

科学研究的艺术

—— 科学方法导论

张巨青 主编



张巨青 主编

科学研究的艺术

—— 科学方法导论

湖北人民出版社

科学研究的艺术

——科学方法导论

张巨青 主编

*

湖北人民出版社出版、发行 新华书店湖北发行所经销

湖北省新华印刷厂印刷

850×1168毫米32开本 12.125印张 5插页 30.1万字

1988年2月第1版 1988年2月第1次印刷

印数：1—8 000

ISBN 7—216—00169—9/B·28

定价：4.20元

编 者 的 话

本书是国家教委“七·五”期间重点科研项目《科学方法论研究》的阶段性研究成果,注重于完整而系统地阐明科学研究的基本方法与技巧。本书既是一部科学方法论的专著,又可以作为高等学校相应课程的教材。

本书由武汉大学张巨青主编,十二所大学的研究与教学人员参加编写。各章执笔人如下:

第一章,北京师范大学汪馥郁;

第二章,武汉大学黄亚林;

第三章,河北大学于祺明;

第四章,南京大学郁慕镛;

第五章,武汉大学桂起权;

第六章,广西医学院王瑞芬、刘绍友;

第七章,福建师范大学郭金彬;

第八章,天津经济管理学院陶文楼;

第九章,杭州大学张则幸、杭州商学院吴寅华;

第十章,沈阳市委党校姜成林;

第十一章,四川大学张国琪、陈康扬;

第十二章，厦门大学姜国文；

第十三章，武汉大学陈晓平；

第十四章，南京大学林德宏。

武汉大学陶德麟教授为本书的编写顾问。华中师范大学刘文君参加了本书的定稿工作。

厦门大学陈淑仁、武汉大学李丹承担本书编写的资料工作。

本书的编写工作先后得到武汉大学哲学系、南京大学哲学系、厦门大学哲学系的大力支持，在此表示热忱的感谢。

一九八七年十月

目 录

第一章 科学研究富有艺术性

——科学与方法 1

一 什么是科学? (1)

科学的一般特征(1) 描述事实的经验知识(7) 解释事实的理论知识(13)

二 什么是科学方法?(17)

科学方法的实质(17) 经验认识的方法(20) 理论思维的方法(23)

第二章 科学研究的程序

——从问题到答案 29

一 问题在科学研究中的地位(30)

问题是科学研究的真正起点(30) 问题的实质(33) 问题的类型(34)

二 解题的模式(38)

分析问题(39) 探索答案(40) 检查结果(42)

第三章 科学发现的条件

——探索与机遇 44

一 发现与探索(44)

什么是科学发现?(44) 探索的智力因素(50) 探索的知识因素(52)
探索的个性因素(55) 探索的团体因素(57)

二 发现与机遇(59)

灵感的机遇(59) 意外事实的机遇(63)

第四章 洞察自然法则的阶梯

——概括与猜想 66

一 概括:探索经验定律的方法(72)

何谓概括?(72) 全称性概括(73) 统计性概括(77)

二 猜想:探索理论原理的方法(81)

何谓猜想?(81) 科学猜想与非科学猜想的区别(85) 常规性猜想
与非常规性猜想(86)

第五章 打开思路的钥匙

——类比与转换 89

一 类比:从已知通向未知的桥梁(89)

何谓类比?(89) 类比的各种方式(93) 类比的有效条件(99) 类
比的应用(101)

二 转换:构建新理论系统的一种方式(109)

何谓转换?(109) 转换的模式(111) 转换的有效条件(116) 转
换的应用(119)

第六章 揭露事变链条的技巧

——溯因与预见 126

一 溯因:对已知事实的科学解释(127)

解释事实的模式(127) 科学解释的多元性(130) 科学解释的多层
次性(135)

二 预见:对未知事实的科学推测(137)

推测事实的模式(137) 科学预见的相对性(140) 定性预见和定量

预见(142)

