

论技术科学与 engineering 科学

沈珠江^{1,2}

(1. 清华大学水利水电工程系, 北京 100084; 2. 南京水利科学研究所, 南京 210029)

[摘要] 讨论了技术科学与 engineering 科学之间的关系, 认为技术科学就是应用科学, 其内容属于应用基础研究的范围, 而 engineering 科学则是综合运用技术手段和管理手段解决工程问题的学科, 其内容属于应用研究范围; 提出了建立自然工程学的建议, 并对已有和尚不存在的自然 engineering 学科进行了分类, 并讨论了系统科学与 engineering 科学之间的关系。

[关键词] 科学; 技术; 工程; 系统科学

[中图分类号] N; TB **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1009-1742(2006)03-0018-04

1 前言

技术科学俄文为 Техническая Наука, 英文中无对应的名词。因此, 据说有一次钱令希先生去参加国际会议时请教钱学森先生关于技术科学的译名, 钱学森先生的答复是 Engineering Science, 而 engineering 科学译成英文也是 Engineering Science^[1]。另外, 钱学森把现代科学技术分成 11 大部门: 自然科学、社会科学、数学科学、系统科学、思维科学、人体科学、文艺理论、军事科学、行为科学、地理科学、建筑科学。其中每一个部门又按照是直接改造世界还是比较间接地改造世界的原则, 划分为基础科学、技术科学与 engineering 技术三个层次^[2]。以上论述中, 只有技术科学与 engineering 技术, 却未见 engineering 科学。另一方面, 有的文献把冶金、建筑、纺织等学科看作技术科学, 而把生物工程作为 engineering 科学的一个例子。说明, 科技界关于技术科学与 engineering 科学的区别还存在分歧。

2 科学、技术与工程的关系

为了正确理解技术科学与 engineering 科学的含义, 必须把三者之间的关系弄清楚, 本节把笔者过去关于

三者之间关系的论述先归结如下^[3]。

2.1 科学

科学是人类认识世界活动中获得的知识体系。人类认识世界的活动有两种, 一种是直觉的体验, 所获得的知识是经验知识, 另一种就是科学研究, 所获得的知识是对客观世界的规律性的认识, 即知识体系, 这就是科学。因此, 按以上定义, 科学是科学活动的成果, 科学研究则是科学活动的过程。科学研究一般由三个阶段组成, 即实验观测阶段, 理论抽象阶段和推理检验阶段。

2.2 技术

技术是基于知识的手段和方法, 既然知识可以分为经验知识和科学知识, 技术当然也可以分为经验技术和科学技术。科学技术由科学知识转化而来。由知识转化为技术的过程称为技术开发, 所以技术是技术开发获得的成果。即使是现代科学技术, 运用中也需要经验, 所以一般说来技术要素中包括经验、硬件(工具)和软件(使用方法)三部分。但是很多现代技术可能没有硬件, 例如计算技术。按使用范围, 技术又可分为通用技术和专门技术。信息技术、量测技术等各行各业都可以用, 甚至生活中也广泛使用, 因而是通用技术, 模具制造

技术只用于机械工程，混凝土浇筑技术只用于土木、建筑工程，它们是专用技术。

2.3 工程

工程是人类有目的有组织地改造世界的活动。按这一定义，人们面临自然灾害时的撤离不是工程，因为这是适应世界，不是改造世界；污染环境不是工程，因为没有人会有目的地这样做；古人把野生稻改造为栽培稻也不是工程，因为不是有组织地进行的。客观世界可分为自然界和社会，所以工程也有自然工程和社会工程之分，后者如希望工程。

按以上定义，工程是一种过程，可以理解为“人工过程”的简写。因此，工程应当与科学研究和技术开发相提并论，但科学、技术和工程之间不应是并列关系。

工程活动的内涵可以概括为“一个对象，两种手段和三个阶段”^[4]。一个对象指改造对象和成品；两种手段指技术手段和管理手段；三个阶段即策划阶段、实施阶段和使用阶段。

