

国家自然科学基金资助项目

李 约 瑟

中国科学技术史

第四卷 物理学及相关技术

第二分册 机械工程

李约瑟 著
王 铃 协助

科学出版社
上海古籍出版社

国家自然科学基金资助项目

李 约 瑟

中 国 科 学 技 术 史

第四卷 物理学及相关技术

第二分册 机械工程

李约瑟 著
王 铃 协助

科 学 出 版 社
上 海 古 籍 出 版 社

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》(原名《中国的科学与文明》),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。本书是这一巨著的第四卷第二分册,主要论述中国古代在基本机械原理、各种机械、各种车辆、原动力及其应用、时钟及航空工程史前阶段等方面的成就。

图书在版编目(CIP)数据

中国科学技术史 (第四卷):物理学及相关技术 第二分册:机械工程/(英)李约瑟著;鲍国宝等译. -北京:科学出版社,1999.9

书名原文:Science and Civilisation in China

ISBN 7-03-007526-9

I. 中… II. ①李… ②鲍… III. ①自然科学史-中国②技术史-中国③机械工程-技术史-中国 IV. N092

中国版本图书馆 CIP 数据核字(1999)第 13252 号

科学出版社上海古籍出版社出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码:100717

中国科学院印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

1999 年 9 月第 一 版 * 开本:787 × 1092 1/16

1999 年 9 月第一次印刷 印张:55 3/4

印数:1—2 500 字数:1 260 000

定价:112.00 元

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
卢嘉锡*	路甬祥*	罗 琳	马堪温*	潘吉星
钱伯城*	钱临照	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			

第四卷 物理学及相关技术

第二分册 机械工程

翻 译	鲍国宝	张景泰	张 新	李 方
	崔宗培	董汉庆		
校 订	柳椿生	王长海	邱长清	唐宗炎
	许金涛	程志远	蔡孝颢	
校订助理	王树屏	胡维佳	陆 岭	
审 定	华觉明			
审定助理	张柏春			

志 谢 李天生 杨丽凡 陈朝勇

谨以本书献给以下两位朋友

就籍贯与国籍而言的新西兰人
就所选择生活道路和恩遇而言的中国人

“工合”运动的先驱
工程学教师
中国青年的深情挚友
作家和诗人

路易·艾黎

工程师，俄罗斯、中国、印度和以
色列等国工业化方面的前顾问

人文主义者和有远见卓识的人

“电气化！电气化！”

所罗门·阿布拉莫维奇·特朗

再者，鉴于本书中所述及的发明家们发明的工艺及其他类似技艺，每天都在英格兰这块土地上被运用着，从而使许多人获利，并使所有的人生活安适，因此依我之见，如果有人盗取原应对这些发明家的赞美和永久的纪念，既是可憎的非善之举，也是极端的野蛮行径，而他们正是给整个世界带来莫大好处的创造者。

——波利多尔·弗吉尔 (Polydore Vergil),
《论事物的发明者》(*De Rerum Inventoribus*, 1512),
托马斯·兰利英文版, 1659 年

凡 例

1. 本书悉按原著逐译,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

以下为正文和脚注中使用的缩略语。对杂志及类似的出版物所用的缩略语收于参考文献部分。

B & M	Brunet & Mieli, <i>Historie des Sciences (Antiquité)</i> (布吕内和米里,《科学史(古代)》)。
BCFA	英中友好协会。
C	汤心豫编,《机工词典》,科学技术出版社,上海,1955年。
CCTS	邓玉函、王徵,《奇器图说》,1627年。
CPCRA	中国人民对外友好协会。
CSHK	严可均辑,《全上古三代秦汉三国六朝文》,1836年。
CSS	冯云鹏、冯云鹞,《金石索》,1821年。
D	《新订英汉词典》,商务印书馆,上海,1911年。
G	Giles, H. A., <i>Chinese Biographical Dictionary</i> (翟理斯,《古今姓氏图谱》)。
HCCC	严杰编,《皇清经解》。
HF	熊三拔、徐光启,《泰西水法》,1612年。
K	Karlgren, <i>Grammata Serica</i> (高本汉,《汉文典》,即《中日汉字形声论》,汉文古字和音韵字典)。
KCCY	陈元龙,《格致镜原》,1735年的百科全书。
KCKW	王仁俊,《格致古微》,1896年。
KCT	楼琬,《耕织图》,1145年。见 Frank(11); Pelliot(4)。
KYCC	瞿昙悉达,《开元占经》,729年。
LSCC	吕不韦,《吕氏春秋》,自然哲学概论,公元前239年。
MCPT	沈括,《梦溪笔谈》,1089年。
NCCS	徐光启,《农政全书》,1639年。
NCNA	新华社。
NS	王祯,《农书》,1313年。
R	伊博恩等(Read, Bernard E. et al.)编,李时珍《本草纲目》的某些章节的索引、译文及摘要。如果查阅植物类,见 Read(1);如果查阅哺乳动物类,见 Read(2);如果查阅鸟类,见 Read(3);如果查阅爬行动物类,见 Read(4);如果查阅软体动物类,见 Read(5);如果查阅鱼类,见 Read(6);如果查阅昆虫类,见 Read(7)。
SCTS	《钦定书经图说》,1905年。
SF	陶宗仪编,《说郛》,1368年。

