

探讨工程技术概念的历史发展

郑积源

(自然辩证法教研组)

摘 要

本文简述了技术概念和工程概念的起源,它们的内函在历史上的演变,以及它们在科学基础上的统一。并着重论述了工程概念如何随着近代工程技术的发展而改变,在现代又如何获得新的内容,提出了“工程技术”作为一个概念所应具备的条件。

An Approach to the Historical Evolution of the Conception of Engineering and Technology

Zheng Ji-yuan

Abstract

In this paper, the source of the conception of engineering and technology, the historical evolution of their connotations, and their unity on the scientific basis are briefly described. The author expounds emphatically how the conception of engineering changes with the development of modern engineering technology, and how it obtains its modern content. The conditions that the engineering technology as a concept should be provided with are advanced.

我们在报刊上常见到工程、技术、科学技术、工程技术、工程学、技术科学、工程技术科学等一类名词。对于这些名词的理解、使用各有异同,使人难以捉住它们确定的内容和区

别。我们在研究技术史时就遇到究竟什么叫工程,什么叫技术,什么叫工程技术,什么叫工科学和技术科学这样一类问题。本文试图从工程技术概念的历史发展去探讨这些问题。

一、技术概念的起源和发展

西文的“技术”一词来源于希腊文 $\tau'εχνη$ ^[13](teche)。而 $\tau'εχνη$ 的原意是指手艺、技巧、本领、方法、艺术等。因此求本溯源,“技术”一词必定产生于古代社会手工业的生产劳动。中国古代的“技术”一词的起源正是说明了这一点。

根据春秋末年齐国人的著作《考工记》的记载,那个时代官营手工业就有30多种。从事这些手工业生产的人,是王室从民间征调来的具有各种各样的技术专长的工匠。在春秋战国的诸子百家的著作中,都把这些工匠称为“百工”。《考工记》称百工具有“审曲面势,以飭五材,以辨民器”的能力,《庄子》称“百工有器械之巧”,《荀子》称百工为“百技”,《商君书》把手工业者称为“技巧之人”。可见,“技”或“技巧”之词是从当时和以往的手工业劳动中提炼出来的。

从现存的先秦著作来看,在所谓三教九流各家,还没有把“技”字和“术”字结合成“技术”一词。当时的“技”和“术”作为独立的术语,各自有所指的对象。但是通过“道”,则“技”与“术”就有一定意义的相通。例如在《庄子·养生主》中有句“技盍至此”,“进乎技矣”的话。这里的“技”是指庖丁解牛有高超的技术。他之所以有这样高超的技术,是他“之所好者道也”。因为他对“道”即事物发展规律的思想有高深的修养,所以他掌握的技术已不停留在一般人的技术水平上,已经达到更高一级的水平。而在《庄子·天下》里,所用的“术”字又与“道”结合,叫做“道术”、“方术”,表示为较高一级的关于使用人、事、物的方法和技巧。可知,通过“道”,“技”与“术”在意义上有某种相通的迹象。后来,随着社会生产的发展,大约在西汉初,人们便逐渐地形成了新的概念:“技术”。当时技术一词不但是指百工的手艺,而且把祝、史、射、御、医、卜列为技术,故《史记·货殖传》有:“医方诸食技术之人”,《晋书·张亢传》有“解音乐伎术”之一说。这些说明了至迟在西汉前后,“技术”一词已出现了,并且意义甚广。从这里我们可以看出,不论在西方还是在中国,古代人所说的技术,实际上是对古代各行各业中所具有的技巧、手段、方法、专长等共同特性的一般概括。

科技史证明,技术概念的内容是随着科学的发展和技术的进步而不断地被丰富和充实的。

人所共知,从原始人开始制造第一件石器工具时起,原始技术也就产生了,而科学这时还处于萌芽的状态。技术随着农业、畜牧业、手工业,随着衣、食、住、行提出的问题的解决而得到发展。例如,从古代陶器到青铜器再到铁器的制造,反映了古代的采矿、冶炼技术的发展;从弓箭到战车,从人力、畜力到水力的应用,反映了古代的机械动力技术的发展。这时,最古老的科学——力学,数学,天文学等已经形成,从原始社会向奴隶社会转化后,由于产生阶级分裂所带来的体力劳动与脑力劳动的分离,使得奴隶和手工业者只好长期从事特定的专业生产,结果创造了各色各样的生产技术,由此形成了中国古代所说的“百技”。西方一些科技史家把西方类似这种状况叫做“手艺传统”。而奴隶主阶级出身的知识分子

