

科学技术研究方法学导论

陈 衡 编著



河北教育出版社

科学技术研究方法学导论

陈 衡 编著

河 北 教 育 出 版 社

内 容 简 介

本书以促进培养科学技术人才和提高科学技术创造能力为目的,作为一门相对独立的学科,系统地讨论了关于科学研究方法的一般形式、特点、功能与发展规律。介绍了国内外一些著名科学家的具有普遍意义的治学方法和经验。以科学研究的逻辑程序为线索,详细讨论了一般层次的科学工作方法和思维方法

本书可供广大科学技术工作者、高等学校教师、研究生和高年级大学生参考。也可作为高等学校理工科自然科学方法课程的教材或教学参考书。

科学技术研究方法学导论

陈 衡 编著

河北教育出版社出版 (石家庄市城乡街44号)

河北新华印刷一厂印刷 河北省新华书店发行

850×1168毫米 1/32 17.375印张427,000 千字 1991年8月第1版
1991年8月第1次印刷 印数: 1—1,277 定价: 6.25 元

ISBN 7-5434-0953-4/G·780

前 言

作为高等学校教师，我在长期的教学与科学研究实践中深深体会到，无论从培养创造型的科学技术人才还是从科学研究的工作实际需要角度来讲，对于理工科各类专业的大学生、研究生乃至青年科学技术工作者而言，进行科学技术研究方法学的教育都是十分必要的。因此，本书除了简要介绍有关科学技术和科学研究的基本概念与基本知识以外，还结合自己的工作经验，着重论述了科学人才各种素质的自我培养方法和一般层次的科学研究方法学的系统理论知识。

所谓科学研究方法学，就是关于科学研究方法的一般形式、特点、功能与发展规律的科学，它的研究对象是在科学研究中达到一定目的的有秩序的活动方式和思维形式，其核心问题是探讨与概括建立科学知识体系的方法和用来扩展知识、创造新知识的方法与规律。主要任务在于揭示科学认识过程的本质，使其形成理论化的知识体系，探索创立新方法的规律，以便促进科学发展，加快青年科学工作者早日成才，增加他们的科学创造能力，提高研究效率，促使他们早出成果，多出成果。

不可否认，任何传统的基础理论和专业技术教育，目的都是为了训练人才，培养他们分析和解决问题的能力。随着当代科学技术的迅速发展，许多科学技术的掌握和问题的解决，往往需要多方面的理论知识和复杂的专业技术。因此，人才的训练和能力的培养正面临着一种严峻的挑战。面对这种现实，一种作法是，在正规高等教育中逐渐增加课程门类，不断扩充教学内容。这正是当前国内外高等教育的发展趋势。这样，不仅使一部分学生感

到学习被动,负担过重,而且也会缩短他们最富有创造性的年华。另一种作法是,国内外一些具有远见卓识的学者和科学家,建议在适当更新教学内容的同时,加强科学方法的教育。相比之下,后一种作法要好得多。中国人都知道,“给人一鱼,只供一饭之需;授人以渔,则终生受益。”由此可见,对青年人进行方法教育是何等的重要!前不久,我在自己的业务教学活动之外,作为选修课,为部分研究生和高年级本科生开设了《科学技术研究方法学导论》,其中有些学生听完该课程后在总结中写道:“这是培养理工科学生分析问题和解决问题能力的最好教育内容”,使不少学生“从沉睡中猛醒过来,从茫然中找到了方向,愧恨相知甚晚”。因此,他们建议应该把该课程由选修课改为必修课,予以加强和重视。学生的反映,使我想起我国传说的古代神仙吕洞宾“点石成金”的故事。有个青年见了很羡慕,吕洞宾问他:“你要金子吗?给你!”青年摇摇头,不要金子,而要“点石成金”的指头。当前的青年学生和青年科学技术工作者,何尝不需要这种能“点石成金”的“指头”或方法呢?

