



科学、技术与工程

自从人类告别野蛮,启动了文明发展的进程,几乎每一个时代的人都可以站在自己的时代往前追溯,并获得这样的共识:假如缺少了某项关键性的技术发明、科学发现或工程建设,人类的历史很可能就会面目全非。今天,科学、技术、工程正以前所未有的深度和广度渗透到人们生活的方方面面。因此,认识和把握科学、技术与工程的本质及其相互关系是非常必要的。

中国科学院李伯聪教授提出了科学、技术、工程的“三元论”观点,承认和主张科学、技术、工程是三种不同的社会活动方式,它们各有其特殊的本质属性,不能混为一谈。

1.1 科学的含义与特征

1.1.1 科学的含义

从词源上考察,拉丁文中“scientia”是“知识”和“学问”的意思,英、德、法语中的“科学”均由拉丁文衍生而来,其含义与“知识”相似。在中国古代,有“格物致知”的说法,意为穷究事物的原理而获得知识,与今天科学的含义也有类似之处;从发展的角度来看,科学在它的历史发展中表现为方法、知识、生产力和社会建制等种种形象,因此,至少可从以下几个方面来理解。

第一,科学是一种反映客观事实和规律的系统化、理论化的知识体系。科学是关于自然、社会和思维的知识体系,或者说,科学是以范畴、定理、定律和原理等形式反映事物本质及其运动规律的知识体系。著名科学家钱学森把知识划分为两大部分:一部分是系统化、理论化的知识,这就是科学;另一部分是普通的常识和经验性知识,它们属于前科学。前科学和科学有着紧密的联系,但是二者又有着本质的区别。前科学是科学的准备,科学是前科学的升华。科学最基本的特征是知识,但并不是所有的知识都是科学,科学是知识的较高形态。科学是比较严密的、系统化的知识体系,具有严密的逻辑性。人们通过生产实践、社会活动和科学实验获得的很多知识,由于具有分散、不系统、零散等特点,因而还不是科学。只有将这些知识单元的内在逻辑特性和本质联系清楚,建立起一个完整的知识体系时,才能称之为科学。

第二,科学不仅仅是知识体系,而且是探求和把握客观现象及规律的认识活动。科学是一种探求真理、推进知识的活动,科学知识的获得离不开科学活动,知识是探求的结果,而活动才是内容本身。科学更重要的本质含义,是告诉人们怎样去做他们想做的事情。科学活



动面对的是未知世界,具有不确定性,因此,不断地探索和创新是科学的根本任务。所以可以把科学看成一个发现、解释并检验知识的过程或活动。这一活动过程又与科学思想、科学思维、科学方法、科学精神密切联系。

第三,科学是一种社会建制,是社会化事业。所谓科学的社会建制,是指科学事业成为社会构成中的一个相对独立的社会部门和职业门类的一种社会现象。科学作为一种社会建制是在 17 至 18 世纪初形成的,1601 年在罗马建立了第一所科学研究院,此后各种科学组织和机构相继出现。这些组织和机构的目的在于保证新知识的生产过程,充分发挥科学交流的作用;在 19 世纪以前科学的漫长发展过程中,科学活动基本上是学者们业余的、兴趣性的行为;19 世纪以后,科学家作为特殊的社会角色从社会的其他角色中分化出来;20 世纪以来,随着科学部门的纷纷建立,科学活动的规模日益扩大,科学活动的方式也由个体自由探索,自发分工合作走向大规模的组织协同。特别是第二次世界大战以后,国家规模的科学活动的开展,科学由“小科学”向“大科学”转变,使科学成为一种名副其实的“社会建制”,即科学是一项国家事业,是社会中的一个专业部门,是一种新兴的社会产业,并成为国家的战略产业。随着科学的国际交流与合作研究的展开,科学开始成为一项国际事业。