被固定于从事教育和科研的工作，从事自然哲学等抽象科学的研究，这就是西方科技史家把此称为古代科学家的“科学传统”。在长时间内，古代西方所谓科学传统和手艺传统是互相分离的，尽管个别科学家注意了科学与技术的结合，但就整体而言，直到文艺复兴之后，这两股传统才开始发生交流。随着历史进程的加快，科学和技术的结合的速度也加快了。特别在法拉第——麦克斯韦的电磁理论逐步地物化为电力工业技术和无线电通讯技术之后，技术就越来越超出自己的经验范围，越来越被赋予科学的特性。二十世纪以来，许多新创造的高、精、尖技术无一不是新科学知识的转化形态。自爱迪生开创工业实验室以来，科学与技术相结合的社会化进程也越来越快、越来越大，以至把组组管理的方法上升到科学的地位。这样，技术的科学化特征越来越成为现代意义下的技术的重要内容。

另一方面，技术概念的内容也随着技术的进步而演变。在西方以古代手艺传统为基础，到了十八世纪，欧洲的工场手工业十分发达。根据当时工场手工业技术的发展状况，法国哲学家狄德罗在他所主编的《百科全书》中，把技术定义为“为了同一目的而共同协作完成的各种工具和规则的体系”^[1]。在这里他把劳动手段、工艺过程和管理方法都包括在技术之内。自蒸汽革命之后，工业技术成为技术的重点内容。到了二十世纪，技术一词的使用范围已大大地扩充，不仅把各种机械设备、装置、工艺流程作为技术，而且把组织管理的方法和技术思想也归属于技术。本世纪四、五十年代以来，人们把材料、能量、信息作为现代化技术的基本因素，把技术看成有因果关系的“网状综合体”^[18]。

当前各国学者对技术的理解不尽相同，然而下列几方面看法趋向接近：一是技术一词的使用不限于生产领域，认为技术应是人类改造自然和社会的方法或手段的总和^[5, 19]，二是把技术看成科学的应用^[18]。三是在技术科学的分类上，技术与工程可以互为通用，或结合为一体。的确，如果把技术和工程均理解为科学的应用和人类改造环境的手段，那末它们便没有什么原则上的区别，它们在人类合乎目的地有效地直接或间接的造物的工作进程中统一起来，合为一体。

二、工程概念的起源

从近、现代看，工程与技术没有本质上的不同，但从起源上看，技术先于工程而产生。工程作为具体建设项目而言，则产生于原始社会末期和奴隶社会初期，那时由于战争频繁，于是为战争服务的作战机械，木土工事等建造工作便纷纷建立。而从事这些工作的人必须具有较高的技术水平和力学、数学知识，这样就产生了工程师这一职业。最初这个职业是军事的。可知，古代西方“工程”一词起源于古代的工程建设，它的特定含义是“军事工程”^[5]。

我国古代“工程”一词起源于商周之后的官营手工业生产。“工”这个词首先见于商朝的甲骨文卜辞中，是当时管理工匠的官吏职称。至迟春秋战国时期，“工”字又含有技巧之意，指的是手工业生产的一种技能。从《荀子·致士》得知，“程”的最初含义是度量的总名，是器物的量的规定性，这叫做“程者，物之准也”，程以立数”。至于“工”字和“程”字相结合而构成“工程”这个术语，其出现的时间可能要晚得多。最早编的《辞源》把《礼

