

科学技术化

——技术时代的科学基础

周春彦 著



NEUPRESS

东北大学出版社

科学技术化

——技术时代的科学基础

周春彦 著

东北大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

科学技术化:技术时代的科学基础/周春彦著. —沈阳:东北大学出版社, 2002.4

ISBN 7-81054-761-5

I. 科… II. 周… III. 科学技术-理论研究 IV. G301

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 017233 号

出 版 者: 东北大学出版社

(邮编: 110004 地址: 沈阳市和平区文化路 3 号巷 11 号)

出 版 人: 李毓兴

印 刷 者: 沈阳农业大学印刷厂

发 行 者: 东北大学出版社

开 本: 850mm×1168mm 1/32

字 数: 188 千字

印 张: 7.25

出版时间: 2002 年 4 月第 1 版

印刷时间: 2002 年 4 月第 1 次印刷

责任编辑: 向 荣 秀 荣

责任出版: 杨华宁

封面设计: 唐敏智

定 价: 20.00 元

垂询电话: 024—83687331 (市场部)

024—83680265 (传 真)

E-mail: neuph@neupress.com

http: //www.neupress.com

内 容 简 介

该书是有关“科学技术化”的理论及现实问题的学术著作。全书9章，内容包括：科学技术化的历史考察，科学在技术发明中的作用，科学技术化的微观机制和宏观过程，科学技术化的条件与模式等；并从哲学的视角透视了科学技术化的本质，重点研究了科学技术化中的“化”的含义和内容；探讨了科学技术场论，科学技术化的主体协同问题、投资问题以及相关科技政策制定等。全书内容新颖，体系完整，具有科学性、实用性和可读性。

本书既可作为技术哲学、科技政策、科学学与科技管理等领域的研究参考书，又可作为高等院校本科生和研究生的学习参考书，还可作为政府公务员、科技管理干部等的工作参考书。

前 言

5年前，当我考入东北大学师从陈昌曙教授攻读科技哲学博士学位时，开始对科学技术化问题进行探讨。这本书从选题、构思到完成，无不凝结着导师的心血和汗水，想到老师对我们的殷切期望不免有些许的欣慰。没有老师的精心指导，没有老师的启迪和帮助，没有老师的爱护和鼓励，要完成它是根本不可能的。现谨将此书献给我敬爱的导师七十华诞。

本书从技术发明与发展出发，将焦点对准“以科学为基础的技术”，研究科学何以转化为技术，科学怎样转化为技术等；回答在科学技术系统中，科学如何成为技术的基础，推动技术发展；并尝试从哲学、社会学、经济学的视角展开科学转化为技术——“科学技术化”的讨论。对科学技术化进行研究，不仅要作历史的考察，还要作逻辑的分析；不仅要作理论的研究，还要作现实的探讨。因而书中采用了历史考察与逻辑分析相结合的方式，从科学技术化的理论到现实问题的研究逐渐深入和展开，注重理性分析、逻辑思考，注意宏观过程与微观机制研究的结合。

全书共有9章，探讨了科学技术化的理论与现实问题。

关于科学技术化的理论探讨包括 6 章。第一章对科学技术化进行历史考察，纵观“以科学为基础的技术”如何走上历史舞台，以科学技术发展的历史为主线，以逻辑为辅，按时间顺序展开。按照传统观点，“以科学为基础的技术”的产生是从电力技术开始的，一般认为科学技术化——科学成为技术的基础——是从 19 世纪中叶开始的，但实际上，19 世纪中叶所发生的一系列技术变革只是科学技术化的一个重要标志或里程碑，科学技术化在古代以前就有了萌芽和开端，在近代开始明朗化，并在现代成为科学技术联系与发展的一个重要特征。第二章针对科学在技术发明中的作用，按科学在技术发明中作用的性质和程度将技术发明分为四类，进行了分类学研究。第三章在以“史实”为主的科学技术化研究的基础上，以科学技术化逻辑分析为主，研究科学技术化过程的微观机制和宏观过程。关于科学对技术和经济转变的贡献，贝尔纳在《历史上的科学》中早有研究，但由于该书完稿于 1954 年，而现代科学起始于 20 世纪下半叶，所以需要更现代的研究；此外，贝尔纳只从科学技术史的角度研究科学与生产的关系，缺少对中间环节的细致研究，所以他的研究是纵向细致而横向粗略。还必须做深入的横向研究，搞清科学技术转化的中间过程。研究中间过程是非常重要的，因为一切差异都在中间阶段融合，一切对立都经中间环节而互相过渡，科学与技术的统一恰发生在科学转化为技术的中间环节。总的来说，这一章要在前两章的基础上回答科学技术化的 when, where, how 这样几个方面的问题，集

