

Technological Sciences Theory
Category Definition, Historical Stages and
Developing Model

技术科学论

范畴界定、历史分期与发展模式

刘启华◎著



科学出版社

014014532

Technological Sciences

Category Definition, Historical St
Developing Model

N02
279

技术科学论

范畴界定、历史分期与发展模式

刘启华◎著



科学出版社

北京



北航

C1701333

N02

279

382410410

图书在版编目(CIP)数据

技术科学论：范畴界定、历史分期与发展模式/刘启华著.
—北京：科学出版社，2013
ISBN 978-7-03-039080-6

I. ①技… II. ①刘… III. ①科学哲学-研究 IV. ①N02

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 264051 号

责任编辑：樊 飞 郭勇斌 路红磊 / 责任校对：钟 洋

责任印制：赵德静 / 封面设计：无极书装

编辑部电话：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>

中国科学院印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2013 年 12 月第 一 版 开本：720×1000 1/16

2013 年 12 月第一次印刷 印张：19 3/4

字数：350 000

定价：96.00 元

(如有印装质量问题，我社负责调换)

37.31

谨以此书献给已故父母

国家社会科学基金资助项目成果

南京工业大学人文社科与管理学科类出版基金资助项目成果

序 一

产业革命以来，特别是19世纪中期以后，随着科学与技术的深度融合、迅速发展，人类改造世界的能力不断增强，社会现代化的进程亦不断加速。科学技术一方面给社会带来巨大福祉，使人类享受着史无前例的富足；另一方面对我们这个“地球村”当前面临的诸多危机，它亦难辞其咎。这就需要我们运用历史和全局的眼光，认真反思近现代科学技术的发展进程，全面总结其总体发展的特征与规律，以便合理调整科技发展战略，把握好未来科技发展方向，利用好科学技术这把双刃剑，确保人类文明更加合理地进步。

刘启华教授的这部国家社会科学基金项目结题专著，将哲学理论与科学实证研究有机地集成起来，努力在定性与定量相结合的水平上，对技术科学的总体发展特征与规律进行了比较系统的研究与总结，提出了一系列新的理论观点，读来颇受启发。

(1) 针对学术界对技术科学概念理解歧义的现状，他认为：技术学科应逻辑上相对完整自洽、技术目标定向明确，一般是由通用原理和专用规则组成的科学知识体系。包括由自然科学、社会科学知识技术定向转化和相关经验整合而成的学科，以及由自然、人文、社会科学相关知识与经验交叉综合形成的学科。而技术科学则是介于基础（自然、社会）科学和工程技术之间的一支新型科学知识脉系，是由基本技术科学、过程技术科学、工程技术科学、综合技术科学组成的网络状、连续谱式的开放学科体系。这些基本概念的科学界定，层次清晰、规范合理，有助于澄清当前学术界在这方面理解与表述上的混乱。

(2) 他通过研究发现，自产业革命以来，技术科学总体发展呈现出以平均52年左右为周期的高潮迭起现象，其周期又与经济长周期波动的周期彼此对应、相互嵌套，这表明历次技术科学发展高潮，实质上就是为不同历史阶段主导产业群的更替提供知识和人力资源方面服务的。

(3) 他预测1995~2049年将成为第五次经济长波发展阶段。其间主导产业群主要由前导产业、主导产业、引发产业共同组成。前导产业主要包括：广义信息产业、电子产业、核能产业、航天产业、自动化设备制造业；主导产业主要包括：海洋产业、生物产业、环境产业、新能源产业、智能产业；引发产业主要包括：新型农业、新型医药产业、新型矿产采掘业、新型冶金业、化学工业、新材料产业。21世纪上半叶，社会在维持技术科学发展所需的知识、人力、资金等

方面的投入,可能比第四次经济长波期间要翻一番。显然,这些预测结果对我国未来科技、教育、产业发展规划工作不无借鉴意义。

(4)他认为,基本技术科学、过程技术科学、工程技术科学、综合技术科学共同发展的时间序列增量特征曲线簇之所以呈现出“紊乱波”(彼此间不相干)与“嵌套波”(彼此间相干)反复交替的周期性现象,表明技术科学的发展是由其自身内在的逻辑力量和外部社会力量(如构建新型主导产业群)交替作用的结果。

