

• 选修课教材 •

科学学

冯之浚 张念椿 孙 章

上海铁道学院
科学学研究室

一九八一年八月

《科学学》 目录

第一章 科学学的产生背景.....	1-1
§ 1.1 科学的综合化.....	1-1
§ 1.2 科学的社会化.....	1-7
§ 1.3 社会的科学化.....	1-13
§ 1.4 科学的数学化.....	1-19
第二章 科学学的由来与发展.....	2-1
§ 2.1 科学学发展简史.....	2-1
§ 2.2 国外科学学研究动态.....	2-8
§ 2.3 我国科学学研究概况.....	2-12
第三章 科学的总体研究.....	3-1
§ 3.1 科学的定义.....	3-1
§ 3.2 科学的知识体系.....	3-3
§ 3.3 科学发展的模式.....	3-11
§ 3.4 科学研究的结构.....	3-16
§ 3.5 科学的生产力属性.....	3-30
§ 3.6 科学的异化.....	3-34
第四章 科学与情报.....	4-1
§ 4.1 情报与情况学.....	4-1
§ 4.2 现代情报的发展趋势.....	4-10
§ 4.3 科技情报工作的现代化.....	4-21

第五章	科学与经济	5-1
§ 5.1	经济、生产是科学、技术的起点和归宿	5-1
§ 5.2	科学技术的发展必须与经济发展相适应	5-10
§ 5.3	发展科学技术工作必须遵循经济规律	5-25

第六章	科研与管理	6-1
§ 6.1	科研管理的基本原理	6-2
§ 6.2	研究所管理	6-53

第七章	科学与教育	7-1
§ 7.1	“知识外炸”与智能教育	7-1
§ 7.2	学科综合化与通才教育	7-6
§ 7.3	经营规模扩大与管理教育	7-21
§ 7.4	知识更新与终身教育	7-26

第八章	科学与心理	8-1
§ 8.1	科学家的动力	8-2
§ 8.2	科学家的智力	8-5
§ 8.3	灵感和机遇	8-11
§ 8.4	启示的力量	8-16
§ 8.5	科学家的集团心理	8-34

第九章	科学与美学	9-1
§ 9.1	追求美也是科学创造的动力	9-1
§ 9.2	科学真理的美学标准	9-3

§ 9.3 科学家的形象思维.....	9-8
§ 9.4 科学与艺术的联合.....	9-12
第十章 科学与法学.....	10-1
§10.1 科学法的性质和功能.....	10-1
§10.2 专利法.....	10-6
§10.3 环境法.....	10-14
第十一章 科学与道德.....	11-1
§11.1 道德的性质.....	11-1
§11.2 道德因素在科学研究中的作用.....	11-5
§11.3 科学道德观.....	11-16
第十二章 科学技术史.....	12-1
§12.1 研究科学技术史的意义.....	12-1
§12.2 科学中心的转移.....	12-13
§12.3 带头学科的更替.....	12-22
第十三章 科学与预测.....	13-1
§13.1 科学预测的由来和发展.....	13-1
§13.2 预测研究的基本理论.....	13-10
§13.3 科学预测的方法.....	13-21

第一章 科学学的产生背景

科学学这门新学科，是近代科学技术发展的必然产物。随着科学的高度综合，科学研究规模的不断扩大，科学对社会的影响日益加深以及科学的日趋数学化，人们逐渐认识到，为了制订正确的科学技术政策，使科学更好地服务于社会，就必须对科学进行全方位的总体研究，加强对科学技术发展规律的认识，注意科学发展与社会发展之间的联系。于是，在现代科学技术的肥沃土壤里，科学学这株新苗终于破土而出。下面首先考文一下科学学产生的几个条件。

§ 1.1 科学的综合化

“日月如合璧，五星如连珠”。宇宙本是个统一的整体，只是在人们对它进行研究的时候，才分成许多互相独立的学科。

学科的高度分化和高度综合是现代科学技术发展的重要特征之一。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和相互交叉，产生了许多边缘学科。目前，学科门类已达2000门之多。1746年版《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种专攻领域。在美国学术出版出版社的《1972年科研进展》一书中，刊载的自然科学的科研课题竟达257万个之多。

