

KE
XUE

KEXUEYANJIUYISHU

科学 研究艺术

徐长山 王德胜 编著

JIEFANGJUNCHUBANSHE

解放军出版社

KEXUEYANJIUYISHU

徐长田 王德胜

编著

科学研究艺术

京新登字 117 号

图书在版编目 (CIP) 数据

科学研究艺术/徐长山等著。—北京：解放军出版社，
1994
ISBN 7-5065-2480-5

I. 科… II. 徐… III. 自然科学-科学方法论 IV. N03

书 名：科学研究艺术

著 者：徐长山 王德胜

出版者：解放军出版社

〔北京地安门西大街 40 号/邮政编码 100035〕

排版者：科利华电脑有限公司

印刷者：北京朝阳北苑印刷厂

发行者：解放军出版社发行部

经销者：新华书店

开 本：850×1168 1/32

印 张：18.625

字 数：480 千字

版 次：1994 年 10 月第 1 版

印 次：1994 年 10 月（北京）第 1 次印刷

印 数：1—4000

书 号：ISBN 7-5065-2480-5/G · 61

定 价：22.50 元

内 容 提 要

本书是在国家教委科学基金和社科八五规划科学方法论项目赞助下编写的。该书用通俗的语言叙述了进行科学研究的手段和技术发明的技巧，通过介绍大量古今中外著名科学家的科研和技术发明实例，解剖各种科技成果的产生过程，为广大科技工作者提供了进行科学研究和技术发明的方法和捷径。书后还专门介绍了中外科技和社科文献的检索方法。阅读此书将有助于立志科研和技术发明的人士在事业上早日获得成功。

小 序

古人云：“临渊羡鱼，不如退而结网”，“慨叹野渡之艰难，不如集资而架桥”每读科学史，上下五千年，横跨亚、欧、非，多少科学家，发明家，含辛茹苦，锲而不舍，或能洞悉自然之谜，发现了定理定律；或能镂月裁云，做出巧夺天工的发明。如牛顿、达尔文、富兰克林、爱因斯坦、薛定谔、狄拉克、鲍林、李四光、华罗庚等等。

在研究赞赏历史上科学家发明家的功绩时，最好的形式，莫过于继承和发扬他们的治学精神和科研方法，在他们研究的基础上，进一步把科学技术推向前进，以便为人类创造更高的精神文明和物质文明。

经常听人说：教给学生知识，不如训练学生的能力，教会学生进行科学研究的方法。这部小小的《科学研究艺术》，就是基于这个目的写成的。

当今世界，科学门类层出不穷，科学知识越来越多，有人形容这种状况叫“知识爆炸”或“信息爆炸”。在科学技术高度分化与高度综合的情况下，要完成一部较为系统的科技方法论专门著作，一个人的精力和专业水平都是极为有限的，因此，我们约了十位同志，共同研究撰稿，主要分工如下：

徐长山：绪论、第一、二、三、七、九、十、十六、十九、二十、二十一章

王德胜：小序、第十一、十八、二十二、二十三章、篇首语、结束语、后记

刘延平：第十二、十三、十四、十五章

王哲人：第四、六章

孙璟涛：第五、八章

刘志学：第十七章

时 龙：第二十四章

黄金甫：附录一、科技文献检索方法

倪小健：附录二、社科文献检索方法

最后由徐长山、王德胜二人负责统稿，并纂成目录，分出篇章，排定附录和参考文献，撰成篇首、小序和引言，经三次统改形成现在这个样子。

本书的雏形是中国人民解放军装甲兵工程学院和北京师范大学给本科生、理科研究生、助教进修班讲授方法论的提纲。经互相讨论修改，形成了写作框架，又经思考、撰稿和统改，完成此书。

由于作者水平有限，书中错漏之处必然不少，恳请读者批评指正。今后，我们希望以此书作为理科研究生自然辩证法和科学方法论教学的参考书，因此，也希望拿到此书的同志们提出宝贵意见，以便互相砥砺，共同提高。

徐长山 王德胜

1995年3月18日

绪 论

科学技术方法论是研究人类认识自然和改造自然的基本过程、手段、方式的理论体系，或者说，它是关于建立自然科学知识、创造技术成果的途径、手段、方式的理论体系。

科学技术方法论是对科学方法、技术方法的总结概括。科学技术史表明，科学方法、技术方法的创新，往往促成科学技术的重大发现和发明。一些科学家、发明家能够取得重大成就，是和他们在方法上的锐意创新密切相关的。因而，提倡科学技术方法论的研究，加强科学研究、技术开发能力的培养，是开创科技成果、造就科技人才的重要环节。

