

Cambridge History of Science Series

J·剑桥科学史

丛书

技术发展 简史

[美] 乔治·巴萨拉 著 周光发 译



The Evolution of Technology

复旦大学出版社

剑桥科学史

丛书

- ◆ 中世纪的物理科学思想
[美] 史德华·格兰特 著
- ◆ 文艺复兴时期的人与自然
[美] 艾伦·G·狄博斯 著
- ◆ 近代科学的建构
[美] 理查德·S·韦斯特福尔 著
- ◆ 科学与启蒙运动
[美] 扎克斯·J·汉金斯 著
- ◆ 19世纪的生物学和人学
[美] 布廉·科布曼 著
- ◆ 19世纪物理学概念的发展
[英] 波托·迈克尔·哈茨 著
- ◆ 19世纪医学科学史
[英] 威廉·F·维纳姆 著
- ◆ 20世纪的生命科学史
[美] 劳伦·E·艾伦 著
- ◆ 技术发展简史
[美] 乔治·巴萨拉 著
- ◆ 俄罗斯和苏联科学简史
[英] 洛伦·R·格雷厄姆 著
- ◆ 科学与宗教
[英] 肯·H·布雷克 著

开本：16开 封面装帧：布

ISBN 7-309-02337-4



9 787309 023374 > 定价：22.50元

ISBN 7-309-02337-4B · 125

技术发展 简史

[美] 乔治·巴萨拉 著 周光发 译

THE
EVOLUTION
OF
TECHNOLOGY

图书在版编目(CIP)数据

技术发展简史/(美)巴萨拉著;周光发译.—上海:复旦大学出版社,2000.2
(剑桥科学史丛书)
ISBN 7-309-02337-4

I. 技… II. ①巴… ②周… III. 技术史-世界 IV. T-091

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2000)第 10336 号

© Cambridge University Press 1988

The Evolution of Technology

George Basalla

本书经剑桥大学出版社授权出版中文版

出版发行 复旦大学出版社

上海市国权路 579 号 200433

86-21-65102941(发行部) 86-21-65642892(编辑部)

fupnet@fudanpress.com http://www.fudanpress.com

经销 新华书店上海发行所

印刷 江苏丹阳市教育印刷厂

开本 889×1194 1/32

印张 9.5

字数 247 千

版次 2000 年 2 月第一版 2000 年 2 月第一次印刷

印数 1—3 000

定价 22.50 元

如有印装质量问题,请向复旦大学出版社发行部调换。

版权所有 侵权必究

剑桥科学史英文版编者

乔治·巴萨拉(George Basalla), 特拉华大学(University of Delaware)
威廉·科尔曼(William Coleman), 威斯康星大学(University of Wisconsin)

剑桥科学史汉译编委会

主编: 任定成 龚少明
编委: (以姓氏汉语拼音字母为序)
曹珍芬, 复旦大学出版社
丁荣源, 复旦大学出版社
龚少明, 复旦大学出版社
郝刘祥, 中国科学院自然科学史研究所
刘 兵, 清华大学人文社会科学学院
彭万华, 北京大学科学与社会研究中心
任定成, 北京大学科学与社会研究中心
苏贤贵, 北京大学哲学系/宗教学系
田 涛, 中国科学技术大学研究生院(北京)
袁江洋, 中国科学院自然科学史研究所
周雁翎, 北京大学科学与社会研究中心

英文版《剑桥科学史》总序

在西方世界智力劳动的成就中,科学的地位越来越突出。不管是出于宗教的目的,还是出于哲学上的探索,或者出于技术上创新的要求和经济上的考虑,科学的发展的确建立了自身独特的思想体系,而且还明确了专业训练和实践的具体标准。在这一过程中,又逐步建立了很有特色的社会团体和研究机构。相应地,科学——天文学、物理学及相关的数学方法,化学,地质学,生物学及医学的方方面面,还有关于人的研究——的历史,不但显示出极大的重要性和异常的复杂性,而且还为进一步分析研究提出了大量带有挑战性的难题。

半个多世纪以来,国际上有一批学者致力于各门科学的历史研究。他们的研究著作,只有具备相当水平的专业知识的读者才能真正理解,换言之,这类作者只热衷于为科学史领域的少数专业人士而写作。这就产生了一种悖论,即受过现代教育,并关注科学技术及其在人类生活和现代文化中的作用的人们,反而很难理解那些专门从事说明科学的概念演变和社会影响的学者的看法。

《剑桥科学史丛书》的主编和撰稿者们却是那些既致力

于科学史的研究,又面向广大读者的作者群体。各书的作者熟悉各自专业的学术文献,但要成书却很不容易,因为他们需要在综合科学史的最新学术成就和相关结论的基础上,再向普通读者讲述西方历史中各个重要时期内的科学活动,还要对这些科学活动作出言简意赅的评价和分析。本套丛书中各卷都是一个相对独立的整体,全套丛书就描绘出西方科学传统的全貌。此外,各卷都罗列了与其主题相关的内容广泛的文献简介,以利读者深入研究时参考。

乔治·巴萨拉
威廉·科尔曼

《剑桥科学史》汉译弁言

科学是国际性的文化。以科学为对象的科学史，也是国际性的文化。了解国际学术背景并进而在国际学术背景下工作，是我们发展自己的学术事业的必由之路。

巴萨拉和科尔曼编辑的这套科学史丛书，历时近 30 年，从 1971 年至今共出版 11 部（1971—1975 年由约翰·威利父子公司出版了其中的 4 部，从 1977 年起改由剑桥大学出版）。丛书的作者都是优秀的科学史学家。他们或者是国际科学史研究院院士，或者是国际学术组织负责人，或者是国际性学术奖得主，在国际科学史界占有重要的学术地位。他们以准确、精短的叙述和分析，继承了已有的科学史遗产，总结了新的科学史研究成就，纠正了对科学史的种种谬见和误解，勾勒出科学发展的复杂图景，为我们奉献了一批科学史著作的精品。

科学家们在他们的科学工作之外撰写科学史的历史相当悠久。

据说，欧德摩斯(Eudemus)在公元前 4 世纪写过天文学史和数学史著作。普罗克拉斯(Proclus)和辛普利西乌斯(Simplicius)分别在 5 世纪和 6 世纪有过关于欧几里得数学

史和前亚里士多德自然哲学史的论述。现代科学诞生即文艺复兴时期,古典权威的捍卫者和新科学的先驱都把历史作为斗争的工具。在他们心目中,只有历史古老性和权威性才是学术思想合法性最有力的论证。

到 18 世纪,科学家们撰写的科学史在两个方向上展开。在一个方向上,普里斯特利 (Joseph Priestley, 1733—1804) 等人把科学史当作科学家们已经做的和能够做的事情的报告。其主要特征是按照作者所处时代关注的主题,着重描述相应专业的具体知识的演化,由此形成了科学家们塑就的持续至今的科学 - 历史传统。普里斯特利的《电学史》(1767) 和《光学史》(1772)、蒙丢克拉 (Jean Étienne Montucla, 1725—1799) 的《数学史》(1758)、巴伊 (Jean-Sylvain Bailly, 1736—1793) 的《天文学史》(1775—1782), 都是这个传统中的优秀范例。这个传统中的作品,有时候也被人们不太恰当地称为“内史”作品。与内史相对的另一种科学史传统被称作“外史”,因为它着眼于具体的科学知识之外那部分与科学事业相关的历史。在这个方向上展开的科学史,从斯普拉特 (Thomas Sprat, 1635—1713) 开始。他撰写的《皇家学会史》(1667) 是科学建制史而不是科学知识史。惠威尔 (William Whewell, 1794—1866) 的《归纳科学史》(1837) 可能是第一部科学通史著作。

19 世纪末 20 世纪初,迪昂 (Pierre Duhem, 1861—1916) 的研究,开创了把科学史研究建立在严格的文献考证基础上的风气。可以说,到这个时候,科学史研究的学术传统和基本范型已经奠定了较为坚实的基础。与此相联系,随着科学的职业化及其社会地位的提升,一些著名科学家,如海克尔 (E. H. P. A. Haeckel, 1834—1919)、奥斯特瓦尔德

(F. W. Ostwald, 1853—1932)等人,主张从根本上改造传统史学,用科学家取代国王在历史中的地位,用以科学进步为基础的历史取代以经济、政治、战争和外交为主要内容的历史,从而确认科学在文化中的支配地位。与此同时,考古学、人类学和语文学等学科取得的一些重要成就,进一步充实科学史的内容,丰富了科学史的研究范围。科学史的成就及其独立价值越来越得到社会的认同;借助一些具体的社会形式,科学史与其研究对象一样,也开始了其职业化进程。

科学史的职业化大致有这样一些外在标志:1892年,法国任命第一位科学史教授;1900年,第一届国际科学史大会在巴黎举行;1912年,萨顿(George Sarton, 1884—1956)创办迄今最有影响的科学文化史刊物《爱西斯》;1924年,美国成立了国际性的科学史学会;1923年,辛格(Charles Singer, 1876—1960)在伦敦大学学院创设科学史与科学方法系;1929年,国际科学史学会成立;40年代,哈佛大学授予第一个科学史专业的哲学博士学位;50年代,科学史终身成就奖萨顿奖章设立。现在,全世界的科学史或医学史研究机构已达数百个,著名大学几乎都设有科学史教学机构或研究生培养计划,重要的科学史学术刊物至少数十种,每年发表的科学史书籍或论文数千部(篇)。

要在汗牛充栋的文献中,保持审视不同科学史观、取舍恰当的科学史方法、辨识科学史方向和潮流、鉴赏优秀科学史作品的能力,对于外行,甚至职业科学史学家来说,都是一个相当困难的问题。感谢剑桥科学史丛书的编者,他们为我们选择了当代科学史著作的珍品,为我们了解这一领域的优秀成果提供导引;也要感谢剑桥大学出版社和复旦

大学出版社的精诚合作,特别是龚少明先生、林骧华先生的卓有成效的工作,感谢剑桥大学出版社版权部主任克里斯蒂娜·罗伯茨(Christina Roberts)和中国访英学者周午纵先生的热情帮助,经过众多译者的艰苦案头工作和出版社编辑的认真审校,这套丛书的汉译才得以问世。

剑桥科学史丛书从一定意义上反映出第二次世界大战以后世界各国科学史领域的重大成就。丛书既为文化史和各相关专业的学生和学者提供了高水准的参考书,又为一般读者提供了了解科学文化发展的指南。每部书末附有进一步的阅读文献,其间夹有作者对相应文献的简要评介,为有兴趣者进一步研究指出了门径。更为可贵的是,丛书在论述过程中渗入了科学史的现代研究方法和思维方式。应当说,寄寓于优秀科学史著作中的科学史观和科学史方法,是最有生命力的。

我国改革开放以来,已经翻译出版了不少优秀的科学哲学著作和一定数量的科学社会学经典著作。相比之下,优秀科学史著作的翻译出版相当薄弱。从学术研究的角度看,这种情况不仅不利于国内科学史界了解国际学术背景,而且也使科学哲学和科学社会学研究缺乏必要的科学史基础。科学哲学和科学社会学的深入研究,离不开对新的重大的科学史成就的分析、诠释和概括。这套丛书的翻译出版,如能为相关学术领域研究的深入发展起到一些积极的作用,则幸甚。

任定成

1999年12月于承泽园

前　　言

本书描述技术发展理论,它的依据是技术发展史研究的最新成果,以及从经济史和人类学中获取的相关材料。本书各章节结构和内容安排完全依技术进化中可类比情况的性质而定,而不是以按年代先后叙述技术史事件为目的。诚然,因这样的研究是以历史研究为主,并非以技术哲学或技术社会学为主,所以在全书中列举的史实都是为了阐明和支持这一理论框架。本书在对技术变革作进化论阐释的同时,介绍了技术史上的一些重大进展,譬如蒸汽机的发明和电气照明系统的出现。

开篇第一章提出了在下文中还会以不同形式反复出现的三大主题:多样性(diversity)——确认古往今来所见的人造物(artifacts)即人工制品(made things)的品种惊人之多;需求(necessity)——相信人类总是因某种动机去发明人造物以满足其生命中的基本需求;技术进化(technological evolution)——通过有机类比解释这些新颖产品为何出现及其选择机制。对这几个主题深入细致的研究表明:多样性是物质文明的一种必然现象;需求是对多样性之所以存在的不正确的、但却是流行的解释;而技术进化假说则不必借助生

命需求这种说法就能阐明多样性何以产生。

第二章正式开始展示技术进化理论并确立了这样两个论断：人造物是我们研究技术的基本单元；整个人造物世界的主旋律是延续性。**延续性这一特点意味着：新产品只能脱胎于原有的老产品；也就是说，新产品从来就不是纯理论的、独出心裁的或凭空想象出来的创造物。**

如果说技术是逐步发展的，那么创新就是在延续的过程中出现的。第三章和第四章探讨了人类技术创新的不同动因——人类想象力、社会经济和文化的力量、技术的传播、科学的进步。研究的范围包括这些不同动因在原始社会和现代工业化国家中的表现。这一研究得出的结论是：任何社会在任何时代都拥有世人无法料想的技术革新潜能。

由于仅有小部分新技术备选项目得以充分开发而成为一个民族物质生活的组成部分，新产品之间就要通过竞争看谁获选。最终获选的是与社会价值观和预期需求相一致并顺应了该社会当时对“好生活”所持看法的那些项目。第五章和第六章描述了这种选择机制以及驱动它的各种力量。

作为总结性的第七章探究了技术进步与人类生活改善的关系问题。实践证明对进步的传统看法难以自圆其说，且与技术进化理论背道而驰。好在我们可以重新界定进步的概念，使之不再与我们所持的进化观相冲突。

本书论题如此宽泛，若没有过去数十年中技术史专家们的丰硕研究成果作为参考就根本不可能写出来。**鉴于此，谨向我在文献资料中提及的作者们表示诚挚的谢意。**需要特别提到的是我大量引用了乔治·库布勒和内森·罗森

堡的观点和见解。

我还要特别感谢我的两位好友：与我共事的《剑桥科学史丛书》的编辑威廉·科尔曼，是他指导我处理了进化类比部分；还有我在特拉华大学的同事尤金·S·弗格森，他就本书的各个方面提出了很多建议。可以毫不夸张地说，正是有了他们的帮助，本书才得以问世。

最后，我想感谢《温特图尔文献》的凯瑟琳·E·哈钦斯对本书作的编辑加工，玛丽·B·佩龙打印本书手稿，肯尼思·马尔乔诺为本书准备插图，以及我的妻子和家人长期以来对我始终如一的支持。

内容简介

本书描述的技术发展理论的依据是技术史研究的最新成果，以及从经济史和人类学中获取的相关材料。它挑战了一种流行观点：技术进步是由少数英雄式的人物不依赖过去的任何原有技术而创造的一系列发明所推动的。因而，本书的观点是以生物进化论而非以政治革命理论和实践为基本出发点，所作的类比构成的。

本书中贯穿着三大主题：其一是多样性——确认古往今来所见的人造物的品种惊人之多；其二是需求——相信人类总是因某种动机去发明人造物以满足人类生命的基本需求；其三是技术进化——通过有机类比解释这些新颖产品为何出现及其选择机制。

尽管本书的目的不是按年代先后叙述技术史事件，但包括了西方技术史上的一些划时代的主要成就：水轮、印刷机、蒸汽机、汽车和卡车、晶体管——并以它们为例支持本书的理论框架。本书对那些想知道技术怎样发展以及为何发展的人——无论是学习科技史的学生还是科技史研究专家，以及从事哲学史、社会学等方面的研究工作者都有参考价值。

目 录

前言	1
第一章 多样性、需求和进化	1
第二章 延续性与非延续性	28
第三章 创新(1):心理因素与知识因素	70
第四章 创新(2):社会经济因素与文化因素	113
第五章 选择(1):经济因素与军事因素	147
第六章 选择(2):社会因素与文化因素	184
第七章 结语:进化与进步	224
文献资料	237
注 释	268
术语、姓氏英汉对照	273

第一章

多样性、需求和进化

多样 性

生 息于地球上的生命种类之丰富、形态之复杂，令人类世世代代为之着迷的同时，也大惑不解。为何生物会以草履虫和蜂鸟，或者美洲杉和长颈鹿的形式出现？多少个世纪以来，为这个问题提供答案的都是神造论者。他们宣称生命的多样性是上帝慷慨仁慈本性的结果和体现：上帝充分施展他的力量和爱心，创造了我们今天在这个星球上所见到的奇妙多样的生物。

直到 19 世纪中叶，特别是 1859 年查尔斯·达尔文 (Charles Darwin) 发表《物种起源》以后，对物种多样性的宗教阐释才受到了科学观念的挑战。这种新的阐释告诉我们：在任何特定时间存在的生命形式的多样性，以及自古以来新的生命形式的出现，都是进化过程的结果。为了印证达尔文的理论，生物学家们着手对 150 多万种动植物进行确认和命名，并且说明了这种多样性是遗传变异和自然选择的结果。

然而，在这个世界上还有另一类复杂多样性却没能引起人们足够的重视，或因视作理所当然而未加深思细究——那就是人类双手创造的物品的多样性。这种事物的范围包括“人类用以应付物质世

界，方便社会交流，实现幻想，满足娱乐以及创造具有意义的象征符号”^①的一切东西。

将人造物十分准确地分门别类是不可能的，对不同种类的人造物的精确计数也就很难做到。不过我们可以参考专利数量来得出一个近似值——把专利视作人造物世界的多样性的指示器。仅美国 1790 年以来就发布了 470 多万项专利。假若这些专利中的每一项都可以看作相当于一个生物物种的话，那么就可以说技术品种的多样性比生物物种的多样性大三倍。尽管这种多样性的比较尝试在许多方面并非无懈可击，但还是提醒我们，技术领域的多样性不亚于生物王国的多样性。

人造物的种类的确和生物种类一样多得惊人。试想想从石器到芯片，从水轮到航天飞机，从图钉到摩天大楼这样广阔范围内的事物有多少！卡尔·马克思 (Karl Marx) 在 1867 年惊奇地了解到：在英国伯明翰就生产五百种不同的锤子 (图 1.1)，而且每一种都将在工业或手工业生产中派上不同用场，当然马克思很可能明白了其中的道理是情理之中的事情。是什么力量导致这种古老而又普通的工具衍生出如此多的种类？推而广之，我们要问：为何有这么多种不同的东西存在？

我们力图理解人造物世界的丰富多样性或欣赏它的丰富多彩，但有一种论调成了我们的拦路虎——那就是认为人类制造的物品仅仅是用来对付自然环境和维持生存基本需要的各类器具。对技术性质的传统看法一直习惯于强调需求和实用的重要性。我们反复听到的是历代技术专家只是为人类生存提供了满足功利需要的物品和构造。

单是需求和实用并不能说明我们人类所制作的物品为何如此多样，如此花样翻新。这就需要我们寻求其他解释，特别是融合了对人类生存的意义和目的最普遍的看法的解释途径。而将生物进化论应用到技术世界就有助于推进这种探求。

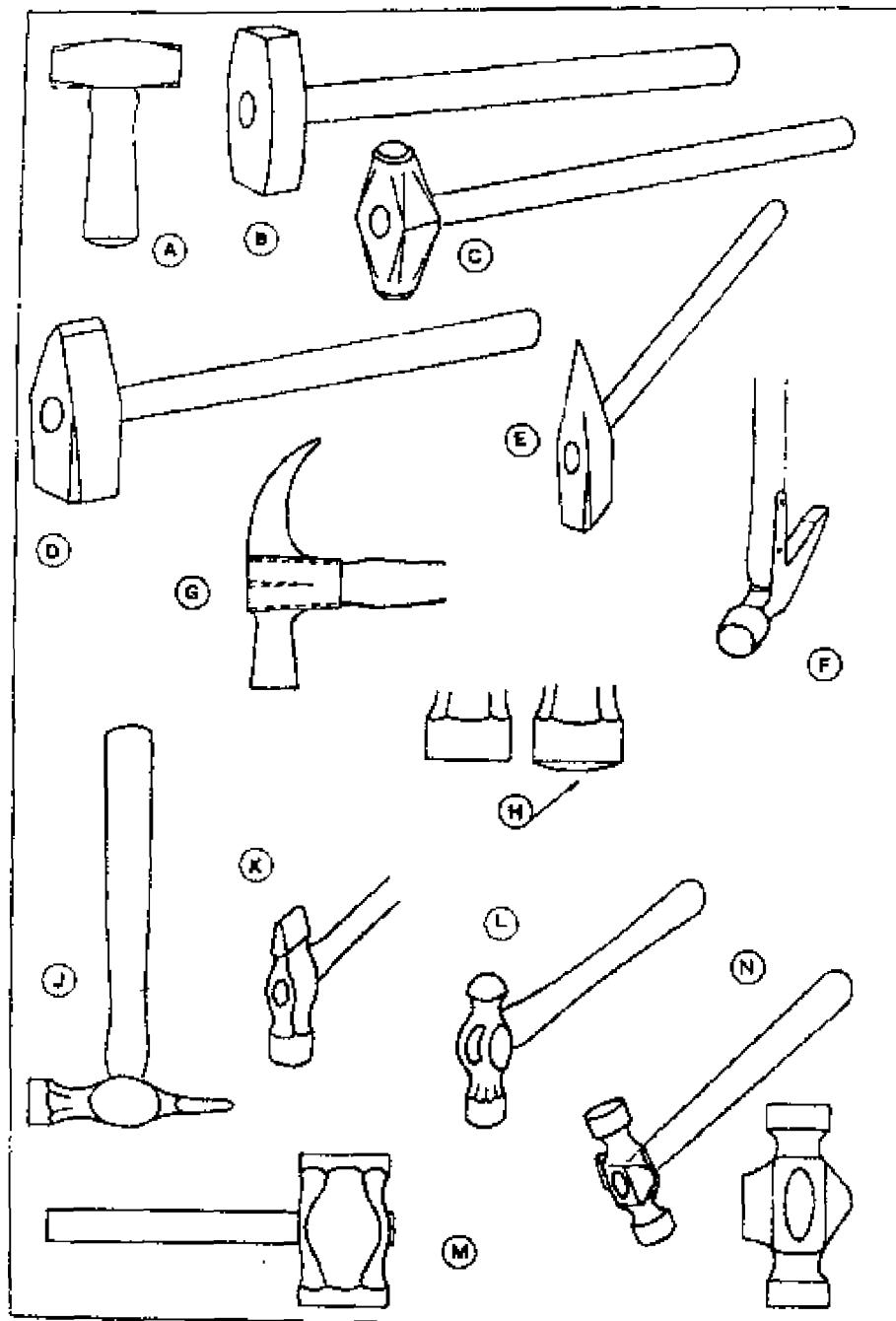
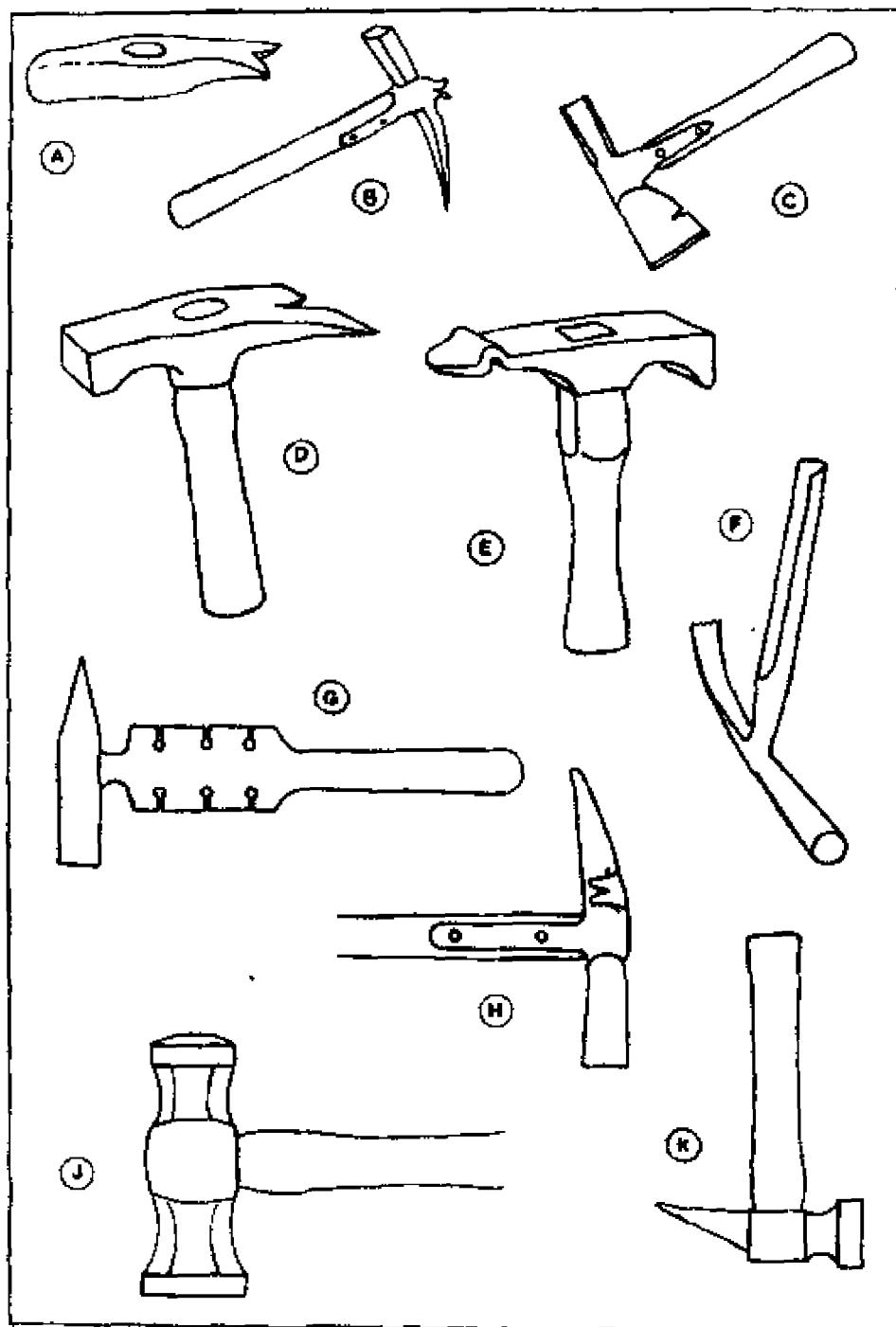


图 1.1 人工制品的多样性也反映在英国乡村匠人所用锤子的式样上。I : A、B、C、D、E——石匠用来碎石、断石、敲制方石、打磨石块的石匠锤; F、G——带有加固头的木工锤; H——弧形锤头, 用来敲钉时可以保护木头表面; J——普通的木工锤; K——直头铁匠锤; L——圆头锤, 一种普通的金属加工锤; M——制椅者的专用锤; N——马蹄铁制作专用锤(从两个角度绘制)。



II : A——拔钉用的拔钉鱼尾锤的头部;B——石板瓦工用的风镐;C——板条斧;
D——专用于制桶桶的库伯敲钉锤;E——用于锤开和密封奶油罐的专用锤;
F——兼作乳酪试味采样器和锤子的两用工具;G——链密和整密锤;H——装潢
工匠及制马鞍匠专用锤;J、K——鞍匠专用锤。资料来源:波西·W·布兰福桶,
乡村匠人用具(Newton Abbot, 1974),第 49 和 55 页。

技术史是专门研究发明、生产、使用人造物品的一门学科。我们可以把进化类比作为一种阐释工具运用于技术史研究，并从中得益。解释生物王国复杂多样性的理论可以帮助说明人造物世界的复杂多样性。然而这种尝试的确会遇到陷阱，正如诗人 e·e·卡明斯(e.e.cummings)所提醒我们的那样：“人造的世界与天生的世界有天壤之别。”^②

我们必须慎重地使用进化这种比喻，因为在人造的世界和天生的世界之间的确有巨大的差别。一个是有目的的人类活动的人为结果，一个是自然过程的随机后果。一个只制造一种自然增加的物质器具，另一个则生产能自我繁衍的大量有生命之物。所以我无意将明显有巨大差别的两个领域作一对一的对应比较。在后面的叙述和分析中，我会有选择性地使用进化的比喻或类比，期望这种比喻能给技术史研究带来别开生面的洞见。

这本书中的比喻的性质和它扮演的角色需要进一步的澄清。这种比喻在此书中并不是随意用在某处作为装饰物以增添诗意。所有持久的分析性和批评性思辨的核心都是比喻或类比。没有比喻，文学就是荒漠，科学和哲学将不复存在，历史将变成单纯的事件编年记载。

历史学家们长久以来都依靠比喻来阐释过去，他们特别偏爱生物比喻：出生、成长、发育、成熟、健康、疾病、衰老和死亡。在过去近一个世纪，那些专攻科技史的学者们惯于运用一种强有力的政治比喻——革命——来解释他们的研究领域里发生的一切。因而，当我说我要把进化论用来解释技术变迁时，我并不是将比喻引入一个对这一概念一无所知的领域；换言之，我是在引入一种新比喻并设法使人相信应严肃考虑它的更深广的寓意。

我请求读者给予我足够的宽容。只要他们像对待那些论述科学革命和工业革命的作者们一样对待我就行了。正像科技史专家不必在政治世界暴动和重大科技、工业革新之间作全面的类比，如

果我没有对人造物世界和生命世界的一切特征做一一类比的话，是不应该受到责备的。

在某一方面我使用比喻的方式和大多数历史学家都不同：他们往往是不言地、无意识地使用比喻；而在本书中我是直截了当、有意识地使用我的比喻。尽管我们选择的比喻或使用比喻的方式都不同，但有一个共同的目标——弄懂过去。

需 求

有一则著名的伊索寓言。它与讨论技术、多样性及需求有特别的关联。这则寓言是这样的：从前，有一只渴得要死的乌鸦找到一只底部装有水的高水罐。它低下身子，扭着脖子去喝水，但它的短喙怎么也够不着水面。它试着去将重重的盛水罐打翻，但未成功，这只乌鸦此时真快要断了解渴这个念头。但忽然它有了个聪明主意。乌鸦看到附近有松动的小石子，就用喙衔住石子往罐里填。随着水底的石子越来越多，水面就跟着抬高了，很快乌鸦就够着了水，喝了个饱。寓意是：需求是发明之母。现代评论家们充分阐述了这一信息，方法是表扬那些看似陷入无法解脱的困境而不绝望，反而用智使巧发明新工具和机械解除困厄，满足基本生活需要，推动人类物质文明进步的那些人。

需求刺激发明活动的信念不断地用来说明大部分的技术活动。人类需要庇护处和防卫，所以他们就挖井，拦河筑坝，发展水利技术。人类需要住处和保护，所以他们造房屋、堡垒、城池和军事装备。人类需要食物，所以他们种植庄稼，驯养动物。人类需要自由自在地在外界环境里游移迁徙，所以他们发明了船、战车、手推车、马车、自行车、汽车、飞机和航天飞机。在上面列举的各类情况中，人类都像伊索寓言中的乌鸦一样，使用技术手段满足自己的某种迫切需要。

如果技术主要是为满足人们最基本的需求而存在,我们就得确定这类需求有哪些,技术要有多复杂才能满足它们。任何超出满足这些基本需求的技术都可视作多余而必须用需求之外的尺度来加以考察。

在找寻人类基本需求和起码的技术时,现代评论家可能会问:我们一定得要汽车吗?人们常讲汽车是绝对必需的,然而汽车只有100年的历史。在尼柯劳斯·A·奥托(Nikolaus A. Otto)1876年设计出四冲程内燃发动机之前,芸芸众生们已过着满足而快乐的生活。

对以汽油发动机为动力的汽车的追根溯源表明,需求并非激励发明者去完成他的创造性工作的动力。汽车的发明并不是由于全球范围内严重的马荒或马匹短缺。国家领袖、有影响力的思想家、社论作者并没有呼吁弃马不用,普通百姓也无人渴望冒出一个发明家满足社会和个人对汽车交通的需求。实际上,在汽车露面的头十年,即1895—1905年,它一直是一种玩具,供那些可以买得起它的人玩。

运输卡车比汽车的接受速度就更慢了。第一次世界大战中军用卡车运输的成功,和卡车制造商们在战后大量的院外游说活动合在一起使卡车终于代替了马拉货车,再后来卡车甚至部分取代了铁路运输。但卡车绝非创造出来克服马匹和蒸汽机作动力的运输方式的明显缺陷。同汽车的情形一样,对卡车的需求并不是它被发明之前,而是在此之后。换句话说,以内燃发动机为动力的车辆的发明创造了对汽车运输的需求。

因为汽车和卡车出现在一个技术发明蓬勃发展的世纪的末尾,它们有可能不是我们借以立论的好例证。或许假若我们能认证一个更早些时候的发明;即找出一项发明,与广为传播、有意促成的技术革新不同,并且与精心策划的革新必定推动物质文明进步的信念不相吻合,那种促使其出现的需求就更容易被分辨出来。轮子就是这样一种发明。

轮 子

轮子在世人眼里被普遍视作人类历史上最古老、最重要的发明之一。毫无疑问，它可以与火一道列入石器时代最伟大的技术发明成就。在幽默漫画和卡通中，石轮和火被描绘成史前穴居人的共同创造。这种大家熟知的图画是 19 世纪末最早出现的，现在英国文化委员会的报刊上的连环画又有了它的翻版。

那些对人类早期文化史有更深了解的人们知道，火与轮起源的时间并不一致。火已被使用了至少 150 万年了，而轮子仅有 5000 多年。就算是对这一史实如此了解的人们也往往倾向于将这两样东西并置，把它们放到一个远远高于人类所有其他成就之上的特殊位置。举个例子说明这种现象：当著名的经济史学家戴维·S·兰德斯 (David S. Landes) 最近评价机械钟的意义时，却认为机械钟“和火与轮不属于同一年级”^①，因而只配占据更低的地位。

大多数人不去理会历史有多复杂，只相信有轮交通的采用是文明的一个信号。这两者被认为是紧密相连的，以至人们看一种文明所取得的成就时，就看它对滚动运动用于运输开发到了何种程度。按此标准看问题的话，一种文明只要不曾使用过轮子，就可以将它看成是文明世界之外的异类。

在追溯这种神奇发明的渊源时，并不必探索自然的领地。除了少数微生物外，没有动物会将一组生物轮围绕一个轴随意旋转而推动自己前进。轮子的起源还得从人造物中去寻找。

在轮子问世前，大件重物的搬运要靠滑橇——即木制平板：有的装滚杠，有的不装。在这种装置下垫圆柱体的滚杠（表面平滑的圆木）使滑橇更容易移动，这种滚杠也就被看成是启发人们发明轮子的东西。

不管受何种启发才得以发明，轮子于公元前 4000 年间在底格

里斯河到莱茵河的广大地区首次出现了。最近的考古学发现表明：有轮子的运输工具在美索不达米亚平原被发明后，在很短的时间内从那里传播到欧洲西北部。最早的轮子要么是从同一块木头上截取下来的坚实的圆木盘；要么是三件套模式，即三块木板修整成同一形状然后用固定楔组合在一起而构成一个圆盘。

细读考古学记载，我们可以知道最早的有轮车辆仅用于仪式或礼仪场合。最早的绘画显示这种车辆仅用来运载神人等重要人物的模拟像的。年代最古旧的有轮运输工具的遗存是在坟墓里发现的：这种运输工具作为带宗教色彩葬礼的一部分给死者陪葬。此类遗存在近东和欧洲的许多地点都发掘出来过。

常发现死者随葬的车辆与战场上通常用的车辆属同一类型。因此，轮子在仪式和礼仪方面的应用是和它们在战斗中的用途相关的。随后军事需要为有轮车辆的发展提供了强大的动力。例如，图画和实物遗存显示：美索不达米亚的四轮“战车”和两轮“跨骑车”（一种像支架的车辆），早先是一个可运动的平台，在上面投掷标枪。但经改进后的有辐条的轮子需要有高超的手艺才能制作。在公元前 2000 多年间，有辐条的轮子被首先用在双轮战车上，形成能在战斗中灵活驾驭的、轻便的、行动迅速的车辆。

除了仪式和军事上用得着轮子外，运输货物也用得着轮子。虽然后一种用途在最早的考古记实中没有直接记载，我们却可以推测有轮车辆在更早的时候能够而且的确被用来完成很多任务。有资料证明：诸如稻草、洋葱、芦秆一类的农产品用马车运输的历史可以追溯到公元前 2375 年至公元前 2000 年，即轮子问世之后 1000 年。然而，这种时间上的差距只能说反映了我们所占有的考古学证据属仪式、礼仪和军事方面的多。虽然没有强有力的证据证明在更早些时候的有轮车辆的交通功用，我们是可以说轮子实用的一面还是它们基本的性质，还可以说运输农产品的需要是发明马车与手推车的根源。

我们讨论轮子及其所派用场时仅限于相对狭小的地域。其他地方的情况我们只字未提。但有轮交通工具在公元前 3000 多年就在印度出现了，公元前 2000 多年在埃及和中国出现。至于在东南亚、撒哈拉沙漠以南的非洲地区、大洋洲、波利尼西亚、北美洲和南美洲这些广大地区的人民没用轮子也生存了下来，甚至好多地方也出现了繁荣景象。直到近代，滚动运输方式才传入这些地方。

特别有趣的是中亚美利加洲（大致范围是今墨西哥和中美洲）的情况。尽管在西班牙人到达那里之前，当地人对有轮车辆运输闻所未闻，但他们却制作了许多小型的有轮物品。从公元 4 世纪到 15 世纪，各种泥塑的动物被装在有轮子和车轴的结构上使之可以运动（见图 I.2）。这些泥塑是玩具还是祭礼物品或是还愿奉献物，我们不得而知；但是不管它们的用途如何，至少表明轮子的机械原理当地人是大致懂得的；尽管他们从来没有把它们应用于运输货物，他们却都在以某种方式使用轮子。

然而对公认为是人类有史以来最伟大的两项技术成就之一的发明却一直弃而不用，我们又怎能解释清楚这种现象呢？假若我们断言我们面对的是一群智力低下以致不能将轮子派实际用场的人，那么我们又如何解释他们能够独立研制出轮子这个事实呢？如何解释阿兹特克和玛雅文化的兴盛以及他们在艺术和科学上的许多成就呢？

这个问题的答案很简单。考虑到中亚美利加洲的地势特点和当地人所拥有的畜力，使用有轮交通工具的可行性就等于零，因而他们不用。有轮交通要依赖适宜的道路。在一块被茂密的森林覆盖的土地上，和丘陵山岗起伏不平的土地上，这个要求就很难达到。同时还需要有能拉动笨重木制运输工具的大牲畜，但在这块土地上却没有驯养可以派这种用场的家畜。墨西哥和中美洲的男男女女们总是沿着崎岖的小径和难行的道路，背着货物艰难地行进。为这些货派人修路则是完全不必要的。



图 1.2 阿兹特克人制作的有轮泥塑(墨西哥)。凡是在中美洲出土的动物小泥塑都运用了轮和轴的工作原理。这些泥塑是从公元 300 年至 16 世纪西班牙人到来之前制作的,这段时期在这一地区不存在有轮交通运输工具。资料来源:斯图亚特·皮戈特著,最早的有轮交通(Ithaca, N. Y., 1983),原 15 页,NEG.NO:326744;美国自然史博物馆图书服务部惠准复制此原。

通过考察轮子在近东的发源地,我们可以找到足以推翻轮子的优越性和普适性的强有力证据。在公元 3 世纪至 7 世纪之间,近东和北非地区的文明就放弃使用有轮交通运输工具,采用了一种更高效更迅捷的运送货物和人的运输方式:他们用骆驼代替了马车和大车。在发明轮子的地区有意拒用轮子的这种行为持续了 1000 多年。这一现象直到欧洲的主要列强向近东推行帝国主义计划时才算结束,是他们又重新把轮子介绍了进来。

要想知道驮兽骆驼比车辆运输更受欢迎的原因,只要将骆驼与普通的牛拉车作一比较就清楚了。骆驼比牛更能负重,行动迅速,旅行得更远,比牛吃得少,喝水少。骆驼既不需要道路又不需要桥梁,它们可以跨越难行之地,淌过河流和溪水,它们全部的力量都

用来驮负载之物，而不必费力去拉笨重的车体。比较过了骆驼和牛之后，人们又想问：为什么轮子在那个地区首先被采用呢？近东有绝大部分的大货物总是用驮货骆驼运送的。对轮子的偏爱使西方学者低估了驮货骆驼的实用性，而过分强调了在骆驼代替轮子之前有轮运输工具所作的贡献。

我们对轮子了解得越多，就越清楚它的历史，和以往由于在欧洲和美国过分重视轮子而被歪曲的影响。西方认为轮子是全球性的需求（就像火对生命一样重要），其实这种价值判断只是晚近才产生的。轮子与火没法比，火是普罗米修斯从上帝那儿偷来送给人类的一件宝贵礼物。同样，火一贯被西方文化的文学和视觉艺术描绘成伟大的文明催化剂。而轮子则未享受这等赞誉。直到 19 世纪末 20 世纪初，技术史的权威作家们才把轮子抬高到今天它所享有的头等地位。

对轮子的历史的看法经历了如下历程：一开始人们将轮子视为追求与人类普遍需求相适应的重大技术进步，而最后将轮子视为一种已被西方夸大了其意义和作用且包孕着丰富文化内涵的发明。尽管反思这一现象并非是想削弱轮子在现代技术中的重要性，但这样做的确使我们对轮子作为评价其他文化的标准表示怀疑。

将车辆运输放到一个更广泛的文化、历史和地理背景中去考察，就会得出三个要点：其一，有轮交通工具并不一定是发明出来便利货物运输的；其二，西方文明是以轮子为中心的文明，这种文明把滚动运动引入交通运输中，并推进到一种高度发达状态；其三，对古往今来全人类来说，轮子并非都是必需且有用的一种特异的机械工具。

基本需求

对需求与发明之间关系的研究表明：需求是一个相对的概念。一个民族、一代人或一个社会阶层的必需品可能对另一个民族、另一代人或另一个社会阶层的人一点实用价值也没有，或只能算是一种浮华的奢侈品。在欧洲人不遗余力地改进车轮运输的同时，中东人却放弃了他们试验轮子的尝试，中美洲人却把滚动运动应用到了泥塑上。对轮子的接受和使用两相比较的故事，完全可以在现代生活的其他所谓需求上重演。它们远远不是出于什么满足人类的普遍需求，而只能在特定的文化内涵和价值体系中体现其重要性。

这又引起我们的怀疑：有可能我们可以清除虚假需求，即那种我们习以为常的琐细需求，从而突出对任何时代任何地点的人而言都是基本需求的核心需要。只有弄清这类普适性需求，我们才能理解包括技术在内的文化。

在功能主义人类学家和社会学家看来，不管是物质还是非物质文化的各个方面，都可以从满足一种基本需求来找到根源。按他们的观点，文化仅仅是人们为了满足自身营养、生育、防卫和卫生需求的一种必然反应。批评这种生物观的人们却发表了许多异议，其中一些人注意到文化的核心现象，如艺术、宗教和科学与人类的生存密切相关。与此相似，农业与建筑业，就像人们对营养与庇护所的需求分不开一样，这两者表现出与生物需求的这种解释是有一定距离的。譬如说，现代农业综合经营就不光是为了向人类提供营养；摩天大楼也不仅仅是保护人类免受各种恶劣气候侵害的一种结构。

有些学者认为语言是文化最重要的特征，因为不是生物特点而是语言才能被视为我们眼里必需的或有用的东西。据他们看来，需求不是自然强加于人类的，而是由文化选择所决定的概念范畴。两

方评论者都承认文化受外部物质世界的制约。但若我们把这些限制和人类所面对的无数文化选择比较的话,这些限制就显得绝少而微不足道了。**生物需求是以被动和极端的形式施展它的手段的。它规定了不可能的东西而不是可能的东西。**另有一种看待文化理论的方法是建立在原先存在的基本需要之上的。这种方法把技术的作用放到动物王国中去考察。此种论者认为动物是不需要任何技术来满足其需要的。这种论点的证据就是,在动物王国里生活必需品不必借助技术的介入就可获取。与伊索寓言中的乌鸦不同,现实生活中的鸟不必采用复杂精细的技术手段就能有水喝。鸟和其他动物不必挖井修渠、架渡槽、装水管。大自然不用引入什么制造结构就可直接向它们提供水、食物和栖身处。诚然,某些动物也使用棍子、石头和树叶这些原始工具来收集食物和用作防身武器,但动物使用工具的行为是很初级的很有限的,所以和人类文化中最简单的类型所使用的技术都不能比。动物中既没有使用火的,也没有惯于创造新工具的,更没有对原有工具加以改进的,也不会使用工具制造别的工具,更不会向后代传授积累起来的技术知识。

基于以上事实,要想通过一条平滑曲线的转换就把动物使用工具的行为和人类技术衔接起来,那只能误入歧途。甚至人类制造的最早最原始的工具也包含着一定程度的远见卓识和智力水平,这就足以将其和动物制造的最复杂的工具相区别。**正如卡尔·马克思所指出的,人类最蹩脚的建筑师也比最好的虫穴和蜂房建造者要优秀,因为只有人类能在搭建起一种结构前预先在想象中呈现它们的模样。**

没有火或者最简陋的打磨石器,动物也活了下来,并且茁壮成长。从动物学的层面上观察,既然人类也是一种动物,我们也可以不要这两样东西照样活得好好的。当然,没有技术我们不可能占据或造访我们现在居住的地球上的很多地方,也不可能做我们今天日常生活中所做的许多事情,但我们可以生存。而若要追问我们为了

维持生存究竟需要哪些最初级的技术，生存问题是应牢记在心的着眼点。

因为技术在人类满足其动物性需要时并非不可缺少，所以哲学家何塞·奥特加·加塞特 (José Ortega y Gasset) 认定技术是一种多余的产物。他说技术在遥远的远古石器时代如同今天一样是多余的。就像动物王国的其他种类一样，人类完全可能不用火与工具就能维持生存。因某种莫名其妙的原因，人类开始开发技术并在此过程中创造了所谓的人类生活，即好生活或曰人类福祉。为了创造幸福安康就必须努力，从而也就必然产生了新的需求的想法，而这些需求又是在不断变化的。在某一时间，需求促使人们建造金字塔和庙宇；在另一时间，需求激发人们乘坐自我推动的交通工具在地球表面移动，或进行登月旅行，或焚毁整个城市，或给整个城市提供照明。

我们开发技术以便满足我们预想的需求，而不是为了满足自然所规定的一套普适需求。用法国哲学家加斯东·巴歇拉尔 (Gaston Bachelard) 的话说，就是：征服多余的比征服必需的能给予我们更大的精神刺激，因为人类是欲望的产物而不是需求的产物。

人能预见的需求往往与动物需求一致，如对营养的需求。然而，我们不应该无视这样一个事实，即人类现在已经选择了一种极其复杂的技术手段来满足基本需求。我们没有完全依靠自然直接获取食物，而是创造了完全不必要的农业技术和烹调技巧。说它们不必要，是因为植物和动物完全可以不需要人的介入就能生长甚至茁壮成长，也因为食物并不一定非经火处理才可以供人类食用。农业和烹调并非人类生存的前提条件，只有我们将它们包括在我们的幸福安康的概念里时，才可以说它们是必需的。

人类和自然世界的关系与动物和自然世界的关系不同。自然简单而直接地维持动物的生活。而对人类，自然是一种物质和力量的源泉，这些东西往往在人类追求他们眼下叫作福祉的东西时，才

加以利用。

因为自然资源是丰富多样的，人类的价值观和趣味也是因文化而异、因地而异、因人而异的，所以我们发现技术产品的巨大差异是毫不奇怪的。~~组成产品世界的人造物，并非是人在解决满足其基本需求时所产生的答案，而是在整个历史长河中，选择来定义和追求各种生存方式的物质表现。从这一角度看，技术史是比人类抱负的历史宽广得多的一部分；而绝大部分人造物是充满幻想、渴望和欲望的心灵（机灵人）的产物。人造物世界如果是在基本需求的限制下运转的话，展示的差别就会小得多。~~

生物 - 机械类比

想通过一种技术进化理论来解释人造物的差异性的话，我们就必须对有生命的有机体和机械设施作比较。这种类比思维是一种在古代罕见的现代现象。亚里士多德虽然写了大量的论生命界的文章，但在他解释有机世界时却几乎未用机械类比。直到文艺复兴时期，欧洲的思想家们才开始在有机体与机械之间作比较。这种将先前认为无关联的东西联系起来的做法，是一连串的新技术发明和近代科学出现的必然结果。

最初，生物 - 机械类比的潮流是从技术向生物移动。有生命的有机体的结构和生命过程是用机械术语描述和解释的。在 19 世纪中叶，却出现了反向的比喻潮流。这种比喻潮流的反向移动是至关重要的，因为技术的发展首次通过用生物类比来解释。

工业的广泛发展；地质学家有了办法描述地球古史；达尔文进化论的出现，这三个因素都使生物类比应用于技术领域更为方便了。这种新的比喻模式对文学和人类学的影响最显著、最深远。在塞缪尔·勃特勒的作品中，我们可以很容易地找到生物 - 机械类比在文学上应用的证明，在奥古斯托·亨利·皮特 - 里弗斯 (Augustus

Henry Pitt-Rivers, 原姓 Lane-Fox) 的工作中, 也可以找到在人类学上的类似例证。这两个人都生活于维多利亚中期的英国, 都深受达尔文《物种起源》的影响。

塞缪尔·勒特勒在他的乌托邦小说《埃瑞洪》(Erewhon, 1872) 和诸如《机器间的达尔文》(Darwin Among the Machines, 1863) 这类论文中, 富于幻想地用类似于生命体进化的方式来解释机器的发展。他的这些观念, 启发了 19 世纪和 20 世纪那些颇受欢迎、描写进化假说的科幻小说作者们。他们的小说大多讲述的是飞速发展的机器超越并取代进化发展已趋于停滞的人类。勒特勒也明显地影响了一些现代的预言性文章。这些文章预测, 未来人类将与机器相依相伴, 或被具有自我更新能力的新技术形式(如机器人和计算机)所取代。

勒特勒提醒那些为自己的工业成就感到自豪的维多利亚时代的人们, 慎重考虑或阻止技术发展的广泛影响对他们是有好处的。他说, 从我们先祖使用的简单的棍子到我们今日使用的蒸汽机, 机器已经经历了一系列非常迅猛的变革。这种日趋复杂的变革, 极有可能派生出存在于现有的动植物王国之外、由各种形态的机械组成的机械王国。

勒特勒还提议, 将机器视作一类生命体后, 维多利亚时代的人们就可以把它们细分为属、科、变种, 在作此分类的基础上, 进一步建立起一个描述机械生命期的各种形式之间关联的进化树形图。达尔文的理论也就完全适合机械王国了。技术史中有无数如下的这种好例证: 有些机器经过长期的变化取代了同类的旧式机器; 某些机器在丧失原有的功能后, 它们的残存结构仍然可作为机械装置的一部分; 有些机器在人类努力加以挽救的同时, 自身勉强维持存在。养殖动物、种植植物的人们, 通过选种繁殖来达到人工选择的目的; 与此惊人相似的是, 制造机器的人和工业家们在制定技术发展计划的同时, 也是在对机械生命作同等性质的处理。

机器进化论的怀疑者们反对将机器说成活物并能自我进化，因为它们不能自我繁殖。勃特勒驳斥道：在机器王国，繁殖的方式是不同的，机器生命的繁殖依靠的是一批多产的工具，名曰机器工具，它们可以生产出种类各异的无生殖能力的机器。

勃特勒警告世人，未来人类与机器的关系是比生殖问题更紧迫的本质问题。因为机器比人类更加有力、精确、可靠和适用，人类在一个技术统治的世界，将身不由己地屈居次要地位。当然，我们可以努力使技术进化停止下来，但这就意味着我们要毁坏每一种机器和工具，每一种杠杆和螺丝，每一块成形的工件。勃特勒提出，正是由于我们无法阻止机械进步，我们就不得不顺从这样的断言：我们是长官(机器)的奴隶。

勃特勒在其文学杰作中提出的进化推论使他有机会展示机智和创见；他对科技进步所持的矛盾心态；以及他对流行的科学和哲学论调的批判立场。皮特 - 里弗斯，这个将后半生献给民族学和人类学研究的职业军官，从完全不同的角度解释了技术的进化。他之所以能够接受达尔文和赫伯特·斯宾塞(Herbert Spencer)的进化论，是因为他在军事生涯中，以及为归类整理和展示自己收集的原始武器和工具编制目录时对进化论产生了共鸣。

皮特 - 里弗斯受命为英军试验一种新式步枪，并为之在 1852 年投入使用编制操作指南。从此，他就对武器发展史产生了兴趣。通过研究，他认识到武器设计中的循序渐进的修正产生了火力更强、射击精度更高的步枪。几乎与此同时，他开始收集史前人造物并到英伦三岛和欧洲北部对正在发掘的历史遗址实地考察。他在接触了这么多各色各样的人造物后，就想到了应该怎样以最佳方式将它们整理，用于研究并最终展览出来。是将它们按地域来源安排呢，还是另有其他更有效的分类法？

博物志提供了一种分类模式——将动植物按属、科、变种分类的林奈氏(Linnae)分类法。按这种体系，形态分类比地域分类更有

意义。因为达尔文已经证实，分类研究更便于揭示关于生命体特征这个重大的基本事实。所以皮特 - 里弗斯决定忽略人造物的地理、时间和文化方面的情况，沿着博物志开辟的道路，将他的收藏品统统依其形态是否彼此紧密关联而分成许多序列。

斯宾塞认为整个生命史都是由简单到复杂、由单一性向多样性发展的。这种见解促使皮特 - 里弗斯在整理他的人造物时，就运用这种指导原则。他将各系列中最简单的工具、武器或生活用具排在最前面，然后一步一步按由简到繁的顺序依次排列到最复杂的形式。
这不仅仅只是一种把各种物质文化产品有序排列的简单手段，因为每样人造物在它们的原制作者的头脑中，都是先有一个概念后才投入制作的，这种序列就将生命体的物质和知识方面的内容汇总到一起了。相互关联的人造物的延续、循序渐进的系列，就可以证明人类文化是从最原始状态向最高级的文明形态进化的。

皮特 - 里弗斯仅限于收集工业时代之前的人造物，并将其分门别类地整理出来，有意不去自找麻烦处理维多利亚时代复杂高级的技术产品。他集中研究原始的东西是基于这样一种信念，即认为研究最简单的人造物可以揭示史前人类的思维过程，并清晰再现物质文化的渐进特征。但现代评论家会追问：原始的东西并不能等同于史前的东西，我们无理由认为，现代澳洲土著的文化与旧石器时代文化有相似之处。皮特 - 里弗斯和其他 19 世纪的进化论派人类学家可能会辩称，在任何历史时期，散布在世界各地的许多社会，反映了全人类文化所走过的不同进化阶段。他们会坚称，每种文化都各自遵循着单一宽广的进化轨迹发展变化，其中很少有越轨和偏差。假若说澳洲土著使用了石器，那么，只能说正好处在新石器时代的人们，在几千年前已达到了文化发展的某个阶段。

正是考虑了以上关于文化进化和人造物的推论后，皮特 - 里弗斯对收集稀有和奇异的人造物珍藏品不是特别感兴趣。他对准确

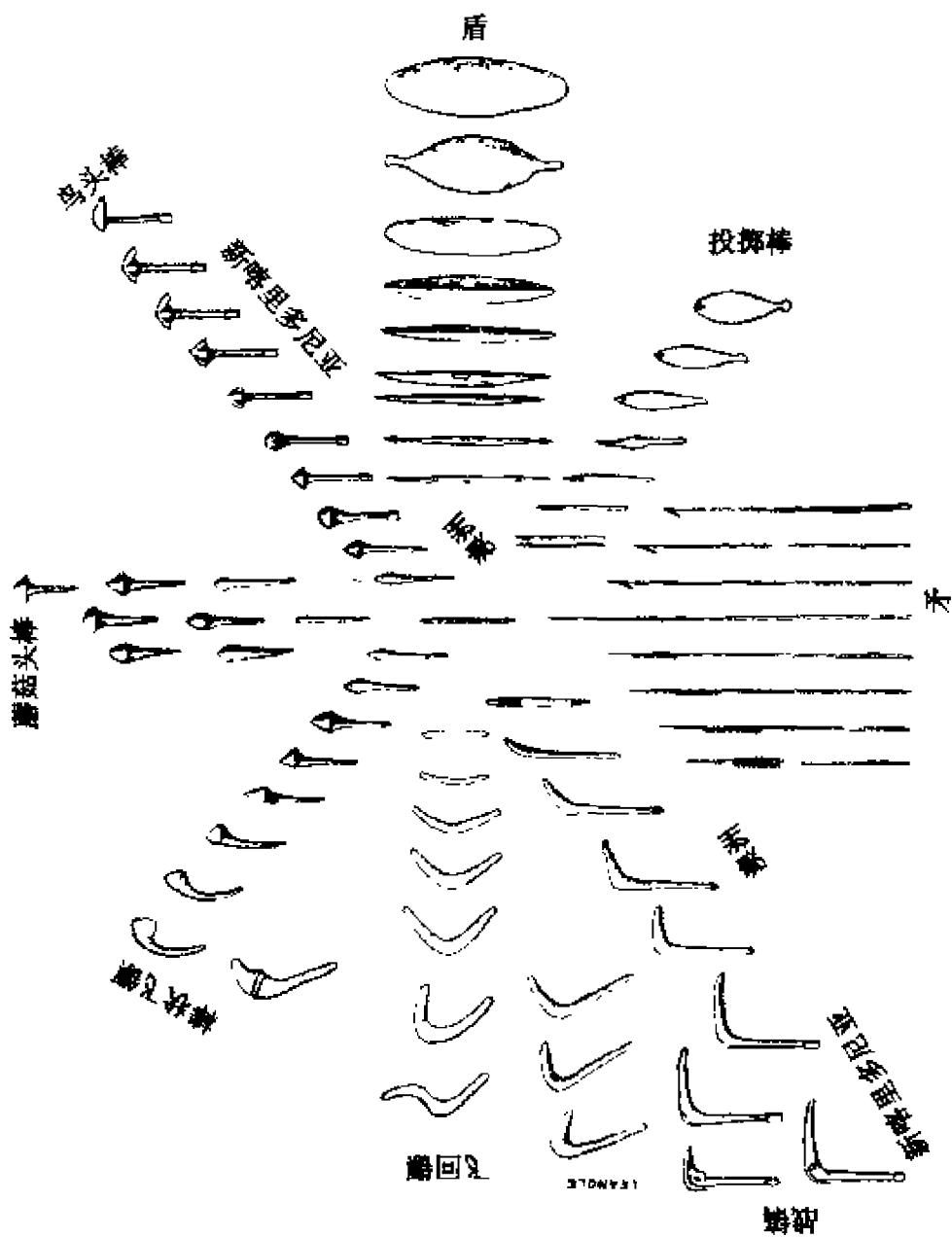


图 1.3 澳洲土著武器的进化。作战用的大头棒、飞回镖(一译飞去来)、长矛、投掷棒和盾牌,经皮特 - 里弗斯按进化序列排列后,看起来好像是从正中心简单的棒向四周发展开来。在此展示的所有这些武器都不是按历史年代顺序排列的,即使现代仍在使用。皮特 - 里弗斯认为,处于中心位置的那些简展的人造物是更早出现的形式的“幸存者”。资料来源:A·莱恩 - 福克斯·皮特 - 里弗斯,文化的进化(Oxford, 1906),纽约AMS出版公司重印。

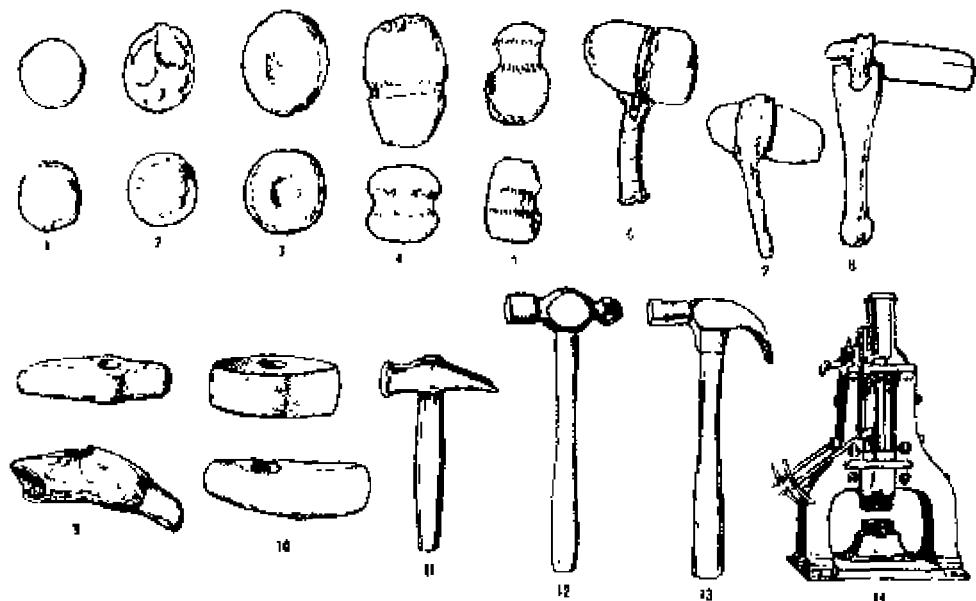


图 1.4 锤子的进化史，从最初打磨得很粗糙的击打用石头(1)到詹姆斯·内史密斯 1842 年设计的巨型蒸汽锤(14)。美国国家博物馆工作人员准备用这种常见的手工工具的进化序列图来“表现人类心智的发展所达到的一定水准，取得了划时代的进步。”他们模仿皮特 - 里弗斯的做法（图 1.3），对各种物品“不计种族、地域或时代差别，仅视其发展水平分别加以排列。”资料来源：沃尔特·霍夫撰“美国国家博物馆反映发明史的藏品系列纵览”，见“美国国家博物馆公报”60 号（Washington, D. C., 1922），16，第 2 页，第 9 条。

地将他的人造物确定年代，并将它们置入特定的文化背景中去考察也无兴趣。相反，他收集了那些可以填补现存系列空白的工具形式，或是可以引出另一种新的序列的东西（见图 1.3 和 1.4）。每种情况的决定性标准是一种物品在多大程度上可以恰到好处地镶嵌入同一序列的两件物品之间——也就是说，它在多大程度对建立一个延续的过渡作出了贡献。假如说人造物链中缺项比生物链中缺项显得更多的话，那只是因为，对植物和动物的采样和分类已进行了几个世纪，而对人造物的整理和分类仅仅才刚刚开始。

皮特 - 里弗斯刻意不去对技术进化的情形夸大其辞，也尽量避免将生物与物质制品之间作牵强附会的类比。例如，他觉得可以将

他对武器的兴趣和达尔文的求生存的理论联系起来,从而使之成为名正言顺的需要。然而,是人使用武器在进行生存斗争,而武器自身并没有进行生存斗争。武器及其他人造物品也不会自我繁衍。预计到了这些反驳观点后,皮特 - 里弗斯引入了无意识选择(*unconscious selection*)的概念。世世代代的人们不经预先思考或设计,就选择了最适合某种任务的物品,而拒用那些适用性差的物品,从而渐渐地就修正了留用下来的物品。这样他们就能更得心应手地将它们派上特定的用场。结果,导致人造物的变化沿着一条渐变的轨迹展开;就连工匠们也没有意识到,他们导入的小小改进措施有着多么深远的意义。为了满足眼下的需要,他们往往在无意中就促进了技术的进步。

现代观察家若将皮特 - 里弗斯的观点视为过度热心地将达尔文主义不加批判地运用到物质文化的分析当中,那是过分简单了。我们必须记住,他以第一手资料证实了达尔文的理论在生物圈内大量成功应用的范例,并且他本人与达尔文的很多朋友过从甚密。假如他想为进化论学说的传播作出一份自己的贡献的话,也是可以理解的。另一方面,20世纪的人类学家和历史学家们已经驳斥了将单亲直线发展的、分阶段发展的技术进步视为人类文化的标志这一观念。他们也证明了,史前人类和现存原始部落人的文化完全相同的假说是荒谬的。这些早已众所周知的现代评论已经对皮特 - 里弗斯的理论的基本要点构成了严重挑战。而皮特 - 里弗斯理论方法中原创的、经得住考验的部分,却并非广为人知。

在物质文明研究不说已彻底过时但至少主要还处于描述性的时代,皮特 - 里弗斯提供了一种整合智力成就和技术成就的理论基础。**一种人造物并非仅仅是一种仓促赶制出来以满足需求的无生命物。它是一种构想出它的人类心灵的活的遗留物。皮特 - 里弗斯与他的同时代人不同,他坚信技术进化不是少数几个英雄式的发明家促使的一系列伟大的、不相连贯的飞跃所成就的。相反,他认为技术进步是数以千计的工匠们通过一代一代的微小改进而实现的。**

为一个改进了的人造物的类型是基于原先已存在的物品之上的。从中可引伸出一种见解，就是每个人造物都可置于一个序列之中。这个序列与其他序列之间彼此关联，如果我们追溯过去时间中的某一段，它们就会合起来给我们提供最早的人类产品的踪迹。

累积的变革

勃特勒和皮特-里弗斯并不能完全代表对技术发展所持的主流观点。他们所用的进化的或曰延续性的解释方法，远没有革命的或曰非延续性的解释方法那么普遍地为人接受。后者认为，发明是少数天才发明家的思想在充分发挥的状态下出现的。这种发明的英雄史观略去了技术上的小改进，一味强调特定的个人对重大技术突破的贡献——譬如一口咬定是詹姆斯·瓦特(James Watt)发明了蒸汽机，伊莱·惠特尼(Eli Whitney)发明了轧棉机。

达尔文发表《物种起源》不久，卡尔·马克思十分推崇这位英国博物学家，呼吁写一部以进化论学说为参照的技术史评著。他认为这部新的技术史应该阐明工业革命从个别发明家的劳动中得益极少。马克思强调，发明是一种建立在许多微小改进基础之上的技术累积的社会过程，而不是少数天才人物个人英雄主义的杰作。

在 20 世纪上半叶，发明的英雄史观受到了威廉·F·奥格本(William F. Ogburn)，S·C·吉尔菲兰(S. C. Gilfillan)和阿博特·P·厄舍尔(Abbott P. Usher)这三位美国学者的挑战——他们宣扬的是从达尔文主义中汲取灵感得来的技术发展理论。三位中影响最大的奥格本是一位社会学家，给发明下的定义是：组合现存已知的文化要素以构成一种新的要素。这么做的必然结果是一系列细小变革，大部分可以申请专利，但没有一样变革足以彻底割断与过去物质文明的联系。

奥格本宣称在世界各民族中，可以找到一定比例的具有优越创

造发明能力的个人。一个国家随着人口的增长，潜在发明家的人数也相应成比例地增长。假如这些发明家有幸降生在一个能提供技术训练并且奖励创新的文化中，那么发明将会大量涌现。一开始因为在聚集发明的种类，所以技术革新的步子较慢。随着新产品累积得越来越多，激发出的技术革新就更多，因为可供组合的要素在不断增加。累积的新产品很快就达到一个关键点，随之发生的连锁反应就大大加快了发明活动的步伐。

奥格本并没有尝试用一定规模的经验性证据来验证其高度抽象的理论。与此相反的是，他的社会学家同仁吉尔菲兰在 20 世纪 30 年代，也写了数种论发明的系列著作：第一部书讲的是发明社会学，第二部书是针对船的进化而进行的细致研究，从最早的漂浮的圆木一直讲到近代的内燃蒸汽机驱动的汽船（motorship）。

吉尔菲兰坚决反对任何将发明归功于他所称的“空头发明家”的技术演变理论。这些发明家的名字在广为传播的发明神话中，已被供上了神龛神化了。他追随达尔文主义的理论模式，写到了“发明事实的不可分割的连续统一体”^④，并指责语言、习俗和社会习惯将这个连续统一体弄成了支离破碎、可分割的发明。

在吉尔菲兰的第二部书中可以找到验证他的理论的例证。据他考证，最早的船是以人手代桨来推动的、掏空了的圆木。当早期的水手们在他们掏空了的独木舟里站立着时，发现风从背后吹着他们的衣服，加快了他们的行船速度，于是帆就发明了。用进化理论来重构从那一刻开始的完整帆船史，相对来说是很容易的。只是蒸汽动力船似乎好像打断了这种连续的发展（flow）。吉尔菲兰将蒸汽船的源头追溯到了拜占廷帝国，从而克服了这一障碍。在公元 16 世纪早期的一幅画里，出现了由三组牛牵引的桨轮（paddle wheels）驱动的战船。用牛或马等畜力带动的桨轮船，因而也是以一种规则的方式进化发展的。18 世纪的欧美人用蒸汽机代替畜力驱动桨轮。问题不是蒸汽机取代帆，而是蒸汽机取代由牛马的畜力驱动的桨轮。

船了。

吉尔菲兰也承认：或许有十几种与航海有关的发明，可以说是陡然产生的，因为在它们之前似乎没有明显类似的东西。古老的牛拉桨轮船似乎就是这样一种特例。考虑到船的发展需要成百上千种小发明的累积，吉尔菲兰没有被那些看似与其进化论立场相矛盾的少数技术革新所难倒。他坚持认为，假如我们认识到在建造真实大小船只时累积过程并不总是明显出现的，就可以解释少数几个特例了。在工厂建造真实大小船只之前，一系列设计图、正式施工图或模型早已经过逐步改进。由此看来在船舶进化史上的突发发明可以忽视不计，并不会使吉尔菲兰的技术演变曲线无法成立。

经济史学家阿博特·P·厄舍尔却发现奥格本和吉尔菲兰的发明理论过分机械。他们把发明家描绘成了一种严格规定了发展路径的历史过程中的纯粹工具。通过强调发明的社会特征，他证明这两个人都忽视了发明家个人的努力和见识的重要性。厄舍尔宣称他们努力使我们相信只要新颖要素达到一定的关键数量，只需发明家稍稍费力，发明就会自动出现。

因此，厄舍尔提出了一种阐释发明的累积综合分析法——修正延续说并用格式塔(Gestalt)心理学的发现，丰富充实他的解释方法。厄舍尔的理论有如下四种假说：

1. 发现问题——认识到一个需要解决的、不完美或不能令人满意的模式。
2. 搭台——收集与此问题有关的资料。
3. 豁悟活动——通过一种不是预先确定的智力活动，找到解决问题的方案。这种豁悟活动比一般受过训练的技术人员所应具备的技能展示的能力要高超得多。
4. 挑刺式的复查——彻底检查解决方案并作修正(伴随着新的豁悟活动而可能进一步地完善)。

厄舍尔理论的核心是最终解决问题的豁悟活动。这种活动无

论是对重大的、战略性的、影响全面的发明还是细小的发明都是很重要的。细小的个人发明的某种综合最终会衍生历史上更为有名的发明，然而这个过程并非预先安排好的，也不是自发出现的。单纯的大量发明并不一定保证重大技术变革即将出现。关键是发明者的顿悟活动，正是靠这种以创新的方式选取并组合要素，才得出一种新答案。

顿悟活动可以由心理学家测到，但大多数情况下是不能说明的，费解的。他们将智能器官的作用引入发明的过程，有了它们的出现，就可能撮合出经济力量可以负担的任何进步。当台子搭起来后（第二步），并且挑刺式地检查完解决方案后（第四步），经济因素的介人才可能有效。顿悟活动（第二步），从另一角度讲，对经济影响是没有反应的。它们不属于经济领域而是属于心理领域。

尽管厄舍尔是以一名经济史学家来研究发明过程的，他的理论却超越了严格意义上的经济或社会阐释。通过强调发明的心理方面的因素，他提醒我们创新的出现应放到更宽阔的背景中去考察。

一种现代的技术进化理论

我在上文中已回顾了过去用进化模式解释技术变化的尝试，为我在本书中即将展开的理论提供了思考的依据。勃特勒和皮特-里弗斯的研究显示，人造物和动植物生命形式一样可以用连续的、依时间先后排定的序列来整理归类。然而，现代的技术进化理论不可能以达尔文主义为幌子来达到文学嘲讽或社会讽刺的目的（勃特勒），也不能像整理原始武器时引入达尔文主义一样（皮特-里弗斯）。如果在选择说明性例子时，只限于某个特定技术领域（吉尔菲兰）或只追求高度理论化的方式，而忽略人造物变化的技术细节（奥格本），可能都是不会令人满意的。所以，我的理论阐述从头到尾都以不同技术、文化和历史阶段中选择出来的人造物的详细实例

研究作基础。

勃特勒、皮特 - 里弗斯、吉尔菲兰、奥格本和厄舍尔都强调，小变革的长期累积产生新产品。厄舍尔通过将“顿悟活动”引入发明过程，引起了大家对个人创造性的作用的注意，但他仍相信重大发明是由一系列小发明的累积整合导致的。从发明的累积变化理论看来，变化是缓慢的，然而却是不可避免的，留给少数天才人物进行大胆革新的余地很小。我的技术进化理论承认意义较重大的技术变革——这类变革常常是与有名的发明家联系在一起的，也承认长期积累的小变化。所以，我接受产生急剧的技术变革的时期，也接受技术平缓发展的时期。

任何一个赞成技术变革延续性的人，都得承认并且说明反对非延续性观点的普遍性。许多人认为技术是依靠一小部分天才发明家辛苦创造的一个个重大发明向前跳跃式发展的。我通过考察那种与西方文明相关的观念和制度来揭示这个信念的来源，而正是西方文明使这种信念生根成长。

最后，我想说明，我的技术进化理论有别于任何先前已有的类比理论。它是植根于四个宽泛的概念中的，即：多样性、延续性、创新和选择。正如我已说明的，人造物世界包含了远远超出满足人类基本需要的众多事物。或许因为人造物延续性的存在，技术进化的结果就是物品的多样性，创新是人造物世界的不可分割的一部分属性，而选择过程是为了选出新颖的人造物，并将其作为一大堆已有的人造物的复制品或添加物。本书以下篇幅将完整地分析这四个概念理论上的枝蔓和它们在人造物中的体现。

第二章 延续性与非延续性

导　　言

很 大一部分现代人认为技术的发展是不连贯的，并且相信技术的发展是像伊莱·惠特尼、托马斯·爱迪生(Thomas Edison)、亨利·福特(Henry Ford)以及威尔伯·怀特(Wilbur Wright)和奥威尔·怀特(Orville Wright)这类少数英雄式天才的劳作结果。在他们眼里，这些人完全独立地发明了构成现代技术的这些奇特的机器和设备。用这种眼光看问题，发明自然是些精英人物丝毫没有借鉴过去已有成就而独立完成的。

只有少数关心科技史问题的学者们斥责这种说法过于简单化，因为这样一来，会把复杂的技术发展描述成一系列说来就来、迅捷产生的大发明。有些史学家不谈这些英雄式发明家的贡献就对技术不连贯的发展提出了更为复杂的解释方案。而这类理论家是从强加给科学发展的革命性的属性中找到线索而做到这一点的。

科学、技术与革命

近来科学史和自然哲学的研究成果偏向赞同科学发展的不连贯性这种提法。这种观点从根本上讲是从研究近代科学出现在 16

和 17 世纪这一现象中得来的。自从法国大革命以来，哥白尼 (Copernicus)、伽利略 (Galileo)、开普勒 (Kepler) 和牛顿 (Newton) 的工作都被冠以“革命”两字，这两个字的政治寓意本是指与过去分离、重建一种新秩序的激进行为。

这个政治比喻不仅仅迎来了一种研究自然的新方式，而且为研究一门科学中的任何实质变化打下了基础。因此，这种比喻在研究过去的天文学、化学和生物学变革时广为运用；也用来指由哈维 (Harvey)、培根 (Bacon)、达尔文、孟德尔 (Mendal) 或爱因斯坦 (Einstein) 开创的变革；还用来指 20 世纪量子力学、天体物理学和分子生物学的变革。

将技术置于科学的附属地位时，科学革命对技术发展的研究就显得尤为重要。若将技术错误地断定为是科学理论应用于解决实际问题，情形更是如此。因为，假若技术是应用科学的代名词，如果科学是以革命的方式发展的话，那么，技术发展也应该是不连贯的。

当然，科学与技术在很多方面上是互动的，没有科学提供对自然物质和自然力量的理论解释，许许多多现代关键性的人造物就不可能生产出来。然而，技术并非科学的奴仆。

技术与人类同样古老。在科学家开始着手积累可以用来改造和控制自然的知识之前，技术就出现很久了。石器制造这种已知的最早的技术，在矿物学或地质学出现之前就已繁荣兴盛了 200 多万年。制造者们的经验告诉人们，某些物质和技巧可以产生满意的效果而另一些则不能，所以人们才成功地制造了石刀石斧。在石器向金属器过渡的阶段（金属器加工的最早证据已可追溯到约公元前 6000 年），最早的金属制造者们也以同样的方式，凭经验得出了可以生产他们想要的铜或青铜的配方。直到 18 世纪后期，人们才有可能用化学术语来解释简单的冶金过程。即便如此，现代金属生产中仍有一些生产过程的化学原理至今人们无法知晓。

除了比科学历史悠久外,技术不需科学的帮助就能创造精致的结构与器具。不承认这一点,我们又怎能解释里程碑式的巨大的古建筑或中世纪的大教堂及机械技术(风车、水轮、时钟)呢?又怎能解释古代中国技术上的众多杰出成就呢?

