

软

科

学



现代化知识文库



社

知 识 出 版 社



现代化知识文库

倪海曙 主编

软 科 学

夏禹龙 魏 瑚 仇金泉 编著
刘 吉 冯之浚 张念椿



知 识 出 版 社

1982. 6. 上海

装帧设计 张苏予

现代化知识文库

软 科 学

Ruankexue

夏禹龙 魏 翊 仇金泉 编著
刘 吉 冯之浚 张念椿

知 识 出 版 社 出 版

(上海古北路650号)

新华书店上海发行所发行 上海云峰印刷厂印刷

开本 850×1035 1/32 印张 5.76 字数 177,000

1982年7月第1版 1984年10月第4次印刷

印数: 27,001—77,000

书号: 17214·1001 定价: 0.67元

内 容 提 要

“软科学”是国际上新出现的一门边缘科学，它借用了电子计算机的“软件”概念。正如计算机“硬件”不能离开“软件”一样，今天的“硬科学”也不能离开“软科学”。它包括管理科学、科学学、预测研究、系统分析等内容。本书比较全面系统地介绍现代软科学的新概念和新方法，可供各级干部、管理人员作为工作中的参考。

2012/18

总 序

社会主义现代化建设需要知识，需要在不断更新中的现代化知识。

人类的知识是不断发展、不断更新的。现代的社会，文化科学突飞猛进，人类知识的更新速度空前加快；假定19世纪的知识更新周期是80~90年，现在已缩短为15年，而某些领先学科更缩短为5~10年。知识体系不断更新，人的知识结构也必须不断更新，进学校求得适用一辈子的知识的“一次教育”已经成为陈旧的观念。这样，不断地进行更新知识的再学习，也就成为现代人生活和工作的需要。“活到老，学到老”这句格言有了新的含义。现在，好些国家已经在研究和推行“终身教育”，又称为“知识更新教育”，它的主要方法是提供对最新知识的深入浅出的介绍，以便自学。现代化的人才要由实行全面的终身教育来造就。

人类认识日新月异，各门科学的新分支层出不穷，边缘性、交叉性学科随着发展，形成了人类知识结构的综合化和整体化的新趋向。因此，现代化社会不仅需要“专才”，更需要“通才”，也就是具有新的知识结构的科学人才。现在许多成就卓著的科学家，极少是只限于一门专业的，他们往往在这边缘性、交叉性学科领域中以博识多才取胜。当然，一个人不可能通晓一切知识的细节；但是，如果知识深广，视野开

阔，就可以具有融会贯通、触类旁通的创造能力。我国的现代化事业正需要成千上万这样的通才。

《现代化知识文库》就是为了提供知识更新的学习材料而出版的。它将系统地、全面地、通俗地介绍从自然科学到社会科学各个部门的最新成就，特别是边缘性、交叉性学科的新进展以及它的难题和解决的方向。《文库》的有些内容在国内还是第一次作系统介绍，希望它的出版对正在探索科学文化新境界的读者有所帮助。

这套文库将不断补充新的选题，分辑出版，每辑 10 本。编著者大多是中年科研人员，由老一辈的著名科学家担任编审。从内容到文体都将按照客观情况的发展不断更新。

知识就是力量，我们的工作希望得到大家的支持和帮助。

《现代化知识文库》编辑部

1982 年 5 月

目 录

第一章 软科学的产生、分类及研究动态1

1. 什么叫软科学(1)
2. 科学—技术—生产体系的建立对于软科学提出的要求(4)
3. 科研和生产规模的扩大对于软科学提出的要求(6)
4. 科学、技术、生产高度综合化对于软科学提出的要求(8)
5. 军事工业向民用工业的转移对于软科学提出的要求(11)
6. 科学技术的广泛渗透对于软科学提出的要求(13)
7. 软科学的研究对象及范围(14)
8. 软科学研究的发展和动向(16)
9. 国外的一些软科学研究机构(18)
10. 我国的软科学研究状况(22)

