

第四次科技革命

当代资本主义研究丛书

[illegible]

第四次科技革命

当代资本主义研究丛书

[illegible]

江苏人民出版社

图书在版编目(CIP)数据

第四次科技革命 / 顾肃著. 南京: 江苏人民出版社,
2003. 8

(当代资本主义研究丛书)

ISBN 7-214-03546-4

I. 第... II. 顾... III. 技术革命 IV. F062.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 066247 号

书 名 第四次科技革命
著 者 顾 肃
责任编辑 花 蕾
出版发行 江苏人民出版社(南京中央路 165 号 210009)
网 址 <http://www.book-wind.com>
集团地址 江苏出版集团(南京中央路 165 号 210009)
集团网址 凤凰出版传媒网 <http://www.ppm.cn>
经 销 江苏省新华书店
照 排 南京紫藤制版印务中心
印 刷 者 淮阴新华印刷厂
开 本 850 × 1168 毫米 1/32
印 张 9.375 插页 2
印 数 1—3130 册
字 数 210 千字
版 次 2003 年 9 月第 1 版 2003 年 9 月第 1 次印刷
标准书号 ISBN 7-214-03546-4/F·737
定 价 15.00 元

(江苏人民版图书凡印装错误可向本社调换)

总 序

资本主义经历了一个变化过程。资本主义刚刚兴起的时候,它是从中世纪的商业行为中发展出来的,商业是早期资本主义的重心。资本主义转变成以工业为中心的时候,它释放出一种新的生产力,而且创造出一种新的社会制度,我们称之为资本主义制度。这时的资本主义是工业资本主义,也就是我国教科书上经常说到的那种“资本主义”。工业资本主义以动力机器和工厂组织形式的出现为标志,在社会结构方面则构造了一个完整的“资本主义社会”。早期的工业资本主义崇尚“自由”,主张不受约束的生产与交换,经济活动只应该服从一只“看不见的手”,为此,就必须有绝对“自由”的私有财产。由于这个原因,这一时期的资本主义被称为“自由资本主义”。

“自由资本主义”到19世纪末就开始变化了。马克思有许多判断非常准确,他说,生产的无序状态造成周期性的经济危机,“看不见的手”造成了社会的混乱;解决这一问题的途径是社会对生产与分配实行干预。社会主义思想就是从这一判断推导出来的。以此为理论基础,就出现了后来的国际社会主义和国际共产主义运动。19世纪末,还有很多人也看出了“看不见的手”造成的危害,他们也认为社会应该实行干预,但干预应该由资本主义社会自身来进行,因而主张一种资本主义的解决办法。资本主义的自我改造就始于这个时候,但变化的过程十分

缓慢,观念方面的阻力可能与惰性有关——“自由”现在是金科玉律,不可触犯;但实际利益方面的阻力也许更实在:如果社会实行干预,私有制是否还能存在?

进入20世纪,资本主义的变化加快了,原因很多,其中有两个因素很重要,一是社会主义运动的发展,对资本主义造成压力。二是在20年代末出现世界性经济总危机,这充分说明了生产的无序状态终究会导致何种后果。为避免资本主义体系发生总崩溃,资本主义作为一种制度,它现在必须修正自己。人们开始形成共识,即不受约束的“自由”最终会毁灭资本主义,而解救的方法恰恰是:对生产和分配实行社会干预,包括对私有财产进行重新分配(但不是消灭)。应该看出,这是价值观念及社会建构的重大变化,当代资本主义就是从这个时候开始的。

我国对当代资本主义的研究一直不够,改革开放以后,我们对外部世界的了解逐渐增多,观察问题的方式也不断改进。近年之中,关于当代资本主义的研究已经越来越多了,出了不少成果,但这些研究仍然不够,需要做的工作仍然很多。真正的了解需要对一个个问题进行有深度的发掘,需要作个案研究。我们这套丛书就旨在对当代资本主义的若干个案问题作专题讨论,希望每个专题都具有一定的代表意义,反映一定的共同性。我们希望这些研究能帮助读者加深对当代资本主义的认识,至少对我们讨论的这些专题开始有真正的了解。中国的学术建设任重而道远,我们愿意在漫漫长路上艰难举步。