- SSTK 鄂尔泰等编,《授时通考》,奉敕编撰的关于农业和乡村手工业的论文,1742年。
- STTH 王圻,《三才图会》,1609年。
- T 敦煌文物研究所的千佛洞石窟编号。如果一个序号是根据谢稚柳《敦煌艺术叙录》(上海,1955年)系统给出的,则一并给出研究所编号和伯希和(Pelliot)编号;如果给出单个编号,则是研究所编号。一个有价值的三个系统的对照表已经在谢稚柳的书中给出,更完备的对照表见于 Chhen Tsu-Lung(1)。
- TCKMB 朱熹等编,《通鉴纲目》,中国通史,1189年,以及后来的续编。
- TCTC 司马光,《资治通鉴》,1084年。
- TH Wiegier, L. (1), *Textes Historiques* (戴遂良,《历史文献》)。
- TKKW 宋应星,《天工开物》,1637年。
- TPYL 李昉编,《太平御览》,983年。
- TSCC 陈梦雷等编,《图书集成》;1726年的皇家百科全书。索引见 Giles, L. (2)。
- TT Wiegier, L. (6),《道藏目录》('Tao isme', vol. 1, *Bibliographie Générale*)
- TTC 《道德经》
- TW Takakusu, J. & Watanabe, K., *Tables du Taishō Issaikyō (nouvelle édition (Japonaise) du Canon bouddhique chinoise)*, Index-catalogue of the Tripiṭaka. (高楠顺次郎和渡边海旭,《大正一切经目录》)。
- WCTS 王徵,《诸器图说》,1627年。
- WCTY/CC 曾公亮,《武经总要》,1044年。
- WHTK 马端临,《文献通考》,1319年。
- WPC 茅元仪,《武备志》,1628年。
- YHSF 马国翰辑,《玉函山房辑佚书》,1853年。

志 谢

承蒙热心审阅本册部分原稿的学者姓名录

下列名单仅适用于本册,其中第一卷 pp. 15ff., 第二卷 p. xxiii, 第三卷 pp. xxxixff. 和第四卷第一分册 p. xxi 所列与本册有关的学者。

罗伯特·布里顿(Robert Brittain)先生(威廉斯敦)

伯福德(Alison Burford)女士(剑桥)

伯斯塔尔(Aubrey Burstall)教授(纽卡斯尔)

科尔斯(J. Coales)博士

康布里奇(J. H. Combridge)先生(伦敦)

德拉克曼(A. G. Drachman)博士(哥本哈根)

叶利塞耶夫(V. Elisséeff)教授(巴黎)

吉布斯-史密斯(C. H. Gibbs-Smith)先生(伦敦)

福尔克纳·亨利(Falconer Henry)博士(剑桥)

琼斯(R. P. N. Jones)先生(剑桥)

罗荣邦博士(西雅图)

贝内特·梅尔维尔·琼斯(F. R. S. Bennett Melvill Jones)
爵士(剑桥)

莫里茨(L. A. Moritz)博士(阿奇莫托, Achimoto)

李大斐(F. R. S. Dorothy M. Needham)博士(剑桥)

卢恰诺·佩泰克(Luciano Petech)教授(罗马)

雷蒂(Ladislao Reti)博士(圣保罗)

拉斐尔·萨拉曼(Raphael Salaman)先生(哈彭登)

乔治·桑塞姆(George Sansom)爵士(伯克利, 加利福尼亚)

希厄勒(Ing. Th. Schiøler)(哥本哈根)

多萝西娅·辛格(Dorothea Singer)博士(帕)

斯塔尼茨(John Stanitz)先生(克利夫兰, 俄亥俄)

斯特兰(E. G. Sterland)博士(布里斯托尔)

