

ZIRAN KEXUE JISHU
YANJIU FANGFA

自然科学技术

研究方法

■ 栾玉广
编著

中国科学技术大学出版社

自然科学技术研究方法

栾玉广 编著

中国科学技术大学出版社

2003·合肥

内 容 简 介

自然科学技术研究工作需要正确的研究方法作指导。本书从科技方法论的角度阐述了自然科学技术研究中的若干成功经验,并力求把它上升到理论的高度。书中着重论述了科学技术研究中的选题、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、科学假说和撰写科技论著的基本方法等内容,同时阐明了科学技术研究中的机遇、灵感和想象的内涵、哲理和在科学技术研究中的作用。

本书可作为理工科大学研究生、本科生教材,可供教师、科技研究人员和科技管理干部使用;对人文科学工作者以及走自学成才之路的青年读者,也有一定的参考价值。

图书在版编目(CIP)数据

自然科学技术研究方法/栾玉广编著. —合肥:中国科学技术大学出版社, 2003.8

ISBN 7-312-01596-4

I. 自… II. 栾… III. 自然科学—研究方法 IV. N3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 053693 号

中国科学技术大学出版社出版发行
(安徽省合肥市金寨路 96 号,邮编:230026)

中国科学技术大学印刷厂印刷

全国新华书店经销

开本:850×1168/32 印张:14.875 字数:380千

2003年8月第1版 2003年8月第1次印刷

印数:1—4 000册

ISBN 7-312-01596-4/N·26 定价:16.00元

前 言

一、科技创新需要科学技术研究方法的指导

科技创新是人类精神文明和物质文明发展的源泉。科技创新是探索自然奥秘和发明新东西(物品),是做前人或他人没做过的或没做完的研究课题,它是在走前人或他人未走过的路,没有现成的光明大道可走,它是在崎岖的小路上攀登。因此,科技创新工作具有探索性、创造性、新颖性和个体能动性。因而科学技术研究工作者需要有自然科学技术研究方法作指导,以便使研究工作增强自觉性,减少盲目性,少走弯路和尽量不走大的弯路,促进早出成果、快出成果、多出成果和出大的成果。

科技创新工作的思路正确,方法对头,则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,势必造成人力、物力、财力和时间上的浪费。自然科学技术研究方法与科学技术发展和人才成长关系密切。笔者愿为不断攀登自然科学技术高峰的勇士们服务,把前人或他人创立的自然科学研究方法和笔者在这方面的研究成果,介绍给广大读者。

二、《自然科学技术研究方法》一书的写成

本书是笔者自1978年至现在(2003年)在给校内外研究生和校外科技工作者进行科技方法论教学和研究的基础上,并征求部分研究生和有关专家的意见之后,整理而成。

三、资料来源

本书资料来源于以下四方面:

一是几十年来从广阔的知识园地里搜集来的。采纳了许多专家学者的研究成果、观点和学术见解。这可从书的脚注和书后所

列的主要参考文献中看出来。

二是从访问专家学者得来的。几十年来,笔者在科技界和学术界等领域拜一些专家学者为师,向他们请教中获得了许多科技知识、科技史的知识、治学方法和了解学术研究动态等,在本书中得到充分的利用。

三是从社会调查中来。20多年来,笔者利用各种机会或自费为研究生公共学位必修课的建设,断断续续进行了大量的社会调研:对部分高校和一些科研院所的教师和科研队伍以及教学和科研情况进行考察;对部分国有大、中、小企业和少数乡镇企业、民营企业 and 农村进行考察。在这些考察调研中,获得了许多知识和了解到许多真实情况,其中一部分成为写作本书的“成炊之米”和写作的背景知识。

四是从对大自然的考察中来。如前所说,为了研究生公共学位必修课的建设之需,笔者二十几年来利用各种机会或自费在国内多次进行大自然考察,对祖国的山川河流、地质构造、地球演化、气象变迁与动植物分布和进化等等,进行了多方面的考察和了解,亲眼所见,获得了许多以往在本书中难以得到的知识(资料),其中一部分也成为写作本书的“成炊之米”和写作的背景知识。

