

张巨青 主编

科学逻辑

吉林人民出版社

科学逻辑

张巨青	沙青	于祺明
郁慕镛	高兴华	陶文楼
张则幸	刘文君	汪馥郁
刘猷桓	徐纪敏	陈康扬
姜成林	章士嵘	桂起权

编 著

张巨青 主编

吉林人民出版社

科学逻辑

张巨青 沙青 于祺明 郁慕镛 高兴华
陶文楼 张则幸 刘文君 汪馥郁 刘猷桓 编著
徐纪敏 陈康扬 姜成林 章士嵘 桂起权
张巨青 主编

*

吉林人民出版社出版 吉林省新华书店发行
长春新华印刷厂印刷

*

850×1168毫米32开本 11.75印张 4插页 278,000字

1984年3月第1版 1984年3月第1次印刷

印数：1—17,440册

统一书号：2091·58 定价：1.30元

编 者 的 话

本书是一部系统地论述经验自然科学的逻辑方法论的学术著作，也可作为大学的相关课程的教学用书。

本书由十一所大学和中国社会科学院哲学研究所的同志集体编写，张巨青主编。各部分的执笔人如下：

“引论”由武汉大学张巨青执笔；

第一章“问题与直觉”由河北大学沙青、于祺明执笔；

第二章“比较与分析”由南京大学郁慕镛执笔；

第三章“综合与概括”由四川大学高兴华执笔；

第四章“类比与想象”由南开大学陶文楼执笔；

第五章“抽象与理想化”由杭州大学张则幸执笔；

第六章“假说的形成与检验”由华中师范学院刘文君执笔；

第七章“观察与实验”由北京师范大学汪馥郁执笔；

第八章“归纳与确证”由吉林大学刘猷桓执笔；

第九章“演绎与证伪”由南京工程兵学院徐纪敏执笔；

第十章“理论的修改、淘汰与复活”由四川大学陈康扬执笔；

第十一章“科学理论系统化”由辽宁大学姜成林执笔；

第十二章“科学知识的生长”由中国社会科学院哲学研究所章士嵘执笔；

附录：“西方科学逻辑方法论发展概要”由武汉大学桂起权执笔。

此外，山东聊城师范学院张洪慧和杭州大学黄华新承担本书编写的资料工作。

本书在编写过程中曾邀请许多逻辑工作者、哲学工作者以及新闻出版界的编辑举行会议，对全书进行过认真的讨论。在此，谨向给本书提过意见和建议的所有同志，致以热忱的谢意。特别是江天骥同志、吴家国同志、倪鼎夫同志对本书提过许多宝贵意见，给予我们编写工作有力支持和帮助。

在本书的编写过程中先后得到四川大学哲学系、北京师范大学哲学系、杭州大学哲学系、辽宁大学哲学系和武汉大学哲学系的大力支持，我们在此表示感谢。

一九八三年六月九日

目 录

引论.....	(1)
第一节 科学逻辑的划界	(1)
第二节 科学逻辑的研究纲领	(7)
第三节 科学逻辑的基本特征	(29)
第一章 问题与直觉.....	(35)
第一节 理论发现从问题开始	(35)
第二节 问题的解决与探索的逻辑	(43)
第三节 科学发现中的直觉	(46)
第二章 比较与分析.....	(54)
第一节 比较的概述	(54)
第二节 比较的类型和合理性原则	(58)
第三节 分析的概述	(64)
第四节 分析的类型和合理性原则	(66)
第三章 综合与概括.....	(71)
第一节 综合的概述	(71)
第二节 综合的类型和合理性原则	(74)
第三节 概括的概述	(81)
第四节 概括的类型和合理性原则	(83)
第四章 类比与想象.....	(89)
第一节 类比的概述	(89)
第二节 类比的类型和合理性原则	(95)
第三节 想象的概述	(98)
第四节 想象的类型和合理性原则	(100)
第五章 抽象与理想化.....	(105)