雷克斯·韦尔斯(Rex Wailes)先生(比肯斯菲尔德)

伍德(Michael Wood)博士(剑桥)

武尔夫(Hans Wulff)先生(肯辛顿, 新南威尔士)

提水机械

畜力牵引

本册各节

指南车

本册各节

基本机械, 时钟

机构, 风车

本册各节

航空学

本册各节

指南车

车辆, 畜力牵引

航空学

碾磨

本册各节

本册各节

古技术的机械

工具和材料

独轮车和加帆车

提水机械

本册各节

本册各节

本册各节

风车

本册各节

本册各节

作者的话

xliii

我们正在探索的中国科学史几乎是一个无底的洞穴,其中有那么多的情况从未为其他国家所了解和认识。我们现在已接近到物理学及相关技术这两条光芒闪烁的矿脉;这个主题作为一个整体,构成本书第四卷,虽然它被分成三册出版。首先讲述物理科学本身(第四卷第一分册),其次是物理学在机械工程各个分支中的应用(第四卷第二分册),以及在土木和水利工程及航海技术中的各种应用(第四卷第三分册)。

由于力学和动力学是近代科学最先取得的成就,所以开头的一章是我们目前研究的焦点。力学之所以成为起点是因为人在其所处的环境中得到的直接的物理经验主要是力学的,而把数学应用到力学量上去又是比较简单的。但是,上古和中古的中国却属于这样一个世界,在其中假说的数学化尚未产生出近代科学,而欧洲文艺复兴以前中国具有科学头脑的人所忽略的东西,可能与那些引起他们兴趣并由他们加以研究的东西几乎同样有启迪性。物理学有三个分支在中国是发展得很好的,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)];但力学没有得到深入的研究和系统的阐述,动力学则几乎就没有。我们曾试图对这一情况提出某种解释,但并没有多大说服力。这种不平衡的情况还有待于进一步的研究,才能更好地了解。无论如何,中国与欧洲的对比是很明显的,因为欧洲存在着另一种片面性,拜占庭时期和中世纪后期在力学和动力学方面比较进步,而对磁学现象则几乎一无所知。

在光学方面,就经验而论,中世纪的中国人和阿拉伯人可以说不相上下,虽然由于缺少希腊的演绎几何学而大大地妨碍了理论的发展,而阿拉伯人却是这种几何学的继承者。另一方面,中国人从未接受过古希腊文化所特有的古怪的看法,根据这种看法,视觉涉及从眼睛射出的而不是射入的光线。在声学方面,由于中国古代音乐的独特性质,中国人沿着自己的路线前进,并提出了一整套非常有趣但难于和别的文明相比较的理论。中国人是钟以及多种西方所不知道的打击乐器的发明者,他们十分注意音色的理论和实践,发展了基于他们独特的十二音阶而不是八音音阶的作曲理论。16世纪末,中国的数理声学成功地解决了平均律的问题,这要比西方早几十年[第二十六章(h),10]。最后,中国对磁学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原因并把磁针实际应用于航海了。

xliv

时间紧迫的读者们,无疑会欢迎这里再多提几点建议。在本卷的各章中,有可能了解到中国物理学思想和实践的一些显著的传统。正如中国数学无可辩驳地是代数的而不是几何学的,中国物理学也墨守一种雏形的波动说,总在设想一种差不多是斯多葛派的连续性,而长久地和原子的概念无缘;这可从第二十六章(b),以及此后的关于张力和断裂的章节[(c),3]和关于声振动的章节[(h),9]中见到。中国人的另一种经久不变的倾向是根据气的观念进行思考,忠实地发展了古代关于“气”(=*pneuma*, *prāṇa*)的概念。自然,这一点在声学方面表现得最突出[第二十六章(h),3,7等],但这也和技术方面的光辉成就有关,如双作用活塞

风箱和旋转风车的发明[第二十七章(b),8],以及水力冶炼鼓风机的发明[第二十七章(h),3,4;这是蒸汽机本身的直接祖先]。它对航空学史前史中的一些卓见和预言也有关系[第二十七章(m),4]。同欧洲的一样强烈但完全相反的传统,也出现在纯技术领域。例如,中国人总喜欢尽量在水平方向而不在竖直方向装置轮盘和各种机械,如第二十七章(h,k,l,m)中所述。

