



北京高等教育精品教材

BEIJING GAODENG JIAOYU JINGPIN JIAOCAI

现代科学与技术概论

主编 刘啸霆

高等教育出版社

014039930



北京
BEIJING

N1
98



XIANDAI KEXUE YU JISHU GAILUN

现代科学与技术概论

主 编 刘啸霆
常务副主编 张秀华
副主编 (按编写顺序排名)
杨瑜玲 张亚娜
张晓荣 王立志



北航

C1727161

高等教育出版社·北京

002220110

内容简介

本书是高等学校非理工类专业学生的现代科学与技术课程教材或自学读本,其特点是对自然科学和技术的主要内容及思想方法作概要式的定性描述或鸟瞰,因而兼有一定的普及性质。

本书借鉴以往同类教材的相关经验,在保证基本知识的科学性、丰富性、系统完整性和简明可学性的基础上,于观念、内容、体例、形式等方面都依据学界当前研究的最新进展做了一定拓展和探新。在观念上,书中明确把科学和技术区分开,突出了“科学、技术与社会(STS)”的科学观和技术观,并特别凸显了古代博物学和东方思想的基础地位;在内容上,书中增加了近年发展起来的若干新学科新知识,如工程学和公民科学素质等内容;在体例上,全书坚持史、论、用三结合的立场,突出了科学和技术使用中的人文关怀与伦理约束;在形式上,为便利读者在学习中的系统把握还专门增加了延伸阅读和思考题等辅助内容。

本书适合于各专业学生把握现代自然科学与技术的基本知识、方法、思想、精神及其与社会的关系,也适合于各类读者对现代自然科学和技术的一般性了解或提升科学与技术素质时选用。

图书在版编目(CIP)数据

现代科学与技术概论 / 刘啸霆主编. -- 北京: 高等教育出版社, 2014. 4

ISBN 978-7-04-032821-9

I. ①现… II. ①刘… III. ①科学技术 - 概论 - 高等学校 - 教材 IV. ①N1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 020075 号

策划编辑 周亚权
插图绘制 尹莉

责任编辑 周亚权
责任校对 胡晓琪

封面设计 李小璐
责任印制 毛斯璐

版式设计 于婕

出版发行 高等教育出版社
社 址 北京市西城区德外大街 4 号
邮政编码 100120
印 刷 国防工业出版社印刷厂
开 本 787 mm × 960 mm 1/16
印 张 24.5
字 数 440 千字
购书热线 010-58581118

咨询电话 400-810-0598
网 址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>
网上订购 <http://www.landaco.com>
<http://www.landaco.com.cn>
版 次 2014 年 4 月第 1 版
印 次 2014 年 4 月第 1 次印刷
定 价 33.20 元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

物料号 32821-00

目 录

绪论 科学与技术概述	1
第一节 科学	1
第二节 技术	7
第三节 科学与技术的关系	10
第一篇 科学技术的由来	
第一章 古代科学和技术的起源	16
第一节 古代科学和技术的萌芽	16
第二节 古希腊、罗马和中国科学技术规范的建立	23
第三节 中古时期科学技术的演变	33
第二章 近代科学技术的形成	45
第一节 近代科学诞生的社会基础	45
第二节 近代科学技术革命的进程	51
第三节 近代科学的全面发展	60
第三章 现代科学技术的发展	73
第一节 现代科学技术革命的基础	73
第二节 现代科学技术革命的意涵	76
第三节 现代科学技术的特征与发展趋势	80
第二篇 现代科学	
第四章 现代物理学	92
第一节 世纪之交的物理学危机	92
第二节 相对论	96
第三节 量子力学	100
第四节 物质结构理论	103
第五章 现代化学	109
第一节 现代化学的形成	109
第二节 现代化学的新发展	112
第三节 现代化学的新理念——绿色化学	123

II 目录

第六章 现代生命科学	127
第一节 现代遗传学	127
第二节 神经生物学	135
第三节 现代医学和现代生理学	142
第七章 现代天文学和现代地球科学	149
第一节 现代天文学	149
第二节 现代地球科学	161
第八章 现代数学科学	174
第一节 现代数学危机及其争论	174
第二节 现代数学科学的重大进展	178
第三节 现代数学科学的新分支	182
第九章 复杂性科学和交叉科学	189
第一节 系统科学的兴起	189
第二节 复杂性科学的新进展	197
第三节 交叉科学	204