第二章 现代管理学的发展与动向24

1. 泰罗的“科学管理”(24)
2. 从科学管理到管理科学(26)
3. 关于人群关系的研究(29)
4. “需要等级”学说(31)
5. 行为科学的理论(32)
6. 电子计算机在管理方面的应用(35)
7. 管理坐标理论(37)
8. 决策理论或组织理论(38)
9. 系统管理理论及其他(40)

第三章 现代科学化管理的基本原理42

1. 现代管理的基本要素(42)
2. 系统原理：目的性、全局性、层次性(43)
3. 整分合原理：四类分工(45)
4. 反馈原理(49)
5. 封闭原理(51)
6. 能级原理(53)
7. 弹性原理(56)
8. 动力原理(57)

第四章 科学学的起因和研究对象61

1. 科学学的由来和发展(61)
2. 作为知识体系的科学(62)
3. 作为认识现象的科学(66)
4. 作为社会结构的科学(69)
5. 作为社会现象的科学(71)
6. 作为生产力的科学(73)

第五章 科学学分论..... 77

1. 科学经济学(77)
2. 科学教育学(79)
3. 科学情报学(84)
4. 科学人才学(87)
5. 科学流派学(92)
6. 科学技术史(94)

第六章 现代科学技术的特征..... 98

1. 科学技术的网络化(98)
2. 科学技术的计量化(100)
3. 科学技术的不平衡发展规律(102)
4. 科研结构一定要适应社会的科学能力(105)

第七章 预测研究的基本理论.....111

1. 预测研究的由来和发展(111)
2. 预测在现代社会中的地位(113)
3. 预测的可行性和实践效果(114)
4. 预测研究的基础和要素(115)
5. 预测的准确度问题(118)
6. 直观的重要性(119)
7. 预测研究的发展方向(120)

第八章 预测研究的方法.....121

1. 预测研究方法分类(121)
2. 特尔斐法(124)
3. 趋势外推法(127)
4. 关连树法(130)

第九章 未来预测.....135

1. 国外未来预测的概况(135)
2. 未来人口预测(137)
3. 未来城市建设预测(140)
4. 未来环境污染预测(144)
5. 未来能源预测(146)

第十章 系统分析.....151

1. 系统思想的发展(151)
2. 系统分析的方法(153)
3. 系统分析的实例(156)
4. 系统分析的技术——系统工程(159)
5. 系统工程的技术方法(161)

参考文献.....169

专门名词索引.....170

外国人名索引.....173

第一章 软科学的产生、分类及研究动态

1. 什么叫软科学

“软科学”(Soft Science)是借用电子计算机“软件”(Software)的名称而来的。电子计算机由硬件和软件两大部分组成。硬件是指计算机的存储器、运算机、控制器、输出输入等设备;软件是指程序系统。软件的重要作用表现在它能有效地提高计算机的使用效率,扩大计算机的功能。

事实上,世界上许多事物可以说也是由“硬件”和“软件”组成。打个比方,在戏剧领域中,演员就是搞“硬件”的。早期的戏剧,完全可以自导自演。但是发展到现代大型歌剧、话剧、电影时,规模大了,情况复杂了,因而,必须要有搞“软件”的导演。有时有一个导演还不够,还要有总导演、导演、助理导演,并建立了导演系,专门研究戏剧的结构、演员的配合、舞台工作诸方面的协调,培养搞戏剧“软件”的专门人才。通过导演的工作,去扩大戏剧感入的功能,提高戏剧的艺术效果。

科学也是如此。在 20 世纪以前,由于学科门类少,科研人员少,用于科研事业的经费也少,当时科学的社会功能和社会作用并不显著。因此,那时的科学家几乎都是搞“硬件”的。但是 20 世纪以来,现代自然科学突飞猛进、一日千里,并以空前的规模和速度应用于生产。因而,需要有一门研究“软件”的学科,这门科学不具体去研究“有形”的课题(如半导体、激光、遗传基因、高分子等),而是把科学技术作为一个整体,对科学研究工作进行规划、组织、安排、管理、监督以及预测,以提高科研工作的效率和效能,加速科学技术的发展进程。

