

李建珊 主编

南开大学出版社

科技文化的起源与发展

全日制高等学校公共课教材

Keji wenhua de qi yuan yu fa zhan

全日制高等学校公共课程教材

科技文化的起源与发展

李建珊 主编

南开大学出版社

天 津

图书在版编目(CIP)数据

科技文化的起源与发展 / 李建珊主编. —天津:南开大学出版社, 2004. 2

ISBN 7-310-02003-0

I. 科... II. 李... III. 自然科学史—世界—高等学校—教材 IV. N091

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 091454 号

出版发行 南开大学出版社

地址:天津市南开区卫津路 94 号 邮编:300071

营销部电话:(022)23508339 23500755

营销部传真:(022)23508542

邮购部电话:(022)23502200

出版人 肖占鹏

承印 天津宝坻第二印刷厂印刷

经销 全国各地新华书店

版次 2004 年 2 月第 1 版

印次 2004 年 2 月第 1 次印刷

开本 880mm×1230mm 1/32

印张 13.5

字数 384 千字

印数 1—3000

定价 20.00 元

内容提要

本书融思想史和社会史研究为一体,对科学技术作为人类亚文化系统的发展脉络及其特点,进行了系统和全面的历史考察。1~3章探讨了科技文化的起源、上古时代的科技文化和科技传统在中古时代的延续等,以及近代科学的产生与基督教文化之间的二重性关系。4~7章讨论了近代科技文化的兴起、17~18世纪科学的发展、技术革命与产业革命、理论自然科学的形成,以及科学的社会建制化过程和近代科学的民族特点。8~10章介绍了20世纪的科学革命、技术文化的新时代、当代科技文化与人文文化的互动的新走向等内容,并围绕科技发展的社会文化功能及其引发的思潮提出了富有时代感的见解。

**谨以此书纪念南开大学
首次开设科学史课程的先辈
钱宝琮先生**

目 录

绪 论	(1)
第一章 科技文化的起源	(7)
1.1 人类文明的开端	(7)
1.2 科学产生的前提	(16)
1.3 人类科技文明的最初成就	(21)
1.4 中国原始时代的科技萌芽	(26)
第二章 古代的科技文化	(30)
2.1 早期自然哲学	(31)
2.2 希腊科学的黄金时代	(39)
2.3 希腊化时期和亚历山大利亚学派	(46)
2.4 罗马时代的科学技术	(53)
2.5 关于希腊罗马科技文化的几点结论	(63)
2.6 上古时代中国的科技文化	(68)
第三章 中世纪的科技文化	(84)
3.1 基督教统治欧洲	(86)
3.2 阿拉伯世界科学文化的繁荣	(89)
3.3 中古时代中国的科技文化	(94)
3.4 后中世纪欧洲的技术发展概况	(110)
3.5 欧洲科学文化发展的准备——学术复兴	(113)
3.6 中世纪科技文化的总体评价	(120)
第四章 近代科技文化的产生	(122)
4.1 近代科技文化产生的历史背景	(122)
4.2 哥白尼革命	(128)
4.3 医学与生理学的发展	(137)
4.4 实验科学传统的建立	(144)
4.5 近代科学革命的特点	(150)