第一节	抽象的概述	(105)
第二节	抽象的类型和合理性原则	(111)
第三节	理想化的概述	(115)
第四节	理想化的类型和合理性原则	(117)
第六章	假说的形成与检验	(125)
第一节	假说的概述	(125)
第二节	假说的形成	(131)
第三节	假说的检验	(144)
第七章	观察与实验	(156)
第一节	观察的概述	(156)
第二节	观察渗透理论	(162)
第三节	科学实验	(170)
第八章	归纳与确证	(180)
第一节	作为科学推理的归纳法	(180)
第二节	确证的复杂性	(187)
第三节	对确证的历史发展观点	(198)
第九章	演绎与证伪	(205)
第一节	作为科学推理的演绎法	(205)
第二节	证伪的复杂性	(211)
第三节	对证伪的历史发展观点	(218)
第十章	理论的修改、淘汰与复活	(224)
第一节	理论修改的实质、类型和原则	(224)
第二节	理论淘汰的实质、类型和原则	(230)
第三节	理论复活的实质、类型和原则	(235)
第十一章	科学理论系统化	(242)
第一节	科学理论系统化的概述	(242)
第二节	公理化的方法	(247)
第三节	逻辑与历史一致的方法	(255)

第十二章	科学知识的增长	(259)
第一节	对几种科学知识增长模式的分析	(259)
第二节	科学知识增长的内在机制	(271)
第三节	科学知识增长的内在逻辑	(279)
附录	西方科学逻辑方法论发展概要	(289)
第一节	古典时期和中世纪：科学方法论的发端与初探	(289)
第二节	16—17世纪关于科学方法的思想	(301)
第三节	18—19世纪关于科学方法的思想	(313)
第四节	20世纪西方关于科学方法的思想： 正统的逻辑主义观点	(324)
第五节	20世纪方西关于科学方法的思想：非正统的观点	(351)

引 论

第一节 科学逻辑的划界

什么是科学逻辑？哪些是属于科学逻辑所要研究的？哪些不是属于科学逻辑所要研究的？这就是关于科学逻辑的划界问题。

逻辑这个词源于希腊语词“ $\lambda o r o s$ ”(逻各斯)，含有“思维”、“理性”、“言语”、“规则”等等意思。逻辑作为一门科学已发展成为多支的，即存在着不同类型的逻辑。科学逻辑是以科学的认识活动作为研究对象，它论述科学研究活动的模式及其规则（作为评判科学活动合理性的标准）。

人们曾经把那种以科学理论作为研究对象的学问，叫做“元科学”（或称为“元理论”）。对此需要说明两点：首先，元科学（或元理论）并不是研究一切门类的科学，它仅仅是研究经验的自然科学。经验自然科学总是与观察、实验联系在一起的，它既是解释经验事实的，又是有待于通过经验事实给予验证的。元科学与元逻辑不同，前者研究的对象是经验自然科学，后者研究的对象是演绎科学（数学和逻辑）。其次，元科学并不是研究经验自然科学中的任何问题，它所探讨的只是经验自然科学中的认识论与逻辑问题。人们也把这种经验自然科学的认识论与逻辑问题，通称为“自然科学中的哲学问题”。

究竟元科学研究些什么呢？元科学的研究课题从总体上来说，包括着以下两个方面：

第一，科学知识是什么？这是有关科学知识性质方面的问题。对这一方面的问题作出回答就形成了科学观。比如说，有的认为，科学知识具有客观性，它不依赖于个人或集团的主观信仰；而有的则认为，科学知识是科学家集团的共同信仰，具有约定的纯工具性质；还有的认为，科学知识不过是科学家的个人信念，并无客观的意义。无疑，自然科学中具有头等重要意义的认识论问题，即：科学知识是什么？科学知识的性质如何？应当说，科学观历来就是作为认识论的主要内容之一，不同的科学观构成不同的认识论。

第二，科学方法是什么？这是有关科学研究活动的合理性问题。换句话说，科学的认识活动是依照怎样的模式、程序、途径、手段进行的呢？如何从事科学活动才是有效的、正确的、合理的呢？科学活动的合理性标准（规则）是什么呢？对这一问题作出回答就形成了经验科学的逻辑方法论（简称为“科学逻辑”）。

这里需要明确，关于经验科学的方法问题既不全是逻辑的问题，也不全是认识论的问题。经验科学的方法论总是作为逻辑与认识论相互渗透的统一体。不存在什么排除认识论的“纯粹的”经验科学逻辑，也不存在什么排除逻辑的“纯粹的”经验科学方法。