综上所述,科学的含义已从单纯对知识及知识体系的理解,逐渐形成了更丰富的内涵。可见,科学作为一个历史性的范畴,也只能采取阐明性的叙述,从历史的进程中来把握。

科学的概念有广义与狭义之分,广义的科学包括自然科学、人文科学、社会科学及思维科学;而狭义的科学则特指自然科学。

1.1.2 科学的特征

科学是一种知识,但并非所有的知识都是科学。科学知识在认识论和方法论方面的主要特征,可以为区分科学与伪科学、非科学提供一定依据。

1. 科学的解释性和预见性

科学不仅仅是对事实的简单判断和描述,而且要揭示事实背后的本质和规律,即不但要知其然,还要知其所以然。科学并非事实的简单堆积,它是有组织的知识体系,能够提供对事实的解释。科学的解释性使其与常识相区别。常识只能告诉我们“是什么”,却不能告诉我们“为什么”。古人早已知道用装有圆形轮子的车搬运货物可以节时省力,但却不知道其中的原因;从神农尝百草,人们已经知道了许多草药的药性,但却不知道草药的作用机理。科学则不仅要弄清事实,而且要对事实进行解释,正是对解释的追求造就了科学,并使科学实现了对常识的超越,科学的发展越深入,就越远离常识。正是在解释的过程中,人们发现了对对象的本质和规律。

但是,科学的功能绝不仅仅在于能够解释已知的自然现象,更重要的是它还应该能够预见目前尚未观察到、但却能够被以后的科学实践证明的自然现象。例如,麦克斯韦(J. C. Maxwell)在经典电磁理论的建立中预见了电磁波的存在,尽管他本人在有生之年并没有证实电磁波的存在,但不久以后就被赫兹(H. R. Hertz)的火花放电实验所证实,从而使经典电磁理论的价值更高。

2. 科学的精确性

科学的精确性主要表现在两个方面。首先,任何科学定律或原理都只能在特定条件、有限的范围内成立,同时科学的应用也是有边界的。例如,热力学第二定律只适用于封闭系统,达尔文(C. R. Darwin)的生物进化论也不能向人类社会无限外推。其次,科学结论的表述必须系统、严格、精确、明晰,它应该能够提供具体而明确的知识。科学不接受任何模棱两可、有歧义的陈述。因此,科学的结论必须使用科学的语言来表述,即必须运用科学符号、数据和公式等数学工具来描述。完备的科学符号系统、数学方法的应用是科学走向成熟的标志之一。

3. 科学的可检验性

科学作为对事实的解释并非笼统、一般性的陈述,而是确定、具体的命题,这些命题在可控的条件下可以重复接受实验检验。可检验性要求科学在对所涉及的内容进行解释的同时,必须推导出可以接受检验的论断,并预言今后可能出现的、新的实验事实,进而通过实验的检验确定所解释内容的真伪。

4. 科学的可错性或可变性

科学的精确性使其具备可检验性的特征,因而也就使其具有可错性或可变性。科学本身是按照一定的理论预期而进行的一种探索未知的活动,它试图告诉人们世界是什么样的。但是,由于人类认识本身的局限性,这种探索结果可能会出错,在一定历史时期被人们所接受的科学理论,在其后的发展中可能被证明是错误的,从而被淘汰。允许科学出错,恰恰是科学不断发展的原因之一。拉瓦锡(A. L. Lavoisier)的氧化学说证明了燃素说的错误,但并没有否认燃素说在化学发展中曾经起过的积极作用。

5. 科学的系统性

科学活动是通过对科学问题进行系统性的研究来获取知识的过程。作为其认识结果的科学知识,不是各种孤立的概念、原理的简单堆砌,也不是互不相关的各种论点、论据的机械组合,而是根据自然界的有机联系,对事实有组织、系统的阐明与理解。科学知识要求知识体系在逻辑上具有自洽性,经验知识与理论知识具有一致性。科学力求完整地反映客观事物,把握事物的各个方面。

6. 科学的认同性

科学知识具有客观真理性。它的基本概念反映事物固有的本质属性;它的基本定律反映客观事物之间的内在联系。因而科学知识是客观的,普遍能够被不同认识主体所重复和理解,能够接受不同认识主体的实验检验,并在各主体之间进行讨论、交流。这就是科学的认同性。