现代科学的出现并没有使人们停止基本属于技术性的尝试。人们继续取得不必汲取理论知识就能获得的技术成功。在英国工业革命时期发明的许多机器与今天的科学一点也沾不上边。处于 19 世纪经济增长中心的纺织业,并非应用科学理论的结果。约翰·凯(John Kay)、理查德·阿克莱特(Richard Arkwright)、詹姆斯·哈格里夫斯(James Hargreaves)和塞缪尔·克朗普顿(Samuel Crompton)等人的发明,对提高纺织工业产品的质和量都至关重要,但他们的成功更应归功于过去工匠的手艺的积累,科学在其中作的贡献相对较小。

只是到了 19 世纪后半叶,科学才对工业产生实质性的影响。有机化学的发展使得大规模的综合整染工艺成为可能。对电与磁的性质的研究为电灯、电力和交通业奠定了基础。20 世纪又出现了建立在科学基础上的技术的大发展。尽管有新科学理论和资料的涌人,现代技术并不是简单地、按部就班地把科学的发现用于实践中。在现代工业生产中,科学和技术是平等的伙伴关系,各自对与它们相关的产业的成功做出自己独特的贡献。然而就在今日,一个工程师在设计一种技术解决方案时违背时下的科学理论而仍能奏效,这不是什么稀奇的事情。有的工程活动也为科学探索开辟出新的道路。

爱德华·W·康斯坦特(Edward W. Constant)在《喷气式飞机革命的起源》(The Origins of the Turbojet Revolutions, 1980)一书中又重提了技术发展的不连贯问题。汲取了托马斯·S·库恩(Thomas S. Kuhn)的《科学革命的结构》(The Structure of Scientific Revolutions, 1962)一书中的观点之后,康斯坦特认为,在涡轮喷气发动机这种二战后的主要飞机动力源和早先的螺旋桨-活塞发动机之间有不连贯现象(见图

2.1)。既无活塞，也无汽缸，又无螺旋桨的涡轮喷气发动机并不是螺旋桨-活塞发动机的连续改进的必然进化结果。

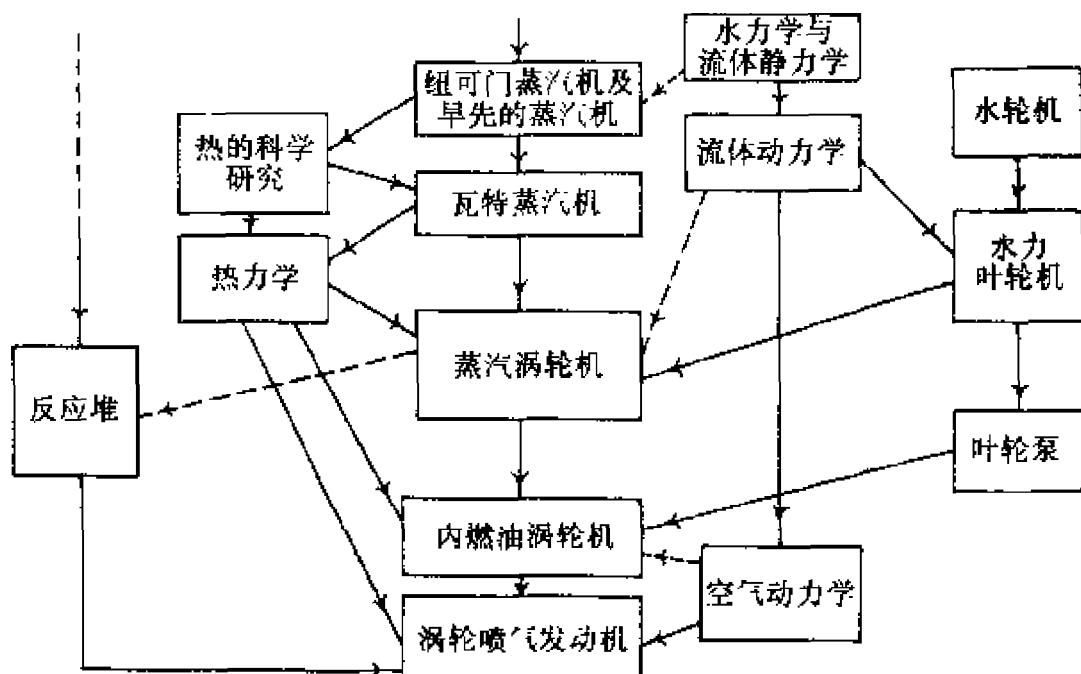


图 2.1 E·W·康斯坦特的这幅图以涡轮喷气发动机谱系为核心,说明了人造物与理论的相互关系。中心区域系所描画的人造物之主流,从蒸汽机发展到蒸汽及内燃油涡轮机,直至涡轮喷气发动机。右上角为水力叶轮机和叶轮泵同这一主流的关系,在紧邻的中心的两栏里,标出了相关的物理理论的影响。切记这些理论贡献是以一些新的可见物的形式表现出来的,这些可见物的先祖很可能比理论出现要早。尽管有这种人造物网的存在,康斯坦特还是认为涡轮喷气发动机是一种革命性的进步,而不属于进化中所取得的进步。资料来源:爱德华·W·康斯坦特,涡轮喷气发动机革命的起源(Baltimore, 1980),第4页。

康斯坦特认为,涡轮喷气发动机的革命是名副其实的,因为涡轮喷气发动机是有技术先例而又根本区别于前者的整体机械系统;涡轮喷气发动机的设计以及将它用于飞机都需要应用空气动力学的先进科学理论;而且涡轮喷气发动机是由一群不属于传统的航空发动机开发群体的人做出来的。在所有这些要素中,康斯坦特特别强调一群与涡轮喷气发动机相连的新技术实践家出现的重要性。这个群体与传统的航空发动机开发群体和更老的蒸汽轮机和水轮

机开发群体都不一样。用康斯坦特的话说，技术进化成了“一个新诞生的技术群体、或人员重组后的群体对创造一种新技术传统(tradition)的职业义务。”^①

康斯坦特的阐释有两个关键假设作支柱：一是技术主要是知识；二是技术开发群体是我们研究技术变化时应考虑的基本要素。这两种假设都值得商榷。

尽管表面上涡轮喷气发动机具有革命性的特征，它实质上并不是一种没有先例的机器。涡轮喷气发动机是已有两百年发展史的涡轮机家族的一员，这一家族包括：水轮机、叶轮泵、汽轮机、内燃油涡轮机(internal combustion gas turbines)、活塞引擎增压器(piston engine superchargers)和涡轮增压器(turbosuperchargers)。这些机器都没有活塞与汽缸，但它们是带翅片(fins)或叶片的涡轮，一旦受到水、蒸汽或热气的作用力就能带动驱动轮飞转。所以，从制造工艺的层面讲，不管各种机型的用途和动力源如何千差万别，涡轮家族已有两个世纪的连续发展史。

技术和技术发展的中心要素不是科学知识，也不是技术开发群体或社会经济因素，而是人造物本身。虽然科学与技术都包含认知过程，但它们的终端产品是不同的。有创见的科学活动的最终产品多半是一个书面报告或一篇科学论文；宣布一种实验的新发现；陈述一种新的理论立场。与此相反，创造性技术活动的最终产品一般都要给人造物世界添加点东西——一个石锤、一只钟或一台电动机等等。

历史学家布鲁克·欣德尔(Brook Hindle)宣称技术中的人造物比科学、宗教、政治或任何其他智力活动或社会活动所得到的产品占据的地位都要高。技术可以说与有形的、物质的东西有千丝万缕的紧密联系。人造物既是技术的手段，也是技术的目的。三维的实物是对技术的充分表现，就像一幅画或一件雕塑是对视觉艺术的充分表现一样。人造物是人类知识和想象的产品，正像任何艺术品一

样，任何语言描述都难以曲尽其妙。

人造物对如何理解技术起关键性的作用，也是我们要在本书中阐发的进化理论的关键因素。在本章以及本书的以下部分，人造物将是研究的基本单位。人造物对技术进化的重要性不亚于动植物对生物进化的意义。

延续性的实例研究

鉴于人造物在研究技术时的首要地位，我们有必要在论证技术发展的延续性时，使用实例研究法来准确描述重要的人造物——如蒸汽机、轧棉机或晶体管是怎样从已有的先例中进化发展而来的。下面列举的人造物，乍看起来是支持与我们唱反调的技术发展非延续性假说的最恰当的物品，但事实上它们恰恰帮助证明了技术发展的进化假说。

石 器

现存最古老的人造物是石器。它们处在人类刻意排列的一系列相互勾连、有分叉的、不间断的人造物序列的最前端。这些系列的个别分支可能走入死胡同而停止了发展，但人造物中更大比例的制品的发展却从未中断过。包容了千变万化的复杂事物的现代技术世界，可以追溯到人类文明的开端和最早的人类制造品，它只不过是延续性的最新翻版。石器可能并不能为进化假说提供关键的证据，但它们的确为延伸了相当长一段时期的延续性提供了最好的说明。

至少在长达 200 万年的时间里，全球各地的人们都在制造石器——成千上万乃至无以计数的石器。这些石器构成了现存最古老、使用面最广、数量最多的人造物。大多数时候石器都是通过切削做出来的——技巧熟练的人在以时和分来计算的短时间内就能生产

一种可用的工具。各种类型的斧、锛(扁斧)、锤、刀、刮刀(刮削器)都是以这种方式生产出来的。在约 8000 年前开始的新石器时代，就引入了农业、家畜家禽养殖业、制陶业。从那时起人们也通过琢磨和抛光的繁琐劳作过程，得到想要的形状和最终效果的打磨石器。特别是磨光过程要耗费几天或数周的艰苦劳动，然而，这样做能生产出可以长期用来锤击或切削的顺手合用的石器。

不论石器是用何种工艺打制出来的，石器的形式在它们长期存在的过程中变化都不大。自 19 世纪中叶以来，一批考古学家耐心地、巧妙地给一些工具认证和估算了生产年代，这些工具在没受过专业训练的人的眼里看来形状、大小和材料似乎是完全一样的。一旦这种考古学的证据重新按年代顺序整理出来，其最显著的特征就是在成千上万年间保持着十分良好的延续性，尽管在这些年间不同的人类文化一代接一代地从事着石器制造。

在研究石器时，我们想找到证明完全跳跃式发展到一种新形式的证据，但没有成功。这些人造物的长期不变的形状甚至在人们从石器突变似地向铜器和青铜器过渡时也没变过。在传统上我们总是把石器和原始联系起来，把金属和文明联系起来，作为制造工具的材料，石头的确有缺点。虽然很容易弄到材料，也易加工，但石器没有金属耐用，也不易弄成型。石器的形态更多地取决于所选石材的天然状态，而金属器就没有这么大的天然约束。后者几乎可以铸成人们当时想要的任何形状。金属器也不易碎，因而不易断裂。假如金属器断裂或磨损了，它可以被熔化后重铸。

不了解后来的工具史的人可能会从这种比较中得出结论，认为金属器的出现开始了一个工具制造的新纪元。然而，恰恰相反，延续性仍未被破坏。最早的金属器将石器的模型认作为它们最近的先例。最终新的金属工具生产出来了，但石器技术的强大传统对这些金属工具的形状的影响也是旷日持久的。这种影响在我们熟悉的近代工具如斧、锤、锯的形态上是显而易见的，同样在电动工具

和气动工具上的影响也是显著的，这些工具都继承了早期石器的一些原理和发展规律。

这种延续性的例子富有戏剧性，但也是允许加以批评的。有人可能会争辩：这些石器在它们进化的早期阶段就取得了能获得最佳使用效果的形式，因而能保持长期稳定不变。就算上句中的话说得不正确，也许另有人会找出一种实例以至可将石器从这本书的这一串实例研究名单中剔除，理由是石器太古老简陋，只能代表一种特例。针对那些想把石器列为特例的人，我将提出更有说服力的其他证据，以证明技术进化的延续性。这些例证所引的是近代发明家们创造的相对复杂得多的机器，而不是在史前时代无名氏们造出的人造物。

轧棉机

我们可以很合算地拿伊莱·惠特尼的轧棉机来开始考察复杂机器的连贯发展。虽然很多作者都写过惠特尼和他的革命性的发明，却很少有人把他的轧棉机放到人造物的连贯长河中去考察。

对这一发明的历史记载通常就是这样讲的：一个颇精通机械的新英格兰年轻人，在1793年到佐治亚州的种植园去，看到了棉花及其处理问题。问题出在短绒棉或内陆棉。它可以在南方大部分地带种植，它的纤维紧紧地附着在它的青棉籽上，人们很难把它清理出来。一个奴隶要用1~3小时的枯燥乏味的人工劳动才能清理出1磅棉花。惠特尼到达佐治亚之后不久就开始着手寻找一种可以加快摘棉速度的方法。在观察了奴隶们用手把棉花从棉籽上分理出来后，他就设想发明一种机器可以模仿他们的手干活的动作。几天之后他就造出了一台轧棉机的模型，这种机器从此永久改变了南方的棉花种植业。

只有对惠特尼的发明更加规范的学术研究才提及：在惠特尼去

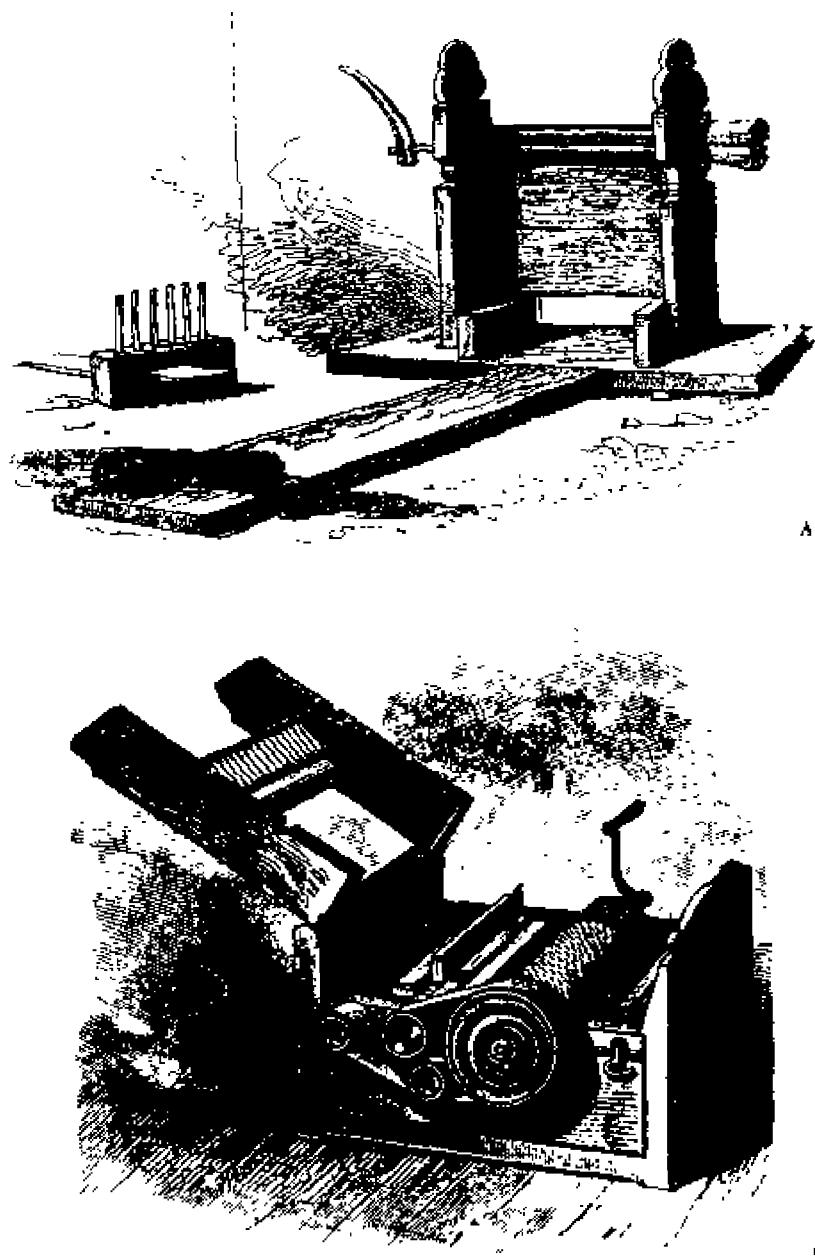


图 2.2 A. 一台印度“手纺车”，即滚动轧棉机。这辆轧棉机的两个柚木轧辊是由人摇动机器左上方的手柄驱使其转动的。在两个轧辊之间塞入未经清理的棉花后，棉绒从轧辊机另一端通过，而棉籽则掉落到底座里的凹坑里。B. 敞开待检的伊莱·惠特尼轧棉机。在开机运转时，该轧棉机的带绞链的顶盖被合上，使顶部带凹槽的护板与大轧辊上凸出的铁齿平齐。轧辊转动使未清理的棉花进入护板凹槽，棉籽无法通过这些狭窄的凹槽。这样棍籽就从棉绒中剥离，棉绒则在带齿的轧辊边堆集起来。在此图中未显示的另一个轧辊上装有鬃毛刷，可以把轧

佐治亚时，南方已广泛使用一种机械轧棉机了，这种工具可以用于长绒棉或称海岛棉——一种种植范围有限但其棉绒很容易从其黑棉籽上清除出来。因为有这样的轧棉机的预先存在，惠特尼就不必要先填补生物的东西——把牢固附着在棉籽上的棉绒往后拔的手指——和机械手指的鸿沟。那一步早在印度完成了，印度在基督时代之前几个世纪就已开始生产棉布。

印度的轧棉机或称“手纺车”(charka)(见图2.2)是依照滚动原理制成的，本身也是一种古老的甘蔗梗压榨机的一种变种。手纺车由一副固定在一个框中的长长的圆木轧辊组成，一旦压在一起后，就在一个曲柄(轴)上顺纵轴方向滚动。滚动的圆木轧辊上刻有一串精细加工的沟槽，在棉团滚过两轧辊之间时就受挤压，棉籽与棉纤维随着分离开来。

这种原始的轧棉机在种植和加工长绒棉的所有地方都使用过。在20世纪初期这种机器在印度工匠那里叫做manganello，它甚至出现在14世纪的一幅画中。在18世纪狄德罗的《百科全书》中也对其作过详细描述。1725年滚动轧棉机从黎凡特(Levant)引入到路易斯安那一带，至1793年时它已经在美国南方产棉区站稳了脚跟，这时伊莱·惠特尼正好在南方见到了这种机器。

惠特尼的艰巨任务就是要造出一种能清理短绒棉的机械装置。他的发明物中有一根滚动的木轧辊，上面装有等距离的弯铁丝——这种铁丝的形状与各种别的梳毛设备所用的铁丝齿的形状相似。惠特尼的轧棉机中的铁丝齿与有刻槽的金属挡板相交处留出的空

棍边的已清理好的棉绒刷走。印度“手纺车”和惠特尼的轧棉机的工作原理都是依靠手摇曲柄驱动的两个轧辊做工。资料来源：A. 爱德华·巴恩斯，英国棉花生产史(London, 1835)，第66页。B. 米切尔·威尔逊，美国的科学与发明(New York, 1954)，1982年史戴拉·艾德勒、维克多里·威尔逊与艾里卡·斯柏尔曼补订本，第80页。

隙正好让齿与棉绒通过,而拦住了棉籽。这样棉籽就被遗留在挡板下面,而棉绒则被上拔,落到另一边。另一根装有硬毛的滚动轧棍的刷子接着把清理好的棉花刷到边上去了。惠特尼的机械装置和有几百年历史的滚动轧棉机类似的地方是:它们都依赖一组滚动的轧棍。与旧式轧棉机不同的是,惠特尼的轧棉机有一块刻槽挡板(见图 2.2),来使棉绒剥离棉籽时棉籽不停地运动。

我们把话题扯向古代的棉花清理工艺,并非想证明发明都是注定必然发生的事,亦非想说明现代轧棉机是由印度工匠最先制成的,或者说伊莱·惠特尼没有我们原来认为的那样聪明。惠特尼的轧棉机能清理短绒棉,这是古代滚动轧棉机所做不到的。我们承认手纺车的存在,只不过是想表明伊莱·惠特尼的发明是来自原有的产品,这种东西的整体结构和机械构件正好被这个美国发明家依自己的需要作了改进。

并非每个见过旧式滚动轧棉机的人都能在脑海里构想出怎么样才能把它改造成一台能处理短绒棉的机器。在惠特尼到美国南方旅行之前,曾有人尝试过将手纺车改造一下用以处理内陆棉,但没有一人成功。惠特尼的发明不仅在别人失败处成功了,而且成为一系列新的人造物的源头——引出了一连串的现代轧棉机。几乎在惠特尼的机型投入使用之后,紧接着就出台了一系列新的改进型的轧棉机。受惠特尼的启发造出的这一系列新轧棉机的广泛使用,不仅应归功于他的发明天才,也应归功于在美国和别处对棉花种植业起促进作用的环境、社会、经济与政治状况。

从惠特尼的故事中我们可以得出几点启发。有一点很明显:惠特尼发明轧棉机只是技术进化过程之一斑。

另一个不太明显的教训就是:一类人造物的各个品种并不是同等重要的。有一些简直就行不通,有些效率很低,有些有效但没有多大技术影响或社会影响。只有少数品种有能力开辟一条新的分支系列,从而大大丰富人造物的长廊,给人类生活带来一定影响,

通常被称为“伟大发明”或“技术上的转折点”。

要认识惠特尼的轧棉机的影响，我们就必须看到当时国内外对廉价棉花不断增长的需求，以及用手工处理原棉的奴隶和雇佣劳动力的短缺。在一个由亚麻布和腈纶布主宰的社会，或在一个很容易获得廉价体力劳动者的地方，惠特尼的机器将不会成为引发一大批更优质更高效轧棉机出笼的原型。在上述两种情形中，轧棉机将只是一种不会产生任何社会、经济或技术影响的古董机器。

因此，我们说一项发明的意义并不仅仅是靠它的技术坐标参数来决定的——它不可能是自在自为的一种东西，可以自己说了算。只有当一种文化把一项发明说成具有极高价值时它才能称得上“伟大”。与此相似，它的发明者的声誉也是与其文化价值相连的。在上述的两种假设的社会里，惠特尼都不会被拥戴为英雄式的发明家；他可能被人们忽视，或最多只会被视作一个偏执的微不足道的工匠。

蒸汽机和内燃机

对美国南方 1790 年至 1860 年间的经济增长，技术上贡献最大的要算轧棉机。大约与此同时，蒸汽机在英国经济中也扮演了一个相似的角色。像轧棉机一样，蒸汽机也被普遍认为确实史无前例。一位经济评论家库克 - 泰勒 (W. Cooke-Taylor) 在 1842 年评价英国的工业状况时说：“蒸汽机没有先例……(它)突然冒了出来，就像密涅瓦 (Minerva) 从朱庇特 (Jupiter) 的脑中冒出来一样。”^②然而，它真的是从詹姆斯·瓦特的头脑中突然冒出来的吗？

通常人们会告诉你，年轻的詹姆斯·瓦特在观察水蒸汽从茶壶盖边喷出的景象时得到了灵感，从而发明了蒸汽机（图 2.3）。这种充满幻想的传说是不攻自破的。因为事实上，在瓦特面对沸腾的茶水作沉思的当下，英国已有了可用于生产的纽可门 (Newcomen) 蒸汽机。托马斯·纽可门的应用型常压蒸汽机是在 1712 年出现的；而瓦



图 2.3 大约作于 1850 年的关于蒸汽动力的寓意图。从茶壶沸腾的水里冒出的蒸汽给了詹姆斯·瓦特灵感，发明了蒸汽机并构想其在工业文明创建中的作用。这幅画是对一种流行观点的生动再现——伟大的发明都是由英雄人物在受到启发后凭灵感创造出来的。资料来源：沃尔夫冈·希维尔布赫，铁路之旅（Oxford, 1980），第 5 页；纽约公共图书馆各分馆图片室。

特成功地完成第一台蒸汽机实样是在 1775 年，中间相隔差不多 60 年。使问题更复杂化的是，瓦特因为对他受命去修理的一台小型纽可门蒸汽机不满意，才萌生了制造他自己的蒸汽机的念头。

纽可门蒸汽机利用蒸汽的凝结在活塞下制造部分真空，力量更强的大气压又对该活塞的外部表面产生向下的压力。因为这种蒸汽机是为从矿井里抽水而设计的，它的结构形式就是一个长长的枢臂的一端装有一根抽吸杆，另一端装有一根活塞杆。一个大活塞（直径 5~6 英尺）装在汽缸中，汽缸上开有进气口和用于冷却蒸汽的冷水的进水口，另有排放废水的孔。在大气压力将活塞压至最低点，将抽吸杆提升至最高点时，抽吸机件的重量使杠杆连接抽吸杆的那一端下降，从而提升活塞，又能使蒸汽充注汽缸，如此循环往复（图 2.4）。这种蒸汽机有两个方面值得特别注意：第一，是大气的重量，而不是蒸汽的膨胀力在做功；第二，在蒸汽和冷水注入汽缸时汽缸随之变热或变冷。

1763 年和 1764 年之间的那个冬季，当瓦特开始修理和研究一台纽可门蒸汽机的模型时，全世界有一半的地区已在使用这种机器。虽然它的应用很广泛，但纽可门蒸汽机的某些特性却使瓦特懊恼，从而促使他作些补救、改进措施。他制造出了超过纽可门蒸汽机的机型，并为现代蒸汽机的发展铺平了道路。

瓦特意识到，如果纽可门蒸汽机的汽缸在每个循环中不是一冷一热而是一直保持恒热的状态的话，这种机器的工作效率就会大大提高。他将汽缸作了绝热处理，然后将蒸汽在另一个毗邻的专用容器中恒定地冷却后压缩，从而达到了这一目的。此外，他还放弃使用大气压力，通过让蒸汽先向一端施压再向另一相反方向施压，使活塞先向一个方向运动然后转而向另一个相反方向运动。瓦特的蒸汽机依靠膨胀的蒸汽推动活塞做功。有单独压缩器的双向做功的蒸汽机就此诞生了。这种蒸汽机出现在 1784 年，在以后的 50 年中成了蒸汽机设计中的主导方案。

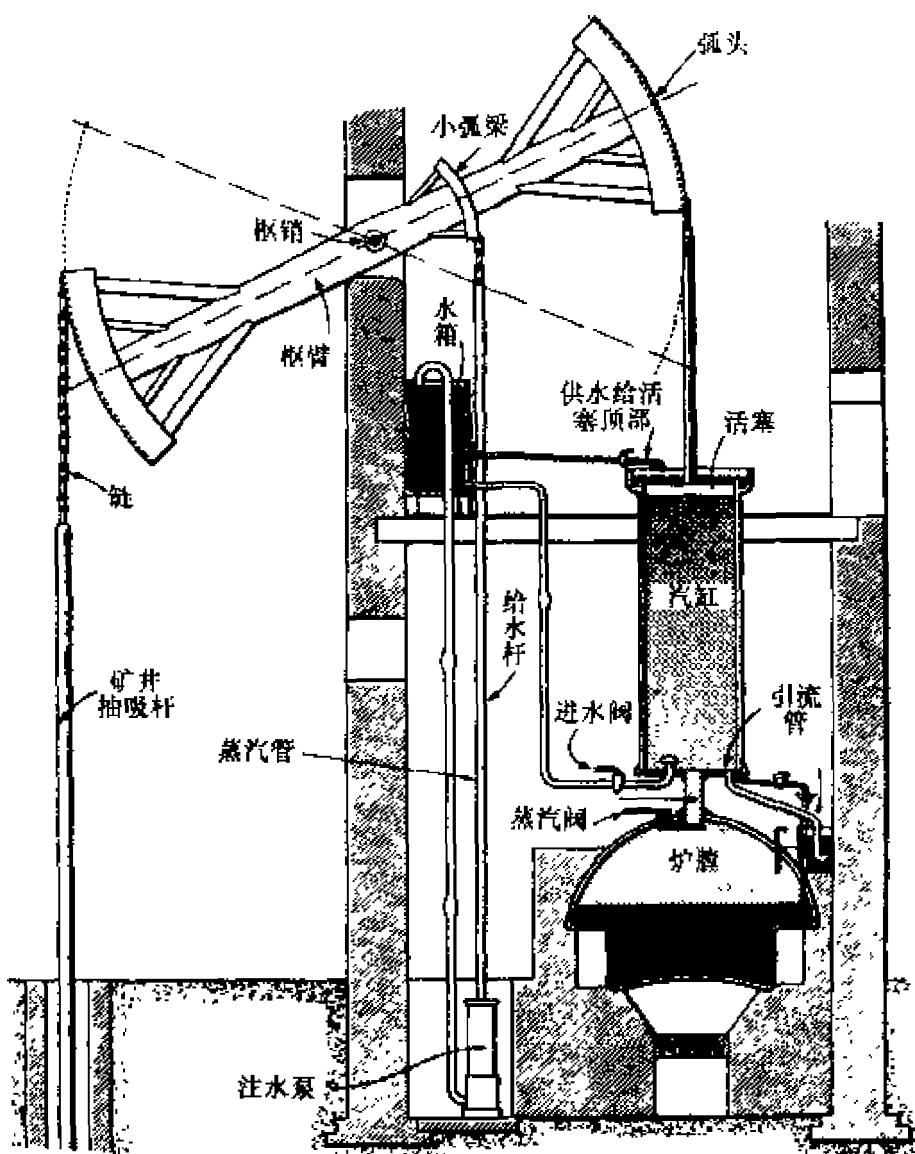


图 2.4 约 1715 年典型的纽可门蒸汽机的简图。充满蒸汽的汽缸被注入冷水后，其内壁冷却下来。这一步骤的结果是汽缸中的蒸汽凝结了，由此产生了部分真空。接着，加在活塞外表的大气压力迫使活塞下降，使蒸汽机做功。当活塞达到运行路径的最低点时，蒸汽就被注入到汽缸中，平衡了活塞两边的压力。矿山抽水泵的机械重量使得枢臂转动，将活塞提到汽缸的顶部。注意，控制蒸汽机的冷水进入汽缸的阀门以及控制废水流出导管的龙头(旋塞)在这部机器中是用手操纵的。资料来源：D·B·巴顿，单缸蒸汽机(Bath, 1969)，第 17 页。

把蒸汽机的发明者从纽可门换为瓦特并不能解决发明的延续性的问题，只不过是考察的重心暂时作了转移。现在的问题是：纽

纽可门蒸汽机发明时是否有先例可援引？答案是：没有。促使纽可门蒸汽机发明产生的一些机械要素可追溯到欧洲 13 世纪早期的一些东西，另有一些则是 13 世纪中国的一些东西，还有一些在基督诞生前 1 至 2 个世纪就出现了。

因为纽可门蒸汽机在机械构造上比轧棉机更复杂，所以用一种简洁明了的方式界定它的遗传根系就更困难了。真空泵、活塞泵、蒸汽置换设备、机械连动装置在蒸汽机发明以前的历史中都有各自的一席之地。历史学家李约瑟 (Joseph Needham) 在一篇名为《蒸汽机发明之前的历史》(The Pre-Natal History of the Steam Engine) 的文章中勾勒了由这些机器构成的“直系遗传的长链”。在评价了古代中国工匠、希腊技工和欧洲自然哲学家、工具制造商以及机械师的贡献之后，李约瑟作出结论：“没有一个人可以称为‘蒸汽机之父’，也没有一种文明可独揽发明蒸汽机的大功。”^③ 学者莫里斯·多马 (Maurice Daumas) 和保罗·吉勒 (Paul Gille) 考察蒸汽机的背景时，认定即使世上没有纽可门，常压蒸汽机也会在 18 世纪上半叶诞生。

瓦特的蒸汽机和惠特尼的轧棉机一样，都是孕育了一系列各色各样的机器分支的开创性的发明。热机和内燃机是从蒸汽机中发展而来的最重要的两种动力源。早在 1759 年就有人提出用热大气代替蒸汽机中的蒸汽，而这种机器的实用样机在 1807 年才造成。后来到 19 世纪稍晚一些时候，英国的罗伯特·斯特林 (Robert Stirling)、美国的约翰·埃里克森 (John Ericsson)，设计了可向大众出售的热空气机。到 1900 年时热空气机又被另一种蒸汽机的变种所超越了。这种机器用汽缸中的内燃来代替热空气机和蒸汽机的外燃。1791 年一种靠挥发的松节油运动的内燃泵样机在英国取得了专利，然而，世界上第一种内燃机的样机是由比利时发明家吉恩·约瑟夫·艾蒂安·勒努瓦 (Jean Joseph Etienne Lenoir) 在 1860 年设计的。用燃油作燃料的勒努瓦动力机，其结构以双向水平运动的蒸汽机为摹本。就像瓦特的往复式蒸汽机，在活塞的两端注入蒸汽从而使其

双向做功一样，勒努瓦的动力机在汽缸的两端爆燃一种气体与空气的混合气体来推动活塞前后移动。后来对燃气机作过改进的有尼柯劳斯·奥托(Nikolaus Otto)在1876年制造的单缸四冲程机型，即现代汽车发动机的原型。虽然气体媒质由蒸汽改为热空气又改为燃油和空气的混合燃爆物，汽缸和活塞的基本构架却一直保持不变。

电动机

我们已考察过的轧棉机和动力机都不是科学史上重大突破的直接产物，因而有人可能要问，当技术发展从科学发现中吸取动力时，是否会以不同的方式出现呢？也许科学的革命性发展也能在技术上导致相似的突破，前提是这种科学发展能获得应用。为了证明这种可能性，就让我们来思考一下由汉斯·克里斯琴·奥斯特(Hans Christian Oersted)发现的电磁现象和它在最早的电动机中的应用。

奥斯特在1820年宣布通电流的导体在贴近它的四周产生磁效应，这激起了科学界的普遍兴趣。奥斯特的发现给科学界带来巨大震撼，它在技术上的应用也顺着一条不可预料的道路发展。第一台电动机是以两个著名的器械：磁罗盘和蒸汽机为模型的。

这位丹麦科学家证明了一截通电流的金属线对罗盘指针施加作用力使之偏向。英国物理学家迈克尔·法拉第(Michael Faraday)获知了这一信息后立即尝试将指针的偏转变成连续旋转的运动。其结果就是第一台电动机。就算法拉第是在简陋的实验室设备上，而不是在一种能有效做功的机器上取得连续旋转运动的效果，可是他已把现代电动机的原理阐释清楚并作了演示。法拉第改进后的罗盘的指针连续转动了，并不总是对准地球的磁场静止不动。

在1831年，法拉第的实验完成后的第10年，美国物理学家约瑟夫·亨利(Joseph Henry)借鉴蒸汽机的机械结构设计了一台电动机。纽可门和瓦特蒸汽机的最突出特点是有一个长长的枢臂，一端

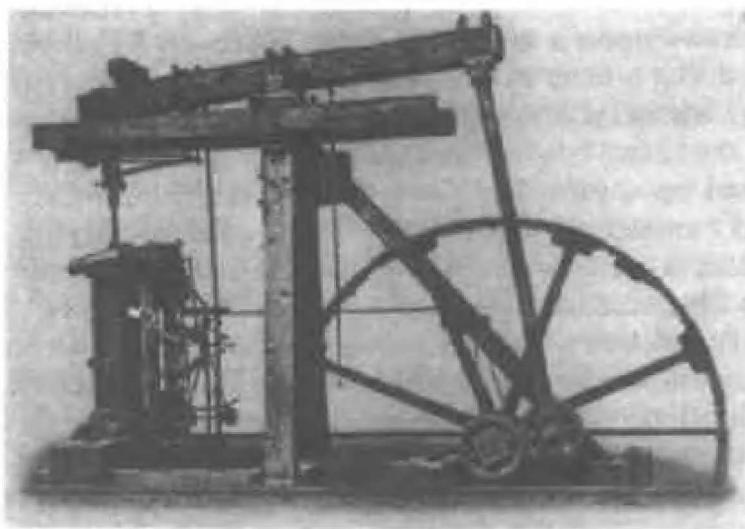
连着活塞，另一端连着抽吸杆或飞轮。与此相似，亨利的电动机也有一个摆动杠，还有一个绕在摆动杠上的加长的电磁铁，依靠它上下摆动来接通和切断电源。

亨利的电动机中没有与汽缸、活塞相类似的电器件，但另有几位发明家将汽缸活塞这一套机械传动方式组合进他们的往复式电动机中（图 2.5）。查尔斯·G·佩奇（Charles G. Page, 1838）改进亨利的设计后，使用杠杆作为一种机械器件，并把电磁铁改装成“汽缸”——办法是把它们做成中空的线圈，当“汽缸”被充电获得能量时，铁心“活塞”就被插入。一个欧洲发明家设计了一种电动机，有电磁“汽缸活塞”、曲轴、飞轮、连杆、偏心阀装置、滑动杆和阀门。电动机包括了所有这些传统的蒸汽机机械装置，只需加上一个锅炉和燃烧炉就可使类比完成了。

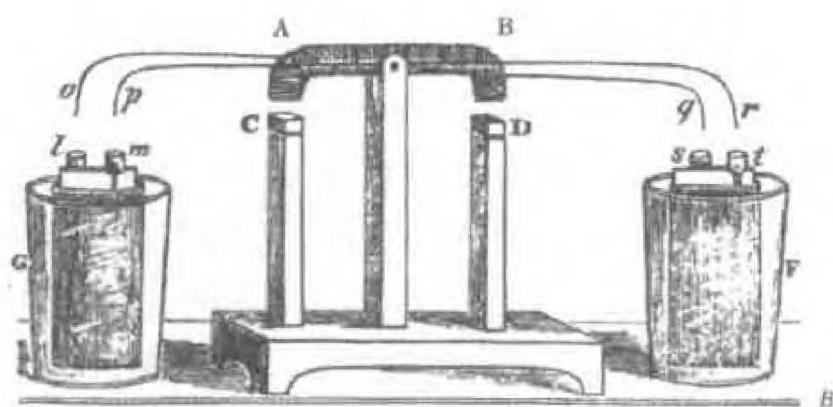
被用来驱动蒸汽机的自然力和电动机的自然力有着本质上的差异。这两种动力源的运作背后的科学理论——热力学和电磁理论——有着天壤之别。在与蒸汽机和电动机的开发制造相联系的技术界，从发明家到企业家都是不一样的。蒸汽机和电动机的实际用途并非总是一致，但常常是相同的。电动机携带便利，这一点蒸汽机不能比；反过来说，蒸汽机又远比电动机的功效大。最后还得补充一句，蒸汽机和电动机的社会及经济影响也不一样。就算承认了这些，我们还是有充足的理由说技术层面上的延续性是占上风的；第一批电动机的设计成功，得益于已有人造物品的要多，得益于科学理论的要少。电磁理论或许为电动机的设计划定了框框，但它并没有规定第一台电动机非要像蒸汽机一样工作不可。

晶体管

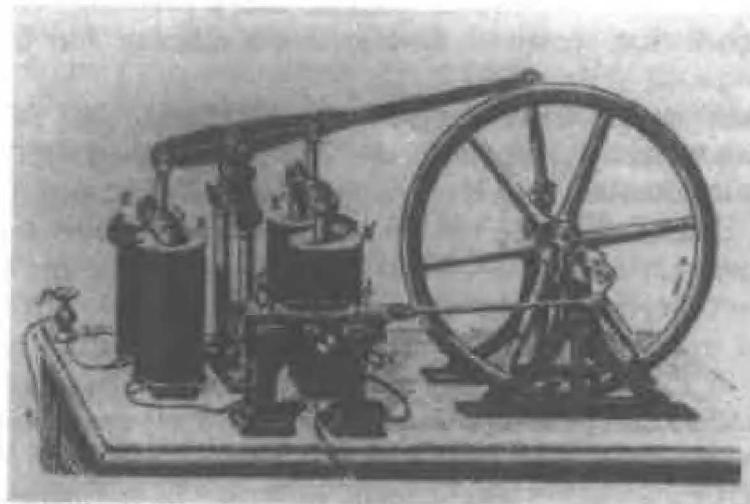
乍看起来，晶体管这种开创了新的电子时代的器件，似乎是持技术演变的革命论那一派人的理想依据。晶体管在著名的贝尔实



A



B



C

验室最先制造出来，它的发明必须有固体物理学方面原创性的理论工作和实验工作作后盾。它的发明者约翰·巴丁(John Bardeen)、沃尔特·布里顿(Walter H. Brattain)和威廉·肖克利(William Shockley)获得了诺贝尔物理学奖(1956年)。这些事实揭示晶体管是从突破性的科研成果中产生的，它不属于人造物长河中的一部分。

从用途的意义上来讲，假若认识到晶体管的近亲是真空管这一事实的话，那么它被作为延续性例子的地位又进一步削弱了。除了它们用途相似之外，晶体管和真空管的区别太大，以至我们很难称前者是后者的一个变种。晶体管既无真空、玻璃壳、栅极，也无热阴极。除了这一证据外，十分关注半导体器件历史的人宣称：晶体管是其源头可追溯到19世纪的“新电子器件连续链”^④中的一环。

在晶体管的发展史上追求延续性的工作可以从19世纪70年代费迪南德·布朗(Ferdinand Braun)的工作开始。这位德国物理学家发现某些晶体物质只在一个方向导电。在世纪之交，这些物质就被用到了晶体检波器中来探检电磁辐射。晶体检波器代替了早先的无线电波检波器，使现代的无线电波接收成为可能。

图2.5 A——詹姆斯·瓦特的转臂蒸汽机(1788)，B——约瑟夫·亨利的带臂电磁电动机(1831)，C——19世纪早期的转臂电动机。这三样东西形象有力地说明了存在于蒸汽机和首批电动机之间的延续性。每样东西中最关键的机械部件都是曲轴臂。纽可门将其往复式蒸汽发动机用来带动矿山抽水泵(图2.4)，瓦特将转臂机械部分稍作改进，使其在他的转臂蒸汽机上产生旋转运动。约瑟夫·亨利的电动机，从图中可见，电磁铁A和B被交叉吸引磁触到C和D时，其转臂就作一上一下的运动，使人联想起纽可门蒸汽机的往复式运动。而转臂电动机和瓦特1788年设计的蒸汽机一样，又将臂的往复式运动转化成旋转运动。转臂电动机还结合了蒸汽机的一些其他技术要素——活塞、汽缸、连杆及飞轮——使之成为瓦特蒸汽机真正的电力传动的翻版。资料来源：A·H·W·狄金森，马修·博尔顿(Cambridge, 1937), VI; B·W·詹姆斯·金, 19世纪电器技术的发展；电池和电磁铁(Washington, D.C., 1962), 第260页; C. 哈罗德·I·沙林, 电器时代的诞生(New York, 1963), 第174页。

配上耳机的晶体收音机成为第一台性能可靠的、普遍可利用的无线电接收机。它的主要部件是装有半导体(碳化硅、硫化铅或硫化钼)的一个座板和一根被称为“猫须”的、细细的、且易屈伸的金属针,这两样都是由布朗在实验中采用过的东西。只要小心地移动装在收音机内晶体上的猫须,使用者就可以找到产生清晰信号的灵敏区域。这种系统的缺点就是适当调整猫须的动作是要一试再试的,晶体收音机也不能放大外部来的信号;然而,晶体收音机使用了半导体作为通信的手段。

真空二极管和真空三极管的发明是由约翰·A·弗莱明(John A. Fleming, 1904)和李·德弗雷斯特(Lee De Forest, 1906)完成的,从而在20世纪20年代淘汰了晶体收音机。新的电子管,作为白炽灯丝灯泡生产的副产品,放大了收音机的接收信号,使扬声器的使用成为可能。当晶体检波器降级成为业余无线电爱好者和有志学习无线电接收基本原理的年轻实验者的手中之物时,真空管技术获得了飞速发展。

尽管在二战之后玩具晶体收音机已经从市场上消失,而在战前那些年里,电子学的发展已经激起了人们将晶体检波器用于军事用途的兴趣。在20世纪30年代,很显然真空管捕捉不到无线电短波,而晶体检波器却能捕捉得到。雷达的出现又重新激发了人们对研究可捕捉到这些微波的晶体的兴趣。点触式检波器就是这种研究的成果,它们比老的无线电接收器中用的材料要复杂得多。晶体材料要么是锗要么是硅,猫须探测器是用钨做的。

从锗微波检波器到第一台锗晶体管收音机的跨越既不是显而易见的,也不是容易的。它汇集了整个美国众多大学和工业界实验室一批批科研工作者的科技劳动。1947年12月,在贝尔实验室,这些工作者的集中攻关终于生产出了一只可用的晶体管。这一结果在次年发表的报告中是这样写的:“在晶体管收音机中,业余无线电爱好者熟悉的两个猫须或检波器式触点,都连接到半导体

上了”^③。

点触式晶体管的整体设计明显可以追溯到如无线电接收中用的布朗的第一个晶体检波器。当然,对检波器运作的理论了解在1947年时已大大深入,同样对材料的研究已深入到对预计可产生晶体管效果的所有晶体物质种类。此外,早期检波器用作整流器而晶体管是用作放大器的。然而尽管不得不承认有这些区别,人造物设计的延续性仍然未遭破坏。

一种有效的晶体管可以有不同的方法设计,它不一定是点触式。事实上肖克利紧跟着就发明了连接式晶体管并很快取代了原有的贝尔实验室的晶体管,为现代固体电子学开辟了道路。但第一个晶体管是点触式的,就使我们的基本定律——在人造物世界出现的任何新东西都是以已经存在的东西为基础——的可靠性大为削弱。

虽然晶体检波器对最初晶体管的设计产生了主要影响,其他力量,特别是真空管,也有助于为它的设计定型(图2.6)。因为晶体管被认为是用来置换电路中的三极管的,而且因为真空管制造商转向生产晶体管,特别是热发射电子管的特性都由晶体管承担。因此,集成电路的思路发展得很慢。传统的电子工艺偏重将各个不同的元件在底板上用导线连接起来,而不是像集成电路要求的那样将几个元件组合成一个组合元件。与此相似,真空管技术的例子是说服晶体管制造商对待半导体就像它们是微型的固体管。从电子管术语和实践中可资借鉴,两个晶体管的接触点和它们邻近的电路连接点,分别称为“发射极和集电极”,尽管它们实际上既不发射也不捕集。相似类比考虑极大地影响了晶体管制造商,使他们将产品神秘兮兮地封在一个玻璃封壳内或金属罐内。

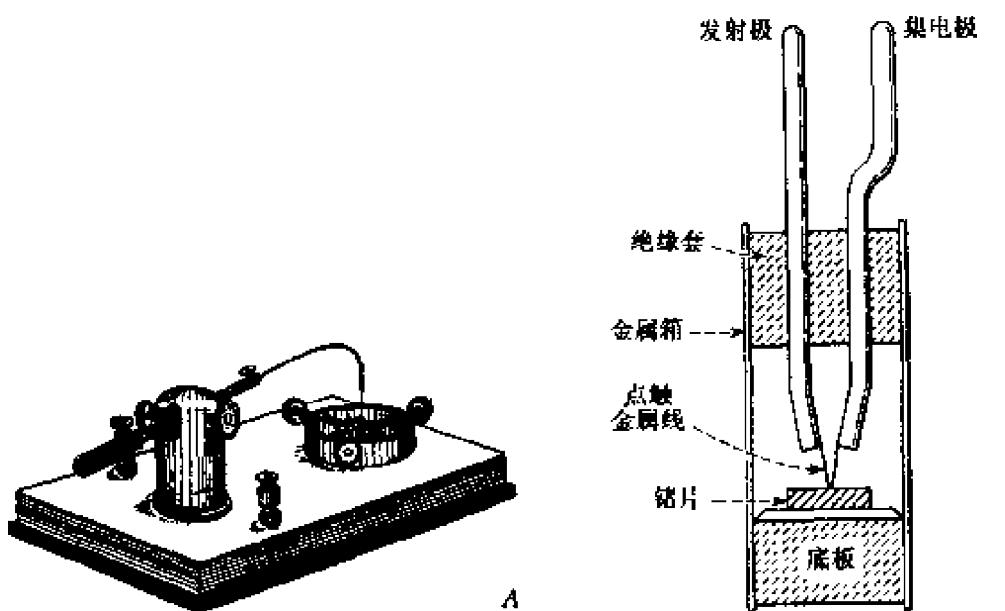


图 2.6 A——20世纪早期用于无线电接收机上的晶体检波器，装了金属的“猫须”很容易调到碰触晶体表面上的任何部位，并由三个定位螺钉牢面地定位。B——点触式晶体管工作原理简图(1959)。在晶体管收音机中，“猫须”已进化成“点触金属线”，好在两端与锗片表面相碰触，起到晶体同样的功用。发射极和集电极如图中所示，是从真空管专业词汇中留用的，对晶体管并不适用。资料来源：A·维维翁·J·菲力普斯，早期无线电晶体检波器(London, 1980)，第 207 页。B·约翰·N·夏夫，半导体器件的性质、物理原理和设计款式(New York, 1959)，第 177 页。

爱迪生照明系统

像我们已经探讨过的各种人造物一样，大的技术体系也表现出了变化中的延续性。在这里特别饶有趣味的是：托马斯·爱迪生注意到，由于一个体系内部的所有组成部分彼此相容，从而使整个系统就像一台大机器。假如一台蒸汽机的不同机械部件都经历过进化的转变，为何一个系统就不能同样是由集成在一起的部件构成呢？

1878 年在爱迪生开始集中精力于一项开创电力照明系统的计划时，欧美许多城市已经有两种不同的、但都行之有效的照明系统存在。一种是利用一个中央煤气厂生产的燃气提供照明。这种燃

气经由城市马路的地下管道输送到家庭、商店和旅馆里。在这些地方再由管道系统输送气到房间、过道等每个独立控制的照明点。另一种是利用电弧照明，其原理是，将两个连通到电路中的碳棒置于很近的距离时，就能照明。这种结果，可产生高达 1000 烛光的强烈白光，从而有效地给公共场所提供照明。这些公共场所包括街道、工厂、舞厅和剧院及礼堂。给这些弧光灯提供电力的发电场就设在上述房屋里，为这些灯的使用者所拥有和经营。单个的弧光灯是串联的，它们必须同时被打开或关上。既然这些弧光灯是用于公共场所照明的，这种安排未必不方便。

这两种照明系统都有其缺陷。煤气照明需要在室内燃烧有毒燃气，燃烧过后产生的副产品对该处带来污染，它只能产生 16 烛光的淡黄色的光（大约相当于现代 12 瓦的灯泡的亮度）。碳棒由于须在高温中使用，弧光灯往往闪烁不定，并且它们也释放出有毒烟雾。燃气灯对很多场合来说都太微弱，而弧光灯对一般的家庭和办公室照明来说，光线又太强了。

这两种系统还在大行其道时，爱迪生就决心创造一种基于电力照明的灯，它用灯丝照明，适用于家庭和商用房屋的照明。用他自己的话说，他的任务就是要将电力照明系统细分成可用于私人及半私人场合，而不仅仅只用于公共场合。了解了他的这一目标后，有人会想爱迪生可能会集中精力改进电弧技术，然而事实正好相反，他决定生产一种与燃气照明系统相类似的电力照明系统。

爱迪生深知弧光灯在室内照明时用途的局限性。因此当他在寻找一个可为他的新电力开发项目给以支持的企业界时，他选择了燃气业，这个行业 90% 的收入都是从提供室内照明中得来的。这一选择引发了第一座商业电站的建立。它是爱迪生于 1882 年在纽约市的珍珠街（Pearl Street）创办的。它也是在全世界将煤气照明系统模式引入电力照明系统的开端。

爱迪生的笔记本里记载了他就此最初展开的一些想法：“目

标：要达到完全模仿燃气所能做到的一切，这样就能用电力照明取代煤气照明。不用造一个大灯或一个组合灯，而要造具有煤气的温度和照明效果的小灯。”^⑩对爱迪生来说，电灯不单单是一种新的灯具。它能作为一种独立部件与其他物件，如发电机、电网、电表、连接点、开关、保险丝和照明辅助设施相连组成一个系统。这些构件的相类似物可以在煤气业成功的室内照明系统中找到。

爱迪生的照明系统的中枢是一个中央电站，它与电灯使用者的距离很远，能为部分城区的住所和商家提供电力。煤气从中央设施沿主要管道或称总管流向各处，爱迪生也采用铜线从中央电站向各处送电。电话、电报、弧光灯、火警铃的金属线都架在地面上的电线杆上，但爱迪生却把他的输电干线埋在地下。他反诘道：“为何人们不把水管和煤气管高高架起？”^⑪然而为了合法地在人行道下敷设输电线，爱迪生被迫使他的爱迪生电力照明公司遵守纽约州针对煤气业制定的法规。那时只有煤气公司才容许在城区街道上挖掘。

相似之处是很多的。和煤气灯照明系统相似，爱迪生的电力照明系统中的电灯用电线连接着，可以单独开关，彼此不受影响。就像每个寓所都装有煤气表一样，爱迪生要求他的系统要为每个用电场所安装独用的电表。这也是在很长时间内没有办法对用电量进行廉价、可靠的测量的情况下提出这一要求的。使用者自主经营的弧光灯照明系统是自家的，不用仪表测量。过去只有煤气——在某些地方还有水——用仪表计量。爱迪生在解释电流和煤气分别在电线和管道中流动遇到的阻力时将电压和煤气压力作了相似比较。一开头他的电灯泡以煤气灯具命名，叫做燃具(burner)，它也和一个煤气燃具一样设计亮度是 16 烛光。最重要的是，爱迪生仔细计算了建设、营运和维护这样一个系统的成本，以使电力照明可与煤气照明相媲美。

在爱迪生着手营造他的照明系统时，也有人提出了不同的电

力照明设想，但都仅限于理论探索的层面。例如，在1882年，一个著名的英国电力工程师提出了一个基于电弧灯模式的室内照明计划。它的核心是由每个家庭用煤气驱动的马达自己发电。另一个更具体细致的计划是呼吁在每家每户安装蓄电池，一座中央电站将在白天用高电压为这些蓄电池充电。在夜间发电站只为街灯供电，而家用蓄电池将为家庭照明提供低压电。爱迪生反对储存高电压的蓄电池的计划，他把它比作一种早期有人提议过的燃气照明系统，这种系统由廉价的小口径的管子泵送高压煤气，然后储存在家里的煤气罐中低压使用。他认为高压电对家庭造成的许多危险和高压储存燃气造成的一样。

爱迪生在拟订他的方案的所有细节时都是在物理可能性的容许范围内操作的，然而，科学定律单独并不能决定他的整个系统的整体设计。在为他的系统选择和组装构件时，爱迪生一直都把煤气照明的技术和成本放在心上。

在现代评论家看来，爱迪生的系统似乎是可以完成预定工作任务的明显途径。历史学家知道情况并非总是这样。爱迪生的解决方案对那些熟悉电力照明方面的科技成就的同时代人来说，肯定不是显而易见的。他们会认为，至多他是在从事一种头脑有问题的人的工作；或者，更坏一点说，他要么是在追求一种不可能有的东西的傻子，要么是一个骗子。

有一点更能说明爱迪生的非凡才能：他在开发他的电气化计划时，他有魄力和想象力在两种不相同的技术（燃气和电力）之间吸取可类比的东西。他已感到有必要寻求这类类比性，这正好为支持技术发展延续性的理论模式提供了额外的证据。爱迪生照明系统这个例子表明每个新技术系统都是从先前的系统中派生出来的，就像每种不同的新人造物一样，都是从过去已有的人造物中冒出来的。

带刺铁丝

既然每一种新人造物的出现在某种程度上都是建立在一种相关的已有人造物之上，那么当我们面临第一个这种产品的来源问题时，就会问：它是以什么为模型的？虽然那时没有早已存在的人造物，一系列天然物品（naturfacts）都可以作为开创技术进化过程的模型（models）。如：岩石、石头、棍子、嫩枝、树枝、树叶、贝壳、骨头、兽角和各种各样其他的天然物品，其重量、结构、纹理、形态和材料使它们成为适合作手边工作的现成工具。这种历史重构当然是推测性的，但考古学家和史前史学家发掘出的我们最古远的祖先的物质文明的证据，证明了它。他们已经发现有磨损痕迹的自然成形物，表明它们是被先民们用过的工具。在信手拾来的工具和人工制成形的工具之间形成的延续性是如此明显，以至于在很多情况下，要区分人造物和自然物都很困难。我们要记住的一点是：石器并不是突然冒出来的，而是慢慢出现的。

最初的天然物是怎样过渡到最初的人造物，在以往史前的迷雾中已无从稽考了。我们可以推想到的是，这一过程并没有留下详细的可考资料。然而，可以追寻到与我们年代相距更近一些的人造物从天然物中发展而来的历程。其中之一就是带刺铁丝这种在 19 世纪的美国发明的典型产品。

除了石器之外，带刺铁丝是我们在本章中要讨论的最简单的人造物。它由几段长铁丝绞合起来，再在上面间隔均匀地绑上与之垂直的短铁丝构成。短铁丝暴露的两端被剪切出一定角度，使它们成为尖刺或倒钩。将这类铁丝固定在桩上后，倒钩在栅栏的两边可以阻拦被关起来的牛跑出固定的界限；或阻拦四处漫游的牲畜啃吃被栅栏保护着的土地上的庄稼。这是一种简单、廉价而且又非常行之有效的屏障。

带刺铁丝的简单易制促使技术史家卡德威尔(D. S. L. Cardwell)提出:它完全可以在 19 世纪的中晚期之前就发明出来,比方可能在古希腊就可以做到。我们可以大胆地设想带刺铁丝不是古典时期的古董用品,而将其可能的发明时代提前到文艺复兴时期,因为那时拉铁丝就在大规模地进行了。可是这一时代提前也不会使卡德威尔的论点受损:他认为这样简单的人造物,就是一截铁丝扭弯而成的,本可以比它的真实发明时间早许多时候就能发明出来。带刺铁丝确实不是依靠科学知识,或一些复杂精细的技术工艺的完善才发明的。为何到了 19 世纪末期才在美国得以发明出来?或者说得更具体点,是什么决定性前提条件使三个男人于 1873 年在伊利诺伊州迪卡尔布(Dekalb)发明了带刺铁丝?

美国早期的殖民者们带来了他们在英国和欧洲大陆时在农用地上筑篱笆的传统思路。在多数情况下,这些篱笆是用石块或木头做的,这两样材料又恰是早期殖民地很易得的。只要居留点和农用地仅限于大西洋沿岸,这个筑篱方式就不会遇到麻烦,但在 19 世纪美国的疆域扩展到了西部大草原和平原地带。迁移过去的农民们发现那里木料稀缺、价值不菲,而他们的庄稼又需要保护。为了避免让牧牛人的牛群四处乱窜随意觅食,筑建篱笆很快就成了农民关注的焦点。1870 年至 1880 年间,这一地区的报纸上用于谈政治、军事或经济问题的版面还没有谈篱笆问题的版面多。

木制篱笆高得惊人的代价在某种程度上减慢了西进的速度。1871 年美国农业部算了一笔账:全国总计共用于筑篱的花费相当于国债,每年用于维修篱笆的费用超过了联邦、州和地方税收的总和。为了得到一种价格适中的产品替代现行的篱笆,人们迫切需要试制几种新篱笆。

有一种最成功的替代物就是在欧洲已广为人知,而在美国本地却并不普遍使用的树篱笆。在四处漫游的牛威胁庄稼的地区,用带刺植物构成树篱笆时,树篱笆的有效性会有增加。欧石南、牧

豆树属植物、仙人掌、玫瑰和各种刺槐类树都种过了，但桑橙树（Osage orange）似乎是筑篱的最好植物。

桑橙，或早期法国贸易商所称的“弧形树”（bois d'arc），是一种枝条上有明显刺棘的矮树。它可以长成较高的灌木。若将它们种成靠得很近的两排，并加以修剪，以便让下面的部分更好地生长，那么，三四年里桑橙就可以成为抵挡牛、马、猪侵害的“活的篱笆”。由于桑橙树原生长于得克萨斯东部、阿肯色及俄克拉何马的南部，然而在更寒冷一点的地带亦可生长，它被剪下的枝条在得克萨斯和阿肯色经培植，种子在那里经处理后被装运到北边的大草原各州去。在 19 世纪 60 年代和 70 年代，桑橙的种植成为一个兴旺但有节制的产业。仅 1860 年一年，1 万蒲式耳种子被运往北方。这足够生产 3 亿株桑橙树或 6 万英里树篱。

人们曾一度认为，无法穿越的带刺的桑橙就是解决筑篱问题的办法。但就算是像桑橙那样坚硬管用的树篱，也存在一系列的麻烦。它们长得慢、不易移动，给邻近的庄稼投上了阴影，侵占宝贵的生长空间，为杂草、病毒和昆虫提供了庇护所。

不管这种带刺树篱特别是弧形树有什么缺陷，它都为即将给西部做篱笆的极为成功的带刺铁丝树立了一个榜样（图 2.7）。桑橙不仅是一种“活的篱笆”，它还是一种“活的带刺铁丝”。只要仔细观察桑橙的树枝，就能体会到这个论断的真实性。桑橙等长的长硬刺，间隔均匀地垂直依附在树枝的表面，以螺旋式的方式均匀地环绕着树枝。这样，在工厂制造的带刺铁丝的设计样式和机械匀称性已受到了桑橙的枝条自然形态的预先影响。

除了树篱笆外，在西部木材缺乏地区平丝篱笆也曾被使用过。铁丝售价便宜、运输方便、安装也便捷，它不产生阴影、不藏害虫，它也可以很容易地被移到新的地界上去。但不妙的是，它对喜欢横冲直撞的牛几乎一点约束力也没有，甚至在柱之间绑上一根根铁丝也没用。最好的篱笆似乎是一种能结合铁丝和“活”篱笆的最

优特点的篱笆。

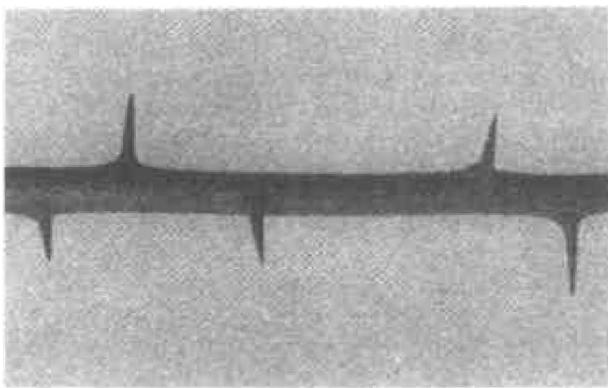


图 2.7 一截桑橙树枝,它的刺大约有半英寸长,每隔 1~1.5 英寸一根。在一截现代铁丝篱上,金属倒刺是 1.5 英寸长,并以每 5 英寸的间距分布。

1868 年迈克尔·凯利 (Michael Kelly) 在为他的一种改进了的新型筑篱方式注册专利(专利号 74379)时,心中就已经有制造这种结合体的想法。“我的发明,”他写道,“为铁丝篱笆注入了相当于一种有刺树篱笆的特点,我乐意把这样筑建的篱笆称为一种带刺篱笆。”^⑧ 凯利使用一种镶有钻石形状、且隔 6 英寸距离有一片薄金属“刺”的单根铁丝。带刺铁丝篱笆公司在 1876 年成立,生产的是凯利的发明物,但当时伊利诺伊州迪卡尔布生产的带刺铁丝已经主导了市场。

凯利的篱笆是几十种带有刺或倒钩的篱笆样品中的一种,这些篱笆在 1840 年至 1870 年间有些被授予过专利。在 1873 年前这些早期的努力没有一个生产出商用产品并用于农场上,所以发明带刺铁丝的荣誉反倒被推到 3 个设计、制造和销售第一批带刺铁丝篱笆的迪卡尔布公民身上。

伊利诺伊州的迪卡尔布坐落在大草原的边缘,人们极有可能发现那里会有对设计新式篱笆感兴趣的人。迪卡尔布的农场主和机械师很清楚,在西部广阔的无树地带需要廉价的、有效的筑篱方式,这些地区的人们乐于利用任何满足这一要求的革新。

1873 年,在迪卡尔布县的交易集市上,亨利·M·罗斯 (Henry

M. Rose)展示了一种工具,它可以附加到当时已存在的圆滑铁丝篱笆上,以阻拦野牛冲垮它们。这个小附件是一块木头,1 英寸宽、16 英寸长,有长长的角钉钉入其中,尖锐的钉尖在木块的表面冒出(专利号,138,763)。罗斯的篱笆附件引起了三个来赶集的男人注意,他们是:雅各布·海斯(Jacob Haish),一个生于德国的伐木工;伊萨克·L·埃尔伍德(Isaac L. Ellwood),一个五金商人;约瑟夫·F·格利登(Joseph F. Glidden),一个农民。他们三人每人在看完罗斯的展品离开时,都相信自己可以制造一种更好的篱笆,办法是使罗斯的展品成为铁丝篱笆的一个组成部分。他们做成功了,并且率先大规模生产带刺铁丝。格利登和埃尔伍德联手创立了一家生产带刺铁丝的工厂,海斯作为竞争对手建立了另一家(图 2.8)。

1874 年,刚刚起步的带刺铁丝行业共生产了 1 万磅的带刺铁丝用来筑建这种新篱笆。市场对带刺铁丝的反应是如此有利,以至在几年之中,带刺铁丝就由一节节列车车皮从工厂中源源不断地运出:1875 年产量是 60 万磅,1877 年是 1286.3 万磅,1880 年是 8050 万磅。

迪卡尔布的发明家们对树篱笆都很熟悉,其中海斯又对桑橙的重新利用特别有兴趣。在 1881 年他回忆他与这种植物最早接触时的情景:

在 60 年代晚期和 70 年代早期,种植柳条和桑橙籽的热潮正一浪高过一浪。我从得克萨斯得到了一份桑橙种子,以每磅 5 美元的价格提供给我的一些顾客……我(一度)就想种桑橙种子,当它长到适当高度时把它们砍下编进圆滑铁丝和宽篱笆中,作为抵挡牲畜侵害的保护措施。^⑨

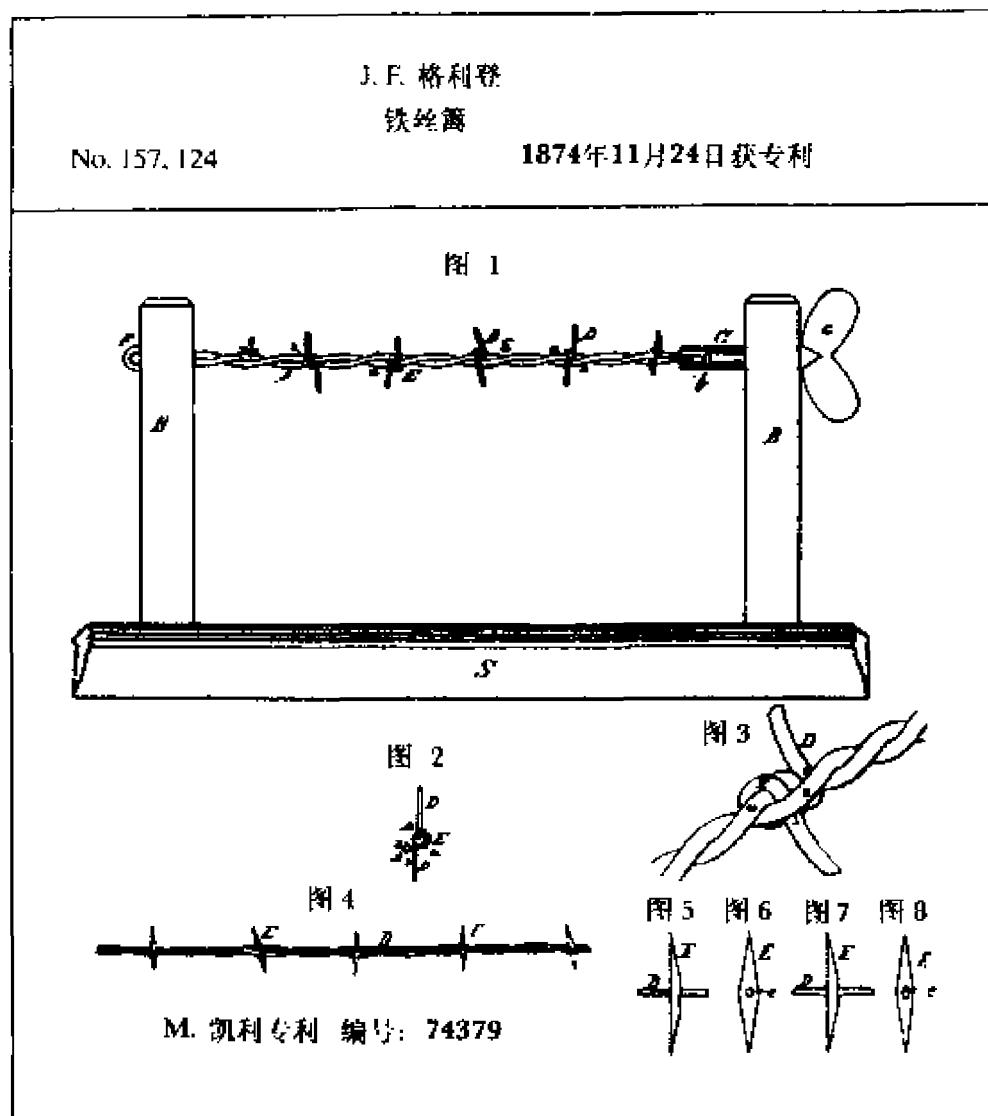


图 2.8 约瑟夫·F·格利登的倒刺铁丝以及麦克尔·凯利的带刺篱笆(1868)的专利草图(1874)。凯利的篱笆如底图所示,是由两根扭合起来的金属丝构成,并形成一根带平头金属刺的金属绞线(图 6)。格利登的金属丝,是有史以来最受欢迎的倒刺金属丝之一,它由两股金属线拧成,其上盘绕着金属倒刺,并等距离排列(图 3)。图 1 描绘了一个可以转动并在拧紧时可以紧固篱笆的锁销。资料来源:亨利·D·麦卡勒姆和弗朗西斯·T·麦卡勒姆,西部铁丝图篇(Norman, Okla, 1965),插页第 81 页。

带刺铁丝是一个杰出的发明,它给美国和世界其他地方的筑建篱笆的方式带来了革命性的变化。它也便利了西进运动,把工业革命的成果带到了农场,对农业和养牛业以及战争和监狱管理产生

了深远影响。尽管它的设计很简单,它在制造业历史长河中属出现得较晚的人造物。它是天然物被转化成一种人造物的一个近代例证,表明甚至是最简单的人造物也有其鼻祖,带刺铁丝并不是一个人偶然以某种独特方式扭曲和截断了的一根铁丝。它是在有心的尝试中借用了一种可以用来作为抵挡牲畜的结构形式而产生的。

写书机 (book-writing machine)

如果说属物质文明范畴的人造物是借鉴其他人造物,或在某些特殊情况下是借鉴自然物 (Naturfacts) 而制造的,那么我们在作家和艺术家创造的虚幻世界里遇到的假想机器又是从何处来的呢?这些东西纯粹是艺术想象的产物呢,还是也能将它们置于我们已经在探讨的人造物长河中呢?对延续性这一论题的最后一个考验将企图解答这些问题,也就是通过对一个假想的机器,一个不存在或许也不能够在现实世界制造出来的机器作一番细致的考察。

乔治·奥威尔 (George Orwell)《1984 年》中的女主人公是一个在真理部小说局工作的年轻妇女。她用油腻的手拿着扳手维护一台可以大量生产受大众欢迎的小说的写书机。奥威尔没有详细描述这种奇妙的机器,但是奥威尔是从乔纳森·斯威夫特 (Jonathan Swift) 的《格利弗游记》(Gulliver's Travels, 1726) 中借来这一想法的。斯威夫特用语言对这种机器的机械构件、运行概况作了描绘,使读者有了一个大致印象。

里梅尔·格利弗 (Lemuel Gulliver) 船长航行到了一个名叫拉加多 (Lagado) 的国家,他被带到该国的艺术和科学学院参观。在那里的“设计家学院”(Academy of Speculators),人们让他看一台能写任何题材的书的大机器。没有多少智力、技巧和知识的一个操作员也能写哲学、文学、政治学、法律、数学和神学方面的书。这种机器有 20 英寸见方,由木块 [或像斯威夫特所称的骰子 (“模子”)] 构成。在

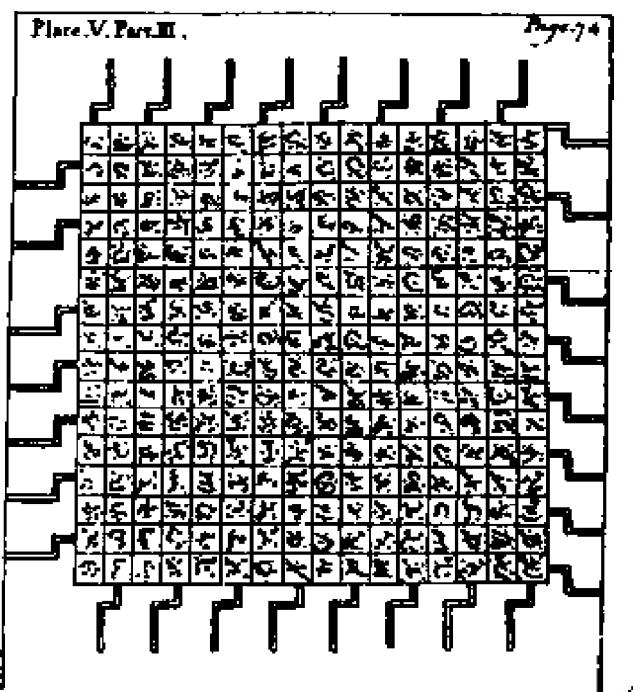
这些东西表面粘有很多纸条，这些纸条上有拉加多语言的所有词汇，在其两面各有一个单词。这些木块无论在何时转动，都能展示一组随机组合的单词，因为这些木块是由金属丝或杆整齐地彼此连接在一起的。旋转是借助铁柄或曲柄来完成的。铁柄或木柄从机器的框架的边缘伸出来。斯威夫特的文本中附带的插图描绘的是一个在机械学上无法操作的设备，但它是与作者所描述的东西相当接近的一个东西（尽管木块和柄都少些）。

在写一本书时，“作者”安排一个助手在每个曲柄旁边呆着。“作者”发出信号后，40个助手同时转动木块至少 90° ，这样就在机器的表面显露出一串文字。然后助手中的36人就扫视这样聚合在一起的文字，寻求可能出现的任何有意义的短语。其余的助手就把这些短语记录下来，曲柄再开始转动，这种过程一直重复延续到断句或短语填充了几个文件夹为止。以这些东西为依据，作者就可写一本书了。这种工具的发明者，明确地知道写书活动的机械化将丰富人文，故而寻求公共基金来造500台这种机器供全国使用。

斯威夫特对拉加多国的这种机器的讨论明显带有讽刺意味。他嘲讽的是机遇或巧合可以主宰智力活动，机器能复制人类心灵的活动这一类臆想。然而，斯威夫特的怪诞的机械装置的来源问题是个有待解决的问题。

有些文学家把写书机与17世纪建造的机械数学计算器联系起来。然而，这些装有齿轮、分度刻度盘和记录指针的计算器与钟表的机械原理是紧密相关的，与斯威夫特的笨重的旋转木方块相差甚远。但的确某些早期的计算器也是通过小小的金属曲柄来驱动的。另外一些学者指出，斯威夫特醉心于讽刺他的同代人试图创造一种普适语言——他仅仅只在印出来的词汇表之外加了一系列曲柄，这种词汇表是由开发一种普适会话的媒介的提倡者写的书里通常会出现的。对斯威夫特机器来源的后一种解释，因以下几个原因而不能令人信服。这些词汇是以二维而非三维方式呈现的，也从无迹象

表明普适语言词汇表印出的词汇有意要彼此分开，聚集于别的侧面上和重新再排列。然而显然有先于斯威夫特的机器的人造物先例被忽视了——也就是说，儿童的字母块，它们能以某种方式运作而拼出简单的词汇（图 2.9）。

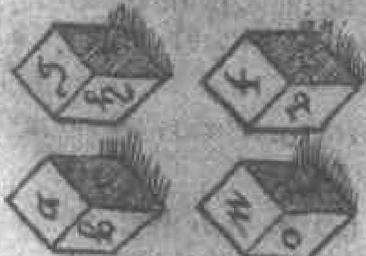


44. A ready way for children to learn their A,B,C.

Cause 4 large dice of bone or wood to be made,
and upon every square, one of the small letters
of the crois row to be graven, buring some bigger
shape, and the child using to play much with them,

and being always told
what letter chanceth,
will soon gain his Al-
phabet, as it were by the
way of sport or past-
ime. I have heard of a
pair of cards, whereon
most of the principall

Grammer rules have been printed, and the School-
Master hath found good sport therewith his
schollers.