第三篇 现代技术

第十章 信息技术	210
第一节 微电子技术	210
第二节 计算机技术	214
第三节 网络化信息技术	220
第四节 信息高速公路与通信技术	225
第五节 激光技术	231
第六节 人工智能	236
第十一章 生物技术	242
第一节 生物技术的产生与开发应用	242
第二节 基因工程	246
第三节 细胞工程	250
第四节 酶工程与发酵工程	255
第五节 医药技术	259
第六节 生物医药技术的未来	266
第十二章 新材料与新能源技术	269
第一节 新材料技术及其发展	269
第二节 新能源技术概述	277

第三节	核能技术·····	279
第四节	能源技术新进展·····	282
第五节	可再生能源的利用·····	285
第十三章	海洋技术与空间技术·····	291
第一节	海洋技术的崛起·····	291
第二节	海洋探测技术·····	293
第三节	海洋开发技术·····	295
第四节	空间技术·····	300
第五节	航天器技术新进展·····	304

第四篇 科学、技术与社会

第十四章	科学、技术与社会的互动·····	312
第一节	科学和技术发展的社会支撑·····	312
第二节	科学、技术对社会的影响·····	316
第三节	科学、技术与社会的协调发展·····	319
第十五章	工程·····	326
第一节	工程的基本知识·····	326
第二节	工程的社会功能·····	334
第三节	工程安全·····	340
第十六章	科学技术的发展与人类未来·····	360
第一节	当代科学技术发展与全球性问题·····	360
第二节	科学技术与可持续发展·····	364
第十七章	国家创新体系与科教兴国战略·····	369
第一节	新兴工业化国家和地区的发展及其创新体系·····	369
第二节	我国的国家创新体系·····	371
第三节	我国的科教兴国战略·····	373
第四节	公民科学素质的培育·····	375
后记	·····	383

绪论 科学与技术概述

当前,人类已经进入科学和技术发展的一个特殊时期,科学和技术相互推进及其在生产和生活领域的快速扩张,正在引发一场新的革命,也对人的基本素质提出了新的要求。其中,不同专业与不同行业的人学习和掌握基本的科学技术知识已成为时代的一种内在需要。为此,世界各国都在提高公民科学素质方面采取大动作,以适应新时代的生存与竞争。本书即是为非自然科学和技术专业的学生学习科学和技术的基本知识而编写的。书中按照学界关于科学和技术的最新理解,针对近年来不断变化的学生的实际情况,力争在当代视域下说清科学和技术的基本知识、方法、思想和精神外,还特别考虑学生的可学性和教师的可教性;既照顾到知识体例的完整性和清晰性,又适当介绍一些学科前沿的最新进展,以适应读者的不同口味和需要。本部分则是对全书的一个导引性叙述。

第一节 科 学

科学是我们这个时代的一个高频词也是一个“大词”,它不仅是一个独立的领域,而且在很多时候成为一种判据和标准,影响和干预着人们的生产和生活。之所以如此,是因为科学在其自身的发展中发挥了其他任何领域所没有的作用。

人们最初创造“科学”这个词时,基本上是把科学看成了知识的同义语。梵语中“科学”指“特殊的智慧”;拉丁文中“Scientia”就是“知识”的意思;英、德、法文中的“科学”皆由拉丁文衍生而来,英文之“Science”也是知识的意思,法文之“Science”则泛指一切学习形式,德文之“die Wissenschaft”与科学通用,主要也是知识的意思,意大利文之“Scienza”、西班牙文之“Ciencia”,本意也是“知识”。古代的科学传到近代,由于科学革命的发生而形成了新的特性,特别是到18世纪,分类学开始出现,于是科学在其字面含义上就是“分科之学”的意思。中国本无“科学”一词,其现今的含义最初由“格致”(格物致知)来指称,主要也是知识的意思。1893年康有为翻译日文著作首先移用了“科学”一词,随后严复在翻译《天演论》和《原富》时也将 Science 译成“科学”。或许,他们也已考虑到这个舶来的洋学问与中国传统的“格致”还是有根本不同的。无论如何,“科学”一词登陆中国以后,很快就被广泛采用和流行起来。

一、科学的概念

历史上曾出现过多种关于科学的定义,但发展至今总括起来,大体都可以归结到四个向度上,即知识维、活动维、社会维、文化维。现在,人们已普遍将它们联系起来用以说明什么是科学,那就是科学是一种以特定活动为基础,而反映客观事实和规律的知识体系及相关的社会事业与文化规范。该定义包括四层含义:

第一,科学是反映客观事实和规律的知识体系。对科学是一种特殊知识的认识,在 12 世纪的欧洲就已开始流行。当时主要是从与神学相对立的角度来说的,如宇宙论者威廉就将科学定义为以物质为基础的知识的一部分。到了 16、17 世纪,培根提出“知识就是力量”时,也还是把科学当作一种知识。今天,随着人类认识手段的进步,科学作为一种知识的地位日益巩固并已超越最初的零散性,而形成一种各门类交织复杂的庞大知识体系,它所反映与揭示世界的深度广度和丰富性也大大地推进了。

第二,科学是一种探求真理的实践活动。科学知识离不开科学活动,知识是探求的结果,而活动才是内容本身。英国科学史家辛格就认为,科学创造知识但它并不就是知识本身,“科学”往往同“研究”等同。苏联哲学家凯德格夫则认为,科学的概念既用于表示科学知识的加工过程,也用于表示实践检验其客观真理性的知识的整个体系,因而不能将两个方面对立起来。特别地,我们看到,近代科学的诞生就是与近代技术化的实验活动密切相关的,正是一系列专业化的实验活动所探究的信息和形成的新规范最终引发了人类历史上最伟大的科学革命。进入现代,随着科学活动的日趋精细复杂,其职业化、专业化、技术化的程度愈来愈高,也越来越依赖一定的外界条件,科学作为一种专业技术活动和探究过程的概念已深入人心,从根本上突破了将科学看作一种纯粹知识的理解限度。

第三,科学是一项复杂的社会事业。18 世纪以来,随着科学院、学会和大学科学研究机构的纷纷建立,科学活动规模日益扩大,科学研究方式也从个体自由探索、集体分工合作走向社会协作组织。特别是 20 世纪 40 年代美国实施曼哈顿计划,以国家规模的建制研制出原子弹的国家规模建制以后,人们的视野终于超越古代的“小”科学、近代的“中”科学,而把现代科学看成“大科学”,看成一种社会行业或建制,即科学活动是社会上的一個专业部门、一种新兴的社会产业,从而使企业和政府都直接参与了科学事业,实现了科学家和企业家、政治家的结合。近年来,由于跨国公司有了很大发展,国家的地域化、集团化发展趋势,使不同国别的科学家之间实现合作,于是科学成为一项国际事业或全球事业。

第四,科学是一种新型文化。随着科学影响的日益扩大,科学在精神文化方

面的特征也越来越显现出来,人们也更看重科学的精神文化功能。这种文化是在近代之初与其他文化主要是基督教和希腊自然哲学的比照中逐渐析离和凝聚而形成的。这是一种承接希腊的理性思维而又不同于其思辨特性的实证精神,是一种承接了基督教的普遍主义追求而又不同于其信仰的现代性。这种文化在随后的成长中又由于技术的功能性掺入而凸显出功能主义的一面,遂成为一种知识与价值合一的精神存在。中国人经常说的“科学发展观”,使用的主要就是价值维度的科学含义。而当前科学受市场影响和决定,乃至关于科学的一些评论如“科学技术是第一生产力”等,也是由于其功能性的特性。当科学精神成为全社会普遍适用的一个时代性的尺度时,科学作为一种文化就成了社会直接的现实而不能回避。

总之,科学的上述含义表明,科学正在从一种简单的知识单元和求知活动,变成渗透于社会各个方面的全人类事业。这一方面反映了科学的作用不仅有精神文明方面的,也有物质文明方面的,特别是正在成为重要的生产力;另一方面也反映了人们参与和发展科学的自觉性。

二、科学含义的历史性

科学概念中的几个方面不是同时出现、一下子形成的,而是有其漫长的历史过程的。也就是说,在科学的概念中折射着科学的历史。这是因为科学按照发生学的方式可以分为三大历史范式——古典的博物学范式,近代的数理范式,当代的 STS(科学、技术与社会)范式,完整的科学概念或描述,必须显示科学的全部历史,充分体现历史与逻辑的统一(对立)性。

