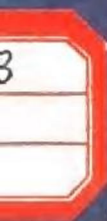


科学研究的 方法论

陈 衡 编著

科学出版社



科学研究的方法论

法 衡 编著

科 学 出 版 社

内 容 简 介

本书从辩证唯物主义认识论的观点出发,总结了国内外一些著名学者与科学家的具有普遍意义的治学方法和经验。扼要地讨论了研究方法在科学研究和发展中的意义和作用;系统地讨论了青年科学工作者如何打好基础,练好基本功;全面地分析了科学研究的各个基本程序,战术技巧与思维技巧;提出了一些可供不同学科研究人员参考的一般指导原则。

本书的读者对象主要是准备从事科学研究工作的研究生和高年级大学生,也可供业已从事研究工作的科技人员和高等院校教师参考。

科学研究的方法论

陈 衡 编著

责任编辑 余志华 姚平录

科 学 出 版 社 出 版

北京朝阳门内大街 137 号

中国科学院印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

1982 年 5 月第 一 版 开本: 787 × 1092 1/32

1987 年 11 月第三次印刷 印张: 11 5/8

印数: 34,001—36,500 字数: 225,000

统一书号: 13031 · 1889

本社书号: 2564 · 13—18

定 价: 2.75 元

GF48/14

前 言

我不是一个专业的哲学工作者，而是一个从事物理学领域专业教学和科研工作的教师。因此，我没有能力就科学研究的方法论问题进行深入的和全面的哲学论证。所以，写这样的一本书，我的确感到十分冒昧，自不量力。但是，从我在教学和科研工作实践的长期摸索之中，确实体会到，科学研究的方法论对于一个青年科学工作者和高等学校教师的成长是十分重要的。它可以教会我们如何运用自己的头脑，如何发挥自己的智慧，如何在自然界的茫茫大海之中找到自己的目的地，如何披荆斩棘开出一条通向未知世界的征途。所以，我从1962年开始，就十分重视搜集一些伟大的思想家和著名科学家们论述的治学方法和治学经验，甚至在阅读一本物理领域的基础与专业著作或者学术论文时，我也总是有意识地分析一下作者的思维方法和工作方法。并且将它与自己的实践体会加以比较，取长补短。因此，就这样支离破碎地积累了一点有关科学研究方法的资料。

自从我们党提出了全党和全国人民在社会主义革命和社会主义建设新时期的总任务以来，四个现代化的社会主义强国的蓝图已经展现在我们面前。全国人民都满怀革命的豪情，投入了新的伟大长征。我们知道，四个现代化的关键是科

学技术现代化。而在这个关键之中，多快好省地培养高质量的专门研究人材，又是起决定性作用的一环。我出于一名教师的本能，想到在这个培养人材的急迫任务中，再贡献一点自己的余力。所以，决定把自己在工作中取得的一点粗浅体会，融合到近二十年来自己从零乱的材料中积累起来的其他著名科学家们的经验中去，并加以系统化。这样讲，似乎过分地、或者不适当地抬高了自己体会的身价，但这的确不是我的本意。我只有一个愿望，那就是尽量缩短我国青年一代科学工作者在刚刚从事研究工作时的摸索阶段，促使他们尽快地成长起来，早出成果。此外，也希望这本书能够对于业已从事研究工作的科学工作者和高等学校教师，有所启发。因为有时一个很幼稚的人提出的一个问题，哪怕是一个错误百出、十分可笑和不成体统的问题，放在一个有作为的科学家的手里，就可能变废为宝。

正如我在这个前言的开头所说的那样，我的能力和水平，限制着我不能从哲学的角度对研究方法论进行完整的和系统的论述。然而，因为科学研究活动是人类认识世界和能动地改造世界的过程，所以，我还是力争从辩证唯物主义的认识论出发，首先分析讨论科学研究方法论在科学发展中的作用，青年科学工作者的基础理论学习和基本功训练。其次，根据科学研究活动中的基本逻辑程序，讨论了课题研究的准备工作、假说的形成、科学实验与观察、逻辑推理和撰写研究报告与科学论文的有关方法。最后，又专门辟三章的篇幅，讨论了科学研究中的思维技巧、战术技巧以及科学研究工作者的性

