

JOSEPH NEEDHAM
SCIENCE AND CIVILISATION IN CHINA

李 约 瑟

中国科学技术史

第四卷 物理学及相关技术

第一分册 物理学

科学出版社
上海古籍出版社



国家自然科学基金委员会资助出版

李 约 瑟

中国科学技术史

第四卷 物理学及相关技术

第一分册 物理学

李约瑟 著

王 铃 协助

肯尼思·格德伍德·鲁宾逊 特别协助

科 学 出 版 社
上 海 古 籍 出 版 社

北 京

内 容 简 介

著名英籍科学史家李约瑟花费近 50 年心血撰著的多卷本《中国科学技术史》，通过丰富的史料、深入的和大量的东西方比较研究，全面、系统地论述了中国古代科学技术的辉煌成就及其对世界文明的伟大贡献，内容涉及哲学、历史、科学思想、数、理、化、天、地、生、农、医及工程技术等诸多领域。本书是这部巨著的第四卷第一分册，主要论述中国古代物理学的产生和发展，包括力学、热学、光学、声学、磁学和电学方面的成就。

图书在版编目(CIP)数据

李约瑟中国科学技术史. 第四卷, 物理学及相关技术. 第一分册. 物理学/ (英) 李约瑟著; 陆学善等译. —北京: 科学出版社, 2003

ISBN 7-03-011232-6

I. 李… II. ①李… ②陆… III. ①自然科学史-中国②物理学史-中国
IV. N092

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2003) 第 015350 号

责任编辑: 姚平录 孔国平/责任校对: 柏连海

责任印制: 赵德静/封面设计: 张 放

科 学 出 版 社 出 版
上 海 古 籍 出 版 社

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

中国科学院印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2003年10月第 一 版 开本: 787×1092 1/16

2003年10月第一次印刷 印张: 29½

印数: 1—1 500 字数: 673 000

定价: 74.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换〈科印〉)

李約瑟著

中國科學技術史

莫朝鼎



李约瑟《中国科学技术史》翻译出版委员会

主任委员 卢嘉锡

副主任委员 路甬祥 张存浩 汝 信 席泽宗

委 员 (以姓氏汉语拼音为序, 有*号者为常务委员)

杜石然	傅世垣	何绍庚	侯建勤*	胡道静
胡维佳	胡祥璧	华觉明*	李国章*	李经纬
李廷杰*	刘 钝*	刘更另	刘祖慰*	柳椿生
路甬祥*	罗 琳	马堪温*	潘吉星	钱伯城*
汝 信*	苏世生*	谈德颜*	汪继祥*	吴伯泽*
吴瑰琦*	吴明瑜	席泽宗*	谢淑莲*	许 平*
杨德晔	姚平录	叶笃正	余志华	袁运开
张存浩*	张青莲	张晓敏	周光召	

已故委员 曹天钦 袁翰青 张书生 林志群 薄树人
孙增蕃 郭永芳 钱临照 卢嘉锡

第四卷 物理学及相关技术

第一分册 物理学

翻 译 陆学善 吴 天 王 冰
校 订 何成钧 马大猷 曾泽培 李国栋
复 校 王 冰

志 谢 王晓峰 王焕生 杨灏成 莫菲特 (John Moffett)