1.1.3 现代科学的特点与发展趋势

现代科学的发展,与以往的科学发展相比较,明显地呈现出以下的特点和趋势。



(1) 在学科高度分化和高度综合的基础上,科学开始形成一个多层次的综合整体,出现了科学整体化的趋势。

从现代科学研究的对象看,现代科学对自然界的认识领域正在迅速拓展,一方面不断深入到微观世界的更深层次;另一方面又不断扩展到更加广袤的宇宙空间。自然界的各个层次都得到比较深入的研究,现代科学认识正在向更大的深度和广度进军。从现代自然科学各学科之间的关系来看,科学一方面在继续分化,另一方面在交叉综合,在高度分化基础上的高度综合已成为一种总的趋势。整个科学已经改变了过去零散分割的状态,正在形成一个前沿不断扩大、多层次、相互联系的综合整体。

自然科学各个学科之间相互融合或交叉,促进了一系列综合学科、横断学科和边缘学科的形成和发展。综合学科是指利用多种学科的理论与方法,去探讨某些复杂现象所形成的学科,如环境科学、空间科学、海洋科学等。它根据不同的研究对象,把多种学科的研究成果联结起来,使人们形成对某些研究现象的整体性认识。横断学科是指研究自然界、人类社会和人类思维等领域共有的某种现象的本质及规律的学科,如系统论、信息论、控制论等学科,它不局限于某一领域或物体,而是把自然界、人类社会和人类思维整体的某个侧面作为研究对象,从而强化了人们对世界整体的认识。边缘学科是指在传统科学划分的交界处出现的新兴学科,它们是由基础科学及其不同分支相互交叉、相互渗透产生的,如物理化学、分子生物学、天体物理学等。这些种类学科的出现和发展,使人们所认识的自然界图景越来越成为一幅统一完整的画面。

(2) 科学知识的增长总量迅速扩张,科学知识更新的速度加快,科学发展呈现加速化趋势。

近几十年来,人类所取得的科学成果的数量,比过去 2000 年的总和还要多,出现了所谓“信息爆炸”、“知识爆炸”的现象。美国科学计量学家普赖斯(D. J. S. Price)曾以科学杂志和学术论文为知识发展的重要标志,对知识总量的增长率进行了推算,从而得出这样的结论:在我们的文明中,所有非科学的东西每翻一番的时候,科学就要增加 8 倍。如果这样看待科学的话,在我们的文化中,科学密度在每一代人之间要增长 4 倍。现代物理学中 90% 的知识是 1950 年以后取得的。截至 1980 年,人类社会科学知识总量的 90% 也是在第二次世界大战以后的 30 多年间获得的。现如今,全世界每天发表科技论文 6000~8000 篇,每年出版图书 70 万种。

由于科学知识的加速增长,科学知识的更新速度也在加快。有关专家的研究指出,18 世纪知识更新的周期为 80~90 年,19 世纪初至 20 世纪初为 30 年,20 世纪 50 年代以来为 15 年,70 年代以来则进一步缩短为 5~10 年。过去学生在校时可获得一生 80% 的知识,工作后继续教育再获得 20%,现在则正好相反。在当今时代,如果不学习和掌握最新的科学知识和技能,就无法跟上科学加速发展的步伐。因此,一些发达国家既注意学龄前教育知识的先进性,同时也注意在职人员的知识更新。

(3) 科学研究规模和组织形式日益扩大,科学已经形成一个重要而又庞大的社会建制,出现了科学事业社会化的趋势。

20 世纪以来,由于科学与生产的密切结合,同时需要强大的技术装备,再加上大规模综合性研究的开展,科学事业日益社会化,研究活动的规模越来越大,从企业规模发展到国家规模,甚至国际规模。此外,现代科学的发展还必须考虑其带来的社会后果,随着人类改造