本书按照科学研究和技术开发的一般过程，分别介绍若干基本的科学方法与技术方法。结合科学技术史上的重大发现与发明，论述了科学研究和技术创造的思维与实践的技巧。

一、科学技术方法论的研究对象

科学技术方法论，就是关于科学研究和技术开发方法的理论。它所研究的是科学研究和技术开发中的普遍运用的一般科学方法和技术方法的总则。如科学研究、技术开发的基本过程；确定研究开发的方向并选择开发课题；科学研究、技术开发运用哪些方式和手段；运用一般科学方法与技术方法的原则；各种一般科学

方法和技术方法的辩证关系；科学方法、技术方法的历史发展过程等等，这些问题构成了科学技术方法论的主要研究内容。

科学技术方法论是科学方法论和技术方法论的总结概括。科学方法和技术方法有许多相同之处，包含着许多共同的研究内容。如自然科学研究和工程技术研究都是高度复杂的创造性活动；它们都要使用科学仪器和设备等物质研究手段；都要有效地利用科技情报资料，甚至在研究者的知识和能力素质方面也有许多共同的要求。

然而，由于两种方法论赖以存在和发展的基础有着差别，决定了它们研究领域和内容也有所不同。如，科学方法论是围绕着自然科学研究的基本逻辑程序展开的，它既包括经验方法，也包括理性方法。科学研究是实现由物质到精神，由实践到理论的飞跃，其理性思维方法占居核心地位。技术方法论则是以工程技术研究的基本逻辑顺序为骨架，以形成方案构思的各种创造性思维方法和各种设计方法为核心的。另外，即使在两种方法论中共有的一些方法，其具体内容也有不同。如，同是选题方法，科研选题着眼于新的科学事实与原有理论的矛盾；技术方法的选题始终盯住社会对新技术的需要。同是经验方法，科学方法论中是实验，用来获取感性材料，检验假说和发展理论；技术方法论中讲的则是试验，用来排除科学物化中的障碍，寻求方案实施的最佳条件。

现代自然科学的飞速发展和新科学领域不断地开辟，使传统方法呈现新的面貌，并产生了一些新方法，如系统方法、信息方法、反馈方法、黑箱方法等等。这些新学科、新方法的出现使各种方法之间的相互渗透愈来愈突出，它们之间的辩证关系愈来愈明显。科学技术方法论不仅研究科学、技术的一般方法，还要研究各种一般方法之间的辩证关系，探讨它们发展的规律性。

二、科学技术方法论的整体结构

人们都熟知，人类活动是做着两件事，一是认识世界，另一

是改造世界。科学研究的主要任务是揭示自然规律，认识世界。而技术开发的主要任务是应用自然规律，改造世界。从观察实验转化为科学研究的科学方法，经过世代科学家、哲学家的努力，现在已经形成比较系统的科学方法论。而由科学理论转化为技术成果的技术方法论，却刚刚提出。随着现代科学技术的发展，科学和技术的联系日益密切，科学——技术——生产的转化链条越来越明显。因此，以马克思主义为指导，深入研究实验向理论的转化，科学向生产的转化问题，建立包括科学方法、技术方法的科学技术方法论，便成为十分必要的了。

建立科学技术方法论的体系结构，要以辩证法、逻辑学和认识论统一的原则为依据，遵循科学研究和技术开发的辩证发展过程。我们认为，科学技术方法论是由科学研究方法和技术开发方法构成的有机整体。这一整体的主线或骨架是科学研究和技术开发的基本程序，各种方法和原则由它统帅和贯通，形成脉络清晰的纵向结构。

科学研究往往是从观察实验获得感性材料开始，经过逻辑思维或直觉思维加工概括，形成科学假说，再经过反复检验，上升为一般规律或科学原理。这是人们认识自然的大体过程。这个过程从认识论体系看是感性—知性—理性，从逻辑学体系看是具体—抽象—具体，都是三段式。作为科学研究方法的体系也是三大段，这就是获得科学事实的方法——整理科学事实的方法——建立科学理论体系的方法。这不是巧合，也不是人为的模式，而是反映了它们之间的统一性，并且由这种统一性而表现了协调美。

获得科学事实。这个阶段直接与客观对象打交道，是以观测、实验手段为中介。这类方法主要有观察（包括调查研究、文献检索）、实验（包括间接的模拟实验），目的是尽可能搜集对象的各种材料。