钱乘旦

2002年12月

第一章 伟大的科学技术革命 1

第一节 现代化的火车头 1

第二节 什么是科学技术革命 5

第三节 迄今四次科技革命 8

第四节 当代科技革命的特点 14

第二章 当代科学理论创新 22

第一节 物理学革命 22

第二节 化学与地学的发展 36

第三节 生命科学 44

第四节 天文学 48

第五节 数学与逻辑学 55

第六节 综合性科学 61

第七节 复杂性科学 69

第三章 当代技术革命 74

第一节 信息技术 74

第二节 新能源技术 96

第三节 新材料技术与激光技术 105

第四节 生物技术 122

第五节 空间与海洋技术 130

第四章 科技革命与发展战略	143
第一节 高科技发展战略的意义	143
第二节 美国科技发展简史	148
第三节 美国政府高科技发展战略	169
第四节 企业、大学与非赢利机构的 科技研发	198
第五节 西欧高科技发展战略	231
结束语 知识经济时代的科技与教育	271
主要参考文献	287

第一章 伟大的科学技术革命

第一节 现代化的火车头

科学技术是第一生产力,是现代化的火车头。自从英国哲学家弗兰西斯·培根提出“知识就是力量”的著名论断以来,现代科学技术的重要性日益被人们所认识。当今之世,一个社会的现代化愈是发展,科学技术在其国民经济、社会物质生活乃至精神文明中的地位便愈是突出。人们对此的认识从来没有像今天这样明确和一致。

科学技术在过去两三百年内创造的生产力比人类此前整个历史创造的全部生产力的总和还要不知多多少倍。“一天等于二十年”的多年梦想,如今依靠科学技术而变成了现实。而且,现代科学技术为人类社会带来的不仅是物质的进步,它也时而直接、时而潜移默化地改变着人们的生活方式、思维方式乃至精神境界。例如,当电视机、电冰箱、小轿车、互联网这些现代化的新产品逐渐进入寻常百姓家时,人们的开放和竞争意识大多会强化,而人际平等观念也会更加深入人心。因为过去只有王公贵族等极少数人才可享用一些高级奢侈品,这些成了特权的象征;如今的人们不必再去竭力谋求这些特权,单靠自身的辛勤劳动也可获得日益普及的高科技产品。而且,科学技术本身没有国界,任何人利用之后都可以带来直接的收获,因此,长期闭关

锁国的传统和小生产者的生产方式所造成的那种狭隘、愚昧、盲目排外的心态和封建宗法观念,日益受到科学技术迅速传播和生产力大发展的冲击,科学技术所带来的观念更新使传统的旧观念和僵化的意识形态相形见绌。

当今世界的文明随着科学技术的传播而日益连成一体。如今,电报电话、高速公路、电脑、机器人和人造卫星等等,都已公认为人类的共同财富,连可口可乐饮料、卡拉 OK 演唱方式等等都已进入千万民众的家庭,成为跨国界的文化生活的一部分。而互联网把整个信息世界尽收一台电脑屏前,坐在家分秒之间便可调阅世界上一切可得的信息档案,“秀才不出门,全知天下事”,把人们的眼界扩大到前所未有的程度。人们甚至还通过虚拟世界而模拟现实,进行大规模的科学试验、训练飞机驾驶员和战争演练,这些尽管都不是直接的现实,却可达到补充现实的惊人成效。

任何一个社会的科技现代化都不是自然而然、一帆风顺地实现的。研究政治学、公共行政管理学、科学社会学等学科的有关学者,日益感到科学技术发展的体制因素的重要性。即使是在现代科学发展的初期,也存在着各种各样的体制条件。最简单的一个对比是:牛顿力学在西方世界大发展的时代,中国的科学技术却几近处于停滞状态,没有多少量的扩展和质的突破。而在此前的数世纪内,中国曾经产生过领先于世界的辉煌的技术发明。造成这种强烈反差的原因是复杂的、多方面的,但最重要的是社会体制。在当时的西欧,市场经济已经发展起来,以利润为根本杠杆的工商业的自由竞争,像魔力一样唤起了人们的工作和创造潜力,科学技术有了充分的用武之地;人文主义运动从思想上解放了人,荷兰和英国的资产阶级革命则进一步摧毁了束缚科学技术发展的封建的社会关系,把人从奴役关系下解

