

科学的历史与哲学丛书

总顾问：曹效业 潘教峰

主 编：袁江洋

早期的富兰克林学会

(1824-1837)

董亚峥 袁江洋 / 著



科学出版社

科学的历史与哲学丛书

总顾问：曹效业 潘教峰

主 编：袁江洋

早期的富兰克林学会 (1824-1837)

董亚峥 袁江洋 / 著

科学出版社

北 京

图书在版编目(CIP)数据

早期的富兰克林学会：1824~1837/董亚峥，袁江洋著．—北京：
科学出版社，2015.1

(科学的历史与哲学丛书)

ISBN 978-7-03-042313-9

I. ①早… II. ①董… ②袁… III. ①物理学-学会-历史-美国-
1824~1837 IV. ①04-267.12

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 251446 号

丛书策划：侯俊琳

责任编辑：邹 聪 刘巧巧 / 责任校对：钟 洋

责任印制：赵德静 / 封面设计：黄华斌 陈 敬

编辑电话：010-64035853

E-mail: houjunlin@mail.sciencep.com



科学出版社 出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码：100717

http://www.sciencep.com

三河市骏杰印刷有限公司 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2015年1月第 一 版 开本：720×1000 1/16

2015年1月第一次印刷 印张：11 3/4

字数：214 000

定价：68.00 元

(如有印装质量问题，我社负责调换)

总 序

这里呈现的是一个无形学院十余年持续进行的一系列研究及成果。这个无形学院的大本营是中国科学院自然科学史研究所科学文化研究中心，其成员现在分属不同的学术机构。有关工作始于这样一种构想：将哲学的思考与历史的探究密切结合在一起，在长时段的历史时空中理解科学及其历史。

在这种长时段的视角中，我们可以找到两条相互交织的研究线索，其一是科学思想的发展历程，其二是科学实践的制度化进程。在第一个维度上，我们可以在柯瓦雷（A. Koyrè）的科学思想史研究纲领、霍尔顿（J. Holton）的“基旨分析”，乃至在文德尔班（W. Windelband）关于“人类思想的永恒结构”的探讨中找到编史灵感；同时，也可以在默顿（R. K. Merton）社会学研究的“中层策略”中发见基于学科史的研究界面，如以物理学史、化学史等学科史为基础展开哲学思考，并将对于科学的哲学思考建立在这种思考之上。从科学编史学思考上升至科学哲学思考，这意味着，要回到原点重新思考一切问题，甚至有必要对科学哲学关于科学发现的概念框架进行系统更新。

在思想史中，我们尝试沟通思想史方法与社会史方法，探讨新的综合的进路。通过引入“SMV 分析”（S: Science; M: Metaphysics or Methodology; V: Value analysis），我们尝试解析个人、群体乃至整个文化的知识传统及相关的科学传统。无论是对于一个像牛顿这样的“完整的人”，还

是对于完整的科学家群体或科学文化，通过比较不同的思想家、不同的群体及不同的文化之间在 S、M、V 这三个界面上的差异，理解相关的历史互动进程。这种做法实际上预设这样一个前提，任何人类社会均是知识社会，只是不同社会或文化在不同时期对知识的类型有不同偏好。西方的知识传统中历来容纳着一个具有系统和相对独立意义的科学传统，而在古代中国，科学技术缺乏这种系统性，不存在与西方自然哲学相对应的完整的自然知识体系。最近，我们做了一个科学文化史的系统研究方案，对“人文传统”进行分类，借鉴柏拉图情感、理性、意志三分法，识别三类人文传统。其中，以理性为特征的人文文化及相关传统，与我们通常所说的科学文化及科学传统，在本质上是完全一致的，如启蒙运动以科学为典范。在此意义上，科学本身即是一种人文。

越出思想史界面，从哲学思考角度重置思考与分析进路，需以库恩、哈金（Ian Hacking）这样的当代科学哲学家乃至后现代相对主义论者为参照，而不仅仅是在由霍尔顿、默顿、萨顿（G. Sarton）、柯瓦雷等史学思想家构成的学术语境中思考问题。当然，作为职业科学史学者，我们从来就不曾怀疑，在科学理论（指可演绎出可观察语句的理论）的背后，存在着一套形而上学的东西，这些东西，从科学史角度看，可谓根深蒂固、经久不变。它们是科学理论之母，可以保护理论，也可以孕育新理论。

