小怕事,阻碍了它去做任何这一类的事情。它只产生了一些有干才的行政官員和未来的工党籍的大臣們。[他們的]政治学不过是重述关于民主和自由的开明观点。当最近这个学院的政治学講席竟落到一位有口才的保守主义的代言人身上时,誰也沒有感到惊奇。

費边主义实質上是适应英国帝国时代情况的、十九世紀式的自由主义。它承認在垄断和国家干涉日增月盛的时代,旧的放任政策已經不合时宜。但它不和帝国主义斗爭,而是設法使帝国主义更聪明、更有效率。它沒有看到,或者不肯正視帝国主义固有的矛盾导致战爭和經济萧条。英国对南非的战爭(Boer War, 1899—1902年)爆发后,費边社几乎分裂为两派。其中的和平主义者、自由党的党員和独立工党的党員,包括麦克唐納(J. R. MacDonald)和潘克尔斯特夫人(Mrs. Pankhurst),提出了对战爭的抗議,但是另一派,萧伯納和韦柏所支持的官方意見却占了优势。

本书对費边主义运动講了这么多,并不是因为它对社会科学作了任何貢献,而是因为它在最高的知識水平上,代表着以諒解和仁慈来医治資本主义的一种努力,或者,换一种說法,它代表着逃避把資本主义推翻的責任的一种努力。費边主义現在仍然占有重要地位,因为它是工党和进步的民主党派在英国(和某种程度上在美国)的理智根据,它同欧洲大陆改良主义的社会民主党是类似的,但并非完全一样。反馬克思主义的修正主义运动的創始人柏恩斯坦(Bernstein)虽然曾經在英国住过、并且受到費边主义者的影响,这个修正主义者运动,当它一旦与資本主义有发生冲突的危險

时，便背叛了馬克思主义。而費边主义者甚至从一开始就从这种危险躲开。

資本主义制度下各門社会科学的内在矛盾

关于十九世紀下半期各門社会科学的发展，即使象这样簡单的叙述，也必須揭示它的支离破碎和矛盾百出的性質。一方面是由于社会組織的范围和复杂性日益增大，使得追求更多的知識和認識成为必要；另一方面是对于凡是可能推翻以剝削劳动、追求利潤为基础的統治制度的一切事物都禁止传播；要調和[这种矛盾]，事实上是越来越困难了。这样的科学，其論調必然是片面的，无关联的和詭辯的。对无关重要的瑣事爭論不休，便更容易逃避一切实际的問題。在一天天烂下去的資本主义制度下，学院派的社会科学不会比产生这种社会科学、并且指导着它的步驟的社会組織有更美好的前途。

12.9 十九世紀和二十世紀初期馬克思主义的发展

从十九世紀四十年代中馬克思創造性的研究到 1917 年俄国十月革命胜利，在这个同一时期內，一种根本上是新的、非官方的社会科学一直在发展和繁荣。馬克思主义者，被迫害、沒有錢、沒有官方观点宣传所享有的任何出版、文学、科学、或教育工具，但是，他們在整个十九世紀和二十世紀初期一直坚持着一种継續发展着的社会批判，这批判不仅比学院派社会科学的批判深刻得多，而且比它广泛得多。

馬克思的关鍵观点之一，就是科学的統一性，因此，馬克思主义的发展是不把科学与人文科学，或者說，是不把自然科学与社会科学，隔絕开来而发展，虽則把这些科学隔絕开来是日益成为資产阶級文化的特点了。經济学、技术科学和各門自然科学同各門社会科学合为一个富有生命力的整体，这个整体在馬克思的"資本論"中得到充分的表述，"資本論"的中心經济学說即資本主义通过剩余价值进行剝削，前面(584 頁起)已經講过了。然而这仅仅是"資本論"所包含的丰富的經济知識的一部分。此外，馬克思不仅对当时工业生产的和金融的执行情况作了深刻的分析，而且闡明了資本主义所极容易遭到的生产过剩重复性的危机。这是在資产阶級經济学家正式承認这些危机是資本主义經济制度无可避免的必然結果五十多年之前，而且直到今天，他們还是既不能解释，也不能防止这种危机(628 頁)。

辯証唯物主义

但是，"資本論"还不仅是对一种社会制度的透彻而有判决性的解释。在"資本

論”的一般結构上，而且几乎在每一頁上面，都有着运用一种新的方法的例子，这个方法对各門历史科学和社会科学发展的重要性就和十七世紀自然科学的实驗方法一样。这两种方法在物質世界以及人类認識和控制物質世界的經驗上有着一个共同的基础；然而馬克思的方法，即辯証唯物主义，是对于人类活动的整个領域、对于人的世界不亚于对自然世界都能应用的一种更为广泛的概括。馬克思和他的战友們以这个方法武装了自己，解决了許多用旧哲学就无法解决的問題，以及旧哲学对于其存在一直是盲然无所知的許多新問題。

在象本书这样一个史学作品的范围中，不可能提出一个关于辯証唯物主义的充分的解释給不熟习它的人[1.2.365]；下面所講的至多只是辯証唯物主义的主要特征的一个綱目。辯証唯物主义的实質是把一切新形式和新过程的出現当作事物內在矛盾的結果来認識，而不是仅仅当作外力的一种效果(机械論)或者当作一种預定的目的的影响(目的論)来認識。馬克思已經在社会的領域，即从封建主义过渡到資本主义，以及更为重要的从資本主义过渡到社会主义的轉变(馬克思对这个轉变起了不可估量的影响)中找到他的辯証唯物主义的典型。在这些場合，內部矛盾和新形式的出現要比在无生界或有机体进化中的变化容易观察得多，因为后者的变化其进度几乎是无限緩慢的。

馬克思采用了从質变到量变的范畴轉化这个抽象的黑格尔公式来解释一个复杂的物質体系(即物質世界)里面的实际变化。他指出一个在質上不同于旧制度的新社会制度是怎样由于旧制度里面量变的积累自然地产生的：例如貿易的兴起或机器的兴起以及伴随着它們的社会冲突。而且質变一定是突然的和决定性的，因为不中断的发展从来不能导致任何眞正的新事物。辯証法对于变化的解释是指明变化怎样由較早的制度內部发生的冲突的压力而产生和終于摧毁了較早的制度以解放出新制度。这种解释既无需求助于从外界起作用的如气候或病害这类决定性的物質因素，也无需依靠把一切变化归結为天意或偶然这种隐蔽的无知。关于这种解释如何通过生产力和生产关系的相互作用而适用于一切社会的发展，前面(585 頁)已經講过了，但是这里还需要作一些进一步的說明。

根据馬克思对社会发展的描述，社会里面一个新阶級的出現是与經济制度的每一变化以及劳动和社会产品的分配份額极为悬殊的情况相关联的。每一个新的統治阶級在剝削其他阶級的过程中占有了产品的最大份額。这样做时，他們就逐漸把实际的生产过程越来越多地交給其他阶級。操纵当时最先进的生产方法的阶級，通过斗爭代替了原来的旧統治阶級。这样就会改变社会的生产关系以适应新的生产方法，同

时在社会意識形态上也会发生相应的变化。統治古典的奴隶国家的富豪政治就是这样让位于比較适合經营自給經济、而大部分是蛮族的封建貴族(149頁)。同样,封建領主又让位于曾經为了爭取商品經济中进行貿易和制造的权利而斗爭并且赢得这个权利的資产阶級(233頁)。而現在資产阶級則正在被工人們取而代之,工人們社会协作的劳动是属于科学生产和科学計划的新时代的(406頁)。馬克思就是在这个意义上宣称一切历史都是阶級斗爭的历史。

因此,历史的辯証法并不是馬克思強加于社会发展的一种形式上的范型,而是从社会变化的实际分析产生的,而且只有这样它才成为更广泛的概括的基础。馬克思之所以成为最伟大的科学家之一,就是由于他理解到,一个研究社会的学者的主要任务在于发現社会发展的內在規律,而且他在发現了这些規律以后,还得継續在实践上和理論上証明这些規律的效用。

恩格斯:社会主义、社会和自然界

恩格斯闡述了馬克思的学說,并且把它的涵义引伸到政治經济学的范围以外。在"反杜林論"(Anti-Dühring)[6.136]中,恩格斯描繪了科学的社会主义范型的輪廓,它不是根据愿望而来的对理想的社会的想象,而是工人阶級在摧毁資产阶級的資本主义国家和建立他們自己的社会主义国家中的一种自然的辯証的发展。在"家族、私有财产和国家的起源"(Origin of the Family, Private Property, and the State)一书中[6.137],他把同样的方法运用到早期的人类历史。它看出摩尔根和泰勒对原始社会的研究的重要性(591頁),并且从私有财产和阶級分化的經济因素中認識到,把一个依照不成文的传統生活着的平等人的社会变为有貧富之分、有法律、警察、宗教和战爭的文明国家的那些力量。最后,在二十世紀二十年代才出版的他的"自然辯証法"(Dialectics of Nature)[2.16]一书中,恩格斯远溯人类出現前自然界的起源和变化而加以解释,指出同样的辯証法的原理怎样在这些变化中也起着支配作用。到現在我們才开始認識到馬克思和恩格斯創造了一种威力有多么大的方法,以及为了能够把自然界和人类世界当作一个发展过程来認識,这个方法是多么迫切需要!

改造世界

如果馬克思和恩格斯仅仅滿足于把他們关于經济学、历史学和哲学的論文当作学院式的課題来发表,尽管他們的結論过激,他們也可能早已在学术界取得了地位;但是就他們的社会研究的根本性質而言,他們不能接受这些限制。馬克思不只是一

个哲学体系的創立者，他不愿意仅仅思考科学上的眞理，而是要利用这些眞理去改造社会。他認識到他所发現的社会发展規律使得有效的和受意識指导的社会活动第一次成为可能。自然科学家通过掌握自然規律的知識和利用自然的力量，在改造自然方面已經做到的事，現在在社会的范围內也能做到了。社会的变化的确总是通过人类自覚的意志的行动而发生的。根据对全局的認識而采取的行动和仅仅凭为数有限和无知識的人的选择所决定的行动，其間有着极大的差别，因为后一种行动所得到的結果，很少是符合于其人的原来意图的。[6.136a] 眞的，主要的社会变化是并不由于任何人有意識的愿望而产生的；这是如此之甚，以致人們不得不求助于命运、天意或者自然規律来解释这些变化。

因此，当学院派社会学家和經济学家討論和解释他們認为唯一正确的、自然的、自由的經济制度，即資本主义制度的作用时，馬克思主义者已經在采取行动，团結大都还沒有覚醒和沒有組織的工人阶級，喚醒他們認識到在社会的变革上，在代替資本主义經济的、新的計划經济的組織上他們所应发揮的作用。第一国际和最初的社会民主党的成立，不仅是馬克思和恩格斯終身事业不可分的部分，这也是他們对社会学說的发展的不可分的部分。早期的馬克思主义者在創造社会历史的同时，也創立了社会科学。

馬克思和恩格斯以及他們的日益扩大的战友队伍，对全世界每一角落的政治和社会的变化不断地保持接触和敏感。从美洲到印度，从日本到爱尔兰的每一重大事件都要受到他們的追究和評判[6.159a]。他們从社会主义的和进步的运动的成功，但也从其失敗中吸取了教訓。其中最著名的1871年的巴黎公社是由唯心主义的和自由主义的爱国志士們发动的，馬克思主义的共产党員們并沒有在其中起主导作用。但是，从公社运动爆发之初，馬克思就看到工人阶級給予公社的坚強支持和法国資本主义代理人对公社殘无人道的鎮压，已經把一个要求民主权利而沒有成功的运动轉化为工人阶級夺取政权的范例。馬克思要求全世界工人阶級更彻底地掌握革命理論，这样来鼓足勇气，并且避免巴黎公社社員的缺点和混乱。[6.158]

社会主义陣营的困难和分裂

1883年馬克思逝世之后，社会主义运动的力量虽然在日益增长，但是它对重大事件的理解却有所丧失，同时，理論上也沒有显著的进展。这主要是由于一个資本主义新阶段，即帝国主义阶段的出現，对于这个阶段馬克思仅仅开始研究，只是二十年以后列宁才作了足够的分析(661頁)。在这一段时間，馬克思主义的社会主义者不

仅必須跟資本家們和跟他們所控制的政府作斗爭，还必須应付社会主义运动內部的困难。馬克思主义学說在活跃的欧洲工人阶級运动中的重大胜利带来新的困难。馬克思給予工人阶級及其同盟者的是对推翻資本主义制度的可能性所抱的有理智的信心。他在拟定一种代替資本主义制度的社会主义制度上，也已經做了一些工作。[6.159] 但是要执行馬克思主义的綱領，在認識、毅力、克制以及紀律方面所需要的鍛炼却同时是多于許多对社会主义的一般目的表示同意的人所具有的。他們要求由捷径或坦途走到社会主义，这就引起了一些分裂和敌对的运动。早期馬克思主义者的大部时間和精力都被这种显然沒有止境但是重要的爭論所占去，这种爭論則扩大和加深了对社会的認識。

首先，有一些眼光短浅和好心腸的人，怀着对社会改良的眞誠感情，追随着社会主义的大車走，但是他們完全缺乏組織和指导一种有效的社会主义运动所必需的知識或政治观点。特别是他們想躲开阶級斗爭的全部概念，并且幻想，达到社会主义所需要的不过是把什么叫作社会主义画成一幅足够引起人們注意的图画。这些人当中，在英国有基督教社会主义者和英王亨利·乔治的信徒們；在德国有象杜林先生那样的"眞正"的社会主义者，杜林已經被恩格斯彻底批判过了，他可以代表这一夥人。[6.136]

安那其[无政府主义]

比較严重的是，那些在反对資本主义的共同斗爭中有些曾經一度和馬克思主义的社会主义者一道工作的人背叛了馬克思主义，他們从这个队伍分裂出去，走上了不同的道路。其中第一个就是无政府主义者的背叛，这是急躁而暴烈的俄国亡命(émigré)貴族巴枯宁(Bakunin, 1824—1901 年)的背叛所造成，第一屆工人国际在 1876 年就是因此遭到破坏。无政府主义特别求助于人們寬大为怀的感情，因为它認为不論在被人憎恨的各国政府崩潰之前或之后，都不需要冗繁的社会理論；同时，也因为它持有猛烈的反教士主义、对法律手法的輕蔑以及浪漫主义的革命狂热。无政府主义在亡命者中間找到它的領袖，并且得到南欧和美洲的落后国家工人的支持，資本主义对这些国家的压迫特别殘暴，那里只有极少的能够提供一个有紀律的工人核心的大規模工业，而且那里沒有合法的和和平的手段可以采取。无政府主义虽然作了一切努力和牺牲，并沒有也不能緩和这些情况。它最多只能保持阶級战斗的精神；而最坏的是它为分歧和內部爭吵立下了基地，从而削弱了整个社会主义运动。

改良主义的社会民主主义[运动]

在資本主义比較发达的国家，特别是在德国、斯堪的那維亚[北欧]国家和英国，曾經硬說阶級斗爭并不存在，試图不去加強反而逃避阶級斗爭的严酷性。依賴帝国主义的掠夺带来的額外利潤，人們很容易相信，社会主义(甚至馬克思的社会主义)可以通过一种漸进的过程达到目的。只須通过正常的民主程序的活动，就可以逐漸不知不覚地改变資本主义，而不必采取比較激烈的手段。这种观点完全低估了資本家們的实力和頑強性以及他們的情愿使用法律以外的鎮压方法。1918 年和 1933 年在德国发生的事件就是他們情愿这样做的悲剧性的証明。在社会主义运动已取得极大胜利的德国，早在十九世紀七十年代，強大的馬克思主义的社会民主运动就已經組織起来了。当时的德国极其明显地露出了修正馬克思主义的傾向，即企图从科学上証明馬克思主义已經完成了它的历史任务和現在已經过时了。馬克思本人在 1875 年問世的"哥达綱領批判"(Critique of the Gotha Programme)中曾經指出并譴責了这种傾向。1879 年他和恩格斯一起发出的通告信中所表述的他对改良主义的分析，現在仍然是适用的。他說：

> 这是些小資产阶級的代表者，他們滿怀恐惧地声明說，无产阶級受自己在社会中的革命地位的推动，可能"走得太远"。不是采取坚决的政治上的反对立場，而是进行普遍的和解；不是跟政府和資产阶級作斗爭，而是企图說服他們轉到自己这方面来；不是猛烈反抗从上面来的迫害，而是温順馴服，并承認懲罰是罪有应得的。一切历史上必然的冲突都被解释为誤会，而一切爭論都以說什么我們其实彼此沒有任何分歧作結。[6.159] [馬克思恩格斯文选两卷集，第二卷，483 頁。]

对他們的命运所提出的警告是——"这些人正是在忙碌苦干的掩飾下不但自己什么都不干，而且还設法使得除了空談以外不再发生什么事情的；……这些人正是从来看不到反动派，而十分惊奇他們怎么会陷于旣无法抵抗又无法逃走的絕境的"。——但在希特勒时代以前，这个警告是沒有受到注意的。馬克思和恩格斯十分清楚地表明了他們的立場：

> 至于我們，那末根据我們的全部过去，摆在我們面前的只有一条路。在差不多四十年間，我們一直是最重視阶級斗爭，認为它是历史的直接动力，特别是最重視資产阶級和无产阶級間的阶級斗爭，認为它是現代社会变革的強有力槓杆；所以我們决不能去和力求把这个阶級斗爭从运动中勾銷的人們一起行走。在創立国际时，我們明确地規定了一个战斗口号：工人阶級的解放应該是工人阶級自

己的事情。所以,我們不能去和公然說什么工人太缺少教育程度来解放自己,因而应当由慈善主义的大小資产者一手从上面解放出来的人們一起行走。[馬克思恩格斯文选两卷集,第二卷,485—6頁。]

虽然馬克思和恩格斯成功地維护了一个有信心有决心的社会主义者核心,但改良主义的傾向还是不断地得到那些在社会主义运动中找到謀取个人权势地位的捷径的人們的投靠。眞的,在俾士麦(Bismarck)对拉薩尔(Lassalle, 1825—64 年)所做的事指出了道路以后,資本主义的政府都学会了向一种徒托空言而絕不会做出严重妨碍他們利益的事情的"社会主义"表示宠爱。只要一个社会主义的領袖走得太远,他就被收买到資产阶級党派的队伍中去,例如法国的米勒朗(Millerand)和意大利的墨索里尼(Mussolini)就是。并且总是由同样傾向于和解的其他領袖代替他的地位。

英国工党运动

在英国也发生了追求身份地位的类似傾向;但是欧洲大陆各国社会民主党虽然名义上都是馬克思主义者(即使他們实际上是修正主义者),形成英国工党运动的大多数組織开始活动时却都是公开的修正主义的組織。虽然他們都是从馬克思那里吸取了社会主义的基本概念,馬克思主义作为一种理論則被一切組織所排斥,除了小小的社会民主联盟(Social Democratic Federation)而外。这是和英国人对一切理論的抵抗传統相符的。而英国人就是在这种传統的抵抗中找到一种輕易的逃避阶級斗爭的根本批判的办法。这种傾向也导源于这一历史事实,即馬克思对資本主义制度的第一次攻击,恰恰发生在工人阶級第一次的抗爭之后(而且一部分也正是由于这次的抗爭),这次的抗爭是在英国宪章主义运动的飢餓的四十年代中显得特别猛烈和明显。1850 年以后作世界工厂的英国在商业上的胜利使得工人阶級的經济地位略略輕松。这种情况于 1880 年告終,但是不到十年,由于帝国主义的兴起,这种地位大致又恢复了。同时經济困难的期間极其短暫,社会主义的影响还来不及为人們所察覚。英国的工人阶級仍然傾向于采取一种为任何其他国家的工人阶級所办不到的方式去同資产阶級互相提携。我們已經看到(602 頁起)英国社会主义运动的理論家們的任务如何不是由馬克思主义者而是由費边主义者来担当。1912 年和 1926 年的大罢工所提出的警告是:[工人阶級]和資本主义的基本冲突完全沒有丧失它的力量。但是直到二十世紀的中期,經过两次瘫痪性的战爭,英国在世界上的优越地位已經丧失以后,才迫使英国工人阶級認識改良主义的社会主义的危险性。

改良主义的一个特点就是放弃創立一个与学院派社会科学不同的社会主义理論

的一切企图。他們憤怒地駁斥这个看法:科学家的教养、社会环境或者切身利益对科学可能发生影响。他們設想,自动的、肉眼看不到的生物進化的学說已經使革命成为不科学的和不必要的了,同时,他們对限界經济学的承認似乎把剝削关系的存在也抹煞了,而馬克思正是依据这种关系的存在来提供推翻資本主义的动机。

改良主义的傾向,虽然有助于延緩先进資本主义国家的社会主义胜利,它本身却是各垄断資本強国为了克服寻求市場的困难而向帝国主义推进的后果。在这个向帝国主义推进的过程中,对生产主要物品(capital goods)和軍火的技术工人的压迫微有減輕。但是,如前所述,在英国这个主要的帝国主义国家,費边主义的思想家們却在帝国的道路上寻找經济困难和社会困难的解决。[6.170b] 因此,难怪馬克思主义思想和行动的发展的更下的步驟不是来自任何一个帝国主义的主要中心,而是来自資本主义的矛盾是以更加粗糙的形式表現着的一个国家。

俄国十月革命的來由

十九世紀末期的俄国,在政治上和經济上同时既是一个帝国主义国家又是一个殖民地国家。由于古老的文化和传統,俄国是欧洲政治上最落后的国家,而沙皇的专制政治則忙于在中亚細亚和东亚执行扩张政策,这个政策的帝国主义性質絲毫不下于英国在印度和一切欧洲強国在非洲所执行的政策。但是俄国的这种帝国主义缺少其最重要的經济基础;当时俄国在工业上是落后的,而且时間虽然已經証明它有开发本国資源的本領,但是在沙皇政府的統制下,这是不可能的。相反,俄罗斯倒成了外国公司为了它們自己的利益而掠夺其資源,并且以苛刻的条件增加对这个政府的貸款这么一个理想的投資場所。这就难怪,在它所造成的貧困、賄賂和沮丧的气氛中,差不多每一个有理智和有心的人都反抗这种只能靠一种殘暴而愚蠢的警察鎮压才能維持的社会制度。但是这种反抗大多由于缺乏足够的社会理論,已在阴謀式的恐怖主义活动中弄得精疲力竭,毫无結果。在工业的工人阶級兴起的同时,馬克思主义的思想开始传入俄国,这时情况有了变化。在接受馬克思主义思想的人們当中,普列汉諾夫(1856—1918 年)是理解力很強的。

列　宁

普列汉諾夫的最重要的学生,在理智和才干方面都远远超过了他的,是弗拉基米尔·伊里奇·烏里揚諾夫,他是以他的假名列宁著称于后世的。他在学生时代就是馬克思主义者,并且已經是一个革命者了。就是他在吸收了馬克思主义的基础理論

以后，懂得如何把它不仅应用于俄国的情况，而且应用到十九世紀末和二十世紀初已經与馬克思本人进行研究时极为不同的世界政治、經济和知識界形势。假令列宁沒有成为世界上最伟大的政治領袖，由于他对經济学和哲学的貢献，他在学識方面的卓越地位也是会被承認的。他是第一个从当时猖獗活动着的帝國主义（这种帝国主义却是連費边主义的进步領袖們也加以支持的）（603 頁）中，看出不能为它的主要商品生产找到足够有利的国內市場的这种資本主义的衰頹象征。他对于随着帝国主义时代而产生的知識上和文化上的一切变化也非常敏感。在他的"唯物論与經驗批判論"(Materialism and Empirio-Criticism)[6.151]一书中，他分析了俄国社会主义运动中馬赫及其追随者的实証主义的傾向，并且指出，尽管他們自命为持有先进的和客观的科学观察法，他們走的道路却只能回到貝克萊和柏拉图的純粹唯心主义，从而引向对反动立場的支持。

新型的政党

但是，对于列宁，中心問題是政治問題。革命（这是所有俄国进步人士一致認为必要的）应該怎样进行以及革命以后怎样办呢？列宁从普列汉諾夫那里懂得了即使在落后的俄国，产业工人作为一种革命力量具有何等的重要性。他从这里得出实际的結論，認为必需有这样一个政党；这个政党对它的任务要具有馬克思主义的認識，并且要致力于說服人民爭取社会主义的完全胜利。这个党最初叫做社会民主多数（布尔什維克）党，后来成为共产党。这个党在 1905 年的革命中受到最初的考驗。这次革命首先是資产阶級的革命，虽則为了推翻沙皇政府，資产阶級曾与工人們合作。由于資产阶級宁愿和沙皇妥协而不愿把革命向前推进一步，这次革命遭到失敗[6.152]。列宁在这次失敗以后显示了他的眞正的伟大，这失敗絲毫沒有損伤他对最后胜利的信心，而是給了他許多有价值的教訓，特别是关于必需結成一个工人与农民之間的联盟以孤立資产阶級这一教訓。当列宁能够把第二次革命（它在初期也是資产阶級革命，为沙皇的軍事失敗所引起的）轉化为工人們把政权有效地和持久地夺到手之时，革命的轉捩点到来了。

不管內外敌人如何費尽心力来阻撓，列宁却能够組成史无前例的、由人民管理、而受工人和农民領导的新型的国家。作为这个新社会的理論家和締造者，列宁在人类历史上居于最崇高的地位。由于列宁善于利用实践的检驗，他能检查和糾正他的較早的观念。甚至在苏維埃国家早期的斗爭的軍书旁午中，列宁仍継續从事他对政治的分析和研究。在大动乱的严重关头出版的"国家与革命"(State and Revolution)[6.153]—

书中，列宁分析了資产阶級国家与社会主义新型国家的区别，前者是金融資本的行政机构，至多只能通过苦心推敲的形式和議会民主的騙局来謊騙人民对这种机构給予至多只是消极的認可；而后者必須从千百万机关、工厂、街道和农庄的全体人民的积极参加取得力量。这种新的民主形式首先将粉碎資产阶級政府的全部国家和經济机器，这机器是必然与資本利益联系着的。但是一个新国家必須以大为广泛的政权力量来代替旧国家的地位，而以計划性的方式来指导生产和分配的經济机能。此外，只要它还必須在敌对的資本主义世界中为自己的生存而战斗，它就也不得不建立和保持在軍事和外交上的政府职能[6.153]。

俄国革命在对世界社会主义运动的关系上所占的地位，列宁看得很清楚。他看到在战敗后条件对革命极为有利的德国，大部分社会民主党的領袖对資本主义的依附却必然会把这个国家出卖給反动势力[6.154]。他認識到，在帝国主义的武装干涉无法破坏他的新兴的共和国以后，接着会有一个很长的共存时期，在这个时期，将有必要在严格的做买卖的基础上和資本家打交道，同时指靠資本主义国家人民的友誼，去防止新的进攻。

列宁知道这将不是一項輕易的任务。資本主义世界被控制的报刊，对新政权瘋狂污衊的炮火从来沒有停止过，而国外有些革命的朋友們的活动也助长了这种影响，他們的活动有时只是出于愚蠢的热情，有时是蓄意的挑衅和破坏。在他的"共产主义运动中左傾幼稚病"(Left-Wing Communism, an Infantile Disorder)一书中，列宁分析了并且駁斥了这种傾向，并且指出了絕对必須掌握一种正确的社会科学理論，以便避免一方面过于謹愼和另一方面又过于草率的偏向，这两种偏向如果是眞心眞意的，便是出自一些对社会力量的缺乏認識地出自这些社会力量所产生的各种运动。他的警告都为在他以后的三十年間苏联国內外政治事件所充分証实。列宁的著作仍然是現在和将来新社会科学的主要源泉。

談論列宁的事业，我們已經不可避免地超越了本章所規定的范围，本章是以1917年十月革命胜利为終点的。但是这沒有多大关系，因为这一章与下一章之間的划分主要是为了方便和为了使这两章与本书其他各章的体例相当。由于同一原因，不宜于在这里用任何概括性的評价来結束，但这种評价将見于下一章之末。

第十三章　第一次世界大战以后的社会科学

13.0 导　　言

1914 年爆发的第一次世界大战粉碎了資本主义持久地、和平地演进的希望。这个战爭表明了有列強竞爭的存在——这是帝国主义所造成的竞爭得如此剧烈，以致非以武力解决不可（398 頁起）。大战的爆发标誌着一个时期的結束，1917 年俄国的十月革命則标誌了一个新时代的开始。社会主义原来是一种学說和抵抗經济不平等的集合点，現在已經在进行实际試驗了。世界強国之一的俄国已經成为根据馬克思主义的原則建立起来的一个社会主义国家了。从此以后，馬克思主义便从一种非官方的、和非法的哲学一跃而为为一亿五千万人民的思想的創造性的基础，到我們今天这个时代更成为占全世界人口三分之一以上的九亿人民的思想的創造性的基础了。

从 1917 年以后，根据資本主义的和社会主义的两种不同的思想体系，同时存在着两种社会制度，即資本主义的社会制度和社会主义的社会制度。在資本主义的世界，社会科学不得不进行調整，以适应日益增长的不稳定和猛烈冲击的形势。在同一时期內，在社会主义世界，首先是为了生存而进行的斗爭，然后是为新的社会生活建立物質基础的这些巨大的任务，对社会科学不断地提出一系列新的問題。

在这一章里面我們首先将論述(13.0) 对二十世紀社会思想的发展发生过影响的政治和經济的重大事件。这一节将包括本书第六篇的导言已經涉及的同一时代背景，但是将从另一不同的观点加以叙述。接着在本章第一节(13.1)对这一时期世界資本主义部分和社会主义部分社会思想的性質进行一般的論述。然后在第二节至第五节(13.2—13.5)詳細分析資本主义的社会科学的状况。第二节涉及經济学方面；第三节講社会科学在統計学、社会調查以及市場生产力研究方面的应用；第四节講教育；第五节講心理学、哲学和神学中比較更属于純粹意識形态的方面。这以后，在第六节就轉到对各个社会主义国家的发展情况作相应的、簡单考察，开始叙述先考虑产生这些发展情况的条件。这里面包括苏联以及中国和东欧这些比較晚近社会主义地区的历史学、經济学和教育学的情况。最后在第七节里講到一些关于各門社会科学未来可能的发展。

二十世紀的社会改造

在 1914 年以后这样短的时間，人类經历了如此深刻的变化，是历史上前所未有

的时代。經济的动盪、剧烈的內部政治斗爭、战爭和新的战爭准备无間断地一个接着一个，而且都在一个人生的短暫时間內发生。男人和妇女們的思想和态度必然要受到这个不断变化着的形势的影响，即使对某些人說来，这是意味着故意避开整个政治和社会的斗爭場面。

在資本主义世界漫无节制和分崩离析的整个时期中除了追求利潤或者苟延殘喘以外毫无中心目标和希望。因此，在資本主义世界范围內，必然是众議紛紜，一片混乱，这是毫不奇怪的。在社会科学方面，形形色色的理論就是知識領域內这种混乱情况的表現。在心理学、經济学、哲学方面有过一伙互相对抗的和看来是短命的学派，都是毫无希望心，毫无宗旨，甚至学术上也是无以服人的。只有那些愿意对他們亲身經历的整个社会制度进行考察和批判而且能够継承反抗这个制度的传統的人們，才能够在他們的認識上找到希望的根据。

在社会主义世界，开始是关于生存的，后来是关于建設和文化創造的种种迫切問題需要一种能够鼓舞全体人民的有目的、有信心的坚強团結以实現几乎是超人的任务。要达到和維护这种团結并不是容易的事。在战爭和战爭威胁的环境下生活了几十年的苏联各族人民不得不根据馬克思和恩格斯的遺产，利用他們錯誤和成功的經驗来創立他們自己的社会学說。

前面 397 頁起我們已講过关于二十世紀經济、政治变化的性質和根源。这里只要回顧一下大多数讀者非常熟悉的一系列的重大事件，講一些这些事件对于决定社会思想的影响就行了。

二十世紀中資本主义国家的变化的一般类型是由第一次和第二次世界大战以及这两次战爭之間发生的巨大經济衰頹所决定的。我們可以指明每个十年中的必有社会进步和解放的年份；1912 年发生了几次大罢工和社会主义重生，1920 年为战后重新建設的年代，1936 年为人民战綫的胜利的一年，1946 年为自由解放和"世界一家"大合作的新紀元，1953 年冷战开始"解冻"。这些年代之間所有的則都是反动和災难，原因在于除了用战事或者广大災禍以外，資本主义制度无法解决它自己經济上的固有困难。

在每一次大災难以后（这种災难显露了旧的社会組織的腐朽和空虛），就出現一次极有希望的人民奋起，把进步思想的新的冲击力带来。这些运动，主要是由于沒有攻破資本主义制度多方面的深度的防御，在混乱和失敗中消逝了，从而让位于反动和鎮压的活动。但是，由于任何程度的反动都不能挽救自行播下毁灭种子的制度，这种局面反过来又造成新的災难。这样一种簡略的、輪廓的叙述，必然是过于簡单化，但

是为了了解这个时期的社会思想发展，还是需要的。

如果从这些轉变中看到任何无止境的历史重演的循环趋势，那就大錯而特錯了。每一阶段的局势各有其本身的特点，它們一个接着一个标志着一种不可抗拒的趋势的不变性，标志着資本主义势力的不断萎縮和无法寻求任何巩固的基础。

巨大的經济萧条所造成的后果，同两次世界大战所造成的，性質上必然不相同。进步的运动，并沒有进行公开的斗爭(除了西班牙以外)，就被分化和鎮压了。納粹运动本身是大工业家利用了羣众对这个失业和不幸的局面的憤激情緒，但失业和不幸本是大工业家自己一手所造成。不錯，在第二次世界大战以前的年代里，就是用非法手段为反动服务去把羣众的力量压制下去的。

第二次世界大战反过来証明了二十世紀三十年代人民情緒的高涨并沒有被摧毁，而只是受到箝制，在解放的时代这种高涨随着日益增长的决心和力量，爆发出来了。世界各国，不論是否被納粹及其同盟者占領的地区，不論男人和女人第一次感到他們自己参加了一項具有共同目的的事业。在战爭期間以及在战后一段很短的时間里，似乎有点希望来建立这样一个和平与合作的世界，其中所有資本主义国家和共产主义国家，甚至象法国和意大利这种混合政府的国家彼此都能合作。美洲和欧洲的特权阶級很快就破坏了这个希望。他們利用他們国家的每一种利害关系和每一个偏見，利用社会主义陣营的每一个錯誤，极力使猜忌和仇恨代替了友誼。他們挑起冷战，在希腊、馬来亚，越南和朝鮮造成冷战的悲慘后果。但是除了原子战爭(它們并非都有了应付这种战爭的准备)以外，想以任何实力的威胁来摧毁社会主义，已經証明是不可能的了。同时，各資本主义国家中冷战的負担、原先的殖民地国家人民[民族独立运动]的高涨，以及对和平与裁軍的普遍要求，已經即使是部分地粉碎了，把世界分为两个部分的分裂运动。威胁已經让位于談判，而且現在我們可以希望已經进入了两个制度和平竞賽的时期，也可能轉入一个互助合作的时期，因为双方都是在它本国人民羣众运动的影响之下向前发展的，彼此之間可以取得更好的了解。

資本主义世界历史事件对社会科学的影响

經济、政治和軍事范围的斗爭不能不影响社会科学，不論社会科学是多么学院式。但是，由于資本主义国家里斗爭本身的阶級性以及知識分子的社会立場和教养，这种影响总不免带有一种強烈的右傾偏見。自从馬克思主义在一个国家取得了胜利，因而构成[对被压迫者]是一种榜样和[对資本主义制度]是一种“危险”以后，一切反动的势力都对它进行攻击。虽然二十世紀初期的知識分子已經根据自由主义的传統組織

起来了，他們也感到难以抵抗政治家、社会輿論和旧制度的卫士們的联合进攻。这些知識分子中有人重思想，也有人重实践，有的人甘心为被蹂躪者当卫护者，也有人宁可只作善良的公民，所效忠的对象既然不一，他們便四分五裂了。使得那些对人民不能坚持信心的知識分子感到痛苦和罪孽深重的眞正根源就在这里，而不是由于什么人类固有的罪恶。

同第一次世界大战以后的建設时期，或者同美国实行"新政"的时期一样，所有的知識分子在"自由解放"的时期，迎着人民兴奋的感情，略为向前推进了一步。但是，一旦人民的力量遇到困难，反动势力占了上风，大多数知識分子就傾向于幻灭和悲观了。他們努力避免成为同路人的牽累，有些人不断走向歪曲进步思想，甚至怀疑它的可能性的道路。許多知識分子不得不回到过去时代的使人感到舒适的原則眞理，而且由于他們无法改变現实的世界，或者阻止这个世界向着他們所不喜欢的道路改变，就宁愿退縮到他們自己的小天地去。这种知識界的反动在英国是自发的或者被小心翼翼支持着的，現在在美国則是通过告密者，法律和誹謗活动的种种計巧去促成的。

自由主义的崩潰

在这种情况之下，資本主义制度下的二十世紀官方社会思想的一般特性就是胆小怕事，其程度更胜过十九世紀最后二十五年的官方社会思想，这是不足为奇的。这种社会思想在瓦解人們的信心和行动上起了很大作用，可是却丧失了一切使人精神鼓舞的力量。但是这并不是說精神鼓舞受到了摧殘。講道和演說不断提出自由(資本主义)世界需要一种与共产党世界抗衡的精神鼓舞，共产党人，不管怎样偏差，却似乎具有某种要生活下去的信心。但是，直到現在，这种精神鼓舞，仍然沒有找到。官方批准的意見，口气基本上仍然是詭辯的和保守的。

現在我們正处在一个彷彿自相矛盾的时代。它本質上是人民发展和解放的时代，但是这个时代关于社会的各种学說却是靜止的或者倒退的。十九世紀旧的自由的世界观到二十世紀已經为它本身行之无效的經驗所摧毁，虽然，有些国家，这种旧的世界观比其他国家存續的时間长些。根据不同的国家不同的情况出現了各种其他的思想形态，从社会民主主义到法西斯主义，以代替这种旧的自由的世界观。至于第一次世界大战和俄国十月革命爆发后的某些发展情况，后面将陆續加以論述。

美国的場面

在美国这个庞大的"一切都有"的国家，在它参加了 1917—1918 年一个离开它本

国相当遙远的战争而得到一些紛扰的經驗以后，"恢复正常"已成为支配思想。对竞争和对坦率的个人主义的价值所具有的信念，順利地遮掩了巨大企业組織的无节制的发展；至少在1929—32年因发生了經济危机而求助于"新政"以前是这样。資本主义显然无法維持它所夸耀的繁荣（这不能諉之于任何外界的原因），同时需要采取紧急措施解决庞大的失业問題，这些都有利于进步思想和某种进步行动如产业工会主义和田納西流域管理——Tennesee Valley Authority，——簡称为TVA（536頁）的高涨。但是"新政"思想过于偏重短期补救方案，并不去探索經济上的基本因素。为所欲为的資本主义的优势被保持住了，且只是由于对商业不稳定的受害最严重者进行了救济，它才稍趋緩和。"新政"的贊助者，包括他們的伟大領袖罗斯福总統在內，避开对經济形势进行任何認眞的分析，这种分析可能是对資本主义基础的一种批判。他們提不出足以团結他們所領导的人民来支持和扩大他們所发动的"自由运动"的任何基本綱領。因此，一旦市場情况有所改善，他們就无法抗拒十足的資本主义思想和实践的恢复。除了在第二次世界大战中的一个短暫而局部的时間以外，美国愈来愈深地陷入反动和蒙昧主义的掌握，带有許多法西斯的特征，但是仍然用伪善加以掩盖，比希特勒策动納粹运动时掩飾得更好。

但是，拖得很久的侵朝战争和对麦卡錫主义的任意胡为的反击，随着时間的推移，已經大大地削弱了美国反动势力的陣地。同时在另一方面，和平共处所提供的做买卖的机会已經使得共处开始作为比冷战更有希望的办法而出現。至少有某些跡象表明美国可能恢复罗斯福总統在世时所扮演的脚色。

"一无所有"的国家中的反动和法西斯主义

这种反动在"一无所有"的各国发动得更早，因为在那些国家，如1921年經济萧条后的意大利，經济大萧条后的德国，人民的思想形态使得資本主义制度凭借民主手段保持不了它的权势。大資本家們梦寐以求的唯一其他办法，就是让他們的可靠的卫士們夺取政权。这个办法，在意大利是通过官方策划的暴力活动来实現，在德国則是采用宪法的形式，由大托拉斯老板們所資助的政客匪帮，利用羣众的苦难和中下层阶級的不得志情緒来实現的。仅仅从反面看，这才是一个重要的发展，因为它标誌着公开放弃过去比較繁荣的資本主义制度賴以粉飾其統治的自由形式。法西斯主义和納粹主义的意識形态不过是玩弄着每一个古老的偏見和几乎不用思考的种族仇恨和頌揚战争这二者的混合体。[6.128a] 虽然，除了西班牙以外，納粹主义和法西斯主义的实力已經被上次战争摧毁了，但是法西斯的思想仍然保持着坚強的陣地，而且传播

很广，远远超过了德国和意大利的界限。这种或那种形式的法西斯思想仍然是資本主义支持者最后乞灵的法宝，是他們希望能够抵挡(即使只能抵挡一时)社会主义的唯一办法。

社会民主党和工党

只有在半成功了的資本主义国家，特别是英国这个仍然是帝国主义的最大強国，以及較少程度上在比利时、荷兰和斯堪的那維亚（北欧）各国，才有可能利用直接或間接从殖民地掠夺来的利潤来減輕經济災难的打击力（至少对中层阶級和技术工人是这样)，从而允許自由主义向一种比費边主义者所提出的(602 頁)还要温和得多的“社会主义”发展。推动这一发展的力量是工人阶級斗爭精神的压力。这种情况在第一次世界大战爆发以前的动盪年代里已經很明显了，而且后来受到了俄国十月革命的榜样的鼓舞。在第一次世界大战以后的困难的岁月里，彻头彻尾的反动势力和社会民主党領袖們的阻撓手段联合起来，才把这种斗爭精神压下去。

在英国，工人阶級已經在各个工会里最坚強地組織起来了，为爭取一个大家公平分配的社会而进行的斗爭比其他地方支持得更长久。由于 1926 年大罢工的背叛行为，这种斗爭被箝制了，但是并沒有停止，經过工党政府四次垮台，这个运动还在坚持。但是，在英国以及更大程度上在法国，(法国在这方面更是处在“无所有”的国家的地位)最后四十年的經驗使得人們对于仅是自由主义的进步逐漸失去信心，换句話說，就是对于适合于保留謀取利潤的經济制的任何社会进步失去了信心。說眞的，对于許多中层阶級的人民似乎再也盼望不到任何比較美好的前途了。他們所能希望的最多不过是勉強过得去的条件能够多維持一些时間。改革的推动力根本上还是来自工党左翼各派。

殖民地独立的渴望和反抗

我們还要論述一下，这个时期生活在殖民地或半殖民地制度下，而占世界人口四分之三的亚洲、非洲和拉丁美洲亿万人民的社会思想的发展。这些人民在現代历史上第一次开始对世界的文化和政治作出重要的貢献。他們到处都在进行反抗，或者即将发动反抗。开始，这种反抗很容易被鎮压下去了，但是后来一个国家接着一个国家——印度、緬甸、印度尼西亚、越南、埃及、北非——爭取到某种程度的民族独立。当然，在殖民地的人民和近百年来一直受着外国帝国主义列強压迫的中国人民中間，开始总是自由主义的和民族主义的观念占优势。这种反抗运动最初只限于中层阶

級。但是,随着时代的进展,特别是第二次世界大战期間和战后,全体人民不論农民和工人都参加了反抗,同时他們对經济計划和国內社会正义的要求越来越坚定了。

在这些落后的国家,而不是在幻灭和衰頹的資本主义世界,对更美好的事物有着一种乐观希望,哪怕只是因为对大多数人民說来,情况不能比現在更坏了。还有,这些国家对苏联的榜样,特别是对亚洲独立共和国的榜样,和更晚近对中国的榜样,都有着极为敏銳的感受。因为这些国家当中有許多国家都是从相当于或者低于殖民地国家的物質水平而凭自己的努力建立起一种先进的机械的文明,同时并不丧失自己的民族文化。

另一方面,特别是从第二次世界大战以后,对殖民地的压迫由于它的范围已經縮小,以及这种压迫殖民地的权利受到越来越有信心、越来越有效的抗爭,因而变得更加瘋狂了。在越南,一个欧洲的強国打了八年毁灭自己和归于失敗的殖民地战爭,这战爭是美国曾經极力設法把它轉化为另一次世界性战爭的。在馬来亚、堪雅(Kenya)和阿尔及利亚的战斗部队,尽管用尽一切古代和現代的压迫伎倆——大量驅逐、集中营、有計划的殘杀、告密者、空投部队、直昇飞机以及細菌噴射——都不能扑灭反抗的怒火。在南非,表現得空前殘忍的种族压迫的实力,面对着經济上和精神上的抵抗也无能为力。这种抵抗第一次把被剝夺的亚洲人和非洲人紧紧地团結起来。在拉丁美洲,由美元外交制造和支持的政权是最不稳定的,同时对經济上和政治上眞正独立的要求,虽然被人用尽一切办法鎮压,也是越来越难以鎮压下去。危地馬拉的情况就是这样。

毫无疑問,全世界被压迫和被侮辱的人民的高涨正在风起云湧。經过了三十年的革命斗爭,中国終于建立了一个不受帝国主义控制的、生气勃勃的新国家。(664頁)随着殖民地独立运动的成功加大增多,我們可以期待出現一种对于社会科学的重大而嶄新的貢献。这种矯正非常需要,因为許多世紀以来,社会科学已經浸透了奴隶主种族的精神气質了。

13.1 二十世紀社会思想的一般性質

虽然,在不同的国家以及在 1917 年以后經济、政治发展的不同阶段当中有着各种各样的影响,但是一个斗爭的共同因素却貫串着整个时期。这个时期經历了一个长期的战斗,战斗者一方面是奋起反抗的下层阶級和被压迫的民族,另一方面是各大工业資本主义国家的統治阶級。在这个战斗中新兴的力量虽然受了許多挫折,却似乎占了上风。世界各地,首先是俄国,然后是中国和其他各国,人民在結束富人統治

中所取得的成就，已經一直是个无可否認的历史事实，而这个事实則給世界其他各地的人民带来无限希望和更大信心。

但是，如果我們从人民的感情轉到知識分子所表示的观点，特别是看看資本主义世界的社会科学家的观点，情况就不是这么簡单。这些人在这整个时期生活过来，尤其是在冷战压得人喘不过来气的阶段生活过来，这个阶段以很大的直接和間接的压力，要人們打着"自由世界"、"民主"或者"西方的基督教文明"等比較更有吸引力的幌子，来否認人民自由解放的全部图景，来抵抗一切引向共产主义的活动，并且集中力量捍卫資本主义。并不是要他們非相信这些事物不可，但是他們周围的每一事物——书籍、电影、广播——却把他們往这方向导引。同时，对这些人說来，如果他們能够使自己接受这些流行的观念，精神上和物質上就会安适得多。

每一个知識分子天然希望能够从事他所选择的事业，能够自由出版他的著作并且从他所做的工作，得到一定的荣誉。最后，或者說最重要的是，知識分子需要生活。一个稳妥可靠的工作崗位，签訂一些广播合同、收受可观的版税或者电影演出税，到外国去作愉快的旅行，这些都是他的美好生活的基本要素，即使不是絕对必需品。如果一个人的家庭教养和学校教育使得他天然具有的見解容易取得这些东西，那是再好沒有；但是，即使不是这样，他也很容易受到誘惑去采取这种見解。由于一切宣传事业的資金和报酬都掌握在政府或大企业手里，誰反对它們（政府和大企业），誰就必然一敗涂地，即使并不是所有的国家都采取了象美国所用的誹謗中伤和委員会审訊的方式加以积极制裁，而美国所用的这些制裁方式，則足以有效地使得所有离开了效忠于美国主义的道路的人們的事业全部毁灭。

了解到他們必須在二者之中选择其一，这确是令人苦恼的抉择，对这种选择人們多半沒有思想准备；因为明知是牺牲正直而选择安适与荣誉是难堪的事，而且将破坏一切享受。最好完全不作这种选择，并且使自己相信（这并不是很困难的事）捷径就是正确的道路。凭良知来选择，只需要利用能够发現足以使人怀疑共产主义和怀疑任何想象得到会引向共产主义的事业的每一件事情——这类事情当然好象多得很。这样，目前这个社会制度的罪恶甚至是可以容忍而且也可以接受的了，因为另一选择还要恶劣得多。就是由于这些原因，虽然二十世紀根本上是人民进步的世紀，但"自由"世界知識界的社会思想的气氛却越来越趋向于蒙昧主义和反动了。

幻想、伪善、殘暴、絕望

"自由"世界知識界社会思想的气氛是飄盪于一方面是幻想和伪善，和另一方面

是殘暴和絶望,这两个极端之間。甚至十九世紀自由經营的自由主义所做到了的极少程度的言行一致,随着二十世紀的进展已經再也办不到了。这个失敗是来自一个基本矛盾。要末必須根据形成資本主义制度的自由传統,从理性和倫理的立場来为資本主义制度无限期的継續进行辯解,要末必須利用神秘主义的或宗教的制裁,以武力来維护資本主义制度,这种神秘主义和宗教的制裁有力地否認了使得資本主义得以运行的一切价值。只要形势变得的确困难时,面对着資本主义失敗的共同經驗,以及众所週知的社会主义制度里面另一种办法的存在,就很难为資本主义辯解。在这一点上,必須求助于武力和訛詐,但是这样做就破坏了資本主义的全部"道德"基础。使用毫不掩飾的殘忍和无恥的暴力是法西斯的办法。它的最后失敗証明了巧言的欺騙对資本主义曾經起了較好的保护作用,特别是因为它可以通过牢靠地掌握在大企业或它的代表們手里的通俗报刊、电影院、广播、电視这一全套新的机器,来进行欺騙和訛詐。

幻想的天地

民主的机构在資本主义制度下曾經为維护一种几乎是世代相传的少数人的統治尽了很大力量,不論采取英国式的紳士作风,或者是采取美国或法国政治中比較露骨的腐朽和流氓的方式。正如貝格霍特(Bagehot)在他所著"英国的宪法"一书中所下的定义一样,"民主是給人民以享有最大权力的幻想而实际上只允許他們最小权力的方式"。[6.125] 在美国,工人的高額工資配合着苦心保持的工人們政治上的落后状态,加上一种腐朽的拒絶进步的代議制度,使得一种自由主义的自由經营的哲学盛行了許多年。甚至在美国这种哲学也不得不靠一种反共的和效忠美国的运动来撑腰,这个运动的目的在于对任何反对資本主义无限期統治的人都給加上叛国的罪名。

福利国家

但是在英国,首先出現于現代世界的工人阶級,政治上比較有經驗,而且在三十年代,它作为属于世界工厂而获得的利益就已經丧失了大部分。他們再也不能停留于自由主义的幻想,但是他們渴求改革的热望有一个时期却滿足于漸进的社会主义或福利国家的理想。这种理想虽然比較美妙,但是在冷战的时代被事实証明同样是一种幻想。人民羣众可以継續相信他們仍然是向着和平和社会正义的新世界的道路前进,而处在有权有势的地位的上层人物已經作好安排,一切要按原来的方式进行,而且可以強調为了保持已有的胜利,統一和謹慎是必要的。改良主义的社会民主主

义的思想意識，特别是作为一种費边主义和右翼工联主义（610 頁）的混合体的这种以英国"工党"形式出現的意識形态，在任何情况下沒有要求对資本主义制度的基础进行任何批判，而且极力反对任何可以称之为革命的剧烈的改变。相信或至少是假装相信，这种看法当然比較舒适：福利国家已經实現了，或者，即使还沒有完全实現，但一旦时机成熟它就会实現的，只要"不享有特权"的人們肯耐心等待或自我克制。

福利国家——这是个每人都包管有基本的生活必需品，人民的健康有保障，而且人人有受教育的充分机会的国家——的思想已經成为劳动人民（包括男女）多少世代以来的渴望。就是要达到这个目的，他們才在 1945 年投票支持工党組織政府。这是一个值得奋斗的目标，它曾經受到反动派坚决的攻击就是很好的証明。但是，現实已經証明与理想大不相同。就英国而論，这种照管和养活一切子女从搖籃到坟墓的慈善国家乃是一个神話。由政府基金举办的全部社会服务事业总共才占国民收入的百分之十，每人每年約計 25 英鎊，只等于政府軍备开支的四分之三。为了他們享受的福利，工人們自己每年还要另外拿出十英鎊的捐款，而其他的开支主要是由工人們以間接捐稅的方式籌集的。这种社会服务事业的質量，如过分拥挤的学校，尙不存在的健康站，对享受养老金的人吝嗇的待遇，都是在一个經济困难的慈善机关才遇見到的，而不該是在一个把社会財富平均分配給它的公民的主权人民之中所能見到的。

在生产方面，这个福利国家的"社会主义"已經被冲淡得无法辨識了。已經国有化的工业都是那些已經无利可图的企业。它們是按照这样的方式去經营：使它們按最低廉的价格把原料和加工提供給有利可图的工业部門（这些工业部門仍然牢牢地掌握在私人手里），作为对于这些工业部門的一种有效的补助。[6.155a] 国有化工业的管理，不顧过去一切关于交給工人去掌管的討論，仍然牢牢地掌握在旧的支配阶級手里。这就难怪曾經为这个福利国家欢呼过的热情，六年来已經烟消云散，以致完全听任保守党重行执政。这个保守党政府支持下来了，并且再度当选，但它并不是福利国家的而只是"充分就業"的支持者。"充分就业"是一个比較巧妙的幻想。毫无問題，它存在于战后最好的十一年。有人認为这是把凱恩斯的經济学說重新应用于消除經济萧条的成就（对于这个成就，工党和保守党在爭功），但是很可能不如說它是国外各种經济状况的总合所造成，但这些情况在目前这个"过剩"的时期似乎显示出快告終結的跡象了。随之而去的可能是另一幻想，即資本主义的稳定性。总之，"充分就业"的那些好处并不完全是它們被認为是的那么回事。根据凱恩斯的公式，价格的上涨便大大补偿了"充分就业"的代价，大部分产业工人只有靠长期延长工作时間才能勉強維持生活，把縮短工作时間的斗爭所得到的一切利益，全抛弃了。

但是一个福利国家或"充分就业"的可能性并不是幻想,而这样一种信念才是:即面临着資本家的反对,不用通过比工党已經进行过的更为有力的战斗,福利国家与"充分就业"就能出現。因为,尽管已經获得的成就当中有一些缺点,这个福利国家的理想以及人民从它領会到的政权意义毕竟代表着一种不可抗拒的政治力量。一旦人民通过自己的斗爭受到了启发,并且明白需要該有些什么作为,他們就一定能够把幻想变为現实。經济民主要求当选的政府控制一切基本工业和服务事业,和肯定地結束現在有錢阶級的特权地位。只有这样,才有可能为了人民的利益来使用国家的全部物質的和人的資源。