记·月令》：“命工师效功，陈祭器、按度程”的话作为后来“工程”一词形成的起点，看来是有道理的。

战国时期的多数国家的官营工业均实行三级监造制度，即直接生产者、主造者、监造者三级制度。在器物上常铭刻了制作的机关和造者、主造者、监造者的姓名。关于主造者的官员，据称为工官。不同的工种，便有不同的工官（工师）的称呼。我们从工官所主持的“治车诸器”、“主造武器”，“营造制作”“河渠开凿”等工作，可以析出我国古代“工程”一词的含义。这个含义就是：在工官主持、监督、指导下，百工按照规定的程式，从事正大的技术性的造物事项。

尽管我们古代对“工程”没有下过严格的定义，但它所含的内容还是确定的，自唐朝以来，工程一词常指建筑及其施工。元朝以后，工程一词还有更广泛的含义。这就是《元史·一九〇韩性传》中提出的新语：“读书工程”。

元代元庆年间，有一个叫程端礼的“儒学教授”，一生推崇朱熹理学。后来，他修订了宋朝辅广所编的《朱子读书法》，撰《读书分年日程》一书。此书分三卷，以《朱子读书法》一书原目六条为纲，分门别类地设置不同的课程。后人把他这部著作又称为《读书工程》^[1]。那时的国子监对各群县的县学学官下达文件，要求他们把《读书工程》一书工程作为学者的范本或法式。显而易见，这里的“工程”，说的读书也要讲究方法，要有规程，要有系统的安排，如同建筑这类工程一样，要完成其任务，必须要有其确定的模式或规程。这里说的虽然是读书这件事，但这件事涉及到做学问、编教科书、人材培养等其他事项，而要完成这些事项和任务，必须把它们当作“工程”来看待。由此可知，《读书工程》中“工程”已蕴含了现代意义上的“软工程”的最初思想。看来，我国古代“工程”一词，虽然没有对它下过明确的定义，但它包含了现代通用的“硬工程”和“软工程”的最基本的思想。这在古代世界工程技术史上是少见的。

三、工程概念在近代的改变

公元十七、八世纪，欧洲，特别英法等国兴起了筑路风潮，这些工程大都属于民用方面，为了同军事工程相区别，人们就把道路、运河、桥梁等工程称为民用工程（Civil engineering）。到了这时，就把工程明确地分为军事工程和民用工程两大类。由于民用工程大都属于道路、桥梁等建筑，实为土木工程，后来土木工程就沿用“民用工程”，“民用工程”一词变成土木工程的专有名词。不久，建筑工程从土木工程分化出来，先在法国形成一个独立的工程部门^[11]，工程教育首先在法国得到重视。法国在大革命时期设了桥梁、公路和矿山学院，培养工程人员。

民用工程一词是由英国工程师斯米顿（Jhon Smeaton 1724—1792）所创⁽⁵⁾。他在设计建造名叫 Eddy Stone 灯塔时，在“工程师”之前加上了“民用”两字，以便同一般“军事工程师”相区别。1775年，在英国成立了 Smeatonian 俱乐部，这是工程社团的前身^[11]。Thomas Telford(1754—1834)把民用工程师的职业定义为：“指导人们辨认和应用自然界

巨大的能源的技术”。从十八世纪下半叶到二十世纪初，随着不同工程实践部门的形成，欧美各国相继成立了土木、建筑、机械、采矿、电机等各种类型的工程师学会。不同职业的工程师学会的成立，反映了世界和各国工程技术发展的一般进程和技术力量的成长状况。如美国，在1852年，1857年，1871年，1881年，1895年分别成立土木、建筑、采矿、机械、电机等工程师学会，这恰好是世界工程技术发展史的一个缩影。我国到1912年才于武汉成立了詹天佑为会长的中华工程师学会。中国工程学会由一批留学生倡导成立于1917年，1920年其总部从美国迁至上海。从科学家团体分离出来实践家团体，即工程师社团的成立，意味着工程学科的出现，因而以培养工程师为目标的高等理工院校在世界各国相继建立。