然而，自然界是统一的整体，是一个多层次、多结构、多序列的完整网络。知识之球越是膨胀，其与外界的接触面则越大，然而，知

识之球毕竟是一个完整的整体。随着认识的不断深化，科学技术的综合化、总体化就越来越明显。需要人们以“立体作战”的形式对自然界作综合的探索。

综合化的趋势首先表现在各门自然科学的发展过程之中。在每门自然科学高度分化的同时，伴随有综合探索的趋势，如在数学领域中随着数学分支的日趋庞杂，数学家根据数学各个领域潜在的共性，提出了种种统一数学各部门的新观点和新理论。十九世纪后期，德国数学家克莱因提出用“群”的观点来统一各种几何学的厄兰格计划；十九世纪与二十世纪之交，出现了公理化运动，以公理系统作为数学统一的基础；二十世纪三十年代，美国伯克霍夫提出用“格”来统一代数系统的新理论；三十年代法国布尔巴基学派，除了继承公理化运动，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”，以此作为统一数学的基础。

在现代物理学的研究领域，从三十年代开始，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。

综合化的趋势还表现在新的综合性科学和横向科学的出现，综合性科学是以特定的自然界的客体为研究对象，采用多学科的理论和方法，进行“立体作战”的学科，新兴的综合性科学主要有环境科学、能源科学、生态科学、材料科学、海洋科学和空间科学等等。以环境科学为例，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，也包括了一定的社会因素。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、工程学等领域的科学知识和技术,对人类活动引起的空气、水和土地、生物等环境的问题,进行系统的综合的研究。

横向科学主要是指信息论、控制论、系统论等学科。信息论是研究信息的计量、传送、变换、储存的科学,其范围非常广泛,如电子计算机程序是技术信息,遗传密码是生物信息,人的语言是社会信息。控制论所研究的是生命现象、人类社会、机器系统、思维 and 一切可能的一般结构里的调节和控制的规律。它在生物科学、技术科学和社会科学之间,架起了“桥梁”。信息论、控制论、系统论等横向科学的诞生,表明在客观世界中除了具有数学所研究的空间形式和量的关系之外,还存在着一些普遍的关系。人们在研究这些关系时,能够而且必须撇开各个过程的具体物质特性。这些学科产生了许多新的特有的概念和科学认识方法,为科学的统一提供了一种新的可能的途径。

横向科学的出现,对科学世界的图景和科学方法论的研究,也产生了很大的影响。有的学者认为,系统论和控制论是本世纪四十年代科学园地中并发的两朵奇葩;综合观点和整体观点的运用,改变了科学世界的图景,丰富了科学的方法论,促进了科学综合化、整体化的趋向。系统论、控制论的诞生,形成了新颖的知识“金字塔”:马克思主义哲学作为普遍抽象的科学,成为这个“金字塔”的牢固基础,哲学的下一层次则是系统论、控制论,而在这两门具有学科实际意义的科学下面,则是研究某一种物质运动基本形式或其特定范围内的客体(物理学、化学、生物学等)的部门科学,使科学世界的图景成为一个多层次、多结构的整体网络。与此同时,科学方法论也相应地划分成具有普遍意义的哲学方法论、系统方法和控制论的方法以及部门学科的具体科学的方法论。①由此可见,由于横向科学在自然系统、

社会系统和技术系统的接触点上进行富有成果的探索和研究，对于克服引起科学知识急剧分化所形成的“信息壁垒”，促进现代科学技术的综合化发展起了很重要的作用。

综合化的趋势还表现在社会科学与自然科学的合流。很多科学家感觉到了科学综合化的趋势。德国物理学家普朗克曾经说过：“科学是内在的统一体，它被分解为单独的部门不是由于事物的本质，而是由于人类认识能力的局限性。实际上存在着从物理到化学，通过生物学、人类学到社会科学的连续链条。”

事实上，自然科学与社会科学都是认识物质世界的，而物质世界的统一性，多样性与复杂性要求两者紧密联系起来。电子计算机的出现，又进一步促进了自然科学与社会科学的合流。

例如，数学和语言学是两门最古老的学科，它们被誉为人类文明的一对翅膀，似乎构成了人类知识宝库的两极，语言学家兼数学家的学者是极其罕见的。然而，由于现代通讯技术的发展与电子计算机的出现，两者已紧密地联系起来，形成了一门新学科——数理语言学。一九五五年，美国哈佛大学创办了数理语言学讨论班，不久日本也成立了计量语言学会。目前，西德波恩大学、苏联莫斯科大学等校都为数学系和语言文学系开设数理语言学课程。人们已开始利用电子计算机进行文学研究。如果把一个经典作家的惯用句式、常用词语及其搭配方式等，编成样本储存到电子计算机里，就能用来鉴别作品的真伪。英国以此新发现了莎士比亚的作品。根据同样原理，美国有人将电子计算机用于红楼梦研究，竟发现《红楼梦》前八十回与后四十回出自一人之手。此说在一九八〇年召开的国际红学研究会议上，引起了人们的普遍注意。同样，计量经济学也是一门新学科，它把数学与经济学结合在一起。