转入科学史-科学哲学的综合思考，我们有以下一些明确的目标：

（1）它要为实验正名，因此需要分析实验在哲学思考中、在历史上兴起与失落的过程，需要探讨 20 世纪以“假说-演绎模式”为核心来发展的科学哲学思潮，探讨何以由此走向相对主义。

（2）它要回避简单回到逻辑经验主义老路的做法，因此，它从一开始便承认“观察渗透理论”，但却不认同“范式不可通约论”，因此，它要回答何以跨范式、跨 style 乃至跨文化理解是可能的——在此方面，我们可以以外部世界同一性及卡尔纳普“相似性原理”为参考资源，而且是必要的——因为这类理解和思考是创新的源泉。

（3）它要从着重探讨空间上并置的“科学共同体”转向在长时段历史上的“学术思想谱系”，同时，要将科学-创新进程理解为“多主体游戏”，以“学术联合体”概念替代“共同体”。

（4）它要基于学科史上的重要案例，揭示形而上学的长时段的历史作用。这些形而上学，是人类探索自然现象及过程的基本的智力底座，没有它们，连外部世界的同一性和统一性都无法为人类思想者所意识到，也就

没有自然哲学，没有物理学、化学了。落实在学科史的界面上，如在化学史上，我们便可以看到元素论化学和原子论化学这两大化学传统（我们称之为元化学理论），自古希腊以降，这两大传统及相关实践相互交织、相互砥砺，终于在拉瓦锡（A. L. Lavoisier）、道尔顿（J. Dalton）时代导致了现代化学学科的诞生。光学史及其他许多学科史上亦存在类似现象。

（5）它要揭示在理论缺位（前科学时期、科学理论更替期等）情形下，正是这些元科学理论引导着相关的实验探索，使之不致成为一盘散沙，由此，要研究或然性的“猜想”“推理”过程，如最佳说明推理（皮尔士“溯因推理”）等，借以说明人的智慧与人的经验探索之间的互动过程。

（6）它要对实验探索进程作系统理解，区分实验的类型、层次（可将实验层次分为“知其然”与“知其所以然”两个层面，下属各类平行实验、对照实验、探究性实验等），描述“实验的精致化进程”；它要恢复实验的判决性意义，以实验系统（而非单个实验，如单个可观察语句的检验）的整体支持与反驳来解释科学理论的接受或遭受拒斥的过程。

（7）还有，它要以历史为指归，要越过“史料的雷区”，在一系列的案例研究中站住脚跟，到目前为止，我们所研究的案例涉及波义耳（R. Boyle）、牛顿（I. Newton）、拉瓦锡、麦克斯韦（J. C. Maxwell）、海森伯（W. K. Heisenberg）与玻尔（N. Bohr）等。

这套丛书的一半内容就是表现上述科学思想史-科学哲学探究进程的部分结论的。还有一半的内容用于呈现我们关于科学制度化进程研究的结果。

制度化研究通常属于社会学范畴，但这套丛书旨在从历史角度来考察制度化进程。历史方法就社会学研究而言，本来就是一种基本方法，与经验调查方法相当，如《金枝》《17世纪英格兰科学技术与社会》等作品均大量使用历史手法。

社会学中的制度研究主要涉及人才、资源、评价、互动机制等方面的制度，描述其结构与功能，并通过经验调查来呈现研究者的理论构造。历史视角下的“制度化进程”当然也涉及前述内容，但视角变化后，我们主要研究科学制度化进程的不同相态、动因及深层理念的制度表达。

现代科学的制度化进程，从历史角度看，可分为四个相互交错的相态，其一是科学技术学会的出现与发展，在此方面，可进一步细分为三个子类：以科学为主的（如皇家学会）、以技术为主的（如富兰克林学会），以及科学-技术兼顾型的（如月光社）学会；其二是现代科学诸学科的建立与发展（我们的研究只涉及化学学科）及相关社会化进程；其三是科学的国家化进

程，所谓科学的国家化进程，系指科学作为子系统整合于国家机器之中并形成科学—技术—经济—军事—文化综合体的进程，在此进程中，科学系统的独立性和自主性往往随之下降；其四是超国家界面的科学，如苏东阵营、欧盟的科学技术体系以及国家之间合作兴办的科学事业。