出版该书的目的,就是希望能向青年科学技术工作者、研究生和大学生,授之以“渔”,给他们以“点石成金”的“指头”。当然,这只是我的主观愿望。如果事与愿违,只能说明我的水平有限。另外,书中引用了近代和现代国内外一些学者的论述、观点,不再一一列举,一并致谢。由于本人学识浅薄,书中论述的一些个人在科学实践中的体会和观点,以及对一般研究方法的理解与概括,是否正确,例证是否恰当,希望广大读者不吝赐教,批评指正。

作 者

1989年3月于保定

目 录

第一篇 基础知识

第一章 科学研究及其方法学概论.....	(1)
§ 1.1 科学与技术的基本概念	(1)
一、科学及其特征	(2)
二、自然科学及其体系结构	(5)
三、技术及其与自然科学的关系	(9)
§ 1.2 科学研究的基本知识.....	(10)
一、科学研究及其特征	(11)
二、科学的类型	(15)
三、科学研究成果的评价	(20)
§ 1.3 科学研究方法学的基本概念	(24)
一、科学的方法和方法学	(24)
二、科学方法的分类和方法学的体系结构	(27)
§ 1.4 科学研究方法演变的历史考察	(32)
§ 1.5 现代科学发展的特点与研究方法学的形成	(39)
一、科学技术发展速度越来越快	(40)
二、基础研究日益处于重要地位	(41)
三、在高度分化和相互渗透基础上的高度综合与整体化	(44)
四、研究方法的理论系统化和方法学的逐步形成	(47)
§ 1.6 学习和研究科学研究方法学的意义.....	(53)
第二章 科学人才素质的自我培养方法	(60)
§ 2.1 科学家及其品格	(60)
§ 2.2 基础理论学习	(63)

一、基础理论的学习方法	(64)
二、基础理论学习的深广度问题	(71)
三、学习的时间安排和态度问题	(73)
§ 2.3 外语学习	(74)
§ 2.4 基本实验技能训练	(78)
§ 2.5 个性心理品质的培养	(79)
一、强烈的创新欲望	(80)
二、勤奋拼搏与克服困难的顽强毅力	(93)
三、酷爱科学事业	(106)
四、雄心壮志与崇高理想	(108)
§ 2.6 严谨科学态度的培养	(110)
一、理论与实践相结合的态度	(110)
二、实事求是的态度	(111)
三、严肃认真的态度	(112)
四、脚踏实地的态度	(113)
§ 2.7 科研道德品质的培养	(116)
一、无私无畏的献身精神	(116)
二、诚实和谦逊的品德	(119)
三、真挚的合作精神	(124)
§ 2.8 合理安排科学生活	(128)
一、珍惜创造年华	(128)
二、重视学术交流和学术争论	(132)
三、适当兼职工作与合理作息	(134)

第二篇 科学研究的一般方法

第三章 选题方法	(138)
§ 3.1 科研选题的战略意义	(138)
§ 3.2 科研选题的基本原则与方法	(140)
一、科学性原则	(141)

二、应用性原则	(143)
三、创新性原则	(148)
四、可行性原则	(154)
§ 3.3 确定选题的基本程序	(157)
§ 3.4 选题过程中的思维方法	(161)
第四章 调查研究与研究方案设计方法	(164)
§ 4.1 调查研究的地位和作用	(164)
§ 4.2 调查研究的类型和基本方法	(167)
一、现场调研	(167)
二、文献调研	(169)
§ 4.3 调查研究中的思维活动	(178)
§ 4.4 科学研究的方案设计方法	(181)
一、研究方案设计的基本内容	(182)
二、研究方案设计的基本要求和方	(184)
第五章 假说方法	(188)
§ 5.1 假说及其一般特征	(188)
§ 5.2 假说在科学研究中的作用	(192)
§ 5.3 假说的内容结构和产生根源	(197)
§ 5.4 提出假说的方法	(200)
§ 5.5 假说的类型及其形成过程	(205)
一、假说的基本类型	(205)
二、假说的形成过程	(207)
§ 5.6 形成和应用假说时的注意事项	(210)
§ 5.7 假说的检验及其转变为科学理论的途径	(217)
一、假说检验的途径和手段	(218)
二、检验假说的一般性指导准则	(223)
三、假说的发展及其向科学理论的转变	(225)
第六章 科学观察与实验方法	(228)
§ 6.1 科学观察与实验方法的作用和意义	(229)