生产也不例外。由于工业产品的复杂化、大型化和精密化,生产规模的日益扩大,在生产过程中,必然要重视规划、组织、安排、管理、监督、评估和预测等工作,才能保证产品的数量和质量持续上升。

在这种情况下,软科学作为一门崭新的科学就自然地诞生了。

70 年代初,日本已经展开软科学的研究。在日本科学技术厅举办的“软科学讨论会”上提出:软科学是在计算机中软件的重要性不断增加,科学技术发生质的变化,以及社会经济对科学技术提出新的要求等背景下诞生的一门新的综合性科学。他们所给的定义是:“软科学是一门新的综合性科学技术,它以阐明现代社会复杂的政策课题为目的,应

用信息科学、行为科学、系统工程、社会工程、经营工程等正在急速发展的与决策科学化有关的各个领域的理论或方法，靠自然科学的方法对包括人和社会现象在内的广泛范围的对象进行跨学科的研究工作。”

他们认为软科学有三个特点：

(1) 它不只是以自然现象和科学技术作为研究对象，而是把包括以人和社会因素在内的各种问题作为研究对象。

(2) 对上述各种问题从信息和系统方面去把握并研究其解决方法，即它是以软的智能性的技术为主。

(3) 它是将宽广领域的知识有机地结合起来使其为不同目的服务的理论、方法的总和。

美国有“政策科学”(Policy Science)，它的含义同日本学者所说的软科学基本上是相一致的。

根据现有情况的分析，我们认为：软科学是一门高度综合性的新兴科学，也可以说是一类学科的总称。它们综合运用自然科学、社会科学以及数学和哲学的理论和方法，去解决由于现代科学、技术、生产的发展而带来的各种复杂的社会现象和问题，研究经济、科学、技术、管理、教育等社会环节之间的内在联系及其发展规律，从而为它们的发展提供最优化的方案和决策。

因此，软科学具有如下四个特点：

(1) 软科学是一门着重研究生产力诸因素的科学，这些因素包括科学、技术、管理、教育、人才、技术经济等。对于生产关系、上层建筑领域的内容，在研究生产力时必然会有所涉及，但不是软科学的主要研究对象。因此，软科学的研究范围可以划定为：现代管理学、科学学、预测研究、系统分析和科学技术论等几个领域。

(2) 软科学重点研究各个系统、层次的战略性问题，诸如国家、地区经济开发规划，科学技术发展的社会后果，科学技术政策，学科的发展方向，企业的长远经营规划……等。在研究中，要考虑到自然规律、科学技术发展规律和经济规律的作用，力求符合这些规律的要求。

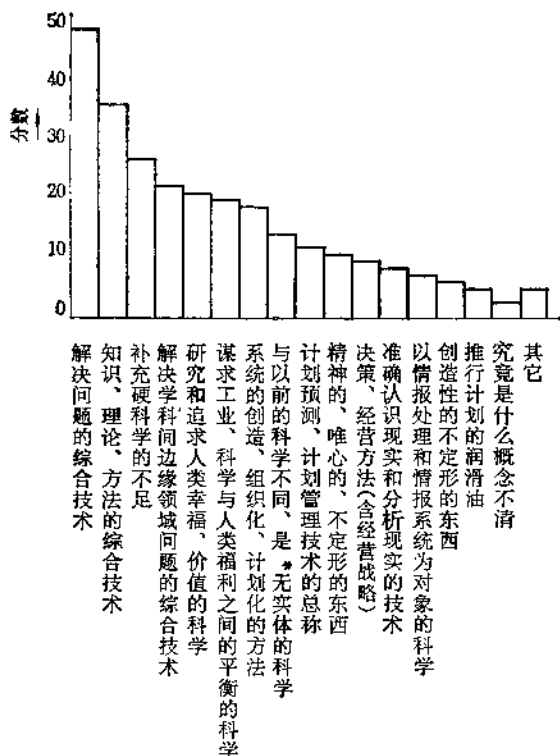
(3) 软科学的研究需要发挥高度的智能。对于每一问题的研究，应集合有关领域的专家，开发智力，共同探讨，从而提出可供选择的若干方案，提供领导部门进行决策。