除分相态研究外，丛书还包括一本带有论述制度化进程及动因的理论著作。它试图说明，科学传统总是生长于更广泛的知识传统之中，由于各种文化传统相异，科学传统的发展路径亦相异；近代科学传统是世界文化长期汇聚之果；科学原发国家与后发国家的科学发展机制及路径相异；科学制度化进程不同相态在时间始于不同历史时段，其具体制度特征与相应的社会-文化与境及时代特征有关；科学制度化的动因可分为三种基本类型，一者以求真为直接目标（如近代科学）、一者以致用为直接目标（如宗教、医疗）、另一者兼顾前二者，或表述为“求真+致用”（学院科学），或表述为“致用+求真”（国家科学）。

近年来，我们的研究受到了中国科学院的纵向支持，有关课题包括“现代科学技术制度化进程研究”及“重大原始科学创新的哲学基础和思想方法论”等。在此我们要对中国科学院给予课题支持表示诚挚谢意！

袁江洋

2014年11月19日于北京中关村东路55号

前言

19 世纪是美国工业化的世纪，在这 100 年的时间里，美国从农业国发展成为世界第一工业大国。这一过程是科学、技术、社会相互促进、共同发展的过程，是美国科学文化建立的过程。1824 年成立于费城的富兰克林学会在这一过程中，围绕实用知识的生产和使用，开展了多种形式的普及科技知识活动，促进知识的生产和使用相结合，科学家、技术家和工业家的结合，知识与资本的结合，开发、引进新工业产品满足社会需要，最终促进科学、技术、工业与社会的共同发展。富兰克林学会的历史可以展现出美国尤其是费城工业化的具体进程，展示出从“科学技术”到“工业”的知识得以产生和应用的复杂过程，展示出科学体制化的重要方面，是研究科学、技术、社会共生共变的典型例子，对于理解工业化、科学体制化、科学文化大有裨益。

目 录

总 序 / i

前 言 / v

第一章 绪 论 / 1

一、被忽视的富兰克林学会 / 1

二、探寻富兰克林学会的意义 / 4

三、富兰克林学会最有代表意义的时期:1824~1837 年 / 11

第二章 富兰克林学会的成立 / 13

一、富兰克林学会成立的时代背景 / 13

二、富兰克林学会的建立 / 27

三、富兰克林学会成立时的会员结构 / 31

四、富兰克林学会的章程和组织形式 / 32

第三章 教育 / 35

一、讲座 / 36

二、学校教育 / 43

三、教育活动的意义 / 53

第四章 展览会 / 61

一、第一届展览会 / 63

二、对富兰克林学会展览会的相关报告的分析 / 68

三、对展览会的实际作用的评价 / 75	
四、学会对展览会的态度 / 77	
第五章 《富兰克林学会杂志》和评审发明工作 / 79	
一、对技术的直接需求 / 79	
二、英美两国专利制度简介 / 83	
三、富兰克林学会与专利局关于公开专利文献之争 / 86	
四、《富兰克林学会杂志》的专利宣传工作 / 87	
五、《富兰克林学会杂志》的技术传播活动 / 91	
六、富兰克林学会的评审发明工作 / 95	
第六章 技术研究：水车效率试验和蒸汽锅炉试验 / 102	
一、水车效率试验 / 102	
二、蒸汽锅炉试验 / 107	
第七章 富兰克林学会与机械师学会运动 / 114	
一、富兰克林学会在 19 世纪的主要工作 / 114	
二、富兰克林学会与英国的机械师学会的不同 / 116	
三、富兰克林学会和美国机械师学会运动 / 117	
第八章 富兰克林学会 1824~1837 年的核心成员分析 / 124	
第九章 富兰克林学会与工业化 / 130	
一、富兰克林学会在费城工业化进程中的地位和作用 / 130	
二、富兰克林学会与费城科学文化 / 137	
第十章 结语 / 142	
附 录 / 147	
附录一 学会核心成员简介 / 147	
附录二 自然哲学教授约翰逊在 1828 年 11 月 19 日的讲座 发言稿 / 154	
附录三 1826 年高中课程表 / 159	
附录四 1828 年第五届和 1835 年第九届展览会的获奖名单 / 161	
附录五 《富兰克林学会杂志》内容简介 / 162	
附录六 评审发明工作明细 / 164	
附录七 1825 年、1828 年和 1833 年展览会的设奖目录 / 169	
参考文献 / 175	