谨 以 本 卷 献 给
二 位 友 人

北京大学物理学教授
前中央研究院总干事

叶企孙

黑暗时期最诚挚的朋友
1942年，昆明和重庆

中国科学院物理研究所所长

钱三强

必要时刻的读者和支持者
1952年，北京和沈阳

极变者，所以应物也。慕选而不乱，极变而不烦。执一之君子，执一而不失，能君万物。日月之与同光，天地之与同理。圣人裁物，不为物使。

——《管子》（公元前4世纪）

今夫权衡规矩，一定而不易。不为秦楚变节，不为胡越改容。常一而不邪，方行而不流。一日刑之，万世传之。

——《淮南子》（公元前2世纪）

凡 例

1. 本书悉按原著译，一般不加译注。第一卷卷首有本书翻译出版委员会主任卢嘉锡博士所作中译本序言、李约瑟博士为新中译本所作序言和鲁桂珍博士的一篇短文。
2. 本书各页边白处的数字系原著页码，页码以下为该页译文。正文中在援引（或参见）本书其他地方的内容时，使用的都是原著页码。由于中文版的篇幅与原文不一致，中文版中图表的安排不可能与原书一一对应，因此，在少数地方出现图表的边码与正文的边码颠倒的现象，请读者查阅时注意。
3. 为准确反映作者本意，原著中的中国古籍引文，除简短词语外，一律按作者引用原貌译成语体文，另附古籍原文，以备参阅。所附古籍原文，一般选自通行本，如中华书局出版的校点本二十四史、影印本《十三经注疏》等。原著标明的古籍卷次与通行本不同之处，如出于算法不同，本书一般不加改动；如系讹误，则直接予以更正。作者所使用的中文古籍版本情况，依原著附于本书第四卷第三分册。
4. 外国人名，一般依原著取舍按通行译法译出，并在第一次出现时括注原文或拉丁字母对音。日本、朝鲜和越南等国人名，复原为汉字原文；个别取译音者，则在文中注明。有汉名的西方人，一般取其汉名。
5. 外国的地名、民族名称、机构名称，外文书刊名称，名词术语等专名，一般按标准译法或通行译法译出，必要时括注原文。根据内容或行文需要，有些专名采用惯称和音译两种译法，如“Tokharestan”译作“吐火罗”或“托克哈里斯坦”，“Bactria”译作“大夏”或“巴克特里亚”。
6. 原著各卷册所附参考文献分 A（一般为公元 1800 年以前的中文书籍），B（一般为公元 1800 年以后的中文和日文书籍和论文），C（西文书籍和论文）三部分。对于参考文献 A 和 B，本书分别按书名和作者姓名的汉语拼音字母顺序重排，其中收录的文献均附有原著列出的英文译名，以供参考。参考文献 C 则按原著排印。文献作者姓名后面圆括号内的数字，是该作者论著的序号，在参考文献 B 中为斜体阿拉伯数码，在参考文献 C 中为正体阿拉伯数码。
7. 本书索引系据原著索引译出，按汉语拼音字母顺序重排。条目所列数字为原著页码。如该条目见于脚注，则以页码加 * 号表示。
8. 在本书个别部分中（如某些中国人姓名、中文文献的英文译名和缩略语表等），有些汉字的拉丁拼音，属于原著采用的汉语拼音系统。关于其具体拼写方法，请参阅本书第一卷第二章和附于第五卷第一分册的拉丁拼音对照表。
9. p. 或 pp. 之后的数字，表示原著或外文文献页码；如再加有 ff.，则表示所指原著或外文文献中可供参考部分的起始页码。