(5)他还认为第四次经济长波期间技术科学之所以呈现出“连续嵌套波”型发展模式,一个重要原因就是科技政策已成为当时技术科学发展中社会价值整合的主要形式。它一方面通过科学技术推动经济、社会迅猛发展;另一方面也导致如气候变暖、环境污染、生态恶化、自然灾害频发等大量负面社会效应。这应引起全世界高度重视,要重新审视当前各国的科技政策管理体制。要注意科技政策的国际间协调,以避免世界性危机;要通过立法适当限制政府制定科技政策的权限和程序;在制定具体科技政策的过程中,既要积极发掘科学技术的正面社会效应,又要严格防范其负面社会效应。

(6)他通过研究还发现,产业革命以来,科学-技术-工程-社会(经济)间的互动主要体现为两种模式:1780~1819年、1885~1914年、1930~1942年、1960~1994年四个阶段呈现科技创新型模式,即产业的发展与经济的增长主要由建立在科学基础上的新技术、新工艺、新产品等科技创新活动来推动;1820~1884年、1915~1929年、1943~1959年三个阶段呈现技术转移型模式,即产业的发展与经济的增长主要由技术在时间、空间和产业之间的扩散、转移来推动。并推测1995~2049年第五次经济长波期间,仍将表现为科技创新型模式。因此21世纪上半叶,加强自主创新将成为世界各国共同面对的课题。

(7)通过统计研究他还发现,历次经济长波期间,直接为构建主导产业群提供服务的新增技术学科数和为满足、改善包括衣、食、住、行、医在内的社会物质生活条件服务的新增技术学科数之间的比例一般比较稳定。这表明在国民经济两大部类之间,不仅实物、货币资本要保持相对平衡,而且知识、人力资本也要保持相对平衡。

(8)他又指出,为适应世界经济、科技一体化的潮流,我国当前产业结构调整 and 工程技术类高等教育改革必须要充分考虑第五次经济长波期间产业结构演变的新趋势。由于幅员辽阔、地域间的差异,我国工程技术类高等教育的改革在紧扣技术科学学科基础与工程技术实践需要这一基本矛盾的同时,还要具体贯彻:①满足国家、地区发展需要原则;②非平衡、多样化发展原则;③资源禀赋优化配置原则;④跨越式、可持续发展原则;⑤人力资源在国民经济两大部类之间相

对平衡原则。

(9) 他还指出, 无论是技术科学发展, 还是工程技术活动演化都不可能无止境地呈现当前这样的指数增长态势。这既不符合生态学原理, 又违背思维经济原则。这种态势主要是由近代以来科技界擅长分析还原的思维习惯, 导致学科(专业)不断细分; 以及在市场规则作用下, 产业分工、应用性学科(专业)日趋专一所造成的。分久必合。工程一般面对的是“工程微元”的运动。工程学研究的是通过力来实现的相互作用下的微元的运动现象的规律, 以及这些规律在具体场合的简化表述和分析应用。因此, 从物质运动方面考察的工程学即可由三个相互联系的独立部分构成: 力和平衡现象、势和迁移现象、场和波动现象。按照这一思路, 目前工程技术类高等教育课程体系就存在着相当大的改革、重组、压缩空间。

关于刘启华教授这部哲理性著作的严谨性、深刻性、前沿性等方面, 在此不予赘述, 其学术品位自有同行专家们评价。仅就上述诸理论观点与研究结论而言, 将对我国合理制定科技发展战略、调整科技政策、促进产业结构转型升级、改革工程技术类高等教育等方面具有重要的参考价值。

看来, 高级科技研究与管理人员, 不仅要熟谙自己专业领域内的微观硬科学, 而且应该关注宏观软科学; 不仅要努力探究科学真理, 而且要积极思考科技成果的经济、社会、生态价值; 不仅要善于低头拉车, 而且更要注意抬头望路。因此, 我特向广大一线科技研究人员和科技管理工作者郑重推荐: 刘启华教授的这部关于技术科学总体研究的理论专著值得一读。

谨以为序。

中国工程院院士、江苏省科学技术协会主席、南京工业大学前校长

欧阳平凯

2013年8月8日于南京工业大学学府苑

序 二

这是一部关于技术科学的基础性的研究专著，具有重要的学术价值和现实意义。

从近代以来，技术科学迅猛发展，对经济与社会生活的方方面面产生越来越广泛、越来越深刻的影响，并正在酝酿新的重大突破。可是关于技术科学的基础性、综合性的理论研究却比较薄弱，一些基本概念的叙述比较混乱，关于技术科学的历史分期、发展模式的研究，基本上停留在推想的层面上。刘启华教授的这本著作，采用理论性与实证性相结合的研究方法，使这一领域的研究出现了新的局面。2005年12月21日的《科技日报》称他的工作是“技术科学研究的重大突破”。

