

*Eighteen Topics on
Strategies and Techniques
in Scientific Investigation*

科研方略 18讲

戴世强 著

上海
教育出版社

科研方略 18讲

Efficient Experiments and
Strategies and Techniques
in Systemic Investigation

——
——
——

科研方略 18 讲

Eighteen Topics on Strategies and Techniques in Scientific Investigation

戴世强 著

上海大学出版社

· 上海 ·

图书在版编目(CIP)数据

科研方略 18 讲/戴世强著. —上海: 上海大学出版社, 2014. 8

ISBN 978-7-5671-1407-4

I. ①科… II. ①戴… III. ①科学研究 IV. ①G312

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 173661 号

责任编辑 王悦生

封面设计 柯国富

技术编辑 章斐

科研方略 18 讲

戴世强 著

上海大学出版社出版发行

(上海市上大路 99 号 邮政编码 200444)

(<http://www.shangdapress.com> 发行热线 021-66135112)

出版人: 郭纯生

*

南京展望文化发展有限公司排版

上海上大印刷有限公司印刷 各地新华书店经销

开本 890×1240 1/32 印张 6.5 字数 180 千

2014 年 8 月第 1 版 2014 年 8 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-5671-1407-4/G·1652 定价: 25.00 元

序 言

Eighteen Topics on Strategies and Techniques in Scientific Investigation

我们欣喜地注意到,随着我国经济腾飞和科技发展,科学研究的队伍越来越壮大,年轻的生力军不断加盟。从事科学研究,要志存高远、坚忍不拔,要博览群书、厚积薄发,而掌握正确的策略和方法是不可或缺的。正如爱因斯坦所说:“方法比知识更重要。”因此,年轻学人都渴望用先进的科学方法来武装自己,我新近看到的这一著述也许可以部分地满足他们的要求。

本书作者是我的同行,长期从事流体力学研究。本世纪以来,他开始把注意力转向力学史和方法论,花不少时间读书、写作,并在网上开设了两个博客,与青年朋友不断交流在科研和学习方略方面的心得,发布了一些有颇有见地的博文。近日,他经十年积累,细心编集,推出这本《科研方略 18 讲》。我认为此书的特色是全面、浅近、简约。说它全面,内容涉及了科学研究的各个环节:学习、选题、调研、立项、运作、总结,介绍了科学研究的主要技巧:观察、实验、假说、建模、机遇、顿悟、推理、写作,阐述了科研工作者应有的素质和必须遵守的学术规范,简介了创造心理学和科学美学,读者既可以总体地领悟科研方略,也可以各取所需地选读若干章节,增长有关知识。说它浅近,全书明白易懂,不做空洞的说教,不讲深奥的原理,更多地采用案例分析的手段,让读者在不知不觉中找到入门的钥匙,进入科学探索的殿堂。说它简约,全书篇幅不大,不到 20 万字,作者尽可能采用简洁的语言,对科研方略做庖丁解牛式的分析,而且各讲基本上自治,可以用零星时间逐步读完。

我还注意到,书末所列的参考文献,大致囊括了有关科学方法的主要中文书籍,这些书经过细致筛选,可读性较强,建议年轻学人选读其中的一部分。

这本书的问世将惠及我国新生代的科研工作者,至少可以为他们提供掌握科研方法的基本素材,对他们一定会有启发和助益。

承蒙作者厚爱,邀约作序,在此,很愿意向各位郑重推介这本不多见的述及科研方略的著述。

何友声

2014年8月

前 言

Eighteen Topics on Strategies and Techniques in Scientific Investigation

2004年5月21日,应上海市科委的邀请,我在上海市启明星联谊会上做了题为“关于科研方法的一些思考”的报告。“启明星”计划是上海市科委策划的一个人才计划,启动于1994年,资助对象是上海市各高校和科研单位的35岁以下的科技英才,头十年每年下达给30人左右,现已扩至每年60~80人,并设有启明星追踪计划。这一举措对于上海市基础科研水平的提升起了重要作用。为了庆祝该计划实施10周年,上海市科委举办了系列活动,我的讲座是其中的一项内容,听众约有150人。