四、本书写作特点

1. 写作本书是以辩证唯物主义和历史唯物主义为指导

笔者对大量资料的考证、分析和利用,对科技创新中诸多问题的哲理分析研究,对科学技术研究诸多方法的哲理分析研究,对一些敏感问题的分析研究和回答,以及对一些学术问题的探讨和回答,等等,始终坚持以辩证唯物主义和历史唯物主义的基本原理、世界观和方法论为指导,对这一系列问题都明确给予回答、提出笔者的观点或学术见解。辩证唯物主义和历史唯物主义是贯穿全书的精神主线,是统率本书的灵魂。

2. 在一些方面创新是本书的又一特点

若与已出版的同类书进行比较,便可发现本书创新之处表现

在以下几方面：

其一，是对一些科学技术研究方法的概念内涵进行了创新：丰富已有的内涵，使之趋于科学化和准确性，便于读者了解其科学含义和掌握有关科学技术研究方法的实质和功能。

其二，是对一些科学技术研究方法创立的哲学基础进行了深入的研究。这有助于读者更深刻地把握这些科学技术研究方法的科学性，有利于人们在科技创新实践中更自觉地运用和发挥科学技术研究方法的作用。

其三，对一些科学技术研究方法的功能，也就是对一些研究方法在科技创新中的作用的挖掘方面，有新的突破。这有助于人们在科技创新中更充分地发挥科学技术研究方法的作用和出成果。

其四，是对一些科学技术研究方法的局限性及其产生的哲学原因方面做了深入分析研究和提出新的见解，并提出在应用中防止或克服其局限性的办法。这有助于人们在科技创新中，既能充分地 and 正确地运用某些研究方法，又能自觉地注意防止或克服它的局限性，少走弯路，早出成果。

其五，本书具有可读性，重在应用和便于操作。全书内容在安排上，有意识地启示、鼓励和引导人们在前人或他人工作的基础上，进行科技创新和勇于创新，只有不断地进行科技创新，人类社会和个人才有进步和发展。

3. 重视和突出“十性”

本书写作充分注意到科学性、知识性、新颖性、系统性、理论性、学术性和哲理性，强调可读性、应用性和可操作性。

五、撰写本书遵循的原则

1. 坚持理论联系实际的原则

写作本书坚持以辩证唯物主义和历史唯物主义为指导，以自然科学技术史、自然科学技术思想史和现代自然科学技术成果为依据，采取史论结合，还注意联系国民经济和全面推进小康社会建设等，有针对性地在书中阐述一些问题，用以启示和引导读者学以

致用。

2. 把东方的“说”与西方的“做”相结合

中国以往的科技方法论的书籍多是注重讲论,也就是讲“说”,即偏重于讲道理,应用性和操作性较差;而西方的创造学注重讲“做”,而缺乏哲理性。笔者经过几十年的学习和研究,在本书中试图把东方科技方法论的“说”与西方创造学的“做”结合起来,发挥它们各自的长处,克服各自的短处。这一学习和研究的初步成果融化或体现在本书中。这也可能是本书内容在以往的教学,受到众多研究生和科技人员欢迎的原因之一。

3. 坚持综合优势的原则

本书内容在教学、研究和写作过程中,参考了国内外许多同类著作、论文和有关资料,把笔者多年来自然科学技术研究方法的教学和研究成果与学术界和一些专家学者的优秀成果进行综合,充分吸收和借鉴了国内外科技方法论和创造学研究的一些成果。因此,致使本书内容较为丰富,并且具有可读性和可操作性。

4. 遵循逻辑与历史、主观辩证法与客观辩证法、认识与实践相统一的原则

笔者在安排全书体系结构方面,为使全书各章节上下衔接,充分考虑并遵循:逻辑与历史的统一,主观辩证法与客观辩证法的统一,认识与实践的统一。这有助于增强其科学性。

5. 融德育、智育与提高综合素质教育于一体

本书在内容的选取和阐述方面,注意加强德育功能(科技人员应具有共产主义道德、科学道德、社会公共道德和职业道德,有良好的政治、思想修养)、智育功能(掌握自然科学技术研究方法,提高科研能力等)和综合素质教育功能(提高科技人员的综合素质),采取寓德育教育和综合素质教育增长寓于智育之中。这样,既贴切、自然,又避免空洞说教。