缩略语表

以下为本书正文中使用的缩略语。对期刊和类似的出版物所用的缩略语见参考文献部分。

- B Bretschneider, E., *Botanicon Sinicum* (贝勒,《中国植物学》)
- BCFA Britain-China Friendship Association (英中友好协会)
- B&M Brunet, P. & Mieli, A., *Histoire des Sciences (Antiquité)* (布吕内和米里,《科学史(古代)》)
- CLPT 唐慎微等编,《证类本草》(1249年)。
- CPCRA 中国人民对外文化交流协会。
- CSHK 严可均辑,《全上古三代秦汉三国六朝文》(1836年)。
- G Giles, H. A., *Chinese Biographical Dictionary* (翟理斯,《古今姓氏族谱》)
- HY 哈佛-燕京 (学社及出版物)。
- K Karlgren, B., *Grammata Serica* (高本汉,《中日汉字形声论》)
- KCCY 陈元龙辑,《格致镜原》(1735年)。
- KCKW 王仁俊撰,《格致古微》(1896年)。
- MCPT 沈括撰,《梦溪笔谈》(1086年)。
- N Nanjio, B., *A Catalogue of the Chinese Translations of the Buddhist Tripitaka* (南条文雄,《英译大明三藏圣教目录》;及 Ross (3) 的索引)
- P 伯希和关于敦煌千佛洞的编号。
- PTKM 李时珍著,《本草纲目》(1596年)。
- PWYF 张玉书编,《佩文韵府》(1711年)。
- R Read, Bernard E. (1-7) 李时珍《本草纲目》某些章节的索引、译文和摘要。如查考植物,参看 Read (1); 查考哺乳动物,参看 Read (2); 查考鸟类,参看 Read (3); 查考爬行动物,参看 Read (4); 查考软体动物,参看 Read (5); 查考鱼类,参看 Read (6); 查考昆虫,参看 Read (7)。
- RP Read & Pak (1) 《本草纲目》中矿物章节的索引、译文和摘要。
- S Schlegel, G., *Uranographie Chinoise* (施古德,《中国天文图》)
- SCTS 《钦定书经图说》(1905年)。
- T 敦煌考古研究所的千佛洞编号。本书尽可能采用谢稚柳的《敦煌艺术叙录》(上海,1955年)中的编号,但也给出其他编号。
- TCKM 朱熹等编,《通鉴纲目》(1189年)。

- TH Wieger, L. (1), *Textes Historiques* (戴遂良, 《历史文献》)
- TKKW 宋应星著, 《天工开物》(1637年)。
- TPYL 李昉编, 《太平御览》(983年)。
- TSCC 《图书集成》(1726年), 索引见 Giles, L. (2)。
- TT Wieger, L. (6), 《道藏目录》。
- TW Takakusu, J. & Watanabe, K., *Tables du Taishō Issaikyō (nouvelle édition (Japonaise) du Canon bouddhique chinoise)* (高楠顺次郎和渡边海旭, 《大正一切经目录》)
- WCTY/CC 曾公亮主编, 《武经总要》(1044年)。
- YCLH 张英等辑, 《渊鉴类函》(1710年)。
- YHSF 马国翰辑, 《玉函山房辑佚书》(1853年)。

志 谢

承蒙热心审阅本书部分原稿的学者姓名录

这份表仅适用于本册，其中包括第一卷 pp.15 ff、第二卷 p.xxiii 和第三卷 pp.xxxix ff 的姓名录所列与本册有关的学者。

艾德勒 (S. Adler) 先生 (剑桥)	磁学 (象棋)
贝尔希 (J. C. Belshé) 博士 (剑桥)	磁学
德克·卜德 (Derk Bodde) 教授 (费城)	声学 (宇宙潮)
克莱格 (J. A. Clegg) 博士 (伦敦)	磁学
多布斯 (J. P. B. Dobbs) 先生 (伦敦)	声学
多布森 (W. A. C. H. Dobson) 教授 (多伦多)	声学
叶利塞耶夫 (V. Elisséeff) 教授 (巴黎)	本章各节
约翰·埃利森 (John Ellison) 先生 (阿默舍姆)	本章各节
弗雷泽 (R. Fraser) 博士 (海牙)	磁学
哈里·加纳 (Harry Garner) 爵士 (贝肯纳姆)	光学 (玻璃技术)
牛顿·哈维 (Newton Harvey) 教授 (新泽西州普林斯顿)	发光
鲁桂珍博士 (剑桥)	本章各节
米尔斯 (J. V. Mills) 先生 (沃州拉图尔德佩)	磁学
多萝西·尼达姆 (Dorothy M. Needham) 博士 (英国皇家学会会员, 剑桥)	本章各节
欧文 (G. Owen) 教授 (俄亥俄州安蒂奥克)	波动和粒子
卢恰诺·佩泰克 (Luciano Petech) 教授 (罗马)	本章各节
劳伦斯·皮肯 (Laurence Picken) 博士 (剑桥)	声学
珀西瓦尔·普赖斯 (Percival Price) 教授 (密歇根州安阿伯)	声学
威克托·珀塞尔 (Victor Purcell) 博士 (剑桥)	磁学
朱丽叶·罗布森 (Juliette Robson) 夫人 (伦敦)	声学
基思·朗科恩 (Keith Runcorn) 教授 (纽卡斯尔)	磁学
爱德华·谢弗 (Edward H. Schafer) 教授 (加利福尼亚州伯克利)	本章各节

