

# SCIENCE IN HISTORY

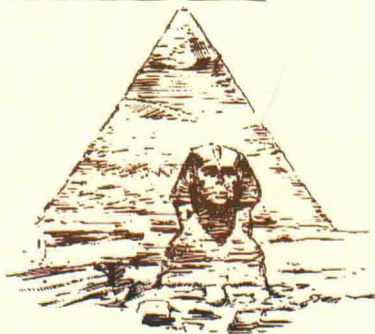
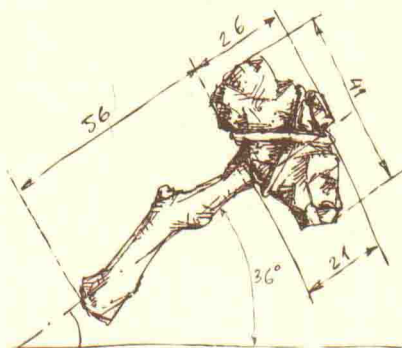
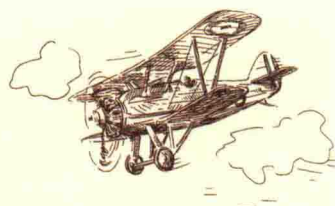
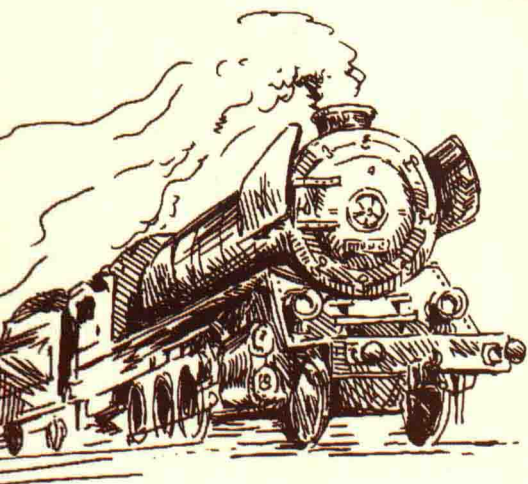
Volume 2: The Scientific and Industrial Revolutions

## 历史上的科学 卷二

### 科学革命与工业革命

[英] 约翰·德斯蒙德·贝尔纳◎著  
伍况甫 彭家礼◎译

新世纪修订版



科学出版社

SCIENCE  
IN HISTORY

Volume 2: The Scientific and Industrial Revolutions

历史上的科学

卷二

科学革命与工业革命

[英] 约翰·德斯蒙德·贝尔纳◎著  
伍况甫 彭家礼◎译



新世纪修订版

科学出版社  
北京

图字：01-2014-6958号

Science in History: Volume II: The Scientific and Industrial Revolutions  
by J. D. Bernal Copyright: © J. D. Bernal, 1965, 1969

This edition first published in 2010 by Faber and Faber Ltd

This right edition arranged with Faber and Faber Ltd through BIG APPLE  
TUTTLE-MORI AGENCY, LABUAN, MALAYSIA.

Simplified Chinese edition copyright: ©2015 by Science Press

All rights reserved.

本书仅限于中国大陆地区发行销售

---

图书在版编目(CIP)数据

科学革命与工业革命/(英)贝尔纳(Bernal, J. D.)著;伍况甫,彭家礼译.  
—北京:科学出版社,2015.6

(历史上的科学;2)

