

科学研究方法

丁安民 宫福满 主编

煤炭工业出版社

科 学 研 究 方 法

主 编 丁安民 宫福满

副主编 谢定均 窦纪平

煤炭工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

科学研究方法 / 丁安民 宫福满主编. —北京: 煤炭工业出版社, 2000.3

ISBN 7-5020-1870-0

I. 科… II. 丁… III. 科学研究-研究方法
IV. G312

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2000) 第 02605 号

科 学 研 究 方 法

主 编 丁安民 宫福满

副主编 谢定均 窦纪平

责任编辑: 孙金铎 田克运

*

煤炭工业出版社 出版发行

(北京朝阳区霞光里 8 号 100016)

焦作工学院印刷厂 印刷

*

开本 $850 \times 1168 \text{mm}^{1/32}$ 印张 $7\frac{3}{4}$

字数 208 千字 印数 1—3,500

2000 年 3 月第 1 版 2000 年 3 月第一次印刷

社内编号 4641 定价 18.50 元

版权所有 违者必究

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题, 本社负责调换

前 言

科学技术的发展与应用，关系到一个国家、民族和地区的兴盛和繁荣，因而正受到各国人民的重视。我国正在进行的社会主义现代化建设事业，科学技术是发展的关键。在这个关键之中，如何培养出高质量的科学研究人才，是首要的一环。在长期的科学研究及管理工作中，作者深刻地体会到，科学研究是一项系统性很强的工作，在事关科研工作成败的诸因素中，掌握一套正确的科学研究方法是最重要的，即使有了价值很大的科研选题，若没有正确的研究方法，也不能取得最终成果。关于科学研究的方法问题，前人多有论述。近年来，作者以前人的论述作为理论基础，对科学研究方法问题进行了较系统的研究。我们的指导思想是除了要从哲学的角度对科学研究方法进行一些初步探讨外，重点是通过对外人成功经验的分析，提炼出一整套具体实用的科学研究的基本方法，尤其要突出研究方法的实用性。因此，在本书的写作中，我们力求在体例上做到明确而不庞杂，在论述上做到深入浅出，在对前人经验的分析时做到准确恰当，总之，目的是让读者易读、易懂、易用。

本书由丁安民、宫福满主编，副主编为谢定均、窦纪平。其中第一章、第二章、第八章由宫福满撰写，第三章、第五章由丁安民撰写，第四章、第六章、第九章、第十二章由谢定均撰写，第七章、第十章、第十一章由窦纪平撰写。本书的统稿由丁安民

与宫福满共同负责。

在本书的编写过程中，参阅了很多前人的文献，已在书后的参考文献表中列出。有些事例则直接引自前人的著述，在此作者对原著者表示诚挚的谢意。因时间有限及作者水平的制约，书中可能会有疏漏，敬请读者批评指正。

编 者

2000-01-27

目 录

第一章 概论	(1)
1 科学研究方法的重要性	(1)
2 科学研究方法的历史考察	(4)
3 科学研究的基本程序	(9)
第二章 科学思维	(16)
1 辩证的理论思维	(16)
2 创造性思维	(21)
3 直觉思维	(28)
第三章 科研选题	(34)
1 科研选题的重要性	(34)
2 科研课题的种类	(37)
3 科研选题的要求	(40)
4 科研选题的基本方法	(44)
第四章 科学假说	(55)
1 科学假说的重要性	(55)
2 科学假说的特征	(57)
3 科学假说提出的原则	(61)
4 科学假说提出的一般过程	(63)
5 科学假说提出的方法	(69)
第五章 科研计划与课题申报	(72)
1 科研计划的种类	(72)
2 制订科研计划中的信息搜集	(74)
3 制订科研计划的指导思想及原则	(86)
4 科研计划的主要内容	(89)
5 科研课题的申报方法	(95)
第六章 科学观察	(101)
1 科学观察的基本要求	(101)