在伊丽莎白时代，英国字母表的不同字母被刻在立方体木块或象牙块上，用它们来教孩子们学会字母表，在 17 世纪，当哲学家约翰·洛克(John Locke)向小孩子推荐“有字母在上面的骰子和玩具”^⑩以便他们边玩边学字母表时，这些教育玩具被赋予了新的重要意义。到了 18 世纪，所有单词都被写到一张张纸片上，粘到一条条木块上或“模子”上，然后用它们来教拼写。这些教育用的人造物构成了斯威夫特发明写书机的背景。

在斯威夫特的想象中，他拿来字母木块，把词粘到它们的表面，利用机械手段把它们组装，于是就可以随意产生短语了，就像孩子们整理字母木块来拼写出单词一样，机器也能组合单词块以构成破碎句子。字母木块不仅为斯威夫特的工具提供了恰当的机械要素，而且也通过强调拉加多的发明的幼稚，而增强了这种嘲讽的效果。

就算是在运用这一文学想象，乔纳森·斯威夫特也已受到了已经存在于物质世界里的事物的影响。写书机的真实情况和所有虚拟的设备的真实情况一样，不管它们是科幻小说作家、工程师还是发明家们的技术梦想，就像虚构机器在现实世界中的对应物一样，它们都遵循了延续性发展的轨迹。

非延续性论断的由来

尽管有反面例证来驳斥发明是少数天才给技术带来的革命性

图 2.9 A. 拉加多国的写书机。插图中的每一个方块代表一个四面刻字的木块的一面。曲柄每转动一次，就会露出一串词，里面可能夹杂着一两个有意义的短语。请注意这些方块是要围绕两根互相垂直的轴转动的！斯威夫特并未说明这一机械难题的解决方案。B. 儿童用字母块。这种字母块在维多利亚时代的英国很常见，所以它们极有可能就是拉加多国写书机上木字块的先祖。资料来源：A. 里梅尔·格利弗[乔纳森·格利弗]，世界偏远国度游记(London, 1726)，第 74 页。B. 休·普拉特，艺术与自然宝库(London, 1653)，第 42 页。

大变动的结果，但也有大量支持这种说法的例证。这种观念的由来有三个层面的原因——关键性的先有的同类事物缺失或不为人知；发明家作为英雄的形象出现；技术和社会经济变化的混乱。

考虑到技术和技术发展的特性，发明家和公众都喜欢遗忘，或有时甚至故意贬抑关键性的先有的同类事物的功劳。惠特尼的第一台轧棉机与印度的手纺车极其相似，但这种相似在轧棉机很快进化到近代模式的时候就消失了。很少有人意识到现代汽车的形式、结构、制造方式的重要特征是从自行车中借鉴过来的，尽管第一批汽车只不过比四轮自行车更复杂一点而已，亨利·福特称他的发明为四轮车——只不过它是由汽油机作动力的。与此相似的是，极少人意识到现代电子表与最古老的机械钟都是用同一种独特的时间计量模式——把时间间隔分割成均等的分散时间单位或节拍(beat)（时隔）。在机械钟里这一功能是通过摆轮实现的，在电子表里一个振动的石英晶体做了同样的工作。虽然这种把时间分成拍的办法并不是唯一计量时间的办法，它却是这么做的第一个成功的方法，并一直保留了下来。

先例丧失或无人知晓自古以来都存在。创造使发明家成为英雄的神话，却主要限于最近 300 年。在 18 世纪以前，发明家并不因为他们的贡献就一定获得特别承认。早期技术的历史大致是一个匿名的历史，间或夹杂着少许杰出人物的名字。

我们称之为工业革命的那段社会和经济的大变革，使无数的发明家的名字变得人尽皆知。人们承认他们构想出了促进当时经济、社会和文化领域进步的富有创造性的机器。与军事和政治领袖享有同等地位的发明家，现在被描绘成与社会惰性作斗争的浪漫的传奇式英雄——他与强大的自然力相抗衡，把技术的礼物馈赠给人类。

在此时期，赛缪尔·斯迈尔斯(Samuel Smiles)写了很多著作，颂扬英国工程师们的生平和工作——因而建立了一种后来广为采用的

文学体裁——畅销的发明家传记。第一届国际工业博览会，以1851年的水晶宫博览会开头，把机器和它能生产的产品陈列展览，为的是向普通民众提供教育和娱乐。一个在那个时代为美国的基督教杂志《审查人》(Examiner, 1869)写文章的人写道，当所有诗人、哲学家和神学家都有一种“悭吝小气，渺小无力”的倾向时，所有发明家却都“行为英勇，气宇轩昂”^①。很显然，这时还不是从发明家业绩的单独计分中扣分的时候。因为英雄事迹大多与革命二字扯在一起，对技术变革的进化论解释，此时还不会有很大的感召力。

19世纪仍持技术发展基本上是非延续性的这一论点，民族主义也起了作用。同样给工业进步添彩的展品，和使之成为可能的人们，也通过一种奖励制度检验各国工业的相对增长，这种奖励制度给那种取得了最大的工业生产成就的国家带来了巨大的荣誉。在历史上技术成就因素首次被包容进了鉴定一个国家在世界上的地位的评鉴体系。技术成为国际关系和国际竞争的一个要素。

假设这种技术与国家利益和声望相联结，爱国主义自豪感就决定了有关技术发明的沙文主义的历史叙述是必然的，这种历史叙述把最重大的发明的功劳都放到本国同胞们身上，并由别国的少数人传播到四面八方，不管这些发明家们有多么聪明能干。一种奇怪的现象就这样产生了：一个民族英雄似的发明家很少在另一国受到承认。举一个著名的例子来说吧，发明“白炽灯泡”的“发明家”是英国的约瑟夫·W·斯旺爵士(Sir Joseph W. Swan)、美国的托马斯·A·爱迪生、俄国的洛德金(A. N. Lodygin)。同样地，俄国人认定发明无线电报的是波波夫(A. S. Popov)，而西方人对此提出了诘难，他们指出吉利尔莫·马可尼(Guglielmo Marconi)才是此物的发明者。总之，地方主义限制了对别国技术专家所做过的工作的承认，使人们把注意力集中于靠英雄似的国人独立劳作所干出来的、再度(de Novo)出现的发明上，并且促使人们支持技术变革的革命说。

专利制度是另一种为支持和传播非延续性论断推波助澜的现

代手段。专利是工业社会用来报偿和保护技术革新家们的法律手段。在其执行过程中，一项发明与它的发明者一一对应，它与已存在的人造物的联系就被模糊化了。所有专利法都建立在这样一个假设之上：一项发明是经法庭确认，由其法定创造者所创造的独立的、全新的实物。这样，专利制度就将人造物的长河截断成为一系列独立实物。

在资本主义社会，专利所有人可以利用专利来为自己的经济利益谋利。因为金钱、社会地位和自我满足都受到威胁，陷入专利纠纷的当事人会不惜歪曲事实来保护他们独创性的合法地位。例如，塞缪尔·莫尔斯（Samuel F. B. Morse），倔强而不顾事实地抵赖说，他未从物理学家约瑟夫·亨利那里学到任何东西来开发电报术。伊莱·惠特尼在捍卫他对轧棉机的专利权时，声称从未见过改进后用于清理短绒棉的滚动式轧棉机。（然而，他未宣布他从未见过无疑给过他影响的更古老的手纺车。）。甚至托马斯·A·爱迪生也难免在争取对电影器材发明权的认可时，说些可疑的话。这就是假装不知，硬是把一个明显基于具有延续性的现象说成不延续性的制度所导致的结果。

在授予一项专利时，不仅仅只是政府给予了它的首创者单独享有利用它的法律权力。专利还给发明者带来社会的承认，缩小了他的发明得益于过去已有成就的成分，这是鼓励掩盖它与更早的相关人造物的联系网来达到的。

最后一个使技术变革的革命论得以解释的缘由是，将技术与其社会和经济衍生物混淆起来了。最好的例子莫过于工业革命这个名称了。在 19 世纪早期，它是指一系列改变了工业生产方式的重大发明。这场革命被推想成是在技术领域最先产生，然后蔓延到工业领域。这种意义在像“第二次工业革命”和“第三次工业革命”这样一些短语的现代用法中仍保留着，它们分别指的是由于电子学和计算机的导入而给工业生产带来的根本性变革。另有第二层意思

使用范围更广，指的是技术给社会带来的重大变化带来了这种工业革命。弗里德里希·恩格斯(Friedrich Engels)写道，一场革命在英国已经“改变了中产阶级社会的整个结构”^⑩。我们从第一个定义出发来理解技术——工业革命是革命性的，从第二个定义出发，它是社会经济的变革，是革命性的。因为在当前使用这些词汇时，这两个定义都出现了，所以我们永远无法确定革命到底发生了什么。

19世纪和20世纪早期的工业变革，从它们影响了英国人民的生活和命运这一点上看，是真正具有革命性的。然而，机器和推动它们做功的蒸汽机，是在技术中产生的革命性变革的结果。它们两者都不是与过去断然分离的。这些技术发展的经济和社会后果，在另一方面影响是如此深远，以至改变了整个社会秩序。

社会经济领域的重大变动大多时候总是被曲解为是技术中革命性变化的象征。在英国建立的第一个工业社会的变化之大令人完全忽视了它的建立所依赖的技术延续性，促使人们永远认为技术是通过从一个伟大发明向另一个伟大发明跳跃式前进的。

将技术与其后果混为一谈、英雄式的发明家的神话、物质进步的观念、民族主义和专利制度一起更进一步地推进了对技术变革的非延续性的解释。只有仔细研究了人造物后，才能暴露这种观点的缺陷和延续性观点的合理性。

结 语

在评价延续性观点更广泛的含义时，我们必须谨慎，不要说发明是不可避免的，也应免谈人造物的长河完全是自我生成和自我激发的。只要想想曾有过手纺车，就可以说惠特尼的轧棉机并不是在1793年就注定要出世的。在18世纪最后10年，美国南方社会、文化、经济和技术的力量汇合到一处，要求生产一种更好地清理短绒棉的机器。换个环境，若棉花不是一种人们渴求的纺织品原材料，

或廉价劳动力十分充足的话，就不会激励人们寻求一种新的轧棉技术。对产生一个带来强烈的社会和技术震撼力的革新来说，一个有才华的发明家和一个恰当的先例是必要条件，但不是充分条件，新的轧棉机并不一定非得以手纺车为蓝本。不按惠特尼机器机械工作原理工作的轧棉机也有可能被开发出来。延续性需要人造物的先例，但并没有规定在人们寻求一种答案时，某种特定的人造物必定扮演先例的角色。

在大多数情况下，先例就存在于寻求革新的那种技术的同一领域中。惠特尼吸收了手纺车的特点；带刺铁丝的设计者们受到了有刺树篱笆的启发，而发明电动机的人转向蒸气动力寻求指引；爱迪生深入煤气照明领域为他的电力照明系统寻找模型。

功能方面的要求一直都对选择一种恰当的先例有强大的影响力，而且因为功能性完全可以割断已有技术界线的樊篱，充当先例的技术最初看上去并不一定总是明显可作先例的那种东西。机械收割机(1780—1850)的发明就是这种情形。

最早研制机械收割机的尝试失败了。人们本来是想模拟长柄大镰刀割庄稼时舞动的动作或模拟剪子或大剪刀剪断东西的动作。但将大规模机械收割引入英国农场的麦考密克收割机，却使用了一种摆动的、锯齿状的刀片来锯断庄稼梗。麦考密克的机器模拟了很古老的手镰的动作。这种手镰的锯齿状刀片在使用中以锯的动作来切断庄稼秆。在每一种情形中，长柄大镰刀、剪子和小镰刀这三样人造物分别作了切割装置的摹本。如实际发生的那样，最明显的选择(长柄大镰刀)实际上最不能满足机械收割机的功能要求；而最原始的工具(小镰刀或手镰)却为收割的机械化开辟了道路。

本章中论述的人造物延续性的证据，并不否认惠特尼、瓦特或麦考密克对已有技术方案不满意而欲另求新招的事实。在此强调的是这种追求的延续性的本质，接下来的两章将考察技术专家追求新产品的心理、智力、社会、经济和文化方面的动因。假如进化中

的变革注定要出现,那么新产品将一定会以某种方式在具有延续性的同类物品中找到自身存在的理由。

第三章

创新(1):心理因素与知识因素

导　　言

任 何一种文化中的物质用品都具有多样性的特征。这证明只要有人类的地方都能见到创新。假若事情不是这样,严格的模仿就成了金科玉律,每一个新的人造物都将是某些已有人造物一模一样的复制品。在这样一个世界里,技术将不会进化,物质商品的范围会仅限于最早的人类所使用的少数天然物。

如果我们接受人造物多样性是人类社会的普遍现象的假设,我们也必须承认人造物在某些文化中比在另一些文化中更复杂多样。一个极端的例子就是,美国现在每年发布 7 万件左右专利,而另一个极端的例子是,澳大利亚土著或亚马逊盆地当地居民的工具和器具库里的东西少得可怜,几个世纪都很少变化。

我们怎样才能解释新事物产生速度的这种差别呢?我们怎样才能弄清任何一种文化中新颖事物的来源呢?回答这个问题是个不小的任务。对革新的研究充满了混乱的互相矛盾的资料、理论和推论。因为对西方世界新产品是如何涌现出来的这一问题没有一个定论,我们也无法指望找到理解我们过去的技术革新活动的可靠指南,更不要说理解与我们的文化差别极大的文化及其历史上发生

的事情。

人们普遍赞同技术革新的进程是与心理因素和社会经济因素交互作用同步的。过分强调心理因素则导致了发明天才论的出现，在此种理论中少数天才人物的贡献被摆到显著地位。对社会和经济因素过分重视会产生一种完全决定论的解释：认定一种发明是那个时代的必然产物。除此之外，有人还想提出一种能够将任何领域的心理、社会和经济的因素完全整合的理论，但这种对革新的令人满意的整体解释与其说是实事求是，不如说是一种理想，因为探索革新思想的形成过程比确定社会经济对革新影响还要难。

在以下的讨论中，我们试图在心理因素的内在性和社会经济因素的外在性之间保持平衡。我们不准备讨论对创造力源泉的心理研究方面的发现，因为这方面的材料与技术进化理论并非密切相关。

本章在讨论影响创新出现的心理因素时，也考虑了知识在技术革新中扮演的角色。下章将集中考虑那些鼓励寻求解决技术问题新途径的社会经济和文化的力量。这种为分析方便而拟定的安排并不能严格遵循。在很多情况下，几个因素协同促进了创新的产生。

本章和下一章的论点中渗透着一个假设，即发明潜在在人类历史上是人皆尽有的。只不过有些人比别的人更具有发明的技巧，有些文化更能发掘他们之中的革新潜能。在某些文化中发明能力更强烈地表现在创造新颖物质商品之外的事情上，但没有证据支持某一民族或种族在创造性方面有长久的垄断能力这一论调。

当现代西方人遇到某一民族的物质文明的多样性不及他们自己物质文明的多样性时，他们总喜欢暗中比较长矛与来福枪、草房和摩天大楼、树皮船与飞机，以此来证明原始心灵的低劣性无法促进物质文明的进步。一个更合理的解释应该是，有些社会的生活方式使人们并不看重技术变革及其产物——人造物的多样性。这其

中的例子包括蒂科皮亚岛人 (*Tikopia islanders*) 和波利尼西亚岛民 (*Polynesian islanders*)。人类学家雷蒙德·弗斯 (Raymond Firth) 在 20 世纪 20 年代末期研究过他们。

蒂科皮亚岛本身没有矿产资源, 石头也很少, 也无粘土用来造房或制陶。从贸易中得来的植物纤维、木头和一点铁用于制作小舟、衣物和工具。蒂科皮亚岛人表现出对技术变革漠不关心。弗斯发现他们对制造新东西或改进制造旧东西的传统方法毫无兴趣。虽然他们承认白人的人造物高级, 但他们对外国的技术成功并不钦羡, 也不想去赶超。

蒂科皮亚岛人并非受到宗教或魔法的阻挠才不肯接受西方技术。他们公开进行金属工具、欧洲布匹和珠子项链的贸易, 并且引进粮食作物。他们也不是不会调整外来技术, 使之适用于他们的目的。他们把西方木工的钢刀刃装到当地用的锛子中, 借用一个手摇曲柄钻, 钻出孔来造他们的小船, 把西方人丢弃的牙刷柄改制成耳坠。简而言之, 虽然蒂科皮亚岛人表现出有发明潜能, 但他们缺乏抱负或兴趣去满怀热情地追求技术创新。处于一个对既定规则和方式完全认同的高度统一的社会里的这些人, 没有动力去追求技术进步。以西方的标准衡量, 蒂科皮亚岛人在技术上是停滞不前的; 从他们自己的价值体系出发看问题, 技术与他们的文化的其他东西是恰到好处地相安无事。

幻想、游戏与技术

在处理技术发展的传统方法中, 探究创新的活动始于寻找、发掘造物者 (*homo faber*, 作为制造者的人), 并进而证明寻求生活必需品的不同途径必然导致人造物的多样性。与此相反, 我们寻找游戏者 (*homo ludens*, 游戏的人), 他们被引入讨论创新的话题, 然后我们将考虑游戏的角色如何作为技术革新的源泉。

不少评论过技术变革的作者已经承认游戏的重要意义,并且评论发明这种游戏时从中得到的乐趣——还不考虑它可能带来的任何经济或社会效益。发明家们解决他们遇到的难题,征服摆在他们面前的挑战,绞尽脑汁对付自然和人类中的竞争者以赢得游戏,并从中获得了很大满足。

一种信不信由你的因素统治了游戏,所以我们将重视幻想的角色,然而,幻想是如此宽泛的一个话题,以至于我们将把要讨论的内容分为三部分:技术梦想、无法造出的机器和普通幻想。

技术梦想

不论是文艺复兴时期,还是在今日,技术梦想都指技术人员出自幻想产生的机器、技术建议和技术假想。它们反映了技术专家们意欲超越技术禁区的倾向。类似的虚拟创造使我们得以瞥见人类丰富的想象力,也让我们理解了西方技术创新的源泉之所在。传统习惯将技术专家描绘成一个受功利的眼光支配、有理性、讲实用、不动情的人,技术梦想却向这种认识发出了挑战。

从技术人员心里冒出的**技术推想**是我们所举的第一个游戏性创造的例子。技术推想中大部分完全是在可能性的界限之内相对保守的尝试;可能与现有技术仅一步之遥。然而,恐怕大多数此类推论永远也不会真的去实施(图 3.1)。因此,可以把这些推想当作建立在广为人知的技术主题之上的想象训练,或高雅的变体。因为这些能工作的设备和器械大都是以书本上插图的形式存在的,它们不仅是最先孕育它的技术专家的梦想,而且也是那些能欣赏且愿意跟着研究和学习他们所提供的有创意性解决方案的人们的梦想。

自文艺复兴以来,机械类著作的内容给我们提供了一个全面评价首批近代技术专家梦想的极好机会。在 1400 年和 1600 年间,大量附有精心绘制插图的此类著作在德国、法国和意大利出版。

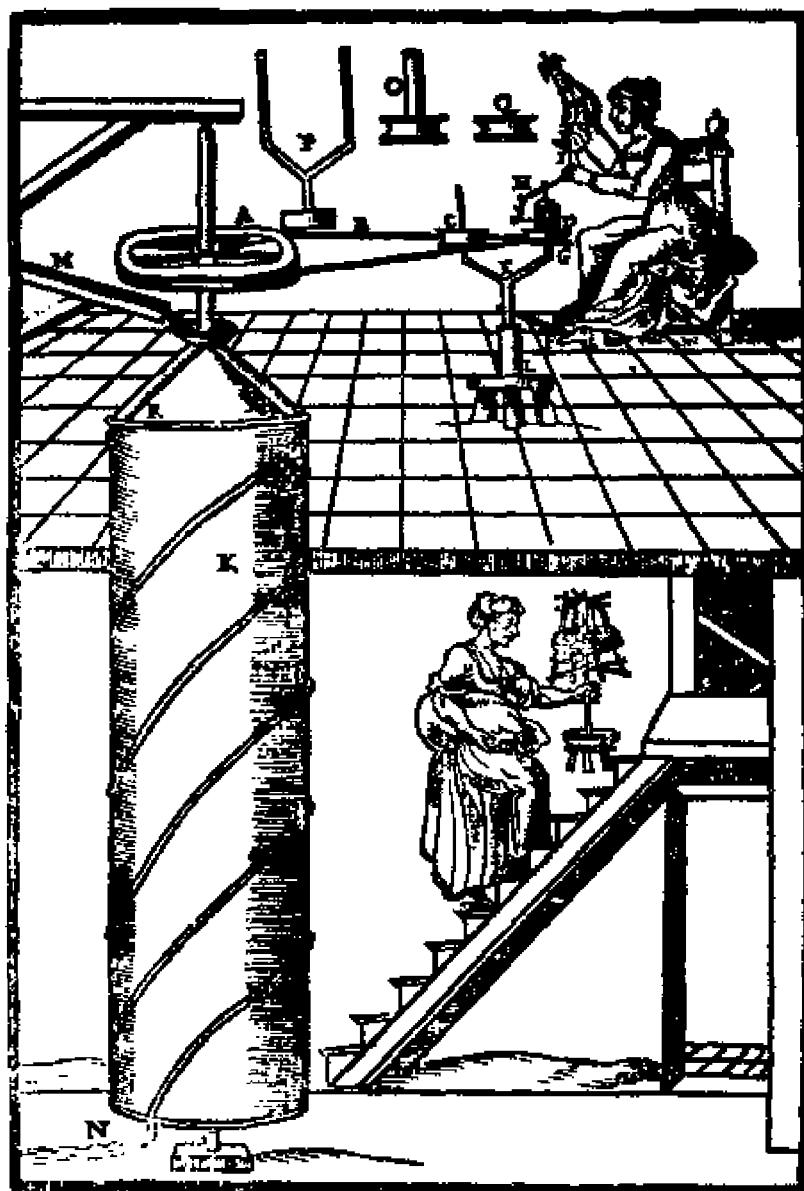


图 3.1 水力纺车。纺车由从渠道 M 流入管道的水带动，管道将螺旋式地围绕圆筒 K 旋转。这种机器最初出现在乔维里·布兰卡 1629 年写的书中，它让我们能确认其可以搓线，纺线，绕线团。他并未解释为何需这么大的功率，如此有创意的这台设备仅仅被用来带动手纺车（纺轮），而过去通常是用一只脚踏板驱动手纺车工作的。资料来源：征得 Macmillan Publishing Company 同意，引自阿历克斯·G·凯勒，机器大观，第 32 和 33 页，1964 年，版权归凯勒所有。

其中有些在性质上是描述性的，准确表达了当时的技术实践和诸如采矿业和冶金业人造物的情况。但其中有一组收集了成百上千

幅从已有机器中繁衍出的机器的图案,极具影响。这些书汇总的创新之物,当时虽未被造出来,但能以如此细致传神的笔触画出,将来说不定就真能造出来。《机器大观》(*Theatrum machinarum*)是给这些书冠的名,这是名符其实的,因为他们表现的技术是为取悦和教育读者大众而存在。

在《机器大观》中最流行的书是《各类独创性的机器》(*Le diverse et artificiose machine*),作者是阿哥斯蒂诺·拉梅利(Agostino Ramelli),一个法国的军事工程师。拉梅利的这本书在1588年首次出版后,在接下来的四个世纪中被不断重印、翻译,而且有部分作为蓝本。拉梅利所描绘的机器非常普通,但表现得如此纷繁多样,其机械构造又是如此富于天才的想象,以致他的著作的意义远远超出了供渴望求知的工程师们读的教科书和工作手册的意义。它是技术可能性的大荟萃。拉梅利展示了110种水泵(图3.2),20种谷物研磨机,14种用于破门和顶开铁栅栏的军用螺旋起重器,10种起重机——每种都各不相同。正如编辑拉梅利的著作的现代人尤金·S·弗格森(Eugene S. Ferguson)所写的:“拉梅利回答的是从未有人提出过的问题,解决的是除他或另一技术专家之外从未有人解决的难题。”^①

技术创新过剩当然并非经济需要促成。技术专家创造它们是因为从想象本身就能获得乐趣,即使不图其实用价值也图在可能范围内运作自如的乐趣。在这些机械学著作中描绘过的某些新机器装置后来被融合进了实用机器中,另有一些仍未被采用,但作为发明者之心智灵巧的证明,仅此足矣。

专利构成了技术梦想的第二组。这里把它们扯进来说需要费些解释:因为专利通常是授予那些已通过了专利局检验员审查的创新。总之,专利是技术潜力的更好的代表;也就是说,并不能很好地代表技术实情。

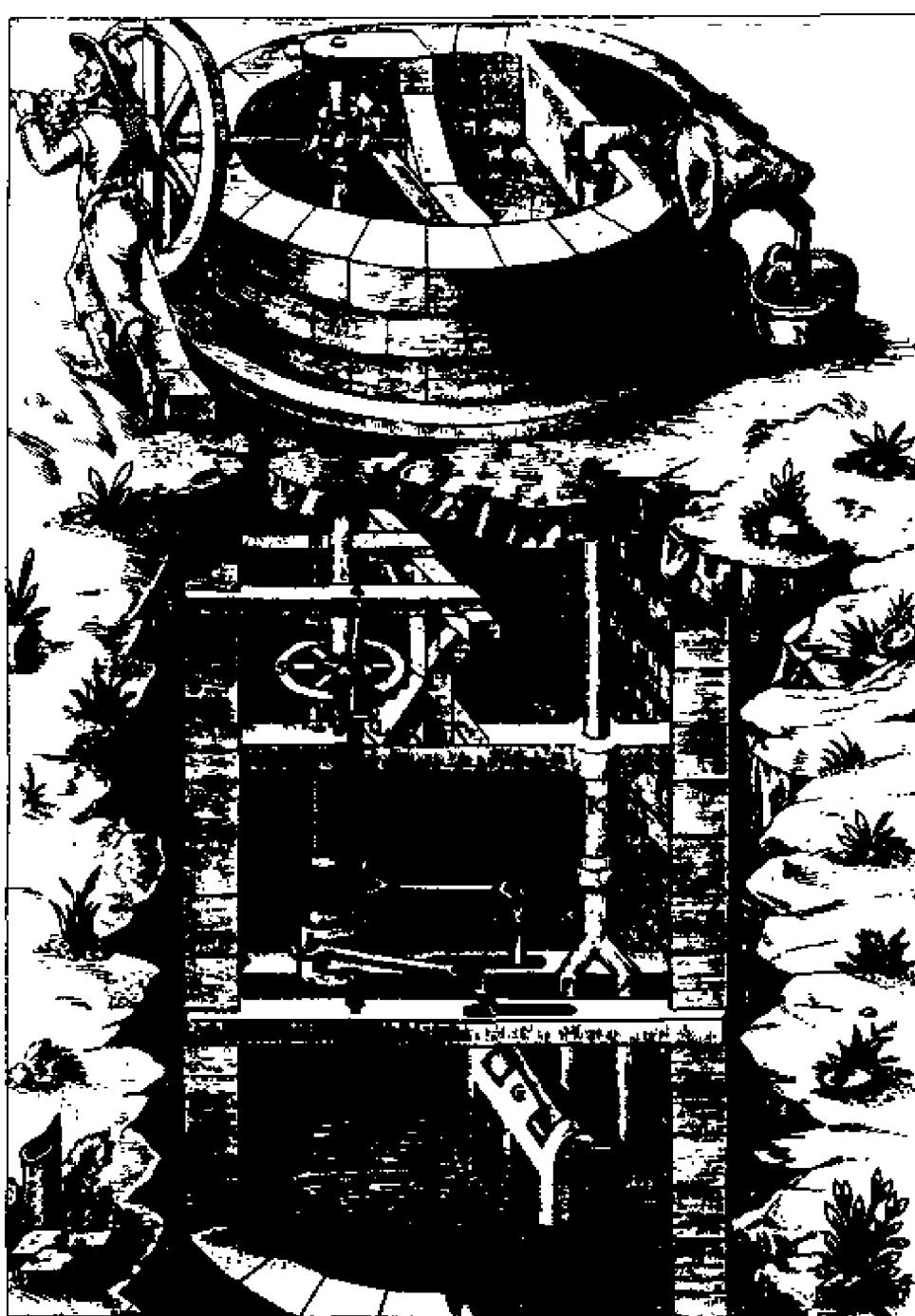


图 3.2 拉梅利水泵。抽吸机件主要是由井底右边的两个大桨叶构成。转动曲柄将使 G 窝里的桨叶驱使水注入 F 管和 A 管, 然后通过一个阀门, 流进 K 管, 这个阀门用来阻止水流倒灌入井中。因此, 水顺着长管提升, 直至从狗嘴里流入盆 N 中。资料来源: 阿哥斯蒂诺·拉梅利, 阿哥斯蒂诺·拉梅利的各种有创意的机器 (Baltimore, 1976), 第 68 页。

有些被授予专利的机器设备只是以其发明者为它预定的方式运转的机器原型,但这一事实并不意味着它们都能推向市场。在1869年,美国专利局局长塞缪尔·S·斯帕克斯(Samuel S. Sparks)估计,所有专利中只有10%有商业价值。尽管约一个世纪以后经济学家雅各布·施莫克勒(Jacob Schmookler)估计这个数字是50%,许多现代评论者还是赞同斯帕克斯之说。大多数专利从未被商业化,而是躺在专利局文档里睡大觉。

西方社会的技术潜能甚至比我们在上面的讨论中暗示的还要巨大,因为和那些已获承认的专利所有者的人数相比较,那些不想费事耗钱去为他们的发明申请专利的技术革新家们的人数恐怕也不会少于他们。至少,仅在美国每年就有几十万已授和未授专利的发明产生。

提到未经开发的革新潜能,使人们脑海里不禁浮现出这样一幅图景:伟大发明的典型——略举几例,如蒸汽机、电话或晶体管等——也有在专利局躺着睡大觉的或在发明者的工作间里闲置着。所幸情况并非如此。如果说大多数发明并非雕虫小技,但也至少可以说是平庸的。它们绝称不上是可以改变我们技术世界的发明。若你翻阅美国专利发明的长长名单,你得十分耗神费劲,才能找到历史上少数有名熟悉的重要机器。大多数情况下,它们都淹没在平庸的新专利产品的汪洋大海里。

有人说经济刺激是掩藏在大多数发明和新专利产品背后的推动力,这是不能服人的。很多发明者正是基于这样一种不现实的信念,才鼓足干劲去创造发明,认为他们的特殊小装置能为他们挣大钱;而另一些人则是因为追求创新能给他们带来精神上及心理上的回报。不管是以上哪种情况,我们都还没有发现发明者这样干是为了满足一种迫切的人类需要,或仔细地评估经济条件,精确地计算何种发明最有可能会带来更高的经济回报。基于此理,很多专利拥有者都属于那种坚持不懈、满怀热情为他们感兴趣的问题提供机智灵

巧的解决办法的人。

技术想象力，技术梦想中的最后一个范畴，是介于不大可能和绝无可能的边缘之间的大胆和虚幻的计划。在过去 500 年间，技术专家们正是借助它们来表现他们的革新活动最富狂想性的一面。然而这些想象力不应该与科幻小说混为一谈。作为技术幻想的创造性成果，而非文学想象或普通幻想，它们主要还是游戏成分的一种夸张形式。前文中讨论技术推论或专利时我们也发现有这种游戏成分存在（图 3.3）。

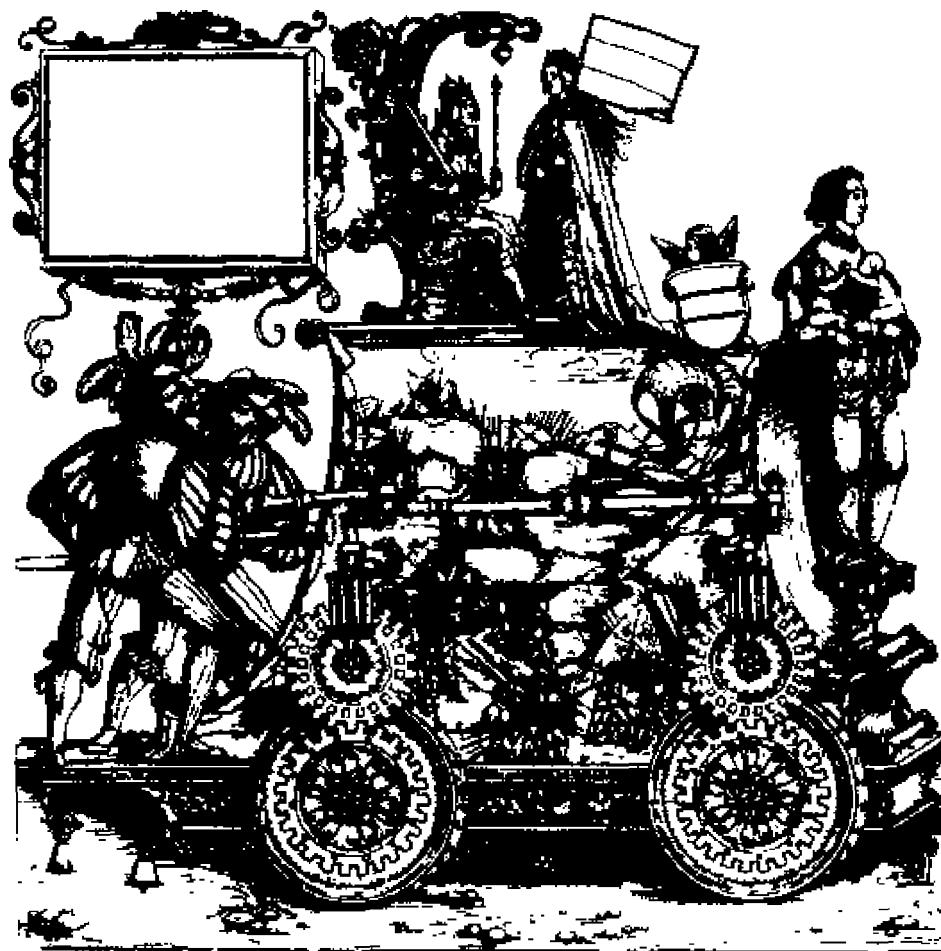


图 3.3 文艺复兴时代自动行走的运输工具。在一幅献给马克西米连一世（1526）的一组木刻中，描绘的 10 种幻想车辆中的一种——全凭人力和各种复杂、精细的齿轮装置驱动（1526）。资料来源：汉斯·布克迈尔，马克西米连一世的胜利（New York, 1964），第 93 页。

最早的技术假想可以追溯到 15 世纪,当时已出现了一些描述奇异机器的专题论文,而这种机器已大大超出了当时技术所能做到的范围,因而这些论文无法提供有关这类机器的详细技术细节。最早出现的这类书中,有一本是康拉德·凯泽(Conrad Kyeser)的《勇士》(Bellifortis, 1405 年),以富于奇思异想的战争机器闻名。在《勇士》中,正如这类书的其他书一样,不要指望其描绘的机器设备真的能建造出来。

文艺复兴时期一系列最著名的虚拟机器直到 19 世纪才为世人所知晓。它们藏在列奥纳多·达·芬奇(1452—1519)未发表的个人笔记本里。列奥纳多的画中就包含一些最好的例子,这些画描绘了到那时候为止最著名的假想机器。其中画有飞行机器(靠动力驱动的和自由飞行的均有)、降落伞、装甲坦克、巨弩和大弹弓、小战船、多管枪、蒸汽机和蒸汽炮。他也提供了计划建造桨轮船、潜水服、疏浚船和毋须牵引的用弹簧作动力的四轮马车等等。其中很多计划证明行不通,只有极少数影响了后来技术的发展。然而,它们使我们有幸窥见一个伟大的技术天才的心灵。从中我们也看到了技术繁荣的情形——这正是后来西方文明的标志性特点之一。就我们已了解的情况看,列奥纳多的假想产物是全世界第一个有如此规模和创造性的系列。他的技术成就,有时被曲解,但它们的真正价值的确值得我们赞美——这种价值并不体现在它们可作新机器的蓝图;或为未来技术发展的轮廓作了一个精确预计,而体现在这种尝试性的设计方案中固有的丰富想象力和原创性。

可能达·芬奇的多才多艺的确无人能及,但并不是只有他一人有创造虚拟技术方案的倾向。这种方案在多少个世纪以来,随着技术日趋复杂,影响日益巨大,以及新的动力源的开发而持续繁殖增生。并没有证据表明,人类追求技术想象力的热度和普遍性已经降低了。尽管 18 世纪和 19 世纪的乌托邦社会的提倡者们的理想未能通过技术实现,尽管 20 世纪的技术已经证实有许多严重问题

——如环境污染和核战争危险，但想象还是不断产生并使人们为之着迷。

工程师、科学家和技术专家们不断地在大众传媒上许诺说，计算机、机器人、宇宙飞船等等这些可能使技术大大进步的东西，都将超出外行读者的想象。虽然这些说法有时是出于自我抬高和自我扩张的目的，它们同时也表明：探寻各种技术可能性的游戏本身的乐趣驱使一部分人上下求索。

无法造出的机器

总是存在着这样一种可能：未来的技术突破将使人们能够把技术狂想转化为现实。然而，不可能存在的机器本身及其运行机制绝对没希望被未来的技术发展所改变，因为它们与基本科学定律大相径庭。

永动机恐怕就是无法造出的机器中最著名的例子。在长达 1500 多年的时间里，机械师们都在忙着设计或实际着手建造一种能无休止地运转的机器——据信只要选用材料适当、结构合理、定期润滑就成。人们常指望这种机器有效做功，并产生比仅仅维持它们自身不停运转所需的功大得多的能量。

这种永动机的一个典型模型就是一个可以不要任何外力帮助就能围绕它的轴心不停转动的轮子。这种自动轮在古代梵语(Sanskrit)的论文丛刊《悉坛多》(Siddhanta Ciromani, 公元前 400—公元前 50)有记载。13 世纪维拉德·杜纳贺(Villard d'Honnecourt)的示意图集中的一幅图上也出现过。在维拉德的机器中，数量不等的锤随意地悬挂在垂直于地面安装的轮子的边缘。这些锤这样的放置使轮子永远不能保持平衡，从而能一直转动下去。

文艺复兴时代首次出现了大量的别的技术幻想的产物。这也是一个热衷于追求发明永动机的时代。有些永动机的构想已相当

明晰,它们可能是利用水、空气,也可能利用地球引力,而且全都被设计成循环运转的;例如,用永不停歇的河水冲击一个水轮,产生的能量用来驱动水泵,再把水提高到水轮处,如此这般循环,永不停止。除了让永动机不停地运动,有些发明家也决心让它创造出过剩能量,来推动面粉厂的机器或用于其他实际用途。让永不衰竭的无偿动力给人类带来福祉这一宏愿,和让这种设备做功这个首要任务的巨大挑战性,使永动机成为许多技术专家孜孜以求、激动人心的冒险(图 3.4)。

人们对永动机的兴趣在 18 世纪不断增大,至 19 世纪达到高潮。而此时随着电磁力的新发现,很多新机器一同受到广泛的的关注,同时蒸汽机在工业和交通中扮演的重要角色已受世人瞩目。在 1855 年至 1903 年间,英国就有超过 500 件永动机方面的专利获得批准。与此同时,美国也掀起了相似的狂热。工业化也为永动机设计迷们带来了一个新的理论基础:他们的机器将使国家不再需要像煤和石油这些稀有自然资源。

具有讽刺意味的是,就在许多发明家相信他们即将给社会提供无限的能源时,物理学家们却正在阐述能量守恒定律的公式。假使永动机迷们理解了这些定律的话,他们就懂得不可能让任何机器设备产生比输入能量更大的输出能量。但事实上,热力学第一和第二定律表明,永动机不可能造出来,这并没能阻止发明家们追求自己的梦想。最终在 1911 年,美国专利局宣布,往后所有申请永动机专利的人都得附带交上一个工作机模型。至此,旷日持久而徒劳无功寻求永动的探索才告终结。但在狂热之徒心中,始终仍希望能设计出一些关键机械设备或电路,造出一种管用但不可能存在的机器。这种愿望虽然与物理学定律和技术史的经验背道而驰,但并没有使那些长期盼望发明永动机的发明家灰心丧气,他们已视之为对其能力的终极挑战。

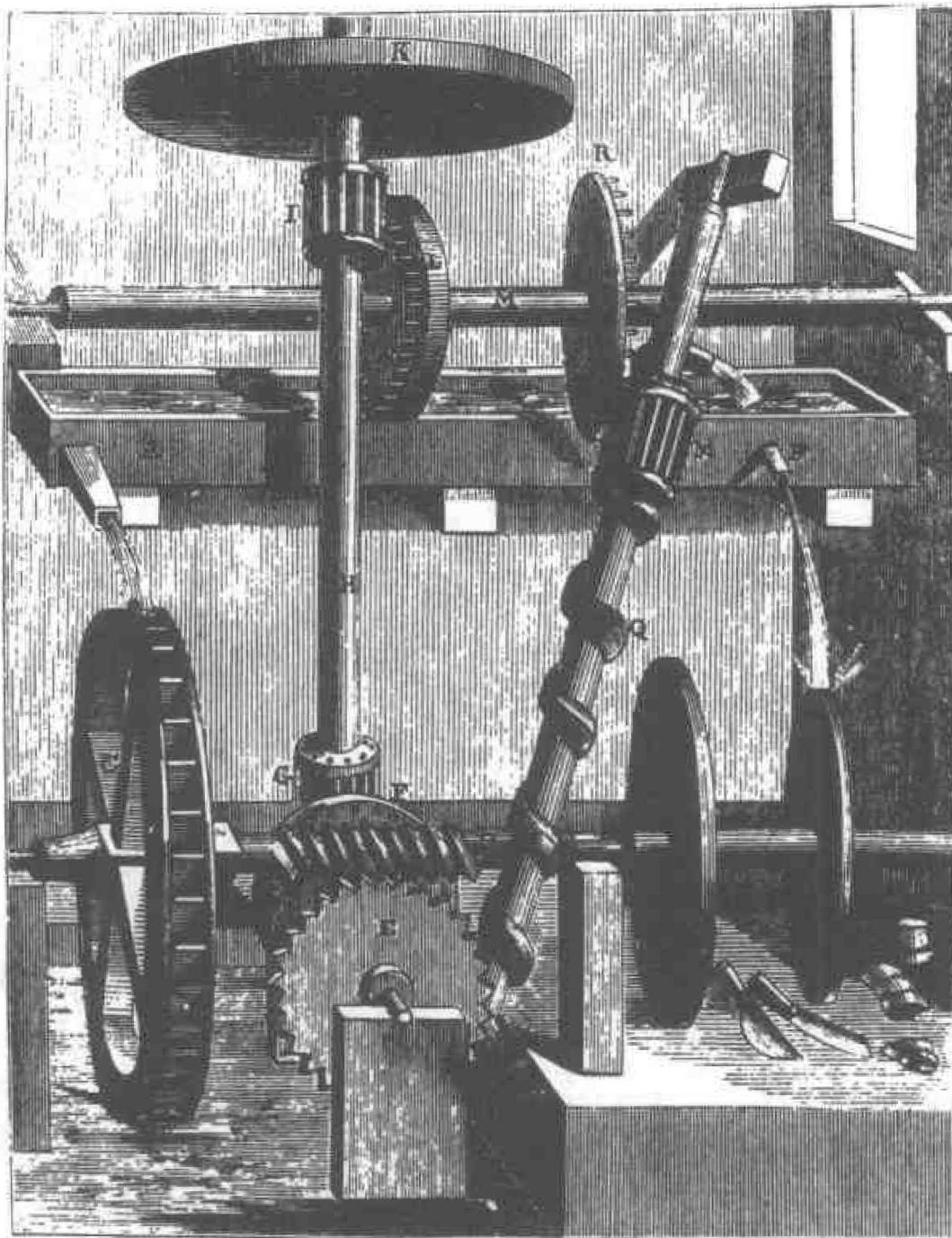


图 3.4 17 世纪的永动机。顶上大槽中的水流过大水轮，使之转动阿基米德式螺杆水泵 (Q)，该泵将水不停地提升回到顶上。水轮也为右边远端的两个磨石提供动力，这两块磨石可以用来磨刀剪。资料来源：亨利·德克斯，永动 (Perpetuum Mobile)，第 2 集 (London, 1861)，图 151，第 40 页。

普通幻想

文学想象和一般想象创造出的幻想机器并不是从发明家和工程师头脑中产生的,因此,这一现象提醒我们并非只有技术圈的业内人士才喜欢推想一大堆可能性。

普通技术幻想至少可以追溯到 13 世纪的哲学家罗杰·培根 (Roger Bacon) 那里,他预言无桨无帆的大型战舰将游弋在河流和海洋上;无牲畜牵引的交通工具将在大地上飞奔,不同于飞鸟展翅飞翔的飞行机器将在天空翱翔;人们将使用潜水钟探索海底的奥秘。相似的预言在西方世界长期广泛存在。19 世纪和 20 世纪的工业化培养了好作技术幻想性预见的倾向,并在大众艺术中将其定格。在这类艺术中,科幻小说成为幻想机器最重要的一种来源。例如儒勒·凡尔纳的潜水艇和宇宙飞船,H·G·威尔斯的时间机器,卡雷尔·恰佩克 (Karel Capek) 的机器人,令科幻小说改编成的电影的现代观众们眼花缭乱的那些星际船和激光武器。

第二个要素——以描画幻想机器为主的卡通片,和科幻小说比起来虽是小打小闹,但由于其具有双重目的而值得重视。鲁布·戈德堡 (Rube Goldberg, 美国), W·希思·鲁滨荪 (W·Heath Robinson, 英国) 和雅克·克尔曼 (Jacques Carelman, 法国) 是 20 世纪三位卡通名家,他们用喜剧性的图画将技术幻想的视域拓宽并表现出来 (图 3.5)。然而细致地研究他们的作品,便会明白他们的喜剧和幻想是用来掩盖他们批评社会的锋芒的。在他们的动画后,掩藏着这样一种严肃的论断:工业文明想创造复杂机器来完成琐碎的任务,并天真地认为所有人间难题都可以由技术解决。其实这两者都是荒谬不堪的。技术的魔魅化在我们的文化中渗透得如此之深,以至于可以用来讽刺它产生的背景——技术富余现象。

科学技术杂志,如《大众科学》(Popular Science)、《科学与机械

师》(Science and Mechanics)、《图解机械学》(Mechanix Illustrated)和《普通机械师》(Popular Mechanics)构成这一类型杂志的丰富多彩的内容。创办于世纪之交,以劳动阶层的男人和男童为服务对象的这些杂志,奇妙地混合了家居改造窍门、车间修造计划、技术展望和技术上的幻想性展望。在过去10年中,乌托邦幻想改头换面,在华而不实、价格昂贵的科普杂志如《万象》(Omni)上出现,将科学事实与虚构结合,以迎合思想水平和受教育程度更高的读者的口味。然而,不管杂志定位瞄准何种读者,科普杂志都一直继续充当为大众提供技术幻想的媒体。

通过前面对幻想、游戏和技术的探讨,可以得出四点结论,会有助于对技术及其变革有更充分的理解:第一,技术想象是十分丰富的。技术极少受生物的和社会的需求所限制,时常在推想几乎不可能和完全不可能之间的事物时,跨越理性的界线。极其丰富的技术

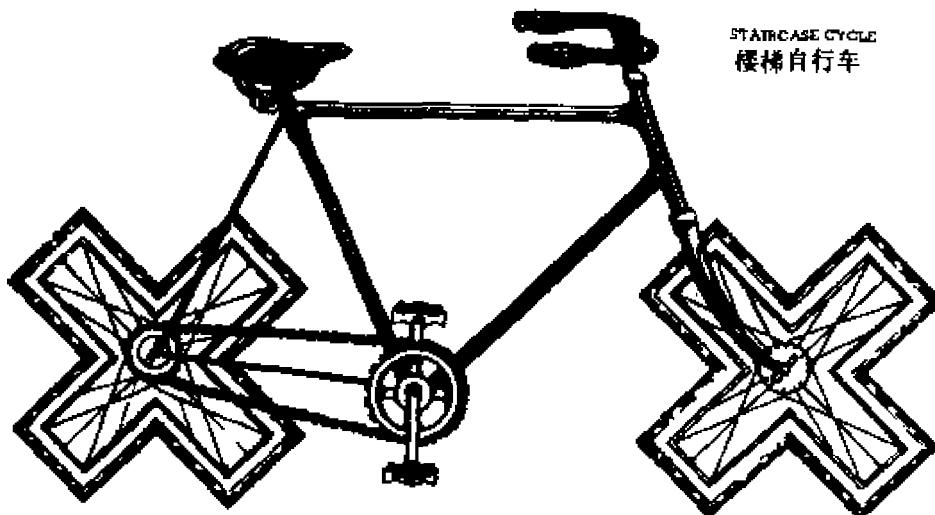


图3.5 一部适合爬楼梯的自行车。它是雅克·克尔曼为现代消费者“改进”的许多寻常物品中之一种。在其著作《未见物一览》中收有这幅插图。该书中收录有各种物件的改进型,包括管子紧固件、家具、家用物品和运动器材等。资料来源:雅克·克尔曼,未见物一览(London, 1984),第56页。

想象制造了可供社会选择的新产品的高度过剩。

第二,技术幻想的广泛普遍性主要是西方文明的现象。这里列举的例子并非作者故意带地区偏见,只注意欧美的资料。从其他伟大文明中几乎不可能收集类似的记录。这种西方独霸的原因尚不清楚,但其过程和结果完全可以用材料说明。可能在西方社会不同发展程度的文明中,出现的技术幻想可以归因于自文艺复兴以来传承的一些固定价值:如世俗主义、进步的观念、支配自然等等。这在第四章中还要细谈。

第三,技术幻想要求对技术专家的社会角色、职业态度、教育、个性作重新评价。我们发现的不是一个呆板地对社会需求有求必应的仆人,我们所面对的技术专家往往喜欢为社会提供比其必需或短缺之物多得多的东西。如果社会总是依赖前面的一个形象,而事实上后面的一个形象更显其本色,那么就会产生严重的误解。举一个最近的例子,核动力工程支持者提供给我们的关于它的费用、好处和弊端的据说是现实客观的评估,而事实上他们只是沉迷于一种技术上迷人的能源形式的神话;我们听从他们的建议就会碰到严重问题。

第四,技术幻想是一把双刃剑。虽然它对技术的多样化有贡献,但也促使我们对技术发展本身及其相关事物不假思索地接受,这样永远使人有一种错觉:认为解决大部分社会问题的途径,可以在一系列新技术中寻找到。

理解了幻想是发明活动中的重要因素,就能使我们将注意的重心转向技术创新源泉的另一重要传统来源——知识。知识的形式可以是一种人造物本身,或对一种人造物的描述或构想,它从一个地区或一种文化向另一地区或另一种文化传播。它也可能体现在扩大创新事物可能性的科学进步中。

知识：技术传播

没有一个社会自我封闭、自给自足到从不向外界借鉴哪怕是在某一方面的技术。因为处于正常交往中的人类，注定要交换新技术或新产品方面的信息，一般的文化接触是以最古老的方法从一种文化向另一种文化传输技术方面的知识。这类接触有可能是探险、旅游、贸易、战争或移民的结果。所有这些都保证双方彼此有接触对方技术的机会。在一种文化里已是传统做法的东西，在另一个不同背景中完全可能是一种革新。

在某些情况中，我们可以精确地追踪认定是哪些具体的人对引入创新负全责。在 1543 年 8 月 25 日，三个葡萄牙冒险家成为最先造访日本的欧洲人。他们随身带去了两支旧式前装手枪，这种枪在 16 世纪初首先由欧洲制造，但在日本无人知晓。日本人对这些原始火器大为惊叹，立即买下来让他们的铸剑工复制。在 10 年中，日本所有的枪械师都在批量生产火器。处于交战状态的日本封建宗派，因急于弄到比他们的剑和矛更优越的武器，便大力支持前装手枪的发展。在 1560 年，日本的前装枪已在战场上作为常规武器使用了，到 1575 年，它们在日本历史上著名的长筱（Nagashino）之战中，已证明对战争胜负有决定性的影响。日本人可能是使用火器的后来者，但他们最先尝试大规模生产，并极快地将枪支纳入他们的军事战略中。

其他技术的传播在时间上无法准确定位，或不能将传播的媒介准确地弄清楚。风车是对中世纪欧洲已有动力源的一个重要的补充，但它们的来源仍是个谜。纵轴风车可能是波斯在公元前 7 世纪时使用过的；然而，最早的欧洲风车（公元 12 世纪）是横轴的。是否传播过程中也包括把轴从垂直方向向水平方向倾斜呢？或者说更可能的情形是，横轴风车是欧洲独立发明的呢？欧洲风车是否将

曾经广为使用的横轴水轮的结构借鉴过来了呢？对这些问题我们还没有找到答案。

帝国主义

在各种引起技术传播的文化碰撞的具体情形中，帝国主义和殖民征服是极重要的一种。在此情形下，处于接受端的一方，所接受的文化很少有选择的余地，它必须接受由帝国主义宗主国所提供的技术。这种要求并不总是有害的。英国统治下的印度就最好地显示了只要一个帝国主义强国能够也愿意做的话，它是可以把最新的发明带给其殖民地的。

在英国人统治印度的二百年中（1740—1947），他们实际上向次大陆引入了他们物质文明各个方面的成就。大部分人造物是由英国公民或军人及家属带进来的，但有三个重要革新对印度人的生活产生了深入持久的影响：轮船、铁路和电报。这些东西如果由其他途径传播的话，它们中间没有一种在当时能传入印度，并具有那样高的使用密集度。

海上蒸汽推进器的应用始于 1801 年，当时英国的蒸汽拖轮“夏洛特·邓达斯”（Charlotte Dundas）号已成功地航行于福斯（Forth）运河和克莱德（Clyde）运河上。18 年后，第一艘轮船穿越印度洋水域，它是由英国人为一个当地王子建造的小型游轮。不久，在加尔各答港开始试制一艘蒸汽拖船。1824 年内河轮船在英缅战争中，对战胜缅甸人起了决定性的作用。在一些英籍印度人盼望蒸汽推动的海轮出现，以缩短航海回英国的旅行时间时，另一些人预想有一支船队能在恒河上航行，在这个国家的脊梁上运输来往旅客和货物。恒河上用的轮船造好了，但在河上航行却遇到了惊人的困难。货物运费和乘客票价一直都居高不下，难以吸引足够的顾客，轮船的使用最终失败了。同时，几千个印度人受雇在轮船上干活，尽管干的

是较低等的工作。在遇到这些困难时，无数的印度人还是怀着敬畏之情，观看了不用帆和桨的轮船在河上逆水而上。作为英国技术优越象征物的轮船，不久在印度就被铁路代替了。铁路更加强烈地体现了宗主国英国的技术资源之丰富和英国人的聪明能干。

在印度建造的铁路网是所有殖民列强中实施的最宏大的技术工程。它包括大量时间、人才和金钱的投入——仅在 1875 年就投入 9 500 万英镑——建成了世界上第四大铁路网。2 500 英里的铁轨是在 1863 年完工的一期工程中铺就的。工作持续到 1936 年，整个铁路网长达 4 300 英里。和轮船不同的是，铁路达到了为印度人提供快速、廉价交通工具的目的。甚至在今天，它仍是旅行和交通体系的关键性一环。

一个大型铁路网若没有相配套的电报系统，就无法安全运营。因此，第一条电报线路，从加尔各答至阿格拉 (Agra) (1854) 的 800 英里线路的铺设，与铁路建设同步进行。印度电报系统的建设，在塞缪尔·F·B·莫尔斯开通华盛顿至巴尔的摩电报线路 (1844) 仅 10 年后就开工了。至 1857 年，在印度全境已建成了 4 500 英里的电报线路。8 年之后，一系列越岛和越洋电缆就把次大陆和英伦三岛联接了起来。尽管电报当初是作为铁路旅行的辅助设施建设的，但很快就证明是传递信息的更有效的工具。

并不是利他主义使英国人在轮船、铁路和电报于欧美投入使用时，就把它们引进到印度。陆上和水上的蒸汽动力运输大大方便了英军的调动，加速了向英国工厂输送原材料的速度，也加快了英国制成品进入印度市场的步伐。电报巩固了印英政府的统治，使之与伦敦保持密切接触。虽然我们得承认以上这些论断的真实性，但西方技术的传输远远超出了为其帝国主义目的服务的范围。

一些在带给印度新技术时起过作用的英国人预言，和平、友善和富足必将伴随着近代机器文化影响民族的命运随之而来。另一方面，卡尔·马克思却作出相反的预言。马克思预计，铁路一旦建

成,印度人将会开发他们的自然资源(煤和铁),变成一个现代国家,从而获得推翻英国压迫者所需的力量。

这两种预计的情景都不对:印度人的生活和印度经济并没有被这些技术革新彻底改变。事实上发生的是,西方技术被引入其他亚洲社会之前,就被引入到印度。例如,印度的铁路比日本早 25 年投入营运,比中国早 30 年投入使用。印度在 1851 年开办了首家棉纺厂,比日本同类厂早办 15 年。

虽然印度人没有处在控制这些新技术的位置上,但他们还是被允许去做次要点的工作,这使他们至少进入了西方技术的外围。这一经验培养了他们对近代机器渴求的胃口,使他们接触了西方追求创新变革和进步的观念。当印度人在 1947 年最终从英国人的统治下获得自由时,他们就尽力争取进入工业国家的行列。

移 民

第二种传输技术的模式是通过移民传播技能和人造物。这种模式的典型例子就是,1685 年路易十四 (Louis XIV) 发布南特赦令 (Edict of Nantes),从而结束了一个世纪的有限宗教迫害,大约 2 万胡格诺派教友 (Huguenots, 法国新教徒) 被强制迁移。胡格诺派教友大多是手工业或其他行业方面技巧高超的匠人。他们把才能和技术知识带到了英国、爱尔兰、荷兰、德国和瑞士。在这些国家,他们的革新给纺织工业特别是丝绸、丝绒和花边、饰带的生产带来变化,也给服饰,特别是帽子、袜子、手套和带子的制作带来变化。此外,他们还提高了优质纸张和吹制玻璃制品及平板玻璃的工艺水平。

并不是每次移民都像胡格诺教派这样,有如此大的规模、如此富有戏剧性、影响如此深远。技术传播的媒介完全可能是少数知识渊博的人。这种情况在 19 世纪中期以前更为普遍,因为那时的人

们通常并不都能见到正式出版的技术图纸和文本。在这种情况下，一个人了解一种新机器的最佳途径，就是直接与那些建造它和操作它的人打交道。

在 1748 年时，蒸汽机虽然在英国已经普遍，但在美国还无人用过。当纽约的约翰·斯凯勒 (John Schuyler) 上校想得到一台纽可门蒸汽机来为他的铜矿排水时，他与精于制造蒸汽机的英国工程师家族霍恩布洛尔家取得了联系。在英国采购的蒸汽机部件由年轻的工程师乔赛亚·霍恩布洛尔 (Josiah Hornblower) 送到美国，并于 1753 年至 1755 年由他指导在矿山组装起来。这台英国蒸汽机开创了美国的蒸汽时代。

美国人并不是独家申请英国人的技术支持，来安装和使用自己的第一台蒸汽机的。纽可门的常压蒸汽机和博尔顿蒸汽机，都依惯例从英国派出的丰富经验的蒸汽机安装工程师引进到别的国度，如德国、法国、荷兰、西班牙、丹麦、葡萄牙和俄国。这些技术人员发现：在一些更偏远、工业不够发达的国家，当地老百姓缺乏机械技能，而且并不引以为耻。1805 年，一个在俄国使用博尔顿和瓦特蒸汽机的受雇技师提醒人们说，他刚组装完成的那台蒸汽机可能会在技术不熟练的俄国人手里遭损坏。另有人在 1789 年报道说：意大利是一个“我所见过的最无知的民族——他们对机械简直一窍不通”^②。在接下来的几十年中，欧洲人逐渐对“机械”有了很多的知识。直接的原因是，英国人在 18 世纪和 19 世纪早期为他们安装了蒸汽机。

正当英国机械师们在欧洲各处装配博尔顿和瓦特蒸汽机时，另一群大多是私下开展工作的英国人，也把英国的纺织技术传到了美国。到 18 世纪晚期，英国政府意识到了纺织工业中的技术革新对国家繁荣所作的贡献。于 1781 年实施了一条法律，公开禁止出口那些在纺织品生产中可用的任何“机器、蒸汽机、工具、压力机、纸张、器皿或附件，以及模型或蓝图……零件或部件”^③。与此同时，

在大西洋彼岸的美国人，此时已与其宗主国割断了政治上的隶属关系，正专注于创建自己的纺织技术。

美国人有充足的木材和金属矿，还有那些能够把这些资源转化成相应机器设备的熟练工人及机械师。他们缺乏的是纺织机械设计人才和懂得调试、操控和维修这些机器的人，以便大量地将本国羊毛和棉花制成质量尚可的纱线和布匹。有了现成的机器并不够，非得有人能熟练地安装和操作它们。这一点是 1783 年美国人从英国以散装部件形式走私了几台关键纺织机器到费城后才弄明白的。在 10 年中，美国人发现无人能组装它们，这种令人头痛的努力最终失败，这些机器又被运回了英国。

戴维·J·杰里米 (David J. Jeremy) 研究英国纺织机械向美国的传输时注意到，早期的此种努力均受挫，是因为在 1812 年前没有书面文本来描述纺织机械，甚至也没有图画来描绘它们。20 年后才有印刷品来提供纺织机械的完整信息。在此情形下，美国人唯一的手段就是吸引英国工匠移民，如可能的话，随身带走机器、零件、蓝图或模型。在某些情况下，只要这个人具有机器方面的丰富实践知识，记住蓝图就足够了。直到有经验丰富的工匠从英国移民过来，运用他们非文字记载的知识，为美国制造商操作和生产机器时，纺织技术的传输才算大功告成。

实 践 知 识

因为技术并非总能由文字、图画或数字公式完备地表达出来，所以具有手工实践知识的从业者，不管是对 18 世纪的纺织机械，还是 20 世纪的计算机，都能在技术革新的传播中发挥一份作用。尽管现代技术中的多数问题都能从书本、文章、专论和专利中找到，但都必须有人造物作为第一手资料研究，还要从熟悉新技术的人士那里收集口头信息，革新的东西还要适用于接受国的经济

和文化。

有两个例子可以用来说明技术传播在多大程度上依赖白纸黑字之外的信息传递方式。一个就是 18 世纪将意大利的捻丝机 (*silk-throwing*) 技术引入英国的记载, 另一个就是 20 世纪无线电从美国传向日本的过程。第一个例子是工业间谍所为, 第二个例子是合法购买专利证书的结果。

英国的丝绸生产可以上溯到 17 世纪, 法国胡格诺教徒中的缫丝工抵达英国时, 对这些生于法国的新产业的缔造者来说, 织丝没有什么技术问题, 但要找到一种捻得很好的捻丝线却很难。在英国, 用手捻丝生产出的丝线品质欠佳, 从意大利进口的优质丝线又太贵。如果要使处于萌芽状态的英国丝绸业繁荣发展的话, 就一定得有意大利式水力捻丝机, 这种机器能以低成本生产优质丝线。意大利人把这种机器的工作原理当成国家机密, 根据撒丁王国 (*Kingdom of Sardinia*) 的法律, 泄露缫丝厂工作原理的人将处死刑。虽然意大利人心怀忌惮地保护他们的捻丝机, 然而在维托里奥·宗卡 (*Vittorio Zonca*) 的《新机器建筑大观》(*Teatro nuovo di machine et edificii*, 1607) 中仍然允许发表其中一种机型的详细版画(图 3.6), 这本集子发行过第二版(1621)和第三版(1656)的重印本, 牛津大学博德利图书馆 (*Bodleian Library*) 还让英国读者借阅。尽管如此, 英国缫丝厂的业主并没公开翻版宗卡展示的机器。理由之一是, 用以制造一台精巧复杂机器的相关知识, 确实在当时及现在都是无法通过图画的形式来传递。这个说法对 17 世纪的版画和现代最好的工程图而言, 都一样正确。对一台描绘的机器的完整解释, 只有通过一个具有精通建造此机器的知识和具备实际操作知识的人才能做到。因此, 宗卡的图画对意大利丝线生产商的机密并不构成威胁。

英国人托马斯·克罗切特 (*Thomas Crochett*) 于 1702 年试制捻丝机失败后, 一个伦敦的纺织品商人决心从意大利偷回制造此种机器

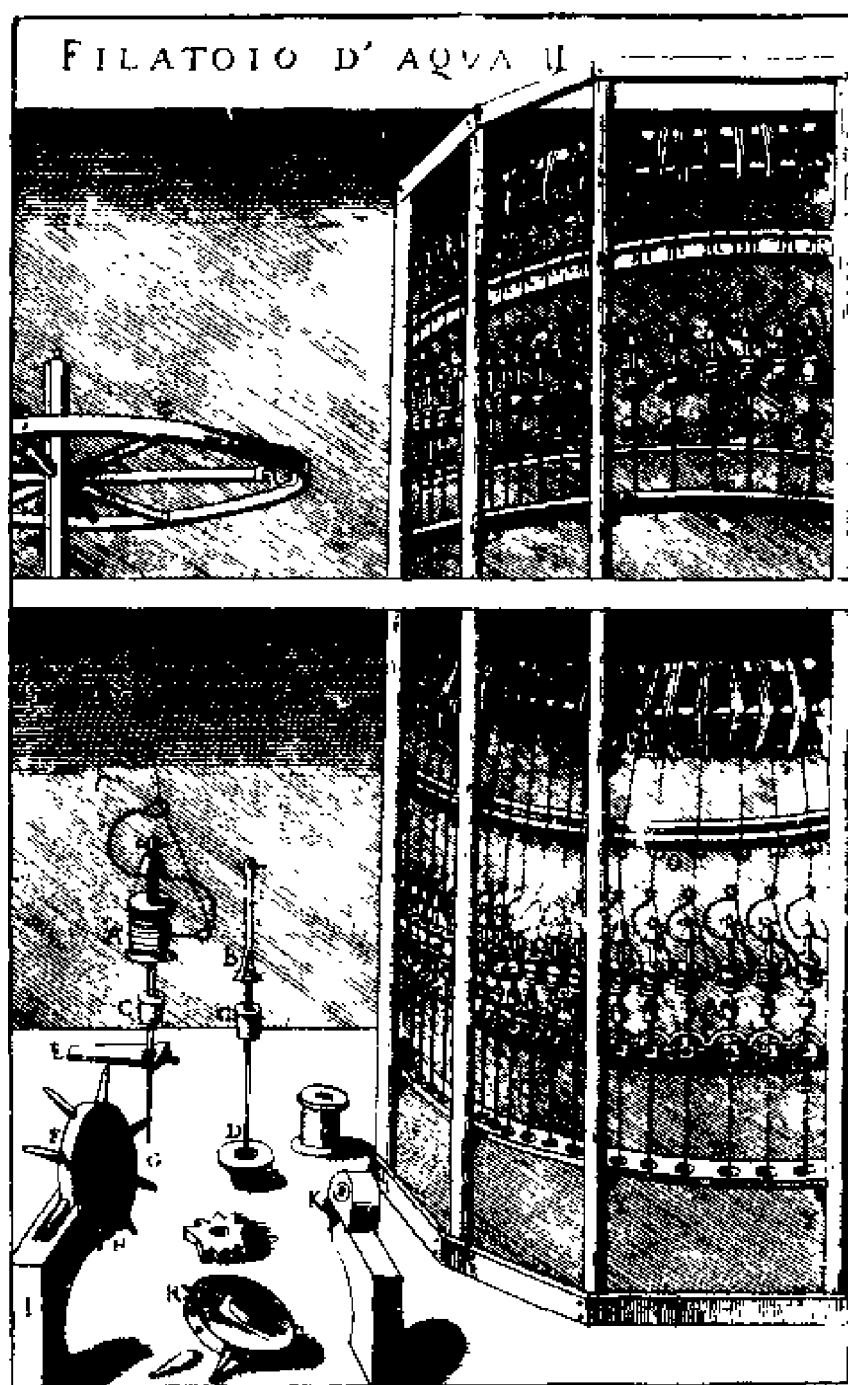


图 3.6 维托里奥·宗卡雕刻画中由水力带动的意大利捻丝机。边上的说明文字进一步讲明了它显而易见的操作流程,但未说明其内部运行机制。就在这幅图画公开流传之后一个多世纪里,意大利人在缫丝业领域仍继续居于垄断地位。资料来源:经 Macmillan Publishing Company 许可从阿历克斯·G·凯勒的《机器大观》第 38 页复制,版权属阿历克斯·G·凯勒,1964。

的知识。约翰·洛姆 (John Lombe) 生于英国一个纺织业者的家庭，并具有机械学方面的丰富知识。1715 年，他被派去干这项工作。在意大利逗留的两年里，洛姆“找到了时常能见到这种机器的途径，并使自己彻底了解整个发明的细节和各种不同零部件及其运作的知识”^④。当约翰·洛姆回到英国后，他的兄弟托马斯·洛姆 (Thomas Lombe) 爵士建造了用于捻丝的大型工厂，并采用了约翰对机械和工艺技巧方面的知识。这项缫丝技术关键要素的传播，若没有一个商业间谍去长期细致地观察机器，并大致熟悉其运作的每一个方面，就不可能完成。

商业间谍活动并不仅仅限于早期——当工业生产的组织没那么严密、科技作为技术革新的源泉的地位尚未确立的时候。在现代化学工业和电子工业中，雇员都要按常规签订严格的契约，限制他们离开现任工作岗位后所能从事的技术或商业活动。除了这些雇员可能了解的任何行业秘密外，他们还可能处于一个有利地位，能掌握特殊技能——一些在某一个特定技术领域数年工作中得来的窍门。