整理科学事实。此阶段已经相对地离开了客体，而直接以感性材料为对象，对感性材料进行抽象。用于这个阶段的方法主要

是逻辑学里常用的归纳、演绎、分析、综合、比较、分类等等。这个阶段的方法特点是分离性，暂时割断事物之间的联系；静止性，暂时不考虑发展；抽象性，已经离开生动具体。

建立科学理论体系。在第二阶段我们得到了事物各种特有的规定性，这些规定是静止的、孤立的。在第三阶段要将各种质的规定性按照事物的本来面目综合起来，恢复其联系和发展，在理论上再现事物的面目，建造科学的理论体系。这个阶段的主要方法有：公理方法、模型方法和系统方法等。公理方法，由一组公理，并借助于逻辑法则引伸出判断、规律，直至完成整个理论的逻辑体系。这在数学中得到成功的运用。在经典力学中，在其它科学中的某些理论性较强的部分也应用比较普遍。模型方法，这里主要指理论模型，即具有结构的概念体系。它以典型的、普遍的、理想的方法形成思想模型以完成知识的系统化工作。马克思在《资本论》里，就通过理想化的手段建立了资本主义生产过程的理论模型。系统方法，客观事物都是作为系统而存在的，当认识达到一定阶段就把整个知识纳入到一个系统中。用系统方法分析其元素、结构、功能、环境，以理论系统反映现实系统，并使理论体系与自然体系相统一。

科学方法的运用是有一定程序的，科学方法论的体系是由不同阶段的方法，按照一定顺序建立起来的。同样，技术开发方法论也是由不同阶段的方法，按照一定顺序建立的。

技术开发是在对自然界物质运动的规律性认识的基础上，经过课题规划，方案设计和实施等基本阶段，最终把科学认识或技术原理物化为技术。与科学研究相对应，这是从一般到个别，从理论到实践，从精神到物质的能动的实践发展过程。作为技术方法论的体系是：课题规划（或提出问题）的方法——方案设计的方法——实施方法。

课题规划的方法的中心任务是选择和确定研究课题，明确主攻方向。选题得当与否，关系到整个研究工作的成败，也关系到

所从事的研究项目是否得到社会的支持及取得成果能否推广。为此,除了要遵循选题的原则和方法外,还要搞好技术经济预测、搜集情报资料等工作,以保证研究工作卓有成效地进行。这阶段的主要方法有:发现问题和提出问题的方法、课题分析方法、预测方法、情报检索与分析方法等。

方案设计的方法的运用首先需要研究者发挥高度创新的精神,熟练运用创造技术,不断提出新颖独特的方案,然后把头脑中的构思表现出来,进行概略设计、技术设计和施工图纸设计,使方案具体化。这阶段的主要方法有:各种创造技术方法、发明解题程序大纲及各种设计方法(包括系统设计、最优化设计、可靠性设计等)。此外工程试验方法也主要用于该阶段。

实施方法,实施是根据方案设计提供的详细图纸和文件进行产品研制、小批量试制和正式投产等工作。在实施过程中还要进行生产的组织管理、产品鉴定、申报专利等。这阶段的主要方法有:制定作业程序法、工艺法、系统工程方法等。

科学技术方法论的体系结构同人们认识自然和改造自然的过程是一致的,而这种体系结构的逻辑顺序同科学技术的研究程序基本上也是一致的。这种一致性,是科学技术方法论的科学性和规律性的表现。此外,在科学技术方法论体系中,各种方法之间相互联系、相互移植及综合运用,形成了一个横向结构。

三、学习和研究科学技术方法论的意义

“工欲善其事,必先利其器”。这里的“器”就是指方法或工具。无论做什么工作,都要明确自己的职责和任务,并根据职责范围和任务的需要,采用和创造适当的方法,以尽可能少的脑力、体力、时间和财富的消耗,获取尽可能大的效果,并尽量减少和避免工作中的失误。方法的对错好坏,直接或间接地影响着工作的成败优劣。因此,自古以来,方法问题就成为人们研究和注意

的对象。随着生产实践和科学技术的迅速发展，人们所担负的认识世界和改造世界的任务日益复杂，科学技术方法问题的重要性也愈加突出。因此，对科学技术方法论的研究和学习有着重要的意义。

（一）促进科学技术的发展，提高理论水平。

千百年来，人们在认识自然界和改造自然界的过程中，逐步形成和发展出一系列科学技术的研究方法。对这些方法进行整理和研究，寻求其发展的规律性，有助于我们更加自觉地、正确地掌握和运用这些方法，少走弯路，更快地达到对自然规律的正确认识和运用。科学史表明，一些自然科学家在科学上作出重大贡献，除当时的生产和科学技术发展水平等条件外，也与他们所运用的正确方法分不开。所以，研究方法是否正确，直接影响到科学研究的成败和科学技术发展的速度。例如，伽利略之所以能发现落体定律和惯性定律，是与他正确地运用实验方法和数学方法分不开的；爱因斯坦创立相对论，理想实验方法起了重要作用；德布罗意提出物质波，与类比方法有很大关系；等等。天文学家拉普拉斯（P. S. M. de Laplace, 1749—1827）曾说过：“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。”^①生理学家巴甫洛夫（俄，Иван Павлов, 1849—1936）也曾说过：“科学是随着研究方法所获得的成就而前进的。研究方法每前进一步，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方法。”^②这些，生动地说明了掌握科学技术研究方法对科学技术发展的重要性。因此，努力学习和研究科学技术方法论，对促进科学技术发展，不断提高科研水平是十分有益的。