伪 善

有些人抱有种种出于眞心的幻想,让人民以为資本主义是能够改善的,或者已經改善得完全变了样了,这是从工党的官方出版物[8.37a;8.37b;8.37c]就或許可以推論出的,这些幻想就是要使人民与資本主义言归于好;[(6.131b)] 还有一种露骨的伪善,是故意用夸大的詞句掩飾資本主义的种种罪恶。要在这种好心的幻想与露骨的伪善之間划出界綫是很困难的。为了轉移对目前种种困窘和忧虑的注意,最有效的办法之一,就是让人民以为同另一种制度比較起来,資本主义的坏处要少些,而另一种制度将使一切事情变得更坏。为了达到这个目的而进行的反对共产主义的活动,已經把人騙了許多年,但是过去从来沒有比发动冷战的头几年更为見效。

在 1917 年和 1947 年之間,一切輿論机关用来攻击共产主义和为資本主义进行詭辯的慣用詞句完全改变了。起先反对共产主义是以保卫財产、秩序和传統的名义,号召"思想正派"的人們反对"赤色革命"、"无政府状态"和"暴力"以"保卫自己";而現在却是为了"保卫个人自由"、"保卫各种自由的制度",因而同样的报紙竟同时号召打倒"极权主义","警察国家"和"赤色帝国主义"来了。这种伪善的轉变正表示人民力量的巨大成长和旧式的反动陣地的被委弃。过去从未反对过而且經常帮助过納粹分子的人們已經非常聪明地利用了他們所受到的鄙弃和仇恨。納粹分子們的一切罪恶已經完全轉嫁給唯一坚决而有力地反对納粹分子的政府和人民了。

即使退一步說,对斯大林后期的苏維埃治理的批評是正当的,对那些叫嚷最兇来推进批評的人們方面,这些批評并非他們的敌意的眞正原因,有如纵然在他們所抱怨的缺点大部分已經除去以后,他們仍然継續狂吠不止,所表明的。这种伪善在冷战中特别在联合国公布中国为对朝鮮的"侵略者"这一点上,达到了頂点。

但是这些仅仅是今天最基本的伪善的例証,富人和特权阶級,披着这种伪善的外

衣，用不着放弃絲毫的利益就假扮（而且多半假扮得很成功）为被他們掠夺、把他們养肥了的人民的眞正的朋友和支持者。难怪在政治事件中，象“民主”、“安全”、“防御”以及“和平”这一类的字眼，已經完全丧失意义。在第一次世界大战中，这种欺騙行为已第一次大量出現。贏利累累和賤視人民的紳士們曾公开表示这次战爭是“結束战爭的战爭”，是“让这个世界有民主保証的战爭”。当这些漂亮的詞句很快便証明为空談时，一种广泛的玩世主义便代替了战时的大談理想的高調，开辟了通向法西斯主义的道路。

殘暴的統治：納粹及以后

第一次世界大战以后，在資本主义下已經沒有使所有的人都获得繁荣而只有极少数的特权阶級获得它的前景，这一点已逐漸明显了。这一認識首先流行于比較不得意或者战敗了的資本主义国家，然后在其他資本主义国家，随着巨大的經济萧条的袭击，甚至也流行于美国。由于意識到这种情况，越来越多的人，特别是中等阶級或者准中等阶級开始傾听那些狂暴、无知和神經失常的人，他們一直在叫嚷什么一个种族，或者一种文化有权使用武力統治世界。我們不由得不把这种意識形态連同它对理性、道德、正义或民主的污蔑，首先和意大利的法西斯主义，然后和德国的納粹主义联系起来，这二者正是第一次和第二次世界經济萧条的政治的产物。事实上这种意識形态比作为一种資本主义沒落意識的象征意义要广泛得多，并且表現在許多方面，其中反犹太主义和对有色人种的歧視只是最突出的。[6.128a]

殘暴和掠夺总是伴随着資本主义的，但是却經常被隐藏在自由的民主这个假面具之后。殘暴和掠夺的公开露面是这样一种标誌，即資本家們感到自由主义和民主已經是再不可能让它們存在下去的奢侈品了。法西斯主义和納粹主义的眞正幕后人，即意大利和德国的大銀行家和工业資本家們与他們在美国、英国和法国的同行們是沒有区别的。到1939年为止，甚至在这以后，他們之間有过密切的合作。那时他們仍然希望利用納粹的武力来反对苏联。[6.179b] 他們現在大言不慚地說在整个战爭时期，他們从来沒有放弃过这个希望，但是却不得不把这个希望冷藏起来，准备有朝一日他們可以联合原来那些德国人来保卫“西方文明”。

但是，历史事件已經証明，以最无人性的納粹形式出現的殘暴手段，事实上并沒有解决問題。它反而激起了全世界人民如此广泛的反抗，以致当苏联的強大力量付出了巨大牺牲，在第二次世界大战中摧毁了納粹德国以后，便出現了这样一种危险：即納粹德国的灭亡可能危及資本主义制度本身，至少在欧洲是这样。在亚洲，日本帝国主义的失敗，事实上几乎在它占領过的每一个国家都发生过这种結果。

以武力謀求和平的謬論

但是导致納粹式的殘暴的种种条件仍然存在，它仍然在以另一不同的形式发生作用。凭借武力救世的旧观念在伪善的掩盖之下，借助于一种庞大的宣传机器已經复活了。其眞实的目的并未改变。目的仍然是利用由美国規模宏大的技术力量装备起来的一种压倒軍事实力来恢复大企业的世界統治。就是为了这个目的，象細菌战，原子弹和氫弹这些最新的科学技术正在瘋狂地被发展着。不論是用一个"优秀的种族"的名义或是用"西方文明"，"民主"和一个"自由世界"的名义而干出来的勾当，它的概念都是同样的：即通过毁灭取得統治。在"抵抗侵略"的幌子下对朝鮮人民进行的慘酷而无济于事的破坏，以及对堪雅、塞浦路斯和阿尔及利亚的不断的鎮压証明这并不是等閑的威胁。

殘暴的政策絕大部分依賴于簡单地乞灵于侵略思想、自私自利思想，或者恐惧心理。它对于社会思想沒有什么新的貢献。眞的，这种殘暴政策实質上是一种反理智的、伪作无知运动，是一种迅速演变为不用文字而从頌揚殘暴、虐待狂和科学的兇杀的无聊喜剧、电影和商业电視吸取灵感的运动。这种政策凭借种种传統和一种感情用事的与蒙昧主义的宗教为之辯护。天主教会中比較反动的分子乘此机会把反共的言論提高到組織一支新十字軍的行动，以便不择手段地摧毁这个被"魔鬼"造成的恶势力。

在科学方面，法西斯主义的陈腐观念（种族主义和反犹太主义）还殘存到希特勒失敗以后。虽然这些陈腐观念的本来面目已經是声名狼藉了，但是在前面講过的新馬尔薩斯学說中它們又获得新的生命。（539 頁）認为地球这个星球过于拥挤的观念是为这种学說辯解的：各个落后的民族，由于它們的存在威胁着比較幸运的西方文明継承者，因而必須加以制止，要让它們死于疾病，或者最低限度要防止它們繁殖[6.123]。

絕望的哲学

有許多人，特别是在資本主义各国的知識分子中間，他們的头脑过于清醒以致不能接受自由主义和社会民主主义的幻想，但是他們又过于人道，故不能相信提倡殘暴和毁灭的种种謬論。在这个世紀的悲剧事件的冲击之下，他們当中有些人（在某些国家是少数人，在其他各国則是某一位重要人物）完全与在他們看来已經毫无希望的制度訣别了，并且参加了反对那个制度的斗爭。对于那些旣不愿意又无勇气进行斗爭的人們，只有象罗馬帝国覆亡时他們的祖先那样退出这个行动的世界，并且采取犬儒

主义的或者凄慘絕望的态度。在第二次世界大战期間和战后，这种逃避現实的傾向特别明显。它的最簡单的形式就是专心致力于科学或艺术的工作，越来越有意地无視政治問題和避免政治活动。从比較极端的例子来看，这种傾向已經导致了对文艺复兴在整个知識方面的进展（其中包括它所強調的人类前途无量說）的放弃，并且导致了回轉到中世紀的或者东方的神秘主义（182頁），有时是导致了这两者的其实互不相容的混合。[1.30] 生存主义（Existentialism）的某些方面以及它对犯罪和忧虑的強調，也表現了絕望哲学的比較理智的方面。然而这个哲学，特别在它的主要主张者沙特列（Sartre）的身上，还含有另一个从［法国的］抵抗运动得来的要素，即献身或个人参加，而这个要素是能再一次給这个哲学以积极內容的。

西方的基督教文明

第二次世界大战以来，在所有的反动概念当中，西方基督教文明的概念是最巧妙，最善于說詞和最危险的。它和 1815 年的神圣同盟一样（它正是神圣同盟在当代的对等物），但是它又和那目的完全相同的粗野的反共軸心国不一样，而是把求助于威望、宗教和传統合而为一。这种概念打上了"西方"标签，也具有一种表示具有当代性和比亚洲人同其他更次的民族优越的含意。

作为一种历史的或者社会的概念，它是經不起考驗的。不管托因比（Toynbee）[1.20] 和斯宾格拉（Spengler）[6.172] 这样一些世界史专家們，以他們的神話性［历史发展］循环論作了多大努力，西方基督教文明同垄断資本主义，特别是同华尔街的眞正的等同关系是用不着大加爭論的。当然，参加了这个巨大事业的那些知識分子对于掏錢的是誰是知道得很清楚的。然而，作为一个反共十字軍的集合点，西方基督教文明这面旗帜仍然有它的用处。他們可以利用它来拉攏从佛朗哥到李承晚这些臭名昭彰的同盟者。为了这样一个"崇高"的目的而使用象氫弹这样必要而"正义"的各种手段，即使使用这个巨大的可怕的东西意味着杀害这个世界的一半人口（包括花錢的欧洲的一半人口），有誰会为这担忧呢？

从这个最突出的例子，我們可以看出，幻想、伪善、殘暴和絕望的傾向实質上都沒有什么区别。它們不知不覚地攪合在一起，而且都是不能正面地和建設性地反应当前社会变化的象征，这一点是人們或多或少自覚地承認的。这些傾向都产生于对阶級社会的好处怀着本能的、然而絕非与个人利害不相关的留恋，这些好处是阶級社会給予那些愿意而且能够从这个社会获利的人們的。它們根本上沒有把普通人民放在眼里，或者，至多是对于普通人民凭他們自己的努力来建立新生活的能力缺乏信心。

前面几段簡要的叙述,目的在于說明一个与本問題有关的社会背景,即近四十年来資本主义世界的各門社会科学在其下发展起来的社会背景。一般历史重大事件的压力及其对个人和团体产生的紧张作用,很能够說明各門社会科学为什么决不朝着某种新綜合走,反而出現了許多混乱、支离破碎和經常后退的傾向。

13.2 資本主义世界的社会科学

任何关于各門社会科学現状的批判性研究都将十分清楚地揭示:資本主义精神气氛和社会环境所产生的是多么越来越起分解作用的效果。的确,研究各門社会科学的兴趣已大为增加,而且为发展社会科学而花的錢,数量之大为前所未聞,虽然比花在自然科学上面的錢要少得多。有上千的人从事于社会研究,他們都是認眞的、大多数还是誠实和好心的工作者。虽然出版了大量的涉及細节目的研究报告和調查报告,但是却沒有出現根本上是新的理論。在最近五十年或更多的时間內,特别是最近二十年来所出現的只是把各种旧的理論重新扭扭扯扯,来为資本主义不能实践它的旧諾言进行辯解,或者不如說是詭辯。

麦·凱恩斯力求証明經济危机的产生純粹是由于保持着美妙平衡的資本主义机器其中的財政失調和技术障碍。他解释說,挽救危机的必要措施就是政府对投資政策的控制和冻結或降低实际工資,这将保証充分就业,而无須对以謀求利潤为目的的經济制度作任何改变。弗洛伊德和精神分析学者們解释战爭的傾向是由于人类固有的、未消失的侵略本能,在这些本能沒有經过分析使它們不致为害于人类以前,政治行动是无用的,或者說是有害的;但是由于这样的分析显然是永远办不到的,因此我們就不得不尽我們所能忍受的一切。实証主义者們从另一方面証明,我們的一切社会糾紛都是由于語言的誤用;只要所有的政治家自己明白他們所說的一切实質上都是荒謬的,他們就会让位于受过語义学訓練的社会科学家。

这些观点(根据它們的原文,一点也沒有誇大)証明甚至在第二次世界大战以前社会科学家已經墮落到怎样一种知識破产的极度。这就难怪,作为世界事务方面有效行动的基础他們的理論是站不住脚的。但是它們却有其他的用途:即为資本主义提供知識上的伪装和使資本主义进行得比較順利的手段。最近四十年的研究虽然理論上沒有什么大的进步,但是在各門社会科学的技术方面却有了巨大的发展,特别是在詢問和調查的方法上以及在运筹研究的分析方法上更多地采用了統計。

下面叙述社会科学各个不同的部門的发展,主要有以下几个方面,即:經济学、政治学、社会学、教育学,最后是純属于意識形态范围的心理学,哲学和神学。下面将不

講历史科学的各部門，这在前一章已經講过了。

經济学中凱恩斯学派的革命

在社会科学最近的变化中，最突出的是由于麦那德·凱恩斯(Maynard Keynes)的影响在經济学上产生的变化。[6.135a] 这个变化的重要性是被誇大了的，拥护較老的經济学派的人們認为凱恩斯已經抛弃了不受限制的私人企业的全部立場，工党領袖們欢呼凱恩斯是"福利国家的社会主义"辯护人。实际上凱恩斯只是对限界經济学說作了极少程度的修改，(595頁)这种修改将使这个学說有可能符合于垄断資本主义世界的現实。凱恩斯力求証明的是，資本主义制度本身并不是必然导致充分就业的一个条件。这个概念，对一个古典經济学家說来，虽然是可怕的，但是在凱恩斯这样写的时候，对于千百万失业者来說倒是一种已經打了折扣的說法。

凱恩斯在所著"就业、利息和貨币的理論"(The Theory of Employment, Interest and Money)里面提出的解决办法远不是推翻他所深深依恋的資本主义制度。这个解决办法无宁是以国家于投資的控制和目的在于降低实际工資的价格操縱来緩和資本主义制度所造成的結果的問題。在这一点上他承認(多少迟了些)，自从第一次世界大战以后，正如列宁所指出，"垄断資本主义已經进入了国家垄断資本主义"。国家和垄断利益集团之間的界限很难确定。在战爭时期这种联系是公开承認的；政府的各項統制政策都是通过各个垄断組織的代理人实施的。为了回答工人阶級的倡議不得不把某些工业和服务事业收归国有，但是以这些实际上已經破产的工业为限，而它們的管理权事实上还是掌握在和以前同样的那些人手里。在美国，垄断資本家們的統治是厚着脸皮趾高气揚的。艾森豪威尔的內閣共有"十位百万富翁和一位鉛管大王——仅仅这位鉛管大王攢了紗帽"。

关于凱恩斯挽救經济萧条的对策，即对长期的可靠計划中作有效投資的对策，事实上从未实行。它也不見得会实行，因为在金融界人物正在高喊节約的时候，这种对策却要求更大的政府支出。由希特勒开始的重整軍备遏止了第一次經济萧条，而战后的充分就业就一直是依靠这个同样的手段来維持的。这是使資本主义制度能够以可怕的人类生命代价，暫时制止它生产出的东西多于缺乏购买力的人口所能消費这种趋势的唯一办法。

凱恩斯的其他挽救方案，即冻結工資政策，决不只是学院式的[說說而已的]挽救方案。它和战爭时期实行的政策一样，是一面用各种津貼办法調整主食的价格——軍事时代的食糧配給，一面降低工資，(津貼費則远低于按照实际生活費的增长比例

而增长的工資。）后来，英国的一个工党政府曾忠实地实行了这个得到一些工会領袖的充分支持，而只是在羣众的強大压力下才被迫放弃的政策，这个工党政府也因而垮台。

凱恩斯对英美統治阶級的貢献，其价值在于：在資本主义衰亡的时期，当自由竞爭只能引起革命的时候，它似乎提出了一个"科学而公正"的經济分析，巧妙地調和着老板和工人們的利益。凱恩斯学說得到西方国家两个[对立]党領袖們的青睐就是利用一門社会科学作为掩盖阶級統治的外衣的最好例証。正如列宁所說："在工資奴隶的社会，指望科学是公正的，正如指望制造商們对于是否应当減少資本的利潤来增加工人的工資这个問題采取公正态度是一样愚蠢和天眞。"[6.149a]

这种調和与抑制的新經济学的作用完全偏于一边，它限制工会的活动，同时却給雇主們以充分的行动自由。它近年来所采取的形式是非常动听的提高生产率的运动。[6.145] 这个經济理論表明生产数量完全决定于工人接受更大強度的工作方法或者接受更长的工作时間的意愿，但其实它是更多地取决于所投的資本，——假定雇主控着一切条件——并且最后是取决于金錢方面的考虑。美国工人較高的生产率，一般公認几乎完全是由于他們所使用的較好的設备。[6.124a] 然而，一个使用着多次賺回了成本的陈旧机器的英国制造商，仍然設法取得了可观的利潤。

凱恩斯是从一种技术上靜止的經济出发来进行研究，他未必研究过这些問題。他最著名的学生，琼·罗宾逊(Joan Robinson)，現在已經把他的学說加以扩充使它能够包含垄断資本主义在这个技术变化极为迅速的世界中的情况。在她的"資本的积累"(Accumulation of Capital)[8.57]里面，她从理論上探討了在哪些条件下改良技术方法才的确有利可图，其中包括成本、废弃、和現行工資。根据她的分析，似乎更清楚地說明，随着技术的不断改进，垄断資本主义制度越来越无力提供福利的 optimal 增长。因为技术的改进带来另一种不稳定的因素，并且对于投資具有一种令人沮丧的影响。这位經济学家也是証明了資本主义的破产和选择"社会主义"制度的必要性，但她說这話时，这种情况已經很明显了。

約翰·斯特萊彻(John Strachey)在他的"現代資本主义"(Contemporary Capitalism)中采取了同一的論点，他比較着重政治方面。他指出馬克思所闡明的工人阶級相对貧困的趋势是一种持久不变的趋势。最近一百年来由于工人阶級不屈不撓的斗爭，或者由于象他所說的"民主的压力"，这一趋势已經延緩了，但仅仅是延緩了。虽然他看到今天的資本主义已經处在它的最后阶段，但是他認为它的最后消失，即使是通过和平的过渡，还需要这样一种"社会主义"运动，它要比害怕"共产主义的危险"的

工党所能提出的"社会主义"运动更为強而有力。

政治学

在 1914 年以前政治学沿着"自由进步"所規定的路綫，多少是比較舒适地前进着。不属于馬克思主义陣营的人們認为全世界迟早将达到的理想,乃是保障財产并且让私人企业有自由活动場所的議会民主的政治理想。以后几年发生的事件証明这是一个空洞的梦想;議会制的民主政治并沒有推广;說实在,它在任何地方都失敗了。甚至在干涉[苏联]的战爭同所謂"防疫封鎖綫"(cordon sanitaire)約束了布尔什維克主义的传播以后,其結果不是更多的民主,而是近乎法西斯或者法西斯专政的建立。

甚至在旧民主国家，議会的政治行动已开始为經济利益集团所左右。国家再也不能使經济竞爭只在一定的圈子里厮打；它不得不积极干預以指导或控制国家对內和对外的經济。就极端个人主义的美国本身来說,經济萧条的压力已迫使它接受"新政"(New Deal)的措施。这本質上是承認政府对公民的生活福利該負担責任,在遍及全世界的經济变革的面前,再也不能指望公民們自謀解决了。

可能有人指望这些巨大的改变,即国家和私人企业越来越結成一体,政治人和經济人的合而为一,将导致政治学的迅速成长和全新原則的提出。但是,这事并沒有出現。已經产生的这一类在观点上的改变都是反动的,反映着一种宗教的,或者法西斯的独裁主义。

关于这一类政治思想,一个值得注意的例子就是 1941 年詹姆士·伯恩汉(James Burnham)所提出的"管理人的革命"这篇論文。[6.128c] 伯恩汉后来的著作兴高采烈地預言希特勒可以打垮苏联。这个預期失敗以后，就拚命主张以軍事实力保持美国的霸权,并且煽动顚复活动。[6.128b] 他的論点是,沒有什么資本主义向社会主义过渡的問題,而只有向管理人掌权的社会过渡的問題,在这个管理人掌权的社会,眞正的控制权已經和平地，不知不覚地被工头們、經理們、和技工們所組成的一个新的管理人阶級夺取了去,这是因为由于現代科学式的工业的成长,这些人已經是現代国家所不可或缺的。根据伯恩汉的說法，世界的历史不是引向革命而是引向強大的管理人掌权的国家之間的爭霸战。他認为在他所偏爱的德国失敗以后,这些強大的管理人掌权国家,已經減少到只有美国和苏联两国，其中美国的胜利是它的經济上和技术上的优越性所保証的。这里是給德国軍国主义者赤裸裸的地理政治学（Geopolitik）披上了一件准科学的外衣而已。这种管理人的概念在大垄断資本家的报刊上受到狂烈的欢迎，而代替了輿論。这些垄断資本家們非常满足于让老百姓相信他們的統治者[并非垄

断資本家們］而是服服貼貼地为垄断資本家們工作的拿薪水的职員（由于股份或者由于董事会席位的合併，偶尔爬到富人特权阶級中一个比較次要的地位的职員）。[8.44] 这个概念也得到工党和社会民主党知識分子的很大支持，这些知識分子被奉承得以为自己不用費任何气力就成为一个新的統治阶級了。事实上資本主义的統治，除了大企业集团的金融寡头們施展出更加严密的控制外，什么也沒有改变，例如美国的政治迫害运动是把只要对富人的統治稍为認眞批評一下的举动就污蔑为“共产主义”。

除了伯恩汉过分誇大的言論和托因比教授的“死亡文化”（689 頁起）这种沮丧的宿命論以外，政治学上的官方代表人物大部分仍然継續以越来越費力和刺耳的調子重弹十九世紀的老一套陈腔烂調，不管这些陈腔烂調已經是无补于現代世界的东西。

正如在英国，甚至当人民的感情拥戴工党执政时，并沒有任何社会主义的理論指导工党的行动。說实話，工党的領袖們是以服膺科学的、即資本主义的政治理論而自豪，而且坚决听从其实是他們的政敌为了防止对財富和政权的分配方式有任何重大改变而制定的規章。眞的，他們認为政治理論的主要用途是为了証明：只要实行工党头几次执政期間所規定的种种改革，就是办到了不仅每一件可能的事，而且是每一件合人心意的事。他們滿意地認为“不声不响的革命”，虽然沒有引起很大的注意，事实上已經成功。社会主义的概念已經提高到一个更高的标准。

这就是工党最近出版的、著名的“二十世紀的社会主义”[8.63]一书的論点。虽然作为庆祝凱·哈地（Keir Hardie）的百年紀念，这本书却突出地完全推翻了他关于社会主义的定义，即：“一切生产手段，分配手段和交换手段的集体所有制”。但是也有一股新风刮起来了的跡象。政治思想必然要受到資本主义日益增长的經济困窘和苏联民主运动的影响。政治学是会再度发現它的眞正用处，在于为社会認識和社会改造当桥梁。斯特莱彻的著作就是一例；另一个在攻击社会主义背叛者上性質更为急进的例子是老練的社会主义者柯尔（G. D. H. Cole）[8.14]。

13.3 社会科学的应用

虽然社会科学在学院派色彩比較浓厚的方面（例如經济学和政治学的各种理論），已經找到它們自己的主要用途是捍卫資本主义的意識形态，但是，各門社会科学的巨大发展，特别在第二次世界大战以后，是由于被发見应用它們就能够給資本主义制度的实际活动带来現金价值。社会科学家們在战前就已經被雇用去从事于各种經济調查、市場研究和广告事业、促进工业协調关系、都市和区域規划、以及教育工

作。为了在这些方面能够做一点有益的事，或者甚至只是表示想这样做，就需要比学院派社会科学籠統的一般原則有更多的东西。自从第一次世界大战以来，这个时期中关于社会学的理論，其进展之微小，实在令人可惊。象早期英国的霍布豪斯，瓦拉斯，或者湯尼，或者象美国的費布仑，韦柏和杜威这些人的"光芒"已經是継起无人了。代替的是一种浪費笔墨的、空談的、沉悶无聊的議論，任何人只要讀一讀最近二十年来出版的著作，自己就能証实这种情况。官方的社会学理論都是过分地墨守形式，从其中找不出一点历史发展的跡象，以致很难看出它們的作者打算怎样从这些理論得出为一切反动的老一套辯解的理由。

各門社会科学中的定量的和統計的方法

近年来确实令人惊异地出現和成长起来一种极不相同的社会学，其中測量和計算已經代替了文字的解释和概括。这一发展从第二次世界大战的各項大事件得到巨大的推动力，虽然其影响并不象原来所想的那样持久。战爭使得在英国这一类国家（較少程度上在美国）第一次有可能看到应用的社会科学究竟該是怎样的东西。过去一直从事于学院式研究的社会学家們，发現自己处在这样一个地位：他們被請去按照着他們的研究結果做些工作，其次，还給予他們进行探討和把他們的結論付諸实施的方便。他們还发現自己同物理学家和生物学家們在作战和工业生产地区并肩工作。在一块工作的效果对社会科学家和自然科学家都是极有好处的。自然科学家們学到了由社会科学家所发展的調查和統計分析的技术具有的好处。反过来，社会科学家学会了生物学家和物理学家的老本行（461 頁起）[1.2.285] 即有計划的实驗和关于变异的分析具有的价值。

最有力的、最普遍的新的方法就是統計的方法。不管它們在什么名义下进行——社会調查也好，民意測驗也好，社会和工业心理也好，市場和运籌研究也好，——它們本質上都根据系統調查得出的、关于思想、工作或生活状况的材料而做出的一种或多或少的統計分析。

在經济学和政府事务中早就使用統計了，但实質上只是把它当作象預算和人口調查中所使用的一种紀录和总結資料的方法。作为詢問和回答一般問題的研究工具，这种对統計的新的应用首先是从生物学方面主要由卡尔·皮尔逊（Karl Pearson, 1857—1936年）开始的，他本人是受了高尔敦的优生学和馬赫的实証主义的影响。他的生物統計学（Biometrics）及其在农作物收成上的实际应用就产生了試图把各种态度和意見甚至理智本身都要量一量的社会統計学（Sociometrics）。已經有人設計了极

端細致与精确的数学方法，这些方法告訴人們从有限一連串极不規則和极不可靠的資料，能够得出或者不能够得出什么东西。[6.138a]

社会調查

只要这种資料是关于物質的数量，而且是忠实地收集来和分析过的，其結論就可能具有眞正的社会价值。布士（Booth）和主张"測量与宣传"（602頁）的費边主义者的传統是継續下来，并且以日益扩大的范围和深度传到了二十世紀了。它所采取的一种有效的形式就是社会調查，由于采用选样調查，就可以获得关于一个特定地区或集团普遍情况的量的縮影。在英国[6.161a]，三十年代把食物消費同收入和健康联系起来的营养調查（前面已經講过）（485，496頁）揭示了在欧洲最繁荣的国家，50％的成年人和25％的儿童都是营养不足的。这些調查的公布为一种羣众性的抗爭舖平了道路，因而至少逼出了一些对羣众的小小让步。至于房屋和教育，同样的調查研究的結果，作为他們提出要求所根据的确实材料也武装了那些要求改善的人們，并且为測量爭得若干程度的改善提供了一个标准。我自己对实际社会調查有过一些經驗。在战爭时期我曾帮助計划和指导在两个英国城市进行的一次大規模調查，目的是要說明空袭的強度和生产的联系。我們測驗了从啤酒到阿斯匹灵种种东西的消費到机关枪子弹生产的每一件事。这是把現代社会的社会情况和生产情况的材料互相联系起来的第一次，我想，也是仅有的一次。我們沒有得出老板們所希望的[关于空袭的影响的]結論，因此，他們只好悍然不顧我們調查的結果，还継續进行；但是我們却发現一些劳动与工資之間最有兴趣的关系，这些都完全沒有被利用。

特别是在三十年代，社会調查已經变得不象費边主义者所想的和所希望的那样是一种劝說統治阶級对人們多加帮助的手段，而是工人阶級在要求和取得某些权利的鼓动中所使用的武器。随着时間的推移，他們找到了阻止这种社会調查的手段，主要不是制止調查，而是巧妙地改变調查的性質；統計的方法取得了它的"誑話，天大的謊話，就是統計"这个"声誉"。費了很大力气繪制出来的国民收入图表和生活費指数，其所揭示的結果是人民明知是錯誤然而无从証明的。林肯的警告說，"你不能永远愚弄所有的人民"，这一点从羣众不信任官方的統計，就可以証明了。社会和經济調查本身已开始披上了新装。在朗特里第三次对約克郡的貧困調查中，統計学家們采取一些巧妙的技倆，把实际的标准降到远远低于前两次調查的标准，做到在紙面上取消了貧困。但是这个手段用得太过火了。关于可以挽救的眞正貧困状况，靠养老金生活的人的凄慘状况和大多数工人的低微的实际工資正在提供可以統計的表

現。[6.155b]

民意測驗

在一切計算已經不再属于物質世界而是属于一个想象的世界（即以为一切都受輿論的支配，而且不管計算如何精确，无意識的偏見却能够决定答案的世界）中，揑造的調查結果更容易取得。三十年代从美国流行开来的民意測驗法的使用，特别就是这样。这种民意測驗有着不可避免的局限性，一則問題提出所表現的傾向决定了答案的类型，再則这些答案所能提供的情报至多只是人民覚得他們应該說些什么，而不是他們眞正在想些什么。根据利用民意測驗的目的說来，这倒不一定是一个缺点。通常总可以根据一次民意測驗提供主办人所指定的結果。如果沒有做到，还可以加以揑造或者不予发表。至于把民意測驗应用到政治上，則是对民主的一个潛伏的危险。选举本是人民的行动：人民表达了他們的意志，并按照他們的意志采取了行动。一个抽象的民意測驗所包含的却并非羣众的力量。这种測驗，能使一个有主見有影响的人深知熟虑的結論显出它[在人們的心中]有多大分量，但也能使那些仅仅不愿意列为"不知道"这一类的人所下的結論显出分量来。这种測驗仅仅是对輿論制造者必須改变他們的論調的一个指示。人民已經不是主人，而且已經成为听任宣传机器叫嚷和引誘的驅使的一羣馴服的羔羊了。

市場研究和广告術

民意測驗选样的方法最大的用途是在所謂市場研究方面，在这方面它已經可以代替或者至少补充售貨員的意見和猜測。市場研究是把无人問津的貨物脫售給必然不知底細的购买者这个巨大机器的一部分，而脫售这种貨物則在資本主义总危机中是一件越来越困难的事。在这里統計方法的用处在于它提出数字的結果：这是一种商人們能够理解的語言。問題不在于这些数字有什么意义，也不在于它們是否毫无意义。問題在于它們对会議室的討論有用，所以有些人愿意花錢获得它們，因此，訓練出一些人来制造这些数字，是值得的。

不論是用数字来表示，或者是用社会科学家的文字概括来表示，所提出的情报只有一个目的：那就是用增加銷售量去帮助获取利潤。二十世紀的人已經目覩了一种庞大的广告和宣传机器的发展，其規模之大使大多数人民对于他們身在其中的这个世界的任何眞正認識閉聰塞明。眞的，广告已經成为一个巨大的寄生的工业，它的职能是为了少数报刊和广告巨头的利益，从消費者那里有效地征收一种极为隐蔽的

购买税。这是一种相当重的税，根据产品的无价值和购买者貧困的程度分成若干等級。

在这种职业中，每一事物的价值就是它能售得的代价，这样就不得不从修辞、从发揮售貨术和广告的艺术上来衡量社会科学的結論。只要科学在这种气氛下还要苟延殘喘，它就不得不屈从于这些要求，并且不論它說明什么和否定什么，它都是腐朽堕落的。数字是和文字一样有伸縮性的，而且因为数字本身带有"中立的事实"的气味，它的欺騙性更大。

用于生產的社会科学

把社会科学应用于資本主义生产过程本身，是比較晚近的发展。除了一些自命为科学管理专家的研究以外，这种应用只是最近二十年的事。就較早的关于时間与动作的研究这种形式而言，它是一些粗糙的設計，目的在于使工人們的动作合理化，以便在同一时間內从工人身上榨取更多的劳动。它剝夺了男工和女工們的人性，使他們成为与他們所照管的机器同样的东西。它因此受到有組織的工人們的痛恨和反抗，这种反抗是取得了不同程度的胜利的。企图把这样一种制度介紹到工厂来，通常总会引起罢工。正如一位旧派的工会工作者所說，"由于时間和动作的研究，时間損失而动作停止了"。

把社会科学应用于生产的較晚的形式則比較巧妙并且表面上是不怀恶意的。他們按照两种方法进行研究：一种是从机器的技术本身出发，着重研究工人們对机器的适应——在这里扩大了时間与动作的研究，并且受到了与运筹研究在大战中的权威同样的讚揚；另一种研究从人的因素出发，极力用心理学的方法使人不仅是一个更有效率的工具，而且是一个更自愿的工具——这属于工業心理学和管理科学的范围。

工業上的运筹学

由于战爭的需要而产生的运筹学，其原委前面（461 頁）已經講过了。紧接着第二次大战以后，在自然科学家和社会科学家中出現了这样一个趋势，即把运筹研究的方法利用到最需要这种方法的方面，也就是說把它利用于发展农业和工业生产以及象房屋和卫生这类社会服务事业方面。[1.2.201] 前面已經講过，这时物理学和生物学的进展，原則上已經可以在农业和工业方面发展愈加合理的生产范型，而且可以一方面大量节約劳力（人），另一方面使消費者得到更大的滿足。

但是,經过了十年,关于运筹研究的应用,其发展极为緩慢。按照它原来的定义:"利用对具体情况的定量分析,提供[作战]行动的响导",它并不是很容易就能适合于資本主义的范型的。因为工业生产既沒有軍队中的无条件服从紀律,又沒有一个工作队和一个合作企业所应有的共同目的的观念。結果,运筹学的方法以及它在統計方面的一切精华,如綫性規划和拱形規划,只有在純粹技术的范围才用得着,或者与老式的被人怀疑的科学管理合而为一,作为从工人身上榨取更多劳动的一种手段。即使为了这个目的,它也不太受欢迎,因为,在企业界中运筹研究似乎侵犯了經理人的权力。要充分利用这个沟通社会科学和工艺学的重要方法,就必須由工人对企业进行实际而有效的控制以及消灭私人控制和私人利潤。

这并不排斥运筹研究有限度地应用于从一个工厂榨取最多的劳动,或者取得最大限度利潤的极为有限的問題。[1.56a] 实际上它已經合併于科学管理了,而且在过程中已經丧失了它的独立的特殊地位。

工業心理学

但是,另一种可以相信不是干扰而是舖平資本主义道路的社会科学还大有发展余地。这是由一种工业心理学和科学管理的方法的发展所形成的。在这里,根本目的是利用社会科学和心理学所发現的一切方法来控制工人們的思想和意志。

在美国,这一发展是从經济萧条时期开始的;在英国要比較晚近些,但是不論在美国或英国,这一发展都是从第二次世界大战获得了巨大的动力。心理学的这个新的权威主要是从它用在选拔和訓練軍队的成效得来的。人們希望类似的方法能够有助于提供更能服从紀律的产业軍。工业心理学的基本目的是保証最大限度的劳动意志并且制造工人和[企业]管理之間利益一致的印象。

用心理学这个名詞(包括以及它的陪衬物即精神分析学和精神病学),其含义是:大多数工人——怠惰者,缺勤者以及最坏的如煽动者和罢工者,总之,凡是反抗剝削的工人——事实上就是除了"模范"以外的一切工人,都是需要診断和治疗以便使他們适应其工作条件的病人。他們的家庭生活需要加以考察,他們对业主們的"錯誤"观念需要加以"糾正",他們的不合作的神精需要以集体活动来加以改变。这的确是把需要为他們做到的事都做到,只是除掉一件眞正对他們有利的事,即終止剝削。只要还存在着为了利潤而剝削工人,那末有效的工业心理学的唯一結果只能是阻止工人提出較高工資和較好条件的要求,从而減少工人分得自己的劳动产品的分額。把科学用于这个目的就是使科学从属于欺騙,即便連科学家自己都不知道他是在这样做。

社会科学的腐朽

从事这些工作的社会科学家們可能眞誠地以为他們是在促进社会和諧，为了社会人羣的利益而工作，或者，他們可能希望在他們的工作当中，对人类的智慧有所增益，或者，比較无恥的，可能发現这种工作是一种报酬优厚的职业。这种事业在任何情况下在科学上必然是沒有成效的，因为它的用途的条件限制着它的进展。既要作出滿足雇主的实际成績，又要披上科学性的公平的外貌以便不惹怒工人这个双重的要求使人无法进行任何認眞的分析。相反，它倒很象这两种东西的混合体：即一、对于聳人听聞的統計，二、完全无关重要的問題的信口的不准确的回答，用庄严的科学語言表达出来的最为人人皆知的陈腔烂調。这里有一个极端而确实的例子。一位美国的工业心理学家发現了一个矿工把这个煤矿認作他的母亲，把老板認作他的父亲，使得他在工作中特别温和，而在要求他的权利时則很勇猛。这位美国的工业心理学家希望使这个矿工改为把煤矿看作他的父亲而把老板看作他的母亲，以便他以极大的精力去挖掘煤层，并且变为一位"模范"雇工。

作为一个人和一个生产单位，一个工人的全部价值只有在他是自己劳动的主人这样一个經济环境中才能充分实現。中世紀手工工匠的情况就是这样，虽然它受到貧困和无知的限制。这种情况是可以恢复的，在科学工业的世界則只要有了下面一种典型的組織：在这个組織中每一个工人是和他的工作伙伴一块，再加上技术顧問的指导，而眞正决定着工作应当怎样完成，眞正控制和指揮着机器，并且获得全部的利益。缺少任何一点就是欺騙，并且迟早将被揭穿。

直到最近为止，各工会經常为反抗一切形式的"科学管理"而斗爭。但是有一段时期美国的工会領袖們認为这种态度已經不合时了，他們甚至雇用过工业心理学家帮助公司提高效率。在英国，有一陣，当冷战达到頂点时，以心理学的方法来提高生产率的类似活动得到少数有势力的工会領袖們的支持，他們显然認为維护和加強資本主义的垄断組織是保卫民主的最好保証。在生产的利益上，工人和企业管理之間的相互諒解仍然受到"重振道德"(Moral Rearmament)派，甚至王室的某种謹愼的护持。但是这一运动已經受到工会工作者某种程度的排斥，因为事实越来越明显，較高的劳动生产率不过是挤得他們自己失业。虽然如此，由于重整軍备，基本投資和工业研究都取削減了（466 頁，699 頁），大搞比較廉价的工业心理学是剩下的唯一手段了。

这些理由在某种程度上也可說明近年来大西洋两岸的当权者对于社会科学显然

比較怀有好意的态度。各門社会科学显示了价值，同时它們也明白它們所处的地位。它們扮演的脚色是一个仆人的而不是一个顧問的脚色：正如一位空軍副元帅所巧妙地說过"是个开关嘴子，而不是个头子"（on tap, but not on top）。

在各大学講授的社会科学仍然致力于它战前的老任务，即为現存的，或微有改变的資本主义社会形态辯护。然而認为在［大学以下的］学校里应当講授社会科学的观念，在1941年已經为諾尔伍德委員会（Norwood Committee）很有道理地否定过了。[6.131b] 不論把它講得多么得法，人們总認为它可能导致危险思想的传播。

13.4 教 育 学

教育学与其他各門社会科学有些不同，甚至它的科学地位还是不很牢靠的。按照理想，教育学应当包括人类从生到死适应社会环境的全部过程以及关于人类借以建立最好的社会或者改造社会的手段的全部过程。而实际上，作为一門学科，它是在我們这个时代通过这样一种学校制度的种种实际困难非常緩慢地发展起来的，这个学校制度企图以极不充分的物力、財力、人力来滿足迅速增长的教育需要。除了为教会，法律，或医药行而进行的专門訓練以外，羣众教育的要求首先是随着十六世紀造反的資产阶級而提出来的，并且与宗教改革和政治自由的联合运动有密切的联系。羣众教育在十七和十八世紀不得不为爭取承認而斗爭，早期的教育家們，如維物斯（Vives, 1492—1540），康門紐斯（Comenius）、卢梭和佩斯塔罗齐（Pestalozzi, 1746—1827）等同时，也是著名的哲学家和改革者，并且在推翻封建制度的意識形态方面起了很大的作用，其原因就在此。

階級的歧視

但是，工业資本家一旦夺得了政权，他們推广教育的热情很快就烟消云散了。新兴的工人阶級的确需要完全学会讀、写、算以便正常地做好他們的工作，而訓練工人的設备則是按照最低廉的可能的标准勉強提供的。然而旁人有更多的理由不让羣众教育"走得太远"，而且让它切莫带来什么扰乱的思想。

保守主义者反对教育，特别是反对工人受高等教育是坚持不渝的。倫敦机械学会（后来改为柏克貝克学院），是抱着自由解放的心情，在托馬斯·霍吉斯金（Thomas Hodgskin）的創議下，于1823年成立的，它的公开目的是給工人灌輸关于"化学和机械哲学以及創造和分配財富的科学的資料"的知識。当时，圣詹姆斯紀事报（St. James Chronicle）写道：

一个比这更完全适合于毁灭这个帝国的計划，連罪恶的創始者❶自己也发明不了。……他們在把工人們搞成一个分别开的和独立的阶級时，他們就是朝着那个悲慘結果往前走了一步，而且是走了很长的一步。

在欧洲大陆的大部分地区，除了一个实际上是世袭的知識阶級即所謂知識分子以外，事实上所有的人都沒有受高等教育的机会，这些知識分子提供了这些国家所需要的牧师、律师、医生、科学家、工程师和行政人員。只有极少几个輝煌的例外。有严格的阶級限制的旧俄教育制度革命后，在比較反动旧知識分子的猛烈抗議下首先被粉碎了。現在它已經不仅在俄国，而且在整个东欧和中国为一个根本上是新型的、完善的羣众教育制度开辟了道路(660 頁起)。

在英格兰，——不是在英国，因为苏格兰有着相沿已久的羣众教育的传統——首先是由于工业的大規模的发展，[教育]的安排比較有些伸縮性。只有恰够滿足迅速扩张的生产和管理需要的人数才准許踏进高等教育大門。但是按照[高等学校]的入学的規定，新生将被同化到統治阶級的各个阶层中，而且时常成为这些阶級的最坚定的拥护者。羣众力量的进展加寬了教育的范围，但是与上层阶級同化的根本原則仍然存在。

在年青的国家，特别是在美国，从开国之始，教育就是相对便宜和比較容易入門的。但是它的质量低，同实际办事的能力和办企业的学識比較起来，教育的作用甚微。早期美国工业的成就实际上是得力于未受过教育的发明家，这就大可証明，在原始的技术阶段，有利的經济条件和高超的技能比起任何数量的书本知識来，是多么重要得多。

工人階級爭取教育的斗爭

以上我是把教育完全当作資产阶級的必备条件而只是不得已施捨給下层阶級的一种东西来加以叙述的；但是这仅仅說了一半，而且是旧的一半。三百年前資产阶級曾經要求受教育，作为夺取政权的方法，現在輪到产业工人阶級提出同样要求了。要求受教育，为了达到此目的而作的英勇斗爭和牺牲是工人运动不可分割的一部分，而且在十九世紀是与合作运动和工会运动密切联系着的。社会民主联盟(601 頁)的口号就是"教育、鼓动、組織"。在为社会主义而进行的斗爭中，一切伟大的人物都是高等教育的，并且經常是自己苦学成功的男人和女人。

❶"罪恶的創始者"即魔鬼。——校者

到了二十世紀，这一要求受教育的巨大运动已經略略減弱，这是由于全民初等教育已經不得已推行，以及对工人的高等教育也有了有限的設施，例如柏克貝克学院(1920年併入倫敦大学)；[5.18a] 魯斯金学院(这个学院虽然从1899年起就設在牛津，却一直还沒有爬上一个眞正的学府的地位)；[6.170c] 以及1903年成立的"工人教育协会"。[6.176a] 另外的危险就是一个工人的孩子利用教育作为跳出他的阶級的方法，这几乎是一种不可抗拒的冲动。这样必然使工人阶級里最优秀的、照柏拉图的意思来講的天才(110頁)漸漸枯竭。但是，随着各項新工业的技巧和科学的要求日高，随着对工人阶級的力量有了較多的理解，受更多教育的要求仍然增长并且加強了。到了二十世紀五十年代工人阶級要获得一切等級的教育，已經是不可抗拒的了。

几百年来教育学一直是一門学院式的、落后的学科，現在它必須滿足教育全体人民的需要了。必須承認，它还沒有很好地构成以便承担这个任务。一部分由于教育理論是个探求位于传达知識的实用技术背后的原則（这主要是些心理学原則）的眞正企图，而且教育理論因此就并不比其他的心理学具有更多或更少的科学性。但是，尤有进者，教育的理論在传統上是追求一种教育哲学，其目的在于明确教育的眞正意义。这样，它就不能不受到各門社会科学一切缺点的影响，并以一种有过之而无不及的形式出現。因为它不能或不愿承認变化着的社会性質，或者不承認社会的阶級結构，所以教育的理論，有意和无意地承認社会是永恆不变的，并且以探求使学生們适应这样的社会的途径为目的。这就必然使它的性質成为替正統撑腰和替現社会辯护的。

智力測驗

由于企图让教育学具有一种更加是一門眞正科学的气味，便把智力測驗引入了教育学，智力測驗則本是从早期的創立科学的罪犯学的試探中取来的。因为被測驗的人的各种行为的質量可以用数字来表示，而且这些数字可以加起来，可以分开，还可以受統計学的提炼，这样的測驗的結果被認为是完全客观的和科学的。但是問題的癥結在于拟定測驗时所带来的主观偏見本身。在一个阶級社会，对一切儿童进行的任何測驗必然导致阶級歧視，同时，由于拟訂測驗的那些人都是受过教育的人，一定不可避免地抱有一种上层阶級的偏見，所得到的結果自然是把上层阶級教养的优点往高里抬。[6.170c] 无論如何，中层阶級的儿童与有閑暇的父母接触較多，容易接触书本，有参观和旅行的可能条件，这些給他們的启蒙教育以巨大的便宜。如果这种优先的起点(它所起的作用其实与智力无关)，进一步为智力測驗的結果所肯定，那就一定

会导致一种对工人阶級极不公平的教育制度。

这就是智力測驗在英国战后教育制度中被利用来为下面这种情况进行詭辯的主要方式：即約占全体儿童百分之几的儿童在十一岁时就应継續同其他的儿童隔絕，这些被隔絕的儿童，純属工人阶級的子女，被認为不配受高等教育，同时却让其父母能够繳納学費的儿童們自由升入"公立"学校。社会科学如此应用的結果，所获得的成就就是让穷人永远是穷人，同时使他們感到自己如此低下，甚至沒有权利对这种情况表示不滿。

科学和技术教育的危机

但是，由于对經济上賴以生存的最新工艺学的要求，上述这个"高明"的办法，現在不适用了。不曾打算，当然也就不能提供这个原子能和自动化的时代办工业所需要的大批受过科学和技术訓練的青年男女。这一缺陷在英国和美国終于在惊惶失措中被認識到了，而这主要是受到关于苏联在这方面实际上已經取得的成就的报道冲击所致（661頁起）。官方的調查和报告已經泛濫成災，但是干的事却极少。[8.19;8.30a;8.31] 国家需要更多的高等教育，更多的各級的科学教育。这就是說需要更多的科学教員，因此需要提高他們的待遇，而且为了公平也要提高其他教員的待遇，事实上这就把教育的預算提高了一倍或更多。其次，大量受过自然科学訓練的人的产生（这些人知道他們在經济上的重要性），威胁着仅受过人文科学教育的上层阶級的統治。可是如果不能及时貫澈这个教育革命，就将丧失在工业上的优势，从而也将丧失政治上的优势。

13.5 意識形态的背景

心理学

在各門社会科学中，心理学是在二十世紀已經取得最大进展并且在形成对生活和对社会的一般态度上具有最大影响的一門科学，这是一般輿論特别是知識界的輿論所承認的。虽然与弗洛伊德的名字連在一起的心理学的革命是十九世紀思想的产物（600頁），但是，直到第一次世界大战以后，除了在精神病学界以外还很少有人知道。它对思想和在某种程度上对人的行为的巨大影响只是在二十年代开始的。在那个时候弗洛伊德的心理学，似乎是跟十九世紀达尔文主义一样伟大的一种新发現，并且，和达尔文主义一样，是一个激烈爭論的中心，一切有身分的人和宗教界都参加了

这个爭論。这个爭論現在已經沉寂了，而且把它当作对人的精神作用的一种新发現的信念也已經沉寂了。現在我們能够从它的来龙去脉上評价它在人类思想(史)上的地位。

西格蒙德·弗洛伊德

弗洛伊德最初是研究自然科学的。他是一位开业的医生，并且曾經做过关于药物作用的研究。当他处理神經病案时，首先是遵循着主张实驗的法国医生夏尔高(Charcot, 1825—1893)和燕奈(Janet, 1859—1947)的方法。因此，他的材料是現实世界里的，虽然只是很有限的一部分，因为他的病人主要是从他所属的知識界这个小圈子找来的。但是不論他的材料来源如何，他的观念乃是当时一般实証主义气氛的一部分。实証主义影响了关于他的新的精神分析法的成就的全部解释和表述，其影响之大超过了对其他任何科学的影响。

虽然弗洛伊德本人总在极力根据客观現实来表述他的发現，他所虛构的实际的本質，比起物理学家和化学家的物質本質来，則更类似中世紀宗教戏剧里的"精灵"、"道德"和"心力"之类的东西。所謂"下意識"及其三位一体，即"自我"，"超自我"和"本能冲动"，还有"潛在意識的复合体"("情綜")，"潛在意識的抑压力""性爱"以及"死的意愿"等都是弗洛伊德为了解释他的病人的奇异想象、梦、以及不由自主的行为而发明的。正是由于这些虛构的东西沒有物質存在的可能性，不容許提出任何形式的証明，它們特别是对他的信徒們說来，就更取得了一种絕对的特点，并且創造了一个固定的和几乎是神話般的种种邪恶势力的地獄，这些邪恶势力的为害力，靠精神分析家的办法是可以削減的，虽然永远不是可以消灭的。

精神分析的社会涵义

在本书范围內沒有討論精神分析原理的余地，而只能指出它的社会涵义。这些涵义当然是經历了若干年才显現出来的。最初这門新的心理学遭到来自維护中层阶級身份地位和宗教信仰的人們最猛烈、最歇斯底里的反对。只是在第一次世界大战以后，当資产阶級式生存的永恆稳定性的幻想破灭了的时候，弗洛伊德的影响才迅速传播开来，几乎成为知識分子的宗教，虽然它采取了或多或少被冲淡了的形式。

它成功的原因，必須从时代的不安定这个客观条件里去找。因为它強調人类思想中非理性和原始方面暗藏着的重要性，这門新的心理学对于人們无力处理关于社会的种种問題提供了解释，而且几乎是辯解。弗洛伊德心理学归根到底認为人实际

是由他自己无意識的本能支配着的，这些本能就是在人出生前就种了根，并且在儿童的早期教育中被人細心培养了来作恶的。

不錯，精神分析的各种新理論对于同类的較老的教条，如原始罪恶的教条来說，已經具有并且有意提供一种很大的解放作用。至少在它出現的初期，它肯定是反宗教的，它还強烈支持对待儿童和性欲采取比較仁慈和比較放任的态度。但是精神分析学对于第一次世界大战結束后抱着这么大的热情接受了这門科学的社会成員所造成的一般的效果却是使人們放弃以任何形式的集团行动或政治行动来解决各項社会問題的企图，并且把他們拉回到注意他們自己的人格的利益，特别是他們自己的性爱生活的利益。

弗洛伊德本人的态度本質上起头就是而且一直是一种科学的态度；这就是說，他最关心于找出可以指导他解释他的病人的反应以及他們为什么經他的治疗得到痊愈的理由的簡单的假設。但是他所用的科学是主观的和实証主义的，而且只能有助于毫无理由地增添一些［幻想式的］单元。在他的晚年，他曾試图把他的临床診断的观念扩展到人类学和宗教的范围，这时，他的解释已經是露骨的神話般的东西了[6.140a]。他的信徒們，特别是其中那些打破了他那相当严謹的公式化表述的人們，就更清楚地揭示了这門新的心理学最根本的神秘傾向。由于夷容（Jung）的解释，这門心理学事实上不仅已經回到照社会的意义来講的神話，而且回到［先天］遺传的神話和玄妙的"高級"眞理的概念，这些概念曾經采取这种或那种形式成为二十世紀大多数法西斯主义运动的基础。同样，由于阿德勒（Adler）坚决主张"实力心理"（power complex），他成了为他本国人民的敌人服务的一个出于无心的先知。現在，二十世紀已經过去了一半，精神分析学已經几乎成为有身分的东西和甚至正同教会言欢，它放弃了坚持性爱有其必要性的說法来和牧师們和解，但是却代以一項新成份，即反对共产主义。

关于心理学上其他的趋向，就不須再講什么了，因为，除了第一章所講的神經学上的实驗心理学以外，要么就是重述古希腊的心理学，要么就是带着一种強烈的神秘主义气味的，或多或少被冲淡了的弗洛伊德主义。資本主义世界心理学的任务，正如前面已經引証过的关于工业心理学的例子（637 頁）所示，就是为［資本主义的］政治和經济的組織提供一种科学的詭辯。这种心理学也把改变这个組織的任何企图当作感情失調去加以阻挠和誣蔑。同更早的瑜珈师（Yogis）和神秘主义者的情形（99 頁）一样，对內心眞理的探索乃是消极地承認外界邪恶的一个陈旧的方法。

哲学和神学

关于二十世紀資本主义世界各門社会科学发展的任何敍述，如果不涉及哲学和宗教，或者特别是如果不涉及神学——神学是宗教的理論基础，在中世紀是以科学王后著称——这个敍述将是不完全的。这并不是說哲学或神学都是足与本书已經講过的东西相提并論的科学；它們自称包罗很广；从經得起检証的意义上說，它們的內容却少得很。把它們放在这里加以叙述的理由是因为資本主义时代的社会科学仍然沒有完全摆脫这种前于科学而存在的思維形式、感情形式的各种观念和公式。

为了适应变化着的社会情况，世界上一切宗教（特别是基督教）的理論或神学过去已經改变过多次（149頁，177頁）。将来它們可能还要改变或者完全湮灭。对这个世界要保持一种与現存情况完全格格不入的态度：要把現在綁在过去上头，不論是为了誰的利益，都是行不通的。这就是反动及其在知識上的对等物——蒙昧主义——的最好的定义。只要神学和哲学企图这样做，它們就是自取灭亡。

