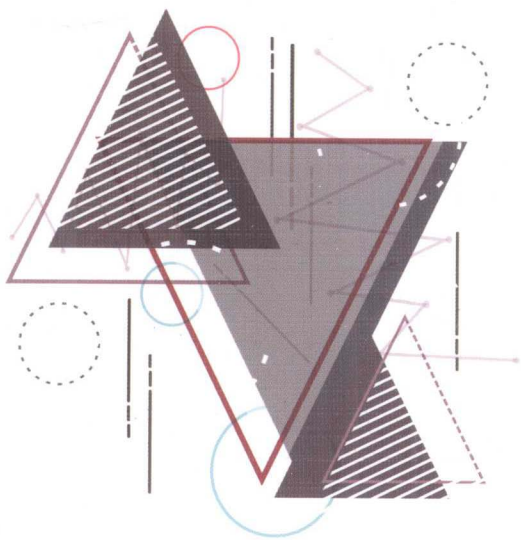


科学推理

逻辑与科学思维方法

周建武 编著



Scientific Reasoning

Logic and Scientific Thinking Method

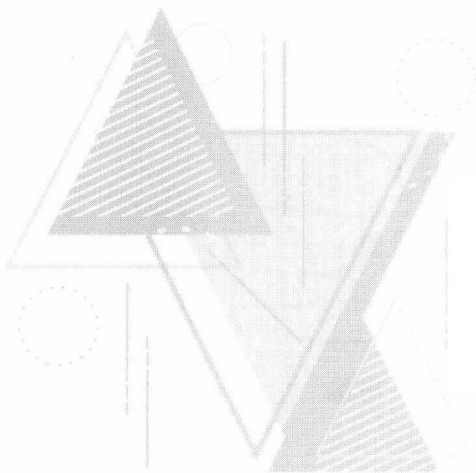
科学概论
归纳推理
类比推理
统计推理
因果分析

因果推断
因果探究
演绎推理
科学假说

科学推理

逻辑与科学思维方法

周建武 编著



Scientific Reasoning

Logic and Scientific Thinking Method



化学工业出版社

· 北京 ·

提高科学思维能力的主要途径在于改进思维方法，作为逻辑与科学思维方法论的研究课题，本书在科学逻辑的框架下，从科学推理的实用角度来编写。不仅详细介绍了科学的思维方法，而且结合丰富的科学案例来阐明如何发现问题、分析问题和解决问题，以此论述科学推理的原理与方法，从而启发思维并提升读者的科学推理技能。

本书共分为九章，内容包括科学概论、归纳推理、类比推理、统计推理、因果分析、因果推断、因果探究、演绎推理、科学假说，并附录了科学推理测试，具有系统性、科学性、实用性的特点。本书适合作为高等院校逻辑学、科学逻辑、科学推理以及科学思维方法等相关课程的教材或参考用书，也适合对此感兴趣的各类读者阅读。

图书在版编目(CIP)数据

科学推理：逻辑与科学思维方法/周建武编著. —北京：
化学工业出版社，2017.6
ISBN 978-7-122-29587-3

I. ①科… II. ①周… III. ①逻辑②科学思维-思维
方法 IV. ①B81②B804

中国版本图书馆CIP数据核字(2017)第094349号

责任编辑：廉 静 张绪瑞
责任校对：宋 夏

装帧设计：王晓宇

出版发行：化学工业出版社（北京市东城区青年湖南街13号 邮政编码100011）
印 装：三河市延风印装有限公司
710mm×1000mm 1/16 印张20 $\frac{1}{2}$ 字数367千字 2017年7月北京第1版第1次印刷

购书咨询：010-64518888（传真：010-64519686） 售后服务：010-64518899

网 址：<http://www.cip.com.cn>

凡购买本书，如有缺损质量问题，本社销售中心负责调换。

定 价：68.00元

版权所有 违者必究

前言

FOREWORD

宏伟壮丽的科学事业推动着人类社会的文明与进步，科学应用在社会生活的各个领域，使得人们在生活中几十年，甚至几年的变化要超过现代科学出现之前的几百年甚至几千年的变化。科学与社会进步的相互作用，使得科学体系本身也不断发展与壮大，从而对实践的指导作用得到不断加强，对人类历史进程的影响日趋显著。在当今社会，科学技术正日益深刻影响我们的生活，一个公民的科学素养的程度影响到个人价值观和对自然和社会问题的看法，从而影响到个人的生活质量。从国家层面看，公众的科学素养已经关乎其综合国力。