书名原文:Science in History: Volume II: The Scientific and Industrial Revolutions

ISBN 978-7-03-042955-1

I. ①科… II. ①贝… ②伍… ③彭… III. ①科学革命-历史-研究-世界  
②产业革命-历史-研究-世界 IV. ①G301-091 ②F419-091

中国版本图书馆CIP数据核字(2015)第002579号

---

责任编辑:周辉 秦启越

责任印制:肖兴 / 封面设计:新艺书文化

科学出版社出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

北京通州皇家印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

\*

2015年6月第一版 开本:720×1000 1/16

2015年6月第一次印刷 印张:16 1/2

字数:234 000

定价:59.00元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

## SCIENCE IN HISTORY

### 目录

#### 第 4 篇 现代科学的诞生 281

##### 导 言 283

#### 第七章 科学革命 289

##### 7.1 第一阶段：文艺复兴（1440—1540） 289

##### 7.2 艺术、自然和医学 296

##### 7.3 航海术和天文学 306

##### 7.4 第二阶段：初期资产阶级革命中的科学（1540—1650） 313

##### 7.5 太阳系的证实 320

##### 7.6 新哲学 335

##### 7.7 第三阶段：科学的成年（1650—1690） 342

##### 7.8 制作新的世界图景 356

##### 7.9 天体力学：牛顿的综合 364

##### 7.10 回顾：资本主义和现代科学的诞生 374

第5篇 **科学和工业** 383

导 言 385

第八章 **工业革命的前因与后果** 391

8.1 十八世纪早期的停顿(1690—1760) 391

8.2 科学和几次革命(1760—1830) 398

8.3 法国大革命和它对科学的影响 412

8.4 工业革命中科学的特征 416

8.5 十九世纪中叶(1830—1870) 418

8.6 科学在十九世纪中的进步 427

8.7 十九世纪晚期(1870—1895) 431

8.8 十九世纪晚期的科学 437

第九章 **十八、十九两世纪各门科学的发展** 441

9.0 导 言 441

9.1 热和能 443

9.2 工程和冶金 454

9.3 电学和磁学 460

9.4 化 学 473

9.5 生物学 488

9.6 回 顾 506

参考文献 519

第二版附注 531

声 明 537

## SCIENCE IN HISTORY

插图、地图、表等目录

### 文中插图

8. 文艺复兴的科学和工艺 294
9. 文艺复兴时代的工艺学：列昂纳多·达·芬奇 303
10. 文艺复兴时代的工艺和科学中的大炮 326
11. 仪器和机器图 348
12. 十八世纪的工艺和科学 408
13. 十九世纪的工艺学 470
14. 十九世纪的化学和物理学 486

### 地 图

4. 科学的和工业的欧洲 514

### 表

4. 科学革命 380
5. 科学和资本主义 516

**SCIENCE IN HISTORY**

Volume 2: The Scientific and Industrial Revolutions

John Desmond Bernal

---

第**4**篇

**现代科学的诞生**





## 导 言

城镇、贸易和工业的发展，在中世纪的末期，渐增声势，就显得不适应封建经济制度。这些变化，在封建秩序的表面下，渐渐成熟，终于露面，并陆续在各地的经济和科学方面开创一种新秩序。有了较好的技术、较好的运输方式和更广大的市场，为销售而进行的商品生产就稳定地增加。这类市场所在的城镇，在封建经济制度中久已处于一种附属的，几乎是寄生的地位；但到了十五世纪市民或资产阶级已发展得非常强盛，就开始改变这种封建经济，使之成为一种新的经济方式，在这种经济中，决定生产形式的是货币支付而不是强制服务。资产阶级的胜利，以及由他们演成的资本主义经济制度的胜利，只是在最激烈的政治、宗教和学术斗争之后才发生的。当然，转变过程是缓慢而参差的。在十三世纪，转变即已开始于意大利，但一直到十七世纪中叶，资产阶级才在英国和荷兰这样最先进的国家里建立了他们的统治。但一百年之后，这个阶级才开始控制整个欧洲。

在看到资本主义发展为主导生产方法的同一时期——1450年到1690年——也看到实验和计算都发展为自然科学的主导方法，转变是复杂的；各项技术上

的变化导致了科学，而科学又转而导致一些新而更快的技术变化。这样在技术、经济和社会三方面联合起来的革命，是一桩独特的社会现象。这场革命的根本重要性，甚至比起使得文明本身成为可能的农业发现还要伟大，因为它自身，通过科学，就含有无限进展的种种可能性。

现代科学起源这一问题现在终于被人认为是全部历史中主要问题之一。例如巴特菲尔德（Butterfield）教授<sup>3.1</sup>就主张——

所谓科学革命……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，而不过是中世纪基督教国家系统里的一些内部更替而已……几乎不能有另一领域比起科学革命来还更为重要，让我们在其中看得出……学术发展在某一特殊历史过渡时期和某一特殊篇章的确凿作用。

我本人虽深深不同意他所举出的一些分析，却完全承认这问题的重要性。

资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简单话语能表达。不过可以说，在资本主义的初期，经济因素占优势。使得实验科学成为可能和必要的是资本主义兴起的种种条件。到这段时间将结束时，就开始感觉到相反的效果。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，就在资本主义的初期，自然科学渡过了它的紧要关头，保证了它作为社会生产力的一部分的永久地位。从较远的历史观点看来，这件事比当时的一些政治或经济事件重要得多。因为资本主义只代表社会里经济演进中的一个暂时阶段，而科学却是人类的永久财富。如果说资本主义先使科学成为可能，那么后来就会轮到科学使资本主义成为不必要。