第七章 客体信息的系统处理

——分析与综合 147

一 分析：认识从整体深化到局部(148)

何谓分析？(148) 分析的有效条件(149) 分析的多种方式(152)

二 综合：认识从局部上升到整体(154)

何谓综合？(154) 综合的有效条件(156) 综合的多种方式(158)

第八章 检验理论的步骤

——假说演绎法 165

一 演绎出事实的陈述(168)

理论检验的特征(168) 从理论推断事实的技巧(171) 预测未知事实的重要性(173)

二 验证被推断的事实陈述(174)

对事实陈述的直接验证(174) 对事实陈述的间接验证(175) 验证推断的复杂性(176)

第九章 理论辩护的方式

——归纳确证与排除“反常” 179

一 理论确证的辩护(180)

何谓确证？(180) 各类证据的价值(181) 扩大证据的数量(185)
提高证据的质量(187) 确证辩护的其他方式(190)

二 排除“反常”的辩护(192)

何谓“反常”？(192) 查核事实(193) 修改辅助性假说(194) 驳斥“判决性实验”(195)

第十章 完善已有研究成果的途径

——理论的应用与修改 198

一 理论的应用(198)

扩大理论的应用范围(199) 提高理论应用的精确性(200)

二 理论的修改(205)

调整理论的辅助内容(206) 调整理论的表述形式(211) 修改理论的有效条件(213)

第十一章 追求真理永无止境

——科学革命与学科创新 215

一 科学理论的革命(216)

什么是科学革命?(216) 科学革命的动因与进程(217) 接受新理论的有效条件(221)

二 新学科的建立(223)

什么是学科创新?(223) 学科创新的动因与进程(224) 创新学科的类型(226)

第十二章 经验认识方法的演进 231

一 观察方法的进步(231)

经验认识方法的概述(231) 直接观察(235) 间接观察(238)

二 实验方法的进步(240)

实验的一般特征(240) 直接实验(244) 模拟实验(246) 理想实验(248)

第十三章 理论思维方法的演进 253

一 古代科学发展的理论思维方法(253)

古代科学对统一性的追求(253) 直观的归纳—演绎法(255)

二 近代科学发展的理论思维方法(258)

近代科学对统一性的追求(258) 抽象的归纳—演绎法(263)

三 现代科学发展的理论思维方法(268)

现代科学对统一性的追求(268) 辩证的归纳—演绎法(275)

第十四章 自然科学史概要 286

一 古代及中世纪的科学(286)

中国古代科学(287) 古代巴比伦、埃及和印度的科学(293) 亚里士多德的科学理论(293) 古希腊的地心说与日心说(298) 阿基米德的科学理论(301) 中世纪的科学(302)

二 16——18世纪的科学(304)

哥白尼的日心说(305) 从布鲁诺到开普勒(306) 伽利略的理论(310) 笛卡儿的学说(313) 牛顿的理论(315) 光学、热学、电学(317) 氧化学说(323) 进化观念的萌芽(326)

三 19世纪的科学(330)

热力学理论(331) 地质学中的灾变论和渐变论(333) 物种进化论的确立(334) 细胞学说的提出(340) 19世纪化学三大发现(341) 能量守恒与转化定律(344) 电磁学理论(346)

四 20世纪的科学(350)

向原子深处探索(351) 量子力学的创建(355) 相对论革命(360) 20世纪的天文学(364) 从大陆漂移说到板块构造学说(368) 分子生物学的发展(371)

第一章

科学研究富有艺术性

——科学与方法

科学研究作为人类认识活动的典范,是最富有创造性的活动,也是最富有艺术性的活动。这里,先谈谈什么是科学,然后再谈谈什么是科学方法。目的是使人们对科学研究的艺术性有个初步的、简明的认识。

一 什么是科学?