虽然，在过去，哲学和神学在爭取人心的斗爭中（385頁），就象宗教与科学一样被認为是两大对头，現在它們可以很妥当地被放在一起了。由于在各个資本主义国家，哲学和神学都与維持在一种危险形势之下的現狀的利益有关，它們为了共同防御唯物主义的新哲学，大部分爭吵已經和解了。

在"自由"世界宗教和哲学里面的蒙昧主义和神祕主义，从表面上看，比五十年前更流行得多，这是知識水平普遍落后的一个象征。在我們这个时代，我們亲眼看到，法国革命带給統治阶級的恐惧形成了从流行的不信宗教变为流行的信仰宗教这一变迁的重复。現在这种倒退走得更远，而且更加歇斯底里，因为現在的統治阶級及其仆从們比150年以前的那些人更加被吓坏了。虽然如此，它却变得更加浅薄，更加带有伪善气，这一部分是因为大大发展了的自然科学已經在这一段全部时間內深入人心；而更大的原因是針对着資本主义世界悲观的蒙昧主义現在出現一个生气勃勃日益成长着的不能再加以忽視的替換物（指辯証唯物主义）。

"回到宗教"并不足以完全表示二十世紀知識界的后退，这一点已經講过了（627頁）。特别是在第一次世界大战后的头几年曾經有过以日益活跃的哲学流派的形式出現的。看来好象是一种理性主义的再起：即罗素的邏輯实証主义和威特更斯坦（Wittgenstein）和卡尔奈（Carnap）的維也納学派，怀特海德（Whitehead）的有机体主义（Organicism），以及美国的杜威和华生（Watson）的实用主义和行为主义。新实証主义者对于被恢复的蒙昧主义运动虽然表示过一点輕蔑的姿态，并未提出認眞的反

对；甚至許多新实証主义的代表人物还参加了这个运动。他們的敌人已經改变了；現在的敌人已經不再是教会或者唯心主义的哲学了；而是苏联的生气勃勃的唯物主义。通过他們对一切眞理基础的邏輯批判，实証主义者动搖人們对科学的信念，比动搖人們的宗教信仰所起的作用要大得多。

中立态度所表現的党性

在过去，特别是在十八世紀，宗教曾經因为它的信仰的悖謬受过攻击，并且殘存下来。一种首先为馬克思所充分发展的、深刻得多的批判，現在甚至已經滲透了学术界，并且触动着宗教本身的基本性質，即宗教的社会根源的基本性質[6.158a,6.8]。現在越来越广泛地認識到：在神学和哲学上已經找到传統表現的、对于整个宇宙以及人类在宇宙中所占地位的态度，既不是抽象思維也不是神的启示的結果，而只是反映着一种社会传統所积累的影响。神学和哲学是由人类社会按其自身的想象而創立的。

这样的解释总是受到有信仰有学識的官方卫士們的猛烈反对，所用的名义表面上是那可以完全不考虑社会原因的一种更高超的知識，而且是一种得之于天启、直观或者純理念，因而是"客观"的和"絕对"的知識。坚持这种立場，追寻着回到渾噩无知的境界，并且无視若干科学世紀的社会进展，这正是在一个垂死的社会里面的知識分子普遍的神秘主义的另一方面。这种反对关于哲学和宗教的社会解释的表面理由并非眞正的理由，不承認这种解释的根本原因是因为这种解释将使現在的社会制度遭受攻击。

这些論据是否根据直观、信仰、天启或者純理念，現在基本上已經无关重要了。它們的共性比它們的个性更为重要。归根到底它是主张不以社会为轉移，不因人的行动而改变的、外在的、非物質的存在或观念的存在。用这种观念造成各种很象样的学派和体系是可能的，而且可以把它們銷售出去，或者象柏拉图哲学或托瑪主义(Thomist)哲学的拥护者那样，求助于受人尊敬的传統和古代国民的智慧，或者象各种各样新实証主义和邏輯实証主义学派的教授們那样，把它們当作了看透世俗事物的虛假表象的科学家和数学家們的最新的发現。它們的总是沒有被認識清楚而且极少加以說明的共同目的，和希腊、印度、中国、或者中世紀基督教界中它們的原型所具有的目的极为相似。这个目的就是要維护僧侶或牧师这些有教养的公民的自由与特权，而且暗中还要維护供养他們的这个社会制度。和古时候一样，那些当权的人总是愿意出錢的；因为花极少的錢就可以换取哲学家和神学家們所提供的道德保护、知識保护。

知識界反动的軟弱无力

但是当前哲学和宗教信仰的明显力量却掩藏着一种致命的弱点。正因为它們是巧妙地适合于为一切現存事物辯解，它們已經丧失了发动改革的能力。不論是关于自然的各門科学或者是关于社会的各門科学都不能利用它們来取得新的进展。前面已經講到(599 頁)，数学的邏輯学家和实証主义者們花了巨大的劳力，在各門自然科学方面并沒有获得絲毫成績。这个世紀所获得的巨大进展是根据明显或不明显的唯物主义的实驗，而且是与完全物質的技术有密切联系的(425 頁起)。

在社会的領域內，实証主义哲学的消极性一直是更加非常突出。由于死抓着文字邏輯和象征邏輯的定律，实証主义新起的領袖們才能够論証：一切既不是象数学重用同义語那种分析性的論述，又不是由感观印象証实的、經驗的論述，那就必然是毫无意义的。这样就否定了属于社会科学的每一事物的意义，并且否認了宗教的、道德的或者美学的价值观念。实証主义者們对于大部分通常認为是哲学、倫理学或者美学的东西，拒不承認它們的意义属于不同的范畴，其主要目的并不是要貶損这些学科的声价。他們的目的不如說是要把他們自己的探討范圍縮小到邏輯和单純的經驗，后来更縮小到只談邏輯。他們認为其他的东西都属于宗教信仰或者神秘直观的范圍，因为他們已經自認为滿意地証明理性在这些領域中无能为力。威特更斯坦的“邏輯哲学論文集”(Tractatus Logico-Philosophicus)的最末一节标題为“神秘主义的哲学”，并以如下的詞句作結：“一个人不能够用話来講的东西，他对于这些东西就必須沉默”。在这么古怪的条件之下，現在成立了信仰与理智之間的不神圣条約。

在社会世界和政治世界的一切实际問題上，实証主义者和神学家之間并无爭吵。它們双方都力求証明合理地和历史地解释社会是不可能的。双方都力求对人类知識及成就的范围加以限制。这样就会以一种未經公認或已被公認的神秘主义来代替关于一个物質世界的科学知識所占的地位。双方都是实实在在的蒙昧主义者。不論他們的領袖們可能自認为是多么进步的和先进的思想家，这样的精神态度只能有助于反动。他們就是要打击人們認識和掌握他們自己的社会并且借助于科学来改造客观世界以滿足人类需要的这种信心。

正是在这上头“西方文明”的思想領袖們遭到了最完全的失敗。他們对于当代的巨大問題：如經济不安定，殖民地掠夺，以及战爭，提不出任何新的解决办法。今天的老办法总不外是使武装到牙齿和发揮警察全部力量的資本主义无限期継續下去。不

論这种办法加上什么漂亮名称的标籤——“自由”、“民主”、“基督教的传統”、“公开的社会”[39,40]——它显然不能激起广大男女羣众对于它怀抱任何忠誠。

伪善和逃避

有意識或无意識的伪善从来沒有象今天这样盛行。社会中几乎每一种表現方式都为少数富人及其馴服的政府所操纵了，人的成敗、生計、甚至自由都取决于他有无“良好”的思想了——在这样一个社会中侈談个人自由有什么用处？半数以上的人民都被剝夺了最起碼的生活必需品，他們挨着餓，生着病，保持着愚昧无知，而其余的大部分人都过着无聊的和局限的生活，在这样一个世界中，还談什么机会均等？在这样一种社会制度之下，一个基于为少数人的利益而剝削上述这些多数人的社会体制中，而且其利潤的一个主要来源就是用极其科学的方法把这些人炸死、烧死或毒死，那么还談什么“道德”、“倫理”和“慈善”或者“人类生命神圣不可侵犯”？

因此，毫不奇怪，要避免目前这个世界中这些不愉快的事的冲击，就要把人的心灵引向对更高等的事物的思考，如果做不到这一点，就只好听任它退回各种旧的或新的神秘的胡說八道里去。甚至被人遺忘了的黑暗时代的占星学，現在都能够被用来图利。如果任何人还愿意观察下去，他就将看到目前資本主义世界一般知識評价力的水平是多么远远落后于一百年乃至五十年以前的水平。这种知識評价力更无理性可言、更不健全和更无希望的了。

和平世界的哲学

对未来的希望和对人們凭自己的努力实現这种希望的能力的信念，在資本主义世界只有靠那些摆脫了这种頹废和悲观哲学的束縛的人們不断增加的团結才得以保持。这些人当中有很多人把希望寄託于工人阶級的运动，并且参加了比过去更为猛烈但赢得了更多胜利的伟大斗爭。有些人根据这种斗爭的經驗已經懂得了馬克思和恩格斯很久以前研究出来的各种概念和前景的意义。而且他們再也不是孤立的了。更多的人，不参与他們的哲学，也不贊同他們的大部分政策，現在自己感到不得不对已經以他們的名义做了的事和正准备去做的事表示反对。

种族岐視、对殖民地的压迫、軍备所造成的資源浪費以及最坏的即氫弹所带来的整个人类灭絕的前景已經激起了过去支持冷战的人們的抗議。过去許多人支持冷战，只是因为他們認为“极权的共产主义”的办法似乎更坏。但是随着氫弹的出現，甚至这种反共的心情也被超过了 有些人曾經認为以原子弹武装起来的美国的肯定胜利

是和平最好的保証。貝尔特兰·罗素就是其中之一。但是在1954年他認識到氫弹的巨大毁灭性并且覚得在任何未来的世界战争中一定会使用氫弹。他深知整个的灭絕对于人类将是比共产主义更坏的办法，于是呼籲所有的国家放弃战争，共同来組織一个世界国家。他在他和爱因斯坦联名发表的公开信中提出了这些观点，并且要求召开一个由"鉄幕两边"的科学家們参加的会議，来討論核子战争的种种危险以及避开这些危险的方法。对他說来这是他采取的最勇敢的决定，同时，对这一号召的反应証明了他表达的是科学界中和科学界外許多其他的人的共同意見。

撇开原子核战争的自杀性質不談，現在要为这个世界該鮮明地分裂为两个必然敌对的制度进行辯解，是件困难的事了。苏联新的領导人已經承認，长期感覚到的不公允和压制是存在过的，并且为了結束这种情况已經采取了認眞的步驟去恢复更充分的自由、民主，和去寻求一种反对恢复任何个人当政的保障。冷战中那些旧的黑白区别，无論从哪一方面看来，都不象已往那么鮮明了。冷战現在确实是失去了存在理由了。其他的問題，特别是亚洲和非洲的問題正在冲破旧的分裂。印度的和平影响越来越引人注意。知識分子正在开始把握一个沒有战争的世界所包含着的一些情况，其中特别是象沙特列(Sartre)首先指出的那样，从邏輯上說，放弃冷战并不要求精神上的隔絕，而是要求合作和了解。

首先必須了解苏联在建立第一个社会主义国家的过程中所发生的事情，这是一番巨大的社会实驗，其影响一直都反映在其他社会主义国家和更远的地方。这就为社会科学开辟了一个新的領域，因为，如前所述，过去的各門社会科学已經成长起来，而且所研究的必然是划分了阶級的各种社会，然而这里正演进着新的社会形式，这些形式比各个旧社会的传統发展具有更加有意識的計划性。我們正眼看着一种社会科学的誕生，这种新社会科学能够既是实驗性也是分析性的。

13.6　社会主义世界的社会科学

在本书的第一版和第二版里面我曾略为詳細地敍述并評論了社会主义世界的各門社会科学。現在已經过了若干年，全世界人民对于各个社会主义新国家的性質已越来越熟悉，就似乎沒有必要再这么做了（特别是在本书所譯成那些国家文字的本子中）。❶

❶ 讀者如有兴趣，可参閱1957年的俄譯本，那里面講的比較詳細，但須說明那是在百忙之中写的，由于晚近发生的事件，有些論述应予更改。——著者

現在,在这一节里只宜于一般地指明苏联、中华人民共和国以及东欧各人民民主国家現实的社会革命对于这些国家的社会科学的影响。这些国家的社会科学的发展道路必然是和有着資本主义传統的国家的社会科学根本不同的。当各个資本主义国家的哲学家、經济学家、史学家和其他社会科学家們对于第二次世界大战前后发生的紛扰事件感到困惑的时候,苏联的社会科学家們却面临着大量的实际問題,忙于极不相同的工作。他們在从事于物質的和社会的創造工作,藐視着最令人沮丧的困难从事于建立一种新型的生活,这种生活是表現在工厂(这里的工人們对于生产的改进有着积极的和直接的兴趣)、在集体农庄、在亚洲新开办的地方企业、在卫生和教育这些伟大的社会服务事业中的。由于当时这个新生的社会遭受到国外敌人的包围和国內斗爭的困扰,他們不得不度过紧张的岁月。

第一个社会主义国家

在十月革命以后三十四年中,苏联是世界上唯一的社会主义国家。它的人民不得不靠他們自己的智慧建立一个新型的社会,并且在前进中找出怎样去做的办法。它的全部历史是克服了国內自然界和社会方面頑強的困难,克服了資本家們的深刻仇恨(表現在战爭、經济封鎖、和从未中断过的敌对宣传和顚复活动)的宏伟的創造性努力的历史。能够在困难面前坚持下来,并且建立一种新的文化,需要前人所未显示过的那样一种决心、紀律和耐心。

当然,那些时候的伟大事件比同一时期資本主义世界所发生的事件在更大的程度上影响了各門社会科学的思想方法和学理。因为,在苏联,經济思想和政治思想不是学院式的装璜,而是日常生活和社会主义建設的巨大任务中的一个重要部分。的确在苏联,过去事态变动之快,让思考性的思想总是跟不上,只是在我們这个时代才有可能把从 1917 年到現在所发生的实际变化对于所构成社会思想和經济思想的影响,加以分析。由于缺乏时間和沒有接触原始資料,我显然不是能进行这样一种評价的人。我所能做的只是极簡单地指出我所認为是主要的影响,把詳細評价这些影响的工作留給别人。

十月革命及其影响

最大和最持久的影响是伟大的十月革命本身的影响,这个革命是由列宁艰难締造的共产党完成的。在革命前后,列宁在他的許多著作中所表达的思想(前面已經簡单提到过)(611 頁)影响了以后将发生的一切。虽然,有时他的思想被一些人模糊了,

而且在某种程度上被拘泥为教条主义，但是他的思想是不可磨灭的。列宁留下的最宝貴的遺产还不止于学說方面，而且还在于在实践中表述了他的学說。不論形势如何困难，如何危险，不論要采取什么非常的措施来应付这种困难或危险，列宁总是相信人民的，傾听人民的意見，把人民当作知心人，因此，他时刻不忘羣众的認識、意志和希望。斯大林个人当政的某些最坏的特征，其根源就是一时忘記了这个教訓。

除了向社会主义过渡的时期他所作的历史性的貢献以外，作为一个社会主义理論的闡述者，斯大林起过了很大作用，特别在关于民族問題的概念以及坚持必須为最后向共产主义过渡建立一个強大的經济基础方面。他晚年的和那时苏联的悲剧，在于他让自己的一些行动同自己的一些原則有过那么大的距离。(看"苏联共产党史"修正版)

我們总是过于从少数人的角度来看历史，这部分是因为只有以这种形式把它压縮起来，才能抓得住。十月革命的眞正影响乃是在共产党、工会和集体农庄中組織起来的千百万苏联男女无数斗爭行动的复合体，即为了一个目的的創造工作和献身。恢复国家的經济和击退外国干涉这些最沉重的物質上和政治上的任务都落在共产党的肩上。特别是这个党必須在沒有得到原先执政者的絲毫帮助反而常常遭到他們或明或暗的敌对行为下进行这些工作。这个党必須发現和毫不延迟地采用各种新的社会形式，这些形式是符合于这个世界上前所未有的社会的。共产党員們如果不是已經掌握了認識社会动力的鈅匙，即掌握以协同的行动解放千百万人的主动性和全部潛在能力的方法，他們决不能完成他們已經完成的事业。他們是从馬克思和恩格斯的著作中找到这把鈅匙的，他們領会了这些著作，并且根据他們自己的經驗予以发展。只是苏联共产党才必然有效地实現了人类历史上这个重大的步驟，即关于世界上第一个社会主义国家的創立、維护和发展。

苏联：一个多民族的国家

苏联本身已成为一个多民族国家的第一个榜样，它解放了[它国境內的]一些历史上已有的民族，并且把以前只是被压迫的人民和部落变成一些新民族。現在中国已經在仿效，世界許多其他地区也将仿效这个榜样。它为調和各民族集团在文化上历史上的独特性以及在政治上和經济上的相互依存性开辟了道路。

苏联的民族政策对苏联以外的国家有着及时的重要影响。它給全世界殖民地和帝国主义所統治的国家一切被压迫的民族提供了一个最生动的范例。这些国家可以看到通过自己的努力，坚持他們自己的民族文化的权利和同时发展为一个迅速前进

的現代工业国家,事实上是可能的。这就是亚洲、非洲和拉丁美洲民族解放运动新的信念的秘密所在。再往后,它还鼓舞了亚非各国的万隆会議,这些国家作为巨大的"中立集团"的一部分,已經大大改变了世界政治的面貌,并且粉碎了冷战所造成的鮮明的分裂。

計划化的工業和集体化的农業

由于工业計划化特别是1928年重工业的計划化,使得苏联在物質文化的发展方面作出了最伟大的貢献,从而把社会主义的原則具体体現于实践,并且証明了,在一切困难条件下,社会主义的、以满足消費为目的的計划生产比資本主义的、为利潤而进行的竞爭生产(即使在垄断組織产生后,这种竞爭已經有所改变)更为优越[1]。这种效率最高的計划方法的发現,例如利用自然資源,募集和訓練一支有高度技术的劳动力量以及中央和地方組織之間适当的均衡等等問題必須在实践中研究出来,因而构成一种新的經济制度的基础。社会主义生产尽管犯过不只一个錯誤,但由于事实証明它的速度和稳定性大大超过了資本主义的生产,人們从它取得了教訓。而且这是一个普遍的教訓,它迅速地适用于任何实行社会主义原則的不发达的国家,中国工业空前迅速的进展就是証明。事实上在中国实行起来比在东欧那些国家(它們的工业显然比較先进,但旧的資本主义方式的束縛也比較重)要容易得多,这些东欧国家犯过試图在这些沒有足够的自然資源和人力的小国中建立[过分]庞大的重工业的錯誤。这些国家通过經济合作現在正克服着它們的錯誤,因此再一次表明了照計划办事的优越性。这不仅对于象印度和非洲的新国家这些不发达的国家,而且在各个工业資本主义国家都已經有了深远的影响。

在苏联,紧接着工业計划化之后,以及作为它的一个必要的补充,已經成立了集体农庄来代替1917年废除貴族土地所有权以后形成的孤独的和大小不等的农民經营,借以改革农业生产方法。沒有这种农业集体化就不可能利用在开始为数不多的农业机器来为越来越多的工业人口供应足够的粮食。集体农庄的办法并不是解决这个問題的唯一办法。現在苏联这个办法本身已經有了很大的改变,因而有了更多的資源可供利用。另一方面,在中国,人民公社的成立使得地方工业和农业可以結合起来,因而解决了东方农业上久悬未决的农村就业不足問題,而农村就业不足却至今还是印度的大患。人民公社的目的在于增加农业生产,同时改善农业工人的生活条件,

[1] 見 J. D. 貝尔納:"沒有战爭的世界"(World Without War),1958年,伦敦。——著者

使之达到城市的水平。不管最后获得的解决办法是什么，苏联和中国的經驗証明这个問題是可以在一个世代以內解决的，并且証明这个世界能够而且应該不用对原始农业中的大多数人进行掠夺和压迫来向前发展。

战爭：它的陰影和餘殃

如果让苏联的經济和社会的发展在和平环境中进行，那末，苏联各民族以及苏联以外的各国人民的心情会是完全另一个样子的。事实上，苏联从来沒有摆脫各資本主义国家消极或积极的干涉，这种干涉在第二次世界大战中达到了頂点，这次战爭毁灭了苏联最富足的地区，造成三千万战士和公民的死亡。❶ 在同一时期，中国人民受資本主义国家資助和唆使的国內封建集团和資产阶級的压迫，以及几乎从未停止过的战爭（包括內战以及抗日战爭）的苦楚。

这些事件很可以說明从1933年希特勒上台时开始的紧张年代到1950年以美国为首制造冷战的新的紧张局势为止这个时期中的苏联对內政策。实际上苏联在这个时期一直处在一种被包围的状态中，这种包围状态。虽然可能緩和，但是只有在世界輿論的影响下結束冷战才能解除。在这种形势之下，只有具有最大决心的政府才能頂得住，这就很可以說明人們为什么承認斯大林的个人当政，以及尽管他有一些不公允的和独断的行为，但仍受人們尊崇。随着苏联經济上日益增长的成就，現在这种情况已經結束了，我們已經看到在赫魯晓夫更自由、更民主的指导下，苏联在教育和科学方面的成果。从朝鮮战爭开始，年青的中华人民共和国所遭受的同样困难也要求一种严格的紀律，这种紀律对于在这个大部分仍在資本主义統治之下的世界，建立一个能够生存发展社会主义国家，是非常重要的。对于一个仍然处在为生存而斗爭的情况中的社会主义文化的社会思想性質作任何評价，都必須把上述的理由考虑在內。現在还沒有人能够繪制一幅很均衡的画象，既表出客观形势中种种困难，也表出各个社会主义政府在应付这些困难时所犯的毛病、对原則的放松、和确实不够公允的处置。但是，这将是一件极为重要的任务，因为它涉及馬克思主义最根本的問題以及在建設社会主义和向共产主义过渡期間管理国家的特殊問題——馬克思和甚至列宁都只能約摸預見到的問題。我們所需要的不是贊揚或貶斥，而是对于一个迅速变化的社会里面个人和运动的关系的更深刻的認識。这是政治学的主要問題之一，解决得越好就越能够为进一步的行动提出警告和教訓。关心人类幸福事业的人誰也不能不对随着建設第一个社会主义国家而来的一些苦痛和欠公允而伤心。有些苦痛

❶ 見苏联人口調查表。——著者

和欠公允是不可避免的;为了避免其他的这种情况产生,必須而且正在吸取居然产生过这种情况的教訓。但是,这种情况的发生,并不能使社会主义的敌人得到眞正的安慰,因为,不管一切內部和外部的困难,苏联仍然健在,并且显示了足够的潛在力量来进行改革。

这种改革正在継續进行,而且迅速进入一个与同时发展重工业、消費品和房屋建筑的七年計划所提出的可能性相适应的新阶段。未来的苏联以及同苏联站在一起的一切社会主义国家将具有充分能力(这是任何資本主义国家所办不到的)尽量利用新的科学技术革命以及这个革命对人类社会的轉变及其規律的一切影响。中国人民全体不管它的經济問題多么复杂和原来的經济水平多么原始,它将不須等待好多年就也会取得它的辛勤劳动的报酬。

13.7 走向研究社会的新科学

在苏联,已經同过去时代发生了决裂,而且这种重大的变化还在不断发生,还处在較早的阶段。这件事实使得对苏联的各門社会科学作任何詳細的論述成为困难的和沒有好处的。但是这里可以簡要地追述它們发展的历史,特别着重已經出現的、关于社会思想和社会分析的新路綫。

苏联社会科学家所处的物質环境和政治环境与各个資本主义国家的社会科学家所处的大不相同(656 頁),这种情况只能說明在这两种文化里面从事科学研究本身的差别的一部分。另外还有其他历史的原因·在沙皇制度下馬克思主义者在官方和文化界当然从来沒有起过很大作用。一个为馬克思主义所鼓舞以及主要为产业工人所支持的政府取得了政权,当然要尽力改造各門社会科学,并且使它們取得馬克思主义的根据。但是这一改造过程是緩慢的,困难的,而且容易发生錯誤。馬克思主义原来是或多或少被迫害的少数人的学說,現在是享受着国家的維护了。但是把俄国的各門社会科学当作只是代表革命的馬克思主义的传統的直接継續,必然是錯誤的。这首先需要一个长期的同化过程,这个过程来得比較慢,是因为所有最能干的馬克思主义者从革命时期起主要是从事于行政管理和政治工作。最初阶段的情况是原有的社会科学家吸收馬克思主义的观点,而且只是經过最初的二十年以后,在馬克思主义者的主持下訓練出来的青年男女,才相継出現。对苏联建設的效忠和热情并不一定表示認識和接受了馬克思主义。

这些科学的主要对象,即人类社会及其文化和制度,由于革命而发生了根本变化,并且在其后各年中以不同的速度継續演进。这就必然向人們提出了使用一种新

研究方法的要求，并且为比較創造性地运用馬克思主义的观点开辟道路。的确，这些旧的学科，如历史学、人类学和語言学的学者們仍然按照他們比較熟悉的方法繼續进行研究，虽然是得到了一种新鼓舞。反之，經济学家們却不得不从和过去市場經济与利潤經济根本不同的基础出发重新开始他們的研究工作，并且，在創立新的經济形式和新的經济措施上面（关于这些形式和措施，在馬克思主义經典著作里面只能找到大綱而已）不再是旁观者，而是参加者。至于社会学家、心理学家和教育学家所代表的比較新的学科，它們从未經历过和資本主义国家一样的学院式的发展。这些学科的代表人物的工作仅仅是建設和教育一个新社会的实际业务的一部分。政治学更是彻底地湮沒在实际政治中了。代之而兴的，在某种程度上說，是馬克思主义哲学的发展。但是，这却带来了一个結果，这結果对于这个服膺馬克思主义而又掌握了大权的政府和党来說是不該如此然而居然如此的．苏联奉行的馬克思主义哲学由于所担負的政治責任十二分沉重，它表現的創見和发展反而比馬克思主义者还是在野的时候所表現过的少得多。最近二十年来苏联在发展馬克思主义理論上所做出的成績，似乎确实比苏联国外，特别是比中国，但也比意、法、英和其他欧洲国家少一些。

因此，总起来說，象是从苏联社会的实际发展中所能学习到的东西还多于从苏联的学术界的社会科学研究結論中学习到的东西。在一切都必須改变或者必須重新开始的地方，对于每一个职业的社会科学者說来，那里都有成千上万从事实践的人們，他們甚至不知道他們其实都是一些社会科学家，这些科学家是在他們的生活和工作中从事于改造和創造各种社会形式，并且从他們的成就和錯誤中努力学习到在处理人与人之間的关系上什么是可能性的限度。当人民正在改造他們的社会时，他們所奉行而又能够用語言表达出来的理論，都不免簡单一些。关于社会的彻底的科学的研究必須在变化稍見稳定并且出現了可以認識的范型时才能开始。但是，由于苏联的各种社会形式与各門社会科学的发展以及这种发展对科学的社会面貌这一整个問題的关系重要得不能略而不談，因此必須甘冒一次不全面的論述的危险。現在，即使根据苏联的資料，也无法做出完全令人滿意的說明，因为，特别在人文科学和社会科学方面，由于斯大林时代要求政治上步驟一致而产生的空白点和輕重失当，現在才正在被发見被糾正的过程中。

尽管受到这些限制，但是，在苏联，正出現着好些新經驗和关于社会的新科学，它們的影响或多或少地遍及全世界。我可以举經济計划化的概念为例，这概念已經是社会主义世界的常規，而且亚洲各个非共产主义国家，如印度也起而仿效。甚至美国，在文字上也曾有所謂馬歇尔"計划"。

对历史的重新估价

这个影响不仅与新的社会形式有关；它还包括关于过去和其他現存社会的研究。这个研究的特点之一在于重新注意历史和相关的科学，在这些科学中运用馬克思主义不仅已經产生了新的解释而且发現了新的材料。这些研究首先处理了俄罗斯和苏联其他各民族的文化遺产。史学，考古学和人类学空前发达。苏联的考古学家，通过周密計划和完滿进行了的田野工作队揭开了过去无人知道的地区的秘密。許多这一类的著作虽然出版了，世界其他地方并非充分地知道。但是我們已經知道，新石器时期以后，在俄罗斯和中亚細亚，从来沒有人覚察过的文化和文明一直是蓬勃发展的。这种大可說明民族迁徙不断起伏的新知識早就应該已經成为世界史的不可分割的一部分。

詳細地重新估計欧洲的历史是更加有必要的，这是因为欧洲的历史与我們自己的問題更接近。而苏联的历史則不管西方基督教文明的騎士們怎样否認，一直是欧洲历史的一部分。早期俄罗斯部落一方面和北欧人另方面和拜占庭的关系已經找到了綫索，并且确定了俄罗斯部族所具有的独特的民族性質。但是俄国史学家的研究工作并非以此为限。例如，学者們公認科斯明斯基（Kosminski）教授关于英国和法国中世紀历史的研究，对封建制度的兴衰投射了新的光明。这种根据馬克思主义研究历史的新方法已經在苏联国內外获得了成果。

俄罗斯科学的历史

由于过去过于忽視，現在新的注意力集中于科学和工艺学的历史是有特殊意义的。这种情况在苏联早就开始了，苏联代表团在 1931 年倫敦召开的科学史大会上提出的报告，由于揭示了一种把科学当作一种社会和經济現象，而不是当作一种絕对和純粹思維的表現去研究的新途径，产生了重大影响。[4.86] 可以說，这个冲击已經促成了一个全新的学派，这个学派以它所提出的批判，已經确立了科学在社会历史上的重要性。从此以后，一些比較深刻的研究已經扩大了全部图景，并且消除了早期粗枝大叶的情况。例如，瓦維洛夫（S. I. Vavilov）对牛頓的研究（271 頁）[4.108] 特别值得注意，它对牛頓的著作作了更深刻的观察，并且对牛頓的化学和原子理論的思想根源提出了更容易理解的說明，这一点是以前沒有人注意的。

当然，大部分的注意力是集中在俄国科学的历史方面，对于这一課題早期的科学史学家們多半是不公允地忽視了的。在这里作为促进国民昂揚斗志的运动的一部

分,有时不免把俄国科学家占了优先的情况,說得过火了一些,但是这并不該使我們因此就把已經进行的各項研究工作的眞正价值一笔抹煞。这些研究应該引起对俄国的科学家多少世紀以来极为宝貴的貢献的普遍承認。和罗巴切夫斯基（Lobachevsky)、門德列夫和巴甫洛夫这些著名的人物一样，俄国还产生了有創造天才的科学家和发明家，如化学家布特列洛夫（Butlerov，1828—86年），物理学家罗狄金（Lodygin)（356頁）和波波夫（436頁）以及飞机的首創者楚柯夫斯基（Zhukovsky，1847—1921年),其他就无須多举了。苏联对工艺学历史，的确也比产业革命发源地英国付予了更大的注意。

各門社会科学的地位

在苏联,对人类学❶有很多研究以外，据我所知，社会学及社会心理学都不很发达。对于它們現有的性質所抱的反感，已經在某种程度上阻碍了各門新的社会科学在苏联的发展，这些新的社会科学該是以馬克思主义所重視的各种历史和經济的因素为根据，而又比資本主义国家更誠实更明智地运用着这些国家所发展的統計学和因素分析的新技术的（633頁起)。这样做之所以更为重要，是由于在一个迅速成长和不断产生各种新組織形式的社会中，有可能去发展一种动态社会学，这样的社会学应当有助于使各种改变来得更容易和避免錯誤,如果它具有任何科学的价值的話。

在这方面，特别重要的是社会心理学所应該发揮的作用。認为改革生产方法和适应生产关系本身就将消灭各种心理失調的原因,这样說已經不够了。眞的,正象我們現在所知道的那样,強制和粗暴宣传这些方法,即使使用它們是出于最好的动机和为了最好的目的，都将加重打算用它們去医治的毛病。目前的恢复說理和說服的政策,对于一种有效的社会心理学的发展和应用将提出很大的要求。关于此事,我們已經可以拏馬卡連柯的生活和工作为例的引証了建立新集体农庄和工作队的許多实际的例子(660頁起)。象他那样的人已經証明：如果每一个男人和女人亲身体会和認識到他对社会的重要性,并且有机会使他的意見在日常工作中起作用,一切阶級社会的特点即自卑感和沮丧情緒都将大大消灭。

苏联的經济学

經济科学是馬克思主义思想的中心。但是眞正到列宁的时代为止，我們所看到

❶ 英語中的 anthropology——人类学,苏联和欧洲大陆各国称为 этнография—— ethnologie ——民族学,我国今亦如此。——校者

的几乎完全是关于資本主义經济学的批判分析，而且已經証明：向人們指出避免做什么，比告訴他們要做些什么，对新社会帮助更大。苏联的全部历史就是一部經济革新史——国有化的工业，集体农庄以及由国家掌握的投資和对外貿易。在同时，允許私人經营的商品生产却曾継續存在。为了資助这些企业，已經改进了一种銀行（信貸）制度。我們应当从这个最后获得胜利的成就，学到很多东西，哪怕只发現資本主义經济和社会主义經济[各自]的一些公同的不可分解的要素也好：例如在价格并不取决于市場而是能够在一定的限度內按照政府的政策来規定时关于成本和价格的理論。在这时工資問題当然变得更复杂。在战后年代中，苏联政府宁愿以降低价格的办法来提高实际工資，以免付給熟練工人的高額的鼓励工資受到妨碍。但是，这种悬殊現在似乎是被拉平了，这是由于提高了收入較低的工人的工資，并且让工会負更多的責任来規定工資率。

人們已經写了好多东西講苏联的各种經济問題，但是无所遺漏地闡述所有这些問題的著作的譯本，我还不知道从哪里可以找到。在这方面，国家正式出版的政治經济学教科书显然滿足不了人們的要求；这教科书已經受到严肃的批判，最近并且已送回作全面修改。因此似乎可以說，社会主义經济理論尙未經过全面的研究，而且免不了引起很多的爭論。直到最近，苏联經济学家所遇見的一个困难，在于大部分統計資料已往曾为了安全而保密和仅仅在不久以前才公开发表的。还必需等新政府过几年，才能获得一个更自由、更地方分权的經济給人的教訓。

計划經济

苏联經济学上最重要的革新就是計划化的实践，开始是一年一度，后来是五年一期。这种計划就是社会主义基本目的的表現。斯大林恰在逝世以前对这个目的作了如下的表述：即"……用在高度技术基础上使社会主义生产不断增长和不断完善的方法来保証最大限度地滿足整个社会經常增长的物質和文化的需要"。为了达到这个目的，必需相当詳細地实行計划生产和計划消費，以代替追求利潤的动机和自由市場，追求利潤的动机和自由市場則不单是給資本主义世界带来繁荣，同时也带来了萧条和战爭。对于在长时期內合理分配給社会消費的物質和人力生产資源，有意識的計算，代替了許多因素的偶然的相互作用。这个进展具有根本的科学的重要意义。它代表社会进化所达到的一个更高的阶段，非常象中央神經系統的出現代表有机物进化所达到的一个較高的阶段。

达到这个較高的阶段，本身就是一項困难的工作。只是通过尝試和錯誤，才有可

能在好多年中取得一套經驗，到現在，这套經驗几乎已經成为一种例行工作了。目前，爭取不用推迟工业战綫的进展而达到一个高級的消費水平的这个战后运动，需要把根据以前的經驗来訂計划和对发展情况进行严密检查，这两种举动結合起来。計划这个詞对于反对計划的人以及受他們蒙騙的更多的人說来，是一种強加于社会的严峻的和人为的东西。苏联的計划从来不是那样；这种想法与苏联生活的整个精神状态是背馳的。每一个計划标明着这样一个意图，那就是千百万人民，通过他們的各种組織，分工合作来实現为共同福利計的共同任务。他們在工作中遭到許多基本上是事先想不到的困难，但是也看到一些出乎意料的机会。在这两种情况下，計划将被修改，而参与計划的人并不只是执行严格的訓令；而是随时准备改善和加速。根据我們的（指英国——譯者）按步就班的緩慢方法，我們很难想象这些事情怎么能够做到，但是事实上計划是胜利地完成了：市鎮、工厂、运河、水坝以及鉄路都兴建起来了，其速度比任何外国专家認为可能的速度要快得多。

这种完成計划的速度，特别在工业化和农业集体化的最初阶段，引起了另外一种批評，这种批評是以計划"造成社会秩序混乱以及个人受到折磨"的代价为根据的。現在已經承認，如果采取了更民主和更注意說服的手段，这类情况是可以多少避免的（652 頁）。但是，一种迅速的变化，它本身就是必需的，而且这样极高的速度是国外势力迫使苏联非如此不可的。

其他不发达的国家，象印度的經驗証明，一旦它們摆脫了由于帝国主义掠夺而強加于它們的經济停滞之后，对重工业的最低投資率占到百分之六左右。对于这样一个国家来說，工业投資率的慢慢增长，这就是說，在其他国家都在更快地向前发展的这个世界中，却让自己的大部分原始的生产方法保持原状，这就必然造成相对成本的上升。竞爭兜售是困难的，而这个越来越落后的国家就被迫越来越仰承帝国主义掠夺的鼻息，例如，1949 年以前的中国就是这样。企图采取一种緩慢的改革，使得大多数保守派的利益受到尊重，实际上是以促进改革之名来阻止一切改革。关于农业上所有制的改革尤其是这样，在富农势力很大的地方，他們的恩惠或恶狠能够成全或毁灭一个穷人，这种势力只有靠貧农的坚定而迅速的共同行动才能推翻。在意大利、印度这样一些不同的国家，类似的困难已經破坏了土地改革的計划。

由于这些原因，苏联的农业革命，以及它的必不可缺的基础即工业建設，是必須在很短几年之內完成的。其次，即使一个較緩的运动也可能达到目的，但时間却不允許它这样做。那样，在苏联还不曾准备好很久以前，它就会被納粹的进攻所征服，全世界的文明也就会倒退几十年。

社会的責任感

經济計划的完成要求一种以前从来沒有达到的社会責任感。計划的完成对政府和人民都提出了問題。行政管理人員总是被迫走捷径，而且在他們不能进行說服时，就強迫行事。人們总是被謀求个人利益之心所驅使，这在旧社会中本是一种德性，但是如果謀求私人利益而牺牲集体利益，那就可能成为一种犯罪行为。有关的双方都可能发生錯誤；这里存在着誤会和冲突；但是，正如列宁所說，“錯誤是不可避免的，——任何人都不是完美的。重要的不是不犯錯誤，而是少犯錯誤、和不犯大錯誤，并且从錯誤中吸取教訓”。

社会責任感的养成已經經历了一个世代的教育和經驗，而旧的习慣仍然不是很容易就死掉。但是，在一个近代工业的科学的世界，不仅在苏联而且在任何地方这是非走不可的一步。走回头路是不可能的。組織起来是任何一个工业国家所必需的，但是如果缺乏責任感，这就无异于把人类的命运交給富豪政治家和黑帮，对这些人的統治，我們現在应当已經有了十足的經驗了。

教 育

年青的苏联所面临的社会和教育的任务同它所面临的物質任务同样重大。有着很多民族和語言的广大落后的、阶級分明的、充滿了迷信的羣众，必須設法使它自己达到最高的技术水平和文化水平。較早的，即資本主义和封建主义时代的把人同人隔离开的根深蒂固的利害关系和思想方法，偏見和对抗，猜疑和恐惧，必須首先加以制止，然后通过教育来予以消除。从量的方面說，苏联教育发展的历史是一个迅速而不断增长的历史，从內战尙未結束以前就已經开始，一直継續下来。在 1913 年，受初等教育的儿童只占 20%；到了 1932 年教育普及了，到处都是的文盲已被扫除。1913年，受高等教育的人只有 1%，而且只限于上层阶級的男性青年；1956 年受到某种形式的高等教育的人为 9%，这些人都是从各个职业集团中选拔的，女生几乎同男生一样多。

苏联的教育工作不限于儿童，而且也照顧到成年人，甚至更多地照顧妇女，她們对新文明做了这么巨大的貢献。苏联早期造福于全人类的两大成就就是把妇女从一种隶属于男子的状态解放出来，以及让所有的人，不分年龄、阶級或民族，都有受教育的机会。这种教育比資本主义国家的所謂公共教育要伟大得多。在那些国家，大多数人都是为找工作而受教育，而且只有那些能够同化的“优秀分子”才有受高等教

育的机会,这种教育是为了使他們参加統治阶級而設計的。在苏联,流行着列宁的名言:"每一个廚师都必須学会管理国家"。

苏联教育的格調在它短短的历史中已經經历了若干次变化。在革命后的最初十年中,打破旧制度束縛的要求,以及認为民主应該扩展到教室的感情,一并导致了向自由教育方面走的各种实驗。这种实驗中有少数具有永久的影响,特别是馬卡連柯的实驗,他用強調他們的自尊心和彼此互相效忠的方法把一羣怠惰成性的儿童組織成一个成功的和自給的公社已因他所著的"生活的道路"(The Road to Life)这本书以及根据这本书拍成的电影,成为不朽的。[6.155c] 虽然馬卡連柯本人曾經不得不同那些不能了解紀律的必要性的教育家們有过強烈的斗爭,他的著作却鼓舞了整个苏联教育学家的新生一代。他的基本原理,"对一个人要提出最高可能的要求,但是同时应給他以最大可能的尊重",是社会主义新世界对待人格和責任心的新态度的要义。他的集体农庄即高尔基社的眞正性質,用他自己的話来解释是这样的"这个集体农庄有一种极其复杂的从属制度,每一个人必須使他自己的努力与别人的努力一致;……这样,他的个人目的就不致与共同目的抵触。……这种一致性是苏联社会的特点,对我說来,共同目的不但是主要的、支配一切的目的,而且是与我的个人利益有关联的"。这是許多其他苏联企业的經驗教訓的一种表述。

但是具有按照这个办法来办学校的直觉和品格的只是比較少的教师。这样做的企图事实上对学生的水平有过很坏的影响。1928 年在斯大林的守旧的影响下又走到另一边去,提倡紀律和尊师,还加上与革命前不同而更偏重自然科学的沉重功課負担。課外的社会教育和許多体育活动交給少年先鋒队和儿童宫这些組織去办。一种新的根本变化現在正在进行,它反对教育上的形式主义和学院性質以及它們所要求的繁重的书本工作,并且主张較短的鈡点和較多的实际經驗。在各大学和高等技术学校正在进行类似的改革。

受过教育的人民

苏联的教育政策,在苏联的整个經济和文化演变中有着决定的重要性。这个政策的最大成就就是普及高等教育运动。科学和文化已經从原来属于一小撮的优秀分子,变为属于全体人民。只有通过受过完全教育的人民,一个現代化的工业的国家才能够动作起来和受到珍視。自动化的工业、科学的农业、以及研究的需要,要求把受过高等科学教育的男子和女子的比例提高到十分之一或更多。所有的人民都該知道重視科学。反过来說,却只有这样一个富足的社会才能够維持这样多的人口长时間

在学校受教育。

这种新的普及的科学教育的影响将不限于苏联。这一成就必将不可避免地推广,而且不仅在各个社会主义国家中推广;其他各国,虽然社会制度不同,也会加以仿效的。从长远来看,甚至从几十年的短时間来看,不用說要支配这个世界,即使只想在这个世界生存下去,都将要求大批受过技术訓練的人員,要求全体人民具有足够的科学知識,主动地和他們合作。不論美国或英国都已經承認苏联每年培养出来的科学家的人数,按人口平均計算,为美英科学家人数的两倍至四倍。这个事实引起了他們的慌恐和失之过晚的仿效苏联的努力。在英国,这种情况已經引起对划分阶层的教育制度的反对,这种制度被認为是上层阶級統治的重要堡垒。(637 頁起)这个堡垒是否強有力到了甘冒牺牲国家工业地位的程度,还得看将来。不論各个个别国家的命运如何,一般趋势現在已經很明白了。世界正在向科学迈进,而且人民越早看到这一点并且行动起来就越有好处。

社会实驗

由于前面已經举出的理由(655 頁),显然苏联对社会科学的最大貢献在于建立一种新文明的各个方面,特别在經济計划化和教育方面,而不在于形式的社会理論的探討。这种探討是只有当已經取得的进展能够在今后一种不象冷战那样紧张的空气之下受到重視的时候,才能出現的。同时,苏联生活的另一方面,即社会实驗和个人的首創精神所占的地位也值得叙述。对苏联的一个常見的錯誤認識就是認为苏联所做的一切是通过一个极权的国家命令的影响才做到的,而人民的作用只是或多或少不愿意地服从命令,但这种錯誤是只要对苏联有一点点經驗就会消除的。党和政府的任务在于在自己的智慧的限度內挑选和培养可認为效忠于共同福利的人,并且通过表揚,让各地学习他們的榜样。全部苏联的历史是一部社会組織的各种新形式的演变的历史,这种演变是从苏維埃——当地自发地选出的工人、农民、士兵来掌握政权的委員会,——自身开始的。更晚近的則是联合提出詳細改进工作方法的合理化建議者和建議根本改革的工人革新者的工人組織。由于沒有老板和工人間旧的利害区别就产生这样的認識:即一个人的貢献可以有利于全体。知識和技术的垄断再也沒有什么好处了。我們开始看到,不是为了个人生活,也不是为了个人收入,而是为了社会,解放男人和女人去劳动所能产生的結果。

从社会主义到共產主义

不論我們对于斯大林当政的后期的缺点的批評如何严厉，不論这些缺点对苏联社会的影响如何深远，最近几年发生的事件应該可以充分表明这个制度本質上的健全和大多数苏联公民所发揮的忠誠和工作能力。显然，从物質和教育的进展上看，社会主义的进步从来沒有停止过，虽然这个进步可能不象在更好的环境下所能够取得的进展那样迅速。对于斯大林个人专断的糾正系来自內部，而且也沒有人做过任何企图，要让它永久存在下去。这就足以証明，苏联人民永远沒有忘記列宁所提出的理想。相反，正在尽一切力量去防止这种缺点的再度发生，并且发动了一个更大的民主和更多的精神自由的运动。这个运动可能推行得极广，而且根据苏联的传統和經驗看来，这个运动可能是按照馬克思首先看到的路綫进行，但当然不免要超越这个范围，因为現实总是会超越想象的。

光是根据它的历史或者它的現状是不可能了解苏联的新的文明。因为它本質上是一个有目的社会，即在一生的时間以內完成从社会主义到共产主义的全部过渡，十月革命只是这个过渡的第一步。苏联各族人民，不怕冷战的威胁，現在再度担負起由于希特勒的侵略迫使他們推迟了的这个任务。共产主义的經济不是一种有决心的簡单行动就能建立起来的。从資本主义"按財富分配"的阶段到共产主义的"按需分配"，其間必然要經过一个社会主义的"按劳分配"阶段。只有这样，才能从不平等的、变态的資本主义的生产制度出发，建立起能够滿足这一切需要的生产机构。馬克思很早以前就預見到这个中間的社会主义的阶段。他了解到当时空想家所沒有了解的东西：即一个社会必需物質上极其丰富，才能提供为完全的共产主义所要求的，比較丰富的关于物資和福利事业的分配标准。馬克思在他的"哥达綱領批判"(Critique of the Gotha Programme)(1875年)中非常清楚地指出了共产主义的性質和在实現共产主义以前必須具备的条件：他說，

> 在共产主义社会高級阶段上，当那奴役人們、迫使其服从社会分工的情形已經消失后；当智力劳动与体力劳动的对立已随之消失后；当劳动已經不单单是謀生的手段，而且本身已成为乐生的第一要素时；当生产力已随着每个人在各方面的发展而增高，一切公共財富泉源都尽量涌現出来时，——只有那时，才可把資产阶級式的法权的狹隘眼界完全克服，而社会就能在自己的旗帜上写着：各尽所能，按需分配！[6.159]

过渡到共产主义究竟要多长时間，这得取决于让苏联各族人民不受来自資本主

义世界的破坏性的干扰以实現他們自己的建設目的的程度。

根据将近一百年所积累的經驗,現在已經可能看到实現这一过渡的必要步驟。这些問題在斯大林的"苏联社会主义經济問題"(Economic Problems of Socialism in the USSR)里面已經有所論述,并且証明不論他的行动如何偏差,他的眼光却是多么清晰。这些問題本質上就是社会主义社会中丰富的物質財富的生產和迅速的文化發展。只有一个眞正富裕的社会才能成为共产主义的社会,才能把它的財富分配于需要它的地方,而不是用財富去劝誘某一些人比另一些人生产更多的东西。只有一个有文化的社会才知道怎样生产极丰富的財富,并且知道怎样利用它。

在苏联,这些并不仅仅是一些向往,而是正在一步一步見于实行的綱領的一个部分。前面講过的关于教育的发展証明:由于进行着对工业和对自然的改造,并沒有把第二阶段的条件留到以后再說,而是正在同时并举。人們認为在此时此地为未来的共产主义国家而劳动是值得的。共产主义已不再是一个遙远的烏托邦,而是个显然能够实現的社会安排,通向共产主义的道路可以越来越精密地繪出图形来。它让苏联各族人民做了許多不仅滿足他們的物質需要,而且滿足他們的正义感和人类尊严的工作。因为他們滿怀信心認为他們或者他們的孩子将眞正实現共产主义,所以他們能够为它而工作。它的重要意义也不限于苏联。他們所做的一切已經激动了全世界的人民,被压迫的和劳动的人民。苏联各族人民已經指出了一条前进的道路,并且証明这条道路是行得通的。他們越接近他們的目的,他們实际的物質文化生活的标准越高,他們就更有把握不致陷于孤立。

13.8 中国革命的一些經驗

过去十年来苏联以及和苏联站在一边的国家在欧洲实行了的社会改造,由于社会主义的中华人民共和国的建立,在亚洲已經有了伴侶了。中苏两国在它們反对帝国主义的共同斗爭中已經結合在一起。中国的新政权是一个經过了长期准备,在中国人民的传統中标深蒂固。它是解放运动者孙中山三民主义的一个邏輯的发展。三十多年以来,中国共产党及其同盟者,經过首先是反对帝国主义和封建軍閥的斗爭,然后是反对蔣介石及其背叛中国革命的斗爭,更后是在万里长征之后抗日結束了的斗爭,而以战胜蔣介石和它的美国主子,从艰难困苦中学会了自己管理自己的工作。他們在这些斗爭的年代懂得了人民的需要以及他們的勇气和毅力的程度。

現在,不顧美国的干涉,人民終于获得了进行自救的机会。他們正抱着无論什么困苦也压不倒的决心和快乐心情从事这件工作。这里无法将新中国的成就一一加以

列举，但是我們可以說，沒有任何国家曾經在十年之內完成这么巨大和造福于人的变革。中国已經拥有一个依賴它的丰富的鉄、煤及石油的矿藏而迅速扩建着的重工业基础。这在潛能上是自主的，但仍然充分利用了苏联慷慨供給的技术上和物質上援助。公路和鉄路的迅速建設正在結束交通不便的痛苦，巨大水利工程和灌溉系統正在消灭多世紀以来干旱和水患的双重危害。現在由人民公社組織起来的农业經营，使得粮食生产的增长比人口的增长要迅速得多。科学及其各种应用正在迅速发展中。

在它的社会方面，中国的試驗有着很大的重要性，因为中国的条件与苏联极不相同，全体广大人民必須发現和創立一个新的有生命力的社会形式以适应获得独立和实現繁荣的情况。考虑到文化发展經常緩慢的情况，就知道这个新共和国在文化上的成就是惊人的。这种成就只能用这个事实去說明，即革命在中国所創造出来的丰富的知識和艺术虽然不少，但所解放出来的还更多，这些丰富的知識和艺术是潛藏于古老的中国文化中，但多少年来被外国支配和本国腐敗統治压抑住的。中国的大多数知識分子，当然包括我在中国会見过的所有的科学家，在种种艰苦的岁月中，把中国文化的遺产保存下来，并且和現代科学融合在一起，他們都热烈地拥护新政权。他們在为人民而工作，把千百年来为貴族家庭所垄断的文化带給人民，在这些工作中，他們感到新的滿足。

这一过渡，特别是近年来強調集体的而不強調个人的成就，并不是沒有困难的。眞的，很难指望，人数有限的、受过教育的士紳們的理想，在大家都受过教育的人民中保持原样存在下去。虽然如此，在这場变革中旧的遺产的精华是都保存下来了。

許多革命的領袖自身都是优秀的学者。毛泽东是一位詩人和哲学家。他对馬克思主义的研究和运用，証明他多么善于把馬克思和列宁的教导应用于一个半殖民地国家。同列宁一样，他很珍視并且亲身体驗了人民羣众所具有的巨大价值和力量。

他的最亲密的同志之一，史学家和剧作家郭沫若是中国科学院的院长，他本身就是古老文化的精华能在新的文化中継續发揚的一个保証。眞的，中国过去[的一切]，現在比以前显得更加生气勃勃了。考古学已經得到了新的推动，过去的許多不为人所知的古物已經被发現了。与此同时，还正进行着广泛的努力使全体人民，而不仅仅是少数学者，深切認識到他們的文化遺产的价值。

識字运动、教育和卫生

新文化运动的实际表現已經把这个运动本身目的表現得很清楚。最迫切的需

要，即人人識字，是如此的大力推行，我們可以指望不用几年，除了占人口的一个极小的百分数以外，六亿多人民将都学会讀和写，并且在一个世代以內大多数人将受到中等教育。在这个过程中，美观而复杂的中国字体現已大大簡化。已經有計划在以后的阶段以罗馬字母来代替旧汉字，以終止多少世代以来在讀和写上面強加于讀书人身上的負担。

不等待扫盲教育搞完就开展了羣众卫生教育（543頁），結果是脏而臭的旧中国城市和乡村排除了污水，变得干淨、明亮了。种痘及其他卫生設施将迅速消灭鼠疫、天花、疟疾和蠕虫病。这个工作本身将解放出丰富的、新的人力去搞建設。随着一个有能力的进步的和完全独立的中国政府的出現，可以肯定的是：这个世界，特别是亚洲，已經找到一个实行建設政策的动力和擺脫老的殖民地帝国主义和战爭循环的道路。

亞洲和非洲的更生。印度的榜样

中国这个榜样在短短几年之內不仅为象印度和埃及那些具有古老文化但刚刚擺脫殖民主义枷鎖的其他国家的人民所效法，而且为亚洲和非洲刚从較早的氏族社会形式掙脫出来的人民所效法。虽然这些国家当中沒有一个是共产主义的，而且有些国家还是禁止共产主义的，但是，它們的人民和政府已經开始懂得，眞正的独立和繁荣有賴于工业和机械化农业的发展，并且必須建立在教育和科学的基础上。

日本在十九世紀就已經是亚洲这种发展的先驅，但是它是在資本主义方式占統治地位的时期进行的，其結果是一个阶級支配的軍国主义的国家，在第二次世界大战中給日本带来应得的懲罰。在美国的占領下，資本主义的形式保留下来了，同时也保留了剝削和貧困。另一方面，长期被压迫的日本人民已經开始站起来斗爭，并且要求不应当再和中国隔絕，而应当为了两国人民的相互利益，在亚洲的革新事业中彼此合作。

