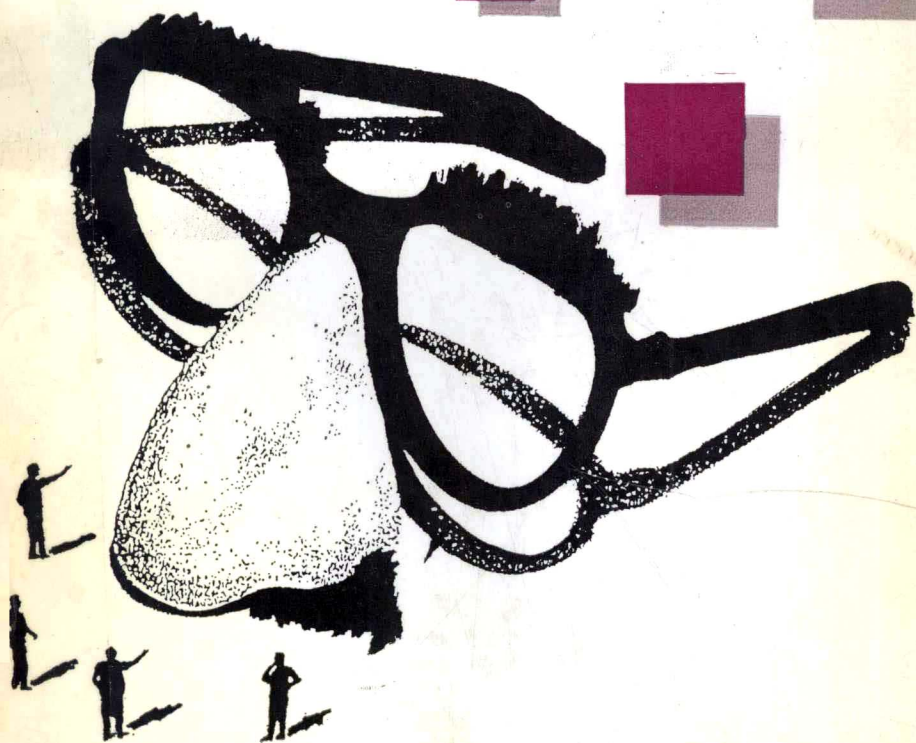


科学技术研究方法论

袁 灿 鲍健强 许为民 编著

浙江大学出版社



科学技术研究方法论

袁 灿 鲍键强 许为民 编著

浙江大学出版社

(浙)新登字 10 号

科学技术研究方法论

袁灿 鲍健强 许为民 编著

责任编辑 陈晓嘉

* * *

浙江大学出版社出版

浙江大学出版社计算机中心电脑排版

杭州富阳何云印刷厂印装

浙江省新华书店经销

* * *

850×1168 32 开 10.5 印张 282 千字

1993 年 10 月第 1 版 1993 年 10 月第 1 次印刷

印数 0001—2000

ISBN 7-308-01298-0/G · 158 定价:5.05 元

前 言

当今,“经济建设依靠科学技术进步”、“科学技术是生产力”、“科学技术是第一生产力”等马克思主义的基本观点,已日益成为人们的共识。我们的注意力已经转向了科学技术如何转化为现实的生产力这一主题并进行探索。我们认为,在现实科学技术向生产力转化的过程中,科学技术方法论的研究应有一席之地。

本书的产生,一方面基于作者多年来对科学技术方法论的教学与研究产生的志趣;另一方面也是受到现代社会经济、科学技术发展潮流的驱动。

在内容的把握上,作者力图涵盖科学研究方法论与技术研究方法论两大领域,把科学研究方法论与技术研究方法论的研究紧密结合起来,以期更好地反映科学与技术发展不可分割的趋势;在立意上,本书在对科学技术研究方法论作出比较全面的阐述的基础上,进而站到科学、技术研究方法论的前沿进行探索,既重视科学与技术方法研究中前沿成果的概括,又关注对科学、技术发展方法前沿成果的哲理思考,以求具有更浓的时代气息。我们认为,深化科学、技术方法论的研究,是必须以科学、技术发展认识论研究的深化为基础的,只有将科学、技术发展认识论的研究贯穿于科学技术方法论的研究之中,才能克服科学、技术方法论研究中的就事论事的思想方法,为此,本书对科学、技术发展认识论的问题也给予一定的重视。