格培养与科学生活。

本书初稿写于 1978 年暑假。正在我进一步修改定稿时，喜逢科学出版社在 1979 年 2 月出版了英国剑桥大学动物病理学教授贝弗里奇的《科学研究的艺术》一书。我同意该书译者陈捷同志在“译者前言”中的看法，即该书“综合了本世纪和上世纪一些著名科学家的经验、见解，又结合了作者本人的经验、教训，立论鲜明，编排醒目，语言也饶有风趣。”所以，贝弗里奇的这本著作，“不仅对那些攀登险峰的勇士是一根得力的柱杖，而且对那些选拔勇士、组织攀登的现代‘伯乐’也是一本很好的参考书。”正因为如此，我在自己这本拙作初稿的修改过程中，又从贝弗里奇的著作里，取得了不少的营养和引语。但是，对于贝弗里奇的某些观点，我也不能完全同意。例如，他认为自然科学工作者是否要学习哲学和科学方法的逻辑学，“取决于个人爱好”，并且说：“这种学习对从事科学研究帮助不大。”因此，他更不可能强调辩证唯物主义对科学研究工作的指导作用了。此外，他还过分地宣扬在科学发现中机遇和直觉的作用。这在科学技术已经高速度地深入发展的今天和未来，已经或者将要明显地证明与事实情况越来越不相适应了。随着各学科领域的理论水平的提高，科学发现与发明的预见性，将会越来越多地代替偶然性。贝弗里奇的上述观点，可能是受了他所从事的动物病理学专业在当时的理论研究水平较低的限制。因为在这种情况下，推理的前提往往并不明确，所以难免存在科学发现的偶然性多于预见性的暂时的表面现象。也正因为如此，贝弗里奇在他的著作中，对于科

学研究活动中的逻辑推理，采取了相对冷淡的态度。这在他的著作中，无论内容安排还是论证过程，都有明显的反映。而我们在自己的书中，则企图对这些问题加以讨论。

任何一本书的作者，总是希望使自己的劳动成为一个完美的艺术品。然而，由于自己的水平所限，力不从心和事与愿违的情况，在本书中仍然比比皆是。难免出乖露丑，不堪一瞥。所以，衷心希望读者批评指正。

在本书的写作过程中，夏宏彬同志提供了一些有价值的资料，王里同志、杨克同志以及姜国渭、钱时惕同志阅读了本书初稿，并提出了宝贵的意见，宋瑞田同志阅读了本书的校样，在此一并表示感谢。

作 者

1979年10月于河北大学

目 录

前言

第一篇 基础知识

第一章 研究工作必须有科学的方法	2
一、科学研究的基本任务	2
二、学习和研究科学方法论的意义	7
三、研究方法对科学发展影响的历史考察	15
四、现代科学研究的特点	36
第二章 科学研究的基本功训练	47
一、基础理论的学习	48
二、基本实验技能训练	65
三、外语学习	67
四、辩证法学习	70
五、科学史学习	78

第二篇 科学研究的基本程序

第三章 准备工作	83
一、科学研究的选题	83
二、调查研究	95

三、研究方案的制订	108
第四章 形成假说	111
一、假说及其一般特征	112
二、假说在科学研究中的作用	114
三、假说的内容和产生的根源	118
四、提出假说的方法	122
五、形成假说的不同阶段及其特点	130
六、形成和应用假说时的注意事项	132
七、假说的检验和发展	143
第五章 科学实验与观测	152
一、科学实验的意义和作用	153
二、实验研究对理论研究的依赖关系	157
三、各种类型的科学实验	161
四、科学实验的准备	171
五、实验过程中的观察与记录	176
六、实验结果的评价和分析整理	186
七、实验的解释	190
第六章 逻辑推理	196
一、逻辑推理在科学研究中的作用	197
二、各种推理方法及其局限性	204
三、运用推理时的注意事项	215
第七章 撰写工作报告和科学论文	220
一、撰写工作报告和科学论文的意义	220
二、研究报告和科学论文的异同	223
三、撰写研究报告和论文的注意事项	224