这部著作的主要内容包括范畴界定、历史分期和发展模式3个部分，设计出了一个完整的研究纲领，它很可能是学术界第一本以系统的逻辑体系论述技术科学的理论专著。

刘启华教授指出，技术科学学科应是逻辑上相对完整自治、技术目标定向明确，一般由通用原理和专用规则组成的科学知识体系。它由包括自然科学、社会科学知识技术定向转化和相关经验整合而成的学科，以及由自然、人文、社会科学相关知识与经验交叉综合形成的学科。他把技术科学界定为介于基础（自然、社会）科学和工程技术之间的新型科学知识脉系，是由基本技术科学、过程技术科学、工程技术科学、综合技术科学形成的网络状、连续谱式的开放学科体系。这种界定清晰、合理、准确，有助于消除当前学术界众说纷纭的混乱。

研究技术科学的历史分期与发展模式，必须对技术的实际发展进行科学的定量分析，以大量的数据为基础。在这方面，刘启华教授投入了巨大的精力，取得了出色的成果。他根据统计计量学的要求，对统计源进行认真选择，确立以从文艺复兴到20世纪80年代末的886门技术学科作为统计样本，以学科数为统计指标，以5年为计时单位，绘制出技术科学总体发展的时间序列增量特征曲线、累积量特征曲线和四类技术科学各自发展的时间序列增量特征曲线簇。他由此得到许多重要发现。例如，技术科学经历了四次发展高峰，其中第一、第三、第四次高峰同学术界公认的三次产业革命准确对应，为这种共识提供了新的有力佐证。这四次高峰的间隔时间分别为50年、50年和55年。这同梅兹（R. Metz）估算的世界经济具有54~56年的平均波动周期相当吻合，从一个方面深刻揭示了技术发展同经济增长的内在联系。他还发现，前三次发展高峰都是持续大约30年的单一高峰，而第四次高峰则由彼此相距10年的4~5个子峰构成，这表明第四

次高峰具有同前三次高峰的不同特征，这就向学术界提出了一个新的研究课题。

在这个基础上，刘启华教授把技术科学的发展划分为 1440~1819 年、1820~1914 年、1915 年以后这三个历史阶段，并从产业结构变迁、基础科学进步、工程教育演变和其他相关科技社会建制演进四个维度分别进行实证研究。他根据技术科学发展的规律与特征，预测 1995~2049 年将成为第五次经济长波发展阶段。21 世纪上半叶，社会在维持技术科学发展所需的知识、人力、资金等方面的投入，可能比第四次经济长波期间翻一番。

他还指出，根据技术科学发展模式的研究，需要重新审视各国现行的科技政策体制，要注意科技政策的国际间协调，以避免世界性危机；要通过立法适当限制政府制定科技政策的权限和程序；在制定具体科技政策的过程中，既要积极考虑科技的正面社会效应，又要严格防范其负面效应。

此外，刘启华教授还在技术科学发展的背景下，探讨我国工程技术类高等教育的总体战略规划，提出制订这种规划的五项原则。这些对策性的见解，体现了学理研究与应用研究的结合。

这部著作是刘启华教授主持的国家社会科学基金项目的结项成果。其前期成果曾以论文形式发表，并获得好评。其中《技术科学发展模式初探——兼论现代科技政策的一种社会作用机制》一文，被《新华文摘》全文转载，曾应第八届国际怀特海大会组委会的邀请，以该文的英文版参加会议并作专题报告，全文被收入大会论文集。

刘启华教授的这部著作内容充实、富有创见、立论有据、令人信服。它凝聚着作者的 10 年心血，学术亮点新颖夺目。

我同刘启华教授在学术活动中相识、相交已 30 余年。学如其人，通过学术交流可以了解学者的品性。他把严肃、纯洁的学术研究视为自己人生的追求。他敬业、执著，孜孜不倦、乐此不疲。他不讲空话，不赶时髦，所以我一直尊敬他。这本著作给我的印象可以用两个字概括：精心。他认真、严谨，一丝不苟。他用心思考、用心统计、用心制表、用心绘图。他精心构思、精心撰写，从标题到注释，处处专心。这本著作是否已达到精品的水平，要由学界来评论，要经时间的考验。但作者的精心研究的学风，已使我深受感动。当前的学界，急功近利、粗制滥造已几乎成为时尚。学术论文与书籍堆积如山，寻找真正有价值的作品，却像沙里淘金。我不禁掩卷感叹，在这种氛围中，这位老学友的“书生气”，真是难能可贵！