书中第1~3章,由鲍健强执笔;第4~6章,由许为民执笔;第7~12章,由袁灿执笔,最后由袁灿统稿。

由于作者水平有限,所以虽然期望博采国内外众家之长熔于一

炉,但成书之后,仍觉不尽人意。特别是对技术研究方法论部分的撰写,更觉力不从心。在此,我们对为此书写作而直接或间接提供诸多成果与资料的专家、学者、同仁致以深切的谢意,并敬请读者不吝指正。

作者

1992年12月

目 录

第1章 科学研究方法论概述

- § 1.1 科学的发展与科学研究方法演变的历史脉络 (2)
 - 1.1.1 古代科学研究方法的基本特征 (2)
 - 1.1.2 近代科学研究方法的伟大变革 (6)
 - 1.1.3 现代科学研究方法的新特点 (11)
- § 1.2 科学方法论的研究对象、
主要内容和理论体系 (14)
- § 1.3 学习和研究科学研究方法论的意义 (21)

第2章 科学认识与科学方法

- § 2.1 科学认识系统的构成特点 (25)
 - 2.1.1 一般认识与科学认识 (25)
 - 2.1.2 科学认识主体 (27)
 - 2.1.3 科学认识客体 (30)
 - 2.1.4 科学认识主体与客体的关系 (32)
- § 2.2 科学认识的工具——科学仪器和科学方法 (34)
 - 2.2.1 科学认识的硬件——科学仪器 (34)
 - 2.2.2 科学认识的软件——科学方法 (37)
- § 2.3 现代西方科学哲学和科学方法论 (41)
 - 2.3.1 现代西方科学哲学产生的时代背景和演变轨迹 (42)
 - 2.3.2 现代西方科学哲学中几个有启发和
借鉴意义的科学方法论观点 (47)

第3章 科学问题与科研选题

- § 3.1 科学问题是现代科学研究的逻辑起点 (55)

3.1.1	科学问题及其特点	(57)
3.1.2	科学问题的提出或产生的根源	(59)
§ 3.2	科研选题在科学研究活动中的地位	(63)
3.2.1	科研的战略决策——选题	(63)
3.2.2	科研选题的基本步骤	(65)
3.2.3	科研选题的基本原则	(70)
§ 3.3	科学研究项目申报的程序和方法	(74)
3.3.1	科研项目申报的渠道和程序	(74)
3.3.2	科研项目申请表的填写要求和方法	(77)

第4章 科学观察与科学实验

§ 4.1	科学观察方法	(83)
4.1.1	观察方法的历史发展	(83)
4.1.2	科学观察的特点与作用	(85)
4.1.3	科学观察的类型与原则	(87)
4.1.4	科学观察的设计与技能	(91)
§ 4.2	科学实验方法	(92)
4.2.1	实验方法的历史发展	(92)
4.2.2	科学实验的特点与作用	(94)
4.2.3	科学实验的类型与设计	(97)
§ 4.3	观察方法与实验方法讨论	(100)
4.3.1	观察方法与理论思维	(101)
4.3.2	客体与测量仪器的相互作用	(103)
4.3.3	观察的客观性	(105)
4.3.4	观察实验中的机遇	(107)

第5章 科学抽象与逻辑方法

§ 5.1	科学抽象的逻辑思维	(110)
5.1.1	科学抽象及其意义	(110)
5.1.2	科学抽象的逻辑思维	(112)
§ 5.2	比较方法与分类方法	(116)
5.2.1	比较方法	(116)