既然科学逻辑是探讨经验科学的方法的学科，是关于科学活动的模式、程序、途径、手段及其合理性标准的理论，那么，是不是说经验科学中的任何一种研究活动的模式或手段——比如说，光谱分析法、远缘杂交法、气象预报法以至象算术的加、减、乘、除法等等——都是属于科学逻辑的研究课题呢？不！并

不是这样的。因而，必须进一步明确科学逻辑的划界原则。

作为科学逻辑研究课题的科学认识活动的模式和手段，它们具有以下这些特点：

第一，科学逻辑所研究的是一切经验自然科学所共有的研究活动模式和手段，而且这些模式和手段仅仅是经验自然科学所共有的。也就是说，凡是某一学科（或少数学科）所特有的研究活动模式和手段，都不属于科学逻辑的研究课题。比如说远缘杂交法，这是遗传学、育种学所特有的研究方式，并不是一切经验科学所共有的，因而不属于科学逻辑的研究范围；此外，科学逻辑也不一般地研究适用于全科学的方法，比如演绎推理和归纳推理，这是任何科学活动以及日常生活活动都普遍应用的。如果是一般地研究演绎推理和归纳推理，那么这是普通逻辑的课题，并不是科学逻辑的课题。科学逻辑所要研究的是作为经验科学活动的模式和手段的演绎推理和归纳推理，目的在于解决科学活动的合理性问题。

第二，科学逻辑的研究课题是经验科学中的认识论与逻辑的课题，并不是数学的或工程技术的课题，甚至也不是科学社会学的课题。比如说，系统论、控制论和信息论，它们如同数学方法一样地重要，也是极为普遍地被应用的。然而，它们并不作为经验科学的认识论与逻辑。它们主要是作为解决工程技术问题而兴起的学科，因而，它们就不是科学逻辑所要论述的内容。大家知道，科学是人类社会的事业，科学活动涉及社会人才的培养状况、研究机构的发展状况、资金的使用状况等等。总之，人类的科学活动存在着许许多多社会学方面的研究课题。但是，科学逻辑只限于研究科学的认识论与逻辑的课题，并不研究科学的社会学方面的课题。

第三，科学逻辑所阐明的科学活动模式及其合理性标准，并

不都是些严格而精确的形式规则，还有些启发性的指导原则。如果科学逻辑的内容仅仅是形式规则所构成的系统，而排除那些不具有机械固定程序的指导原则，那就根本无法解决科学活动的合理性问题。

比如说，为了检验一个假说，就必须从被检验的假说引申（演绎）出关于事实的命题，然后，通过观察或实验判定从假说引申出来的事实命题的真伪，再从引申出来的事实命题的真伪去评估被检验假说的真伪。人们常用“H”来表示被检验的假说，用“E”来表示引申出来的关于事实的命题，那么，从被检验假说H引申（演绎）出关于事实的命题E，被简化地表示为：“如果H，那么E”。无疑的，事实命题E，也许是真的，也许是假的。

如果观察或实验表明事实命题E为真，那么，我们可否依照下式：

如果H，那么E
 E（即“E”真） *

所以，H（即“H”真）
从而判定假说H为真呢？不可以！比如说，根据爱因斯坦广义相对论：

“引力会影响一切物理过程所进行的速率，而使它变慢。在月球表面引力比地面上的弱，因此月球上的精密计时将比地面上的同样计时走得快些，而引力强得多的太阳表面处的计时则会走得慢些。当然我们不能将一只人造的计时放到太阳上去，但很凑巧，那里已有天然

* 在前提和结论之间，我们用双线表示或然的、非演绎的推理，而用单线表示必然的、演绎的推理。

的時計：这就是原子，它的光波发出精确的频率来标志它们的时间。因此，为了考察在太阳表面与在地球表面的时钟的快慢是否存在差别，我们应该比较一下在太阳表面和在地球表面的同样光源所发射光的频率。不同元素的原子所发射的光给这种研究提供了方便。在太阳的强引力场中，原子的振动将比地球上那些同样的原子的振动慢些。但是这个差别只有约百万分之二，很难作精确的测量。更近代的实验用的是原子核所发射的振动（ γ 射线），它能以极高的精确度加以测量。在同一实验室中，处于不同高度所做的这些测量，所得到的结果（如太阳光的频率移动）符合爱因斯坦的预言。但不幸的是，所有别的与此不同的理论——甚至是牛顿力学的一种推广——也预言了同样的结果。所以，这种相符性对这些理论并不能作为选择的根据。”（G·盖莫夫、J·M·克利夫兰著