第一章

绪论

一、被忽视的富兰克林学会

1824年，在英美两国的机械师学会运动（the Mechanics' Institute^① Movement）之中，富兰克林学会（the Franklin Institute）于美国费城成立。作为一个由科学家、技术专家、工业家、教育家等组成的团体，富兰克林学会利用费城乃至美国经济和社会发展的契机，围绕社会对实用知识的需求，开展了一系列的活动，包括科技教育、工业展览会、科技研究、出版杂志等，为费城和美国工业化及科学文化的成熟发展做出了独特贡献。富兰克林学会一直活跃到现在，拥有富兰克林学会科学博物馆，管理富兰克林纪念馆，颁发富兰克林学会奖章，出版《富兰克林学会杂志》，是当代一个重要的科普组织。^②

但是，富兰克林学会在工业化中的作用和意义并没有得到充分的研究。迄今为止，研究富兰克林学会历史的学术专著只有一部，即辛克莱尔出版于1974年的《费城的哲人机械师：富兰克林学会史，1824—1865》（Sinclair，

^① “the Mechanics' Institute”有多种翻译，在1984年版的上海外国自然科学哲学著作编译组译的《自然科学史》（斯蒂芬F. 梅森著）中译为“技工学校”，在其他一些著作中翻译为“机械师讲习所”，本书把它译为“机械师学会”。当时英美两国有大量的机械师学会成立。

^② 富兰克林学会的主页：<http://www2.fi.edu>。

1974)。这是目前研究富兰克林学会历史的权威著作，是一部半官方的历史著作。在富兰克林学会图书馆工作人员给笔者的信中，还提到了另外4本该学会自己出版的著作：①Thomas Coulson. 1957. *A Short History of the Franklin Institute*. Philadelphia: Lancaster Press, Inc. 共47页。②Wynn Lawrence Page. 1968. *To Add to the Sum of Human Knowledge: The Story of Research at the Franklin Institute 1824—1968*. Princeton: Princeton University Press, 共28页。③William H. Wahl. 1895. *The Franklin Institute of the State of Pennsylvania for the Promotion of the Mechanic Arts*. Philadelphia: The Franklin Institute, 共103页。④Sidney L. Wright. 1938. *The Story of the Franklin Institute*. Philadelphia: Lancaster Press, Inc. 共105页。这是有关富兰克林学会历史的仅有的5本著作。这些著作以记叙的方式简单地介绍了该学会的历史，但是缺乏对学会历史作用的深入分析和思考。

在一些研究美国历史、美国科技史、美国科技社团的综合性著作中，也有一些涉及富兰克林学会的，但内容都很简略，几乎可以不计。比如，Toll J B, Gillam M S. 1995. *Invisible Philadelphia: Community through Voluntary Organization*. Philadelphia: Atwater Kent Museum, 共1364页。这是一本关于费城的志愿组织的著作，涉及富兰克林学会的部分只有9页，仅粗略地介绍了学会的历史。

专门研究富兰克林学会的学术文章也非常之少，有关叙述的篇幅也极其有限，往往是一带而过。这些学术文章大体分为三类：一是学会的纪念性文章，如50年、100年庆典时所著的回忆性文章；二是关于学会的著名工作的文章，如螺旋线标准、专利、科研活动和妇女设计学校；三是介绍学会的著名人士的文章。还有一些文章简单地提到了富兰克林学会。

在原始资料方面，富兰克林学会于1987年出版了胶片形式的档案材料——《富兰克林学会和美国工业化》(Stephanie A. Morris. 1987. *The Franklin Institute and the Making of Industrial America*. Academic Editions. Bethesda)，共计530多张胶片，大约3万页的内容。其中约350张是学会从成立一直到20世纪初的经过筛选可以用于学术研究的档案；还包括一些其他材料共计170多张，主要是19世纪一些工厂的资料和个人收集的美国工业发展的材料。胶片材料是本书的主要材料来源。

整体上看，在已有的涉及富兰克林学会史的著述中，辛克莱尔的著作最具综合性且最具学术性。该书出版于1974年，获得了美国自然科学基金的资助。作为关于富兰克林学会历史的第一本有厚度的学术专著，他的研究非