印度脫离了英国統治以后，跟着就有所发展，这些发展所采取的虽然不是同中国一样的范型，但显然是向着同一的方向前进。政治領域中儘管保持了議会民主制，經济政策却轉向計划化和局部的社会主义。印度的五年計划，特别是第二个五年計划，是建立在迅速发展重工业的需要和随之而来的对科学的要求这种基础之上的。在制定这个計划中，苏联和美国的經驗都被充分利用。眞的，从这两个国家去的計划工作者和他們的印度同行們都在印度統計局局长馬哈兰諾比斯（Mahalanobis）教授的天才領导下并肩工作，帮助制定这个計划。在資本主义占优势的經济中实現这个計划可能不那么容易，但似乎沒有疑問，政府和人民都下了决心把它完成，而且这样去做实

权就必不可避免从資本家轉到人民手里。

这种中間經济很适合于这个主要但非完全由亚洲各国所形成的中立国家大集团的一般政策，这个集团是环繞着大人物印度总理尼赫魯的崇高領导而生长起来的。他和中国外交部长周恩来共同宣布的和平共处的五項原則，后来受到了包括广泛的万隆会議的贊同，因而証明了它是一項伟大的历史性的作为。这个宣言表示出在战爭越来越具有毁灭性和越来越不受欢迎的这个世界中，旧的殖民主义的关系必須让位給另一种关系，其中的各国能够在平等互利的基础上互相帮助。

这些作为对这些国家的前途，比社会科学的任何显著的貢献都更具有极重大的意义。这些迅速地成为世界性規模的作为，表現了把古老的和本質上是精神的传統同現代的科学技术結合起来，而不让現代科学技术产生那种玷辱了最近两个世紀人类进步的毁灭性后果，是完全可能的。

13.9 社会科学的前途

一种是馬克思主义的社会科学，同另一种与資本主义的命运联在一起的社会科学，这二者的对比，就是我們这个分裂的世界的特征。但是如前所述，这并不等于說这是一种永久的分裂，也不是表出这一边的社会思想家和那一边的社会思想家之間有道不可踰越的鴻沟。首先，馬克思主义的思想并不限于各个社会主义新国家，而是在今天这个世界的一切国家中发展着。其次，各門社会科学工作者，同一切国家自然科学工作者一样，都是一个公共传統的継承者，这个传統是他們可以用不同的方式去解释的，但是，又是能够使他們相互了解的。

当我們談論社会科学的前途时，我們必須把这种前途放在文明前途的社会背景中来看。如果另一次毁灭性的世界战爭能够避免的話，——全世界的人民一定有力量以他們自己的行动来制止这个战爭的爆发——我們可以預料这两种对立的經济体系将継續存在好多年。保持这种共存，将要求大大增加这两个体系之間的貿易和文化交往。这至少可以消除社会思想家們对于抱有不同信念的同行們的較粗俗的誤解。它不会也不应当导致某一方面毫无批判地接受另一方面的观点，而将导致用理性而不是用原子弹去进行的批判。

本书对資本主义各国各門社会科学所作的批判，目的并不是反对那些忠实地努力于更深刻地探求人类的社会关系的人們。这些批判不如說是要攻击这样一种社会制度，它几乎是自发地对一切知識的追求加以歪曲和顚倒黑白，以便为少数的和卑鄙的目的服务。就是因为各門社会科学比自然科学更直接地研究人的生活，所以目前

在西方文化的各国，它們才更加牢靠地同保卫特权和准备战爭联在一起。但是或早或迟各門社会科学的成长将发生出乎它們的支援者意料的結果。不可能利用，更不用說发展任何科学，假使不把它所含有的在基本批判上的潛在可能性发揮出来的話。新的社会科学，将在解放它們的学科和发揮出它們所包含着的批判的这种斗爭中找到它們的适当的形式。

今天資本主义的世界展望不是渴望追求更光明的前途，而是絕望地依附于能够暫时加以掩飾，但不能无限期加以保持的現存的不平等状态。只要各門社会科学替資本主义的价值作反映，它們必然是倒退的。它們可能在詭辯的和神秘的任务方面走得更远些，可能补充很多有关統計学、邏輯学和心理学分析的新的章节，但是这都沒有基本重要性。可是即使在資本主义世界，它們也无須反映这些价值。随着冷战思想堡垒的解除，各地将出現更大的思想自由，眞的，这种自由已經是人們可以开始感覚到的了。我們正在进入对社会主义和資本主义这两个世界的社会的基础和其中的人的行为的基础进行鑑定性复查的时期，而且我們等待着即将来自亚洲和非洲的貢献。无疑地，馬克思主义思想的影响会把自己表現出来，而且由于它的实在的优点，它将日益如此，而且再也不必被人不加思考就承認或否認了。我們也无須害怕，以为过去知識的任何宝貴的传統将要失传。在这里，結束人类思想的巨大分裂将是足够今后若干世代的人文科学家和社会科学家們去作的工作。至于我个人，我只能根据我知道的和經驗过的一切，那就是說主要是根据馬克思主义来認識这个世界，而我对于世界今后的发展的看法必然是根据同一观点。但是我也知道，这不过是一个在短期中的看法，而且更深刻更广泛的解释在将来是会出現的。

一种新的历史科学

只是在馬克思主义的批判运用于史学以后，人类社会中的历史事件所形成的支流众多而且混杂不清的一条大河流才开始具有一种大大超过古典科学的史学家或当时的人所能認識到的意义。現在，历史显示出自己是一种可以理解的范型，而不是“只是一些毫无意义的叫嚷和狂暴”。象文艺复兴，宗教改革和法国革命这些重大事件变得更加可以充分理解了，而且在一个比較大規模的阶級斗爭阶段上找到它們的地位。

甚至最沉悶和最严格限制在純粹学术研究范围內的古代世界史也表現出是一些生动的社会冲突的舞台，并且以一种簡化的形式显示着在更加复杂的現代文化中很难被发現的許多經济因素。在古典历史中有可能証明全部文化——不仅包括政治和

經济的事件，而且包括哲学和美学的成就——都联成一个整体。这样一来，所有这一切对我們今天就都有了更深刻更直接的意义。[2.2;2.3;2.17;2.45;2.46]

根据唯物辯証法的观点，属于过去时代的种种动机和运动終于复現。由于运用这个方法而引起的爭論促成了对史实的新的探討，并且有助于一种日益尖銳的和是非分明的爭論。的确，馬克思主义史学家的工作已在整个史学界中被人感覚到。要逃避它的影响，唯一的办法是把历史縮小到人物瑣事或者回到神圣的天命观念，[3.1]这种观点甚至在十八世紀就已經过时了，現在，即使那些口口声声自称为信徒的人們也沒有把它当回事。

对于各門輔助性科学，如考古学，語言学和人类学的意义也有所提高。十九世紀是发現了过去时代遺物，发現了現存原始人生活习慣，以及发現了人类語言在空間和时間上的庞大范围的一个伟大的时代；但是当一門学科只能走簡单說明这一条途径时，这些发現就是饒兴趣，然而沒有意义的东西。研究人类及其进化的綫索就是要寻求社会和經济因素的綫索，社会冲突的綫索以及性質单純的社会分裂为阶級，从而出現新的社会和經济形式的綫索。回溯到人类最初起源的整个人类历史的連續，开始带有一种重要性与它在过去所有的性質不同。这是認識我們当前社会和改造未来社会，所必需的。

一种新的实用的社会学

社会学，作为現代各个社会的人类学，是与資本主义机器关系最为密切的科学。它的职能是分析社会、政治、和工业的形势，以便保証資本主义制度更自在地进行下去。它也負有用一种为这个制度辯解，甚至为它搽粉的办法来解释資本主义制度的任务。因此，它首先必須避免严肃認眞的批判；但是，社会学的唯一希望恰恰就在这种批判方面，如果它将被認为是一門科学，而不仅仅是一种窗飾的話。老实說，批判的对象并不难找；但难找的是进行这种批判的勇气以及任何让它能够出版的方式。但是誠实的社会学家有着比他現在的雇主更为強大的同盟者。人民深知他們自己是在被压制和被欺騙。他們还不大了解的是，这个制度是怎样进行的，或者能够用什么东西来代替它。在将来，和过去一样，人們将拥护那些能够帮助他們弄清这些事情，并且对这些事情加以簡单、明了的解释的人們。

階級社会里的心理学

关于心理学的未来，这里不需要多講。这門科学的目前范围的某些部分，如感

覚和神經控制的心理学，本質上是属于生物学的，这些部分还很可以按照目前的路綫向前发展，但它們必須对巴甫洛夫及其学派的著作給予更大的注意。心理学的主要部分只是个人們的生活和感情对社会的反应，这些人都是社会塑成的并且反过来帮助改革社会。在各个資本主义国家，目前的精神病学可以用分析，药物，或手术来減輕社会加于个人的一些恶劣影响；但是这并不能触及致病的原因。这些办法所根据的科学心理学也表現着受到同一限制的一切跡象。如果不放弃那些陷溺很深的錯誤，它就不能避免这些限制，这些錯誤，一方面是由于根据个人內省得出的抽象推理，另一方面純粹根据生物学所得来的类推論。

应用社会科学：法律学

各門实用的社会科学——法律学，政治学，以及最年青的經济学——的总体，本身都是社会的产物，而且曾經在它們的时代显示过一种与它們所完成的社会职能的重要性相适应的生命力。但是在資本主义制度下，那种职能无論如何是已經逐漸成为一种消极的职能了。如前所述，法律学完全是寄生于某一政治和經济制度之上的，正因为如此，在律师当中找到这个制度的最狂热的保卫者（他們是或者以天眞的"保守党"形式，或者以詭辯的"工党"形式出現）是不足为奇的。事实上，法律学是紧紧糾纏于财产和财产关系中，以致按照它目前的形式，一遇到一种眞正的經济革命可能造成的变迁，它就很难存在下去。因此，它已經成为各門社会学科中最专断和最不科学的部門。对于法律学說来，一直是最好不过于严密地观察社会基础，不走任何合理性的或者科学的途径，和永不进行实驗：这种情况比其他任何社会园地都更为严重。

馬克思主义的关于法律学的批判指出了它的历史上的相对性和阶級性，并指出硬說它有絕对的和普遍的眞实性的虛伪。法律学所涉及的范围随着資本主义而不断扩大，几乎包括了各种社会关系的每一个方面，在社会主义經济中情况必然不同。民法同行政法合併，刑法則基本上成为調整种种个人关系和违反社会行为的一种社会服务事业。这样一种轉变不下于資本主义世界花了若干世紀的时間，才取得的成就，但它还决不是已經完成。老实說，它是受到过障碍，因为苏联在大部分时間是事实上处于戒严令的状态下，而且保安警察被賦予了几乎是无限的权力，这权力时常被他們使用得不够公平。而况現在已經恢复了人民的宪法权利，这种濫用职权的情形因此将不致妨碍法律学适应新的社会形式的演变。

政治学和經济学

至于政治学，情况就有些不同。到現在为止所講授的政治学，很少理由可以要求作为一門眞正科学来看待。資本主义制度下的政治实践乃是秘密的財政談判和公开的煽动性宣传这二者的混合体，这种情形在美国最为囂张，掩飾也最为笨拙，在較老的、更加詭辯的英国和法国資本主义国家中則比較文雅，而且較难于察覚。一种为了搞政治而发明的科学必然是在一种強大要求之下用学术性的文字来为这种情况辯解。它主要是被人用来維护这种幻想，即認为象民主和兩党制这些名詞儿是与一些固定的和无可比拟的理想相符合的。

政治学的理想的学說和政治家的实际行为之間的区别造成了一种对于政治学的普遍怀疑論。这种怀疑論，可以被那些本身尙未混进然而很想混进把持政权的狐羣狗党的政客們大加利用，它并且就是法西斯思想的温床。在一个从整个看来似乎沒有目的，而其实是用尽一切办法为少数人謀求最大限度利潤的这样一个社会中，过于認眞地追問政治行动的經济基础是輕率的。因此，指望一种批判的政治学，即使退一步說，指望一种实驗政治学受到当局的垂青，是沒有用的。这样的科学只有在那些正在为反抗这个制度而斗爭的人們中間才能找到。事实上，政治学要发生功效，就一方面与政治行动分不开，另一方面也与一般的經济和社会分析分不开。在将来，政治学将既不是关于社会动力的一种学院式解說，也不是一种供成功的政治家使用的手册，而是每一个公民的教育与实践的一部分。

关于經济学这門比較新的科学，我們已經講到了，特别講到經济学在垄断資本主义和伴随着它的危机与战爭交錯的时期事实上已經破产的情况。控制經济因素的机器并非掌握在經济学家們的手里，他們就大都不得不滿足于只充当記录者，記录他們为之效劳的这个制度的衰頹和崩潰情况。只要这种說明与分析是老老实实做出来的，并且不求隐蔽事实眞相，或者肯不提出各种挽救办法（所提的这些办法必然証明为短暫的姑息手段），那末，經济学家却将有助于一个更美好的社会的創立。

新的社会气氛的趨向

近年来对各門社会科学有着严重影响的社会气氛，将被社会主义完全吹散，一部分将为建立社会主义的斗爭所驅散。为我們这个时代的各种思潮做基础的幻想和伪善、殘暴与絕望，可以轉化为和它們相反的东西（663 頁起）。

一旦我們承認主要的任务是通过学习自然的規律来增加人类对自然的主宰，幻

想就沒有必要了。人类在实現这一任务时解放了自己的力量，并且在改造自然时改造了自己。其中包含着的意思是：世界是可知的，而且是可以通过知識来控制的。

一旦人們承認資本主义时期的社会是一个不公平的社会这个明明白白的情形，承認不論資本主义社会在构成时期有些什么优点，現在却已經活得过长久而且只是知識和进步的障碍，那末，伪善也就沒有必要了。最近的經驗証明，保护各个社会主义社会的演进和防止足以攪乱这种社会的目的以及破坏它們本質的民主性質的任意胡为却也是必要的。

对于殘暴，我們必須把一切人民、两性、种族、国家一律平等的学說提出来作为抵抗。这却并不是抽象的学說，而是通过使所有男女青年同样受到最高水平的教育以及通过一种不断扩大利用自然資源的向前发展的經济制度，来对所有的人提供一个眞正公开的机会。

这也是对于絕望的答复：将来不会有战爭了，因为战爭的經济和社会根源将被剷除；将来也不会再为物質而发愁了，因为知識的应用具有无限的可能性。人类用越来越有罪恶性的方式来搶夺日益減少的資源这幅老图画，以及新馬尔薩斯主义这个梦魔，将被暴露只是为維护少数特权阶級的享受而使用的借口。人类現在第一次能够不需任何超自然的支持，对他掌握自己命运的力量获得充分的信心。他可以把直到現在为止已經发生的一切都当作史前的事；人們自己有意識地控制社会的和物質的力量，就是眞正历史的新阶段。

正是根据这样的前景，我們开始了解各門社会科学的十足重要性。它們的各种不同的学科在将来将比过去发揮更大的作用。在社会的改造过程中，它們将获得一新种的責任感，并且将采取前所未有的方法同生产过程及各門自然科学相联系。社会科学家将不再是只观察而永不实驗的一个小而分散的队伍，而是将要同控制和改造着他們自己的社会的人民并肩工作。

各門社会科学的地位

这个关于各門社会科学的长篇評述，目的在于把当前科学的整个图景画完。虽然这个評述复杂而且必然是不完全的，但如果它显現出社会知識与过去和現在各个社会状态之間的联系比各門自然科学里的这种联系甚至更加清楚，那就算达到了它的目的。我們一开始就講到各門社会科学的地位，而且对它們被認为是科学的权利有所怀疑。現在对于产生这种怀疑的原因应当是比較清楚了。因为我們已經看出，

对社会的研究在过去所长的根比各門自然科学所长的要更深，它同現在的占統治地位的社会势力也有着更密切的联系。在資本主义制度下不可能进行眞正的实驗，这只是它的基本的专横霸道的一个症状而已。

只要各門社会科学依附于旧的社会形式，它們就沒有前途；但是一旦它們摆脫出来，它們就将找到新的启示和新的活动場所。在社会主义和非社会主义国家同样有一个对人类及其各种制度进行自由的和批判的研究的前途。这种研究，和对自然的研究一样，它与一切人民为他們自己建設一个和平、丰足和积极的生活而进行的工作愈有关系，就愈将取得充分的地位。

但是，为了这个目的，第一个先决条件是建立可靠的和平，否則，在原子的时代，文明将不能进展，而且，文明能否存在下去都很成問題。如果我們能够維护和平，那末，这个伟大的任务，特别是落在社会科学家肩上的任务，就是重新考察社会的基础，包括社会主义社会和資本主义社会的基础，以便寻求能否通过共同的、建設性的努力来揭示当前各种冲突的深远原因并且加以消除。人类已經經历了其他受災难和信仰动搖的时期，而且从这些时代所提出过的問題来看，人类在認識社会和控制社会方面，已經有了最大的进展。

結束語

这一节結束了本书的第六篇，这一篇是叙述这个世紀的科学及其社会影响的。各章划分为講自然科学的、講生物科学的和講社会科学的，这是最近五十年来进展的程度和范围使得我們必須如此划分。但是这种分法有其缺点：它沒有表現各节之間重要的相互关系，也沒有指出我們这个时期整个科学的努力如何形成了一个方法——广泛的、从社会演进出来的、一步一步認識、控制和改造人类整个环境，以及在其过程中，認識、控制和改造人类所創造并在其中生活着的社会的方法。这将在下一节里面去論述。

第七篇

結論

第十四章 科学和历史

14.0 导 言

現在我們已經把人类全部历史中科学和技术的发展講完，这是时候来企图評估所講过的故事的意义了。那些意义重大的教訓，有許多已經按照它們所属的地位发表在各章里。論辯的主要重量和价值誠然是直接来自科学和社会間种种特殊的相互作用发生的当时。尽管这样，如果我們把科学已往經过的各綫索拉在一起，并試用几句話說出这在目前和未来会有什么意义，就或許对讀者以及作者都有帮助。

在本章里，我将开头[14.1-14.3]先討論一下，从以前各章里更詳細的研究所看出来的，科学同其他各項社会力量間的相互作用之一般特征。这样做，我将企图[14.3]答复第一章里所提出的諸問題中的某几条，就是：哪些因素决定了科学对不同时代和不同国家的一些大事之間的特别关联，尤其要注意到希腊时代、文艺复兴时代、工业革命时代以及所有諸时代中最重大的卽我們眼前这个时代里的科学活动大爆发；并注意阶級区分在科学的生长和特征上，起过什么作用[14.4]。如此一来，就引我去考虑[14.5]現在世界上科学所处的地位，并企图答复象科学軍事化和保密性以及科学在政治上的地位之类的直接关系到科学家們的其他問題。在次一节里[14.6]要討論有利于科学进展的各种条件，此中包括人們在支持科学上的規模和科学的种种內部交流。这一节导出二項极关重要的問題，卽：哲学在科学上的地位[14.7]，以及科学里自由和組織間的仿佛有的不相容性[14.8]。最后，[14.9]剩下的問題是科学的迫切任务和科学的未来远景。

14.1 科学和一些社会力量

正是科学、工艺、經济、和政治，这些社会事业在各时代里的发展史本身，多少指明了它們彼此間的关系上的性質。最容易看得出这情况的办法或許是检閱136—137、138—139、202、284—285、392—393、476—477、456—457、插頁(726頁后)上的表。表八揭示从人类社会肇始直到今日，科学理論和实用技术两方面的发展上的一些一般路綫。在最基本的意义上这等于描写人如何謀生，开始是从荒野采集食物，其做法和許多动物的做法差得有限，終于到了現在是用机械来开发多样資源，而正指派着越来越多的自然程序来为人服务。作为每一进展阶段的标誌的是根据于更深入了解自然界的动作，而引进某項新技术。例如，发明了牛輓木犂后，农业上就从分散的

临时性园地进而为永久性的灌溉田亩（63頁）。斧和鉄犂鏵更推进农业到林区（83頁），收割机和綑綁机、以及晚近的拖拉机，更开放农业到地曠人稀的干草原去。

如我們所已表明，大多数技术进展都是响应社会經济的一些需要，而这些进展在早期全然是，甚至今天有时还是由于手艺工人們一再运用并改进他們的传統技能。在最初时候，象我們今日所謂的科学是沒有地位的。只是从城市生活开始时起，也就是从文明开始时起，科学才由諸般手艺的普通社会传統里，显露出它的可辨識的形态。首次有一种界划分明的科学露面，是为了經济和控制目的：即寺院賬目需要計数，而从这方面，經过不断的传統就有了我們的一切数学和书写（65頁）。計数科学和文字科学的传統，是从师到徒地綿延了約五千年，而当大規模的秩序和組織有需要时，就扩展开来并发出一些分支，但在例如早期薩克森英格兰那样支离破碎的社会里，就萎縮成一道涓涓細流（133頁）。

在大部分历史里，技术传統和科学传統这两股潮流曾彼此分开推进。早期文明的条件引致了一种阶級区分，把科学家归入了站在統治者方面的书記之列，至于手工艺人只比貧农高一級，而且常常本身就是奴隶（72頁，92頁）。这样的区分一直遺留到現在，它的最后的崩潰不过刚刚开始。同时，在若干长期里，这区分把科学拖累得缺乏生殖力，把技术拖累得一再停滞不前，至于剧烈进展則簡直难得一見。

文化進展的新时代

如已表明那样，在世界历史的不多几个时期里，当阶級区分一部分遭到破坏而科学家和手艺工人之間起了相互激励时，上面所說的那些机緣就此来临。把科学家和手艺工人之間的区分出現以前，早期文明里創造活动的第一次爆发，作为一期来算（55頁起）的話，如此的主要时期，我們在全部历史里只能找出五个来。其余四个时期是：希腊人时期（88頁起）；欧洲的十六、十七两世紀时期（209頁起）；不列顛工业大革命时期（298頁起）；和我們現在这个科学技术变革时期。同这些时期比較起来，回教［国家］和［欧洲］中古所表現的綜合（161頁起）以及印度和中国在科学技术創造性上的历次爆发（155頁起），虽則对于传递文化来說所演的是主要剧目，但其本身乃是比較次要的一些发展。

科学和工艺方面的主要和次要創作时期，都是附属于历次伟大的社会、經济、和政治运动而在历史上出現。第一时期相当于埃及法老王以及米索不达米亚諸王和諸帝所建立的最初几个国家和帝国。其所标誌則是若干部族融成一个个阶級社会（99頁），但这并非全面轉变，因为部族組織坚持了許多世紀，在中国几乎直到今日。第二

时期,即古典或希腊时期,是一种貨币和奴隶經济制度的长成、胜利、和衰敗时期，显著地有公开的內战和阶級战爭为表征(106頁)。罗馬帝国顚复之后,不只在欧洲,而且在差不多全世界代替它的是另一种不相同的、更脫离中央的而且更是地方自給性的封建經济制度,这种經济在最初不甚需要科学,因此对科学的推进也沒有什么相应的貢献(200頁)。

进展的第三期,是文艺复兴时代,从科学观点来說，也許是所有各时期中最重要的,它标誌出一种新兴的資产阶級經济压倒封建經济;至于第四期,即工业大革命,則正和制造业資本主义确定地成立为主导的世界經济这件事相吻合。資本主义不同于几种較早的貨币經济制度之处，在于它利用企业的利潤来光作再度投資的資本而使工业发展得以迅速扩大,其中包括了用机器,也包括了使用从煤里得来的动力。这是一种和农业轉变同等重要的轉变之第一阶段，这种轉变則把經济集中于产煤区或它們的近处,并从全世界吸取这些地方广大羣众所必需的粮食。

技术科学进展的最后期,就是到現在已經十分旺盛地进行了約五十年的这一期。在社会領域內,这一期的标誌是資本家和他們的支持者这一方面,和那以劳动阶級为基础的新生的社会主义力量。另一方面,这二者之間空前兇猛而广泛的斗爭。通过这一切,在为战爭服务以及为和平服务时，技术进步和科学进步都継續得越来越快。这一期的特色是科学打进了一切生产方式,以及組織和相互交通的程度也愈来愈高。現在明白了,在自然科学以及用到自然科学的种种技术方面,我們所晓得的已經足够用来解决世界經济的一切主要問題。我們現在应該能替全世界各民族,提供一种过得去的生活标准,而且,經过再往前进的研究,这标准还能无限制地継长增高。我們目前确实并不这样做;我們到底做不做，那就靠是否解决了社会和經济問題;至于現在的种种內在矛盾和公开冲突,則正浪費着資源并威胁着要扩张战爭和飢饉。

理論和实踐的熔合

在这几个时期里的每一个里，那些有記录可查的大进展好象主要是由于理論和实踐这二者的熔合要比在各时期之間的时隙里的更密切。如前已表明那样,在每个事例里,总是当时的社会流动性能让手艺人和学者碰在一起,有时还使二者全然合而为一。在一方面,用波义耳的話来說是"博物学者們窺探了各行业的內情"(265頁);在另一方面,又如罗伯特·諾尔曼(Robert Norman)所声称,"此地仍有各式各样的机械师,他們在各不相同的技能和职业上，把这些学艺运用得极为嫻熟，并能应用这些学艺去达到他們各自的目的"(247頁)。在已往,这类相互貫通作用只是有限制的和临

时性的。經过一段时隙之后，我們发覚，在一方面，注进到技术里去的科学理論成为传統的手艺学問了，例如制眼鏡师的技艺，或者，在另一方面，实践事物的接触也嵌入了科学理論，象晚期希腊人的力学和气学那样。只是在我們这个时代中，我們才看到科学家、工程师、和手艺工人朝着完全和永久相熔合的方向走去，而这桩事只能在一个完全无阶級的社会里才能完成。

这些都是我在以前各章里所講过的历史事实，而在那里我也曾試图解释在每一事件里，不同的科学技术、經济、政治、和思想的形相是如何互相联系的。对于这些事实做出比我在这里所已担任了的还要詳細得多的研究，不是任何东西所能代替。然而，只拿已經表明的情形作根据就能使某些特殊的解說开始出現，而这些解說是可以闡明历史所走过的眞实路径的，还能得到某些一般結論，这些結論看起来象是对于現在和将来也适用的。以下若干节里要討論的就是这些情况。

科学的生長

按照另外一种順序来观察事实，亦即分开来追蹤科学进展的潮流和技术进展的潮流，便能把文化发展的程序了解得更透些。如我們所已指出，在一开始时科学的潮流很狹窄，实际上要比它当时在外表上还狹窄些。凭我們現在的知識，我們能辨别从前的学識里什么是有效而能証实和能使用的，什么是曖昧、神秘、或彻底荒謬的。如是，我們現已抛弃占星学、炼丹术、和玄秘的数目学但它們在当时，却都是有声望的科学，并且使学者們增加了很多声誉和收入。直到十九世紀和其后，所有医学理論以及許多医学实践，也可以說都是这样的。尽管这样，以伪理論为依据而把它試驗出个究竟，也能引导出眞理論，不过浪費智力是很可惜的。天文学和化学就是占星学和炼丹术的后裔（232 頁，226 頁）。*

科学的其余部分却是环繞着可証实又可使用的科学的坚实核心而組成的。数理-天文学传統就是这样从五千年前首次出現城市后，綿續而未中断，观察一再累积，方法一再增添。象我們現在推定复活节日期时所仍遇到的，調和阴阳两曆的那些实际困难，就确实充当了試驗場，由这里发展出全部数学，連代数学和几何学在內（67 頁）。

希腊人由于不喜欢或不擅长計算数值而創立了几何学，用看得見的和机械式的画面来表出天界，这在实际上就是数理物理学的肇始。这个天文学核心不仅是希腊科学的中心，也是哲学的中心。我們已經見到（186 頁），这核心很不合法地被推广了去解释人体生理学，并且被用为替社会阶层制辯护的依据。誠然，希腊科学除了包含

天界形象而外，只包含对自然世界的各項叙述和分类，而这些叙述和分类对科学和实践的价值則迟到十九世紀才被感到（115 頁）。科学上其他唯一可尊重的部門，即医学，就落到这个范畴里去。諸般疾病被叙述得令人叹賞，也有了很好的診断和預后，但所提出的最好的治疗法却只是让病人自由，不加以干涉（105 頁）。

常由同一个人去搞的天文学和医学，在古典文明破坏以后，挽救了希腊科学的精华并把它传播到全世界。这样一来，第一次长出了一种从中国到西班牙全世界共同的科学。至于大体上由印度人、阿拉伯人、和經院哲学家們（200頁）所完成的工作，却少分是增加这中心传統，多分是把它加以整理。这工作使几何学、代数学、和三角学，同天文学融合得較好（183 頁）。那微末而且始創性并不算強的工具——即阿拉伯数碼——的引用，却在加快和推广計算方法上具有决定性的效果。同时，在医业的那些附属部分——即化学和光学方面——中国人和阿拉伯人首先突破了希腊科学的有限的范围（165—166頁起）。黑暗时代和中古时代的长久間隙对于科学的最重要的地方就在于养成了一些新技术工具，这些工具是要等到文艺复兴时代才被察覚到的（187 頁起）。

虽然这样，在文艺复兴时代以及直到十七世紀之末，科学的重要兴趣仍然在天界方面。从理解上說来，这出戏的中心是亚理斯多德下了宝座；也是教阶制度的、封建的世界画象被毁灭，并由一种以非人格性的自然規律为根据的世界画象来代替。这是人类的种种理論成就中最大胆的一桩，它本身虽則比較輕微，却使所有此后的科学成为直截了当的事业。文艺复兴时代所采取的决定性步驟，即把新天文学用在航海术上，让准确科学有了一种直接的实际价值，而利用新天文学的航海术本身就是使新兴的資产阶級得以控制全世界的一个主要因素。十七世紀还看到了由于发見了眞空，科学首次突入技术园地，眞空的发見則导致了蒸汽机（269 頁起，334 頁起）。

只是当十八世紀时，科学才开始扩展到远在希腊人所研究过的园地之外的一些新园地。主要的兴趣中心确实从天文学移轉到力学和化学，这两門学問則把这中心同工业革命里的两項主要兴趣即动力工程和紡織业結合起来。十九世紀的两項有广包性的大定律——能量守恆和光的电磁理論——标明了数学已扩展到物理学的全部領域。同时，达尔文和巴士特的工作首次突进了生物学园地（374 頁，377 頁）。在二十世紀里，所有障碍都被破除；自然界沒有什么領域是科学所不能透入的了。同时，科学正在变为創造性的，建成了它自己的机械、化学、和电子等装置的世界，这些装置的运用的傾向是要对于純粹技术发展上的那些成果取而代之。

技術進展的趨向

比起資力較狹隘的科学来，技术正相反，一直必須在一个同当时全部生活范型一样广大的陣綫上进展。在大部分时間里，这样的进展总是比較慢，而只是当一种新物質或新装置开辟了一向所不能达到的境地时，才往前迈进一步。人們从远古起，已認識到石、青銅、和鉄标出了人类文化里的各个时代；这些却都是技术成就，并不該归功于科学。火、陶器、紡織、輪子和船这些革命性的創制，也都可以这么說(36 頁，51 頁，63 頁)。

一直到晚期希腊时代，当我們今天生活所賴的各种技艺中的大多数已經演化出来之际，科学除了在紀念性建筑物这种副产品而外，以及或許在水道管（126 頁）而外，似乎始終并未参加到工艺学里去。科学进展的速度好象全靠一些社会和經济因素。伴同着河域农业来了一步大跃进，提供了剩余劳动力，从而得以建成都市，并养活手艺工人(56頁)。虽則我們不能証明，但可猜測职业科学家們在发展机器方面，在設計齿輪、螺旋、和泵方面，曾参与其事，那怕只是修飾一下工人們自己发明和使用的一些粗陋器物。

差不多所有那整套把中古經济改变为現代經济的发明物——馬頸套、穿舳舵、脚踏碓、和机动鞲鞴——确实和科学无干。甚至眼鏡、火葯、和印刷术也大致是实践的成就，不过鼓舞力一定是从学者方面来的(195 頁起)。只有在主要应用于航海术的罗盘和鈡方面，科学家的貢献似乎較多(192 頁起)。

所謂首次工业革命——即十六世紀那一次——几乎完全是在那种具有生产企业奖金的新的資本主义制度的刺激下，工人們的技巧的成果。在他們之間的有关矿山、磨坊、和船舶的种种发展，导致了机械学迈进(223 頁)，这迈进成为二百年后更大一次革命的基础，也鼓舞了其間的十七世紀的科学家們。

标誌着工业大革命的特征的那些主要轉变——从用木柴到用煤作燃料；从用木材到用鉄作原料；从用馬和水到用蒸汽作原动力；从單程紡紗法到复程紡紗法——如我們所已見到(316 頁)，都是工人們在市場扩增、传統原料因而匱乏、以及由劳动力缺少所酿成的生产收縮、这三重經济迫促下，发揮智慧而得到的成果。这些情况則只是在有可动用的資金来制造新机器的場合中才能发生的。所有这一切，沒有科学也許照样会发生，不过不会那样快就成功。确确实实，新机器的进步所打动的兴趣、和所生的利，靠自己的力量就起了把科学逗引出来并产生出来的作用。科学家变成工程师，工程师則学习科学(342 頁)。

实际干活的人、即机师，和他的雇主、即工业首領，这两种人所占的优势，在十九世紀中一直継續下去。全部現代工业所靠的基础，即精密的金属加工作法，是由平凡工人凭他們自己的創造力在工作台和車床上建立起来的(344 頁)。只有在化学和电学两个新园地里，科学家，或更通常些，略知科学皮毛的热心业余家，才能带头設計新方法或新仪器。[5.3]

爱迪生的胜利，标明了发明家时代的結束和新时代——即工业上指导性科学研究时代——的开始，这个时代的威力，在今天則已逐步增強。从今而后，工业进展和科学进展这两股繩絲将混和得象在文明开始以前那样密切。

14.2　科学、技术和經济发展的相互作用

从各时代的技术进步和科学进步併起来研究，就会清清楚楚現出一个結論。这結論是作为一种有意識的学科而言，科学从文明肇始就已存在，但是一直要到十六世紀，当它在航海术上已不可缺少时，它才成为任何技术意图的本质部分；并且一直要到十九世紀，当它成为化学和工程所必需之时，才广泛地用在許多意图上。

在早期各阶段里，科学对人們的不論什么意图来說是否眞正必要，这却是个更有待討論的問題。在农业方面，曆法虽有用，却并不是絕对不可少的东西(67 頁)；金字塔和庙宇这些紀念建筑物，人也許会認为很可以不必有的。但是，当时各民族的見地并不如此，因为，从中国到秘魯，至少祭司們和統治者們都認为适当地并有秩序地同天神接触，对于經济幸福和政治安宁有必要性。确实是亏得有这信仰，我們才有今天的科学。

至于科学能够越出頗为干枯的数理天文学范围，則是由于它在文艺复兴时代接触到力学、气学、和弹道学三方面的技术(232 頁)，并在十八世紀接触到酿制术、蒸餾术、和紡織化学(305 頁)。

这就向我們启示一个重要的一般結論，就是說，各种技术要求虽非无时不提供却也时常提供一些問題，因而导出了一些新科学部門，各項科学进展只要同实践的和賺錢的生意掛上了鈎，就可以着实地被固定下来。光学的进展是由眼鏡制造师們那里取得的(241 頁)；磁学的进展是由制罗盘者那里取得的(246 頁)。在今天則噴射发动机和冷藏法照顧着热理論；无綫电工业保育着声学；电影事业关心着光学；电学是电工业的要素，更不必提了。

科学活动历次爆发的时間和地点这些凭証，指出了如果要科学兴隆，就必須有迅速的技术进展，因而也就必須有一种能便利有效的投資的經济。虽則科学对資財的

要求，在数量上比起生产方面的其他費用来是微不足道，但花在科学上的錢，很少能提供任何立刻就取得报酬的前途。因此，科学方面的花費的性質属于一种低利率的投資，但带有偶尔却获大利的机会。阻碍科学进展的一些物質因素，主要是科学受困于資金缺乏（699 頁，705 頁），特别是在指望着大規模运用科学之处，例如西門·斯忒特凡（235 頁）和旦尼·佩品（335 頁）的悲慘事件就可为証。

滿足科学的物質需要，是科学进展所必要的然非充分的条件；此外一定还得有一种对新奇事物的兴奋感，其程度要高到足以吸引最能干的人到科学探险的事业里来。在另一方面，科学也很可能因为一些属于以前一个时代的观念占优势，而受阻挠。阻挠科学的最頑強的諸因素之一，正好是来自科学本身的成功。这就是，相信了科学是达到絕对和永久知識的手段。

"科学眞理"的教条

科学史的研究就已明白指出，科学不是个能用定义一劳永逸地固定下来的单一体。科学是一种有待研究和叙述的程序，是一种人类活动，而联系到所有其他种种人类活动，并且不断地和它們相互作用着。我們已見到科学的变化不只是靠滋长和伸展到一些絕对新的境地，或一些向来任其处于簡单常識或神話中的境地里去，而是也靠使用更大的自覚心和更大的綜合力去把以前的种种发見，不断地再加研究。

可是，这不是人类对科学一向主张的一种見解。从前人們以为科学的內在性質是一种完全和社会世界隔离了的自主系統，甚至現在还有些人这样主张。人們相信有一种本質的和純粹的知識——对于絕对眞理的一种独特的近似物，須由一种确实可信的方法来完成，并且用热情拒絕对事物的其他更替看法来維护。科学史上滿是一些事例，表明了采用这种态度曾經确实阻挠了科学，但一面时常让科学外表具有最大的深奥性和概括性。

最高級的例子是亚理斯多德-亚味洛厄兹-托馬斯的綜合学說（186—187 頁），这个学說为公元前四世紀直到近代十七世紀提供了一种占优势的世界观和科学方法。这是个把思想冻結了二千多年的范型，須要由經济和政治場面的一番急剧变化来撼动思想，使它再度自由。

我們或許体会不到的是：我們自己正过着一个阶段，这阶段一点也不含糊是一場科学轉变，正象它是更基本得多的社会轉变那样。在科学上也和在社会上那样，靠修改、增益、和弥补旧形式来挽救困境，所用的力可預期是无益的。我們一定要在經驗和論辯的光輝照耀下再想透科学本身的那些眞正基础。

科学和社会的关系

科学和社会間的种种关系是全然彼此交互的。正如一些社会事件在科学內部产生一些轉变那样，一些科学效应也曾使社会发生一些轉变，而且幅度越来越大。科学效应是多样的，有直接的、有間接的，作用到社会的物质結构，和那些支持并轉变社会結构的观念。物质变化的一些直接效应最易看到，也被大多数人認为科学的主要結果。这种直接效应明显地見于轉变过了的二十世紀机-电-化世界——一个沒有科学就不能想象的世界——其中这股継續而又不断加速流动着的新技术以及旧技术的翻新。然而更重要得多的倒是由科学所完成的物质变化的間接效应。尽管科学本身的初次滋长是經济和政治諸因素的結果，但科学一旦被树立为巩固經济和政治力量的一种手段，科学的进步也就成为政治和社会生活的一个因素。沒有科学，現代工业国家就一点也不能存在；这样一个国家若不充分利用自己的知識資源来推进科学，并推广科学的使用，它就不能长久継續存在。因此，我們現在的政治型范有一部分乃是科学的物质效应的一种結果。

然而科学不只是在物质方式这一条路上影响了社会。科学諸观念已經深重地影响了所有其他人类思想和动作，哲学的和政治的，乃至宗教的和艺术的。在这方面，这些影响甚至比在物质平面上的更复杂些。科学观念并不是实驗方法的邏輯的单純产物；这些观念首先是来自以前各时代的社会和知識背景，但是通过科学实驗的試測而有所轉变，并且常常仅是小部分轉变过的一些观念。例如牛頓的自然定律的观念，它所反映的是人們已經建立了一种遵循法律而不是权力主义的政府（278 頁）；或者例如达尔文进化論里的自然淘汰和生存竞爭理論，它所反映的則是十足資本主义时代的自由竞爭（386 頁）。虽則这些观念是从一些早先社会形式所发出，但一朝被科学吸入并援用，就因此而既被加強又被轉化。它們是用作科学对社会实践的批准，就同我們已經用科学史上从亚理斯多德的世界图象起的許多例子所說明过的那样（118 頁）。

要充分了解科学和社会間的永远变化着的那些关系，就得計及物质因素和思想因素双方。沒有哪个社会可以不要实施生产力所需的那么多的科学。不过，如我們所已見到，这一点科学直到近来为止，一向是很有限的。某一个社会如果拥有比这最低限度还多的任何科学的話，那就是为了同哲学和宗教联系来支持現行社会制度所需的那点科学。科学还附带地替統治阶級中很少几个有心在这方面消遣的成員，提供了一种智力职业。这样的科学，本身就不能被期待去刺激技术变革，或者去决定

生产范式，但是，当其他一些因素存在时，却能应召去达到此項目的。这些因素則大部分是經济性質的。工业革命时的机器并非单純是发明家們所拏出的礼物（因为前此各时代里先就有过許多聪明人），而是如我們已知（299 頁起），机器是响应了有資金和劳力可以动用、和有市場来提供获利机会而兴起的。一种新方法或机器——或更好些，一种能使許多新方法和新机器发生出来的科学新原則，例如法拉第之用磁来产生电流——一經存在，就必然会改变制造业的条件，而給經济变化以一些新机会。

在全部历史中，各門社会科学和自然科学，由于起了这种触媒作用，曾以社会变化的代理者，而非社会变化的产生者的身分出現，并且在这过程中，自身也有所改变。科学发展的路綫和經济发展的路綫，在地点上和时間上，走得如此相近，它們的协作就不可能說是出于偶然。关于科学活动和經济活动二者間的环节的性質，本书各处已經講起过；但是并沒有而且也不能有任何关于它們的簡单公式。如所已解释过那样，宁可說有些特殊地方和时間的經济和政治条件格外有利于科学的滋长，即在提出問題上和褒奖成功的解答上。发見問題比发見答案实在更重要：后者从实驗和邏輯辯論就能取得；前者則只能出于經驗特别困难时所激起的想象。

天才的作用

有时有人辯道，这样的經济联系只接触到科学的一些不重要部分，而那些重大发見是由一些不受时間和空間条件影响的天才之輩所做成的。[1.15;7.3] 哥伯尼、笛卡儿、哈維、和林奈，就可以举出来作为远离他們当时的技术进展中心而工作的人的实例。这种話只是部分可靠，因为十六世紀在波兰，十七世紀在英格兰和法兰西，以及十八世紀在瑞典，都是民族扩展的时期。然而存在着一桩事实：至少在第一和最末事例中，他們所居住的那些国家都不在中心区，而且，哈維和笛卡儿对工业都沒有密切关系。这种表面上的不符合，理由在于科学家在什么地方出世，或甚至在什么地方工作和去世，都不关重要。一旦他找到了他的終身工作，他便是完全流动的，能在哪里生活就能在哪里工作。有重要性的是那把他造成的传統的中心。这对哥伯尼和哈維来說，就是經济上和文化上的頂峯刚刚过去了的意大利。对笛卡儿，就是在正要进入“伟大的世紀”（“Grand Siècle”）的法国社会里的学术界（250 頁起）。林奈却是个例外；他大部分由于自习，凭了几乎是象宗教般的信仰、专誠、和苦幹，战胜了植物界。但是，假使当他那时沒有那么多急于找个什么办法来整理标本箱的园艺家和植物采集家，他的体系早就跟他本人一并湮沒了。除非經济活动把社会土壤准备妥了去接受科学种子，这种

子便不会播下，也不会生长(17 頁)。

科学的有进步的生长来自它和工业間一再更新的交往关系。当人类社会发展时，技术和科学在其中所担任的职务，如我們所已知，是一种日益增加的职务。而有意識的和邏輯性的科学对技术所担任的职务也是如此。从古代仪式里和传統里那堆技术当中，我們本难于找到任何暗含着的邏輯配叫作科学(41 頁)。只因我們曉得它后来怎样，我們才承認它是科学。今天科学出現为有自己的权利的一种建制，它有自己的传統和紀律，自己的专业工作者，以及自己的基金。更重要的是生活中的每一方面——工业的、农业的、医学的、政治的、尤其是軍事的方面——在它的一天天的活动上，越来越需要經过有組織的科学的协助，并且，在它的进步性的发展上，完全依賴科学。这种不是以退縮而是以加速为征兆的傾向，所順沿的是人类活动越来越有意識的这条路綫，同时，由于了解了环境中的規律，就更能控制环境。

科学出現为社会進展的一个主要因素

科学之出現为社会范围內一个重要能动因素，是人类通史上有关鍵性的且不能倒退的一步。連带着科学所必然要結合的种种經济和政治变化而言，科学的出現就和人类本身的出現或人类最初的文明的出現是同等重要的。这些决定性的变化有消极的，也成为可能有的，有积极的效应。这些变化不但使一些新事物，还使一些旧事物成为不可能再有的。一旦有所突破，因而上升到在复杂性上的新水平，那么在另外某些处发生这种类似跃进的可能性就迅速消失。例如，綠色植物一經蔓延到陆地上来，就不会再有余地让具有任何其他新陈代謝基础的植物类型也来上陆。

从头就結合着資本主义和工业大革命的現代科学，它的生长，是有貫彻性的和不可倒轉性的。从研究各种技术和手工业而出現的那种談說事物和思考事物的新方法，由于轉变了这种种技艺，就导出一条广包得多的研究人事和技术諸問題的途径。由于这样做法，它也阻止了，而且将来还要阻止，任何不让科学最后成为有效的解决方式。

从最近历史上的有一件事，可以很清楚看出这情况。納粹党人从开始就強烈地反对唯理主义，而贊成一种神秘体系，这体系是唯一能維护他們的，同时也能用来把他們支持垄断資本主义这个眞实目的遮盖住。因此，他們当然反对科学，但是他們仍不能缺少科学，因为他們需要科学去完成他們的唯一有效行动即战爭。任何国家或阶級不利用或不能利用科学，并充分发展科学，就注定要在今天的世界上衰落并灭亡(639 頁起)。

通过运用科学来改变經济是很近的事情。可以說：只是在本世紀开始时，这事才达到了具有关鍵重要性，此后它发展得这样快，就不能让科学再緩慢地透进那些現有經济形式，象早先那样。科学作为一种新的动作力而出現，在同人們短短的一生相比中，它把各項事物改变得便算迅速。在以前各次文明轉变中，轉变程序慢得多：新办法是新世代所带来的，至于有些地方发生过公开斗爭，那是因为这些地方的某些社会集团或某些民族依然未受这些新型的感染，故而抗拒它們。

在这个时代，人类获得应付物質世界的新本領是远比文化、政治、或甚至經济生活的适当型范出現为早。科学和宗教方面的守旧的学者們[6.5.215]时常把这种情形当作人的物質能力超过了他的道德身材来叙述，暗指着人在性灵方面得到再生以前，科学必須停止或往回拨。不过，按照刚說过的一些理由，这种事一点也不会发生；科学太有用了，哪怕只用它去毁灭。我們毋宁是必須找个相反的解决办法，并通过一种安排得較好的社会来追求提高人类的道德水平。如此一种企图虽則包含着斗爭和困难，却有一切希望可以迅速成功。因为，随同科学而生的还有較早各时代所沒有过的这么一种了解力，即对于种种社会情况的了解力，以及对于通过有意識的社会組織来解决关于过渡的实际問題应采用什么方法的了解力。科学在历史上的地位的研究，其价值就在于它能使我們了解历次的經济和技术轉变，怎样导致了現在大家都被捲入的这一次轉变。

14.3 科学进展的軌道

有一个主要的历史問題还得討論。研究历史上的科学，怎么就能帮助解释工业和科学进展的特殊軌道呢？这进展所走的路綫怎么会是从巴比倫和埃及这块新月形肥地，經过地中海，由希腊到意大利，而在它的最伟大形成时期即十七世紀里就留駐北海一带，更在今天从此散布到全世界呢？从本书，和特别是头四篇的导言和本章里所述就可以看清，这里并沒有什么硬性的前定，但一个地区无疑必須具有某些条件才能成为文明中心。

在一些限度之內，一个区域如果沒有相应于技术发展阶段的充足天然資源——鳥兽众多的猎場、谷田和木材、煤矿和鉄矿砂、石油和水电力——就不能經久做經济或文化上的进展中心。一个同属基本性的消极条件就是不能有一种导致地方性疾病或普遍衰弱状的气候，例如早先馬雅人的文明就是因此而告終的。这些只是无妨的条件，因为在每一阶段中，不只在一处而是在許多处地区里，都曾有必要的資源和气候。世界上頗大部分被冻土地带、沙漠、热带雨林所复盖的部分一直到今天才清被

除;但仍有好多遺漏下来的这种地方。

至于那些在地理上有希望的地区中哪一区将成进展焦点，就頗要依靠社会形式——生产关系——及其經济、政治附带品。在这方面,地理因素或許仍起点作用；从美洲本土的一些文明所代表的例子就可以看出，全然孤立会妨碍发展；但在另一方面,例如巴比倫和欧洲东南部那样很容易从其他地域踏进去的地方,就可能因遭到文明較差的部落侵入而退化。更有决定性的,特别在晚近各时代,却是由阶級斗爭的后果所引起的一种內在的改革干劲的頑強性，——技术和文化就是使每一阶級能更番保持当家做主的地位的武器,而它們自己也在过程中有了进步。

从世界的早期看来，好象农村文化和其后的城市文化能够也的确发生在物質环境有利的随便什么地方(55 頁起)。这种文化中心在地理上既已有相当程度的隔絕，所以就演出了五六种文明范型之多，包有中美洲和南美洲的孤立文明在內。一旦每种文明建立起来了,它就从內部凭传統而継續維持各种物質技术和社会形式,这就使它在某些限度之內，抵抗住了外界影响。每一地区——希腊化的、印度的、中国的——获得一些独有特征,从基础思想到装飾格式。

承認不同的文明型范的存在,并不等于暗含着接受如下的神秘說:即把一种文明当作生物学上的一个物种,能演化、分布、或消灭,或者，甚至更放肆地把它当作一个有生又有死的灵物，象托因柏和斯宾格勒所推进的，在近来頗为时髦的那些信仰那样。[1.20;6.172]用文明这个名詞只是一种便利的方法来把一个一定区域、有时确实是个很广大的区域中,依靠一連串知識和技术传統的那些发展,归集在一起。在密切地考察之下,文明型显得是不容易捉摸的和不确定的,不断地在变化和彼此羼混。中国的佛教文化到什么程度能說是属于印度文明呢？中心的和持久的特征是生产方式，农业和工业型范,以及生产关系,不論是古希腊罗馬的、封建的、或資本主义的。語言以及文学的和神話的传統能帮助巩固联絡,象荷馬对希腊人,或圣經对犹太人那样。

工业和农业的一般型范属于一些比較坚定的形式和建制；但文明中却有不小部分能够、并也的确容易扩散开去。亏得有了經商者和流动的手艺工人,那些一旦晓得訣竅后到处都能做的技术发明物,象有輪的車和蒸餾甑等,就散播得旣远又广。所有这些农业文明区所达到的技术水平都很相似。亏得有了週游各处的学者，才把有用的知識观念,数学、天文学、医学等科学,和一点炼丹术也带到差不多任何地方，并趋向于构成一片共同的学海,但也要解释得各不相同,以便适合于流行的传統观念和宗教观念。如我們所已知,至少要到十五世紀,几处主要文明間的关系是在大致上互相交换的基础上的。各文明在表面上沒有显然标誌出的优胜处,一位象馬可波罗的明智

意大利人，虽然很惊服中国的优雅和文化，却也不难在中国的行政体系下充当一职。

可是这些文明之中只有一个文明后来誕生了下一步进展，这进展在經济上是凭資本主义的，而在技术上是凭科学的。在物质配备上，中古时代的那些主要文化中心彼此間沒有什么上下，在知識方面所有的也不多。大希腊的、米索不达米亚的、和印度的文化在数学和天文学上共同結成的一份财产，成了再往后几次进展的基础；幸亏有回教文化充当中人，这份遺产才能很广泛地被人知晓，并且造成了其后它在任何地方的这种进展。我想要提出两个可能使欧洲占优势的决定性因素：积极地，是在十六世紀一个人口較稀区域里銷路增加物价上涨所提供的对工业的特殊激励（233頁）；而消极地，却也沒有象回教国家和印度的宗教狂热（168 頁），和中国那样的官僚政治阻碍（189 頁）所带来的严重的传統性封鎖。

这些条件終于把資本主义的起始和封建制度的崩潰限制于欧洲，而在欧洲，又限制于某些最惠地区。总說起来，意大利、法兰西、和北海諸国家在十五、十六两世紀的特别利益是什么呢？意大利和法兰西曾是西罗馬帝国最富庶的地段，它們保有最多旧传統，特别在城市生活和手工艺术方面。不过，它們的基本天然物資比不上环繞北海的那些国家，包括法兰西斯、荷兰、和下萊茵省，还有英格兰（173 頁）。一朝把林木斬尽，在地上略施排水，这些国土就提供了最好的耕地的一部分，那里降雨在世界上最为可靠。[6.167] 它們的每亩产量仍是最高記录（指原文出版时而言——譯者註）。英格兰生产世界上最好的羊毛，羊毛就做定了英格兰的伟大所倚賴的基础。[3.32a] 北海有丰富魚产。誠然，环繞北海的这些国家，除了盐、染料、和香料外，不缺什么。最早它們有許多木材；等到木材用完，就找到它們的露头煤田来代替，又学会制鍊和使用更多的鉄。此外，在最大部分地方，水运保証原料和貨物便于交换。这些都是必要的条件；换个自然条件差得多的地方，即使技术有逐次轉变，也支持不了一种正在扩展中的文化的重担，这种文化重担是总要不等到新資源能动用之前，就把現有資源用到快完的。

除非社会手段已进化到好利用这些有利条件的一些优点，所有这些条件就不能起作用。在封建制度之下，这是不能做到的；但在資本主义之下，由于将以前各次成就上的利潤再投进生产企业，所以就能把这些資源运用得越来越有效。还有一层，資本主义能利用各項改进了的技术，并鼓励科学去发展一些基本上是新的技术。

要替資本主义巩固一个基础却不容易。十四世紀意大利的最初企图，由于它自己內部傾向于回到封建制度，以及意大利和西班牙封建势力进攻此二者的联合效应，到十六世紀就垮了（199 頁）。十六世紀，在荷兰建立的最初稳固基础，并不是未經猛烈的甚至拼命的斗爭就能完成（233 頁）。但是，一經建成，这制度所給予的那些巨大

經济利益就保証这制度推广到世界各处，首先出于示范，后来出于征服。到十七世紀中叶，就看得清楚，沒有一个不采納資本主义制度的国家能保持它自己的地位来对抗那些已經采納了的国家。

还有，早期資本主义給予科学的刺激，保証新科学对可能来自較旧文化中心各方知識发展上的任何一切，有压倒的优势。事实上，印度和中国，任凭它們的一些較早文化成就，但从十六世紀而后一直到現在，并沒有任何显著进展。*因为被阻于一些資本主义外国的經济和政治侵占，它們沒有开出任何晚期的花。从十七世紀到二十世紀初期，科学和知識文化成为欧洲的专利，而越来越集中在那些重工业中心。今天我們正看到相反过程开始，即科技广泛地散到各处；这就表示任凭使用一切力量要把它掌握在"西方基督教文明"的主人翁的手里，它的利益仍能被所有不同种族和传統的人們所获取。科学对社会的关系的种种問題，是要从具有束縛力量和解放力量相冲突的今天这个世界里去認識的，不是从任何想象的理想中的和在时間之外的国家里去認識的。