经济合作与发展组织（OECD）认为，科学素养是运用科学知识，确定问题和作出具有证据的结论，以便对自然世界和通过人类活动对自然世界的改变进行理解和作出决定的能力。科学素养大致包括科学知识、科学方法和科学精神三个方面，现代公民应该理解和掌握基本的科学技术知识和成果、科学研究的方法，并具备追求真理、尊重事实和证据、有实证意识的科学精神和科学态度。科学方法是科学素养中最重要的内容，经典的科学方法有两大类，即实验方法和逻辑方法。而逻辑方法就是科学的思维方法，即科学推理。科学是现代人的普遍信仰，而推理是人们认识这个世界的方式。科学知识固然重要，而科学的思维方法，即科学推理，更具有重要意义。

科学推理，也叫科学思维或科学逻辑，是在实验基础上经过概括、抽象、推理得出规律这样一种研究问题的方法。科学推理形成并运用于科学认识活动，是一个从具体到抽象，再从抽象到具体的过程，通过概念、判断、推理，在思维中再现客观事物的本质，并真实反映客观事物的运动规律。在科学活动中，科学推理必须严格合乎逻辑，既包括归纳逻辑，也包括演绎逻辑。科学认识是

一个由个别到一般，又由一般到个别的反复过程，达到归纳和演绎的统一。科学创新需要通过对现象的分析提出问题、形成假设、形成见解，在此基础上提出假说并且设计试验确证假说，然后得出结论并应用规律等，这都需要依靠演绎推理能力和归纳概括能力。因此，从科学假说的提出到科学发现、科学理论的形成是逻辑方法与逻辑能力的综合运用和发挥，这就是科学推理的过程。

在当今社会，思维技能比知识更为重要，好的教育要授人以鱼，更要授人以渔。好的思维技能在面对与日俱增的新鲜问题的时候，能够调动自我的知识体系找到最优解决方案。理解和掌握科学推理是培养和提高学生及公众普遍的科学素养的重要途径，而掌握科学的推理技能需要得到有效的指导和针对性的训练。作为逻辑与科学思维方法论的研究课题，本书的核心是以科学研究中的思维方法论述科学推理的逻辑。为此，作者有针对性地选用了科学史上一些典型案例以及具有科学背景的逻辑推理问题，进行了深入的分析，并以此论述科学推理的原理与方法，从而启发思维、提升读者的科学推理技能。

特别需要感谢的是延安大学武宏志教授提供了本书部分章节的素材，为本书的顺利完成提供了帮助！由于时间和水平所限，疏漏和不足之处在所难免，欢迎读者朋友批评指正。若有信息反馈请直接发至周建武邮箱：zjwgct@sina.com。

周建武
2017年1月

目 录

CONTENTS

第一章 科学概论	1
第一节 科学的含义	2
一、科学的内涵	2
二、科学的特性	4
三、科学的方法	7
第二节 科学与解释	8
一、解释的评判	8
二、科学与非科学	11
第二章 归纳推理	15
第一节 归纳概述	16
一、完全归纳推理	16
二、不完全归纳推理	18
三、归纳与演绎	19
第二节 归纳方法	20
一、简单枚举法	20
二、科学归纳法	22
第三节 归纳评估	27
一、评估准则	27
二、归纳不当	30
三、归纳困境	32

第三章 类比推理	35
第一节 类比概述	36
一、类比的形式	36
二、类比的特征	38
三、类比的作用	39
第二节 类比方法	42
一、属性类比	42
二、结构类比	44
三、实质类比	46
第三节 类比评估	47
一、评估要素	47
二、评估步骤	52
三、评估准则	53
四、类比失当	61
第四章 统计推理	63
第一节 统计概述	64
一、统计基础	64
二、统计概括	66
第二节 统计评估	66
一、评估准则	67
二、科学抽样	71
三、统计谬误	75
第三节 数据应用	80
一、平均数	81
二、数据相对性	83
三、数据交叉性	87
四、数据相关性	87
五、数据可比性	92

第五章 因果分析	97
第一节 因果概述	98
一、因果关系的特点	98
二、因果关系的解释	99
三、因果解释与逻辑论证	101
第二节 因果辨析	103
一、原因的条件分析	103
二、混淆原因的谬误	108
三、因果关系与条件关系	109
四、陈述句的逻辑分析	111
第三节 因果传递	112
一、因果关系的传递	112
二、虚假的因果链条	116
三、蝴蝶效应的逻辑分析	119
第六章 因果推断	123
第一节 因果建构	124
一、因果关系的基本模型	124
二、因果关系的扩展模型	127
三、因果关系的复杂模型	128
四、原因类型与因果认识	129
第二节 因果推导	131
一、从因到果的推理	132
二、从果到因的推理	133
三、从相关到因果的推理	138
第三节 因果解释	148
一、因果推定	149
二、强置因果	150
三、倒置因果	152
四、复合结果	154
五、复合原因	156