中对科学转化为技术的规律进行实证研究,包括转化的模式、条件、中间环节,以及科学技术化的微观机制与宏观过程等。第四章尝试从哲学的视角透视科学技术化,从本体论、认识论和方法论三个方面探究了科学技术化的“化”的含意,以及对科学技术化的“化”的辩证认识。第五章在所研究的基础上,得出了反映科学与技术关系的理论——科学技术场论,提出“科学技术双轨道一场相互作用模型”以及科学技术的有机建构理论等;将科学与技术的关系看做是场与场之间的关系,认为两者间的相互作用是场相互作用。这一章包含本书的理论创新点,但只能说是在创新精神激励下的一种尝试。第六章探讨了科学技术化的社会价值导向,研究了科学技术化过程的功利性特征、利益驱动机制等相关问题。这一章是由理论探讨到现实研究的过渡。

后3章集中探究了科学技术化的若干现实问题。第七章从社会学视角研究了科学主体与技术主体之间的协同;第八章从经济学角度研究了科学技术化过程中的经济支持问题,以及科学技术化的投入主体和有效投入方式等问题;第九章触及了科学技术化研究与科技政策制定方面的相关事宜。

与科学技术化研究相关的文献虽然很多,但至今尚没有一个相对成熟的研究模式可以借鉴,所以在某些方面的探究中只能做些初步的尝试性的工作。

本书在撰写过程中,得到东北大学文法学院技术与社会研究所的博士生导师娄成武、远德玉和陈凡教授的热情指导和帮助,他们的意见和建议使作者深受启发,

在此向三位老师表示深深的谢意。作者在学习和写作此书的过程中，还受到曾国屏、孙小礼、刘大椿、殷登祥、刘则渊、车文博、刘猷环、关士续、郭国勋、罗玲玲、李正风、王子彦等诸位教授的帮助和鼓励，在此也向他们表示由衷的感谢！感谢我的同窗赵建军、张杰辉、王悦、顾春明、谷春立、王晓春、刘佛翔、金虎、王健等诸位博士，他们的远见卓识曾给了我很多的启发。最后，也深深地感谢我的婆母、丈夫、女儿及其他一切帮助过我的亲友们，感谢他们对我始终如一的支持、理解与帮助。

周春彦

2002 年元旦

目 录

导 言 在基础科学与技术创新之间·····	1
一、科学技术化研究 ·····	1
二、科学技术化研究的理论意义和现实意义 ·····	7
三、科学技术化研究现状综述·····	11
第一章 科学技术化的历史考察 ·····	18
一、科学技术化的前史(远古~14 世纪) ·····	19
二、科学技术化的开始(15~19 世纪) ·····	27
三、现代科学技术发展与科学技术化·····	37
四、技术革命与科学技术化·····	40
第二章 科学在技术发明中的作用 ·····	48
一、科学在理想—科学—改进型技术发明中的作用·····	49
二、科学在经验—科学—改进型技术发明中的作用·····	51
三、科学在机遇—科学—开拓型技术发明中的作用·····	53
四、科学在理论—科学—开拓型技术发明中的作用·····	55
第三章 科学技术化过程的研究 ·····	59
一、科学技术化的条件 ·····	59
二、科学技术化的模式 ·····	64
三、科学技术化的微观机制 ·····	71
四、科学技术化的宏观过程 ·····	78
第四章 从哲学的视角透视科学技术化 ·····	91
一、“化”的本质·····	91
二、“化”是知与行的统一·····	95
三、“化”是创造人工自然的方式 ·····	101

