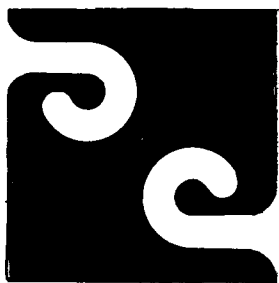


Renzhi Yu Fangfa  
Renzhi Yu Fangfa

# 科学思维的 推理艺术

·  
·  
·

23



认知与方法丛书

# 科学思维的推理艺术

李 静 宋立军 张大松 著

浙江科学技术出版社



认知与方法丛书

(浙)新登字第 5 号

责任编辑：盛有根

封面设计：孙 菁

**科学思维的推理艺术**

宋立军 张大松 李 静 著

\*

浙江科学技术出版社出版

浙江新华印刷厂印刷

浙江省新华书店发行

开本787×960 1/32 印张 8 插页 5 字数132,000

1994年3月第 一 版

1994年3月第一次印刷

印数 1—982

**ISBN 7-5341-0596-X/B·16**

**定 价：6.60 元**

## 内 容 简 介

科学探索的神奇在于借助理从已知导向未知。科学推理的艺术既是对科学思维的方式及其规律的概括，又是集中地表现了科学认识活动中理性的能力。本书以科学史上的典型案例为依据，深入地探讨了科学推理的演绎模式、溯因模式、类比模式与归纳模式，并具体地阐述了每一种推理模式的各个方面的功能，从而系统而完整地展示了人类科学活动中运用推理的艺术。

本书内容丰富，寓哲理性、启发性于浅显生动的具体分析之中，见解独到，可读性强。

## 目 录

### 一 绪论

(一) 科学探索何以如此神奇 .....( 2 )

    一个千古之谜的解 .....( 2 )

    科学探索的神奇在于推断新知 .....( 7 )

    作为基本认识活动的科学推理 .....( 12 )

(二) 科学推理的类型与功能 .....( 19 )

    科学推理的多种类型 .....( 19 )

    科学推理的多种功能 .....( 25 )

    科学推理的具体运用 .....( 32 )

二 展示理论导向的演绎技巧 .....( 38 )

(一) 从普遍导向特殊的演绎模式 .....( 38 )

什么是演绎模式·····	( 38 )
演绎模式的运用·····	( 44 )
(二) 在理论与事实之间架桥·····	( 48 )
科学解释的演绎模式·····	( 48 )
科学预测的演绎模式·····	( 71 )
(三) 理论的系统化·····	( 88 )
理论系统化与系统化理论·····	( 88 )
理论系统化的方法·····	( 94 )
<b>三 扩深认识的溯因技巧·····</b>	<b>( 106 )</b>
(一) 探索现象机理的溯因模式·····	( 106 )
什么是溯因模式·····	( 106 )
溯因模式的基本特征·····	( 110 )
(二) 溯因模式与原理的发现·····	( 115 )
科学原理的一般特征·····	( 115 )
溯因模式的助发现意义·····	( 119 )
溯因模式的有效性条件·····	( 131 )
(三) 溯因模式与理论评价·····	( 134 )
什么是理论的可行性·····	( 134 )
作为评价理论可行性的溯因模式·····	( 138 )
<b>四 最具创造性的类比技巧·····</b>	<b>( 146 )</b>
(一) 探索未知领域机制的类比模式·····	( 147 )
类比与比喻·····	( 148 )
类比的基础·····	( 150 )
类比推理的具体形式·····	( 153 )

类比的两个认识特征·····	( 156 )
(二) 类比模式的发现功能·····	( 164 )
类比与发现·····	( 165 )
类比与发明·····	( 173 )
类比的链·····	( 181 )
(三) 类比模式与理论的间接论证·····	( 187 )
类比论证的基本模式·····	( 187 )
类比论证的两种方案：确证与否证·····	( 190 )
模拟实验·····	( 194 )
<b>五 概括经验与辨护理论的归纳技巧·····</b>	<b>( 198 )</b>
(一) 科学认识中的归纳活动·····	( 198 )
何谓归纳法·····	( 198 )
经验知识的概括·····	( 202 )
(二) 科学发现的归纳技巧·····	( 211 )
全称归纳·····	( 212 )
统计归纳·····	( 216 )
典型归纳·····	( 220 )
关于归纳概括的评价·····	( 224 )
(三) 理论评价的归纳技巧·····	( 226 )
初始评价与后验评价·····	( 227 )
归纳论证的方式·····	( 231 )
归纳论证的逻辑分析·····	( 236 )
理论评价的相对性·····	( 245 )
<b>六 结束语·····</b>	<b>( 248 )</b>