自然能力的不断增强,科学必须与整个社会协调发展的问题,已非常突出地摆在人们面前。

由于研究课题的高度综合化,现代科学研究设备的大型化、复杂化,科研规模的扩大以及物质基础和经费的巨大投入,使得科学家已从过去较分散的个人活动转向社会化的集体活动,大部分研究工作已不能由科学家个人独立地进行,而需要科学共同体协同工作,联合攻关,甚至需要跨出国界,采用国际规模的研究方式。科学作为一种社会事业,普遍受到各个国家的重视。一方面,各国的经费投入不断增大,第二次世界大战后所有经济发达国家科研经费投入都以指数增长,发达国家研究开发经费通常占国民生产总值的 $2.5\%\sim 3\%$;另一方面,各国从事科学研究的人数急剧增长,预计未来100年,从事科研活动的人数将占世界总人口的 20% 。

(4) 数学在科学中的作用越来越重要,数学自身也拓展了许多新的领域,出现了科学数学化的趋势。

马克思曾经指出,一门科学只有在成功运用数学时,才算达到了真正完善的程度。现代自然科学进入成熟阶段的重要标志之一,就是要大量运用数学,数学自身的发展,原有数学分支越来越完善,许多新的数学分支出现,为现代科学走向精密化提供了现实的可能性。需要和可能相结合,科学的数学化成为一种必然的趋势。电子计算机的发明和普遍应用更加推进了这一进程。现在,不仅自然科学的各个学科日益与数学相结合,社会科学与思维科学的各个领域也越来越普遍地进入了量化的研究阶段。

(5) 科学研究方法彻底突破了以分析为主的传统,系统论、信息论、控制论所提供的新方法正获得广泛应用。

传统的科学研究方法是以分析为主的方法。19世纪以后,科学认识方法从分析转向综合。在综合方法的基础上,自然科学的各主要学科逐渐揭示出自然界的统一和自然历史的联系。20世纪中叶,随着系统论、信息论和控制论等系统科学的产生和发展,现代科学已经把自己的方法论基础转移到系统方法上,这种新方法把研究对象当做一个系统来处理,强调整体观念,强调综合研究,强调协调发展,将科学研究方法提高到了一个新的水平。

科学研究方法的历史告诉我们,任何一门科学既是本体论又是方法论,它的理论、观点和方法可以用来研究其他学科,用力学的观点和方法研究物理科学,用物理学的观点和方法研究化学和生物学,都是历史的生动例证。用系统科学的方法研究物理科学、生命科学、社会科学乃至思维科学,也必将导致科学的新突破。

(6) 现代科学的发展越来越多地涉及哲学问题,引起了人们新的哲学思考和观念变革。

在古代,哲学和科学曾经是合二为一的。近代科学诞生以后,科学与哲学分化,各自走上了独立发展的道路。在现代科学的发展中,一方面,现代科学已用于研究一些关于自然界最一般、最根本的问题,这些问题过去一直是属于哲学探讨的内容。过去统一于自然哲学的猜测,现在已统一于科学本身的研究成果。例如,现代科学揭示了各种物质统一性,阐明了各种物质形态及其运动形式的相互转化,微观、宏观和宇观世界已经开始形成了统一的科学图景。另一方面,在现代科学的前沿不断提出一些引起哲学思考的新问题,迫使人们的传统观念发生变革。例如,粒子物理学中夸克模型和物质是否无限可分的问题,现代宇宙学中大爆炸模型提出的宇宙的有限和无限的问题,现代生物学中中性学说和生物进化的必然性和偶然性问题,系统科学中自组织理论和目的性范畴问题,以及人择原理引起的哲学思考等等。



这两个方面的发展意味着,在现代科学研究和现代哲学研究之间,出现了只有靠两者更加紧密结合才能共同开拓的崭新领域。

早在 20 世纪 60 年代初,美国科学家普赖斯就对现代科学发展作出了这样的描述:由于现代科学取得了如此辉煌的成就,科学已经成为国民经济的重要支柱,现代科学的规模如此之大,社会对科学的投入又如此之巨,以至我们不能不用“大科学”一词来称呼它。随着科学的进一步发展,这一“大科学”的特征和趋势表现得越来越明显。