第二个表明技术传播和白纸黑字的局限性的例子是无线电。无线电是欧洲科学家和技术专家在 1947 年发明的，它被日本人用来进行了大规模的商业开发。

二战后不久，几位年轻的日本工程师联手组建了东京电信工业公司——一家小型电器生产企业。他们起步时生产电饭锅和真空管电压表，而后者吸引的顾客比前者多得多。为了找到其他可卖的电器，公司终于创造了 (1949—1951) 一种供日本学校使用的磁带录音机。

东京电信的创建人之一井深大 (Masaru Ibuka) 1953 年到美国旅行时，从一位住在纽约的朋友那里听说了晶体管，并被告知西部电气公司 (Western Electric) 正准备把晶体管的专利专卖权出售。井深大对晶体管所知甚少，但他认定它可能就是公司需要用来扩大消费

品生产线和保持其员工有活干的那种发明。

当东京电信于 1954 年买下晶体管专营权时,日本电子公司中历史更悠久、规模更大的公司没有一家对此有兴趣。井深大派技术员去美国收集他们能搞到的任何有关半导体的技术出版物。他们参观了实验室以观察晶体管的制造过程,与晶体管生产各方面相关的科学家、工程师和技术员交谈,这些日本人搜集了每一点与半导体技术有关的书面和口头信息后,决定制造他们自己的晶体管,并使用它们造出了袖珍无线电接收机。在他们的小型收音机准备于 1955 年上市时,他们将公司名称改为索尼(Sony),这比东京电信读起来更短,听起来更顺耳。

索尼收音机并不是世界上首台小型收音机——美国产的雷琴牌(Regency)收音机得享此誉——但索尼表现出了各国中靠无线电建立起来的电器巨人的风采。执商业开发半导体技术之牛耳的索尼和日本其他电子厂商,在领导世界电子消费品生产和发明的潮流时,从胜利走向胜利。

在日本人使无线电得以普及并从中获利时,美国科学家和工程师们正进行另外的研究项目,最终开发出了新的晶体管产品。美国的半导体工业为早期计算机的成长和太空计划及军事计划的需要开辟的高技术市场提供服务。与此相反,美国的电子消费品产业不愿意生产出与它们的真空管器件竞争的晶体管器件,只是逐步缓慢地采用了新技术。这样,在半导体发展史上的关键阶段,日本人就自由自在地进入这一行,发号施令,并主宰了消费市场。

饱受战争创伤的日本,似乎不可能把西方科技界集体智慧和努力得来的发明作商业化开发。日本科学家,对奠定了晶体管技术基础的固体物理学的最新工作,无论在地理上还是在智力上都相距遥远。但东京电信的工程师 - 投机商们却在别人未能预见半导体带来的机遇时抓住了它。然而要抓住这个先机,必须先了解晶体管。他们不仅通过阅读印刷品上的技术信息,而且通过观察美国的晶体

管制造过程,以及向半导体技术研究专家讨教来获得了解。总之,这些工程师若只是在家里依赖印刷物来获取晶体管技术的话,晶体管工业就不可能在日本启动。

晶体管的实例分析应当激起学技术传播学的学生的兴趣,不仅仅因为以上已讲过的原因。借鉴者往往以首创者意想不到的方式进行革新,改进和利用原物。就这一点而言,半导体只是作了榜样,不完全是一个孤例。它们也证明现代科技产品的开发和商业化,完全可能由一个比创造了该产品的国家的科学基础更差的社会所完成。在 20 世纪 40 年代末期,日本人不可能发明晶体管,但他们显然作好了充分准备,最好地使之商业化。

环境影响

到此为止,我们仍未探讨技术传播的最后一个方面,即自然环境可能引起传输进来的人造物变化的方式。一个为在某种自然背景下使用而设计的工具或器械,如果被置于一个新环境而且想让它正常工作的话,就必须作些适当的改变。有三个著名的美国产品——斧子、轮船和机车——说明了物质环境的变化和人造物设计中的变种之间的密切关系。

美国殖民地的最早移民随身带来了在东半球(尤指欧洲)很好使的欧式斧子(图 3.7)。这些工具适合砍劈圆木,或切割圆木使之成形,但不适合在美国放倒巨大的、成片的原始森林。欧洲斧子是一种没有头的轻的工具——与斧刃或切削刃相对的刀背上没有加厚的金属使斧子整体加重并保持平衡。

在殖民者们西进和南进的过程中,他们要清除森林,以开发农业,拓展居住空间。他们打造了一种美国特有的可用于砍倒大树的斧子。美国斧子有一个很重的头,使这种工具更好地保持平衡,自身分量也更重,好用来砍削粗树干。最初的斧子的头在 18 世纪早

期首先出现,到18世纪80年代这种工具已演化成了货真价实的美国伐木斧。这些原先由地方上铁匠自制的斧头,到19世纪时已在工厂里批量生产。

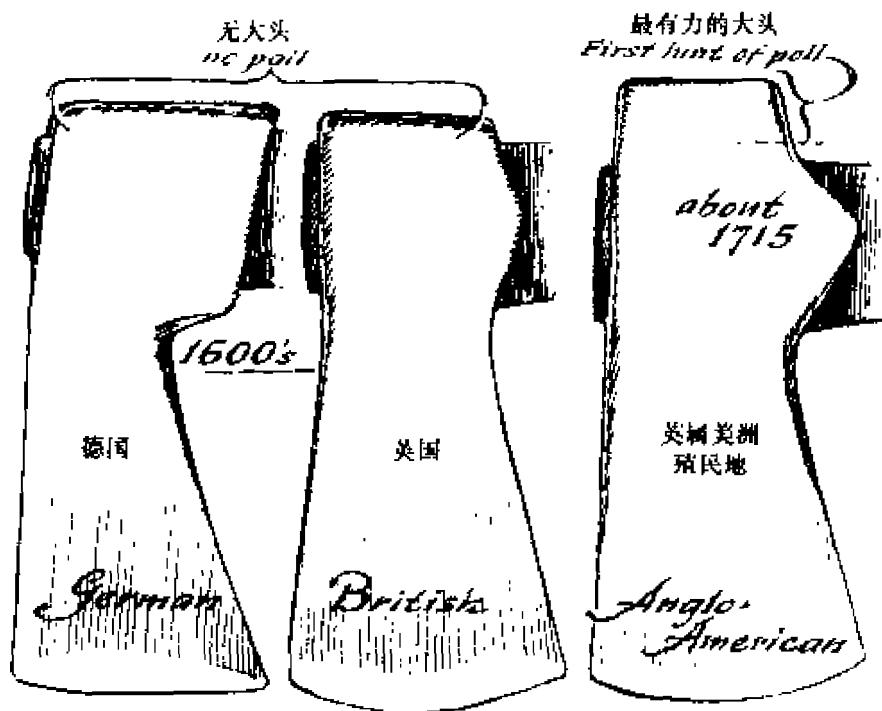


图3.7 美洲殖民地使用的斧子。从英国来的美洲殖民者的斧与欧洲人的斧有明显区别,若要在新世界茂密的森林里砍出一片开阔地,就用得着这种有助平衡且增重许多的利器。资料来源:埃里克·斯隆,《美国早期工具博览》(New York, 1964),第11页。

美国斧子并不是以单一、标准的模式或样式制造。它有多种型号面世,每种都针对使用地区的特定森林环境而作设计上的修正。在1863年,一个斧子生产商列了一个伐木斧的品种清单:肯塔基斧、俄亥俄斧、扬基斧、缅因斧、密执安斧、泽西斧、佐治亚斧、北卡罗莱纳斧、松脂斧、西班牙斧、双刃斧、消防斧和童子柄斧。35年后这个清单所列的斧子超过了100种。

斧子被人从东半球带到新大陆后经历了一个转变。美国轮船在从东海岸转移到密西西比河谷使用的短短过程中就被改造了。18世纪末期,在靠近大西洋的河流上,轮船最先投入使用,这就显

示并反映了它在地理方面的两个来源。首先，它的形式是从海轮中衍化出来的。其次，它最早是被安排在哈德森河和长岛海湾航行的。为了使它适合在中西部的河流上航行，轮船制造商们对设计作了一系列根本性的修改。

帆船的船壳要深，弧度适中，与其底部突出的龙骨要契合。船板要厚，还要有大的肋材构成的坚实骨架，以承受海上风暴的压力。货舱和客舱及船员室都位于主甲板下，作为压舱物来抵消头重脚轻的桅杆、风帆和索具等东西的重量。重心之低和建造坚固使帆船能受得住恶劣天气和汹涌海水的冲击。第一批轮船的建造者从风力驱动的船只中，借鉴了主要结构成分。

海轮必备的结构特点对在西部河流上定期往返的船要么无用，要么起反作用。这些河流相对浅些，很少有破坏性的大浪。在暴风雨中，轮船从不离岸太远。在蒸汽动力船上，用不着帆；就算用帆，受河流狭窄水道的限制，也不可能有效地使用。

在不到 50 年里，根据在内陆河流见到的不同条件，以海轮为模型的西部轮船被改造成了内河轮船。到 19 世纪 50 年代时，典型的蒸汽动力内河船出现了。这是一种相对较轻的船型，没有厚船板，也没有帆船及早期轮船中包含的额外结构要件。船壳也因不再需要龙骨而彻底改变，变宽且成了平底，船身总长也增加了。船的额外长度和宽度意味着船身浮在水面上的部分多了，因而船的浮力更大。这样一来，船吃水更浅，可以在满载货物和乘客时，以更快的速度在较浅的河流上航行。船壳深度的变浅也要求动力室、乘客和货物置于主甲板之上。这些用房都在船的上层结构中，使内河轮船具有盆子似的外貌，这也成了它的一个典型特征。

密西西比河谷的轮船在 19 世纪 50 年代，达到了发展的巅峰期，其后才受到铁路挑战并被其击败。在美国铁路上行驶的第一辆蒸汽机车，是 1829 年从英国进口的。此后不久，美国人把英国机车作了重新设计，使之更适合美国的特殊需要。英美两国机车设计的

差异，并不能仅仅从两国的具体环境来解释，然而，美国机车的一个特别部件——前导转向架(leading truck)，是不同环境状况的直接结果。

最早的英国机车直接与蒸汽动力设备相连，并在锅炉下附有一个框架坚实的大驱动轮。驱动轮推动机车前进并承受机车的重量的主要压力，在直轨或大弯道上行走时，效果最佳。因为它们不能自由转动，在急弯道上就运行得不好。然而，因为英国地势的特点，英国铁路建造者愿意投资建隧道、辟捷径、修桥梁，使铁路能笔直地穿越或越过障碍，而不致绕弯，所以才决定了英国铁路相对平直。英国机车和其铁轨网的几何形状是相当匹配的。

在美国，地形差别更大，一种铺设铁路的不同主张也就占了上风。在后人熟知的“美国式筑路法”的指引下，铁路造得很快、花费也小，但急弯多、陡坡多、路床差，隧洞尽量不造，桥也是在无可选择时才造的，并且要造就造木桥。

英国机车在美国的路床上不能很好地运行。早在 19 世纪 30 年代，纽约州的约翰·杰维斯(John B. Jervis)就建议，在机车前部增加 4 个独立安装的小轮子，来分担机车的重量和导引它循轨前进。这些轮子不与蒸汽机车的驾驶杆相连，而与转向架相连，使这个转向架能在机车通过急弯道时，自由地调整转动方向。

杰维斯的建议使美国机车的设计有了第一次基本修正。它使机车能在美国正在铺设的蜿蜒曲折的铁路上更加自由地通行。

上文讨论斧头、轮船和机车的传播时，强调了由于自然背景——森林、河流和地势——导致对人造物的改造。这里极少谈到更大的社会、政治、经济和文化环境对这些人造物的影响。历史学家詹姆斯·E·布里顿(James E. Brittain)和托马斯·休斯(Thomas Hughes)提出一种想法，认为应考察广义上的环境对人造物的改变。他们研究了 1870 年至 1920 年之间，发电机在传遍欧美时所发生的各种变种。因为每个国家的需求都有少许不同，所以发电机的设计、制造

和销售情况不会完全一样。因此，这种机器就随各国表现的不同需求而改变，结果就制造了一系列不同种类的发电机，每种模式都和具体国家的使用目的相适应。

对今日人造物世界的大致浏览，就可看出汽车、电话、家用电器和电视机——仅举少数为例——都经历了与发电机相似的变化。每种东西在介绍给不同国家时，都随着变化了的环境和使用方式不同而作相应改变。举一个明显的例子——汽车，被改造得与各国的驾驶习惯、道路状况、燃料成本、安全规则和地形相适应。用适应性来解释人造物的变种的综合理论尚未出世。

知识：科学

除了晶体管之外，本章中已经讨论过的人造物大都与科学进步无关。然而在 20 世纪，科学在创造技术革新的过程中，扮演了更重要的角色，值得特别重视。科学的研究者，通过宣布科学实际上是所有重大技术变革的根源，来夸大学科的重要性。科学对技术变革的影响，更实际、更注重历史准确性的评价应当是，科学是促成创新的几个互动的源由之一。

常压蒸汽机和无线电通信技术是两项值得细致研究的独特技术事件，因为它们能揭示科学和技术的互动本质。从此项研究中得出的几个总结论，也适用于科学在其中起了一定作用的其他发明。首先，科学与技术之间的联系是很复杂的，从来就不是简单的孰轻孰重的等级制关系。其次，刺激技术革新所需要的科学知识，不一定是最新的知识，也不一定是以最单纯的形式出现；科学新进展的第二手或第三手资料，也能而且已经为技术服务得很好了。第三，科学决定了一件人造物的物理可能性的极限，但它并不能设定一件人造物的最终形态。欧姆定律并没能决定爱迪生照明系统的形态和细节，麦克斯韦的公式也无法决定现代无线电接收机里电路系统

的具体形式。

对蒸汽机起源的研究提出了这样一个问题:托马斯·纽可门如果不借助于科学是否也能发明常压蒸汽机呢?在蒸汽机尚未发明的时代,除了真空的概念外,是技术元素,而不是科学理论占了上风。真空研究并非是与机械制造相联系的器物源流的一部分,而是从早期科学家们对探索无物空间的物理学和形而上学的思索中衍生出来的。

亚里士多德宣称自然中不可能存在真空。这一观点在 17 世纪受到了加利莱·伽利略(Galilei Galileo)、埃万杰利斯塔·托里拆利(Evangelista Torricelli)、布莱兹·帕斯卡(Blaise Pascal)、奥托·冯·盖吕克(Otto Von Guericke)和其他对气体力学发展作出过贡献的人的挑战,他们证明地球大气产生压力,并制造了能从小容器中吸净空气的泵,还研究了在他们的实验室中制造的真空。他们中的有些人想了解真空是否可以维持生命或传递光线和声音,另一些人却在考虑它可能产生的实际用途。德尼·帕潘(Denis Papin, 1647—约 1712)即是后者之一。这位法国科学家用蒸汽、抽空的汽缸和活塞进行了最早的一些实验。

在荷兰科学家克里斯蒂安·惠更斯(Christiaan Huygens)的建议下,帕潘进行了首次试验,他填装了少量的火药,通过火药爆炸使一个装了活塞和阀门的直立汽缸中的空气被逼出。爆炸的火药并非是想要驱动活塞,而是想使汽缸中的空气排尽,这样,活塞顶端大气压力的重量将使其向下,移向部分真空的空间。火药爆炸后遗留的气状物,使帕潘的汽缸不能产生任何接近理想真空的东西。因此,他下一步就用蒸汽在他的设备中试验。

他将少量的水注入汽缸的底部,然后用手把活塞往下压,直到它抵上这种液体的表面。当帕潘将火贴近外壳很薄的汽缸烧时,水被加热后转化为蒸汽。蒸汽的膨胀力推动活塞缓缓上移。这种活塞被微微上举的运动证明是不大重要的运动。一旦活塞到达运动

的最顶端,它就停止不动了,火焰被移开,汽缸冷却,蒸汽凝结。这样在活塞底下就是真空,而在活塞上面有大气的压力。活塞被释放后,它就随着一股强大的作用力向下冲,帕潘能测量这个冲力的强度(图 3.8),发现了常压蒸汽机的主要原理。他认识到:只要汽缸和活塞的大小适当,就可能靠它们做有用功。他发表论文描述这些实验,提出大气的力量可以用来从深井里提起水和矿物、推动枪弹、不用帆便推进船只。

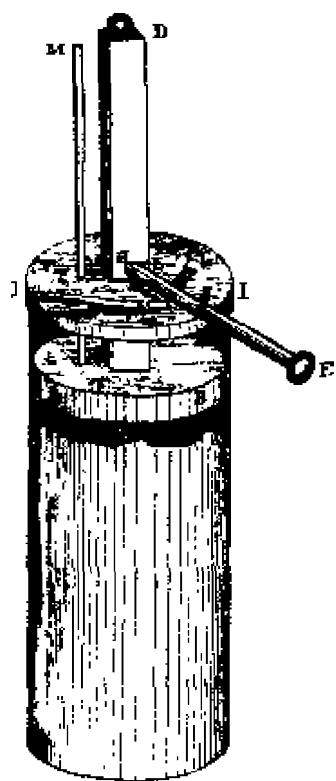


图 3.8 德尼·帕潘的蒸汽装置,1690 年。首先活塞(BB)由插在凹口 H 处的一根控制杆(EE)锁定。汽缸中的水被加热沸腾,产生的蒸汽充满活塞下的空间。然后冷却汽缸,使蒸汽冷凝,由此产生部分真空。再除去控制杆(EE),则大气压力会迫使解除制约的活塞猛烈下去。帕潘意识到这一击能够用来做功。资料来源:库姆斯·缪尔黑德,詹姆斯·瓦特传(New York,1859),第 107 页。

德尼·帕潘获得过医学博士学位,在德国一所大学教过数学,在一流科学期刊上发表过论文,与英、法、德、意各国最优秀的科学人才有密切接触。他的蒸汽实验属技术应用范畴:实验都是在科学

指导下进行的,是从科学家意欲探索真空性质的要求中产生的,并且实验结果是以科学论文的形式报道的。虽然帕潘是一个技艺精湛的机械师,他自制了自己的实验设备,并对处理和保存食品这样的实用问题有兴趣,但他和塑造他同时代人托马斯·纽可门(1663—1729)的那种手工业及工业环境还是相距甚远的。

接受过很少正规教育的纽可门1685年在英国达特茅斯当小五金商。他既出售工业用金属器具,又卖时兴的铁器、黄铜器、锡器、铜器给顾主。他的行业,一个高度专业的工艺领域,是现代机械工程的先驱。

纽可门的生意做得很红火,使他广泛接触了那些建造和使用各种机器的人,特别是那些在康沃尔郡(Cornish)采球场和德文郡(Devon)采球场干活的人。因此,他最适合接受帕潘的常压蒸汽机的模糊概念,并将一个能为矿山抽水而且省钱、管用的设备变为现实。

历史学家的任务之一就是,弄清这个英国五金商是如何了解到法国科学家的蒸汽实验的。少数学者认为两者之间并无关联,纽可门和帕潘各自独立地发明了同样的设备。同时发明一件东西并不罕见,但通常都是两个或更多的人在贴近他们共同专业领域的前沿工作时的发现。在历史记录中,无材料表明纽可门对空气力学有浓厚的科研兴趣。而正是对空气力学的浓厚兴趣,才使帕潘用火药和蒸汽做实验。

要弄清这一点,将事件按年代先后排序会有帮助的。纽可门的第一台成功的蒸汽机于1712年安装在英格兰中部地区(Midlands),而同时代人宣称他已在此前的10年中花功夫完善它。在1690年帕潘用拉丁文发表了他所进行的蒸汽实验的相关论文,其法文译文在1695年出现。早些时候还没有帕潘论文的英文文摘,但一份评述法文译文的文章出现在英国的头号科学杂志《伦敦皇家学会哲学学报》(The Philosophical Transactions of the Royal Society of London)1697年3月号上。

这份英文文摘以短小的一段文字概述了帕潘论文的大意，开头是这样写的：“第四篇（论文）指出了一种给矿山排水的方法”^①，接下来简明地描述了帕潘的蒸汽—大气压力实验，并强调其实际重要性。我们没有明确证据证明，纽可门发现了这一简要文摘性的评论，但很可能若他未发现，别的知道他对矿山和机器感兴趣的人会提请他注意。不像帕潘是皇家学会的会员和其杂志的撰稿人，纽可门与那个著名的科学机构没有正式的联系，然而，他的确有身为其实员的熟人，或与该学会有某种联系的熟人。

纽可门既无教育背景也无心去进行他不感兴趣的真空研究，而帕潘既无兴趣也无技术知识和想象力去将其实验室里小规模的演示转化为实用的蒸汽机。这两个人的工作彼此作了极好的补充：在一方我们见到的是一个屈从于功利主义的科学家；在另一方我们发现了一个对科学实验具有实用性的知识并能将其变成给矿山抽水的机器。

假若认定帕潘在发现常压蒸汽机的工作原理的过程中，表现了比使之成为完全可用的机器模型的纽可门高得多的创造性和天才，那就大错特错了。也不能错误地认为纽可门仅仅是将理论用于实践，不能说他是在帕潘已做的工作的引领下做了显而易见的轻松事。只要把纽可门设计的蒸汽机和帕潘的光有汽缸和活塞的设施摆在一起一比较，就可以知道纽可门的成就之大了。从一种实验室设备到纽可门装起来的大而精致的机器是一步极大的跨越。在帕潘的设备中极少东西可作这位英国发明家的参照，让他在推敲他的常压蒸汽机时有所借鉴。

若一位发明家选定了机械部件，并确定了它们在造好的机器中是如何互相作用的，历史学家就有办法复原形成此项发明的每个步骤。然而却无法描述机器发展过程中的必由之路，因为只有在纽可门造出了自己的蒸汽机后我们才能明确了解其特定的机械结构的轮廓。在此之前没有他可以走的现成路，没有一个正确的、不证自

明的、符合逻辑的、科学的蒸汽机的设计方法摆在那里。纽可门使用他对材料和机械的知识,设计出了解决一个现实难题的一劳永逸的好办法。他的蒸汽机成功地为英国、欧洲和美国的矿山抽水,就是在更高效的瓦特蒸汽机介入后也没被淘汰,一直使用到 20 世纪初。

虽然我们不能确切地知道引导纽可门解决问题的一桩桩事情发生的先后次序,我们却可以确定:他把帕潘的汽缸和活塞结合到他自己设计的蒸汽机中时,作了哪些创新和改动。首先,我们看看对充满蒸汽的热汽缸的冷却处理:帕潘向汽缸外面浇冷水,纽可门则将水注入汽缸之内,从而使汽缸更快冷却。帕潘加热汽缸里面的水;纽可门则另置了一个炉子,汽缸一时被冷却一时被加热的过程中,这只炉子一直保持恒热。至于规格,帕潘汽缸直径 2.5 英寸,纽可门的第一个汽缸口径 21 英寸;规格大意味着在制造和安装汽缸和活塞时都更费事。此外,帕潘满足于用手来开闭阀门;纽可门则不得不设计阀装置来自动工作,这样蒸汽机才能不用人的介入就完成 12 至 14 个冲程的运动。

活塞也带来了自己的问题。纽可门的活动杆或曲轴一头连着活塞杆,另一头连着泵,而在帕潘的实验设备中就找不到相似物。蒸汽抬高帕潘的活塞,在纽可门的蒸汽机中则是泵的重量使杠杆举起活塞到汽缸的顶端。活动杆的某些技术成分可以从同时代的一些机械中找到影子,但纽可门的发明是对这些东西的融合,而不是简单的拼凑。

纽可门蒸汽机的整机是与活动杆的情况相似的。将机械技术嫁接到新的空气力学上也是一种融合。从这种新的联合中引出的蒸汽机首创了一个极端重要的热机系列。这一系列近 3 个世纪之后仍在继续产生新的类似人造物。

近来的史学研究一直在呼吁,注意在技术领域工作的人普遍的思维模式问题。在尤金·S·弗格森 (Eugene S. Ferguson) 的一篇有影

响的论文中,他认为视觉而非言语主导了技术专家的创造性思维活动——这是靠意象来进行的思维。技术专家头脑中对机器的部件进行了审视和组装,然后头脑中对其产生过无数幅草图和模型后再对其加以修改完善。只有到了这一步,技术专家才回到现实世界,描述、写到或建造一种真实工具。非言语思维过程对工程师和技术员的工作可说是关键,但对更喜欢使用概念、数学表达式或假设实体的科学家来说,就不是那么要紧。在蒸汽机发明之前的时代已有了对真空的概念上的理解,这种智力活动对帕潘来说是不陌生的。创造常压蒸汽机需要的是另一种知识和另一种思维模式,这对纽可门来说又是最熟悉不过的了。没有对真空的科学研究,我们就不可能有常压蒸汽机。没有技术专家预想机器的工作过程,推敲它们能做些什么改进,新机器怎样被设计出来做新的事情,也同样没有常压蒸汽机。

另一个说明科学与技术互动的例子是无线电通信。无线电通信最终依靠的是由詹姆斯·克拉克·麦克斯韦 (James Clerk Maxwell, 1831—1879) 提出的电磁理论。在 1854 年至 1879 年的 25 年间,这个苏格兰物理学家用数学术语重构了他所了解的当时电与磁研究的一切,包括迈克尔·法拉第 (Michael Faraday, 1791—1867) 关于磁场与电场存在的理论。在麦克斯韦提出他的数学表述的电磁定律时,它们的公式需要一个新术语使其保持一致。这个术语,主要是出于数学的需要而不是实验证明的结果,他解释成是穿过空间的一种电流或波,称为“位移电流”的这种东西产生一个不断变化的磁场,反过来又产生一种新的电场。这样,就有不断交替变化的电场与变化的磁场,一个接着一个,一个激发另一个。因为这一切都发生在空间中,交变场可以被认为是以光速在空间中传播的电磁波。

至此为止,麦克斯韦并没有做过实验,虽然他的数学公式是建立在已知的电和磁的现象基础上并与之相一致的。麦克斯韦也没有采取行动,来证明他推测的波的存在,并确定其速度。他用于求

取数学公式的高强度劳动,和他的公式与已有电学和磁学的知识体系之间的契合使他确信他不必这么做。

一个大胆预言一个全新实体的存在,又认为没有必要用事实证明其存在的人肯定不乐意考虑它的技术上和商业上的应用可能性。作为理论家的麦克斯韦对其物理学原理的应用所起的作用很小。在 1878 年当麦克斯韦见到亚历山大·格林厄姆·贝尔的新电话机时,他鄙夷地评论:“对其鄙陋的模样的失望只部分地被它确能说话的发现冲淡了一点点。”在他眼里,贝尔的装置完全可能是“由一个非专业人员”^⑥把一些常见的零部件装配在一起而构成的设备。

麦克斯韦的电磁波理论堪称是知识上的伟大成就,然而要是没有一些英国和欧洲大陆科学家的工作,它又算不得一个令人信服的成就。在麦克斯韦首先就此专题发表论文 23 年后的 1887 年,德国物理学家海恩里希·赫兹 (Heinrich Hertz, 1857—1894) 用实验证实了电磁波的存在。为了做到这一点,他设计了一个波的发射体(发送机)和一个检波器(接收机),这样就能证明波是以人们所宣称的方式传播的。但他用的是在当时大多数装备充实一点的实验室,包括麦克斯韦的实验室中都能找到的普通电器设备。赫兹的发送机是一个以电池为能源的感应装置或电火花线圈,就跟现代汽车上的点火线圈相似,有一个可调火花隙和两块与之相连的金属平板起偶极天线的作用。他的检波器是一匝由小缝隙隔开的金属线。在发送机火花隙中产生的电荷所产生的电磁波可以辐射到整个空间。在抵达检波器上时电磁波引起金属线上的定态电子的运动,并在线圈的缝隙中产生火花。

瞬态放电无线电报术就是在赫兹的实验室中诞生的。只要稍加改动他的设备就完全可以发送密码信息。但赫兹对通信技术不感兴趣,他是一名证明了麦克斯韦的核心理论工作的科学家。现在流行的对赫兹的实验的记载提到了它的可能的实际用途,但这位德国科学家从未明言过他的研究的这一方面。

大致就在赫兹进行他的电磁波实验的同时,英国物理学家奥利弗·洛奇爵士(Sir Oliver Lodge, 1851—1940)也在从事相似的工作。洛奇接下来对赫兹波的研究是很重要的,因为它代表了向无线电报技术开发的方向迈进的第一步,尽管这一步步履蹒跚。

赫兹和洛奇两人都为演示某些科学原理而制造了发送和接收装置;然而,洛奇比他的德国同仁更为技术难题着迷,乐意一试身手来解决这些问题。他对电磁波的探究,始于研究改进在暴风雨中并不能起完全保护作用的避雷针。尽管洛奇本身对电磁辐射有兴趣并有这方面的丰富知识,他还是未能及早地转向研究无线电报技术。

在1892年另一位英国物理学家威廉·克鲁克斯爵士(Sir William Crookes)在一份流行杂志上撰文赞美赫兹新近发现的奇妙的波。他预计在将来,这种波将能使我们控制天气、种出更好的庄稼、不使用输电线就能为居室照明,目前它们可以被用来产生一个电报系统,毋需电线、线杆、电缆或代价高昂的设备。历史学家休·G·J·艾特肯(Hugh G. J. Aitken)认为1892年标志着无线电通信发展史上的分水岭。此前,围绕电磁波所做的一切实验都是为了验证麦克斯韦的理论;自1892年后,实验者们转向开发信号系统,改良和发明新设备。他们还参与商业性技术开发,不是为发表科学论文,而重在申请专利。

1894年洛奇在英国科学发展促进会(British Association for the Advancement of Science)的年会上展示了他的发送机。他用莫尔斯码把信号送到了180英尺外,并讨论了无线电报的可能性。在此时洛奇完全掌握了无线传输方面当时最新最尖端的科技知识。此外,他所从事的是对未来会产生巨大影响的无线传输的一个方面的工作——选频(selective tune)。这一革新将使无线电通信的发送端限于使用狭窄的、分配好的操作频率,这就限制或排除了信号干扰。在1897年洛奇有些不情愿地为其早期工作申请了专利,他甚至和一

家公司签订了一份协议,来生产他设计的无线电设备。然而,虽然他做过这么一些事,他仍不失其物理学家的本色。洛奇考虑到专利给知识带来的限制性,另外被世纪末兴起的物理学新分支所吸引,他始终未成为商用无线电操作系统研制工作的推动者。

以上提到的这些科学家的秉性在古利尔莫·马可尼(1874—1937)身上也同样存在。其父是一个富有的意大利人,其母是爱尔兰人。马可尼所受的正规教育有限,但他从奥古斯托·里吉(Augusto Righi)那里正规地学到不少东西。里吉是波伦亚大学的物理学家,其时正对赫兹辐射的短波进行实验。在1894年,24岁的马可尼在里吉的帮助下,组装了一台用于电磁波传输的设备,至1895年时,他达到了输送信号至1.5英里远的效果。在他后来的奋斗中也具有这些早期试验的特征。首先,他的方法是高度经验主义的。事情不可能不是这样。因为他的物理学知识远比赫兹、洛奇或里吉所掌握的少。其次,他专注于延长他的设备的物理应用范围。他关心的是将他的信号送到越来越远的地方,他开始相信一种在商业上有生命力的无线电通信系统是可能被造出来的。

1896年马可尼移居英国,想对赫兹波进行商业开发。他通过申请并得到了名为“借助电脉冲传送信号的方法”^②的专利。这项专利是全世界第一份授予无线电报业的专利,实际上包含了对麦克斯韦和赫兹的科学工作的完整技术应用。马可尼在专利中没有提供什么新鲜原创的东西,但他是要求拥有对现有的方法、设备和电路的产权的第一人。依照英国法律,这一要求足以使他名正言顺地拥有对电磁信号发送有关的一切的专利。正是在马可尼抢占先机后,洛奇才退一步被迫寻求对其研究工作的保护(1897)。

天线设计是马可尼唯一可以问心无愧地说亲自作出了开创性的贡献的一个领域。他早期对远程输送信号的专注研究促使他试验不同的天线,特别是那些地面-平面和地面-垂直天线。他并不是发明这种类型的天线的人,虽然他首先将其融入了传输系统。他

用天线做的实验是在失败了再重来的千辛万苦中进行的。天线设计在今天仍像是一门艺术性的工作,但在世纪转折点上它的科学基础很薄弱,马可尼在热切追求其无线电通信的商业成功时也推动了当时科学研究最前沿的工作。他无法等待对某一特定天线结构的理论证明。

在其富有的英国亲戚的帮助下,马可尼在 1897 年建立了无线电报和信号公司(Wireless Telegraph and Signal Company),这一行动再次把他和正在做电磁波研究工作的科学家们分开。这家公司资金充足,人手齐备,但因为它是一家开拓性的公司,所以在它拟定的市场定位问题上有些混乱。这桩事情被企业家马可尼解决了,他很喜欢确定、寻找并创造新市场。一开始,马可尼的公司生产无线电设备,出售给那些要想建立、经营和维护自己的无线电系统的客户。它的首批客户包括英国陆军和海军,他们都有足够的钱来训练自己的操作使用人员。至 1900 年时,因为很明显地看出规模巨大的海运界可以使用无线电作海对陆通信,公司建立了一个分支机构来为这个新市场服务。它负责训练无线电报务员,他们在马可尼所拥有的在船上或岸上设立的电台工作。随之而来,无线电传输业务而非设备本身,成了无线电报和信号公司提供的产品。

这些商业行动向马可尼和他雇佣来扩大无线电信号的覆盖距离和效力的技术人员发出了新的技术挑战。在 1900 年时信号输送里程仍限于 150 英里内,但在一年后马可尼已试图向大西洋彼岸传递无线电信号。他通过巨大的天线和大功率的火花隙发送机来达到了这一目的。由于输送信号到远方时地球的椭圆形状又造成了极大的麻烦,因此马可尼这次的工作领域又是处于科学最前沿的。随着无线电网规模的扩大,越来越多的发送机和接收机投入使用,选频的需要就随之产生了,马可尼最终被迫思考洛奇在 19 世纪 90 年代考虑过的问题。

马可尼公司的早期发展史是一个技术走在了科学前面、大多数

时候没有科学援手的历史。马可尼不是在将科学知识应用到解决技术难题中,而在为科学界尚未理解的难题提供技术解决方案。马可尼在 1909 年被授予诺贝尔物理学奖,既富有讽刺意味,又是理所应当。他和德国物理学家费迪南德·布朗 (Ferdinand Braun) 共享此奖,后者设计出一种无火花无线电线路,从而有效地提高了发射里程。在解释授奖的理由时,诺贝尔委员会承认了法拉第、麦克斯韦和赫兹的卓越理论工作,但总结道仅马可尼一人展示了“将整个东西塑造成为一种实用可行的体系”的能力。³

常压蒸汽机和无线电通信的情形自身不够用来从中引出概括科学与技术之间的关系的一系列总的规律。这两个例子的确可以用来警示世人:不要太轻信所有创造性工作都应归功于科学家,而留给技术专家的是对从上面传下来的知识作补充。纽可门和马可尼的知识成就哪一点都不比帕潘和赫兹的差。

这两桩事也显示出信息传播的中介人所扮演的重要角色。帕潘和那些进行空气力学研究的科学家保持密切接触,但他的更广泛的兴趣也包括至少考虑对那些研究的实际应用。因此,帕潘的研究成果比托里拆利的更易于为纽可门了解。在无线电方面赫兹也扮演了相似的角色,他把麦克斯韦的理论在实验室中作了演示,而洛奇接受了实验室演示的启示,并将之发展成无线电报技术及其产业。余下的工作由马可尼来完成,他将过去所有这方面的知识融入到他自己对无线电报科技的重要见解中。在信息交换的每一阶段,在科学界与技术界之间都有双向的信息交流,双方都能从对方吸取有价值的东西。结果是,技术和科学都被发明所改变。

蒸汽机和无线电通信都是文艺复兴之后的发明。这是可以预见的,因为促使这些革新出现的近代科学,是 16 世纪和 17 世纪欧洲文化的产物。在文艺复兴之前,以及其后长达数百年,技术进步都是在没有科学知识相助的情况下产生的。随着以科学为基础的化学和电力工业在 19 世纪晚期的建立,这种情形起了变化。然而,

这并不意味着 20 世纪的技术和工业发展完全得依赖科学的研究。现代物质世界的主要特征还将继续由技术决定。

第四章

创新(2):社会经济因素与文化因素

从经济学、人类学和历史学中撷取的例证,阐明了在本章中对技术创新的出现所作的一系列完全不同的解释方法。在这些新解释方法中,基于社会经济因素的解释方法是最著名、也是发展得最充分的。它们的知名度和高度发达源于它们与经济学理论和马克思主义历史发展观的联系。虽然有复杂的理论和经验发现可以搜求出来支持社会经济解释法,但是细加推敲它们的缺陷和破绽就会暴露无遗。因而,我们最后只能转向一种建立在广泛基础之上的解释方法——强调文化态度和文化价值对革新的意义。

手工制造物品

社会人类学家 H·G·巴尼特(H.G. Barnett)写道,“一切摹仿都必然走样。”^①不管摹仿者多么苦心孤诣地想忠实摹仿一件原物,仿制品与原型都会有差别。就算摹仿者与原件制作者只有一人,且为同一个人,情况也会如此;心境、材料、工具和工作条件都会有细微变化,使得精确复制不可能实现。当更多的人参与到复制过程中时,与原件发生偏差的地方就会更多。

批量生产的人造物同样也不可能在模仿中无偏差。的确得承

认随意走样的地方不多,但即便是在现代工业中采用严格的控制手段也会出现偏差。仔细检验会发现,原本以为完全一样的饮料罐也可根据生产过程中不经意留下的印记区分开:拉环抛光或粗糙,或光滑;罐顶上印刻的和凹凸的印刷体字有深有浅,用来将拉环搭上罐顶的铆钉可能露出变形的头,包装外套的平版画标签墨色有浓有淡,特别是标签末端叠合处会有这种现象;标签着色与印字也都可能出现差异。批量生产的东西的随机走样强调说明了一点:在人造物世界中,变化与差异是铁定不变的规律。

无论是手工制作的还是机器制造的物品中,细小变化都不能积聚起来导致重要的变革,但人的蓄意介入可以将变化导向产生新的人造物。类似现象在石器技术漫长而迟缓的进化中完全可能发生过。在石器制造过程中出现的任意变化可能为后来加以利用的新形式和新功能提供了启发性思路。这一过程可以部分地说明从多功能手工工具向专业手工工具的发展。

在正常加工过程中出现的一些变化是在人造物制造者的控制范围之内的。有时人们为了创新,故意打破例行制造方式以求变。这些普通的变化在手工制品中比在机器生产中更易于研究,因为通常革新和人为介入是由单个人,或至多由少数几个人进行的。人类学家们通过调查技艺熟练的人编制的篮子和烧制的陶器,帮助弄清了例行革新的性质及它们在传统社会中的接受过程。例如,编篮艺术在加利福尼亚北部的尤罗克 - 卡洛克族(Yurok-Karok)印第安人中就达到了高度完美的水平。莱拉·M·奥尼尔(Lilan M. O'Neale)在20世纪30年代观察过尤罗克 - 卡洛克族印第安妇女编篮子,发现实际上她们所有的人对篮子的好坏都是十分敏锐的评判官。她们不仅编篮子,而且把它们看成兼有实用价值和审美价值的东西。因为材料受到了一贯使用的天然物品(树枝、树根和草)的限制,形式又受到了盛器的实用性质的限制,被混织进去以产生装饰效果的图案便成了革新最明显的突破口。奥尼尔不太费劲就找准了革新者

——那些创造了装饰新风格和新主题的女人。她们因自己的创造性工作而受到敬慕,她们的图案也被一起干活的人们用在了她们的篮子上。但每个人都知道这是一时流行的时尚。时间一长,这些创新就会被遗忘,更古旧的编织方式又出尽风头,尤罗克-卡洛克族印第安人编的篮子将继续走传统路线。

鲁斯·L·邦泽尔(Ruth L. Bunzel)对普韦布洛(Pueblo)陶艺师进行了研究(1920年代)。梅·迪亚兹(May N. Diaz)也对墨西哥托纳拉(Tonalá)城的陶艺师作了研究(1960年代)。他们的研究都突出了一种在形式设计和装饰物设计中占主导地位的保守观念。迪亚兹发现:制陶者因为把着重点放在了复制和模仿上,所以不理睬当时陶制品博物馆鼓励发明新款式努力。但还是有几个托纳拉陶艺师作为革新家享有很高声誉。与此相似,邦泽尔提到过新墨西哥州圣伊尔德丰索(San Ildefonso)的陶艺师朱利安·马丁内茨(Julian Martinez)和玛利雅·马丁内茨(Maria Martinez)导入过新工艺、新形状和新装饰。这对夫妇的创新风格大受欢迎,以至于取代了旧器皿及其装饰物。

社会学家乔治·C·霍曼斯(George C. Homans)建构了一种社会经济学理论来预计是哪些手艺人最可能进行革新。霍曼斯推测,手工艺品若是被造出来借以谋生的,社会和经济因素就会共同发挥作用,推动或加速已露端倪的创新追求。为便于分析,他将手艺人分成三个等级范畴:高、中、低三类。在这几组人中,中级的人最无创新的可能。在等级最底层的人通过创造新颖事物所可能产生的损失最少,他们仅指望这样做能有助于销售,并引起别人对他们的注意。如果他们失败了,他们也不可能降到更低的地位。具有地位最高的工人的革新是为了证明他们的超凡能力和保持他们的领先地位。他们有闲暇、权力、经验和自由来做试验。在两个革新阶级的中间的中级人士取一种保守的姿态。他们比其底下的有可能损失更多,而且对他们中的优秀者的成绩也不感到有压力。他们担忧革

新会危及他们的地位，就宁愿在技术实践中保持现状。

这一理论在针对非洲和拉美进行的研究中得到了认同。在今日西非加纳的土地上曾经生活过的阿散蒂(Ashanti)人中，处在中间层的雕木工不思革新。不愿浪费时间和资源来冒险创新的一般雕刻工仅为已有的市场生产著名的传统产品的复制品。留待高层和低层的人去干的革新活动也相应以完全不同的形式出现。最低级的雕刻工手艺不佳，在市场上处于边缘位置，努力想靠模仿其他非洲部落的风格或迎合西方人偏好非洲“原始主义”的口味投机取巧。而又没有本地特色的艺术基础的这些人只好梦想靠这些办法闯出一条新路。处于手艺巅峰的大师级雕刻工在阿散蒂族艺术的限制范围内革新。在这样做时，他们在鉴赏家中就能赢得新美学趋向的始作俑者的称号，从而受到敬重。

对拉美人的研究揭示了在革新的经济风险排除时会出现的情景。在有些场合研究者们发现有些陶器作坊里资方付工资给制陶工，并承担所有经济风险。在这样的条件下，墨西哥尤卡旦半岛(Yucatan)那些本来因循守旧的制陶工，在雇佣他们的纪念品商店老板的要求下经常做出新款式陶器来。与此相似的是，秘鲁一个受庇护的官办手工艺学校的制陶工解脱了一切改革可能带来的经济方面的后顾之忧。他们的反应就是开发出一批新款式产品和陶土加工工艺。如将这两组制陶工置于市场的狂风大浪中，他们都将不敢如此大胆地试验新产品，除非他们属于地位最低或最高的制陶工。

霍曼斯的理论论及了社会经济因素对革新的制约，但是未对革新源泉加以考察。他也未谈到当市场力量不起作用时，比如在生产自家用的必备消费品或为个人乐趣而生产消费品时采取的革新行动。在传统社会的手艺传授和文化价值都可能阻挠变革——不管革新者有何种动机。

假设传统的制陶工、编篮人或雕木工被提供一种全新的材料作

为他们的工作对象,试想他们的反应会是弄出新花样的产品吗?我认为恐怕不会。新材料的引进对创新的推动力实在被过分夸大了。相反,若给工匠们新材料,他们更有可能会花更多力气去用新瓶装旧酒。在金属最初被用来制造手工工具时情形也一样。工匠们仅仅是用黄铜和青铜再现从石器中进化来的工具形状和样式。新金属工具很长一段时间都一直保留着它们石器时代的原型的印记。

每一次新金属材料投入使用都重演了上述的过程。第一座全用铁造的桥是在18世纪70年代后期在英国煤溪谷(Coalbrookdale)的色汶河(Seven River)上修筑的。虽然这座著名的桥是铁的新用途的象征物,但它仍以木建惯例为参照对象建造。它的铸铁工件衔接点上是用楔形榫精心接合的,好像是经削凿过的木头一样;它的构件是由铁销子连接起来,并不是用的铆钉、螺母和螺栓。10年后,英国桑德兰(Sunderland)附近造了另一座铁桥。在这座桥中,大致像石材块料那么大和那种形状的铸铁块,就如一块块修琢过的建筑石一样垒搭起来。

新材料被用来代替遭淘汰的旧材料时产生的模仿规律性,使人类学家造出了一个新词来指代这种现象:借壳现象(模仿遗留赘物,skeuomorphism)。遗留赘物是在一件照新材料的样式打造的东西中派不了多大用场或根本无用的款式和结构要素,但它在这件新产品赖以产生的模仿原物上是大有用场的。建筑可以提供一些遗留赘物的最著名的例子。木头建筑的很多特征在古希腊人开始建造石材建筑时又重复出现了。木制的支柱改换成了石柱,镶榫(雌雄榫)头接合工艺在石材建筑中又用上了,木雕的装饰也被带到石材加工上;伸出屋檐之下的木制屋顶桁条头也变换成了石材建筑中常见的希腊式齿状装饰——一行行间距均匀的石材块在石头大厦的屋檐下露出头来。

陶器制作是一个特别适合为遗留赘物作证的行当(图4.1)。在陶土罐表面绘制的或镂刻的图案常常是篮子的遗痕。制陶业发

展早期,陶器投入火焙烧之前常用篮子来加固容器的表壁。还有另一种情形,装饰图案是过去曾经绑在罐子本身周围,以便于携带的绳套或提索的遗留物的印证。

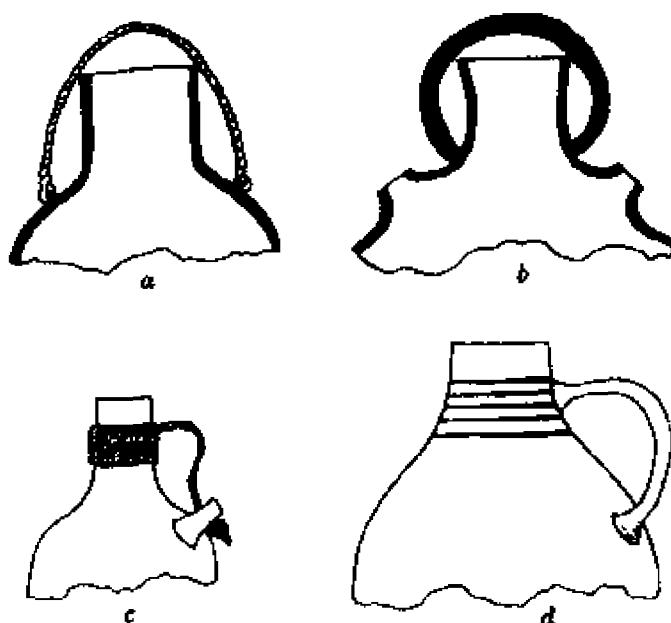


图 4.1 比利时属刚果(今刚果共和国)和陶器的遗痕结构和设计。a 和 c 属传统的有绳提手陶罐。b 和 d 是以有绳提手款式的原型为模式烧制的有陶瓷提手的陶罐,取其形而亡其实,这种陶器提手就是遗留废物。资料来源:R·U·塞斯,原始艺术和工艺品(Cambridge, 1933),第 90 页。

遗留废物现象不仅仅是过去有,也不仅限于传统工艺品。在今天最先用塑料制的无数物件中都能找到它。几乎可以塑成任何一种形状和颜色的塑料做成的东西,大多情况下总是被赋予和同类人造物相似的传统形状。第一批塑料水桶以已有的镀锌钢桶的造型为模仿对象。第一批塑料篮子的形状与芦苇或木条做的旧篮子通常一样。只有在稍晚些时候,塑料桶和篮子才从金属薄片和植物材料造的同类物的影响下摆脱出来。

遗留废物、例行革新和随机变化是手工业品的保守一面的几大特点。据设计理论家克里斯托弗·亚历山大(Christopher Alexander)总结,抗拒变化是传统手工业的本质,也是其力量的源泉。亚历山大

指出了新制品的设计制造的两种通常途径。第一个是原始社会和手工制品有关的，是一个无自我意识过程(*unconscious process*)介入的活动。手艺技能通过有经验的工人做操作示范和由新手对现有制品的复制过程，在尝试一犯错一纠错时学会。因为此种手艺的知识未在任何书面文本中总结过，也没有长篇大论的口授的记录，也没有普通理论可供学习。人们在实践中学习，新手要学会做的就是过去多少年来，可能几百年里人们一直在做的事情。这些东西容不得任何人借用它来展示其个人的发明创造能力。

由这种过程制造的传统人造物多少年来经历了很多小的改进，因而也就和它们的功能极其相配。原始民族可选用的工具或用品极少——如一只小划子、一把斧子、一个泥塑罐，但考虑到特定的物质文明的普遍水平，他们到手的东西是够好的了。

在现代化社会中情形就大不一样：我们可以发现设计创造的第一种方式——这是一个有自我意识的方式——新手可以接触到大量的理论知识，周围有大量复杂的物件，有激励机制来诱导他把自己视为革新者。亚历山大作出结论说，结果就是一个充满了令人目不暇接的多种多样物品的世界，其中有些物品对人们要用它做的事情而言并不完全合用。

亚历山大的论调受人类学家奥古斯托·亨利·皮特·里弗斯论原始技术的观点的影响极大；这是一个看似很迷人的论调，但历史证据并不怎么支持它。评论家们在很短的时间跨度内就收集全了惯常列举的一些例子证明：在传统社会里变化慢而小，变革受到压制，他们的人造物在功能上更优越。我们缺少对原始社会技术的长期记载。或许一旦我们占有这些资料的话，我们将发现反例来说明原始民族在人造物上进行的大规模的革新。

在近东的史前时代(约公元前8000年—公元前3000年)的最后5000年中，技术的发展过程中的情形恰恰就是如此。尽管史前文化与现代原始民族的文化不能等量齐观，他们的技术的确都有某

些共同特征：广泛使用手工工具；依赖人力和畜力；没有科学基础作后盾。考虑到这些限制，以技术革新的方式能取得什么成就呢？似乎有大量的东西可成。有人可能要争辩说，至少在史前时代后期取得的成就和有历史记载以来最近 5 000 年中的成就不相上下。

史前时代后期手工业工人能见到的材料储备库就扩大了。除旧的材料如石头、木头和骨头之外，现在又增添了黄铜、青铜、黄金、银、锡、砖和陶制品。但人们需对自然物质（矿石和陶土）进行加工才能得到这些增添物。加工它们的新工艺也要人设计出来，比如铸造金属、对陶土脱胎和烧制。这些革新反过来又刺激了一连串工具的发明——将材料整治成对大众有用的物件时用得着它们。

这一时期能源和交通已取得了长足的进步。动物驯养和羁绊动物的工具的发明使人们能在农业、交通、食品加工中有效地利用畜力。陆上交通的革新始于运载重物的滑橇的发明，在有轮车辆的发明和配套道路的建设中达到革新高潮。与此同时，在河流上首先出现了筏子，随后出现独木舟，最后出现的是船舶。

围绕农业和家居生活的发明其数量惊人。农业的导入刺激和平衡了食品供应，有助于更大居民点的发展，加快了灌溉系统的发展，导致了与栽培、收获和储藏农作物相关的犁和其他工具的发明。20 世纪日常生活的成形与这些早期农业从业者的功绩是分不开的，他们最先在配有炊具、织物、篮子、垫子等家用物品的定居点生活并开始造漆、香水、肥皂和染料。

史前时代晚期的成就单上还有最后一项——书写。这是一项在人类历史上将手工技能与知识以某种独特方式相联系的发明，而且也需要创造相伴的物质工具——粘土书板和尖笔。书写标志着人类极富创造力并且果实累累时期的结束。这一时期的发明之所以意义重大，有两个方面的原因：第一，它们为随后的西方物质文化和文明的快速发展铺平了道路；第二，它们证明了重要的、大规模的发明可以在按现代标准看属于原始的低级的技术背景下产生。

经济刺激

对经济学家们及经济史学家们而言,在传统社会相对简单的经济中出现的技术创新远没有在现代工业社会中出现的创新那么有趣,那么有吸引力。自18世纪以来,谈论发明的理论或经验的经济文献越来越多了。在这些文献中包含的相互冲突的观点有助于对发明过程的经济侧面的深入理解。

虽然卡尔·马克思不是对技术发展提出经济学解释的第一人,他的工作却是对此话题的讨论中最著名的。马克思很干脆地承认了工业资本主义所取得的伟大技术成就。马克思指出,在借助蒸汽机、铁路、电报和各种机器征服自然的过程中,在一个世纪里工业资产阶级成功地超越了过去所有时代的文明所取得的成就。埃及金字塔、罗马的水道、哥特式大教堂与现代工业主义的里程碑都无法相比。资本家取得了辉煌的成功,因为他们靠从不间断的技术革新打破停滞稳定的社会,代之以一个充满动力的社会;他们就成了这样一个社会的统治阶级的成员,这在历史上还是第一次。正如马克思在《共产党宣言》中所写的“生产的不断变革,一切社会状况不停的动荡,永远的不安定和变动,这就是资产阶级时代不同于过去一切的地方。”^②

资本家狂热地追求革新是为了努力增加利润,扩大工业品的市场,保持对其工厂里雇佣的男女们的控制。最后一个原因特别重要。马克思在《资本论》(1867)中说:“单以发明给资本家提供对付工人阶级的反叛的武器为出发点,写一部1830年以来的发明史,就完全有可能办到。”^③他心目中的技术革新是为挫败不服帖的工人或罢工的工人而有意进行的。马克思对工业冲突对技术变革的影响的历史研究的呼唤已经导致了对此课题的全面系统的研究。开路先锋是把19世纪英国纺织业的三项重大革新与同时代的劳工问

题联系考察的泰因·布鲁兰(Tine Bruland)。

第一个发明是自我运行的(即自动的)细纱走锭精纺机(1824年)。这种机器不用工人帮忙就能纺棉纱——只要几个工人来修整断纱、上润滑油、保养机器。早先,非自动的精纺机需要由技术娴熟、报酬很高的称作纺纱工的人来侍候。纺纱工在棉纺厂工人队伍中占10%的比例,但他们是工厂运行的绝对核心,他们运用这个关键地位要求半管理性的权力,制定工作条件、获得加薪的待遇。憎恶纺纱工对生产的这种控制的棉纺厂老板,想靠发明家创造出一种自动的精纺机获得帮助。理查德·罗伯茨(Richard Roberts)首先成功地完成了这样一台机器,它是在英格兰海德地方的工厂受长达3个月的罢工的影响关闭之后完成的。虽然自动走锭精纺机并没有立即导致整个行业的纺纱工人遭解雇,它的存在削弱了他们的独立地位,压低了他们的工资,限制了他们动不动就罢工的倾向。

纺织业的第二个发明——滚筒印刷机——给印花工艺带来了革命。传统上的惯例是:印花工人用刻有阴文的木模版(长1英寸、宽5英寸)在印花布底料上印图案,生产效率很低。印一匹28码长的布要用手工操作蘸墨印模448次。这些技术熟练的印花工人是一个古老而组织严谨的行会的成员。在19世纪后期印花工人的一连串罢工之后,机械纺织印刷被引入。握印模的手换成了圆柱形的金属滚筒,图案就刻在上面。着墨过的滚筒碾过布面,印花过程就快速、精确地完成了。手持印模的印花工很快就随着越来越多的厂商采用这种机器而失去了他们的力量。

梳毛机械化是与劳资冲突相联系的第三个纺织业发明。在羊毛被纺成线以前,纠缠在一起的羊毛纤维必须被理顺成平行的长绺,这活是由羊毛梳理工用加热的手梳干的,又费劲又有特殊技能。羊毛梳理工、印花工的情形相似,也是一个有组织的行会的成员,他们独立不羁,好斗逞勇。事实上,他们力量如此强大,以至于议会在18世纪早期通过了法案以约束他们在工业中的影响力。因

为技术方面的难关,梳毛机很迟才得以完善。首台此类机器到1790年才出现,19世纪20年代和30年代对它的开发因梳毛工的罢工而加速。在19世纪中叶,管用的梳毛机被造出来了,梳毛工开始了一场抵抗的战斗,但他们注定是要输的。

虽然羊毛梳理工、印花工和纺纱工的力量和独立精神导致纺织品厂商和发明家设计可以代替这些人的机器,劳资斗争只不过是刺激发明的经济因素中的一个。有人宣称在商业活动兴旺时,发明创造能力也一定巨大。在这些时期剩余价值可被用于技术创新上,而技术创新又往往被认为在经济上要冒风险。另有一对立的派别认为在衰落期,当经济处于驼峰低谷,发明家们寻求技术改良以改善现状。假若我们不能找到在经济衰退期发明创造能力增加的证据的话,只是因为那时培养的革新在经济条件改善以前还未加以利用。与这种解释相联系的是试图把增加了的发明活动与长期商业周期(*long-term business cycle*)或价格总体的变迁(*general history of prices*)相联系来考虑。有一个经济学家认为,任何价格变动都是对发明的双重刺激,因为在—个领域产生的成本困难在另一个领域就是赢利的机会。意识到这一情形的发明家们就构想出他的革新来利用眼前的紧张形势有利的一面。

最近意识到,工业所需的关键性原材料的显著短缺,使研究者对过去处理这种短缺的方式引起了注意。一个技术适应能力强的社会对物质匮乏的对策就是技术革新。经济史学家内森·罗森堡(Nathan Rosenberg)列出了几个可供工业社会面临自然资源供应衰减的前景时选择的方案。第一个可能性就是通过技术进步提高关键物质的单位产量。比如说煤,长期为生产蒸汽能源动力提供燃料。在20世纪当电力生产中使用量越来越大的煤变得更贵时,蒸汽发电厂的能源利用效率就提高了。发一千瓦小时电1960年仅需0.9磅煤,而在1900年,则要7磅。

另一个解决材料短缺问题的技术改进方案是完全替代,这可能

会导致全新材料的发明，譬如合成纤维或塑料，或改变现存的生产工艺以适用天然材料的替代物。在英国，用煤代替木料就是后者的一个著名例子。早在 16 世纪，英国就通过了把木材当稀有资源保护起来的法案。在前工业时代，木材被用作建筑材料，也以炭的形式当燃料用，也用作炼铁的主要配料。在长达一个多世纪的时间里，一个又一个工业领域作了必要的技术变革，有些还是剧烈变革，从而能使这些工业使用存量更充足的能源，木材逐渐缓慢地被煤代替。很多工业革命时期的重大发明，特别是冶铁业中的重大发明，导致这种替代。

对技术革新产生刺激的所有经济因素中，经济学家和历史学家对两点特别留意并进行了广泛的讨论：市场需求在革新中扮演的角色和劳力匮乏对发明提供的刺激。

市场需求

雅各布·施莫克勒 (Jacob Schmookler) 在他的影响极大的一本书——《发明与经济增长》中指出，在发明家构想发明以满足某些人类需要或填补人类所欠缺之物时总是要凭借先前已有的科技知识。那么，发明都是过去的知识成就与未来的一种社会经济的、功能性的东西的融合。关键问题是发明到底是被逐渐增长的知识推动所刺激起来的，还是受市场需求的拉动所激发出来的。施莫克勒收罗了大量资料来证明他的市场力量是最重要的力量的论点。

历史学家或许会满足于技术史上所提及的少数的发明，但寻求相当长一段时间——有关发明的信息的经济学家们必须另找资料。专利历来被当作是一系列发明的指示器——这类发明是为不同时期不同领域的私人企业创造的，所以施莫克勒选择了美国的专利统计作为他的主要证据来源。这些资料很难解释，但施莫克勒还是通过最新研究得出结论：比例极高的专利发明（大约 50%）转化到了

商业应用上，并且没有其他的有关发明的资料来源可以更适合研究了。

施莫克勒首先论及了有关发明的供应一方的理论。这一理论将科技知识的增长视为推动发明活动的力量，他对专利的研究使他得出结论，认为科技知识可能会决定发明活动的整体方向，但它与具体的发明的出现无直接因果关系。

假若知识不是发明的触媒，那么发明链有可能是一个自持的链——先前的发明激发出后来的发明。社会学家奥格本和其他人长期以来一直宣称：技术是呈级数增长的，发明的累积会激励更大的创造性，又诱发出数量更为庞大的发明物，也就有了更多的发明活动。施莫克勒想从他的专利档案中找寻肯定它的理论的证据，但没能找到。

在弄清上述有关发明的理论的不足后，施莫克勒又假设发明活动由对技术问题的解决期望值决定。假若有可能给发明家经济回报，他们就可能被打动而去努力寻找解决技术问题的新方法；回报的可能性越大，解决方案或曰发明的数量就越大。施莫克勒然后分析专利统计和其他有关的经济资料，试图验证这一假说的可靠性。

施莫克勒精心选择了一些发明——那些在经济的资本货物领域的发明来作深入研究。资本货物是用以生产其他商品的货物，包括机械、工厂设备、建筑物、机车和卡车。通过在资本货物发明和资本货物投资之间建立联系，施莫克勒基本证明了他的发明需求理论。他的推论如下：当一个工业行业在资本货物上大量投资，安装新的生产流水线或更换旧生产设备时，发明家受到激励去为部分行业进行发明，因为他们知道自己的努力会得到报偿。因此，特定的资本货物市场的拉动引发发明家创造新机器和新设备。

对施莫克勒将资本货物投资和发明联系起来的资料作细致分析就可提出证明在两者之间有因果关系存在的证据。通常，在投资上升高峰时发明数也达巅峰；投资衰减，发明也跟着减少。但两者

之间的关联并非总是如此。在这两种活动的低谷之间有个时间差，大多数情况下发明总是在时间上滞后一点。发明时间滞后对施莫克勒的理论来说是很重要的，因为它倾向于支持他的观点：发明家是被投资的变化牵着鼻子走的。假若投资与发明阶段的早期相呼应的话，那么对发明的供应一方的解释就能站立住脚。

虽然施莫克勒的著作是基于对专利统计资料的新颖独到和富于想象的运用的开风气之作，却也有一些重大缺点。一个明显的缺点是需要拉动理论对资本货物发明的限制。施莫克勒和其他任何经济学家都没能提供清楚明白的市场需求理论来解释发明，如对汽车、家用物品或熟食这类消费品的发明从需求的角度作理论阐释。

另一个可能是更严重的纰漏出在施莫克勒的方法论的处理上，特别是他将专利等同于发明，并且他推测专利提供了衡量发明活动的可靠依据。他在把专利看作为好像是创造能力相等的若干单元，忽视了把它们区别开来的明显差别。实际上有些发明构成了全新产业的基础或彻底改变了现有工艺；另有一些对次要设备作了一些小改进；其余的大多数对经济的影响很小或接近于零。

施莫克勒过度依赖于需求方理论的解释方法，对供应方理论以及由知识诱导的发明事实加以拒斥，从而损害了他的整体观点的正确性。在强调投资的水平和专利（发明）的数量的同时，他宣称只要解决方案有利可图，可以促使解决一切技术问题。只要想想我们今天仍有大量未解决的难题，这种论调就会不攻自破。对无污染的廉价能源、抗害虫的农作物和树种，或治愈癌症的药物的需求都是明显存在的。能满足这些需求的发明，能带来的利润也极高。然而，人们极端渴求它们，它们却并没有照例自动地相继出现。

劳动力匮乏

在经济科学中，由约翰·R·希克斯（John R. Hicks）于 1932 年首

先构建起劳力短缺必然引发出节省劳力的发明的推论。希克斯说，资本货物发明白然地偏向对任何表现出有短缺迹象的生产、资本或劳动力要素的削减。因为欧洲在过去几百年里资本都比劳动力更容易获得，所以自然就存在对创造节省劳力的发明的刺激因素。在 19 世纪中叶的旅行家、工程师和企业家比较英美两国的工业发展的文字里就能找到希克斯的这一观点的早期版本。这些观察家将美国的节省人力的发明占绝对多数这一现象归功于那里人力资源稀缺这一因素。

“1851 年万国工业品博览会”庆祝英国作为世界工场的地位的确立，然而，在众多英国优质产品中也混有一些美国产品，吸引了公众的眼光。这些物品代表了从现存英国和欧洲大陆制造业实践惯例中的分化，是一种新的制造业模式。这种不同的生产模式，名曰“美国式制造业体系”，大量使用省力的专用机器，这些机器分段工作，加工成品完成前的各个部件。

在大博览会开过 100 年后，经济史学家 H·J·哈巴卡克 (Habakkuk) 发表了对 19 世纪早期的英国和美国采用的节省劳力型的发明的对比研究成果。他选了到目前为止不大被评论家置于经济和社会背景考察的课题，用现代经济理论进行研究。

哈巴卡克在他的研究著作一开头就呼吁读者注意在 19 世纪上半叶美国丰富的肥沃土地唾手可得。农产品产量很高，利润都进了经营农场的农场主手里。美国工业因此被迫提供可以和农业工资竞争的工钱。土地的丰富和劳力的短缺迫使美国人农业制造节省劳力的发明。麦考密克收割机是最著名的，而让美国农场主能雇佣较少的人手种植更多土地的机器并非仅此一例。而机械化在英国这个地少、劳动力又多又便宜的国度就远没有那么吸引人。

工业劳动力在美国不仅比在英国成本高，补充也远较英国缺少灵活性；也就是说，整体讲来美国工业在需要补充人手时很难找到多余的劳动力。富余的土地、人口的相对稀少、交通费用的昂贵共

同导致了这种劳动力使用缺乏弹性的现象。在 18 世纪的英国,当劳力比一个世纪以后更稀贵、更少灵活性时,工业界也曾采用节省人力的技术来弥补。这种应急措施引发了与工业革命相联系的技术变革。美国在 19 世纪对省力发明的追求正是这一模式的重演。

在思考导致美国实施机械化的因素之前,哈巴卡克转到了熟练劳力与非熟练劳力之比的问题上。这个问题至关重要,因为熟练工人是机器制造者,而非熟练工人是伺候机器者。没有熟练工人就不会有省力机器。虽然在英美都是熟练工人比非熟练工人工价要昂贵,哈巴卡克还是展示了:在美国对劳动力的逐渐增加的需求使得非熟练工人的加薪幅度比熟练工人的还要大。相对而言,美国熟练工人的供应量比非熟练工人要足。所以,当美国对工业劳动力的需求增长时,花足以使他们可能创新和发明新机器的工资,就能得到这样的熟练工人,这样的机器又可以代替稀缺的非熟练工人。

多数人在评论 19 世纪问题时,同意美国劳动力的昂贵和缺乏灵活性引发企业家用机器替代劳动力。用经济学的语言讲就是:人力的短缺使之采用资本密集型工艺。在经济蓬勃发展时,非熟练工人的供应量特别小而资本供应量特别大;熟练劳力的相对丰富就使得寻找资本密集、节省劳力的生产方法成为情理之中的事情。

企业管理层决定采用机械化,这对供应短缺的普通美国劳工并不构成多大威胁。然而在英国,新的省力机器的引入就意味着:要么在岗的熟练工人可能被解雇,要么失业者发现工作更难找。美国工人接受了省力的发明,而英国工人们却用罢工和毁坏威胁他们生计的机器来抗拒它们。

哈巴卡克指出,美国省力发明在 18 世纪后期明显显露出其传统之源。在此时,生产钉子和图钉的机器被授予了专利,奥利弗·埃文斯(Oliver Evans)发明了他的自动面粉碾磨机。埃文斯并没有改变将谷物磨成面粉的方法,他只是在他的机器里革新了谷物的传输方式。埃文斯没有用人力来提起、装填和移动粮食,他设计出水

力驱动的机械传动装置:自动将粮食输送到合适的机器或加工场地去,毋需人的介入。由此需要用来开动一个碾磨机的劳动力队伍的人数减少了 50%。

美国省力发明的潮流一路无障碍地发展到 19 世纪早期的几十年间。英国议会委员会就机械出口问题在 1841 年所作听证会的发言中明确指出:“各方面的真正的新发明,主要部分或大多数……都是在国外特别是在美国首创的。”^① 美国发明家在改进引发了工业革命的纺织机械时,也超过了他们的英国竞争对手。在工业革新方面最重要的是制造业生产中新兴的“美国体系”,广泛地借重机器加工金属和木材。通用钻床、车床和刨床等机车是由英国人发明的,但美国人把它们加以改造使之适应工厂的特殊要求或作专门用途(图 4.2)。随后他们就发明六角车床和铣床将这些引进工具的使用范围和功能扩大。

以高度机械化为特征的美国体系为美国军工企业生产可互换的标准化的零部件的尝试提供了动力。结果在 19 世纪末美国工业界出现了全新的制造技术。在早期成功地制造出武器弹药后,这种新的制造技术扩展到制造缝纫机、打字机和自行车,后来在 20 世纪又转向批量生产汽车和家用电器。这种新生产方式的源头都可追溯到 19 世纪,那时人力资源的缺乏刺激美国制造厂商开发和利用省力的机械。

哈巴卡克对英美工业的区别颇具影响的研究获得了很多支持者,也引出了相当多持异议的人。批评他的人追问:为什么美国商人面对高成本的压力时,偏偏只注意从省力发明中寻找出路,而没有寻找别的补救办法,包括利用丰富的廉价自然资源?

把经济理论运用到历史事件和资料分析来解释早期美国技术史时,哈巴卡克的工作也有引起争议和令人起疑的地方。不管哈巴卡克的缺陷是什么,他和施莫克勒一样都将注意力转向经济可能是在现代社会催生技术创新的主要方式之一。哈巴卡克和施莫克勒

将革新的经济基础的重要性过分夸大可能是该受批评的。然而，我们不必因他们的理论的缺陷就完全置之不理，可以将他们的见解和结论吸收进来，提出一种内容更丰富的技术发展理论。

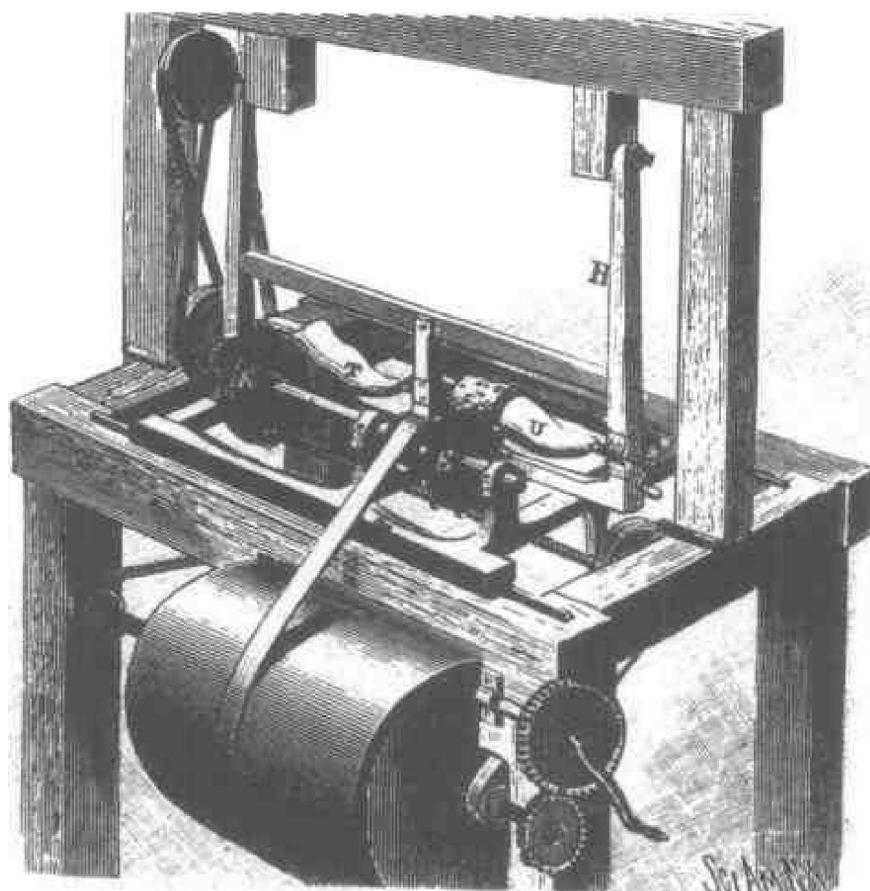


图 4.2 布兰查德车床 (1820)，美图发明的一种特殊用途的木工机器。它能生产枪托、鞋楦、斧柄以及其他不规则形体的木制品。在此图所标 U 处，机器正将一块粗木料加工成一个鞋楦模。资料来源：爱德华·W·伯恩，19世纪发明的进展 (New York, 1900)，第 369 页。

专 利

在过去的 400 年中，西方社会建立起了鼓励技术变革的经济刺激机制。他们采用金钱报偿作为刺激革新的手段；通过法律来保护发明者利用其革新的权利；创设特别机构让革新者受雇于此，不受干扰地做他们的研究项目。

为发明设立专项奖金有一个好处是,可以把发明引向一个特定的问题,引起对解决这个问题的迫切性关注。但这样做没有系统地激励技术创新作用大,也很难为创造新产品的人提供法律保护。要做到这两者需要国家创立诸如专利局这样的机构并起草专利法的专项法规。

由国王下令授予某人对一项专利的垄断所有权是在中世纪晚期和文艺复兴时代早期开始的,这样就保证了专利拥有者的下列权利:通过对一项消费品的控制,探索新领地或开创新发明获得经济上的好处。凭君主的意愿或一时头脑发热而授予的专利在18世纪和19世纪让位给了由民主力量和工业界的势力授予的专利。这种通常被视为刺激技术进步的因素的近代专利,给发明者授予了有限度的垄断,从而使他们能利用他们的创造牟利。

着重借用英国已有专利制度的美国专利制度建立于1790年。美国宪法的一些起草人认为奖金或津贴就足够了,但还是建立了一个专利委员会来全权“授予任何有利的工艺、制造法、引擎、机器或设备专利,只要它们被认为有一定的用处和重要性。”^②组成这一机构的国务院秘书委员和战争委员及美国总检察官,到1793年时已通过了大约50项专利。在那一年,法律作了修正,让法院而非专利委员会来决定是否授予一项发明专利权。

专利法及其实践的改革一直持续到19世纪和20世纪,同时美国人对一系列难题表示了关注:应该由谁来决断一项发明真正新颖,有用或重要?作出这类判断应以什么为基础?在评估一项发明的原创性时我们是否应考虑发明者自己的陈述?专利天生就是属精英的、垄断的,因而注定是反民主的吗?一些发现——科学定律、数学定理——能被授予专利吗?