然而当资本主义在早期阶段里，正在挣脱一个日趋腐败的封建制度的束缚时，它充满活力，强势扩张。采用中世纪晚期的种种技术器械，就使农业、制造业和贸易在越来越多的地区增加和扩展。由经济进步而产生的种种物质需

要，导致了各项技术更进一步的发展，特别在开矿、战争和航海方面。这些变化转而引起因新材料和过程的作用而生的一些新问题，这些问题就使像罗盘、火药等发明都没有地位的古典时代的科学感受到了压力。远出探地的航海表明了古文明国民的经验很有限，因而使得寻求更有远见、更多作为的新哲学的需要更为迫切。

当十七世纪开始时，一个新兴的有进取心的资产阶级颇能响应这样的刺激，开始奠定实验科学的基础。新科学家就此组织成队伍，也像商贾冒险家那样。在这世纪告终以前，一小群有为的人已经成功地解决了力学和天文学的一些中心问题。这样，他们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。但这只是略略的预尝而已。新科学家的真正胜利是在一种新推动力，要用科学方法来研究技术和自然，并努力精究一些新的实验和数学的方法，来分析和解决它们。这些方法要在后来几世纪里才产出丰硕的果实。到十七世纪末，科学从重新接触实践工作而获得的远远多于它在彻底改进技术时所给予的。

### 科学革命

第七章的主要任务是追溯新科学的发展，从诞生和发展壮大的关键时期起，到学术成熟时为止。这就必须首先指出新科学与文艺复兴和宗教改革两股新社会力量的关系，然后考察新科学的成就在继起的现代里，如何决定其工艺学，并规范其各种观念。在这关键时期内，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。许多科学观念的改变就总合成为一场科学革命，在这场革命中，由希腊人创立，并经伊斯兰教和基督教神学者所圣典化的思想假设的整个大结构被颠覆了，而代以一种崭新的体系。一幅新的、量化的、原子的、无限扩展的和世俗的世界图景，替代了伊斯兰教的和基督教的烦琐哲学家从希腊人承袭来的那幅陈旧的、定性的、连续的、局限的和宗教性的世界图景。亚里士多德的阶级宇宙在牛顿的世界机器

面前就垮了。在过渡中，毁灭性的批判和建设性的综合如此互相切近以致无从画出界线。

这样的更替，只是对知识的新取向的征兆。它从作为人对世界现在、过去和无尽未来以至末日来临的一切顺应的手段，一变而为通过认识自然永恒规律来控制自然的手段。这种新态度本身就是对物质财富有了新关切而生的产物，并使学者们重新关注到百工行业的实践。就是这样，文艺复兴运动虽只是部分地，却弥补了贵族理论和平民实践之间的裂隙，这是文明初期阶级社会开始时就裂开的，它曾限制了希腊人的伟大智慧才能。

要充分了解现代科学怎样开始，就必须考虑在文艺复兴时代中开始的实践 and 知识两方面的转变。科学史作家通常只重视后者，因此，把整个转变或者看成是据不证自明的第一前提，从拙劣的论辩转变到健全的论辩，或者看成是对显然的事实作较仔细的观察和较正确的估价。这两种解释都不充分，因为都不能说明为什么经济技术和科学进步的时间和地点都相吻合，也不能说明为什么科学上所关注的问题和社会上各控制集团所关心的技术问题也恰相吻合。

另一方面，如只考虑这些技术兴趣，也是不够的。当时的精神状态，以及对物质的关注都必须考虑到。正在兴起的资产阶级在斗争中的意识形态，在这几个过渡世纪中的科学观念及宗教观念上都留下了自己的烙印。事实上，对于许多世纪以来一直被承认的那些观念要指摘非难的话，那只有当社会的整个基础成为问题的时候，才做得到。

不像以前几次过渡那样，如罗马帝国末年时，把新科学建立在旧科学的废墟上，或如中世纪开始时，把科学从一种文化改换成另一种，这次兴起现代科学的革命发生时，一点也没有像这一类的系统中断，或外来影响。这就进而更强调一个事实，就是说，在新社会里，一个彻底崭新的思想体系正直接来自旧社会的各种因素中建立起来，不过这些因素经过革命者的思想和行动改造过。旧封建文化曾早经考验而被认为颇有欠缺，它经不起那些由它自己酿成的冲突。由这文化所撑起的新资产阶级还得找寻他们自己的新社会系统，并推演