第七章 因果探究	159
第一节 契合法	160
一、契合法概述	160
二、契合法分析	163
三、契合法评估	170
第二节 差异法	174
一、差异法概述	174
二、差异法分析	181
三、差异法评估	183
第三节 契差法	191
一、契差法概述	191
二、契差法分析	199
三、契差法评估	201
第四节 共变法	203
一、共变法概述	203
二、共变法分析	207
三、共变法评估	208
第五节 剩余法	212
一、剩余法概述	212
二、剩余法分析	215
三、剩余法评估	216
本章小结	217
第八章 演绎推理	221
第一节 概念逻辑	222
一、澄清概念	222
二、概念关系	225
第二节 命题逻辑	234
一、复合命题	234
二、多重复合	241

第三节 关系逻辑	248
一、数学推理	248
二、关系推理	250
第九章 科学假说	253
第一节 科学与假说	254
一、假说的含义	254
二、假说的特点	256
三、假说演绎法	258
第二节 假说的构建	264
一、问题的认定	264
二、假说的提出	265
第三节 假说的检验	267
一、检验的方法	267
二、检验的类型	269
三、假说的演绎	271
四、假说的证明	274
五、检验的准则	277
第四节 假说的评价	278
一、接受的标准	278
二、评价的标准	280
三、理论的形成	283
附录 科学推理测试	285
答案与解析	303
参考文献	318

第一章 科学概论

科学在当今时代受到高度的尊重，几乎成了真理的化身，成为是非判别的重要标准。科学的崇高声望归功于科学的工具性的巨大成功，科学作为人类改造自然、改善生存环境的一个工具，改变了人类生活的方方面面。科学的另一个成功之处是它在建立起理论和知识体系的时候，在构建过程中体现出的科学方法的成功。

第一节 科学的含义

科学要发现人所未知的事实，并以此为依据，经过严密逻辑论证和实践检验，从中发现客观世界各种事物的本质及运动规律。

一、科学的内涵

“科学”一词由近代日本学界初用于对译英文中的“Science”，该词来源于拉丁文“Scientia”，意为“知识”“学问”。在现代意义上，科学是一个建立在可检验的解释和对客观事物的形式、组织等进行预测的有序的知识系统，是关于发现发明创造实践的学问。

1. 科学的内涵

科学是探索客观世界最可靠的实践活动，也是一种态度、观点和方法。科学的概念内涵包含以下几点：

- ① 科学是系统化、理论化的知识体系；
- ② 科学是一种认识过程和方法；
- ③ 科学是一种维持和发展生产的关键要素；
- ④ 科学是一种重要的观念来源，包括科学精神、科学道德、科学思想、科学方法以及由此建立的价值观念和行为准则；
- ⑤ 科学是一种社会建制，是由科学研究体系、科学后勤部门和科学管理机构等共同组成的社会化事业。

2. 科学的要素

科学可分为广义科学、狭义科学两类。广义科学包含了科学技术及社会科学，还包括以人类思维存在为对象的思维科学。在中国，教科书上一般将科学分为自然科学（或称为理科）和社会科学（或称为文科）。从准确、可验证性并能达到普遍公认的角度讲，狭义科学仅指自然科学。科学的要素包括以下几点：



- ① 其内容必须具有客观真理性、逻辑性、系统性；
- ② 其方法主要采用观察、假设、实验、求证等；
- ③ 其结果构建并继续扩充博大精深的科学知识体系；
- ④ 其结论必须具有可检验性和可重复性；
- ⑤ 其价值是将人性中的好奇心和求知欲转化为一种卓有成效的认知模式。

3. 科学的原则

科学的目标是试图发现普遍的真理，科学所追求的真理是建立在人们对世界所进行的严格实验和仔细观察之上。在这个基础上发现的真理，就由科研人员继续依据实验和观察来系统化为科学知识、理论和法则。

科学的原则主要有以下几个。

(1) 必要重复原则

科学的一个关键特征是可复制性，即一个实验必须由不同的科研人员在不同的时间和地点进行复验，以确保实验的结果不是源于某一实验者在单一时间和地点操作的特殊情况。复制需要在可控制的条件下，需要设计能够消除外部因素影响的可控制条件。当一个人的观察证据在其他人的独立、合格的检验下重复出现时，我们可以说它是客观存在，可以接受它成为认识的经验基础的一部分。

