

自然科学研究方法

栾玉广 编著

ZIRAN
KEXUE
YANJIU
FANGFA

中国科学技术大学出版社

自然科学研究方法

栾玉广 编著

中国科学技术大学出版社

1986·合肥

内 容 提 要

自然科学研究工作需要有正确的思想方法作指导。本书从方法论的角度介绍了自然科学研究中的若干成功经验,并力求把它上升到理论的高度。书中着重介绍了科学研究中的选题,搜集资料、观察试验、模拟方法、科学抽象、理想化方法、类比法、归纳法与演绎法,分析法与综合法,逻辑证明方法、数学方法、信息论,系统论与控制论方法,科学假说等内容。同时介绍了机遇、灵感和想象在科学研究中的作用。本书可作为理工科大学研究生、本科生教材,可供科技工作者,科技管理干部使用,对人文科学工作者以及走自学成才的青年读者,也有一定的参考价值。

自 然 科 学 研 究 方 法

栾玉广 编 著

中国科学技术大学出版社出版

(安徽省合肥市金寨路24号)

安徽省巢湖地区印刷厂印刷

安徽省新华书店发行 各地新华书店经售

开本: 850×1168毫米 1/32 印张: 10.75 字数: 268千

1986年9月第一版 1986年9月第一次印刷

印数: 1—10000册

统一书号: 7474·1

定价: 2.30元

前 言

探索自然奥秘和从事技术发明创造，是没有现成的光明大道可走的，因此，科技工作者需要有科学研究方法作指导，以便增强自觉性，减少盲目性，促进早出成果和多出成果。方法正确，往往会收到事半功倍的效果；反之，就会出现事倍功半的情况，甚至失败。研究方法与自然科学的发展和人才的成长关系密切。笔者愿意为攀登科学技术高峰的勇士们服务，把前人创立自然科学研究的一些方法，介绍给读者。

《自然科学研究方法》一书，是笔者自1979年至1985年在给校内外研究生、本科生和校外有关科技工作者进行方法论教学的基础上，并在征求部分学生和有关专家的意见之后，整理而成的。为能适应广大科技工作者的需要，本书采取以史带论、史论结合的方法，在写作上力求注意到理论性、系统性、知识性、思想性、哲理性和趣味性，避免空洞说教。

本书的原材料都是笔者从科技和哲学园地里采集来的，在写作过程中，经常又不得不直接求助于多种专业研究者的著作和文章，许多地方采用了他们的理论、观点和材料。本人只是从整体上，做了一点综合工作。在综合的过程中，虽然也提出和分析了某些问题，阐述了一些见解，可是，由于知识水平和研究能力的限制，这些分析和见解是否有理和有用，还有待于广大读者和学术界的同志鉴定，书中的缺点和错误，恳请读者批评指正。

在本书写作过程中，承蒙中国科技大学孙显元教授和安徽中医学院孙弼纲副教授给予帮助，在此深表谢意。

荣玉广

1986年5月

目 录

前言	(1)
第一章 自然科学研究方法概述	(1)
第一节 自然科学及其研究方法	(1)
第二节 前人注重研究方法的科学	(5)
第三节 掌握科学研究方法的意义	(11)
第四节 学习科学研究方法应注意的事项	(14)
第二章 发现问题和科研选题	(16)
第一节 选题在科学研究中的重要地位	(16)
第二节 发现问题和科研选题的着眼点	(20)
第三节 发现问题和选题应具备的基本素养	(24)
第四节 科研选题应坚持的基本原则	(27)
第三章 搜集资料和积累知识	(33)
第一节 搜集资料和积累知识的重要性	(33)
第二节 从科技文献中获取科研资料	(39)
第三节 到群众和自然界中搜集资料	(47)
第四节 持之以恒, 锐意穷搜	(49)
第四章 观察方法	(52)
第一节 科学观察及其特点	(52)
第二节 科学观察的任务、目的和种类	(53)
第三节 观察方法在科学研究中的作用	(55)
第四节 科学观察常发生偏差的原因	(59)
第五节 科学观察应坚持的基本原则	(62)
第六节 培养和锻炼自己的观察能力	(68)