§ 6.2 科学观察方法	(233)
一、观察方法的特点与局限性	(234)
二、可观察性原理与合理观察方法	(237)
§ 6.3 科学实验方法	(245)
§ 6.4 科学实验的结构和类型	(249)
一、科学实验的结构	(249)
二、不同类型的科学实验	(251)
§ 6.5 科学实验的准备	(257)
一、实验的理论准备	(257)
二、实验设计与方案制订	(259)
三、实验器材准备	(268)
§ 6.6 科学实验的实施	(271)
一、实验过程中的测量	(271)
二、实验规模的确定	(272)
§ 6.7 实验结果的处理与解释	(274)
一、实验结果的整理与评价	(274)
二、实验的解释	(276)
§ 6.8 观察与实验中的机遇	(282)
第七章 思维方法	(288)
§ 7.1 逻辑思维	(289)
一、逻辑思维在科学研究中的作用	(289)
二、逻辑思维的规律——逻辑学	(292)
三、以辩证逻辑为规律的辩证思维	(294)
§ 7.2 形象思维	(298)
一、形象思维在科学研究中的作用	(298)
二、运用形象思维时的注意事项	(302)
§ 7.3 科学抽象方法	(304)
一、抽象的过程与方法	(305)
二、抽象方法在科学研究中的作用	(307)

三、科学抽象的类型与运用原则	(311)
§ 7.4 理想化方法	(314)
一、理想模型及其在科学研究中的作用	(314)
二、理想实验及其在科学研究中的作用	(317)
三、正确运用理想化方法的原则	(321)
§ 7.5 创造性思维	(322)
第八章 逻辑方法	(326)
§ 8.1 逻辑推理的一般性讨论	(326)
一、逻辑推理在科学研究中的作用	(327)
二、运用推理时的注意事项	(330)
§ 8.2 比较与分类方法	(332)
一、比较方法	(333)
二、分类方法	(338)
§ 8.3 分析与综合方法	(340)
一、分析方法	(340)
二、综合方法	(346)
§ 8.4 概括与归纳方法	(349)
一、概括方法	(349)
二、归纳方法	(354)
§ 8.5 演绎方法	(361)
一、演绎方法的功能与作用	(362)
二、演绎法和归纳法的比较与联系	(364)
§ 8.6 统计方法	(366)
§ 8.7 类比方法	(371)
一、类比法的理论基础——相似性原理	(372)
二、类比法的特点	(377)
三、类比方法的类型	(379)
四、类比法在科学研究中的作用和局限性	(382)
§ 8.8 模拟方法	(387)

一、模拟与模型的基本概念	(388)
二、模拟方法的基本形式与特点	(389)
三、物理模拟方法	(392)
四、数学模拟方法	(394)
五、功能模拟方法	(397)
六、理论研究中的模拟方法——理论模型	(400)
七、模拟方法的地位和作用	(410)
§ 8.9 证明与反驳	(411)
一、归纳论证与理论的确证	(413)
二、理论的反驳与证伪	(416)
第九章 非逻辑方法	(421)
§ 9.1 创造性想象	(421)
一、想象在科学研究中的作用及合理性原则	(422)
二、想象的类型与促成创造性想象的方法	(426)
三、限制创造性想象的因素和摆脱方法	(429)
§ 9.2 直觉、灵感与潜意识	(431)
一、直觉和灵感的特征及其在科学研究中的作用	(432)
二、产生直觉与灵感的过程与捕捉方法	(435)
§ 9.3 科学的鉴识力	(441)
§ 9.4 怀疑法和逆向法	(444)
§ 9.5 移植与渗透方法	(446)
一、移植和渗透方法在科学研究与发展中的作用	(447)
二、不同类型的移植与渗透方法及其客观基础和必要条件	(448)
第十章 横断科学方法	(454)
§ 10.1 数学方法	(454)
一、数学方法的发展与功能	(455)
二、运用数学方法的模式与方法	(463)
三、公理方法	(469)
§ 10.2 “三论”方法的一般讨论	(472)

§ 10.3 控制论方法	(479)
一、控制论的方法学意义、特点和作用	(479)
二、功能模拟方法的进一步讨论	(481)
三、反馈方法	(486)
四、黑箱理论与方法	(490)
§ 10.4 信息论方法	(493)
一、信息概念与信息方法	(495)
二、信息方法的作用与局限性	(500)
§ 10.5 系统论方法	(512)
一、系统与系统方法	(512)
二、系统方法在科学探索与社会实践中的意义和作用	(522)
§ 10.6 系统分析与系统工程	(529)
一、系统工程的逻辑方法	(530)
二、系统工程的实施方法	(537)
§ 10.7 系统科学方法论	(541)