林德宏

2013 年 7 月 19 日于南京大学

目 录

序一（欧阳平凯）	i
序二（林德宏）	v
第一章 导论	1
第一节 技术科学发展的曲折历程	2
第二节 对现代科学技术体系结构的研究及其当前面临的主要问题	6
第三节 亟需澄清与界定的两组基本概念	15
第四节 本书的基本思路、主要内容及其重要意义	21
第二章 界定技术科学范畴的缘由、构想与意义	26
第一节 关于技术科学的一些典型“成说”及其中隐含的矛盾	27
第二节 界定技术科学范畴的基本构想	39
第三节 界定技术科学范畴的重要意义	59
第三章 技术科学的基本统计计量研究及其主要拓展路径	64
第一节 统计源的选择、统计样本的确定与相关统计计量曲线	65
第二节 几点现象性结论	68
第三节 进行深入研究的主要拓展路径	70
第四节 社会技术科学中一个典型问题的案例：现代政策科学两大 范式的对峙与协调	72
第四章 技术科学历史分期的多维度实证研究	83
第一节 关于技术科学产生时期的典型“成说”与研究进路	84
第二节 从产业结构变迁维度考察技术科学发展的历史特征	89
第三节 从基础科学进步维度考察技术科学发展的历史特征	101
第四节 从工程技术教育演变维度考察技术科学发展的历史特征	111

第五节 从其他相关科技社会建制演进维度考察技术科学发展的历史特征	123
第六节 关于技术科学历史分期的实证研究结论	135
第五章 技术科学发展与产业结构变迁的相关性研究	139
第一节 产业革命的研究现状与经济长波理论	140
第二节 技术科学发展与产业结构变迁的相关特征曲线共时性比较	144
第三节 技术科学发展与产业结构变迁的相关性统计研究	147
第四节 技术科学发展与产业结构变迁的相关性实证分析	152
第六章 21 世纪上半叶技术科学发展与产业结构演变的初步预测	176
第一节 对第五次经济长波的时域及其间技术科学发展模式的预测	177
第二节 用“增量模型”预测第五次经济长波期间技术科学的发展规模	179
第三节 用“累积量模型”预测第五次经济长波期间技术科学的发展规模	181
第四节 两种模型预测结果的比较研究	182
第五节 对第五次经济长波期间主导产业群的初步预测	186
第七章 工程技术活动演变与技术科学发展、经济长周期演化的相关性研究	191
第一节 基础研究进路	192
第二节 新型（或重大）工程技术事件时间序列增量特征曲线的由来	194
第三节 比较方案的选择和历史阶段的划分	195
第四节 工程技术活动演变与技术科学发展、经济长周期演化的系统比较研究	199
第五节 近现代“科学-技术-工程-社会（经济）”互动演变的两种基本模式	204
第八章 技术科学发展模式研究	217
第一节 构建技术科学发展模式的前提与基础	218

第二节	技术科学发展模式的基本构想	222
第三节	技术科学发展模式的实证分析	231
第四节	“连续嵌套波型”技术科学发展模式的合理性质疑	246
第九章 我国工程技术类高等教育战略规划的基本研究框架		250
第一节	当代工程技术教育研究的基本现状	251
第二节	基础研究进路及其主要意义	257
第三节	对我国工程技术类高等教育现状的调查研究与相关理论分析 ...	259
第四节	我国工程技术类高等教育战略规划의初步研究	276
参考文献		292
后记		299

第一章 导 论

……科学，作为解决新问题的手段，其作用将日益增大，我们将会越来越强烈地感到，认识科学的所有方面是如何发展的，是十分必要的。

* * * * *

只是在我们这个时代中，我们才看到科学家、工程师和手工艺工人朝着完全和永久相融合的方向走去，……

——J. D. 贝尔纳

科学的传统中由于包含有实践的和理论的两个部分，它取得的成果也就是具有技术和哲学两方面的意义。这样一来，科学就反过来影响它的根源，而且实际上后来科学对于那些离开它的直接根源最远的领域也都产生了作用。