博物学范式是以古代的采集、观察、亲知为基础所形成的经验知识类型。博物学,按其字面意思,就是能“辨识许多事物”。所谓“博物洽闻”指的即是这个意思,也就是见多识广,知识渊博,通晓万物之谓也。^① 一如孔夫子所说的“多识于鸟兽草木之名”。^② 西方人把博物学叫做“Natural History”,翻译成汉语叫自然史或自然志;有时也叫博物志,指对大自然的宏观观察和分类,包括今天所说的天文、地质、地理、生物学、气象学、人类学等学科中的部分内容。比如,传统的地质学、矿物学、植物学、昆虫学,都来源于博物学,最近比较时髦的生态学也是从博物学中产生的。

由于博物学是基于初民在大地上最基本的生存经验而形成的,因而它就具有自然性、本土性、个体性、切近性、涉身性和具体性等特点,并体现为和人安身立命直接相关的基础性。

① 刘华杰. 看得见的风景:博物生存[M]. 北京:科学出版社,2007:83.

② 孔子. 论语·阳货[M]. 西安:陕西师范大学出版社,2010.

数理科学是以数学方式加工由物理方式所获得的经验即物理经验而形成的知识类型,包括现代各门常规学科。数理范式是以近代数理科学为基础所形成的重实验数据、逻辑和公理的理论知识类型,这是因为近代科学的规范是以数学方法整合物理(实验)所获得的新经验而形成的。近代以来,随着数理科学或实验科学话语主导权的确立,在完成自然知识规范一统的同时,也使人类因自然的数学图像化和活动的技术化间隔,而使对自然的理解和感受变得技术化和形式化。这正是现代性干预人类经验的一个后果。

STS 是一门研究科学、技术与社会相互关系的规律及其应用,并涉及多学科、多领域的综合性学科。STS 登上当代科学舞台,也经历了从领域到学科,再到交叉学科、超学科和科学范式的复杂进程。STS 最初只是被看作一个交叉学科领域,主要关注由于科学和技术发展所带来的社会问题,核心是科学、技术与社会的关系。从领域的角度看,这个三角域的关系首先承认科学、技术、社会三个独立工作的领域,然后寻找其中的交叉域或公共域。此时的域之间基本不存在互视关系,它们只是共同关注某个问题或领域。如就学科的角度而言,科学依旧是科学、技术依旧是技术,社会则只是一个领域。是问题拉动促使科学和技术这样运转,从而关注三者之间的共同域的,过去把这叫做多学科攻关。此时的 STS 所倡导和体现的只是多学科合作。后来,以对这个问题域的探索为基础,逐渐形成作为一门交叉学科的新型 STS。再后来,人们发现,交叉学科的身份也越来越无法全面展示 STS 丰富的内涵。于是,试图从一个超越于学科交叉之上的跨学科视角来理解 STS 即成为必然选择。这是一种完全不同于以往学科理念的超学科类型。

从古代博物学的范式走向近代数理科学的范式有一个过程,所谓近代科学革命,描述的就是这一转换。同理,从近代的数理科学范式走向当代的 STS 范式也有一个过程。我们一般定义或描述科学时习惯讲科学有三个维度:知识维度、活动维度、社会维度。当说科学是一种知识时,博物学就已经是了;当添加科学是一种活动(主要指实验探究)时,指的就是近代数理科学了;当再添加科学是一种社会建制时,一般就是指当代的大科学了。当然,每增加一个后项,前项的含义也因之发生变化,这才导致古往今来科学含义的演变。

三、关于科学的 STS 理解

由于学科的固有特性,沿着 STS 自身发展顺序所形成的领域性、交叉学科性、跨学科性三种不同存在形态,很自然地就构成不同的 STS 观察视野。这是一个由三级理念和方法所组成的逐级包容的复式观察视野。人们可以借此观察和反思科学或 STS 其他组分,形成对它们的新的不同理解。而且,由于科学是 STS

的一个部分,因此以 STS 为视野来观察科学,就具有涉身性或自相关性的特点,也就是既存在着科学的他解,也存在着科学的自我理解。

当然,STS 视野中的科学是一种关于科学的后向说明。所谓后向说明,是指按照发生学的思路,从后起的新事物和新视角来理解曾经存在的对象的过程。STS 视野中的科学之所以是一种后向说明,是因为现代严格的科学差不多已经存在 4 个世纪,而且已经形成不同的理解,而规范的 STS 研究至今实际不到半个世纪,在发生学上是从后的。用这样一种眼光去看科学,可能会看出现存的关于科学的多样化解理解的某种合理性,并为新的科学理解导入某些思路,使之达到一个新的境界。