2	科学观察的类型	(103)
3	科学观察的方法	(105)
4	科学观察的一般过程	(109)
第七章	科学实验	(114)
1	科学实验及其重要性	(114)
2	科学实验的作用	(117)
3	科学实验的种类	(121)
4	科学实验的要素及结构	(129)
5	科学实验的准备	(131)
第八章	科学资料与数据的整理与分析	(134)
1	科学判断	(134)
2	归纳与演绎	(139)
3	分析与综合	(144)
4	比较与分类	(160)
第九章	科技成果的鉴定	(179)
1	科技成果鉴定的作用	(179)
2	科技成果的种类	(180)
3	科技成果的鉴定程序	(182)
第十章	科技成果的奖励	(190)
1	科技成果奖励的作用	(190)
2	科技成果奖励的种类	(191)
第十一章	科技成果市场化与技术合同	(217)
1	科技成果的转化与技术市场	(217)
2	技术经营的一般形式	(218)
3	技术合同	(220)
第十二章	科技论文的写作	(224)
1	科技论文的概念及基本类型	(224)
2	科技论文的基本格式	(226)
3	科技论文的写作要求	(233)
4	科技论文写作的一般程序	(235)

第一章 概 论

科学研究是探索未知领域的实践，因而要求有严密、科学的工作方法。科学研究方法就是探索事物规律及本质的途径和程序，就是为研究某一问题所采用的手段、途径、工具和方式的总和。

1 科学研究方法的重要性

科学研究的方法，在科学研究工作中十分重要，它是关系到科学研究成败的关键。世界上凡是有卓越成就的科学家，对于科学研究的方法都十分重视。

俄国大科学家巴甫洛夫说：“科学是依赖于方法的进步程度为推动而前进的。这句话并不假。方法每前进一步，犹如人们每上升一个台阶一样，它会为我们展开更广阔的视野，因而看到前所未见的现象。正因为如此，所以拟定方法是最首要的任务。”他把正确的科学研究方法看成是科学研究的首要任务。法国科学家贝尔纳说：“良好的方法能使我们更好地发挥运用天赋才能，而拙劣的方法则可能阻碍才能的发挥。因此，科学中难能可贵的创造才华，会由于方法拙劣而被削弱，甚至被扼杀；而良好的方法则会增长、促进这种才华，把才能与发挥才能的桥梁联系起来。”一个有才能的人，如果没有正确的科学方法，也不会在事业上有所成就。法国数学家笛卡尔又进一步分析道：“没有正确的方法，即使有眼睛的博学者也会像瞎子一样盲目摸索。”科学大师爱因斯坦尤其重视科学研究中的方法。爱因斯坦介绍取得科学成功的秘诀时，写了一个公式： $A=X+Y+Z$ ，并解释说， A 代表成功， X 代表艰苦的劳动， Y 代表正确的方法，而 Z 则是少

说空话。

世界上许多科学家，由于重视科学研究方法，他们发挥了聪明才智，创造了许多独特的方法，从而对科学事业做出了巨大贡献。牛顿(1642—1727)的万有引力定律的发现，是由于他采用了计算推导的方法得到的。富兰克林为了研究电学理论，于 1785 年夏天做了一次铁风筝试验，搞清了电学理论。我国著名的地质学家李四光，打破了地质研究的常规方法，创造性地把力学方法移植到地质学中，创立了一门独立的地质力学新学科。他还创造性地把模拟实验方法应用到构造地质学中，为我国东部地区发现了大油田。科学研究方法的重要性主要体现在以下几点。