在自然科学与社会科学合流的过程中，一些自然科学的特定概念，日益被社会科学所吸收。如罗根把热动力学中“熵”的概念引入经济学，电子学家坦纳把“阈值”概念引入知觉、知觉范畴，建立起心理学的新理论。一九七〇年第十三届国际历史学家代表大会，还把历史研究中如何应用数学方法列为重要议题。

综合化的趋势又表现在技术领域之中。回顾二十世纪的科学技术发展的历程，似乎给人这样一种印象：即三、四十年代的科学发明，到五十年代的物化为技术，六十年代变为产品，七十年代进入了“饱和增长”的“非常时期”。1925年到1945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。五十年代把这些科学成果物化为技术；六十年代使之变成产品，形成社会生产力，有力地推动了经济的发展。七十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。综合化的趋势，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、半导体、激光等，这些技术都是立足于新的科学原理而研制成功的。进入七十年代以来这种依傍全新的科学发现发明而产生的技术突破越来越少。代之而起的是“需求”型技术，这种技术是从社会市场需要出发，将已知的科学原理和老的技术有系统地综合起来，从而形成与原有技术完全不同的新技术。美国阿波罗登月计划总指挥韦伯指出，阿波罗飞船计划中都是现成的技术，没有一项新技术，关键在于综合。同时指出，重大技术的突破现在极少，而各项技术的组合系列化则是发展趋势。日本学者更明确地指出：“综合就是创造。”二十世纪世界上重大的发明创造，日本一项也没有。但是，它善于在别国先进技术的基础上搞综合，从而创造出不少世界上第一

流的新技术、新产品。

技术领域中的综合趋势还表现在“技术转移”上。“技术转移”的种类繁多，如表1.1所示。第一种类型是系集化，如机电一体化趋势便属于这一类；第二种类型是向新领域转移已有技术；第三种类型是向生产率低的部门转移高水平技术；第四种类型是技术向发展中国家转移。(2)

表1.1 技术转移的各种形式

分类	序号	转移种类	解 释	实 例
为研制新产品的技术转移	1	向复合产品转移 (系列化)	为了创造出某一新的功能，利用现有技术组合成新产品	使用集成电路的台式计算机 综合铁路技术的新干线，无人仓库 数控机床
	2	向新市场转移	向新发展的社会领域——新市场转移高度技术	使用电子计算机的教育仪器 利用空间技术勘探地球表面
向低水平领域的技术转移	3	向低生产率部门转移	在现有的技术领域内，向生产水平低的部门转移高水平技术	预制法在建筑部门的应用 应用于零售业的生 产管理系统
	4	适应出口的技术	将先进国家的技术向发展中国家技术输出	向巴西出口的钢铁技术 向中国台湾省出口的家用电器技术

① Bon peobl + Nnece + HH 1979年“四期”

转引“世界科学”1981年第四期

②牧野升：《日本技术的前十年与后十年》

中国科研管理研究会编 1980年版

由此可见,综合化是现代科学技术的发展趋势。整个科学技术已经成为一个具有立体结构的纵横交错的网络系统,要求人们从对事物的研究过渡到对系统的研究;从单值的研究过渡到多值的研究;从单向的研究过渡到网络、矩阵的研究。一言以蔽之,要求人们采取“立体作战”的形式,对自然界进行综合的整体的探索。

科学技术综合化的发展趋势,要求科学劳动结构进行必要的改革,使之适应立体作战的需要;科学技术的综合化,也使科学技术面临的任务更加复杂,它涉及技术、经济、社会、文化及心理等各个方面。我们在分配人力财力时,务必把交织在一起的各种因素都考虑进去,这是对科学政策的一个严重挑战。科学政策今后不能再局限于自然科学及工程研制了,还要注意充分利用社会科学的概念和知识。

多学科如何协同作战?“立体作战”的结构究竟如何建立?各项技术如何组成系列化?这就必须对科学进行总体研究,只有这样,才能为制订正确的科学政策提供理论依据。

§ 1.2 科学的社会化

回顾一下科学发展的历程,可以发现:科学研究的规模是不断变化不断扩大的。从个人研究到集体研究,国家规模研究直至现在的国际规模研究。规模越来越大,人员越来越多,科学研究日趋社会化。