5.2.2	分类方法	(119)
§ 5.3	类比方法与移植方法	(122)
5.3.1	类比方法	(122)
5.3.2	移植方法	(125)
§ 5.4	分析方法与综合方法	(128)
5.4.1	分析方法	(128)
5.4.2	综合方法	(130)
5.4.3	分析与综合的辩证关系	(132)
§ 5.5	归纳方法与演绎方法	(133)
5.5.1	归纳方法	(133)
5.5.2	穆勒五法及其发展	(135)
5.5.3	演绎方法	(138)
5.5.4	归纳与演绎的辩证关系	(140)
第6章 数学方法与数学模型		
§ 6.1	数学方法的特点和作用	(143)
6.1.1	数学方法的特点	(143)
6.1.2	数学方法的作用	(144)
6.1.3	数学方法的应用条件	(147)
§ 6.2	数学模型的类型及其建立	(149)
6.2.1	概述	(149)
6.2.2	确定现象的数学模型	(150)
6.2.3	随机现象的数学模型	(152)
6.2.4	突变现象的数学模型	(155)
6.2.5	模糊现象的数学模型	(157)
6.2.6	数学建模的一般过程	(159)
§ 6.3	数学方法的发展与革新	(160)
6.3.1	数学方法的发展	(161)
6.3.2	数学方法的革新	(162)
第7章 科学假说与科学理论		
§ 7.1	科学假说	(166)

7.1.1	建立科学假说的一些基本的方法论原则	(166)
7.1.2	科学假说在科学研究中的作用	(170)
§ 7.2	科学理论	(174)
7.2.1	科学理论的基本特征	(175)
7.2.2	科学理论的结构	(177)
7.2.3	科学理论确立的基本条件	(178)
§ 7.3	科学假说向科学理论的转化	(179)
7.3.1	科学假说转化为科学理论必须接受实践的检验	(180)
7.3.2	科学假说转化为科学理论是在“斗争”中实现的	(182)
§ 7.4	科学假说和科学理论的一些方法论问题讨论	(184)
7.4.1	科学假说的“抉择疑难”	(184)
7.4.2	科学假说与科学理论的分界问题	(185)

第8章 创造性思维及其方法

§ 8.1	什么是创造性思维及其方法	(189)
8.1.1	创造性思维及其方法的特点	(189)
8.1.2	创造性思维活动的一些基本形式	(190)
§ 8.2	关于直觉和灵感	(191)
8.2.1	直觉	(191)
8.2.2	灵感	(193)
§ 8.3	科学想象和形象思维	(197)
8.3.1	科学想象	(197)
8.3.2	形象思维	(200)
§ 8.4	创造性思维方法的基本类型和实现创造的基本原理	(207)
8.4.1	创造性思维方法的基本类型	(207)
8.4.2	实现创造的基本原理	(211)
§ 8.5	创造性思维与逻辑思维的关系	(215)
8.5.1	创造思维与逻辑思维的差异	(215)
8.5.2	创造性思维与逻辑思维互补	(216)