第七节	观察方法的局限性	(69)
第五章	试验方法	(72)
第一节	试验方法及其一般性作用	(72)
第二节	试验方法在科研中的特殊作用	(74)
第三节	设计实验应注意考虑的问题	(79)
第四节	实验方法的种类	(80)
第五节	要有为科学事业献身的精神去从事科学试验	(83)
第六节	失败、成功两支桨——如何正确对待科学试验 中的失败	(85)
第六章	模拟方法	(89)
第一节	模拟方法及其特点	(89)
第二节	模拟方法的种类	(90)
第三节	创立模拟方法的必要性和可能性	(93)
第四节	模拟方法建立的客观基础	(94)
第五节	模拟方法在探索自然奥秘和改造自然界中的特 殊作用	(96)
第七章	自然科学研究中的机遇	(102)
第一节	机遇及其特点和种类	(102)
第二节	机遇的哲理所在	(104)
第三节	机遇在自然科学发展中的作用	(107)
第四节	要善于发现、识别和捕捉机遇	(110)
第八章	科学抽象方法	(117)
第一节	科学抽象及其形成的客观依据	(117)
第二节	科学抽象在自然科学研究中的重要意义和应坚 持的基本原则	(118)
第三节	科学抽象的过程和具体步骤	(120)
第四节	科学抽象的一般进程和掌握科学抽象的“度” 	(123)

第五节	科学概念形成和发展对自然科学发展有重要作用	(129)
第六节	科学概念要明确和统一	(134)
第九章	理想化方法	(137)
第一节	理想化方法及其创立的必要性和可能性	(137)
第二节	理想化模型的建立及其客观基础	(139)
第三节	理想化模型在自然科学研究中的重要作用	(143)
第四节	理想化实验的建立及其作用	(145)
第十章	类比方法	(150)
第一节	类比方法及其结构和公式	(150)
第二节	类比方法的种类	(151)
第三节	类比方法在科学研究中的重要作用	(155)
第四节	类比方法的客观基础和它的局限性	(160)
第十一章	归纳法和演绎法	(164)
第一节	归纳法及其种类	(164)
第二节	科学归纳法及其种类	(166)
第三节	归纳法在自然科学研究中的重要作用	(171)
第四节	归纳法的局限性及其产生的哲学根据	(172)
第五节	演绎法及其哲学基础和它的结构	(174)
第六节	演绎法在科学研究中的作用和它的局限性	(175)
第七节	归纳法和演绎法的关系	(178)
第十二章	分析方法和综合方法	(181)
第一节	分析方法及其创立的客观基础	(181)
第二节	怎样进行科学分析	(183)
第三节	分析方法在自然科学研究中的作用	(185)
第四节	分析方法的局限性及在运用时注意防止两种不良倾向的产生	(186)
第五节	综合方法及创立的客观基础	(187)

第六节	综合方法在自然科学研究中的作用	(188)
第七节	分析与综合的关系	(189)
第十三章	逻辑证明方法	(193)
第一节	逻辑证明及其结构	(193)
第二节	逻辑证明的种类	(195)
第三节	逻辑证明的作用及其与实践标准的关系	(199)
第四节	逻辑证明应遵循的规则	(202)
第十四章	历史的方法和逻辑的方法	(206)
第一节	历史的东西和逻辑的东西的关系	(206)
第二节	历史的研究方法和逻辑的研究方法的关系	(207)
第三节	掌握逻辑的东西和历史的東西相一致的研究方法的意义	(210)
第十五章	自然科学研究中的想象	(213)
第一节	想象及其种类	(213)
第二节	想象形成的客观基础	(216)
第三节	想象在科学发现和技术发明中的作用	(222)
第四节	培育和锻炼人的想象力	(227)
第十六章	自然科学研究中的灵感	(230)
第一节	灵感是一种创造性的思维	(230)
第二节	灵感产生的基础	(231)
第三节	长期的巨大的艰苦劳动与灵感之间的辩证关系	(235)
第四节	灵感是迅速而严密逻辑思维的一种结果	(237)
第五节	灵感产生的生理机制	(239)
第十七章	数学方法	(242)
第一节	数学方法及其特点	(242)
第二节	数学方法的类型	(245)
第三节	数学方法在科学研究中的作用	(249)