第五章	17~18 世纪科学的发展	(154)
5.1	近代哲学革命与科学方法论	(154)
5.2	经典力学体系的建立	(161)
5.3	物理科学的全面发展	(169)
5.4	化学发展的基本线索	(180)
5.5	生物科学和医学的进展	(186)
5.6	科学社会建制的形成	(194)
第六章	技术革命与产业革命	(200)
6.1	近代技术产生的基础	(200)
6.2	新型技术体系的出现	(204)
6.3	技术革命时代的到来	(210)
6.4	产业革命导致科学与技术的融合	(216)
第七章	19 世纪理论自然科学的形成	(220)
7.1	科学的新世纪	(220)
7.2	天文学和地质学的发展	(221)
7.3	经典物理科学的完成	(235)
7.4	19 世纪的化学科学	(243)
7.5	生命科学的形成	(249)
7.6	第二次技术革命与科学的职业化	(261)
第八章	20 世纪的科学革命	(269)
8.1	经典物理学的困惑	(269)
8.2	相对论对时空观的变革	(273)
8.3	量子理论与量子力学的创立	(282)
8.4	经典化学向现代化学的转变	(291)
8.5	宇宙科学与地球科学	(297)
8.6	分子生物学的诞生与发展	(302)
第九章	技术文化的新纪元	(315)
9.1	激光技术	(315)
9.2	微电子技术 with 计算机技术	(320)
9.3	自动化技术	(327)

9.4	纳米技术	(334)
9.5	足踏太空,拓荒宇宙	(337)
9.6	能源科学技术	(347)
9.7	异彩纷呈的材料“家族”	(354)
9.8	当代生物技术	(360)
9.9	现代医学进展	(369)
第十章	当代科技文化与人文文化	(378)
10.1	横断科学及其方法论革命	(380)
10.2	现代科学技术与社会	(395)
10.3	科学的社会化与社会的科学化	(401)
10.4	对当代科学的反思	(406)
10.5	融合两种文化,共创人类未来	(410)
参考文献		(417)
跋		(420)

绪 论

生活在当代世界的不少学者都在思考科学与技术的本质问题。20世纪20年代至40年代以来陆续产生的科学技术史、科学哲学和科学社会学等研究领域,是这种反思的产物,而科学技术史研究则是科学哲学与科学社会学研究的基础。20世纪以来,人们以不同的理论观念为指导对科技史所进行的研究,大体循着从学科史到综合史、从思想史(内史)到社会史(外史)的方向发展。鉴于科学技术作为一种人类活动,既有其自身发展的内在逻辑,又与各种社会建制间发生不可避免的相互作用,因此,无论低估内史还是外史的作用都是片面的。出于这种考虑,我们主张从内史与外史结合的角度,以文化为切入点,来考察科学技术作为人类文化的发展历程。

什么是文化?什么是科技文化?有的学者认为,文化是以价值系统为其核心的一整套的行为系统^①;有的认为文化可解释为生活方式^②或“生活之道”;也有的认为,文化是人类在社会实践中创造的各种物质的、精神的成果。我们认为,文化是人类为了生存与理想而进行的物质生产和精神生产活动中所获得的能力及其全部产品。根据这种理解,科学技术作为人类认识与改造世界以及使生活方式不断变革的特殊能力、活动和产品,显然也属于文化,而且是人类文化不可或缺和日益重要的组成部分。

具体地说,科技文化是指人类在科学技术这种认识和改造世界、并使自身生活方式不断变革的特殊活动中所获得的能力及其产物的总和。它萌芽于近代文艺复兴时期。在一般人类文化进程的大背景下,科技文化也具有整体性、历史性和层次性。

① 中国科学院科技政策与管理科学研究所、《自然辩证法通讯》编辑部. 科学与社会. 北京:科学出版社,1988,第169页。

② 江天骥. 文化的评价问题. 自然辩证法通讯. 1996(3),第30页。

科学技术虽然不等同于文化的全部,而只是人类文化系统的组分或要素,然而,近现代文化史表明,科技发展的水平与程度已越来越从根本上规定了文化进化的水平与程度。从这个意义上讲,科技文化史研究中一个重要的领域是探讨科学技术作为文化系统的组分和要素之发生、发展直至在文化系统中占据主导与核心地位的过程及其规律,并对不同时代科技文化的形态、层次及特点加以分析。

研究科技文化史的逻辑前提是以完整、成熟的科技文化作为参考系,以其内涵和典型特征为标准,研究它的发生与发展。从人类早期文化中成长起来的科技文化具有如下特点:

第一,它不是由对自然的直观思辨认识和运用原始技术直接加工自然物获得的零星人工制品等所构成的简单文化因素,而是由器物层次、制度层次、行为层次和价值观层次所构成的完整的社会亚文化系统。^①成熟意义上的科技文化是由器物层次、制度层次、行为规范层次和价值观层次所构成的完整的社会亚文化系统。科技文化的器物层次指科学技术的物化成品及其所导致的人类生产方式和生活方式的变迁;科技文化的制度层次指科技活动自身的社会建制及其对社会职业和社会组织形式的影响;科技文化的行为规范层次指公有性即私利性、社会向善论等科学活动的道德目标和伦理准则;而科技文化的价值观层次则是指科学活动中形成的诸如一定程度的积极合理性(rationality)、普遍主义(universalism)、合理的怀疑性、面向现实自然界和世俗社会的功利主义(utilitarianism)、尊重个性价值和隐私权等价值取向。这些层次的结合与互动,形成科技文化的统一而有机的整体。

第二,由于科学技术活动的对象、方法、评价标准、价值观念和行为规范的一致性及其高度理性化,使科技文化突破了民族、国家、宗教、地区和文化传统的束缚,成为全人类共同创造、共同接受、共同享用、共同发展的具有普适性的文化。正是科技文化的这种国际性或全球性使之作为中介,起到沟通不同民族和地区传统文化的作用。

① 何亚平,科技文化——现代社会的文化基础,科学学研究,1987(4)。

第三,成熟的科技文化在人类文化中所处的位置已不再是十分薄弱或可有可无的。科技活动作为人类高度自觉的认识与改造自然的活动,已广泛地渗透到经济、社会、政治、外交、军事、教育、艺术等领域中,成为人类其他社会活动日益重要的基础,并在一定程度上决定着人类文化诸领域发展进化的方向。这就是科技文化的所谓基础性所在。

第四,科学从来都宣告自身在认识论与方法论上的不完备性。正如恩格斯所说,自然科学本身就是彻底革命的。无论作为思维创造物的科学概念、定律和理论,还是作为科学物化成果的技术人造物乃至技术体系,都不具有永恒、绝对的意义。在科技文化中,作为价值观层次的“科学性观念”,以及作为行为规范层次的“有条理的怀疑性”都决定了在科学技术发展中,没有绝对权威和偶像,不存在千古不变的教条,也不应有探索的边界或禁区;必须用批判态度对待一切既成的科技成果,不断地根据社会主体的需要和客观世界的尺度去改变其已有的结构和规范,使科技文化成为不断创新的开放体系。我们称这个特点为科技文化的创新性或革命性。

显然,具备上述特点的严格意义上的“科技文化”的形成是工业革命以后的事情。但科技文化有一个从无到有、从萌芽到成熟的发生发展过程。完整、成熟的科技文化只能在一定的文化背景上产生出来。应以上述四个特点为标准 and 参照系,去追寻和发掘在成熟的科技文化形成之前人类文化所包含的科技文化的萌芽、胚种或因素。正是后者构成了科技文化的前身或来源。我们称存在于人类早期文化之中并作为科技文化之前身或来源的其他文化因素的总和为“古代科技文化”或者“前科技文化”。所谓古代科技文化,本质上属于一种共同文化或混合文化。^① 构成这种混合文化的是在礼仪传统、工艺传统、图腾崇拜、神话、巫术、宗教、神学、哲学乃至常识中所蕴涵的与后来科技文化的形成有关的因素。只是古代科技文化的不同阶段所包含的各种文化因素的组合及标志有所区别、主体有所不同而已。比如,古巴比伦和古埃及的前科技文化,以经验传统与幻想知识为标志,主体首先是巫师和祭司,其