除此之外,由于各人的注意点五花八门,要进一步对读者有所引导是不切实际的。假如读者对陆路运输史感兴趣,可参看对车辆和挽具的讨论[第二十七章(e,f)];假如他像海中怪兽利维坦(Leviatha)那样以深水为乐,那么整个第二十九章都是叙说中国船只及其建造者的。航海者则可从指南针本身[第二十六章(i),5]再转到它在找寻避风港方面的更为充分的应用[第二十九章(f)];至于那些对超过“埃及金字塔”的宏大的水利工程有兴趣的土木工程师们,则会在第二十八章(f)中找到这方面的论述。研究民俗学和人种学的学者会提高对历史上那个所谓“蒙昧面”的评价,因为我们推测指南针这个构成近代科学的所有指针读数仪器中最古老的仪器在“蒙昧面”中,最初只不过是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,因为除讨论工匠和工程师在封建官僚社会中的地位[第二十七章(a),1,2,3]外,我们还冒昧地提出了一些有关节省劳力的发明中涉及的问题,例如人力及奴隶地位等,特别是关于牲畜的挽具[第二十七章(f),2],巨大的石建筑[第二十八章(d),1],用桨来推进[第二十九章(g),2],以及水力磨粉机和纺织机[第二十七章(h)]。

这几册在很多方面是和前几卷有关联的。我们将听任读者以慧眼来追索中国的“亘久常青的哲学”(philosophia perennis)是怎样在这里所提到的发现和发明中表现出来的。然而,我们或许可以指出,数学、计量学和天文学上的内容在下列诸方面都有大量的体现:度量制的起源[第二十六章(c),6],透镜的发展[(g),5],律管容积的估计[(h),8]——或天文钟的兴起[第二十七章(j)],透视的各种概念[第二十八章(d),5],以及水利工程设计[(f),9]。同样,从本卷中的很多地方还可展望到此后各卷中的章节。金属在中世纪中国工程技术中的各种用途,都预示了我们今后在冶炼成就方面所必须要讲到的内容;同时,可参考以专著形式发表的《中国钢铁技术的发展》(*The Development of Iron and Steel Technology in China*)^①,这是1958年发表的纽科门讲座(Newcomen Lecture)的讲稿。在所有提到采矿和制盐工业的地方,必须了解这些主题以后还要全面讨论。一切扬水技术都使我们想到它们的基本农业用途——作物种植。

至于那些在人类生活上留下过永久标志的发现和发明,在此对中国人所作的贡献即便作一概述也是不可能的。也许最新和最使人惊奇的一点(就连我们自己也没想到,因此必须取消本书第一卷中的一段有关的陈述),是14世纪欧洲时钟发明之前默默无闻达600年之久的中国机械钟装置。第二十七章(j)是关于这个主题的一段崭新而扼要的论述,其中收入了一些新而陌生的资料,这些资料在1957年我们和我们的朋友普赖斯(Derek J. de Solla Price)教授(现在耶鲁大学)合写《天文钟》(*Heavenly Clockwork*)^②这本专著时还没有到手。至今看来仍然令人惊奇的是,擒纵机构这项重要发明竟然出现于一个工业出现以前的农业文明中,而且居然会是忙乱的19世纪西方人作为话柄的不重视时间的中国人作出的。中国

xlv

① Needham (32), 参见 Needham (31)。

② Needham, Wang & Price (1), 参见 Needham (38)。

人还有许多其他同等重要的对世界的贡献,如磁罗盘的发展[第二十六章(i),4,6],第一台控制论的机器的发明[第二十七章(e),5],两种类型的高效马挽具[第二十七章(f),1],运河的闸门[第二十八章(f),9,(v)]和铁索桥[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)]——我们无法在此一一列举。

在这些情况下,似乎很难使人相信描写技术的作者们居然还会去到处寻找什么中国对理论科学和应用科学毫无贡献的原因。在一部不久前十分流行的技术史著作节编本中,一开头,人们便可发现一段出自8世纪道家著作《关尹子》的引文,作为一个例子来说明“东方的出世和厌弃世俗活动”。这句引语摘自一篇论述宗教和进步观念的有趣的文章,文章在30年代颇为人知,至今仍有激励作用。它的作者却被戴遂良(Wieger)神甫对《关尹子》的旧译文引入歧途而写道:“这种信念显然不能为社会活动提供依据,也不能鼓励物质进步。”自然,这位作者是一心想把基督教承认物质世界这一点与“东方的”出世思想对比,而道家则正被认为与出世思想有关。然而我们这里所提到的几乎每一项发明和发现,却偏偏都与道家和墨家有密切联系[参见第二十六章(c,g,h,i),第二十七章(a,c,h,j),第二十八章(e)和第二十九章(f,h)等]。碰巧,我们自己也研究过《关尹子》的这些章节,并且已在本书前一卷发表了它的一部分译文^①;由此可以看出,戴遂良的译文^②不过是一种严重曲解了的意译而已。《关尹子》决不能列入蒙昧主义者的著作,它毫不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)^③,也决不混淆空想与现实;它是一首诗,对存在于宇宙万物之中的“道”——亦即空间和时间由之而起的自然秩序及物质藉之以各种常新的形式分散和复聚的永恒模式——加以赞美;它充满了道家的相对主义思想,它是神秘的,但决不是反科学的或反技术的;恰恰相反,它预示了对大自然所加的一种近乎神秘又近乎理性的支配,而这种对大自然支配,只有确实知道和了解“道”的人才能做到。因此,仔细考察一下就会发现这条旨在表明“东方思想”在哲学上无力的论据,不过是西方人想象中的虚构而已。