(4) 软科学的研究主要采用系统分析方法。首先建立解决问题的物理模型，进行定性的分析；在必要和可能的情况下建立数学模型，进行定量的分析。在整个研究过程中，不是进行对个别事物的分析，而是

对整个系统的分析,不是单值的分析,而是多值的分析;不是单一测度的分析,而是多种测度的分析;不仅有纵向分析,而且有横向分析,也就是网络分析。

鉴于软科学是一门新兴的科学,尚未定型,它的内涵和外延必然会随着社会需要的变化和研究工作的发展而发展。因此,对其定义的确立,不可能一蹴而就,而只能在其自身发展过程中不断完善和精确化,这也是每一门科学发展的共同特点。

日本曾经对软科学的认识作过测定,其回答经过归纳可以用图1-1表示。



* 无实体(Nonphysical)

图 1-1 对“软科学”的各种看法

从图1-1可见,在日本对软科学的看法也是多种多样的。我们在目前不必花过多的精力去议论软科学的定义、研究对象和研究范围,各种不同看法都可以并存,重要的是切切实实地把各方面的研究工作开展起来,为今后较圆满地解决软科学的定义、研究对象、研究范围诸问题创造必要的条件。

2. 科学—技术—生产体系的建立

对于软科学提出的要求

从远古到现代,“科学—技术—生产”的发展过程,可以用图 1-2 表示。

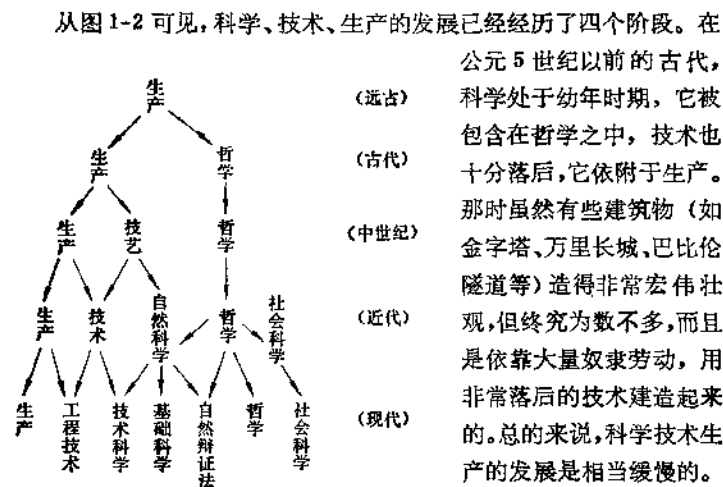


图 1-2 “科学—技术—生产”发展过程

从 5~15 世纪的中世纪,在欧洲,科学成为神学的婢女,生产技术基本上处于停滞状态。但是中国在这段时间中,科学技术却是处于上升阶段,出现了造纸、火药、罗盘针、印刷术这四大发明,并陆续输入欧洲,对欧洲的社会变革发生很大的影响。正如马克思在《1861~1863 年经济学手稿》中论述的,“火药、罗盘针、印刷术——这是预兆资产阶级社会到来的三项伟大发明。火药把骑士阶层炸得粉碎,罗盘针打开了世界市场,并建立了殖民地,而印刷术却变成新教的工具,并且一般地说,变成科学复兴的手段,变成创造精神发展的必要前提的最强大的推动力。”于是,欧洲开始了“最伟大的、进步的变革”的文艺复兴运动,为科学的大发展创造了有利条件。