（二）丰富、发展和捍卫马克思主义哲学，培养辩证思维能力。

① 拉普拉斯：《宇宙体系论》，上海译文出版社1978年版，第445页。

② 《巴甫洛夫选集》，科学出版社1955年版。

科学技术方法论是马克思主义哲学在科学技术研究方法这一领域内的具体运用。因此深入学习和研究科学技术方法论，又能反过来丰富和发展马克思主义哲学。例如数学方法中的统计方法表现了必然性和偶然性的辩证关系；比较方法体现了同一性和差异性的辩证关系；系统方法显示出整体和部分的辩证关系。因而研究科学技术的一般方法能丰富马克思主义哲学的辩证法。最近一些年来产生的信息方法以信息的输入、存储、加工、反馈等形式描述人类对客观世界的反映过程，加强对这些问题的研究将丰富马克思主义的认识论。在人类对自然界的认识过程中，归纳和演绎、分析和综合、抽象和具体、历史和逻辑等方法的关系是对立统一的辩证关系，深入研究这些关系能大大丰富辩证逻辑的内容。

通过对科学技术方法论的研究和学习，不仅能丰富马克思主义哲学思想，而且还能培养辩证思维能力。客观辩证法是支配着整个自然界的，主观辩证法是客观辩证法的反映，人们只有学会对自然和自然科学进行辩证的思考，才能在科技工作中不断取得成功。

目 录

绪 论 【1】

第一篇 历史的导言【1】

第一章 古代科学技术方法【3】

第二章 近代科学技术方法【9】

第三章 现代科学技术方法【17】

第二篇 科学方法论【21】

第四章 科学研究的选题【23】

第一节 选择研究方向【23】

第二节 课题形式的模式【29】

第三节 形成研究课题的方法【38】

第四节 选择研究课题的基本原则【43】

第五节 对研究课题的论证和评价【51】

第五章 科学研究的经验性方法【56】

第一节 观察方法和实验方法【56】

第二节 模拟方法【65】

第三节 思想实验【69】

第六章 逻辑方法【75】

第一节 概括科学事实的逻辑方法【75】

第二节 科学抽象和科学思维【87】

第三节 公理化方法【100】

第七章 假说和想象【106】

第一节 假说【106】

第二节 想象【113】

第八章 形象思维和直觉思维【120】

第一节 形象思维【120】

第二节 直觉思维【124】

第九章 科学研究的系统方法【133】

第一节 系统方法【133】

第二节 信息方法【140】

第三节 反馈控制方法【145】

第四节 功能模拟方法【152】

第五节 黑箱方法【156】

第十章 当代自组织理论的科学方法【160】

第一节 耗散结构理论【160】

第二节 协同论【167】

第三节 “超循环”论【171】

第十一章 构造科学理论体系的方法【174】

第一节 科学理论概述【174】

第二节 构造科学理论的方法【182】

第三节 构造概念系统时应注意的问题【189】

第三篇 技术方法论【191】

第十二章 工程技术方法概述【193】

第一节 工程技术方法的历史发展【193】

第二节 工程技术方法的特点和原则【197】

第十三章 工程技术的规划和设计方法【206】

第一节 工程技术的规划方法【206】

第二节 工程技术的设计方法【212】

第十四章 工程技术的试验方法【223】

第一节 试验方法的特点、地位和作用【223】

第二节 试验方法的基本类型和基本步骤【229】

第十五章 工程技术的发明方法【235】

第一节 工程技术发明的特点及一般过程【235】

第二节 工程技术发明的一般方法【240】

第十六章 军事技术方法 【247】

第一节 中国古代兵法概述 【247】

第二节 作战模拟方法 【251】

第三节 自动化指挥方法 【258】

第四节 现代武器研制方法 【267】

第四篇 科技研究的艺术 【271】

第十七章 科技研究的语义学方法 【273】

第一节 科学活动和科学语言 【274】

第二节 科学语言形态和科学成果表述 【280】

第三节 科学研究的语义学方法 【288】

第十八章 科学研究的美学方法 【297】

第一节 混沌美和混沌研究的方法 【298】

第二节 对称美和对称方法 【301】

第三节 和谐美与循环方法 【316】

第四节 简单与复杂统一美 【318】

第五节 精确与模糊一致美 【328】

第十九章 数学方法 【338】

第一节 数学方法的重要意义 【338】

第二节 数学方法的应用 【340】

第三节 数学方法的类型 【345】

第二十章 科技工作者的心理品质与道德