放出来;学术和思想自由,鼓励创造发明的氛围,科学家和技术发明家得到的丰富的经济资助、空前提高的社会地位,科学院和学会等科学共同体组织的建立等等,都促进了科学家和发明家之间的交流,对创造发明起到了直接的鼓励作用;此外,欧洲传统文化,特别是欧几里德几何学和亚里士多德演绎逻辑所留下的思维方式,有助于近代西欧在科学的基础理论方面不断创立系统的抽象理论和学科体系。而当时中国的情形几乎正相反:封建的人身依附关系不仅没有改善,甚至有所加剧;作为官方意识形态、伦理道德和根本价值观的孔孟之道,则以种种传统的枷锁严重地束缚着人们的思想和创造性,科学研究的思想禁忌比比皆是;对工商业的种种官方的限制和对商人的歧视也使人们无法在比较平等的条件下进行自由竞争,发挥自己的才能;而科学家和技术发明家的资金条件很差,经济和社会地位低下,受行政长官的随意压制和摧残,科学同仁不能有效地组织起来进行交流并捍卫自身的权利。一个简单的例子是:郑和下西洋创造了人类航海史上的奇迹,但当皇帝觉得不再需要此类航海时,一声令下,便使之销声匿迹。而西方却不断地在商人和冒险家的推动之下直至发现了一个个新大陆和群岛,国王们曾经赞助过哥伦布等人的航海活动,但这些活动本身却不是国王一声令下便可禁止的。因为西欧的社会条件,特别是商业、冒险、科技发明和发展海外殖民地的互动已经使这样的禁令难以生效。

正是在西部欧洲,最早发生了人类历史上的科技革命,而这种革命决不是孤立的。它是与工业革命和政治革命相互推动的,三者紧密相联,甚至缺一不可。一些人只看到西欧的科技革命,却没有看到另外两类革命的同等重要性。没有工业革命以及与此相伴随的工商业的飞速发展,科技的新成果就不可能普及,不可能引起人们的重视。没有政治革命,也就难以解放生产力

和科技发明,保障公民包括科学家和技术专家的言论和创新的自由权利,各种天才的思想和发明也就难免胎死腹中。同样,科技革命成了工商业发展的巨大动力,同时也造就了大批从事科学技术研究的专职中产阶级人士,为政治革命创造了社会和思想条件。

由此可见,社会体制条件对于科学技术的发展决不是可有可无、无足轻重的,而是息息相关、不可缺少,在某些情况下还是决定性的。如果说,在科学发展的早期,个别科学家和发明家只要有一定的经济基础,依靠自己一生勤奋、孜孜不倦的追求和钻研,一般也可以取得一定的成就的话,那么,当代高新科学技术的研究和发展由于更加依赖高深的基础理论和庞大而复杂的精密仪器设备,因而更加依赖科学技术的体制条件,包括科技政策、资金来源和各种刺激条件和反馈,与生产、贸易和信息流通条件的关系也更为密切。即使是在具有长期经济自由放任主义传统的发达资本主义国家,近几十年来由于政府干预的不断扩大,科技发展战略和科技政策在政府日程中的地位也在不断提高。

人类迄今在科学技术方面所取得的成就不是平铺直叙式的,而是表现出波浪式进步、有时发生突变的特征。所谓科学技术革命的说法即与此相关。人们经常把当代科技革命称为第四次科技革命。前三次科技革命都以代表性的新兴学科和新技术推动了生产力的大发展,而目前正在进行的第四次革命则将更广泛和深远地推进社会进步,把人类带入一个新时代。我们在此重点阐述第四次科技革命的特点和促使其发生、发展的体制和社会根源,它与前三次科技革命的比较,并且总结出一些可供借鉴的经验。

第二节 什么是科学技术革命

今天人们可以普遍地谈论科学技术革命,诸如哥白尼革命、达尔文革命、计算机革命和信息革命等等,科技革命这一词大概在近年被人们滥用了。可是,科学技术的发展的确存在着类似于革命的过程,而且一些新科学理论和新技术给人类社会带来的巨大变化的确类似于一场政治和社会革命,比如计算机革命。因此,科技革命这一提法还是有相当的道理的。

对于科技革命的理论认识,大多应归因于美国科学哲学家托马斯·库恩(T. Kuhn)。在他之前,人们也用过如“哥白尼革命”这样的提法,但一般把近代以来的科学技术的发展看作是累积的渐进的过程,其中一个小的发展或增长可以有规律地带动另一个进步或增长,即使出现如牛顿等引起的大量增长的进步,也被人们看作是特例而不是常规。1962年,库恩发表的《科学革命的结构》一书,从根本上改变了人们对科学变化的看法。库恩评论说:“没有几本科学史方面的著作曾经引起人们如此巨大的兴趣和持续这么长久的讨论。甚至那些并非在所有细节上都同意库恩的分析的人,也不得不承认,科学的发展并非必然就是一个积累的过程,科学中存在着一些大的革命,在这些大的革命之间还有一些较小的革命,革命的过程是科学知识增长模型的一个组成部分。”^①库恩把科学革命概括为这样的过程:每次革命之前都有一个“常规科学”的积累过程,人们根据现有的范式进行实验和解难题,但当反常情况出现之后,通常其中一些