14.4　划分为阶級的社会里的科学

科学和社会間相互作用上尙待討論的另一方面就是自从文明一开始就已有了的社会阶級划分对科学的影响。由于我們大多数在划分阶級的社会里成长起来，認为这是理所当然，就不易明白这对科学有些什么含义。其实，象本书应表明那样，从阶級划分一开始，其影响就已在物質和观念两方面透入科学，而影响了它的結构、发展、和运用(20 頁)。

自从文明开始直到今天，技术上发生的逐步轉变，每当改向时，都由当时統治阶級中一些个人和一些集团的利益来推动。它們带給其他各阶級的任何好处不过是附带性質的。如果一定要奴隶和农奴做工和供应粮食，就必得养活他們。当文明中所用的机器变得更复杂，有些奴隶就或許須要受一点教育。

我們可以正当地欽佩金字塔为建筑和工程上一大功績，但它們所代表的却是为了对法老王灵魂的臆想的好处，以及对祭司身份的包工者們的实际声势和回扣，而耗費好多万人的劳力。我們的祖先在簡陋城市和殘破村落所留給我們的未免过分持久的一些遺物，使我們可以回忆到当时人民为了推进工业大革命所必須償付的代价。而如今，在这科学时代，新知識、技能、和巧思应用在人类环境的任何改进上的，是怎样少得可怕，而用在一味毁灭上的，又那么多！

这是一件历史事实，我們得把科学的发展也象文明里其他一些形相的发展，归功

于阶級社会所起的作用。如果考虑科学怎么除了这样而外也能成长，那就会不得要領，但是如果假定科学只因为是出自阶級社会就必須在同样的贊助下才能持續下去，那就是蠢笨。阶級社会留下了一些很精緻的东西給我們，但也留給我們取得和运用这些东西的很坏的方法。

以前各章里的許多例子(320頁)都說明：阶級利益的种种作为一再阻拦了科学进展。战事中的种种有效运用，或和平时的一些有利使用，都曾經是驗出技术有无进展的唯一准繩。反过来說，新技术的建立，也曾經是把进步中科学的成就固定下来的唯一方法。我們已經曉得(362頁，316頁)，显著地在化学史和电学史上，只有当一种新化学品或一件新仪器，常在初次发見許多年后，成为一种商品而大量問世时，它才成为再一步推进科学的基础。

考虑一下各不同时期現成的技术上的巧妙和知識能力，就显見这些即使是工业进步上的主要限制因素，也是极难得的。即使在进步的十九世紀时，由于不能得到預期的利潤，坐令短視的和困守传統的資本家們，迟迟不去从事于一些在技术上早已有可能的新企业(354頁)。早晚他們中会有一人向前跳，然后所有其余的人就都一拥而进。結算下来，这效应就是：科学比起它本来須要的那样，已属过分躭延过分混乱了。

只因无目的的科学应用已让步給一种有組織的工业研究系統，人們或許会以为这种延誤該是过去的事了。实际上，如果来自資金缺乏的障碍已因資金大大集中而減少，那么，竞爭在以前所慣于引起的激动力也已減少了；而且，那些已經代替了許多竞爭商号的大专利企业，显得并不急于进行根本性的革新。有关这些的事例已在以前有几章里列举了(439頁，455頁)。我只要說正在一种科学工业里占着中心位置的一件事。作为螢光照明的基础的那些原則，甚至在絲灯泡发跡以前就已曉得了；但必得經过四十年后才由充分支援着的研究使螢光照明能成商业品。专利权所指揮的科学上那些广为宣传的成就，如尼龙和电視等，易于把那些沒有做成的事瞞过我們(458頁)。因为曉得科学各种应用的可能性的，只有不多些人。这些人却深知，在已有的知識的广大来源中，用到的是多希少，就因为对于不能立刻生利的一切事物，都指导不当又加以限制。不是在这一方，就是在那一方，总不曾让科学替人类服务。限制科学的不是阶級社会的某些特殊形式，而是它們的本質：即人剝削人。

划分出阶級的社会的存在不只影响了知識的物質后果，而且深深刻划进知識在思想上的根基。認識文字的和有修养的人做統治阶級，而文学和科学所表白出来的基本观念，都不免沾染了統治阶級的先入之見和自我辯护。同时，由于維持整个社会

的日常工作而得来的丰富实际經驗，却同文学表达以及学院知識相脫离。各种艺术和科学的几个最伟大多产时期——希腊初期、文艺复兴、启蒙运动——都是阶級障碍一部份被打倒了一个短时期的日子，这是极堪注意的。在这类时期，就有个兴起的阶級，它抓識字、抓文化、抓科学，而且在抓的过程中，使它們成为更普及得多的东西，它就拿这抓作为目标（640 頁）。

在科学的基本哲学上，阶級势力曾感染科学最深——对各門自然科学，是在經驗所設下的一些限度之內；而对各門社会科学，就是全面地了。如我們已知，历了許久时代，基本哲学和科学两者是不分开的。照希腊人的看法，一种广博哲学的目标是要連貫地說明整个宇宙，利用哲学所揭示的秩序，来辯解特别是城市国家的社会制度。柏拉图派的理想，也正象亚理斯多德的"中庸說"，在同一程度上都是一些政治-科学的构造（100 頁，113 頁）。

当理性講不通就請出信仰来协助，如果不是为了辯解罗馬帝国的完全邪恶而且不公平的社会制度，也至少是要把它說成可恕的，作为登天的一步阶梯。科学退却了；等到它再度前进，却被一派經院哲学所长久束縛，这派的主要目的又是从經典和推論来辯解封建制度的种种狂妄无能。

在文艺复兴时代所采用的决定性步驟是把精神世界和物質世界分别开来，让自然科学足以自由地轉向实际利益方面，但所連带的一些观念，却仍是取自旧有神学-哲学系統。新科学的一些物質成就尽管伟大，但这些观念，在工业大革命的前进的乐观局面中，深深地潛伏起来，而当此項制度朽废时，又正在重行露面（643 頁）。象在已往时期那样，既然需要一种哲学来辯解一种在本質上原属不能辯解的阶級統治，这需要引起着一种唯心的对哲学的歪曲。此中的一部分，是天眞地把凡是优越的、精神上的、理想的东西認为都是各上层阶級的特别所有物，并且坚持这些較高的东西的存在以便用神的意旨来掩护社会秩序（73 頁）。一种更牵強的形式，亦即基督教所特别采取的形式，是把性灵界民主化，其条件却是要在这个眼淚汪汪的尘世里，把权力和財富留下給执掌民政的当局——这种"天上餡餅"式的哲学极便于拿慈悲心腸来代替社会公道（151 頁）。神秘主义这个更极端形式則倡导退出"空虛的"世界，其結果是世界上的事該怎样办才好，成为全不相干的了。这些半宗教性的途径是一种滲透到科学本身的基层构造里去并且頑強地牵引科学离开眞实世界的手段。

科学作为一种生產力

关于科学的阶級性的这些思考不仅是属于历史性的和学院派的；它們应該能帮

助我們了解現时正把科学和也把社会划分开来的种种冲突。科学家們和一般人民一經領悟到科学对社会的重要性，他們就不能再走老路听任科学和技术在有限制性又有歪曲作用的个人利益的冲动之下，偶然长大起来。关于科学的性質和能力的新知識是不能推在一边不理睬的，但承認了这种知識，就意味着承認社会負有培养和指导全部科学的責任（18 頁起）。

为了同一理由，对科学从前是走了什么道路长成的，埋怨也无用。科学象人类所有其他的建制即語言、艺术、宗教、法律、和政治一样，已造成了一种內容和一种力量，这內容和力量超越了那些逐步帮助造起科学而用的手段或动机的。自然科学，对于它所越来越結合得密切的实用技术，要比其他一些更純粹社会性的建制对实用技术，有較大的自立力，因为它稳固地附着在物質世界里，在有生物和无生物的属性上。

更重要的事实却是科学近来就象技术經常那样，正在变为社会的各种生产力中不可缺少的一部分。技术上的竅門現在必須到处由科学上的道理来支撑，这样才能維持現代人羣的生活和生长。科学也許部分地曾經是苟且得来的和用不公正的方式积攢起来的財富，但科学毕竟是一宗財富。到現在，这桩財富必須让大家来花費和添加。

14.5 科学在今日的世界

在我們能够有益地討論历史性研究对当前問題的关系之前，首先必須更密切地查究科学在現今世界所处的地位，并把科学同政治力量和經济力量的实际分布联系起来，精簡为几节文字并把第六篇已經举出的情报加以补充。

世界上各不同区域里的科学，論平衡是十分不均匀的，但这种不平衡的情形也在很快变化着。由于已經举出的那些原因（400頁起），科学的分布和重工业的分布密切相应。世界上科学方面的人力十分之九以上都集中在十来处主要煤田，以及其他地区里大約同样多都会和港埠方圓百十哩以內。世界上这个迅速成长的工业一角里的人口約計三亿四千万，或者約为全世界人口的百分之十四。世界的其余部分是农业区，其中人口最密集处出現在六条大河流域，以及一些高度开墾了的島，象日本和爪哇，占有适于居住的地面的二十分之一，总計人数約有九亿农民，但直到目前只享受很差的科学服务。世界的其余部分，除实际无人居住的沙漠、山岭、和苦原而外，計有人口十二亿，也最多是农民——全世界人口的一半——却占据地球上适于居住的面积的百分之九十。（地图五，726 頁）

只是在参照那些目前靠来行政的政治体系和經济体系时，这些純粹地理性質的

划分，对现代和未来科学講来，才有意义。今天的世界很自然地分成三个地区，可以叫作資本主义、社会主义、和旧殖民地区，这旧殖民地区現在正很迅速地成为一些国家的一个中立集团而不再是"自由世界"的一部分。

首先是那些高度工业化的帝国主义国家，有新有旧：美国、不列顛、德意志、法兰西、意大利，还有一些較小較弱的欧洲工业国家，它們在經济、战略和政治上受美国和不列顛的控制。这些国家共有四亿人口，其中約二亿五千万是工业人口，一亿五千万是农业人口。資本主义的坚实中心甚至更有限制，实际只在美国东部的和大湖区的諸州，工业化的不列顛，以及魯尔区，因为这些地方生产着現代工业上关鍵性原料（即鋼）的世界总量的百分之六十。在这种地方，每两次危机之間，工业化和生产都增进得飞快，但在美国要比在任何其他地方步伐大得多，因此生产越来越集中。由于竞爭継續存在，以及种种力量的新配搭又不断組成，故而这个工业复杂組构的眞正控制并不統一。但是，有控制力的寡头政治，即世界上五十个經济和工业大企业联合的活跃的主导人只是特殊的一小帮，大約一共不到一百人，而其中的显著企业在美国。[7.20a]

世界上的第二地区包括那一些国家，它們自从1917年起已摔脫了資本主义的支配，而走向一种无阶級的共产主义，所到的远近程度不同。这个集团的人口总数离九亿不远，或即世界总人口的三分之一。这个集团的現有工业化程度不高，計有九千万或即百分之十，若除去中国的占优势的农民人口而外，就等于百分之二十五。在科学运用上，这地区的显著情况是正在推行一种极快的工业化政策，而且，和資本主义的集中傾向对比起来，这是正在一种普及状态下进行着，要在所有各处相等地提高工业生产标准，在工业区內发展农业，又在农业区內发展工业。这一点也包含着工业和农业两方面都积极地和有計划地运用科学。

世界上的第三地区包括欧洲和亚洲的其余地段，还有整个非洲、海洋洲，以及中美洲和南美洲。显著地，这是那些旧帝国主义国家的原料和食料的生产来源地方。在总人口十二亿，或世界人口的半数中，仅有百分之五从事工业，并且差不多所有这些人口都在唯一工业化的亚洲国家，即日本。除了英国領土的一些享受特权的富农而外，其余都是生活标准很低的貧农、大农場工人、或农奴。

这情况在絕对食物消耗量方面的最根本的状态上表明出来。这些民族，每天每人平均消耗二千六百卡的各民族，在第一地区里或在象澳大利亚和新西兰等国家里。就另一极端而言，在大多数亚洲和非洲国家里，消耗量在二千二百以下。[7.26a]这类身体上的不幸就使人較易感染疾病，并且同疾病作斗爭的方法也較少。在印度生命的平均預期数只是二十七岁，在英国則是六十八岁。跟着来的还有整批文盲和收获量越

来越小的貧困的农业。

在这个地区里，有一亿四千万人，或百分之十二是直接在那些旧工业強国的主权統治之下，另外的五亿三千万人，或百分之四十四，包括人口远为最密的印度和巴基斯坦两国，只在近来才完成政治独立，而在經济上仍受一些新的和旧的帝国主义強权国的支配。說明这情况的是：为了主权国的利益而抑制住工业发展，以及为生产一些能用廉价劳力采取而获利的农矿原料——即战略所需要的金属和石油——而集中这些国家的全部經济。由于单种一种作物就耗竭了地力，在外国人所据有的大农場上就常如此；而对一些农作物，只加工到恰好最便于运走而已。最后，这些企业生出的利潤漏到国外，而不能从經济方面用来兴建本国。

在"自由"世界中这个殖民地部分或半殖民地部分是缺少工业的，这就使得这些国家为了諸強权大国的利益应該直接由外国官員們，或間接由当地地主們或商人們的一些指派者，用最不民主方式来管制，不过，在民意压力下，这种管制权正在很快地脫离他們的掌握。不消說得，在这一类情况下，是沒有科学的什么地位的，但却能逐漸明白它的重要性。非洲和南美洲的科学家合計起来还少于荷兰。

資本主义地区的科学利用

今天資本主义世界里，特别是在美国，科学研究和发展上的两个最特殊的征状是集中制和軍事化。把工业生产，甚至把科学研究弄到更高程度地集中在世界上如此小部分，这在已往历史上还沒有过，而且軍事性研究，对民用研究比数，也从来未有象今天这样大（467 頁）。这两个特色都是让垄断工业发展后的結果。

在这里，追求最大利潤是个显著因素，它决定着各种工业以及为工业服务的各門科学，哪个花費人的精力多，哪个花費人的精力少。在資本主义的全部历史中，发展工艺学以及求援于科学，只是当看来这是組織生产的最有利办法时，才这样做。拿最近一百年的英国紡織工业为例，由于人工便宜，旧机器的代价又早已付过，就此不訊眞地改进技术或利用科学了。[7.15—16]

实际上，使用科学研究就是投入資金的一个方式。至于承訊这种关系还是很近的一件事。1947 年俾可斯基(Bichowsky)才最先加以严格討論，而到現在一般人都承訊了[6.11]。即使是值得考虑到科学研究，也只有在能投下新資本时。即使如此，直到最近，对比而言，用在研究和发展方面的款額在不列顛只占新投資的百分之十二，在美国只占百分之十七[7.14]。跟随着越来越大的垄断，这个一向是自动的无意識的程序，就成了审愼考虑的策划。按照史无先例的幅度来計算利潤——在美国达百分之五十，

那里大多数公司認为設备成本应在二年到五年之間賺回——是严格投資的，只是使获利有可能的发展和研究的必要先决条件。

专利控制着科学，但这件事被宣传技术遮掩得如此周詳，能使羣众相信，花在工业研究上的金錢主要地是为了羣众利益，而不是搬运过来，如它們甚至对民用部門那样，好生产賺錢最多的貨品，如电視接收机和新奇药物等。

正是为了同样地要求最大利潤，这才在近来若干年发生了重大偏差，让工艺和科学走向軍事用途。这方面的利潤巨大无比：羣众出了錢而不会提出討厌的問題，做出来的貨品又不怕沒有銷路。它們可以消耗在战爭里，或者，当这一着失敗时，在几年后就可作为陈旧品而报废。又用維持战爭热狂和辯解軍費开支所必需的每种宣传方法来加強对这类貨品的需求。如此做的一个后果是科学軍事化，这已討論过了（459頁起），但将要連同它的一切后果，保密、掩蔽、和政治迫害，再提一次（699頁）。

由于直接設法或通过政府代理人，不拘一格，世界上資本主义地区的科学已处于那一小羣大专利商行的控制之下。在美国，[6.1] 大学已經到了它們的手中了；它們的代表列席于各行政团体；它們提供基金或布置政府补助金；它們僱用毕业生；它們能造就或者毁坏有領导力的科学家們；它們的势力在科学会社里是优越的，而这些会社都只是靠它們奖助才能継續存在。只因在善意的民众面前維持学院的外表自由、以及拥护这自由而从外表显出它們自己的仁慈，是对于它們有利，这才阻止他們公然接收这整个事业。

誠然，自从本世紀开始以来，支持研究这一政策，已經和慈善事业以及奖励艺术一同成为洛克斐勒、梅隆、福特、和杜邦等巨大垄断者朝代在道义地位上存心采用的一些支柱中之一。只消在經过多年剝削搜刮而来的利潤中花去一个小零数，他們就能伪装为对不計利害关系的研究工作的主要照顧者。自从第二次世界大战起，由政府代替了他們，而政府，象已講过那样，不仅已成为大学研究方面的并且也成为工业研究方面的主要基金来源。在不列顛，也象在美国所搞的新布置，是訂立有关差不多专限于战略物品的研究和发展的合同。这个办法已判明对专利商行十分便利，因为政府付給成本并承当一切风险，而一旦进入生产，企业方面就收取全部利潤。在1951年，美国政府偿付了百分之五十五的电业研究費，百分之五十八的仪器研究費，和至少百分之八十四的飞机研究費。这些方面总共交代大約十亿美元一数，或者差不多等于国家全部工业研究費用的一半。[7.12] 在不列顛，比較的数目不大容易找到，但研究費在几个飞机工业和机器工业大商行中的实际分配情形，却表明大致类同的程序也正在进行着。[6.35-6]

研究工作的組織方法

我們必須衬垫着这幅工业研究和政府研究日益增加的背景，来观察資本主义国家里研究工作的現行組織方法。这在目前已很不同于随着十七世紀那些学院而开始时的那样，不过，这些学院仍然作为贈送尊称的荣誉社团而存在。研究的目的已改变了，它的規模也就庞大得多了。它所关心的是用科学在国家經济和政治的施行和进化两方，而国家对技术的主要关注却已变成备战。今日的科学組織并不限制于、而实际上也不主要地关心着科学的內部发展。虽然这样，正是由于存在着这样一件事，就是一种費用較大不知多少倍的科学研究工作已經变成几乎完全依賴国家財力和工业財力，那么，科学的将来必然要直接地和深刻地受到研究組織方法的影响。

依靠具有独立資財的、或者充任私人顧問来賺錢的个别科学界人物的种种活动来推进科学的較旧方式，到十九世紀末，实际上已停頓下来了(400 頁)。基本科学上的一些主要进展改为集中在各大学，在那里，除了旧有一些教学机能外，又新加一些研究机能。这个方式从此就成为几乎一般性的，而唯一例外是有少数一些研究基金团，但即使是这些也趋向于归附到各大学。科学进展，首先看来是一般教学的副产物，但当科学进展的重要性成长起来，那趋势就是让研究控制教学，更让科学教学自身变成只限于做研究工作的先导而已。

不过，学生們受訓去做的一些研究工作，大体上已經是在各大学以外，而在工业或政府业务方面了。除了研究工作創見于十九世紀末的电气工业而外，大部分严格地工业性的研究是从二十世紀第二个十年开始。但工业研究的成长快到大大超越了那些旧有方式。[7.18]可能地，在 1920 年到 1950 年之間，整个資本主义世界里的工业研究增加約五十倍，[8.54] 而且，在大大加多了的积极科学工作者当中，絕大多数已經由工业界或軍备工业各部門所僱用。工业研究的目的原是要把科学上的一些結果应用在生产的需要上。过后，一些工业研究团体傾向于累积越来越多的基本知識，特别在物理学和化学上，还要吸收能干的基本科学研究工作者为它們服务。因此，科学重心越来越移进工业領域，还連带着許多坏結果，这些不仅来自保密制的散布，也由于一羣能干而独立的科学家身上沒有一般研究方向的任何控制。

政府研究工作和軍事研究工作

但是，在科学組織上的最近发展却是出于各国政府的大規模干涉。誠然，自从十七世紀以来，有些科学补助金来自政府，但是，涉及的差不多完全是在天文学或制图

法或度量衡的正当标准化这些特殊事务方面。在資本主义国家里，到最近几年为止，实在一直明确而且強烈地反对政府干涉科学，因为政府这样做会妨碍一些个人和公司合式地竞爭使用科学来生利。如我們所已理会，这类反对已全然废止，因为政府和一些专利商行在軍事研究上有了新的共同的关心。这过程快不来：在第一次世界大战中，科学当开始时被忽略，而当終結前却成为生产和保养飞机或无綫电等新装置时的一种不甚重要但属基本的輔助者；在第二次世界大战中，科学从头就重要，而当煞尾就成为一种优势因素，不仅在远程火箭和原子弹等新武器的推陈出新方面，但也在軍事行动本身的协作和指揮方面。[1.2;6.26]在那次战爭中，不列顛和美国的全部科学簡直都移到軍事业务上去。

即使在战后，为了准备新的和越来越科学化的战爭，各国政府对于科学的奖励金不断地增加到許多倍。譬如在英格兰，議会制定的科学費用从 1937 年的不到五百万鎊，上升到 1947 年的七千八百万鎊右左和 1955 年的二亿五千万鎊；而同时在美国，这笔科学費用从 1940 年的五千万美元上升到 1945 年的六亿美元以上，并且，在1955 年达到二十四亿美元。工业方面和政府方面的科学費用增加了，并不暗指那已够庞大的科学家队伍中的人数也相应地增加。在不列顛政府科学工作方面，够条件的科学家的人数从 1930 年的七百四十三人上升到 1956 年的五千七百九十八人，只增加到八倍。这也不暗指所获的新知識在質上有相应的增进——而毋宁說正是相反。費用的最大部分是在价值巨大的仪器和配备，以及为数极多的佐理人員上。这方增长如此迅速，以致已經明确地妨碍了民用目的方面原則性的和基本性的工业科学的进展。在 1950 年，英格兰曾发生明确的退步。事态如此严重，以致科学和工业研究部本身的会議也提出抗議：

> 如果对基本研究所作的努力不足以保証稳定进步，这研究就几乎不值得进行，并且，我們看来，一再建議減少目前的薄弱力量，是无根据的。[7.6]

即使是現在，增加在民用研究方面的費用也不足补偿物价上升。

就是因为科学的物質需要上的这样增加，才使政府对科学的扶助成为絕对主导的，而在一些資本主义政府里，这样做的原意是为了軍事目的。在 1953 年，不列顛政府的科学費用的百分之八十是为了軍事目标，牽涉了全体国家科学界人員的百分之七十三。在美国，相应費用的百分数是九十。这种影响并不停止在应用的水平上，还深透到全部研究工作里。美国海軍研究局在 1949 年被捲入将近国家科学总开支的百分之四十。[7.20b]大抵是为了备战以及万一发生的作战而供应科学工作人員成了令人焦急的問題，因此，各政府大部分地接管了各大学的財务。例如在不列顛，自从大战

以后，政府对大学的津貼增加到五倍，而这在目前代表它們的收入的百分之七十左右[7.9]。任凭这样，在不列顛和美国两方面經久缺乏有訓練的科学工作者，[7.13;7.22;8.19;8.30a;8.31]原因在于阶級制度加給教育的一些約束。

科学的集中和軍事化产生了一些效应已經影响到美国和不列顛的研究和生产中心以外。美国对种种原料的需求已正在耗于"自由"世界；亚洲和南美洲所产的石油，百分之十三归了美国，美国要消耗全世界所产石油的百分之五十八，并且，象"佩力(Paley)报告"所警示，[6.162]它还威胁着要按甚至更大規模来消耗油。在同一情况下也正在耗尽世界上的最好的科学人材。在經常被信以为眞的借口、即帮助有希望的个人科学工作之下，最优秀的科学家，或至少未沾染共产主义或偏頗爱国主义者当中的最优秀分子，正在被收买并安插在美国的一些設备得美妙的实驗室里，在那里他們可以自由进行他們自己的研究工作。这种办法开始于許多年以前而現在正扩展到如此程度威胁着許多国家的科学进步。美国的著名科学家約有一半其实是外国籍。誠然，这其中有許多为逃避納粹党的迫害而来到这个国家，但在希特勒战敗后，他們之中簡直沒有几个人回到他們的本国。在太平时代和在战爭时代美国获得了巨大利益，但在相抵的一面不得不算入世界上所受的一笔損失。当这些科学家的教育能力和他們的工作都是极其需要之时，他們却被吸引到祖国的一些問題以外去了。

把科学集中在名为由大学控制着而实在处于专利企业或政府之下、并导向一些認为有軍事价值的計划的一些实驗室里，这整个制度对科学是最有大害的。严紧的保密和忠誠条款目前虽已現出松弛征兆，但一般气氛仍不外乎劝戒不仅是活跃的、也还有有希望的科学家們，不要过問自己的工作中牵涉到社会上的一些事情。他們一旦过問这些事情，而作为一个团体的美国科学家們也开始用他們在国家基本工作名分上应有的力量，来声明他們的意見，那么我們或能期待看到一些大变化。

美国的相当庞大的財力和生产力，以及在那里科学能力的集中，已相应地抑制了"自由"世界里别处一些民族科学中心的发展。差不多所有各方面的，特别是物理学方面的重大研究工作，現在只有在一些得到大力資助的实驗室里才能做。現在在美国已經出現了大多数这样的实驗室，至于在别处創設它們却是越来越成希罕的事了。在資本主义世界里已有的只是不列顛，在某些程度上还有瑞典，配得上說是在基本研究上完全独立，但在若干研究园地中，这独立就相当不稳了。大多数其他国家的政府都因軍备支出和貿易限制而处于如此长期經济艰难中，以致它們簡直让科学挨餓。它們的个别科学家們的工作尽管很傑出，它們不再能执行够現代水平的有組織的科学工作，而越来越趋向于被拉入到美国势力范围。

在最近几年中，資本主义世界里的科学的成长是非常的，但这是在十分严重地歪曲了目标和方法，这样牺牲下才完成的。这些歪曲行为已惊震了大西洋两岸有思想而絕非激烈派的科学家們。[1.49] 現在，在緩和了些的政治气氛中，看来他們的呼籲有点希望被人傾听了。

未發展國家的科学

批評目前只求中心集中而不顧中心以外的傾向，对于一些未发展国家来說，意义最大。然而这些国家中有几个，显著的如那具有长久科学传統的印度，正在抗拒着这些目前傾向，而且按照它們正在树起經济独立和建成重工业时所达到的程度，也正在扩充科学技术教育和研究。在大多数其余殖民地領土里，科学仍然极少見，但羣众需要科学却很急切。在这些領土里，不列顛和法兰西，更不待說葡萄牙这些老牌帝国主义势力至今全然不能利用科学，甚至于只在够开发天然資源的規模上，所以杜魯門总統不得不在他的 1949 年 1 月的总統演說詞里加上一个第四点，[7.4a] 来替它們提供美国科技援助。但这件事并未十分生效，在 1956 年，总計到軍事援助的百分之十四。如果缺少一种为了民族自身利益而要建立重工业和利用天然資源如石油、矿产等的民族运动，就不会有什么进展。但如此一些动作不会使外国投資者們感到兴趣。他們宁愿为他們自己的利益而专門去发掘資源，稳靠独享窍門，并連带雄厚的实力背景。

这不是把美国和不列顛以及殖民国家和未发展国家間的經济平衡恢复过来的方法。誠然，自大战以来，对一些未发展国家实施有限制經济援助政策的結果是使生活标准上的差别变得比以前甚至更大些。[7.24–5] 这并不是說不应有国外援助；但这样的援助，如果眞是对于建立这些国家有益而未必是拿来剝削它們的話，就不应附带經济上或政治上的統治权。現在正开始可从苏联得到按照这些有益条款的援助，显著的是在装配鋼鉄厂、支援探鉆油井技术、和設立技术学校方面。单純为了自卫，那些資本主义国家或許被迫也照样做，并参加竞賽，看誰的帮助最得力，不过，阿斯旺水閘一事看来不象好預兆。

对所有的人，除了那些以睁眼不見为有利的人而外，最近几年里的一些大事应該明示，不論老式或新式殖民办法，在任何事例上注定要遭殃。什么东西都不能再多长久地阻挡世界各民族湧起来接管現代技术和科学，更为了它們自己的益处而使用这样得来的財富。这样做的純淨結果只会替全世界大大赢得天然物資和人力物資。特别是科学努力，将要增加到許多倍。

这个展望也不該吓倒那些旧工业国家里的人民或科学家們。他們在这般穷苦折

磨的世界上所处的特权地位，对他們是一种災祸而不是利益。要維持这种地位就是理由，或至少是搬出的借口，为什么要有軍事上压倒一切的各項重荷，而这些重荷拖累科学也特别严重。我們听到說：这些重荷对于制止共产主义是必要的，而这个主义的散播要威胁文明的种种利益。事实上，世界上社会主义部分和資本主义部分間的那些人为貿易障碍一旦倒下，一些落后国家的迅速工业化，就会提供够多需求使那些旧工业国家的一些生产工业尽量地制造物品。而且，經过一代，当这些新国家的种种工业已到比得上的水平时，这些国家的民族的生活标准会提高如此多，以致这些民族会替消費品提供无限制的市場。由那些旧帝国主义国家出来帮助一些落后国家，这不是自我牺牲問題而是本原的自私自利問題，可是旧帝国主义国家对于它們剝削了好几百年的那些民族，实实在在已經欠下够多的債了。

社会主义地区里的科学

社会主义国家向垄断的資本主义統治所提供的对比，是一种絕对性的。作为經济发展的因而也是科学运用的准則，是幸福普及而不是利潤最高。前已談論过（649頁起），这是怎样完成的，但还未充分地強調过这轉变对科学本身，以及对科学和人民生活間关系这两方面的效应。若要把科学用到一些工业和农业建設計划上去，就須大大增加受过訓練的科学人員員額，因此也須增加高級科学教育（642頁）。因为在建造上、在农业上、在改变自然上、在发見和利用天然資源上、在改进人民健康上，有实际兴趣，故而在各門科学間的关心上，也就有了一种好得多的平衡，显著地是对地質学、生物学、和医学上关注較多。[6.55] 一桩重大革新是妇女参加科学工作。非但在苏联，而且在中国和那些人民共和国，不象在英国科学界成規每六男对一女那样，妇女正在参加科学的和男子一样多，而在某些范围，如医学，則参加的妇女更多于男子。这意味着，把采取科学家的智力来源，一下子就实行扩充了一倍。[6.9]

这全部，連同初級学校教育上重視科学，正在导起羣众思想对科学的威望和地位大大地增高。要了解这情况只須把苏联和中国的报紙及期刊上分配于科学事件的篇幅同不列顛和美国的比較一下。

这趋势所正在导致的是科学在社会地位上的根本轉变，这种轉变就把科学开放給全民族，而不是只給自从文明开端就垄断了科学的，由阶級衍出或由阶級选定的那点所謂优秀人物。这样的一种轉变必定把巨大新力量带給发生这件事的那些国家。在世界上两种經济制度間已存在的实力竞爭中，这种轉变投进了一些新的人力資源，作为一般畸重的力量，而这些人力資源通过科学就能大大加速天然物資的利用。这

办法已經推进到如此程度，象苏联就要在 1956 年培养出等于美国两倍那么多經过訓練的科技人員。* 象这样利用所有的而不是很小一部分的人的智力的竞爭，一旦眞正地进行了，就无法阻止它，一直要到全世界上的人，不只是某一阶級或某一国家，都因为受过教育和享有机会，能为共同幸福貢献他們的一切学識和本領。

社会主义世界里的科学組織

在社会主义国家里，由苏联开头，科学組織走了一条和資本主义世界里不相同的道路。軍事研究虽也在进行，而且順利地进行，如原子弹和氫弹的成就所表示那样，但絕对地和相对地講来，它都不象在一些資本主义国家里那样突出。

突出的却在运用科学为国家經济努力这方面。在保障科学能最多地参加工业和农业，并同时发展科学自身，这两方面的需要，不是靠政府的直接行动而是靠那些原有的科学团体，而且主要是科学院的大大扩展来滿足。苏联科学院，还有各个共和国較晚成立的科学院，在事实上代表着十七世紀初期的科学院，如意大利的猞猁书院，英国的王家学会，法国的王家科学院等的理想，提高到适合二十世紀的范围和規模。因为属于十九世紀荣誉社团型，故而旧俄罗斯科学院就自覚本身要負責来組織并推动每門科学里的一些大規模研究所，这些研究所中的工作者目前已有成千成万人。科学院还通过本身的一些研究所以及对各大学研究工作所能給予的指导，就負責整个經济計划中所連带着的科学工作一般計划。

这个制度把科学的指导工作委給科学家們，也就是唯一地在本質上有資格做这事的人。这制度同时还保証他們有办法、有知識、来按照着他們所認为对将来最有希望的那些方向发展科学。和时常有人硬說的相反，苏联的科学計划不是做好給科学家們的，而是由科学家們做出来的。因为在草拟一般經济計划时，已經和他們会商过，自然而然，他們心目中有这些計划，并熟識它們。但这些計划只在它們的最广泛战略方面才影响他們自己的計划。科学家們要采取，而也被期待采取一些更久远得多的見解，1950 年所宣布七年完成的苏联东南部諸河流域的那些伟大修建計划，在这以前經过了二十年的科学勘察和討論。科学院的年度計划和五年計划大致集中在科学中正在滋长的各点上，而这些点时常也就是技术应用最有成果的地方。[6.55;6.57;6.65]

世界上社会主义国家里正在实行的轉变，是資本主义世界里科学家們所难于了解的一种。如要充分了解，那么，所需的知識和关心不仅在科学方面，还在那些国家的历史、經济、和哲学方面。

各新兴人民共和国和中华人民共和国所采取的科学組織的通常型范，是重視自

主的科学指导,而要求国家給予物質支持,并响应国家所发出的支援种种特定任务的号召。这办法証明它本身的伸縮性,并解放出了丰富的才能和热忱,使人回忆法国大革命时所創議的全民利用科学的努力(309頁起)。这办法給予科学家一些更大的权力,但也給他們一些更大的責任。

西方的科学工作者不容易体会今天东欧和中国正在发生的事,这并不是因为这些国家中的情况不是經常所有,而是因为这些情况是一个有目的的民族所造成的:这目的是所有的人所共有,包括科学工作者們在內。当一个共同目的存在时,个人反应也就会轉变。退入科学上的象牙塔,常常不过是在只有毁灭前途的世界上逃避人生中一般无意义性和无目的性。建設性的社会目的却带来了情感上的認可和滿足,而这些都是我們在我們这种自私的文明中已丧失掉的,对我們是一笔大損失。

14.6 科学的进展

这段文章結束一下今天世界上科学的地位和組織的扼要形象。我們要衬托着这个背景,来評估对于有关科学和它的社会地位的那些內部問題的一般原則所作的那些討論。在本书刚开始就立下的这些难題,在本質上包容在两道問題里。怎样能鼓励科学繁荣并生长?怎样能使用科学的一些成果最有益来便利人类?就是为了答复这些不只是学院的而且是实际的問題,才对科学的社会地位作了这样的全面查詢。只是当这查詢有助于发掘答案,这工作才算做得对。如果讀法正确,一些綫索已包含在科学的眞实小史里面了。

对第一問題的答复方法是查明在过去曾协助科学进步的那些外来的和內在的最好条件,并預測現在和将来經过改变的一些需求。第二問題的答案有类于第一問題,故留在本章末段发表(718頁)。有些在过去繁荣科学的外来条件,已經討論过(677頁起)。本質上,只有在社会和經济进展各期里才备下这些条件,而在这些时期里,科学才被認为具有社会重要性,并被給予实質方法,又因为經济和社会两方所提出的一些問題,故此不断地被刺激而走向新活动。

如我們所已見,这些問題基本上就是接触当时統治阶級的种种兴趣的那些,而这些兴趣不論象駕駛术那样眞实,或象占星术那样虛幻。在任何时期,那些科学实行者所能取得的机会和荣誉,就可用来計量他們对这种种兴趣出力的程度。在进展活跃的那些时代,这机会和荣誉最大,因为当时以科学为业的人們对那些主要經济事业接触最密,而时常就从那些領导阶級自身里抽出来,或是为了他們的才具而供它們諮詢。在本书各頁上,我們見过許多例子,就象:阿基米得、格洛斯忒斯特、利安那度、伽

利略、波义耳、德斐、巴士特和开耳芬。

但为巩固科学进展，那种种兴趣就应該沿着那些联系科学家到建設性实际活动上去的路綫。例如，从伯里克理斯到亚历山大中間一段，自然科学比較地无生气(106頁起)就足以說明，如果有能力和有天才的个人对于在腐朽中的、小城市、奴隶制社会的一些政治問題抱有凌駕一切的兴趣，因而脫离了对生产的任何联系，那么这些人也有做不来的事。亚历山大学派恢复实驗科学一事，从反面証明了同一种大規模并当时在扩展中的經济上的实际需要相接触，所能立即生出的效应。

支援科学时的規模

用物質支援科学时的首要条件是要支援得够規模。科学在前进中曾因缺少一些合用的材料而一再停頓下来，誠然，有时因为它們不能到手，如橡胶在美洲发現以前那样；但更常見的却是因为科学家們还沒有財力来办到这些材料。科学在自身历史的大部分里，都在貧乏状态中。科学家們曾被迫改操他业以謀生——象約翰·道尔頓(J. Dalton)就不得不去教孩子們讀书——而且費足了劲才能把他們这一行所需的工具弄到手。即使在今天，政府和工业界奖励科学的时代，科学家們还时常仅仅因为缺乏設备而停頓下来。在我們这个充滿了电視接收机和汽車的現代文明中，純粹科学这个齿輪起着极大的作用；但那些亲自做了工作使这些东西成为可能的人，却常常穷得用不起它們，哪怕他們在使用中还能改进它們。我們看到这种情形时，眞覚得这是似非而实是。因缺少象通訊和运輸方面这样的一些起碼的需要，科学工作不断地受着妨碍。

在今日，科学上的各項总需要，比起科学早先困乏时，显得不論多么大，但比起那些准备使用在主要开支上的款項来，还是小的(696頁)。当科学所提出的一些要求还能有人应付时，当科学又密切联系着替它提供一些問題作为必要刺激的工业和农业时，科学在迅速进展上所需的外部条件，才容易得到滿足。

科学進展的内在条件：語言和互通声气

滿足科学的一些外在需要时，应該也使科学家們自己能建立輕易而迅速的进展方面的一些必需内在条件。問題是要注意让个别科学工作者获得一些条件、机会、和动机，使他們能服务得最好。科学工作是社会性的；它在每一种探究范围内都須要意会到一种共同目的。它也需要不同范围間的相互激励，这暗指要有一种良好通訊制度而不要狹隘的专业化办法。

最容易滿足的是这些需要上的技术方面，因为这方面最不会受到一些外来經济和政治因素的糾纏。科学必須发展它自己的一系列用語，包括作为科学一般用語的数学在內。它需要邏輯和对于理解新事物时制定新方法的本領。不論各項科学观念来历怎样，除非它們能得到一种适合于它們的語言，就不能散布开去，或固定下来。这种語言可以是几何性質的或数学性質的，也就是符号性質的，或者又可以是按照特别意义而运用普通語言，就是說靠发展一套科学行話。在这两种情况下，"語言"的目的都是把一套关系建立起来，让所有內行人都能同样地了解。

困难所在却是科学进展和科学专門化把能了解某一特种科学符号制或行話的內行人的比較数目，弄得越来越小。有一种随后发生的危险，就是科学行話会确实是阻挡而不見得是帮助科学进展，特别是当行話只是被熟手用来支撑他們对专門学識的自負之时。实际上，科学进步的很大部分曾是簡化和扫除一些这类的专业化語言，而代以一种普通語言（11 頁）。

一种合理的情报服务

研究不同科学的科学家們彼此，在互通声气上有一些內在的困难，而高出这些困难之上的，就是今天把科学世界分了家的那些多式多样語言和民族障碍两者所酿成的那些困难。这些困难已大大增长，甚至更因科学本身的生长而更形恶化。重要科学論文正在用至少十种主要語文来刊行，而正在印行的几乎完全不相协合的科学杂誌，就有十万种以上。至于在有关貨币和保密的条例上，更有无限困难。在許多領域里已經达到的局势是：要查明一桩新事实或构成一种新理論，比起要确定这些东西曾否发現过或推定过，还容易些。也許看来好象科学的統一性会由于它自身的重量而垮掉。

但这决不是必要的，不論有多么多的事实，不論它們怎样快累积起来，都能把它們理得井然不乱，并随时写成摘要，此中来把最有一般重要性的消息包括进去，同时还指明如何就能把那些有专业意义的項目找来看。不过，做这桩事要有意志和方法。所需要的不只是形形色色的会議、社团、和刊物，而对这些，已有一些組織，例如国际科学团体联合会議和联合国文教会，曾設法支持并調理。必須做到能实現下面的事，而且越早越好：現代科学家們，为了他們自己的利益，必須准备着花費他們的一点时間来做安排情报和传播情报的工作，而且为了使他們能这样做，就必須有一种可能要达到研究費用的百分之二十的財力支援。至于說在不以金錢为对象的技术范围以外的情报机关能自給，这个观念已不再是正确的了。只有政府才花得起錢来經营綜合性的科学情报机关，但这些机关将显出是最經济的，因为有了它們就可以避免重复搞象

訂杂誌、机械式整理、和翻譯外文这一类的共同事务（474 頁）。世界上大約最大的这种体系，即苏联科学院的情报体系，已經确实有这样的經驗了。目前，在一个比大战以来任何时期都要好些的气氛里，正在恢复国际上科学关系，故而可以适当地完成［英国］皇家学会在 1948 年科学情报会議上所开始做的那件事，即郑重其事地企图，替科学提供一种綜合性的、最新的情报业务。

知識的利用

科学交换方面的技术問題无論解决得多好，科学繁荣的基本內在条件依然是关系到人的。科学归根到底是具有各等才力的許多个人的工作，因为假使不是出于数以百計的不必具有伟大想象力或綜合性了解力的个别人的耐心而准确的工作，科学上一些最伟大思想从来就完成不了。

人类中不会眞正缺少知識才能。科学和文化上所已完成了的，不过是从很少几个都市和国家的一个小小社会阶級里提出来的一小撮人的工作。如果号召所有各阶級和各民族的男男女女，我們应該能把科学进展速度加高到許多倍。不过，这样做，暗指对民众教育的一种全然新态度，就是，仿照苏联先例，将使人人都能受到中等教育，而不久就是受到高等技术或大学教育。这类教育必然大部以科学为基础，科学則是按最广的意义来說，社会科学和自然科学都在內。这类教育在同时将提供园地，在其中造就出那些建造未来科学的研究工作者以及其他各范围內的工作者，后面这些工作者因为对于科学的重要性了解得够多，就能和职业科学家們积极合作。

科学不会因缺少人类智力而失敗；缺少利用这类智力的社会組織，科学才会失敗。有才华的人、有本領的人、和勤恳劳动的人都应該让他們能进入科学，而收进的办法应当是使他們都能在科学服务中尽他們的全力。必須让他們浸染上一种主旨和一种为了他們所贊成的目的而工作的意識感。在那过去的伟大进展时代的科学家們所得到的鼓舞是深信他們是为了社会共同利益而工作。这种鼓舞力有了要丧失在一种以私人利益和战爭为目的的文化之中的危险，而这些目的在目前看来已經失却从前可能有过的种种理由中的任何一种。

科学上的合作

个人們不論怎样受到鼓励，也不能单独做成他們的最好的工作。当若干人已經在科学每一范围內活跃地共同工作着，科学进展上就会出現一些高峯。这样一来，通过相互建議和竞賽，大大增加机会去打中一些显著的发見。同样重要的是一門科学

对另一門科学上的效应。这情况大都曾經这样发生:把另一知識范围內派生出来的一些观念,有时直接地,有时靠类推,輸进此一范围。用类推法来研究科学理論既已被証明有效,这就更加強了各門不同科学間的統一性和相关性,并揭穿了专門化办法所附带的不生产性。某些特殊門类科学里大多数基本进展实在曾来自一些对于該門科学比較地沒有什么經驗的个人。十八世紀化学革命是普利斯特利搞成的,而他絕不是化学家(306 頁),还有,显然地,医学上一些大进展大都曾出于象巴士特这样的业外人士(378 頁起),而其他各門科学却曾大大得益于象約瑟·布拉克那样的医师的业余工作(336 頁)。在創造一个科学新理論中,所用的一些类推說通常曾来自比起应用了这些类推說的各門科学更簡单些的科学,例如,道尔頓原子論就从考虑了牛頓粒子动力学后直接而来。

科学在进展上更广泛得异常的面幅,需要一种比任何一些私人努力所能提供的还要好得多的互通声气。在許多园地中,确已經到达了这种情况,不过在这些园地中,原来由于出版和互通声气上的这种紊乱,竟然弄得查明一种新事实或构成一种新理論,还易于查明这事实或理論在以前曾否观察到或推断过。当然,这种情况并不至于妨碍运用科学巧思。但它确实,使这种运用減縮到不发生社会功用。因为,儘管科学研究中的个人快乐是內在的,而且对发見的东西不論是否新,或甚至是否眞,都很不相干,不过,关于科学工作如果不是对于社会,至少对于科学世界的价值,連自信心也沒有,那么,充足的科学生活就不可能。如果科学世界眞正地作用得象一个合作統一体,那种自信心方才能获得。这个合作統一体必須是公开的,而不是象現在这样錯杂着一些为了"保密"而設的障碍,而且只让"庇护下的"人員去接近。它必須不含有"鉄幕"或"分过类的"研究园地。*

14.7 瞑想和行动

哲学的地位

在这篇討論文章里,我們一直顧到把科学当作好象是但也眞是能被外界情形所影响的某种自主而独立的整体。根据早先几章就該明白这只是一幅很偏頗的、而且自身引起誤会的图画。只是为了論辯目的,才能把作为社会一部分的科学从社会里分出来考虑。社会势力,过去不曾而現在也不是只从外表上反应到科学,却是深入而且直接地影响到它的內部組織和活动。象哲学在科学上的地位、自由和組織間的平衡、科学家的道义責任等問題,都关系到社会諸力量的有意識或无意識的作用所带来

的科学內部种种困难和抵触。

如我們所見到(95頁起)，科学和哲学最初露面时就未經区别。替这两样創造了名称的希腊人認为两者都是为同一目的服务的。它們包括宇宙的历史、构造、和动作方面的抽象知識，而这类知識当用自然的、或超自然的方法来获取，并且由于它自己的价值当受珍視。这样做，基本上是对科学的一种魔术式的态度，而这种态度今天还継續存在。这态度对那般靠科学得到好处的人提供了一种很便利的借口，能使他們把認为科学应該用于为人类謀福利的这个观念，駁斥为低下的和只顧实利的。

在早对科学所采取的态度是静观的而非行动的，如已表明，是同那些沒有手工操作責任和經驗的优秀分子垄断知識一事相协調的，这些垄断者則最初是行政官，継而是享特权的公民，后来是牧师。由于他們关心于維持社会現状，他們宁愿把知識認为一种静止的完美物，可以从以簡单观察为根据的推理，或依靠神圣启示去获得。企图改变这知識不仅是无用和不必要的，而且簡直是大不敬的。

面临着伴同文明发展和文明的其后各轉变而来到的那些經济和技术变化，这个态度是維持不下去的。更多事物必須归入知識，而知識又必須更有效地把已經瞭得的那些事物結合起来。行动性的心情超过瞑想性的心情。从文艺复兴起，一直認为科学不是静止的，認为科学要素与其說是确定旧知識不如說是获致新知識。然而，即使到今天，仍暗中假定了这是一种有点异常的程序，假定了其目的是要发見关于宇宙的某种最后眞理，而对这件事的瞑想才是科学的目的。

正是由于这样的态度才会保可能那般长久地保存了一切古旧的、而在今日已无意义的哲学和神学形式(647頁)。这态度对科学的影响也是同样危险，但隐蔽得更得法些，其原因是：在陈述科学时用为基础的哲学是得到默認的，并且是在任何处也不曾明白地提出来或批評过的；在科学文献里，这哲学极少或竟无地位。在一份科学刊物里，把观察和实驗以及結論和辯論，从头到底都講清楚，就認为够格。誠然，要立刻传递科学知識，足够使工作能于复做，以及使工作上能于翻出些变异，这样便是必需的一切了。但是，科学具有一些比这还远的見地。不曾提出来的，以及对科学前途或許更重要的，却是为什么先要执行这工作的一些理由，以及导致那些所得到的推論的实际的而非理性化的思想連串的記录。这些东西所以被略去是因为把前者認为无关系，而把記录后者認为太困难，或者也許太不值得。当然，这并不意味科学文献不传达哲学观念。所意味的却是通过一种无意識的和传統的途径而传达了一些哲学观念，因而使从古以来一直为了迎合統治阶級利益而大大偏頗了的一些态度和成見，保持在科学內部。

从科学里略去明显的哲学，不是出于偶然；这是受到有力的历史性的維护的，不过这維护今已不再合用了。西洋古文明国民和經院哲学家的哲学是同宗教、同政治相适应而不是宜于从物質上处理自然的。这种哲学对科学是障碍而不是帮助。但是，早先科学家們不可能直接攻击那种哲学；他們为了得到允許去安安全全地进行他們的种种实驗，所要做的工作就已够多了。不問哲学更好。况且，科学上最大高潮，最大部分是出現在不列顛和荷兰，当它們在宗教上和政治上遭到剧巨的困难之时。那时一桩起碼的明見就是不談有关哲学的事情。因此，这一慣例就壮大起来，而且如此深深地种根在不列顛科学，并通过不列顛科学而普及到世界上許多其他部分特别是美国的科学方面，以致哲学，按哲学而論，在科学事項里就就沒有分了：以致如牛頓的格言所說，"談話无用"(Nullius in verba)——科学被認做以人的常識和实际了解为途径而进行(250 頁起)。

至于我們現在正开始認清的却是：虽則沒有一种打底子的传統，从本質上就不能維持并发展科学研究，这种遁辞却保証了这传統可以是不必言明和不必检定的。輕忽了哲学只做到这一点，就是隐匿了大量很謬誤的、破烂不堪的、和支持不住的哲学。[2.16] 另一后果是：因为缺少本領、手段、和时間来思考科学的基本原理，就阻挡了科学进步，而限制它走一些已經認可的路綫，直等到情形变得如此令人不滿，以致科学不得不改道冲出，所靠的是偶然发見的新路綫，而不是由于任何理性程序而能走上这些新路綫。

从这些意見看来，好象我不理睬近三百年里所出現的从洛克和休謨到約翰·斯图亚特·弥尔、披尔逊、和厄丁吞的有关科学的哲学和方法的一大羣著作。这些著作无疑地是对哲学的一些貢献，但它們所涉及的只是科学上极有限的一些部分，主要属于数理物理学，而决不是一种活的整体的科学哲学。很少生产科学家讀这些书，也几乎从未有人引用过它們，而且，要靠这些书导出一种发見或解释任何科学事实，連一个例都难找到。

和这相反的情形却时常发生过(245 頁，425 頁)；彰明的以及隐諱的科学哲学都曾做各項科学进展的限制因素而非解放因素。科学上各項最大进展不是因为有了它們，而是由于不顧它們，才得完成。在科学进展中，越是清除了这类不必要的障碍，就越有机会让那些有能力的人靠自己来对付那些眞实的而不是人为的困难，因此使科学在已往只是一步一停地向前移动的地方，做到了有一些势不可当的且經过計划的进展。这并不意味在科学上必須抛却哲学，而实属相反。在批評現行各派哲学时，显然見到它們的失敗是由于它們走偏頗的、非社会的、非历史的途径去研究科学的基

本問題，而且由于它們具有統治阶級的偏見，这偏見如此完全地被認为当然，所以大部分是无意識的。

如已指示了的那样（330 頁），这种干涉所采取的方式，是傾向于实証主义的、唯心主义的、和形式主义的科学哲学，这些哲学在实际上使科学家脫离了主动的、实驗的研究問題法，而轉入了被动的、瞑想的方法，不是在无意义或不現实的經驗河流中沉淪，就是在永恆和抽象眞理上沉思这些途径，不論古代型或現代型，只能导致一場无結果，而科学在过去能于逃出这些途径，只是由于物質世界和社会世界的种种冲击的影响，这些冲击动搖了科学的自滿心情，又逼迫了它去面对一些新問題。任何有效的科学哲学必須計及这些事实；必須把科学当作一个变化着的、現实的、物質的、社会的世界的一部分，而不再把它当作靜止的和孤立的完美体。走向这样一种哲学的头几步在許多年前已由馬克思和恩格斯規划出来。后来的經驗又加深了并扩充了他們的結論（612 頁）。这并不是說各門自然科学的如此一种哲学已經有人苦心想出来。这是留給将来的一种任务。这种哲学不是必須从任何抽象的和演繹的邏輯分析出发去推出，而且是必須从运用科学于科学的社会任务上时的主动經驗去推出。

14.8　科学的組織和自由

近来科学在規模和組織上的那些大发展，对科学本身的內部性質已起了一种直接影响。科学家們首次不得不照普通社会学上的而不只是特殊学院派的一种形相，来盘查他們的种种活动。他們除了必須考虑它們对他們所研究的主題的关系外，还須考虑它們彼此間的和对社会間的关系。而且，这种关注不限于那些科学工作者；这也是对公众有极大重要意义的一桩事。越是能于体会社会的实际幸福和未来进步要依靠适当地发展和运用科学，人民就越发情愿支持和助成科学；但在同时，他們也越关心要科学又健康又有效。

不过，毕竟只有科学幕內人物才能知道如何进行的詳情，以及需要外来援助和合作的程度。在如此一个过渡时代里，存在着意見上的許多很大分歧，并非不自然。目前正在攪动科学世界的是二桩主要爭辯，科学的組織是否适应那种单独就能让科学进展的自由呢？科学家們对他們的工作在社会上的种种影响，是否負責，以及負責到什么程度呢？这些，在实际上，是一个問題的两个面貌；而作为結果而出現的一些論辯，把科学家們分为了相当明确的两个敌对陣营。較老的一派頗恋十九世紀科学的黃金时代，想把組織化工作簡約到最低限度，来体諒个别的、和亲自献身的科学家們的自由和自发的努力。[1.15; 7.1—2] 他們更想让自己尽可能地远远避开，免对科学上一些效应

負任何責任，而愿把这責任交給企业家們和政客們，不过，在大体上，他們又假装对那些后果表示遺憾。在另一方面的，大致都是一些年事較輕的科学工作者，他們看出組織是促进科学和保証科学实施于一些社会目的的唯一办法。这些科学家們感覚到，作为扩大民主运动中的部分工作，他們必須分担他們的責任，来运用科学在社会方面。