首先,从科学研究的规模来看,早期的科研工作,都以个人研究为主,如哥白尼对天体运动的研究,牛顿对万有引力的研究,法拉第对电磁感应研究,瓦特对蒸汽机的研究,以及居里夫人对放射性元素的研究,都是以一个人为主,或者在几个必要助手的参与之下进行的。继而,出现了个人研究到集体研究的过渡形式——科技协会。十

六世纪，在罗马成立的“山猫学会”是由伽利略和达拉·包尔塔等三十二名不同学科的科学家的，为了加强横向联系而组织起来的；活动于一六五七至一六六七年意大利的乔曼托学社，是由十名不同学科的科学家的组成的；一六四四年，英国伦敦和牛津的科学家为了加强横向交流，举行了科学家集会，正是在这种被称为“无形学会”的基础上，一六六二年发展成为自发性的群众组织——英国皇家学会；一七〇〇年由德国数学家莱布尼兹主持建立的柏林学会，不但包括本国的各个学科的科学家的，还邀请法国哲学家拉美特利、文学家伏尔泰、数学家拉格朗日等国外科学家参加；法国科学院也是在十七世纪中叶，由笛卡儿、巴斯噶为首组织的科学讨论会的基础上诞生的；一七六六年在英国伯明翰成立了著名的“太阴学会”，成员有蒸汽机改革家瓦特、化学家普利斯特利、生物学家伊·达尔文以及博尔顿等，这些不同学科的科学家的，在每个月的月圆之夜会聚一堂，进行横向学术交流，史称“太阴学社”。历史上种种的科技协会，对科学家之间的学术的交流、思维的“共振”、科学硕果的丰收起了强有力的催化作用。

十九世纪下半叶开始，随着学科门类的增多以及电力工业的发展，重大科学技术问题的解决，单依靠科学家个人研究已是无能为力了，于是出现了一些为一定科研目的把科学家组织起来的集体研究方式。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100多人，设立了分售设备、样机、图书、器材等部门，爱迪生的1382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，一直沿用至今。目前，美国拥有各种研究所6000多个，苏联也有近3000个。现在的集体研究方式已日益向高度综合性的方向发展。如美国六十年代建立了科学——工业综合体，至1973年为止，美国已建立了84个这样的组织。综合体内有大学、科研机构以及不同规模的工厂，如美国在波士顿、纽约、华盛顿、洛杉矶、旧金山、芝加哥、休斯顿和巴尔的摩等地区建立了一些大型的科学——工业综合体。如马萨诸塞州的大型科学——工业综合体，共有780个工业企业、100所大学和20个政府实验室，工作人员达五万人。苏联近年来在远东、乌克兰等地区也建立了许多科研生产综合体。这种跨学科的“立体结构”式的集体研究方式为科学技术的发展，提供了良好的形式。

本世纪三十年代以来，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、二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，希特勒花了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2.3亿美元，动用了全国1/3的电力，搞了个“曼哈顿工程”，3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家总公司、9000家三包公司，加上研究所及大学一共有11000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活动。

随着科学技术的纵深发展，有的科研项目牵涉面广，任务量大，单凭一个国家来展开研究已志力不从心，因而需要加强国与国之间的

联合研究，跨出国界，采取国际规模的研究方式。如1957年7月到1958年年底，有66个国家组织了“国际地球物理年”的考文活动，1964年至1965年，1968年至1970年，又组织了两次科学合作，分别定名为“国际太阳宁静年”和“太阳峰年”。由于太阳每隔十一年即发生一次猛烈波动，所以最近一次“太阳峰年”计划在1979年10月开始进行，到1981年2月底结束。1,500多名世界各国学者，在分布于全世界的40家天文台，通过对太阳的观测和研究，把太阳脉冲的活动情况和动向，精确地预报出来。不久前，世界气象组织还发起了有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。美国最近发射的航天飞机，由近二十五个国家提供部件或地面站，因而被人称为“空前规模的国际合作成果”。