常细致，他把富兰克林学会置于机械师学会的背景之中，详细地描述了学会在1824~1865年的历史发展。该书中贯穿两条线索：一是科学与技术的关系，学会的创建者们认为科学和技术应该是能够结合到一起的，也就是可以通过发展科学而发展技术，因此他们组织学术讲座，开办科学技术教育并出版学术杂志。但是学会的管理者后来发现，这种结合并不表现于应用科学理论来提高技术，那些试图给机械师提高科学素质的努力并没有很好地实现其目的，而是表现在把科学试验方法和科学知识所要求的准确性与严格性应用到技术中去。二是关于学会在南北战争之前复杂多变的美国社会中如何发展的问题，学会表现出了极大的适应性，开展了多种形式的活动，获得了长久的生命力和活力，融入到费城的工业、社会发展中，最终生存到现在。辛克莱尔的这两条主线使得内容宽泛的学会历史获得了相对具体的主题。

科学学会的历史一直是科学史研究中的重要领域。有研究表明，从17世纪开始到19世纪后期科学技术在大学里全面实现制度化发展的这段时期中，各种各样的科学技术学会在科学技术发展过程中起到了至关重要的作用，可以说，这些学会是科学技术发展的主战场^①。比如，英国的牛顿和波义耳、法国的惠更斯和拉瓦锡、德国的莱布尼兹的工作是与英国皇家学会、法国科学院、德国柏林科学院联系在一起的（Schofield, 1963）。这类学会以学术研究为主，对科学发展起过重要作用，因此在科学史研究中非常受重视，研究成果不计其数。

然而对历史上曾经广泛存在的像富兰克林学会一样的以普及科技知识、促进科技社会化为主要工作的学会的研究却显得相对较少，原因有以下两个方面。

（1）科学史、技术史的主传统所关注的焦点是知识史。这种研究看重的是知识增量，是科技知识史上的英雄人物，重点考察新的科学技术知识的创造，同时兼及新知识的社会利用。实际上，相对于20世纪而言，整个19世纪美国科学史研究均显不足，而19世纪美国技术史研究则得到了普遍重视且富有成果。富兰克林学会组织过一些对当时制造业发展具有重要意义的技术研究工作，以促进知识的增加，但进行更多的是通过引进、改进技术促进地区工业发展等方面的工作，而后者并没有直接导致知识增量的出现，所以

^① 近代第一个科学学会是意大利山猫学会（Academy of Lynx），成立于1603年，其成员包括当时最著名的科学家伽利略。

长期以来不为技术史研究所关注。

(2) 在 19 世纪的美国,有很多全国性、地方性的科学技术学会、社团为国家的工业发展做出了杰出贡献。当时英美两国的大城市几乎都成立了多个机械师学会,是为机械师学会运动,而富兰克林学会不是美国最早产生的,也不是规模最大的,它只是美国无数机械师学会中的一个。相对于那些名声很大的科学社团而言,富兰克林学会只是一个地方性社团,因此受到的重视相对较少。

辛克莱尔的著作也有不足之处。在传统的科学技术史研究范围之中,出于填补历史空白的需要,辛克莱尔详细地介绍了学会在 1824~1865 年的各项行动,强调了学会在科学技术发展中的贡献,强调了学会从非学术性向学术性的转变,强调了作为地方性学会的富兰克林学会在全国性事业中所做出的贡献,把富兰克林学会这棵“树”准确地描绘出来,填补了原有科技史研究对富兰克林学会的忽视。然而这种研究有其缺陷。首先,读者在了解了富兰克林学会的工作之后,将其放在传统科技史之中,依然会觉得富兰克林学会相对平凡。其次,一个对美国当时的社会历史背景了解相对较少的读者在阅读他的著作时,很容易只见树木不见森林,虽然可以详细了解富兰克林学会的各项工作,但是并不明了这些工作的历史价值。产生这种后果的根本原因在于辛克莱尔很少从那种细致的研究上升到更为宏观的历史理解层面上并给出明晰的历史结论,这为后人继续研究富兰克林学会提出了一个严肃的必须要解决的问题——如何理解富兰克林学会的意义?