## 一、绪 论

---

“如何思维比思维什么  
更为重要。”

——歌德

月亮为什么高悬不落？太阳何以光耀千秋？火山为什么时喷时息？生命是从哪里来的？这些都曾被人们视为自然之谜。千千万万的谜，林林总总的谜，对于人类的生存和发展来说，最需要也最重要的莫过于解开大自然之谜。大自然似乎是个制谜的高手，谜底却藏在最深层、最隐蔽之处。

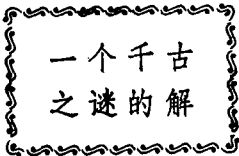


的确，科学探索活动酷似猜谜活动，每个科学家都像猜谜者，有时任凭你殚精竭虑、百般猜测，都未必能揭开谜底。重要的是善于把握与运用猜谜规则，即解谜的“诀窍”。那么，这种诀窍究竟在哪里呢？简言之，科学思维的推理艺术即是。

当我们在“世纪之交”回首科学探索的艰辛历程时，当我们追溯每一次激动人心的发现、赞赏描绘世界的每一幅画卷时，科学智慧的精华——科学思维的推理艺术便以其无比的魅力吸引着我们……

在科学探索的道路上，成功只属于那些不畏艰难、善于思考并技高一筹的人。

## （一）科学探索何以如此神奇



一个千古  
之谜的解

有一行英文诗说：“遥远的在山那边。”绵亘的高山挡住了人们的视线，凡是不能看见的遥远地方，便可统统归之于“山那边。”这的确是一个绝妙的但却是没有题解的回答。由于人类感官的局限，人的直观难以企及的地方可算是在遥远的山那边。

天穹星星究竟离地球有多远？宇宙究竟是动态的还是静态的？对于这个千古之谜，人类长期陷入

了困惑之中。以致于在某些人看来，这似乎是“一个白痴才期望有答案”的不解之谜。

庆幸的是，科学居然可在直观不能觉察的领域借助于推理去解开这个大自然之谜。本世纪初，爱因斯坦在涉过“一条有点崎岖和曲折的道路”后，提出了一个全新的宇宙模型——动态的宇宙模型，从而开辟了一条通往现代膨胀宇宙概念的道路。现代宇宙学由此便获得了蓬勃发展，其代表作就是“大爆炸宇宙说”。

1917年，爱因斯坦根据其广义相对论的推导，提出了动态的宇宙模型。其推导的思路为：在强引力场的作用下，宇宙空间是一个弯曲空间。由于这种宇宙空间是一个闭合的连续区，而任何一个闭合体的体积都是有限的，所以连续区的体积是有限的，又由于其是一个弯曲的封闭体，而任何一个球面都是可以无限连续运动的，因此宇宙空间是没有边界的。这就好像一个球体的表面，其面积虽然是有限的，但是沿着球面运动总遇不到边。而且，根据广义相对论的计算结果，这个有限无边的宇宙空间必定是动态的，而不是传统观念的静态宇宙。一幅崭新的宇宙图景借科学思维的推导而展现出来，这无疑是“曾经提出的关于宇宙本质的最伟大的思想之一”（玻恩）。可是囿于静态宇宙观的人们还很难接受它，甚至有人说“这是一个对作者来说也是太

离奇的推断”。然而，无论不同观念之间的碰撞多么激烈，爱因斯坦的宇宙模型已孕育着宇宙学的一场革命；它揭示了宇宙的膨胀运动。

宇宙真的处于膨胀运动状态吗？真的像慢慢吹胀的气球吗？遥远的星系真的像朝不同方向狂奔而去的马群吗？有谁能直观地察觉到这一幕？没有。那么，我们又是如何知道和证明宇宙在膨胀呢？

本世纪初，大型天文望远镜从河外星系的光谱线中探测到一种奇怪的“红移”现象，即从遥远的河外星系发来的光，普遍朝光谱的低频（红端）一端移动。1929年，美国天文学家哈勃发现了其中的奥妙并由此提出了“哈勃定律”：星系的退行速度与它到地球的距离成正比，即星系距离越远，退行速度越大。那么，红移现象与哈勃定律意味着什么呢？为了获得一个合理的解释，人们借助于已有的知识进行了推导。早在1842年，由奥地利物理学家多普勒所发现的“多普勒效应”指出，当波源和观测者有相对运动时，观测者接受到的波的频率和波源发来的频率不同。如果波源与观测者相互离开时，接受到的频率降低，两者相互接近时则升高。人们把多普勒效应类推到对红移现象的解释，哈勃定律便有了一个合理的说明。即当光源与观测者作相对运动时，观测者接受到的光谱线如果向低频一端位移（红移），则意味着光源远离观测者而去。根