另一种办法是承认中国作出过某些贡献,但却找出令人满意的理由对它们只字不提。比如新近在巴黎出版的一本纲要式的科学史著作就认为,古代和中世纪中国和印度的科学与其特有的文化紧紧联系在一起,以致抛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却是名副其实的科学,完全不受制于其文化母体,而能提供各种主题,以纯抽象的方式来从头记述人类所作出的各种努力。这样说也许更真诚些:虽然由于我们从学生时期就熟悉希腊化世界科学技术的社会背景,早已视此为不言而喻的事,但是我们对中国和印度科学的社会背景却仍知道得不多,正应努力去了解它们。当然,事实上古代和中世纪的科学和技术无不带有种族烙印^④,而且虽然文艺复兴时期以后的科学和技术确实是世界性的,但从历史观点来说,如果不知道它们产生的环境,也就不可能更好地了解它们。

最后,许多人都很想了解一下各种文化之间的接触、传播和影响问题。这里,我们只能举出一些至今依然令人困惑的那些几乎同时发生在旧世界两端的发明的例子,如旋转磨[第二

① 本书第二卷 pp. 449 和 444。

② 最早见于 Wieger (4), p. 548。

③ 参见本书第二卷第十八章。

④ 参见本节第三卷 p. 448。

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出现相互类似的发明[例如第二十七章(b)中所记述的],而中国的技术对文艺复兴前的欧洲又一再产生强大的影响[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)]。水利工程中的一些重要发明向西传播过;而且尽管海员们具有想象中的守旧倾向,但在过去的20个世纪中,几乎没有一个世纪不见到西方对一些出自东方的航海技术的采用。

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,提出过一个难题,即一个人能领先于另一个人到什么程度?先驱或前辈又究竟是什么意思?对不同文化之间的传播有兴趣的人会认为这是一个关键问题。在欧洲历史上,自从迪昂(Duhem)学派把尼古拉斯·奥雷姆(Nicholas d'Oresme)和其他中世纪学者誉为哥白尼(Copernicus)、布鲁诺(Bruno)、培根(Francis Bacon)、伽利略(Galileo)、费马(Fermat)和^{xlvi}黑格尔(Hegel)的先驱以来,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有组织的知识环境中的一分子,那些可能看上去很相像的命题,在不同时代的有才智的人看来,决不会具有相同的意义。各种发现与发明,无疑是与产生它们的环境密切相关的。发明和发现的相似,也许纯属偶然。然而,在肯定伽利略和他同时代人的真正的独创性的同时,只要不把先驱理解为绝对的居先或领先,就并不非得要否定先驱者的存在;在这个意义上看来,就有不少曾经为后来得到承认的科学原理勾划出了轮廓的中国的先驱或前辈——在这些科学原理中,人们会立即想到赫顿(Hutton)的地质学(参见本书第三卷,p.604),彗尾指向的规律(参见第三卷p.432)或磁偏角[参见本卷第二十六章(i)]。对于多少是理论性的科学,就说这么多;至于在应用科学方面,我们就不必多犹豫了。例如,靠水流和水的落差来转动水轮获得动力,其最初的实现总只能有一次。在此后的一段时间内,这项发明在别处可能又独立地出现过一两次,但这种事总不能再发明。因而一切后来的成就必定导源于某个类似的事件。在所有这些情况下,不论理论科学或应用科学,如果可能的话,均有待于历史学家去阐明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凿的文字记载?他们是否只是根据传闻?他们是否先独自地有了某种想法然后才在无意中得到了证实?正如哈特纳所说,答案由完全肯定起至完全否定都有可能^①。传说往往能引出一种新的不同的解决办法[参见第二十七章(j),1]。在我们这本著作中,读者将会看到我们常常不能确定渊源关系[例如,丁绥的常平架和卡丹(Jerome Gardan)的平衡环之间的关系,见第二十七章;马钧与达·芬奇(Leonardo)在回转式弩炮发明上的关系,第二十七章(a),2及第三十章(i),4],但一般来说,我们认为,当两个发明间的时间间隔达若干世纪之久而解决办法又很接近时,那些坚持后来的发明是独立思考或创造的结果的人就必须担负提出证据的责任。另一方面,渊源关系有时可以根据极大的可能性而予以确定[例如平均律的问题,见第二十六章(h),10;加帆车的问题,见第二十七章(e),3;以及风筝、降落伞和直升旋翼机的问题,见第二十七章(m)]。在其他方面,则多所存疑,如水轮擒纵钟[第二十七章(j),6]。