该讲座根据自己多年来的科研实践和观察心得,浅论关于科研方法的若干关键问题。内容包括:科学方法论要旨;科研工作者的必备素质;科研工作的准备;科研工作的一些技巧要领;科研工作的组织。由于我主要从事应用数学和力学研究,哲学社会科学的修养和学识有限,在讲座中不注重讲述深邃的哲理,仅通过一系列实例分析,归纳科研方略的一些基本要点和实用性技巧。没料到这一个两小时左右的报告受到热烈欢迎。事后在网上发布了有关信息。

此后的十年间,我陆续接受一些高校和科研单位的邀请,做了类似的报告,邀请者包括中科院力学所、中科院研究生院、北京大学、清华大学、中国科技大学、复旦大学、上海交大、西安交大、北京交大、首都师范大学、天津大学、南开大学、浙江大学、中山大学、四川大学、华东师范大学、同济大学、山东大学、中山大学、湘潭大学、

中南林业科技大学、中国船舶科研中心、浙江省水利河口研究院等五十几家单位。还在校内、所内讲了多次。在此过程中,根据听众和朋友的意见,逐步对讲座稿进行了一些修改和补充。

2013年年初,我应香港城市大学科学与工程学院之邀,到那里访问,除了完成约定的任务以外,还为研究生开设了专题课程“科研方略18讲”,写成了一份提纲性的讲义。回沪之后,陆续对这一讲义做了补充和修改,形成了呈献给读者的这本小书。与历次讲座一样,本书的读者对象是对科学研究有兴趣的年轻学人,主要是研究生、青年教师和青年科研人员,希望阅读本书后对他们的科研实践有所帮助。

在此,我想向以下各方面致以诚挚的谢意:

感谢上海大学出版社,特别是与出版社里的老朋友、资深编辑王悦生有了再一次的愉快合作,他的编辑加工为此书增色不少。

感谢科学网博客和上大乐乎网博客这两个绝好的交流平台,有不少材料曾在这两个博客里“晒过”,得到了博友们的关注和指正。

感谢香港城市大学科学与工程学院的邀请和资助,使我有极好的环境启动此书的写作。

感谢上海市第六人民医院老年病科的医护人员,本书的部分修改稿是在该院住院诊疗期间完成的,在此期间得到了医护人员无微不至的呵护。

虽然笔者想尽力写好此书,但限于学识水平,肯定存在许多不足之处,敬请读者诸君不吝指正。

戴世强

2014年8月4日

于上海大学

目 录

Eighteen Topics on Strategies and Techniques in Scientific Investigation

1 概论篇 工善其事 必利其器 / 1

- 1.1 引言 / 2
- 1.2 科学方法概述 / 3
- 1.3 掌握科学方法的重要性 / 7
- 1.4 案例分析 / 10
- 1.5 结束语 / 15

2 学习篇 夯实基础 厚积薄发 / 16

- 2.1 引言 / 16
- 2.2 认真学习 志存高远 / 18
- 2.3 勤奋学习 争分夺秒 / 18
- 2.4 热爱学习 痴迷专注 / 19
- 2.5 终身学习 学以致用 / 21
- 2.6 灵活学习 融会贯通 / 23
- 2.7 广泛学习 一专多能 / 25
- 2.8 深入学习 寻根问底 / 26
- 2.9 懂得学习 巧用方法 / 27
- 2.10 设计学习 周密计划 / 32
- 2.11 结束语 / 34

3 选题篇 立足前沿 精心谋划 / 35

- 3.1 引言 / 35
- 3.2 课题类型 / 37
- 3.3 选题原则 / 39
- 3.4 选题方式 / 40
- 3.5 选题策略 / 42
- 3.6 选题中的常见问题 / 43
- 3.7 案例分析 / 44
- 3.8 结束语 / 46