六、本书的适用对象

(1)本书为全国高校本、专科生创造教育提供一部新型教材,

可作为全国高校和科研院所研究生公共课的教材。

(2)为全国理、工、农、林、医高等院校的教师、科研院所的科技人员和国有企业、民营企业、乡镇企业和农业的科技人员,提供一部案头有效读物:为广大科技人员攻关和不断攀登科技高峰,提供科技创新方法和技巧,能够增强研究工作的自觉性,减少失败,促进出成果。

(3)为中央、省、市、县各级科技管理干部和高等院校、科研院所、各企业从事科技管理的人员,了解科学技术研究的艰辛(科技创新)与一般的规律,提高科研能力和管理水平,提供一部科技管理专业基础性的参考读物。

(4)为中等技术学校和中学从事自然科学技术教学的广大教师进行创造教育,提供一部有益的读物。

(5)为在科技领域走自学成才道路的广大青年和中老年朋友,提供一部适合终身教育的自学教材。

七、诚挚地感谢帮助我的友人

笔者在长时间调研和写作本书的过程中,先后向许多专家学者请教,得到了众多的好心人的指导、帮助和支持:蒋梦祥教授(现在南京邮电学院)为笔者提供资料和指导;安徽中医学院孙弼纲教授(已故)曾长期指导笔者研究方法的科学,并提供他最新的科技成果及有关方法学的资料;中国科学院合肥分院等离子体物理研究所季幼章研究员、董俊国研究员和高级工程师、所综合办主任张英同志为笔者调研、采购资料和撰写工作提供了多方面的支持;上海同济大学范锡洪教授和笔者的老同学、当代中国出版社副编审默明哲同志为撰写此书提供资料和指导。

还得到中国科学技术大学数学系汪芳庭教授多年的指导、支持和鼓励笔者进行方法学的研究工作,为笔者提供思想、资料和审稿;中国科学技术大学图书馆副馆长费业昆同志亲自协助笔者在馆内和其他单位图书馆查找资料;中国科学技术大学图书馆数学分馆负责人刘淑清老师,在7~8月份闷热难熬的日子,组织并带

领有关人员为笔者查找所需教学和科研资料。

还长期得到中国科学技术大学科技哲学教研部徐飞教授和史玉民副教授的支持和帮助,等等。

正是有这么多的专家学者的热心诚恳的帮助、指导和提供资料等,才使得笔者较顺利地完成本书的调研和撰写工作。笔者打心眼里感激他们,趁本书出版之时,在此向他们表示诚挚的谢意!

栾玉广

中国科学技术大学科技哲学教研部

2003年5月5日

目 次

前 言	(I)
第一章 自然科学技术研究方法概述	(1)
第一节 自然科学技术及其研究方法	(1)
第二节 前人注重研究方法的科学	(5)
第三节 掌握自然科学技术研究方法的意义	(12)
第四节 学习自然科学技术研究方法应注意的事项	(15)
第二章 选题的技巧与科技创新的艺术	(17)
第一节 选题在整个科技创新中的战略地位	(17)
第二节 发现科学问题和科研选题的着眼点	(28)
第三节 科研选题技法	(44)
第四节 科研选题的步骤和程序	(47)
第五节 科研选题应坚持的基本原则	(49)
第六节 发现科学问题和科研选题 应具备的基本素养	(57)
第三章 搜集资料和积累知识的技巧 与科技创新的艺术	(61)
第一节 搜集资料和积累知识的重要性	(61)
第二节 从科技文献中获取科研资料的艺术	(69)
第三节 到群众和自然界中搜集资料	(77)
第四节 通过访问专家学者、参加学术会议 和科技文物考古获取科研资料	(79)
第五节 持之以恒,锐意穷搜	(82)
第六节 搜集资料和积累知识的注意事项	(84)
第四章 观察方法与科技创新	(88)