四、对科学技术化的“化”的辩证认识	103
第五章 科学技术场论	110
一、科学技术的内核外场模型	111
二、科学技术“双轨道-场”相互作用模型	117
三、科学技术场	123
四、科学技术的有机建构	131
第六章 从基础科学到技术创新	139
一、基础科学研究的价值	139
二、科技创新的功利性特征	149
三、从基础科学到技术创新	150
第七章 科学技术化的主体及其协作	157
一、科学技术化的主体	157
二、推进科学技术化主体间的协作	163
三、案例研究:辐射交联电线电缆创新项目主体的协作	169
第八章 科学技术化过程的资金投入	172
一、科学技术化过程的资金保证	172
二、科学技术化的投资主体分析	176
三、科学基金在促进科学技术化过程中的作用	180
四、科学技术化投资方向的选择	193
第九章 科学技术化与科技政策的制定	199
一、科技管理体制的改革	199
二、以科技政策促进科学技术化的基础和环境建设	203
三、加入世界贸易组织,自主创新与科学技术化	208
主要参考文献	212
后 记	218

在基础科学与技术创新之间

20 世纪 20~30 年代，经济巨子皆为石油大亨、钢铁大王和汽车大王，而 1997 年美国富豪排行榜，前十位中却大都是计算机行业的。最典型的是世界首富比尔·盖茨，1997 年他拥有近 400 亿美元的净资产。是什么东西使他的产品或经营获得如此巨大的成功？首先当然是 Knowledge——知识，是那些能够为技术创新过程所用的知识！

20 世纪末，知识正以不可阻挡之势走向经济，成为生产要素中最重要的组成部分。知识致富已成为极普遍的现象，许多国家都致力于以知识为资本发展经济。在一些国家，知识经济已初见端倪。按照《以知识为基础的经济——经济合作与发展组织 1996 年年度报告》，知识经济是“直接依据于知识和信息的生产、分配和使用”的经济，其核心是科学技术。科学认识的结果是以知识的形式存在并发展的。知识经济是以现代科学技术为基础的经济，是科学技术成为第一生产力的经济，是科学技术作为创造物质财富主要资源的经济。然而，技术能成为生产力，科学如何能成为生产力？科学技术知识在怎样的意义上贡献于经济？它何以作为资源成为发展经济的基础？

科学理论要转化为生产力，一般首先要经历一个向技术的转化过程，这一转化过程可定义为科学技术化。

科学技术化处于基础科学与技术创新之间，是知识经济实现的最基础的部分；科学技术化是现代科学技术成果转化为生产力

的关键步骤，关系到上游的基础科学研究能否顺利转化为下游的具有高附加值的技术及产品成果，关系到能否从基础科学研究之树上获取较大的经济利益。对于中国来讲，科学技术化将是个非常重要的研究议题，特别是在加入世界贸易组织以后。明白地说，发展中国家不可能像发达国家那样，有足够的资金投入许多领域的基础研究、应用研究与开发，必须努力在科技发展战略技术和科技政策制定方面多下功夫。

一、科学技术化研究

首先，需要明确，本书关于科学技术化的研究仅限于狭义的科学和狭义的技术。科学本身是个很复杂的概念。目前对科学的概念一般有三种：极其广义的，把科学等同于真理，如“按科学规律办事”，“饮食要科学”，等等；科学包括自然科学、社会科学和思维科学；狭义的科学，仅指所谓纯粹的自然科学。在科学技术化问题的研究中，“科学”主要是指狭义的科学或自然科学，即以自然界为研究对象的科学，是科学最基本的、也是最重要的组成部分。在现代，它包括基础科学、技术科学和工程科学三个层次。同样，当代技术主要表现为自然技术、社会技术和思维技术，在此只涉猎物质生产领域里的自然技术。自然技术即人类在同自然界打交道，相互作用过程中产生的技术的总称，是最基本的与物质生产密切相关的技术。自然技术包括实验技术、专业技术、工程技术、生产技术乃至产业技术。本研究限定在从基础科学到专业技术（现实技术）这一段，暂不涉及具体生产技术乃至产业技术。基础科学是整个自然科学的基本理论部分，它是关于自然界基本运动形式及其相互转化规律的系统性理论知识。现实技术与潜在技术相对而言，智能技术或潜在技术是指那些以发明、专利、样品形态存在的技术；而现实技术是能够用于生产的、对象化了的技术。从根本上说，现实技术要运用物质手段

(机器设备)去加工处理物质材料、生产物质产品和提供实在的服务,以满足人们物质需要和实际要求。现实技术就是物化技术。

(一) 科学创新、科技创新和技术创新

从逻辑上讲,知识创新和技术创新不是两个对应的事物。因为,知识不能对应于技术,与技术相对应的是科学。一般说来,知识创新是指通过科学研究(包括基础研究和应用研究)获得或创造自然、社会和技术科学知识的过程和行为。知识创新包括科学知识创新和技术知识创新。知识创新存在于知识的生产、传播和应用的全过程中。既然如此,可以认为,知识创新中与科学知识的生产、传播相关的为科学创新,与技术知识的产生与传播相关的为科技创新。