^① 舒炜光. 科学认识论:第2卷. 长春:吉林人民出版社,1990. 第4~14页。

次是工匠。而在古希腊的前科技文化,以理性的自然哲学为标志,主体是古代哲人。在欧洲中世纪,前科技文化以宗教神学为标志,主体是当时惟一受教育的僧侣。一句话,如果在古代和中世纪存在科技文化,那么它们或者从属于经验性传统或幻想性知识,或者从属于哲学、神学,且与其他文化因素浑然一体,作为共同文化而存在。当然,前科技文化在世界各国、各民族中形态各异,延续时间不等,但有其基本的共同点,即:以农业、畜牧业和相对较弱的手工业为其物质基础,以自然经济为主要经济形态,社会关系则以血缘、宗族为基础。在这个漫长时代,人对自然的征服欲望和崇拜心理尚未分化,人类崇拜大自然,将自然的结构、功能和属性当作自己行为的准则。这是以大自然为载体的文化,可以称为自然文化。

以思想启蒙为宗旨的欧洲文艺复兴及随之而来的科学革命和技术革命是人类文化史上极为重大的事件。它导致人类文化领域的深刻变革。迄今还没有任何文化变革能够与之相比。从此,严格意义上的科技文化,或者说,作为人类文化中相对独立的亚文化体系已经形成。不妨把由此而至19世纪末的科技文化称为“近代科技文化”。由哥白尼开始至牛顿结束的第一次科学革命和随之而来的蒸汽机革命,及以电磁理论等为标志的第二次科学革命和紧随其后的电力与内燃机革命,不仅推动了世界范围的产业革命,而且带来了人类生活方式的深刻变革。但是决不能错误地认为近代科技文化仅仅表现为器物层次上的进步。首先,近代科技文化初步完成了科学和技术的社会建制化过程。16世纪中叶西欧创办的科学社团标志着科学社会建制已初见端倪。17世纪中叶以后,以英国皇家学会、法国科学院、柏林学院、彼得堡学院为代表的一批官方科学组织的建立,标志着科学活动的初步体制化。此后科学与工业、科学与大学的结合,为科学活动的专门化、职业化创造了必备条件。其次,在近代科学传统中逐渐确立了由逻辑理性、数学理性和实验理性所构成的科学理性精神,从而为科学知识的条理性、精确性和可靠性提供了保证。同时,在科学知识生产中形成的一系列价值观和行为规范,保证了人类科技活动自身的健康发展。

从方法论上讲,研究科技文化史除了逻辑前提外,还要特别注意

科技文化系统本身层次的完备性,并不等于说科技文化的影响已渗透至人类文化的所有层次。在整个近代乃至现代初期,科技文化对人类文化的影响主要和大量地表现于器物层次;与此相比,它在制度层次、行为规范层次和价值观层次上,对一般文化的影响还相当薄弱。由于过分注重器物层面的科技文化对迅速改善人类物质生活的功效而忽视它的其他层面的一般文化价值,势必导致技术理性的畸形膨胀和价值理性的萎缩,反过来又影响了科技文化自身的健康发展。历史表明:近代科技文化不是最理想的文化形态。它本身蕴涵着深刻的矛盾。近代两次技术革命大大提高了社会生产力和人类改造自然的能力,但是,人又在一定程度上成为机器的附属品。因此,早在18世纪卢梭就批评科技发展泯灭了人的本性,使人性受到压制,只是这种思潮当时不可能引起什么反响。