1.2 技术的含义与特征

1.2.1 技术的含义

“技术”一词源于古希腊语的 *techne*,意指“技能”、“技艺”等。它虽与科学(*scientia*)同样属于人类的智慧结晶,但二者的含义截然不同,*techne* 指的是主观性因素,而 *scientia* 指的则是反映客观事物的理性知识(*episteme*)。在相当长的时间里,人们把技术看成是世代相传的制作方法、手艺和配方。近代以来,技术对自然科学理论的运用导致了技术的理论化趋向,产生了技术科学,从而导致在技术的构成要素中,技能、经验等主观性因素不再占主导地位,“技术”一词也从最初的 *techne* 转变成 *technology*,其后缀-ology 有“学问”、“学说”之意。

人类制造石器工具投入劳动,实现了从猿到人的转变,从而揭开人类改造自然的历史序幕,同时也诞生了最初的技术萌芽。在原始的刀、斧、弓、箭等工具的制造中,以及狩猎、饲养、栽培的农牧业生产劳动过程中,由于生产经验和劳动技能的不断积累,逐渐形成了原始时代的各项技术。农业与手工业分工后,工匠成为独立的社会职业,他们专门从事冶炼、建筑、水利以及生产工具的发明。古代技术基于生产经验和劳动技能的积累,主要被视为个人的技能和技艺。技术的历史源远流长,对技术概念的界定,不能撇开技术的历史过程,因为它既是技术现象的抽象和概括,又是后继技术概念演化的核心和出发点;技术概念的历史演化不仅表现在内涵的扩展上,同时也反映在技术领域的扩大方面。因此,对技术的理解也是多视角、多侧面的。

对技术的认识概括起来主要有两种类型:一是对技术的狭义认识;二是对技术的广义认识。技术的狭义认识主要是指从人和自然的关系中来理解技术。由于出发点不同,或者对于构成技术要素的不同理解,又形成不同的技术定义,大致可以分为以下四种情况:一是把技术理解为人的一种能力,形成“方法技能说”;二是把技术理解为一种应用知识,一种“实践技巧的学问”及其应用,形成“知识应用说”;三是把技术理解为一种实现目的的物质手段的体系或手段的总和,形成“劳动手段体系说”;四是把技术理解为知识、能力、手段的总和,形成“要素综合说”。对技术的广义认识是把技术扩展到任何讲究方法与手段的有效活动,认为技术存在于全部人类活动中,在社会生活的各个领域里都有技术在起作用,整个社会的政治、经济、文化均以技术为中介相互联系为一个整体。因此,凡是一切讲究方法的有效活动都可以称之为技术活动。

根据学术界目前达成的共识,技术是人类为满足自身的需求,在实践活动中根据实践经验或科学原理所创造或发明的各种手段和方式、方法的总和。这里包含两层含义:一是技术活动,二是技术成果。



从活动过程角度看,狭义的技术是指人类在利用自然,改造自然的劳动过程中所掌握的方法和手段,是人类按照自己的目的和需要,系统地运用所掌握的知识 and 能力,借助所能利用的各种物质手段与方法,使自然界人工化的有效活动。广义的技术活动是指人类改造自然、改造社会和改造人类自身的方法和手段。从最终成果的角度看,狭义的技术包含技术理论、技术工艺和技术产品。其中技术理论是在科学理论应用于工程实践中产生与发展起来的,是科学理论与工程实践的中介。技术成果是技术的实在表现形态。它们既是以往技术活动的结晶,又可以在人类的组织实施下,通过有机结合转化为新的技术活动。