夏尔 (E. S. Shire) 先生 (剑桥)	磁学
多萝西娅·辛格 (Dorothea Singer) 博士 (帕)	本章各节
斯图尔特 (G. C. Steward) 教授 (赫尔)	光学
泰勒 (E. G. R. Taylor) 教授 (布拉克内尔)	磁学
托兰斯基 (S. Tolansky) 教授 (英国皇家学会会员, 里士满)	光学 (魔镜)
特兰切尔 (P. Tranchell) 先生 (剑桥)	声学
温特 (H. J. J. Winter) 博士 (埃克塞特)	光学
已故颜慈 (W. P. Yetts) 教授 (切舍姆)	磁学

作者的话

我们正在探索的中国科学史几乎是无穷尽的大洞穴，其中许许多多的情况从未被世界上其他国家的人们了解和认识。我们现在已接近物理学和物理技术这两条闪闪发光的矿脉。这个主题作为一个整体，构成本书的第四卷。该卷分为三个分册，首先是关于物理科学本身（第四卷第一分册），其次是物理科学在机械工程的各个分支中的应用（第四卷第二分册），以及在土木工程、水力工程和航海技术方面的各种应用（第四卷第三分册）。

由于力学和动力学是近代科学最先取得成就的领域，所以在开卷的一章就成为我们研究的焦点。力学之所以成为出发点，是因为人们从自己所处的环境中得到的直接经验主要是力学性质的，也因为将数学应用于力学量比较简单的缘故。但是上古和中古时代的中国却属于这样一个世界——在这个世界里，假说的数学化未能导致近代科学的诞生；而且在欧洲文艺复兴之前的年代，中国具有科学才智的人们所忽视的东西，可能与那些激起他们兴趣和研究的東西，几乎同样有启迪性。物理学的三个分支在中国曾经很发达，这就是光学 [第二十六章 (g)]、声学 [第二十六章 (h)] 和磁学 [第二十六章 (i)]。力学的研究和系统阐述比较薄弱，而动力学则几乎不存在。我们一直试图对此情况提出某种解释，但并没有多少说服力。这种发展的不均衡还有待于进一步的研究，才能更好地理解。无论如何，它与存在另一种片面性的欧洲形成极为鲜明的对照，因为在拜占庭和中世纪后期的欧洲，力学和动力学方面比较进步，而对磁现象则几乎一无所知。

在光学方面，中世纪的中国人就经验而论，和阿拉伯人可以说是不相上下，但因缺乏希腊的演绎几何学，致使在理论方面受到极大阻碍，而阿拉伯人却是这种几何学的继承者。另外，中国人从未接受过希腊文化所特有的离奇的看法，根据这种看法，视觉是由于从眼睛射出光线而不是射入光线引起的。在声学方面，由于古代音乐的独一无二的特性，中国人沿着自己的路线前进，他们提出了极其有趣但却不易与其他文明的古代音乐特性相比较的一整套理论。中国人是钟以及西方所不知道的多种多样打击乐器的发明者，他们在理论上和实践上都特别关注音色，发展了不是八音音阶而是十二音音阶体系的独特的作曲理论。在 16 世纪末，中国的数理声学成功地解决了平均律的问题，比西方要早数十年 [第二十六章 (h) (10)]。最后，中国人对磁现象的研究及其实际应用，构成了一首真正的史诗。在西方人知道磁针的指向性之前，中国人已在讨论磁偏角的起因并把磁针应用于航海了。

时间紧迫的读者们，无疑欢迎这里再提一些建议。人们从本卷的各章节中，有可能理解中国物理思想和实践的某些显著传统。正如中国的数学持久地具有代数性质而不是几何性质那样，中国的物理学则与原始的波动说密切相关而长期与原子说无缘，始终重视一种近乎斯多葛学派的连续性。这些可见于第二十六章 (b)，以及后面关于张力和断裂 [(c) (3)]、关于声振动 [(h) (9)] 的各节。中国人的另一种经久不变的倾向，是