二、探寻富兰克林学会的意义

今天我们再次考察富兰克林学会的历史时,必须进一步扩大视野,在新的语境中寻找更有深度的历史理解,即在了解富兰克林学会各项工作的同时,理解这些工作所表现出的社会发展趋势和特征。富兰克林学会的成立,不仅与当时流行于英美两国的机械师学会运动相关,而且与 19 世纪美国工业化进程,以及与之相呼应的科技体制化、科学文化发展进程相关,它的建立与发展不但得益于斯,而且助力于斯。因此,尽管富兰克林学会没有像英国皇家学会(建于 1660 年)、美国史密森学会(建于 1846 年)那样受人注目,也不如同城的美国哲学学会(American Philosophical Society, APS)[本杰明·富兰克林(1706—1790)于 1743 年创建]那样闻名遐迩,但它同样是一个卓尔不凡的学会,它是当时美国的机械师学会运动中的杰出代表,

并且摆脱了同一时期先后建立的大多数机械师学会昙花一现的历史命运，一直活跃到今天。富兰克林学会与其他机械师学会一起，在费城进而在美国的工业化进程和科学文化的传播过程中做出了不可替代的贡献。

首先，英美机械师学会运动，或者说工人教育运动并不是独立于当时工业革命或工业化进程之外的一场运动，反倒是后者的一个内在环节，这是工业化进程中很重要的却易于被历史研究所忽视的地方。科学技术等实用知识是工业化的重要推动力量，这是毋庸置疑的。富兰克林学会通过对实用知识的创造、传播来满足社会对工业化的需求，由此将自身活动融入到工业化之中。富兰克林学会的活动，可以显示在工业化中，科学、技术与工业乃至与整个社会发展的各个层面有着各种各样的互动关系，而学会这种平台又是怎样促进新阶层、新知识和新时代发展的？从“工业化提出需求，机械师学会运动去满足需求”的角度，我们可以看到富兰克林学会的社会价值。

其次，在工业化这个物质财富发展的过程背后，对实用知识的强烈需求也进一步促进了科技的体制化发展，促进了科学文化的成熟和发展。富兰克林学会提供平台，促进科技知识的创造和传播，这种活动具有深刻的文化意义。今天，当我们将研究视角从科学知识史转向科学技术的社会-文化史时，当我们试图了解科学、技术与社会、文化之间的共生共变关系，试图了解科学技术知识从持续创造到广泛使用的历史进程，了解科学文化的发展与传播时，那么，诸如富兰克林学会这样的学会的历史意义就会清晰地展示出来。富兰克林学会这样的“小麻雀”有着独特的历史研究价值。

本书从以下两个视角关注富兰克林学会的历史。

（一）富兰克林学会与工业化（工业革命）

工业化是美国 19 世纪发生的最大变化，富兰克林学会的各项工作都与此密切相关。我们不仅要去关注学会都做了哪些具体工作，也要去探究这些工作背后深刻的社会意义。那么应该如何理解工业化或者说工业革命，如何设定富兰克林学会开展各项工作的语境呢？

关于工业化、工业革命及其原因，历来存在着多种界定和学术见解。自 1884 年汤因比发表《工业革命演讲集》（Toynbee, 1920），从经济史角度将发生于英国 18 世纪 60 年代至 19 世纪 30 年代的经济变革定义为“工业革命”以后，人们对于工业革命提出过多种看法和诠释。后来，人们又将 19 世纪 60 年代起在整个欧洲及美国发生的，同样长达数十年之久的经济和社会变革理解为欧洲工业革命、美国工业革命，并将汤因比所研究的英国工业

革命称为“第一次工业革命”。目前，学界对工业革命的研究总体来说存在着六个学派：社会变革学派、工业组织学派、宏观经济学派、技术学派、能源学派和消费学派（舒小昀，2006）。这些学派从不同层面和角度对工业革命或者说工业化进行了详细的研究，学派之不同在于他们对什么是促成社会发生如此巨大变革的根本原因的认定之不同。这一社会巨变的本质，成为工业革命历史研究的主题。