《物理学基础与前哨》，上册，上海教育出版社，第292—293页）

即使我们从假说H引申出一系列关于事实的命题 $e_1, e_2, e_3, \dots \dots e_n$ ，而且观察或实验表明 $e_1, e_2, e_3, \dots \dots e_n$ 是真的，那么可否依照下式：

如果H，那么 $e_1, e_2, e_3, \dots \dots e_n$ 。

$e_1, e_2, e_3, \dots \dots e_n$

所以，H

从而判定假说H为真呢？还是不可以！比如说，从“一切物体遇热膨胀”可以引申出一系列有关个别物体遇热膨胀的事实命题，而且正如人们常见的：一个气球晒热会膨胀，一床被絮晒热会膨胀，一个饺子煮热会膨胀，等等。有人以为可以从上述事实判定“一切物体遇热膨胀”为真。可是，当他发现冬天水结冰时，居

然胀破了水缸或自来水管，他便恍然大悟：原来“一切物体遇热膨胀”的说法还是不能成立啊！由此可见，从被检验假说引申出来的若干事实命题为真，并不能简单地据此而判定被检验的假说为真。

反之，如果观察或实验表明事实命题E为假，那么我们可否依照下式：

如果H，那么E
并非E（即“E”假）

所以，非H（即“H”假）

从而判定假说H为假呢？也是不可以！科学史表明，一个理论假说刚提出之时，往往就存在着许多它尚不能解释的相关事实（我们称之为“异例”），或存在着许多排斥它的事实（我们称之为“反例”）。比如说，哥白尼本人在提出日心说时，并不能解释：既然地球是运动的，为什么从塔顶抛下的石头不是落在远离塔基的地点，而是落在塔脚上？这就是被称为“塔的问题”；又如，牛顿提出的引力理论，并不能解释水星近日点运动的偏离。尽管一个新理论往往面临着“异例”或“反例”，可是科学家并不因此就拒绝接受这个理论。如果简单地依照上述的推论方式进行“证伪”，那么很多新的进步的理论假说，从初始提出时就被否定了，就被抛弃了。

综上所述，科学活动的合理性、有效性与正确性问题，并不是完全依靠形式规则就能解决的。对于科学逻辑来说，非形式的指导原则是必要的，而且也是有成效的。

第二节 科学逻辑的研究纲领

科学方法问题，科学活动的合理性问题，要涉及以下三个基本的方面：

第一，科学理论的发现方法。这是探讨科学发现活动范围的合理性问题。可以把这方面的内容称为“发现的逻辑”。

第二，科学理论的检验方法。这是探讨理论检验活动范围的合理性问题。可以把这方面的内容称为“检验的逻辑”。

第三，科学理论的发展方法。这是探讨科学理论的演变与更替过程的合理性问题。可以把这方面的内容称为“发展的逻辑”。

科学逻辑的研究工作基本上就是探讨以上三个方面的课题。而且，对上述课题作出不同的回答就形成了不同学派的理论。

一、发现的逻辑

关于科学方法的古老见解，我们可以追溯到古希腊时期。依照亚里士多德的见解，科学研究是从观察上升到一般原理，即从个别事实的知识中归纳出解释性原理，然后再以解释性原理为前提，演绎出关于个别事实的陈述。这就是亚里士多德关于科学研究的归纳——演绎程序的理论。然而，亚里士多德本人对归纳程序的研究是非常薄弱的。那时占优势的是演绎科学，数学被看作是一切知识的典范，自然也就特别重视演绎法的逻辑证明意义。亚里士多德认为，任何一门科学都是通过一系列演绎证明而构成的命题系统，其中处在一般性最高层次的，作为一切证明出发点的是第一原理。其余处于一般性较低层次的命题都是由第一原理演绎出来的。总之，理想的科学应当是演绎命题的等级系统。此后，亚里士多德的追随者，所强调的只是从第一原理演绎出推断，