据星系距离我们越远则红移量越大，便可得出我们的宇宙在作整体膨胀的结论。由此可见，通过科学思维的推导，不仅使星系红移现象这一观测事实得到了圆满的解释，并由此证明了爱因斯坦动态宇宙模型的实在性。

整个宇宙今天仍在作膨胀运动，那它们原来状态是怎样的呢？是什么原因使它们处于这样的运动状态呢？人们根据膨胀宇宙模型可进一步推导出关于宇宙起源的解释：既然宇宙一直在膨胀，宇宙物质在空间大尺度上的分布又是均匀的或各向同性的，那就意味着“现在的宇宙要比昨天大，昨天的宇宙又要比前天大，依此类推。反过来说，如果我们随着时间往回追溯的话，我们将会发现宇宙在不断收缩着。昨天的宇宙要比现在小，前天的宇宙又比昨天小。假如我们一直追溯下去，则宇宙在距今十分遥远的过去年代里是相当微小的，甚至可能只有一个针尖那样大”。<sup>①</sup>于是，由宇宙膨胀就可合乎逻辑地推断：宇宙起源于十分密实的物质。1927年，比利时天文学家勒梅特提出，膨胀宇宙的物理原因在于密度极大的“原初原子”的一次剧烈的大爆炸。1948年，伽莫夫运用核物理学理论提出了较为系统的大爆炸宇宙说。一幅宇宙演化的图景被描

---

<sup>①</sup> [美]艾萨克·阿西摩夫：《无穷之路》，地质出版社1981年版第2页。

绘为：约150亿年到200亿年前，现在的宇宙由一个密度极大、温度极高、压力极强的物质状态经大爆炸而膨胀着。在大爆炸之后，宇宙温度便迅速下降，使原先存在的巨大能量聚合成物质，物质再聚集成星系，它们又分别集聚成亿万颗星体。最后，就我们现在所知，宇宙在往昔数不尽的岁月中一直在演变和冷却着，今天它已变得十分巨大和相当寒冷，但仍然在不断地膨胀着。大爆炸宇宙说虽然因其大胆地宣告了宇宙的时空起源而屡遭磨难，虽然因其大大超越了人的直观而难于在短期内被普遍接受。但是，由于它合理地解释了红移现象、宇宙中氢丰度的均匀分布等经验事实，并且成功地预测作为早期炽热宇宙留下的遗迹——背景微波辐射，从而获得了具有决定性意义的胜利。这个胜利又一次显示了科学推理的神奇力量。

这就是一个千古之谜的解所给予人们的启示。

科学推理的神奇力量处处可见，有哪一种理论可以不作推理呢？乍一看不易觉察的事实，经过认真地考虑分析以后，产生了意想不到的、而又极为重要的结论。天空不够明亮这一现象，迫使人们重新考虑宇宙几何学的旧有观念；发现能量守恒定理与时间流逝的均匀性有着最为紧密的联系；在研究炽热气体原子时发现的定律，现在用到了电磁场上，并由此得出了对经典力学来说是十足怪诞的结

论——电磁波的能量只能不连续地一小部分、一小部分地变化着……”。<sup>①</sup> 就连“一叶落而知天下秋”的普通常识中也包含着一连串科学推理。所以，尽管科学探索的具体领域、层次、方面等各不相同，尽管科学认识的创造性活动充满着个性色彩，但科学探索总是离不开这样或那样的推理。

科学探索的  
神奇在于  
推断知新

科学推理具有间接认知和创造性的特征。在对未知领域的科学探索中，推理能够把握经验事实的内在联系，能够在观念中再现客观事物的内在规律，能够将已知事件逻辑地联系起来并由此达到新知。与直接经验所获得的知识相比较，科学推理所获得的知识则属于间接性知识。例如，人们如何知道地球到月球的距离呢？显然，不能通过直接丈量而得知。但是却可以通过推导的方式而间接认知。通常用速率的计算来推知距离，假如一个人平均每小时步行5公里（速率），那么他步行2小时的路程则可推算为10公里。可以照此类推其他。我们知道，雷达波是一种电磁波，其速率为每秒30万公里。于是，我们根据雷达波由地球至月球的往返时间，便不难推算出地球与月球之间的距