汤因比等新经济史学派历史学家主要从经济角度解析各种工业革命，他们或强调竞争的作用，或强调资本主义大工业生产形式的产生，或强调宏观经济模式的转变，或强调技术（包括销售技术在内）的发明、传播和使用，但甚少提及科学对工业革命的作用（Mokyr，1985）。这便为科学史家和技术史家从另一个角度——科学与技术之间历史关系的角度理解工业革命留下了空间。于是，科学革命与工业革命之间的关系则成为科学技术史研究中的一个重要问题。在此方面，对于科学与技术之间的历史关系的判定将直接导致对于工业革命、对于科学革命与工业革命之关系的不同解释。以往的争论往往集中于探讨是科学对技术的发展起过决定性的作用，还是技术对科学的发展起过决定性的作用。譬如，是科学赋予蒸汽机的更多一些（如蒸汽机的科学起源研究），还是蒸汽机赋予科学（如热机原理史研究）的更多一些。应该说，这两类极端的看法都是有问题的。一方面，18世纪的技术发展并不能一概归结为科学原理应用于技术的成果，但也不能由此走向相反的极端——单纯地强调1860年以前技术对于科学的自主发展，因为当时技术的发展不但普遍地受惠于科学方法的运用，也在某种意义上受惠于当时的科学理论——哪怕在今天看来是错误的理论（袁江洋，2005）。另一方面，应用科学乃至技术的发展也可能使科学家的研究手段大大改善。技术设备（如科学仪器）有时候甚至决定了科学家的研究方法。瓦特蒸汽机就是一个很好的案例。

18世纪后期，英国工业革命时期的核心技术之一——瓦特蒸汽机，在经历早先的真空研究装置、纽可门机这两大发展阶段之后问世，而且这一发明也曾受惠于当时的潜热理论。瓦特蒸汽机的发明和广泛使用同样也经历了三个不同的阶段：其一，瓦特在格拉斯哥大学任科学仪器制作兼修理师时设计出带分离冷凝器的新式蒸汽机（1769年）；其二，瓦特1769年来到伯明翰参加月光社，与工业家伯尔顿（Mathew Boulton，1728—1809）合作（由后者出资）改进蒸汽机的传动装置（1776~1781年）；其三，瓦特和伯尔顿寻求到银行的资助得以真正实现蒸汽机的工业化生产（1781~1800年）。

从当时科学与技术的关系可以看出，在工业化中，科技与社会的变化是全方位的，英国在工业革命中的变化是典型的案例。18 世纪末到 19 世纪初期的英国，以蒸汽机为动力的现代工业尤其是现代纺织业获得了迅速成长，与此同时，技术也开始步科学之后尘步入专业化、制度化发展时期。而现代工业的成长又促发了一系列的社会、文化变化，譬如，它导致了新的社会阶层的产生，使工人阶级作为一种重要的社会力量获得成长、壮大并登上历史舞台，从根本上改变了中世纪以后英国的社会结构、政治结构、经济结构乃至教育结构和文化结构。又如，这促使企业产生了对技术熟练工人的要求，进而使英国机械师教育运动应运而生（类似现象也同样见于法国和德国，只不过其驱动方式有异于英国，系由政府倡导以自上而下的方式进行的）（Jefferson, 1964），而且，随着英国工人运动的兴起，机械师教育运动也染上了鲜明的政治色彩，成为工人借以提高社会地位的手段，或者成为当权者控制工人的一种手段。总之，如果我们将 17 世纪英国科学革命视为英国现代化进程的一个重要开端的话，那么一个世纪以后的工业革命则构成了这一时期英国现代化进程的主要方面。工业革命不但驱动了工业的发展，也进一步推动了现代意义上的科学文化、技术文化的成长和发展，推动了社会的全面转型。

以上分析将有助于我们理解工业革命的实质。从狭义上讲，工业化是指工业的大发展，指工业在整个社会生产结构中从小变大最终替代农业而占据支配地位的过程。实际中，工业化是个非常复杂的过程，它是现代化进程的一个重要环节和时段，有着复杂的起因、过程及社会-文化后果，是科学、技术与社会、文化发生复杂共生共变的历史进程。解释工业革命时，仅仅强调资本主义大工业生产方式、市场竞争乃至技术发展和应用均是不够的。譬如，荷兰最先采用资本主义生产制度，但工业革命并非首先在荷兰发生；英国成为工业革命的源发国，毕竟与其是科学革命的重镇有着内在的联系；科学革命首先于意大利兴起，却并未促使意大利首先爆发工业革命；美国既非科学革命的源发国，亦非工业革命的源发国，但却经过一个世纪的努力而在 20 世纪初期以后成为世界最强大的工业国。工业革命的起因、进程及后果虽然复杂，但亦并非完全无迹可循、不可理解。我们可以从科学、技术与社会的复杂互动关系中获得对工业化、工业革命的深入理解。

今天，当我们研究富兰克林学会的历史，并试图将富兰克林学会的活动与当时费城乃至美国的工业化联系起来时，简单地借用某一派学者的观点和方法是不够的，我们必须对工业化的特征形成自己的理解：工业化不只是工