1.2.2 技术的特征

技术在发展过程中呈现出下面一些基本特征。

1. 技术是自然属性和社会属性的统一

人类利用技术、生产物质,改变原始自然面貌以创造适合于人类生存、发展的人工环境。在这一过程中,技术表现为自然和社会的双重属性。

技术的自然属性,是指人们在运用技术变革和利用自然过程中依赖大自然、受制于大自然的方面。技术的社会属性是指人们在运用技术变革自然以及依靠技术实现对社会的调控过程中,要受到各种社会因素的制约。技术的生命力也表现在最大程度地和社会相融。技术固然也要追求新颖性和先进性,但是,只有满足社会需求的技术才是最好的技术。同时,任何技术目的的实现,又都要受到经济、政治、军事、科学、教育文化、民族传统等社会条件的制约,不同的社会历史条件及可获得的资源、工具水平、劳动者的素质又制约着技术发展的速度和水平,影响着技术的风格和形式。

2. 技术是主体要素与客体要素的统一

技术的主体要素是指人类在技术活动中表现出来的主体活动能力,包括经验、技能、技术知识和理论;技术的客体要素主要是指以工具、机器设备等生产工具为标志的客观性技术要素。在现代技术活动中,经验性的技能、诀窍和规则仍然是极其必要和不可缺少的。然而仅仅是主体的能力和知识还不能实现技术活动的功能,在技术活动中,必须将经验、技能、技术知识和理论等主体要素与工具、机器设备等客体要素有机结合起来,才能形成卓有成效的改革自然的技术活动过程。

3. 技术是物质因素和精神因素的统一

作为活动方式的技术手段,除了物质因素外,还有精神因素,它是二者在生产劳动过程中的统一。人类在运用技术变革自然的实践活动中同时还改变着自身,特别是使人所特有的思维能力得以不断提升,正如恩格斯所指出的:“人的思维最本质和最切近的基础,正是人所引起的自然界的变化,而不单独是作为自然界的自然界;而人的智力是正比于人学会改变自然界的状况而发展的。”正是由于技术同时具有物质因素和精神因素,它才成为物质和精神之间的联系中介,起到了由物质转变为精神、由精神转变为物质的桥梁作用。



4. 技术本身有一个从潜在形态到现实形态的发展过程

技术表现为一个过程。从技术的产生和发展看,技术本身存在一个从无形技术向有形技术,从潜在技术向现实技术转化的过程。在这一转化过程中,人们在社会各种因素的制约下发挥创造力,运用各种知识、经验,从各种相互矛盾的条件中,寻求实现技术目的的最优方案,通过原理和方案的构思,在头脑中创造出某种观念结构,形成构想和设计等这些无形技术,然后逐步将其具体化、形象化,形成技术说明、设计方案、工程图纸等有形技术,再通过试验与研制,将以上这些潜在的技术转化为现实的技术。

1.2.3 高技术的特点与发展趋势

1. 高技术的含义

以当代科学革命为基础的现代技术革命产生了高技术,高技术集中代表了现代技术发展的特点和趋势。“高技术”一词的出现已有 40 余年的历史。迄今为止,国际上还没有公认的定义,对其内涵与特征的认识也不尽相同。基本达成共识的是:高技术并不是泛指一般的新技术或尖端技术,也不是特指某一单项的技术,它是建立在最新科学基础之上的,具有广泛的科技、经济、社会效益的一个特定新技术群。据此,我们可以把“高技术”理解为,在当代科学技术革命中涌现出来,以科学最新成就为基础,知识高度密集,对经济和社会发展具有重大意义的新兴技术群。和其他任何事物一样,高技术也是一个发展、动态的概念,目前的高技术,再过几十年,又会成为传统技术。

当代高技术主要表现在六大领域:信息技术、新材料技术、新能源技术、生物技术、空间技术和海洋技术。一般认为,这六大高技术中有 12 项标志性技术:基因工程、蛋白质工程,智能计算机、智能机器人,超导材料、定向材料,核聚变能、太阳能,航天飞机、永久太空站,深海采掘、海水利用。高技术具有高智能、高战略、高投入、高风险、高创新、高辐射、高效益等显著特征。