——S. F. 梅森

第一节 技术科学发展的曲折历程

技术科学作为基础科学与工程技术之间的中介层次、认识研究与应用开发之间的基本纽带、科研成果转化为直接生产力的重要桥梁和现代工程技术教育的主要学科基础,其发展经历了一个相当曲折的历史过程。原因是多方面的,既有文化传统差异、社会制度变革、产业结构变迁、认识视角不同等普遍性因素,又有社会建制的安排、战争的影响与刺激、领导者的决策偏好等特殊因素。如果进一步概括,又可以认为是与理论传统和实践传统时而分离、时而结合的历史过程密切关联的。

在西方文化史上,发端于古希腊的哲学理论传统和工匠技术传统这两支知识脉系的分离状况,后来在欧洲又持续了相当长的时间。这除了源于人的性情不同或科学家与技术促进者对问题看法的差异之外,一个重要的原因就是传统社会森严的等级制度。一般说来,从事自然哲学探究的人均以上层贵族居多,而琢磨改进与发明技术的工匠又都是下层的劳动者。贵族阶层虽有足够的时间和精力沉湎于理性思考,但由于远离经验,其理论难以经受实践的检验,有时甚至显得不着边际;工匠们一般缺乏接受系统教育的机会且整天忙于手头的活计,很难进行理论建树。而贵族与贫民的长期分离乃至对立,使得双方很难进行广泛、深入的思想交流,必然会使两种文化传统彼此长期分裂。

随着文明的进步,人们便逐渐觉察到,理论与实践两方面知识互相补充、彼此促进的重要性。早在13世纪,欧洲就萌生了与经典理论世界相悖的科学的功利主义先驱。一些自然哲学家们更乐于把理论知识作为控制自然的手段,而不仅是认识自然的方法。理论与实践的结合乃是孕育近代科学的温床,这肇始于意大利的文艺复兴运动。在那令人兴奋的年代里,不仅出现了达·芬奇、米开朗基罗、瓦·伽马等兴趣广泛、勇于探索的天才,而且也催生了哥白尼和伽利略这样的近代科学先驱。这些人都心存一条基本准则:知识要在实际行为中发现它的目的,而实际行为要在知识中找到它的理由。循着这一条理论与实践相结合的路径,通过实验与数学的结合,不仅促成了17世纪以牛顿的成就为代表的科学上的重大突破,而且也使古代技艺(technique)逐步走上理性发明和系统发展的道路。1615年在英国首先出现了technology这一单词,它既可以理解成体系化的技艺知识,也可译为工艺学、技术学。几乎同时,弗朗西斯·培根振臂高呼:人的知识和人的力量合二为一,因为不知道原因,就不知道结果。要命令自然必须

服从自然。他还在《新大西岛》一书中设计了一种称为所罗门宫（Solomon's House）的研究机构，为落实其伟大构想提供组织建制方面的保障。其后，英国皇家学会又将功利主义观念写入它的宪章，使其影响得到广泛传播。会员们一般都深信，实验的权威作用会把自然科学和实用技艺结合得更加紧密，发展到更高阶段，以利于人类的进步。当时这一类的探究活动已深入到航海、采矿、水利工程、……实用技术之中。这使得弗朗西斯·培根的功利主义观点连同他的归纳法在其家乡一时大放异彩。

可是在弗朗西斯·培根之后的相当长的历史年代里，当时的科学几乎还处在力学一枝独秀的阶段，尚难以给技术繁荣提供全面的知识支撑。随着工场手工业的发展和新型产业的萌发，大量的新生技术难题还只能依靠传统工匠的方法解决，致使产业革命在英国发生时留给时人的印象是，真正能解决实际问题的仍然是纽可门（T. Newcomen, 1667~1729）、瓦特这一类杰出的工匠。加之两种文化传统长久分离的历史影响深刻而又坚韧，不时地离间着科学与技术的联姻。以致在18世纪和19世纪的较长时间里，自然哲学家们自命清高，排斥经济和实用因素；相比之下，技术掌握在那些致力于实践，并不断从中获利的中产阶级手中。当时欧洲的发明家们尽管在发明方法上已经高度系统化，但当他们加速步入产业革命之时，对科学理论知识却知之甚少，所以被远远地排斥在绅士科学家的行列之外。