1.1 科学研究方法是科学研究水平的标志

科学研究水平的高低可以用科学研究成果来体现，但更重要的还是以研究方法来衡量。因为方法的进步与否，决定着研究的成果。

在古代，人们只会用观察的方法进行科学研究，凭感觉器官来认识世界。观察法有很大的局限性，只能对现存的客观事物进行观察，对已过去的或尚未表现出来的特征和现象，观察法毫无办法。由于它是一种被动的认识世界的方法，因而认识世界的过程长，得到的成果也少。如今，已出现了实验的方法，模拟的方法，可以创造特殊的条件，使研究对象在常态下难以表现出来的特征表现出来，扩大了人们对事物认识的广度和深度。利用模拟可以视通万里，使数十亿年前的现象再现，对事物未来发展进行预测。先进的研究方法，使人类从被动认识世界走上了主动认识世界的道路，加快了科学研究的速度。有人粗略地统计，最近 10 年间科学技术的发明与发现，比过去 2 000 年的总和还要多。未来 10 年，要比过去 10 年翻一番。

1.2 科学研究的新方法是开辟研究新领域的先导

科学研究的发展过程，可以简要地归纳为设想—方法—实验

一成果几个阶段。要实现某一研究的设想、假设及假说，首先要解决研究方法，然后才能开展实验研究。因此，要想取得新的研究成果，必须要有新的研究方法。

大量事实证明，新方法诞生在新成果之前，它是开辟研究新领域的先导。荷兰科学家列文虎克，在当学徒时，业余时间爱磨制镜片，结果发明了显微镜。显微镜成了揭开微观世界的金钥匙，开创了微生物学、生物解剖学的新天地。富兰克林用铁风筝的方法，做了闻名世界的天电传蓄研究。光谱分析法在天文学上的应用，登上了天文学的新高峰，弄清了外星球的结构、化学元素、质量和温度等许多重大问题。模拟方法的出现，使科学研究插上了翅膀。无论是大气环流、新型飞机、大型水库的水坝、轮船、地面上的防护林，还是地震、滑坡及生物起源研究等等，都可在模拟中取得数据和成果。

1.3 科学研究方法是决定研究成败的关键

没有正确的研究方法，科学研究就不能开展，即使假说是正确的，由于得不到验证，也不能上升为理论。有了正确的方法，假说才能得到验证，研究才能成功。

远离地球以外的星球，人们可以用望远镜、数学运算来了解它的运行轨道及大小，但对其化学成分、温度等方面的内容却无法了解，不少人也想解开这个谜，但无法解开。1830年，法国哲学家孔泰武断地说：人类永远无法了解天体化学成分和矿物结构。30年之后，英国科学家沃拉斯顿开始用光谱分析法分析太阳元素，终于实现了人们长期以来了解行星构造、密度、温度等的愿望。通过这一研究，还发现了地球上没有的元素氦。后来，人们才在铀矿中找到了这种元素。原子结构太神秘了，要攻克这一难关实在无从下手。卢瑟福为解决这一特大难题，找到了良好的办法。在他的助手盖革协助下，设计了一个特殊的仪器(盖氏计数器)，终于攻下了原子结构这一特大难关。

1.4 科学研究方法可帮助科技工作者提高逻辑思维能力

科学研究方法是唯物主义辩证法在科学研究中的应用，是人们认识客观世界的程序和方法。这个方法运用的过程，是提高科技工作者逻辑思维能力的过程。同时对科技工作者分析能力、综合能力的提高，都是十分有益的。

2 科学研究方法的历史考察

科学研究方法的发展过程，和人类社会发展的过程相似，都经历了从低级向高级逐渐发展的不同阶段。它的历程大体可以划分为古代、近代和现代三个时期。

2.1 古代科学研究的方法

古代(公元前~14 世纪)是人类社会的奴隶社会和封建社会时期。由于生产比较落后，人们对世界的认识能力还很低，科学研究及科学研究的方法处于萌芽状态。这时科学研究的主要方法是观察法、归纳法和演绎法，同时试验和实验的方法也开始出现。

2.1.1 观察法

人类自出现之日起，每时每刻都在与自然接触，观察世界是人类最早认识世界、适应环境和从事生产劳动的一种方法。把感性认识逐渐总结成经验和知识，且把这种知识和经验运用到生产活动中去。这时天文观察、气象观察、生物观察和社会观察还处在初级阶段。