第一篇 基础知识

作为本书的第一部分，我们将首先讨论有关科学研究方法学的若干基本概念和背景知识。进而，将在第二章讨论科学工作者的自我培养方法，也就是如何打好基础、练好科学研究的基本功，以及科学工作者应该如何培养自己的个性心理品质、严谨的科学态度和高尚的科学研究道德品质。所有这些，既是学习本书的预备性知识，也是投身科学研究工作的基础知识。

第一章 科学研究及其方法学概论

什么是科学？什么是技术？什么是科学研究？它们都有哪些特征？另外，什么是科学研究的方法和方法学？它的发展规律如何？对科学技术的发展有何影响？这些都是演绎科学研究方法学理论体系的最基本的概念问题。本章将对这些似乎十分浅显但又不容易说清楚的问题，进行深入的考察，并做出精确的阐述，以便为本书后面各章的讨论，提供一个总体的概念，奠定必要的基础。

§1.1 科学与技术的基本概念

在现今的世界上，人人都在学习科学技术，运用科学技术，享受着科学技术给人类带来的日益丰富的物质文明和精神文明，并且，有大量的专门人员从事科学技术的研究活动。但是，究竟

什么是科学技术？它有哪些基本特点？并不是人人都十分清楚的问题。然而，只有首先明确了这些基本概念，我们才好进一步讨论科学研究及其方法学的各种有关问题。

应该承认，现代科学与技术，往往以非常复杂和多种多样的关系，相互联系和渗透，构成日益难以分开的整体。因此，很多人已习惯于把科学和技术看成是一回事。其实，科学和技术不仅是两个不同的概念，而且，两者的具体对象和特点也不相同，它们是人类的不同的社会活动。

一、科学及其特征

关于“科学”的定义，国内外不同学者至今仍各执一词。科学学奠基人贝尔纳（Bernard）认为：“科学可作为一种建制；一种方法；一种积累的知识传统；一种维持或发展生产的主要因素；以及构成我们的诸信仰和对宇宙和人类的诸态度的最强大势力之一。”^① 自然科学史学家丹皮尔（W.C. Dampier）说：“科学可以说是关于自然现象的有条理的知识，可以说是对于表达自然现象的各种概念之间的关系的理性研究。”^② 爱因斯坦则认为：“科学并不就是一些定律的汇集，也不是许多各不相关的事实的目录。它是人类头脑用其自由发明出来的观念和概念所作的创造。”^③ 英国自然科学史专家梅森（S.F. Mason）说：“科学就是人类在历史积累起来的，有关自然界的相互联系着的技术、经验和理论知识的不断发展活动。”^④ 除此之外，还有其他各种说法，于此不再一一赘述。

关于科学的上述种种定义，都只说明了科学的个别特征，但

① 贝尔纳著：《历史上的科学》，科学出版社，1959年9月版，第6页。

② W.C.丹皮尔著：《科学史》，商务印书馆，1975年9月版，第9页。

③ 《爱因斯坦文集》，商务印书馆，1976年1月版，第一卷，第377页。

④ 斯蒂芬·F·梅森著：《自然科学史》，上海人民出版社，1977年6月版，第562页。

都不能全面地反映科学的特征，因而都有一定的缺陷。为此，我们认为，科学是人类在社会实践活动中不断创造、发展和积累起来的、经过整理和严密逻辑系统化的、能够正确反映客观事物本质和规律性、并且有理论指导意义的知识体系。我们之所以如此定义科学一词，是以科学具有如下基本特征为基础的。

(1) 知识性 不言而喻，任何一门科学都必然表现为某种知识。或者说，任何科学都是一种知识形态。所谓知识，就是用语言文字表达出来的人类对客观事物的认识和反映。

(2) 实践性 科学的知识来源于社会实践，是人类社会实践经验的概括和总结，并受实践的检验和为人类的社会实践服务。因此，任何科学都离不开实践。

(3) 理论性 产生于社会实践的知识也不一定是科学。例如，在古代，人们在长期的生活实践中，确实对不同领域的个别问题，产生了一定的认识，但那都是偶然的、没有真正思考过的印象，并不能称其为科学。因此，和日常知识不同，任何科学知识都不能停留在感性经验事实的搜集上，而必须形成理性知识，即必须具有反映事物的本质和规律性的理论系统。我们知道，反映事物的普遍性和本质特征的思想就是概念，相互联系的概念的系统构成理论。由此可见，经验知识的拼凑并不是科学，只有借助理论综合成有机整体的知识，才称其为科学知识，而实际知识的严整联结才构成了科学。理论性的另一层涵义，就是科学的理论知识，必须能对人们的社会实践发挥指导作用。