四、工作报告和科学论文的体裁结构·····	230
-----------------------	-----

第三篇 科学研究的技巧和作风培养

第八章 科学思维 ·····	238
一、辩证思维·····	238
二、创造性思考·····	248
三、关于直觉·····	259
四、科学的鉴识力·····	269
第九章 科学研究的战术技巧 ·····	274
一、模型法·····	274
二、理想化法·····	277
三、元过程法·····	284
四、“黑箱”法·····	287
五、移植法·····	292
六、关于研究活动中的机遇·····	296
七、叛逆与创新·····	306
八、机动灵活的战术·····	309
第十章 科学工作者的作风培养和科学生活 ·····	315
一、大胆创新，严肃认真·····	315
二、刚毅顽强，百折不回·····	326
三、不怕错误，改正错误·····	339
四、诚实谦逊，不亢不卑·····	343
五、壮志凌云，脚踏实地·····	349
六、热爱科学，勇于献身·····	351

第一篇 基础知识

科学研究活动，是一种复杂的劳动。尤其是从事现代自然科学的研究工作，必须经受良好的基础训练。做为本书的第一部分，我们首先从科学研究的基本任务谈起，进而论述在研究工作中掌握科学方法的重要性和科学方法的历史发展概况。然后，根据现代科学研究与发展的特点，着重讨论从事现代科学研究所要求的基本功训练。总而言之，这些都是从事科学研究工作的基础知识。

第一章 研究工作必须有科学的方法

什么是科学？什么是科学研究？科学研究活动中为什么需要有科学的方法？以及在历史上科学方法如何影响着科学的发展？等等。所有这些基本常识都是本章所要回答的问题。

一、科学研究的基本任务

人类生活在现今的世界上，每天都在学科学、用科学，并且有大量的专门人员从事科学研究活动。但是，究竟什么是科学？它的基本任务是什么？只有我们首先明确了这些基本概念，才好讨论科学的方法，以及这种方法的重要性。

科学的定义，无论在我国还是在别的地方，在不同的历史时期，都有着不同的含义。比如说，在遥远的古代，虽然人们在长期的生活实践中，对于不同领域的个别问题确实有了相当的认识，但是，这一切都只给人以偶然的、不系统的和没有真正思考过的印象。因此，对于那些认识，只能算作是自然科学的萌芽，而不能称其为科学。又比如，青铜时代的科学，尤其是其中的数学和天文学，大部分只不过是用于记帐、测量土

地和制定历法的技术，在性质上和工匠的技术没有多大的区别。不同之处只在于前者是通过文字记载而不是通过口头传授保留下来。与此不同，古希腊人则力图用几何学对他们的天文观察进行理论性的解释，从而开始赋予宇宙理论以一种定量的结构。虽然古希腊人有时也做了一些实验，但是，他们并没有发展成一种具有逻辑连贯性的实验方法。他们除了在军事工程和绘制地图等方面以外，也没有把科学应用到新的领域中去。所以，古希腊的科学也仅仅在少数几点上可以和现代的许多方面的科学相比。

然而，历代的科学尽管变化多端，但是，也有其连续性。这是因为每一时代的人们，总是首先继承了前人的科学遗产，并在前人的遗产上，做了进一步的发展和补充。因此，英国的自然科学史专家斯蒂芬·梅森(Stephen Mason)指出：

“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。”^①

美国科学史权威乔治·萨尔顿(George Sarton)事实上在同样的含义下，把科学看作是“人类的真正有积累性和进步性的唯一活动。”

梅森和萨尔顿对科学所下的上述定义，尽管反映了科学及其发展中的某些特征，但是，严格说来，这个定义并不能算是令人满意的。因为到目前为止，真正有积累性的只是科学

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

中的一部分，即科学的应用技术和它的经验事实及其规律。甚至就连梅森自己也承认：

“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。”

正因为科学是人类认识活动的反映，因此，它既包含了人类在历史上对客观自然规律性知识的正确积累、补充和发展，同时，它也将包含着后来的实践对原有理论的错误部分的否定和更新，而不是简单的积累性活动。只有承认这个科学的合理定义，我们才能够正确地理解科学的特点，发展规律，它的任务和作用，以及进行科学研究活动时所必须遵循的科学的方法。

因为科学是人类对自然界规律性的认识活动，所以，它的最重要的特征之一，就是不断革命的和发展的。因此，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展，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，给人类的社会带来重大的进步。如果我们把自然科学比做一部完美的侦探故事小说，那末，一代