从第一原理开始，而不是从观察与事实的归纳开始。把科学方法归结为演绎逻辑，以为科学发现是通过演绎程序来实现的。传统的理性论基本上都是这么看的，包括笛卡儿的方法论也是如此。然而，演绎法的局限性恰恰就在于如把它作为发现的方法，那是很难胜任的。“逻辑证明即所谓演绎；结论是由别的陈述，即被称为是论证的前提进行演绎而获得的。论证应构造得如果前提为真，结论也必定为真。……结论不能陈述多于前提中所说的东西，它只是把前提中蕴涵着的某种结论予以说明而已。即是说，它只是揭示了在前提中所包藏的结论而已。演绎的价值就立足在它的空虚上。正因为演绎不会把任何东西加在前提里面，它就可以永远应用而不会有失误的危险。说得更确切一些，结论不会比前提不可靠。演绎的逻辑功能便是从给与的陈述中把真理传递到别的陈述上去——但这就是它所能办到的全部事情了。除非另有一个综合真理已被知道，它是不能建立综合真理的。”（H·赖欣巴哈著：《科学哲学的兴起》，商务印书馆，第32—33页）总之，科学原理的发现不能归结为演绎的功能。科学的实际历史也表明了演绎法的这种局限性。正如W·C·丹皮尔所说的：“亚里士多德是形式上确凿无疑的形式逻辑及其三段论法的创立人。这是一个伟大的发现；……亚里士多德把他的发现运用到科学理论上。作为例证，他选择了数学学科，尤其是几何学。……但是，三段论法对于实验科学却是毫无用处的。因为实验科学所追求的主要目的是发现，而不是从公认的前提得出的形式证明。从元素不能再分割为更简单的物体的前提出发，在1890年未尝不可得出一个正确的已知元素表，但是到1920年，再运用这个前提就会把一切放射性元素排除在外。这样，前提既已改变，‘元素’一词的意义也就改变了。……幸而现代的实验家并不在逻辑的形式规则上操心费神；不过，亚里士多德的工作的威信在促使希腊和中古时代科学界去寻找绝对肯定的前提和过

早运用演绎法方面，却起了很大作用。其结果，就把许多有不少错误的权威都说成是绝对没有错误的。”（《科学史及其与哲学和宗教的关系》，商务印书馆，第75——76页）

近代自然科学是在反对迷信权威，推崇实验方法的呼声下兴起的，与近代自然科学一齐前进的是探讨归纳逻辑与强调归纳法的意义。以培根、穆勒为代表的古典归纳主义，认为科学原理是依靠归纳法从事实材料推导出来的。培根提出归纳程序的理论作为“新”科学方法。他把科学知识结构看作是一种命题的金字塔，作为基础的底层是关于经验事实的命题。科学研究就是通过归纳程序去发现一般原理，这样，从命题金字塔的底层逐步地归纳上升到顶部，其顶端就是最一般的原理。培根认为科学发现是通过归纳程序来实现的。归纳法被当作是唯一的科学发现方法。在一个相当长的历史时期内，这种观点被为数颇多的逻辑著作、科学与科学史著作所接受，甚至简单地把经验科学称为“归纳科学”。

古典归纳主义认为归纳法才是真正科学发现的方法，毕竟是把问题看得过于简单了。即使是在科学的萌芽时期，归纳法要作为发现的方法也是不能胜任的。我们不妨追忆一下阿基米德发现浮体定律的故事！

“说起阿基米德，虽然他有许多各种各样的奇妙发现，可是在这所有的发现当中，我下面将要谈到的一个也许是最精彩最巧妙的了。海罗在锡拉丘兹称王之后，为了显示自己的丰功伟绩，决定在一座圣庙里放上一顶金皇冠，奉献给不朽的神灵。海罗与承包商谈好价钱，订了合同，并精确地称出黄金交给了他。到了规定的日期，制造商送来了做工极其精美的皇冠，大王极为满意。看起来皇冠的重量与所给的黄金重量完全相符。但后来有人告发说，在做皇冠时，商人盗窃了金子，加上了等