第9章 系统科学理论与方法

§ 9.1	系统科学理论与方法概述	(219)
9.1.1	系统科学理论与方法的基本框架	(219)
9.1.2	系统科学理论与方法诞生、发展的历史背景	(220)
§ 9.2	系统科学理论与方法中的	
	系统论、信息论、控制论方法	(223)
9.2.1	系统论、信息论、控制论的基本性质	(223)
9.2.2	系统论、信息论、控制论方法的基本矛盾运动	(226)
§ 9.3	系统论方法、信息论方法、	
	控制论方法的方法论特色	(226)
9.3.1	系统论方法的方法论特色	(226)
9.3.2	信息论方法的方法论特色	(228)
9.3.3	控制论方法的方法论特色	(229)
§ 9.4	系统论方法、信息论方法、控制论方法的应用	(232)
9.4.1	系统论方法的应用	(233)
9.4.2	信息论方法的应用	(237)
9.4.3	控制论方法的应用	(240)
第 10 章	工程技术研究方法论	
§ 10.1	什么是工程技术研究方法论	(247)
10.1.1	工程技术研究方法论是	
	研究工程技术一般研究方法的理论	(247)
10.1.2	工程技术研究方法论的基本研究内容	(248)
10.1.3	学习、研究工程技术研究方法论的意义	(251)
§ 10.2	工程技术研究方法论研究的基本特点	(252)
10.2.1	工程技术一般研究方法的结构模式特点	(253)
10.2.2	工程技术一般研究方法的程序特点	(256)
10.2.3	工程技术研究方法的可行性要求	(257)
10.2.4	工程技术研究方法的综合性特点	(258)
§ 10.3	工程技术(开发)研究的几个方法论原则	(259)
10.3.1	自然规律与社会规律相统一的原则	(260)
10.3.2	需要性与可行性相统一的原则	(260)

10.3.3 经济性与实用性相统一的原则	(261)
----------------------	-------

第 11 章 研究工程技术的一般方法

§ 11.1 工程技术的规划方法	(262)
11.1.1 工程技术研究项目的确定	(262)
11.1.2 系统目标的形成的辨识	(264)
11.1.3 方案的评价与决策	(267)
§ 11.2 工程技术原理的构思方法	(271)
11.2.1 原理推演型	(271)
11.2.2 实验提升型	(272)
11.2.3 原理改进型	(272)
11.2.4 生物模拟型	(273)
11.2.5 移植综合型	(275)
11.2.6 要素置换型	(275)
§ 11.3 工程技术的设计方法	(276)
11.3.1 设计在工程技术活动中的意义	(276)
11.3.2 工程设计的一般方法	(279)
§ 11.4 工程技术的试验方法	(284)
11.4.1 试验方法在工程技术研究中的位置	(284)
11.4.2 试验和实验	(285)
11.4.3 试验的类型与程序	(286)
11.4.4 工程技术试验的两个本质特点	(287)

第 12 章 创造技法

§ 12.1 创造技法的分类	(291)
§ 12.2 提出问题的方法	(293)
12.2.1 列举法	(293)
12.2.2 设问法	(297)
§ 12.3 解法问题的方法	(301)
12.3.1 智力激励法	(301)
12.3.2 联想创新法	(304)
12.3.3 类比创新法	(306)

12.3.4	组合创新法.....	(308)
12.3.5	综摄创新法.....	(309)
§ 12.4	程式化的方法.....	(311)
12.4.1	物场分析法.....	(311)
12.4.2	等价变换法.....	(314)

主要参考文献

认识一位天才的研究方法对于科学的进步，……并不比发现本身更少用处，科学研究的方法，经常是极富兴趣的部分。

——拉普拉斯

●第1章

科学研究方法论概述

随着现代科学技术的迅猛发展，科学技术研究的深度和广度得到了前所未有的扩展。认识自然、改造自然的科学活动已成为现代社会活动的一个极其重要的组成部分。然而，如何才能卓有成效地从事科学研究活动，认识客观世界所蕴含的内在规律和奥秘，是每一个科学研究者首先要遇到的问题。科学发展的历史和现实表明：科学研究方法在科学认识活动过程中具有举足轻重的地位，它为科学的进步提供了有效的手段和指南，并为历代科学家所赏识和重视。

科学是在人与自然的相互作用的过程中形成并发展的，科学研究的方法作为人与自然的相互作用的历史产物，贯穿于科学认识的始终，并随着科学的发展而不断充实、丰富和提高。每当科