尽管观察还处在萌芽阶段，但这种方法应用的很广泛，并取得了很大成绩。在我国的秦、汉之前，已广泛开展了天文、地理、气象、生物的观察与观测。二十四节气就是天文、气象、生物三者观察观测综合之大成。这一观测以太阳在黄道上的位置，将全年划分为二十四个节气。其中有的节气是以天文观察命名，如夏至、冬至、春分、秋分等；有的节气是以气象观测命名，如雨水、清明、大暑、小暑、处暑、白露、寒露、霜降、小雪、大雪、小

寒、大寒等；有的节气是以生物物候观察命名，如惊蛰、谷雨、小满、芒种等。在国外，观察法使用的也很早，古希腊的“四元素说”就是观察的总结。希波克拉底学派研究胚胎的学者们，就建议通过每天打破一个鸡蛋去观察孵化小鸡的过程。

2.1.2 归纳与演绎法

古代观察方法的开展，推动了思维方法的产生，把大量的观察结果进行综合，就成了归纳法；由归纳上升为经验，再由经验推出一般，这就是演绎。古希腊唯物主义哲学家德谟克利特写了《论逻辑》一书，他首先研究了归纳问题；古希腊科学家亚里斯多德写了《工具论》一书，阐述了形式逻辑的基本规律，研究了演绎法，首先提出了演绎推理的“三段式”。他把观察—原理—观察的认识论过程，划分为两个阶段。前一阶段为归纳法，后一阶段为演绎法。我国二十四节气的总结与应用，就是对归纳法和演绎法的运用，可惜当初没有把这一研究方法总结出来。

2.1.3 实验(试验)法

实验(试验)的方法，比观察法更前进一步。实验不仅可以发现自然规律，而且是进行发明、创造的途径。

实验法在我国开展很早。古代，人们为了找到“点石成金”的法术和寻找长生不老的妙方，进行了炼丹的实验。东晋著名炼丹家葛洪，通过实验，发现了化学反应的可逆性，他把丹砂（硫化汞）加热后，炼出水银；水银和硫磺化合，又能得到丹砂。炼丹家们实验的内容很广泛，他们把硝、硫、炭三种物质在一起实验，结果发生了一次重大爆炸燃烧事故，造成了一次灾难。这次事故为若干年后火药实验的成功点起了一盏明灯。

在古希腊，亚里斯多德对孵化中的鸡蛋做过多次解剖实验，为当时实验研究方法的一个范例。在实验中，他不是消极地等待小鸡胚胎发育的整个过程，而是采用了人为干预，使实验开始在人为干预下进行。

浮力的实验，也是古代研究法的一大成就。2 000 多年前，有个国王让阿基米德鉴定王冠是否纯金做成的。为了解决这一难题，阿基米德日夜苦思冥想，也没有找出办法。在一次沐浴时，他跳进浴缸，看到水面上升并溢出缸外。这一现象勾起他对浮力实验的思索，最后发现了浮力定律。我国三国时期，曹冲称象也是采用了浮力的方法，但由于没有继续研究，没有形成系统的理论。

2.1.4 假说

在古代，由于科学及研究方法落后，人们对天文学知识及对宇宙的奥秘了解甚少。为解释自然现象，就出现了假说。例如，古希腊当时就提出了天体运动是均匀的圆周运动的假说。这一假说一直到近代还控制着天文科学的理论。

古代的观察法、归纳法、演绎法、实验法和假说法等，虽然还不够系统完整，但对科学及科学研究的发展起到了有力的推动作用，对现代科学也有深刻影响。

2.2 近代科学研究的方法

近代（15~19 世纪）科学研究方法是从 15 世纪后半叶开始的。随着生产的发展及工业的兴起，特别是近代辩证唯物主义的产生，使欧洲出现了科学革命，科学和科学研究法也随之有了很大发展。