① (美)库恩《科学中的革命》中译本,商务印书馆1998年,第28页。

新人对旧范式提出了根本的怀疑,从而提出新的科学范式,包括基本理论和实验、解题的技巧和方式,并形成新的科学共同体,最终抛弃了旧理论,接受新理论。这就是科学革命,而且此类革命是不断地进行的,这就是科学变革的社会动力学。库恩的这一模式不仅应用于物理学和化学等领域,而且被推广到研究历史、哲学和政治等社会科学、公共政策与管理,甚至用来说明现代大学的性质。尽管有人质疑这种推广的合理性,但这一科学革命的模式的确可以说明相当范围内的一些现象。

由于每一次重大的科学革命都促进了技术的革命,并且改变了人们的生产方式和生活方式,因而今天的研究者不只是谈科学革命,而且更多地谈论科学技术革命。科技革命有类似于政治革命的一面,因为这是科学技术界的一批新人代替旧人来唱科研主角的转变,类似于权力场的斗争;也是新的理论和范式代替旧理论和范式的过程,类似于政治意识形态的重大转变。然而,科技革命不同于政治革命,主要表现在它通常并不伴随着暴力和流血,没有人头落地的血腥恐怖,而只是科技活动舞台上角色和演出方式的重大变化。

这里有必要简述一下科恩总结的科学革命的四个阶段。第一个阶段是“思想革命”或“自身中的革命”,这就是一个科学家或科学家小组发现了解决某个或某些重要问题的根本办法,或者发现了新的应用信息的办法,提出了一种新的知识框架并可由此而对现有的信息进行全新的表述,或者引入了一组改变现有知识特性的概念并提出一种革命性的新理论的时候。第二个阶段是对一种新方法、概念或理论的信仰,即把新规律和发现写成一封信、一组短文、一篇报告或文章,即写出了研究纲领。第三个阶段是“论著中的革命”,即这种新的科学理论在科学共同体中广为流传,或者是开同行座谈会、学术讨论会,或者是在正

式的科学会议上交流,引起人们的争论但最终得到认可,以论文或专著的形式公开出版。第四个阶段是科学革命的完成,即科学共同体最终不仅认可,而且按照这种新的科学理论来广泛地进行科学实验、研究,形成新的科学范式,承认其公认权威的地位。^①

科学革命的这四个阶段具有普遍意义,而技术革命通常穿插于科学革命之间。一项新的科学理论在科学界得到广泛接受之后,其技术上的应用也同时在此过程中提上技术专家们的议事日程,这里还存在着科技共同体的范式转换问题,许多新人开始接受新的技术,同时还伴随着制造商和销售商的大量工作,最终使该项新技术在全社会普及推广,改变人们的生活方式。当然,并不是每项新的科学理论革命都会立即导致相应的技术革命,有的基础理论(比如生物进化论)几乎没有与之直接对应的技术革新。技术革命在近代早期与当代之间还有一定的区别。近代早期的主要技术革新是由一些理论功底并不太深的工匠或发明家完成的,比如瓦特改进了原有的蒸汽机、法拉第进行的电学实验。但到了现代,技术发明更需要雄厚的科学理论和实验技能的训练,也离不开复杂的实验设备,因而绝大多数发明家均拥有学位文凭,在现代化的大学中接受过系统的教育。

科学技术的革命虽然不总是齐步前进的,但到了现时代,它们之间的联系日益密切。因此,我们一般所说的科技革命,是指科学理论与相应的应用技术方面的重大转变,伴随着新的科学范式和技术条件的转变,大批新人从事新的理论和应用技术的研究和普及,最终使全社会在科技应用上的面貌改变。当代的科技革命更多地表现出综合性、多样性的特点,但也以一些重要

^① (美)科恩《科学中的革命》中译本,商务印书馆,1998年版,第35~42页。

的前沿领域为主导,并且表现为信息技术的重大突破与相应的知识经济相伴随。

科技革命的另一个重要特征是科学共同体的兴起。各种科学技术的共同体应运而生,不断地壮大。例如 19 世纪之前,主要是历史悠久的科学组织和机构在协调科学家的活动,像英国皇家科学院、巴黎科学院和西欧其他国家的科学组织对科学家活动的认可、支持和指导作用巨大。但随后即不再能适应科学技术专家人数飞速增加的现实,于是就产生了许许多多地方的科学组织和专业科学杂志,如法国的《物理学杂志》、英国为物理学界出版的《哲学杂志》以及各国相继出现的专业的科学组织(如地质学家协会),而现代的大学则成了科学研究和技术发明的大本营,大企业也开始建立自己的专门科学研究和发明的机构。了解这些科学共同体发展的特点和规律以及国家科技政策在其中所起的作用,也是研究科技革命的一项重要内容。