3 技术科学的定义和内涵

将基础学科中有应用价值的知识体系分离出来，就构成技术科学。所以技术科学就是应用基础科学，为简单计可把“基础”两字拿掉，直接称应用科学，因此译成英文最好写为“Applied Sciences”。技术科学的命名方法一般是在原基础学科名称前加上“应用”或“工程”等限制词，例如工程力学、应用化学、应用数学、计算数学、工程地质学等。也有人把应用的领域加在前面，如建筑力学、船舶力学。其实，前者只是把工程力学用于建筑结构分析，后者只是把它用于船舶结构分析，两者并无本质上的差别。与此类似，有的在应用领域后面加上“科学”两字，如材料科学、信息科学、环境科学等。实际上，这是把某一领域中用到的基础科学知识装到一个框子内，贴上标签而已，并不构成一门独立的新学科。例如环境科学就是环境领域中用到的应用化学、应用物理学、应用生物学的总称。

技术有通用技术和专用技术，所以并不是所有技术科学都与工程密切相关，只有工程中用到的技术才涉及工程与技术的关系问题。这类技术科学的对象一般是用还原论方法从各类工程内分离出有共性的内容进行研究。以工程力学为例可以写成下列

公式：

工程力学 = 建筑工程力学（材料力学和结构力学） + 水利工程力学（水力学和土力学） + 航空工程力学（结构力学和空气动力学） + 船舶工程力学（结构力学和水动力学） + ……。

由此可见，作为技术科学的工程力学，其研究对象是各种工程中遇到的力学问题，发展解决这些问题所需的力学分析的基础理论。这就意味着技术科学的内容属于应用基础研究。

4 工程科学的定义和内涵

按照前面的定义，工程是改造世界的活动，所以工程科学的定义应为“工程中运用的综合性的知识体系。”工程的核心问题是改造世界的目的是什么，而目的体现在被改造的对象和改造得出的成果上，所以工程科学一般以对象或成品命名，如环境工程学以改造的对象——环境命名，建筑工程学以得到的成果——建筑物命名。

一个大型工程往往可分为几个部分，例如电力工程有电厂和电网，建筑工程有上部结构和基础。因此，一个一级工程学科又可分出几个二级学科，例如电力工程学分为发电工程学与输变电工程学，建筑工程学分为结构工程学与基础（岩土）工程学。另一方面，工程都是综合性的，设计和施工中要用到众多技术（包括通用技术和专用技术）和管理知识。例如，建筑工程学包括以下内容：

建筑工程学 ⊃ 建筑（工程）力学 + 建筑材料学 + 建筑声学 + 建筑（工程）管理学 + ……。

其中符号 ⊃ 表示包含，这就是说，工程科学并不是各门技术科学的简单相加，而是把相关内容有机地综合在一起。

工程科学从事的研究属于应用研究，即如何将技术科学和管理科学提供的知识具体应用于工程的设计和实施中。以结构工程为例，建筑结构一般由梁、柱、板和壳等构件组成。结构力学中研究构件之间力的传递，往往把构件之间的联结理想化为铰结和刚结，结构工程就要研究具体的联结方法。此外，结构工程学中还要涉及钢筋锈蚀等化学问题。

最后就地震工程学这一门学科谈一点看法。按照前面的工程科学命名原则，地震工程应当是对地震进行改造和控制的工程，但目前人类还没有能力控制地震，所以真正的地震工程学尚不存在。实际上现有的地震工程学讲述的内容都是如何在工程设

计中应对地震,使建筑物在地震作用下尽量降低破坏的风险,因此只是地震学的知识在工程中的运用,即实际上是一门技术科学,按技术科学命名原则应称为“工程地震学”。实际上,工程地震学与工程地质学一样是早就存在的名词,工程师们另外造一个新词地震工程学并无必要。