在这一时期，由于生产和科学技术的发展，相应地出现了许多有名望的科学家。例如达·芬奇、伽利略、弗·培根、耐普尔、笛卡尔、牛顿、莱布尼茨、波义耳、孟德尔、林奈、赖尔、达尔文、门捷列夫等，他们在科学研究及科学研究方法上都做出了伟大的贡献。19 世纪还出现了一批杰出的哲学家，如黑格尔、马克思、恩格斯等，提出了对各门学科都具有普遍指导意义的哲学方法。特别是恩格斯的《自然辩证法》一书，对科学研究法进行了全面的总结和论述。在这一论著中，他对观察方法、实验方法、

数学演绎方法、假说方法、分类方法、比较方法、归纳和演绎方法、分析和综合方法、抽象和具体的方法、历史和逻辑的方法以及理想化的方法等，都有论述和说明。恩格斯对于科学方法的论述，对于科学研究及科学研究方法具有重要的意义。

近代科学研究方法的发展主要表现在以下几个方面。

2.2.1 观察方法的发展

17 世纪以来，随着伽利略发明望远镜和列文虎克发明显微镜，给观察法开辟了新的天地。在天文学上，人们可以清晰地观察月球表面，可以发现大量的星体，大大地延伸了对宇宙的观察范围。在微观世界方面，揭开了微生物学、细胞学和生物微观解剖学的帷幕，使观察法由人体感觉器官的直接观察发展到了借助于仪器来认识世界的先进的观察方法。

2.2.2 实验方法的发展

在古代，实验仅处于萌芽状态，并没有得到广泛应用。近代，由于科学研究的大量实践，实验的方法已经成了科学研究的基本方法，得到了广泛的应用。达·芬奇指出，实验是一切从事研究自然现象所必须遵循的方法。后来，伽利略和笛卡尔等人通过研究，把观察、实验和数学演绎等方法结合起来，使实验的方法更加科学、可靠，达到了比较成熟的阶段。伽利略就是利用这种实验方法，发现了自由落体定律和惯性原理。

在生物学方面，奥地利遗传学家孟德尔进行了豌豆杂交试验，为杂交育种开辟了新的研究方法。直到目前，杂交方法仍然是遗传育种工作者使用的主要手段之一。

在这个时期，人们已经认识到实验的基本特征是可以人为控制的。弗·培根曾写道：自然的奥秘也是在技术的干扰之下比在自然活动时容易表露出来。目前的科学研究，其实验方法多是在模拟自然的特殊条件下进行的。

2.2.3 数学方法的应用

实验中的数学方法开始于 17 世纪。1614 年耐普尔提出了对数算法, 1637 年笛卡尔创立了解析几何, 接着牛顿和莱布尼茨分别创立了微积分。有了数学方法, 对研究自然科学的规律, 是个很好的促进。在这一基础上, 产生了统计学。孟德尔运用统计学的方法, 对豌豆杂交后代的不同性状进行了统计, 提出了著名的遗传因子(基因)独立分配和自由组合规律。英国资产阶级经济学家马尔萨斯, 利用数学方法来研究人口发展和生活资料增长的规律, 创立了人口论, 指出人口发展以几何级数增长, 生活资料以算术级数增长, 并创立了人口发展的微分数学模型。统计方法和数学模型方法的产生, 对科学研究方法的发展有着很大的促进作用。

2.2.4 分析—综合方法的建立

在这个时期, 由于科学的迅速发展, 哲学家和自然科学家对方法论的研究更为重视。弗·培根在《新工具》一书中, 克服了亚里斯多德的简单枚举法的不足, 创立了逐步归纳法。

