

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

第三分册 土木工程与航海技术

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

第三分册 土木工程与航海技术

李约瑟 著
王 铃 协助
鲁桂珍

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、深入的分析 and 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三分册，主要论述中国古代土木工程及航海技术的发展历史和主要成就。

本书适于科学史工作者、技术史工作者和相关专业的大学师生阅读。

图书在版编目(CIP)数据

李约瑟中国科学技术史. 第 4 卷, 物理学及相关技术. 第 3 分册. 土木工程与航海技术/ (英) 李约瑟著; 汪受琪等译. —北京: 科学出版社, 2008

ISBN 978-7-03-022422-4

I. 李… II. ①李…②汪… III. ①自然科学史—中国②土木工程—技术史—中国③航海—技术史—中国 IV. N092

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 153788 号

责任编辑: 孔国平 李俊峰 / 责任校对: 钟 洋

责任印制: 钱玉芬 / 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>

北京佳信达艺术印刷有限公司 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2008 年 10 月第 一 版 开本: 787 × 1092 1/16

2008 年 10 月第一次印刷 印张: 67 1/4 插页: 4

印数: 1—2 000 字数: 1 530 000

定价: 140.00 元

如有印装质量问题, 我社负责调换

李約瑟著

中國科學技術史

冀朝鼎

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*	胡维佳
	胡祥璧	华觉明*	李国章*	李经纬	李廷杰*
	刘 钝*	刘更另	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	胡道静
	吴伯泽	刘祖慰	张青莲		

第四卷 物理学及相关技术

第三分册 土木工程与航海技术

翻	译	汪受琪	张景泰	肖季和	李 方	林平一
		孙增蕃	孙辅世	曾志云	孙玉镁	翁万通
		梁 兵	吴德懋	吴 岷	张淑霞	孔庆炎
		陈 璉	李 东	蔡厘丽	张 昱	王佐任
		于鸣镝				
校	订	孔庆炎	蒋 菁	卜绪宗	李万权	吕飞前
		张柄中	鲍国宝	邱长清	卢 谦	王华彬
		胡维佳				
审	定	覃修典	袁随善	张驭寰		
志	谢	何绍庚	刘 钝	李天生	金恒敦	陆 岭
		胡晓菁	吴 敏	郭晓奕	鹿 通	周魁一

谨以本书献给

中国水运与水利史学家

冀朝鼎

一位嘉陵江畔的挚友
复兴土地上的经济与财政领导人

并献给

唐山工业专门学校工程学教授
及
开浚黄浦河道局总工程师

赫伯特·查特利

一位热爱中国人民的“中国通”
大江南北匠师历史的研究者

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。参考文献中使用的杂志及类似出版物的缩略语，见第 765 页起。

B	Bretschneider, E., <i>Botanicon Sinicum</i> (贝勒,《中国植物学》)
BCFA	Britain-China Friendship Association (英中友好协会)
CCL-	《哲匠录》。1 至 6 见朱启钤和梁启雄 (1—6); 7 见朱启钤、梁启雄和刘儒林 (1); 8、9 见朱启钤和刘儒林 (1)
CFC	赵汝适,《诸藩志》, 1225 年
CKHW	《中国新闻》
CLPT	唐慎微等撰,《证类本草》, 1249 年编
CPCRA	中国人民对外文化友好协会
CSHK	严可均辑,《全上古三代秦汉三国六朝文》, 1836 年
CTS	刘昫,《旧唐书》, 945 年
EB	<i>Encyclopedia Britannica</i> (《大英百科全书》)
EBR	<i>Encyclopedia of Religion and Ethics</i> (ed. Hastings) (《宗教伦理百科全书》, 黑斯廷斯编)
G	Giles, H. A., <i>Chinese Biographical Dictionary</i> (翟理斯,《古今姓氏族谱》)
HCCC	严杰辑,《皇清经解》
HTCKM	商辂撰,《续通鉴纲目》=《通鉴纲目续编》, 1476 年, 1500 年后刊行
K	Karlgren. B., <i>Grammata Serica</i> (高本汉,《汉文典》)
KCCY	陈元龙,《格致镜原》, 1735 年的类书
KHTT	张玉书纂,《康熙字典》, 1716 年
LCCCC	李昭祥,《龙江船厂志》, 1553 年
MCPT	沈括,《梦溪笔谈》, 1089 年
N	Nanjio, B., <i>A Catalogue of the Chinese Translations of the Buddhist Tripitaka</i> , with index by Ross (3) (南条文雄,《英译大明三藏圣教目录》)
NCCS	徐光启,《农政全书》, 1639 年
NCNA	<i>New China News Agency Bulletin</i> (《新华社通讯》)
PWYF	张玉书纂,《佩文韵府》, 1711 年
R	Read, Bernard E, <i>et al.</i> , (1—7) 李时珍《本草纲目》某些卷的索引、译文和摘要。如查阅植物类, 见 Read (1); 哺乳动物类, 见 Read (2); 鸟类见 Read (3); 爬行动物类, 见 Read (4 或 5); 软体动物