1543年,哥白尼发表了《天体运行论》,这标志着近代的开始。神学的威力日显衰落,“从此自然科学便开始从神学中解放出来”(恩格斯《自然辩证法》),并且取得了长足的进步。当时,科学研究的手段和方法,主要依靠观察、实验、计算、模拟……等,但研究的规模甚小,主要是小手工业的研究方式。在资本主义的生产方式下,科学和技术克服了脱节现象而结合在一起,自然科学第一次为直接的生产过程服务,科学—技术—生产体系开始形成了。

19世纪末,进入了现代。在物理学上出现了一系列的重大发现,如X射线、贝克勒尔射线、电子、镭等等。到20世纪初,本来被人们认为构成物质最小“砖石”的原子也被打碎了。科研的规模愈来愈大,成果愈来愈多,科学物化为技术、转化为生产力的速度也不断加快。科学、技术、生产相互作用,形成技术科学和工程技术,出现由基础科学、技术科学、工程技术、生产四者组成的一个完整的体系。

基础科学主要是指数学、物理学、化学、天文学、地学和生物学这六大学科中纯理论研究的领域。基础科学是社会生产和科学本身发展的基础,也是技术科学和工程技术的基础理论。基础科学的主要任务是研究自然界各种物质运动的基本规律,担负着探索新领域、发现新原理的重大任务。为解决一系列实际问题提供了理论指导。据统计,70%的技术突破来源于纯属探索性的基础科学的研究。可以预言,当前完全崭新的基础科学在20~30年后将发生重大影响,并且在100年内还不会失去其重要性。

技术科学是现代科学、技术、生产体系的一个重要组成部分,它是以基础科学的理论为指导,去解决工程技术中出现的带有普遍性的技术问题的学科,如流体力学、电子学、计算机科学、半导体科学、激光科学……等等。技术科学一头连接工程技术,一头连接基础科学。它总结工程技术中的实践经验,并根据工程技术所提出的问题,运用基础科学的研究成果,进行大量独创性的理论研究。因此,技术科学较之基础科学有更多的特殊性,而较之工程技术有更多的普遍性,它一方面是工程技术的理论基础,另一方面又以基础科学作为自己的理论基础。

工程技术是科学的物化,比科学更接近于实际生产,它在基础科学、技术科学的基础上,创制和加工出理想的新技术、新工艺和生产模型,并随即开始推广到生产中去。

生产这个环节是科学—技术—生产体系中最后也是最为重要的阶段,人们通过它使科学技术研究的成果,形成社会生产力,变为人类社会

会的物质财富。

在科学—技术—生产体系中,基础科学、技术科学、工程技术和生产这四者,都有它本身的重要性,而且又是相互联系、相互渗透、相互促进的。就一个国家而言,如何协调这几者的关系,在不同的时期、不同的条件、不同的经济实力的情况下,建立适合其本国特点的科学技术和工农业生产的体系,对于加速国民经济的发展具有重要的意义。

另外,就一门科学技术而言,如激光科学技术,它的发展也需要对四个环节进行通盘合理的安排。在基础科学方面,主要是物理学上的受激发射原理的研究;在技术科学方面,包括激光光谱学、非线性光学、集成光学等研究;工程技术就包含了各种激光器的试制、激光材料的应用、以及激光器的新工艺、新用途的研究等等;最后,通过生产环节制造大批的激光器件,应用于国防、医疗、通讯、农业……等各个领域。目前激光器件已有二、三千种。非常明显,这四个环节已经形成了一个有机的整体,就象接力赛一样,任何一棒接得不好,都会影响激光科学技术发展的速度。

要协调这四者的关系,确定它们之间的合理的比例,并在不同时期、不同条件下有所侧重,就需要对科学、技术、生产作整体、系统、全面的研究。这项工作单靠从事各门专业研究的科学家来做是不够的,因为他们往往立足于自己的研究部门,不了解全面情况,缺乏全局观点。只有将软科学家和硬科学家配合起来,才能把这项工作做好。