1. 纯科学:领域性 STS 视野中的科学

就科学而言,我们看到的是一个自在“自主”的“纯”科学。最初,人们定义科学为一种知识和知识体系,主要是把科学当作一种自然知识或其集成;随后又将科学增进理解作为一种探索过程,主要是看到了科学专业化的色彩和其分门别类的特征。这两种理解大体符合科学的基本义,实际是普赖斯所说的“小科学”观念。

作为知识系统的科学理解,是科学的第一义,这是现代知识论及正统科学哲学所关注的核心。目前,虽然关于科学知识的价值还存在争论,但其对具体问题说明上的某些优势,人们大体是存在共识的。

作为活动过程的科学理解,主要看到了科学发展的延续性和其不断推陈出新、更加系统化的特点。就科学家的科学探索活动而言,以往曾被涂上一层神圣的灵光,成为社会效法的榜样。但是随着科学知识社会学(SSK)中关于科学社会建构的相对主义观念问世,以往关于科学活动的神圣性正面临前所未有的质疑。

2. 技科学与社科学:交叉学科 STS 视野中的科学

在问题引导、领域聚合的基础上,人们发现了作为 STS 支点的科学、技术和社会之间存在超越于领域之上的新关系,也即作为学科之间的基本联系。人们首先发现了科学和技术的联系,只不过这种联系受到科学中心化的影响,而主要把技术看作是科学的应用,在中国甚至一度将他们合称为“科技”。

随后,人们看到了科学和社会的联系,从培根的“知识就是力量”到贝尔纳的《科学的社会功能》出版,集中体现了这一线索。再往后,人们也看到了技术与社会的联系。

但就技术、社会与科学的关系而言,人们最初主要是以科学为中心,把科学作为观察点,谈论它们之间的关系,这与科学在近代是最早用新的思路武装起来的体系有直接联系,也是后来科学主义滥觞的一个原因。然而,当科学发展到巨

型状态,需要更多的其他资源支撑的时候,我们看到了三角关系的另外指向,即技术和社会对科学的重要影响力。

一方面,我们看到了现代科学的发展越来越需要比较复杂的技术条件支撑,而它本身的存在形式和特点也受到了这个技术条件的影响,甚至技术的快速发展还在一定的意义上开拓出了科学中过去没有过的新分支,人们把它叫“技科学”。

同样,现代科学也与社会发生了广泛的联系。这种联系不仅使得二者间难以做简单的区分,甚至社会性因素已经作为一个成分影响到科学的构成和存在样态,人们把这样的科学叫“社科学”。最简单的事例,如来自政府、企业和社会团体等不同方面的科研投入,所关注的科学重点是不同的,它们对科学发展产生的影响也是不一样的。最重要的是,社会对科学的影响已经越来越使自然科学的某一部分与社会科学中的临近部分融合,逐渐消融了过于分明的学科边界。

技科学和社科学的出现是学科交叉的一个直接后果,也属于近现代学科发展的一种新形式,其实他们是“中”科学——以共同体、实验、规范和社会互动为基础的 science。前者亦科亦技,后者亦科亦社,体现了新兴学科的复合性特点,成为科学系统中最有活力、发展最快的一个部分。

3. 整体理解:STS 视野与科学内涵演进的对应性

超学科的 STS 是指超越于传统学科理念和学科依附的 STS。这样的 STS 在基本理念上与作为交叉学科的 STS 有根本的不同。它不再承认 STS 只是科学、技术和社会三个学科群的交叉,而是承认自己有独立的不能还原到传统三个学科群进行解释的新质。也就是说,它虽然承认学科形成史中的前后依托关系,但强调自己的不可肢解的独立性特征,并认为这才是 STS 的根本。特别是对作为学科的 STS 来说,应把“科学、技术与社会”作为一个先验的不可分离的基础概念来使用。其中的“科学”部分,应该视为 STS 的一个当然组成部分。