现代物理学革命波及了整个自然科学和技术科学领域,引发了现代科技领域声势浩大、影响深远的全面革命,它一方面在基础研究方面逐步揭开了自然界的奥秘,另一方面在技术领域中硕果累累。现代科技呼唤出的巨大自然力,深刻而迅速地改变着现代人的物质与精神生活,从而成为现代文明进步的强大动力。然而,近代科技文化中潜伏的矛盾如今虽在表层上得到某种缓解,在深层却有所加剧。20世纪中叶以来,与科技成果应用直接或间接相关的环境与生态破坏、人口爆炸、能源与资源危机以及核战争危险等全球性问题的总爆发,使人们意识到:为人类创造了丰裕的物质、文化生活条件的现代科技文化,并未完善到像人们所期望的那样给人类带来全面的自由和解放,却潜伏着造就单面人和单面社会的危险。法兰克福学派代表人物弗洛姆惊呼:“过去的危险是人成为奴隶,将来的危险是人可能成为机器人。”^① 技术悲观主义和反科学主义思潮的有些观点尽管较为极端,但世人对这些警示却不可等闲视之。造成西方文化危机的原因是多方面的,但这种危机并非现代科技发展的逻辑必然,更不是弘扬科学精神的结果,而是由于现代科技文化中的人文取向尚未渗入人类文化的制度层次和价值观与行为规范

① 弗洛姆著,欧阳谦译.健全的社会.北京:中国文联出版公司,1998.第370页。

层次,以及技术理性与价值理性的不协调所致。解决当代文化危机的途径决不能是费耶阿本德所主张的“告别理性”,或某些生态主义者所主张的“回到人类原始状态”,甚至从根本上取消科学并且否定人的价值,必须在人本主义框架下重建科学理性和人类生存法则,努力面对(而不是回避)两种文化的冲突,人类的精神家园才不致因工具理性的过分张扬而丧失。

在高等教育及基础教育中,应高度重视科学精神的培育和人文精神的灌输。青年一代作为 21 世纪和人类新文化的建设者,应树立融科技文化和人文文化于一身的“大文化”观念,为迎接未来新文化时代的到来而努力。科技文化史的教学与研究应当为此而做出自己的贡献。

第一章 科技文化的起源

科学技术是近代以来人类文明的支柱和发动机。尤其是现代,科学技术不仅已成为庞大而复杂的社会系统,而且实际上左右着整个人类文明当今的状况和未来的发展。但是,当回过头来考察科学技术的起源时,我们却不得不面对一个令人惊讶的事实:从早期人类的活动中,很难找到直接证据表明哪些是科学、技术及其方法的独立发展;相应的问题自然就是:人类究竟是怎样走上科学的道路的?

事实上,人类活动的分化及分工,同整个人类历史相比,是很晚才发生的事情;分化出依稀可辨的技术活动或科学活动则更晚,只有几千年的历史;而科学技术本身的相对独立发展,仅仅是最近几百年的成果;至于科学技术成为职业化的社会系统,则迄今不过100多年。但是,要真正追溯现代科学技术的起源,我们却不得不一直回溯到早期的人类活动,从中找出能够贯穿至今的历史脉络。按照这样的思路,就不难看到在早期先民那里科学与其他认知形式浑然不分、技术与其他实践活动难以理清的情况。所以,从某种意义上说,科学技术与人类文明同根同源,并且有着同样长的历史。

1.1 人类文明的开端

人类的演化通史,按公认的看法,是从南方古猿开始的,历经能人、直立人、智人等若干阶段,才开始现代人类的历史发展。其间虽仍有演化缺环有待补失,也鲜有考古实物可资佐证,但可以肯定的是:完成从

猿到人转化的关键步骤和显著标志,就是从利用现成工具发展到制造工具、从利用天然火过渡到发明人工火、从本能的群体活动演变到有组织的社会活动,从而由单纯适应自然界的动物性活动,转变成有目的地征服、改造和利用自然环境的劳动。

一、制造工具

工具是人类肢体的延长。原始工具的发明不仅是人类早期的一项重大的技术发明,而且标志着人类主观意志初步形成并在自然物上打上的最初印记,从而也是心智起源和认识自然活动的发端。可以说,技术、科学,乃至科学技术迄今的发展,在本原上就是从有意识地创造工具到高智慧地创造人化自然的演化史。所以,只要讲人类文明的发煌,只要讲科学技术的由来,就必须先讲工具。