3. 科研和生产规模的扩大

对于软科学提出的要求

早期的科研工作,都以个人研究为主,或者参加几个必要的助手。

19世纪下半叶开始,由于学科门类的增多以及由电力工业产生所带来的科技的发展,许多重大科学技术问题的解决,单依靠科学家个人研究已不可能了。

1871年,英国剑桥大学建立了卡文迪许实验室,它是世界上基础科学领域中的第一个集体研究机构。同时期,电话发明人贝尔在美国波士顿创立了一个研究所,后来发展成为规模巨大的贝尔研究系统。1881年,美国科学家爱迪生投资2万美元,建立了一所科学技术发明工厂——门罗顿实验室。室内有科学家、工程师、技术人员、技术工人共一百多人,设立了分管设备、样机、图书、器材等的部门,爱迪生的

1,328项发明大多是这个发明工厂的产物。自此之后,集体研究的方法蓬勃发展起来,一直沿用到如今。目前,美国拥有各种研究所6,000多个,苏联也有近3,000个。

20世纪30年代以来,出现了高度综合性的科研项目,如高能加速器技术、原子能技术、空间技术等,这些课题跨专业,规模大,决不是一、两家集体规模的研究所所能承担的,因此,出现了国家规模的研究形式。这种国家规模的科研活动首创于德国。1937年,希特勒花3亿马克,建立了军事科研中心,制造出V-1、V-2飞弹。以后,1942年,美国动员了15万人员,耗费了20亿美元,动用了全国1/3的电力,搞了个“曼哈顿工程”,三年之后制造了首批原子弹。1958年,美国为了研制“北极星导弹”,组织了全国性的协作,参加该项目的有8家总包公司、250家二包公司、9,000家三包公司,加上研究所及大学一共有11,000多个单位。1961年,美国组织了为期10年的阿波罗登月计划,动员了42万人,2万家公司,120所大学,耗费了300亿美元,其规模超过了历史上任何一项科研课题。

随着科学技术向纵深发展,有的研究项目牵涉面广、信息量大,单凭一个国家的力量难以完成,因而需要跨出国界,进入国际规模的研究方式。如1957年7月至1958年底,由66个国家组织了“国际地球物理年”的考察活动。1964年至1965年,1968年至1970年,又组织了两次国际科学合作,分别定名为“国际太阳宁静年”和“国际太阳活动年”。不久前,世界气象组织又发起了有100多个国家和地区参加的“全球大气研究计划第一次全球实验”,我国也参加了这次规模巨大的国际性科研项目。

科研规模的不断扩大还表现在投入经费和科学家人数的增长上。

早期,科研费用消耗不多,如美国从1776年至1925年这150年间,科研费用仅为10亿美元。而1960年至1969年这10年间,就耗费了1,900亿美元。1973年为300亿美元;1977年为408亿美元;1979年的预算高达525亿美元,占工农业生产总值的5%左右。各工业发展国家的科研经费,平均每年增加15%,每五年增长一倍;科研经费要占国民经济生产总值的2%以上,美国占3%左右,苏联占5~6%,这在科学史上是空前的。

同样,从事科研工作的人数也猛增不已。从牛顿时代以来,全世界人口每30~40年翻一番,而科学家的人数却是每12年翻一番。19世

纪末,全世界科学家约5万人,到了20世纪60年代,增加到300万人,占历史上科学家总数的90%。目前,全世界科技人员的总数已超过500万,并且还在不断增加。

与此同时,工业产品也逐步复杂化和大型化,如自行车、缝纫机、照相机等产品的零件是一百到一千的数量级;汽车、拖拉机、内燃机车等产品为一千到一万的数量级;飞机、电子计算机等产品增加至一万到十多万的数量级;而宇宙飞船、导弹等已经超过百万数量级的水平。

由于科学研究和生产的规模越来越庞大,规划、协调、管理和预测就显得更重要。譬如,研究什么?发展什么?如何研究?如何推广?……这些问题,都需要用到软科学。如果运用得好,那就可以做到事半功倍,带来可观的经济效益。如1973年,美国综合研究了空间技术的发展方向,发射了第一颗地球资源技术卫星(ERTS-1),仅花费了2.7亿美元,而当年就收益14亿美元。反之,如果运用不当,那就会事倍功半或者一事无成。如70年代初的美国攻克癌症计划,由于科学预测不准而损失了15亿美元。