STS 的概念是一个不断发展的过程,最初是“科学”“技术”“社会”这些单一的概念,然后是“科学技术化”“技术科学化”“科技社会化”“社会科技化”这种复合的概念,它们主要揭示的是一种单向的关系,再之后发展为“科学和社会”“技术和社会”“科学和技术”“科学、技术与社会”这类双向的关系概念。由于社会实践的发展和需要,会不断生长出来新的 STS 领域的关系,也会不断地给 STS 的理论带来新的概念,如“科学技术和可持续发展”“人工智能和社会”“混沌理论和社会”等。这些新的 STS 的概念,终将会为社会发展提供新的思路和新的动力。因此,对 STS 概念的理解要转换视角,不能从现成的东西出发,而要回到事物自身那里去。按照这样的理解,STS 应该有非常复杂的内部结构,并呈现为多种存在形态。它包含着自然科学、社会科学和人文科学的融会在内,

使科学本身巨量化,成为一种新的知识工程或科学工程。

需要说明的是,此处对科学现实状况的描述,丝毫没有贬低小科学的意义。巨量科学之外的“小科学”在体制的存在形式,恰恰体现了自由研究的不可替代的价值。

从 STS 的不同构成组分及其延展逐级审视科学的形成,可以形成关于科学理解的一个梯度展开过程。该次序正好对应着前述把科学理解为知识、活动、社会制度、实践和文化的连续序列。

最初,人们看到的主要是孤零零的“小科学”,比较单纯地研究自然现象;后来,科学和技术、社会融合,形成了作为活动过程和社会体制的科学的不同侧面也就是“中科学”。这不是科学单方面发展的结果,而是包括技术与社会等多方面力量运行的综合结果。当代科学步入 STS 视野时,便深入到实践科学观的境地。这使当代科学发生了重大转变,由过去的单一的“纯粹的”科学,转变为后现代的、生态的、智慧的科学,其中充满丰富的人文社会含量。即使是科学精神中,也包含着丰富的人文诉求。

这表明,科学的发展是一个有机的后向综合的特征抽提过程。也就是随后出现的每一种科学形态,都以极其凝练的方式从不同角度概要式地体现了科学形成不同环节和时期的典型特征。可见,STS 视野中的科学不仅能够描述科学在历史上的变化历程,也可以展现不同层面科学的特点,从而形成一个关于现实的“真科学”的描述样态。

第二节 技 术

技术作为人类改造自然能力的标志,同科学一样,在本质上也是一个历史性的范畴。从起源上看,技术比科学要久远得多,因为从人类打制和加工木器、石器开始,就已经有了技术和技术问题。

一、技术的概念

技术,通常被认为是为达到某种目的而采取的手段和方法。其实,从字面上看,“技术”由“技”和“术”两个字组成,技是技巧或技能,术是规范和要求。于是,技术就是规范化的技巧和技能,也就是方法。此外,当然还要包括实现技能技巧时的各种工具或设备,也就是手段。前者是技术中的软件,后者是技术中的硬件。

由于活动水平和范围的限制,古代的人把技术主要看成是人的主观技能和技巧,近代以后则偏重于把技术看成是客观的物质活动,现代则被看作是科学的应用,是科学应用于生产过程的中介。

根据现有材料,在西方对技术的本质和意义的深入思考始于古希腊哲学家亚里士多德,他把技术看作是制作的智慧。中国古文献《考工记》中所谓的“天有时,地有气,材有美,工有巧,合此四者然后可以为良”中的“工有巧”,也是把技术看作是制造的技艺和技巧。

17世纪,英国的弗朗西斯·培根(1561—1626)提出,把技术作为操作性学问来研究。到18世纪末,法国百科全书派的科学家狄德罗(D.Diderot,1713—1784)在其主编的《百科全书》中列入了“技术”条目。他指出:“技术是为完成特定目标而协调动作的方法、手段和规则相结合的体系。”这是较早给技术下的完整定义。狄德罗在这个定义里实际上提出了技术构成的四个要素:

(1) 目的性——凡技术都是服从于某一目的而存在的,这就把技术与科学区别开,因为技术是“有目的的”;

(2) 规则性——技术的主要表现就是规则和技能,技术的实现是按照规则,通过广泛“共同协作”完成的;

(3) “工具”性——技术的实现离不开设备和条件,技术的首要表现是生产“工具”,即生产使用的工具、方法、制度等知识,这就是软件;

(4) “体系”性——完整的技术和科学一样也是成套的知识和知识系统。

1877年,德国地理学教授卡普提出了关于技术的“器官投影说”,他认为技术是人类自身器官结构和功能变化为外部世界工具的手段和方法的总和。如手是一切人造物和一切工具的原型,铁路是循环系统的外延,电报是神经系统的扩展。他将技术视为人体各个器官功能的投影,工具和机器等技术产物都是人类骨骼和器官向大自然的外化、延伸及投影,它们扩展、强化和补充了人体器官的各种技能,增强了人类控制自然和改变自然的能力。马克思关于技术是人的器官的体外延伸的观点,一定程度上是受到了卡普的技术“器官投影说”的影响。