笛卡尔也写了《方法谈》和《形而上学沉思录》两部方法论专著, 着重讨论了演绎法和数学法。二者研究各有侧重, 互为补充。牛顿在前人研究的基础上, 经过 20 多年的精心研究, 写出了划时代的著作《自然哲学的数学原理》一书, 得出了力学三大定律, 形成了经典力学的理论体系。在他的方法论中, 首次提出了分析—综合方法。他说, 他的力学三大定律和万有引力定律, 就是用分析—综合方法发现的。分析方法的建立, 可以把复杂的事物解体、分离开来逐个认识, 得出某一部分的个性; 综合法又把分离开来的事物再集合为整体, 以此来认识事物发展的统一性及共性。所以分析—综合方法的建立, 是牛顿对科学研究方法的巨大贡献。

2.2.5 比较及分类方法的提出

科学的发展及物理学的进步,也推动着生物学和地质学等学科的前进。瑞典博物学家林奈,搜集了大量的植物标本,以归纳、比较和分类的方法,根据植物花的雄蕊数目和位置,进行了植物分类的研究,归类成“林氏二十四纲”。达尔文在进行全球考察中,也采用了比较法来研究生物与其生存环境之间的关系,创立了生物进化论。当时,比较法应用的比较广泛,比较生物学、比较生理学、比较地质学开始出现。英国自然科学家赖尔运用了“将今比古”的历史比较方法,建立了地质渐变论。

2.3 现代科学研究的方法

进入 20 世纪,科学技术以迅猛的速度向前发展。一是向着微观和宏观方面扩展,二是自然科学与社会科学的结合,三是大科学正在形成。另外,各种现代化的测试仪器的出现,如计算机、电子显微镜、色谱仪、质谱仪、光谱仪、低能电子衍射仪、电化学分析仪、X 光分析仪等,也为科学研究方法开辟了新途径,其发展主要表现在以下几个方面:

- ① 科学的辩证思维方法;
- ② 实验的理想方法;
- ③ 现代数学方法;
- ④ 控制论方法;
- ⑤ 系统论方法;
- ⑥ 系统工程方法;
- ⑦ 预测方法。

当然,现代科学研究的方法很多,不可能全面归纳,以上只是常用的方法概括。这些方法在以后的章节中还要讨论,在此不用一一介绍。

3 科学研究的基本程序

科学研究的过程是认识客观事物的过程,也是根据客观事物的规律来发展技术及生产的过程。各项科研活动既有自己的特殊性,又有其共有的一般规律。下面就自然科学的基础研究、应用科学研究、技术开发研究及社会科学研究四个方面介绍其研究的

一般程序。

3.1 自然科学的理论研究过程

自然科学的基础理论研究，是探索自然规律的过程，通常可分为8个研究阶段。

3.1.1 确定研究目标与选题阶段

首先根据科学发展及研究者的专业方向，确定一个时期的研究目标。在目标范围内，全面掌握研究的历史和现状，再根据自己的优势，选择研究课题。

课题确定之后，还要解决以下几个问题：

- ① 确定研究范围及要解决的关键性问题。
- ② 阅读有关资料，掌握研究动态及情况。
- ③ 预测研究中出现的问题，对研究结果提出假说。
- ④ 准备需要的仪器、设备(人、财、物)。
- ⑤ 提出研究方法 & 组织形式。

以上问题解决后，通常还要写出研究课题的可行性报告。经有关专家论证后，认为课题可行，该研究课题才算确定下来。

3.1.2 制订研究方案阶段

研究方案，是研究目标与假设的具体化。根据要求提出研究内容、技术路线、研究方法、研究进程、参加研究人员知识结构、材料与设备、经费以及预期成果等等。较大的课题，还要制订分项目的具体实施方案。

3.1.3 观察、实验与资料搜集阶段

观察、实验与资料搜集，是科学研究的基础，是获得第一手资料的手段。在这一阶段，要通过观察实验或调查，详尽地占有资料。自然科学的研究一般都要设对照，便于进行统计学分析。另外，资料与数据一定要记载准确，尤其是与前人观察结论不一致的地方，更要反复核对，使自己的论据确实可靠。