4. 科学、技术、生产高度综合化 对于软科学提出的要求

现代科学技术发展的一个重要特征就是学科的高度分化和高度综合。

早期的自然科学,学科门类较为简单,而现代自然科学的学科划分越来越细,分支越来越多,加之学科之间相互渗透、相互交叉,产生了许多边缘学科。目前,学科门类已经超过2,000门。1746年版的《大英百科全书》只由两名科学家编写,而1967年版的《大英百科全书》,则是一万名专家共同劳动的结晶。据美国国家研究委员会和联合国教科文组织的统计表明:当代的基础科学已有500个以上的主要专业,技术科学则有412个专攻领域。美国学术宣传出版社出版的《1972年科研进展》一书所刊载的自然科学的科研课题,竟达25.7万个之多。

然而,自然界是一个统一的整体,还需要人们以“立体作战”的形式作综合的探索。因此,在学科高度分化的同时,又伴随有综合探索的趋势。如在数学领域,19世纪后期,德国数学家克莱因(Felix Klein)提出用“群”的观点来统一各种几何学的厄兰格计划;19世纪与20世纪之交,出现了公理化运动,以公理系统作为数学统一的基础;20世纪20年代美国伯克霍夫提出用“格”来统一代数系统的新理论;30年代法

国布尔巴基(Bourbak)学派,除了继承公理化运动外,又提出结构概念,把数学的核心部分统一在结构概念之下,使之成为一个整体;与此同时,美国麦克莱恩和艾伦伯格提出“范畴”与“函子理论”,作为统一数学的基础。

在现代物理学的研究领域中,从30年代开始,人们逐渐认识到,自然界的基本相互作用除了引力相互作用和电磁相互作用外,还存在着作用距离极短的弱相互作用和强相互作用,于是就开始探索用统一的理论和方法,把自然界的四种作用统一起来。

综合化趋势还表现在综合科学和横向科学的出现。综合科学以特定的自然界的客体为对象,采用多学科的理论和方法,进行“立体作战”。综合科学主要有环境科学、能源科学、海洋科学、生态科学、材料科学、空间科学等等。以环境科学而言,它是一门研究人类环境质量及其保护和改善的科学,其研究领域十分广阔,不仅包括各种自然因素,而且包括许多社会因素。环境科学以生态学和地球化学为主要基础理论,充分利用化学、生物学、物理学、地学、医学、工程学等各领域的科学知识和技术,对人类活动引起的空气、水、土地和生物等环境的问题,进行系统的综合的研究。

横向科学不是以特定的物质形态和运动形式为研究对象,而是撇开各种事物、现象、过程的具体特性,用抽象的方法研究它们所共有的某一方面的规定性及其规律。数学可以说是最早产生的横向科学,它撇开各种事物、现象、过程的具体特性,专门研究它们的空间形式和数量关系。新产生的横向科学则有信息论、控制论、系统论等。例如信息论,就是从各种截然不同的事物、现象、过程中间抽象出信息这个普遍的规定性,研究信息的计量、传输、处理、变换、贮存的科学。这些学科产生了许多新的特有的概念和方法,为科学的综合化提供了新的途径。

综合化趋势又表现在技术领域之中。回顾20世纪科学技术发展的历程,似乎给人这样一种印象,即30~40年代的科学,50年代的技术,60年代的生产,70年代则是“饱和增长”的“非常时期”。1925年到1946年的重大科学发现与发明有42件,如晶体管、激光、原子能、计算机等都是这一时期的发明和发现,50年代把这些科学成果物化为技术,60年代使之变成产品,有力地推动了经济的发展。70年代的科学技术很少有重大的突破,而主要是沿着综合和转移的途径前进,从而导致技术领域中的“种子”型技术的减少,“需求”型技术的增加。所谓“种子”型技术,指的是直接来源于科学发现与发明的技术,如原子能、半