出他们自己的新思想体系。文艺复兴时代和十七世纪的人肯定地觉得他们正在从过去摆脱出来，不管他们可能不自觉地受惠于过去有多么重。

科学革命在一个重要方面不同于较早的几次变革，就在于它有意识地表明科学革命是回复到一个较旧、较崇高和较富哲学的文化的一些观念上去，因此科学革命相对而言较为容易，尤其在开端的时候。古文明国民的权威可以引用作为支持，也曾被哥白尼和哈维等那样真正的革新者（309页起，333页起）所引用，其重要性不亚于感官的认证。这件事与其说是排斥一切权威，还不如说是借一个权威来支持另一权威。人文主义者可自由选择，他可以为了内在的理由而作出选择。当时至少恢复了一部分古代最优良的经典数学著作，尤其著名的是阿波罗尼斯和阿基米德的著作，这就有助于打破亚里士多德的垄断。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说，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们的观念，并超越他们的成就。

### 科学转变中的主要阶段

为了便于了解新科学的创立的实际过程，可以把科学革命的全时期分为三个阶段，并为便利起见可称为：文艺复兴阶段，1440—1540年；宗教战争阶段，1540—1650年；王政复辟阶段，1650—1690年。必须记住，这些不是三个对比时期，而是从封建经济到资本主义经济的一个转变过程中的三个阶段。

第一阶段（7.1—7.3）在政治范围内包括了文艺复兴、航海大事、宗教改革以及一些战争，这些战争结束了意大利的政治自由，并导致西班牙作为第一个世界强国出现了。

在第二阶段（7.4—7.6），美洲和东方国家对欧洲贸易和掠夺的开放所引起的结果，在震撼欧洲全部经济的物价危机中开始感觉到了。这个阶段又是法德两国毫无结果的宗教战争的时期。对于历史，归根到底，远为更重要的是荷

兰资产阶级共和国在本阶段开始和英国资产阶级共和政治在本期终了的建立。

第三阶段（7.7—7.9）是政治上的妥协时期，虽然各政府是君主制的，但所有在经济方面正在发展的国家里，政权命脉都为大资产阶级分子所掌握。不顾凡尔赛（Versailles）大君<sup>①</sup>的威风，荷兰人为这个时期确定了总体的基调。在不列颠，这个阶段标志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世纪从古典时代继承来的整个世界图景的争议。争议最明确的表现是哥白尼拒绝了亚里士多德以地球为中心的宇宙说，而代以从旋转的地球上看到的太阳系，而地球则是颗行星，也像其他行星。

在第二阶段，开普勒和伽利略力排众议，证明了争议的正确，而哈维更把这争议推广到人体。之所以能有这样的成就，是因为使用了新的实验方法，而料到科学新时代来临的头两位预言家就是培根和笛卡儿。

第三阶段标志着新科学的胜利，它迅速成长和扩展到新领域，并首次组成了学术团体。这是波义耳、胡克（Hooke）和惠更斯（Huygens）的时代，是新的数学、机械哲学的时代。经过许多人手和头脑的工作后，最终产生了牛顿《自然哲学的数学原理》的构想，当时人认为在这个基础上，科学的其余部分可以满怀信心地建成。最后目的之说让位给机械原因之说，而中世纪的阶级宇宙被另一种宇宙所废弃且取代了。此后独立的粒子，按照无形的自然规律能自由地相互作用。看得出懂得这些规律就转而执掌了驾驭各种自然动力的关键，来为人类服务。高超的冥想已让位给有利益的行动了。

---

<sup>①</sup> 指法国波旁王朝国王路易十四。——编者注

## 第七章

# 科学革命

### 7.1 第一阶段：文艺复兴（1440—1540）

从封建主义到资本主义过渡的第一阶段，包括文艺复兴和宗教改革两个运动，不过，连同前因和后果，它们所跨的时期还要长些。为了一个由货币偿付所控制的市场而生产商品的经济类型，从十二世纪以来已存在于分散各处的城市里。到十五世纪，这种类型，在从意大利，经过日耳曼南部（High Germany）和莱茵兰，到低陆各国（Low Countries）这一窄条地方首先成为流行的经济方式。在这一带里，只有意大利的较大城市，如威尼斯、热那亚、佛罗伦萨和米兰能在政治上和经济上独立，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脱离教会，因为罗马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时，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，表现为路德（Luther）的宗教改革运动，另一方面导致了激烈的社会争斗，表现为1525—