- 类, 见 Read (5); 鱼类, 见 Read (6); 昆虫类, 见 Read (7)
- SCTS** 《钦定书经图说》, 1905 年
- SKCS** 《四库全书》, 1782 年; 这里系指从七部钦定抄本中选定一部印行的“丛书”
- SKCS/TMTY** 《四库全书总目提要》, 1782 年; 1772 年乾隆帝敕命汇集的钦定抄本的大型书目
- 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。如果一个编号是根据谢稚柳在其《敦煌艺术叙录》(上海, 1955 年) 中的系统给出的, 则一并给出敦煌文物研究所的编号和伯希和 (Pelliot) 的编号; 如果给出单个编号, 则是敦煌文物研究所的编号。一个有价值的三个系统编号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)
- TCKM** 朱熹等撰, 《通鉴纲目》; 《资治通鉴》的节略本, 系一部中国通史, 1189 年; 后世有续编
- TCTC** 司马光, 《资治通鉴》, 1804 年
- TH** Wiegner, L. (1), *Textes Historiques* (戴遂良, 《历史文献》)
- TKKW** 宋应星, 《天工开物》, 1637 年
- TPYC** 李筌, 《太白阴经》, 有关陆军和水军的论著, 759 年
- TPYL** 李昉纂, 《太平御览》, 983 年
- TSSC** 陈梦雷等编, 《图书集成》。索引见 Giles, L. (2)
- TSFY** 顾禹祖, 《读史方輿纪要》, 1666 年前始编, 1692 年前编成; 但至 18 世纪末 (1796—1821 年) 才印行
- TTN** 杜佑, 《通典》, 一种政治和社会史的原始资料汇编, 约 812 年
- 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** 曾公亮撰, 《武经总要》(前集), 军事百科全书, 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
- YTFS** 李诫, 《营造法式》, 1097 年, 1103 年印行, 1145 年再刊

志 谢

承蒙热心审阅本书部分原稿的学者姓名录

这份名录仅适用于本册，其中包括第一卷 pp. 15 ff.、第二卷第 xxi—xxii 页，第三卷 pp. xxxix ff.、第四卷第一分册第 xii—xiii 页和第四卷第二分册第 xxi 页所列与本册有关的学者。