4 调研篇 广闻博览 统揽全局 / 47

- 4.1 引言 / 47
- 4.2 调研要领 / 49
- 4.3 信息选择原则 / 50
- 4.4 信息的检索 / 51
- 4.5 资料的处理 / 53
- 4.6 结束语 / 54

5 立项篇 胸有成竹 运筹帷幄 / 55

- 5.1 引言 / 55
- 5.2 立项的准备 / 57
- 5.3 标书的撰写 / 60
- 5.4 国家自然科学基金简介 / 62
- 5.5 结束语 / 67

- 6 观察篇 见微知著 明察秋毫 / 68
- 6.1 引言 / 68
 - 6.2 科学观察的基本原则 / 69
 - 6.3 案例分析 / 72
 - 6.4 观察的局限性 / 75
 - 6.5 结束语 / 75
- 7 实验篇 精心设计 由简及繁 / 76
- 7.1 引言 / 76
 - 7.2 科学实验的分类 / 77
 - 7.3 科学实验的计划和实施 / 79
 - 7.4 案例分析 / 80
 - 7.5 结束语 / 83
- 8 假说篇 大胆假设 小心求证 / 84
- 8.1 引言 / 84
 - 8.2 提出假说的方法 / 85
 - 8.3 案例分析 / 87
 - 8.4 结束语 / 89
- 9 建模篇 抓住要害 模化现实 / 90
- 9.1 引言 / 90
 - 9.2 模型的分类 / 91
 - 9.3 数学模型概述 / 91
 - 9.4 案例分析 / 93

9.5 结束语 / 96

10 机遇篇 独具慧眼 把握机会 / 97

10.1 引言 / 97

10.2 机遇导致重大发现的案例 / 98

10.3 抓住机遇的必要条件 / 103

10.4 结束语 / 104

11 直觉篇 冥思苦想 催生顿悟 / 105

11.1 引言 / 105

11.2 科学创造的心智过程 / 107

11.3 顿悟成功的著名案例 / 109

11.4 直觉思维的基本特征 / 114

11.5 结束语 / 115

12 推理篇 条分缕析 严密推理 / 116

12.1 引言 / 116

12.2 推理的种类 / 117

12.3 推理的作用 / 120

12.4 推理的要领 / 121

12.5 结束语 / 121

13 写作篇 求真务实 言简意赅 / 123

13.1 引言 / 123

13.2 科学技术论文的分类 / 125

- 13.3 论文写作基本技巧 / 126
- 13.4 科技论文写作的一个范例 / 136
- 13.5 结束语 / 139

14 素质篇 志存高远 锐意进取 / 140

- 14.1 引言 / 140
- 14.2 科学工作者的必备素质 / 141
- 14.3 科学工作者应有的性格特征 / 143
- 14.4 弘扬科学精神 / 144
- 14.5 结束语 / 146

15 创新篇 不拘一格 全力创新 / 148

- 15.1 引言 / 148
- 15.2 创造的过程 / 151
- 15.3 创造的类型 / 154
- 15.4 创造的时段 / 158
- 15.5 创造的意境 / 163
- 15.6 创造的精神 / 164
- 15.7 案例分析: 钱伟长的弹性圆薄板大挠度
理论研究 / 166
- 15.8 结束语 / 169

16 美学篇 神游科海 力求臻美 / 170

- 16.1 引言 / 170
- 16.2 科学美的三个层次 / 172

16.3 科学中的优美(阴柔之美) / 173

16.4 科学中的壮美(阳刚之美) / 174

16.5 科学中的奇美(变易之美) / 174

16.6 科学创造与美 / 175

16.7 结束语 / 176

17 攻关篇 披荆斩棘 勇往直前 / 177

17.1 引言 / 177

17.2 如何面对习惯势力的阻滞 / 178

17.3 如何面对屡战屡败的局面 / 180

17.4 结束语 / 181

18 道德篇 诚信求实 恪守规范 / 182

18.1 引言 / 182

18.2 科研诚信的八大要则 / 183

18.3 关于负责的科研行为的共识 / 185

18.4 科研诚信的大敌——科研不端行为 / 186

18.5 结束语 / 188

工善其事 必利其器

我们正处于中华民族复兴的伟大时代，祖国腾飞的步伐不可阻挡。想要投身时代的洪流，为民族复兴尽绵薄之力，就要掌握真才实学；想掌握真才实学，就要认真学习和努力践行；想事半功倍地学习和践行，就要掌握科学方法论。因为古人早就说过，工善其事，必利其器；爱因斯坦老先生说过，方法比知识更重要。