第四节	提炼数学模型的一般方法	(253)
第十八章	信息论方法	(257)
第一节	信息及其特点	(257)
第二节	信息论、信息科学和信息方法	(262)
第三节	信息方法中的反馈和反馈方法	(265)
第四节	信息方法在自然科学研究中的作用	(269)
第十九章	系统论方法	(275)
第一节	系统和系统观念	(275)
第二节	系统论、系统科学和系统方法	(279)
第三节	系统论方法在自然科学研究中的作用	(282)
第四节	系统工程的理论和方法	(288)
第二十章	控制论方法	(291)
第一节	控制和控制论	(291)
第二节	控制论方法及其特点	(293)
第三节	控制论方法的创立和发展	(296)
第四节	控制论方法在科学研究和生产中的作用	(300)
第二十一章	由科学假说到真理	(303)
第一节	科学假说及其特点	(303)
第二节	创立科学假说是研究工作的客观需要	(304)
第三节	科学假说的形成和评价	(307)
第四节	科学假说在自然科学发展中的作用	(310)
第五节	由科学假说到真理是复杂过程	(312)
第六节	要正确对待错误的科学假说	(313)
第二十二章	撰写科技论著的基本方法	(317)
第一节	撰写科技著作的基本方法	(317)
第二节	撰写科技论文的基本方法	(326)
第三节	撰写学术论文的基本方法	(328)
主要参考文献		(333)

第一章 自然科学研究方法概述

第一节 自然科学及其研究方法

一、自然科学研究的对象、任务和目的

自然科学包括科学理论和技术两大基本部分。自然科学是人类生产实践和科学实验经验的概括和总结，是人类征服自然的知识结晶，是关于自然界各种事物和现象的性质及其发展规律的科学。它以物质自然界为研究对象。自然科学研究的任务：一是对未知的自然领域进行探索，以揭示和掌握自然事物和现象的性质及其规律性，这就是人们所说的基础理论研究；二是研究如何把科学理论的研究成果应用于实际，解决社会实践中所提出来的理论和技术问题，研究如何把科学理论这种知识形态的生产力转化为生产技术、物化为直接的物质生产力的途径和方法，这就是应用研究、技术开发研究、发展研究、产品试制和推广研究。

研究自然科学的根本目的是为社会实践服务，尤其是为生产实践服务，以便于人类更有效地去认识自然界和改造自然界，使人类一步一步地从必然王国走向自由王国。

为了完成自然科学的研究任务，实现这一崇高的目的，在进行探索的过程中，总要运用一定的研究方法。

二、研究自然科学需要有正确的研究方法

所谓自然科学研究方法，就是人们为了完成研究的任务，达到预期的目的，所采取的各种手段和进行的步骤。探索自然界的奥秘同研究社会发展规律一样，也必须要有正确的研究方法作为手段，才能有效地进行。探求未知的自然领域的秘密，既没有现

成的答案可循，又没有光明的大路可走，需要自然科学工作者在黑暗中摸索前进，是在崎岖小路上攀登。因而靠乱碰乱撞是不行的，要求有科学的研究方法作指导。否则，就象坠于烟海迷雾之中，找不到正确的前进方向，无从下手。

人们在认识世界和改造世界的实践中，亲身体会到，无论做任何事情，都需要有一定的方法。如果方法正确并对头，就会收到事半功倍的效果。相反地，如果方法不正确、不对头，就会出现事倍功半的情况，甚至失败。关于方法问题的重要性，毛泽东曾这样说过：“我们的任务是过河，但是没有桥或没有船就不能过。不解决桥或船的问题，过河就是一句空话。不解决方法问题，任务也只是瞎说一顿。”^①这一科学论断对于自然科学研究工作同样适用。正确的研究方法，不仅有助于自然科学的发展，并且对于自然科学研究人员才能的发挥，也有着重要作用。