安德森 (R. C. Anderson) 先生 (格林尼治)	航海技术 (造船)
博若安 (Guy Beaujouan) 教授 (蒙鲁日)	航海技术 (导航和航海)
比斯瓦斯 (Asit K. Biswas) 博士 (渥太华)	水利工程
已故的博伊德 (Andrew Boyd) 先生 (伦敦)	建筑技术、桥梁
已故的查特利 (Herbert Chatley) 博士 (巴斯)	水利工程
科茨 (Wells Coates) 先生 (伦敦)	航海技术 (帆)
考埃尔 (F. R. Cowell) 先生 (肯辛)	透视画法
戴维森 (Basil Davidson) 先生 (伦敦)	航海技术 (航海)
戴维斯 (R. D. Davies) 博士 (剑桥)	桥梁
多兰 (Edwin Doran) 教授 (科利奇, 得克萨斯)	航海技术
叶利谢耶夫 (V. Elisséeff) 教授 (巴黎)	本册的两章
菲奇 (James M. Fitch) 教授 (纽约)	建筑技术
弗莱塞尔 (Klaus Flessel) 先生 (蒂宾根)	水利工程
顾迩素 (Else Glahn) 夫人 (哥本哈根)	建筑技术
格里尔森 (Philp Grierson) 先生 (剑桥)	航海技术 (航海)
霍奇 (Trevor Hodge) 博士 (剑桥)	建筑技术
黄仁宇教授 (纽约)	水利工程
赫德森 (Bryan J. Hudson) 先生 (香港)	水利工程
亨特 (John Hunter) 先生 (萨克斯特德)	建筑技术
凯利 (David H. Kelley) 先生 (拉伯克, 得克萨斯)	航海技术 (哥伦布以前的交往)
柯克曼 (James Kirkman) 先生 (蒙巴萨)	航海技术 (航海)
李, N. E. (N. E. Lee) 先生 (维多利亚, 新南威尔士)	航海技术
利伯 (Alfred Lieber) 先生 (耶路撒冷)	航海技术 (航海)
罗荣邦教授 (戴维斯, 加利福尼亚)	道路、城墙、桥梁、水利工程
麦克弗森 (Ian McPherson) 博士 (剑桥)	航海技术 (航海)
马丁 (Leslie Martin) 爵士 (剑桥)	建筑技术
米尔斯 (J. V. Mills) 先生 (拉图尔-德佩尔, 沃州)	航海技术 (导航术和航海)
莫里森 (J. S. Morrison) 先生 (剑桥)	航海技术 (造船)

奈什 (George Naish) 少校 (格林尼治)	航海技术 (造船)
皮尔逊 (Anthony Pearson) 博士 (剑桥)	水利工程
佩泰克 (Luciano Petech) 教授 (罗马)	本册的两章
已故的珀塞尔 (Victo Purcell) 博士 (剑桥)	航海技术 (航海)
金塔尼利亚 (Francisco Quintanilha) 先生 (剑桥)	航海技术 (航海)
西尔弗 (Nathan Silver) 先生 (剑桥)	建筑技术
斯肯普顿 (A. W. Skempton) 教授 (伦敦)	道路、城墙、建筑、桥梁、水利工程
斯特兰 (E. G. Sterland) 先生 (布里斯托尔)	道路、城墙、桥梁
华德英 (Barbara E. Ward) 小姐 (比迪福德)	航海 (造船)
沃特斯 (D. W. Waters) 少校 (格林尼治)	航海技术
韦尔特菲什 (Gene Weltfish) 教授 (纽约)	航海技术 (哥伦布以前的交往)
威廉斯 - 埃利斯 (Clough Williams-Ellis) 先生 (彭林代德赖斯)	建筑技术
已故的夏士德 (G. R. G. Worcester) 先生 (温特尔舍姆)	航海技术 (造船)

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），以及物理学在土木与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导致近代科学诞生，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，但并没有多大的说服力。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，中古时期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。另外，中国人从未接受过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以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。

xlvi

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而长久地和原子的概念无缘，总在设想一种差不多是斯多葛派的连续性；这可从第二十六章（b），以及此后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^①。自然，这一点中国人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]。它与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)]；假如读者像海中怪兽利维坦 (Leviathan) 那样以深水为乐，那么整个第二十九章都是叙述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。研究民俗学和人种志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所涉及的问题，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*) 是怎样通过在这里所提到的发现和发明表现出来的。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，如米制的起源 [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。金属在中古时期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*)^②，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，在此对中国人所做的贡献即