第三节 迄今四次科技革命

第四次科技革命方兴未艾。要认识这次革命的特点和性质,就有必要回顾历史,了解迄今发生的四次科学技术革命的大致情况。

对科技革命的具体表现形态的描述和时间段的划分,学术界存在一定的分歧,事实上也很难得出一个标准答案。然而,大致承认的说法之间还是比较接近的。人们一般认为迄今发生了四次科技革命,每次科技革命都有带头的科学理论创新和标志性的技术(这里的理论和技术不一定只是一种),而且还有相应的经济形态与之相伴随。

一、第一次科技革命——以蒸汽机为主导技术标志,英国实现了工业化并成为世界科技中心

人类生产力发展和科技进步的第一次重大变革发端于 18 世纪中叶英国的工业革命(也称产业革命)。这次产业革命的重要社会条件是 17 世纪后半期的英国政治革命,又叫“光荣革命”,新兴的资产阶级和开明贵族与国王的势力和封建贵族达成妥协,逐步实现了英国的议会民主制和法治,并且创造了个人自由发展、创业、投资和参与政治生活的社会条件,从而大大地促进了英国的工业化。此外,思想家、理论家和科学家的贡献也功不可没。17 世纪英国思想家、哲学家培根提出了“知识就是力量”的口号,鼓舞了社会各界人士学习科学知识,从事创造发明,以科技促进生产的进步。英国大科学家牛顿发现了力学三大定律,为古典物理学奠定了坚实的基础,也为工业新技术的发明提供了科学理论的基础。棉纺业出现了珍妮纺织机,提高了生产率。科技专家发明了蒸汽机,特别是 18 世纪中叶,瓦特在前人的基础上创新的高效蒸汽机引起了世界第一次科技革命。以蒸汽机为标志的产业革命,改变了人类对手工工具和人力、畜力、风力、水力的依赖,开创了资源经济的辉煌时代。蒸汽机以煤炭和水产生不受自然环境限制的动力,促进了纺织业、冶金业、煤炭业、交通运输业、机械制造业的飞速发展,极大地提高了社会生产力水平,人类社会从此由农业经济时代进入工业经济时代。因此,蒸汽机是第一次科技革命的新技术和动力标志,以此为龙头,科学技术和生产方式发生了巨大的变革。

这场史无前例的科技革命使英国从一个传统的农业国跨入先进的工业国行列,工业产品成倍增加,棉布产量在 18 世纪 80 年代到 19 世纪 80 年代 100 年间增长 160 倍,成为名副其实的

“世界工厂”。英国成了第一次科技革命的最大受益国,也成了世界工业化和科技进步的楷模,成了世界科技的中心。到 19 世纪末,英国达到了其极盛时期。在科学研究体制方面,第一次科技革命前后欧洲成立了一些重要的国家科学院,如英国皇家科学院、法国科学院等机构,使这些国家有了以政府名义的资助和协调科学技术专家创新活动的专业机构。一些著名的科学家还担任这些机构的负责人(如牛顿任皇家科学院的院长)。

二、第二次科技革命——以电力技术革命为主导,工业由蒸汽时代进入电气时代,美国成为世界第一经济强国

北美殖民地曾是远远落后于欧洲的农业生产地区,地多人少,劳力不足,生产落后,只是向其欧洲宗主国输送农产品,并且充当欧洲工业产品的销售地。美国宣布脱离英国而独立之后,其生产力也开始进入自主发展的轨道,对节约劳动力的机械技术的需求急剧增长。当时英国对美国进行技术封锁,这迫使美国依靠自己的力量进行技术创新。美国发明家惠特尼发明了轧棉机,使棉籽清除效率提高了 1000 倍,从而使美国超过了印度,成为世界最大的棉花出口国。美国利用出口棉花取得的外汇来购买先进技术和工业品,因而产生了良性循环,为电力技术的革命创造了条件。

1800 年,意大利物理学教授伏打发明了电池,第一次用人工产生大电流,为后来电的利用和电磁实验提供了电源。奥斯特和法拉第等西欧科学家研究了电磁感应现象,为发电机和电动机的发明创造了条件。19 世纪 70 年代电磁学的发展引起了世界第二次科技革命。电力技术革命起源于欧洲,完成于美国。1866 年西门子发明了电机,1876 年贝尔发明了电话,1879 年爱迪生发明了电灯。这三大发明照亮了人类实现电气化的道路。