由于受多种因素的影响，科学与技术研究方面社会建制的安排又进一步加剧了科学与实用技艺之间的分离。先说英国，产生于中世纪的牛津、剑桥大学，到17、18世纪仍以传统的神学、文学、法学和医学四大学科为中心，拒绝新的自然科学和科学研究，而且校风败落、与世隔绝、暮气沉沉，已处于衰退状态，对当时的工商业发展毫无贡献。这种局面一直持续到19世纪上半叶。在这阶段，可能只有苏格兰的一些大学，在理论与应用的结合方面做出了一定的贡献。

在启蒙运动和大革命的浪潮席卷之下，唯有欧洲历史上最悠久的大学之一——法国的巴黎大学，因不能适应社会发展的需要，遭到了致命的打击。罗伯斯庇尔等革命时期的领导人，对被教会控制、思想上反动且忽视现代科学技术的传统大学深恶痛绝。1793年，革命政权下令关闭了所有22所旧大学，取而代之的是各种类型的独立专业学校。其中尤以1794年创办的巴黎多种工艺学院最为著名，它在培养工程师和发展数理科学方面都发挥了很大的作用，被称为“欧洲工业大学最早的楷模”。其所实施的教育，就是在学习数学和物理学的基础上，进行工业技术的训练。在对高等教育分科方面，对以后的欧洲起了先导作用，一时成为许多国家学习的榜样。19世纪初，拿破仑又颁发了《帝国大学令》，将全国划分为29个大学区，各个区成立一所大学，实行神、法、文、理、医五院分

立。由国家任命学区总监（兼校长）、院长、教员，同时又垄断着文凭、学位的颁发权。实际上已初步完成了法国近代第一次以功利主义为指导思想的高等教育改革。但是好景不长，1830年以后，昙花一现的法国科学便开始走下坡路。主要是因为其完全处于中央集权控制下的科学和教育体系，并未形成内部良性循环的自我调控机制，加之自由主义政体的建立，使智力方面的兴趣分散向政治、经济和技术等事务中，便失去了将具有革新能力的人才和兴趣全集中在科学和教育方面的理由。看来，失败的根本原因仍在于高度集权的国家政治体制。

19世纪初，由威廉·冯·洪堡发起的大学改革运动，虽在德意志历史上留下了浓墨重彩，但其始终贯穿着新人文主义精神，高举其先驱如温克尔曼等所倡导的“欲成伟大巨子，唯有师法希腊”的思想旗帜，进一步加剧了科学与技术的分离。柏林大学的开办，使尊重自由的学术研究成为其精神主旨，洪堡“为科学而生活”的信条成了新大学的理想，使得“为科学而科学”的风气越演越盛。但是，随着以电力技术和内燃机技术为代表的第二次产业革命的发生，人们再也不能无视科学理论与技术实践之间的密切联系了。这使19世纪后半叶的德国，为了加强应用科学及其在技术学校和工业中的发展，不得不在大学之外走了另一条道路，政府对他们所建的技术学校和专业给予特殊的优惠政策。后来，因工业对科学研究的需要又产生了恺撒·威尔姆研究所，即后来马克斯·普朗克研究所的前身。同时，一些大型制药与化工企业也开始设立最先的R&D机构，首开了企业进行工业研究的先河。

这种使纯科学和应用产生截然分离的机构安排，掩盖了认识研究与应用研究之间相互作用的复杂性，客观上给科学与技术携手联姻、共同繁荣造成了很大的障碍。但当时德国科学界几乎没有觉察到这一严重问题，而任凭新人文主义思想家们强化古希腊的纯探究思想，使之在现代大学里得以复活。像亥姆霍兹（H. Helmholtz, 1821~1894）这样有影响的科学家1862年在海登堡发表强调纯研究的演讲，只能为这股复古风潮推波助澜。与此同时，在大学之外另一条战线上，耕耘不息的应用科学家和工程师们，却为德国工业的发展做出了巨大贡献。今日回首，我们不能不为当年德国科学与技术发展体制的格局而扼腕。

在实用主义颇为流行的美国，建国之初自然是推崇科学研究和实际应用相结合的。本杰明·富兰克林（B. Franklin, 1706~1790）就曾把科学认识与应用目标的融合写入《美国哲学社会》一书。19世纪中叶，在哈佛大学、耶鲁大学和普林斯顿大学中享有盛名的科学学院，就是我们今天能看到的纯科学和工程应用的混合体。在美国南北战争后的几十年里，农学院、农机学院和农业实验站的使命就是使科学与技术实现融合。在第二次世界大战中，政府直接推动的为战争服务的一系列研究、开发计划，如青霉素的批量化生产、人工合成橡胶、重油的催