① 参见萨顿 [Sarton (1), vol. 3, p. 905] 书中翔实的脚注。

② Needham (32)，参见 Needham (31)。

便作一概述也是不可能的。也许最新和最使人惊奇的一点（就连我们自己也没料到，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*）^①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，而且居然会是被忙乱的19世纪西方人视为话柄的不重视时间的中国人做出的^②。中国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）]^③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）] 和带人起飞的风筝 [第二十七章（m）]——我们无法在此一一列举。

在这些情况下，似乎很难使人相信工艺学的写作者居然还会到处寻找为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的开头，人们便可发现一段出自8世纪道家著作《关尹子》的引文，被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20世纪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，而道家恰好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，并且已在本书的前一卷发表了它的一部分译文^④；由此可以看出，戴遂良的译文^⑤不过是一种严重曲解了的意译而已。《关尹子》绝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）^⑥，也绝不混淆空想与现实；它是一首诗，对存在于宇宙万物之中的“道”——亦即由空间和时间而起的自然秩序及物质借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，但绝不是反科学的或反技术的；恰恰相反，它预示了道家对大自然所加的一种近乎神秘又近乎理性的支配，而这种对大自然的支配，只有确切知道和了解“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

xlvi

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

② 参见 Needham (55, 56)。

③ 参见 Needham (57)。

④ 本书第二卷 pp. 449, 444。

⑤ 最早见于 Wieger (4), p. 548。

⑥ 参见本书第二卷第十八章。

西方人想像中的虚构而已。

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，古代和中古时期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：虽然我们从学生时期就熟悉希腊化世界科学技术的社会背景，并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，正应该努力去了解它们。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^①，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大陆两端的发明的例子，如旋转磨 [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出现相互类似的发明 [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方传播过；而且尽管海员们具有想像中的守旧倾向，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。

xlix 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，绝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；从这个意义上看来，就有不少曾经为后来得到承认的科学原理勾画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，但这种事总不能一再发明。因而一切后来的成就必定导源于某个

^① 参见本书第三卷 p. 448。

类似的事件。在所有这些情况下，不论理论科学还是应用科学，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。后来者是否知道某些确凿的文字记载？他们是否只是根据传闻？他们是否先独自有了某种想法而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，丁缓的常平架和卡丹 (Jerome Cardan) 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，见第二十七章 (a), 2 及第三十章 (i), 4]。但一般来说，我们认为，当两个发明之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。另外，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；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，则多有存疑，如水轮擒纵钟 [第二十七章 (j), 6]^②。

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，1968年5月以后的论著一般都没有能够包括进去。

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^③。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大纲列出来，内容比七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，因为在古代和中古时期，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，对中国的军事技术史便会无从写起。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

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-Nafīs, 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。

② 有关科学和技术史中发展上渊源关系的判据的一般性讨论，见 Needham (45)。

③ 与本卷有关的目录摘要，见本册 pp. 929—931。

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，认为第三卷的分量太重、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。

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，于是为了便于通晓中文的读者的方便，我们在本册附加了一个起过渡作用的迄今已用中文书籍的版本表。我们感谢堪培拉（Canberra）的莱奥尼·卡拉汉（Léonie Callaghan）小姐完成了其中的大部分工作。再有两个相关的问题不妨在这里提一下。第一，在本册和最近出版的几册中，我们把所参考的某些中国古籍的页码放在圆括号中而不标明其正面和反面；这表示我们所用的现代版本而非古代版本。第二，我们提请读者注意，在这些卷、册中，如两种版本的表述有不一致之处，我们更倾向采用本书新近出版的几册中所用的表述。经一事长一智。

li 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，乘上语言知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，去会一会中国三千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^①。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（事实也确乎如此），那么整个说来，工艺学家在语言、鉴定原始资料以及运用文献等方面的史学素养就逊色多了。然而，如果一个史学家对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双手操作的人才能或多或少得到这种体会、感受 and 了解。我永远记得，我曾一度研读有关透光鉴的中古时期中国典籍，透光鉴也就是具有从磨光面反射显示镜背后浮雕般花纹的性能的青铜镜。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

^① 参见 Needham（34）。