学研究的手段和方法获得突破,便常常伴随着科学的飞跃,科学发展速度往往取决于认识主体把握科学方法的程度。因此,一部科学发展史就是一部科学研究方法的变迁史。我们要从总体上认识和把握科学研究方法论,就必须系统地考察科学研究方法发展和演变的过程,从科学发展的历史脉络中,了解科学研究方法在科学进步和科学发现中所起的作用;理解科学研究方法在不同的科学发展历史时期的不同特点;认识一些传统的科学研究方法是怎样在新的历史条件下获得新的内容,以及不同学科领域的具体研究方法是如何被概括、总结、提升成为系统的科学研究方法理论的;特定时代的科学水平和哲学精神,给该时代的科学研究方法和思维方法会带来什么样的影响等等。历史的考察,无疑有助于我们获得对科学研究方法论的认识高度。

§ 1.1 科学的发展与科学研究方法 演变的历史脉络

1.1.1 古代科学研究方法的基本特征

早期人类对自然的敬畏和好奇是科学形成和发展的原因之一。古代的自然科学并没有独立的形态和地位,而是被包容在自然哲学之中。当时,人们对自然的认识主要依靠不充分的观察事实和简单的逻辑推理,直观、笼统地把握自然现象,这种认识自然的方法往往带有强烈的臆想、猜测的特点,有些还掺杂着神话、迷信的色彩。尽管如此,科学仍在这一过程中萌发。

最先从自然的神秘主义中摆脱出来的是古希腊的自然哲学家。面对自然界的千姿百态、千变万化,古希腊的先贤圣哲们坚信:离奇的想像、幼稚的神话,无助于我们认识大千世界,只能带来迷妄和无知。以泰勒斯(约公元前 624~前 574 年)为首的米利都学派首先提出了世界的物质本原问题,力图寻找世界万物的始基。这

种自然观和探索自然内在奥秘的简单而又朴素的方法，深刻地影响了古希腊的自然哲学家，并成为西方科学发展的一种传统。米利都学派带着朴素唯物主义的观点认为万物的始基是水，而赫拉克利特则根据自然现象的变迁，把万物变化的直观形象——火作为物质世界的本原，并肯定万物的运动变化是有规律的，还把这种规律称为“逻各斯”，在古代科学中，古希腊自然哲学家德谟克利特是寻求万物本原过程中最杰出的一位。他提出的原子论至今仍受到科学家的推崇。德谟克利特的原子论认为：世界万物的本原是“原子”。“原子”是一种细小的不可再分割的物质粒子（“原子”一词在希腊文的原义中是“不可分”），是构成一切事物的最小单位。原子论的核心思想是：物质是可分的，宏观发生的过程可以用微观的原子变化加以解释，宏观层次上的质变可以还原为原子层次上的量变。尽管这些思想是通过猜测和直觉获得的，但它对以后科学方法论的发展产生了重大影响。实际上，以牛顿为代表的经典物理学派几乎完全接受了这一思想，并且取得了辉煌的成就。当19世纪末科学最终证实了不同的物质属性由具有不同原子量的原子决定时，人们无不为古希腊原子论者的高瞻远瞩而惊叹，“还原论”的思想方法影响了一代又一代的科学家。

在把具体物质形态作为世界本原的探索的同时，古希腊的毕达哥拉斯学派则把“数”作为万物之源。出于对数的崇拜，毕达哥拉斯认为：世界的基础不是物质，而是抽象的“数”。宇宙是按一定的数量比例构成的“和谐的秩序”，是用数学语言写就的一本书。因此，要认识世界，就要认识支配着世界的数和数量关系。虽然，毕达哥拉斯以“数”为核心的自然观，同样是一种纯粹观念上的臆想，但这种力图通过数学的方法和手段来认识、解释自然的思想，却成为后来自然科学发展中的另一种传统。著名的古希腊哲学家柏拉图是毕达哥拉斯学说的强有力的传播者。一方面他用自己的理念论发展了毕达哥拉斯的数学方法论，另一方面他极端重视和积极倡导数学。在柏拉图学院门口就有这样一个警句：“不懂数学者免