关于掌握科学研究方法的重要性，许多科学家早有论述。例如，俄国的生理学家巴甫洛夫曾指出：“初期研究的障碍，乃在于缺乏研究法。无怪乎人们常说，科学是随着研究法所获得的成就而前进的。研究法每前进一步，我们就更提高一步，随之在我们面前也就开拓了一个充满着种种新鲜事物的，更辽阔的远景。因此，我们头等重要的任务乃是制定研究法。”^②

进行科学研究，怎样才能发现和正确地选择研究课题？通过哪些方法去搜集和积累科学研究资料？如何进行科学观察、试验和模拟？对所获得的大量而丰富的科学研究资料如何进行加工制作呢？怎样撰写科技论著和学术论文？等等，每一步都要运用科学研究方法。

三、自然科学研究方法是人们在实践中创造出来的

科学的研究方法不是自古以来就有的，也不是永远不变的，

注：①《毛泽东选集》第一卷，人民出版社，1957年，第134页。

②《自然辩证法讲义》，人民教育出版社1979年，第235页。

而是人类在自然科学长期发展的实践中逐渐创造出来的，并将随着科学研究实践的发展而发展。不但使已有的科学研究方法逐步完善和系统化，而且还会不断创造新的研究方法。新的科学研究方法的创立，使科学研究工作得以顺利地地进行，促进了自然科学的发展。

自然科学的生命在于创新，创新是科学发展的前提。在创新的过程中，根据研究工作实践的需要，人们创造出各种不同的研究方法，以便于揭示各种各样的自然事物和现象的奥秘。对此，我们可以从科学发展的历史事实中得到说明。例如，欧几里得（约前330—约前275）创立了公理化的数学方法，使演绎方法得到应用和发展。伽利略（1564—1642）研究天文学、物理学等，并在取得重大成就的同时，创立近代实验方法，并把数学方法运用于这些门科学的研究中，为开创近代科学的研究工作作出了不朽的贡献，影响深远。瑞典的生物学家林耐（1707—1778）在制定生物分类系统的过程中，创立了分类方法，等等。每一项科学研究成果的取得，都要运用一定的研究方法。而每一项重大的科学理论或技术的突破与新的研究方法的创立，往往是伴生的。

在自然科学发展的不同历史时代，有不同的研究方法。在古代，由于生产力和自然科学发展的水平低下，科学实验还没有从生产实践中分化出来，只是在古代的后期，在局部领域内才开始出现了，这以阿基米德的杠杆试验和浮力试验等为主要标志。而在近代和现代，实验方法成为极其重要的科学研究方法，并已成为一项独立的社会实践活动。在现代，控制论、信息论和系统论不仅作为科学研究方法被创立，并且还被人们作为新学科去研究，它们成了现代方法性的科学技术。

就是在同一个时代，在同一个学科中，不同的科学理论家和技术专家，他们所创立和应用的研究方法也不完全一样，没有固定的模式。同一种研究方法，在自然科学发展的不同的时代里，

它的内容和作用也不同。如观察方法，在古代人们就广为运用，可是，在那个时代里，还没有发明出有效的观察仪器，古人只能全靠肉眼进行观察，因而观察的内容和范围极其有限。然而，到了近代和现代情况就不同了，生产力和科学技术发展的越来越快，人们研制出各种各样的观察仪器和设备，虽然同是运用观察方法，但是，观察的内容、范围和作用却大不相同了。

四、自然科学研究的一般方法

在本书中，我们着重研究和介绍科学研究所运用的一般方法的特点及其作用。关于科学研究一般方法的分类问题，目前有这样的不同分法：

一种是根据研究方法适用范围的大小和概括的程度来划分，分为三类：一类是适用于一切科学（包括自然科学、社会科学和思维科学）的最普遍的研究方法，这就是哲学方法和逻辑方法；二类是适用于各门自然科学的一般研究方法，例如，观察、试验（实验）、模拟、移植、仿真和数学等等方法（广义的观察、试验和数学等方法，研究社会科学也需要）；三类是适用于某一门或某几门自然科学的特殊研究方法。例如，在地质学中，“将今论古”的方法，地层学的方法，同位素年龄测定法；在生物学研究中，用解剖的方法，研究动物体的构造和功能的关系。