(4) 客观真理性 科学是人们对客观事物的认识和反映，是客观物质运动的本质和规律性，是认识和改造客观世界的经验总结和理论概括，是经过实践检验的、不以个人意志和信仰为转移的真理。因此，离开客观真理性，离开客观实在这个对象，就没有科学。主观臆想出来的任何说教都不是科学。

(5) 逻辑系统性 反映客观事物本质联系或规律性的知识

是否就是科学呢？也不一定。科学知识必须是相互联系的概念的一个严密系统。因为单独一个反映事物本质的知识概念，或者互不联系的几个表述某些规律性的知识概念，它们只是一个个知识单元，还不能说它就是科学。即使是系统化了的和组织起来的知识，如电报手册、词典、数据表、图书目录等，也不能认为是科学或科学著作。科学必须是经过整理的、成为有机的逻辑系统的知识体系。这种合乎逻辑的系统性具体表现为：科学理论必须是由互相关联的内容和部分构成的，这些不同的部分各以其不同的作用和地位结合成一个不可分割的、有机联系的整体，而这个有机整体的横向联系和纵向联系都是符合事物自身的客观逻辑性的。

(6) 积累性 我们知道，科学不能割断历史。尽管不同时代的科学，在具体内容和深广度上变化很大，但是也有其连续性。这就是说，每个时代的人们，总是首先继承了前人的科学遗产，并在此基础上做出进一步的发展和补充。利用先前知识的积累，科学才得到不断的发展。在任何一门科学中，旧理论永远是新理论的源泉。新的理论不是天才的个人创造的，而是许多代学者们有目标的劳动成果。正如牛顿(Isaac Newton)所说：“假如说我比自己的先驱者看得远，那仅仅是因为我站在巨人的肩膀上。”现已普遍承认：科学是与继承前代知识的数量成正比地向前发展的。可以设想，如果没有中世纪和近代科学知识的积累，就不可能有现代的繁荣的科学。

(7) 发展性或者叫做创新与革命性 应该指出，科学知识的积累并不是对前人知识的简单累加，而是辩证的积累，革命性的继承。这就是说，科学的真理性只能是相对的真理，并非绝对真理。随着人类社会实践活动的发展，人们必然会深化和提高对客观世界的认识水平，因而会创造出新的科学知识，发展原有的科学系统。正如梅森所说：“从长期来看，到今天为止的科学理论

都是暂时的。古希腊人的杠杆原理和光的反射原理已成为科学永久遗产的一部分，但是古希腊人另外的一些理论，现在看来就只具有历史价值了。同样，只要现代科学的发展以目前的速度持续下去，我们就很难设想今天科学的任何理论会长期保持不变。”^①

因为科学具有不断革命的、创新的和发展的特征，所以，科学不是而且永远不会是一本写完了的书。科学上每一个重大的进步，都会带来新的问题，揭露出新的更为深刻的矛盾和困难。例如，近代物理学中的许多重大发现，都曾经一次又一次地造成所谓的“物理学的危机”。但是，每一次危机的解决，都给理论本身带来重大的突破，给生产带来新的推动，给人类的活动增添了新的力量和智慧，给人类社会带来重大的进步。如果我们把科学比作一部完美的侦探故事小说，那末，一代继着一代的探索科学奥秘的科学家们，就是这部小说的热心的读者。他们在强大动力和好奇心的推动下，力图识破这个故事的秘密。但是，这个奥妙的侦破故事，只被读者看到了一个接着一个的线索和矛盾，却至今也没有做出最后的解答。然而，阅读这部小说，已经使我们获得了许多收获。从已经知道的线索中，使我们增加了不少解释世界和改造世界的理论知识。尽管这些理论知识，在故事的进一步发展过程中，可能被证明是不完善的，因而必须做出相应的修改和补充。

综上所述，我们可以看出，科学不仅是指知识系统本身，而且还指铺设通向知识高峰的道路和活动。因此，概括起来讲，科学的特征，既是知识和活动的统一，也是理论活动和实践活动的统一。

二、自然科学及其体系结构

既然我们已经从总体上定义了什么是科学，那末，也就不难

① 斯蒂芬·F·梅森著：《自然科学史》，上海人民出版社，1977年6月版，第562页。