这些问题不是被提过就算了事,而需要公众加以讨论。提出这些问题的是:专利局及它的档案管理,审查员、官僚;为发明家提供法律咨询的大量立法机构人员和专利律师们,以及公司之间愈演

愈烈的专利控制权的争夺战引起的诉讼等,因为它们都想独家获取利润丰厚的市场回报。

美国的专利体制,如同其他西方国家一样,引出了一些常常是明显未经仔细推敲的流行观点。普遍认为专利激发技术创新能力、增强国民经济活力、提供了衡量一个国家技术和经济发展水平的恰当标准,为那些有价值的、有创造性的个人的辛勤工作提供了经济报偿。然而,很少对专利作分析性的和历史的考察,专利对技术和经济发展的意义的探讨也很稀少。这样的研究开展之前,在面临对我们的专利制度的许多言过其实的评估作出评价时,我们必须谨慎行事。

经济分析的结论并不支持经济增长与专利授予是明显紧密相连的这一论点。例如,假若把专利活动的多寡与国民生产总值(GNP)的增长挂钩来衡量的话,在20世纪人们就会发现这两者之间的差距很大。自1930年以来国民生产总值保持比专利发明的增长快得多的增长势头。这类型证支持这样一种结论,即著名经济学家弗里兹·马克卢普(Fritz Machlup)在他就经济作用对专利制度的影响所作的研究中得出的结论:“没有一个经济学家,在对现有一切充分了解的基础上,不会肯定地表示像现在这样运行的专利制度对社会要么带来纯利要么带来纯亏损。”^⑩他在1958年作出的这种观察结果,在我们今天仍是实情。

在评价现代专利制度时遇到的一个困难源自有争议的“发明家”这个头衔。这个称号总是使人想起一个为给人类带来一种新的有用之物而奋斗的一个孤独的人,他的努力奋斗、他所冒的风险应得到回报。然而,自从19世纪晚期以来,越来越多的发明家已经在企业工作,而不是在他们家的封闭工作室里工作。虽然专利只能授予个人,而不是公司或机构,那些在工商企业工作的发明家们,作为受雇的条件之一,按惯例要将他们的专利奉献给他们的公司老板。

专利权转为公司拥有这一重大变化对美国人民的社会福利和经济生活影响巨大。建立专利制度的先驱们把专利授予个人垄断，现在转向了更大、更强有力的、富有的公司头上，它们有能力通过购买专利和利用专利控制全行业，公司所属的发明人签订合同用发明交换牢固的饭碗，这使得公司有可能在事实上成为发明者，从而获得前所未有的垄断权。

原本 17 年的垄断权是为了在准备好让发明者的发明进入市场时受保护。一旦公司赢得了专利控制权，这种垄断就会压制任何后来居上的发明——可能损害它本公司产品及提高竞争对手的产品的发明。此外，公司会使用这些俘虏的发明家，设计机器和工作程序以保护和永久延长它们自己的专利产品的生存期，并蚕食竞争对手的产品。社会利益很少是那些陷于这种运作行动的人所关心的。

对专利制度的批评表明：另有更好的激励发明活动的办法，且能确保发明者和社会的福利。然而，因为专利制度和现代工业主义是在工业革命时期出现的，我们还未了解到有什么别的制度可以代替专利制度。

英国经济学家 C·T·泰勒 (C. T. Taylor) 和 Z·A·西尔伯斯顿 (Z. A. Silberston) 通过比较美国 20 世纪 70 年代的专利制度和一个推想的替代物来弥补专利制度替代物的缺失。他们问，假若专利的垄断成分被剔除的话，它将对英国经济产生何种影响呢？他们设想用另一种专利制度替代英国发明者所享受的 16 年专利垄断权，专利持有者将按这种专利制度的规定接受任何合法申请该发明的特许使用权的要求。特许使用权转让费不能定得太高，以免产生垄断局面，如有必要，官方仲裁人将介入，规定费 (royalty payments) 和专利权税应以双方都乐于接受的一个比率支付。

泰勒和西尔伯斯顿对强制专利准用证制度作了如此界定之后，接触了一批合适的英国企业，请它们以目前的专利法和实际操作为参照评价他们两人所提出的专利制度的替代物。他们咨询得到的

答案对那些热烈拥护专利制的人来说可能是令人惊讶的,因为他们发现保存现行专利制度时只有一点经济好处:接受咨询的人暗示专利在整体上对工业发明提供了极其有限的刺激。在药物和杀虫剂生产行业里的研究活动将受到废除专利制的负面影响,因为这些行业依赖对发明的垄断权。化学工业的其他一些分支(塑料、人造纤维等),以及机械工程、电子工业和电器工业随着专利转让使用权的强制推行,看不出会有多大困难出现。另一方面,小公司和独立发明家因依靠有限垄断使其免受大公司之压迫,专利制度的废除只会损害他们的利益。

大多数西方工业国家大约在 19 世纪的某个时候就建立了全国性的专利法规,并强制执行。荷兰和瑞士却是两个例外,这两国长期不设专利,尽管其公民可以在国外申请专利。荷兰人在 1869 年废除了他们不完善的专利制度,直到 1912 年才用新制度替换旧制度。瑞士人直到 1907 年才设立专利制。

在欧洲工业化的高潮期,这两个国家不靠专利来激励发明创造和确保工业进步,是怎样度过来的呢?经济学家埃里克·希弗(Eric Schiff)在研究荷兰(1869—1912 年)和瑞士(1850—1907 年)的这两段废弃专利制度时期的经济时,发现这两国经济发展都没有因为本国无专利制度而受到阻滞。荷兰时期的工业发展和其他欧洲国家的发展程度大致相当,并且在荷兰的两个工业门类——人造黄油和白炽灯泡——生产中,专利制度的缺乏反倒成了有利的刺激因素。在没有专利的年代里,荷兰经济更依赖于贸易而不是工业,但那是由 19 世纪中期以前荷兰经济发展中的独特性所规定的。瑞士人的例子更有说服力。瑞士在 1850 年至 1907 年间经济取得了长足的发展。瑞士工业是如此地成功,以至吸引了外国资本家前来投资办新企业,他们全然不顾该国没有专利保护这一现实。总的说来瑞士人在他们和荷兰人共度的那段无专利的日子里远较荷兰人有创造性。在 1912 年以后荷兰国内创造发明的速度的确也有些加快。

假若瑞士人与荷兰人能够不负担管理和资助一个全国性的专利制度的包袱而保持经济繁荣,为什么他们最终还要自找麻烦采用专利制度呢?主要的原因是他们迫于工业国大家庭的道义压力和政治压力,这些国家联合组建了一个国际保护工业财产联盟,这是一个致力于相互保护专利和商标拥有者权益的组织。

对专利的效应令人信服的试验是可以做出来的,条件是我们要对共产党国家的普遍情形了解得更多。在这些国度里利用专利来牟利是被当作资本主义的东西加以拒斥的,改由国家来分配对发明的垄断权。有些经济学家提出:没有专利制度刺激经济决定了“铁幕”后的国家中,由国家控制的药物研究事业的平庸。例如前苏联,向世界医药界没提供什么重要药物。然而除缺乏专利制度之外也有一些因素可以说明俄国在这一领域创造发明不够的原因。

在前苏联,各种专利都存在。在革命之后(1919年)前苏联就立即推行“作者证书”(Author's Certificate),援引《苏联大百科全书》(Great Soviet Encyclopedia)的话说,就是“肯定作者对创作权和从中得到报偿和其他权益,以及政府对发明的使用所享有的绝对的权力。”^⑦对报偿、权利和利益没有详细说明。人们推测证书拥有者与政府可以协商,或接受它对发明的价值的评估。东欧集团国家(eastern bloc countries)步苏联的后尘将专利视作资本主义的无政府主义现象而舍弃,但它们也用其他正规法律文件来代替专利制度,这些文件都承认发明者的贡献。好像不管占统治地位的政治意识形态是什么样的,给技术革新的创造者回报在现代国家里都是牢固确立的观念。

专利的重要性并不在于它们为发明提供了强大的、无可争议的动力。最值得称道的是在某些时候、某种情况下,专利对促进经济发展和增强创造发明能力恐怕是有极大好处的。事实上,专利制度的有效性远没有西方每个工业化国家都设立国家机构负责专利发布这个事实重要。这一机制由辅助性的官僚体制、立法和国家资助完整构成。专利制度本身以及工业界对专利的狂热追求,专利法实

践的专职工作,共产党国家的变通办法,大众对专利观念的普遍热情,以及经济学家和历史学家对探讨专利的兴趣,加在一起的结果就是出现了前所未有的对技术创新的热情。没有另外别的文化比18世纪以来的西方文化更醉心于开发、生产、传播和依法控制新机器、工具、设备和工艺。

工业研究实验室

对专利的追求是与工业研究实验室分不开的,这种实验室最早在19世纪晚期创立。在此之前,科学家们有的在工业界做顾问工作,另有一些科学家兼企业家开办了自己的公司。工业实验室的创立使科学家作为拿薪金的研究人员受雇于工业界,并促进了发明的工业化。工业界支持科研的一个主要原因是认识到科学可以发挥作用,创造能获得专利的发明,而此种专利发明又能催生优良新产品。

第一批工业研究实验室于19世纪70年代和80年代在德国的合成染料生产企业组建。极大地依赖于有机化学不断拓展的前沿研究的染料工业,最早(19世纪60年代)从单干的化学家手里购买新染料的专利权。到19世纪70年代末,生产染料的企业家看到了建立自家实验室的好处,就雇佣专职的化学家来为自己的实验室工作。化学家们可以盯在那里解决生产过程中随时遇到的问题,但他们自身价值更体现在创造适用于不同色调和色度的新染料,用于大量不同织物的染色。

当人们知道了合成染料化学并非起源于德国这一点后,就对这些发展的意义有了更进一步的认识。第一种合成染料,苯胺紫(aniline purple),由一个年轻的英国人威廉·H·珀金(William H. Perkin)在1856年发明。在苯胺紫发明后的几十年间,德国人不仅发展和垄断了合成染料的生产,而且通过雇佣研究型科学家来提高工业生产水准,从而给科学与技术之间的关系带来巨大变化。在

美国，电器工业是工业研究的先驱。托马斯·A·爱迪生于1876年在新泽西州门洛帕克(Menlo Park)的私人实验室提供了一个早期的样板，显示了在有组织的研究当成为解决技术难题的方式时会有什么效果。爱迪生吹嘘他可以“每10天推出一项小发明，每半年左右推出一项大玩意”，^⑤这明显言过其实。但是他们对实用的白炽电灯泡的开发证明这样一个概念的正确性：每个人都有不同的才能和专长的一组研究人员，能够从日常的生产活动的干扰中解脱出来，全身心地投入到一个专项问题上。

通用电气公司(General Electric Company)在美国建立了第一个由公司设立的研究机构。这家公司得以建立，凭的是爱迪生的技术兴趣和商业兴趣。但到1889年时，创始人在公司事务中的作用日趋削弱，越来越不重要了。通用电器公司正在成为一个生产从电灯泡到电动机的主要电器生产商。10年后，该公司对其在日益发展的电器工业中的地位却不敢那么有信心了。支撑着其早期发展的关键专利已过期，曾经与该公司发展有密切联系的独立发明者要么死了，要么到其他地方去了。公司一心想保持它在国内外的电光源照明行业作龙头老大，于是决定建立自己的研究实验室。通用电器公司的一个董事对这一决定作出了以下解释：

虽说我们总是给工程师配备一切设施用来开发新的独创的设计方案和提高现有工艺水平，在去年我们还是作出了一个明智之举，建立了一个实验室，一心一意地搞原创性的研究。我们希望这种手段能促使很多有利可图的新领域的发现。

通用电器公司开办了自己的研究实验室后不久，美国的著名公司纷纷仿效。1902年杜邦公司(Dupont)和帕克-戴维斯(Parke-

Davis)制药公司建立了研究实验室。贝尔系统(Bell System)在1911年正式建立了它的研究分支机构,而伊斯特曼·柯达(Eastman Kodak)则在1913年建起了一个光电研究所。首先开展有组织的研究工作的公司所使用的技术与19世纪晚期蓬勃发展的两门科学——化学与电学紧密相关。

美国雇佣科学家和工程师从事工业研究的公司的数量增加得很快。在通用电器公司建立起实验室后的20年里,526家美国公司已有专职研究人员,到1983年为止,这个数字已上升到11 000家。

一家公司到底拿它的研究实验室派什么用场?工业界从投入原创性研究的投资中到底预期得到什么?对早期的工业实验室而言,要回答这些问题不会引出分歧很大的答案。起初研究是为了对付眼下逼人非解决不可的技术难题。德国的拜尔的染料公司(German Dye Firm of Bayer and Company)创立自己的实验室是为了利用新发现的偶氮染料,看准了这种染料在将来注定要统领这一技术领域。通用电器公司的高耐热碳丝白炽灯泡受到W·能斯脱(W. Nernst)的辉光灯、P·库柏-休威特(P. Cooper-Hewitt)的水银蒸气灯的威胁,于是公司决定通过正式开展电力照明的研究来保护它自己。贝尔系统的实验室是由于需要开发有效的长距离电话通信方式而建立的;也是为了应付正在进行中的无线(无线电)通信构成的威胁而创建的。

一致公认对公司普遍出资支持研究的原因就是:新知识几乎肯定可以催生更廉价的优质新产品。在某种意义上,投入研究的钱是花在增加公司创新潜能的长远项目上了。这种道理被现代宝贵的商业产品的例子证实,这种远见是与工业研究带上了商业策略的进攻性或挑衅性特征分不开的,这些产品都是合作研究的成果:尼龙(nylon)和别的合成纤维、清洁剂、反爆剂、汽油、更好的汽车引擎、更新的塑料、改进过的纤维或其他合成纤维、许多现代药物、电视机和收音机等等都是这样得来的。工业研究的防御战略也和进攻

战略一样重要,但没那么出名。一个成功的工业研究实验室是一个培植专利的温床,但这些专利并不是所有的都会转化成商业产品或对生产工艺作内部改进。专利在当作同公司竞争对手斗争的筹码时是最有利的。

一个极好的例子就是在贝尔实验室建立后的头几十年里,专利和研究的关系问题。研究活动管理者和贝尔的董事们懂得了符合公司利益的做法是为一个设备的一点点的小革新申请专利,以防竞争者在将来做不利于自己的手脚。这样一来,把研究当成是生产新的实用知识的手段的老观念就被改变了。用一位贝尔总裁的话说,对技术知识的最新前沿展开研究,远没有用“一千零一个小专利和小发明”^⑩占领一个技术领域更能提高生产力。

阻止竞争只是贝尔或其他公司给专利找到的新用途之一。专利也可以用来阻碍参与竞争者通过自己的研究来巩固其专利地位。取得那些关键专利的第一家公司通常无意再参与市场竞争。其唯一目的是设置障碍,在这家公司赖以取得经济成功的某一技术领域不让竞争对手占主宰地位。最后,专利在适当的时机可以当作一个强有力的讨价还价的筹码。可以用它来交换对手的别的专利或逼其让步。

为了防御目的而获得的专利通常都是未经充分开发的。持有这类专利的目的是提供一个挡箭牌。公司可以在花样翻新的竞争者的潜在威胁之下,躲藏在这个挡箭牌后面保护自己。这种防御战略对工业研究的使用是十分保守的。此时研究工作不是当作革新之源,却成了保持现有地位或至少是确保创新以更慢的速度出现的措施,而这种结果正是商业手腕的预定目标。

总之,在工业研究的理想目标——科学激发技术变革——与其在商界的真实用途之间有一个反差。一个研究实验室完全可以为增添科学光环和炫耀地位的目的存在,也可以为了在公司结构内保持新鲜的科学人才储备以便随时使用,或仅为革新竖起障碍。进行

技术创新仅是公司的研究实验室的几个功能之一,但绝不是它存在的唯一理由。

既然专利在现代工业中有许多非生产性用途(非生产性在此处意为不是有利于增进知识),我们就要有一个问题要问:工业研究实验室刺激革新有多大力度。公司的研究处在科学与商业的冲突目标之间的尴尬地位,它们在创造新产品和新生产工艺时并非像公司自我鼓吹的那样有用。

一家公司的规模及其技术基础的性质影响它作为一个革新者的角色身分。只有大公司有资金在公司内开展精心研究。同时,这些公司不像更富冒险精神的小公司那么愿意去开拓新路。除了规模外,被迫拓展新的技术领域——如药物和半导体等——的公司更容易对科研的最新成果感兴趣,而不会对与汽车、家用电器和铁路等老技术相关的研究那么感兴趣。

人员充足的大型实验室的存在并不一定意味着公司在它的研究需要方面就能自给自足了。工业研究方面公认的领头羊之一杜邦公司,它的高层管理官员们给予高度评价的大规模实验室一直保留着。在 1950 年,杜邦总裁克劳福德·H·格林沃尔特 (Crawford H. Greenwalt) 宣布:“我可以概括地讲我们公司目前的规模成功得益于我们实验室中开发的新产品和新工艺。”^⑩ 经济学家 W·F·米勒 (W. F. Mueller) 在研究了杜邦 1920 年至 1950 年的 30 年间的革新之源后,得出了相反的结论。他发现那段时间公司采用的 25 件重要的新产品和生产工艺中只有 10 项是建立在杜邦自己的研究人员的发明基础上的。这些包括 18 项新产品中的 5 项、7 种新工艺中的 5 种。非本公司创造的 15 种革新的使用权是从不同的公司或独立发明者手里购得的。

杜邦公司的这些数据表明了一个重要事实:独立发明者并没有被 20 世纪与 19 世纪之交席卷工业界的有组织的研究团队完全取代。对 20 世纪前半叶产生的最重要的发明中的 70 件作过研究后

发现它们中超过半数出自独立发明者之手。他们的贡献物的长长的名单是令人难忘的,包括自动传输、胶木(酚醛塑料)、圆珠笔、玻璃纸、回旋加速器、电罗盘、胰岛素、喷气式飞机引擎、柯达彩色胶片、磁录音、动力转向装置、保安剃刀、静电印刷、汪克尔旋转活塞引擎,以及拉链。

工业研究实验室并非像它们的支持鼓吹者所声称的那样是什么“发明工厂”。然而,它们也为科学家以及研究型的工程师们提供了另一种职业道路。他们也就在与资助人的公司目标一致的领域增进了科技知识。不管工业研究实验室的用途和目的何在,它们继续受到现代工业界的 support。就像与之紧密关联的专利制度一样,工业研究实验室也表明:现代工业社会愿意投入大量时间、精力、金钱和物资来使创造新产品的活动制度化,并且更便利。

创新与文化

讨论经济因素和机构因素对革新的刺激相对容易,而处理文化态度与文化价值与人造物发展之间的联系就要难得多。虽然和经济学家阵营里冒出来的干脆有力观点相比这种解释方法显得相对模糊和微妙,但拿它们来解释为何整个社会在相当长的时间里都热烈地投入技术革新活动时,就显出了优势。在理解西方过去 500 年间对技术创新的领导地位时,文化阐释法是特别对症的。

就像现代生活的其他许多方面的情形一样,文艺复兴时代的文化好像是对技术革新者态度的转折点。技术专家作为一个群体,不论其是发明者还是熟练从业人员,在文艺复兴时代都比古代和中世纪时赢得了更多的承认。他们找到赞助人来支持他们和他们的研究项目、写作和出版配有精美插画的专业书籍,很有影响的作家和思想家也赞扬他们对人类福祉所作的贡献。

在文艺复兴时代,首次出现列出重大发明及其始作俑者的名单

的书。波利多尔·维吉尔(Polydore Vergil)《论发明家》(1499)是最早出版的意欲确定和赞美发明家的流行读物,书中描写他们发明的事物包括火药、玻璃、金属、金属线、丝绸、印刷术和船只。弗兰西斯·培根爵士在他的乌托邦小说《新大西岛》(1627)中将这一做法更向前推进了一步。新大西岛是一个技术的天堂,有一个国家主办的研究实验室(所罗门之家)专管推动所有的技术门类的进步。在里间两个大厅专门用来纪念那些技术创新发明者:有一个藏有伟大发明的图画和样品,另有一个藏有发明家们的小雕像,是用木头、大理石、银子或金子做的,按各人发明的重要性选用上述不同材料雕铸而成。

在接下来的几个世纪里,文艺复兴时代已给予发明者的那些承认和重视又快速发展,到工业化出现时发明者成了本民族或本文化的英雄。在 19 世纪宣传发明家的生平和工作的书广为流行。培根虚构的发明者厅在国际工业展览会和科学与工业博物馆得到了一定程度的实现。发明家的塑像和其他方面的名人塑像一起被竖立在公共场所,政府建立了专利制度来培植、保护和奖赏发明天才们。20 世纪的社会更增加了自己的一系列荣誉措施,包括政府和工业界颁发的荣誉奖牌,在大学、企业和政府机构提供待遇优厚的职位。

对我们生活在现代欧洲或美国的人来说,对发明者给予承认和报偿现在都被认为是一种合情合理的行动,但在其他文化中,也有的像我们力图培植创新那样花力气地强烈地诅咒创新。在穆斯林传统中,革新或创新被认为是必定邪恶的,除非它与伊斯兰教信徒做的革新和从外来文化中引进的革新都一致,或以其他方式被证实是不邪恶的。阿拉伯文字“*bid'a*”具有“创新”和异端的双重意义。最糟糕的 *bid'a* 是对不信教者的方式的模仿,因为先知曾经警告说:“谁摹仿一种人,他就会成为其中一员。”^⑩

虽然西方在历史上从未广泛地抨击创新,对创新的有意识的追求只是到了近代才出现。历史学家们已从文艺复兴时代的欧洲的

一系列的发展中追寻西方人渴求创新的源头(图 4.3)。地理大探险发现了字面意义上的新世界,天文观测肯定了新的星球(新星)在太空中的存在,而过去认为这些星体的存在是不可思议的,中世纪的学术规范被新的哲学体系所取代;而近代科学,或时人称作“新哲学”的东西,代表了一种革命的宇宙观。至 17 世纪时,对创新的痴迷到了如此深的地步,以至于出版商的书单充满了自封的新学——一种新炼金术、天文学、植物学、化学、几何学、医学、药学、修辞学和技术。在其中最为著名的有伽利略的《两种新科学》(*Discorso , intorno a due nuove scienze*, 1638)、约翰尼斯·开普勒(Johannes Kepler)的《新天文学》(1609)和弗兰西斯·培根的《新逻辑学》(1620)。林恩·桑代克(Lynn Thorndike)作出结论说:“新的东西在 17 世纪的人们的意识中已经很不少了。”^⑩

与对新颖的追求紧密相连的是西方世界富有影响力的伟大观念之一——进步的观念。进步说认为:人类历史发展既不是简单循环亦非在走下坡路,它将永远向前向上发展直达一个更美好的明天。那么黄金时代,不是已消失于在过去的某一时代,而是将来某一天会达到的境界。那些前去古人那里寻找智慧的人必须意识到现在和将来的人类才是真正智者。至于希腊人和罗马人,只能说他们生活在西方文化的婴儿阶段。

进步的观念是从 17 世纪的科学成就中汲取力量的,而这一时期的成果使世人对科学知识的累积性引起注意。进步观的支持者们相信现代科技集中了它对事实和理论的储积,揭示了自然的奥秘,获得了对自然资源的控制,人类将顺着进步的阶梯攀升。所有的人类活动都将因感受到科学精神的渐进的推动力量而改变。

技术领域是赞成进步说的人的一个有利的例证来源,因为所含的意义理应是人人显而易见的。人人都会赞同希腊人和罗马人对火药和指南针一无所知。现代人在近来所作的最新革新是现在这个时代的优势性的一个象征,也预示更大的技术奇迹有望出现。

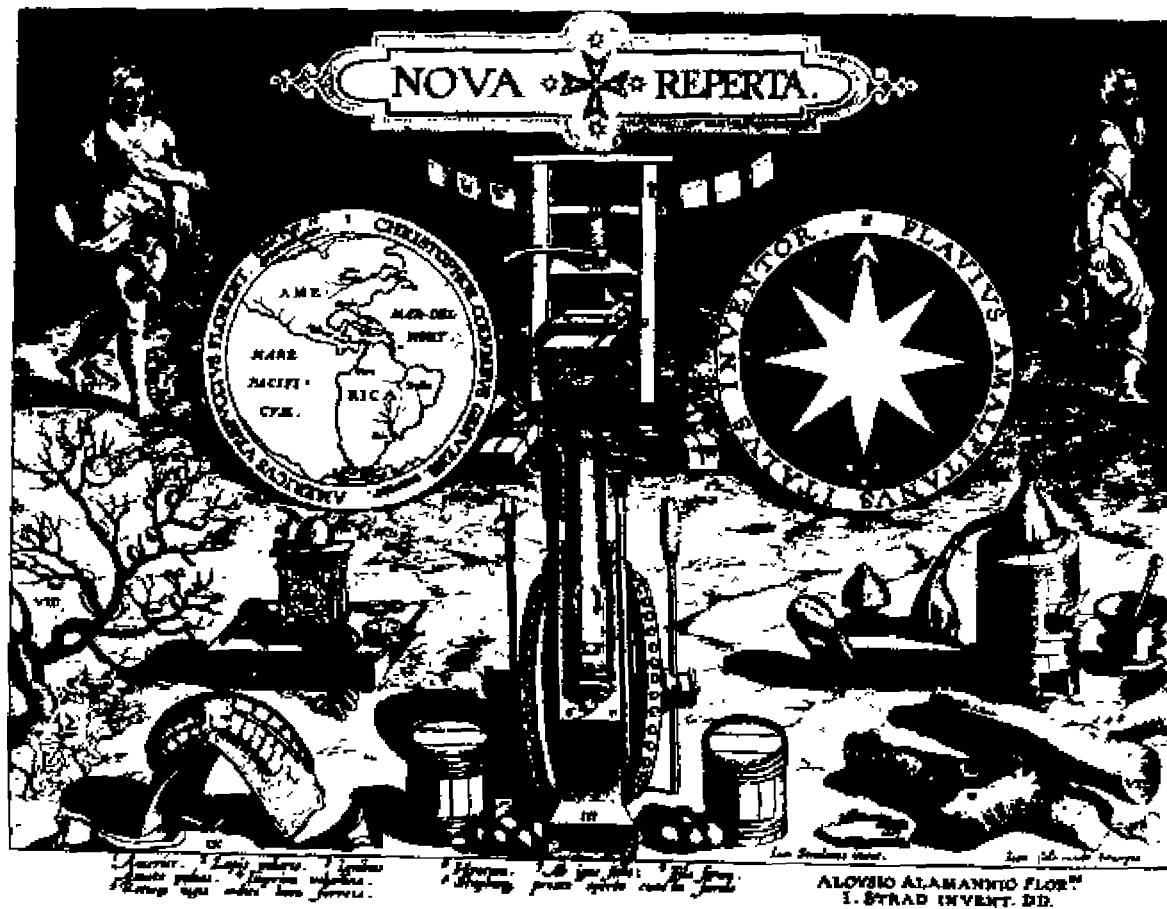


图 4.3 一幅 16 世纪 80 年代翰内斯·斯坦德拉斯的版画, 赞美文艺复兴时代欧洲的九大发明和发现:(I)新世界,(II)磁罗盘,(III)火药,(IV)印刷机,(V)钟,(VI)用于治疗梅毒的愈创树脂(树林),(VII)蒸馏,(VIII)蚕,(IX)使马背上作战成为可能的鞍镫。资料来源:斯坦德拉斯,新发现(Norwalk Conn., 1953)。

弗兰西斯·培根特别喜欢比较推论哲学和机械工艺，这种推论哲学自亚里士多德以来就无多大变化，这种机械工艺在几百年中不断地发展进步。当学究们围绕小的哲学问题喋喋不休争论时，讲求实际的人们开发了新的机器动力、军事技术、印书手段、航行技术、建筑新工艺。这些技术发展给进步说提供了不容质疑的证明。

在此背景中，一项发明并非是为创新而创新，而是对人类生活的改善所作的又一贡献。发明是人类正通向更好的社会甚至是一个完美社会的明证。这种乐观主义和美妙的前景展望受到19世纪哲学家们的严厉批评的震撼，工厂和工业城市决非乌托邦的实现，以及晚近在全球性冲突中机械化战争的恐怖也动摇了这一点。然而这个对美好前景的展望在今日仍持续存在。相信核能或太阳能、宇宙殖民地、计算机、机器人或生物技术将把我们带到一个接近崇高的幸福时代，这种美好愿望就是证明。

主宰自然、创新与进步连接起来形成一个三合一的观念。它在文艺复兴时代的欧洲文化中出现，并在刺激技术变革时发挥了作用。从《创世纪》中神创天地的记述首先可以找到自然纯粹是为了供人类利用而存在的思想。上帝在授予亚当和夏娃对每一种树木、动物的支配权的同时，也命令他们征服世界，好让他们的子孙布满大地。不像东方宗教中自然与人类平等共存，犹太主义和基督教精神建立了一个等级制度。按上帝的想象造的创造物受命去管理由他创造的其他创造物。

专攻中世纪史的小林恩·怀特(Lynn White, Jr.)宣称西方发展科学和技术的巨大成功的基础是犹太—基督教信仰：认为支配自然是受宗教首肯的。西方人持之以恒地、不顾一切地要利用每一种可能的自然资源使他们成为世界的技术领袖。他们的宗教教导他们，采取平等友善对待自然的人们很难开发科技潜力至极点。17世纪哲学家和文论家讨论并解释清楚了犹太—基督教的观点，用培根的话说，这些人认为自然应被用来“为人类的事务和便利”^⑩服务。干

是,近代科学被证实是理解自然世界的极好途径,能确保人们能更彻底地征服自然。

征服自然以服务于人的需要这个话题在 17 世纪和 18 世纪值得评论和探讨。到 19 世纪时,这一概念已被普遍接受,人们常用一个简短惯用语——征服自然。在控制大自然时技术将被使用到极致这一观念,直到 20 世纪上半叶时大致仍未受到挑战。它的真理性受到了那些于 20 世纪 60 年代开始活动的环保运动的领袖们的质疑,他们认为在不顾一切地征服自然的过程中,我们不仅是在毒害我们的环境和消耗不可再生的自然资源,我们也是在从事不道德的行为。我们有什么权力去污损一个在地球上早于人类出现、并有自身完整性和存在目的的自然界呢?

不管环保主义者对我们思想和行动有什么持久的影响,自然环境仍将不得安宁。从 20 世纪晚期的占上风的观点来看,他们的影响力似乎很有限。生活在西方国家的大部分人和居住于别处的许多其他人,仍然认为我们应该鼓励任何一种技术创新,因为它对人类的进步有贡献,并使我们能继续开展征服自然的斗争。

结 论

从本章和上一章中展示的材料中我们可以得出两个普遍结论。第一,没有包罗创新中出现的大部分影响因素的广泛技术革新理论,而这种理论不存在是有其理由的,因为它必须包涵游戏和幻想的非理性、科学的理性、经济的物质主义、社会与文化的多样性。

第二个结论是对创新的满意的理论解释缺乏并不妨害本书中表述的进化理论。那种理论需要有新物品的足够的样品,或关于新物品的概念,从中可以作出选择。第三章和第四章为创新存在丰富多样的源泉提供了足够的证据。它们表明,人类在任何地点、任何时候和通过任何手段制造东西时,都会有创新的可能。

第五章

选择(1):经济因素与军事因素

导　　言

由技术创新能力的过剩,会使在发明与需求或需要之间产生不完全的契合,因此选择的过程就必然发生,有些革新被开发并吸纳进了一种文化中,而另一些相应地就被拒于门外。那些获选的就被复制,加入了人造物的洪流,成为引发出该人造物的新一代变种的先驱。被拒斥的创新之物,否则除非有人特意将它们带回这一人造物的洪流中,对未来人造物世界产生影响的机会就极其微小了(图 5.1)。

假如说这些话是想让人想起物竞天择的进化观,那正是我的本意。然而,在进一步采用这种选择的相似类比之前,我们必须提到在人造物的进化与生物进化之间存在关键性的差别。

对生物进化而言,关键的是由突变产生的变异,和有性繁殖中母系和父系基因的重组产生的变异。得出的变体后代是自然选择的结果,这种选择只允许部分而非全部变体存活、繁殖,并传递它们的遗传信息。这些后代,本来是在许多不同的进化方向上发展的,却受到了整体条件的选择。这些条件包括——环境的、生物的、社会的——都是在当时占上风的条件。那些坚持得住的就是有

生存价值的，这只是由它们碰巧遇上的情况决定的，并不是它们符合任何绝对优越者的标准。因而，自然选择产生的进化没有预先注定的目标、目的或方向。饲养动物者和栽培植物者所做的人为选择却是另一码事。这时是由人类把那些认为值得保存的特征选择进来而确立标准的；赛马的速率、奶牛的高产奶量、小麦的抗病毒能力等等均可能成为获选标准。

从如此简单的描述中也能看出在人造物发展和生物进化之间的重要区别。在很多方面，技术进化与人为选择很相似。人造物变

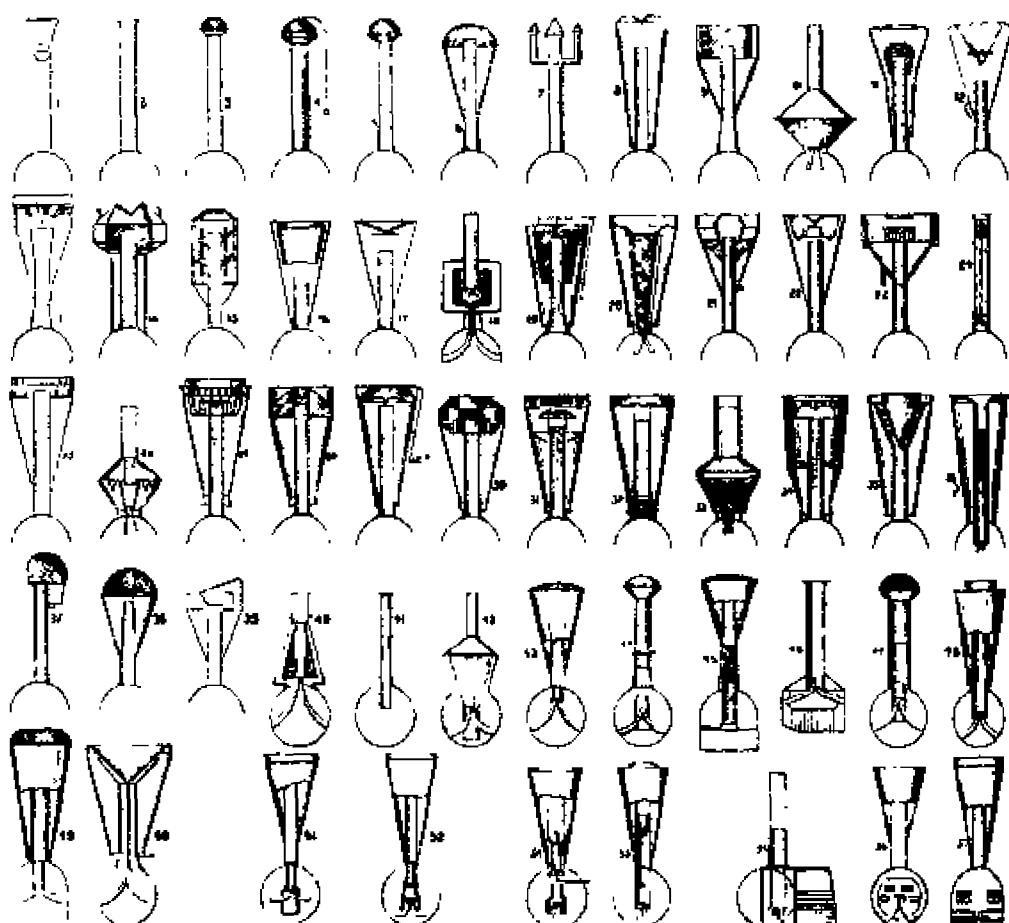


图 5.1 新颖之物的过剩：美国烟囱火花消除器（1831—1857）。画在这里的烟囱设计，只是 19 世纪美国被授予专利的 1 000 多种中的 57 种。机械师、发明家、普通老百姓和怪人热衷于枉费心机地探索猝灭火车头炉膛里的燃木火里和余烬的烟囱。资料来源：小的翰·H·怀特，美国机车（Baltimore, 1968），第 115 页。

种并非是由某些关键的构成要素随机组合成的,而是一种有意识的活动过程导致的——即人类在追求某些生理的、技术的、心理的、社会的、经济的或文化的目标时使用判断力和鉴赏力的结果。当然在几乎没人意识到的变体的逐渐聚集过程中人造物也有历经长期缓慢变化的情况。石器的发展就是这样一种情况。但在大多数情况下,人造物的变化是由于人们使用智力、想象和力量来创造新事物的结果。

在人类设计的各种人造物变体的汪洋中,只有少量获选,变成社会物质生活的一部分。在自然界,正是物种求生存的能力决定它能否获选。物种求生存的能力即生物(特别它的种群)能够在它所处的世界茁壮生长的能力。也可说人造物能将其形态保持并传递给自己的后代。这一过程需要人类中介者的介入——他们选择人造物在车间或工厂复制。因为选择过程复杂且无法预料,生存能力说应用于技术时变成了一个不定型的概念。

在生物进化中,创造变体的因素——突变和重组——不是决定物种生存和永久留存的那些因素。在此,人造物发展和生物进化有了分歧,因为许多鼓励创造人造物变体的力量在选择人造物过程中也发挥了作用。第四章揭示了进步的观念刺激新产品的发明。进步观也影响了随之而来的对创新的选择,办法是创造一种文化氛围来把新事物作为更进步的象征对待。

最后一点,假若有足够的时间,变异的后代会发展成为现存物种的确切无疑的变体,或变成全新的独立物种。一种生物物种可大致定义为:在正常情况下变种间杂交的一群形态相近的个体。形态相近的概念可以信手移植到人造物上。人们可以不必犯难就按人造物的样式和结构将它们归入不同类型,并依它们的相似程度整理。在第一章中我们了解到此种分类工作已由皮特·里弗斯和其他人在19世纪就开始做了。可是,我们在试图将变种间杂交和繁殖的概念应用于人造物世界时,确实碰到了麻烦。不同的生物物种

间通常并不杂交，如极其偶然出现这种现象的话，它们的后代也不会有生殖能力了。人造物的各类型通常却是靠组合来产生丰富的新实体。

人类学家阿尔弗莱德·克虏伯(Alfred L. Kroeber)描了两幅“系谱树形图”来解释有机体与人造物之间的关键性区别：一幅是有机物的，另一幅是文化制品的(图 5.2)。克虏伯的有机物生命的树形图是由分开叉而构成新物种的独立枝条构成的。各枝条是彼此独立的；它们从不变弯曲而与旁枝(物种)勾连产生新生命形式。简而言之，这种树看上去与普通的树没有两样。与此相反，人造物树形图是一种怪异的植物种类。独立的类型或曰树枝交融在一起产生新的类型，甚至还与第三根第四根，乃至更多的枝条融会在一道。例如，内燃机枝条与自行车和四轮马车相连结，产生了汽车枝条，反过来与平板运货车马车相会又产生了机动卡车。

两种“树”之间的基本差别表明：我们不得强行把生物物种的

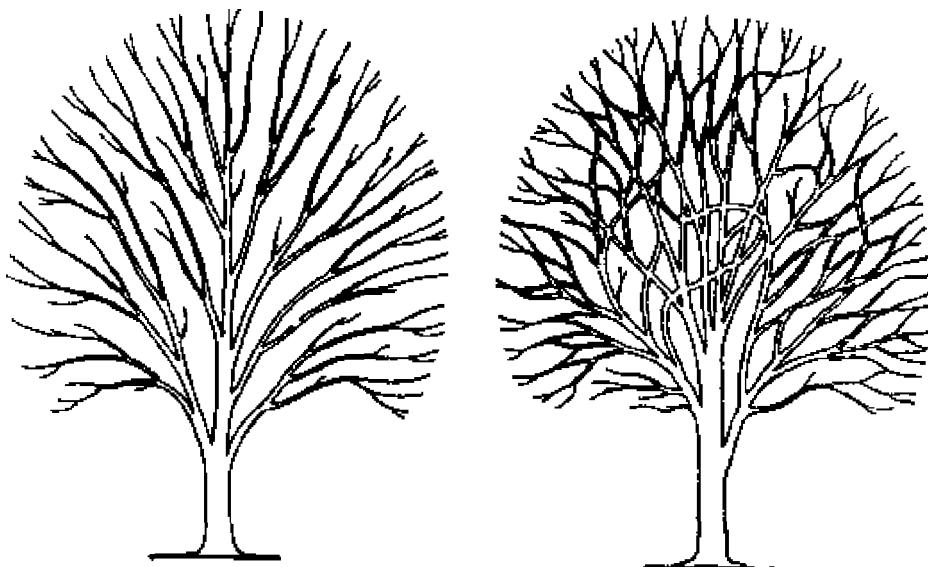


图 5.2 人类学家阿尔弗莱德·L·克虏伯所绘的家族树形图。左边是有机物之树，右边是文化人造物之树。资料来源：阿尔弗莱德·L·克虏伯，人类学(New York, 1948)，第 260 页；版权 1923, 1948, Harcourt Brace Jouanorich, Inc. 拥有；1951 年由 A·L·克虏伯修订。现征得出版者同意复制。

每一个要素引伸开来,加于技术领域。我们必须持论公允:技术上的新产品是为复制而选的,我们不必硬是在头脑子里将这些新的事物设想成不同的“物种”或“类型”。因此,我使用进化类比时是出于它的象征和阐释能力,我小心谨慎地防止乱用,只从字面上去领会,另外还得小心处理物种形成的过程。

虽然我们已强调了这些区别,我们还是不能忽视使用比较方法所能得到的好处。在最宽泛的意义上讲,进化类比可作为研究技术变革时组织材料的原则。至此,我们可以仔细审视生物体和人造物的平行的世界。这样做我们就能发现这两个领域展示了丰富多样的类型,以及基于先前就有的相关形式而形成的延续。我们也发现:生物体范围与人造物领域有产生过剩创新的共同倾向,也都喜欢靠复制变体大量繁殖,并将它们的革新成果传播到广大的地域。

在本章和下一章里将用进化类比来探讨与新制品的选择相关的经济、军事、社会和文化因素。在选择的过程中,人类在不断地界定自身及其文化情势。在人类不停地改变其目标的过程中,人类作出了可能影响子孙后代福利的技术选择。这种选择过程对现在和将来的人类历史都是至关重要的,然而,这种选择并非是理性地、有条不紊地或以民主方式进行的。反复试验(*trial and error*)是作为一种主要方式来使用的,参与其事的少数人除了别的外还要受经济约束、军事需求、道德压力、政治控制和文化价值、时髦和流行的力量的影响。在这样多的互相冲突的力量的影响之下操作过程不能随便概括,或整齐划一地归入一种理论模式。这一选择过程可用人造物在过去有代表性的、实际的选择过程的例子来最好地给予说明。

一般结论

在我们评论影响选择的主要因素之前,先对发明和它们获得选

择并被转化成经济和文化产品的过程提供一点观察与思考。所讲的这些话对在本章和下一章中进行了较有深度的研究的大多数事例都是适用的。

首先,发明的潜在功用,也包括直接的功用并不是不言自明的。时常会出现不知新设备有何具体用处的尴尬事。托马斯·爱迪生发明留声机(1877年)以后就面临着这样一道难题。第二年他发表了一篇文章,细致说明能从10种途径证明这项发明对大众有用。他建议把它拿来作听写记录,而不需借助速记就能做此事了;还可以为盲人提供“说话的书”;教人学习演讲术;复制音乐;保存家人的重要留言,忆旧的话语和垂死者的临终遗言;为音箱及音乐玩具创造新的声音;制造能发布时间或信息的钟;保存外国语言的正确发音,教拼写和其他需要死记硬背的材料;记录电话的内容。这个单子很重要,因为它反映了爱迪生自己对他的能说话的机器的潜在用途所排的先后顺序。音乐复制被排在第四位,因为爱迪生觉得这只是他的发明的一个较小的用途。10年之后当发明家本人进入留声机生意场时,他仍拒绝努力把留声机作为一种乐器推向市场,而是偏重将它当作听写机器来卖。其他一些人看到了爱迪生的发明的娱乐性用途的前景,就改进了留声机,只要投入一枚硬币启动改进型的这种机器,就能自动播放流行乐曲专辑,它在大众场合展示,立刻受到了欢迎。1891年爱迪生不愿意接受这些早期的投币式自动电唱机,因为他相信它们会减弱在办公室合法使用留声机的势头。

留声机作为复制音乐的设备在公开展示不久就被成功地商业化,并得到了广泛使用。到19世纪90年代中期甚至爱迪生也同意他的会说话的机器的基本用途是在娱乐领域。这导致利润丰厚的留声机唱片生意的兴起,世界各地的广大听众就有了录制的音乐和重放设备享用了。

有人恐怕会设想,留声机的例子给二战后不久首次与大众见面

的磁带录音机推向市场作了一个现成的榜样,然而事实并非如此。在战时的德国产生的磁带录音机,在 40 年代末最早受到日本工程师的注意,到 1950 年时东京电信工业公司,即后来更名为索尼的那家公司,准备上市它自己版本的这种机器——一种笨重昂贵的机器。主要问题是要为它找到一种用途,使之对日本消费者有吸引力。最初少量的这种机器被卖给了法务省作为记录法庭的有声资料。还有一些机器被卖给了科学家们,用来记录资料,但一开始销量并不大。后来索尼公司设法说服日本的中小学校和学院、大学来购买这些机器作语言教学工具使用时,情况才有改观。但就算在那时销量也有限。直至 20 世纪 60 年代,磁带录音机最后才作为记录和播放音乐的设备来做广告宣传和销售,至此其销量才大幅攀升。

靠事后认识的优势来重述留声机和磁带录音机的早期历史,并不是想说明爱迪生和索尼管理层对各自产品的“真正”潜力的盲目性有多大。我们从中却可以得出合理而贴切得多的论点。显然,留声机和磁带录音机并非开发后满足确定的、普遍的急迫需要或缺憾。当这些机器在市场上露面的时候,技术人员和公众都不知拿它们干什么。当然,它们都能播放声音,而能理解认识到这一点并不能成就什么事。要录什么样的声音?在什么样的社会和文化环境里做?一种新机器有许多可能的用途,就是简单的磁带录音机也是一样。事实上,当索尼公司经理们拼命地卖他们的第一种机型时,他们已得到了一本美国的名为《磁带录音机的 999 种用途》的小册子并把它译成日文。对此机器的多功能性的广告宣传,反映了美国制造商对这种产品在市场上的定位不敢确定的心虚气短,而不是理直气壮的表现。

当一种发明被选来开发时,我们不能断言最初的选择就是由人造物的性质决定的独一无二的、明白无误的选择。每种发明都提供了范围极广的机会,其中只有一些在其寿命期被开发利用了。第一种用途并不总是这项发明最终得以出名的用途。最早的蒸汽机从

矿井里泵水,对无线电的最早的商业用途是用来在海上的船只之间和船只与陆地上之间发射加密的无线电信号,而第一台电子数字计算机设计来为美军的枪械计算射程表(firing tables)。

对发明考察后得出的另一个结论是:即使普遍同意了一个东西该怎么用,我们还是无法推测它会像专家保证的那样运转。最初的发明很可能是非常粗糙的样品,其中体现了需要进一步改进的新观念。决策者们作选择时面对的对象常常并不是十分完善的蒸汽机车或晶体管,而是最早的试制样品。

爱迪生 1877 年生产的会说话的机器,靠它的锡箔(tinfoil)录音表面和手摇曲柄,只能先由发明者用嘴对着话筒喊叫而录进(图 5.3)童谣,再播放出来。不论是商务办公室还是娱乐中心都不会使用这种机器,因为它仅用 2 分钟说完的材料都录不下。在 19 世纪 80 年代早期爱迪生告诉他的助手塞缪尔·英萨尔(Samuel Insull)说留声机并没有“任何商业价值。”^①(同时,亚历山大·格林厄姆·贝尔(Alexander Graham Bell)、查尔斯·泰特纳(Charles Taitner)和其他人在费尽心思改进留声机,引入了录音圆柱体和一种更好的录音针和恒速电动机。一种可靠的唱机终于在 19 世纪 80 年代与大众见面了。)

爱迪生留声机的半成品状的故事在很多技术革新中又重复出现了:19 世纪 40 年代的照相机需要 10~90 秒的曝光时间;19 世纪中期打字速度很慢的笨重打字机只是对用笔书写略作改进;第一台商用内燃机,1866 年的立式的奥托和朗根引擎,有 7 英尺高,只做 3 马力的功;怀特兄弟的第一架自备动力飞机只能在空中停留 57 秒;20 世纪 20 年代的电视机只能显示很小的图像(1.5 英寸宽、2 英寸长),且模糊,闪烁不定;第一台电子计算机占地 1 800 平方英尺、重 300 吨。乍一看这些东西没有一个像是一种新工业的基础,但显然它们本身都是。

对新产品的选择充满了风险和疑问。它靠的是信念与判断力

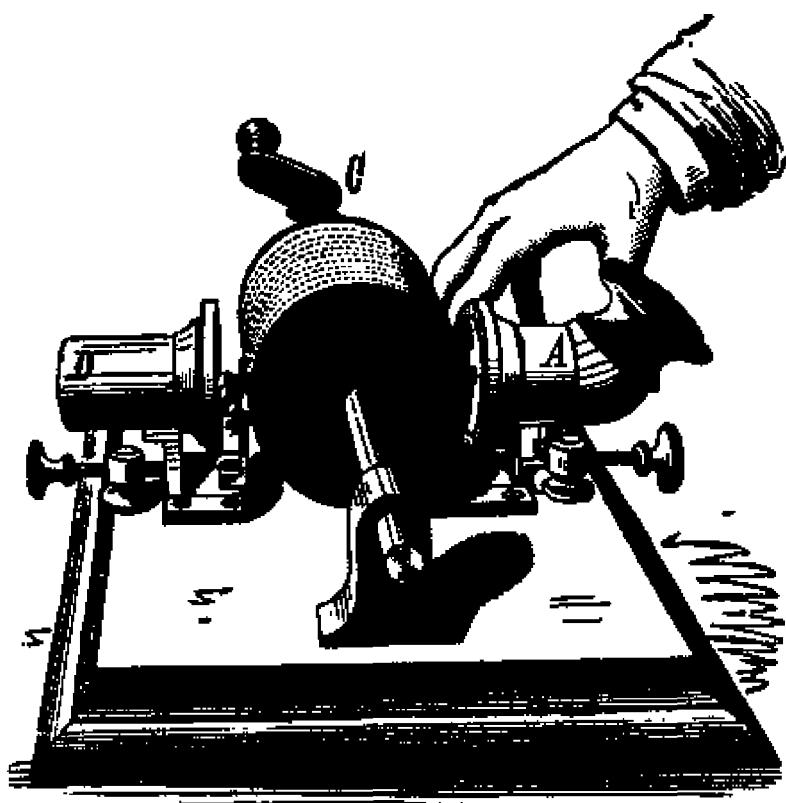


图 5.3 爱迪生最早的留声机样机(1877)，由三大部件组成：(A)一只用于录音的送话筒。(C)外置覆盖锡箔用以录音的滚筒，由手摇曲柄操纵。(D)用于回放录在锡箔片上声音的回放装置。这台留声机只保留了声音重放装置的最基本构件。资料来源：爱德华·W·伯恩，19世纪发明的进展(New York, 1900)，第 274 页。Russell 公司同意复制此图。

——相信一项发明对某一部分民众将有用，能够开发成一种可靠的设备。我们往往听到有关的当代故事：何时那种行动证明是正确的，何时爱迪生或福特扫除疑虑和批评，为我们带来了电灯泡或 T 型汽车。然而，很多情况下都是大家拒斥一项新产品，或技术难题无法解决而对一项产品的开发构成无法克服的障碍。举近一些的例子，例如汽车运输，我们发现了组合的飞机/汽车(20世纪 30 年代)；燃气轮机动力汽车、卡车和公共汽车(20世纪 50 年代)；滚动内燃机(汪克尔[Wankel]式，20世纪 70 年代)；以及别的汽车动力装置(alternative automotive power plant)——改进过的蒸汽和电力动力装

置——提出来作为对能源危机的解决方案(20世纪70年代)。所有这些创新至少被一个重要企业家认真考虑过,在今日的汽车中却找不到它们的身影。

除了不成熟和实用性可疑之外,仍有很多障碍需要克服,一项发明才能成为经济和文化生活中的一部分。在现代社会,资本、劳动力和自然资源必须集中起来,把可行的机器原型转换成一种可接受的消费产品,这样制造出来的产品也就可以出售赢利。这些障碍中的任何一种都有可能带来可怕的困难。

我们不必停留在对一项发明转换成一件技术成品和商用产品过程的完整描述,这不是什么困难的事情。因为我们关心的事总是更广泛的理论问题,因此,我们将转而对影响选择的几种主要因素作一个总体审视,并讨论多种不同选择项的重要意义。

经济约束

在经济决定论者看来,技术发展主要是一个需求的问题:市场运用足够的拉动力来刺激发明者顺着需求的某一线路前进,然后将这项发明转换成商用产品。这种解释看似合理,特别是对现代资本主义经济中的技术发展而言更是如此。假若某一项技术改进或发明有利可图,一些企业家注定能看到它的潜力,就会生产它,使之走向市场。在这种决定论者的眼里,选择过程主要是受经济力量制约的。

我们只要问一下为什么某些新产品迟不出现,早不出现,偏偏在某一时间出现,就会对市场拉动解释法产生怀疑。我们是否要假设它们的潜在市场从一开始就不存在?经济史专家内森·罗森堡注意到在任何时候世上都存在着一系列人们深深渴求的需要,还有能创造潜在市场的需要,然而只有很少一部分此种长存的需要得到满足。他问道,我们是否能诚实地宣布过去从来就没有对现代高产粮

的潜在市场需求？口服避孕药或心脏起搏器在最早出现之前也没有潜在市场？

假若市场拉动力是一种在几十年、甚至几百年里都以潜伏的形态存在着，然后突然带出了一种“每个人都需要”的新产品或设备的话，那它的确可算是一种神秘力量。用市场的力量单独解释选择过程的运作已经行不通了，而用市场的力量单独解释创新还勉强可行。在两种情况中市场的力量都在戏剧中扮演了一个角色，但绝不是戏中的主要角色。

在我们探索几个重要的、不同的创新——水轮、蒸汽机、机械收割机、超音速运输机——的选择过程时，我们将会发现经济力量与决定它们获选的技术、社会与文化因素交互发生作用。这些新产品中的选择没有一种是仅受经济需求的控制，也不是在上述每一种产品的选择中发挥了作用的因素在选择另一物时也起了作用，因为不同的人造物是在一种更宽广的文化背景中加以考察、选择的。

水轮与蒸汽机

如果对大约公元 1200 年以来世界上伟大的文明创造的技术作一个比较研究的话，找到西方技术的一个特色就可把它与伊斯兰、拜占廷、印度或中国技术区分开来。在 13 世纪的欧洲，技术以其对水力的广泛依赖为特点。占据欧洲中世纪技术核心地位的纵轴水轮，最早在公元前 150 年至公元前 100 年风行地中海中部地区。最早时，它被用来推动磨坊里的磨，把谷物磨成粉（图 5.4）。

手工磨面是一种费时耗力的劳动。在现代印度，一个妇女为准备好一餐饭用的面粉要在与古代的工具相似的手磨上花两个小时才能磨出来。有更大和更重的磨石的磨坊可以更高效地处理谷物，但需要耗费更多的力气，通常由驴子或马拉磨。两种方法都需要常有人照料：驴和马都要喂足食，还得有人驱赶，照料它们，就像对女

人和奴隶所做的那样。

水磨似乎是手磨或动物推磨的一种有吸引力的替代品。虽然水磨的建造需要更高的起始投资,一旦装上只需要很少的额外投资。除了在干旱时,水总是随意地流,此外水磨就不需要人特意伺候。

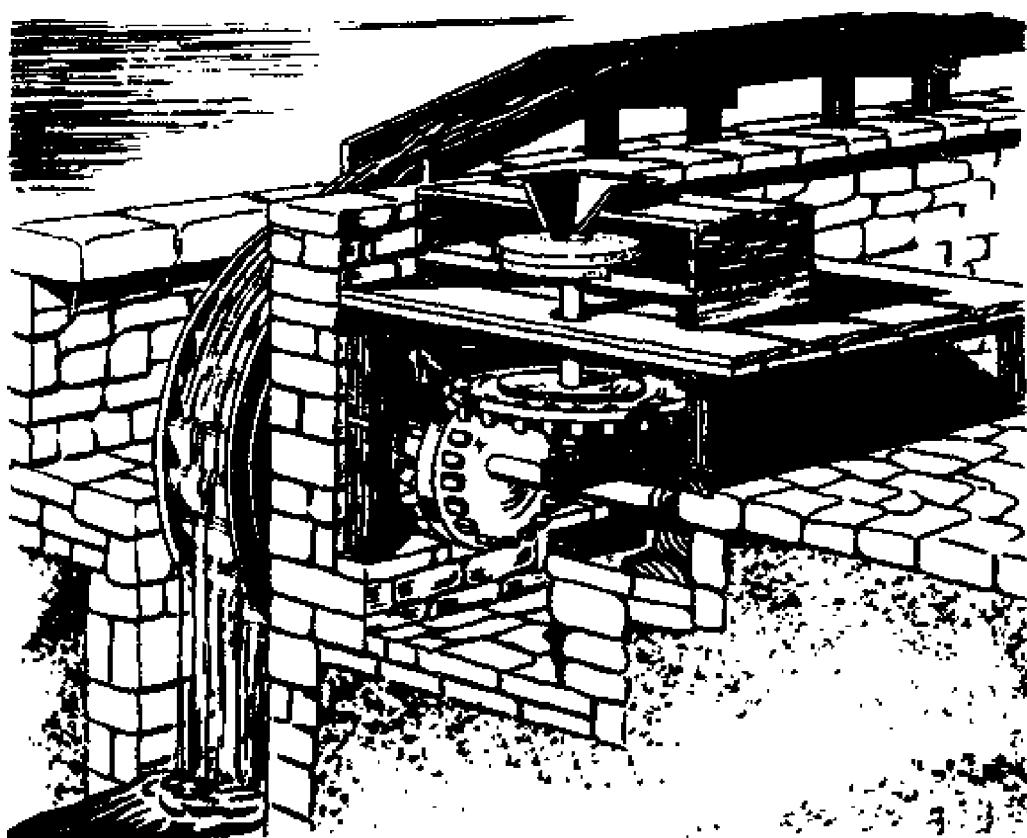


图 5.4 公元 5 世纪的罗马水磨(图中显示部分剖面图),由顺水垂直运动的水轮所提供的转动力的方向和速度可由齿轮调节,并用来带动装在水制平台上的磨石作水平方向上的转动。要用磨加工的谷物被倒进石磨上方的提斗,磨好的粉可在石磨周边收集。资料来源:特里·S·雷诺兹,杜过百人(Baltimore,1983),第 39 页。

虽然水力有这些优点,但它在最初出现以后就很少被利用,直到公元 5 世纪或 6 世纪,水轮才成气候。从它被发明到罗马时代后期的广泛应用之间的时间差有 500 多年。为何如此有用的一项技

术进步沉睡了这么久呢?

对早期水力技术的发展素有研究的特里·S·雷诺兹(Terry S. Reynolds)对其缓慢传播提出了几条理由。首先,在古代,技术知识的状况还不允许人们造出可靠、高效的轮子。罗马工程师造的那些轮子通常不是按充分利用水流的目标设计建造的。

其次,希腊人和罗马人受到他们对自然、劳动和技术的态度的限制。他们相信由多神统治的自然是神圣的、不容任何人干涉和利用的领域;把河水或溪水分流以利用水力的做法可能会被他们看成是打乱大自然的秩序。除此之外,受到更好教育的富人阶层蔑视体力劳动,不愿用技术革新解决劳动中碰到的难题。

最后,雷诺兹说,经济因素恐怕起了重要作用。在古代没有投资技术改进的传统。地主们更喜欢把钱攒着,而不是将钱投入一个未曾试过的技术领域作风险投资。人们不愿将积聚起来的财富放到这种投资中冒险,他们宁愿使用现存的劳力,因为劳力既多又廉价。手磨和动物拉磨比水力推动的磨建造起来省钱,它们有一个优点——在活不多时马、驴或奴隶可以很容易地卖掉,投在它们上面的钱就能回收了。认为劳动力充足是对水力的传播形成阻力的观点被如下的证据所证明——在公元4世纪水磨被介绍给罗马土地所有者们,代替由人力推动的磨,因为人力在那时已变得稀缺而昂贵。

到罗马帝国衰亡时,法国南部和意大利的一些地方采用了水轮。在中世纪,这一技术从这些地方以一种可观的规模传遍了欧洲其余地区。水力至少花了500多年时间才在古典世界建立了自己的落脚点,然而在罗马帝国灭亡(公元476年)之后的700年中它才从西班牙到瑞典、从英国到俄国的广大地区的河流上运用着。最令人难忘的是这些水轮并不是限于孤零零地散播在地图上的少数地点,它们数以万计,甚至十万计。欧洲大部分大河里的可采用的水能在中世纪都得到了开发利用。

中世纪的磨坊设计人和水利工程师改进了水轮，对引水运河和水轮旁的蓄水坝的设计也作了改进。虽然这只是对它本身的一个重要改进，但意义更为重大的是在中世纪的工业中为水力找到新用途。罗马人用水轮来磨面，提水灌溉。相反，在中世纪人的生活中很少有不被水能技术打上烙印的领域。水力驱动的工具被用来锯木、钻木和车木；研磨谷物和榨橄榄油也是用的水磨，鞣制皮革和造纸、精整布匹也使用水能驱动的设备；采矿和冶金都要靠水力驱动的锤子、起重设备、泵和鼓风机。

水能技术对中世纪社会和经济生活的影响是如此深广，以至于一些现代史学家宣称它是那个时代的重要标志之一。水磨和风磨以及更便利、更有效率的马具，据说就构成了使中世纪文明与更早的文明区分开来的能源革命。在人类历史上，一个伟大文明首次建立在非人力基础上。奴隶们不再承受中世纪经济和文化生活的重负，因为新的能源被开发出来取代奴隶的劳动。

中世纪新的能源技术广泛的、复杂的、充分的应用，导致一些经济史学家断言在中世纪欧洲就发生了某种工业革命。虽然这种断言可能被看成夸大其词而遭驳斥，你完全可以赞同说在中世纪已迈出了决定性的第一步。中世纪的水能技术在很大程度上为后来 18 世纪工业化奠定了基础。

摆在我们面前的问题不是要揭示中世纪和近代经济和技术的确切关系。我们想知道为何水能技术如此彻底地融入中世纪文化中，而在希腊—罗马时代却遭受如此顽固的抵制。并不是水能技术的进步造成了这种情况。中世纪技术专家们对其所作的改进并不是它广为接受的关键所在。未经完善的古代水轮，也完全可以被用来改变希腊—罗马时代的生活和经济状态。

假若中世纪时期是水能的时代，那么它同时也是信仰的时代。对中世纪时期水轮在欧洲的快速传播原因的说明应该将基督教信条和机构的影响考虑进去。尤为重要的是西方寺院制度的建立和

传播。根据公元 16 世纪统治早期僧院的本笃(Benedictine)教规(隐休院规章),宗教建筑应是与世隔绝的地方,僧侣可以不受干扰地修道、祈祷。基督教关于体力劳动的尊严信条,是古代并不普及的一种观念,对修道生活至关重要。修道的弟兄要做大部分必要的工作为自己提供食物、住处和简单的物质享受。考虑到这些情况,水磨就是一种能很好地提供服务的工具。水轮的利用保证了僧院成为一个无需与外界沟通的自足的社群,并给僧侣们更多的时间来做功课。西欧的僧院很早就大力使用水能,不仅用它来加工粮食,而且用它来酿造啤酒、炼铁、制革、织布,也干一些旁的活计。在截止当时对水轮技术一无所知或使用极少的地区建造僧院,也就加快了水轮技术的传播。

僧院的水磨为面临劳力短缺的世俗地主们和需要更多收入的地主们提供了效法的榜样。水为信徒用的水磨提供能量,也可以被用来为封建贵族做工。在古代一度供应量十分充足的人力资源在动乱的罗马时代晚期开始衰减了。到中世纪早期,劳力匮乏已成了一个重要问题。因为大部分劳力需要是在农业这一块,水磨证明是替代日趋减少而代价日增的劳动力队伍的好工具。出于此种理由,在解释水能技术的发展时应将经济因素与宗教因素看得同等重要。

中世纪的水磨,特别是一些更精巧的水磨,需要投入相当大数目资金。封建贵族乐意花这个钱,因为水能削减劳务成本,而且水磨本身能创造额外的财富。封建领主在行使他们对农奴的支配权时,往往逼迫他们使用领地上的粮食加工磨坊,好让他们支付一定的使用费。

在中世纪末,另一个富裕的社会集团——居住在城市贸易中心的商人——也开始投资利用水能了。因为这个新集团不能依靠领地垄断来获得进账,他们就利用水轮来谋取商业利润,于是就将它变成了一种新兴工业和制造业。

不能单从经济角度解释水轮的传播和使用。经济和文化因素

都应被考虑进去,这样我们才能理解:一个被古代人忽视的革新是如何变为彻底改变了中世纪和近代早期欧洲生活的能源革命的核心。

固定式蒸汽机的获选最终结束了水轮的统治,但这种新能源并非是突然出现的,就像我们有些人受误导而天真地想象的那样。长达几十年两者在欧美工业界共存。蒸汽机的最终胜利在纽可门蒸汽机出现一个多世纪后才取得。

1500 年至 1750 年间的 250 年是工业上利用水轮的巅峰时期。建立在中世纪的已有成就基础之上的 16~18 世纪的工业经济随着水力的推动快速向前发展。在西欧和英国,水力驱动的工厂成倍增加,水轮被设计出来提供更多的能源,工业上对水能的利用增强了。依靠几个世纪的造轮筑坝经验的积累,水车设计者们建造成了木制水轮,才取得了这些成就。

1750 年后,在工业加速增长和蒸汽机的竞争的双重影响下,水轮被转化为一种更有效能、更现代化的能源。对各种不同水轮样品的系统实验、基于水轮运行的水力学原理而对水轮作的理论分析、在建造水轮时用铁代替木头的革新,三者结合起来产生了更复杂的水能技术。经改进过的水轮可以与 19 世纪早期典型的蒸汽机相媲美。

第一台纽可门蒸汽机是在 1712 年建造的,只用在唯一的场合——从矿坑里往外抽水。采矿业是唯一一种不能调节自身以适应水能的限制的产业。纺织厂可以在有良好水能资源的地方选厂址,而煤矿或锡矿则不能随意选址。至多只能开掘运河来引水到矿上的水轮边,或者将附近河流的水力通过一个连杆状系统(称作 *Stangenkunst*)来传送,从而获得动力。这两种办法都不能令人满意,因而,通常在煤矿就地取材以煤作燃料的纽可门蒸汽机首先在矿区找到了市场。

对水能的工业运用是因为水轮的平稳、匀速的旋转运动让人觉

得安全可靠。纽可门蒸汽机所产生的运动是往复式的运动,即来回交替的运动,很适合带动水泵做功但不适合工厂的机械。接踵而至的问题是如何借蒸汽机产生旋转运动。即刻就能想出的聪明办法是用一台蒸汽机为连续不断地运行着的水轮提水。通过这种方法,两种分离的能源就被合并在一道来带动工厂里的机械或面粉厂的磨石。蒸汽机 - 水轮组合在 18 世纪后期的英国特别是在纺织业是很普遍的。

由于詹姆斯·瓦特在 1780 年和 1800 年之间的创造性工作的结果,可以凭借更可靠更有效能的蒸汽机获得平稳的转动运动。这些发展最终导致纵轴水轮作为工业能源的主要提供者的角色从此被替代。

纵使是几个世纪的改进也不能克服水能最严重的缺陷。干旱、洪涝和冰冻都对水轮的运转造成干扰。地理位置也有影响,因为水能开发只限于较大的、快速流动的河流。最后还有一个缺点就是能量产出。对设计的改进已经使可能的产出最大化了,但新机器还是需要更多的能量。水轮的单位能量产出大致上与 19 世纪上半叶的大多数蒸汽机相等。随着工厂的规模扩大,需要更大的马力才能带动机器生产,蒸汽机能够满足这一新的挑战,而水轮就明显落后了。

这些不利因素是够要命的,但它们在特殊情况下又变得无关紧要了。在法国和美国,有足够的新的水能开发地点可以利用,采用蒸汽机的时间因而也就比英国要晚。一般来说,水轮比蒸汽机价格低廉,它们只需稍加维护即可使用,没有早期蒸汽机那么爱出毛病,又是一种大家熟悉的、久经考验的动力源。基于上述理由,水轮仍然继续存在,在一个多世纪内对纽可门及瓦特蒸汽机形成了强劲的竞争。

水 轮

曾为欧美工业化提供了大部分能量，在1850年后它却无法满足重工业对能源的需要。富有讽刺意味的是，正是工业革命的胜利本身使得社会只能依靠蒸汽机才可满足能量需求。

从蒸汽机试图取代水轮的过程中所受的抵制，我们可以总结出一个教训。沉湎于技术进步观的现代评论家可能会推想：蒸汽机早就应该迅速地取代水轮。然而，正如我们所看到的那样，水能的终结并不是因为保守的工厂主们明知其落伍，仍保留使用它们而使得其完结的时间拖延。相反，水轮在19世纪仍被留用几十年，是因为继续使用这种动力源在经济和技术上有其意义——它出现在基督降生之前，自中世纪以来已被广泛使用了很长一段时间。

机 械 收 割 机

在19世纪的美国，一项技术上的新产品的创造、选择与开发往往是由一人——发明者-企业家所为。罗伯特·富尔顿，塞缪尔·F·B·莫尔斯，塞勒斯·H·麦考密克和托马斯·A·爱迪生等人，他们在工作室和在商业圈里一样活跃，他们在商业圈融资来生产他们的发明物。他们并不满足于无所事事地坐在一旁听旁人评论他们的创造性劳动的价值；这些人使用其天才和旺盛精力来加速其革新被社会接受的进程。一个极好的例子就是塞勒斯·H·麦考密克（1809—1884），第一台大致成功和广为应用的机械收割机的发明者，他也是机械收割工业的创始人之一。

直到19世纪中期，大多数情况下，都是由人在田间挥动长柄大镰刀来收割谷物，削去在他们面前的作物秆。每一次挥动大镰刀就割下一个半圆形地块的谷物。英国人最早尝试将收割机械化，他们想用装有滚动的镰刀叶片的机器模仿收割者挥舞镰刀的动作。当

他们失败后,他们模仿剪物动作的切削叶片来打造滚动式镰刀。后者获得了有限的成功,在 19 世纪 30 年代,很快就被麦考密克的机器取代了,他的机器让锯齿状的或带槽的刀刃类似锯物地运动。

在 1831 年首先建立起了一个可用的收割机的基本模型后,麦考密克开始改进他的机器,并为其投入生产作规划(图 5.5)。他意识到在美国东部的收割机市场受当地小型农场的数量的限制,就离开弗吉尼亚故乡到了中西部和有更大的麦田的大平原各州。麦考密克的整个生产活动,在东部慢慢起步之后,发明家一经找到支持他建立一家能批量生产收割机的工厂的资金,就在 1847 年迁移到了芝加哥。随着生意的日渐兴隆,麦考密克对其技术性的一面的重视日趋淡漠,将这些事留给他雇佣的机械师和工程师干,自己则专为专利和扩大销量而奔走。

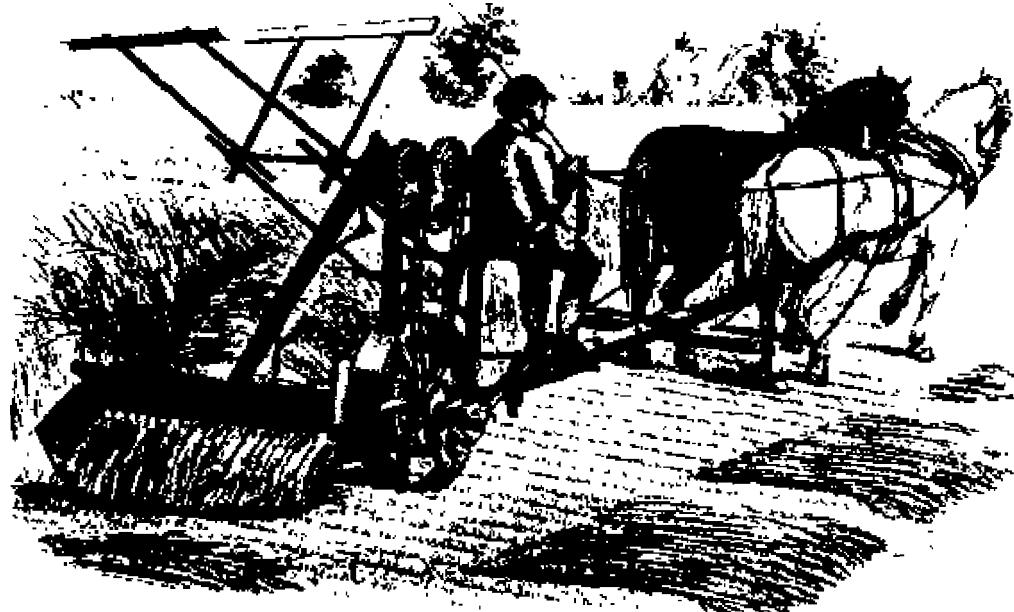


图 5.5 1840 年的麦克密克收割机。收割机由两匹马拉着沿田地里的庄稼茬通过。机器向前运动使大滚筒转动,使庄稼秆挺立在切割装置的齿间(图中未画出)。资料来源:迈克尔·帕特奇,历代农具(Reading, 1973),第 129 页。经由 Reading 大学农业史研究所英国乡村生活博物馆同意复制。