作为人类祖先的猿人,本初时曾与某些其他动物类似,它们能够随意支配的“工具”就是其自身的肢体,特别是前肢。当然,人类的初民也并不完全是赤手空拳去应付环境,从中获取必需的生活资料的。在能人开始直立行走并过渡到直立人的过程中,使前肢特别是“手”得到了解放,从而为使用工具创造了可能。考古实物表明,猿人最先使用过的工具,是天然的石块和木棒。不过,惟此还不能算作人类历史的起点。根据社会生物学的观察,像黑猩猩这样的社会性动物也会利用自己的肢体或者是使用天然工具。所以,无论是肢体还是天然工具,都只有作为人造工具发展的源头才具有“工具”的意义。

人类文明的发端,是以“手”的功能的复杂化和制造工具为转折点的,而这两个方面又是在发展中相互促进的。在使用天然工具的过程中,“手”的一个重要的进化是能够实现拇指与其他四指(尤其是食指)的对握。人类研究表明,这是从动物前肢到人手转变的关键性标志。手的功能的复杂化促进了脑的发展,能人和直立人由以动物心理为主逐步向人类意识的过渡便说明了这一点。人手的重要意义决不仅仅在于它是具有多种功能的肢体,而且更在于它是主观意识的最直接、最现实的工具。这使它不可避免地成为制造工具的“工作母机”。由此,工具的制造、人类文明的肇始,便是历史的必然。

人类初期制造的工具以石器为代表(当然可能还有木制工具和骨制工具,但由于它们很难经久,所以考古上鲜有发现)。在历史学和考古学上,石制工具的发展分为旧石器时代和新石器时代,目前学术界越来越倾向于认为还有一个介于两者之间的“中石器”时代。

旧石器时代以打造石制工具为主要特色,开始于约 260 多万年前。以考古实物为据,这个时代又分成早、中、晚三个时期。旧石器时代早期的石制工具几乎都是一头略厚、另一头有较锋利刃口的手斧。目前已确认为最早的人造工具,是 1968 年在东非特卡纳湖东部库彼弗拉发现的几件用砾石打制的石器,其形状很不规则,加工十分粗糙,显然是可用作手斧的天然石块的翻版。据推断,打造的方法很可能是先选取合适的石坯,经过简单的敲击,打出可用的刃口后便直接当作工具。能人或直立人就是用这样的手斧“斩木为兵”,猎食小动物,采集植物或挖掘块根。虽然猿人可将手斧用作“万能的劳动工具”,满足自身一定的生存需求,但为了适应恶劣的自然环境、抵御野兽或猛禽的捕食,它们还必须以一定规模进行群体活动。群内及群间交流各种信息的需要,使猿人的发声器官越来越复杂,能够发出各种代表不同意义的声音,从而产生了最初的语言。劳动和语言的发展进一步促进了脑的进化和意识的形成^①,人类的祖先终于开始了社会性的演化。其典型的遗迹有阿布维利文化、阿舍利文化、克拉克当文化,以及北京周口店的猿人遗址等。

在旧石器时代中期,打制石器的方法虽然几乎没有什么质的变化,但是在加工方面精细了许多。从出土的石制工具看,其形状相对来说较为规整,因而可以分辨出不同的类型来,如砍砸器、尖状器、刮削器等,分别用于特定的工作。工具的类型化意味着加工上的标准化,只有经过悉心模仿和精心打制,才有可能保持每类工具在外形和功能上的一致性。这说明制造工具的经验与技能已经通过某种传授方式成为一种习得行为,从中得到了积累性的发展。另一方面,工具的分化表明了早期

^① 据考古报告,能人的脑量约为 700ml;直立人的脑量约为 800~1000ml(其中,北京猿人的脑量较大,平均约为 1050ml);早期智人的脑量已达平均约 1350ml 左右;而晚期智人的脑量则与今天的人类相差无几。