忠实地发展“气”(= *pneuma*, *prāṇa*) 的古代概念的含义,用气体的名词术语进行思考。自然,这在声学领域表现得最突出[第二十六章(h)(3)(7)等],但也和技术领域的一些辉煌成就,例如往复活塞风箱和簸扬风扇[第二十七章(b)(8)],以及水排[第二十七章(h)(3)(4),这是蒸汽机本身的直接祖先]的发明有关。它也关系到航空史前期的某些非凡见识和预言[第二十七章(m)(4)]。在纯技术领域,可以看到与欧洲同样强烈的但完全相反的传统。无论何时只要可能,中国人总是水平地而不是垂直地架设轮子和各种类型的机械,如后面第二十七章[(h),(k),(l),(m)]各节所述。

除此之外,由于各人所关注的不同方面太多,进一步引导读者则很不切实际。假如读者对陆路运输史感兴趣,那么可参阅关于车辆和辘具的讨论[第二十七章(e),(f)];假如他像利维坦(*Leviathan*)那样喜好深水,那么整个第二十九章都是叙述中国船舶及其建造者的。航海者则会注意从罗盘本身[第二十六章(i)(5)]到它在寻找港口技术方面的比较详细的应用情况[第二十九章(f)];至于被那些胜过“埃及金字塔”的宏大水道设施所吸引的土木工程师们,将在第二十八章(f)中找到这方面的全面论述。研究民间传说和人种史的学者将会正确评价历史的那个“黑暗面”,这就是,我们推测,用于近代科学的所有那些指针读数仪器之中最古老的罗盘针,始于投到占卜盘上的一枚“棋子”[第二十六章(i)(8)]。社会学家也会很感兴趣,因为在讨论封建官僚社会中工匠和工程师的地位[第二十七章(a)(1)(2)(3)]之外,我们还大胆提出有关节省劳力的发明、人力、奴隶状况等一些问题,特别是关于牲口的辘具[(f)(2)]、巨大的石砌建筑[第二十八章(d)(1)]、橹桨的推进[第二十九章(g)(2)]及水力磨粉和纺织机械[第二十七章(h)]等问题。

本卷和已出版的前面三卷关联之处很多。我们将任凭读者以慧眼去追索思考:中国的永恒哲学(*philosophia perennis*)是如何在这里所述的发现和发明中显示出来。然而我们可以指出,数学、度量衡学和天文学方面有着大量的体现:米制的起源[第二十六章(c)(6)]、透镜的发展[(g)(5)]、律管音量的估计[(h)(8)]——或天文钟的出现[第二十七章(j)]、透视画法的种种概念[第二十八章(d)(5)],以及水力工程的设计[(f)(8)]等。同样,本卷很多地方也涉及后面各卷中的章节。金属在中古时代中国工程中的所有应用,都暗示了我们将要论述的冶金学成就;这方面,同时还可参阅专著《中国钢铁技术的发展》(*The Development of Iron and Steel Technology in China*),这是作者于1958年发表的在纽科门学会演讲的讲稿^①。关于述及的采矿和制盐工业,不言而喻,这些主题将在较后阶段详细讨论。而排灌的所有技术,都使我们想到农业的基本目标——提高作物的产量。

至于在人类事业上留下永久标志的发现和发明,即便在此仅概述中国人的贡献,也是不可能的。或许最新的和最令人惊奇的发现(甚至出乎我们自己的意料之外,以致不得不撤消第一卷中与此有关的一段陈述),是在14世纪欧洲时钟发明之前已默默无闻地存在了六个世纪之久的中国机械钟装置。第二十七章(j)是关于这个主题的清新简洁的论述,其中收入了人们仍然认为相当新奇的一些资料,而我们和友人、现在耶鲁大学的德里克·索拉·普赖斯(Derek J. de Solla Price)教授于1957年合写专著《天文时钟机