5 自然工程学分类

工程是人们改造世界的主要方式,客观世界包括自然界和社会,人们自然可以把改造自然的工程统称为自然工程,改造社会的工程统称为社会工程。如果撇开社会工程,那么与自然科学这一学科群相对应,就应当有一个自然工程学学科群。参照中国工程院学部划分,自然工程可以分为:建设类工程、制造类工程、原料类工程、公用类工程、生物类工程、地球环境类工程6大类。各类又包括几门工程。表1是笔者为自然工程学设计的分类表。

表1 自然工程学分类

Table 1 Classification of the natural engineering science

| 工程类别 | 学科名称 | 主要内容 |
|-------------|-------------|-------------------|
| 建设类工程 | 建筑工程学 | 工业与民用建筑 |
| | 交通工程学 | 道路、桥梁、港口、航道、机场 |
| | 水利工程学 | 水利枢纽、堤坝、海塘、供水、灌溉 |
| | 矿业工程学 | 矿山建设及资源开采 |
| 制造类工程 | 运载工程学 | 飞机、汽车、船舶、机车 |
| | 机械工程学 | 机器、武器等 |
| | 电子工程学 | 电子产品 |
| 原料类工程 | 轻纺工程学 | 轻工、纺织、食品、药品等 |
| | 化学工程学 | 化工原料 |
| | 材料工程学 | 各种新型材料 |
| 公用类工程 | 冶金工程学 | 金属提取及金属材料制备 |
| | 能源工程学 | 供电、供热等 |
| 生物类工程 | 信息工程学 | 信息的采集、加工、存贮、传播 |
| | 农业工程学 | 动植物品种改良、基因工程 |
| | 生物化学 工程学 | 药物及疫苗 |
| | 生物医学 工程学 | 组织工程、医学影像、生物材料 |
| 地球环境 类工程 | 环境工程学 | 水、大气、固体废弃物治理及生态建设 |
| | 气象工程学 | 人工控制气象灾害 |
| | 地质工程学 | 人工干预地质过程 |
| | 地震工程学 | 人工干预地震过程 |

以上表格中前面4类工程的划分比较清楚,生

物工程类及地球环境工程类尚须说明。

按工程命名原则,生物工程改造的对象是生物,包括动植物及人类本身。动植物品种的改良是农业工程的主要内容。但是,以往的良好培育方法只不过是人为地加速自然选择的进程而已。近来开展的转基因技术改良才算得上对生物品种的人工改造。利用基因技术创造新物种会不会是农业工程的下一个目标,这是值得思考的一个问题。至于改造人类自身,当然只能限于已损坏的器官。但是当前常见的装助听器,起博器和换关节的治疗方法可能算不上工程。真正的医学工程恐怕要等到人工培养出有生物活性和功能的器官才能谈得上。

生物技术有很多种,基因技术是一种,植树种草也是一种。但是植树种草改善的对象是环境,不是植物本身。所以我们把生态工程作为环境工程的一部分。

除生物圈之外,与人类关系比较密切的还有大气圈、水圈和地壳。如果把水圈归之于水利工程(但水利工程只涉及水圈中一小部分,广大的海洋包括不进来),剩下的地球工程就是与气象、地质和地震相关的工程。这三个工程目前还没有,因为人类现在还没有能力改造、控制它们。人工降雨是很原始的一种干预天气过程的办法,对热带风暴还无法干预。同样,人们对地震的准确预测也做不到,更谈不上干预它。但是目前不可能并不意味着永远不可能。至于地质过程,其实人们已经开始对地质过程的干预,例如泥石流和水土流失的防治,人工影响风沙搬运也已经在进行,只是这些工程活动的规模还很小,因而还不能说人们已建立了一门地质工程学。