(2) 随机实验原则

偏见和先入为主的观点会严重地影响我们对事物做出的判断，以及我们对世界方方面面的体验。而随机化实验的目的，正是为了减少实验设计者和参与者的主观意识而造成的结论谬误。近乎所有需要实验的学科都引入了随机化理念。

(3) 可证伪原则

科学的标志在于理论的可证伪性，不能证伪的理论就是非科学的。证伪是指找出一个反例，从而否定理论使其不能证实。可证伪主义对科学最大的贡献是它允许科学也包含错误，并承认科学要受到经验的局限性影响。科学实验，应是针对问题提出试探性的理论，并把理论交付经验检验，理论在检验中遭到证伪进而被淘汰，然后用一个新的更好的理论来替代旧理论。

4. 科学的特征

科学研究是探索创造符合主观认识的客观实际的实践活动过程，是发现、探索和解释自然现象，深化对自然的理解并寻求其规律，是为了增进知识以及利用知识去发明新的技术而进行的系统的创造性工作。

科学包含以下三个基本特征。

第一，科学是以严格的经验观察所得的事实为基础的。要了解科学，必须知道什么是事实，事实必须在严格周密的调查研究和实验基础上形成。

第二，如何从事实进行推导。科学不仅需要事实基础，还需要对事实进行合理的逻辑推导，可以说，科学是离不开逻辑推理的。事实只有经过合理的归纳，才能形成原理。

第三，一个理论满足什么条件才能成为科学。因为科学理论主要用扩展性推理的方式获得，那么归纳的支持是否可以构成科学理论？这就需要对形成的理论进行验证，并不断地接受实践的检验。

二、科学的特性

任何研究方法要被视为科学方法，首先必须是客观的，其次必须是可靠的，即证据必须真实且研究方法能重制，再次必须有完整的资料以供佐证。

1. 客观性

客观性的重要基石是要有证据支持。科学的态度首先是做一个健康的怀疑论者，一件事是否科学取决于它是否被众多严密的证据支持。假说本身仅仅是猜测，在被相信以前，应该得到证据支持，这在科学上必须被严格遵守。

科学的假说是关于自然世界的，所以只有对自然世界的观察可以作为证据。例如，16世纪，哥白尼提出太阳是我们行星系的中心，而且地球围绕太阳转的假说，这与流行的托勒密假说地心说相反。接下来的几年里，发明了望远镜，由此，成千上万的观察都肯定了哥白尼的假说，否定了托勒密的假说。没有这些观察所构成的证据，哥白尼的假说永远都不会被接受。

2. 可靠性

但并不是所有的证据都是可靠的，比如某些权威证词、太孤立不能建立起任何因果联系的证据都不能成为科学的证据。科学证据的可靠性至少必须具备真实性和精确性。

(1) 真实性

证据是否真实、可接受，是科学推理的基础。证据的虚假主要有两大来源：一是提供证据的人本身有意说谎了；二是人的本能和认识的局限。提供证据的人无意地提供了虚假信息。有时即使是自认为亲眼目睹，也未必真实。



案例 空难目击者的证词

2001年11月12日，美国航空公司的587号飞机在起飞后不久便失去平衡，在众目睽睽下，一头栽进了纽约的居民区，造成265人死亡。美国国家交通安全委员会调查的最后结论是，飞行员在应付乱流时操作不当，使垂直尾翼承受庞大的压力，最后使它整个脱落，导致飞机失去控制而坠毁。委员会在调查中访问了394位当场的目击者，他们发现：

52%的人说他们看到飞机在空中时就起了火。22%的人说起火点是在油箱处，但多数人说是在别的地方，有的说是左边的发动机，有的说是右边的发动机，有的说是左翼，有的说是右翼，等等。近20%的人说看到飞机向左转，同样数量的人说看到飞机向右转；近60%的人说看到飞机上有部件掉下来，其中13%的人说是飞机的翅膀（其实是飞机垂直尾翼脱落）。

这些互相矛盾的观察报告，并不是因为目击者有意撒谎。但是，真实的情况是飞机并没有在空中起火，如何解释多半的目击者说他们看到飞机在空中时就起了火？

其实，这是个心理现象，因为观察往往是推理和拼凑过程，证人的记忆其实是在重新构造，“因为证人会本能地将事件和他们过去的经验拼接起来。你看过多少坠机事件？很可能从来没有。但在电影中呢？很多。在电影中，总是有烟，总是有火”（Wald, 2002）。

（2）精确性

科学中常常使用测量来作出客观对比并减少分歧，例如不同的颜色可以通过光的波长来区分，而不使用具体的颜色这样的模糊概念。科学的假说经常被数学语言所限定，或者它们至少能被翻译成某种数学的表达方式。