1828年，英国道路工程师 Thomas Tregold 第一次给工程下了定义。他说：“凡利用自然界的能源为人类应用的各项建设工作，如改进生产程序，国内外交通的建造，道路、桥梁、水道、运输、船坞等等的建筑，海港、商埠、堤坝的开辟，应用人造动力于航行和机械的制造，城市田地的灌溉，以及其他的工作，都可称为工程。”^[6]从这里可以看出工程包含的工作范围是很广的。简述之：“凡利用自然界的能源，为人类应用的一切技术，都得称为工程”。^[6]这个定义在工程界通行了一个世纪^{[6]'}。Thomas Tregold 还把工程的发展同科学发现、发明联系起来，他说：“民用工程之应用范围，将随着每个哲理上的发现而推广，它的资源将随着力学和化学上的发明而增加”。^[6]

前面曾提到，西方近代工程是在土木工程、建筑工程从古代军事工程中分化出来成为一门独立部门之后才逐步形成的。然而科学在工程实践中的应用，把工程建立在科学的基础上，不是开始于土木工程，而是开始于瓦特发明的蒸汽机。因为十八世纪前期，土木、建筑工程的设计的依据主要是历代传下来的技能和经验，不是靠科学原理和数学计算，而瓦特蒸汽机的关键技术部分——冷凝器的设计思想则主要来自科学原理的启发。正因为这样，人们常把瓦特蒸汽机的诞生作为近代工程技术产生的重要标志。

近代工程大约经历了以下几个发展时期。

继近代土木、建筑工程之后，在蒸汽革命推动下，紧接着的是机械工程产生和发展的时期。纺织机、蒸汽机、蒸汽锤、各种车床、蒸汽机车、汽轮、内燃机、蒸汽轮机等创造发明，标志着机械工程发展的不同阶段。

在土木、机械、热机、铁道等工程的推动下，冶金工程得以产生。从贝塞麦 (Bessem-er) 发明转炉到马丁·西门子的炼钢法，表明近代冶金工程的产生和发展。

在动力机械、冶金、土木建筑、石油开采等推动下，古老的采矿一跃成为近代采矿工程。

在纺织业、冶金业等推动下，促进了硫酸工业、纯硷工业、合成氨工业的发展。1857年珀金在伦敦建立的合成染料工厂，以及农业化学工业的建立，标志着化学工程的形成和发展。

从法拉第发现电磁感应定律，到西门子制成自激式发电机，再到十九世末二十世纪初电气工业的形成，标志着电力工程的产生。

从麦克斯韦的电磁理论，到赫芝的实验证明，再到波波夫和马可尼对无线电通讯的应用，以及贝尔发明电话，表明了电讯工程的形成。

二极管、三极管、收音机、广播、电视、雷达等发明,表明电子工程开始形成。

从原子理论和核裂变,到原子弹的制造,原子能发电站的建立,表明了现代工程技术的产生,人造卫星、遥感技术、加速器、电子计算机、射电望远镜等出现,表明了现代工程技术的高度发展。

总之,就西方而言,以古代军事工程为开端,到瓦特蒸汽机的发明,标志着古代工程向近代工程的转变。整个十九世纪是土木、机械、采矿冶金、电力、化工五大基本工程的形成时期。这个时期各类工程开始建立在科学的基础上,科学开始走在工程技术的前面,出现了一大批一流的科学家,其中法拉第、李比希、爱迪生是他们的杰出代表。各类工程学或技术科学相继产生。二十世纪以来,除了上面提到的五大基本工程各自产生分支工程外,还向现代化迈进,二十世纪三十年代以来,现代工程技术向更深一层发展。这是现代工程技术纵向发展的主线。

四、二十世纪以来工程概念的扩展

二十世纪以后,“工程”概念的使用不但在工业领域中向着纵深方面发展,而且开始向横的方面推广。这表现为:

1. 工程概念从工业向农业方面推广

二十世纪初,为了适应农业机械化方面的要求,在美国提出了“农业工程”这个概念。美国农场机械学教师于1907年建立了美国农业工程师学会。

2. 工程概念向企业管理上推广

我们知道;企业科学管理经历着一个发展过程。这个过程就是:从古代手工业的家庭作坊,手工工场,到产业革命时期建立近代工厂制这一漫长时间的准备,直到十九世纪末,才出现企业科学管理方法。它起源于美国人泰罗(F. W. Taylor 1856~1915)所提出的“泰罗制”,泰罗从合理安排工序,写照和分析工人的动作,提高工作效率入手,研究管理活动行为与时间的关系,探索管理科学的基本规律。到了本世纪二十年代,逐步形成了工业工程(Industrial engineering)。基于科学管理方法的产生,美国机电工程师学会会长亨利司各脱(Herry Sectt)把工程概念扩展到管理方面。他把工程定义为:“工程是为全人类利益而组织和指挥群众及控制自然力与材料的技术”^[6, 6]。

3. 系统工程概念的提出

系统工程的出现,同第二次世界大战和当时工业管理的发展有着密切的关系。第二次世界大战前期,英美盟军急需解决的问题之一,就是怎样去组织反击希特勒的潜艇战,以确保北大西洋海上运输线的安全。而反潜战成败的关键就在于能否有效地指挥飞机,军舰在海上发现和找到隐藏在水下的潜艇。军方要求科学家协助解决这个难题。经科学家们的研究,向军方和政府提出了一套猎潜的数学方法,即后来所说的搜索论。搜索论所要解决的问题,也就是英、美在护航、造船、猎潜方面如何做到有机的配合,找出一些制胜对方的最优以策略及如何找到这些策略的问题。而这些问题的实质内容正是系统工程的问题。还有,英、法在反法西斯战争中发明和使用雷达等新式武器,对于如何加强雷达防空系统的作

用、商船上的高射炮的特定功能等问题的讨论，也关系到系统工程的功能问题。二次世界大战中，美国秘密地组织了研制原子弹的“曼哈顿计划”，参加这项巨大工程的科技人员有二万五千人，生产工人有十二万人。这是一项前所未有的事业，难度极大而任务紧迫。而要完成这项工程，需要一套管理的技术。领导原子弹设计和研制工作的奥本海默博士，在工作中形成了各种管理的技术。这些技术为以后系统工程的形成起着奠基性的作用。

总之，在第二次世界大战期间，参战各方都在最优化上下工夫，他们集中最优势的兵力，最有效地利用人力、物力、财力，争取在最短时间內，采用最先进的技术，以实现最后胜利这一特定目的。特别是英、美等盟国，为了防御法西斯的空袭，组织科学研究和发展雷达系统，防空自动火炮系统，通讯网络系统。这就要求把观察者与通讯网络，雷达与观察台的配制作作为统一的系统来加以研究，而这一研究推动着系统工程的产生。加之工业工程进一步的发展，也从另一方面和领域推动着系统工程的产生。本世纪五十年代以来，在工业工程和军事工程基础上逐步发展为系统工程（System engineering）。系统工程不是直接表现为造物工作，而是表现为实现某个目标而建立起来的系统。系统工程一词首先由美国贝尔电话公司所采用。这个公司在发展微波网络时提出了一套系统工程的方法。这就是按照时间和顺序把工作分为规划、研究、发展、发展中的研究和通用工程等五个阶段。该公司把这一工作顺序称之为“系统工程”。1957年，美国密执安大学的高德（H. H. Goode）和迈克尔（R. F. Machal）两位教授在其所著的《系统工程学》一书中正式定名为系统工程学，并作为专门的术语沿用下来。1965年，迈克尔编写了一本名叫《系统工程学手册》的书，其中包括了系统工程的方法论，系统环境、系统元件（主要叙述了军事工程及人造地球卫星的各个主要组成部件），系统理论、系统技术、系统数学等。这本书基本上概括了系统工程学的各个方面，使系统工程学构成了一个比较完善的体系。目前对系统工程这个概念的含义；国内外并不统一，还需要经过一定时间的实践和理论概括，然后才能趋向统一。