^① Needham (32), 参阅 (31)。

构》(Heavenly Clockwork)时,还未获得这些资料^①。至今看来仍然令人惊奇的是,擒纵器这一重要发明竟然出现在一个工业化以前的农耕文明中,而且发明者居然是被19世纪忙碌的西方人普遍认为没有时间观念的中国人。然而,中国对世界还有许多其他同等重要的贡献,如磁罗盘的发展[第二十六章(i)(4)(6)]、最初的控制机械的发明[第二十七章(e)(5)]、两种形式的有效马具[第二十七章(f)(1)]、运河的闸门[第二十八章(f)(8)(iv)]和铁索吊桥[第二十八章(e)(4)]。还有第一个真正的曲柄[第二十七章(b)(4)],船尾舵[第二十九章(h)],带人起飞的风筝[第二十七章(m)]——我们在此无法一一列举了。

在这样的情况下,似乎令人难以置信的是,技术著作的一些作者至今还在到处寻找为什么中国对于纯粹科学和应用科学毫无贡献的理由。在近来流行的一部关于技术史的《选集》(florilegium)中,可以发现,开头就引用了8世纪道家著作《关尹子》的文字,目的是作为一个例子来说明“对现世和世俗活动的东方式的厌弃”。这选自一篇论宗教和进步观念的有趣的文章,它在30年代颇为人知、而且至今仍有影响。但文章的作者被戴遂良(Fr Wieger)的旧译文引入了歧途,写道:“显然,这种信念不能为社会活动提供基础,也不能对物质进步给予激励。”当然,这位作者所关心的,是把基督教对物质世界的承认与被认为道家参与其中的“东方式的”超尘脱俗思想进行对照。然而我们这里所描述的几乎每一种发明和发现,却都与道家和墨家有着密切关系[参阅例如第二十六章(c),(g),(h),(i);第二十八章(e)等]。碰巧,我们自己也曾研究过《关尹子》的同一章节,并且在本书前面给出过部分译文^②。根据这种情况,可以看出,戴遂良的译文^③不过是一种严重曲解了的意译。《关尹子》决不是否认自然法则的存在(这是原作者完全没有听到过的一种概念)^④、混淆现实与梦想的蒙昧主义者的著作;它是一首诗,赞美存在于宇宙万物之内的“道”、空间和时间由之而进行的自然秩序及物质依此而以各种常新的形式消散和聚集的永恒模式;它充满了道家的相对性思想,神秘但决不反科学或反技术;正相反,它预示了对大自然的近乎魔术又近乎合理的支配,而这种对大自然的支配,只有确实知道和理解“道”的人才能达到。因此,仔细考察之后就会发现,意欲证明“东方思想”在哲学上无力的这一论据,只是西方想像中的虚构而已。

另外一种方式是,承认中国做出过某些贡献,但却总要找出一种令人满意的理由对它只字不提。比如近来在巴黎出版的一部简明科学史认为:古代和中古时代的中国和印度的科学,是如此紧密地与其特有的文化联系在一起,以致离开它们的文化就无法了解它们的科学;而古代希腊世界的科学则是名副其实的科学,完全摆脱了对其文化母体的从属关系,而且发展了反映人类抽象思维的努力过程的各学科。如果这样说也许就诚实得多:希腊科学技术的社会背景,之所以能被认为理所当然,是因为我们从学生时代起就熟悉它了;而对于中国和印度科学的社会背景,我们至今却知之不多,应努力加以了

① Needham, Wang & Price (1), 参阅 Needham (38)。

② 本书第二卷p.449和p.444。

③ 原译见于Wieger(4), p.548。

④ 参阅本书第二卷第十八章。

解。当然，事实上，古代和中古时代的科学和技术没有不带种族烙印的^①，虽然文艺复兴以后的科学和技术确实是世界性的，但从历史的观点来看，如果不知道产生科学和技术的环境，就不能更好地了解它。