作为引子，本讲主要探讨三个问题：① 什么是科学方法和科学方法论？② 科学方法在实践中有怎样的地位和作用？③ 科学工作者为什么要掌握科学方法？

笔者想告诉读者的是：

——机遇只垂青于那些懂得怎样追求她的人；

——工欲善其事必先利其器，方法极其重要；

——正确运用科研方法可收到事半功倍之效；

——掌握有效方法的关键在于反复实践总结。

1.1 引言

我们先来阐明一些基本概念。

先说说什么是科学？大家对“科学”这个名词耳熟能详，但对其确切涵义却不一定说得清楚。事实上，不同的学者，对“科学”有不同的界定。

根据《苏联大百科全书》的“科学”条目所述，科学是人类活动的一个范畴，它的职能是总结关于客观世界的知识并使之系统化；科学是一种社会意识形式。在历史发展中，科学可转化为社会生产力和最重要的社会建制。……从广义上说，科学的直接目的是对客观世界作理论表达。

一些科学家对科学有各自的认识，例如，爱因斯坦指出：“科学是寻求我们感觉经验之间规律性关系的有条理的思想，它是直接产生知识、间接产生行动的手段。”达尔文说：“科学就是整理事实，以便从中得出普遍的规律或结论。”这些叙述言简意赅地界定了“科学”的主要涵义。

“科学”一词是舶来品，英语“science”一词源于拉丁文 scientia（求知、知识）；现译名“科学”源于日语译法（福泽谕吉首创于1874年）；由康有为引进中国（1898年），在上奏光绪劝说废除科举制度时，三次用到了“科学”一词。此前，严复翻译《天演论》时将“science”译作“格致”，后来在翻译亚当·斯密的《原富》（1902年出版）时才改用“科学”。经多年演化，science的美英式涵义主要指自然科学，而德法式涵义则泛指自然科学和社会科学。这是文献中的说法，在科学工作者大流动的今天，情况不那么绝对。目前国内的“科学”一词在用作名词时取德法式涵义。为确定起见，本文及后续文章中论及的“科学”大多采用美英式涵义，亦即指的是自然科学。

概括地说,科学的内涵是:

- (1) 科学是系统化、理论化的知识体系;
- (2) 科学是创造知识体系的认识活动;
- (3) 科学是一种社会机制。

之所以有第三条,是因为现在科学的研究对象越来越复杂,越来越仰仗于多方协同、合作,社会化程度越来越高。

下一节从科学研究的任务谈起,概述方法、科学方法和科学方法论的主要涵义,简述科学方法的发展历程及其主要特征;第三节叙述掌握科学方法的重要性;第四节列举三个著名案例,分别谈及伽利略对自由落体的研究、发现氧气的曲折过程和孤立波的发现和确认,用以阐释相关论点。

1.2 科学方法概述

1. 科学研究的任务

自然科学研究的主要任务是:

(1) 对未知的自然领域进行研究探索,以揭示和掌握自然界各种事物的本质和运行变化规律——基础研究。

(2) 研究如何将科学研究的成果转化为生产力和物质产品——应用基础研究。

关于科学研究,法国生物学家拉马克(J. Lamarck)有一段精辟的描述:

“观察自然,研究它们所生的万物;追求万物,推究其普遍或特殊的关系;再想法抓住自然界中的秩序,抓住它行进的方向,抓住它发展的法则,抓住那些变化无穷的构成自然界的秩序所用的方法;这些工作在我看来,乃是追求真实知识的唯一法门。这等工作还能给我们以真正的益处;同时还能给我们找出许多最温暖、最纯