进。”柏拉图认为：科学知识来源于洞见理念世界，而这理念世界是由数和形的理念组成的。科学认识就在于用数学概念的体系去把握自然。由毕达哥拉斯和柏拉图等人发展起来的数学方法论，为自然科学的发展奠定了一块重要的方法论基石。对古代科学方法论的发展作出杰出贡献的另一位自然哲学家是亚里士多德（公元前384～前322）。如果说在他以前的自然哲学家认识自然的方法偏重于直觉、猜测，那么，从他便开始关注逻辑思维的方法，同时还触及到科学方法论的一些核心问题，如科学研究的程序、逻辑，以及科学结构和科学解释等问题。因此，亚里士多德被认为是古代科学方法论的创始人。

亚里士多德通过对科学认识的程序和所应遵循的方法进行认真、详细的研究。认为科学研究的逻辑起点应该是观察。从经验观察开始，通过归纳上升成一般原理，然后，再从一般原理通过演绎获得新的经验观察。这种以经验观察为基础的归纳与演绎相结合的程序，实际上构成了以后科学研究方法论的最基本的理论框架。亚里士多德是最早提出认识过程中感性和理性的关系，并寻求沟通两者关系的学者。在亚里士多德看来，科学的任务在于探明现象背后的原因，而感觉经验不可能提供关于原因的知识，只有理性才能提供这种知识。为此，亚里士多德创立了著名的形式逻辑——三段论，从而给理性在科学认识活动中探明事物原因即获得知识提供了证明工具。三段论实际上是用推理规则的形式表达了“类”和“个体”本质属性间的逻辑的必然关系。科学的发展表明：没有这种有效的推理工具，科学家无法取得对自然的理性认识，一个知识领域也不能成为一门科学。

纵观古代自然科学和科学研究方法的演变过程，我们不难发现以下几个基本特征：

（1）不论是古代自然科学，还是研究方法都是零散的、不系统的。它融合于古希腊自然哲学的庞大的理论体系之中。正如恩格斯所指出的：“在希腊哲学的多种多样的形式中，差不多可以找到

以后各种观点的胚胎和萌芽。”^① 虽然,由于自然科学发展水平的限制,古代科学方法论在很多方面还停留在猜测性思辨阶段,但是,那些处在胚胎和萌芽状态科学方法论的闪光的思想,实际上为近代科学的兴起和发展奠定了方法论基础,同样也为现代科学的勃发提供了方法论的思想源泉。

(2)古代科学方法论的萌发,对早期自然科学的发展有着深刻的影响。古代自然科学的几项最伟大的成就,如原子论、欧几里德几何学、托勒密地心说等,都与当时科学方法论的发展密切相关。原子论的产生来源于对泰勒斯还原论思想和研究方法的崇拜;欧几里德几何学是对亚里士多德逻辑方法的一种实际应用,并且把亚里士多德的演绎推理工具发展成为一种公理化方法,对数学的发展产生了深远的影响。古代天文学成就的标志——托勒密地心说,自觉接受了毕达哥拉斯的数学方法论的思想,从而把天文学建立在数学的基础上,用建构行星运动模型的方法来反映天体运行规律。古代自然科学与科学方法的联系、互动、影响说明:科学研究方法是人们从事科学研究和发现过程中不可或缺的思想武器。

(3)古代科学方法论的局限性。由于知识水平、生产力水平,以及观察实验条件的限制,古希腊的自然哲学家都倾向于唯理主义的认识论,崇尚直觉、思辨、逻辑。轻视经验、轻视归纳。虽然,亚里士多德意识到观察是感性知识的来源,提出归纳——演绎研究程序,但他更热衷于演绎推理研究,他的著作《工具论》主要论述的是演绎法。历史表明:亚里士多德所创立的演绎推理的逻辑方法,一方面推动了古代科学,如数学、力学、天文学的发展,另一方面由于方法本身的一些缺陷,为后来的宗教神学所利用,成为中世纪经院哲学的理论支柱,进而演变成禁锢人们思想的精神枷锁。

^① 《自然辩证法》,第30~31页。