麦考密克在开创新的商业技巧方面也是一位先驱。他很好地

运用了田间实验来与他的收割机竞争对手相抗衡，并寻找新的途径去为自己的产品做广告，并创造特别的经济刺激来诱使客户购买他的机器。麦考密克收割机公司很快就成了农业机械业的龙头企业。1902年它与迪宁收割机公司(Deering Harvester Company)合并组成了工业界的巨头——国际收割机公司(International Harvester)，此后又更名为星游者跨国公司(Navistar)。

人们常讲的塞勒斯·麦考密克的故事，一个纯粹强调他的收割机对粮食生产的影响的成功故事，模糊淡化了这位企业家早年在收割机生产和销售中所遇到的一些困难。既然机械收割机代替用镰刀干活的效率低的劳动力密集型的收割方式，人们不禁要想：为什么在19世纪50年代以前农民们没有大批量地购买麦考密克的机器？毕竟，机械收割机一天可以收割10至15公顷的小麦，而用手工收割一人只能割1至2公顷小麦。麦考密克收割机在1834年获得专利，生产此种机器是在7年后开始的。在1841年至1855年间只售出了少量的机器。

在很大程度上，这种差距可以用以下的一些麻烦事来解释：发明家必须将其产品原型开发成人人可用的、适合于在不同地形使用，还要让普通农民买得起，会维修保养的农业机械。经济史学家保罗·A·戴维推想这不是收割机传播缓慢的唯一原因。他认为在19世纪50年代早期，只拥有小地块的农民们使用镰刀收割比买一台机械收割机更有利可图。根据他的计算，一个46.5公顷的农场才够用收割机收割的起码规模。只有那些拥有超过此下限规模的农场主才会觉得值得用机械收割机收割。其他人则继续依靠人力来收割。在19世纪50年代中期以后，劳动力成本上涨，种植粮食作物的农场变大，收割机的价格也稳定下来，已到了采用机械收割设备有利可图的界点。假如说我们对麦考密克收割机的历史描述展示了19世纪美国一个典型的发明家-企业家的活动和成功，那么也指明了他的局限性。不管麦考密克是如何投入并富有成效地

改进他的发明, 对它的最终接受还是取决于机器在技术和经济上的可行性。

因西部有大块的肥沃土地, 在小麦种植西移的时候收割机正好亮相。这些农场都很大, 土地相对平坦, 而且地里没有石头, 这就使得它们极适合于机械收割技术的运用。

机械收割机的引入与农业领域的其他技术进步同步发展, 也与铁路系统的延伸相随相伴。铁路对中西部和西部的农业发展至关重要。通过铁路把余粮运往人口密集的中心城市, 工业品和木材成品被运往农村地区。从此角度讲麦考密克的收割机可以理解为全国的西进运动的一个重要因素, 也是 19 世纪晚期美国社会的工业化和城市化的重要因素。

超音速运输(SST)

在 20 世纪, 技术新产品的选择已比 19 世纪时变得更为复杂。在围绕一个有争议的建议展开讨论时这一点更显得真实。这一建议就是美国应建造能够飞得比音速还快的商用飞机。没有一个意志坚强的发明家 - 企业家能控制得住超音速运输(SST)问题上不卷入各派对立机构、个人和赞助者们的争论之中。

超音速运输并不是可以用来描述现代技术发展中选择的操作过程的典型例子, 但它包含在一系列更典型的范例中散见的大多数要素。参与 SST 问题辩论的主要角色包括政界、企业界和公众。他们在技术和经济问题上的不同意见反映得最突出的是: 国家利益, 经济长期增长, 环境保护, 生活质量何者最为重要这个问题。这场旷日持久的辩论(1959—1971)的最终结果是决定不发展超音速运输。

选择过程既包括对新产品的拒斥也包括对其留置, 这一事实是我们理解技术发展时必须牢记的。对那些以为技术是顺畅地从一

一个成功例子走向另一个成功例子的人来说，发现对技术新产品的有意拒斥的现象是一剂醒脑药。在各种相互竞争的备选技术新产品中作选择，必然要把一些备选项目淘汰出产品主流。

在 20 世纪 50 年代后期，有人预言美国产超音速飞机很快会在全球各地运送乘客，无人对此提出挑战。自从 1903 年飞机在基蒂霍克*（Kitty Hawk）作处女航以来，速度就以稳定的增幅加快。因此，当人们在一开始严肃认真地考虑发展超音速运输时，都不会反对到 1970 年运载飞机将以 2 至 3 马赫的速度飞行这一设想。（1 马赫相当于在海平面以每小时 760 英里飞行的速度。）

二战中美国飞机制造业因为接受政府的订单，开发和生产军用飞机而兴旺起来。在战后苏 - 美对峙的年代也有助于延续军方与飞机制造商的密切合作。这种合作已建立起了政府补贴高速新型飞机开发的惯例。虽然超音速运输机是一种民用飞机，但飞机制造业人士从一开始就认为开发资金应由联邦财政拨款，因为新机型的开发过去一直是接受政府资助的。

在 20 世纪 50 年代，波音、道格拉斯和洛克希德飞机公司开始对超音速运输作可行性研究。它们期望政府将资助这一任务的想法提出时，传言英、苏两国已开始它们各自国家支持的超音速飞机研究项目。在潜在的 SST 项目的政府资助者中，联邦航天局（FAA）碰巧成为承担 SST 开发责任的机构。

在艾森豪威尔政府掌权的最后数月中，人们普遍认为联邦航空局将全面负责具有 3 马赫飞行速度的不锈钢钛合金飞机的研制工作——这种飞机将比任何竞争国家计划开发的飞机都要先进。这一技术上的佼佼者，虽然还未被注入资金开发，却已指望靠它在 8 至 9 年内开始搭载乘客，作商业飞行。

* 美国的奥威尔·莱特（1871—1948）和威伯尔·莱特（1867—1917）兄弟驾驶第一架发动机飞机在此试飞。——译者注

在约翰·F·肯尼迪新政府执政后，联邦航天局继续推进美国的 SST 研究工作，这一工作在英法两国政府于 1962 年 11 月宣布联合开发研制 2.2 马赫协和式飞机后变得更顺利了。联邦航天局的官员们预言假若政府行动不够迅速的话，国家就会失去 210 至 250 架商用飞机的潜在国际市场订单，5 万个工作职位，在世界民用航空领域的领先地位也将随之丧失。虽然有这样的可怕预言，但仍有悲观主义者反对花联邦政府的大量金钱来进行他们眼里视作的纯商业投机，并且认为这是一种值得怀疑的冒险行为。

1963 年 7 月泛美航空公司订购了 6 架协和式运输机。这是一个精心策划后逼美国政府承担起 SST 项目的经济责任的一个举措。此后不久，肯尼迪总统就宣布联邦政府和国会同意在未来支付开发美制超音速飞机的大部分研制费用。在所需的 10 亿美元中，75% 将由联邦财政支出，其余部分由私家公司出资。联邦航天局立即公布了 SST 发动机和飞机机体结构的标书细节，乐观地预言这种飞机将在 1970 年 6 月开始进行商业飞行。

在此后 5 年中，即 1963 年至 1968 年，超音速飞机计划分崩离析了。潜藏的疑虑和敌意出现了，保护自己地盘的官僚政客们彼此争吵不休，公众的信心也减弱了，技术难题却继续成为拦路虎。迅速建造超音速飞机的坚定意志烟消云散。

麻烦来自那些不满于 75% 对 25% 的投资造价分配的制造商们。他们想最终得到 90% 对 10% 的投资安排。在肯尼迪遇刺后，新上台的约翰逊政府决定以更清醒的头脑，更严厉的目光审视整个超音速飞机计划。弄来弄去，联邦航天局对超音速飞机计划的绝对控制权转移到了总统咨询委员会的手上。在咨询委员会里立即有人对这一冒险事业在商业意义上是否明智稳妥提出了质疑。乘客们是否愿买更贵的机票乘超音速飞机，而宁愿放弃乘坐即将出现的机票更经济实惠的大型喷气式客机呢？经济学家们没把握说乘客一定会这样做。

飞机以超音速飞行时产生的爆发性声音——声震——也成为了此时的一个严重的公众关注问题。联邦航天局在俄克拉荷马市进行了一系列的声震实验，23% 尝到过它滋味的人说他们永远也无法学会与此种噪声相伴。只有华盛顿的热心的 SST 鼓吹者们的工作和外国 SST 对美国天空的威胁使这一计划苟延残喘。当前苏联的图—144 超音速飞机以及法国的协和式飞机在 1968 年 12 月和 1969 年 3 月相继作了处女航，这才使美国人相信外国威胁确有其事。

研究美国 SST 冲突的历史学家梅尔·霍威奇 (Mel Horwitch) 对辩论的下一阶段 (1968—1971) 作的评述是如此简单：“爆炸”。在此关头，SST 成了一个广受关注的问题。激烈的辩论最终以国会投票决定取消所有对超音速飞机开发的投资。“爆炸”源自组织严密的民众利益集团对 SST 开发问题的介入。这些集团的突出批评基于两点：声震对那些居住在 SST 运输航道附近的居民的健康和财产的有害影响，以及超音速飞机对那个地区上空高层大气的破坏。已经势头减缓的 SST 发展计划受到争论中这个新的因素的影响而更加放慢了脚步。

1968 年尼克松总统上台后，成为第四位处理过 SST 问题的总统。他的第一反应是请求给予两个 SST 飞机机型的开发拨 960 万美元。总统的行为激起了公众对 SST 的批评。1970 年 4 月，强烈反对 SST 的广泛联盟在美国首都成立了。当德高望重的科学家和政府官员在议会作证，反对从联邦政府财政中拨款发展这种明显会造成经济和环境灾难的计划时，反 SST 情绪达到了白热化的程度。在这种强大压力下，SST 在议会中的朋友动摇退缩了，经过一连串的投票后——最后一次是在 1971 年 5 月——建造超音速飞机的计划被取消了。

倡导建造 SST 的人们对公众对他们心爱的计划的批评之强烈颇感惊讶。他们其实大可不必如此。20 世纪 60 年代晚期和 70 年

代早期对越南战争、民权问题和环境破坏的有组织的和自发的公开抗议就已司空见惯。SST 标志着：站在大企业立场和无约束的技术一边的大架子政府行为，丝毫不考虑普通公民的权利和利益。在失望之后，SST 支持者们指责他们的反对者是卢德派分子^{*}，一心想破坏西方技术的最好的希望。这并非实情；然而在现代，的确从未有过这样对技术变革的进步和不可阻挡这一信念公然采取实质性挑战的行为发生。

霍威奇列举了一系列原因说明为什么超音速运输发展计划遭受挫折。SST 并不节省燃料，而正巧遇上了燃料价格上涨和经济衰退期。面临着这样一些难题，倡导者们又不能从经济原因对发展 SST 提供满意的、强有力的说明。联邦航天局这个基本上是制定规范的机构，没有做类似工作的经验，其经营人员也在当时对激起群众性抗议的问题不够敏感。军方也没有要求出于国防因素上马 SST 项目，航空公司对 SST 作为一种有利可图的商业计划持怀疑态度，也不肯全力以赴地支持它。如果这些因素还不足以扼杀这个项目的话，那么这种飞机本身的设计方面的技术性漏洞，超音速飞机飞过头顶天空时老百姓承受的声震侵害所带来的政治上的不祥兆头，合起来就要了这个计划的命。

在回顾 SST 计划失败的许多原因之后，有人会问为何超音速飞行的支持者们对它如此不在意。答案是双重的。首先，他们是热烈赞同技术进步论的。我们在过去总是在不断制造越来越快的飞机，就算这次给了我们再一次这么做的机会，又特别是政府提供经济资助的情况下。其次，他们没有考虑大众会通过能言善辩的、关心此事的活动积极分子，参与到一个他们原本以为有限度的辩论中去。根据普遍公认的原则，企业界的精英、军界、政府可以处理这些问题。这种选择技术创新作为进一步开发的过程并不总是让公众讨

* 指 19 世纪初用捣毁机器等手段反对企业主的自发工人运动的参加者。——译者注

论的，甚至与纳税人的钱和利益有关的也是如此。如果说 SST 讨论并未根本改变传统的选择过程，它至少暴露了其中的不公正，并为未来的类似情况可能出现的公众介入作好铺垫。

SST 也是在选择过程中经济因素与其他力量或纠缠在一起或被其他力量压倒的一个极好例证。在有组织地反对 SST 项目的行动出现之前，政府内部和航空业内人士对其能否赢利持怀疑态度。提倡开发 SST 的人通过提出乐观的经济预测和把讨论转向竞争国的 SST 项目的进展反击他们，并利用官僚和政治手段来推进他们的计划。当享受补贴的飞机制造商没有表现出对超音速飞行足够的热情时，联邦航天局激励他们对其价值发表肯定性的评价。在辩论的最后阶段，一群著名的美国经济学家就 SST 计划发布了一系列有影响的批评性意见，然而，最初决定开发 SST 并不是基于对其经济价值的客观研究结果，最终失败也不是不断攻击它的经济观念占优势而导致的。

SST 并不是登月舱或美国防御武器库的某种新型导弹；它是准备用来运输持票旅客至世界各地的一种生意的一部分。如此明显有利可图的一种计划，可以在如此少的经济保证的情况下被推进。这一事实提出了这样一个问题：有多少商业性赢利的技术项目是在更加岌岌可危的经济基础之上被选中来开发的？

军事需求

如果我们将目光转向军事技术时，商业上的可行性就情有可原地屈居次要地位了。对成本和足够的投资回报的关心被战时或和平时期确保国家安全而产生的紧迫军事需求所取代。

在现代，军事命令已极大地影响了关键技术革新的选择，以至它们最终在民用领地找到一个位置。因此，现代军事工业和民用工业是彼此紧密联系的。历史学家们普遍赞同军事技术在最近几十

年中已取得快速发展,但他们就军事工业对经济增长、工业主义,以及其他技术的长远影响展开讨论时,却众说纷纭。在某些历史学家看来,战争是抑制民用工业增长的一种力量。在其他人看来,它是建立工业资本主义的一种基本要素。后一种人坚称 19 世纪的工业是建立在以工厂代替军营、劳动力代替士兵、公司筹划和对策筹划代替军事计划和谋略的模式之上的。

对军事与先进技术的联姻的早期证据是在文艺复兴时代的机械类书籍中找到的,这些书描绘了幻想的战争工具的模样。稍后便出现了对大批量的标准制服、粮食和武器的军事需求,在某种意义上预示了一种由批量生产供应货物而创造出来的大众市场的产生。金属工业常常与武器生产密切联系在一起,正如炸药工业一样。战时利润的确催生了几个新的工业领域。然而,并不能证明军需品本身或受其拉动的需要是现代工业的起源。

在我研究军事对选择过程施加的压力时,已故意避开与战争和工业主义等更宽泛问题的联系,专注于两个具体的革新是如何最先被军事尔后又被非军人社会采用的——汽车和核能。

汽 车

20 世纪的头些年,在美国即拉开了汽车时代的序幕。汽车史家詹姆斯·J·弗林克 (James J. Flink) 记下了那一时期的三个重要年代:1905 年,一年一度的纽约汽车展览会成为全国最大的工业展览会;1907 年,汽车被美国人视为生活必需品;1910 年,已有 485 377 辆汽车在美国挂牌,使美国在世界各国汽车拥有量排名第一。

无论在美国还是在其他国家,卡车都比小汽车的发展滞后。1910 年小汽车的牌照发放数量已接近 50 万大关,卡车牌照只有 10 123 个。在使用汽油的时代的头 10 年,小汽车的数量远超过直接设计来运货的机动运输工具。

人们在对早期的汽车做实验的同时也对机动卡车做了试验。各种型号和车身风格的卡车，以及汽油、蒸汽和电力作能源的卡车在 19 世纪 90 年代后期都投入了商业应用。早在 1900 年，康奈尔大学的一位著名的机械工程教授，在比较卡车和马拉货车的研究中，就作出结论说前者的运营成本比后者要低 25% ~ 40%。1904 年美国捷运公司 (American Express Company) 发布自己的试验报告，宣称机动卡车运输比马拉货车运输要优越得多，1909 年，在《科学美国人》(Scientific American) 杂志上发表的一篇文章宣布卡车已成为商人经济活动中的必需品。虽然机动卡车销售量稳步上升，总体上讲它们数量较少，工商界依然依靠久经考验的传统马拉货车运货。这种情形一直持续到战时，首先是镇压潘科·维亚 (Pancho Villa) 和他的墨西哥叛军 (1916) 的战争中，尔后又用在对第一次世界大战的 (欧洲) 中部列强 (德国，奥匈帝国，土耳其) 的战争中。

第一次世界大战开战时，军事决策者们并没有放弃马或骡子及四轮马车。英、法两国还是立即订购了汽车、卡车和救护车，这一订单立即刺激了美国的卡车生产。同时，在潘科·维亚攻击美国领土后威尔逊总统命令约翰·J·潘兴准将 (Brigadier General John J. Pershing) 开赴墨西哥，抓住他。为此目的，也为保障军队的补给线畅通，潘兴申请发出 70 辆装载机动卡车的军列，每辆列车运载 27 辆卡车。他要求供给 1 890 辆卡车，但当时分派给美军全军机动运输车辆的台数才 1 000 辆。在潘兴战果辉煌的墨西哥之役后，美军已配有 2 700 辆卡车，并且美国已准备参加欧战。美国厂商已输送 4 000 辆卡车和救护车给协约国 (the Allies)，此时潘兴已于 1917 年开始统率美国远征军，请求另调拨 50 000 辆卡车，以便从火车终点站运输部队和军用物质到前线去。

第一次世界大战中，战场对卡车发动机机械传动装置和车身设计，提出了特别的要求，帮助卡车制造业完成了规格统一化和生产标准化。卡车的战时使用显示了其可靠性和机动灵活性，政府订货

合同从财政上支持了卡车生产设备的扩充。1918年的一期《无马的时代》(Horseless Age)杂志——美国汽车业的一份主要杂志——的社论作者宣布：“这次战争比什么事情都更好地为机动卡车向全世界作了一次广告。”^②后来，一位历史学家写到卡车工业的起步时说：“第一次世界大战是抚育机动卡车的摇篮。”^③

1914年美国的卡车制造商生产了24 900辆卡车，4年之后他们的产量达到了227 250辆。停战时发现卡车制造厂家已将战时生产能力运用到了极限。和平意味着利润丰厚的政府订单的终结和国内外市场的潜力会饱和——和平时期缩减了的军队要不了那么多战争时期剩余的机动车辆。

尽管战后的那些年头有大量问题，美国卡车生产量从来没有降到1918年创下的战时最高记录以下，除了经济萧条的1921年之外。在紧接战后的几年里国防事业获得了联邦政府资金，建筑全国范围的公路网。潘兴将军在国会作证时(1921)，争辩说国家的防御要依靠一个好的公路网，一年后美军拿出的“潘兴地图”(Pershing map)标明了对战时美国关系到生死存亡的主要公路干线。这些所谓的国防公路很轻易地就与国家已计划好要建设的联邦资助的公路体系的主要线路重叠。陆军部设想，满足国家工商业需要的公路系统也将能服务于军事需要。军队对战后联邦公路发展计划的首肯也帮助新生的机动卡车成为一个重要的长途货运工具，与铁路运输形成了面对面的竞争。

核 能

机动卡车在军队使它在一战中大受欢迎之前就已存在。与机动卡车不一样，核动力反应堆是军事直接利用核能而产生的。假若美国没有在二战中研制原子弹，今天就不可能拥有核能工业。的确，在形成国际核能生产的50年间军事需求产生了巨大影响。

希特勒在 20 世纪 30 年代掌握了德国政权,迫使一些欧美科学家得出结论:德国独裁者可能首先造出原子弹并用于军事目的。因此,这些人就敦促他们的政府,自持链式核反应能展开行动,将原子能从实验阶段推向实际应用阶段,即制造出完备的原子武器的阶段。

在推进核能的军事利用方面的工作中,一个重要人物是在 1933 年逃离希特勒德国的物理学家利奥·西拉德(Leo Szilard)。西拉德意识到一个自持链式核反应能够释放出巨大的能量,这些能量既可作军用也可作民用。因此,1939 年 10 月他给富兰克林·罗斯福总统写了一封信,附上阿尔伯特·爱因斯坦的签名,告诉这位美国领导人:物理学的最新进展已有可能制造一种新型的威力巨大的炸弹。

在西拉德 - 爱因斯坦联名信出台后的 3 年中,美军受命主持执行曼哈顿计划(*Manhattan Project*)来制造原子弹。这一计划,调用了 1 万多名男女,耗资 20 亿,最终制造出了投放到广岛和长崎的那种炸弹。当莱斯利·R·格罗夫斯(*Leslie R. Groves*)将军领导下的大批科学家及工程技术人员倾注全力制造第一颗原子弹时,那种想开发造价低廉、供应充足的民用原子能的希望都让道了。

使曼哈顿计划成功地完成其军事使命的科学知识和专业技能在某种程度上讲,完全可能用于和平时期的核能生产。只有铀 U-235 同位素的分离成功才能使人们得到一种最适合产生裂变的物质,这是一个令人生畏的技术上的拦路虎,后来人们找到了制服它的办法:建庞大的、造价昂贵的工厂来分离同位素。原用作广岛原子弹中的炸药的 U-235 在战后的核能发电厂用作了反应堆燃料。

世界上第一座核反应堆,由恩里科·费米(*Enrico Fermi*)于 1942 在芝加哥大学建立的由石墨棒和铀堆砌的反应堆是在曼哈顿计划的赞助下建造的。更大、更复杂的反应堆由曼哈顿计划建立起来后进行另一种制造炸弹的物质——钚的实验和生产。这些反应堆建

起来并不仅仅是为了发电，在设计、建造和运营管理这些设备时获得的经验证明对核能工业也是很有用的。

在广岛扔下原子弹以后的若干年内，科普作家满怀憧憬地写到：原子能可以造出一个没有疾病、贫困和忧虑的人间天堂来。新闻工作者和政府发言人也保证，所有这些都可以做到，只要人类放弃将核能用于军事，敞开心扉迎接和平利用原子能时代的到来。

与普遍梦想相反，战后的政治局势迫使原子能的军用继续占据不可动摇的地位，这一情势是与冷战的开始相伴出现的。东西方关系紧张这一因素并不是使原子能天堂拖延出现的罪魁祸首。核反应堆还没有先进到能完全有效地发电的地步。其次更成问题的则是有没有足够的铀资源可用作大型反应堆的燃料。

在核电反应堆处于实验阶段的沉寂期时，在美苏两国之间展开了核武器技术竞赛。面对不断升级的军备竞赛，艾森豪威尔总统建议：两个超级大国为了世界和平着想，应与世界上的其他地方分享他们的核技术和核原料。这一计划从未兑现过，但在 1953 年晚些时候出现的和平利用原子能计划来自这一理念；也是美国的舆论宣传的一大胜利。

和平利用原子能的一个重要部分是美国承诺帮助别国，特别是不发达国家建造发电用的反应堆。事情的实质是，在 1953 年美国还没有自己的发电用核反应堆，因而也就没有可供出口的模型。同时，前苏联人和英国人据说已差不多要用他们自己设计的反应堆发电了。如果还想把和平利用原子能运动推行下去的话，美国就应保持它在原子技术方面的领先地位，这样就有必要尽快推出一种合适的美式核能发电反应堆。这个问题的解决方法最终也只能是如此，从一个军事计划中分离出来，在此情况下，它是一个由美国海军主持的项目了。

在陆军花了几十亿美元生产核武器后，海军也有了机会进入原

子能时代。一旦宣告和平，海军就决心不被竞争对手的陆军打下去，它将注意力转到了利用核能作为水面和水下舰只的推进动力。这就需要小心控制核反应堆以让多余的热能将水转化为水蒸气，然后又导入传统的推进器涡轮机中。鉴于此目的，海军显然更关心反应堆技术，而对核武器的设计制造反倒不那么感兴趣。

在战后早几年海军上将海曼·G·里科弗(Hyman G. Rickover)并不是唯一一个对建设核动力海军的想法着迷的人，但他比任何人都更积极有效地将这一想法转为现实。然而，里科弗在开发他的核动力推进系统时所作的工程技术方面的决策，以及他工作时所为，对国际上的核能技术拥有国都产生了影响。

里科弗本身作为一名工程技术军官，在1947年变成了海军核潜艇计划的负责人，在1950年时面临一个生死攸关的选择。他被迫挑选出一种反应堆类型来用于世界上第一艘核潜艇——USS(美国船)鹦鹉螺号。这一抉择日后证明对往后的核能生产具有十分重要的意义。

一个核动力反应堆除了要考虑安全因素外，最主要的技术难题是：核反应的控制和减迷；保持反应堆核心部位的适当温度；把核心部位的热能传送到别处去做有用功。在1950年，人们可以用普通的水(或轻水)、重水(氧化氘)、液体金属，或在各种热交换装置中的空气带走反应堆核心的热能。各种系统各有其优势和劣势，并且没有一种是经受过广泛实验的。毕竟，反应堆技术只有8年。

里科弗曾作出过许诺要在1955年1月让核潜艇下水，因此承受不起选择错误的核动力反应堆带来的后果。在细致考察了几种可供选择的方案后，他选了一种使用普通水作冷却剂和中介物的反应堆。建造它的任务被交给了位于宾夕法尼亚匹兹堡的西屋公司(Westinghouse Corporation)。选择所谓的轻水反应堆是一个保守的举措，选择它的这位工程师知道水方面的技术资料要比一个更显陌生的冷却剂资料丰富，并且了解水转换在蒸汽锅炉、内燃机和类似机

器中久已存在。里科弗的决定带来了可喜的成功。他在 1955 年 1 月 17 日就将其核潜艇投入使用了。在美国鹦鹉螺号在全球游弋时, 它打破了过去的所有水下航行记录。

潜水艇只是一支全核动力的海军的一部分。大的水面舰只的核动力推进设备, 特别是航空母舰, 同样也成了海军的一大装备优势。海军在里科弗的核潜艇方面取得的巨大进展的鼓舞下, 选择了轻水反应堆作为拟建的航母的推进设备(图 5.6)。这种航母的反应堆在准备安装到舰船上之前, 先要作为陆上反应堆的原型来建造并且进行试运行。

在航母工程取得实质性进展之前, 艾森豪威尔政府在一项经

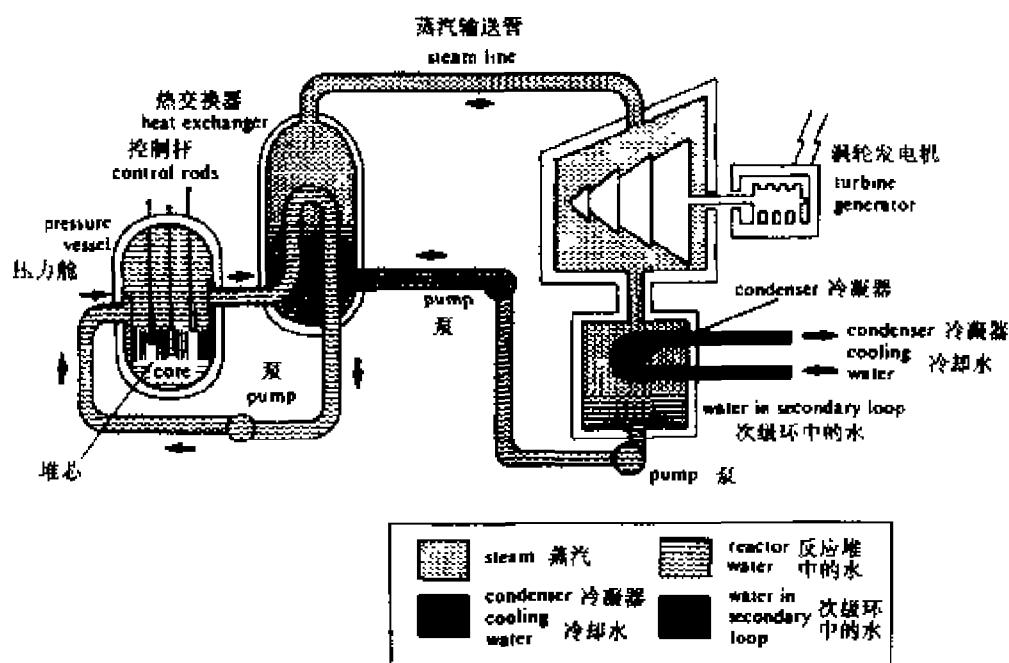


图 5.6 轻水反应堆的工作流程图。在这种模式中, 水在压力下泵入一个密封的(初级)环, 此环又将堆芯产生的热能输送到热交换器。在热交换器中, 水在次级环中被转换成了蒸汽, 这些蒸汽又被用来驱动涡轮发电机, 离开涡轮发电机的蒸汽被冷凝后, 又被泵回热交换器。如图所示蒸汽被用来发电; 对潜水艇来说, 蒸汽被用来推动船前进。资料来源: 史蒂芬·希尔加特勒, 查德·C·贝尔及罗里·奥康纳普, 核武器纵横谈(San Francisco, 1982), 第 114 页。

济措施中终止了实施它的行动。通过一系列灵活的谋略，里科弗却以另一种形式使航母反应堆起死回生。这次它是一种纯民用的事业了——美国历史上第一座向全国电网输电的反应堆。成立于 1946 年负责全美原子能事务的原子能委员会的支持，又有反应堆，为和平利用原子能的倡议出力的总统本人的允准，促使里科弗又上马了一项大获全胜的轰动一时的计划。这一成功的计划为美国核能工业奠定了基础。

在与西屋公司的合作，生产反应堆的润滑剂，以及与匹兹堡的杜克斯纳 (Duquesne) 照明公司的合作中，里科弗为美国第一座商用核反应堆的计划起草了蓝图。它拟定于宾夕法尼亚的西宾波特的俄亥俄河上建造。破土奠基仪式于 1954 年 9 月进行，在 1957 年圣诞节反应堆就开始发 60 兆瓦电，用的是核动力航母反应堆的修改版。

西宾波特发电站在形成今后几十年的核电工业的格局中起了决定性的作用。它的反应堆成为美国以后建造和使用的反应堆原型以及美国输出国外的反应堆原型。西宾波特采用了轻水反应堆，尔后大部分核电厂也相继效法。在全球运行的近 350 座反应堆中，大约 70% 是轻水反应堆。

里科弗一开始选择水作冷却剂 - 中介物是因为它满足了他造潜艇的直接需要，并非因为轻水反应堆是为电力公用事业公司提供电力的最好类型。的确，轻水反应堆是消耗铀燃料最少的反应堆之一。西宾波特的反应堆的类型的选择受到了美国决心在最短的时间内造出一座展览品似的核电厂的意志的极大影响。海军刚好有一种推进其舰船的正在运行的反应堆，那玩意儿就被匆匆改建成了派另一种完全不同用场的反应堆。

要理解这次的用途有多么不同，就有必要就轻水反应堆的经济方面的问题进行思考。当然这样一个问题，在军事背景中是没有多少意义的。原子弹和海军推进装置的建造者，虽然被指令花钱要控

制在预算之内,但用不着过度操心经济问题。军事上的需要和国家安全是拥有绝对优先权的。而另一方面,西宾波特却是一个面对市场发电的竞争性的企业行为。

美国的首座核电厂的收费与其他竞争者相比情况怎样呢?在20世纪50年代末期,烧煤的蒸汽发电厂以每千瓦6密尔^{*}的价格发电,在西宾波特价格是每千瓦64密尔。因为技术是新的,在其改进过程中有望将成本降下来,并且事情也确实这样发生了。然而30年后烧煤的火力发电厂仍然以略低于核电厂的价格在发电。两者价格之差再也不是10倍,但我们也未接近生产价格低廉到无法计量的程度。就像早期的核能宣扬者们所承诺的那样。有些批评家宣称西宾波特一例给工业界背上了一种轻水反应堆包袱,一种永远是经济不合算的模型。情况可能正是如此,或许也并非如此。可以肯定的一点是当最后的决定一旦作出后,反应堆运营的经济利弊就是最后一个被考虑的方面。

核能与军事的长久联系,在它转为民用工业的一部分后对其产生了一些别的影响。曼哈顿计划出台以来对核能的研究与开发一直受到联邦政府的慷慨资助。美国大公司已习惯了一旦遇到经济困难美国政府会冒经济危险大力资助。

西宾波特核电站反应堆,表面上是一个商业联合情结,是由原子能委员会所拥有。发电设施是由杜克斯纳出资兴建的。这家公司投入自己的资金是希望从这个开拓性的项目的知名度中受益,并指望如果这一合作生意最终亏本的话由原子能委员会出面压低营运成本;杜克斯纳在西宾波特的传统技术中投资,这是整个工程项目中最省钱最安全的投资项目。

反应堆研究和开发是代价不菲的,私人企业也回避任何政府诱使它们投资新的更大的发电厂用反应堆的行为。电力工业界人士

^{*} 1密尔等一千分之一美元,此单位仅用于统计中 ——译者注

不愿投资于新技术开发也是情有可原的。现在的燃煤火力发电厂是基于一个广为人知的完全可靠的技术，在短期内也不会有迫在眉睫的燃料短缺。核电工业并不是由于发电厂如饥似渴地要寻找一种替代传统能源资源的救急物。

这里叙述的只是美国在这方面的经验，但对在军事利用和民用核能之间的相互作用不仅在美国存在。早在 1940 年，英国就发布了一份报告宣称：在为军事目的利用核能与和平时期利用核能发电两者之间关系密切。这份报告讲“一方面的发展”“将对另一方面的发展产生显著的作用。”^④

西宾波特尚在规划之中时，前苏联、英国、法国和加拿大也在为电力生产研制反应堆。这些国家拥有不同的社会机构和政治传统，然而它们的核动力反应堆都与军事项目密切相关。前苏联的反应堆是由一种海军用核动力推进装置改建的，英国和法国的模式是基于原先建造了生产炸弹用的钚的反应堆；加拿大的反应堆是由美国政府通过购买加拿大的钚以用于制造武器这一方式来间接大力资助的。

没有军事需要的紧迫压力和与之俱来的慷慨大度，今天就不可能有核动力工业。很难想象这情形：没有战争或灾难性的能源短缺，美国政府会在 1941 年调用它的物质资源、人力、智力、金钱来把物理学家的链式核反应实验转化成可用的炸弹或反应堆。我们这些生活在核革命的另一端的人们忘记了在它赢得战后的辉煌时，核物理还是一个机密的研究领域。它有自己的鼓吹者和推动者，但不是上述原因的话他们绝不可能说服私人厂商或联邦政府花 20 亿美元进行为期 4 年的核能研究。

尽管有战争和政府投资刺激其发展，那些为曼哈顿计划而工作的人并不总是很肯定他们的目标是可以达到的。在和平时期的背景中，由于资金和人员有限，那些暂时难倒参研者的技术难题将有可能一直像不可逾越的障碍一样对我们构成威胁。

在 20 世纪下半叶,影响对技术创新的选择的经济和军事因素之间的差别模糊起来了。早先,军事只有在战时和备战阶段才以选择机构的统治地位出现。在别的时候它对技术的要求就很少了,就像我们在讨论机动卡车的例证中表明的那样。

在二战后,冷战接踵而至。还出现了军备竞赛、航天技术竞赛,相信国家的安全需要更高技术水平的军备。在最强大的工业国之间现存的竞争状态中,革新总是衡量军事潜力的标准,主要工业全力以赴地为军事市场服务。

20 世纪晚期的许多最令人激动的新技术都有军事背景的烙印。它们包括喷气式飞机、飞船、雷达、计算机、数控机床、微电子产品。

军事在决定技术选择的过程中的独特作用使我们的时代成为技术史上一个特别的时代。过去从未有过如此多的重要的技术革新出现和开发,主要由于它们在战争中的潜在作用。对着眼于军事的技术持批评态度的评论家认为,它阻碍了经济发展、扭曲社会价值、毒化环境、威胁地球上的生命。从 20 世纪晚期的眼光看来,似乎军事与技术革新的联系也是我们时代的一大特征,是人类不远的将来的发展趋势的唯一最显著的决定因子。

第六章

选择(2):社会因素与文化因素

一种新颖物品从获选复制到融入一个民族的生活,其中牵涉到许多不同的因素,但这些因素的影响有大有小。前一章集中讨论了经济和军事的需要作为选择力量的情形。然而就水轮、核反应堆和超音速飞机运输而言,其他力量,尤其是社会和文化力量,明显地发挥了作用。古代和中世纪的宗教信仰,对接受先进技术的偏好,乌托邦式的能源神话,在这些革新的选择过程中都起到了推波助澜的作用。在本章中,影响选择的社会和文化因素将上升为我们关注的焦点,并在跨文化比较中加以考察。

技术与中国文化

在与西方人持不同观念的古远的文化中,我们可以找到更显而易见的例子来说明文化价值观和文化态度对技术选择的影响。技术与一个民族的文化生活关系如此紧密,以至于一个身在其中的观察者很难获得严谨地评鉴它所必需的客观立场。所幸中国历史中技术和文化史料甚丰,并且其中大多数已经被现代西方历史学家研究过。就让我们针对中国文明发出第一问:文化会怎样影响对技术新颖之物的选择和复制?

弗兰西斯·培根爵士明确指出,作为欧洲文艺复兴中巨大变革的原动力的三大发明——印刷术、火药和磁罗盘——都是中国文明而非欧洲文明的产物。按这位英国哲学家的说法,文学艺术、军事技术和航海术的革新都应归功于这三大发明。假如这些发明对西方现代社会的形成具有里程碑式的意义,为何它们对中国社会没有施加相似的影响?这一问题没有令人满意的答案;对这一答案的探讨却能引导我们去探索中国精英阶层的文化价值观。

印 刷 术

中国最早的印刷技术是在公元 8 世纪发明的雕版印刷术。这一工艺使用硬木板,在其表面刻上整版的文字。每块刻上了字的木板被涂上墨后就可以不断印刷一页页的文字。正是雕版印刷术,而不是 3 个世纪后在中国出现的活字(活字模)印刷,革新了宋朝文化复兴(960—1279)时期的书籍印制和学术活动。通过广泛使用雕版印刷术,经典哲学和文学典籍被重印出来,文人们受到激励写出新书,图书收藏规模扩大,总体说来,国民文化水平提高了。撇开内容不谈,宋朝雕版书在艺术性和工艺方面代表了中国书籍印制史上无法超越的高峰。

欧洲的纸张生产始于 12 世纪,在中国发明纸张后 1 000 年才出现。活字印刷术在 1440 年前后在欧洲才首次出现。纸是如何从东方向西方顺着某种通道传播的倒是能弄清楚的,而活字是从什么途径传播的却不确定。然而,有证据支持中国印刷术的知识影响欧洲对活字印刷的试验这一论断。

与 15 世纪约翰·谷登堡 (Johann Gutenberg) 相关的印刷术革命是以模子浇铸金属字模和常用的螺旋(滚筒)印刷机 (screw printing press) 为基础的:先将拼装的字模表面涂上墨,然后把纸张均匀地按压到上面即可。这些革新对西方文化的影响自文艺复兴以来一直

受到赞美，常被人们挂在嘴边。晚近的历史学家认为印刷术导致了现代意识的出现、印刷品的世俗化和商业化、新教徒对罗马天主教的权威的反叛、现代科学的崛起以及文化和教育的发展。

火 药

火药是培根所说的现代性的开路先锋中的第二种东西，在公元 10 世纪初被中国人首先用于军事。中国人对火药所做的早期试验包括拿它们作燃烧剂和用作发光照明弹的火箭的推进剂。装填了火药的爆炸榴弹是在 1231 年生产出的，到 13 世纪末，中国人就会用炮发射弹丸，炮筒原先是用箍紧的竹子做的，后改为铁铸。在不到一个世纪的时间里，枪炮从发源地中国传向了日本、朝鲜、近东，最终传到了欧洲。

欧洲最早描绘火炮的图画可以上溯到 1325 年前后。此后不久火炮就被用到了战事中，在 14 世纪下半叶欧洲的铸炮商就致力于生产能远距离发射重型炮弹的大炮。

欧洲大炮最早是用青铜铸造的，尔后又用铁铸，在摧毁城堡和城市的墙壁时大显神威，以至筑城造堡从理论到实践都因此起了根本性变化。由于火药的介入，攻坚战法也彻底改变了。在战场上，至少在 17 世纪以前，炮的作用不是那么大。它们在战斗中点火费时，且笨重无比，移动不便。这些缺陷并没有阻止人们在船上部署炮。可以将一排一排炮安装于船甲板，船舰在水中灵活调整位置，发挥出它的最佳火力。

早在 16 世纪，装备有欧制大炮的葡萄牙船只驶进亚洲的港口时，当地防守者就发现他们古旧的武器比这些好战的外国人的要低劣得多。东方人被迫答应通商割地的要求，也不得不权衡用这种西式枪炮来捍卫主权的利弊。中国人被置于尤其屈辱的地位：他们不得不从恫吓他们的列强那里寻求技术上的帮助，而中国人在内心认

为这些外国人在文化上比他们低级。获取西方军事技术知识是有代价的：东方必须接受促使欧洲造出更高超的枪炮的那些价值体系。但如果一味仿效西方的榜样，促进技术变革和发展近代科学，这些传统的东方社会还能保存下去吗？这个问题在西方主宰、统治东方的 450 年间一直困扰着中国人，而且至今仍继续使中国政府为难。

磁罗盘

培根提到的最后一种发明是磁罗盘。它最早由中国人在公元 11 世纪时用于航海。罗盘最初是以神物的面目出现的，或者说它是一种天然磁石制成的、能预卜凶吉的器具。这种早期罗盘至少可追溯到公元 1 世纪。到 7 世纪或 8 世纪时，天然磁石被磁针代替，罗盘开始具有我们今天更熟悉的这种形式。

虽然磁罗盘可能在此前更早作过航海辅助工具，我们知道在 1080 年时它已被用于海轮上，并且中国人早已发现了磁偏差——磁针无法指向正北的现象，中国商人很快就将罗盘用来开拓新的商机。在 12 世纪早期，靠罗盘导航的中国航海帆船就能将货物运送至东印度群岛、印度和非洲东海岸。中国的海上商业活动持续繁荣发展，在 13 和 14 世纪蒙古人统治时期更有拓展。

在人们学会利用磁石的导向性来作航海罗盘仪之前 1000 年，中国人就知道天然磁石的导向性和指向两极的属性，西方人在磁罗盘于 12 世纪出现之前没有磁石导向性的类似知识。虽然中国的商船通常用磁罗盘，我们却不能肯定对这一工具的知识是从东方传向西方的。它有可能是在地中海地区独立发明出来的。

不管它的源头在哪里，磁罗盘在西方的影响与其在中国的作用是相似的。它使人们可能航行到目力看不到陆地的海域而不迷航，并能夜航，在多雾的天气无法观天象时也能航行。罗盘是除航海

图、大帆船的设计改进，舰载大炮之外的技术进步之一，正是这些东西使欧洲船只最终在近 500 年里控制地球上的主要航道。

中国文化的停滞

在归纳了培根所言的几项重大发明在东西方的起源和应用之后，我们重谈在早先提出过的问题：为何这些发明在改变中国文化和技术方面不像它们在西方发挥那么大的影响？稍作思考就能揭示这个问题的提法不当，并且带有民族优越感的色彩。

首先，推想对某一新产品的选定在一国和在另一国的意义和影响都相同，那是完全错误的。特别是把这个问题放在中国和欧洲这样截然不同的文化背景下作比较就更应慎重。例如，想象印刷术的导入在东方和西方就一定产生同样的后续事件，就是一种天真的想法。

其次，声称中国人具有基本的技术知识，但他们抑制它并将之转派琐碎的用处，这是不足以服人的。中国人早先的确曾经充满热情地将印刷术、火药和磁罗盘派上实际用场，与西方人后来利用这些东西的方式是一样的。

再者，评价同样的发明对不同民族的相对影响是以西方文明的关注点和价值观为基点的。事实上，我们是在叩问为何中国人不像我们，为何他们没有开创科学和技术两方面的革新局面，而正是这两种革命产生了我们的现代社会。或者说，为何中国人没有使用火药和航海术像我们一样统治地球上的海洋？类似的问题更直接地反映了发问者的态度，而对揭示中国人问题的答案本身鲜有助益。

在承认了由这一系列推理所引出的问题后，我们就会有一丝感觉：从更严格的意义上讲，我们应从更广的角度思考问题。甚至最坚信中国人是技术革新者的人也承认，在 19 世纪和 20 世纪中国和欧洲在技术上是旗鼓相当的，就算更多的东方的发明从东方流向西

方,而逆向流传的则无。在 16、17 世纪近代科学出现之后,在 18、19 世纪又相继建立了工业化社会。这些都是纯西方的现象,在东方没有类似的事件发生。然而,东方文明发现,很难理解这些重大变化带来的多样性成果,更不用说采纳。西方很快就在科技两方面都成了世界的领先者,东方则被抛到了后面。

对于横亘于东西方之间的科技鸿沟,学者们提出了多种不同的解释。历史学家马克·埃尔文(Mark Elvin)提出了一种富有创意的、但并非绝对有说服力的经济性解释。埃尔文认为,在 18 世纪时中国经济已到了这种状态,已无法产生和支持内部技术变革。传统的技术被开发到了顶尖水平,为中国巨大的市场提供服务。当某地缺少某种商品时,能干的中国商人们就利用一切可用的手段——如廉价的运输方式——来尽量缓解这种状况,而不是为其遇到的难题从技术革新上寻求解决办法。除此之外,中国经济规模比任何一个欧洲国家都大得多,要想使它也像某些经济规模小得多的西欧国家一样也增长 2 至 3 倍是不可能的。对变化反应敏捷、增长潜能也大的小规模经济,使欧洲国家,特别是英国的优势得以彰显较著。因此,他认为,中国在技术上的停滞是由于一种根植于其经济中的高度均衡能力的陷阱在作怪。汉学家李约瑟将中西技术在近代的巨大差距的根源归结为中国社会和政府的结构,而不是其稳定的经济。在公元前 3 世纪,中国国内交战的各国首次被一个中央集权的封建君主政体所统一,这一政府形式的内核——顽固地保持到 20 世纪——一个帝国政府需要大量有能力且忠心耿耿的臣民管理者来收税,并在一个疆域广阔的国家的角角落落贯彻帝国的政策条规。因此,产生了所谓的亚洲式官僚主义现象或称封建官僚主义现象。要进入这一官僚体系首先得对文学和哲学典籍,特别是由孔子撰写的此类著作要有渊博的知识。国家还举办一系列的考试来判定一个人是否有能力做官。

在李约瑟看来,封建官僚体制对中国工商业阶级的发展的抑制

作用大到足以影响政府政策和政府行为。而在欧洲商人阶层却能左右社会决定、政治决策和机构设置以满足他们的需要，因而也就能够扶持科技进步。

把一切因素都考虑进去后，中国没有一个强有力的商人阶层这---现实是一个亲华人士就中国社会做结论时的不利因素。因此，李约瑟用另一种有利得多的论据来为他撑腰。他声称，中国长期存在的封建政府给中国社会注入了西方社会无法比拟的稳定因素，而西方社会不断受到社会、政治以及知识革命的反复冲击。就算中国具有稳定国家的社会特征，也不应该说中国人在技术上停滞不前。在很长一段时间里他们在科技的各个前沿领域都取得了缓慢而持续的进步，直到西方的崛起盖过他们的成就。李约瑟总结道，如果存在着必须最后确定的问题，那就是应追究西方社会和文化为何如此容易接受变革。在研究了中国在社会和经济各方面对西方科学和技术的反应后，我们不论接受何种解释，都得最后留点余地思考一下在中国占主导地位的文化态度和价值观。李约瑟竭力主张社会经济说，但他承认从未关注的意识形态因素也是重要因素，中国未能在近代与西方国家在科技成就上平分秋色并拒斥这些成就带来的果实，不能不考察意识形态因素。

从另一个视角讲，李约瑟所褒扬的超稳定社会，亦是受传统的孔教束缚的保守社会——自认自身比外部世界都优越；怀疑一切技术革新，尤其是源自西方的革新。某些现代历史学家认为，由文人组成的中国式的官僚士大夫对科学、商业和实用之物极少有兴趣，也不大同情、支持。而且，把中国古代经典的作者当做精心研究的对象也不利于接受在欧洲文艺复兴中涌现出的追求创新和进步的观念。一个 17 世纪晚期的耶稣会旅行家评述中国的知识阶级对古旧之物的喜好远盖过对现代新事物的喜好。他观察到，中国人对旧物的偏好本身就是与欧洲人不为功利目的追求创新的天性相反的。李约瑟的研究表明中国人确实有技术进步的观念，然而，他们对这

一概念的界定和应用与西方的欧洲人明显不同。

除了保守之外,中国社会还排外仇外。除非外来技术带来了一种更本土化的、更优越的生活模式,否则中国社会就不太乐意接纳。在这一点上,在中国人的行为和态度进行解释时我们必须谨慎。有一种草率的、过度简单化的解释甚至说,中国人由于受了自身文化优越感的蒙蔽,顽固拒绝从外来文化的新产品和新技术中寻找优点。一种更微妙的分析说,在孔子思想控制的中国,受过良好教育的官员们都对西方技术,特别是武器的先进性心知肚明。只是他们乐意排斥西方的枪炮而冒军事上失败的危险,也不愿接受它们而破坏熏陶了他们并使他们得以掌权的文化。这种文化长达2 000年来一直是作为中国政治和道德伦理的基础而加以精心维护的。

19世纪的某些中国思想家认为,东西方之间是可以调和通融的。他们建议,中国人对西方技术有选择性地加以对待,细心地将物件本身从那些不对中国人胃口的价值观和习俗中分离开。更聪明些的人指出物件与价值体系是密不可分的。举个例子,中国接受了欧洲的大炮和机械钟,它就必然接受使这些物件得以产生的技术方法,以及它们体现出的西方人的战争观和时间观。

借作小结的机会,让我们返回培根所列之划时代发明的名单,再叩问为何印刷术、火药和磁罗盘对西方人来说是来自遥远的异国他乡舶来品而他们却欣然接受了。答案是:西方文化并非是大一统的;欧洲人更好折衷,更能接受新观念、新影响和新事物。因为新颖物品对欧洲人的生活方式不构成威胁,欧洲人遂将培根所言三大发明融入其文化并很快忘掉了这些发明是外来之物。到17世纪弗兰西斯·培根讨论这些发明时,行文中显得好像它们不是东方人首创,而是欧洲人的发明之物。

时尚和时髦

在技术发展的某些点上,创新的选择不是由社会共有的文化价值观驱动,而是由在某一地区风行 10 年或更长时间然后消失的、一时的流行所决定的。在前面已提及的一些同样的选择驱动力——对解决技术问题的热情,或相信技术能带来进步——也在此时起作用,但当驱动力与天真、幻想或怪念头相联系时,我们则认为这种选择就是建立在一时的时尚或时髦之上的。

因为文化价值观与时尚和时髦是处在选择力量的长链的相对两端,前者往往被忽略或误解。然而,时尚与时髦常常需要特别加以重视,因为它们也标示了价值观和意识形态的某些侧面,而正是这种价值观和意识形态对技术的发展起了推动作用。而且,我们不应混淆技术上瞬间即逝的时尚导致的奇特产物,以及古怪发明者或机械师创造的特异怪诞之物。当然,大多数时尚是由功成名就的技术专家或工商机构所创造的,通常由私人或政府财源提供充足的开发经费,并展示给普通大众。我们只想集中讨论其中的气动铁路和核动力运输工具。

气 动 铁 路

第一条适合蒸汽动力客货列车行驶的铁路于 1830 年 9 月 15 日投入营运,为英国的铁路时代的到来拉开了序幕。在头 10 年左右,随着可用的路轨和车辆(rolling stock)设计成功,铁路建设以缓慢、均匀的速度发展着。人们筹款铺铁轨,勘测新路线。随后,在 19 世纪 40 年代中期兴起了铁路建设热潮,共批准铺设 2 800 英里的铁轨,总里程比此前 15 年完成的还长。投机商囤积了价值不清的铁轨存货,而易受骗的投资人都坚信铁路大发展能使其致富。身为铁路建筑商的工程师伊桑巴德·K·布鲁内尔(Isambard K. Brunel)在

1845 年评论当时的状况时说：“周围的每一个人都像疯了一样——十足地疯透了——要做一个正常人的唯一道路是从中跳出来，保持冷静。”^①

尽管气动铁路技术比铁路建设狂潮出现的年代早，但是直到那个狂热要求造新铁路的年代，首批气动铁路公司才得以建立。在 1844 年至 1847 年之间，拟建或已建气动铁路线的国家和地区有英国、爱尔兰、苏格兰、威尔士、法国、比利时、奥 - 匈帝国、意大利及西印度群岛。

气动铁路技术与传统铁路技术大为不同，需要作详细的解释（图 6.1）。两种系统的主要区别在于气动铁路无需牵引机车来拉动各列火车。相反，在气动铁路线的铁轨之间，加上了一个铸铁做的圆柱形管，其直径在 15 英寸左右，该管延伸于整个铁路线上。按设计要求，紧贴着圆柱形管的一只活塞，被安装在列车引导车的行走装置上。这种装置需要一个连续的纵向的狭槽，这个狭槽是沿管子顶端开的，这样把活塞和火车车厢连接起来的托架就可自由移动。在没有列车通行时，安装在狭槽上的一只橡皮阀使狭槽紧闭而使管子密封。如此，蒸汽机车的动力是由置于火车头中的活塞和汽缸提供，而气动铁路将其汽缸置于铁轨的同一平面上，将活塞连到第一列车厢上，就没有必要带一个牵引机车了。

气动铁路的另一独特之处在于它运用了大气压力而非蒸汽的膨胀力来使活塞从圆柱形管中冲过去。在铁路线上，每隔 2 到 3 英里安装的蒸汽驱动气泵用来抽空汽缸中的空气，为火车的到来作准备，这就促使活塞和与之相连的列车一起向压力低的方向移动。

由于这种新式铁路的缺点是显而易见的，就让我们专挑其优势略述一二吧。首先，气动铁路为那些经受了早期蒸汽机车的喧闹和烟尘之害的乘客们提供了清洁安静而快速的交通。其次，它将其蒸汽引擎及附带的燃料牢固地置于地面。蒸汽牵引方式浪费能源，因为笨重的机车及其专用煤和水必须沿铁路线不断地供给。再者，

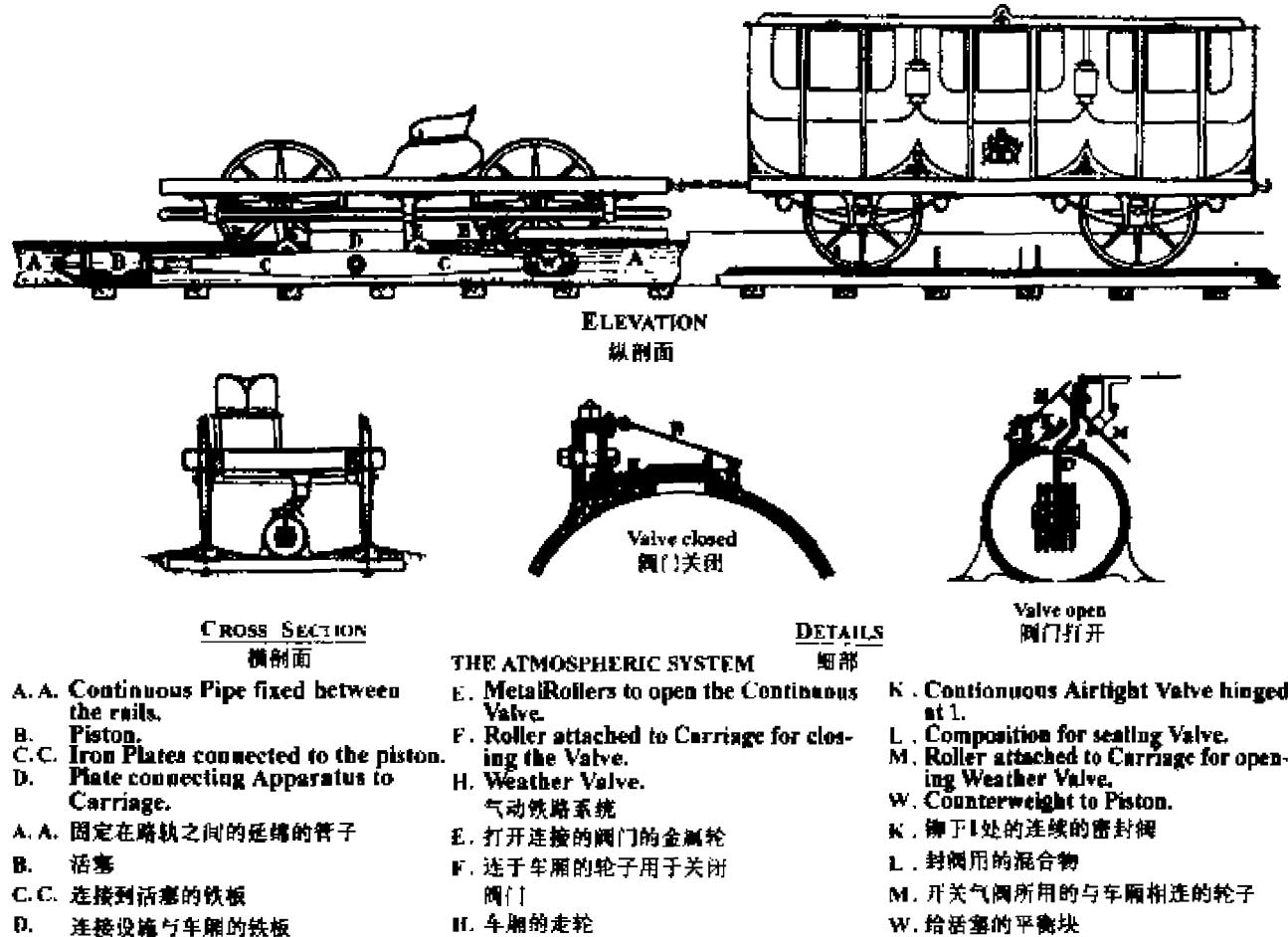


图 6.1 气动铁路。此图所绘乃气动铁路系统的主要技术特点。但图中未绘将空气从沿线的汽缸管道中排空的汽泵站。资料来源：彼得·海，布鲁内尔在交通运输革命中的成就(Reading, 1973)，第 86 页。

它只要间隔性地动用蒸汽牵引的气泵，在火车到达的前 5 分钟左右就需要它们，在别的时间汽缸不需排空气，这就大大节省了燃料。

在英国或欧洲大陆拟建或已建的 100 多条气动铁路中，只有 4 条已实际建成：爱尔兰一条，英国两条，法国一条。总计铺设了 30 英里的气动铁轨，最短的一条线只有 1.75 英里长，最长的 20 英里长。1844 年动工的爱尔兰气动铁路是最早开通的。巴黎的那条修筑的时间最长，于 1847 年开工，1860 年完工。

许多发明家在 19 世纪 40 年代前 90 年间就提出了修气动铁路的方案，基本技术在 1844 英国维多利亚时代最著名的工程师之一伊桑巴德·K·布鲁内尔参与进来后成熟。虽然他曾发誓要在铁路建设狂潮中保持清醒冷静，并且同时代的另一位伟大的工程师罗伯特·史蒂文森 (Robert Stevenson) 也提出报告，讲明气动铁路交通的弊端，布鲁内尔还是承担起督造德文气动铁路的重任，开始了著名的“气动铁路大跃进”。

南德文铁路横贯部分山地，布鲁内尔计算后得出结论，一列气动列车免去了火车头的额外重负，将在这一地区处于良好的运行状态。而且，他推断这条铁路造价低廉，因为铁轨和路基不用强固就能承载车的重量。经过 3 年的施工，南德文公司在 1847 年 9 月 13 日开始向公众提供气动铁路运输服务。1 年后公司停止了该线路的运营。南德文气动铁路线的失败是当时代价最为惨重的工程失误，也给布鲁内尔的名声蒙上了阴影。

南德文及其他气动铁路上遭遇的问题多得不胜枚举，有些情况甚至是一眼可见的败笔。这让人难以理解为何当时一流的工程界头脑都没能预见到这种尴尬局面。不用火车头意味着气动火车的司机对其列车的运动控制能力下降，甚至不如 3 英里外泵站操作员对列车的驾驶能力。一旦汽缸内空气排空，活塞前突，列车司机就只能依赖一个不太管用的刹车装置来改变没有减速机制的列车的速度。气动列车的启动和刹车，从一条轨道向另一条转道转轨也构

成巨大的困难。公共道路欲越过与铁路在斜坡上的交叉处，也会因其突出的汽缸成为另一个难题。

从理论上讲，在火车到达前 5 分钟的时间里，通过控制排气泵可以保存燃料。铁路电报此时还未完善，因而泵站被迫按预先安排的时刻表来工作。排气泵在列车晚点时，工作的时间总是比预计的 5 分钟要长，因此燃油还是浪费了。最要命也是最持久的问题是将水平阀保持在汽缸的同一高度的水平线上。因为加速的列车以每小时 50~60 英里行驶时，常常要快速地开启和关闭阀门，致使阀门常道磨损或毁坏。在寒冷的天气里，阀门冰冻，无法关闭。在炎热天气，敷涂于阀门上的油脂混合物本是用来封住它的，此时却熔化了。下雨时，水从开着的阀门渗漏进去，汽缸在列车行驶之前需排除贮水。

除此三大弊端之外，气动铁路系统的整体思路中，另有三大缺陷在当初早就应该引起注意。第一，气动列车依赖一连串的泵站。如果其中一个坏了，整个铁路线就得停运，想跳过一个失去作用的泵站是不可能的。泵站系统不容许同时在两个方向上行车，为相反方向行驶的列车修第二条平行的路轨的成本太大。第三，如果该线路上的运输量增大，要想将此线路升级换代也决非易事。在蒸汽铁路上，人们只需增加一辆功率加大的机车就可带动更多的车厢了。而在一条气动铁路上，要想增加动力，只有靠安装直径更大的汽缸，添置功率更大的蒸汽引擎，在泵站增加容量更大的气泵。

那么多工程师、商人和投资人怎么会忽视这些缺陷而坚持要按他们雄心勃勃的计划造新式气动铁路呢？答案自然是：我们面对的是一种时尚，那些身陷其中的人是看不到如此多的弊端的。布鲁内尔和其他推广气动铁路的人认为，它的重大技术难题有朝一日终会被攻克，但事实上从未有人做到过。

核动力交通工具

交通是一个常常追求时髦的领域。就像首批铁路激发了人们对气动铁路的兴趣一样,首批飞机也激发了人们设计用作私人交通工具的飞机的兴趣。在美国对航空事业着迷的高峰期(1900—1950),就有很多人设想要造一架在价格、安全可靠性上都可与家用小汽车媲美的家用飞行器。对郊区居民来说,这似乎意味着每家车库里停放一架飞机,对城区居民而言,每栋公寓大楼屋顶上都停一架直升飞机。

当1926年亨利·福特着手制造某些人说的“福特私人小飞机”的飞行器时,这一美梦差点变成了现实。在20世纪30年代,美国联邦航空商业委员会提供资助,设计一种飞机样机,指望它能像小汽车一样大批量生产,为这股时尚推波助澜。这种飞机中的一种——“普利茅客”(plymacoupe)——是由普利茅斯生产的汽车发动机作引擎的。二战使这种试验告一段落,但美国人在战后仍普遍梦想拥有某种空中汽车。制造商许诺,在不久的将来空中将充满“空中飞车”(skycar),“陆空飞兔”(airphibian),“空霸飞车”(convaircar)或“巡天轿车”(aerocar),全都能在高速公路或空中航道上行驶。

所有这些玩意儿全都未能过关。私人飞机和汽车相比仍是一个既贵且危险又不方便的交通工具。战后的美国人的确向天空冲刺过,但不是乘的私人飞机。他们是以乘客的身份乘的大型飞机,驾驶人员和维护人员都是大公司的专业职员。

不管这种可怜地追求私人飞机的时尚多么无望而又愚蠢,它远没有另一种时髦玩意儿浪费,这就是二战后美国兴起的对核动力交通工具的时尚追求。在它还在大行其道之时,联邦政府花费了几十亿美元来研制核动力火箭和飞机,花了100多亿美元开发一种核动力商船。

长久以来一直流行一种常听到的神话：一粒豌豆大小的铀丸有足够的能量把一列货车送上月球。假若这话听来遥远而不现实，那另有绝活——有人预言原子弹推动的交通工具用微量的燃料即可让人无休止地旅行。二战期间的技术发展似乎要使这些预言实现了。假若喷气式发动机技术可以与原子武器融合在一起，就像曼哈顿计划一样的尝试成功的话，陆地、空中和水上交通都将产生革命性变化——这至少是核动力迷们相信的神话。

在 20 世纪 50 年代和 60 年代，那些坚信用核技术替代传统技术是明智之举的狂热者获得了 20 亿联邦资金，用于设计和建造核能火箭。事实上，这些火箭只是飞行反应堆，它的推动力是在反应堆中加热的空气经火箭喷嘴喷出产生的。核工业动力火箭能产生比同样大小的化学动力火箭更大的推动力，也能行进更远的距离。1958 年前苏联太空卫星 Sputnik 发射升空后，核动力火箭爱好者们宣称：美国要重获失去的优势就得成为首先进入核太空时代的国家。他们说，只有核动力火箭可以使得美国人超越前苏联化学火箭的优势。在代号为 Pluto, Rover 及 Poodle 的计划中，开始着力开发核动力推进的火箭。最终结果是 1972 年原子能委员会决定终止为这些项目提供资金，因为没有办法中和放射性废气。

并非只有受过训练的工程师才可以评价一个一端开口的反应堆在泄漏放射性物质到地面上时所产生的问题，而且这种东西也可以在飞行途中向大气层泄漏放射性物质。当然，这种评价假定火箭一旦发射就在空中飞行。若发射时坠毁在地球上，或在发射成功后坠落，破碎的反应堆将释放出高得足以致命的高水平放射物质。

原子武器设计家西奥多·泰勒 (Theodore Taylor) 和物理学家弗里曼·J·戴森 (Freeman J. Dyson) 提出的另一种太空飞行器推进方法是一种十分不同但也是同样危险的方法。他们设计了一种能以每小时 10 万英里的速度在太空遨游的飞行器。这一速度的获得和维持靠的是在太空飞行器后不远处制造一系列定时的核弹爆炸，爆炸产生

的能量将引向一块附着于飞行器尾部的巨大的驱动板上。这样，爆炸的核弹就能将太空飞行器抛送到我们太阳系最遥远的行星上去。这个疯狂的计划代号为“奥利安计划”(Project Orion, 见图 6.2)。在仅 7 年的研制期(1958—1965)，政府花费了 1 000 万美元。奥利安计划的设计人员极少考虑若将核武器引入外层空间其有害坠落物污染大气环境所产生的生态后果和道德问题。20 年后戴森在其回忆录(1979)中承认奥利安宇宙飞船若能造成，它在宇宙中旅行时会遗留下一片“放射性的狼藉”，因而它是一个“肮脏的怪物”。^②

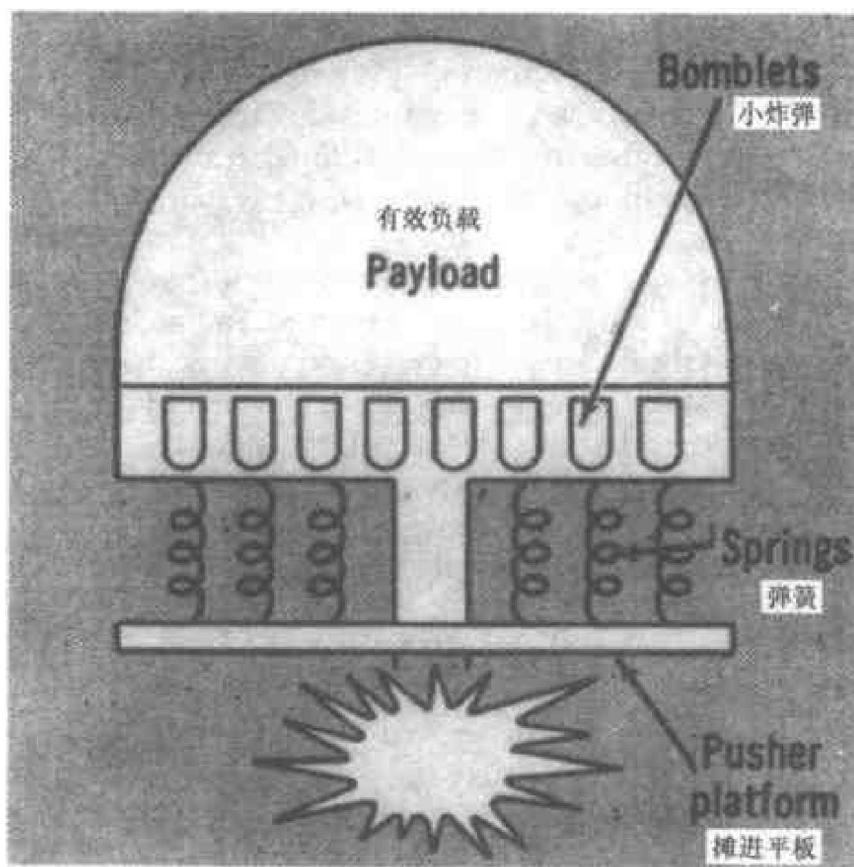


图 6.2 奥利安太空飞行器的概念图。在推进板后的相当于 10 公吨 TNT 炸药的小核弹，每隔 1~10 秒爆炸一圈。隔炸产生的推力通过冷却过的弹簧传送到飞行器上。资料来源：原子源联合会，太空推进器所用的核能及辅助力(W, 1961)，第 277 页。

另一个使推进器迷们发狂的原子装置是核动力飞机。二战结束不久，就有人开始研制能使炸弹击中地上目标而不用添加燃料即

可返回基地的反应堆设备。当这一计划最终于 1961 年搁浅时，已有 10 亿美元花费在这上面；和 1948 年启动研究计划时相比，核动力飞机也没比预期研制目标接近多少。再一次证明难题是无法克服的，而从一开始就应当预计到这种下场。

核动力飞机可以用两种方式设计。第一种是直接循环引擎，就像在核动力火箭上用的一样，空气通过直接与核燃料接触而被加热。另一种方法是间接循环引擎，一种中介物质（液态钠）将核燃料元件产生的热能传输到空气中。后一种类型能显著地降低污染，但两种反应堆都需要用全新的金属合金来承受热和辐射的冲击合力，且能耐腐蚀。

就算反应堆材料问题解决了，仍遗留有适当的防护屏的问题无法解决。核火箭没有驾驶员，因而无需建立针对反应堆的防护屏障。在一架核动力飞机上，就必须保护机组人员不受其发动机巨大辐射的伤害。大量的水或铅可以提供有效保护，但会给飞机增加过分大的重量。有什么办法可想呢？提倡造这种飞机的人对此问题一个严肃认真的反应是，指派老年机组人员去执行飞行任务，因为他们因基因损伤带给下一代遗传病的可能性小。无论是哪一种方法，防护屏也好，反应堆材料问题也好，研究者们都未能解决这些问题，因而核动力飞机也就从未离开过地面。

美国政府资助的最后一一种核交通工具即核商船的开发，并不完全是一个技术上以可耻的失败下场告终的闹剧。这种在海洋核动力推进器方面的开拓性工作被认为是艾森豪威尔总统和平利用原子能计划的一部分。该项目的顾问们一致认为，除了将核潜艇技术改造一下以适用于普通货轮之外，没有更好的办法能抓住这项研究的重点了。鉴于此，总统于 1956 年 7 月 30 日签署了建造核动力船“大草原”号的命令。这艘船将作为和平利用原子能的象征性成果向世人展示，也将当成核动力商船队的模型船（母船）。在经过一连串的延误和经费超支之后，“大草原”号最终于 1963 年 1 月 31

日作好了离港进行处女航的准备。

在此后的 10 年中,“大草原”号航行于世界各地,又是运货,又是载客。该船的反应堆运转状态良好,但是碰上了经济困难。原先预算的造价为 3 490 万美元,但“大草原”号的整个造价超过了 1 亿美元。另外,每年尚需 300 万美元来弥补它作为货船营运的亏损。在收支账单的贷方,记录着在其 8 年营运的历史中共赢利 1 100 万美元,但就像西宾波特(Shippingport)发电厂的情形一样,核替代物的代价证明是十分高昂的。代价是如此之大,以致原先许诺要建造的核动力商船队最终未建成。

不用添加燃油料就可长时间地滞留海上的战舰当然比传统的海军舰只具有明显的优势。但商船就未必如此了。货轮要从一个港口转向另一个港口。在装货或卸货时,船只可以补充燃料。造一艘能不停靠任何港口码头就能漫游世界的货船,其实是没有太大意义的。

“大草原”号于 1971 年 9 月抵达其最后的停泊地得克萨斯州卡爾维斯顿(Galveston)。在那里它被勒令退役并永久性地封存。原本造出来作为和平利用原子能象征的“大草原”号,现在成了对一种时尚的纪念物,提醒人们在 20 世纪初的美国对核动力时尚的追逐恶性发展到了如此异乎寻常,如此劳民伤财的地步。

若说我们今天技术的其他侧面已对时尚的影响具有免疫力,这是不正确的。不谈更早的事,至少文艺复兴时代以来,时尚和时髦都是在各种互相竞争的新颖技术可能性中影响选择机制的手段之一。当然要确认过去的时尚比我们正愚蠢地追逐的时尚要容易得多。

到 20 世纪 80 年代,计算机大发展对某些计算机制造商而言,只是一个短命、昂贵的时髦产物。那些指望用这些机器记录他们日常财经事务、教育孩子、为家庭的未来发展作谋划的用户们,最后却只用它们玩电子游戏,很快就会失去新鲜感,失去乐趣和刺激。

结果是，一种原先作为引导新技术时代的先锋而开发的东西，反而使投资了成百上千万美元开发它的公司面临破产的危险。这不能不说是一种令人心惊的失误。

抛弃和清除

历史学家中长期存在一种偏好，就是喜欢探究革新的源头，而不是它们最终遭抛弃和清除的结局。结果是我们知道了技术创新的源头以及新事物获选的方式，而对一种文化抛弃某种一向为其提供良好服务的人造物的过程却知之甚少。

英国人类学家 W·H·R·里弗斯 (Rivers) 对大洋洲许多岛屿上实用物品的消失进行了研究。他的研究能够很好地解释一种文化弃用物品的过程的复杂性。被清除的物品——独木舟、陶器和弓箭——当然不是供上了这些南太平洋岛屿边沿地区的壁龛，它们亦非被西方更“优越的”等同物如摩托艇、工厂制饮具或来福枪所替代。