1526年的农民战争和1533年闵斯德的再受洗教徒的反叛。类似的反叛也发生在匈牙利，甚至在信奉天主教的西班牙。后来，当宗教改革蔓延更远，到了低陆各国、不列颠和法兰西，所采取的则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给选拔贤能的民主政府。

然而民主政治的收效，不到下一阶段，是不会有效地呈现出来的。当时先来代替分级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，甚至他本人或许就是跻身王座的商人，像美第奇（Medici）一家就是。君主政体的恢复标志着罗马皇帝和教皇的民政权的结束，随之而来的是中世纪世界观的整个方案的结束。取而代之的就是一些民族国家开始出现，彼此之间，结盟宣战，变化无已，终于成为不稳定的均势局面，在这里没有哪一国能够称尊。

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，予以惠顾。知识分子的地位实在变成像在阿拉伯人时代那样，在那时，学者也是王侯们的装饰品。除在意大利外，旧有中世纪大学仍然是封建思想的堡垒，并反对新学。法王弗朗西斯一世（Francis I）不得不在1530年建立皇家学院，即现在的法兰西学院，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。这运动要把那种基于固定传统地位的社会关系制度，变成一种基于买卖商品和劳力的社会关系制度。促进这运动的主要经济因素是贸易的迅速扩展，而其所以可能则是由于得到了较大的可利用的剩余财富。这剩余财富则来自中世纪后期所引用的技术改进的效应，特别是农业和织布的技术。同时，因航运和驾驶上有种种进步，这剩余就可以多加利用了。贯彻整个十五世纪贸易的主流大都仍然是奢侈品，从东方来，经威尼斯，入日耳曼，使奥格斯堡和纽伦堡因此而致富，然后到低陆各国和不列颠。实在就是这种贸易使这些地区在财富和文化上处于领导地位。

然而到了这个世纪末，正当文艺复兴的顶点，在旧贸易方式中却起了一次关键性的突破，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场所取遵陆而行、费用高昂的路线，作用在于另辟捷径，并对意想不到的



新市场也开拓了省费的路线。最动人听闻的成果是发现美洲新世界，但是在当时更具有重要关系的是葡萄牙人夺取亚洲海洋贸易，以及波罗的海地区和俄罗斯的迅速发展。贸易路线起了这些转移，就要改变欧洲的整体经济局势。意大利和日耳曼南部的贸易被从根斩断，它们的政治的和经济的重要性也就不得不衰落，不过它们的文化和技术的影响却还要继续一段时间。代替这两处地方而出现的是一些海洋国家，首先是葡萄牙和西班牙，后来是荷兰和不列颠，后两者拥有较多基本资源，所以能维持较久。

海外贸易的利润，使得第一次积累流动资金成为可能，就是投入生产企业，而不只投在土地上的资金。而贪得更多利润，就导致了造船和航海两业的迅速发展，而航海业对现代科学的诞生有决定性的影响。募兵代替了封建时代的征兵，战争就能维持得较久，但费用也较大，因此需要青铜和铁，银和金。开矿和金属品制造业兴旺起来，火药制造和烈性酒类的蒸馏也是这样。

这个时代是经济扩张的时代。差不多在欧洲每处，生产都在增加，不只是工业，农业也增加，谷类、牲畜和鱼类的出产都更多。这很难归因于任何一种特定的技术进步，而宁可说这是积累了无数次个别改进而得的总结果，再加上经过新贸易路线而更快传播开来的各项改进。唯一的基本重要工业进展是印刷术的输入。关于印刷术，为了便利，已在前一章讲过（246页）。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、烹饪和诸行业书籍册数之多，就可证明此说。

### 态度和观念上的人文主义革命

假使文艺复兴仅仅标志了经济状况逐步的，或甚至迅速的改进，也就不会占据像它在世界史中所占有的地位。它在科学、艺术和政治上之所以重要，是因为它是一桩有意识的运动，并且还是一桩革命性的运动。就它的学术方面说，它是为数小而自觉的学者和艺术家的少数人的作为。他们委身于反对中世纪生活的整个范型，并努力创造一种新型生活，尽可能接近经典古代的范型。