特别是科学运用在資本主义国家和社会主义国家两者間的对比，对科学家們的意見上起了最大效应。在一方面，大家都能看到为了专利事业利潤的工业科学的大发展，甚至为了軍事目的底更大发展；在这里，科学担当了設計武器进行集体毁灭的重要职分。在另一方面，虽則軍事科学也有它的地位，却創立了科学的一种大規模新組織，而主要地指向解决各項生产問題，以及发动一些改变自然和提高生活标准的新建設計划。

当冷战时期，任凭实际上割断了社会主义国家的情报以及进行猛烈宣传来誇大这些国家中每桩錯誤和失敗事件，資本主义国家里的科学家們开始怀疑画給他們看的这幅图面。他們感覚到，难于同一件无可否認的事实扯平，这事实是：苏联从一个很艰苦的开头，在三十年內就已成为世界上第二个工业国，而且共产主义的中国在五年內就安然走上同一道路。在科学家們首次能交換記录来看的 1955 年日內瓦原子能会議之后，这些疑信参半的看法就成了确实的情形。从此而后的相互訪問迅即消除了那些以为社会主义和科学互不相容的成見。即使他們不欢喜他們所看到的或听到的每件事情，他們也承認那方面发生了某种重大的事情，而且这事情是在迅速增长中。

类此的一些比較，特别是在不列顛，加強了科学家們对他們自己的生活和工作条件，以及对所得結果的施用法，所起的关怀。他們看到一些有希望的研究計划——除有关軍事的而外——无限期地被推迟下去。他們注意到，对于工业，不充分地又拖延地使用科学，以及因为校舍缺乏和教师清苦而阻碍科学教育。

感到在这些方面无能为力的人，不只限于直接受到它們的影响的人。越来越多的羣众正在明白近来种种科学发見所打开了的那些迅速增长的可能性。他們能亲眼看見这些科学发見并不在被人貫彻下去，而且科学在目前的躊躇进展比它可以有的进展慢得多。他們悟到，他們的天生权利，即培根在資本主义新紀元开始时所講起的知識成果，正在被騙走中。他們开始覚得，如果本制度不能利用它自己以前靠来发育的那些成效，就許正是本制度应該进行改革，或者让步給另外一种較好的制度的时刻了。

科学組織的内在問題:秩序和自發性

即使对于那些无意把科学地位分析到这样远地步的科学家，或者对于許会承認这地位为滿意的科学家,也不能全然避开組織科学的最好方法这一問題，因为，在他們日复一日的工作中，他們一定会发見他們正在应付就象目下存在的一类組織。对組織原則,他們可能不同意,但在实际上,沒有組織他們就搞不好。其所以不同意,实在有某种理性根据,这就在科学組織問題极端不同于几乎一切其他人类建制,从作战到經商,甚至竞技的組織問題。惟独艺术組織提供一些更大的困难。

这原因所在的事实則是,如我們所已見到,科学和其他各門人类事业不同，它是同新事物而不是同現成的事物打交道。在旁的領域里,可以决定能做什么,以及做起来須走什么步驟。在科学方面却不然。在处理出乎意料的事物时，就需要一些很不同于常規的能力。当然,科学里面有大量常規,而它所占的成数必然比照种种科学技术的規模和錯綜性而增加起来。这种常規是基本的,而且,如果缺少較早时代所想象不到的工艺、供应、管理、和交通方面的种种服务,今天就不会有科学。但是沒有科学家会想象这种必需的輔助品可以代替科学的中心特征即創始性发見。

問題的疑难处是如何去取得从实質上把科学推延下去并使它有能力以及如何去寻出新东西这两方面所必需的种种条件。如把科学分裂为两部分，其一是应用的和常規的,另一是純粹的和自由的,这不成其为解决办法。实在是因为它們屬于同一机体的两种姿态,象观看和运动那样,所以就不能这样做。科学史表明,在所有阶段里,自然界的一些新方面都曾在解决实际問題过程中被发見,而相反地,如果不用抽象的思想来补益一下,实践就要萎謝和腐烂(338,361頁)。

逃進混乱狀态

要让全部科学都能恢复混乱的自由，这甚至比只让一部分科学恢复这种自由是更办不到的事。当然,可以理解得到,对于时常愚笨地和专断地在工业或战事上領导科学而引起的反应,就会有一种运动,要求摆脫无論那样的組織化。但如科学为了幽靜和瞑想而逃往沙漠,就是本質荒謬的事,因为,在人們所有事业中,科学最依靠互助和諒解。科学从未眞正自由过,但不論曾有过哪样彷彿是自由的自由,这种自由是确定属于竞爭的資本主义时代,而全然不适合于新的工业革命,和这工业革命的大規模的、組織化的生产。实际上,追求这种自由既是时代的錯誤(开倒車)又是任性胡搞的作风，就同富豪所資助的大学里的伪哥德建筑风气一样。这种力求逃避的行为的内

幕观念,已經在这些頁里一再討論过了,这观念就是把科学家当作超出一般斗爭的一种供奉人物。因为科学家传統地是过去的学者名流的承継者,感到自己在社会上、实質上、和知識上都超过只凭技术的手工操作者,因此而引起了一种概念,以为一个科学家是优秀分子中之一,这些人是和社会分开然而又受社会支持的,为的是要他們通过运用純粹思想,使得知識水平不能达到这样高的民众能够有反映出这少数人的成就的光荣。

自从早先那些文明阶段起直到今天,这种以为应該有博学一流的优秀分子的想法,曾經做了承認和維持阶級社会的最強支助之一。这般情形,过去在哪里最显明,在哪里使科学停滞,不让它受实践生活的刺激和节制,而改变它成为无用和因袭的炫学。不管怎样,这种观念今日仍有許多支持者,特别在年高知名的一些科学家之中。[1.11a;6.1a;6.28] 他們把西欧和美洲目前政治情况認为保存科学家地位的唯一方法,如果无此方法,他們就不能想象科学还能存在。

这些拥护科学自由的人,虽然时常由于无意識,但甚至是由于更关心要拥护資本主义的生活方式,来抵抗向它挑战的、新出現的社会主义方式。他們認为难于接受为任何組織而工作这一观念,即使这个組織是专心致志为公共利益做打算的。他們对于他們以为是正用強力加到共产主义国家里科学家們身上的那些新責任和新观念抱有最猛烈的憤慨。[6.97] 他們远远地更喜欢一种无組織的制度里的自由和不負責,因为在这种制度下,个人可凭自己的方式来求知識和幸福。由于混乱造成失敗,这才需要組織;但因他們对于社会和他們自身工作所持的是深深不符合历史的态度,故而这桩事实就瞞过他們了。不过,值得特别注意的是他們对組織的憤慨并不应用到那些大专利商行为追求私人利潤而搞出来的科学組織上去,而这些大商行却是共同控制着十分之九的工业科学(697頁);这憤慨也不发到各国政府的行动上去,而这些政府却是利用差不多它們所有的資源来备战的(467頁)。只要保留几座不受干扰的島,让若干科学家从事他們的私人研究,有些科学家对于上面所說的那些危害,就認为比較容易忍耐。

尋求一个解决方案:科学的内部民主

这些解决办法尽管不切实际或反动,但它們立意要解决的問題却又眞实又重要。至于我們須要展开的是一种組織,能于运用从合作行动方面吸取的那些最大利益,同时保存原属科学未經組織时的旧时代的种种好处。这組織必須把旧时科学的特征、适应性、和个人創始力,結合到应付将来那些更广大的問題所需的团体工作制和策略

上去。在資本主义体制下,这个問題能否眞得到解决,是大可討論的。資本主义看来实在絕不象是将能使自己迎合那些需要，来充分利用科学。針对这个方向所采取的那些步驟,是搞不出什么东西来的,原因在于追求利潤以及往战爭道路上走成为淩駕一切的了。但这不是說就不値得試求解决。凡是为了又較自由又較有組織的科学——較自由和較有組織是相互輔助而非相互排斥的条款——而得到的任何收获，那怕部分的,也就是一种社会收获。

自由和組織可由不拘形式的合作和內部的民主这两方面的最大措施来結合。这措施和資本主义以及社会主义国家里的科学工作上的传統完全和諧。[1.2] 对于在現代科学上正在出現最大进展的那些部分中而且显然是在物理学和生物化学中已呈露出来的那些趋势,这措施显得特别适合。集体正在代替个人,而在許多現代实驗室里的一天一天的实际工作上,正在面临有关合作的問題。一些不可否認的困难是有的。許多科学家的个性态度是厌恶合作。实在地，因为他們抱有一些兴趣把他們和他們的同时人在某一程度上隔离开来,他們已成为被选拔出来的或选拔了自己的人物,而在同时,单干和独享声誉这些愿望,依然时常妨碍和敗坏各項科学协作的企图。講竞爭和个人进展的社会气氛在过去曾有力地加強了这种种态度；这些态度远不如人們所慣于想象的那样天生成就,而从集体工作得到滿足,这經驗就很能消除它們。

講起科学的內部民主,并不暗指这是一种孤立的民主:要科学家們不顧外界情况而只管表演下去。完全相反。科学的民主只可以理解作一种較大民主的一部分。在这两者之間,便需要多多互相滲透。战时經驗表明,由行政者們或軍务首脑們提出种种問題而交由科学家們来解决，还嫌不够。科学家們必須伴同行政者們和技术家們在一起，从眞正的前后左右的关系来研究問題。[1.2] 相反地，科学研究本身也需要它自己的行政者和技术家。任何科学組織不应該再支持科学家們是另外一种优秀分子这一概念，即使是为了公認的共同目标而工作的話。科学家們不过是一种工作者——和其他任何工作者同等必要,但并不更加必要。

科学研究的策略

前此的种种考虑主要是用于科学的詳細經营法,即科学的战术;但是，仅仅限于这方面的組織法不会有多少效果。

非但在应用科学方面，而且在基本科学方面，科学需要策略也象需要战术那样多。各門科学的专門化趋势——专用术語的发展，要了解各門科学时所必需的长久得多的訓練——逼迫着提供一些方法,把各門科学联系起来,使能彼此利用，而不必

各走各的方向。至少在不列顛，是大战的紧急需要才把全力冲动加在科学策略这一概念上。在不列顛，科学不得不被导向一些确定的外界目标，而每一目标牵連到几乎所有各門科学。这种趋势是要打破它們彼此間的种种障碍，而导向进行"客体的"或集中的研究这一观念，在这里，所有各科学的种种資料都被导向一个共同"目标"：解决一种技术性的或作战性的軍事問題，例如貫穿坦克鋼甲，或防御潛艇。与此相輔的是发展"主体的"或分散的研究，在这里，人們向所有园地里去寻求如何使用一套特别装置或一套观念所构成的东西，例如雷达或計划給养。

在作战研究这个总名称之下的战事手續种种方法的价值，看来如此重大，以致对它們有过經驗的人就会要利用它們于和平事业，在这方面目标誠然含糊得多，但至少是建設性的。至于如何以及为何那种企图弄得无結果，已在第十三章里討論过了。这种失敗完全起因于資本主义經济制度所強派下来的那些条件；科学上的策略仍有必要，而在实践上这策略的可能性已經在一些社会主义国家里充分証示出来了。企图用策略于科学，这标誌科学思想上的一个新方面；这是一种需要，来考虑科学的全面进步，而不只是一个人自己在其中所干的那部分，并把科学联系到不仅是当代的种种观察，并且还把它同它的过去和将来联系上。

科学工作者的組織

即使是在外界客观条件压迫之下，科学也不能自身发生轉变。象在其他每种健全建制方面那样，轉变必須由科学界里里外外的現实的男男女女来完成，他們根据自己从种种大事件的趋势上得来的知識和經驗，認清了明智的和合力的行动为必要，而且准备着自我献身于这种工作。首先，这一运动来自科学本身的內部。在十九世紀里，甚至尤其厉害在二十世紀里，科学的巨大生长，已产生了一种新而迅速长成的职业。科学方面的这种新职业，基本不同于十九世紀或再早各世紀里的科学职业。目前世界上大約有二十五万男女实实在在靠科学工作为生，其中約摸有五万名科学家以做研究工作为主。这些人当中絕大多数是工业界和政府机关的薪給制僱佣人員，而只有一个小而极关重要的分数是学术团体中人。可是，科学工作者人数增加得如此迅速，因而，在一开始，簡直沒有把他們組織起来的可能。一些較旧的科学会社由于所关心的主要是科学內部进展和次要是建立专門职业标准，因此实际上就不能备下如此的組織，而它們实在也未尝想这样做。

最初出現在不列顛而今日还散布到世界其他各国的新組織型，是一种坦白地属于行业公会性質的，承認科学作为工业和农业方面的一个新因素而存在，并承認科学

工作者作为另一种，但基本上并无不同的技术工作者而存在。在不列顛，这个組織終于在 1917 年构成一个特别行业公会，即科学工作者协会。[1.3i;1.61a] 在其他各国內所具有的是另一种不相同的同业公会机构，其中某一特种工业的所有工作者隶属于一个同业公会，因此，这个組織已成为各不相同的同业公会里的科学工作者的集会，他們所商討的是他們的一些共同問題。在同业公会不很发达的一些国家里，或在科学工作者不可能属于同业公会的場合，就成立了科学家們的独立协会，其目的一般地限于巩固科学在他們国家里的充分地位。这些組織現在大概都联合起来而参加 1949 年成立的世界科学工作者联合会。

这些协会的目标是双重的：第一，作为行业公会，来照应它們的会員的利益和工作条件，这是一桩最重要的必需任务，因为今天无組織的工作者，对于免遭剝削只能有最不得力的保障；第二，关心到国民經济上和国际事件上正当利用科学。科学工作者宪章的序言是这样說的：

> 科学工作者如果在——而且也只有在——能使他們完全发揮他們的天才的条件下工作着，才能对羣众充分履行他們的責任。
>
> 維持和发展科学的主要責任必然要归于科学家們自身，因为唯独他們懂得这工作的性質和需要进展的方向。运用科学的責任却必須是科学工作者和一般人民的共同負担。科学工作者并沒有而且也不要求有权，来对他們所处的社会，操纵之中的行政、經济、和技术等力量。尽管这样，他們有一种特别責任来指出，当运用科学有疏忽或有錯誤时，将会引起一些对社会有害的結果。同时社会本身也必須能于并愿于体会和利用科学所供給的种种可能性，而这些可能性則是只有靠广泛教授各門自然科学和社会科学的方法和結果才能达成的。[7.27]

科学的大众化

这表示科学家和非科学家間的一种思想共同性，即科学家方面要对于社会問題有較广泛的認識，而行政人員、工人和一般民众方面要对科学有較普遍的了解。散播科学知識的程序必須恢复得甚至比一百年前科学全盛时代所有的干劲还要加強些。不过，普及科学的新方法必須和旧法不同，而不再是仅仅表出科学上的种种奇蹟和潛力。赫胥黎等和丁鐸尔等說："让我們有更多的科学吧，其后所有人們的生活便会更安全、更丰富和更舒适了。"現在还这样做是不够的。由于近年来运用科学于毁灭，因而产生对科学十分眞实的怀疑，甚至仇視，人类又普遍地害怕将来更要使用科学于越来越可怕的毁灭方式，这种怀疑和害怕实在是必須处理的。必須先使大家了解科

学对社会进步的关系，并下决心照着这了解去做，才能使科学对于世界来說是安全的东西。說到全面地、积极地运用科学，所需要的远不止消极地認識科学而已。一天科学成为一般教育中的一部分，所有劳动人民就能够、而且也实在必須、踴跃参加科学(661 頁)。工业和农业生产程序中的每一段，甚至家庭生活的实际形相，都会成为有理性的实驗的园地以及实际改进和革新的园地。

14.9 全世界对科学的需要

我們研究科学在我們社会里的地位和生长情况而得出的主要結論是：科学已成为十分重要，不当听任科学家們和政客們来处理，而要科学造福而不作孽，就必須由全民参加。这不是遙遙无期的远景。由于其先在工业大革命中未加控制的資本主义和目前垄断資本主义使用科学的办法，地球上人类的整个地位成为絕无保障的了。世界正受到的战爭和飢餓这双重危机的威胁，是它从来未曾經过的。

战爭危机以及如何去应付

为了要討論备战和实际作战所花費的心力以及科学和科学家們对这件事曾經并仍在牵連到的那种特别密切关系，就很可惜地不得不占去了本书中过多篇幅(460 頁起、504 頁起、698 頁起)。那怕就是备战也歪曲和阻碍了科学的生长；我們已經观察到其中多种方式里的至少若干种。不过，这些当中沒有一桩比得上用了我們已經曉得可資应用的种种武器来作战这件事本身所发生的那种影响。一次新战爭当不至于扫尽文明，但要使文明退步好多年；好几亿人命要損失，而且苦痛和疾病也要增加到好几倍(464 頁起)。

世界上的資源，按照它們現在使用的情况說来，对世界上的需要是不够的；如在战爭中浪費得更多些，那么，可能要大不幸地推翻平衡并引起几无限制的災害。因此，一桩絕对首要先决事件是消灭战爭就要来临的可能性。如果有了足够的羣众了解和羣众压力，这件事就办得成。誠然，战爭和备战措施已成为彷彿是些使資本主义經济制度得按照它的今日局面保存下去的基本条件。这并不怎样是因为需要保护这制度来抵抗一些外部和內部的敌人，而是作为一种方法来保証生产那些利潤最高的貨物，这类貨物則是不会由于需要用在非破坏性的目的上就使市場陷于困难中的。

要維持紧张局势来替无期延长的冷战作辯解，这終于自行呈明为不可能的。奥地利条約、各国首脑会議、一些小規模战事和爭执的敷衍了局都导起一个新时期的开始，在此时期內立即发生战事的恐怖已退減了。实在地，这种恐怖仍然很多伏在幕

后。关于德意志問題，或原子武器和裁軍問題都还未达成协議。苏联的单方面裁軍还未激起任何反应。但这些情况不是絕对的。当冷战継續緩弛下来时，要維持一种战时經济就越来越困难。越来越多的人民体会到氫弹的自杀性質，这件事实就使将軍們甚至政客們躊躇起来而不敢稍往边緣外走。这世界不敢进行作战，而偏有人在种种軍器和科学战爭准备上浪費这样多力量，这类本質上荒謬的行动迟早当要衰落，人們的头脑将要清醒过来。

直接战爭威协一旦解除，就可以打开道路，让世界上資本主义和社会主义两大政治体系間建立某种彼此同意的共存方式。在这方面已經認識到要包含一种解除軍备的切实措施，內有一項可靠的协議，禁止使用一切具有大量毁灭性的武器：原子弹和氫弹，还有生物作战法（細菌战）。[7.4] 这还会暗示世界上两部分間的貿易将重行恢复和大加扩张，更有文化和科学交流的全面措施。在資本主义国家，如此緩弛下来的那些后果或許因軍备定貨減少而牵涉到經济衰退，但这情况得以是暫时的，并且，由于对內发展和对外、特别对一些未发展的国家和社会主义国家的貿易，多投了資而得到抵偿还有余。在这些国家里，稳定的和平和裁軍就允許它們更多致力于消費貨品和发展計划。更多財力还可利用来向一些未发展的国家投資和加以帮助（695 頁）。

在这場变动里，科学将是最大受利益的。假如現在已能用在軍事研究和軍事发展上的各項資源中的任何一个切实部分能用作民事研究，那么結果当会大大增加財力和人力，而为科学史上所未曾有过的。不仅这样，还能把一些原属軍事方面的研究机构改为具有同样一般特征的民事研究机构，就象在上回战事中反改过去时完成得那样迅速，即最多不过几个月时間。[1.2.285]

所有这些希望的关鍵在全世界各民族能否逼迫它們的政府来阻止第三次世界大战爆发。因为在准备中的那些武器大都由科学造成，所以科学家負有特别責任并应深切关怀于尽所有的力来阻止战爭，更来撤除战爭的政治和經济原因。这样做，在世界目前状况下，是一桩复杂任务。科学家們首先要負責就他們力所能及，特别在他們有技术本領的地方，最正确地分析形势，并且靠这样弄明白后負責帮同启导和他們共处的公民們，还要参加他們認为是朝着实际而持久和平方面走的种种运动。

飢荒的击敗

而且，即使无战爭，人类的远景也相当不安定。我們已經講过十九世紀农业巨大扩展怎样产生这种結果，即以从未有过那么大規模消耗土地的代价来得到多出許多倍的食料：而这类消耗目前已經很容易察覚出是影响了全球的土壤后备的。在这件

事发生的同时，人口也在增加，这增加則因首次工业革命需求劳动力而得开动，更由于伴同工业革命而来的在农业、保健、和运輸方面的那些改进才成为可能。

开始于不列顛和北欧，工业革命散布到比各工业中心远得多，而进入了供应它們以各种原料的各园地。在那些地方，由于需要大宗主要作物农业来产生目前大部集中在热带和亚热带各地区的食物和纖維，并連带还需要采矿，就此更多需要劳动力，增加了人口，而对那几乎停止不增加的食物供应施加了更大的压力。如我們所已見到（538 頁起），食物供应的停止不动并不是一些生物学因素的簡单而自生的結果，而是为大資本服务的大种植場和半封建农业这种已失时效的和罪恶性的制度所产生的結果。但是，只要这制度継續下去，收場准是飢荒——并非那种某一局部地方某一年年成坏而发生的临时飢荒，而是普遍持久的飢荒。

为幸福的科学

若要把这一些傾向翻改过来，在根本上还是一个經济問題和一个政治問題。只有当世界眞实地得免战事，并能把男女們的进取意志专用在大众福利上，然后对于正当发展和利用科学，才值得进行任何詳細考虑。利用科学改善人生这項工作也是根本属于政治的；就是說，这种工作，走到最后一步，必須由全体人民来决定。但如缺少只有科学家們才具备的情报，人民就不能作此决定。因此，科学家在职务上至少要有一部分时間走出自己的专业并和各不同职业中其他同志趣的人們，就是和自由职业、手工、家务这些方面的工作者們，在一起工作，来保証我們所得的一种社会能于适当地运用科学。但是，沒有理由說他們不該这样做，而且正是在把科学家們和非科学家們联系起来共同努力的組織里，他們才能找到他們的工作。

至于这样做在实际产生良好的生活条件，如健康、文化、以及一般幸福和成效性上意味着什么，則处理二十世紀科学的第十、十一、十三各章結束处已經大致說过了。現在扼要地重叙一遍：这会要意味着貫彻一次新的工业和生物技术革命，这次革命所会产生的主要效应則是非但不再需要一切过度辛苦和危险的劳动，而且由于自动化生产和控制机构的发展也废除了一切单調的工厂劳动和文书劳动。

原动力作为人类公僕

所有这一切都将以全面产生和运用原动力为根据，而原动力，一經脫离制造爆炸弹的束縛，据我們目前所知是采用不尽的。原动力不須用得很省，但必須用得有道理。丰足的原动力意味着［需要有］丰足的原料例如鋼，以及其他各金属、塑料、纖維

(469 頁):即各項工业、运輸、房屋、或衣着所需的一切。原料意味着[需要有]工厂通过自动化去制成我們所需的一切貨品。原料也意味着[需要有]一种合理的运貨系統，而这系統也能使人們不会彼此妨碍或花費他們的时間于兜圈子就能去到他們所要去的地方。至于交通为什么不該早已自动化,却沒有技术理由可說。这样全面大量累积資金要費时間,但除政治障碍而外,一經把鎖閉在軍备方面的大宗生产能力和科学能力存儲量释放出来做有用工作，也就不致等到很久。今天最可悲的諷刺是把我們的物質方面和知識方面的最大努力都专用来把世界弄得穷苦、无知、和恐怖。財富、知識、和自由是世界上每个人都可以享有的,其規模連現代最富的人也梦想不到。只因他們的种种浅見的貪慾、愚昧、和畏惧才阻碍他們在共同福利中分潤到他們的愿望的最大限度。

自然的轉变

同时,沿着各門生物和地質科学所指的路綫而轉变自然就要使用重型机器,可能包括原子能在內。世界上所有江河流域都可控制,来供应丰足原动力，消灭水災、旱災和毁灭性土壤侵蝕，并广闊地扩充种植和畜牧面积。营养不良的直接影响和飢荒所引起的恐怖可以消灭,而巨額增加的人口也可以舒适地容納下来。这种情况后面还存在着世界生产区再度扩展到而包括現在的沙漠和荒山在內，并充分利用海洋富源的可能。更进一步的可能的事还有用微生物学和光化作用来生产食物。

研究的能力

这些都不是无根据的計划,而都能通过我們已經有的物料、人民、和知識来实現。不过,这仅仅是科学指望的开端而已。科学指望的眞正价值出現在从无止境的研究能力下揭露我們所不曉得的事情,而这研究动力如充分配备好人力,又妥适地供給了一种自由而灵活的組織,就能同时在闊度上和深度上表明人类能做出什么事。这是培根所梦想的"光明","这光明在它上升时該会触及并照耀所有緊接着我們現有知識周围的边緣地带"(252 頁)。这光明会正在他最賞識之处,即在驅除疾病和延长生命上,最能立刻起作用。

这次經济、农业、和科学革命所包含的将是把資本主义下工业集中的趋势掉轉过来,而拿全世界各处工业和农业的平衡来代替。連带还有科学和其他生产力結合为一体。这就暗示科学自身的規模要大增。凭科学找出来該做什么,所費的气力,趋向于与果眞这样去做所費的气力同样多。[現在的]轉变所需要的是把人类对于它的全

部环境的控制提高到一个新的水平。过去的农业革命和工业革命使人能在技术上和組織上控制他的有机的和无机的环境。目前这次革命应加上社会环境的控制和社会本身发展的控制。要推动这轉变,首先必需的条件是达成一种不分阶級的社会,但要完成这轉变,就需要一种全新的情形:即是个个人都要养成一种做有意識的、整体性的、社会工作的本領。

社会責任

这样一种轉变对科学和文化大体上会有什么意味,本无从預測。假如我們預先已經曉得所有的答案,那就用不着科学了。不过,从历史經驗,我們許能合理地推論科学当导致一种未有先例的活跃,从其中会創造出人类理解上和人类建設上的一些巨大新工作。全部人民都能分享的知識生活将会結合得更密切,更联系到人类种种实际任务,而且变得更加負責。

一种新型社会,如自覚其本身发展成为所有社会公民相互負責的一件事情,就必然須从这个背景中开展它自己的道德,这在同时結合了过去已有的一切,并且能达到我們現在仅能瞥見的一些新水平。新技术学,新科学,不能再凭旧道德来推行,正象它不能凭旧經济体系和政治体系来推行那样。这将意味着个人負責和集体負責的一种水平,这水平要比早先各时期所达到的任何一种还高得多,以前的水平是只以家属和部落的一些传統需要为限的。

缺乏知識就自动地意味着缺乏責任感。当人們身遭的好、坏两种命运不属于他們所能懂或能直接联系到他們自己的动作上去的时候,相信这些好、坏命运受控制于一些旁的威力、盲目的宿命、或善神恶神,也就不算不合理了。即使察覚得到这里有个人責任,这責任只是間接的。如果人不能控制自然力,他至少能企图控制他自己,但当一个人因藐視部落的习俗或諸神的諭示而不能控制自己,那么他便在一般恶运里蒙到后果。但在"正义"和"罪孽"两概念下所暗指的責任,却是盲目的。承認这类責任只会引致对部落使节和禁忌的虔敬归依。甚至于在資本主义时代,責任也是限于个人的,并且是坦白地依据金錢来計量的。如果一个人正正經經地搞他的事业并养活他的家属,他就算对社会尽了他的最基本的責任。至于[先]兴隆[而其后]又萧条、失业、貧民窟和战爭这些悲慘的事却与他无关。

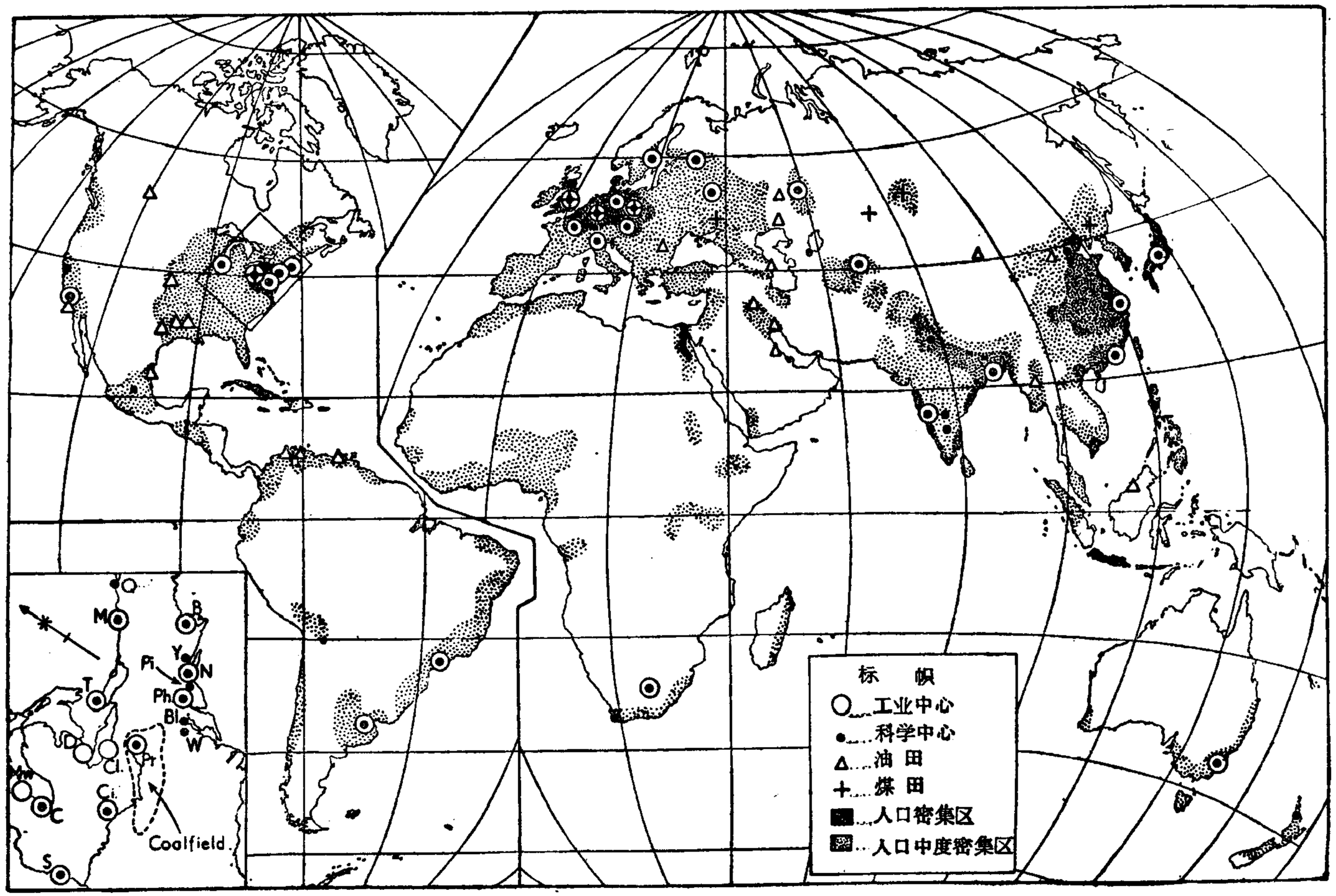
那时代还是无知故而虔敬的日子。人民除对自己在工作上所必須懂的事情以外,不应該再多懂什么,尤其完全不該探究社会本身的基础;这对于划分为阶級的社会里的主子們,是合适的(553 頁起)。随同知識和經驗的增加,这种盲昧无知現在是不

能再被人認可的了，确实，沒有一个現代工业社会既能容忍这种盲昧无知而又能生存下去；責任正在再度变为集体性的和有意識的了。如果历史事件并未做到旁的事，这些事件[至少]教会我們說人們不再是分开的单位了：說他們的一些最象是孤立的动作其实却是普遍性社会运动里的一些因素。过去各时代所允許而且免不了的"不可克服的"无知，在現代却成为"可克服的"无知，而且不能再听其自然。如果有些人对他們所看到的事物的一些含义，拒絕認清或接受，如果——更坏些——由于他們控制了教育和出版，因而阻止了旁人看清社会动作的重要意义，那么他們便是社会的眞实仇敌。只有当隐沒社会眞相不会对任何人有利之时，也就是只有在一个全然沒有阶級的社会里，才能让每个人毫无阻碍地看清他所住在的社会的性質。

一旦贏得了巩固的物質基础，又能善用各种自然資源，就会出現所有一切轉变中最重要的轉变——即把隐藏于人类本身的那些資源——首次解放出来。在全世界上，而不再是只限于某些阶級和某些种族，每一儿童都能充分享受教育权利来长大成人。男子或妇女都能在大众服务中自由地十足地使用他們的多种才能。在这过程中，他們将树立和更改他們在合作时所通过的各种社会形式，然而是十分有意識地和靠科学討論去做的，不再受专断的政界头脑人物或盲目性經济压力的驅使。在任何为了人民而且由人民来經营的社会里，以及在获取如此社会而作的斗爭里，具有对自然和对社会的最富知識是一种必不可少的要求。要实現这件事，暗指要散布一种新型的眞正普及教育，这是我已經談过的了。这种教育成为有效的了，人民全体使用科学和参与科学的本領也就成为有效的；而且科学同其余文化部分以及同人民相隔离的情形，也就要到末日。

正是通过科学，而且只有通过科学，才能实行改变社会成为沒有剝削的社会。在阶級統治的各个社会的长期支配中，可資取用的技术尙未提高到足以供应比过活所需再高多少的生产余裕，而这多出的一点却被統治阶級所侵吞。到現在，亏得科学，我們能让这余裕大到象我們所希望的那样，不过，直要等到科学能被人自由运用，而且不为卑鄙和毁灭目的所歪曲，悲痛和危难将仍旧是人类的命运。在所有已往的历次阶級斗爭里，不过是此一阶級代替了彼一阶級，而剝削仍以不同形式継續下来。在从資本主义經社会主义到共产主义的轉变中，上面所說的那种必然性将終于消失，而生产将丰足到完全不再需要无产者們或农奴們。但科学将仍有需要，不过这时不限于少数专家們，而成为全民生活的一部分。

仍須要做的事还多得很。第一步和最难的一步是用我們現有知識来扫除种种已知的禍害。更下一步是靠研究来寻求一些新手段把現在还不可避免的种种禍害革



地圖五　今日的世界

地图五說明 在这幅地图上企图表明全世界上人口、工业和科学努力的分布情形，相应于第十四章的論述，特别是 694 頁以后各頁。为了显出一些主要点，故而多少有点夸大了一些对比。可以看出，世界人口大多数占据四个主要区域：即欧洲、北美洲、中国和日本、印度連同印度尼西亚。至于世界工业差不多完全集中在头两个区域——这种局面不象能于經久。一些古老的人口中心正在迅速地发展工业，还有一些新兴的人口和工业中心正在长成，地图上一些大片空白区域指明还有許多地方可容扩展。欧洲西北部和美洲东北部的主要工业区范围小，因此按照此图的縮尺不能把它們的生产中心和研究中心表出。关于欧洲方面更詳細的分布情形，可看地图四。美洲的情形就表明在附图里，以及在各主要大学和工业城市的标名注释里。对于整幅地图不再作标名注释，因为大多数区域所在是显而易知的。

Bl——巴尔的摩尔(約翰·霍布金司) Baltimore (John Hopkins)

B——波士頓(哈佛，麻省工学院) Boston (Harvard, M.I.T.)

C——芝加哥 (Chicago)

Ci——辛辛那提 (Cincinnati)

Cl——克利甫兰 (Cleveland)

D——底特律 (Detroit)

Mw——密尔窝基 (Milwaukee)

M——蒙特利奥 (Montreal)

N——紐約(哥仑比亚) New York(Columbia)

Ph——菲列得尔菲亚 (Philadelphia)

Pt——匹茲堡 (Pittsburgh)

Pi——普林斯吞 (Princeton)

Q——魁北克 (Quebec)

S——圣路易 (St. Louis)

T——多伦多 (Toronto)

W——华盛頓 (Washington)

Y——耶魯 (Yale)

除,医好种种疾病,以及替全人类維持生命和幸福。但是,除此而外,还有些更进一步的任务,即延长并扩充研究工作,来发見我們必須依次进攻和歼灭的那些未被識破的祸害。相反地,在更积极的办法方面,我們还必須发見一些新的好东西、新原料、新程序,尤其是社会行动上的一些新而有效的組織基础。在实效上,这意味着人类的思想任务是只从有了知識才开始的。知識必須造成了建設性轉变的結果,然后才能把自己更新。

这些預測可以合适地結束本书,因为写这本书的目的就是从过去搜寻出将来的綫索。由于我的工作园地是科学,所以我有責任強調科学在完成一些社会轉变和引出一些社会問題时所做的那份工作。我并已試图表明,科学如何能帮助解决这些問題。它們确实不是沒有科学就能解决的,而且它們也是避免不了的。

历史在过去曾經是种种人类意图、人类动作、和事件的記录,这些事件同人类意識所指望的目的則相同的时候少,而很相异的时候多。这就是仅能隐約猜測的、而且极容易被人認为就是玩弄人类的諸神的、一些力量的作用場。等到我們更多認識些历史时,当我們开始多多少少了解这些力量和它們所必須遵守的規律时,历史事件将成为有意識的計划的結果和成就。如恩格斯所說,随同社会这門科学的发見,人类的眞正历史才开始。

參 考 文 獻

第 一 部

(一般的，第一章，期刊)

1. ANTHONY, H. D., *Science and its Background*, London, 1948.
2. BERNAL, J. D., *The Freedom of Necessity*, London, 1949.
3. BERNAL, J. D., *The Social Function of Science*, London, 1939.
4. BLACK, M., "The Definition of Scientific Method," *Science and Civilization*, ed. R. C. Stauffer, Wisconsin, 1949.
5. CHILDE, V. G., *History*, London, 1947.
6. CHILDE, V. G., *What Happened in History*, Harmondsworth, 1942.
7. CONANT, J. B., *On Understanding Science*, New Haven, 1947.
8. CROWTHER, J. G., *The Social Relations of Science*, London, 1941.
9. DAMPIER, SIR W. C., *Cambridge Readings in the History of Science*, Cambridge, 1924.
10. DAMPIER, SIR W. C., *A History of Science and its Relations with Philosophy and Religion*, Cambridge, 1949.
11. DAMPIER, SIR W. C., *Shorter History of Science*, Cambridge, 1944.

11a. DINGLE, H., *The Scientific Adventure*, London, 1952.

12. LEVY, H., *The Universe of Science*, London, 1933.
13. LILLEY, S., "Social Aspects of the History of Science," *Archives Internationales d'Histoire des Sciences*, Vol. 28 (1949).
14. MASON, S. F., *A History of the Sciences*, London, 1953.
15. POLANYI, M., *Science, Faith and Society*, London, 1946.
16. ROUSSEAU, P., *Histoire de la Science*, Paris, 1945.
17. SARTON, G., *The History of Science and the New Humanism*, New York, 1931.
18. SINGER, C., *A Short History of Science to the Nineteenth Century*, Oxford, 1941.

18a. TAYLOR, F. S., *Science Past and Present*, London, 1945.

19. TAYLOR, F. S., *A Short History of Science*, London, 1949.
20. TOYNBEE, A. J., *A Study of History*, 6 vols., Oxford, 1939.

20a. UNDERWOOD, E. A. (ed.), *Science Medicine and History*, 2 vols., Oxford, 1953.

21. WHEWELL, W., *History of the Inductive Sciences*, 3 vols., London, 1857.

21a. WHITEHEAD, A. N., *Science and the Modern World*, Cambridge, 1925.

22. WIGHTMAN, W. P. D., *The Growth of Scientific Ideas*, Edinburgh, 1950.

*

23. BELL, E. T., *The Development of Mathematics*, New York, 1945.
24. DINGLE, H., "Science and Professor Bernal," *Science Progress*, No. 146, London (1949).
25. DOIG, P., *A Concise History of Astronomy*, London, 1950.
26. EINSTEIN, A., *The World as I See It*, London, 1935.
27. FARRINGTON, B., "Karl Marx, Scholar and Revolutionary," *Modern Quarterly*, Vol. 7 (1952), p. 83.
28. FORBES, R. J., *Man the Maker*, London, 1950.
29. GREGORY, J. C., *A Short History of Atomism*, London, 1931.
30. HAWTON, H., *The Feast of Unreason*, London, 1952.
31. LILLEY, S., *Men, Machines and History*, London, 1948.
32. MUMFORD, L., *The Culture of Cities*, London, 1940.
33. MUMFORD, L., *Technics and Civilization*, London, 1947.

34. NORDENSKIÖLD, E., *The History of Biology*, New York, 1928.
35. PARTINGTON, J. R., *A Short History of Chemistry*, London, 1948.
36. ROLL, E., *A History of Economic Thought*, London, 1938.
37. RUSSELL, B. A. W., *A History of Western Philosophy*, London, 1946.
38. SIGERIST, H. E., *A History of Medicine*, Vol. 1, New York, 1951.
39. SINGER, C., *A History of Biology*, London, 1950.
40. SINGER, C., *A Short History of Medicine*, Oxford, 1928.
41. SMITH, D. E., *A History of Mathematics*, 2 vols., Boston, 1923, 1925.
42. STRUIK, D. J., *A Concise History of Mathematics*, 2 vols., New York, 1948.
43. THORNDIKE, L., *A History of Magic and Experimental Science*, 6 vols., New York, 1923—41.
44. USHER, A. P., *A History of Mechanical Inventions*, New York, 1929.

*

45. *Ambix*, London, 1937— .
46. *Annals of Science*, London, 1936— .
47. *Archives Internationales d'Histoire des Sciences*, Paris, 1947— .
48. *British Journal for the Philosophy of Science*, Edinburgh, 1950— .
49. *Bulletin of the Atomic Scientists*, Chicago, 1946— .
50. *Bulletin of the British Society for the History of Science*, London, 1949— .
51. *Centaurus*, Copenhagen, 1950— .
52. *Isis*, Brussels, 1913— .
53. *Journal of the History of Ideas*, New York, 1940— .
54. *Labour Monthly*, London, 1920— .
55. *Marxist Quarterly*, London, 1954— .
56. *Modern Quarterly*, London, 1938—53.
56a. *Operational Research Quarterly*, London, 1950—.
57. *Osiris*, Bruges, 1936— .
58. *Revue d'Histoire des Sciences et de Leur Application*, Paris, 1947— .
59. *Science and Mankind*, London, 1949— .
60. *Science and Society*, New York, 1936— .
61. *Science for Peace Bulletin*, London, 1951— .
61a. *The Scientific Worker*, London, 1920— .
62. *Transactions of the Newcomen Society*, London, 1922— .

第二部

(第二、三、四章)

1. BRUNET, P., and MIELI, A., *Histoire des Sciences: Antiquité*, Paris, 1935.
1a. CHILDE, V. G., *Man Makes Himself*, London, 1939.
2. FARRINGTON, B., *Science and Politics in the Ancient World*, London, 1939.
3. FARRINGTON, B., *Science in Antiquity*, London, 1936.
4. REY, A., *La Science dans l'Antiquité*, 4 vols., Paris, 1930—46.
5. SARTON, G., *Ancient Science to Epicurus*, Cambridge, Mass., 1952.
5a. SARTON, G., *Introduction to the History of Science*, Vol. 1, Baltimore, 1927.
6. SINGER, C., *From Magic to Science*, London, 1928.

*

6a. ANDREWS, E., *A History of Scientific English*, New York, 1947.
7. ARISTOTLE, *Aristotle's Physics*, ed. W. D. Ross, Oxford, 1936.
8. BAILEY, C., *The Greek Atomists and Epicurus*, Oxford, 1928.

9. BREASTED, J. H., *The Edwin Smith Surgical Papyrus*, Chicago, 1930.
10. BUDGE, E. A. W., *Egyptian Hieratic Papyri in the British Museum*, 2nd Series, London, 1923.
11. COLLINGWOOD, R. G., *The Idea of Nature*, Oxford, 1945.
12. CORNFORD, F. M., *The Unwritten Philosophy and other essays*, Cambridge, 1950.
13. DANGE, S. A., *India from Primitive Communism to Slavery*, Bombay, 1949.
14. DIAMOND, A. S., *The Evolution of Law and Order*, London, 1951
15. DUHEM, P., *Le Système du Monde*, 5 vols., Paris, 1913—17.
16. ENGELS, F., *Dialectics of Nature*, tr. and ed. C. Dutt, London, 1940.
17. FARRINGTON, B., *Greek Science*, Vol. 1, Harmondsworth, 1944.
17a. FARRINGTON, B., *Greek Science*, Vol. 2, Harmondsworth, 1949.
18. FORBES, R. J., *Metallurgy in Antiquity*, Leiden, 1950.
19. FORBES, R. J., *A Short History of the Art of Distillation*, Leiden, 1948.
20. FRANKFORT, H., *The Birth of Civilization in the Near East*, London, 1951.
21. FRANKFORT, H., and OTHERS, *Before Philosophy*, Harmondsworth, 1949.
21a. GALEN, *De sanitate tuenda*, tr. R. M. Green, Oxford, 1952.
22. GLANVILLE, S. R. K. (ed.), *The Legacy of Egypt*, Oxford, 1942.
22a. GRANET, M., *Chinese Civilization*, London, 1930.
22b. HAMMURABI, *The Oldest Code of Laws in the World*, Edinburgh, 1905.
23. HEATH, SIR T. L., *Aristarchus of Samos*, Oxford, 1913.
24. HEATH, SIR T. L., *Greek Astronomy*, London, 1932.
25. HEATH, SIR T. L., *A History of Greek Mathematics*, Oxford, 1921.
26. HEIBERG, J. L., *Mathematics and Physical Science in Classical Antiquity*, tr. D. C. Macgregor, Oxford, 1952.
27. HEIDEL, W. A., *The Heroic Age of Science*, Washington, 1933.
28. KING, L. W., *The History of Sumer and Akkad*, London, 1916.
29. LEFEBVRE DES NOETTES, R., *De la Marine Antique à la Marine Moderne*, Paris, 1935.
30. LEFEBVRE DES NOETTES, R., *L'Attelage*, Paris, 1931.
30a. LEROI-GOURHAN, A., *L'Homme et la Martière*, Paris, 1943.
30b. LEROI-GOURHAN, A., *Milieu et Techniques*, Paris, 1945.
31. LIVINGSTONE, SIR R. W. (ed.), *The Legacy of Greece*, Oxford, 1942.
32. MASON, O. T., *The Origins of Invention*, London, 1895.
33. MINS, H. F., "Marx's Doctoral Dissertation," *Science and Society*, Vol. 12 (1948).
34. NEUBURGER, A., *The Technical Arts and Sciences of the Ancients*, London, 1930.
35. NEUGEBAUER, O., *The Exact Sciences in Antiquity*, Copenhagen, 1951.
36. OAKLEY, K. P., *Man the Tool-maker*, London, 1949.
37. PARTINGTON, J. R., *Origins and Development of Applied Chemistry*, London, 1935.
37a. PIGGOTT, S., *Prehistoric India*, Harmondsworth, 1950.
38. PLATO, *Dialogues*, tr. B. Jowett, 3rd edn., 5 vols., Oxford, 1951.
39. PLUTARCH, "The Life of Marcellus," *Plutarch's Lives*, tr. B. Perrin, Vol. 5, London, 1914—26.
40. POPPER, K. R., *The Open Society and its Enemies*, London, 1945.
41. POPPER, K. R., "The Nature of Philosophical Problems and their Roots in Science," *British Journal for the Philosophy of Science*, Vol. 3 (1952).
42. RAGLAN, LORD, *The Hero*, London, 1949.
42a. ROBERTSON, A., *The Bible and its Background*, 2 vols., London, 1949.
43. SINGER, C., *Greek Biology and Greek Medicine*, Oxford, 1922.
44. SPEISER, E. A., "The Beginnings of Civilization in Mesopotamia," *Supplement to Journal of the American Oriental Society*, No. 4 (1939).
44a. THEOPHRASTUS, *Theophrastus's History of Stones*, tr. J. Hill, London, 1746.
45. THOMSON, G., *Æschylus and Athens*, London, 1946.
46. THOMSON, G., *Studies in Ancient Greek Society*, London, 1949.

47. THOMSON, G., "From Religion to Philosophy," *Journal of Hellenic Studies*, Vol. 73 (1953).
47a. VAILLANT, G. C., *The Aztecs of Mexico*, Harmondsworth, 1950.
48. WASON, M. O., *Class Struggles in Ancient Greece*, London, 1947.
49. WELTFISH, G., *The Origins of Art*, New York, 1953.
50. WITTFOGEL, K. A., *Wirtschaft und Gesellschaft Chinas*, Leipzig, 1931.

第三部

(第五、六章)

1. BUTTERFIELD, H., *The Origins of Modern Science*, London, 1949.
1a. BURNS, C. D., *The First Europe*, London, 1947.
2. CROMBIE, A. C., *From Augustine to Galileo*, London, 1952.
3. MIELI, A., *La Science Arabe*, Leiden, 1939.
4. NEEDHAM, J., *Science and Civilization in China*, Vol. I, Cambridge, 1954.
5. PIRENNE, H., *Economic and Social History of Medieval Europe*, London, 1949.

*

6. SARTON, G., *Introduction to the History of Science*, Vols. 2 and 3, Baltimore, 1931, 1947.
7. ARNOLD, SIR T. W., and GUILLAUME, A. (eds.), *The Legacy of Islam*, Oxford, 1931.
8. ARTZ, F. B., *The Mind of the Middle Ages*, New York, 1953.
9. ASIN PALACIOS, M. *Islam and the Divine Comedy*, London, 1926.
10. BACON, R., *Essays on Roger Bacon*, ed. A. G. Little, Oxford, 1914.
11. BACON, R., *Opus Majus*, tr. R. B. Burke, 2 vols., Philadelphia, 1928.
12. BAYNES, N. H., and MOSS, ST L. B. (eds.), *Byzantium*, Oxford, 1948.
13. BOËTHIUS, *The Consolation of Philosophy*, tr. H. R. James, London, 1897.
14. CARTER, T. F., *The Invention of Printing in China and its Spread Westward*, New York, 1931.
15. CHAUCER, G., "A Treatise on the Astrolabe," *Early English Text Society, Extra Series 16*, London, 1872.
16. CROMBIE, A. C., *Robert Grosseteste*, Oxford, 1953.
17. EASTON, S. C., *Roger Bacon*, London, 1952.
18. GARREAU, A., *Saint Albert le Grand*, Paris, 1932.
19. GAUTHIER, L., *Ibn Rochd (Averroës), Paris*, 1948.
20. GIBBS, M., *Feudal Order*, London, 1949.
21. GILFILLAN, S. C., *Inventing the Ship*, Chicago, 1935.
21a. GRECOV, B. D., *The Culture of Kiev Rus*, Moscow, 1947.
21b. GUNTHER, R. W. T., *Early Science in Oxford*, 14 vols., Oxford, 1923—45.
22. HASKINS, C. H., *Studies in the History of Medieval Science*, Cambridge, Mass., 1927.
23. HITTI, P. K., *A History of the Arabs*, 4th edn., London, 1949.
24. IBN KHALDUN. *Selections from the Prolegomena of Ibn Khaldun of Tunis (1332—1406)*, tr. and arr. C. Issawi, London, 1950.
25. IYYŪBH (JOB) of EDESSA, *Book of Treasures*, tr. A. Mingana, Cambridge, 1935.
26. NEEDHAM, J., *Chinese Science*, London, 1950.
27. O'LEARY, DE L., *How Greek Science Passed to the Arabs*, London, 1948.
28. PEERS, E. A., *Fool of Love: the life of Ramón Lull*, London, 1946.
29. PEREGRINUS, P., "Epistola de Magnete," *Proc. Brit. Acad.*, Vol. 2 (1905—6).
30. PIRENNE, H., *Histoire Economique de l'Occident Medieval*, Bruges, 1951.
31. PIRENNE, H., *Medieval Cities*, Princeton, 1925.
32. PIRENNE, H., *Mohammed and Charlemagne*, tr. B. Miall, London, 1940.
32a. POWER, E. E., *The Wool Trade in English Medieval History*, London, 1941.
32b. PRICE, D. J., "The Equatorie of the Planetis," *Bull. Brit. Soc. Hist. Sci.*, Vol. I (1953).

33. RASHDALL, H., *The Universities of Europe in the Middle Ages,* 3 vols., Oxford 1936.
34. READ, J., *Prelude to Chemistry,* London, 1936.
35. RENAN, J. E., *Averroës et l'Averroïsme,* Paris, 1866.
36. ROBERTSON, A., *The Origins of Christianity,* London, 1953.
37. ROBERTSON, J. D., *The Evolution of Clockwork,* London, 1931.
38. SINGER, C., *The Earliest Chemical Industry,* London, 1948.
39. STENTON, D. M., *English Society in the Early Middle Ages,* Harmondsworth, 1951.
40. TAYLOR, F. S., *The Alchemists, Founders of Modern Chemistry,* New York, 1949.
41. THOMAS, AQUINAS, ST, *Summa Theologica,* London, 1913—42.
42. WAITE, A. E., *Three Famous Alchemists,* London, 1939.
43. WALBANK, F. W., *The Decline of the Roman Empire in the West,* London, 1946.

第 四 部

(第 七 章)

1. CLARK, G. N., *Science and Social Welfare in the Age of Newton,* Oxford, 1937.
2. CLARK, G. N., *The Seventeenth Century,* Oxford, 1929.
3. DOBB, M., *Studies in the Development of Capitalism,* London, 1946.
4. HADYN, H., *The Counter-Renaissance,* New York, 1950.
5. HARVEY, W., *The Anatomical Exercises of William Harvey: De Motu Cordis 1628; De Circulatione Sanguinis 1649,* London, 1949.
6. LYONS, SIR H., *The Royal Society 1660—1940,* Cambridge, 1944.
7. NEF, J. U., "The Genesis of Industrialism and of Modern Science (1560—1640)," *Essays in Honour of Conyers Read,* ed. N. Downs, Chicago, 1953.
8. ORNSTEIN, M., *The Role of Scientific Societies in the Seventeenth Century, Chicago,* 1938.
9. PLEDGE, H. T., *Science Since 1500,* London, 1940.
10. SMITH, P., *A History of Modern Culture,* 2 vols., London, 1930, 1940.
11. WELD, C. R., *A History of the Royal Society,* 2 vols., London, 1848.
12. WILLEY, B., *The Seventeenth Century Background,* London, 1934.
13. WOLF, A., *A History of Science, Technology and Philosophy in the Sixteenth and Seventeenth Centuries,* 2nd edn., London, 1950.