终于，很多人希望察看一下文化之间的相互接触、交流和影响的问题。这里，我们只能提及一些至今依然令人困惑的事例。有些发明几乎同时出现在旧世界的两端，如转磨 [第二十七章 (d) (2)] 和水磨 [(h) (2)]。在中国和古代亚历山大里亚之间经常发生类似的情况 [如第二十七章 (b)]，而中国的技术对文艺复兴前的欧洲的强大影响则一再出现 [第二十六章 (c), (h), (i); 第二十七章 (b), (d), (e), (f), (g), (j), (m); 第二十八章 (e), (f); 第二十九章 (j)]。在科学思想领域，影响照例不那么明显。但是，中国那种含蓄的波动概念是否没有对文艺复兴时期的欧洲发生某种影响，或许还很可怀疑。

威利·哈特纳 (Willy Hartner) 教授在 1959 年巴塞罗那第九届国际科学史会议上的一篇精彩的报告里 (*ponencia*)，提出过一个难题，即任何人对于其他人能领先到什么程度？先驱或前辈究竟是什么意思？对文化交流感兴趣的人来说，这是一个关键问题。在欧洲历史上，自从迪昂 (Duhem) 学派称誉尼古拉·奥雷姆 (Nicolas d'Oresme) 和其他中世纪学者是哥白尼 (Copernicus)、布鲁诺 (Bruno)、弗兰西斯·培根 (Francis Bacon)、伽利略 (Galileo)、费马 (Fermat) 和黑格尔 (Hegel) 的先驱者以来，这个问题就变得尖锐了。这里的困难在于，每个有才智的人必然是他那个时代的整个知识环境中的一分子，那些看起来极相像的主题，在被这些身处不同时代的人们考虑的时候，决不可能具有相同的意义。发现和发明，无疑都与产生它们的环境有机地联系在一起，相似之处或许纯属偶然。然而肯定伽利略和他同时代的人的真正创见，不一定就是否认先驱的存在，只要不把先驱者理解为绝对的居先或领先。同样地，有许多中国人是先驱或前辈，他们曾经为后来承认的科学原理勾画出了轮廓——说到这一点，人们立即就会想到赫顿 (Hutton) 学派的地质学 (第三卷 p. 604)，彗尾的规律 (p. 432) 或者磁针的偏角 [第二十六章 (i)]。对于多少是纯粹的科学，就说这么多；至于在应用科学方面，我们就不必有所犹豫了。例如，靠水的流动和落差来转动水轮获得动力，其最初的成功实现只能有一次。此后在一段时间内，这种发明可能在别处又独立地发生过一两次，但这样一种事物并不是反复被发明。一切后来的成功，必定导源于这些事件之中的一个或另一个事件。在所有这些情况下，不论纯粹科学或应用科学，留给历史学家的任务是阐明 (如果可能的话) 先驱者与后来的伟大人物之间究竟有多少渊源关系。后人是否知道某些确实的文字记载？他们是否仅根据传闻做出发明？他们是否先独自拥有某种创见然后才得到意外的证实？正如哈特纳所说，答案的范围可从完全肯定直到完全否定^②。跟随传闻而出现的往往是一种新的不同的解决办法 [参阅第二十七章 (j) (1)]。在我们这部著作中，读者将会看到，我们常常不能确定渊源关系 [例如，在丁缓与热罗姆·卡

① 参阅本书第三卷 p. 448。

② 仍然有许多使我们吃惊的事情。1924 年塔塔维 (Al-Ṭaṭāwī) 发现伊本·纳菲斯 (Ibn al-Nafīs, 1210--1288) 已经清楚地描述了肺循环 (参阅 Meyerhof, 1, 2; Haddad & Khairallah, 1) 之后，长期以来一直认为，此事流传到文艺复兴时期同一现象的发现者米格尔·塞尔维特 (Miguel Servetus) (参阅 Temkin, 2) 是极不可能的。但是现在在奥马利 [O'Malley (1)] 发现了 1547 年出版的伊本·纳菲斯某一著作的拉丁文译本。