第一节	观察方法及其特点·····	(88)
第二节	科学观察的任务、目的和种类·····	(90)
第三节	观察方法在科学技术研究中的作用·····	(92)
第四节	科学观察常发生偏差的原因·····	(97)
第五节	科学观察应坚持的基本原则·····	(100)
第六节	培养和锻炼自己的科学观察能力·····	(107)
第七节	观察方法的局限性·····	(109)
第五章	试验方法与科技创新·····	(112)
第一节	试验方法及其一般性作用·····	(112)
第二节	试验方法在科研中的特殊作用·····	(114)
第三节	设计试验应注意考虑的问题·····	(120)
第四节	试验方法的种类·····	(123)
第五节	要有为科学事业献身的精神去 从事科学试验·····	(126)
第六节	失败、成功两支桨——如何正确对待 科学试验中的失败·····	(128)
第六章	模拟方法与科技创新·····	(133)
第一节	模拟方法及其特点·····	(133)
第二节	模拟方法的种类·····	(134)
第三节	创立模拟方法的必要性和可能性·····	(137)
第四节	模拟方法建立的客观基础·····	(138)
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·····	(140)
第七章	捕捉科学技术研究中的机遇与科技创新·····	(147)
第一节	机遇及其特点和种类·····	(147)
第二节	机遇的哲理所在·····	(149)
第三节	机遇在自然科学技术发展中的作用·····	(153)
第四节	要善于发现、识别和捕捉机遇·····	(156)
第八章	科学抽象方法与建立科学概念·····	(164)

第一节	科学抽象及其形成的客观依据·····	(164)
第二节	科学抽象在自然科学技术研究中的重要意义和 应坚持的基本原则·····	(165)
第三节	科学抽象的过程和具体步骤·····	(167)
第四节	科学抽象的一般进程和掌握科学 抽象的“度”·····	(171)
第五节	科学概念形成和发展对自然科学技术发展 有重要作用·····	(177)
第六节	科学概念要明确和统一·····	(183)
第九章	理想化方法与科技创新·····	(186)
第一节	理想化方法及其创立的必要性和可能性·····	(186)
第二节	理想化模型的建立及其客观基础·····	(188)
第三节	理想化模型在自然科学技术研究中的 重要作用·····	(193)
第四节	理想化实验的建立及其在科学技术 研究中的作用·····	(195)
第十章	类比方法与科技创新·····	(200)
第一节	类比方法及其结构和基本公式·····	(200)
第二节	类比方法的种类与科学推理的技巧·····	(201)
第三节	类比方法在科学研究中的重要作用·····	(207)
第四节	类比方法的客观基础和它的局限性·····	(211)
第十一章	逆向思维创造法与科技创新·····	(215)
第一节	逆向思维创造法及其特点与建立的 哲学基础·····	(215)
第二节	逆向思维创造法的种类·····	(223)
第三节	逆向思维创造法在科技创新中的作用·····	(225)
第四节	逆向思维创造法在经济发展中的重要作用·····	(236)
第十二章	归纳法和演绎法与科技创新·····	(241)
第一节	归纳法及其种类·····	(241)

第二节	科学归纳法及其种类·····	(243)
第三节	归纳法在自然科学技术研究中的重要作用·····	(250)
第四节	归纳法的局限性及其产生的哲学根据·····	(251)
第五节	演绎法及其哲学基础和它的结构·····	(253)
第六节	演绎法在科学研究中的作用和它的局限性·····	(255)
第七节	归纳法与演绎法的辩证关系·····	(257)
第十三章	科学分析与综合就是创造 ·····	(261)
第一节	分析方法及其创立的客观基础·····	(261)
第二节	怎样进行科学分析·····	(264)
第三节	分析方法在科技创新中的作用·····	(265)
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·····	(267)
第五节	综合方法及其创立的客观基础·····	(268)
第六节	综合方法在科技创新中的作用·····	(269)
第七节	科学分析与科学综合的辩证关系·····	(270)
第十四章	逻辑证明方法与科技创新 ·····	(274)
第一节	逻辑证明及其结构·····	(274)
第二节	逻辑证明的种类·····	(276)
第三节	逻辑证明的作用及其与实践标准的关系·····	(281)
第四节	逻辑证明应遵循的规则·····	(284)
第十五章	历史的研究方法与逻辑的研究方法 ·····	(288)
第一节	历史的东西和逻辑的东西的关系·····	(288)
第二节	历史的研究方法与逻辑的研究方法的关系·····	(289)
第三节	掌握逻辑的东西与历史的东西相一致的 研究方法的意义·····	(293)
第十六章	逻辑的研究方法及其科学判断和 科学推理与科技创新 ·····	(295)
第一节	逻辑的研究方法之内涵及其特点和种类·····	(295)
第二节	逻辑判断方法与运用中的注意事项·····	(297)