事实上,在科学创新和技术创新之间是没有截然的界限的,但有一个衔接的或交叉的地带,即科技创新。尽管实际上基础科学与技术创新之间的关系极其复杂,但为了简化研究,准确地定位科学技术化,可以建立一个从科学创新到技术创新的相对简单的线性关系,如图 0-1 所示。科学创新是指新科学知识的诞生并得以验证的过程;科技创新是指新科学知识向技术知识转化的过程,是技术发明或重大改进的过程;技术创新,是指新技术的第一次商业化应用的过程。三者相辅相成,如果只强调科学创新和技术创新,很可能会忽视中间区域,造成科学研究与技术创新脱节、科技成果难以运用并转化为生产力的“两层皮”现象。因此,科技创新连接着科学创新与技术创新,是非常重要的创新活动。它也有自己的创新主体,也涉及一系列复杂的经济与社会问题,忽视了这个“空隙”是没有道理的。科学创新在科学产生之前,技术创新在技术产生之后,科技创新在科学与技术之间。科学技术化是科学向技术的转化,它的研究正是针对科技创新这一中间环节而展开的。因此,科技创新是建立在科学发现和技术发

明基础上的创新活动，科学技术化是科技创新的组成部分和重要内容，科学技术化课题的探究可能对科技创新理论研究的突破有所裨益。

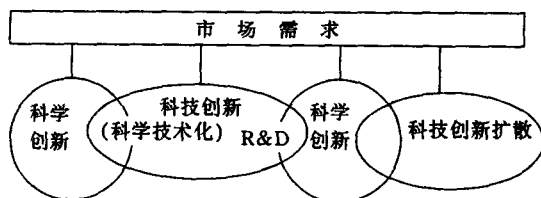


图 0-1 科学创新、科技创新和技术创新的关系

从理论的角度来讲，科学技术化过程代表了从科学认识的“知”到技术实践的“行”的转化过程。我国科技成果产业化难，很重要的一个原因就是没有充分认识或不能有效克服由理论到实践这种创造过程的困难——科学创新缺少方向而技术创造缺少根基和思路。科学技术化研究将使人们明确科学理论向技术成果转化过程的一般规律，明确科学与技术间的必然联系，明确科学对于技术的前瞻性和基础性作用。早在 1855 年，英国乔治·威尔逊就曾提出“科学是技术之母”。科学技术化正体现了科学对技术的这种极其重要的基础性作用，是高新技术时代研究如何对待基础科学研究的理论基础。科学技术化的研究也有利于了解美国的科技发展模式，认识在美国为什么科学这个“引擎”，无论在军用还是民用领域，都能够推动技术这部列车快速向前，并不断地促进生产，创造效益。

(二) 科学技术化与国家创新系统

科学技术化是处于科学创新和技术创新之间的一个过程。科学创新、科技创新和技术创新在国家创新体系中的协同，实质上是科学与技术融合，共同作用于生产与经济的过程，是科学与技术服务于国家目标的过程。

1987年,弗里曼在研究日本的激励政策和经济绩效时率先使用了“国家创新系统”这个概念。如果把创新理解为知识的创造、转换和应用的过程,那么国家创新系统就应该是一个国家完成“知识的创造、转换和应用的过程”的系统。这个系统由一些相关部门和科学技术研究机构组成。从这种意义上讲,只有完善的、运行良好的国家创新系统,才是科学技术化的根本保障。换句话说,只有在形成良性循环的国家创新系统中,科学知识才能更迅速有效地得到应用,通过技术的桥梁转化为生产力。建设良好的国家创新系统,是科学技术化顺利实现的条件。若把科学创新理解为知识的创造过程,则科学技术化应该处于知识的转换与应用的地位,而技术创新则是综合运用已有各种知识的过程。国家创新系统的主要组成部门有企业、大学、科研机构、各种中介机构、金融机构、法律事务机构和政府有关部门等。

发展科学技术并将科技成果运用于经济实践,是建立国家创新系统的根本目的。俄罗斯学者根据科学技术发展水平和它在经济实践中运用范围之间的对比关系,把世界上的国家划分为如下四类^{〔1〕}。