科学的一般特征

究竟什么是科学?这是一个经常引起激烈争论的重大问题,并且不容易用某种简单的方式对“科学”作出严格的定义。从认识论的角度看,科学的一般特征大致如下:

(一) 科学是人类认识世界的成果,是人类实践经验的总结。

科学作为人类知识的最高形式,它以客观的现实世界作为研究对象,它是对客观现实系统而深刻的认识。科学认识活动是为揭示现实世界的客观规律而进行的。科学的发展历史就是人类不断地揭开客观世界内部奥秘的历史。如果否认自然界的客观存在以及人类对自然界的认识,那就从根本上否认了科学。

科学作为人对于客观现实的描述、理解、绘画,它在形式上

是主观的，但在内容上却是客观的。科学内容的客观性是指科学近似地反映着不依人的意志为转移的客观物质世界。科学的内容在一定程度上包含着客观的真理。正是由于这个缘故，所谓“科学的态度”就是指追求客观真理的实事求是的态度。

科学的基础是人类的社会实践。正是出于人类社会实践的需要，才促使科学的产生。正是由于人类社会实践的发展，才推动了科学的不断发展。科学本身就是人类改造客观世界实践经验的总结和概括。科学的最终目的是指导人类的社会实践，为人类的实践活动服务。

科学不仅具有客观性，而且具有主观性。科学是人脑中形成的对于客观世界的反映，它只是近似地描绘了客观对象。科学认识活动并不是消极地镜子般地反映客体，而是能动地创造性地描绘客观世界。它渗透着人们的想象、幻想的成分。列宁说过：“即使在最简单的概括中，在最基本的一般观念（一般‘桌子’）中都有一定成分的幻想。（反过来说，否认幻想也在最精确的科学中起作用，那是荒谬的），……”^①现代科学理论的抽象化程度越来越高，也越来越多地通过理想化的模型去描述客观的因果机制。这些都表现着科学认识方式上的进步，也表现着主观能动性所发挥的积极作用。如果完全否认科学知识具有主观性，实质上就是否认人类认识的主观能动性，否认科学思维的创造性。

科学知识既具有客观性，又具有主观性。它是客观性与主观性的辩证统一。这是对科学知识的根本性质较为全面的认识。那种认为科学知识是人们的主观信仰的观点是不对的。因为这种观点忽视了科学知识中不依赖于科学家个人或科学家团体愿望的客观内容。个别科学家的主观信念，或者科学家集团的共同信念，并不能赋予科学知识真理性。科学知识的真理性，并不是来自人们的

^① 《列宁全集》第38卷，第421页。

信仰或约定，而是来自对客观现实的正确反映；那种认为科学知识是绝对真实的、完全符合客观现实的观点也是不对的。这种观点忽视了科学知识不过是对客观现实的近似反映，它的真理性是相对的。如果把科学看作是对客观现实完全正确的反映，那就会把科学知识僵化，否定科学知识的进一步发展。

(二) 科学是由一系列概念、判断构成的具有严密逻辑性的体系。

科学知识作为描绘客观现实某一特定领域的整体图画，它是由许许多多概念和判断构成的严整体系。个别的概念与个别的判断只能反映某种事物的特性或某种规律，而不能对某个领域的整体作出系统的描述。

科学知识之所以能够描述研究对象领域的整体，这是因为它不是由许多概念、判断简单地堆积而成，而是依据一定的逻辑推导建立起来的知识体系。它的核心部分是基本原理或基本规律的陈述，如牛顿力学中的运动三大定律和万有引力定律。再以基本原理作为出发点而推导出许多具体结论，用于解释和预测经验事实，如牛顿力学中关于行星轨道的描述，关于哈雷彗星近日点日期的预测等等。所有科学知识都是由一系列概念、判断构成并具有严密逻辑性的体系，它能够对特定的研究领域作出统一的解释和卓有成效的预测。