这三类研究方法之间的关系是：哲学方法是最根本的方法，它是研究各类方法的理论基础和指导思想；逻辑方法是加工科学研究资料、论证问题等普遍适用于各门学科的具体思维工具；而其它种类研究方法的发展，反过来又会丰富和发展哲学方法，使逻辑方法的内容得到充实和提高。

另一种是根据人类认识过程的发展顺序和深度的不同来划分的。大体上划分为两类：一类是获取感性经验材料的基本方法。这主要有科学观察、试验、模拟、调查、等等；二类是加工科学研究资料和作出科学结论的基本方法。这主要有：科学抽象方

法、各种逻辑方法、想象和灵感、数学方法、科学假说，等等。很显然，在这种分类中，哲学方法是贯彻于其中，是灵魂。这两种划分的方法，只是划分的标准不同，实质上没有太大的差别。本书所要研究和介绍的主要是第二种划分的全部内容。

第二节 前人注重研究方法的科学

在自然科学发展史上，有许多著名的专家、学者总是把科学研究方法看作是打开更深、更丰富知识宝库的钥匙和攀登科学技术高峰的阶梯。随着自然科学的发展，自然科学研究方法不断地被创立和发展。伴随着一部自然科学发展史，同时也是一部自然科学研究方法的创立和发展的历史。事实上，自然科学理论上的每一项重要发现和技术上的重大发明，同时也是科学研究方法的胜利。有一些哲学家和自然科学家，为了寻求有效的科学研究方法，专门对方法的科学本身进行了深入地研究，从而也为人类的知识宝库增添了新的财富。

一、古代的自然哲学研究方法

在古代，首先发展起来的是天文学、力学和数学。那个时代的天文学，则是建立在肉眼直观基础上的天体观测和天文历法；力学主要是研究水的浮力、杠杆、斜面和滑轮等的静力学以及研制简单的机械，主要是运用试验方法进行研究；数学主要是初等数学，其方法主要是运用常量数学方法和公理化方法。

就整个古代来说，自然科学研究方法的主要特点，是用肉眼直接观察，从整体上加以猜测，对一些自然之谜提出总的看法。古代的一些学者，对这一历史时期的科学研究方法，进行概括和总结，并初步建立起方法的科学理论体系。古希腊的自然哲学家德漠克利特（公元前460—370），把逻辑问题作为研究对象，并写出专著《论逻辑》，在书中，他论述了归纳、类比和假说等研究方法。他认为：认识就是对个别自然事物的直接观察所得来的

经验，逐步上升到理性认识；而逻辑就是认识的工具。

古希腊的博学家亚里士多德（公元前384—322）对科学研究方法本身进行了专门研究，创立了形式逻辑学。他关于方法的科学的研究成果，被后人集为专书，叫做《工具篇》（又译作《工具论》）。在书中，亚里士多德对演绎法进行了深刻的研究，他认为逻辑学是认识真理和论证真理的工具。三段论式的演绎推理和证明方法，是亚里士多德首先创立的。

数学方法在四大文明古国也早已出现，并得到了应用。欧几里得几何学体系和公理化方法的建立，就是其代表。从资料记载和所取得的卓越成就来说，实验方法应为阿基米德所创立。

因为在古代，自然科学和哲学不分，它们都包括在称为自然哲学的体系中。因而自然科学的研究方法也包括在统一的自然哲学体系中。所以我们将这个时期的自然科学研究方法概括为自然哲学研究方法。

二、近代前期经验自然科学研究方法

在近代前期（15世纪下半叶至18世纪中叶），随着资本主义生产的发展，科学实验从生产中分化出来，并得到发展。这个时期的自然科学是建立在实验的基础上的，人们称之为实验科学。它的特点是：分门别类地进行广泛地搜集和积累经验材料，在此基础上分门别类地进行分析研究。人们把这一历史阶段的自然科学称为经验的自然科学。