如果认为突发的自然灾害毁灭了造这些东西必备的原材料，或杀死了关键性的熟练的工匠，才导致这些大洋洲产品的消亡，那是没有道理的。就拿独木舟来说吧，岛上的木材充足，但有证据表明熟练的造船人没有将他们的手艺传给后人就一个个死掉了。里弗斯提出，因为这种手艺与魔法仪式或宗教仪式密切相关，所以是可视的精神力量，也被称作玛哪 (MANA) 的东西使造船活动停止了，而不是技术能力的减弱使独木舟建造中止。

陶器消失的缘由要更复杂些。虽然不是每个岛上都有足够的原材料，但陶土在这一地区大量存在，在当地的古墓遗址也发现过陶罐，然而当今的岛民们却不用陶器。社会因素理所当然能提供最好的解释。假若陶器生产仅限于少数部落，制成品再外销的话，在战时或流行病发作时期，一旦这些部落被铲除或自行消亡，就会终止陶器生产和销售。如同独木舟的情形一样，也不能排除手艺失传

是陶器在很大范围内消亡的可能性。

弓箭在大洋洲从未完全消失过,它的用途却退化了,只用来作打靶练习或射杀老鼠和鸟类,而不是用作主要的军事武器。在战斗中大棒代替了弓和箭,这表明弓箭的消亡和新的战术的采用,对战争目标的不同看法,或对战斗中的死亡产生不同态度等因素大有关系。

在现代西方人眼中,弓箭、陶器和独木舟是前工业时代人们生活和福利的必备实用物品。然而,南太平洋岛民就是一个不认同这种评价的例子。他们让此三者消亡并非他们手头已有更好的替代物,明显是因为这些物品与他们头脑中更强大的社会和文化价值发生了冲突。

不能抛开革新的出现以及其他选择与替代的结果而单独考察消亡。发明、替换和抛弃,根据物质文化理论家乔治·库布勒的观点,是更好理解人造物世界及其变化时同等重要的手段。发明打破了死水一潭的惯例,更新换代使发明能普遍让人受益,抛弃保证了在将来为新发明的事物留有余地。这种互相连锁的循环,在工业社会里更加完备地记录了它的存在,在前工业社会里它也是在运行着的。

在前工业社会中,物品缺乏丰富多样性,也谈不上有技术进步。有人据此认为在这样一种社会中物品的保留率高,因而其使用周期或使用寿命也是很长的。在一个花大力气制造品种、数量均少的物品的地方,有一种激励机制去保留和修补损坏之物,就会凑合着用现有的东西,并通常喜欢保持现状。追求未尝试的和新颖的东西在这种背景下是没有吸引力的,因为生产这种新事物得用大量的时间和精力。因为接受现存事物比革新要远远好得多,在传统社会中,新颖之物的相对缺乏是由于不愿与旧物分离这种可理解的心态,而不是由于无力创造新事物。

如果说使用周期长是传统社会人工制品的特点的话,现代文化

中追求物品短使用周期的常见倾向则可以推动创新,使进步的信条得以流行、有利于培植和应用科学。除这三大强有力的因素之外还有 20 世纪上半叶已很完善的批量生产技术。批量生产鼓励对个别人造物的抛弃(创造一种抛弃文化),而且代替整类物品。这使它有能力在批量生产中很快用一种产品代替另一种,并且复制它们,使之如潮水般涌向市场,使抛弃活动永不停歇。这一行为一方面满足了求新的欲望,产生一种满足感,也为下一个革新铺平了道路。在很多情况下,这一程序是以时髦流行的方式和水平执行的,正如每年一度的车型更换。但在有些情形中,它的影响并不是表面上的。例如,半导体工业创新的能力和经常性地生产功能更强的芯片,就是靠使用批量生产技术帮忙取得的。

当一类物品替代了另一类人造物品后,被替换掉的物品并非立即消失。在相当长的时间里,不同人造物品承上启下的一代在某种程度上都能完成同一种功能。所以在 20 世纪 20 年代和 30 年代,当轻于空气的航空器(可驾驶的气球,飞艇,飞船)被飞机所取代时就有上述情形,在 20 世纪晚期迅速代代相传的电脑也有这种情形。并不是每家公司都立即购买最新式的电脑,但若买了新的,旧型号的电脑并不是被废掉了,而是转手给其他用户了。

生物群体灭绝现象曾让那些研究进化论的生物学家产生兴趣,技术进化中却没有可以与之相比拟的现象。历史上未见记录任何一类人造物大范围地、灾难性地完全灭亡,尽管类似情形完全有可能会在一个偏远社区或孤立的岛屿上以地区规模出现。只有在漫无边际地作预言的科幻小说中,人们才会读到整个技术文明的统统毁灭,而被迫返回到更早——通常是旧石器时代或中世纪——的技术发展水平上。

最后一个值得注意的人造物废弃的特点是库布勒称为间歇性发生的现象。一种过去被废弃的人造物在后来某一时间会被救活并重司原职。除了博物馆为了教育或怀旧的需要而故意救活旧技

术之外,也有被废弃的人造物在不同的社会、经济和文化背景下发现新生命的情形。在西方被电动引擎和内燃机所取代的蒸汽机车,在中国大陆却大行其道,7 000辆被投入日常运营,每年还生产 300 辆此类新车。在 20 世纪 70 年代的能源危机中,复兴的木料炉和太阳能供热方法是人造物后来又被赋予新生命的另一个例证。

间歇性发生现象的另一著名例子是枪炮在日本的情形。葡萄牙人在 1543 年将欧洲的军火引入日本。枪炮在战争中很快被有选择地加以使用,手艺高度精湛的日本匠人也大批量地生产枪炮。到 16 世纪末,就绝对数量而言,日本的枪炮数比世界其他任何地方都多。正当枪炮在日本似乎处于受欢迎的巅峰时,日本人却反而去使用他们的传统武器——剑、矛、弓箭。

有几个原因使日本人敢于真正地抛弃枪炮。日本的贵族和有影响的武士阶层都偏爱用剑作战。日本剑作为武器的角色,在其历史传承中具有其象征意义和文化教育价值。它是武士的英雄主义、荣誉和地位的体现,因为它是与强调身体优美运动的美学理论相联系的。而枪是一种外来器械,没有这些丰富的联系。最后,日本的孤立地位和它作为一个好战国的名声,使该国在被用枪的邻国包围时,一度仍依赖剑作战。

日本人从未正式废弃火器,在 17 世纪,政府官员只是限制用枪和造枪,迫使枪械师们转而打造剑和盾,或生活用金属器。到 18 世纪,日本存留的那些火器已陈旧过时,大部分已不大使用了。日本军事技术和军事战略已基于以剑为基本武器了。

事情就是这样。然后到了 1853 年,马修·C·佩里 (Matthew C. Perry) 司令迫使日本对西方及其技术开放。1876 年,德川幕府的最后一任统治者宣告退位,对西方外来势力入侵的抵制破产了。日本重新开始了火器和大炮的制造,国家不久就走上了向一个现代军事和工业强国变革的道路。

日本人在热情拥抱枪炮并极好地掌握了其技术后,却放弃了它

们,从而证明,根深蒂固的文化价值有时能盖过现实考虑。随后在西方逼着复兴火器时,又表现出日本人可以重新回到几个世纪以前废弃的一系列人造物上。综上所述,这是技术史上的一个特例。它提供了抛弃一种关键兵器的教训,也戏剧性地说明了间歇性出现和消亡、技术传播和人造物选择的进程。

非传统道路

当日本人放弃剑,重用枪炮时,他们实际上遵循的是一条非传统技术道路。一个世纪后,当美国决定停止给超音速运输研究提供资金时,他们也是选择了另一条可行途径——大型喷气式飞机。人们常常认为技术的发展是严格分阶段,由初级向高级发展的,其中任何一点都不容许有别种选择。这种观点反映得最明显的地方是,人们普遍对限制或批评当代技术实践的行为持反感态度。在这种场合,我们常被告知不可能中止或改变技术发展进程的预置轨道。

技术变迁的进化观揭示了技术探索和利用技术的道路是多样化的。我们通过对技术创新源泉的探究,发现有很多种其他的可能性,特别是在工业社会。我们对人造物选择的研究已弄清这种选择中所作的决定的随机性。事实一次次地证明生物需求和经济需求都不能决定何物获选。相反,在很大程度上是这两者与意识形态、军事主义、时尚和对好生活的现存看法合起来构成了取舍的基础。

在下面所举的例子中,将强调技术进化的分枝特点。虽然很多人都相信人造物世界不可能不是现在这个样子,在印刷机、铁路、内燃机的情况下完全可能有另外的选择。这些选择项并不一定会造成另一种更好的人造物世界,但它们会创造一种在某种程度上可以接受、尚有一定生命力的世界。这三种发明都可追溯到文艺复兴时期之后的某一年代,它们的现代性特点可能使人认为只有中短期人造物才有可供选择的其他选项,在周期长的人造物中,选择别种

选项不说完全没有,但至少很少。所以,我们先谈这个问题。

手工工具

手工工具有相当长的历史了,其中在基本人造物款式设计和使用上都存在别种选项的著名例子。因为手锯是一种以石器为原型的工具,似乎完全有理由认为我们熟悉的西方锯子其样式是全球适用的,别处的人们也是以西欧和北美同样的用锯方式锯木的。西方锯子有一个手枪式把柄,可以用一只手握住把柄将锯从身体边向前推送来锯物。事实证明这种锯木方式是较晚时出现,从罗马时代才有的。而且,这种锯木方式也不是最盛行的,只有西方人爱用。东方手锯装的是直木柄,可以用一只手或双手握住。东方锯齿是斜齿或向手柄一方斜向排列,以便拉锯时在木头上产生切割痕。

这里主要是结果而不是运动肌肉习惯的模式。工具本身是不同的。东方锯子的柄使锯条的两面都能用劲来切割。纵向锯割和横割切用的锯齿都在一把工具上(图 6.3)。因为钢对张力或拉力的经受性比对压力(推力)的经受性好,东方锯子的锯片可以造得很簿。西方锯子的锯片一定要打制得很厚,锯子才不致弯曲变形或断裂,较簿的锯片产生较窄狭的锯痕,而锯木屑的浪费对木材带来的耗损就相对小些。最后一点是,这两种锯子区别如此之大以致用惯了其中一种的工人,在用另一种锯子时得重新训练。

对世界范围的手工工具的调研表明,大量的拉曳工具被广泛使用着。譬如在中国和日本木工刨就是靠身体一侧拉拽的,不只是朝前方推拉的。也有证据表明,晚近欧美人比现在更多地利用拉拽式工具——如杠用刮刀、辐刨片、削刮器、扁斧,用来做座椅的雕刻刀等工具。

结论是一目了然的,如果古旧简陋的工具常用来干基础性的木工活,且款式和用途五花八门,我们就能指望在工业文明中找到更

复杂、适用性更强的代用品。

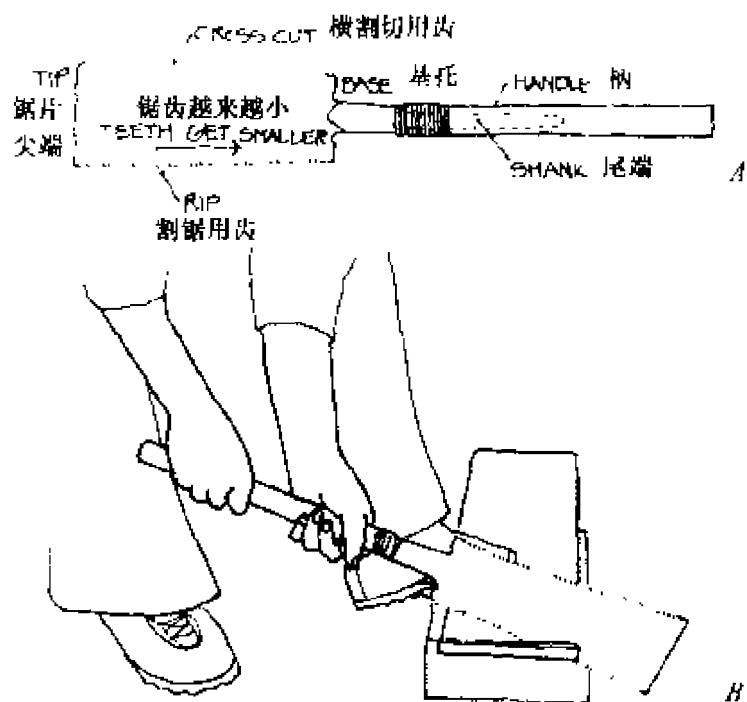


图 6.3 A. 两边有锯齿的锯,建房和木工用标准日本木工锯。B. 两边有锯齿的锯的实际用法,用双手锯住锯子的手柄来锯断木头。资料来源:基普·梅西诺和罗恩·赫尔曼,《日本木工工具的保养与使用》(Woburn Mass., 1975),第 6 和 12 页。

木版印刷:东方与西方

从 17 世纪的弗兰西斯·培根到 20 世纪的传媒理论家马歇尔·麦克卢汉 (Marshall McLuhan),都一致高度评价了活字印刷术对构建西方思想和社会生活的伟大力量。经济史学家戴维·S·兰德斯 (David S. Landes)在将谷登堡的发明与火和轮置于同一水平对待时,还颇显犹豫,仅满足于它和机械钟一道隶属次一级范畴的发明。对印刷机高度评价的背后有一个前提:在西方或其他地方,知识的传播都是靠这类印刷术,且无别种印刷术存在。

人们通常就是这样讲述并解释为谷登堡的技术成功奠基的历史事件的。在快速拼版印刷任意文本的浇灌金属铅字出现之前,有两

种可以复制书写文字的方法,但都不够好。文本要么由抄写员手抄,这是一种既费时、又枯燥,也容易出错的活;另一种办法是将文字刻在一块木版的表面,再涂墨于其上印出文字来。雕版印刷术使用大量且无法替换的字符来印制某一特定文本,当这一印制任务完成后,就毁版。木版和活字版的关系非常密切,最早的活字版所用的字符就是从木制版上锯下来单独组成的。总结一下这种印刷史传统,可以概括为:木版在技术上处于劣势,但为活字印刷铺平了道路,而活字的文化影响又是十分深广的。

的确,如果不是从中国人的经验中得出另外一组事实,木版似乎就是活字印刷术的一种不良替代物。在东方,正是木版印刷术点燃了印刷和知识革命之火,也尝试过活字印刷术,但因其缺陷而被放弃。木版印刷这个中国公元 8 世纪时的发明,随 953 年孔子(儒教)经典著作的出版,在 200 年后大为盛行。这一著作,由 130 卷书构成,几乎接近孔子(儒教)全集,恢复了儒教在中国文学和思想上的中心统治地位。通过书本传播的儒家思想在激发中国人对古典文献学术研究的兴趣所作出的功绩,堪与文艺复兴时期的欧洲希腊罗马经典的复活相媲美。

中国印刷术的复兴是靠大规模出版市俗和官方专题的木版书所取得的。各种名目包括历代志、经学著作、字典、类书(百科)、地方志等,还有诗歌散文集,以及医药、农林方面的技术论著。在某种情况下,出版工程相当庞大。佛教经典全书《大藏经》(Tripitaka),于公元 972 年至 983 年间出版,总计 5 048 卷,合 13 万页。每一页都镌刻在一块单片的木板上。

960 年至 1368 年间四个朝代印刷的木版书代表了中国书籍印装术无法超越的高峰。15 世纪时,中国书籍的制作工艺水平有某种程度的下降。然而,书的出版数量一直持续增长。研究中国印刷术的当代权威宣称,迟至公元 1500 年,中国出版的书目数量比外部世界的总数还多。也有人认为这种估计太保守,提出中国印刷术在

1700 年或 1800 年仍超过世界别的地方。

活字版印刷方面的试验在 11 世纪的中国开始进行。最初文字被镌刻到软陶土坯上，然后通过烧焙使其坚硬。中国人在 13 世纪尝试木活字。朝鲜人在 1403 年铸造了金属字模用于印刷。虽然中国人作了活字印刷术的尝试，但在当时的东方并未被广泛采用。16 世纪当欧洲人到达时，他们发现木版印刷是流行的印刷手段。到 19 世纪活字版印刷被西方人重有介绍到它的诞生地。

我们怎样解释东方对活字版印刷的断然拒绝？这个问题的答案是两方面的，即审美的和实用的。作为一种艺术形式，活字版书籍从未达到木版类书的精致程度。这种差别对刻意将书法培植成一种艺术的人民来说，意义可就大了，要知道他们对书籍款式设计的细微差别可是十分敏感的。事实上，采用活字版印刷术的人，在印刷中必须处理至少 5 000 个不同的汉字，这是致使活字版印刷在东方不受欢迎的几大问题的根源。

雕刻木印版耗时费力也是个麻烦的问题。一个学印刷的学生要求一位木刻家刻出一块能印出五英寸宽七英寸长的一张小的单页文字的木版，木刻家要花 30 ~ 35 小时才完工。16 世纪被派往中国的传教士利马窦，其本人精通西方印刷术，注意到一个中国工匠雕刻一整页书所费工时和一个欧洲排字工用金属字模排一页对开本大小的字差不多。数百上千年里汗牛充栋的木版书籍能在中华帝国的广阔国土上发行即是印证利马窦的观察结果的明证。

在本部分开头曾复述过对印刷术的传统记载，表明发明活字印刷术的动机之一正是解决在准备木雕版时遇到的困难，我们从中可以引出两条结论：木版印刷在欧洲谷登堡时代稍早些的时候就存在了，活字版书出现之前在欧洲图书馆和博物馆已藏有木版书籍。然而，根据所得的最好资料判断，在谷登堡之前，西方自产的活字版书还不曾有过。据说活字被发明后 20 年的 1460 年才出现最早的欧洲木雕版书。欧洲在一个世纪左右仍继续印制木刻版图书。

在西方,木版印刷术几乎一直处于不发达状态。它没有用于传载某种思想,而是用来普及圣经故事,宣讲简单的有道德寓意的故事,复制日常祷告书,将语法要点总结归纳。在西方,木版书籍不是作为书籍印制艺术的最高范型,很廉价,印制粗糙,插图潦草,篇幅短小。在欧洲最长的木刻版书有 92 页,正反两页都印有文字。

东西方木版印刷术有如此巨大差距,可以从两地的书面语言中找原因。如果中国工匠可以为高质量的书刻出 5 000 个左右复杂的表意符号,为何欧洲工匠就不能很有水平很艺术地学着刻出 26 个简单的字母呢?要理解中国人为何避而不用活字版印刷,比弄清为何在欧洲木版印刷术没弄出什么名堂还要容易。

西方对木版印刷术的研究是一种仅限于少数专家从事的神秘学科。对它的整体理解受限于围绕木版印刷术的神话,和西方对中国木版印刷术成就的无知。从技术角度看,至少有一样事情是清楚的:木版书籍完全可能像满足宋代中国人的需要一样,也能满足文化复兴时代欧洲的需要。这并不是说西方绝不应该采用活字版印刷,而是说木版印刷术完全可以用来代替活字版印刷术,在几个世纪里很好地为西方服务。

铁路与运河

1840 年与 1960 年之间,新闻界人士、经济学家与专业历史学家一致认为,铁路是对 19 世纪美国经济增长最具影响力的因素之一。铁路革命据称使农业向西拓展,现代公司崛起和形成,工业发展和定位,城市化模式得以建立,全国各大区域之间的贸易结构确定下来。1891 年,联合太平洋(Union Pacific)铁路公司总裁西德尼·狄龙(Sidney Dillon)宣称美国人民的利益完全依赖本国的铁路系统。“假若铁路被毁,没人能想象得出,”他写道,“全国的男女老少将会立刻承受多少无尽的痛苦。”^③70 年后,经济史学家罗伯特·W·福格

尔 (Robert W. Fogel) 就敢于做不可思议的事情, 他把铁路从 19 世纪的美国抹去后评估其后果。他得出结论说: 铁路的消失对 1840 年和 1890 年间的经济不会有很大的影响, 因为有运河及运河上的船只, 外加马拉货车, 完全可以将铁路运输的货物照常运走, 而且因为铁路对工业品销售市场, 以及作为技术革新的催化剂也不是至关重要的。

在重申福格尔的观点之前, 我们必须清楚地了解他的推论的前提和目的。福格尔作为一名计量史学家, 或称数量经济史学家, 相信历史学家不仅要关注过去的事件, 而且要关注这些事件的其他可能性。为此, 他创设了 19 世纪美国经济中无铁路的模型, 并将这一反事实的模型与这一时期的经济事实相比较。他评鉴铁路效用的唯一标准是看它对经济增长的影响。为了验证铁路是经济发展中不可或缺的要素这一常识, 福格尔得确定是否有其他运输手段可以代替铁路网的作用。

鼓吹铁路革命论的人们一个主要的假说是, 若没有长途铁路运输相助, 地区间的产品的调配输送就无法进行。他们宣称食品从农场运到城市中心不仅有助于城市化的发展, 而且对中西部地区的开拓经营也是一种激励。简而言之, 铁路使全国广大地区经济上不再与外界隔绝, 从而带动了整体经济增长。

福格尔注意到人口的西进运动, 至少在其初始阶段并非依靠铁路而展开。到 1840 年时, 只有 40% 的美国人住在纽约、宾夕法尼亚和东部沿海各州以西, 而且铁路还没有从东延伸到那些刚住上新移民的地区。向西长途跋涉的移民们主要依赖天然河道和运河。而且, 他们在没有铁路将其产品运往东部市场时就开始大规模的农事活动了。密执安、俄亥俄、肯塔基、田纳西、印第安纳、伊利诺斯和密苏里在 1840 年总计生产了全国玉米产量的一半, 而此时这些州仅有 228 英里互不相连的铁轨。玉米由水道装船运走, 就像棉花从内陆各州运往南方一样, 也是靠水运。1860 年, 运往新奥尔良的

棉花中 90% 是由驳船或普通船只运送的。

19 世纪早期,可航行的河道及马车为人和货物提供了足够的运输力,但它们应付得了随后日益增加的运输量吗?毕竟,随着更偏远地区被开发,人口持续增长,到那时理所当然应当很需要受铁路支配的消费了。

福格尔对这类怀疑的反应是从地理角度仔细研究了所有商业性农用地,目的是搞清它们是否可假借有用的水道。他发现占很大比例的这种用地平均位于河流或运河 40 英里外,这还是按直线距离计算的;他还发现如果在伊利诺斯、依阿华和堪萨斯再增挖 5 000 英里运河的话,93% 原依靠铁路的农业用地就够得着运河或河流了。如果将已有的公路作改造,可接上水路的农田亩数的比例就会大大提高。福格尔所提倡的运河延伸计划和公路改进项目,在 19 世纪的美国从技术和经济两方面的能力来讲都是可以做到的。

就算福格尔的全部分析都正确,他所提出的替代性技术途径若真的实施,代价也是极高昂的。在计算铁路和水路运输的相对成本时,福格尔还考虑到了冬季北方运河的封冻期、运河船运载货物的缓慢、运河里货物得频繁转船这些问题。在综合比较了以上因素后,福格尔认定铁路为跨地区农产品的转运提供了比运河稍具优势的服务。然而,两种运输方式的效益差别——少于 1890 年全美国民生产总值的 1% (仅 0.6%)——远远不够支持一种理论,即美国铁路在 19 世纪下半叶具有革命性的重要意义。

美国的农用地散布在联邦各州,其中大部分在马车的协助下,可假借水道来运输。因为铁矿石和煤的储藏点分布得不算广,在这类采矿区,铁路完全可能是必需依仗的对象。但福格尔对这些主要矿区的调查研究,又使他深信用铁路运煤和矿石在这里并非必需,因为这些矿区都离水道很近。

这样总结福格尔的工作,对他论点的新颖独创性与说服力或力度是不公的,而且没有正确对待他收集来支持他的意见的大量材

料。同时也未讲他的批评者们强烈的否定性反应。虽然有不少地方仍值得商榷，福格尔还是极大地挑战了那些认为铁路的发明是不可避免的，对 19 世纪的进步贡献是最大的论点。他恰如其分地强调了运河的重要性，因为是运河提供了最早的廉价高效运输方式。运河驳船比一度占上风的马拉货车的运价低了 90%，甚至比铁路运输收费都相对低一点。尽管运河不可能在所有地区都一直与铁路竞争，它显然在 19 世纪提供了另一种运输农产品和原材料的模式。

蒸汽、电动和汽油车辆

在推测交通技术状况的同时，福格尔也提出一种假说：除铁路外以内燃机作动力装置的美国交通工具，完全可以比实际出现的时间更早产生。他认为花在铁路投资上的上千万美元中的一部分不如调剂于发明一种其他类型的交通运输模式。假若没有铁路，从 19 世纪早期人们了解内燃蒸汽机的原理到 19 世纪 60 年代造出可用的车辆模型，这之间的时间跨度会大大缩短。

在整个 19 世纪，人们一直在设法创造出补充铁路运输的工具——如果谈不上替代品的话，其中包括以蒸汽为动力的道路交通工具。英国、法国和美国的投资者分别设计了能自动推进的蒸汽汽车和公共汽车，但车体庞大、笨重且难于驾驶，机械性能也不稳定。当时人们造这些蒸汽动力的客车厢时是想让它们在当时极糟的路面上行驶，所以对于车轮只可在光滑、坚硬的金属铁轨上行驶的火车来说是没法比的。到 19 世纪末，人们通过蒸汽车辆的试验已制造出重量轻、功率大的蒸汽发动机。它和电动马达和内燃机一起，为第一代汽车提供了动力。

到 19 世纪和 20 世纪世纪之交，人们一点也料想不到现代汽车发动机——奥托四冲程循环内燃机——会战胜其他竞争对手（图 6.4）。在 1900 年，美国生产了 4 192 辆小汽车。其中 1 681 辆用蒸

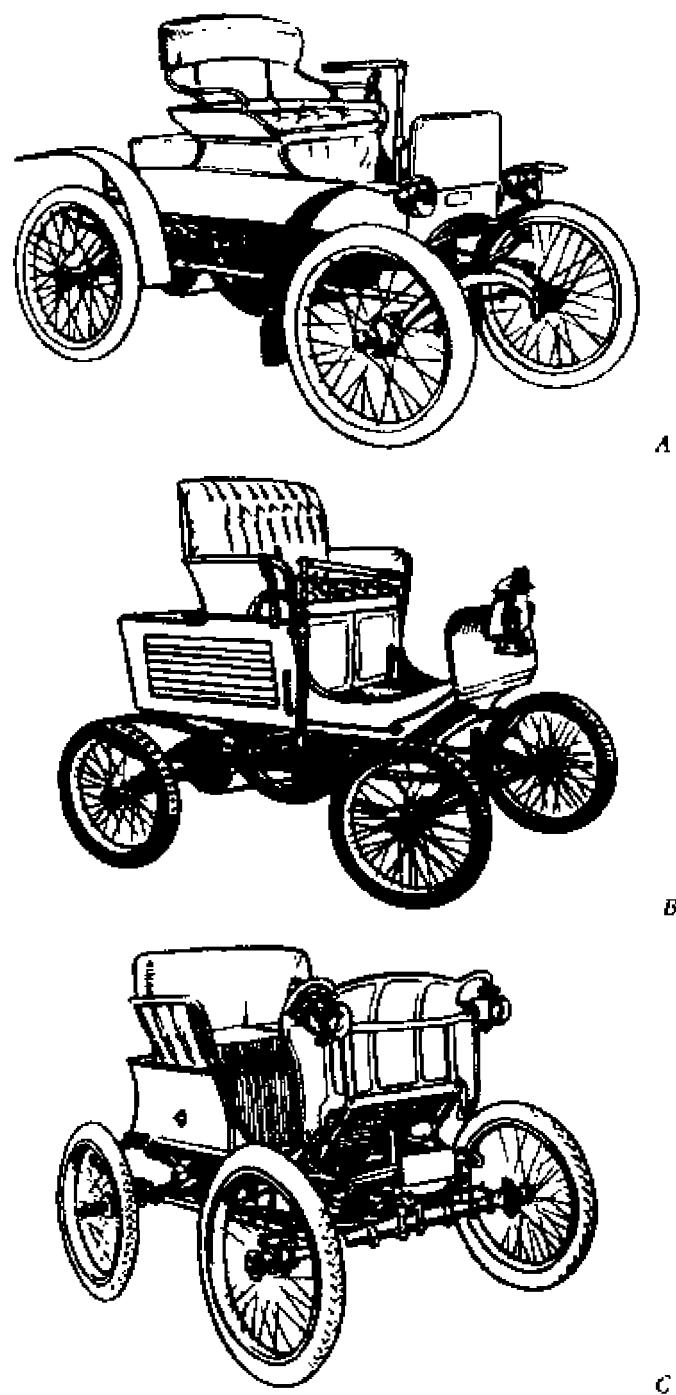


图 6.4 19世纪 90 年代以来美国生产的 3 种汽车。这些汽车的外表惊人地相似,但其动力装置却有本质性区别。A. 贝克电动汽车;B. 斯坦利蒸汽动力车,由双缸蒸汽发动机驱动;C. 奥托车,由双缸内燃发动机驱动。资料来源:阿尔伯特·L·刘易斯和沃尔特·A·穆西纳,世界汽车(New York,1977),第 82,83 和 78 页。经 Conde Nast Publications, Inc. 同意复制。

汽,1 575 辆用电,仅有 936 辆用的是汽油。然而此后不久,内燃机开始走向辉煌。1901 年的纽约汽车展上展出了 58 辆蒸汽车、23 辆电动车、58 辆汽油车的样车。到 1903 年时展出的蒸汽车和电动车的数量分别降到 34 辆和 51 辆,而汽油车的数量则达到 168 辆。在 1905 年的展览上,竞赛结果见分晓:展示的 219 辆汽油车样车的数量和蒸汽车及电动车两样相加的总数之比为 7:1,大大地超过后两者。不妙的是,记载内燃发动机的胜利比解释清楚它为何取胜要简单省事得多。在 1905 年时,每一种动力装置都有其优缺点,无一种具有毫无疑义的技术优越性。

电动汽车恰好具有马和轻便马车的一切优点而无后者的一样缺点。它无声、无味、易于启动和驾驶。别的汽车都比不上它舒适,干净,构造简单,易于保养。它的基本构成是一台电动引擎、电瓶、一个用来调速的可控变阻器和简单的齿轮传动装置。因为不存在变速装置,所以没有换档设备。

第一辆商用电动运输工具是在 1894 年生产的。它们出现在城市街道上 5 年之后,亨利·福特在底特律的爱迪生照明公司的老板就一直劝他别浪费时间修补调整他的汽油发动机了。他宣称电将为未来的汽车提供能源。发明家埃尔默·斯珀里(Elmer Sperry)和托马斯·爱迪生也相信这种预言,各自在埋头研制自己的电动汽车。正如许多人心里所想的,如果 20 世纪注定是一个电的时代,那么这种喧闹的、排放废气的内燃发动机又哪里有容身之处呢?

电动小汽车并非没有缺陷,它速度慢、不能爬陡峭的山坡、保养和使用费用昂贵。最主要的是它的行驶里程有限。它的铅酸蓄电池每走 30 英里左右,就得充电。电动汽车是一种不适合在乡村旅行或开往遥远城市的一种交通工具。在波士顿、费城和纽约安装电瓶充电站的确可以为城市交通带来便利,但并未解决长途驾驶的问题。要解决这个问题需要更轻、功率更大的电瓶,这一目标直到今天电动汽车的开发者们也未能达到。

因为电动车的有限运营里程符合城区运输服务的要求,电动卡车被造出来为市内货运服务。百货商场、面包房、洗衣房订购电动卡车,就像它们订购美国铁路捷运公司的货位一样。最初,电动卡车被证明是经济节约的。但到了20世纪20年代中期,它们就被汽油发动机驱动的运货车所取代。因为后者卖得便宜。

20世纪初,蒸汽汽车一度大受欢迎。要理解这一现象,我们必须将它们与上个世纪笨拙的蒸汽四轮客车区别开来。20世纪早期的斯坦利(Stanley)或怀特(White)蒸汽汽车的动力装置都统一用20~30马力的发动机,和汽油发动机的大小相仿,由精密加工的钢制部件组成,燃料用的是一种石油产品。整个蒸汽汽车的外表就像那时的一辆汽油汽车。

蒸汽汽车没有电动汽车那么静,但其购置费和保养费少很多,而且其强有力发动机可以使它充裕自如地应付各种路况。第一辆自我推动登上新罕布什尔的华盛顿山巅峰的车,是一辆斯坦利蒸汽汽车(1899),它也是第一辆速度每分钟达2英里的汽车(1906)。20世纪的蒸汽汽车能够赛过电动汽车了,但还面临最好的汽油发动机汽车的竞争。

只要看一眼蒸汽汽车和汽油汽车的引擎就可以知道它们的区别所在了。蒸汽发动机在车子以很慢很稳定的速度运动时,也能提供最大马力的功率,这是它得以成功的一个因素。当汽油汽车不行驶时,往复式内燃发动机以每分钟900转的常速运转,做功最多时以每分钟2700转的转速转动。在内燃发动机上,一系列精细的齿轮(传动)装置是传输或传动其转动能量必备的,从而使之能以可接受的速度转动车轮,而蒸汽汽车不需传动、离合器和换档装置。内燃发动机的准时点火、冷却、阀门配置、燃料气化等等都需要在设计时就特别留意,并增加了运动部件的数量。可蒸汽发动机的运动部件就比汽油发动机少得多,这就意味着发动机磨损小且易于维修保养。最后,使用合适的燃料对汽油发动机也是至关重要的,但

低档石油提炼物也可用来加热蒸汽汽车的水。

蒸汽汽车的确有一些重要缺陷。困扰电动汽车越野里程限制的问题对蒸汽汽车一样也存在。因为蒸汽容易进入到大气中，且不能被压缩后再使用，蒸汽发动机汽车走 30 英里左右就要加水。另一个问题是它需要花时间为开车这天的启动产生蒸汽。尽管随着指示灯和闪蒸锅炉的使用，通常需要半小时的等待最终缩短到了几分钟，还是多有不便。蒸汽发动机的生产者完全明白这些短处，一直在寻求克服这些弊病的途径。

蒸汽汽车的生产一直持续到 20 世纪 20 年代，从那以后，有过短期的传闻说要复兴它。最近一次听到呼吁要使蒸汽动力复活的声音是在 20 世纪 70 年代，那时大家正好关注汽车所排废气以及石油短缺。这些呼吁蒸汽汽车复活的提法到底有多大道理？蒸汽发动机能为美国 20 世纪伟大的汽车革命提供动力吗？为何蒸汽发动机未能经受住内燃发动机的挑战？

当我们要评估 20 世纪的内燃机时，这些问题就更难，而非更容易回答了。早期的汽油汽车是一种相当笨拙和复杂的机器。为了启动其发动机，就得用曲柄摇把用力摇，它们的成功运行得依赖一系列最新式的点火、冷却、润滑和传递动力设施，而且它们很嘈杂，排放令人不快的废气。其积极的一面是汽油发动汽车确能越野行驶 70 英里的长距离，能提供大致可靠但绝非毫无麻烦的运输保障，能爬大多数的山且能在路上以相当快的速度行驶。而且技术人员通过改进马力对所载重量之比来完善汽油发动机。综上所述，蒸汽和汽油汽车在其所提供的运输方面是不相上下的。

对汽车发动机的选择不是理智地评鉴彼此竞争的动力装置孰优孰劣的结果。在世纪之交，还没有汽车专家，只有发明家和企业家受自身预感和热情的驱使，力图说服潜在的车主购买他们的产品。依此情形，一旦汽油发动机取得优势，蒸汽汽车和电动汽车在汽车开发史上要么就被遗忘，要么就被认为是走错了路。此后，人

们把金钱、人才和智力全都用到了改进内燃发动机上。极少有人愿意支持开发蒸汽发动机，更不大有人出资来改进它了。

蒸汽汽车和汽油汽车是真正的竞争对手，电动汽车博得了富人专车的名声，似乎总存在着难对付的电瓶问题。蒸汽汽车则因其技术与上个世纪的技术相吻合而倒了霉，蒸汽动力让人想起：大型机车，或固定发动机喷射出的一股股黑烟，烧掉的成吨成吨的煤，还不时地锅炉（加热水槽）爆裂。蒸汽似乎真不像是适合为新世纪提供动力源的一种东西。要从现代性的角度讲，电力应该是理想选择了，但是，若其不可得，那么内燃发动机似乎比蒸汽发动机的改进模型更可取。

100多家蒸汽汽车制造商都未能改变蒸汽发动机的不良形象，也就没能普及他们的车型。蒸汽汽车制造商中最成功的两个人——斯坦利(Stanley)兄弟，缺乏雄心壮志和必备的管理能力，而没能将他们的汽车大批量生产并推向全国市场。他们也未能及时吸纳当时技术进步的成果使其产品更受用户欢迎。

1914年亨利·福特参观了斯坦利的工厂，当时这家厂年产汽车650辆。而福特在一天之内就能生产同样数量的汽车。当熟练工人在慢慢生产零部件，靠手工给可怜的几辆斯坦利蒸汽汽车涂漆时，福特的创造性装配线上的非熟练工却在生产成百上千辆汽车。斯坦利公司经受了政府在一战中对美国汽车工业种种限制的考验，但其实力已大为削弱。战后不久，公司关门大吉，它没能竞争过底特律制造的廉价汽车。

某些历史学家提出了导致汽油汽车崛起的地理原因。蒸汽和电动汽车主要是美国东部生产销售的。而汽油汽车却对中西部的农村地区特别适合。中西部地区对汽油汽车的偏爱和当地的工业和自然资源正好结合起来。那里大量充足的硬木使中西部成为早期马车和车厢制造的中心，农场上的能源需求又吸引了生产固定汽油发动机的生产商。因而，在新型燃油汽车成为一种广受欢迎的交

交通工具后，中西部就轻而易举地提供了新燃油汽车的两大部件——车身和发动机。

关于蒸汽汽车和燃油汽车之间的竞争我们还有什么话可说呢？但至少不会忘了，中西部一些精明的商人选择了后者，并将他们做生意的手段发挥出来，使燃油汽车得以成为全国个人交通网的基础硬件。讲到现在，我们还忘了提到两种发动机的相对效率，因为在当时还并不是一个孤立的互不相干的问题。但是，对两种发动机的理论和实际热效率的研究表明，奥托循环式发动机比蒸汽发动机的热效率要高。因此，在其他一切相等的情况下，内燃机比蒸汽机每加仑油所能支撑的公里数要大。于是再次证明，支持内燃机的人走的是正确的道路。他们有意识地或出于直觉支持了最有效率的发动机。

除了事实上有竞争力的动力装置的热效率先声夺人，使支持汽油发动机的技术和文化因素反倒显不出来外，还有另一个问题存在。报道了奥托循环式发动机优越热效率的同一种工程学资料也披露了内燃机（柴油机）比汽油发动机的热效率更高。在实际行驶过程中，奥托循环式发动机的平均热效率是 10%，内燃机是 18%。因此，假如早期的底特律企业家们摒弃效率低下的蒸汽发动机，为何后来那些信息更灵通的汽车工程师们不把全国引向使用更高效的内燃动力呢？当然，答案是不管在 20 世纪早期还是晚期，对汽车发动机的选择都不是纯粹以技术和经济为考虑问题的出发点。

在一个反事实的世界里，以下这些现象都不算荒谬：蒸汽发动机驱动汽车和卡车，运河船将笨重货物运往全国四面八方，木版印刷术作为印刷革命的基础。蒸汽发动机和汽油发动机之间的竞争比我们想象的还要激烈，以至于在比赛背景有变化时，蒸汽发动机获胜也有可能。在美国，石油价廉且充足，交通运输的动力完全可由外燃而非内燃发动机提供。

我们在此所探讨的技术选择的例子中，每三例就有两例是从现

代工业社会选取的。内森·罗森堡(Nathan Rosenberg)已注意到此类社会并不仅仅依赖一种革新。因为如有必要,它们就有能力生产它的替代品。如果说罗森堡此言不差,且有充分理由,那么,在此讨论的例子就并非特例。不仅在铁路方面和汽油发动机方面存在别的选择,几乎每一种重要的现代产品都有其替代品。新颖之物的产量是如此之大,以至一串串待选的相关革新法实际上可以满足我们的任何需要和狂想。技术史完全可能要改写,不要专注于革新中被选择和复制的“赢”的一方,只需努力寻找那些能替代这类革新的实用可靠的别样选择就可以了。

结语

第五章和第六章中讨论选择过程的时候,其实存在一个不言而喻的前提:选择执行者是活跃主动、有创造性的个体,是能够作出选择和对其作必要的修改以构建一个他们认为合适的物质世界的人。这些选择执行者并不一定要代表社会的所有群体,他们也不一定为公众福利着想。然而,他们可以自由决定哪种竞争候选的新颖之物应该复制并被纳入社会文化生活中,对这种决策活动有一些约束性规定,但变通的余地还是很大的。

对技术发展的唯意志论的解释得其名于此种方法:认为人类具备开展有效行动的自由和意志力。但有一批哲学家和社会批评家反对此种学说,他们认为技术发展要用决定论观点来解释。用这一群体现代最杰出的发言人兰登·温纳(Langdon Winner)的话说,“有人说文明社会的生活是由完全清醒、明智、有自决能力的大众就目标、手段作出有充分信息依据的选择,并依此选择行事,事实表明这是高估了人类的一厢情愿的感情的误置。”^④说人不可能具有充分的自决能力,并不是因为一个强有力精英统治阶层的阴谋诡计,而是由于 20 世纪技术的性质决定的。首要问题不是谁或什么

主宰了社会。温纳的答案是“自主的技术”，这种技术不是以人的需要、欲望或缺憾为转移的，而是以自身发展的需要而变化的。

依温纳看来，唯意志论的观念是在 19 世纪末提出的，那时手工具和少量机器是技术工具的主流，还有可能人为改变技术发展的道路。一组工具可以和另一组工具互换，甚至整类机器也可以被另一类更适合社会需要的机器所取代。水轮、蒸汽机和收割机都属于这个范畴。

随着社会日益工业化的进程，通信、发电、制造业等现代超大技术体系的发展，主要为满足人类需要而开发技术的自由逐步丧失了。这些复杂的、互相渗透的巨大技术体系压迫了人类的价值观，超越了人类控制。只有不与效率或大规模集成等基本技术价值相冲突，在某系统内的变革才有可能出现。因此，我们生活、工作和玩乐的方式，都受统治现代工业社会的技术秩序所制约。

一个具体例子可能有助于解释清楚温纳的说法：我们创造的超大技术体系现在反过来统治我们了。电网为家庭及工业照明、供热、动力和通信提供了能源，从而满足了成百上千万人的需要。然而，发电和输电的体系如此大，如此复杂，我们又如此依赖它，致使我们首先关心的是它作为一个功能性整体的维护和保养。仅仅几小时停电所导致的灯火失明，将会使整个国家陷入瘫痪。长时间停电激发的暴行会使社会陷入混乱。所以，我们为了不打乱技术整体的协调性，只好不在我们的电网上采取任何根本性的变动。人们大可坐在发电厂的控制板前和电力公司的调度板前，但他们的行动自由是受他们所服务的技术上的主人即电网所限制的。控制人或统治者可以保持现状，以防止系统的恶化和毁坏，作确保能提高系统运行效率的变动，但他们不能彻底重组它或用另一种系统完全代替它。

温纳和其他人提出的自主的技术这一观念是否与我们眼下讨论的选择过程相冲突呢？有三条理由可以使我们作出否定的回答：

首先,技术不受控制的观念,因其不能准确反映大规模技术的实情已受到批驳。现代的男女并非是技术秩序可怜无助的受害人。再者,就算我们接受了最极端的技术决定论,仍存在着变革的余地,虽然这种变革要与系统的技术要求完全一致,而非一定要与社会需求相一致。最后,对自主的技术并不坚定有力的归纳,也承认存在非常强大的超大技术限制,但还是为选择者留有自由选择的余地。这种修饰过或曰削弱了的决定论和超音速运输例子中发现的情况很相似。航空业半个世纪以来力争提高飞行速度的尝试受到社会、经济和政治力量的干扰,到最后,还是否决了纯粹出于技术要求而作出的一些设想。总之,为了技术进化理论能成立,在所有选项都被一视同仁地摆在面前时,选择者并不能享受完全的行动自由。只要竞争中的新颖物品选择项范围相对更小,并且选择者自身行动限定在一定的范围,他们就能够发挥自己的作用了。

第七章

结语：进化与进步

进 化

本以进化模式为理论基础的书，其结尾与开头一样提及查尔斯·达尔文的著作，应该是恰如其分的。虽然达尔文从未考虑将其进化论运用于技术领域，他的一些同时代人却很快在生物界和有形人造物之间作起了比较。19世纪最早依此而行的、恐怕也是最著名的人物是卡尔·马克思。他在达尔文《物种起源》出版8年之后，于1867年发表了《资本论》。马克思的进化论比较包括两个阶段。在第一阶段，技术通过一种直接主动与自然发生关系从而与人性接合。男人和女人通过劳动来构建物质现实世界，于是开创了人造物领域。一旦自然界被人的劳动所改变，自然界就成为人身体真正的延伸部分。如此一来，靠与天然物体和自然力量打交道而工作的人们，就把自然界带入了人类生活的范围。

在将人造物世界和生物界的差别尽力缩小后，马克思进入了他论述的第二阶段。他提议将达尔文对“自然技术史”的进化论解释改头换面，用来解释“人的生产器官的历史”^①，他认为应将进化论解释运用到动植物赖以生存的器官和人类用来维持生命的技术手段上。鉴于他的前提论点是人体的主要特征能用进化论方法解释

清楚，那么技术这种人体向自然界的延伸物同样也可以。然而在马克思和达尔文的进化论之间有显著差别。在达尔文的理论中，生物进化是自我繁衍的；在马克思的进化程式中，技术的进化不是自我繁衍，而是由意志引导、有意识的、主动的人类活动控制的一种进程，而且受决定历史的力量的塑造和修饰。

在 19 世纪和 20 世纪，马克思和其他一些人曾试图顺着达尔文理论这条线解释技术的发展，但他们都未能用我们所能得到的历史资料和学术研究成果，来阐明进化类比的完整含意。长久以来遭忽视的这一任务，正是本书要主动解决的中心问题。

在我们分析和思考进化类比的一开头就引人的多样性概念，对理解技术进化来说是一个基本概念。因为我们对技术产品的熟悉，也因为我们对维持生命必不可少的产品毫不迟疑地接受所造成的障碍，反倒使我们对人造物世界丰富多样性的理解与欣赏变得迟钝麻木了。人造物与人是出奇合拍的——人造物的确是人类生活的一个区别性（标志性）特征。然而，没有它们我们也照样能活。这就是为什么何塞·奥特加·Y·加塞特在 1933 年宣布技术是多余累赘的产物的理由。火、石斧或轮子都和风行一时然后销声匿迹的小工具一样，不再是绝对必需品。生物学意义上的必需，并不能说明为何人将如此多的心思和精力用在制造新颖物品上。人们因为想限定和追求某种特定的生活方式，才创造出与之相适应的新物品。技术史并不是要记载那些发明出来确保我们生存的物品。相反，它是对不断进取的人们的多才和高产作见证，也是为世界上各种族人民所选择生活方式的多样性作见证。以这种眼光看问题的话，可以说人造物的多样性是人类存在的最高表现之一。

如果要用技术进化论来解释人造物的多样性，就必须展示人造物之间的延续性，说明每一种人造物都不是孤立存在、独一无二的，它必定与过去已造出的东西有相关联的地方。人造物的多样性激发我们寻求进化论解释的热情，而延续性又是这种进化论解释的

先决条件。一种进化论若不能显示构成其谈论对象世界的基本单位之间的关联的话就枉称其名了。在技术中这些基本单位就是人造物。

人造物延续性的普遍存在为如下一类神话所淡化。这些神话包括英雄式的发明天才说、国家荣誉说、专利制度说以及把技术变革和社会、科学、经济革命完全等同起来的倾向。然而，一旦我们积极地寻求延续性的证据，就会发现每一样新颖的人造物都有先祖。最简陋的石制器具、轧棉机及蒸汽机之类的复杂机器都无一例外存在祖先；靠科学的研究和科学理论得出的发明也不例外，就像电动机和收音机，大规模技术系统和科幻作品中幻想的机器也有这种现象。不管何时我们碰到的一种人造物，不论它源自何时何处，我们都敢肯定地说，它是以一种或多种过去已有的人造物为原型造出来的。

19世纪早期的法国天文学家皮埃尔·西蒙·德·拉普拉斯 (Pierre-Simon de Laplace) 推测有一种神智能 (Divine Intelligence) 存在，知道在某特定时间里宇宙的原子的具体运动速度和位置，并能决定物质宇宙的历史，准确预知其未来。对其提法稍作修改后，我可以说只要有一个相似的全知全能的智能，一个能够知道所有现存的和已消失的人造物的交替传承的智能，就可以建构巨大的、互联的人造物之网，正是这只网构筑了物质文化史。这种重构可以展示这样一幅图景：在古远的时代，从第一个人造物由早期原始人之手做成功的那一刻起，无数相关联的人造物慢慢汇聚成一条条人造物长河。从时间上追溯人造物长河的源头时，我们试着确定创新的源泉并说明地球上过去和现在的居民中出现创新的速度差异时，就会有问题了。

历史学、社会科学或心理科学都不能为新颖人造物在人造物世界的出现提供充足的理由。因此在本书中我探究了一系列重大创新的源头，都没能用一种综合的包罗万象的理论来解释它的出现。

在此书中，我们特意强调了游戏和幻想在创造技术革新时的重要性，因为学者们只相信需求是刺激发明产生的唯一要素，而忽略了游戏和幻想的重要意义。知识——不管是以科学的研究的形式还是以人造物和技术认识的形式出现——在从一种文化传播到另一种文化的过程中，一直被认为是创新的源泉之一。虽然技术知识极其重要，历史学家们才刚刚开始着手研究它在技术传播和与科学理论关系中的准确角色。

社会经济和文化因素刺激了革新，它们理所当然应引起我们重视。对从经济学角度解释革新起支撑作用的学术研究，在此值得一看的是这些工作所收集的大量材料及其所提出的有创见性的推论。然而，在最后分析中，代表经济学解释而提出的论点是不能令人信服的，我们应当找出那些为创新增添了动力的各种文化因素。

就算这些概念中的任何一种都有可能令人不满，重要的是要记住新颖之物是物质文化的实证物；尽管我们不能完全说清新颖人造物的出现，本书阐发的进化论仍是完整的。持技术进化论的现代理论家，的确面临着达尔文主义者在 1895 年所碰到的同样的困境。后者可以指出生殖差异性是自然的事实，但不能准确解释变异是如何及为何产生的，因为他们没有掌握现代遗传学的知识。那些以同样方式提出我们的技术进化理论的人中，只有达尔文式的角色而没有孟德尔式的角色。

新颖之物击败竞争者而获选，并且融入一个民族生活之中的过程，这是历史学家和社会评论家均感兴趣的技术进化的一个侧面。在历史长河中，尽管有越来越大的压力限制技术选择的自由，别样的技术选项总是在不断地接受评估和选择的。经济和军事需要、社会和文化态度，以及追求技术时尚这些因素都影响了对新颖之物的选择。对这些影响性质的理解与把握，有助于我们将来在资料更全的条件下作决断。社会经济和文化方面的限制会不时地困扰对其他技术选择项的追寻，我们应当搞清这种限制的源头在哪里。我们

—再听说技术抑制力量对我们选择的自由度横加干涉，而实际上是强有力的社会文化态度或机制在作怪。

我们很难想象出一种不同的技术世界，更难想象出一个比我们已有的技术世界还优越的别的技术世界的存在。长期以来，欧美那些鼓吹进步论的人士就宣扬西方现今的技术比别人都优越，将来技术进步也只能靠西方来推动。这种看法的可靠性是经不住历史分析检验的，只需看看印刷术、运河和铁路、各种互相竞争的汽车动力装置就可以知道了。我们还需对技术进步与人类进步的关系作细致研究。

技术进步

文艺复兴以来，给技术的性质和影响的思索定调的技术进步概念是以六大推论作基础的：第一、技术革新毫无疑义对变化中的人造物的改进有显著的贡献；第二、技术的进展直接有助于我们物质、社会、文化和精神生活的改善，从而加速了文明的发展；第三、技术上的进步及随之而来的文明进步可以毫不含糊地用速度、效率、能量或其他一些量化标准来衡量；第四、技术变革的源头、方向和影响都完全是在人类控制掌握之中的；第五、技术征服了自然界并迫使其为人类目的服务；第六、技术和文明在西方工业化国家达到了巅峰状态。这些推论在蒸汽动力这一著名例子中都得到了体现。在 19 世纪，文化评论家们声称蒸汽机的发明使人获得强大的自然力，提高了每人平均可支配能量的数值，因而使其同胞把依赖能量消费增长的文明推进到一个新阶段。

与这种进步观持相反态度的人早在 17 世纪就出现了，但直到 20 世纪中叶，才有人就一系列问题向所有六条推论发起猛攻。现代战争证明死亡和毁灭是技术进步不容置疑的果实。而且由原子核裂变获得的可用能量的增加，不仅未能创造出文明的更进步发达

的形式，而且如果说是对地球全人类形成威胁，至少对现存社会和文化就是一个威胁。人们越来越意识到技术扩张的副产品对生态的有害作用，这证明人类征服自然界并不是一劳永逸的，并且这种征服是以严重污染环境为代价的。最后，长期以来认为西方技术具有天然优越性的观念，受到了那些无可辩驳的事实的攻击，人们证明某些非西方的技术能够不破坏自然界的秩序就能更好地为人类的需要服务。

进步说的支持者已发现，要把控制自然界或人类生活的改善作为技术进步的目标是越来越难了，因而，他们就加倍努力地用物理量来衡量技术进步的指标。他们如此辩称说，就算现代人不能征服自然界或不能创造比他们的祖先更好的生活，我们至少赞同可以从以下事实中找到进步的证据。譬如说，现代陆上交通工具比古代的跑得更快，又如现代农业生产方法比早先的生产出了更多的粮食。乍一看这些说法都是不证自明，言之凿凿的，但细想起来，这类“客观的”的评鉴进步的方法，完全可能像主观的方法一样易被攻破。

例如，历史上陆上交通工具速度的增加一直被视为交通技术进步不容置疑的证据。一个极端是（公元前5 000年的）雪橇，以每小时1~2英里的速度靠木制滑板在地面上滑动，另一个极端是能以每小时630多英里的速度飞驰的劳斯莱斯喷气发动机赛车。在这两个极端之间有畜力大车、各类马车以及由蒸汽、电力和内燃发动机作动力的车辆。这些运输工具可以按其最大速率排定优劣座次，我们用已收集综合的材料，通过在坐标上按车辆速度和在历史上出现的时间绘出一条上升曲线，以显示技术进步的事实，断定陆上运输是人类超越一切背景的必然需要。史前史学家V·戈登·蔡尔德（V. Gordon Childe）对这一证据提出了一个批评性的问题：公元前3万年的猎鹿人或公元前3千年的古埃及人，或公元前30年的古代英国人，都确实必需或渴望以每小时60英里的速度狂奔数百英里吗？^⑩蔡尔德的言外之意再明白不过了，人类的需要是在不断变化

的，陆上旅行的速度在此时此地对某一文化是合适的，但对彼时彼地的另一文化就未必合适。一个 20 世纪的历史学家把牛车和汽车一块儿放到一条现代高速公路上，然后测定它们各自的速度，以此作为技术进步的标志，这是完全不可取的。陆上交通的模式和任何其他技术一样，必须被置于构想出它并使用它的文化中去评判。想用跨文化比较，或在相当长时间内某一特定文化内部所做的跨时段比较，来作为确立技术进步的证明材料，都是靠不住的。

有些评论家可能会说我们举的都是太极端的例子，并且会说陆上交通的需要随时间推移会变化，在不同文化之中又有差别，而对食物的要求相对而言是亘古不变的。那么，何不让我们选择两个种植和消费粮食的文化——一个使用原始农业生产手段，而另一个运用现代农业生产方式——来重新追索进步的象征。每亩的粮食产量是衡量两种粮食生产方式的相对效率时必须牢记的一条标准。现代的农场主，正如人们期待的那样，在这个竞赛中是以优胜者的身份出现的。譬如说：在墨西哥的砍/烧（也叫砍伐烧）农业中，斧和锄被用来开荒和耕种，而美国的当代农业中机器和化学品被用来开垦和耕种土地，美国农场的玉米产量比墨西哥农场高 2.8 倍。但这并不能反映在这两种生产方式中任何一种所用的能量和引入了何种偏见；美国农场农作物的高产取决于农用化学物质、燃料和机械的投入方面所耗费的能量。与此相对应的是墨西哥农场，农产品所耗费的能量完全是靠在那块土地上劳作的男女们提供的。若将作物的能量产出与农作实践的能量投入相比较，其比值的差异令人吃惊。在墨西哥农场，就棉花而言，能量输出与投入之比是 11:1，在美国农场上是 3:1。从中可以总结出，并非砍/烧耕作方式更优越，应该被美国的农场经营者采用，而只是说粮食产量是一个易欺骗人的衡量标准，并且农耕实践应该以特定的文化态度和文化需要出发来评鉴，而不应该用一些表面看似客观中立的评估方法。

考虑到技术进步的主客观评估方法所引发的问题的确存在，

是否可能将技术视作始终处于向某一固定目标迈进的状态？蔡尔德就是这样认为的。他曾在经济大萧条时期和战时（1936—1944）所写的一系列著作中，力图依靠技术发展取得进步这一论点为人类辩护。他也承认当时由于国内国际危机迫使人们对人类进步持悲观态度，他同时也认为那些有长远眼光的历史学家也完全有理由持乐观态度。

蔡尔德的观念是建立在史前考古学的物证及生物进化论的理论基础之上的。他坚信受证据、视域和时间限制的传统历史必须被一种历史理解所替代，即将史前史融入有记载的历史之中而获得的历史，这种理解也得靠认识到一民族有文化之前的物质文化的重要性来获取。从这个角度而言，最近历史时段中的停滞和滑坡现象是人类向前奋进过程中的非正常现象。战争、贫困、饥荒和类似灾难所造成的延阻效果，被人类的积极成果所冲淡，作用不那么明显了。这类积极成果包括：石制工具的打造，农业的创建，首批城市中心的构筑，金属的加工冶炼，书写手段的发明等等。对蔡尔德而言，这些成就的考古学证据构成了人类进步可见能触的明证。

通过将史前史也纳入自身研究范围的现代史学眼光，蔡尔德推动历史研究向考古学与动物学、古生物学、地质学研究方向靠拢。他对最早期人类技术成就的调研，对人类进化之路和生物学与文化的关系提出了质疑。在蔡尔德看来，生物学记录提供了类人猿进化为最早的人类的证据，而考古学记录披露了人类在地球上初现之后所作的连续不断的改造提高。在使用一种明言的进化论比喻时，他将人类文化中的变革和使新动物物种得以产生的变异和突变相比拟。他提醒我们历史学家所称的“进步”就是动物学家所说的“进化”。

生物学给蔡尔德提供了他所说的“进步的最后检验手段”^⑨——一种用数值表示的检测手段，既科学，又免除了在几个世纪以来讨

论人类进步问题时起主宰作用的含有价值判断的形而上学观点。适用于动植物界的物种生存和繁殖的原则表明，某一种物种的适应性和成功是由这一物种一代代生存下来的成员总数来精确衡量的。如果那个数量是在增长，蔡尔德判断这一物种是适宜的或成功的；如果不是在增长，他就将其列为失败的物种。以这种方法考察问题，人类这种动物是进化过程中的不可分割的一部分，它的适应性或进步的能力，能由人口增长这种检验方式决定，这种人口增长衡量法是适用于所有其他生物的。当文化和技术发展导致人类人口的增长时，蔡尔德说变革是渐进的，并且人类确已进步了。

蔡尔德认为他已发现了技术变革与人口增长之间关联的无懈可击的证据。如英国工业革命时期的事件中即有这类明证。在1750年和1800年之间，描绘英国人口增长的曲线直往上扬，这一发展被蔡尔德用风行一时的技术、经济和社会变迁，即历史学家称为工业革命的那些东西作参考而解释它。在蔡尔德看来，历史上关于工业化的益处和坏处的辩论，最终可以通过谈到他的客观标准来解决。他总结说工业革命是历史上的一个循序渐进的过程，因为它对给自己影响最大的物质——智人的生存和繁衍提供了便利。

蔡尔德在圆满地解决了工业革命的影响的争论之后，他转向其基本的关怀——史前史。因为他已显示工业革命加速了人类进步，他将也能展示一系列能导致人口增长的伟大的史前革命。那些人类农业、冶金、建城、创制书写法的各类革命都使人类数量激增。因此，工业革命并不是一个独一无二的此类事件，它仅仅是加快了人类有史以来的进步步伐的一系列技术革命中最近的一次。

蔡尔德认为人口测试把进步观从“感伤主义者和神秘主义者”^④那里解放出来，将它恰如其分地置于科学家阵营之中。然而他衡量进步的标准并非无可挑剔。将讨论人类进步的范围扩大到史前时代就是浓墨重彩的一笔。当史学家对全人类的整个历史发展进行研究时，那些在传统历史记载中占尽风头的局部动乱，现在退隐不

显了。话虽这么说，但史前时代也有自己的一系列麻烦。我们除了对石器和陶器有所了解外，对其他史前技术所知甚少，对史前人类的生活和思想更是一无所知。从这种扭曲而稀少的记录中，整个人类的文化都应当重构，这一工程注定要产生出一幅人类过去模糊而富有猜测性的图景。假如一个人对史前社会所知甚少，又怎么能声称史前社会是在不断进步的呢？蔡尔德的回答是，我们至少知道史前人类的人口是增加了还是减少了，而这就为决定进步与否提供了足够的信息。

蔡尔德在史前时代的进步和现代的进步之间，建立了理论上的联系，其主要论点是英国在 1750 年至 1800 年间的人口急骤增长，这一现象应解释为技术进步的结果。现代人口统计学家却不再接受这一说法。他们中有人认为人口增长在 1750 年前就出现了，并且应该被列为引发工业革命的原因之一。他们之中另有一些人接受人口增长的时间更晚的说法，且将之归因于变幻无常的气候与疾病影响而非工业化的结果。因为史学家对 18 世纪晚期至 19 世纪早期人口统计学数据的编排和解释都意见不统一，就不难明白为何他们对一系列发生在远古时代无书面历史记载的事件后果解释也不相同。退一步说，就算我们掌握了史前时期人口变化的可靠信息，仍然有必要弄清楚所有记录在案的人口增长是否是技术进步的结果。

另有一些漏洞也困扰了蔡尔德的人口检验法，值得一提，哪怕是附带提一笔也好。有两样是至关重要的：第一、如果人口大量增长是进步的象征，那么全球总人口有 50 亿的人类，相比其他更具繁殖力、数量更庞大的生物，在数量上是落后的。例如，某些种类的昆虫据说有 10^{16} 个个体，而鲸所吃的一种小磷虾 (*Fuphausia Superba*)，总数量比 10^{20} 还多；其次，在 20 世纪 30 年代，蔡尔德将人口增长与成功划上等号，而不到半个世纪，人类的繁衍增长已使人担忧，人口过剩造成生存空间的紧张、环境压力、食品供应短缺，还有

自然资源耗尽的危险。人口增长在今日世界再也不被视为绝对的好事了，因为在人口过剩地区生活的居民，如今的生活水平最低。

我们对蔡尔德人口检验标准说的批驳，必然使我们返回到技术对社会影响的高度两极化的辩论中。那些人热情赞美技术和科学创造的奇迹，并力促加快技术革新步伐以便使人类文明更快速地向前发展。

要修改技术进步的观念，就必须对传统观念作出两点重大修改：第一，技术进步必须在严格限定的技术、时间、文化的界限内，并视其对一个很详细地界定了的狭隘目标服务的好坏来判定；第二，技术的发展进步必须从社会经济和文化进步中剥离开来。为了说明我的方法，让我们回顾一下在第三章中讨论过的无线电波传输技术。德国物理学家海因里希·赫兹主要关心的是证明詹姆斯·克拉克·麦克斯韦所假说的辐射的存在，所以他在实验室有限的 15 米跨度的辐射传输就很感满意了。1894 年，奥利弗·洛奇在牛津举行的英国科学促进会上，展示了 54 米的传输功能，随后，古利尔莫·马可尼到了英国，决心将无线电报变为现实，而且要使之能跨越更长的距离发送信号。在 1894—1895 年间，他开始进行几百米内的传输，到 1899 年时，他能跨英吉利海峡用无线电交流了。1901 年，他首次取得了横跨大西洋两岸的无线电通信的成功。

电磁辐射传输距离的这一系列稳步扩大构成了技术进步。这些事件是在一定的时间跨度内——在 20 年之内发生的，并且是在相对一致的文化背景——英国或德国发生的。目标是单一地将无线电信号传输到更远的距离以外，从赫兹到马可尼，基本的传输技术未变——通过感应线圈或采用一排电容器产生间歇性电火花以产生无线电信号。由于莫尔斯码的间歇性的电火花传输在 20 世纪 20 年代被人声的连续波传输所取代，我对进步的评判方法仅适用于 1920 年以前。最后，没有对无线电传输和文明进步的关系作讨论。占统治地位的说法是，假若一群人觉得有必要发送编成代码的

无线电信号，那么传输距离的延长就可被认为是这一特定技术领域里工作的进步。

在技术史上很轻易地就可发现类似技术进步的例子：瓦特重新设计气动蒸汽机前，它的功率的增加；第一部照相机投入使用以来，底片曝光时间的缩短；怀特兄弟的双翼机在空中滞留的时间从基蒂霍克的每次 57 秒的延长；或托马斯·爱迪生的碳丝白炽灯泡发光时间维持更久。这些全都是从发明的早期阶段搬来的例子，可以由更成熟或更现代的技术中举出的例子来作补充：20 世纪 20 年代减少汽车发动机爆震声；1930 年至 1939 年间，改进电视传输图像的努力；20 世纪 50 年代后期特种晶体管收音机的小型化。

对技术进步的重新界定，必须使技术—社会关系讨论中的反对者们也能接受，而且要满足一个条件：证明进步的证据不能跨越技术范围或文化界限，或跨越长时间间隔来收集。最最重要的是，所有这些例证都应当和我们本书所讲的中心——进化类比相契合。达尔文以来的生物进化论者一直不肯接受生命围绕着向一个设定的目标进化这一观念。提到与生物进化相关的方向、目的或进步就是犯忌，因为据说这是将形而上学的推断夹进了科学话语中。我以一种近似的方式拒绝一种倾向：就是把人类或生物的必备物的改善提高，当成一切技术变革都必须努力完成的终极目标。相反，我把人造物的多样性解释为：古往今来人们选来定义和追求其存在价值的各种方法的物质体现。虽然有时为应急需要而有意识地去作一些选择，但例如像乘坐比空气重的飞行器飞行或为汽车发动机提高单位油耗输出功率，这些选择的简单相加并不能构成人类进步。

一种切实可行的技术进化理论，不容许用传统意义上的技术进步概念，但不排斥在某一特定框架中，为达到某种精心选定的目标而取得有限进步的可能性。历史记载和我们对社会上目前技术所扮演角色的理解，使得我们可以名正言顺地返回去拥抱这样一种观点：在技术发展与人类处境的整体改善之间存在着松散联系。所

以，我们必须断然抛弃流行的、然而却是错误的技术进步说，代之以一种我们自觉培养的对人造物世界多样性的正确评价，并对技术想象之丰富，以及对有关联的人造物之网的庞大阵容，及其古远悠长的出产年代投以欣赏的眼光。

文献资料

以下所列各类参考文献都跟随各章节的内容分类排列。读者从中可以迅速地确定哪些书与本书所述论题有关。但另有一些介绍技术通史的书籍也值得特别推荐。这些书能够满足读者对传统地描述技术发展史的著作之需求。多卷本的技术史包括：查尔斯·辛格（Charles Singer）等编的《技术史》，7卷本（Oxford，1954—1978）；莫里斯·多马（Maurice Daumas）编的《技术和发明史》，3卷本，已由亨尼西（E. B. Hennessy）译成英文（New York，1969—1979）。梅尔文·克兰兹伯（Melvin Kranzberg）及小卡罗尔·珀塞尔（Carrol W. Pursell, Jr.）编的《西方文明中的技术》，2卷本（New York，1967）。单本的专著可参看德里（T. K. Derry）及特雷弗·威廉姆斯（Trevor I. Williams）著，《公元 1900 年前的技术简史》（New York，1961），《1900—1950 年间的 20 世纪技术简史》（New York，1982）；卡德威尔（D. S. L. Cardwell），《西方技术史上的转折点》（New York，1972）；阿诺德·佩西（Arnold Pacey），《创造力的迷津》（New York，1975）；阿博特·佩森·厄舍尔（Abbott Payson Usher），《机器发明史》（Cambridge, Mass., 1954）。

第一章 多样性、需求和进化

多样 性

恩斯特·迈尔 (Ernst Mayr),《生命的进化与差异》(Cambridge, 1976)。托马斯·施勒雷特 (Thomas Schlereth),《美国物质文化研究》(Nashville, 1982)。卡尔·马克思 (Karl Marx),《资本论》第1卷, 弗·恩格斯 (F. Engels) 编, 莫尔 (S. Moore) 及埃夫林 (E. Aveling) 译 (New York, 1972)。卡明斯 (e. e. cummings), “可怜人类这等忙碌的怪物”, 选自《诗选, 1923—1954》(New York, 1954)。戴维·迈阿尔 (David S. Miall) 编,《隐喻, 问题与观点》(Sussex, 1982)。厄尔·麦科马克 (Earl R. MacCormac),《隐喻的认知理论》(Cambridge, 1985)。

需 求

伊索 (Aesop),《伊索寓言》,附有格言和引申义的新版 (London, 1908)。詹姆斯·弗林克 (James J. Flink),《汽车文化》(Cambridge, Mass., 1975)。罗伯特·卡罗列维兹 (Robert F. Karolevitz),《这就是卡车运输》(Seattle, 1966)。

轮 子

戴维·兰德斯 (David S. Landes),《时间上的革命: 钟表与现代社会的形成》(Cambridge, Mass., 1983)。威尔弗雷德·奥温 (Wilfred Owen), 伊兹拉·鲍温 (Ezra Bowen) 及其他的编者们,《生命、车轮》(New York, 1967)。斯蒂芬·杰·古尔德 (Stephen Jay Gould), “无轮子的王国”见《母鸡的牙齿与马蹄》(New York, 1983)。斯图亚特·皮戈特 (Stuart Piggott),《最早的有轮交通》; 利陶尔 (M. A. Littauer) 及克罗

韦尔 (J. H. Crouwel),《古代近东的有轮车辆及牵引兽》(Leiden, 1979)。戈登·埃克霍尔姆 (Gordon F. Ekholm),“墨西哥的有轮玩具”,见《美洲考古》第 11 期(1946)第 222 ~ 228 页。理查德·布利特 (Richard W. Bulliet),《骆驼与轮子》(Cambridge, Mass., 1975)。

基本需求

布罗尼斯瓦夫·马利诺夫斯基 (Bronislaw Malinowski),《一种科学的文化理论》(New York, 1960)。菲利普·斯特德曼 (Philip Steadman),《设计的演变》(Cambridge, 1979)。本杰明·贝克 (Benjamin Beck),《动物的工具:动物使用和制造工具的行为》(New York, 1980)。何塞·奥特加·加塞特 (José Ortega Gasset),“作为技师的人”,见《视历史为一体》(New York, 1961)。加斯东·巴歇拉尔 (Gaston Bachelard),《对火的心理分析》,艾伦·罗斯 (Alan C. M. Ross)译 (Boston, 1964)

生物 - 机械类比

拉瑟 (L. J. Rather),“西方医学史上的比喻性语言的来源与发展”,见劳埃德·史蒂文森 (Lloyd Stevenson)编《医学史纪念文集》(Baltimore, 1982)。查尔斯·韦伯斯特 (Charles Webster),“威廉·哈维将心脏视为一个泵的思想”,见《医学史研究公报》第 39 期(1965)第 508 ~ 517 页;《雷内·笛卡尔》(René Descartes),托马斯·霍尔 (Thomas Hall)译 (Cambridge, Mass., 1972)。塞缪尔·勃特勒 (Samuel Butler),《埃瑞洪》,汉斯·彼得·布罗伊 (Hans-Peter Breuer)与丹尼尔·霍华德 (Daniel Howard)编辑 (Newark, 1980)。“达尔文论物种起源”、“机器间的达尔文”、“Lucubratio Ebria”及“创造机器”,见《塞缪尔·勃特勒文集:坎特伯雷宝库》(New York, 1968)。汉斯·彼得·布罗伊,“塞缪尔·勃特勒的‘机器书’与其设计观”,见《现代语言学刊》第 72 期(1975)第 365 ~ 380 页。帕特里夏·瓦里克 (Patricia Warwick),《科学

幻想小说中的控制论想象》(Cambridge, 1980)。杰弗·西蒙斯(Geoff Simmons),《计算机家族的生物学》(Boston, 1985)。皮特·里弗斯(Pitt-Rivers),《文化的演化及其他》(Oxford, 1906)。桑普森(M. W. Thompson),《皮特·里弗斯将军:19世纪的进化论与考古学》(Bradford-on-Avon, 1977)。

累积的变革

卡尔·马克思,《资本论》第1卷,第372页,塞缪尔·莫尔与爱德华·埃夫林合译(New York, 1967)。威廉·费尔丁·奥格本(William Fielding Ogburn),《社会变迁》(New York, 1922);奥迪斯·邓肯(Otis D. Duncan)编,《论文化与社会变迁:论文选》(Chicago, 1935)。吉尔菲兰(S. C. Gilfillan),《发明社会学》(1935; Cambridge, Mass., 1977年重印)。阿博特·佩森·厄舍尔,《机器发明史》(Cambridge, Mass., 1954)。弗农·拉坦(Vernon W. Ruttan),“厄舍尔与熊彼得论发明、革新与技术发展”,见《经济学季刊》第73期(1959),第596~606页。

第二章 延续性与非延续性

导 论

巴勒特(H. G. Barnet),《革新:文化发展的基础》(New York, 1953),第227~230页;第242~243页。布鲁克·欣德尔(Brooke Hindle),《模仿与发明》(New York, 1981)。德文德拉·萨尔(Devendra Sahal),《技术发明的模式》(Reading, Mass., 1981)。