在科学知识的结构问题上，人们对于陈述事实的经验命题与陈述定律(或原理)的理论命题之间的关系问题，存在着许多相互对立的见解。

以弗·培根为代表的古典归纳主义者认为，科学知识这座命题金字塔的最底层则是由自然史和实验史所提供的经验事实知识。然后逐步归纳上升到高层的中间公理，最后上升到最普遍的公理。这些程度不同的普遍公理就构成了理论知识。所以，科学这座命题金字塔实际上被看作是两层结构。其下层基础是经验知

识，其上层建筑是理论知识。

现代归纳主义者继承了古典归纳主义者的科学知识两层结构的观点。他们认为，那些观察报告(观察陈述)构成了科学理论的基础，科学理论的公理系统则是由观察报告(观察陈述)从下面给予支撑的。一切理论陈述都可以还原为观察陈述从而取得意义。理论知识是依靠经验知识来进行检验和辩护的。

上述这些长期流行的观点，未能对科学知识的结构作出正确的分析。我们认为，人们利用感官接触事物而获得的认识便形成了经验知识，这种知识包括一系列关于个别事实的单称陈述。经验知识的特点在于它是人们通过感官和客观对象直接接触而获得的认识，它反映了事物的现象，却未能认识事物间的普遍规律性和因果联系。当人们对经验事实材料进行思维加工便形成了理论知识。这种知识包括一系列关于定律、原理的全称陈述。理论知识的特点在于它是通过间接地抽象地反映客观现实而获得的，它揭露了事物间的普遍规律和因果联系。由此可见，经验知识和理论知识这两者在认识的方法或途径方面，在认识内容的广度和深度方面，都是存在着区别的。

但是，经验知识与理论知识的区别，不应当看作是两者截然分开的并类似于几何空间式的二层结构。实际上，经验知识与理论知识是相互依赖、而又相互渗透的，它们之间的对立统一构成科学发展的过程。

我们依据认识的发展与深化运动，既认为知识可以相对地区分为经验知识和理论知识，同时又认为形成经验知识总是受着一定理论的影响，而形成理论知识也总是依赖于一定的经验材料。经验知识需要理论给予解释，而理论知识需要经验给予支持。总之，对待科学知识的结构不能简单化地只作静态的分析，对其复杂的构成要作出动态的理解。

(三) 科学是被证实的知识。

并不是人们提出的任何一种学说体系都可以作为科学，只有那些被判明具有近似地反映客观现实的学说体系才是科学。

科学知识的客观真理性是能够给予证实的，检验真理的标准就是人类的社会实践活动。实践是人类改造客观现实的物质活动，它作为检验真理的标准则是客观的。当然，由于各个时代人们的实践都具有历史的局限性，因而对科学知识的证实也是相对的、历史的。但是人类的实践又是不断发展的，因而人们就能愈来愈充分地检验科学的真理性。

某些科学哲学家否定科学与非科学之间的区别。如费耶阿本德在《反对方法：无政府主义认识论纲要》中说：“科学本质上是一种无政府的事业。”“对于科学，理智不可能是普遍的，非理智也不可能被排除。科学的这种特点要求无政府主义认识论。认识到科学不是神圣不可侵犯的，认识到科学与神话之间的争论业已停止，任何一方也未获胜，进一步增强了主张无政府主义的理由。”在费耶阿本德看来，科学与非科学之间的分离已消散为稀薄的空气。没有一种古老和荒谬的思想不能改进我们的知识，整个思想史被吸收入科学之中。他完全抹杀科学与非科学之间的界限，并进而鼓吹非理性主义，这些都是极端荒谬的。如果科学与非科学之间的界限、真理与谬误之间的界限都不存在了，那么人类为破除宗教迷信、为战胜愚昧无知而进行的一切努力岂不就成为多余的了。事实并非如此。人类的全部认识史表明，科学是在与宗教迷信的斗争中发展起来的。承认科学与非科学的区别，这是从事科学活动的必要前提。即使是提出一个未曾证实的科学假说，它与宗教迷信之类的蒙昧无知的妄说也是根本不同的。