技术的概念虽然随着时代的变迁而不断发展,但是,不同时期的技术从本质和规律上说又存在着一定的内在联系,从而为建立具有普遍意义的技术概念提供了客观基础。具体地说,技术泛指根据生产和生活的实践经验及自然科学原理而发展成的各种工艺、操作方法与技能。

此外,根据前述关于科学的STS理解,我们对技术也可以作如是观,这样技术就有了三种大的历史形态:古代单纯的技术,近代以来被科学“化”的技术,当代STS式的复杂的高技术。

二、技术的根本特征

把技术放到生产实践的过程中考察,其本质特征表现在以下三个方面:

1. 技术是客观的物质因素和主观的精神因素相互作用的产物,也就是知

识、经验和技术同一定的物质手段相结合的系统体现。技术意味着人对自然界有目的的变革,在本质上是人对自然的能动关系。把技术放到人类生产实践中来理解这种能动关系,则技术就是按照人类的目的而使自然界人工化的过程,并且是实现自然界人工化的手段。也就是说,技术是在客观的物质因素和主观的精神因素相结合的基础上产生和发展起来的,有特定功能的系统。由于这种结合性,人类在判断技术进步时,往往以所运用的生产技术的物质手段为依据。譬如,人类就是按照利用自然力和加工自然物的技术水平将自身历史划分为石器时代、铁器时代、黄金时代、电气时代、原子能时代等。

2. 技术是直接生产力。技术在社会经济系统中,属于直接生产力的范畴。这一点主要是因为技术本身渗透在整个生产实践的过程中,表现为劳动者的技能、生产过程的物质手段、工艺流程和操作方法。甚至也可以说,生产力的各个要素,实际上不过是技术的不同表现形态而已,因此技术的状况是生产力发展的直接标志,对生产力的发展总是起到直接的影响。

3. 技术是人们控制、改造、利用和保护自然的一种动态过程。这主要是指发明、设计本身就是一个从无形技术(搜集材料、选题、设想和构思)向有形技术(图纸、说明书)再到现实技术(研制、变革的实践)转化的动态过程。只有在这一动态过程中,人为地把技术的方法、程序与技术的物质手段结合起来,才能变革自然、创造人工自然。

总之,技术是主体与客体在生产劳动的实践过程中的统一,是依据科学原理,按照人类的需要利用各种物质手段使自然界人工化的动态实践过程。

三、技术的分类

了解技术的分类可以帮助人们理解各种技术的特点及其在整个技术中的作用,从而把握各种技术之间的联系。但是,对于技术的分类,时至今日还没有找到一个公认的标准。在这里仅对现行的技术分类的标准和方法简单地列举几种情况:

1. 按照技术为生产服务的功能可将技术分为两类:生产性技术,包括土木建筑技术、材料技术、机械技术等;非生产性技术,包括日常生活技术、医疗技术、军事技术等。

2. 按照劳动手段在劳动过程中的不同地位和作用可将技术分为三类:直接劳动手段的技术,如工具、机械、容器等;间接劳动手段的技术,如房屋、道路、机场等;劳动对象的技术,如矿山、种子、材料等。

3. 按人与自然的关系可把技术分为两大类:直接利用自然的技术,如采集技术、储藏保存技术、饲养栽培技术;广义加工技术,如加工物体技术、重新组合

物体结合状态的技术、重新组合物体核外电子结合状态的技术(化学反应)、重新组合基本粒子间的结合状态的技术(核反应)。

4. 按照研究与开发(R&D)的层次,可以把现代技术分为实验技术、基本技术和产业技术三大类。其中:

实验技术是为了科学认识而探索自然客体的技术手段,往往通过运用和操作科学仪器如显微镜、计算机、加速器等来体现。按自然界的主要运动形式及实验者的介入方式,实验技术可分为:力学实验技术,主要用于改变对象的机械运动状态;物理实验技术,主要用于改变探测对象的物质物性(即物性);化学实验技术,主要用于分析对象的物质成分和变化以及合成人工物等;生物实验技术,主要用于揭示生命运动的状态和性质。