近代实验方法的开山祖师是以伽利略为代表的，而从哲学方面进行概括和总结的，则是弗兰西斯·培根（1561—1626），马克思称他是实验科学的创始人。培根强调实验和科学的重要性，提出“知识就是力量”的至理名言和响亮的革命口号，他认为，取得知识的主要工具是实验，其加工经验材料的主要方法是归纳法，并对归纳法进行了深入的研究，将其研究成果写成方法论的专著《新工具》。

在这个时期研究科学方法论的代表人物，我们要推举培根。因为他的研究成果及其专著《新工具》，在自然科学史上起了重要作用，他关于自然科学和方法论的重要论述，直到今天人们读起来，仍有很大的教益，有的还被人们当作格言去奉行。培根的思想及其研究成果，对后来自然科学发展的影响是深远的。

培根强调归纳法的作用，在《新工具》一书中，他论述了求同法、差异法和共变法等这三种具体的归纳法。他对亚里士多德只重视理论思维而轻视实验，只强调演绎法的重要性而忽视归纳法的作用，进行了批评。为了把他的关于方法论的理论和观点与亚里士多德的《工具论》区别开来，培根把自己关于方法论的著作起名叫做《新工具》。

实验方法和归纳法是近代前期经验自然科学发展时期科学研究的主要方法，但是，不是唯一的，其它的研究方法在这一历史时期也有了不同程度的发展。例如，法国的哲学家和数学家笛卡儿（1596—1650），把他研究方法论所取得的成果写成专著《科学中正确地运用理性和追求真理的方法论》，简称《方法论》，在该书中，他强调了演绎法和数学方法的作用，并指出：从不可怀疑的和确定的原理出发，用类似数学推演的方法进行论证，可以取得对自然事物的认识。

笛卡儿在科学研究方法方面的研究成果，对于哲学和自然科学的发展都有较大的影响。他的《方法论》是集古代以来演绎法研究成果之大成，日趋系统化；他的数学方法由于解析几何学和微积分学的创立而发展到新水平。分类和科学假说等方法，在这个阶段也有发展。

虽然在近代前期，演绎法、数学方法等也得到了应用和发展，可是，实验方法和归纳法是经验自然科学时期的主要研究方法。因此，我们把这一历史时期的科学研究方法称之为经验的自然科学研究方法。这样，可以反映出近代前期自然科学研究方法

的主流。

三、近代后期理论自然科学研究方法

在近代后期（18世纪中叶至19世纪下半叶），由于资本主义大机器工业的发展，不但提出了愈来愈多的研究课题要人们去研究，而且还为观察、实验等提供了仪器、设备及其它物质手段，促进了各门自然科学的迅速发展。到这个时期，许多门自然科学出现了一系列重大突破，并且积累了比较丰富的经验材料。

在天文学方面，康德（1724—1804）于1755年出版了《宇宙发展史概论》，拉普拉斯（1749—1827）于1796年出版了《宇宙体系论》，在这两部书中，他们提出了关于太阳系天体起源的星云假说，用唯物辩证的宇宙发展论批判了唯心主义形而上学的宇宙不变论。

在地质学方面，莱伊尔（1797—1875）于1830年出版了《地质学原理》一书，在书中论述了地球缓慢变化的渐进论思想，并提出了“将今论古”的地质学研究方法。

在物理学方面，由于能量守恒和转化定律的发现，把无机界的各种物质运动形式统一起来了，证明过去认为无机物之间没有联系的观点是错误的。

在化学方面，道尔顿（1766—1844）科学原子论的创立、维勒（1800—1882）人工从无机物合成了有机物尿素、门捷列夫（1834—1907）发现了化学元素周期律，等等。这一系列的科学成就，把化学元素、无机物和有机物统一起来了，雄辩的事实驳斥了人们原来认为无机界和有机界之间存在着不可逾越的鸿沟的错误观点。

在生物学方面，1838年，德国的生物学家施莱登（1804—1881）和施旺（1810—1882）创立细胞学说。英国的生物学家达尔文（1809—1882）创立了科学的生物进化论。细胞学说和生物