科学、技术与革命

托马斯·库恩(Thomas Kuhn),《科学革命的结构》(Chicago,

1970)。加里·古廷(Gary Gutting)编,《范式与革命:托马斯·库恩的科学哲学的评鉴与应用》(Notre Dame, Ind., 1980)。伊姆雷·拉卡托斯(Imre Lakatos)与爱伦·马斯格雷夫斯(Alan Musgraves)编,《批评与知识的增长》(Cambridge, 1970)。卡尔·波普尔(Karl R. Popper),《客观知识》(London, 1972),第256~284页。埃弗里特·门德尔松(Everett Mendelsohn),“科学史上的延续与不延续现象”,见奥维尔·布里姆(Orville G. Brim)与杰罗姆·卡甘(Jerome Kagan)编《人类发展史上的久与变》(Cambridge, Mass., 1980)第75~112页。约翰·克里格(John Krige),《科学,革命与非延续性》(Sussex, 1980)。罗伯特·里察兹(Robert J. Richards),“自然选择与科学史编撰的其他模式”,见玛丽莲·布鲁尔(Marilynn B. Brewer)与巴里·科林斯(Barry E. Collins)编《科学探索与社会科学》(San Francisco, 1981),第36~76页。伯纳德·科亨(I. Bernard Cohen),《科学中的革命》(Cambridge, Mass., 1985);《牛顿式的革命》(Cambridge, Mass., 1980),第3~51页;“科学革命论在18世纪的源头”,见《思想史评论》第37期(1976)第257~288页。唐·伊德(Don Ihde),“技术对科学而言在历史记载和本体论上的优越地位”,见《存在的工艺学》(Albany, N. Y., 1983)。马丁·海德格尔(Martin Heidegger)著,《与技术相关的问题及其他》(New York, 1977),威廉·洛维特(William Lovitt)译。西奥多·沃泰姆(Theodore A. Wertheimer),“人类与冶金术的初遇”,见《科学》第146期(1964)第1257~1267页。卡德威尔,“科学、技术与工业”,见罗梭(G. S. Rousseau)与罗伊·波特(Roy Porter)编《知识的发酵》(Cambridge, 1980)第480~481页。爱德华·康斯坦特(Edward W. Constant),《喷气式飞机发动机革命的起源》(Baltimore, 1980),第1~32页。德里克·德·索拉·普赖斯(Derek J. De Solla Price),“技术在历史上是独立于科学之外的吗?——对统计历史学的一项研究”,见《技术与文化》第6期(1965)第553~568页。爱德温·莱顿(Edwin T. Layton),“镜中双胞胎:19世纪美国的科学与技术从业人员”,见《技

术与文化》第 12 期(1971)第 562 ~ 580 页。布鲁克·欣德尔,《美国早期的技术》(Chapel Hill, N. C., 1966)

延续性的实例研究

石 器

安德列·列奥·古朗(André Leroi-Gourhan),“原始社会”,见莫里斯·多马编,《技术与发明史》第 1 卷,亨尼西译(New York, 1969),第 18 ~ 58 页。雅克·博尔达(Jacques Bordaz),《旧石器时代与新石器时代的工具》(New York, 1970)。科格伦(H. H. Coghlan),“金属工具与武器”,见查尔斯·辛格(Charles J. Singer)等编《技术史》(Oxford, 1954)第 600 ~ 622 页。罗伯特·施皮尔(Robert F. G. Spier)著,《出自人手:原始时代与前工业化时代的技术》(Boston, 1970),第 21 ~ 39 页。

轧 棉 机

安东尼·费尔德曼(Anthony Feldman)与彼得·福特(Peter Ford),《科学家与发明家》(London, 1979),第 92 ~ 93 页。约翰·奥利弗(John W. Oliver),《美国技术史》(New York, 1956),第 132 ~ 133 页。米切尔·威尔逊(Mitchell Wilson),《美国的科学与发明》(New York, 1954),第 78 ~ 81 页。珍尼特·米尔斯基(Jeanette Mirsky)与艾伦·内文斯(Alan Nevins),《伊莱·惠特尼的世界》(New York, 1952),第 66 ~ 67 页。康斯坦斯·格林(Constance M. Green),《伊莱·惠特尼与美国技术的诞生》(Boston, 1956),第 45 ~ 49 页。查尔斯·本尼特(Charles A. Bennett),《有轮轧棉机械的发展》(Dallas, 1959)。查尔斯·艾肯(Charles S. Aiken),“美国东南部各州的轧棉技术的演变”,见《地理评论》第 63 期(1973)第 196 ~ 224 页。安德烈·奥德里克(André

Haudricourt)与莫里斯·多马，“对自然力应用的第一阶段”，见莫里斯·多马编《技术与发明史》，亨尼西译（New York, 1969），第1卷，第103~104页。莫琳·马扎维（Maureen F. Mazzaoui），《中世纪晚期（1100~1600）的意大利棉花产业》（Cambridge, 1981），第74页。李约瑟（Joseph Needham），《中国的科学与文明》（London, 1965），第4卷第2部分，第122~124页。曹康（音译）（Kang Chao），《中国棉纺织业的发展》（Cambridge, Mass., 1977），第76~80页。查尔斯·吉利斯皮（Charles C. Gillispie）编，《狄德罗式图解工贸百科全书》（New York, 1959），第1卷，第34页；丹尼尔·托马斯（Daniel H. Thomas），“法属路易斯安那在惠特尼之前出现的轧棉机”，见《南方史学刊》第31期（1965）第135~148页。格雷斯·罗吉斯（Grace L. Rogers），“斯库费尔德梳毛机”，见《历史与技术博物馆文献》（Washington, D. C., 1959），文件1至11，第2~14页。查尔斯·本尼特，《锯子与有齿轧棉机的发展》（Dallas, 1960）。道格拉斯·诺思（Douglas C. North），《美国的经济增长：1790~1860》（New York, 1966），第8页。罗伯特·布鲁克·泽文（Robert Brook Zevin），“1815年后的棉纺业的发展”，见罗伯特·福格尔（Robert W. Fogel）与斯坦利·安格曼（Stanley L. Engerman）编《美国经济史的再阐释》（New York, 1971）第122~147页。乔治·库布勒（George Kubler），《时间的构塑：物质史话》（New Haven, Conn., 1962）

蒸汽机和内燃机

桑普森，《英国工人阶级的形成》（New York, 1966），第190页。罗尔特（I. T. C. Rolt），《托马斯·纽可门》（London, 1963）。狄金森（H. W. Dickinson），《蒸汽机简史》（London, 1963）。李约瑟，《中国和西方的伙计与匠人》（Cambridge, 1970），第136~202页。莫里斯·多马和保罗·吉利（Paul Gille），“蒸汽机”，见莫里斯·多马编《技术与发

明史》(New York, 1979)第3卷第45页。莱尔·卡明斯(C. Lyle Cummins),《内燃之火》(Lake Swego, N. Y., 1976),第1~182页。奥布雷·伯斯图尔(Aubrey F. Burstell),《机械工程史》(Cambridge, Mass., 1965),第332~339页。

电动机

皮尔斯·威廉姆斯(L. Pearce Williams),《麦克尔·法拉第》(New York, 1965),第151~158页。詹姆斯·金(W. James King),“19世纪电力技术的发展:电化学电池与电磁铁”,见《美国国家博物馆文献》第228号公报(Washington, D. C., 1962)第260~271页。罗伯特·波斯特(Robert C. Post),《物理、专利和政治》(New York, 1976),第74~83页。麦考姆·麦克拉伦(Malcolm MacLaren),《19世纪电力工业的崛起》(Princeton, 1943),第87~88页。霍华德·夏林(Howard I. Sharlin),《电力的来临》(New York, 1963),第173~175页。

晶体管

弗里德里希·库里洛(Friedrich Kurylo)与查尔斯·萨斯坎德(Charles Susskind),《费迪南德·布朗》(Cambridge, Mass., 1981),第27~29页。图克(D. G. Tucker),“电力交流”,见特费尔·威廉姆斯编《技术史》(Oxford, 1978)第7卷第2部分,第1230~1248页。欧内斯特·布朗(Ernest Braun)与斯图亚特·麦克唐纳(Stuart Macdonald),《小型的革命》(Cambridge, 1978)。查尔斯·韦纳(Charles Weiner),“晶体管是如何出现的”,见《IEEE光谱》第10期第1号(1973)第24~33页。皮尔森(G. L. Pearson)与布赖顿(W. H. Brattain),“半导体研究的历史”,见《IRE论文集》43(12)(1955)第1794~1806页。斯图亚特·麦克唐纳和欧内斯特·布劳恩,“晶体管与对革新的态度”,见《美国物理学报》第45期(1977)第1061~1065页。

爱迪生照明系统

托马斯·休斯(Thomas P. Hughes),《电力网——西方社会的电气化:1880~1930》(Baltimore, 1983),第27~29页。哈罗德·帕舍尔(Harold C. Passer),《电力时代的制造商》(1875~1900)(Cambridge, Mass., 1953);“电灯与煤气灯:经济史上的革新与延续性”,见《企业史探索》第1期(1949)第1~9页。马修·约瑟夫森(Mathew Josephson),《爱迪生》(New York, 1959),第175~267页。罗伯特·科诺特(Robert E. Connot),《一丝侥幸》(New York, 1979),第117~201页。克里斯托弗·德尔根克(Christopher S. Derganc),“托马斯·爱迪生与他的电灯系统”,见《灯与电力史》(London, 1982)第141~144页。

带刺铁丝

弗兰克·霍尔(Frank Hole)与罗伯特·海泽(Robert Heizer),《史前考古学入门》(New York, 1973),第220~221页。卡德威尔,“对技术史的学术研究”,见克龙比(A. C. Crombie)与霍斯金斯(M. A. Hoskins)编《科学史》第7期(1968)第114页。巴克内尔·史密斯(J. Bucknell Smith),《对金属丝的研究:论其制造工艺与用途》(New York, 1891),第1~98页;第312~335页。沃尔特·韦布(Walter P. Webb),《大平原》(Boston, 1931),第270~318页。约翰·温伯里(John J. Winberry),“桑橙树:一种天然植物用作器物”,见《开拓期的美国:美国物质文化史学刊》第11(1979)第131~141页。杰西·詹姆斯(Jesse S. James),《早期美国有刺铁丝专利》(Maywood, Ill., 1966)。罗伯特·克利夫顿(Robert T. Clifton),《倒刺,刺,纽结,荆棘刺与芒刺;对早期有刺铁丝的完整的图解目录》(Norman, Okla., 1970)。艾尔·海特(Earl W. Hayter),“有刺铁丝篱笆——大草原上的发明”,见《农业史》第13期(1939)第189~217页。布恩·麦克

卢尔(C. Boone McClure),“有刺铁丝制造史”,见《锅柄平原历史评论》第23期(1958)第1~114页。亨利·麦卡勒姆(Henry D. McCallum)与弗朗西斯·麦卡勒姆(Frances T. McCallum),《西部铁丝围篱》(Norman, Okla., 1965)。

写书机

里梅尔·格利弗[乔纳森·斯威夫特],《世界偏远国度游记》,第1卷(London, 1726),第71~75页。艾伦·克莱因·凯利,“伊甸之后:格利佛的(语言学的)旅行”,见《英国文学史》第45期(1978)第33~54。艾伦·埃伦普赖斯(Irvin Ehrenpreis),“斯威夫特的四个素材”,见《现代语言札记》第70期(第98~100期)。休·普拉特(Hugh Plat),《艺术与自然的宝库》(London, 1653),第42~43页。约翰·洛克,《关于教育的思考》,第4版(London, 1699),第272~273页。《按历史原理编的新英语词典》(Oxford, 1888—1933),参看“模具”词条。

非延续性论断的由来

保罗·罗西著,《哲学、技术与早期的现代艺术》(New York, 1970),萨尔瓦托·阿塔纳西奥(Salvator Attanasio)译。爱德加·齐尔泽(Edgar Zilsel),“科学进步观的产生”,见《思想史学刊》第6(1945)期第325~349页。路易斯·亨特(Louis C. Hunter),“发明的英雄理论”,见爱德温·莱顿(Edwin T. Layton Jr.)编《美国的技术与社会变迁》(New York, 1973)第25~46页。戴维·豪恩谢尔(David A. Hounshell),“在美国被视为英雄的发明家”,未刊稿(1980)。雨果·迈耶(Hugo A. Meier),“技术与民主,1800—1860”,见《密西西比河谷历史评论》第43期(1957)第618~640页。阿萨·布里格斯(Asa Briggs),《进步的时代》(London, 1959)。斯普拉格·德·康(L. Sprague De

Camp),《美国发明的英雄时代》(New York, 1961)。伯里(J. B. Bury),《进步的观念》(New York, 1932),第324~333页。约翰·卡森(John Kasson),《机器文明化》(New York, 1976),第152~153页。塞缪尔·斯迈尔斯,《工程师传》5卷本(London, 1874—1899)。尤金·弗格森,“技术博物馆与国际展”,见《技术与文化》第6期(1965)第30~46页。马修·约瑟夫森,《爱迪生》(New York, 1959),第222页。查尔斯·萨斯坎德,《波波夫与无线电报术的起源》(San Francisco, 1962)。斯科别列夫(V. M. Skobelev),“白炽灯”,见《苏联大百科全书》第14卷第92~93页。卡里顿·梅比(Carleton Mabee),《美国的列奥纳多·塞缪尔·莫尔斯传》(New York, 1943),第309~311页。戈登·亨德里克(Gordon Hendricks),“爱迪生电灯之谜”,见《美国电影的起源》(New York, 1972)第7~17页和第1~216页。雷蒙·威廉姆斯,《关键词》(New York, 1976),第137~138页。弗里德里希·恩格斯著,《英国工人阶级的状况》(Oxford, 1971),亨德森(W. O. Henderson)与查洛纳(W. H. Chaloner)译。

结语

迈克尔·帕特里奇(Michael Partridge),《历代农具》(Reading, 1973)。梅里尔·丹尼森(Merrill Denison),《收获的胜利者;梅瑟·哈里斯的故事》(New York, 1949),第121页。琼斯(L. J. Jones),“机械收割的早期历史”,见鲁珀特·霍尔与诺曼·史密斯编《技术史》第4卷(London, 1979)第101~148页。西格弗里德·吉尔丁(Siegfried Giedion),《机械化所向披靡》(New York, 1969),第146~162页。

第三章 创新(1):心理因素与知识因素

导 言

巴勒特,《创新:文化发展的基础》(New York, 1953)。约翰·朱克斯(John Jewkes),戴维·塞韦尔斯(David Sawers)与理查德·施蒂勒曼(Richard Stillerman),《发明的源泉》第2版(London, 1969)。阿诺德·佩西,《技术的文化》(Cambridge, Mass., 1983)。阿博特·佩森·厄舍尔,《机器发明史》(Cambridge, Mass., 1954)。《大英百科全书》第14版,“物质文化”词条[由哈里森(H. S. Harrison)撰稿]。吉尔芬兰,《发明社会学》(Cambridge, Mass., 1970)。威廉·奥格本著、邓肯编辑,《论文化与社会发展》(Chicago, 1964)。休·艾特肯(Hugh G. J. Aitken),《调谐与火花——无线电的来历》(New York, 1976)。雷蒙德·弗斯(Raymond Firth),《波利尼西亚原始经济》(New York, 1950)。

幻想,游戏与技术

约翰·赫伊津哈(Johan Huizinga),《智人:对文化中游戏的角色研究》(New York, 1970)。雅克·埃尔曼(Jacques Ehrmann)编,《游戏,玩乐,文学》(Boston, 1968)。斯塔福德·哈特菲尔德(H. Stafford Hatfield),《发明家及其天地》(New York, 1948)。

技术梦想

技术推想

凯勒(A. G. Keller),《机器大观》(New York, 1964)。伯特·霍尔著(Bert S. Hall),“工匠亦知读写:关于约公元1400—1600年的技术及其文化意义”,见丹尼斯·施曼特-贝塞特编《早期技术》(Malibu,

Calif., 1979)。阿哥斯蒂诺·拉梅利(Agostino Ramelli),《阿哥斯蒂诺·拉梅利的各种聪明的机器(1588)》(Baltimore, 1976),纽迪(M. T. Gnudi)译,弗格森编辑。尤金·弗格森,《心灵之眼:技术中的非语言思维》,见《科学》第197期(1977)第827~836页。

专利

斯泰西·琼斯(Stacy V. Jones),《专利局》(New York, 1971)。IEEE,《专利与专利授予》(New York, 1982)。威廉·雷(William Ray)与马利斯·雷(Marlys Ray),《发明的艺术:专利模式与其设计者》(Princeton, 1974)。斯泰西·琼斯,《需求并非发明之母》(New York, 1973)。布朗(A. E. Brown)与杰夫科特(H. A. Jeffcott),《纯属疯狂的发明》(New York, 1970)。

技术假想

格兹·夸尔格(Gotz Quarg),“艾希斯泰特来的康拉德·凯泽”,《勇士》(Bellifortis),2卷本(Dusseldorf, 1967)。拉迪斯劳·雷蒂(Ladislao Reti),《不为人知的列奥纳多》(New York, 1974)。查尔斯·吉布斯·史密斯(Charles H. Gibbs-Smith),《列奥纳多·达·芬奇的发明》(Oxford, 1978)。马丁·肯普(Martin Kemp),《列奥纳多·达·芬奇》(Cambridge, 1981)。威利·莱利(Willy Ley),《巴克敏斯特·富勒的世界》(New York, 1960)。罗伯特·辛德(Robert Snyder)编,《巴克敏斯特·富勒》(New York, 1980)。巴克敏斯特·富勒,《太空船地球的操作手册》(Carbondale, Ill., 1969)。埃利森·斯盖(Alison Sky)与米切尔·斯通(Michelle Stone),《未造成的美国》(New York, 1976)。弗兰克·戴维森(Frank P. Davidson),贾科莱托(L. J. Giacoletto)与罗伯特·斯尔盖德(Robert Salkeld)编,《大工程学与明天的基础设施》(Boulder, Colo., 1978)。杰拉德·奥尼尔(Gerard K. O'Neill),《最前沿:人类定居太空》

(New York, 1977);《2081年：人类未来之展望》(New York, 1981)。黑彭海默(T. A. Heppenheimer),《飞向遥远的太阳》(Harrisburg, Penn., 1979)。弗兰克·戴维德森(Frank P. Davidson),《大视野：科技将怎样建构未来的一个明确表述》(New York, 1983)。

无法造出的机器

奥德-休姆(Arthur W. J. G. Ord-Hume),《永动：一种无法自拔的历史》(New York, 1977)。亨利·德克斯(Henry Dixeks),《永动》第1期(London, 1861)和第2期(London, 1870)。西奥多·鲍伊(Theodore Bowie)编,《维拉德·杜纳霍的素描本》(Bloomington, Ind., 1959)。斯泰西·琼斯,“由磁棒驱动的汽车”,《纽约时报》1979年4月28日第32版。爱略特·马歇尔(Eliot Marshall),“纽曼的无法造出的发动机”,见《科学》第223期(1984)第571~572页。

普通幻想

林恩·桑代克(Lynn Thorndike),《魔幻与实验科学史》(New York, 1929),第2卷,第654~655页。托马斯·杜恩(Thomas P. Dunn)与理查·埃利克(Richard D. Erlich)编,《机械之神与科幻小说中的机器》(Westport, Conn., 1982)。哈里·哈里森(Harry Harrison),《机器主义》(Danbury, Conn., 1978)。彼得·马尔齐奥(Peter C. Marzio),《鲁伯·戈德堡：生平与事业》(New York, 1973)。威廉·西思·罗宾逊(William Heath Robinson),《发明》(London, 1973);《荒诞之物》(London, 1975)。约翰·刘易斯(John Lewis),《西思·罗宾逊传》(New York, 1973)。雅克·克尔曼,《奇思异想之物》(New York, 1971)。蒂姆·奥诺斯科(Tim Onosko),《未来难道不妙吗?》(New York, 1979)。爱德华·思罗姆(Edward L. Throm)编,《普通机械学50年：1902—1952》(New York, 1976)。乔治·巴萨拉(George Basalla),“某些永久性能源之谜”,见乔

治·丹尼尔斯(George H. Daniels)与马克·罗斯(Mark H. Rose)编《能源与交通:政策问题透视》(Beverly Hills, Calif., 1982)。

知识:技术传播

帝国主义

诺埃尔·佩兰(Neol Perrin),《放下武器:日本人重返刀剑时代》,(1543—1879)(Boston, 1979)。小林恩·怀特(Inn White, Jr.),《中世纪技术与社会发展》(New York, 1962)。托马斯·弗兰西斯·卡特(Thomas Francis Carter),《印刷术在中国的发明与其在西方的传播》,由卡林顿·古德里奇(Carrington Goodrich)修订,第2版(New York, 1955)。丹尼尔·赫德里克(Daniel R. Headrick),《帝国的工具》(New York, 1981)。佩西韦尔·斯皮尔(Percival Spear),《牛津现代印度史:1740—1972),第2版(Delhi, 1978)。亨利·伯恩斯坦(Henry T. Bernstein),《恒河上的轮船》(Bombay, 1960)。迈克尔·萨托(Michael Satow)与雷·德斯蒙德(Ray Desmond),《英国统治下的印度铁路》(New York, 1980)。

移民

华伦·斯科维尔(Warren C. Scoville),“胡格诺教友与技术的传播”,《政治经济学刊》第60期(1952),第294~311页,第392~411页。小卡罗尔·珀塞尔(Carroll W. Pursell Jr.),《美国早期的固定发动机》(Washington, D. C., 1969)。彼得·马蒂亚斯(Peter Mathias),“18世纪时从英国输出的技术与革新”,见《皇家历史学会会刊》5(25)(1975)第93~113页。埃里克·罗宾逊,“蒸汽动力的早期传播”,《经济史学刊》第34期(1974)第91~107页,“英国技术向俄国的传播,1760—1820:初步探讨”,见巴里·拉德克利夫(Barrie M. Rat-

cliffe)编《大英帝国及其世界,1750—1914》(Manchester, 1975)第1~26页。詹尼弗·泰安与布勒肯,“瓦特蒸汽机在全球的推广,1775—1825”,见《经济史评论》2(3)(1978)第541~564页。戴维·杰罗米(David J. Jeremy),《大西洋两岸的工业革命:英美两国中的纺织技术的传播:1790—1830》(Cambridge, Mass., 1981)。戴维·杰罗姆,“英国纺织技术向美国的传播:费城地区的试验,1770—1820”,《商业史评论》47期,第24~52页。

实践 知识

查洛纳,“托马斯·罗姆爵士(1685—1739)与英国丝绸工业”,见《人与工业》(New York, 1963)。卡洛·奇波拉,“现代欧洲早期的技术革新的传播”,见《社会与历史比较研究》第14期(1972)第46~52页。保罗·芒图(Paul Mantoux),《18世纪的工业革命》,修订版(New York, 1961)。小诺曼·博顿(Norman R. Bottom)与罗伯特·加拉蒂(Robert R. J. Gallati),《工业间谍活动》(Boston, 1984)。尼克·里昂斯(Nick Lyons),《索尼公司一览》(New York, 1976)。丹尼尔·兴元(Daniel I. Okimoto),卓夫菅野与弗兰克林·韦恩斯坦(Franklin B. Weinstein)编,《竞争之前沿:美日的半导体工业》(Stanford, 1984)。

环 境 影 响

亨利·考夫曼(Henry J. Kauffman),《美洲斧子》(Brattleboro, Vt., 1972),萨拉曼(R. A. Salaman),《工具辞典》(London, 1975)。刘易斯·亨特(Louis C. Hunter),《西部河流上的轮船:经济与技术史》(Cambridge, Mass., 1949)。小约翰·怀特,《美国的火车头:一种工程技术史,1830—1880》(Baltimore, 1968)。约翰·斯托弗(John F. Stover),《美国铁路兴衰记》(New York, 1970)。克劳斯·彼得·哈德(Klaus Peter Harder),《早期铁路的环境因素》(New York, 1981)。詹

詹姆斯·布里顿 (James E. Brittain), “电力技术在全球的传播, 1870—1920”(由托马斯·休斯加评论), 见《经济史学刊》第 34 期(1974)第 108~128 页。托马斯·休斯,《电力网——西方社会的电气化: 1810—1930》(Baltimore, 1983)。

知识: 科学

休·艾特肯,《连续之波: 技术与美国无线电, 1900—1932》(Princeton, 1985)。马森 (A. E. Musson) 与艾里克·罗滨逊,《工业革命中的科学与技术》(Manchester, 1969)。狄金森 (H. W. Dickinson),《蒸汽机简史》(London, 1963), 马森作序。罗尔特,《托马斯·纽可门》(London, 1963)。詹姆斯·帕特里克·缪尔黑德 (James Patrick Muirhead),《詹姆斯·瓦特传》(New York, 1859)。尤金·弗格森,“蒸汽机的起源”,见《科学美国人》第 210 期第 1 号(1964)第 98~107 页。卡德威尔,《18 世纪的蒸汽动力》(London, 1963)。尤金·弗格森,“心灵之眼: 技术中的非语言思维”,见《科学》第 197 期(1977)第 827~836 页。休·艾特肯,《调谐与火花——无线电的起源》(New York, 1976)。莫里斯·克莱恩,《数学与物理世界》(New York, 1959)。詹姆斯·克拉克·麦克斯韦,《詹姆斯·克拉克·麦克斯韦科学论文集》第 2 卷 (Cambridge, 1890), 尼文 (W. D. Niven) 编。乔利 (W. J. Jolly),《奥利弗·洛奇爵士》(Rutherford, 1974)。

第四章 创新(2): 社会经济因素与文化因素

手工制造物

巴勒特,《革新: 社会发展的基础》(New York, 1953)。罗伯特·梅里尔,《例行的革新》(博士论文, The University of Chicago, 1959)。戴维·派伊 (David Pye),《手艺的性质与艺术》(Cambridge 1968)。丽

娜·奥尼尔 (Lila M. O'Neale),《尤里克 - 卡罗克族编篮人》(Berkeley, Calif., 1966)。乔治·卡斯珀·霍曼斯 (George Caspar Homans),《社会行为:基本形式》(New York, 1974)。迪恩·阿诺德 (Dean E. Arnold),《陶瓷理论与文化程式》(Cambridge, 1985)。哈里·西尔韦 (Harry R. Silver),“计算风险:阿散蒂人雕刻艺人中的美学革新的社会经济基础”,见《民族志》第 20 期 (1981) 第 101 ~ 114 页。尼尔·科松斯 (Neil Cossons) 与巴里·特林德 (Barrie Trinder),《铁桥》(Bradford-on-Avon, 1979)。埃里克·德·莫尔 (Eric de Maré),《英国的桥》(London, 1954)。塞斯 (R. U. Sayce),《原始美术与雕刻》(Cambridge, 1933)。菲利普·斯特德曼,《设计的演变》(Cambridge, 1979)。罗伯特逊 (D. S. Robertson),《希腊与罗马的建筑》(Cambridge, Mass., 1969)。克里斯托弗·亚历山大,《形式合成概说》(Cambridge, 1964)。西奥多·沃泰姆 (Theodore Wertime),“烟火制造术——人类使用火的技艺”,见丹尼斯·施曼特-贝塞拉特编《早期技术》(Malibu, 1979)。

经济刺激

内森·罗森堡 (Nathan Rosenberg),《技术面面观》(Cambridge, 1976);《在暗箱之内:技术与经济学》(Cambridge, 1982);《技术发展经济学》(Harmondsworth, 1971)。卡尔·马克思,《共产党宣言》,见索尔·帕多夫 (Saul K. Padover) 编《革命论》第 1 卷 (New York, 1972) 第 79 ~ 107 页。卡尔·马克思,《资本论》第 1 卷,由塞缪尔·莫尔与爱德华·伊夫林英译 (New York, 1967)。泰因·布鲁兰 (Tine Bruland),“劳资矛盾作为技术革新的动力:三个例证”,见《经济与社会》第 11 期 (1982) 第 91 ~ 121 页。克拉克 (G. N. Clark),《牛顿时代的科学与社会福利》(London, 1937)。

市场需求

约瑟夫·熊彼得 (Joseph A. Schumpeter),《生意圈》,第1卷 (New York, 1939)。雅各布·斯莫克勒 (Jacob Schmookler),《发明与经济增长》(Cambridge, Mass., 1966)。

劳动力匮乏

内森·罗森伯编,《美国的制造业体制》(Edinburg, 1969)。哈巴卡克 (H. J. Habakkuk),《19世纪的美英技术:寻求省力型的发明》(Cambridge, 1962)。索尔编,《技术发展:以19世纪时的英美两国为例》(London, 1970)。尤金·弗格森,《奥利弗·埃文斯:美国工业革命时期的发明天才》(Greenville, 1980)。梅里特·罗·史密斯 (Merritt Roe Smith),《哈帕斯渡口兵工厂与新技术》(Ithaca, 1977)。戴维·霍恩瑟尔,《从美国体系到批量生产:1800—1932》(Baltimore, 1984),“体系:理论与实践”,见奥托·迈尔 (Otto Mayr)与罗伯特·波斯特 (Robert Post)编《美国企业:美国制造业体系的崛起》(Washington, D. C. 1981)第127~152页。保罗·乌泽尔丁 (Paul Uselding),“经济史的技术研究”,见罗伯特·高曼 (Robert E. Gallman)编《商业与经济史研究中的新进展:赫尔曼·克鲁斯 (Herman E. Krooss) 纪念文集》(Greenwich, Conn., 1977)第159~219页。

专利

鲁珀特·古尔德 (Rupert T. Gould),《航海计时器》(London, 1960)。汉弗莱·奎尔 (Humphrey Quill),《约翰·哈里森:发现经度的人》(New York, 1966)。德里克·哈德森 (Derek Hudson)与肯尼斯·勒克赫斯特 (Kenneth W. Luckhurst),《皇家美术学会,1754—1954》(Lon-

don, 1954)。爱德加·伯克·因奴(Edgar Burke Inlow),《专利授予》(Baltimore, 1950)。布鲁斯·威利斯·巴格比(Bruce Willis Bugbee),《美国专利法与版权法的产生》(Washington, D. C., 1967)。摩根·舍伍德(Morgan Sherwood),“美国专利制度的起源和发展,”,见《美国科学家》第71期(1983)第500~506页。内森·罗森堡,《技术与美国经济的增长》(New York, 1972)。葛哈德·罗泽格(Gerhard Rosegger),《生产与革新的经济学》(Oxford, 1980)。达顿(H. I. Dutton),《工业革命时期1750—1852年间的专利制度与发明活动》(Manchester, 1984)。弗里兹·马克卢普,“专利与发明的尝试”,见《科学》第133期(1961)第1463~1466页。戴维·诺贝尔(David F. Nobel),《美国有意为之:科学、技术与公司资本主义的崛起》(New York, 1977)。泰勒与西尔贝斯顿(Z. A. Silberston),《专利制度的影响:对英国经验的研究》(Cambridge, 1973)。埃里克·希夫(Eric Schiff),《没有国家专利制度的工业化进程》(Princeton, 1971)。《苏联大百科全书》第3版,见“作者证书制”词条[格林戈尔(I. A. Gringol)撰写]。

工业研究实验室

伯纳尔(J. D. Bernal),《19世纪的科学与工业》(Bloomington, Ind., 1920)。乔治·迈耶-图罗(George Meyer-Thurow),“发明的工业化:以德国化学工业为例”,ISIS. 73(1982),第363~381页。约翰·约瑟夫·贝尔(John Joseph Beer),《德国染料工业的产生》(Urbana, Ill., 1959)。肯德尔·伯尔(Kendall A. Birr),“美国工业中的科学研究”,见戴维·凡·塔塞尔(David D. Van Tassel)与迈克尔·霍尔(Michael G. Hall)编《美国的科学与社会》(Homewood, Ill., 1966)。肯德尔·伯尔,《工业研究的先驱:通用电气公司研究实验记实》(Washington, D. C., 1957)。乔治·怀斯(George Wise),“职业科学家在工业中的新角色:通用电器的工业研究,1900—1916”,见《技术与文化》第21期

(1980)第408~429页。莉莲·霍德森(Lillian Hoddeson),“贝尔电报系统的基础研究的发轫,1875—1915”,见《技术与文化》第22期(1981)第512~544页。伦纳德·赖克(Leonard S. Reich),“欧文·朗缪尔(Irving Langmuir)与公司环境里的科技追求”,《技术与文化》第24期(1983)第199~221页;“科学”,见格伦·波特(Glenn Porter)编《美国经济史百科全书》第1卷(New York,1980);“工业研究与公司安全的追求,贝尔实验室早年的工作”,见《商业史评论》第54期(1980)第504~529页;“研究、专利与争夺对无线电的控制权的斗争:工业研究的用途之考察”,见《商业史评论》第51期(1977)第208~235页。威拉德·米勒(Willard F. Mueller),“杜邦公司重要产品和生产流程革新背后的基本发明的产生原由,1920—1950”,见国家经济研究局编《发明活动的速度与趋势:经济与社会因素》(Princeton,1962)。约翰·朱克斯,戴维·西维尔斯与理查德·斯蒂勒曼,《发明的源泉》,第2版,(London,1969)。

创新与文化

克拉克(G. N. Clark),《牛顿时代的科学与社会福利》(London,1949)。丹尼斯·海(Denys Hay),《波尔多尔·维吉尔》(London,1952)。弗兰西斯·培根(Francis Bacon),《The Great Instauration》,由温伯格(Weinberger)编(Arlington Heights, ILL., 1980)。保罗·罗西,《弗兰西斯·培根:从巫术走向科学》(London, 1968)。本杰明·法林顿(Benjamin Farrington),《弗兰西斯·培根,工业科学的哲学家》(New York, 1949)。克劳瑟(J. G. Crowther),《弗兰西斯·培根》(London, 1960)。伯纳德·刘易斯(Bernard Lewis),《穆斯林对世界的发现》(New York, 1982)。林恩·桑代克,“17世纪科学与医学中的新颖事物与对创新的追求”,见《思想史学刊》第12期(1951)第584~598页。伯里(J. B. Bury),《进步观》(New York, 1932)。莱斯利·斯克拉

(Leslie Sklair),《进步社会学》(London, 1970)。保罗·罗西《哲学、技术与现代早期艺术》(New York, 1970)。理查德·琼斯(Richard F. Jones),《古代的与现代的:17世纪英国科学运动的兴起之研究》(St. Louis, 1961)。克拉伦斯·格拉肯(Clarence J. Glacken),《罗得岛海边踪迹:西方思想中的自然与文化》(Berkeley, Calif., 1967)。威廉·莱斯(William Leiss),《自然的主宰》(New York, 1972)。小林恩·怀特,“我们的生态危机的历史根源”,见《科学》第155期(1967)第1203~1207页。

第五章 选择(1):经济因素与军事因素 导 论

菲利普·斯特德曼,《设计的演变》(London, 1979)。阿尔弗雷德·克鲁伯(Alfred L. Kroeber),《人类学》(New York, 1948)。

一 般 结 论

罗兰·盖拉特(Roland Gelatt),《令人称奇的留声机,1877—1977》,第2版(New York, 1977)。罗伯特·科诺,《一丝侥幸》(New York, 1979)。尼克·里昂斯,《索尼记实》(New York, 1976)。

经 济 约 束

内森·罗森堡,“市场需求对革新的影响”,见《暗箱之内:技术与经济学》(London, 1982)。

水 轮 与 蒸 汽 机

特里·雷诺兹,《强于百人:立式水轮史》(Baltimore, 1983)。莫里兹(L. A. Moritz),《古代器物中的磨坊与面粉》(Oxford, 1958)。罗

伯特·塞林(Robert H. J. Sellin),“Barbegal 法国罗马时代水力大磨坊”,见诺曼·史密斯(Norman Smith)编,《技术史——8周年专集》(1983)。小林恩·怀特,《中世纪的技术与社会发展》(London, 1962)。吉恩·金佩尔(Jean Gimpel),《中世纪的机器:中世纪的工业革命》(London, 1967)。刘易斯·亨特(Louis C. Hunter),《美国的动力史,1780—1930》,第1卷:蒸汽机世纪的水力(Charlottesville, N. C., 1979);“欧洲的阿巴拉契亚山脉的过去写真:南欧的水力磨坊”,见《技术与文化》第8期(1967)第446~466页。凡·坦兹曼(G. N. Von Tunzelman),《蒸汽动力与1860年前英国的工业化运动》(London, 1978)。

机械收割机

迈克尔·帕特里奇,《历代农具》(Reading, 1973)。威廉·哈钦森,《赛勒斯·霍尔·霍尔·麦考密克:准备期,1809—1856》,第1卷(New York, 1930)。赛勒斯·麦考密克,《收割机的世纪》(Boston, 1931)。文德尔(C. H. Wendal),《国际收割机公司的150年》(Sarasota, Fla., 1981)。西格弗里德·吉尔丁,《机械化所向披靡》(New York, 1969),第146~162页。保罗·戴维,“战前中西部的收割机械化运动”,见保罗·戴维编《技术选择、革新与经济增长》(London, 1975)第195~232页。琼斯(L. J. Jones),“机械收割的早期史”,见鲁珀特·霍尔与诺曼·史密斯编《技术史》(London, 1979)第4卷第101~148页。梅瑞尔·丹尼森,《收获的喜悦:马西·哈里斯的故事》(New York, 1949),第12页。

超音速运输

梅·霍威奇,《剪去翅膀:美国超音速运输之争》(Cambridge, Mass., 1982)。

军事需要

梅里特·罗·史密斯编,《军工企业与技术发展》(Cambridge, Mass., 1985)。威廉·麦克尼尔(William H. McNeill),《对权力的追求:公元1000年以来的技术,军队与社会》(Chicago, 1982)。约翰·内夫(John U. Nef),《战争与人类进步:论工业化文明的崛起》(Cambridge, 1950)。温特编,《战争与经济发展》(Cambridge, 1975)。迈克尔·谢里(Michael S. Sherry),《为下次战争作准备:美国战后国防计划,1941—1945》(New Haven, Conn., 1977)。

汽 车

詹姆斯·弗林克,《美国采用汽车,1895—1910》(Cambridge, Mass., 1970);《汽车文化》(Cambridge, Mass., 1975)。罗伯特·卡罗列维兹,《这就是卡车运输,商用汽车的头25年的图片资料史》(Seattle, 1966)。詹姆斯·华伦(James A. Wren)与吉纳维芙·华伦(Genevieve J. Wren),《美国的机动卡车》(Ann Arbor, 1979)。詹姆斯·豪斯顿(James A. Houston),《战争资源:军事后勤学,1775—1953》(Washington, D. C., 1966)。美国交通部,《美国的公路:1776—1976》(Washington, D. C., 1977)。

核 能

弗雷德里克·索迪(Frederick Soddy),《对镭的科学解释》(New York, 1912)。撒迪厄斯·特伦(Thaddeus J. Trenn),《自我分裂的原子——卢瑟福·索迪合作》(London, 1977)。威尔斯,《世界获释》,重印本(London, 1956)。史蒂芬·希尔加特纳(Stephen Hilgartner)。理查德·贝尔与罗里·奥康纳(Rory O'Connor),《核说话:核语言,核视界与

核思想方式》(San Francisco, 1982)。斯宾塞·沃特(Spencer R. Weart)与葛楚德·西拉德(Gertrude W. Szilard)编,《利奥·西拉德:他眼中的事实》(Cambridge, Mass., 1978)。汉斯·格雷策(Hans G. Graetzer)与戴维·安德生(David L. Anderson),《核聚变的发现:文献史》(New York, 1971)。理查德·休利特(Richard G. Hewlett)与小奥斯卡·安德生(Oscar E. Anderson Jr.)编,《新大陆,1939—1946》,第1卷;“美国原子能委员会的历史”(University Park, Penn., 1962)。杰拉德·克拉费尔德(Gerard H. Clarfield)与威廉·温采克(William M. Wiecek),《核美国:美国的军事与民用核能,1940—1980》(New York, 1984)。彼得·普林格尔(Peter Pringle)与詹姆斯·施皮格尔曼(James Spigelman),《核巨头》(New York, 1981)。理查德·休利特与弗朗西斯·邓肯,《核动力海军,1946—1962》(Chicago, 1974)。埃文·布普(Irvin C. Bupp)与让吉恩·克劳德·德里安(Jean-Claude Derian),《轻水,梦是如何消解的》(New York, 1978)。沃尔特·帕特森(Walter C. Patterson),《核能》,第2版(London, 1983)。罗伯特·佩里(Robert Perry)等,《轻水反应堆的开发和商业化,1946—1976》(R-2180-NSF)(Santa Monica, Calif., 1977)。温迪·艾伦(Wendy Allen),《发电用核反应堆:美国从1946年至1963年的开发》(R-2116-NSF)(Santa Monica, 1977)。丹尼尔·克夫尔斯(Daniel J. Kevles),《物理学家:现代美国一个科学家群体的历史》(New York, 1978)。

第六章 选择(2):社会因素与文化因素

技术与中国文化

李约瑟与Wang Ling,《中国的科学与文明》;6卷本(Cambridge, 1954—1984);《大滴定法:东方与西方的科学与社会》(Toronto, 1969);《传统中国社会中的科学》(Cambridge, 1981)。

印 刷 术

Tsu'en-hsuin Tsien,《在竹简和丝绸之上书写：中国书籍与刻字的起源》(Chicago, 1962)。托马斯·弗兰西斯·卡特(Thomas Francis Carter),《印刷术在中国的发明及其向西方的传播》,第2版,由卡里顿·古德里奇修订(New York, 1955)。科林·克莱尔(Colin Clair),《欧洲印刷史》(London, 1976)。斯坦伯,《印刷术五百年》(London, 1959)。伊丽莎白·爱森斯坦,《印刷机作为变革的媒体》,2卷本(Cambridge, 1979)。史蒂文森(A. Stevenson),“荷兰木版书500年记大事记”,见《大英博物馆季刊》第31期(1965)第85~89页。

火 药

内森·西汶(Nathan Sivin)编,《东亚的科学与技术》(New York, 1977)。卡罗·奇波拉,《枪炮、船帆与帝国》(New York, 1965)。威廉·麦克内尔,《追求权力》(Chicago, 1982)。卡罗·奇波拉,《钟表与文化,1300—1700》(New York, 1967)。

磁 罗 盘

泰勒(E. G. R. Taylor),《寻找避难所的艺术》(New York, 1971)。帕里(J. H. Parry),《勘测的时代》(Berkeley, Calif., 1981)。

中 国 文 化 的 停 滞

内森·西汶与中山茂(Shigeru Nakayama),《中国科学》(Cambridge, Mass., 1973)。内森·西汶,“为何科学革命未在中国发生——或竟然发生过?”,见埃弗里特·门德尔松编《科学中的变革与传统》(Cambridge, 1984)。马克·埃尔温(Mark Elvin),《中国过去的模式》(Stan-

ford, Calif., 1973)。约瑟夫·利文森 (Joseph R. Levenson),《儒家统治的中国及其现代命运》(Berkeley, Calif., 1958)。

时尚与时髦

气动铁路

汉密尔顿·埃利斯 (Hamilton Ellis),《英国铁路史 1830—1876》(London, 1954)。查尔斯·哈德费尔德 (Charles Hadfield),《气动铁路:维多利亚时代在默许下的一次冒险》(New York, 1968)。罗尔特,《伊桑巴德·金多姆·布鲁内尔传》(London, 1959)。彼得·海,《布鲁内尔:他在交通革命中的成就》(Reading, 1973)。阿尔弗莱德·帕格斯利爵士编,《伊桑巴德·金多姆·布鲁内尔作品选》(London, 1976)。德里克·贝克特 (Derrick Beckett),《布鲁内尔时代的英国》(Newton Abbott, 1980)。

核动力交通工具

约瑟夫·科恩 (Joseph J. Corn),《带翅的福音:美国对航空的热恋 1900—1950》(New York, 1983)。彼得·普林格尔与詹姆斯·施皮格尔曼 (James Spigelman),《核巨头》(New York, 1981)。彼得·梅茨格,《原子能科研与开发机构》(New York, 1972)。斯蒂芬·希尔加特纳 (Stephen Hilgartner) 与理查德·贝尔与罗里·奥康纳,《核说话》(San Francisco, 1982)。弗里曼·戴森 (Freeman Dyson),“一项工程的失败”,见《科学》第 149 期 (1965) 第 141~144 页;《侵扰宇宙》(New York, 1979)。赫伯特·约克 (Herbert York),《被人忘却的竞争》(New York, 1970)。亨利·兰布赖特 (Heny Lambright),《打下核飞机》(Syracuse, N.Y., 1967)。沃尔特·帕特森,《核能》(Harmondsworth, 1983)。克雷默 (A.W. Kramer),《商船的核动力装置》(Washington, D.C.,

1962)。戴维·卢希勒(David Kuechle),《“大草原”号轶事》(Cambridge, Mass., 1971);“美国的原子能动力商船研制始末”,见《美国新闻与世界报道》1971年8月16日第49版。戴维·森格尔(David E. Sanger),“家用电脑将迅速发展的预言未能实现”,见《纽约时报》1984年6月4日第1版。

抛弃与清除

里维斯(Rivers),“有用的艺术的消亡”,见《心理学与民族学》(New York, 1926)。乔治·库布勒,《时间的塑构:谈谈器物史》(New Haven, Conn., 1962)。马修·尼特基(Matthew H. Nitecki)编,《清除》(Chicago, 1984)。克里斯托弗·雷恩,“在中国,蒸汽机仍是铁路之王”,见《纽约时报》1984年10月10日第2版。尼尔·佩兰,《放弃枪炮:日本重新拾起刀剑,1543—1879》(Boston, 1979)。

非传统道路

手 工 具

保罗·凯巴比安(Paul B. Kebabian),《美国的木工工具》(Boston, 1978)。罗伯特·施皮尔(Robert F. G. Spier),《从人手而来》(Boston, 1970)。小馆俊男(Toshio Odate),《日本的木工工具》(Newtown, 1984)。

木版印刷:东方与西方

马歇尔·麦克卢汉,《谷登堡系列产品系》(Toronto, 1962)。戴维·兰德斯,《时间上的革命:钟表与现代社会的形成》(Cambridge, Mass., 1983)。卡德威尔,《西方技术史上的转折点》(New York, 1972)。托马斯·弗朗西斯·卡特,《印刷术在中国的发明及其向西

方的传播》第 2 版,由卡里顿·古德里奇修订 (New York, 1955)。郑天成,《在竹简和丝绸上书写:中国书籍与刻字的起源》(Chicago, 1962)。莫里斯·奥丹 (Maurice Audin),“印刷术”,见莫里斯·多马编《技术与发明史》第 2 卷 (New York, 1969)。乔纳森·斯宾塞 (Jonathan D. Spencer),《利马窦的宫中回忆》(New York, 1984)。亨德里克·弗维列特 (Hendrik D. L. Vervliet),《五千年来的书籍印制史》(London, 1972)。科林·克莱尔,《欧洲印刷史》(London, 1976)。李约瑟,《中国的科学与文明》,第 5 卷,第一部分:纸与印刷术 (Cambridge, 1985)。史蒂文森,《荷兰木版书五百年大事记》;见《大英博物馆季刊》第 31 期 (1965) 第 85~89 页。

铁路与运河

罗伯特·威廉·福吉尔,《铁路与美国经济的增长》(Baltimore, 1964);“铁路作为航空运输的竞争对手:从经济学角度考察”,见布鲁斯·马兹利希 (Bruce Mazlish) 编《铁路与航空开发项目》(Cambridge, Mass., 1965);“对社会储蓄争议的几点评论”,见《经济史评论》,第 39 期 (1979) 第 1~54 页。彼得·麦克伦兰,“交通运输”,见格伦·波特编《美国经济史百科全书》第 1 卷 (New York, 1980) 第 309~334 页。弗朗西斯·伊文斯 (Francis T. Evans),“公路,铁路与运河:19 世纪英国的技术选择”,见《技术与文化》第 22 期 (1981) 第 1~34 页。

蒸汽、电动和燃油车辆

詹姆斯·弗林克,《美国采用汽车,1895—1910》(Cambridge, Mass., 1970);《汽车文化》(Cambridge, Mass., 1975)。约翰·雷 (John B. Rae),《美国汽车发展简史》(Chicago, 1965)。理查德·沙伦伯 (Richard H. Schallenberg),《瓶装能源:电力工程与化学能源储蓄的演进》(Philadelphia, 1982)。艾伦·内文斯 (Allan Nevins),《福特:他的时

代,他自身与他的公司》第1卷(New York, 1954)。罗伯特·卡罗列维兹,《这就是卡车运输》(Seattle, Wash., 1966)。爱德华·拉·舒姆(Edward E. La Schum),《电动卡车》(New York, 1924)。查尔斯·麦克劳林(Charles C. McLaughlin),“斯坦利轮船:未成功的革新之研究”,见《企业史探索》第7期(1954)第37~47页。约翰·雷,“美国汽车工业中的工程师兼企业家”,见《企业史探索》第8期(1955)第1~11期。约翰·本特利,《旧时代蒸汽动力小汽车》(New York, 1969)。安德鲁·贾米森(Andrew Jamison),《蒸气动力汽车:对空气污染的对策》(Bloomington, Ind., 1970)。汽车工程师协会编,《能源与汽车》(New York, 1973)。斯图亚特·莱斯利,《老板凯特林》(New York, 1983)。内森·罗森伯,《暗箱之内:技术与经济学》(Cambridge, 1982)。

结语

兰登·温纳(Langdon Winner),《自主的技术》(Cambridge, Mass., 1977)。

第七章 结语:进化与进步

进化

兰登·温纳:《自主的技术》(Cambridge, 1977)。卡尔·马克思,《资本论》,第1卷,塞缪尔·莫尔与爱德华·埃夫林英译(New York, 1967)

技术进步

伯里,《进步观》(New York, 1932)。罗伯特·尼斯比特(Robert Nisbet),《进步观发展史》(New York, 1980)。莱斯利·史克莱,《进步

社会学》(London, 1970)。加布里埃尔·阿尔蒙德(Gabriel A. Almond), 马尔文·霍多罗(Marvin Chodorow)与罗伊·皮尔斯(Roy H. Pearce)编,《进步与对其不满的人》(Berkeley, 1982)。唐奈拉·梅多斯(Donella H. Meadows), 丹尼斯·梅多斯(Dennis L. Meadows), 约恩·兰德斯(Jørgen Randers)与威廉·贝伦斯Ⅲ(William W. Behrens III),《增长的极限》(New York, 1972)。约翰·马多克斯(John Maddox),《世界末日综合症》(New York, 1972)。戴维·皮门特尔(David Pimentel)与马西亚·皮门特尔(Marcia Pimentel),《食物,能源与社会》(New York, 1979)。萨莉·格林,《史前史学家:戈登·蔡尔德传》(Bradford-on-Avon, 1981)。戈登·蔡尔德,《人创造了人自身》(New York, 1951);《历史上发生了什么》(Baltimore, 1952);《进步与考古学》(London, 1944);《社会进化》(New York, 1951);《社会与知识》(London, 1956)。菲利斯·迪恩(Phyllis Deane),《第一次工业革命》(Cambridge, 1979)。

注释

第一章 多样性、需求和进化

1. 托马斯·J·施勒雷特(Thomas J. Schlereth),《美国物质文化研究》(Nashville, 1982),第2页。
2. 卡明斯(e. e. cummings),“可怜人类这等忙碌的怪物”,见《诗选,1923—1934》(New York, 1954),第397页。
3. 戴维·S·兰德斯(David S. Landes),《时间上的革命:钟表与现代社会的形成》(Cambridge, Mass., 1983),第6页。
4. 吉尔菲兰(S. C. Gilfillan),《发明社会学》(Cambridge, Mass., 1935, 1970重印本),第24页。

第二章 延续性与非延续性

1. 爱德华·W·康斯坦特(Edward W. Constant),《喷气式飞机革命的起源》(Baltimore, 1980),第19页。
2. 库克·泰勒(Cooke-Taylor)语,引自汤普森(E. P. Thompson)《英国工人阶级的形成》(New York, 1960),第190页。
3. 李约瑟(Joseph Needham),《中国和西方的伙计与匠人》(Cambridge, 1970),第202页。

4. 欧内斯特·布朗(Ernest Braun)与斯图亚特·麦克唐纳(Stuart Macdonald),《小型的革命》(Cambridge, 1982),第1页。
- 5.“晶体管”,贝尔实验室档案,26号(1948),第322页。
6. 托马斯·爱迪生(Thomas A. Edison)语,引自哈罗德·C·帕瑟(Harold C. Passer)撰“电灯与煤气灯:经济史上的革新及其延续性”,见《企业史探索》第1期(1949)第2页。
7. 出处同注6,第3页。
8. 杰西·S·詹姆斯(Jesse S. James),《美国早期的有刺铁丝专利》(Maywood, ILL., 1966),第3页。
9. 亨利·D·迈卡伦(Henry D. McCallum)及弗朗西斯·T·迈卡伦(Frances T. McCallum),《西部铁丝围篱》(Norman, Okla., 1965),第23页。
10. 约翰·洛克(John Locke),《论教育》(London, 1699),第272~273页。
11. 约翰·C·金布尔(John C. Kimball)语,引自约翰·F·卡松(John F. Kasson),《机器文明化》(New York, 1976),第153页。
12. 弗里德里希·恩格斯(Friedrich Engels),《英国工人阶级状况》,亨德森(W. O. Henderson)与查洛纳(W. H. Chaloner)英译(Oxford, 1971),第9页。

第三章 创新(1):心理因素与知识因素

1. 尤金·S·弗格森(Eugene S. Ferguson),“心灵之眼,技术中的非语言思维”,见《科学》第197期(1977)第829页。
2. 詹尼弗·坦恩(Jennifer Tann)与M·J·布雷肯(M. J. Breckin),“瓦特蒸汽机在全球的传播”,见《经济史评论》第31期(1928)第557页。
3. 戴维·J·杰里米(David J. Jeremy),“英国纺织技术向美国的传播:

- 以费城地区为例, 1770—1820”, 见《商业史评论》第 47 期(1973)第 26 页。
4. 卡罗·M·奇波拉(Carlo M. Cipolla), “技术革新在早期现代欧洲的传播”, 见《社会与历史比较研究》第 14 期(1972)第 47 页。
 5. “关于 M·D·帕潘发明的一些新机器的各种文献述评”, 见《伦敦皇家学会哲学学报》第 19 期(1697)第 482 页。
 6. 詹姆斯·克拉克·麦克斯韦(James Clerk Maxwell),《詹姆斯·克拉克·麦克斯韦科学论文集》,尼汶(W. D. Niven)编辑, 第 2 卷(Cambridge, 1890), 第 742 页。
 7. 休·G·J·艾特肯(Hugh G. J. Aitken),《调谐与控制放电装置——无线电的起源》(New York, 1976), 第 204~205 页。
 8. 弗里德里希·库里洛(Friedrich Kurylo)与查尔斯·萨斯金德(Charles Susskind),《费迪兰德·布朗》(Cambridge, Mass., 1981), 第 226 页。

第四章 创新(2): 社会经济因素与文化因素

1. H·G·巴尼特(H. G. Barnett),《革新: 文化发展的基础》(New York, 1953), 第 49 页。
2. 卡尔·马克思(Karl Marx),《共产党宣言》,选自:索尔·K·帕多夫(Saul K. Padover)编选,《论革命》,第 1 卷(New York, 1972), 第 83 页。
3. 卡尔·马克思(Carl Marx),《资本论》,第 1 卷,塞缪尔·莫尔与爱德华·埃夫林英译(New York, 1967), 第 436 页。
4. H·J·哈巴卡克(H. J. Habakkuk),《19 世纪的美国技术和英国技术》(Cambridge, 1967), 第 99 页。
5. 摩根·舍伍德(Morgan Sherwood),“美国专利制度的起源和发展”,见《美国科学家》第 71 期(1983)第 501 页。
6. 弗里兹·马克卢普(Fritz Machlup)语,引自葛哈德·罗泽格(Gerhard

- Rosegger)《生产与革新的经济学》(Oxford, 1980)第190页。
7. 苏联大百科全书, 第3版, “作者证书”词条[由格兰戈尔(I. A. Gringol)撰写。]
 8. 马修·约瑟夫森(Matthew Josephson),《爱迪生》(New York, 1959), 第133~134页。
 9. E·W·赖斯(E. W. Rice)语,引自肯德尔·伯尔(Kendall Bain)《工业研究的先驱》(Washington, D. C., 1957)第31页。
 10. 伦纳德·S·赖克(Leonard S. Reich),“研究、专利与争取无线电控制权的斗争”,见《商业史评论》第51期(1977)第231页。
 11. 威拉德·F·米勒(Willard F. Mueller),“杜邦的主要产品与工艺革新背后的基础发明的来源,1920—1950”,见国家经济研究院编《发明活动的速度和趋势:经济与社会因素》(Princeton, 1962)第323页。
 12. 伯纳德·刘易斯(Bernard Lewis),《穆斯林对欧洲的发现》(New York, 1982),第224页。
 13. 林恩·桑代克(Lynn Thorndike),“17世纪科学与医学中的新发现与创新追求”,见《思想史学刊》第12期(1951)第598页。
 14. 弗兰西斯·培根(Francis Bacon),《新工具》,第2册,第31条箴言。

第五章 选择(1):经济因素与军事因素

1. 罗伯特·科诺特(Robert Conot),《一丝侥幸》(New York, 1979),第245页。
2. 罗伯特·F·卡罗列维兹(Robert F. Karolevitz),《这就是卡车运输》(Seattle, 1966),第65页。
3. 出处同上。
4. 杰拉德·H·克拉费尔德(Gerard H. Clarfield)与威廉·M·温采克

(William M. Wiecek),《核美国》(New York , 1984), 第 22 页。

第六章 选择(2):社会因素与文化因素

1. 查尔斯·哈德菲尔德 (Charles Hadfield),《气动铁路》(New York , 1968), 第 73 页。
2. 弗里曼·戴森 (Freeman Dyson),《侵扰宇宙》(New York , 1979), 第 115 页。
3. 罗伯特·福格尔 (Robert Fogel),《铁路与美国经济的增长》(Baltimore , 1964), 第 8 页。
4. 兰登·温纳 (Langdon Winner),《自主的技术》(Cambridge , Mass . , 1977), 第 296 页。

第七章 结语:进化与进步

1. 卡尔·马克思 (Carl Marx),《资本论》,第 1 卷,塞缪尔·莫尔与爱德华·埃夫林英译 (New York , 1967), 第 372 页。
2. 戈登·蔡尔德 (V. Gordon Childe),《社会进化》(New York , 1951), 第 9 页。
3. 戈登·蔡尔德 (V. Gordon Childe),《人创造了人自身》(New York , 1951), 第 186 页。
4. 出处同上,第 19 页。

术语、姓氏英汉对照

Aesop	伊索
agriculture	农业
modern—	近代或现代
primitive—	原始
airplane	飞机
Aitken, Hugh G. J.	休·G·J·艾特肯
Alexander, Christopher	克里斯托弗·亚历山大
alphabet blocks	字母积木
alternative paths	其他途径
American system of manufacturing	美国的制造业体系
analogies, organic-mechanical	生物-机械类比
animal kingdom	动物王国
animal tool use	动物使用工具
Aristotle	亚里士多德
Arkwright, Richard	理查德·阿克莱特
artifact	人造物
hand-crafted	手工制造的
mass-produced	批量生产的
Atoms for Peace	和平利用原子能
Australian aborigines	澳大利亚土著居民

automobile	汽车
electric	电动
gasoline	汽油
steam	蒸汽
axe	斧
Bachelard , Gaston	加斯东·巴歇拉尔
Bacon , Francis	弗兰西斯·培根
Bacon , Roger	罗吉尔·培根
Bardeen , John	约翰·巴丁
baskets	篮子
Bell , Alexander Graham	亚历山大·格雷厄姆·贝尔
Bell laboratories	贝尔实验室
beverage can	饮料罐
bicycle	自行车
book-writing machine	写书机
Boulton , Matthew	马修·博尔顿
bow and arrow	弓与箭
Brattain , Walter H.	沃尔特·H·布里顿
Braun , Ferdinand	费迪南德·布朗
Brittain , James E.	詹姆斯·E·布里顿
Bruland , Tine	泰因·布鲁兰
Brunel , Isambard K.	伊桑巴德·K·布鲁内尔
Bunzel , Ruth L.	鲁思·L·邦泽尔
Butler , Samuel	塞缪尔·勃特勒
calculators , mechanical	机械计算器
camel	骆驼
camera	照相机
canals	运河
canoe	独木舟

Capek , Karel	卡雷尔·恰佩克
Cardwell , D . S . L .	卡德韦尔
Carelman , Jacques	雅克·克尔曼
change , cumulative	累积的变革
chemistry , organic	有机化学
Childe , V . Gordon	V·戈登·蔡尔德
classification	分类
clock , mechanical	机械钟
Coalbrookdale , England	英国煤溪谷
compass , magnetic	磁罗盘
computer	计算机
Constant , Edward W .	爱德华·W·康斯坦特
continuity (case studies)	延续性(实例研究)
barbed wire	有刺铁丝
book-writing machine	写书机
cotton gin	轧棉机
Edison's lighting system	爱迪生照明系统
electric motor	电动机
steam and internal combustion engines	蒸汽机和内燃机
stone tool	石器
transistor	晶体管
continuity , concept	延续的概念
Cooke-Taylor , W .	W·库克-泰勒
cooking	烹调
cotton gin	轧棉机
Whitney , charka	惠特尼“手纺车”
Crochett , Thomas	托马斯·克罗切特
Crompton , Samuel	塞缪尔·克朗普顿
Crookes , Sir William	威廉·克鲁克斯爵士

cummings , e . e .	e . e . 卡明斯
Darwin , Charles	查尔斯·达尔文
Daumas , Maurice	莫里斯·多马
David , Paul A .	保罗·A·戴维
De Forest , Lee	李·德弗雷斯特
design process	设计过程
detector , crystal	晶体检波器
Diaz , May N .	梅·N·狄亚茨
Diderot , Denis	丹尼斯·狄德罗
Dillon , Sidney	西德尼·狄龙
dirigibles	可驾驶的飞艇
discard	抛弃
discontinuity	非延续性
diversity	多样性
dreams , technological	技术梦想
Du Pont Company	杜邦公司
duration , intermittent	间歇性持续时间
Dyson , Freeman J .	弗里曼·J·戴森
Eastman , Kodak	科达·伊斯特曼
Edison , Thomas A .	托马斯·A·爱迪生
Einstein , Albert	阿尔伯特·爱因斯坦
Eisenhower , Dwight D .	德怀特·D·艾森豪威尔
electricity	电
electromagnetic waves	电磁波
electromagnetism , discovery of	电磁现象的发现
Ellwood , Isaac L .	艾萨克·L·埃尔伍德
Engels , Friedrich	弗里德里希·恩格斯
Ericsson , John	约翰·埃里克森
Evans , Oliver	奥利弗·埃文斯

evolution	进化
organic	生物进化
technological	技术演化
extinction	清除
extrapolations , technological	技术推断
fantasies , popular technological	普通的技术幻想
Faraday , Michael	迈克尔·法拉第
Federal Aviation Agency (FAA)	联邦航空局
fence	篱笆,围栏
barbed wire	带刺铁丝
hedge row	树篱
smooth wire	无刺铁丝
stone or wood	石头或木头
Ferguson , Eugene S .	尤金·S·弗格森
Fermi , Enrico	恩里科·费米
fire	火
firearms : in Japan	日本的火器
Firth , Raymond	雷蒙德·费思
Fleming , John A .	约翰·A·弗莱明
Flink , James J .	詹姆斯·J·弗林克
flour mill , automatic	自动化面粉厂
Fogel , Robert W .	罗伯特·W·福格尔
Ford , Henry	亨利·福特
Fulton , Robert	罗伯特·富尔顿
Galilei , Galileo	伽利略·伽利略
General Electric Company	通用电器公司
generator , electric power	发电机
Gilligan , S . C	S·C·吉尔菲兰
Gille , Paul	保罗·吉勒

Glidden, Joseph F.	约瑟夫·F·格利登
Goldberg, Rube	鲁布·戈德堡
grain mills	磨坊
Great Exhibition of 1851	1851年万国工业博览会
Greenwalt, Crawford H.	克劳福德·H·格林沃尔特
Groves, General Leslie R.	莱斯利·H·格罗夫斯将军
Guericke, Otto von	奥托·冯·盖吕克
gunpowder	火药
Gutenberg, Johann	约翰·谷登堡
Habakkuk, H. J.	H·J·哈巴卡克
Haish, Jacob	雅各布·海施
hammers	锤子
Hargreaves, James	詹姆斯·哈格里夫斯
Henry, Joseph	约瑟夫·亨利
Hertz, Heinrich	海因里希·赫兹
Hicks, John R.	约翰·R·希克斯
Hindle, Brooke	布鲁克·欣德尔
Hornans, George C.	乔治·C·霍曼斯
Bomo faber	造物者
Bomo ludens	游戏者
Homblower, Josiah	乔赛亚·霍恩布洛尔
Horwitch, Mel	梅尔·霍威奇
hot air engine	热气发动机
Hughes, Thomas P.	托马斯·P·休斯
Huguenots	胡格诺派教友
Hygens, Christiaan	克里斯蒂安·惠更斯
industrial espionage	工业间谍活动
industrial research laboratories	工业研究实验室
Industrial Revolution	工业革命

innovation , routine	例行革新
Insull , Samuel	塞缪尔·英萨尔
integrated circuit	集成电路
internal combustion engine	内燃机
invention	发明
cumulative	累计
synthesis , approach to	综合考察法
heroic theory of	英雄论
potential for	潜力
psychological aspects of	心理方面
as social process	作为社会过程
inventions	发明
capital goods	资本货物
labor-saving	节省劳力及减轻劳动的
and play	与游戏
selection of	选择
inventor	发明者
corporate	共同的
as entrepreneur	作为企业家
heroic	英雄主义的
independent	独立的
modern	现代的
Renaissance in U . S . S . R .	文艺复兴在苏联
Jeremy , David J .	戴维·J·杰里
Jervis , John B .	约翰·B·杰维斯
Johnson , Lyndon B .	林登·B·约翰逊
journalism , scientific/technical	科学/技术新闻
Kay , John	约翰·凯
Kelly , Michael	迈克尔·凯利

Kennedy , John F.	约翰·F·肯尼迪
Kepler , Johannes	约翰尼斯·开普勒
knowledge	知识
scientific	科学的
technological	技术的
Kroeber , Alfred L.	阿尔弗莱德·L·克虏伯
Kubler , George	乔治·库布勒
Kuhn , Thomas S.	托马斯·S·库恩
Kyeser , Conrad	康拉德·凯泽
Landes , David S.	戴维·S·兰德斯
language	语言
Laplace , Pierre-simon de	皮埃尔-西蒙·德·拉普拉斯
Lenoir , Jean Joseph Etienne	让·约瑟夫·艾蒂安·勒努瓦
Leonardo da Vinci	列奥那多·达·芬奇
light bulb , incandescent	白炽灯泡
lighting systems	照明系统
Locke , John	约翰·洛克
locomotive , steam	蒸汽机车
Lodge , Sir Oliver	奥利弗·洛奇爵士
Lodygin , A . N .	A·N·洛德金
Lombe , John	约翰·洛姆
Lombe , Sir Thomas	托马斯·洛姆爵士
McCormick , Cyrus H .	赛勒斯·H·麦考密克
machine tools	机械工具
machines	机器
imaginary	想象的
impossible	不可能有
fantastic	空想的
perpetual motion	永动的

McLuhan , Marshall	马歇尔·麦克卢汉
Marconi , Guglielmo	古利尔莫·马可尼
Martinez , Julian and Maria	朱利安和玛丽·马丁内茨
Marx , Karl	卡尔·马克思
materials , new	新材料
Maxwell , James Clerk	詹姆斯·克拉克·麦克斯韦
Mesopotamia	美索不达米亚
metaphor	隐喻
Morse , Samuel F. B.	塞缪尔·F·B·莫尔斯
motor , electric	电动机
motor truck	机动卡车
Mueller , W. F.	W·F·米勒
nature , conquest of	征服自然
naturfact	自然物
necessity	需求
Needham , Joseph	李约瑟
needs : fundamental , perceived	需要：基本的，预期的
Neolithic	新石器时代的
Newcomen , Thomas	托马斯·纽可门
Nixon , Richard M.	理查德·M·尼克松
novelty	创新
artifactual diversity	人造物的多样性
culture	文化
economic incentives	经济刺激
excess of	过度的
fantasy	幻想
hand - crafted artifact	手工作造物
industrial conflict	工业的冲突
industrial research laboratories	工业研究实验室

Islam	伊斯兰
knowledge	知识
labor scarcity	劳动力短缺
market demand	市场需求
patents	专利
play	游戏
psychological factors	心理因素
rejection of	抗拒
resource scarcity	资源贫乏
socioeconomic factors	社会经济因素
nuclear airplane	核动力飞机
nuclear energy	核能
Manhattan project	曼哈顿计划
reactors	反应堆
Shippingport generating station	西宾波特发电站
nuclear merchant ship	核商船
nuclear rocket	核火箭
nuclear submarine	核潜艇
Oersted , Hans Christian	汉斯·克里斯琴·奥斯特
Ogburn , William F .	威廉·F·奥格本
O'Neale , Lila M .	莱拉·M·奥尼尔
Ortega Y Gasset , José	何塞·奥特加·Y·加塞特
Orwell , George	乔治·奥威尔
Osage orange	桑橙
Otto , Nikolaus A .	尼柯劳斯·A·奥托
Page , Charles G .	查尔斯·G·佩奇
Paleolithic culture	旧石器时代文化
paper	纸
Papin , Denis	德尼·帕潘

Parke-Davis	帕克 - 戴维斯
Pascal, Blaise	布莱兹·帕斯卡
patent system	专利制度
patents	专利
diversity	多样性
Great Britain	英国
inventor	发明者
Netherlands	荷兰
Switzerland	瑞士
U.S.A.	美国
U.S.S.R.	苏联
Perkin, William H.	威廉·H·珀金
Perry, Commodore Matthew C.	马修·C·佩里司令
Pershing, General John J.	约翰·J·潘兴将军
phonograph	留声机
Pitt-Rivers, General Augustus Henry	奥古斯托·亨利·皮特 - 里弗斯将军
plastics	塑料
play and technology	游戏与技术
pneumatics	气体动力学
Popov, A. S.	波波夫
pottery	陶器
prehistory	史前史
Printing	印刷
typography	活版印刷术
xylography (block printing)	木版印刷
progress	进步
organic evolution	生化进化
technological	技术的(进步)
Prometheus	普罗米修斯

radio telegraphy	无线电报
railroad	铁路
atmospheric	气动的
India	印度的
Ramelli, Agostino	阿哥斯蒂诺·拉梅利
reaper, mechanical	机械收割机
reaping hand	收割手
recorder, magnetic-tape	磁带录音机
revolution	革命
scientific	科学的
technological	技术的
Reynolds, Terry S.	特里·S·雷诺兹
Ricci, Matteo	利玛窦
Rickover, Admiral Hyman G.	海曼·G·里科弗上将
rifles	步枪
Righi, Augusto	奥古斯托·里吉
Rivers, W. H. R.	里弗斯
Robinson, W. Heath	W·希思·鲁滨逊
Roosevelt, Franklin D.	弗兰克林·D·罗斯福
Rose, Henry M.	亨利·M·罗斯
Rosenberg, Nathan	内森·罗森堡
saw, Japanese hand	日本手锯
Schiff, Eric	埃里克·希弗
Schnookler, Jacob	雅各布·施莫克勒
Schuyler, Colonel John	约翰·斯凯勒上校
science fiction	科幻小说
scythe	镰刀
selection	选择
artifactual and natural compared,	人为和自然选择的比较

in Chinese culture	在中国文化里
economic constraints	经济限制
fads and fashions	时尚与时髦
military necessity	军事需求
unconscious	无意识的
semiconductor	半导体
ship	船
Shockley, William	威廉·肖克利
Silberston, Z. A.	Z·A·西尔伯斯顿
silk production	丝绸生产
skeuomorph	遗留赘物
sledge	滑橇
Smiles, Samuel S.	塞缪尔·S·斯迈尔斯
Sony	索尼
Sparks, Samuel	塞缪尔·S·斯帕克斯
species	种类
organic	生物的
technological	技术的
Spencer, Herbert	赫伯特·斯宾塞
spinning mule	走锭精纺机
Stagenkunst	活动连杆装置
Stanley steamers	斯坦利轮船
steamboat	汽船
American	美国的
in india	在印度
steam engine	蒸汽机
diffusion of	传播
Newcomen (atmospheric)	纽可门(常压的)
Watt	瓦特

Stirling , Robert	罗伯特·斯特林
supersonic transport (SST)	超音速运输
Swan , Sir Joseph W .	约瑟夫·W·斯旺爵士
Swift , Jonathan	乔纳森·斯威夫特
Szilard , Leo	利奥·西拉德
Taintner , Charles S .	查尔斯·S·泰特纳
Taylor , C . T .	C·T·泰勒
Taylor , Theodore	西奥多·泰勒
technology	技术
autonomous	自主的
Chinese	中国的
military	军事的
prehistoric	史前的
technology transfer	技术传播
environmental influences	环境影响
imperialism	帝国主义
India	印度
migration	移民
textile technology	纺织技术
telegraphy , India	印度电报
television	电视
textile machinery	纺织机械
Theatrum machinarum	机器大观
Thorndike , Lynn	林恩·桑代克
Tikopia	蒂科皮亚(岛)
tools	工具
hand	手工
metal	金属
stone	石器

Torricelli , Evangelista	埃万杰利斯塔·托里拆利
transistor	晶体管
Japan	日本
junction type	接连型
point - contact type	点触式
radio	收音机
turbojet engine	涡轮喷气发动机
typewriter	打字机
Usher , Abbott P .	阿博特·P·厄舍尔
utility	应用
vacuum tube	真空管
variations , random	随机变化
Vergil , Polydore	波尔多尔·维吉尔
Verne , Jules	儒勒·凡尔纳
Villa , Pancho	潘科·维亚
Villard d'Honnecourt	维拉德·杜纳贺
visions , technological	技术幻想
watch , digital	电子表
waterwheel	水轮
Antiquity	古代
Middle Ages	中世纪
post - Renaissance	文艺复兴以后
Watt , James	詹姆斯·瓦特
Wells , H . G .	H·G·威尔斯
Western Electric	西部电气公司
wheel	轮子
White Jr . , Lynn	小林恩·怀特
Whitney , Eli	伊莱·惠特尼
windmill	风车

Winner, Langdon	兰登·温纳
wireless telegraphy	无线电报
wood-carvers, African	非洲木雕艺人
wool-combing	羊毛精梳
World War I	一战
World War II	二战
Wright, Orville and Wilbur	奥威尔·莱特与威尔伯·莱特
Yurok-Karok Indians	尤罗克-卡洛克族印第安人
Zonca, Vittorio	维托里奥·宗卡