*

14. AGRICOLA, G., *De Re Metallica,* tr. H. C. and L. H. Hoover, London, 1912.
15. ALBERTI, L. B., *Trattato della Pittura,* Milan, 1804.
16. ANDRADE, E. N. DA C., *Isaac Newton,* London, 1950.
17. ANTAL, F., *Florentine Painting and its Social Background,* London, 1947.
18. ARMITAGE, A., *Copernicus the Founder of Modern Astronomy,* London, 1938.
19. BACON, F., *The Works of Francis Bacon,* eds. J. Spedding, R. L. Ellis, and D. D. Heath, 14 vols., London, 1857—74.
20. BELL, A. E., *Christian Huygens and the Development of Science in the Seventeenth Century,* London, 1947.
21. BELON, P., *L'Histoire de la Nature des Oyseaux,* 7 vols., Paris, 1553.
22. BERNAL, J. D., "Leonardo da Vinci," *Labour Monthly,* Vol. 34 (1952).
23. BOURNE, W., *A Regiment for the Sea,* London, 1592.
24. BOYLE, HON R., *The Works of the Honourable Robert Boyle,* London, 1744.
25. BROWN, H., *Scientific Organizations in Seventeenth-Century France (1620—1680),* Baltimore, 1934.
26. BULLEN, A. H., *Elizabethans,* London, 1924.
27. BURCKHARDT, J., *The Civilization of the Renaissance in Italy,* London, 1944.
28. BURTT, E. A., *The Metaphysical Foundations of Modern Physical Science,* London, 1925.

29. BUSH, J. N. D., *Science and English Poetry*, Oxford, 1950.
29a. CHAMBERS, R. W., *Thomas More*, London, 1935.
30. CREW, H., *The Rise of Modern Physics*, Baltimore, 1928.
31. DESCARTES, R., *Discourse on Method* (Everyman), London, 1949.
32. DESCARTES, R., *Geometria*, Leyden, 1649.
33. DIBNER, B., *Leonardo da Vinci*, New York, 1946.
34. DUGAS, R., *Histoire de la Mécanique*, Neuchâtel, 1950.
35. ERNOUF, A. A., *Denis Papin*, Paris, 1874.
36. FAHIE, J. J., *Galileo: His Life and Works*, London, 1903.
37. FARRINGTON, B., *Francis Bacon, Philosopher of Industrial Science*, London, 1951.
38. FELDHAUS, F. M., *Leonardo: der Techniker und Erfinder*, Jena, 1913.
39. FOSTER, SIR M., *Lectures in the History of Physiology during the Sixteenth, Seventeenth, and Eighteenth Centuries*, Cambridge, 1901.
40. GALILEI, G., *Dialogues Concerning Two New Sciences*, tr. H. Crew and A. de Salvio, New York, 1914.
41. GALILEI, G., "The Sidereal Messenger," extracts in *The Autobiography of Science*, eds. F. R. Moulton and J. J. Schifferes, New York, 1946.
42. GALILEI, G., *The System of the World*, tr. T. Salusbury, London, 1661.
43. GASSENDI, P., *Opera Omnia*, 6 vols., Lyons, 1658.
44. GESNER, C., *Historiæ Animalium*, 4 vols., Zurich, 1551—58.
45. GILBERT, W., *De Magnete*, ed. S. P. Thompson, London, 1901.
46. GINSBERG, M., *The Idea of Progress*, London, 1953.
47. GLANVILL, J., *Plus Ultra*, London, 1668.
48. GRESHAM COLLEGE, *An Account of Rise, etc., of Gresham College*, London, 1707.
49. HAKLUYT SOCIETY, *Select Documents Illustrating the Four Voyages of Columbus*, ed. C Jane, Series II, Vol. 65, London, 1930.
50. HALL, A. R., *Ballistics in the Seventeenth Century*, London, 1952.
51. HARVEY, G., *Letter-Book of Gabriel Harvey*, ed. E. J. L. Scott, London, 1884.
52. HILL, C., and DELL, E., *The Good Old Cause: The English Revolution of 1640—60*, London, 1949.
53. HILL, J., *Review of the Work of the Royal Society of London*, London, 1760.
54. HOBBES, T., *Leviathan*, ed. M. Oakeshott, Oxford, 1946.
55. HOOKE, R. *The Diary of Robert Hooke*, eds. H. W. Robinson and W. Adams, London, 1935.
56. HOOKE, R., *Micrographia*, London, 1665.
57. HUYGENS, C., *Œuvres Complètes de Christiaan Huygens*, 22 vols., The Hague, 1888—1950.
58. JOHNSON, F. R., *Astronomical Thought in Renaissance England*, Baltimore, 1937.
59. JOHNSON, F. R., "Gresham College," *Journal of the History of Ideas*, Vol. I (1940).
60. JOHNSON, S., *Lives of the English Poets*, 2 vols., London, 1906.
61. JONES, R. F., *The Seventeenth Century*, Stanford, California, 1951.
62. JONES, R. F., *The Triumph of English Language*, London, 1953.
63. KEPLER, J., *Opera Omnia*, ed. C. Frisch, Frankfort, 1858—71.
64. KOYRE, A., *Etudes Galiliennes*, Paris, 1939.
65. LOVEJOY, A., *The Great Chain of Being*, Cambridge, Mass., 1936.
66. MCCURDY, E., *The Mind of Leonardo da Vinci*, London, 1932.
67. MASSON, F., *Robert Boyle: A Biography*, London, 1914.
68. MAYOW, J., *Medico-Physical Works*, Oxford, 1926.
69. MERSENNE, M., *Correspondance du M. Mersenne*, ed. C. de Waard, 3 vols., Paris, 1945—46.
70. MERTON, R. K., *Science, Technology, and Society in the Seventeenth Century*, Bruges, 1938.
71. MILTON, J., *Areopagitica*, ed. J. W. Hales, London, 1949.
72. NEEDHAM, J. (ed.), *The Teacher of Nations: Comenius*, Cambridge, 1942.
73. NEF, J. U., *The Rise of the British Coal IndusIndustry*, 2 vols., London, 1932.

74. NEWTON, I., *The Mathematical Principles of Natural Philosophy* (Motte's translation revised by F. Cajori), Berkeley, California, 1947
75. NEWTON, I., *Opticks*, London, 1704.
76. NICOLSON, M. H., *The Breaking of the Circle*, Evanston, Illinois, 1950.
77. NORMAN, R., *The Newe Attractive*, London, 1581.
78. OLSCHKI, L., *Genius of Italy*, London, 1950.
79. PATTERSON, L. D., "Hooke's Gravitation Theory and its Influence on Newton," Parts I and II, *Isis*, Vols. 40 and 41 (1949, 1950).
80. PELISSON-FONTANIER, P., *The History of the French Academy*, tr. H. S. London, 1657.
81. POLVANI, G., "L'Invention de la Pile," *Revue d'Histoire des Sciences*, Vol. 2 (1949).
82. RABELAIS, F., *Works*, Navarre Society, London, 1948.
83. REY, J., *The Essays of Jean Rey*, ed. D. McKie, London, 1951.
84. ROYAL ASTRONOMICAL SOCIETY, "Nicolaus Copernicus, De Revolutionibus, Preface and Book I" (tr. Dobson, J. P., assisted by S. Brodetsky), *Occasional Notes*, No. 10 (May, 1947).
85. ROYAL SOCIETY, *Newton Tercentenary Celebrations*, Cambridge, 1947.
86. SCIENCE AT THE CROSS ROADS, Papers presented to the International Congress of the History of Science and Technology, by delegates of the USSR, London, 1931.
87. SHERRINGTON, SIR C. S., *The Endeavours of Jean Fernel*, Cambridge, 1946.
88. SHERRINGTON, SIR C. S., *Man on His Nature*, Cambridge, 1940.
89. SIGERST, H. E., *Four Tratises of Theophrastus von Hohenheim called Paracelsus*, Baltimore, 1941.
90. SINGER, D. W., *Giordano Bruno, His Life and Thoughts*, London, 1950.
91. SMITH, C., and GNUDI, M. T., *The Pirotechnia of Vanoccio Biringuccio*, New York, 1941.
92. SPINOZA, B. DE, *Tractatus Theologico-politicis*, tr. R. H. M. Elwes, London, 1895.
93. SPRAT, T. *The History of the Royal Society of London*, London, 1667.
94. STILLMAN, J. M., *Theophrastus Bombastus von Hohenheim called Paracelsus*, Chicago, 1920.
95. STIMSON, D., *Scientists and Amateurs: A History of the Royal Society*, London, 1949.
96. STRAKER, E., *Wealden Iron*, London, 1931.
97. STURTEVANT, S., "Metallica" (1612), *Supplement to the Series of Letters Patent, etc.* (*1617—1852*) Vol. I, London, 1858.
98. SYFRET, R. H., "The Origins of the Royal Society," *Notes and Records of the Royal Society of London*, Vol. 5 (1948).
99. TAWNEY, R. H., *Religion and the Rise of Capitalism*, London, 1927.
100. TAYLOR, E. G. R., *Late Tudor and Early Stuart Geography 1583—1650*, London, 1934.
101. TAYLOR, E. G. R., *Tudor Geography 1485—1583*, London, 1930.
102. TAYLOR, F. S., *Galileo and the Freedom of Thought*, London, 1938.
103. TILLYARD, E. M. W., *The Elizabethan World Picture*, London, 1943.
104. TURNBULL, G. H., *Hartlib, Drury and Comenius*, Liverpool, 1847.
105. TURNER, D. M., *Makers of Science, Electricity and Magnetism*, Oxford, 1926.
106. UNWIN, G., *Industrial Organization in the Sixteenth and Seventeenth Centuries*, Oxford, 1904.
107. VAN DEUSEN, N. C., *Telesio, the First of the Moderns*, New York, 1932.
108. VAVILOV, S. I., *Isaac Newton*, Vienna, 1948.
109. VESALIUS, A., *De Humani Corporis Fabrica*, Basel, 1543.
110. VESPUCCI, A., *Letters of A. Vespucci*, ed. C. R. Markham, 1894.
111. VICO, G. B., *The New Science of Giambattista Vico*, tr. T. G. Bergin and M. H. Fisch, New York, 1948.
112. VICO, G. B., *The Autobiography of Giambattista Vico*, tr. T. G. Bergin and M. H. Fisch, New York, 1944.
113. VINCI, LEONARDO DA, *The Notebooks of Leonardo da Vinci*, ed. E. McCurdy, 2 vols., London, 1938.
114. VINCI, LEONARDO DA, *Paragone*, London, 1949.
115. VIVES, J. L., *On Education*, tr. F. Watson, Cambridge, 1913.

116. WARD, J., *The Lives of the Professors of Gresham College*, London, 1740.
117. WHITTAKER, E. T., *A History of the Theories of the Ether and Electricity*, Vol. I, London, 1951.
118. WRIGHT, L. B., *Middle-Class Culture in Elizabethan England*, Oxford, 1935.

第五部

(第八、九章)

1. ASHTON, T. S., and SYKES, J., *The Coal Industry of the Eighteenth Century*, Manchester, 1929.
2. ASHTON, T. S., *Iron and Steel in the Industrial Revolution*, Manchester, 1924.
3. BERNAL, J. D., *Science and Industry in the Nineteenth Century*, London, 1953.
4. CLOW, A. and N., *The Chemical Revolution*, London, 1952.
5. CROWTHER, J. G., *British Scientists of the Nineteenth Century*, London, 1935.
6. CROWTHER, J. G., *Famous American Men of Science*, London, 1937.
7. DICKINSON, H. W., *A Short History of the Steam Engine*, Cambridge, 1939.
8. MANTOUX, P., *The Industrial Revolution in the Eighteenth Century*, London, 1931.
9. WILLEY, B., *The Eighteenth Century Background*, London, 1940.
10. WOLF, A., *A History of Science, Technology, and Philosophy in the Eighteenth Century*, 2nd edn., London, 1952.

*

11. ACADEMY OF SCIENCE, USSR, *220 let Akademii Nauk SSR*, Moscow, 1945.
12. APPERT, C., *L'Art de Conserver Pendent Plusieurs Années Toutes les Substances Animales et Végétales*, Paris, 1810.
12a. ARMYTAGE, W. H. G., "The Royal Society and the Apothecaries 1660—1722," *Notes and Records of the Royal Society*, Vol. II (1954), p. 33.
13. BABBAGE, C., *Passages from the Life of a Philosopher*, London, 1864.
14. BABBAGE, C., *Reflections on the Decline of Science in England*, London, 1830.
14a. BAINES, SIR E., *History of the Cotton Manufacture in Great Britain*, London, 1835.
15. BEER, G. R. DE, *Sir Hans Sloane and the British Museum*, London, 1953.
15a. BURNS, C. D., *A Short History of Birkbeck College*, London, 1924.
16. CARNOT, S., *Sur la Puissance Motrice du Feu*, Paris, 1824.
17. CARSWELL, J., *The Prospector*, London, 1950.
17a. CHEVALIER, J., *Le Creusot*, Paris, 1946.
18. CRAMP, W., *Michael Faraday and Some of His Contemporaries*, London, 1931.
19. DANILEVSKII, V. V., *Russkaya Tekhnika*, Moscow, 1948.
20. DARWIN, C. R., *The Effects of Cross and Self Fertilization in the Vegetable Kingdom*, London, 1876.
21. DARWIN, C. R., *The Expression of the Emotions in Man and Animals*, London, 1872.
22. DARWIN, C. R., *The Formation of Vegetable Mould Through the Action of Worms*, London, 1881.
23. DARWIN, C. R., *A Naturalist's Voyage*, London, 1860.
24. DARWIN, C. R., *The Origin of Species*, London, 1895.
25. DICKENS, C., *Hard Times*, London, 1854.
26. DICKINSON, H. W., *James Watt*, Cambridge, 1936.
27. DICKINSON, H. W., *Matthew Boulton*, Cambridge, 1937.
28. DICKINSON, H. W., and TITLEY, A., *Richard Trevithick*, Cambridge, 1934.
29. DUBOS, R. J. W., *Louis Pasteur*, London, 1951.
30. ENGELS, F., *The Condition of the Working Class in England in 1844*, London, 1892.
31. FARADAY, M., *Experimental Researches in Electricity*, 3 vols., London, 1855.
32. FARADAY, M., *Faraday's Diary*, ed. T. Martin, 8 vols., London, 1932—36.
33. GALTON, SIR F., *Hereditary Genius*, London, 1869.

34. GEDDES, P., *Cities in Evolution*, London, 1915.
35. GILLISPIE, C. C., *Genesis and Geology*, Harvard, 1951.
36. HADFIELD, SIR R. A., *Faraday and His Metallurgical Researches*, London, 1931.
37. HAMMOND, J. L. and B., *The Town Labourer, 1760—1832*, London, 1917.
38. HAMMOND, J. L. and B., *The Village Labourer, 1760—1832*, London, 1912.
39. HARTOG, SIR P., "Joseph Priestley and his Place in the History of Science," *Proceedings of the Royal Institution of Great Britain*, April, 1931.
40. HOBSON, J. A., *The Evolution of Modern Capitalism*, London, 1930.
41. HOWARTH, O. J. R., *The British Association for the Advancement of Science (1831—1931)*, London, 1931.
42. HOWARTH, O. J. R. (ed.), *London and the Advancement of Science*, London, 1931.
42a. HUXLEY, T. H., *Science and Education*, London, 1925.
43. JACKSON, B. D., *Linnæus*, London, 1923.
44. KENT, A. (ed.), *An Eighteenth Century Lectureship in Chemistry*, Glasgow, 1950.
45. KNOWLES, L. C. A., *The Industrial and Commercial Revolution in Great Britain During the Nineteenth Century*, London, 1941.
46. LAGRANGE, J. L., *Mécanique Analytique*, Paris, 1788.
47. LARGE, E. C., *The Advance of the Fungi*, London, 1940.
48. LAVOISIER, A. L., *Œuvres*, 6 vols., Paris, 1864—93.
49. LYELL, C., *Principles of Geology*, 3 vols., 1830—33.
50. MACH, E., *The Science of Mechanics*, 5th edn., London, 1942.
51. MCKENDRICK, J. G., *Hermann Ludwig Ferdinand von Helmholtz*, London, 1899.
52. MCKIE, D., *Antoine Lavoisier*, London, 1952.
53. MCKIE, D., and HEATHCOTE, H. N. DE V., *The Discovery of the Specific and Latent Heats*, London, 1935.
54. MALTHUS, T. R., *An Essay on the Principle of Population*, 6th edn., London, 1826.
54a. MARTIN, K., *French Liberal Thought in the Eighteenth Century*, London, 1954.
55. MARTIN, T., *Faraday's Discovery of Electro-Magnetic Induction*, London, 1949.
56. MARX, K., *Capital*, Vol. I, London, 1946; Vol. II, Chicago, 1885; Vol. III, Chicago, 1909.
57. MARX, K., *Selected Works*, Vol. I, London, 1942.
57a. MARX, K., *Selected Works*, Vol. II, London, 1942.
57b. MAXWELL, C. (ed.), *The Scientific Papers of the Hon. H. Cavendish*, 2 vols, Cambridge, 1921.
58. MEIKLEHAM, R. S., *Descriptive History of the Steam Engine*, London, 1824.
59. MENSHUTKIN, B. N., *Russia's Lomonosov*, Oxford, 1952.
59a. MEYER, R. W., *Leibnitz and the Seventeenth-century Revolution*, Cambridge, 1952.
60. MORIN, J. B., *Astrologia Gallica*, The Hague, 1661.
61. MOURET, G., *Sadi Carnot et la Science de l'Énergie*, Paris, 1892.
62. MURRAY, R. H., *Science and Scientists in the Nineteenth Century*, London, 1925.
63. NASMYTH, J., *Autobiography*, London, 1883.
64. POLHAMMER, C., *Patriotic Testament*, London, 1761.
65. PRIESTLEY, J., *Experiments and Observations on Different Kinds of Air*, 3 vols., London, 1775—7.
66. PRIESTLEY, J., *The History and Present State of Discoveries Relating to Vision, Light and Colours*, London, 1772.
67. PRIESTLEY, J., *The History and Present State of Electricity*, London, 1775.
68. PRIESTLEY, J., *Memoirs*, London, 1806.
69. RAMSAY, SIR W., *The Life and Letters of Joseph Black*, London, 1918.
70. REYNOLDS, O., *Memoir of James Prescott Joule*, Manchester, 1892.
71. RICARDO, D., *Principles of Political Economy and Taxation*, London, 1824.
72. RUNES, D. D. (ed.), *The Diary and Sundry Observations of Thomas Alva Edison*, New York, 1948.
73. SALUCES, M. DE LUR, *Lomonossof*, Paris, 1933.

74. SAVERY, T., "The Miners' Friend" (1702), *Supplement to the Series of Letters Patent, etc. (1617—1852)*, Vol. I, London, 1858.
75. SCOTT, SIR S. H., *The Exemplary Mr Day*, London, 1935.
76. SEGUIN, M., *De L'Influence des Chemins de Fers, etc.*, Paris, 1839.
77. SHERRINGTON, SIR C. S., *The Integrative Action of the Nervous System*, Cambridge 1947.
77a. SIMON, J., *English Sanitary Institutions*, London, 1890.
78. SMILES, S., *Industrial Biography*, London, 1908.
79. SMILES, S., *Lives of the Engineers*, 5 vols., London, 1904.
80. SMILES, S., *Self Help*, London, 1950.
81. SMITH, A., *An Inquiry into the Nature and Causes of the Wealth of Nations*, 2nd edn., Edinburgh, 1846.
82. SOCIÉTÉ FRANCAISE DE MINÉRALOGIE, *René-Just Haüy*, Paris, 1945.
83. SWAN, SIR K. R., *Sir Joseph Swan*, London, 1946.
84. TATON, R., "The French Revolution and the Progress of Science," *Centaurus*, Vol. 3 (1953).
85. THOMAS, R. H., *Liberalism, Nationalism and the German Intellectuals 1822—47*, Cambridge, 1952.
86. THOMPSON, S. P., *The Life of William Thomson*, 2 vols., London, 1910.
87. THOMPSON, L. G., *Sidney Gilchrist Thomas*, London, 1940.
88. THOMSON, SIR W., *Mathematical and Physical Papers*, Vol. 5, Cambridge, 1911.
89. THORPE, SIR T. E., *Joseph Priestley*, London, 1906.
90. THURSTON, R. H., *A History of the Growth of the Steam Engine*, New York, 1939.
90a. TILLYARD, A. L., *A History of University Reform*, Cambridge, 1913.
91. TOYNBEE, A., *Lectures on the Industrial Revolution in England*, London 1884.
92. URE, A., *The Philosophy of Manufactures*, London, 1835.
93. VALLERY-RADOT, R., *The Life of Pasteur*, London, 1920.
94. WOODWARD, E. L., *The Age of Reform: 1815—1870*, Oxford, 1938.
95. WOOLF, L. S., *After the Deluge*, 3 vols., London, 1931—53.

第六部

(导言及第十、十一、十二、十三章)

1. ALLEN, J. S., *Atomic Imperialism*, New York, 1952.
1a. APPLETON, SIR E., "Science for its Own Sake," *The Advancement of Science*, Vol. 10 (1953).
2. ARMITAGE, A., *A Century of Astronomy*, London, 1950.
3. AYER, A. J., *The Foundations of Empirical Knowledge*, London, 1947.
4. AYER, A. J., *Language, Truth and Logic*, 2nd edn., London, 1947.
5. BARBER, B., *Science and the Social Order*, London, 1953.
6. BAUER, E., *L'Électromagnétisme Hier et Aujourd'hui*, Paris, 1949.
7. BERNAL, J. D., "The Answer to the Hydrogen Bomb," *Labour Monthly*, Vol. 35 (1953).
8. BERNAL, J. D., *Marx and Science*, London, 1952.
9. BERNAL, J. D., "Science in the Service of Society," *Marxist Quarterly*, Vol. 1 (1954).
9a. BERNAL, J. D., "World without War", London, 1958.
10. BERNAL, J. D., and CORNFORTH, M., *Science for Peace and Socialism*, London, 1949.
11. BICHOWSKY, F. R., *Industrial Research*, New York, 1942.
12. BJERKNES, J., *Investigations of Selected European Cyclones by Means of Serial Ascents*, Oslo, 1935.
13. BLACKETT, P. M. S., *Military and Political Consequences of Atomic Energy*, London, 1948.
14. BONDI, H., *Cosmology*, Cambridge, 1952.
15. BORN, M., *The Natural Philosophy of Cause and Change*, Oxford, 1949.
16. BRIDGMAN, P. W., *The Logic of Modern Physics*, New York, 1927.
17. BROGLIE, L. DE, *The Revolution in Physics*, New York, 1953.

18. BROGLIE, L. DE, *Savants et Découvertes*, Paris, 1951.
19. BRUNSCHVIEG, L., *L'Experience Humaine et la Causalité Physique*, Paris, 1922.
20. BURHOP, E. H. S., *The Challenge of Atomic Energy*, London, 1951.
21. BUSH, V., *Modern Arms and Free Men*, London, 1950.
22. CAUDWELL, C., *The Crisis in Physics*, London, 1939.
23. CORNFORTH, M., *In Defence of Philosophy*, London, 1950.
24. CORNFORTH, M., *Science Versus Idealism*, London, 1946.
25. CROWTHER, J. G., *Science in Liberated Europe*, London, 1949.
26. CROWTHER, J. G., and R. WHIDDINGTON, *Science at War*, HMSO, London, 1947.
27. CUSHMAN, R. E., "The Repercussions of Foreign Affairs on the American Tradition of Civil Liberty," *Amer. Phil. Soc. Proc.*, Vol. 92 (1948).
28. DARWIN, C. G., *The Next Million Years*, London, 1952.
29. DAVY, M. J. B., *Interpretative History of Flight*, HMSO, London, 1946.
30. DEMBOWSKI, J., *Science in New Poland*, London, 1952.
31. DINGLE, H. (ed.), *A Century of Science*, London, 1951.
32. DUNSHEATH, P., *A Century of Technology*, London, 1951.
33. EINSTEIN, A., and INFELD, L., *The Evolution of Physics*, Cambridge, 1938.
34. EVANS, I. B. N., *Rutherford of Nelson*, Harmondsworth, 1939.
35. FEDERATION OF BRITISH INDUSTRIES, *Research and Development in British Industry*, London, 1952.
36. FEDERATION OF BRITISH INDUSTRIES, *Scientific and Technical Research in British Industry*, London, 1947.
37. FINDLEY, A., *A Hundred Years of Chemistry*, 2nd edn., London, 1948.
38. FLEMING, SIR J. A., *Fifty Years of Electricity*, London, 1921.
39. FLEMING, SIR J. A., *The Thermionic Valve*, 2nd edn., London, 1924.
40. FORD, H., *My Life and Work*, New York, 1926.
41. FREEDMAN, P., *The Principles of Scientific Research*, London, 1949.
42. GELLHORN, W., *Security, Loyalty and Science*, Ithaca, New York, 1950.
43. GIEDION, S., *Mechanization Takes Command*, Oxford, 1948.
44. GOODEVE, SIR C., "Using Science to Reach Decisions," *The Manager* (May, 1953).
45. GOUDSMIT, S. A., *ALSOS: The Failure in German Science*, London, 1947.
46. HEATH, A. E. (ed.), *Scientific Thought in the Twentieth Century*, London, 1951.
47. HERSEY, J., *Hiroshima*, Harmondsworth, 1946.
48. HMSO, *Government Scientific Organization in the Civilian Field*, London, 1954.
49. HMSO, *Statistical Summary of Mineral Industry*, Colonial Geological Surveys, Mineral Resources Division, London, 1954.
50. HOYLE, F., *The Nature of the Universe*, Oxford, 1950.
51. JAY, K. E. B., *Britain's Atomic Factories*, HMSO, London, 1954.
52. MOBERLEY, SIR W., *The Crisis in the University*, London, 1949.
53. MONOD, J., "Letter to the Editor," *Bulletin of the Atomic Scientists*, Vol. 9 (1953), Chicago.
53a. MORSE, P. M., and KIMBALL, G. E., *Methods of Operations Research*, London, 1951.
54. NEEDHAM, J., and DAVIES, J. S. (eds.), *Science in Soviet Russia*, London, 1942.
54a. NEEDHAM, J., and PAGEL, W. (eds.), *Background to Modern Science*, Cambridge, 1938.
55. NESMEYANOV, A. N., "The Tasks of the USSR Academy of Sciences in Relation to the Fifth Five-Year Plan," *Bulletin of the Science Section: Society for Cultural Relations with the USSR*, October, 1953.
56. ORD, L. C., *Secrets of Industry*, London, 1945.
57. PISARZHEVSKY, O., *New Paths of Soviet Science* (Soviet News), London, 1954.
58. POWELL, C. F., and OCCHIALINI, G. P. S., *Nuclear Physics in Photographs*, Oxford, 1947.
58a. RAYLEIGH, LORD, *The Life of Sir J. J. Thomson*, Cambridge, 1942.
59. READ, J., *Humour and Humanism in Chemistry*, London, 1947.
60. SCIENCE FOR PEACE, *Napalm* (pamphlet), London, 1952.

61. SIMON, F. E., *The Neglect of Science*, London, 1951.
62. STEWART, G. R., *The Year of the Oath*, New York, 1950.
63. SZILARD, L., and OTHERS, "The Facts about the Hydrogen Bomb," *Bulletin of the Atomic Scientists*, Vol. 6 (1950).
64. UREY, H. C., *The Planets*, London, 1952.
65. VAVILOV, S. I., *Soviet Science: Thirty Years*, Moscow, 1948.
66. WALTER, W. G., *The Living Brain*, London, 1953.
67. WHITEHEAD, A. N., *The Concept of Nature*, Cambridge, 1926.
68. WHITTAKER, E. T., *A History of the Theories of the Ether and Electricity*, Vol. 2, London, 1951.
69. WHITTLE, SIR F., *Jet*, London, 1953.
70. WIENER, N., *Cybernetics*, London, 1948.
71. WIENER, N., *The Human Use of Human Beings*, London, 1951.
72. WILSON, W., *A Hundred Years of Physics*, London, 1950.

*

73. ASRATYAN, E. A., *I. P. Pavlov*, Moscow, 1953.
73a. AVERY, O. T., "Studies in the cheimcal nature of the substance inducing transformation of pneumococcal types." *Jour. Exptl. Med.*, **83**, 1946.
74. BALDWIN, E., *Dynamic Aspects of Biochemistry*, Cambridge, 1947.
75. BANGA, I., and BALO, J., "Elastin and Elastase," *Nature*, Vol. 171 (1953).
76. BERNAL, J. D., "The Abdication of Science," *Modern Quarterly*, Vol. 8 (1952).
77. BERNAL, J. D., *The Physical Basis of Life*, London, 1951.
78. BERNAL, J. D., "A Speculation on Muscle," ed. I. Needham, *Perspectives in Biochemistry*, Cambridge, 1937.
79. BERNAL, J. D., "Structural Units in Cellular Physiology," *The Cell and Protoplasm*, ed. F. R. Moulton, Washington, 1940.
80. BERNAL, J. D., and CARLISLE, C. H., "Unit Cell Measurements of Wet and Dry Crystalline Turnip Yellow Mosaic Virus," *Nature*, Vol. 162 (1948).
81. BERNAL, J. D., and FANKUCHEN, I., "X-ray and Crystallographic Studies of Plant Virus Preparations," *Journal of General Physiology*, Vol. 25 (1941).
82. BRITTAIN, R., *Let There Be Bread*, London, 1953.
83. CALDER, R., *Men Against the Desert*, London, 1951.
84. CLARK, F. LE GROS, and PIRIE, N. W. (eds.), *4,000 Million Mouths*, London, 1951.
84a. CLARKE, H. T. (ed.), *The Chemistry of Penicillin*, Princeton, 1949.
85. CLEWS, J., *The Communists' New Weapon—Germ Warfare*, London, 1953.
86. DARLINGTON, C. D., *The Facts of Life*, London, 1953.
87. DAWES, B., *A Hundred Years of Biology*, London, 1952.
88. DE CASTRO, J., *The Geography of Hunger*, London, 1952.
89. DUDLEY, SIR S. F., *Our National Ill Health Service*, London, 1953.
89a. DUTT, R. P., *The Crisis of Britain and the British Empire*, London, 1953.
90. FAO, UNITED NATIONS, *Yearbook of Food and Agricultural Statistics*, New York, 1949.
91. FISH, G., *The People's Academy*, Moscow, 1949.
92. FYFE, J. L., *Lysenko Is Right*, London, 1950.
93. GREEN, D. E. (ed.), *Currents in Biochemical Research*, New York, 1946.
93a. HALDANE, J. B. S., *Enzymes*, London, 1930.
94. HALDANE, J. B. S., "The Origin of Life," *Rationalist Annual*, 1929.
95. HALDANE, J. B. S., "On Being One's Own Rabbit," *Possible Worlds*, London, 1927.
96. HOPKINS, F. G., "Analyst and the Medical Man," *Analyst*, Vol. 31 (1906).
97. HUXLEY, J., *Soviet Genetics and World Science*, London, 1949.
98. KILKENNY, B. C., and HINSHELWOOD, SIR C., "Adaptation and Mendelian Segregation in the Utilization of Galactose by Yeast," *Proc. Roy. Soc.*, Vol. 139 (1951).

99. LEA, D. E., *Actions of Radiations on Living Cells*, Cambridge, 1946.
99a. LEFF, S., *The Health of the People*, London, 1950.
100. LWOFF, A., *L'Evolution Physiologique*, Paris, 1943.
101. MCGONIGLE, G. C. M., and KIRBY, J., *Poverty and Public Health*, London, 1936.
102. MADISON, K. M., "The Organism and its Origin,"*Evolution*, Vol. 7 (1953).
103. MAHALANOBIS, P. C., "National Income, Investment, and National Development" (Summary of a lecture delivered at the National Institute of Science of India, at New Delhi, October 4, 1952).
104. MAN CONQUERS NATURE (SCR pamphlet), London, 1952.
105. MICHURIN, I. V., *Selected Works*, Moscow, 1949.
106. MILLER, S. L., "A Production of Amino Acids Under Possible Primitive Earth Conditions," *Science*, Vol. 117 (1953).
107. MORTON, A. G., *Soviet Genetics*, London, 1951.
108. NEEDHAM, J., *Biochemistry and Morphogenesis*, Cambridge, 1942.
109. NEEDHAM, J., *Chemical Embryology*, 3 vols., Cambridge, 1931.
110. NEEDHAM, J., *A History of Embryology*, Cambridge, 1934.
111. NEW BIOLOGY, No. 11, Harmondsworth, 1952.
112. NEW BIOLOGY, No. 12, Harmondsworth, 1952.
113. NEW BIOLOGY, No. 16, Harmondsworth, 1954.
114. OPARIN, A. I., *The Origin of Life*, New York, 1938.
115. PIRIE, N. W., "The Efficient Use of Sunlight for Food Production," *Chemistry and Industry* (1953).
116. PRIGOGINE, I., *Étude Thermodynamique des Phenoménes Irreversibles*, Paris, 1947.
117. REPORT OF THE INTERNATIONAL SCIENTIFIC COMMISSION, *Investigation of the Facts Concerning Bacterial Warfare in Korea and China*, Peking, 1952.
118. ROSEBERY, T., *Peace or Pestilence*, New York, 1949.
119. SCIENCE FOR PEACE, "The Export of Anti-Biotics and Sulpha Drugs to China," *Bulletin*, No. 9 (1953).
120. SITUATION IN BIOLOGICAL SCIENCE, THE, Moscow, 1949.
121. SPURWAY, H., "Can Wild Animals be kept in Captivity?", *New Biology*, No. 13 (1952).
122. TINBERGEN, N., *Social Behaviour in Animals*, London, 1953.
123. VOGT, W., *The Road to Survival*, London, 1949.

*

124. ALLEN, G. C., *British Industries and their Organization*, 3rd edn., London, 1951.
124a. ALLEY, R., *Yo Banfa!*, Shanghai, 1952.
124b. ANGLO-AMERICAN COUNCIL ON PRODUCTIVITY REPORTS, London, 1949.
125. BAGEHOT, W., *The English Constitution*, London, 1867.
125a. BEARD, C. A., and M., *The Rise of American Civilization*, 2 vols., New York, 1927.
126. BEER, M., *A History of British Socialism*, 2 vols., London, 1919.
126a. BERNAL, J. D., "Stalin as Scientist," *Modern Quarterly*, Vol. 8, 1953.
127. BEVERIDGE, LORD, *Hansard: House of Lords*, May 20, 1953, HMSO, London.
128. BONNARD, A., "Les Universités et la Paix," *Comprende*, No. 2, Venice (1950).
128a. BRADY, R. A., *The Spirit and Structure of German Fascism*, London, 1937.
128b. BURNHAM, J., *The Coming Defeat of Communism*, London, 1950.
128c. BURNHAM, J., *The Managerial Revolution*, London, 1941.
129. CLARK, C., *The Conditions of Economic Progress*, 2nd edn., London, 1951.
130. COATES, W. P. and A., *Soviets in Central Asia*, London, 1951.
130a. COLE, G. D. H., *Is this Socialism?*, London, 1954.
131. COLE, G. D. H., *A Short History of the British Working Class Movement 1789—1927*, London, 1932.
131a. COMTE, A., *The Positive Philosophy of Auguste Comte*, New York, 1858.
131b. CROSSMAN, R. H. S. (ed.), *New Fabian Essays*, London, 1952.
131c. DENT, H. C., *Education in Transition*, London, 1944.
132. DOBB, M., *Political Economy and Capitalism*, 2nd edn., London, 1940.

133. DOBB, M., *Some Aspects of Economic Development*, London, 1951.
133a. DOVER, C., *Half-caste*, London, 1937.
133b. DRUMMOND, H., *Natural Law in the Spiritual World*, London, 1883.
134. DUNHAM, B., *Giant in Chains*, Boston, 1953.
135. DUNHAM, B., *Man Against Myth*, London, 1948.
135a. EATON, J., *Marx against Keynes*, London, 1951.
135b. ENDICOTT, M. A., *Five Stars over China*, Toronto, 1953.
136. ENGELS, F., *Anti-Dühring*, tr. E. Burns, London, 1934.
136a. ENGELS, F., *Ludwig Feuerbach*, London, 1941.
137. ENGELS, F., *The Origin of the Family, Private Property and the State*, London, 1946.
137a. ENGELS, F., *Socialism Utopian and Scientific*, London, 1934.
137b. FABIAN SOCIETY, *Fabian Tracts*, Nos. 1—188, 1 vol., London, 1884—1919.
137c. FAST, H., *Citizen Tom Paine*, London, 1945.
138. FISHER, H. A. L., *A History of Europe*, 3 vols., London, 1935.
138a. FISHER, SIR. R. A., *The Design of Experiments*, 2nd edn., Edinburgh, 1937.
139. FRAZER, SIR J. G., *Folk-Lore in the Old Testament*, 3 vols., London, 1919.
140. FRAZER, SIR J. G., *The Golden Bough*, abridged edn., London, 1922.
140a. FREUD, S., *Totem and Taboo*, London, 1950.
140b. HARTUNG, F. E., "The Sociology of Positivism," *Science and Society*, Vol. 8 (1944).
141. HEARNSHAW, F. J. C., *A Survey of Socialism*, London, 1928.
141a. HMSO, *Statistical Review of England and Wales*, London, 1952.
142. HOBSON, J. A., *Imperialism*, 3rd edn., London, 1938.
143. HUGHES, E. R. (tr.), *The Great Learning and the Mean-in-Action*, London, 1942.
144. HUTT, A., *This Final Crisis*, London, 1936.
145. HUTTON, G., *We Too Can Prosper*, London, 1953.
146. JAMES, W., *The Moral Equivalent of War*, New York, 1910.
147. JOHNSON, H., *China's New Creative Age*, London, 1953.
147a. KALDOR, N., and SILVERMAN, R., *A Statistical Analysis of Advertising Expenditure and the Revenue of the Press*, Cambridge, 1948.
148. KEITH, SIR A., *Essays on Human Evolution*, London, 1946.
148a. KEYNES, J. M., *The General Theory of Employment, Interest and Money*, London, 1936.
148b. KING, B., *Russia Goes to School*, London, 1948.
148c. LABOUR RESEARCH DEPARTMENT, *Forty Years of the LRD*, London, 1952.
149. LAWRENCE, F., "Makarenko," *Modern Quarterly*, Vol. 8 (1953).
149a. LENIN, V. I., *Essentials of Lenin*, Vol. 1, London, 1947.
150. LENIN, V. I., *Imperialism*, London, 1948.
151. LENIN, V. I., *Materialism and Empirio-Criticism*, London, 1948.
152. LENIN, V. I., *The Revolution of 1905*, London, 1942.
153. LENIN, V. I., *The State and Revolution*, London, 1947.
154. LENIN, V. I., *The War and the Second International*, London, 1946.
155. LILIENTHAL, D. E., *T.V.A.*, Harmondsworth, 1944.
155a. LITTLE, I. M. D., *The Price of Coal*, Oxford, 1953.
155b. MACKENZIE, N., "Poverty and Welfare," *New Statesman and Nation*, Vol. 66 (1954).
155c. MAKARENKO, A. S., *The Road to Life*, 3 vols, Moscow, 1951.
155d. MALENKOV, G., *Report to the Nineteenth Party Congress*, Moscow, 1952.
156. MANTON, S. M., *The Soviet Union Today*, London, 1952.
157. MAO TSE-TUNG, *Selected Works*, Vol. 1, London, 1954.
158. MARX, K., *The Civil War in France*, London, 1942.
158a. MARX, K., "A Criticism of the Hegelian Philosophy of Law," *Gesamtausgabe*, Berlin, 1927.
159. MARX, K., *The Critique of the Gotha Programme*, London, 1946.

159a. MARX, K., and ENGELS, F., *Selected Correspondence*, London, 1943.
160. MAYO, E., *The Social Problems of an Industrial Civilization*, Boston, 1945.
160a. MEHRING, F., *Karl Marx*, London, 1936.
160b. MORGAN, L. H., *Ancient Society*, London, 1877.
160c. MORRIS, W., *The Letters of William Morris*, London, 1950.
161. NEF, J. U., *War and Human Progress*, London, 1951.
161a. ORR, SIR J., *Food, Health and Income*, 2nd edn., London, 1937.
162. PALEY, W. S. (Chairman), *Resources for Freedom*, 5 vols., Washington, 1952.
163. PARSONS, T., *The Social System*, London, 1952.
164. PARSONS, T., *The Structure of Social Action*, Chicago, 1949.
165. PASCALL, R., *Karl Marx: His Apprenticeship to Politics* (Labour Monthly Pamphlet), London, 1942.
166. PASCALL, R., *Karl Marx: Political Foundations* (Labour Monthly Pamphlet), London, 1943.
167. PAVLOV, I. P., *Lectures on Conditioned Reflexes*, 2 vols., London, 1941.
168. PEASE, E. R., *The History of the Fabian Society*, London, 1916.
169. ROUSSEAU, J. J., *Œuvres*, 22 vols., Paris, 1819—20.
169a. REITLINGER, G. R., *Final Solution*, London, 1953.
169b. ROBBINS, L., *An Essay on the Nature and Significance of Economic Science*, London, 1932.
169c. *Russia with Our Own Eyes* (British Workers Delegation), London, 1950.
170. SAFONOV, V., *Land in Bloom*, Moscow, 1951.
170a. SARTRE, J.-P., "At Vienna I Saw Peace," *Labour Monthly*, Vol. 35 (1953).
170b. SHAW, G. B. (ed.), *Fabianism and the Empire*, London, 1900.
170c. SIMON, B., *Intelligence Testing and the Comprehensive School*, London, 1953.
170d. *The Story of Ruskin College*, 1889—1949, Oxford, 1949.
171. SOONG, CHING-LING, *The Struggle for New China*, Peking, 1952.
171a. SPENCER, H., *First Principles*, London, 1862.
172. SPENGLER, O., *The Decline of the West*, 2 vols., London, 1926, 1928.
173. STALIN, J., *Collected Works (1907—13)*, Vol. 2, London, 1953.
174. STALIN, J., *Concerning Marxism in Linguistics* (Soviet News), London, 1950.
175. STALIN, J., *Economic Problems of Socialism in the USSR*, Moscow, 1952.
176. STAMP, L. D., *Land for Tomorrow*, Indiana, 1952.
176a. STOCKS, M. D., *The Workers' Educational Association*, London, 1953.
177. TREVELYAN, G. M., *Clio, A Muse*, London, 1949.
177a. TWAIN, M., and WARNER, C. D., *The Gilded Age*, London, 1885.
177b. TYLOR, E. B., *Anahuac*, London, 1861.
178. VEBLEN, T., *The Theory of the Leisure Class*, New York, 1899.
178a. WEBB, S., and B., *Soviet Communism: a New Civilization*, 2nd edn., London, 1937.
178b. WELLS, H. G., *The New Machiavelli*, London, 1911.
179. WEST, A., *A Good Man Fallen Among Fabians*, London, 1950.
179a. WILLIAMS, F. E., *Soviet Russia fights Neurosis*, London, 1934.
179b. WILMOTT, C., *The Struggle for Europe*, London, 1952.
180. WINSTANLEY, G., *Selections from His Works*, ed. L. Hamilton, London, 1944.
181. WITTGENSTEIN, L., *Tractatus Logico-Philosophicus*, London, 1922.
182. YOUNG, J. Z., *Doubt and Certainty in Science*, Oxford, 1951.
183. ZHDANOV, A. A., *On Literature, Music and Philosophy*, London, 1950.
184. MYERS, C., *History of the Great American Fortunes*, 3 vols., Chicago, 1909—10.

第 七 部

(第 十 四 章)

1. ASSOCIATION OF SCIENTIFIC WORKERS, *Science and the Nation*, Harmondsworth, 1947.
2. BAKER, J. R., *Science and the Planned State*, London, 1945.

3. BAKER, J. R., *The Scientific Life*, London, 1943.
4. BERNAL, J. D., *Disarmament* (British Peace Committee), London, 1952.
4a. BERNAL, J. D., "The Fourth Point and World Science," *Science and Mankind*, Vol. 2 (1949).
5. BUSH, V., *Science, the Endless Frontier*, Washington, 1945.
6. HMSO, *1954—55 Civil Estimates: Class IV*, London, 1954.
6a. HMSO, *DSIR Report for the Year 1951—2*, London, Cmd. 8773, 1953.
7. HMSO, *Fifth Annual Report of the Advisory Council on Scientific Policy (1951—52)*, Cmd. 8561, London, 1952.
8. HMSO, *Present and Future Supply and Demand for Persons with Professional Qualifications in Physics*, Also in *Biology, Chemistry, Geology*, London, 1949.
9. HMSO, *Returns from Universities, etc., in Receipt of Treasury Grant. Academic Year 1951—52*, Cmd. 8847, London, 1953.
10. HMSO, *Royal Commission on the Civil Service* (1953). *Introductory Factual Memorandum on the Civil Service*, London, 1953.
11. HMSO, *Science in the USA, 1952*, London, 1953.
12. HMSO, *Science in the USA, 1953*, London, 1954.
13. HMSO, *Scientific Man-Power*, Cmd. 6824, London, 1946.
14. HMSO, *Sixth Annual Report of the Advisory Council on Scientific Policy (1952—53)*, Cmd. 8874, London, 1953.
15. HMSO, *Working Party Reports: Cotton*, London, 1946.
16. HMSO, *Working Party Reports: Wool*, London, 1947.
17. MANCHESTER JOINT RESEARCH COUNCIL, *Industry and Science*, Manchester, 1954.
18. MEES, C. E. K., and LEERMAKERS, J. A., *The Organization of Industrial Scientific Research*, 2nd edn., New York, 1950.
19. NATIONAL MANPOWER COUNCIL, *A Policy of Scientific and Professional Manpower*, New York, 1953.
20. NATIONAL SCIENCE FOUNDATION, *Federal Funds for Science*, Washington, 1953.
20a. PERLO, V., *American Imperialism*, New York, 1951.
20b. PFEIFFER, J. E., "The Office of Naval Research," *Scientific American*, Vol. 180 (1949).
21. POLANYI, M., *The Logic of Liberty*, London, 1951.
22. STEELMAN, J. R., *Science and Public Policy*, Vol. 4, Washington, 1947.
23. UNITED NATIONS, *Demographic Yearbook*, New York, 1950.
24. UNITED NATIONS, *Economic Survey of Asia and the Far East*, New York, 1954.
25. UNITED NATIONS, *Review of Economic Conditions in Africa*, New York, 1951.
26. UNITED NATIONS, *Measures for the Economic Development of Underdeveloped Countries*, New York, 1951.
26a. UNITED NATIONS, *World Facts and Figures*, New York, 1953.
27. WORLD FEDERATION OF SCIENTIFIC WORKERS, *Science and Mankind*, No. 1, London, 1949.

第八部

(說明詳見第II頁)

1. ALEXANDER, H. G., *The Leibniz–Clarke Correspondence*, Manchester, 1956.
2. ARBERRY, A. J. (ed.), *The Legacy of Persia*, Oxford, 1953.
3. AYER, A. J., *et. al.*, *The Revolution in Philosophy*, London, 1956
4. BASHAM, A. L., *The Wonder that was India*, London, 1954.
5. BENTHAM, J., *Economic Writings*, 3 vols., London, 1952, 1954.
6. BERNAL, J. D., "Science and Human Welfare," *Science and Society*, Vol. 20 (1956).
6a. BERNAL, J. D., "Science and Technology in China," *Universities Quarterly*, Vol. 11 (1956).
7. BERNARD, C., *An Introduction to the Study of Experimental Medicine*, tr. H. C. Greene, New York, 1949.

8. BLACKETT, P. M. S., *Atomic Weapons and East-West Relations*, Cambridge, 1956.
9. BOSCOVICH, R. J., *A Theory of Natural Philosophy*, London, 1922.
9a. *Bulletin of the Atomic Scientists*, Vol. 12 (1956), p. 270.
9b. BOWEN, E. C., "An Unorthodox View of the Weather," *Nature*, Vol. 177 (1956).
10. BURROWS, M., *The Dead Sea Scrolls*, London, 1956.
11. CHILDE, V. G., *Society and Knowledge*, New York, 1956.
12. COHEN, I. B., "Neglected Sources for the Life of Stephen Gray (1666 or 1667—1736)," *Isis*, Vol. 45 (1954).
13. COLE, G. D. H., *Studies in Class Structures*, London, 1955.
14. COLE, G. D. H., *World Socialism Re-stated*, London, 1956.
15. COUZENS, E. G., and YARSLEY, V. E., *Plastics in the Service of Man*, Harmondsworth, 1956.
16. CRUMP, W. B. (ed.), *The Leeds Woollen Industry, 1780—1820*, Leeds, 1931.
17. CURTIS, C. P., *The Oppenheimer Case*, New York, 1955.
17a. CURWEN, E. C., *Plough and Pasture*, London, 1946.
18. DENNIS, N., *et al.*, *Coal is Our Life*, London, 1956.
19. DE WITT, N., *Soviet Professional Manpower*, National Science Foundation, Washington, D.C., 1955.
19a. DIEBOLD, J., *Automation*, New York, 1952.
20. EINZIG, P., *The Economic Consequences of Automation*, London, 1956.
21. 'ESPINASSE, M., *Robert Hooke*, London, 1956.
22. FINLEY, M. I., *The World of Odysseus*, London, 1956.
23. GHIRSHMAN, R., *Iran*, Harmondsworth, 1954.
24. GILLAM, J. G., *The Crucible: the story of Joseph Priestley, LL.D., F.R.S.*, London, 1954.
25. GLASS, B., "Academic Freedom and Tenure in the Quest for National Security," *Bulletin of the Atomic Scientists*, Vol. 12, 1956.
25a. HALDANE, J. B. S., "Animal Ritual and Human Language," *Diogenes*, No. 4, 1953.
26. HALDANE, J. B. S., "Genetical Effects of Radiation from Products of Nuclear Explosions," *Nature*, Vol. 176 (1955).
26a. HALDANE, J. B. S., "La Signalisation Animale," *Année Biologique*, Vol. 30 (1954).
27. HALL, A. R., *The Scientific Revolution*, London, 1954.
28. HAUDRICOURT, A. G., and HEDIN, L., *L'Homme et les Plantes Cultivées*, Paris, 1943.
29. HMSO, Medical Research Council, *The Hazards to Man of Nuclear and Allied Radiations*, London, 1956.
30. HMSO, *Notes on Science in U.S.A., 1954*, London, 1955.
30a. HMSO, *Scientific and Engineering Manpower in Great Britain*, London, 1956.
31. HMSO, *Technical Education*, London, 1956.
32. HMSO, *United Kingdom Atomtic Energy Authority: Second Annual Report, 1955—56*, London, 1956.
33. HYAMS, E., *Soil and Civilisation*, London, 1952.
34. JACKS, G. V., "The Influence of Man on Soil Fertility," *The Advancement of Science*, Vol. 12 (1956).
34a. *Journal of Biophysical and Biochemical Cytology*, New York, 1955—
35. KING, H. C., *The History of the Telescope*, London, 1955.
35a. KENYON, K. M., "Early Jericho," *Antiquity*, Vol. 26 (1952).
36. KOSAMBI, D. D., *An Introduction to the Study of Indian History*, Bombay, 1956.
37. KURCHATOV, I. V., "On the Possibility of Producing Thermonuclear Reactions in a Gas Discharge," *Discovery*, Vol. 17 (1956).
37a. LABOUR PARTY, *Equality*, London, 1956.
37b. LABOUR PARTY, *Labour's Colonial Policy: The Plural Society*, London, 1956.
37c. LABOUR PARTY, *Personal Freedom*, London, 1956.
38. LASLETT, P. (ed.), *Philosophy, Politics and Society*, Oxford, 1956.
39. LINDNER, K., *La chasse préhistorique*, Paris, 1950.

40. LINKLATER, E., *The Ultimate Viking*, London, 1955.
41. LLOYD, S., *Early Anatolia*, Harmondsworth, 1956.
42. MACMILLAN, R. H., *Automation: Friend or Foe?*, Cambridge, 1956.
43. MARXIST QUARTERLY (1956), Vol. 3, No. 2: articles on automation and atomic energy; No. 3: articles on the Twentieth Congress of the Communist Party of the Soviet Union and the Sixth Five-Year Plan.
44. MILLS, C. W., *The Power Elite*, New York, 1956.
45. MULLER, H. J., "How Radiation Changes the Genetic Constitution," *Bulletin of the Atomic Scientists*, Vol. 11 (1955).
46. NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES—NATIONAL RESEARCH COUNCIL, *The Biological Effects of Atomic Radiation*, Washington, D.C., 1956.
46a. NEEDHAM, J., "L'unité de la Science," *Archives Internationales d'Histoire des Sciences*, No. 7 (1949).
47. NEEDHAM, J., *Science and Civilization in China*, Volume 2. *History of Scientific Thought*, Cambridge, 1956.
48. NEEDHAM, J., *et al.*, "Chinese Astronomical Clockwork," *Nature*, Vol. 177 (1956).
49. ORESME, N., *Le Livre de Ethiques d'Aristotle*, Critical Introduction and Notes by A. D. Menut, New York, 1940.
50. PAGEL, W., "A Background Study to Harvey," *Medical Bookman and Historian*, Vol. 2, p. 407.
51. PEP (POLITICAL AND ECONOMIC PLANNING), *World Population and Resources*, London, 1955.
52. PLINY, *the Elder, Naturalis historia*, English translation in 10 vols., London, 1951— .
53. POWELL, C. F., "International Scientific Collaboration," *World Federation of Scientific Workers Bulletin*, No. 4. London (1955).
54. PRICE, D. J., "Quantitative Measures of the Development of Science," *Archives Internationales d'Histoire des Sciences*, Vol. 30 (1951).
55. PRICE, D. J., "Clockwork before the Clock," *Horological Journal*, Vols. 97 and 98 (1955 and 1956).
55a. PYKE, M., *Automation: Its Purpose and Future*, London, 1956.
56. RAISTRICK, A., *Dynasty of Iron Founders: The Darbys and Coalbrookdale*, London, 1953.
57. ROBINSON, J., *The Accumulation of Capital*, London, 1956.
58. ROSENFELD, L., "Review: Science in History," *Centaurus*, Vol. 4 (1956).
59. RYLE, G., *et al.*, *The Revolution in Philosophy*, London, 1956.
59a. "Scientists Appeal for Abolition of War," *Bulletin of the Atomic Scientists*, Vol. 11 (1956), pp. 236 f.
60. SHANNON, C. E., and WEAVER, W., *The Mathematical Theory of Communication*, Urbana, 1949.
61. SINGER, C., *et al.*, *A History of Technology*, Vol. I, 1954, Vol. II, 1956, Oxford.
62. SMILES, A., *Samuel Smiles and His Surroundings*, London, 1956.
63. SOCIALIST UNION, *Twentieth Century Socialism*, Harmondsworth, 1956.
64. STRACHEY, J., *Contemporary Capitalism*, London, 1956.
65. STRAUSS, E., *Sir William Petty: Portrait of a Genius*, London, 1954.
65a. *The New Scientist*, London, 1956— .
66. THOMPSON, E. A., *A Roman Reformer and Inventor*, Oxford, 1952.
66a. THOMPSON, E. P., *William Morris*, London, 1955.
67. THOMSON, G., *Studies in Ancient Greek Society*, Vol. 2. *The First Philosophers*, London, 1955.
68. TOY, S., *A History of Fortification from 3000 B.C. to A.D. 1700*, London, 1955.
69. UNITED NATIONS, *World Economic Survey, 1955*, New York, 1956.
70. VENTRIS, M., and CHADWICK, J., *Documents in Hycenæan Greek*, Cambridge, 1956.
71. VON HAGEN V. W., *Highway of the Sun*, London, 1956.
72. WHEELER, SIR M., *Rome Beyond the Imperial Frontiers*, Harmondsworth, 1955.
73. WIENER, N., *I am a Mathematician*, London, 1956.
74. WILKINSON, C. S., *Wake of the Bounty*, London, 1953.
75. WINTER, H. J. J., *Eastern Science*, London, 1952.
76. WORLD FEDERATION OF SCIENTIFIC WORKERS, *Unmeasured Hazards*, London, 1956.
77. WOYTINSKY, W. S. and E., *World Population and Production*, New York, 1953.