（四）科学是历史发展的。

人类的认识是从现象到本质，从不甚深刻的本质到更深刻的本质如此深化下去的过程。科学知识作为人类认识的结晶，也必然是无限发展的，科学的发展过程并不是直线式的、单一形式

的：既表现为渐进性的发展，又表现为革命性的发展；既有学科分化的趋势，又有学科统一的趋势。科学发展的总目标是从相对真理走向绝对真理。

任何科学理论都是为了解答实践中提出的特定问题而产生的。而且它们最初都是作为猜想性的假说而提出的。它们的真理性如何，当时是尚未严格检验的。因此，假说形成之后，必须把主观认识见诸于客观实际，通过人类的社会实践进一步给予广泛而严格的检验。

为了检验假说的真理性，那就必须从假说的基本理论观点引申出关于事实的结论，并通过实践活动验证这些有关事实的结论。如果假说所作的推断经过实践验证表明是成功的，那么假说的理论内容就得到了一定程度的或者说部分的证实。如果假说所作的推断经过实践的检验表明是失败的，那也并不意味着假说的理论观点已被证伪。预测失败后所面临的困难，可以通过变更辅助性假说来解决，而不必放弃假说的基本理论观点。问题就在于如何提出新的辅助性假说以及由此所作出的新预测能否被证实。

当研究者为了解答相继出现的疑难问题而不断地更新辅助性假说时，也就是对原来的理论系统进行修改和发展，同时又是不断地作出新预测，不断地接受实践活动的新检验。如果新预测越来越多地被证实，那就表明理论的修正和发展是越来越逼真地描绘着客观现实，越来越接近于客观真理。因而，它与对立假说的竞争能力则在增长着。反之，如果被证实的新预测越来越少，那末它与对立假说的竞争能力则在衰退着，它便接近于被淘汰或暂时被淘汰。因此，从科学发展历史的整体来看，各个假说的检验与假说的发展，其实际的结果就是对立假说之间的竞争与不同假说的历史更替。

总之，科学知识发展的基础是社会实践的发展。科学发展中的最活跃因素就是从实践中提出的新问题和人们对问题作出的新

解答。而问题的转化和假说的修改与更替，最后就表现为科学知识的积累和革命。这样，科学发展就表现为积累性演变与革命性演变的统一。在积累性演变中，以继承某种传统理论为主，不断改善原有的理论，同时也有一定程度的创新；而在革命性变革中，以批判某种传统理论为主，创建新的理论体系，同时也有一定程度的继承。

每一时代的科学知识虽是有限的，但人类实践和人类认识能力的发展却是无限的。世界上只有尚未认识的事物，没有不可认识的事物。因此，科学知识的任何历史局限性都是暂时的，而科学知识的发展则是没有终结，没有界限的。

描述事实的

经验知识

认识是个过程，并存在着不同的认识方式。

科学知识作为人类认识的成果(结晶)，既有经验的知识，又有理论的知识。这两者是通过不同的认识方式与途径取得的，它们在性质上是不同的。然而它们又是互相依存、互相制约而成为统一的体系。

什么是经验知识？凡是对人们亲身观察到的事实作出描述(记录)的都是经验知识。比如，有人通过观察，描述了以下的事实：

有一天早晨，我正在写字，这猿也在这茅屋里。我用眼向它一望，看见它在拿那块肥皂。我在它不知不觉间去留神观察它的举动；它也不时向我坐的地方偷看。我装做在写字的样子，它看到我工作正忙，就用爪拿着肥皂跑开了。当它走到屋内的中间时，我用一种不使它受惊的声调，轻声地对它说话。它一发觉我看到了它，就再走回来，把肥皂放到原处相近的地方……①

① 参阅赫胥黎：《人类在自然界的位置》，科学出版社1971年版，第30—31页。