6 系统科学与工程科学

钱学森把系统论看作哲学层次上的一门学问,与自然辩证法并列在一起,作为11个科学技术部门之一。系统论既是世界观,又是方法论,把它看作一门哲学是完全正确的。笔者认为不一定把它与辩证法并列,把它作为辩证法的一部分,理解为辩证法的新发展,可能更恰当。但本文只讨论系统科学。

数学是把事物中数和形的特征抽象出来进行研究的科学,而系统科学则是把事物之间联系的特征抽象出来进行研究的科学。因此,笔者认为,系统科学是与数学完全相当的科学,并可以像数学的命

名一样,给它一个更简洁的名称——系统学。系统学进一步可分为理论系统学与应用系统学或工程系统学。工程系统学应当是一门技术科学,它所研究的内容是“系统技术”,现在常称为“系统工程”。钱学森一篇论文题为“组织管理的技术——系统工程”说明,他正是把“系统工程”理解为技术^[2]。既然这是技术,又冠以“工程”的名称,就有点混淆不清。所以笔者主张,“系统工程”应改成贝塔朗菲原来提出的名称“系统技术”^[5]。

系统技术是一种管理技术,可以应用于各种工程中,也可以应用于科学实验甚至战争等领域,因此它是通用技术。与另一种通用技术——数学技术相比,两者有许多共同点。例如运筹学,虽然可以算作系统技术,实际上也是应用数学的一种。

工程科学中一般讨论的是专用技术,例如建筑工程中的混凝土浇筑技术,材料工程中的纳米技术,生物工程中的基因技术。因此,系统技术是工程管理学的一个重要内容,而不是具体的工程科学的内容。但作为一种哲学思想,系统论的观点应当贯穿在各类工程科学中。

7 结语

1) 技术科学就是应用科学,是运用还原论方法从工程中抽象出共性问题进行研究的科学。技术科学的命名原则是原科学名称加“应用”或“工程”等限制词,如应用教学,工程力学等。技术科学的研究内容属于应用基础研究。

2) 工程是运用技术和管理两种手段对客观世界进行改造的活动。工程科学是从系统论的观点出发综合运用各种技术手段和管理手段解决工程问题的学科。工程科学的命名原则是“工程学”前面加上改造的对象或改造获得的成品作为限制词,如环境工程、运载工程等。工程科学的研究内容属于应用研究。

3) 与改造自然有关的各类工程科学,可以统称为自然工程学。以改造的对象或成品为标准,自然工程学可以分成建筑类、制造类、原料类、公用类、生物类、地球环境类6种。

4) 系统科学可划分为理论系统学和工程系统学两部分,后者是一门技术科学。“系统工程”是一种组织管理技术,宜改称为“系统技术”。

参考文献

- [1] 王前. 现代技术的哲学反思[M]. 沈阳: 辽宁人民出版社, 2003
- [2] 涂元季, 人民科学家钱学森[M]. 上海: 上海交通大学出版社, 2002
- [3] 沈珠江. 论科学、技术与工程的关系[J]. 科学技术和辩证法, 2006, 23(3)
- [4] 沈珠江. 水利工程是人类改造世界的重要组成部分[A]. 新世纪水利工程前沿论坛[C], 天津: 天津大学出版社, 2005
- [5] 刘大椿. 科学技术哲学导论[M]. 北京: 中国人民大学出版社, 2000

On the Applied Sciences and Engineering Sciences

Shen Zhujiang^{1,2}

(1. Department of Hydraulic Engineering, Tsinghua University, Beijing 100084, China;

2. Nanjing Hydraulic Research Institute, Nanjing 210029, China)

[Abstract] Based on the recognition of difference between science, technology and engineering, this paper discusses the relationship between applied sciences and engineering sciences. The applied sciences deal with knowledge having value of practical usage which laid the foundations to develop useful technologies. The engineering sciences contain comprehensive knowledge both about technology and management. The paper also gives a suggestion of establishing a comprehensive engineering science named as the natural engineering science and discusses the relationship between the systematic science and engineering science.

[Key words] science; technology; engineering; systematic science