第三节	逻辑推理方法与辩证逻辑推理的三原则·····	(299)
第四节	逻辑方法在科学研究中的作用·····	(301)
第十七章	科学研究中的想象与科技创新 ·····	(304)
第一节	想象及其种类·····	(304)
第二节	想象形成的客观基础·····	(308)
第三节	创造想象在科学发现和技术发明中的作用·····	(313)
第四节	培育和锻炼人的想象力·····	(318)
第十八章	自然科学技术研究中的灵感 ·····	(322)
第一节	灵感是一种创造性的思维和顿悟·····	(322)
第二节	自然科学技术研究中灵感产生的客观基础·····	(323)
第三节	长期的巨大的艰苦科研劳动与 灵感产生之间的辩证关系·····	(327)
第四节	灵感是迅速而严密逻辑思维和 理论思维的一种结果·····	(330)
第五节	灵感产生的生理机制·····	(332)
第十九章	数学方法与提炼数学模型的步骤 ·····	(337)
第一节	数学方法及其特点·····	(337)
第二节	数学方法的类型·····	(340)
第三节	数学方法在科学研究中的作用·····	(345)
第四节	提炼数学模型的一般方法·····	(349)
第二十章	信息论方法与科技创新 ·····	(354)
第一节	信息及其特点·····	(354)
第二节	信息论、信息科学和信息论方法·····	(361)
第三节	信息论方法中的反馈和反馈方法·····	(364)
第四节	信息论方法在自然科学技术研究中的作用·····	(372)
第五节	信息的捕捉、传递和反馈与战胜 SARS·····	(379)
第二十一章	系统论方法与科技创新 ·····	(386)
第一节	系统和系统论观念·····	(386)
第二节	系统论、系统科学和系统方法·····	(390)

第三节	系统论方法在自然科学技术研究中的作用·····	(394)
第四节	系统工程的理论和方法·····	(402)
第二十二章	控制论方法及其在科研和生产中的作用·····	(405)
第一节	控制和控制论·····	(405)
第二节	控制论方法及其特点·····	(408)
第三节	控制论方法的创立和发展·····	(411)
第四节	控制论方法在科学研究和生产中的作用·····	(416)
第二十三章	由科学假说到真理·····	(419)
第一节	科学假说及其特点·····	(419)
第二节	创立科学假说是研究工作的客观需要·····	(422)
第三节	科学假说的形成和评价与应遵循的原则·····	(426)
第四节	创立科学假说应坚持的方法论原则·····	(428)
第五节	科学假说在自然科学技术发展中的作用·····	(431)
第六节	由科学假说到真理是复杂过程·····	(433)
第七节	要正确对待错误的科学假说·····	(434)
第二十四章	撰写科技论著的基本方法·····	(438)
第一节	撰写科技著作的基本方法·····	(438)
第二节	撰写科技论文的基本方法·····	(447)
第三节	信息技术发展与撰著方式、编辑排版 和出版业的变革·····	(453)
主要参考文献 ·····		(458)

第一章 自然科学技术研究方法概述

第一节 自然科学技术及其研究方法

一、自然科学技术研究的对象、任务和目的

自然科学包括科学理论和技术两大基本部分,亦称自然科学技术或科学技术。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,是系统化了的自然知识体系。它以物质自然界为研究对象。自然科学技术研究的任务: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。

研究自然科学技术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。

为了完成自然科学技术的研究任务,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、研究自然科学技术需要有正确的研究方法

所谓自然科学技术研究方法,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,就像坠于烟海迷雾之中,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,切身体会到,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技术研究工作同样适用。正确的研究方法,不仅有助于自然科学技术的发展,并且对于自然科学技术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(1849~1936)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

① 《毛泽东选集》第一卷,人民出版社,1957年,第134页

② 转引自《自然辩证法讲义》编写组,《自然辩证法讲义》,北京:人民教育出版社,1979年8月第1版,第235页