2. 高技术的特点及其发展趋势

(1) 高技术是知识高度密集的科学化技术。高技术的基本原理,主要建立在基础科学、技术科学、应用科学最新成就的基础之上。例如,原子能技术是原子物理学、量子物理学发展的结果;半导体技术是固体物理学发展的结果;超导技术、基因重组技术、人工智能技术、人工化学合成技术等,也无一不是其相应的基础科学发展的结果。因此,高技术就是处于当代科学技术发展前沿的技术。其研究和开发的难度也比较高。它不仅要以相应的基础研究和应用研究的突破性进展为依托,而且其研究和开发工作必须由高智能的科学技术人员、高素质多种技术的边缘交叉,是多种人才、多种行业优势综合的系统工程。

(2) 高技术是具有高经济效益和社会效益的技术。高技术不同于传统意义上的科技。后者主要追求的是科学价值,对经济价值和社会价值看得比较轻,而且其研究规模较小,科学研究与生产是两个不同的领域,由科技向生产的转化需要诸多的中间环节等。而高新技术的研究与开发,不仅追求科学价值,而且追求经济价值和社会价值。比如,1831 年法拉第发现电磁感应现象后,到 1866 年德国西门子公司创造出实用的发电机,1881 年开始兴建大

型火力发电厂,带动电力工业全面发展,从此建立了钢铁、化工、石油等规模庞大的工业体系。因此,高技术在其发展过程中,具有明显的产业化、商品化性质。高技术研究开发一旦取得成功,就可以大幅度地改善产品结构和提高产品性能,显著地提高社会生产力和劳动生产率,并能向社会各个技术、经济领域广泛渗透和扩散,以及导致新的产业部门的开辟。但由于高技术与开发的难度高,成功率相对较低,所以高技术与开发,特别是高技术成果的商品化和产业化,也具有很高的风险性,因而才出现了风险投资和风险企业,它们对高技术的发展具有突出作用。

(3) 高技术是对于技术、经济、社会发展具有高战略价值的技术。在当代世界上,一个国家的高技术发展,意味着其技术开拓力量、经济竞争力量、军事威慑力量以及政治影响力量的增强。因而,各国间的高新技术竞争十分激烈。谁能取得高新技术发展的优势,谁就掌握了竞争的主动权。现在,世界各国都在竞相制定自己的高新技术发展规划,都把开发高新技术置于国家发展的战略地位。1983年,美国提出了“星球大战计划”;1984年,日本制定了“振兴科学技术政策大纲”;1985年,欧洲共同体制定了“欧洲研究协调机构”方案;1985年,苏联和经互会制定了国际政治经济竞争的战略;1986年,我国也制定了“高技术研究发展计划纲要”。

(4) 高技术是一种具有国际化特征的技术,即高新技术的研究和开发在社会制度不同的国家之间既联合又竞争。高技术的研究和开发与传统意义上的科技研究相比,其规模要大得多,它往往需要跨国界的联合开发。这样既促进了国家间科技文化的交流与合作,又使各国联合起来面对人类共同的困难与未来的挑战,从而促进了高新技术本身的开发与应用。

正因为高新技术具有这样一些特点,所以,它在当代科技、经济、社会发展中具有十分重要的地位和作用。高新技术的发展水平,已经成为衡量一个国家综合国力的主要标志。现代技术的发展,主要就是高技术的发展,而技术的不断科学化、集群化、智能化、高新化和产业化也是现代技术的发展趋势。

1.3 工程的含义与特征

1.3.1 工程的含义

从词源上看,工程的英语词为 engineering,它的词根 engine(发动机)和 ingenious(创造能力)都来源于相同的拉丁语的词根 ingenerare,包涵着“创造”的意思。在英语中,engineering 词义的发展与工程师(engineer)及科学技术的发展密切相关,古时候的英语动词 engine 意思就是设计、发明。工程作为一个独立概念首次出现在中世纪,后来这一概念被应用于民用领域。

工程起源于人类生存的需要,源于人类对器物的需要,尤其是对工具的需要、对居所的需要,以及对所有非自然生成的有用物的需要。制作、建造这些有用物的活动,也就是人类的工程活动,这一活动从人类诞生到今天,经历了漫长的历史过程。工程的概念同样是一个历史范畴,是伴随着科学技术的发展和人类社会实践的不断深化而发展的。