4. 遗传工程概念的提出

本世纪50年代产生了一门分子遗传学。就在这门科学的基础上，通过对遗传密码的研究，于七十年代初产生了一项新技术，这就是遗传工程。遗传工程采用类工程的周密设计、类工程的技术操作过程，通过重组DNA，以大肠杆菌为生产“工厂”，从而“生产”出表达引入基因功能的新后代。“遗传工程”这个名称最初出现在七十年代初期，1976年国际性的遗传工程专业杂志的创刊，表明了“遗传工程”这一名称已被公众所采纳使用。

遗传工程以及五十年代生物医学工程等概念的出现，说明工程概念已经由非生命科学领域向生命科学领域推广和渗透。近年来，工程概念还向社会领域渗透，提出了社会工程的概念。

总之，工程概念的使用从工业向农业，从工业生产到企业管理，从生产领域向非生产领域，从非生命科学领域向生命科学领域的扩展和渗透，说明了工程概念已突破了传统工程的范围。扩展到所有科学和社会生活各个领域，说明了现代化工程技术在人类社会生活中的重要作用。随着现代化技术向各个领域的渗透，预计工程概念的使用将在人类生产和生活的各方面得到更快的发展。

五、结 论

通过上述对工程技术及其概念的历史发展探索,我们得知工程与技术在起源上虽有先后之分,但从本质上看,它们都是人类改造自然的手段;在工程界通行一个世纪的那个 Thomas Tregold 的工程定义,就是把工程看成技术性的造物工作,工程就是造物的技术工作;二十世纪以来,工程科学与技术科学的对象和任务无非都是用科学原理去研究和解决一个或几个产业部门所提出的实际问题,工程和技术在这里难以区分;六、七十年代以来,工程技术作为一个名词已在报刊里广泛地使用。因此有理由认为,把工程技术作为一个专有名词来探讨是必要的。

根据工程和技术概念的发展及其两者的相互关系,把工程技术作为一个术语来使用,应有以下几个条件:

1. 工程技术概念必须与人类改造世界的实践原则相一致。它应是人类利用和改造自然界的有秩的技术活动的有秩的整体;
2. 工程技术概念必须与工程技术的科学化发展总趋势相一致;
3. 工程技术概念必须反映现代工程技术发展最一般的特征。这就要体现出:物质(材料,资源)、能量、信息的交换过程;具有力学的、物理的(热、光、电磁等)、化学的、生物学的特性的多种技术因素的有机作用;工程技术作为一个系统与环境的相互制约等。

根据上述条件,对工程技术下定义可否作出如下的赏试:

人类用基于事物发展规律而发明的造物方法,迫使自然界的物质、能量、信息交换转向为社会创造财富的这个特定的人工过程所构成的有秩的较大的复杂的动态系统,叫做工程技术。这个定义企图把工程、技术、科学、实践相互关系的特征包括进去,并使工程与技术的区分只具有相对的意义,认为工程学、技术科学,工程技术科学等一类名词意义相同,择一用之即可。(这里讲的造物方法是广义的,财富一词也是广义的。)

参 考 文 献

- [1] 《辞海》,上海辞书出版社,1979年版。
- [2] 《辞源》,商务印书馆,1915年初版,1979年订修版。
- [3] 臧励和等,《中国人名大辞典》,商务印书馆。
- [4] 杨沛霖,科学技术工作中的几个基本概念,《百科知识》,1981年第11期。
- [5] (美) R. L. Sachatt,《工程师的教育和工作》,商务印书馆,1934。
- [6] 《工程》杂志,1925—1926年合订本,1-2期。
- [7] 《英国新百科全书》,技术的概念,《自然辩证法学习通讯》,1981年第4期。
- [8] 郑春瑞,《系统工程学概述》,中国科技文献出版社,1981。
- [9] 季道藩,《遗传学基础》,科学出版社,1980。
- [10] 《科学与哲学》(研究资料),1980年第5期。

-
- [11] T. K. Derry and Y. T. William, 《A Short History of Technology from the Earliest Time to A D 1900》1960, p. 403-404.
- [12] 《Research, Development, and Technological In-Vovation》, Edited by Devendra Sahal, 1979, p. 245.
- [13] 《Contributions to a Philosophy of Technology》, Edited by Friedrich Rapp, 1974, p. 3-12.