(1) 科技高度发达的国家。它们能迅速地、集约化地和大规模地把科技成果运用于经济。首先是美国,近十几年来还有日本和西欧国家。

(2) 科技发达,科学发现和技术发明运用于经济比较缓慢的国家。从某种程度上是指20世纪60年代的西欧国家、东欧国家和俄罗斯。

(3) 自身科技不发达,但能加紧掌握引进的科技成果的国家和地区,即20世纪60年代的日本,目前是“新兴工业国家”和地区,如韩国、新加坡、巴西、中国香港特别行政区和中国台湾

〔1〕 冯之浚:《世纪之交的国外科学学研究》,69页,杭州,浙江教育出版社,2000。

省。

(4) 发展中国家，指科技和经济都落后的国家。

以科学发现和技术发明成果在经济领域的运用作为划分国家类型的标准，足以说明科学发现和技术发明运用的重要意义。能否实现科学技术的迅速应用，要靠国家创新系统的有力支持。因此，建立良性循环的国家创新系统是实现科学技术化的重要保证。

此外，如何发挥国家创新系统的作用来培养各个要素的创造力也很重要。创造力在科学技术化过程中的作用问题，也是科学技术化的重要的理论和现实问题。许多问题确实可通过在新的条件下应用现有的科学原理得到解决，但是这些应用需要高度的创造性和科学的想像力。没有创造力，科学技术化过程便难以实现。

(三) 科学技术化与 R&D 活动

经济合作与发展组织 (OECD) 对 R&D (Research and Experimental Development) 的定义是：在一个系统上的创造性工作，其目的在于丰富有关人类、文化和社会的知识库，并利用这一知识进行新发明。可见，研究与开发 (R&D) 活动的最终目的是利用知识实现技术发明，与科学技术化密切相关。

一般说来，R&D 活动包括三个方面：基础研究、应用研究和实验开发。它是技术创新的前期阶段，是技术创新投入的科学技术基础。科学技术化是 R&D 活动的重要组成部分。实际上，R&D 活动包含新技术产生的所有途径，如通过对引进技术进行改造更新综合创新，通过对已有技术工艺在经验的基础上进行改造更新，通过在科学研究的基础上开发出相应的技术及其产品 (实现科学技术化)，等等。但在高技术时代，科学已经越来越显现出它的基础性作用。以前的技术是以总结经验为主的技术。今天人们所说的技术，尤其是高技术是基于科学的技术。所以今天

的技术创新如果没有科学的支撑,没有科学方面的突破,要想有真正的、大的技术创新是不可能的。几年前,时任美国总统的克林顿在关于 21 世纪的一份报告上说,今天的技术是经济增长的最主要的“引擎”,而科学是“引擎的燃料”。今天的技术没有科学的强大后劲,技术创新是很难的,即或有也是小打小闹,实现真正突破是不可能的^[1]。在高新技术迅速发展的时代,不论是国家的还是企业的 R&D 活动,都越来越离不开科学源头创新的支撑。高技术的上面需要有高科学。

二、科学技术化研究的理论意义和现实意义

科学技术化是指科学转化为技术的过程,即科学认识转化为技术实践的过程。科学技术作为核心在经济发展中起作用,并不是一个简单的作用过程,而是要经历一个科学技术化、技术现实化、技术发明经济化这些诸多的转化过程,其中科学技术化是最根本的过程。没有基础科学先转化为现实技术,认识不能转化为实践,便谈不上科学为生产服务,生产力中科学的作用也就无法体现。因此,科学技术化是知识经济时代发展经济的一个重要的不容忽视的基本方面,它的研究不仅有一定的理论意义,而且有着重要的现实意义。

(一) 科学技术化研究是科技创新理论与实践探索的重要课题

我国科学创新水平低,技术创新效率不高,很大的原因在于科技成果转化率低和科技投入产出率低。例如,1996 年我国从事研究与开发的总人数和企业研究开发总人数均列世界前 4 名,但我国科学研究和专利指标的国际竞争力分别为世界的第 32 位和第 21 位。研究科学技术化,不仅可以揭示科学与技术间的本质联系,而且可以更好地找出科技成果转化中的问题,解决一些

[1] 陈胜昌:《知识经济专家谈》,23 页,北京,经济科学出版社,1998。