^① 仍然有许多使我们吃惊的事情。塔塔维(al-Taṭāwī)于1924年发现伊本·奈菲斯(Ibn al-Nafis,1210—1288年)已经清楚地描述了肺循环[参见Meyerhof(1,2);Haddad & Khairallah(1)],其后的很长一段时期内大家都认为,此事绝不可能对文艺复兴时期发现同一现象的塞尔韦图斯(Miguel Servetus)有过任何提示作用[参见Temkin(2)]。但是,现在奥马利[O'Malley(1)]发现了1547年出版的伊本·奈菲斯一些著作的拉丁文译本。

虽然我们曾尽一切努力把这里所涉及的一些领域中最近的研究考虑进去,但遗憾的是,1962年5月以后的论著一般都没有能够包括进去。

xlvi

我们没有印出一份从第一卷开始的全部计划的目录,现在感到有必要以简介的方式把它修订一下^①。目前对以后各卷已经做了许多准备工作,因此有可能把它们的目录大纲列出来,内容比7年前能做到的要精确得多。也许,更重要的是如何分卷。为了前后参照,我们不变更原来的章节编号。原计划第四卷包括物理学、工程学的各个分支、军事和纺织技术,以及造纸术和印刷术。可以看到,现在第四卷的标题是“物理学及相关技术”,第五卷是“化学及相关技术”,第六卷是“生物学及相关技术”。这是一种合乎逻辑的划分,而第四卷结束于航海技术(第二十九章)也是合理的,因为在古代和中世纪,航运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),因为当时在这方面情况恰恰相反,化学因素是主要的。我们不但发现需要把钢铁冶炼技术包括在内(因此对标题作了不大但很重要的变动),而且还发现如果不包括火药应用的史诗、最早的炸药的重大发现过程以及火药在传至西方前的5个世纪中的发展,则对中国的军事技术史就会无从写起。在纺织技术(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,因为有许多过程(浸解、浆洗、染色、制墨)都是与化学而不是与物理学有关的。当然,我们也不能总拘泥这个原则;例如,讨论透镜不可能没有一些玻璃工艺知识,因而这在本卷的开头部分就需要提到[第二十六章(g), 5, ii]。至于其他如采矿(第三十六章),采盐(第三十七章)和陶瓷工艺(第三十五章)则都列入第五卷,这是完全自然的。唯一不对称的是,在第四卷和第六卷中,我们把基础科学放在第一部分的开头,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。这一点也许比较起来不那么重要,因为曾有人提出批评,认为第三卷的份量太重,篇幅太大,不适于晚上舒舒服服地沉思阅读,因而剑桥大学出版社慨然接受了意见,决定把本卷分为三个分册,而每分册照例仍是独立完整的。还有一点,在本书第一卷(pp. 18ff.)中,我们介绍了本书的计划细节(惯例、书目、索引等),这是我们一向严格执行的,并且还答应在最后一卷列出所用的中文书籍的版本。现在看来等候那么久是不恰当的,于是为了通晓中文的读者的方便,我们在本卷附加了一个起过渡作用的迄今已用中文典籍的版本书目。

xlix

对欧洲人来说,中国像月球似的总是显露同样的一面——无数的农民、零星分散的艺术家和隐士、住在城市中的少数学者、官吏和商人。各种文明之间彼此获得的“印象”就是这样形成的。现在,乘上语言智识的空间飞船和技术理解的火箭(用一个阿拉伯的比喻),我们就要去看这轮明月的另一面了,去会一会中国3000年古老文化中的物理学家、工程师、船匠和冶炼师们。