从古代到 18 世纪末,工程主要以军事和艺术的形式存在,主要强调工程主体的智力因素,强调工程师的直觉创造在工程活动中的主导地位。例如:公元前 250 年,李冰父子主持

兴建的都江堰水利工程,采用江中卵石垒成倾斜的堰滩,在鲤鱼嘴将山区倾泻下来的江水分流,冬春枯水时,导岷江水经深水河道,过宝瓶口灌溉成都平原的数百万亩良田;汛期丰水时,大水漫过堰滩从另一侧宽而浅的河道流入长江,使农田免遭洪涝之苦。都江堰水利工程因其因势利导、构思巧妙,就地取材、施工便利,以及水资源的充分合理利用,成为世界水利史上的杰作,至今仍在灌溉着天府之国的肥沃土地,造福着世代子孙。再如:青铜时代那些具有美学意义的神殿、露天剧场、青铜雕塑、公共广场、庭院、屋群等建筑工程融入了更多的艺术、美学和精神因素,使得工程建筑物的社会内涵更加丰富。

19世纪以后,工程逐渐转向民用,民用工程(civil engineering)开始出现。“民用工程师”这一概念早在18世纪中叶就已经出现,意指道路、桥梁、城市供水系统设计者。

1818年英国民用工程师学会的成立,标志着工匠与工程师在职业划分上的明确分离和现代意义上的工程师的出现。最早且使用最为广泛的工程定义出现在1828年托马斯·莱德古德(Thomas Tredgold)写给英国民用工程师学会的信中,他把工程定义为“驾驭自然界的力量之源、以供给人类使用与便利之术”。这一定义在后来几十年中被英美工程师普遍接受,成为这一时期比较有代表性的经典定义。

第二次世界大战以后,现代工程又呈现了一些新的特点:一方面,现代工程是建立在自然科学的基础上,在科学引导下出现并发展起来的;另一方面,现代工程更加依赖现代技术手段。于是,人们又形成了对工程的新认识。新的工程观可以分为两种类型:一种是把工程看做是一个设计的过程;另一种是把工程看做是一个制造的过程。工程是有目的的一项实践活动过程,皮特(J. C. Peter)把工程理解为通过组织、设计、操作人造物,按照人的需要去改变自然和社会,米切姆(C. Mitcham)把工程定义为与人工物相关的一种特殊人类行为过程——制造(making)。后一种概念比前一种内涵更宽泛,在制造的过程中实际涵盖了设计的过程。美国工程师职业开发委员会则把工程定义为:把通过学习、经验以及实践所获得的数学与自然科学知识,加以选择地应用到开辟合理使用天然材料和自然力的途径上来为人类谋福利的专业的总称。我国学者则把“工程”这个术语一般性地界定为对人类改造物质自然界的完整的实践活动过程的总称。根据上述一些对工程的理解,在一般的意义上,我们可以把工程界定为:人们综合运用科学的理论和技术的方法与手段,有组织、系统化地改造客观世界的具体实践活动,以及所取得的实际成果。

工程概念也有广义和狭义之分。广义的工程即人类的一切活动,包括社会生活的许多领域,如“211”工程、希望工程、再就业工程、安居工程等;狭义的工程,则特指人类改造自然界的活动,在本书中所讨论的工程,是对工程的狭义理解。

1.3.2 工程的特征

1. 工程所追求的目标是社会实现

工程具有更为强烈的社会性特征,工程获得的成果只能在社会中实现。工程是一种目的性和计划性极强的活动方式,在活动之初,活动所追求的最终目标已经清晰地存在于活动组织者的头脑之中,这就是最大程度地满足社会上的某种特定需求,获得一定的经济效益、社会效益和生态效益。工程的规划和设计,都是围绕这一目标进行的。由工程的这一特性所决定,科学、技术转化为现实生产力的功能必须通过工程这一环节来实