<sup>①</sup> [前苏]A·米格达尔：《科学家成功之路》，电子工业出版社1986年版第78页。

离。结果表明：地月之间的距离约为39万公里。我们还可以运用位移测量方法，光谱测量分析方法等去推知更遥远的星系及星系之间的距离。可以说，所有的间接知识都是推理的结果。离开了推理，甚至连两件简单的事实都无法联系起来，更无法去把握那些不能得到直接经验的东西。

科学推理的间接认知能够超越感性直观的狭隘认识，科学不仅仅是可观察现象的描述，更重要的是揭示隐藏在现象背后的本质。由于科学推理能够以理性推导逐步达到对事物的本质及其规律性的深刻反映，因此，它能够突破感性直观的局限，从而提供仅凭直接经验无法了解的有关事物本质的认识。例如，对于日—地关系的认识，如果仅限于直观描述，所“看”到的只能是“旭日东升”、“夕阳西下”的景象，而不可能提出“日心说”。哥白尼的“日心说”以其更深刻地把握日—地关系而名垂青史。在科学探索中，还可以根据对事物规律性的把握，通过推导作出关于未知事实的预测，从而参与经验认识活动并发挥理论的指导作用。例如，1917年，爱因斯坦提出，如果把加速度与引力的等效原理推广到电磁领域中，光线在引力场中必定是弯曲的。他还通过推导断定：如果光线在太阳表面附近经过，会明显地偏转。这一理论的推断在1919年被爱丁顿率领的日全食观测队的观测所证实。当这一

引起轰动的喜讯传来时，爱因斯坦的学生曾问他：假如您的推断没有得到任何证实，那将怎么样呢？爱因斯坦回答道：我将为亲爱的上帝感到遗憾——这个理论是正确的。幽默的话语中渗透着一个伟大科学家对科学推理力量的坚定信念。

科学推理的间接认知能够通过概念的逻辑联系揭示外界的客观过程。由于在科学推理中，能够把外部的具体对象内化为观念，从而能够把个体的经验与人类以往的经验联系起来，并形成概念关系网络与经验事实相对应，因此，科学推理可以在一个更广阔的思维空间中展开，甚至还有可能在纯粹乃至理想化的状态下进行相对独立的推演活动，以利于通过高度的理论抽象去把握事物更深刻的本质。尤其是随着科学探索的不断深入扩展，只能间接感知的“自然现象”日益增多，科学推理的作用就愈为突出和更加重要了。对于远离经验领域的科学探索，爱因斯坦曾有过一个形象贴切的比喻：“物理学家的的工作必须像侦探那样用纯粹思维来进行。”<sup>①</sup>的确，面对着扑朔迷离、错综复杂的案件，案发现场又几乎找不到任何直接证据，一个高明的侦探就必须扩大搜寻范围，从蛛丝马迹中敏锐地捕捉间接证据，而且还必须凭借其高超的推理去联结那些似乎

---

<sup>①</sup> 爱因斯坦、英费尔德：《物理学的进化》，上海科技出版社1979年版第3页。



毫不相干的迹象，从而使案件的真相在慎密的逻辑推导与展开中大白于天下。同样，在科学探索中，通过概念的联结并与范围更广泛的经验事实联系起来，通过一系列的逻辑推导，使客观对象的隐蔽的本质昭然若揭。

从知识进化的过程上看，科学推理表现为从已知向未知过渡，不断地扩展认识的对象领域。人类的知识进化是由已知去探索未知而实现的。在科学思维的推理过程中，前提的已有知识是推理赖以进行的基础，结论则是推出的新知。可见，推理是由已知通向未知的逻辑桥梁，是连结已知与新知的逻辑链条。例如，宇宙膨胀开始于何时呢？对这个无法用直接经验认知的问题，科学家是依赖于推导而作出回答的。根据哈勃定律的计算而得到一个“哈勃常数”：由每秒所飞的公里数表示的速率总是以100万光年为单位的距离的30倍左右（即星系退行速度和距离之间的比值）。又根据光速不变原理得知：光速为每秒30万公里，这是一个极限速度。而光是遥远星球的信使，我们对遥远星系的了解，绝大多数都是根据光信号推导的间接知识。如果星系的退离速率达到光速，我们将永远接受不到其向地球发来的光信息。据此我们便可推知：当星系的膨胀速率接近光速时，其距离我们约为100亿光年左右。这就意味着在地球上可能“看”到的最遥远的