第 二 版 附 注

(說明詳見第 II 頁)

14 頁* 如果我們遵循霍耳登(Haldane)教授所建議的思想路綫和有关动物通訊的实驗(523頁),則知两种方式間的区别由来已很远久。艺术方式看来是最原始的、是人类以前的、并几乎是有动物社会以前的。鳥类所使用的是語言的玄妙的、惹起动作的使用法。它們如此作时是靠表示它們自己的情感的或准备行动的內在状态,往往是由外界的事件所引起,但并非在任何意义上描述它們。按照霍耳登的意見,这是眞正人类語言的准則,在人类語言中把描述的科学因素加盖在玄妙的行动召喚之上。这两种方式很慢地逐漸地互相掩蔽消融。"我們去釣魚罢"这句話現在仍然是玄妙性-艺术的方式。我們許会接下去說"去年那个池里有魚",而这句話就成表述的-科学性的方式了。所有这些考虑都是很一般的。給艺术一个准确定义并不比給科学一个准确定义有更大的意义。两者在历史的进程中各有自己的独立演化。一部小說,說它近似原始的仪式舞蹈,还不如說它更近似一篇科学論文。

38 頁* 工具和語言发展的最初各阶段,尽管最难追踪,却显然最重要。我已提及(对 13 頁的注釋)霍耳登对有人类以前的語言起源的看法。他并認为某些古石器时代技术也許也是本能的,如鳥类做巢是本能的那样。只要发展比較地慢,据从鳥类观察到的那种經驗的遺传传遞来看,这并非不可能的 (523 頁)。一个关鍵性阶段一旦过去之后,照我看来,这类极端緩慢的机制必然已由技术的社会性传遞所取代,而这就也許可以当作人类的眞正起源。

41 頁* 霍耳登教授怀疑仪节起源于人类。現在我們認作是仪节的东西,可能不过是在人类以前,或至少在語言以前,預备并引起舞蹈所取的行动的动作化。如果眞正語言出現得晚,它的社会的或經济的功能不少部分可能原来是由仪节来执行。

47 頁* 对科学而言,巫医的重要性仍待充分研究。无疑地,他們替我們保存了二十世紀以前所曉得的大多数有用葯物,如果不算他們发見的話。其他各种玄术,特别是預見未来,就替占星学这类伪科学,更通过这些而替現代的客觀科学(201 頁)打下基础。

50 頁* 在人类最古居留处之一,波斯的賽雅克(Siyalk)地方发見的墓葬对此提供了小小的支持物証,这里的唯一陪葬物是两块羊顎骨和一柄石斧。[8.23]

51 頁* 农业的可能性根据的事实是:谷类不象肉类,只要做成适宜的盛器后,即可貯藏一个季节。谷在仓里会出芽,然后死去并发酵,而在这情形下,人吃了它也会領略到它的效果,如今天在尼罗河上游那样。啤酒看来甚至是一种比葡萄酒更早的人类产品。

58 頁* 对于存貯在寺庙[illegible]約是經济权力的最早形式。后来,他种貨物,特别是宝石类和金属,也都要藏在寺庙里[illegible]起了銀行的作用。凡是国王兼最高祭司时,象在古埃及和古中国,則由王室的谷[illegible]seph)的故事充分表明遇到荒年时谷仓如何重要。

63 頁* 耕犁看来有双重[illegible]不仅可能是从鋤而来,也可能从尖端向前在地里拖过去的掘棒而来。无論前者或后者,不过是把地刨开或掘起,象猪所作的那样,所以犁和猪的許多早期名称都相同。深耕的、起沟的犁很晚才由此演进出来。[8.17a]

68 頁* G. 湯姆逊(Thomson)教授[8.67]近来大力展开首先由杜罕(Duhem)提出的論点,認为天文学的起源应追溯到社会性的图騰組織。这特别适合于把天分为四分,相当于氏族的划分,而每一氏族都联系着恰当的图騰动物和顏色。由类比这也解释了四元素,而且,特别在中国,这些就联系着四方。[8.47] 居中的第五个元素,也就是王室元素,即黃色土地,是表明特征的后加物。看来好象是科学的意識形态或理論所标誌的是对于在我們看作是从社会导来的,无生命的概念世界的适应,就如同科学实践是由初期人的技术方法推广而成。不过,技术本身有时

就产生理論。在这个特殊的例子里，把輪移到了天上，把天的整部运行等同于輪，甚至在細节上，等同于太阳的战車，而太阳则是青銅器时代的重大虔敬对象。从会運轉的輪的神秘性得出人生的一种肖象和来生的預期。

85 頁* G. 湯姆逊教授[8.67]从恩格斯[6.137]引用商品生产这一准則，来給文明下定义，因此不言而喻就拒絕用"文明的"一詞于鉄器时代以前的城市。他更进一步主张这个定义"比流行于資产阶級考古学家們当中，称文明为城市文化的那种传統定义更为优越"。在他看，书契和阶級划分，其为文明的一般特征，无殊于城市的发展，照我的意見，因为我認为上下文里既拿文明和公社性氏族社会来对比，恩格斯显然完全没有打算把文明限制于它在希腊城市的最后的、并經公認为它的最充分发展了的局面。誠然，"城市的文化"这一定义是純粹描述性的。要了解城市里进行些什么，就只能用生产关系和必要的分工来說明，而且，各阶級間的隔离看来首先就同城市的存在分不开。城市的物質形状和它的社会型范是一起长成的，而且，照我的意見，这样演成的整体就当得起文明之实，而烏尔(Ur)和雅典尽管标誌着发展上相隔很远的阶段，同样称得上有文明。

90 頁* 从近来的发掘和发見中，看来很清楚，希腊人、克里特(Crete)人和較古的青銅器时代文明之間一脉相承的情形，比以前所相信的要密切得多。有关克里特和喜太族以前的小亚細亚的文化間的許多詳細符合点已經找到了。最有革命性的发見是文特利斯(Ventris)的发見他表明公元前1500年晚期克里特人和迈錫尼人用希腊文书写，所用的是从一种較早克里特书体导来的一种綫式书体。[8.70]文化上几乎没有中断，这事实就表明荷馬所述的这些早期阿基亚人在很大程度上克里特化了，已有精密的国家組織和社会組織。看来眞正的中断是伴着公元十世紀多利斯(Doris)(斯巴达)期希腊人的第二次浪潮，这时克里特书体好象絕跡，而由腓尼基书体来代替。即使对大部分大陆希腊而言，这指示出一个黑暗时代，但在希腊科学事实上首先出現的那些島嶼和阿那托力亚(Anatolia)海岸，文化可能并未曾严重地中断过；G. 湯姆逊教授提出了一个很有力量的議論，認为爱奥尼亚的科学是直接导源于米索不达米亚的传說。这里很可能是这样：使得希腊文化复兴成为可能的基本条件，是一个迅速向城市生活演进的、更原始得多的部落社会对一个古旧城市传統的冲击。

101 頁* 毕达哥拉斯学派所代表的是最先把主要导源于巴比伦的数目运用法和几何图形融合起来，几何图形虽然或許源出于埃及，却已經成为希腊的特色了。数目的引用就使几何学区别于单純描画，并使得有可能引入表証邏輯，而表証邏輯这門学問就是希腊对科学的基本貢献。虽然我不够一个学者来証明，我却強烈地猜想，这一决定性步驟是由于移用到数学上的大約是辯透了的訴訟案件，而不是表証商人城市政府的君主裁决。从公設作証明的概念，甚至用归謬法作辯論似乎都发生于法庭。証毕(L. E. D. *quod erat demonstrandum*)❶一語就是在講理的法庭上胜訴的决定性抗辯。証明和通性两个概念纵然在数学領域以外被濫用，却对松懈的思考提供了防范。这种防范是古印度和古中国的科学所从未具备的。

104 頁* 作为天宇簡单旋轉的扩充，就构成多层球面天文学，这一成就为古人所熟知而却为今人所遺忘，以致現在难于看出这是多么伟大而有决定性的进展。虽然对于巴比伦的精密天文学家天宇的运动是純粹地数学上的往复循环的事情，应該是不待任何論証而就化为数目和公式的事[illegible]見点則坦然承認是从視覺来的而且几乎是从触覚来的。希腊人企图把天上机器复制[illegible]們不曾受到眞机器的存在所启发，他們几乎就不会有这样的想法。我們現在知道[illegible]而且，在伪亚理斯多德的著作"論宇宙"里，我們确实发見作者用了机械的类比，[illegible]作为：

> 因为他絕不需要巧器或旁人服务，不象我們的人間統治者們，由于軟弱，就需要許多人手来为他們作工作；但是神的最特殊点是很容易并只靠簡单动作，就能做成各式各样的工作，甚至象一行手艺里过去的大师傅們，轉动一下机器，就完成許多不同动作。

这样，他就迴避了对于无微不至的神道的需要，并开展了一种爭論，一直継續到我們自己的时代。

118 頁* 我曾被譴責，而且是罪有应得，說我对亚理斯多德不公允。假使我所写的是一部希腊哲学史或甚至希腊科学史，誠然，我的态度当是无可恕免的。不过，就本书的目的而言，亚理斯多德眞想的或甚至眞写的东西

---

❶ 拉丁文原意是"有待証明者"。——校者

并不那么重要，而重要的倒怕是这許多世紀以来認为是他所想的东西。亚理斯多德的微妙的和激发思想的部份没有得知音，而平凡的和庸俗的部份却遺留下来。比我在本书正文里更为宽容些，我要說的是亚理斯多德的目的是把世界当作一种継續进行中的事件，而予以准确的生物学上的，也就是自然的說明。如霍耳登所指出，即使是他的邏輯学，也是从生物学分类法上的困难而来的。我不願留下一种印象，說亚理斯多德的影响是有意識地愚弄人。誠然，对于阿拉伯人，以及甚至对于經院哲学家如晚到十四世紀的奧累斯美，这影响是对另一世界的一种連貫成章的想象，对有条理的思維的一种启发。如果說圣托馬斯·阿奎那全然没有抓着亚理斯多德的查詢和研究精神，这不是因为他没有这种能力，而是因为他是一个良善基督徒，不肯景从亚味洛厄兹那个异教徒。

121 頁* 有人批評我低估了希腊化自由工人和他們的技术对推进科学所作的貢献。肯定地，我不是有意这样做。我在这方面的主要困难是缺少証据，可是証据只能从各方面作詳尽的研究来得到，而这些研究不是过于分散，就是还待进行。大約在"工艺史"(History of Technology)第二卷出版时将能弥补这个缺点。从我已經知道的，我也只能猜測技术革新的大爆发首先是由于技术和敘利亚、波斯、尤其是埃及的技术互相熔合。賺錢的物品——庙宇中的哄人物件、水力机关、和时鈡——这些的暢銷市場必然对于創造性有了刺激作用，类似于文艺复兴时代宫廷娛乐的刺激作用，而科学家們这一回并非无动于衷的。科学家們非但学会了靜水力学和气动作用的原理，他們自己也制出了一些改进的新物品。

124 頁* 古巴比伦的数学和天文学传統——两者几乎分不开——对希腊化科学的影响也許比我們所認可的要大些。在天文学方面，这种継承現象已經被承認。喜帕卡斯征引了启底努(Kidinnu)的观察。但当亚历山大时代希腊的几何传統已經定型，而和代数研究途逕的眞正熔合是阿拉伯人的成就，直要到笛卡儿时代才竣事。从几点传下来給我們的提示看，就很显明，知識活动在巴比伦継續了至少一千年，这是从尼布查涅撒(Nebuchadnezza)时代起，經过波斯、希腊和后一次波斯統治，直到回教国时代为止。这也不是仅仅传統的保存或观察的継續，而是有了眞正的进步，例如公元前四世紀那布里阿努(Naburiannu)发見黃道的旋进。

127 頁* 罗森費耳(Rosenfeld)教授怀疑对資本主义生产不能在古典时代发展所作的这种解释。他認为，原因頗在于缺少首要的資金累积。我对他不能同意。公元前三世紀时对亚洲的掠夺所提供的珍宝，絕不少于十六世紀对西印度和东印度羣島所掠夺的。在我想来，宁可說原因是在于使得資本主义在十七世紀有可能的条件，无一存在于希腊化的世界里。建造資本主义的小制造商們，假使曾存在于亚历山大城或安提阿(Antioch)，但在专制政治之下，从政府合約或貿易方面謀利要容易得多，所以也就没有发揮余地了。

132 頁* E. A. 湯姆逊教授引人注意到四世紀"讀武謎"(De rebus bellicis)一书的隐名著者的陈述，指出当他那时所看得到的衰敗原因，是由于君士坦丁搶劫了大宗寺庙財宝，以及分賍不給教会而給軍队。金錢不久即流向包工者和金融业者，因而产生通貨膨胀和社会不稳。这些已經証明为有持久性的影响，是基督教胜利后一个出乎意料的結果。

133 頁* 这所以有成就，是靠用了重型的、八牛拖曳的、克勒特族或条頓族的犂，即从原有的对称式犂(63 頁注释)加以改造而成，方法是把鏵后两个耳状的拨土片中去掉一个，把另外一个改成翻土板，又在犂轅上加一块犂头鉄，用来切入草泥，还加一个犂脚，来限制鏵耕得过深。这些部份早就用一双輪子代替，法語 charrue (犂)就本此，但基本特色是切入草泥而把它在沟里翻起的动作。因犂掉头不易，就导致八分之一哩长条耕法，来代替适合于輕犂的方田十字耕法。这桩极重要的发明看来是眞正的野蛮人的发明，在丹麦就找到一个公元前三世紀的例子。

148 頁* 我十分意識到，关于在古典时代、回教时代和欧洲-中古时代的文化里有現代科学的直接祖先的問題，本书是有偏見的。为了完全，印度和中国应当得到同等的处理。不过我的借口是我們仍然缺少对这两国的文化史和科学史的必要分析，而在这个阶段要講得比我对它們已掌握的再多些的話，就嫌过早。在中国，正由許多学者在积极地工作，而对英国讀者則有李約瑟的不朽大著。在印度，由于它的历史淩乱和传統地厌弃精确紀年，工作要难得多，而事实上只是才开始。关于这方面，我曾优先看到高善必(D. D. Kosambi)教授所著印度文化新史稿本，照我想来，无論如何，这是开始具有意义的第一部記述。[8.36] 印度和中国两大文明既有显著的相似

处，也有表明特征的相异处。开始于第二个千年期，在各該国內一个小区域里，即分别在旁遮普(Punjab)和黄河中游，由雅利安族和早期汉族，通过同化，同样也通过征服，逐漸把它們的文化散播到几乎整块次大陆。所用的手段在中国是官僚的儒教派政治組織，在印度是婆罗門教統治下的农村制度。不过，印度比中国更多地受到外国侵略和文化影响，而且在結果上后来必須認作伊朗、希腊化、回教国文化集团的一部分。中国連同和它具有平行文化的日本、朝鮮和越南在事实上組成了另一个文化世界，交换着思想和器物，但是，非到現代，从来没有成为希腊化世界的一部分。

149 頁* 印度教独立于其他世界宗教之外，这是由于它缺少信条，或者不如說是由于信条重重。它的信仰包括如此之广，竟可以既含有完全唯物无神論，也同样有原始的灵魂論。对礼拜者就听任他选擇神道和仪节。在另一方面，就礼拜者的关系而言，这教派却最排他了。这教只是专为印度人的，而在它的范围之內，却无限制地按种姓和門第划分。由于印度过去八百年的不幸历史，就迫使印度教在基本上仍为一种传統宗教，也是一种承受一种越来越不公平和越行不通的社会制度的宗教。只是在本世紀，随着解放才有可能来实現印度教的积极价值，而擺脫种种传統和教条的头緒紛紜的罗网。

151 頁* 近来若干次发見的死海卷子[8.10]大大加強了这个解释，而这些卷子是从公元前一百六十年到公元七十年間繁荣着的恰好是这样的一个社会的藏书。这个社会的一些规則明細地是共产主义性质的。誰要是象"使徒行传"里的亚拿尼亚(Ananias)那样隐匿他的私財又不献作公儲，誰就要受到最恶的詛咒。也有許多地方說到一个受难的正义祖师。这是否就是历史上有名的耶穌，或甚至是否有一个祖师，至今仍未决定。而且，在今天这問題也不象它在已往許多世紀那样具有无上重要性了。現在不容爭辯的是在整个犹太时代有若干多少是精神上的，或多少是政治上的革新者和領导抵抗者。围繞着这些中的一个或另一个，或围繞着包括所有这些的一个組合，那些从一个救世主和一位死而复苏的上帝的传統中养成起来的、被压迫的人民的希望和忠誠就能結晶。

这些卷子中的另一明朗的揭露是波斯宗教影响的程度，連同它的善、恶权力的对比，以及它的天堂远景。当全部史实展露出来时，大約就看得出，波斯人把宗教和社会正义等同起来，是有一段綿綿不絕的历史的，鼓舞了摩尼教徒、拜火教徒、廓馬特(Quarmatian)教徒，直到現代的巴哈教徒，并且对基督教的发展有过深刻影响。[8.23]

156 頁* 谷普塔(Gupta)后期的印度科学史現在还是我們的知識中的一处空白，而我們可以希望不致于久延而不填补起来。看来这部科学史絕大部分是印度半島的发展物；平原地区过分暴露于在同时期影响了欧洲、并毁灭了以希腊-波斯为主的欧洲文化的那样的野蛮侵略，以十一世紀中加斯尼(Gazni)的馬穆德(Mahmud)的大掠夺而达于頂点。可是在得坎半島和更往南；好象曾有过各种文化的大集合地：希腊-罗馬的，由海道来自北方；阿拉伯的和波斯的，也經由海道；还有中国的，由陆路上的佛教参圣徒和水路上的商人們輸送而来。有了这些刺激，无怪乎本土印度人的天才，在繁荣和文化进展的条件下，就能产生一种知識的綜合，这綜合又能轉而启发早期回教科学。主要的科学貢献看来是在数学和化学方面。数学观念在它們的形式上显出較早的中国模型的証据，甚至也許在它們的錯誤上更如此，但是，看来印度人也曾发展了巴比伦观念。[2.35]

161 頁* 由于书籍損失和証据缺少，就不免低估了波斯对世界科学的貢献。[8.2;8.23]在世界历史上，波斯实在应該和中亚洲以及印度西北部一并看作埃及和巴比伦旧青銅器时代文化的扩展的东翼相当于希腊和罗馬所作的西翼。希腊人和波斯人的几次战爭，在实效上是文化的大混合，継續到亚历山大的多次征服以后。在欧洲黑暗时代的全期中，波斯帝国是一座文明堡壘，抵御着东南野蛮民族的浪潮很象罗馬帝国防御东北。在薩杉朝諸帝和阿拔斯朝諸王的統治下，科学受到眷顧和扩展。只因用的是阿拉伯語文，这就掩盖了东方回教科学中的大部波斯成分，就象它也掩盖了西方的希腊罗馬成分。波斯人的特别貢献看来是：在工艺方面采用拱和圓屋頂构造，还有水力工程学；在科学方面有天文观察，以及由希腊的和巴比伦的，可能还带一点中国的影响相熔合，而构成代数学和三角学。

167 頁* 我們必須等待李約瑟的大著作的第五册出版后，才有对中国在化学上的貢献的全面說明，但是，他

在已发表的部分[8.46a]已經証实了有关科学史上极其重要的一般科学方法的某些观念。全部中国的研究途逕就是李約瑟所謂的对科学的类比态度。这是对整个自然的一种分析，不用創世或因果說法——即主要的巴比伦-希腊研究途逕——却宁可把自然看成羣成束的有某些共同特征的东西。例如中国的五行把介类、黑色、咸味、北方和冬季等同于水；魚类、綠色、酸味、东方和春季等同于木；鳥类、紅色、苦味、南方和夏季等同于火；兽类、辛味、白色、西方和秋季等同于金；人、黃色、甜味等同于中央的土。甚至还有一种更为苦心經营的平行类、比以合于神圣的三才八卦☰、☲(离、坎)等。这样用本属原始的和图騰性的东西来說明自然界的一切，在西方思想上是够平常的，象亚理斯多德的諸元素，以及大宇宙和小宇宙的概念都是这样。虽則严格講来毫无意义，但在指示一些科学方式上还可以有它的价值。可能沒有其他任何方式能包罗化学的各式各样現象；无論如何，化学演化在事实上的前进，正是沿着这些路綫而不是沿着偶然机构的路綫。这对生物学也可能同属正确；李約瑟真的把中国的研究途逕形容为器官說。

173 頁* 东、西两翼也应該包括在我对中古时代基督教国的記述里。随同斯拉夫国土向西方貿易开了門，以及波罗的海的漁业和木材开发了，从波希米亚到什列斯威 (Schleswig) 的易北河地区的重要性就增加了。在西班牙和葡萄牙，穆耳族 (Moors) 一步一步地被逐出，而奉基督教的新国家，在羊毛、金属和海上貿易方面，开始变得更重要。

173 頁† 欧洲封建制度究竟有多么独特，又为什么独特，这些都是文化发展上极关重要的問題。一些答案也許会要表明发生資本主义和科学的为什么是落后的欧洲而不是文明世界的任何其他部分。据我自己猜測，它的独特处依靠融合了通过教会传递的罗馬帝国秩序的残余，以及那些北部野蛮民族，法兰克人，日尔曼人和古斯干的那維亚人的一种壮盛而多产的文化，至于这些人的民族組織刚刚被罗馬財力的腐蝕影响所破坏。个人忠心——为了酬报——代替了氏族团結，而在教会势力下有系統地榨取資源分明比单純搶掠进了一步。在北欧中古史里，很美妙地陈述了这过渡的一个后期形式，这就标誌出世界上大約最富独立性的民族即外輕人同时被轉化并授与管业。未中断的氏族社会，如在爱尔兰和苏格兰高地，分明更为頑抗，并且，当中古时代，的确还有办法把封建的諾尔曼人重新吸收进氏族組織。然而，这些新型式并非由上面強加的，而是由一些有抱負的領导者很有意識地采用来加強他們的地位，但勉強地被接受了作为对断續搶杀的自由生活的一个較好的更替办法。在帝国較早开化的各部分，如意大利，封建制度从沒有过这样的鉗制力量，而在回教諸国它也不曾有过，但就軍事甚至經济来說，这些地方表明是較弱的部分。

185 頁* 尽管有許多批評家，我对我就中古科学的局限和不进步的特征所作的一般判断，仍不失悔。我感覚到，倘使我有更多篇幅，我能把我的論点証明得好得多，但这样做就要超出尺度。例如，我本可多談一点冲动学派，特别是有关奥累斯美的，而对后者，罗森費尔教授責备我不該忽視他。虽然我对他許为重要是因为他是把科学和哲学譯成法文的第一人，象乔塞 (Chaucer) 是把这些譯成英文的第一人，又因为他在所著“貨币的变化 (De mutationibus monetarum)”(？)里，修改亚理斯多德，而对經济学有他的貢献，但他的創造性科学作品似乎略为紆弱，而大部分則限制在图解的使用，并把加速度正确地定义为均匀地不齐整的运动。我沒有把他放在最重要的行列里，因为他不象罗哲尔·培根那样有意識地做革新者，并因为他的工作沒有被接着做下去。这并不是对奥累斯美本人的批評而是对他所处的时代的批評。在百年战爭中叶，在农民暴动时代社会不安定情况下，对法兰西不能多所期望。奥累斯美所占的地位頗近于中古时代人物中的最后一人，而不是文艺复兴时代的先行。

187 頁* 大約在同时，由中国伟大的新儒家哲学家中最后一人朱熹(1131—1200 年)完成了同样的目的，达到一种对社会和自然以及两者間种种关系的广泛而合理的陈述。看来这又是集中了并理性化了若干世紀的思想和传統，包含玄幻的、自然主义的道教和形式的、因袭的旧儒教在內。它不同于四方綜合之处在于完全沒有指揮的上帝，坚持調和而不主张阶层組織。在这一点上，它反映了中国的官僚政治和基督教国家的統治主权之間的差别。任何事物好象都能拿两个通化的全称命題，即知和理，来解释，这两字几乎无法逐譯而由李約瑟分别解作質-能和組織。[8.47] 从它們发出阴和阳(203頁)、五行 (203 頁註释) 以及所有其余的中国科学世界图象。这些观

念深奥而含糊，后来通过来布尼兹，对欧洲哲学有些影响，也許正因它們缺少亚理斯多得-托馬斯·阿奎那派綜合的固执的头脑錯誤性，它們就絕不会成为破坏性批評的刺激力量。

190 頁* 十五世紀初期中国的伟大海軍大将郑和的远征，誠然遭到了当局的蓄意阻止。他的舰队載众以千計，航行了印度洋，征服了錫兰，并踏勘了非洲海岸。在技术上，中国人不难于早一百年就完成哥仑布和那些征服美洲者的功业。但是，中国人缺少动机：中国的經济不需要国外貿易。最值得提起的进口物是一头长頸鹿，但为皇帝所不滿。

192 頁* 在普来斯(Price)对公元前二世紀一只沉舟里的青銅碎片的註释近作[8.55]里，表明有一种复杂的鈡錶机械，好象是传說中阿基米得所曾制造过的那种鈡。会同李約瑟，他也曾重新改造了一具精致的十一世紀中国讌楼大鈡，这鈡具有若干齿輪和一种机械擒縱条。这原鈡当初是設計了来調节皇帝詔书的頒发以应天体运轉，而絕不是这类鈡的最早的。这两个作家建議說：这些初期的鈡原意不是为了公众計时之用，而是要向君王們表演天文学原理。发生于中古时代的事情是首先用作城市时鈡，这就使它們普通化，継而用于天文学和航海，这就要求更大的准确度。

214 頁* 对一些农业方法——种一些象紫花苜蓿等飼料作物，以及因而能养活更多的牲畜过冬——稍为經过有研究的改变，可能就是使文艺复兴在經济上得以成功的主要物质因素。这改变开始于伦巴底，可能在十四世紀从东方传去，在这里就主要在城市富商的乡村产业上同灌溉联合起来。当这些方法在十六世紀以改进了的形式传到荷兰时，它們就更明确地是資本主义式的了。它們終于在十七和十八两世紀到了不列顛，就成为农业革命的基础，而农业革命又是工业革命的必要补充(272 頁，294 頁)。

231 頁* 現在有人指出：哥伯尼做的天文观察很少而不准确，他的整个体系在实际上并不优于他所攻击的那个体系，他选取这体系的理由是玄幻的而不是科学的，而且，他并没有見到他所提出来的新观念的后果。所有这些都可予以承認，但是即使認为哥伯尼是一个不高明的天文学家，就象哥仑布是一个不高明的航海家，这两桩事例的基本要义却在于有效地貫彻了創造精神并跟着干下去。这就是文艺复兴时代的眞正特点，而这也就标誌出同中古时代的断然决裂。

236 頁* 后来我所能发掘的一些片断，就表明斯忒特凡具有多方面但不平衡的品格。我們发見他对亨利王子給了道德上的劝告，又試图出卖一件秘密武器給詹姆士王，而未成功，这和納披尔同时在做的事有奇怪的类似之处。他写了一本"Debre Adam"在这本书里他推演了一种学习語言通用的机械方法，他宣称亚当必曾用了此法，才能在一天里以正确的希伯来語称呼所有的动物。尽管这样，在它的原則上它是今天的电子翻譯机的先型。

252 頁* 丁格尔(Dingle)教授，在他对我的著作所作的有周期性攻击中，有一次正是所用了这段引文来作为我坚持錯誤的例子。他写道："[一方面]培根正在清清楚楚地把知識的光明列在发明之上，以为发明乃是把这种知識应用在物质系統里，但是貝尔納的成見竟然使他在支持他的見解时会定下一种說法，其中意义却是直接否定了它"。在这里，首先我認为丁格尔教授誤解了培根的話的意义。他所写到的不是科学的眞理而是知識的光明——即探究事物的途逕。他所講起的人，因为他具有表出特征的謙逊性，就是他本人。他所提倡的是他自己的邏輯学，即实驗研究的組織。我覚得这一点是培根在科学荣誉上的正当实証。但丁格尔教授的批評也暴露出誤解了我自己的一些見解，而这些見解，我尽管可以試作，但却沒有能从他的心目中排除掉，这些誤解是說：我輕視科学眞理而只注意实际应用。从全部书，同样从我本人的科学工作，当很明显：我認为只有在对自然的种种表現的奠基原理的了解程度上，有意識地控制自然才有可能。因此我一貫提倡更多地支持基本研究工作。只要是同一扩展的实用和同一深透的眞理，那么不管是提倡为实用的眞理也好，或为眞理的实用也好，并不象丁格尔教授所認为的那样紧要。

279 頁* 牛頓的世界观在宗教上的重要性未被他的信徒們或他的評論家們所忽視。从 1705 到 1716 年，在来布尼兹和牛頓派之間，进行了一場激烈爭辯，頂点是发表了神学博士撒木耳·克拉克 (Samuel Clark)(1675—1729 年)和来布尼兹的来往信札。[8.1]克拉克这个热忱的牛頓信徒和思想自由的神学家，照伏尔泰所說，他所以被

阻不能做坎特布里(Canterbury)大主教，仅仅因为林肯(Lincoln)市主教对加罗林(Caroline)公主說了克拉克一句話，說他是她的領土上最有学問和最誠实的人，但却有一項短处——不是基督徒。爭論点基本上是非难牛頓的工作助成自然教的衰落，而主要地是因为他把空間看作上帝的感覚中枢之故。这場論战有双重关系，即神学-政治的和科学-哲学的。双方都試图証明它們自己的見地无害于国教，但来布尼茲嗅出了牛頓派哲学的基本革命性特征，并反对它，所持的理由正是伏尔泰拥护它的理由。按照科学来看，論战关鍵就在空間和时間，以及象重力等神秘力的性質。在这里，来布尼茲一敗塗地——在那一时——但他的精严論点却成为鼓励爱因斯坦取代牛頓派理論的那个传統的一部分。

279 頁† 丁格尔教授用这段話来駁击我的經济学和观念形态有平行性的論題，对此他斥为既含糊又不正确。他問道：如果說牛頓建立了一种动态秩序来代替希腊-中古时代的靜态秩序就相当于資本主义的誕生，那么，爱因斯坦在二十世紀回到靜态概念上去，又必然相当于什么呢？照他說："所以，当今我們应該退回到一种固定的教阶秩序，在这秩序中人才自知他的地位"。說到这里，我应該感謝丁格尔教授給了我一种为我所看漏了的平行类比。二十世紀科学进展的精华是数学意义上的隐含函数而不是显示函数的概念，或者，用普通語言說，是每样事物关系到其他每样事物的方式。过去的社会是从中央来指导的，或即是作为个人間的許多市場交易的結果来营运的。現代工业国家的本性是一种具有复杂而相互关联的組織的本性，这組織从长远看将要使人承受一种社会主义型范，而这型范却符合于科学的新特征。可是，丁格尔教授把这些符合点叫作玄幻的。他用"玄幻"一詞的意思是說这些符合点不能用精密的定义和命題来表达。在这种見解之下，所有历史，除了单純編年录而外，一切社会科学都是玄幻的。在另一方面，我要爭辯說：它們具有一种实在意义，而一般的思想方式是可以从科学范圍移用到社会范圍，反之亦然。把它們申述出来的价値，是让人明白他正在做的或正在想的是什么。

296 頁* 德国各科学院的目的比起这些評述似乎隐含着多少更切合实际些。所有它們的計划里都列有天然資源，特别是矿物的研究。来布尼茲本人以日耳曼民族和語言的复兴为目的，肯定不曾輕視这些学院。当他說"德国人在采矿方面一向优胜，所以德国应当成为化学之母"，他甚至已經預見到进展的主要路綫。当整个十八世紀，在各学院的內部和周围，貴族們和有志进取的官僚們都从事于改良农业和工业。这情况并不被認作是对艺术表現的障碍。哥德的最美的抒情詩之一，"安靜籠罩在高处"，就是他視察矿区时在路上写成的。

299 頁* 看来有一条一般性規則：每一种滿足需要的新产品或新过程，在它的开始阶段里，按照指数定律而增长，照此定律，生长率按大小成比例，例如每經若干年翻一倍。对于一种变革有一个有用的准則，就是这个翻倍期要短于人生的一个世代。这当然适用于工业大革命时代的煤、棉、鉄和蒸汽动力这些商品，它們的平均翻倍期各为二十、六、十、十六年。較慢生长率所产生的变化，就只有史学家們才能察覚。很自然地，沒有一种生长率，肯定地沒有一种快速生长率，能无限地增加下去。按正常情形說，当达到飽和时，生长率先变成稳定，然后縮小到无。但是，不論在衰退中的或在扩张中的經济制度下，当种种新产品一种連接一种地迅速介紹出来，衰落和消灭是最后的状态。如普来斯所已表明，指数規則很确恰地适用于知識本身，而是由发表了的論文的数目来衡量的；标誌目前科学变革週期的，是每十年翻一倍。[8.54]普来斯的結論說：到了每个人都成了科学家，这情况就不能継續下去；这句話誠然眞确，但是在不剩一人来讀这些論文之前，还有一段漫长的路程呢。

301 頁* 在其余的工业区中，对較旧的布疋业和刀业有坚实基础的約克州西区，参加到工业大革命运动里略为在后。[8.16]南威尔斯联系着康瓦尔和塞汶(Severn)的錫和銅产区，包括达比一家人所办的典型的煤溪谷(Coalbrookdale)鉄厂在內，[8.65]都是一些重要的次級中心，特别是对发展蒸汽机和冶鉄业而言。[5.75.2]

305 頁* 在早有在罗馬教数学的塞尔維亚(Serbia)耶穌会教士罗哲尔·波斯科維赤(Roger Boscovich)(1711—78年)企图求出原子間力的一些效果。[8.9]从实际看，他假定点状原子为力場所环繞，而这些力場在很近时是推斥性的，很远时則是吸引性的，而在中間距离时可能是更替着吸引和推斥。我們今天所知道的原子間力就恰恰是这样，并且，对此諸力我們甚至还能多少应用波斯科維赤的表示式。不过，他的才干虽已得到公認，他的理論仍然过于复杂，不便于处理他死后許多年所得着的資料，而且他对科学的一般进程沒有什么影响。

337 頁* 显然地，瓦特使用的仅仅是节速器；他发覚此器已在使用中，是由某不知名水車匠所发明，作为水磨磨

石的調节器。[5.27]

340 頁* 各种形式的能(或力)有等値性而且守恒的观念古得多。这实在是由来布尼兹于 1715 年在他对牛頓派哲学进行攻击的那些信件中的第一封里所制定的。"按照我的意見,相同的力和"活劲"总存在于世界上,而只不过依照自然定律和完美的預定秩序,从物質的这一部分移到那一部分"。[8.1]但是,这种学說,在一个主要地是神学式的辯論中提出,又没有蒸汽机給以任何实际关联,就要蟄伏一个世紀以上。

344 頁* 滑动刀架和螺絲鏇床的原理并不新穎。十九世紀初期机械师們所做的是把十六、十七两世紀中精致聰明的車木料、象牙和黃銅工人們所已做的重新发見,而改用到对鋼的艰难而有用的工作上去。在列宁格勒隱居宮里現在还存有一整套制作堂皇的半自动复制車床,是彼得大帝使用过的,大部分用来制造勛章和大烛台。

380 頁* 对克罗德·伯尔拿这样的提法完全不充分。虽則由于他的生理学发見不能立即应用,当时他的影响力較差,但它們却要成为所有現代生理学和生物化学,还有巴甫洛夫以及霍布金斯的工作的基础。还不仅止此,他所著"实驗医学研究导引"[8.7]至今仍然是差不多唯一的榜样,即由一个伟大的創造性科学家而不是哲学家对种种科学过程所作的分析的榜样。他对科学的影响必然与时俱增。

397 頁* 批評我的人之中有几位怀疑到二十世紀中第二次科学革命的說法是否正当,他們主张在这个例子里研究工作的連續性并没有象在古典时代和文艺复兴时代中間那样中断过,而且进展步驟也没有显然松弛过。可是革命和連續性两个名詞无可避免地是相对的。我甚至受到别的評論家的攻击,因为低估了文艺复兴和中古两时代的思想的連續性。但是我覺得如果在此一事例我們承認革命这一名詞,在另一事例,我們必然也要承認它。針对着地球周轉和血液循环、望远鏡和眞空抽机以及这些所意味着的过去观念的推翻,我們就可以鼓吹核型原子的发見、相对論、和量子理論以及生物化学的种种过程和細胞的內部組織、电子显微鏡、連閥电子計算机。再添上所有科学活动和科学应用的突然加速,从原子裂变和电視到疾病控制,而且,看来如果这还不算科学革命,那就没有什么是科学革命了。儘管这样,两次革命不能相提并論的爭論,可能在另一意义上是正确的。第一次革命实在发見了科学方法,而第二次只是应用它。二十世紀的新的革命性特征不可能局限于科学;它甚至于更寄託在下列事实,就是只有在今天科学才做到能控制工业和农业。这場革命或許可以更公允地叫作第一次科学-技术革命(401—402 頁)。

425 頁* 罗森費耳教授在一篇批判性的評論中,断言我对馬赫的眞正物理学見識没有給以讚許,反而很簡单地,为了他的实証主义哲学而詛咒他。[8.58]假使那时我写的是有关他的力学和流体动力学,这在今天超声速飞行时代最有关系,我早会充分讚揚他了。不过,这里我所正在討論的是他对物理学理論所取的基本上属于主观和煽动感情的研究途逕的影响——例如,他的反原子說——而对此我仍覺得物理学已遭到不少損害,而将来还要遭到更多。

427 頁* 罗森費耳教授坚称我失于注意到量子理論是唯物辯証法的至上綜合,而在这綜合中是由統計因果說代替了决定論。也許因为我不是一个理論物理学家,所以我自承認,一方面我承認量子理論的辯証性質,但在特征上我仍覺得它是形式的和主观的而未必是唯物的,并且和許多杰出的物理学家一道,仍宁願对它的哲学地位保留判断(475 頁)。

434 頁* 这种无电荷粒子的概念,是泡利(Pauli)在 1933 年所假設的,用它来解释 β 衰变中能量的表观損失。不过,中微子一直没有被人所发覺,而且有二、三十年之久,它几乎只是被假設为存在着而已。虽然人們体会到,中微子的輻射,假使存在的話,地球必定从太阳那里大量地吸收;但中微子和普通物質的极微細的相互作用,一直要到最近发展了十分精密而灵敏的仪器之后,才能在实际中被人所覺察。这在原子核物理学中,正是理論和实践相会合的絕好証明。从那时起,由基本粒子实驗中又有了一个基本发現,那便是楊振宁和李政道在 1957 年所做的証明:为大家所知道的"宇称"性,在基本粒子的相互轉变中,并不守恒。这就意味着:一个运动中的粒子具有自旋的从尤取向,而宇宙中直到最簡单的元素对于右旋或左旋并非无区别的。

443 頁* 自本书初版而后,大部分負責青霉素結构研究的荷吉金夫人曾領导另一队伍研究維生素 B_{12},即抗恶性貧血病因素。这个具有长圈形和环形原子結构的复杂分子,只靠化学方面的偶然帮助,已完全被分析了。这

次成功全靠广泛地使用了計算机。現在好象我們有了一种可靠的、但还嫌費大而慢的方法，来求出生物化学的关鍵性复杂分子中的許多种，而最后就是蛋白質类本身。

448 頁* 1946 年揭开了气象学的一个新局面即利用播种籽在云中促进雨的形成。这方法虽然还远非可靠，却标誌了人类第一次有意地干預气候。玻溫 (Bowen) 認为流星尘尾也許有这样的影响，因此，围繞着一年中的某些天，釀成全世界都有雨。[8.96] 如果确是这样，那么，原子裂变弹产物所产生的凝聚，除了引致放射性雨水而外，也許还代表一种大規模的、人为的、出于无意的、对气候的干預。

450 頁* 曾在 355頁和 406 頁提起过的在資本主义制度之下如何資助发明的早期阶段这一基本問題，是靠对投資所期待的回收。那怕資本回收慢到百分之三，仍几乎不值得把錢擱置在任何方面，要到三十年后才有合理机会获利。即使这样，回收要至少十倍于原来的投資，才算值得。如果发展不是确有把握的話，要想在早期阶段里寻求一些支援者，这希望甚至更少。只有回收迅速的前景才是眞正值得的，而且，除了象在抗生素这类場合里，很少关系到任何基本新原則。如果拨款零星緩慢，技术上的困难就傾向于阻碍新发展，因此使它們更无利可图。因为，即使是对有专利的发明，最后利潤也必須很快实現，原因是在以后利潤归于謹愼的投資者，他們只肯向証实成功的事业拿出錢来。結果是即使在二十世紀里，从基本念头的形成到商业得利之間，平均上仍然需要大約一个世代之久。三十年代初期惠特尔 (Whittle) 就有了噴气发动机的念头。尽管軍事需要有巨大压力，这种噴气发动机現在仍待努力才会贏得打进民用空运之路。如果出头干預的是一个很大的投資者，而这在今日只能是国家，那么局势就会不同。如在一开始时就投入較多資金，甚至即使大部分会因种种失敗而蝕去，但依靠剩余部分来发展所需时間仍可縮短到如此程度，那怕利率高，投入的一切还会是有利的。社会主义国家既然迈开大步前进，它們就会在工业进展的竞賽中获胜，除非資本主义国家改变它們的习慣或甚至它們的本性才赶得上。

452 頁* 即使在今天，在和平了十年之后，軍用飞机的生产算出是工业中的百分之九十左右。同时，所有那些終于适合民用飞机的新装置，如噴气机、后掠翼等的发展，还是掛在軍用賬上，而代表一种暗中补助。如果实現普遍裁軍，就沒有理由来相信民用航空不能自給，即使若干公司不得不滿足于較小得多的利潤的話。

456 頁* 利用化学工业制造种种肥料已經成为、而在将来甚至于会更多地成为增加世界上的食物供应的一个主要因素以应付正在增加中的人口。这种肥料不仅仅是供給滋养料的，象硝酸盐类和磷酸盐类，还有一些却利用各种能稳定土壤結构，并化瘠土为沃土的特殊聚合物。有了丰富的能量，这两类肥料的总額可以增加到使所有土壤都达到象今天不列顛和丹麦土壤那么肥沃。

457 頁* 利用固体催化剂的一些新聚合方法看来是依靠另外一种机制，即新分子显然是从催化物上剝下来或拉下来。所謂順式立构聚合物的这种生产所关系到的压強和溫度，低于鏈式反应中的，所产生的聚合物品質更整齐更优良。这样生产的合成橡胶比天然品种确实要好些。

459 頁* 在这些国家里，对天然資源的探寻工作，推进得很紧，連带就把地質学家的訓練作为首要的优先項目，因为最合經济的工业建址的发見要依靠他們的发見。[8.62] 由于未充分認識那里可以找到大宗原料，在开辟大片土地时可能有必要投入数百万鎊的資金，或者花去鉅額費用来搬运种种材料。

459 頁† 这种合作的第一阶段或調查阶段已在联合国机构、特别是联合国文化教育組織的拥护下发动起来。合作性的研究已在干旱地带和湿热地带进行。为了 1957 年的国际地球物理年，正在进行着各种观察的协作和大气現象的研究，特别是在南极洲。

469 頁* 趋向原子核物理学方面的国际合作的运动起初只是单方面的，結果是在 1952 年临时成立了欧洲原子核研究中心 (CERN)，而在 1954 年得到十一个欧洲国家的合作正式建制，但指导中枢基本上是由科学家組成的。主要的实驗所在日內瓦，有若干正在建造中的粒子加速器；最大的有二百五十亿电子伏特，应在 1960 年投入运行。也曾有过建議把布魯克哈汾 (Brookhaven) 的美国原子核研究中心作为南北美洲和一些亚洲国家的共同中心。另一个原子核研究联合中心，也代表从波兰到朝鮮的十一国家，于 1956 年在莫斯科建成。这里可資利用的也将有一些巨大加速器，包括現有的一百亿电子伏特同步稳相加速器。

这两处中心都保証只研究原子核能的和平效应。虽然在目前还沒有任何国家同时依附这两处研究中心，但

两处彼此之間已多少有了非正式的合作。所希望的是这种合作能随同时日而更密切更正式。原子核物理学的認眞研究在目前为大多数国家的資源所不及，而它們也只有在如此合作下才能参加。[8.53]

469 頁* 研究了晶体振盪器所用的压电晶体就引导人們发見一些电容率十分巨大的物质，类比着象鉄那样的强磁性物质而称为鉄电体。业經被发見的还有反鉄磁性的新現象，在这里，元磁体排列是分指相反方向，而不是相同方向。半导体的性质經証明对杂质极端灵敏——不到百万分之一就察覺得出——而且，用了分区熔解这一种純粹物理方法，所能达到的純度比任何化学家所要求过的还高得多。

在力学方面，很大兴趣集中于脫节現象的产生及其行为，这些現象是物质发生范性屈服的原因。在整块物体方面，脫节看上去是不可避免的，但近来发見了許多种金属和其他晶体經适当处理后而成的毛髮状晶体，只含一个长螺綫形脫节(图版 2)，并且极能抗拒形变。这可能証明是一种方法，用来获得强度达到完全新数量級的抗张材料。

471 頁* 在美国、苏联和英国翻譯机器的雛型已在使用，这絕不算太早，因为用以发表科学和技术情报的多种新語言增加得越来越快，这就几乎不能期望翻譯人員跟随得上。經济观点似乎指出有了三四处这样的翻譯站就能为全世界服务，每站有一份母本，純用符号或数目暗碼——即尉尔琴斯主教的世界文字。絕不会有矫飾文字优美的情形，但必須有某种約制，妨止歪曲主要意义。最后，縮型的、便于携带的、說話和翻譯联合在一起的机器，当使語言各别的人們能彼此交談。

516 頁* 这些研究，特别是根究了卡勒尔 (Carrel) (1873—1944 年)的早期器官培养术，已經在有着重要外科手术上的应用，并且还有更多希望。小心注意种种消毒条件，以及发展縫合机械，現在就已有可能施用器官移殖手术于动物，甚至人体。一只只連着一块皮而几乎断掉的手完全恢复了原状。把一条狗的腿割下放进冷藏器两个月，而这条狗現在却走得很适意。移殖的心脏，甚至还有机械的心脏，都应用得很有成效。这不久就应該很能減少由于事故或局部疾病而致的死亡和残废。

517 頁* 烟癮深的人們較易患肺癌之說，現在看来，已无疑义，但也参入病因的可能还有其他因素，例如柴油机的烟。直到如今，还沒有一个政府敢于面对因为阻止人民这样特别不愉快地自杀以致引起大众不滿和稅收損失而采取行动。

521 頁* 如已經提示过的 (471 頁)，这些方法提供直接通訊的最后可能性。格雷·瓦耳特已証明一种刺激所产生的脑流可用来放出另一种。从这方面，不久可学会如何单用思想就能产生一种外部信号，然后，通过某种暗碼制来实現实际上的通訊。靠这样的方法，未尝不可希望加速人类思想的輸出，比說話还快，至少达到閱讀的速度。

539 頁* 开始于苏联而現在中国和印度也在仿行的政策是以一种認識为基础，这認識是保証足够食物产量的正确途径在于集中人口于城市，在城市里，他們可以用集中力量的方法产生生产資料、机器和肥料，这是为了在高水平的保持性农业的基础上扩展耕地面积，同时为了生活水平較高而为数小得多的农业人口生产消費資料。任何一般地采用回到土地去这种神秘主义，那怕在目前的人口水平上也会引起层見迭出的飢荒[8.34](456 頁)。

558 頁* 哥頓·柴尔德教授新近发表了一本重要而能发人深省的书，在这本书里，他用他的人类学和考古学經驗对价值作了考查，表明价值决定于长期的、逐漸开展的社会传統。[8.11] 他尤其是发現了这話对于知識和"眞理"，特别是对于自明的眞理合用，自明的眞理一点也不是絕对的，而总是凭社会所制約的目光来認識的。关于思想的一些范疇，他的有根据的論点是：这些范疇也是通过語言而凭传統决定的。所有种种語言都是与石器时代的技术相适合的，在那个时代，人們除了控制自身肌肉而外不能控制［其他的］动力。无生物和有生物間［还被認为］无甚区别，而后者和人类之間的还要少。动作和性质被混为一談，而这两者，又同东西被混为一談。柴尔德把"实在"界說为一种創造性的活动或过程，他說："知識的作用是实际的，即引导动作。由唯一已知其为知曉者所构成的社会——即人类——的成就，就足以証明充足的知識是可以求致的"。完美的知識和絕对的眞理，还有超感覺的观念世界，也就都象任何半人形半馬形怪物那样的虛誕。一个人若不曾至少試图窺入人类历史，象柴尔德那样深透，就无权质問如此的一些結論。

568 頁* 这有限几句講回教社会科学的話显然不充分，而且和講基督教的那节也不相平衡。这大部是出于我自己无知。假使我有时間和学力，我頗願研究遍在神秘派学說的演化，这学說当是起源于印度和波斯，而且通过雷門·魯尔和另外一些神秘主义者，后来对基督教思想发生了那样重大的作用。一种相似的仁爱（不过是对人而非对神的）原則，是中国墨家哲学的基础。

577 頁* 說平民心神健康而貴族和教士們頹废的这类信念，鼓舞了不少革命前从哥牙(Goya)的繪画到莫扎特(Mozart)的歌剧中的思想。波馬社(Beaumarchais)剧本中的"飞加洛"(Figaro)就是将出現于政治舞台的新人物的典型。人类平等也是互济会的信仰里的一条，互济会在十八世紀时深入于所有西欧各国的社会。

578 頁* 对边沁的这种普通判断，看来只是对他的公开面貌的判断。照新近发表的他的笔記所暴露，他私下里接受了前进的社会主义見解。[8.5]

626 頁* 我們可以希望这趋势正在走上了相反的途径。这位教皇，在他的 1956 年复活节传牒中，斥責使用核子武器于战爭，并訴請那些控制国家命运的人們停止再走向毁灭。

680 頁* 如李約瑟所表出，中国的几种假科学显出是眞正科学的最著成果的一些来源，不过它們到后来已成为无用之物而枉活下去罢了。[8.47] 例如从堪輿术生出了罗盘以及一部分地質学。从各式各样的拈鬮法产生了一些游艺，如奕棋和紙牌，也还导出不少数学来，显著地是卦和爻所导出的。

691 頁* 印度文化高潮看来要早到公元前三世紀的阿育王朝，不过，在艺术和科学方面，高潮却迟到九世紀还在积极推进中。在中国則創造时期要长些，但这可能只是因为[中国]有較好的[历史]記載。最大的知識高涨发生在公元前五世紀，而一些新观念則晚到十二世紀才出現。回教的开花是灿烂而短促的；大多夹在九世紀和十二世紀之間。这几处文明好象在每件事例中都終于从它們的創作力頂点往下降而退到了传統的拘迂学說，更后才受到最后的外来客、即欧洲文化的干預，因而不能再沿老路走，欧洲文化則是十二世紀才开始給它們印象的。

703 頁* 得·維特 De Witt 的关于"苏联专业人力"(Soviet Professional Manpower)的报告[8.19] 举出了 1953 年苏联和美国的形势如下：两国訓練过的工程师一为五十万而一为五十三万；医生一为二十八万而一为二十万；农业专家一为十七万而一为十五万。单单为了更替、补充，就須把这些数目每年增加百分之四，此处在目前的 1956 年訓練进度下，姑且算苏联补充的专业人力到 1966 年应該比現在多一半，但这一数目在美国或不列顛要經过长久得多还比不上，除非它們采取一些果断步驟来扩大技术教育制度。講到工程师，就該更显著表出专业人力是象鋼那样主要物品的产量的一个函数。在 1955 年，相应于鋼料生产每年每千吨的工程师人数是：苏联十一点八；美国三点八；联合王国三点一。

708 頁* 保密制的不良效应有公开和隱蔽二种。分明曉得有关情报不得利用而工作下去，是絕对地有害和能主观地引起挫折感。若不能把所做的事宣布出来而从他方的經驗和批評吸取教訓，那就势必使工作甚至更受限制更減緩。如果，象特别发生于軍事研究中，于保密之外再加上担保制度，而工作人員的生活、品行和交友全都受不断的祕密偵察，这两种趋势还当扩大。这样一来，不仅仅把独立而有才能的人驅逐于此項服务之外，并且在精神上曲撓了那些留下的工作者，即使他們受到一种眞信念的鼓舞，以为进行研究的目的是公正的。这过程曾在引誑罗伯·奥本海默危害安全制的那桩事件里暴露于众目之下。[8.17]

保密制下所隱蔽的效应当然无法估計。至于把知識各要素分别开来之后損失了些什么，也就能加以揣測，但这肯定地是一种巨大損失，我們从科学上两个不同的方面碰在一处后的一些迅速进展，例如电磁学的发見，就可以看出。别的一些更率扯到人的害处也附带发生。对那种不許发表的工作，就不能有效地批評。在保密制的掩蓋下，无能、假公济私、私人阴謀都盛行起来。把个人的敌手当作他是对安全的危害而进行斥責，这种机会总是会有的。每一种不利于科学鉆研的傾向都得到鼓励。象一位法国将軍曾对我說："不是因为要掩蓋自己有所知，而是要掩蓋自己无所知才保守軍事秘密"。

专 名 索 引

(黑体号碼表示重要性)

内 容 索 引

一 划

二 划

三 划

四 划

五 划

六　划

八 划

九 划

十　　埘

十 二 划

十 三 划

十 四 划

十 五 划

十 六 划

十 七 划

后　　記

本书系根据原书第二版翻譯的。第一至第十一章、第十四章及致謝詞、序、第二版序、第二版附註等系伍况甫譯，第十二、十三两章系彭家礼譯。全部譯稿均經我社編輯部校訂。第十至第十三各章中有几处原书著者稍有删节修訂，均按著者最近寄来的新修訂文譯出。

譯文中方括号里的文字系譯、校者为使文意便于領会而增入的。

外国人名、地名等一般只在第一次出現时附註原文，以后出現即不再附註。专名索引，由于无标准譯音，所以只列原文。文中圓括号內本书相互参照的頁碼，有几处由于原书著者最近的删节修訂，参考頁碼已不需要，因而不列入中文譯本內。

譯校时間比較倉卒，錯誤和不确切之处在所不免，譯文体例及名詞虽力求統一，但前后恐仍有失于照顧，务希讀者随时指正，以便再版时更正。

科学出版社編輯部

1959. 9. 11.

[General Information]
书名=历史上的科学
作者=贝尔纳
页数=782
SS号=10101096
出版日期=1959年09月第1版