迷信和伪科学往往有一个缺陷，其定论经常很含糊，以至于很难提供精确的证实。



案例 占星预测

由占星术得出的描述和预测是以一种含糊的方式来述说。占星“预测”某人本年度运势中有这样的叙述：“你的个性将得到张扬；你将用

魅力和愉悦的方式吸引更多的注意。在工作上更加热情，特别是如果与年轻人相关，要高度使用纯真和技能，懂得慷慨资助；你会致力于有价值的事业；健康状况颇佳，外出旅游方面不错。将你认为有价值的计划加以实施。爱情有可能出现停滞，另一方的态度有不忠的表现。”这样的预测几乎适合所有人，分析其中“你将用魅力和愉悦的方式吸引更多的注意”这一陈述，其问题在于，是什么样的魅力？什么类型的“愉悦方式”？吸引谁的注意？吸引多少注意？由于其陈述的模糊性，使得这类预测毫无科学性。

（摘自《理解科学推理》，科学出版社，2010）

3. 完整性

一个推断被认为是科学的，必须有完整的证据、资料文件以供佐证。若证据因各种原因流失于事实认定之外，就会影响到事实认定的准确性。在科学研究中，收集和呈现证据时必须诚实的，并且对沿此途径所产生的那些理论问题进行了诚实的合逻辑的思考。缺乏完整性的情况包括伪造证据和因果联系的缺失。



案例 轮回转世

20世纪，人们经常运用在催眠术下所产生的证据。这种观念是，在催眠术作用下，灵魂记下了转世前发生的事情。在1956年美国出版的一本名叫《寻找墨菲》的书中做了以下描述。

作者莫雷对一位叫露丝的女士在六个不同时间段的催眠治疗进行了录音，并对这些录音加以重新复制形成副本。所有这些时段都有几个旁观者见证。

尽管露丝说从没去过爱尔兰，更没有在那居住过，但在催眠术下，她讲了许多她推测是在19世纪早期的爱尔兰科克郡的生活细节，这种生活是作为名为墨菲的一位女士的生活。

副本包括有关墨菲全部生活的种种问题的详细回答。她与哥哥邓肯把稻草置于家庭谷仓顶部的童年时光；在约翰神父的主持下，她嫁给了于17岁首次遇到的布莱恩，她死时66岁，膝下无子。甚至还提到了在地图没有标出但的确存在的小村庄。此外，她还用十分不同于平常说话声



音的爱尔兰土腔来回答问题。一个片段之后，她还跳起了爱尔兰清晨快步舞作为催眠后示意的一部分。

显然那个叫露丝的女人实际上是被称做墨菲的爱尔兰妇女的转世。因此，轮回转世说是真实的。

而事实上，在《寻找墨菲》一书出版之后，芝加哥报的一名新闻记者对这一案例很感兴趣并发表了他的发现。他获知露丝实际上是来自科罗拉多州的一位家庭主妇，其真实姓名为泰伊。挖掘泰伊女士的过去，他得知她有一位爱尔兰姑妈，这位姑妈在她小的时候用爱尔兰故事与她玩耍。此外，在高中，泰伊曾经在一个剧目中扮演角色，在演出中她学会了用浓重的爱尔兰土腔来表达台词。最后，一位居住在泰伊家对面好多年的邻居女士，详细讲述了年轻时期的弗吉尼亚对她的爱尔兰生活故事多么着迷。邻居女士在少女时期的名字为墨菲。

（摘自《理解科学推理》，科学出版社，2010）

三、科学的方法

科学性就是符合客观实际的真实属性。科学的本质是求真，其基本任务就是探索、认识未知。

1. 科学方法的特征

科学方法就是科学研究的方法，包含以下重要特征：严谨的观察、构建假说并验证之、对新信息的开放性并自愿接受他人的经过验证的成果。具体至少涵盖观察、假说、验证三个方面。

从逻辑的角度来看，科学研究的本质就是进行推理，用推理来形成假说，并验证假说。即从可观察的事实或证据出发，推导出假定性结论，并用经验来验证；再依据这个得到验证的结论推导出一个相对系统的理论。科研工作就是不断地寻求新的证据和结论，先从证据归纳出结论，再寻求新的证据来强化或者修改这个结论，然后应用这个结论，这样，不断地取得科学的进步。

2. 常用的科学试验方法

常用的科学实验方法有以下三种。

(1) 受控实验法

当研究某一课题的时候，实际情况往往十分复杂，通常是很多因素共同作用的结果。所以，采用简化系统模型的方法，将众多因素设置为常量和无关变