国际规模的研究方式的发展，还可以从不同国家的科学家合作发表的论文以及国际学术会议的盛行得到验证。近二、三十年来，随着国际地球物理年、全球大气研究、聚变能源研究、高能加速器与海洋钻油研究等国际合作研究项目的开展，不同国家的科学家合作研究发表论文从1973年的3571篇，增加到1977年的11527篇，其中以数学、地理学、物理、化学、空间科学占的比例最大。1977年西德、英国、加拿大与别国学者合作为最多，法国次之，苏联、日本、美国又次之。苏联学者与别国学者合作的论文增加很快，从1973年的9.5%，增加到1977年的17.3%。美国学者与别国学者合作的论文在绝对数字上，至今仍居世界第一位，1977年达6131篇。同时，举办国际学术会议的次数也增加很快，1960—1977年，世界上共举行各种国际学术会议256次，约有32万人次的科学家参加。

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,科研費用消耗不多,三十年代英国卡文迪许实验室,年度費用2500英鎊,而现在每年达50万英鎊,增长200倍;又如美国从1776年至1925年这150年间,科研費用仅10亿美元,而1960年至1969年这十年间,就耗費了1900亿美元,1973年为300亿美元,1977年为408亿美元,1979年为525亿美元。1980年高达609亿美元,美国近几年的科研經費大于英、法、西德、日本四国之总和,苏联1977年的研究发展經費为183亿卢布,占苏联国民生产总值5,276亿卢布的3.47%,1978年研究經費为189亿卢布。全世界的科研經費在1996年还不到50万英鎊,50年后增加了400倍。各工业发达国家的科研經費,平均每年增加15%,每5年增加一倍,这些投资要占国民经济生产总值的2%以上,这在科学史上是空前的(参阅表1.2)。

表 1.2 各国的研究发展经费与国民生产总值的比率

(1961-1978)①

年份	法国	西德	日本	英国	美国	苏联
1961	1.38	—	1.39	2.39	2.74	—
1962	1.46	1.25	1.47	—	2.73	2.64
1963	1.55	1.41	1.44	—	2.87	2.80
1964	1.81	1.57	1.48	2.03	2.97	2.87
1965	2.01	1.73	1.54	—	2.91	2.85
1966	2.03	1.81	1.48	2.32	2.90	2.88
1967	2.13	1.97	1.53	2.33	2.91	2.91
1968	2.08	1.97	1.61	2.29	2.83	—
1969	1.94	2.05	1.65	2.32	2.74	3.03
1970	1.91	2.18	1.79	—	2.64	3.23
1971	1.90	2.38	1.84	—	2.50	3.29
1972	1.86	2.33	1.85	2.06	2.43	3.58
1973	1.77	2.32	1.89	—	2.34	3.66
1974	1.81	2.26	1.95	—	2.32	3.64
1975	1.82	2.39	1.94	2.05	2.30	3.69
1976	1.78	2.28	1.94	—	2.27	3.47
1977	1.79	2.26	—	—	2.27	3.47
1978	—	2.28	—	—	2.25	—

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至40年翻一番，而科学家的人数却是每12年翻一番。

①转引自《科学指标：1978》（华盛顿1979年版），第140页

据统计,全世界科学家1800年为1000名;1850年为10000名;1900年为100000名;1950年为100万名;1970年为320万名;占历史上科学家总数的90%。现在,各国从事研究发展工作的科学家和工程师总人数已超过500万。以苏联为最多,在1977年计有120万左右;美国居第二位,1978年有59.9万,1979年有61万;日本占第三,1977年计有27.2万。各国的科技人员数都在不断增加。

由于科学研究的规模越来越庞大,就需要用科学的方法去规划、协调、管理和预测,譬如研究什么,发展什么,如何研究,如何推广等一系列问题,都需要科学学这门新学科去探索。

§ 1.3 社会的科学化

现代科学以空前的规模和巨大的力量影响着整个社会和人类的思想。科学知识不仅是新的生产方式的源泉,而且已成为满足社会和个人需求的源泉。有人认为,当今的科学已代替了昔日的神仙和上帝,任何人都在它的影响之下,是非然否,尚可讨论,然而,现代科学社会功能之大与社会地位之高,已超过了历史上任何时代,这确是事实。科学与社会之间建立了日益紧密和更加多样的联系。科学正在成为社会的重要组成部分,社会科学化和科学社会化的进程迅速发展。现代科学已经成为社会进步的强大杠杆。

现代科学技术不仅影响一个国家的工农业生产,国防建设,而且影响到政治、经济、外交、文化、教育、心理、生活、思想方法、道德伦理、宗教等领域——科学向社会机体的所有毛孔进行全面渗透的新纪元开始了。随着这种渗透作用的不加深,科学本身也将发生本质的变化。科学学的创始人之一J.贝尔纳曾经指出:“在漫长的岁