基本技术是实验技术的泛化,是广义的走出实验室而在生产和生活领域广泛发挥作用的实验技术,对应于实验技术的四种类型,分为广义机械技术、广义物理技术、广义化工技术、广义生物技术。在人类的各个时代都存在着这四种基本技术,只是在不同发展时代各有其带头和主导技术而已。

产业技术是由不同劳动过程中的不同技术组成的服从特定产业生产目的的更为复杂的技术系统。详细考察技术与产业的关系,会发现与某一类劳动技术相关或以这类技术为主便产生了相应的产业,如植物栽培育种技术→农业、林业,采掘技术→采油工业、采煤工业、矿业,动力技术→电气行业,通讯技术→电讯行业,等等。这是因为经济中的每种产业都是各种劳动过程的综合,劳动过程中的技术只有加入到产业生产系统中变为产业技术,才能有经济效益和社会价值。反之,每种产业的崛起也都引发一批相应技术的产生,所以产业化是市场经济时代技术发展的一大趋势。此外,按技术与经济的关系还可将产业技术分为劳动密集型技术、资本密集型技术和知识密集型技术等。

第三节 科学与技术的关系

科学和技术各有其内涵,但彼此又不是孤立的,从总体上来说,它们各有自己的独立性,存在明显的区别,但又相互联系,以此构成统一的整体。

一、科学和技术的区别

科学与技术之间的关系错综复杂,不仅在古代、近代和现代的各个历史时期各不相同,而且对于不同的科技领域也有一定差异。

1. 两者的目的和任务不同。科学的直接目的和任务是认识世界,探索和揭示未知的事物和规律,从而增加人类的知识财富;而技术的目的和任务是利用自

然,控制自然,创造人工自然并协调人与自然界的关系。

2. 两者要解决的问题和存在形态不同。科学主要解决对象“是什么”“为什么”以及“能不能”的问题,它的课题是相对单纯的,对于经济因素、资源条件、法律因素等较少涉及。科学以认识的形态存在,是由实践向理论转化的领域,属于精神财富。技术要解决的是“做什么”“怎么做”以及“做出来有什么用”的问题。技术需要借助一定的物质形态而存在,是由理论向实践转化的领域,属于社会财富。由于这一点,作为科学成果的知识是人类共享的,科学家的业绩就表现为对某些发现或问题回答的优先权,而技术是可以买卖的,发明者享有专利权。

3. 两者的研究过程和劳动特点各异。科学研究是创造知识的探索性活动,其目标相对不确定,活动的自由度较大,选择余地也宽。而技术是综合利用知识需要的研究,具有相对确定的目标和较为明确的方向和步骤,活动的计划性和目的性十分突出。此外,科学活动的个体性色彩较强,技术的集体活动性较强;科学特别是基础科学对物质设备条件的依赖相对较小,其取得成果的时间普遍较长;技术特别是现代高技术极大地依赖物质设备,其取得成果的时间也相对较短。

4. 两者的发展进程存在差异。历史上,技术的起源早于科学,但科学革命的高潮在时间上都早于技术革命的高潮。16、17 世纪发生了科学革命,18 世纪至 19 世纪初才发生了第一次技术革命;19 世纪三四十年代自然科学全面繁荣,而电力技术的高潮却在 19 世纪后半叶才兴起;20 世纪初自然科学(尤其是物理学)进入崭新阶段,生产技术面貌的重大变化却发生在 20 世纪四五十年代。可见,科学革命同技术革命的发生并非同步。

5. 两者的社会功能和价值标准不同。科学具有广泛的社会作用,具有认识、文化、教育和哲学等多方面的价值,但很难说有明确具体的社会目的;而技术是社会目的性和客观规律性的直接统一,它直接追求经济的、社会的或军事的实际效益。结果,纯粹的科学研究以政府和公共机构支持较多,而技术研究则更多地以企业和商家的投入为主。

由于今天的人们越来越发现技术有许多不同于科学的特征,技术并不是科学的应用和延伸,而是有自己独立个性的一种特殊的人类活动。于是,在国内曾经一直被简化使用的“科技”甚至“科学技术”一词,也已在越来越多学者的文字里被“科学和技术”这一国际通行的用法所取代。

二、科学和技术的联系

科学和技术之间存在明显的区别,也有内在而广泛的联系。

1. 根本目标的一致性。虽然科学的根本职能是认识世界,技术的根本职能