丹 (Jerome Cardan) 的常平架之间, 见第二十七章 (d) (4); 或者在马钧与利奥纳多·达·芬奇 (Leonardo da Vinci) 的抛石机之间, 见第二十七章 (a) (2) 和第三十章 (h) (4)], 但是大体上我们倾向于持下述考虑, 即当时间跨度很大而结果极类似时, 举证责任必须取决于那些想要保持思想或发明的独立性的人们情况。另一方面, 渊源关系有时能以极大的可能性而予以确定 [例如, 关于平均律, 见第二十六章 (h) (10); 加帆手推车, 见第二十七章 (e) (3); 以及风筝、降落伞和竹蜻蜓, 见第二十七章 (m)]。至于其他则多所存疑, 如水轮擒纵式时钟 [第二十七章 (j) (6)]。

虽然我们力图将有关领域中的最新研究成果包括进来, 但遗憾的是, 1960年3月以后的著作一般未能论及。

我们至今没有印出从第一卷开始的全部计划的目录, 现在感到需以内容介绍的形式加以改订^①。目前对以后的各卷已经做了许多准备工作, 因此有可能列出比七年前要准确得多的大纲细目。更重要的也许是卷册的划分。为了相互参照的需要, 我们考虑不变更原来各章的编号。原计划第四卷包括物理学、工程的各个分支、军事技术、纺织技术, 以及造纸术和印刷术。可以看到, 现在的标题是, 第四卷“物理学和物理技术”, 第五卷“化学和化学技术”, 第六卷“生物学和生物技术”。这是一种合乎逻辑的划分。第四卷十分合理地以航海 (第二十九章) 结束, 因为在古代和中古时代, 航行技术几乎完全以物理学为内容。与此类似, 第五卷以军事技术开始 (第三十章), 因为当时在这个领域情况恰恰相反, 化学是根本的要素。我们发现, 不仅必须包括钢铁冶金术在内 (因此对标题作了不大但很重要的变动), 而且必须论述火药的史诗般的意义、已知最早的炸药的重大发现以及早于西方的五个世纪的发展, 否则中国的军事技术的历史就无从写起。在纺织 (第三十一章) 和其他技术 (第三十二章) 方面, 同样的论点也是适用的, 因为许多过程 (浸沤、漂洗、染色、制墨) 都是与化学而不是与物理学有关。当然, 我们也不能总是坚持这个原则。例如, 没有关于玻璃技术的一些知识, 就无法讨论透镜, 因而在本卷的前面部分就必须有所介绍 [第二十六章 (g) (5) (ii)]。至于其他, 很自然, 采矿 (第三十六章)、采盐 (第三十七章) 和陶瓷技术 (第三十五章), 都列入第五卷。惟一不对称的是, 在第四卷和第六卷中, 基础科学都放在第一部分的开始进行讨论; 而在第五卷中, 化学这门基础科学及其前身炼丹术则放在第二部分讨论。这或许并不要紧, 因为根据批评家们的反应, 认为第三卷这册过于笨重, 不适于作舒适沉思的夜晚阅读, 因而剑桥大学出版社已决定将本卷分为三个分册, 每册本身照例仍是独立而完整的。还有一点要说明, 在第一卷 pp. 18ff. 我们介绍过本书工作计划的细节 (凡例、书目、索引等) ——对此我们一直严格执行, 并曾允诺在最后一卷将列出所用的中文书籍的版本。现在看来等候那么长久是不恰当的, 因此为了便利通晓中文的读者, 我们打算在本卷的最后一分册附加一个起过渡作用的迄至那时已用书籍的版本表。

对欧洲人来说, 中国像月亮似的总是显露同样的一面——无数的农民, 零散的艺术家和隐士, 城市中为数不多的学者、官吏和商人。这就是各种文明之间相互获得的“印象”。现在, 乘上语言资源的太空飞船和技术理解的火箭 (用阿拉伯人的比喻), 我们就要去看看这一轮明月的另一面了, 去会见中国三千年古老文化中的物理学家和工程师、

^① 与本卷有关的目录摘要, 见本册 pp. 432—434。