继着一代的不断探索自然奥秘的科学家们，就是这部小说的热心的读者。他们在强大动力的推动下，力图识破这个故事的秘密。但是，这个奥妙的侦探故事，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，使我们增加不少解释世界和改造世界的理论知识和本领。尽管这种理论知识的认识，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。

如果承认我们对自然科学的含义的上述理解是正确的，那末，我们就可以说：科学研究就是人们以生产斗争和科学实验为基础，对未知的自然界规律性的认识活动，以及根据这种自然规律能动地改造客观世界的探索过程。在这种活动和过程中，人们总少不了对前人有用遗产的继承，以及对未曾研究过的东西，做出由未知到已知、由片面到全面、由现象到本质的认识上的发展，并将这种发展用于指导进一步的生产实践和进行新的科学实验。

虽然可以说科学的普遍任务是建立符合于客观实在的观念，但是，科学的真正作用，就在于使人类社会向着更高级的文明世界发展。例如，蒸汽机的发明，电磁学理论的建立，原子核物理学的研究，电子计算机技术的发展等等，都给人类的生产和生活带来了巨大的变化。但是，一切先进的科学技术，无一不是建立在人们对于自然规律性的深刻认识的基础上的。而发现这些规律，并利用它们为实践服务，这正是自然科学的任务。正如英国著名哲学家弗兰西斯·培根 (Francis

Bacon, 1561—1626)所说:“科学的真正合法的目标, 就只是给人类生活提供新的发展和力量。”“知识就是力量。”所以, 凭借科学技术, 就可以“建立和扩大人类本身对自然的权力和统治。”^① 因此, 人们要想驾驭自然, 就必须服从自然。人们掌握了关于自然的知识和规律, 就能够成为自然的主人。这就是科学的作用, 就是科学研究的任务。

同时还应该注意到, 科学的发展, 不仅引起人类的物质生产和生活方式的巨大变化, 而且, 科学和促进科学前进的力量, 已经发挥出一种越来越大的改变历史进程的力量。如果说十五世纪至十六世纪的科学革命对于宗教改革运动的力量或者反对宗教改革的力量, 影响都很小, 甚至于没有什么影响的话, 那末, 现在越来越多的人都承认, 对于二十世纪推动历史运动的各种力量来说, 科学已成为一种举足轻重的决定因素了。

科学的发展, 不仅提高了人们认识和改造客观世界的能力, 而且也逐渐地改造着人们的主观世界。力学和天文学的发展, 说明了太阳系的结构和运动。后来, 物理学、化学、生物学和其它各门科学的发展, 使人们的思想逐步地摆脱了宗教的藩篱, 而大大促进了人们思想的非宗教化和世俗化。随着科学的进步, 自然界的发展过程和普遍联系的日益揭露, 也使得原始的朴素的唯物主义和自发的辩证法思想, 突破了机械的、形而上学的局限性, 从而上升到新的阶段, 形成了马克思

^① 转引自龚育之:《关于自然科学发展规律的几个问题》, 上海人民出版社, 1978年10月版, 第39、74页。

和恩格斯创立的辩证唯物主义的哲学。

二、学习和研究科学方法论的意义

众所周知，做任何事情都应该讲究方法。方法对头才能事半功倍。科学研究工作也是如此。自然科学，在其长期的发展过程中，逐渐形成了一套基本的科学研究方法。各门学科也都建立了自己的研究方法。这些研究方法，不仅可以促进科学技术的发展，而且也是很有价值的科学遗产，因此，需要很好地继承和发展。

由于科学在人类历史和国民经济发展中的重要作用，所以，世界各国都期望更有效地提高科学研究的效率，加快科学技术的发展速度，并以此来促进国家的经济发展。因而，人们越来越急迫地认识到需要对“科学”本身展开研究，用科学的方法来研究和了解科学。这将是使科学研究事半功倍的有效途径。

所谓科学研究的方法，就是人们发现新现象，提出新理论的手段，就是人们如何运用自己的智慧，去寻找观念世界与现象世界之间的联系，就是在科学研究活动中，运用科学的实践与理论思维的技巧。也就是说，它是研究人的认识过程和规律的科学。因此，自然科学工作者掌握了它，就可以获得正确的认识方法，更好地进行研究工作。

我们承认，科学发现的过程，是人类对于自然现象和规律的一个十分复杂的认识过程。所以，正如龚育之同志在《关于