在第三卷开头的作者的话中,我们曾乘便谈到古老科学著作以及其中专门术语的翻译原则^②。由于本卷是大部分谈到应用科学的头一卷,我们想在这里插入对技术史目前地位的一些想法。由于通晓的人和写作的人,亦即实践者和记录者之间存在着可怕的分歧,技术史也许甚至比科学史本身受害更多。假如受过科学训练的人,尽管有他们的局限,但比专业史学家对科学史和医学史的贡献要大的话(事实也确实如此),那么整个说来,技术专家在语言、鉴定原始资料以及运用文献等方面的史学素养就逊色得多了。然而,如果一个史学家对

① 与本卷有关的目录摘要,见本册 pp. 755—757。

② 参见 Needham(34)。

于他笔下的工艺和技术并没有真正的了解,则将彻底徒劳无功。和亲身操作的人相比,任何文人都难以获得对实物和材料有那样亲切的体会,对可能性和或然率有那样敏锐的感受,对大自然的现象有那样清晰的了解。事实上,也只有每个在实验点前或工厂车间内用自己的双手操作的人才能或多或少也得到这种体会、感受 and 了解。我永远记得,我曾一度研读有关透光鉴的中世纪中国典籍,透光鉴也就是具有从磨光面反射显示镜背后浮雕般花纹性能的青铜镜。一位不懂科学的朋友听了别人的话,确信宋代的工匠们发现了使金属透光的方法,但我则认为一定有别的解释,后来果然找到了[参见第二十六章(g), 3]。昔日的伟大的人文学者们对本身在这些方面和局限都很有自知之明,总是尽可能去熟悉一下我的朋友和老师哈隆(Gustav Haloun)以半沉思半讽刺的口吻所说的“实际事物”(realia)。在一段我们已经引用过的文字中(第一卷 p. 7),另一位著名汉学家夏德(Friedrich Hirth)竭力主张,西方人翻译中国古籍时,不仅要翻译,还必须鉴定,不仅要懂得语言,还必须搜集那种语言所谈到的实物。这种信念是正确的,但如果说搜集和研究瓷器或景泰蓝还是比较容易的话(无论如何在当时是这样),那么一个从未使用过车床、选配过齿轮或进行过蒸馏的人,要对机器、制革或烟火制造有所了解,就更困难得多了。

以上所说对西方当今人文学者适用的话,同样适用于中国古代的学者,后者的著作常常是我们研究古代技术仅有的依据。工匠和技工们很了解自己的工作,但他们往往是文盲,或者辞不达意[参见我们在第二十七章(a, 2)译出的冗长而富有启发的那一大段]。在另一方面,官僚学者们很有表达能力,但过于看不起粗笨的技工,出于这个或那个原因,这些粗笨的技工的活动,却又偏偏是学者们不断从事写作的题材。因此,即使现在看来是很珍贵的著作的作者们,他们也是对自己文体的关注胜过对所述机械和操作细节的关注。这种高人一等的态度,在官衙雇用的艺术家、科学专家(像数学家)身上也有不少体现,因此当他们受命绘画时,他们时常对作成一幅美丽的画比表现机械装置的细节更感兴趣,我们现在有时只能把一幅图与另一幅图进行比较,才能确定技术的内容。另一方面,中国历史上曾经有许多伟大的身为官吏的学者,从汉代的张衡起直到宋代的沈括及清代的戴震,他们既精通古典文献又完全掌握当时的科学及其在工匠实践中的应用。

由于这一切的原因,我们在技术发展方面的知识仍然处于可怜的落后状态,尽管这种知识对经济史这块广阔而欣欣向荣的思索园地来说是至关重要的。怀特(Lynn White)教授在这方面作了不比任何人少的工作,他在最近一封信中写了一段我们完全赞同并令人难忘的话,他说:“整个技术史是如此地幼稚,以致一个人所能做的唯有刻苦工作并乐于看到别人纠正自己的错误。”^①真是处处有陷阱。在最近的一篇最有权威和最值得称赞的合著的论文中,我们最好的技术史家中的一位在同一页上居然可以先假定赫伦(Heron)的玩具风车是阿拉伯人的增窜,虽然《气体力学》(Pneumatica)这本书从来没有通过阿拉伯文字流传到我们手中,稍后则又主张中国旅行家于公元 400 年在中亚见到过风动转经轮,这种说法却又是根据距今仅仅 125 年时的误译而产生的。这篇权威论文又说,公元前 1 世纪时凯尔特人(Celts)的运货车在轮壳内已装有滚柱轴承,我们最初也接受了这种意见。可是我们及时得知,对哥

① 其实,本卷的所有结论都应当看做是暂时性的。准确地说,虽然我们试图运用比较的方法,我们的最后评价常常仍只是在从迷雾中隐现出的相隔甚远且不牢固的桥墩上架的一座桥。一个新的和判决性的事实,会不时地改变样子上看似十分可靠的结论的全部细节。我们的后继者们无疑会看得更清楚些——但究竟如何只有真主最知道。

本哈根所保存的实际遗物的检验表明这是极不可能的，用丹麦文写的原始报告也证实了这种情况——轮壳出土时从中取出的木片是平条而根本不是滚柱。我们只是由于侥幸，才免于犯许多这类错误。我们这样说不是为了提出批评，而是要说明工作中的困难，以期引起注意。

某些防止犯错误的办法总是可以试着去找一下的。没有什么可以代替到全球各大博物馆和重要考古遗址去亲眼目睹；也没有什么可以代替同有实践经验的技工当面交谈。的确，任何特定工作的学术标准都必须视研究所涉及的范围而定。只有使用深入细致方法的专家——像搞清眼球晶状体中缠结根的罗森(Rosen)或研究罗马榨油机的德拉克曼 li (Drachmann)之类的人——才腾得出时间来实际深入问题并从深井中把真相完全发掘出来。我们只在少数几个领域内作了这样的尝试，如在中世纪中国的时钟机构方面，因为我们的目的主要说来是既广泛又力图创新。对许多事情必须信其为真，这是不可避免的。如果我们对西方考古学研究的事物的知识不足，那是因为我们以就地研究中国文化区的事物为首要的职责。假如我们那时能到哥本哈根藏有代比约(Dejbjerg)车的博物馆去访问，我们就会在接受有关它们的论述时更为谨慎些，但是——ὀβίος βραχὺς ἢ δεῖτε χυλὴ μακρὴ(技艺流长而生命短暂)。差堪自慰的是 1958 年我同鲁桂珍博士能在中国访问或重访了许多大博物馆和考古遗址，这要深深地感谢中国科学院院长和学部所给予我们的便利。

但人们不能只同考古学家打交道，应该仿效基兹学院(Caius College)的小哈维(Harvey)博士。在 17 世纪，约翰·奥布里(John Aubrey)谈到他同一位阉母猪的人的谈话，这是位乡下人，没有什么学问，但富有实际经验和智慧。这人对他谈，他见过威廉·哈维(William Harvey)博士，并和他交谈了大约二三小时，并说道，“如果他像某些古板而拘谨的医生一样固执，他知道得就不会比他们多。”一位甘肃的马车夫不只给我们说明了现代的挽具，也间接说明了汉唐时代的挽具；四川的铁匠能很好地帮助我们了解公元 545 年綦毋怀文是怎样制得灌钢的；而一位北京的风筝制作者能用简单的材料揭示出近代航空科学的关键——翘曲翼和螺旋桨的秘密。同时也不可忽视属于自己文明的技师，一位萨里郡(Surrey)的传统轮匠能够解释 2000 多年前齐国的工匠是怎样把车轮“作成盘形”的。一位从事锌工业的朋友能告诉我们，现在世界各地大家熟知的旅馆餐具，主要是由中世纪的中国合金“白铜”制成的。一位格林尼治的航海学者说明了中国在纵帆航行中领先的意义，而只有专职水利工程师才能对汉代河水含沙量测量方法给予应有的评价。正如孔子说过的，“三人行，必有我师”^①。

科学和技术的可以得到证明的连续性与普遍性，启示我们提出最后的一点看法。前些时候，我们前几卷的一位并非完全不友好的评论家事实上写过这样的话：由于以下理由，这部书基本上是不健全的。作者们相信：(1)人类的社会进化使人关于自然界的知识和对外界的控制逐渐增加；(2)这种科学有它自己的终极价值，并连同它的应用形成一个整体(并非作为不能相容和相互不能理解的有机体而彼此孤立存在的)，不同文明的可相比拟的贡献过去和 lii 现在都像江河流入大海那样融入这个整体；(3)随着这一进程，人类社会向着更加统一、更加复杂和更有组织的形式发展。我们承认，这些不可信的论点确是我们自己的，假如我们早有一扇像维滕贝格(Wittenberg)的那样的门，我们会毫不踌躇地把这些论点钉在门上。没有一位评论家曾对我们的信念作过比这更加尖锐的分析，然而这恰好使我们想起了利玛窦

① 《论语·述而第七》第二十一章。