

Renzhi Yu Fangfa
Renzhi Yu Fangfa

科学理论模型的建构



- 张 琼 于祺明 刘文件 著
- 浙江科学技术出版社
- ZHEJIANG SCIENCE
AND TECHNOLOGY
PUBLISHING HOUSE



认知与方法丛书

科学理论模型的建构

张 琼 于祺明 刘文君 著

浙江科学技术出版社



认知与方法丛书

责任编辑：曾勇新

装帧设计：孙 菁

科学理论模型的建构

张 琼 于祺明 刘文君 著

*

浙江科学技术出版社出版

浙江新华印刷二厂印刷

浙江省新华书店发行

开本：787×1092 1/32 印张：8.25 插页5 字数：135,000

1990年10月第 一 版

1990年10月第一次印刷

印数：1—2650

ISBN 7-5341-0282-0/B·9

定 价：3.50 元

内 容 简 介

理论是科学的皇冠，是人类抽象而概括地反映客观世界内在机制的系统知识。而理论的形成是通过建构理论模型来实现的。本书论述了科学理论模型的基本特征和建构方式，并结合科学史上许多理论形成的典型案例，比较系统地阐明了类比、抽象、演绎、归纳等思维方法在理论模型建构过程中的应用。

本书内容翔实，富有哲理性、技艺性和启发性，可供科技工作者与大专院校师生阅读。

《认知与方法丛书》序

陶德麟

摆在读者面前的这套《认知与方法丛书》是国家社会科学基金项目“现代科学方法论问题”和国家教委重点科研项目“科学方法论研究”的综合研究成果，它将分批地以系列著作的形式探讨现代科学发展所提出的认识论和方法论的课题。应该说，它在建国以来国内出版的以探讨科学认识论和科学方法论为内容的著作中，是富有特色而又比较全面的一种。

我们的社会主义现代化事业离不开马克思主义哲学的指导。在纷繁复杂的建设任务面前，如果没有唯物辩证法这个伟大的认识工具的指导，如果没有全民族哲学素养的提高，是不可能不迷失方向

的。马克思主义哲学按其本性来说就是批判的、革命的，它的生命力正在于不断地从生产斗争、阶级斗争和科学探索的实践中丰富和发展自己，使自己站在人类思维的最高水平上。科学研究的成果和科学研究的过程是马克思主义哲学从中吸取营养的重要源泉之一，是坚持和发展马克思主义哲学绝对不可忽视的领域。

科学对当代人类生活和社会进步的巨大作用已成为全人类的共识。科学本身的发展规律，科学发展中提出来的认识论和方法论问题，也理所当然地成了哲学家和科学家共同关注的研究课题。富有理论建树和研究经验的科学家对他们的专业研究与认识论、方法论之间的紧密关系是有切身体会的。爱因斯坦说过：“认识论同科学的相互关系是值得注意的。它们互为依存。认识论要是不同科学接触，就会成为一个空架子。科学要是没有认识论——只要这真是可以设想的——就是原始的混乱的东西”（《爱因斯坦文集》第一卷第480页，商务印书馆1983年版）。我想，从事马克思主义哲学工作的人也应当有这样的体会，在现代条件下尤其应当这样。现代科学的迅猛发展已经大大突破了以往的眼界：科学理论的抽象程度愈来愈高，人的主观能动性和创造性的作用日益增强，研究的物质手段日益复杂多样，新兴的学科包括边缘学科、横断学科、综合学

科不断涌现，分化和综合的趋势同时加强。所有这些都正在强烈地影响着现代人类的思维方式，提出了许多亟待回答的哲学问题，特别是认识论和方法论问题。如果马克思主义哲学工作者不去注视、研究和正确地回答这些迫切的问题，就会远远落后于时代，就无法坚持和发展马克思主义哲学。

西方科学哲学对科学的性质与方法的研究有许多很有价值的成果。应当说，这是人类的共同财富，我们决不能对它们采取盲目拒斥、全盘否定的愚蠢态度。但是，我们又应当看到，现代西方科学哲学的诸流派在总体上都有偏离科学发展的实际图景的缺陷，都混杂着这样那样的偏见和迷误，都没有唯物辩证法那样广阔的视野，因此又决不能对它们抱着盲目崇拜、亦步亦趋的卑屈心态。正确的做法应该是在马克思主义世界观的指导下对它们进行研究、分析、鉴别、批判、吸收、改造。同时，还应该独立地提出问题和回答问题，经过艰苦的努力，建立和发展我们自己的以马克思主义为指导的科学哲学，这是坚持和发展整个马克思主义哲学的庞大工程的一个必不可少的部分。

我认为这套丛书是沿着这样的思路编写出来的。同时，主编和作者们还十分重视作品的启发性和深刻性，重视运用通俗易懂的语言和典型的案例来阐明科学认识论中最具普遍意义而又颇为繁难的

问题，比较适合不同文化层次的读者阅读，这也是这套丛书的特点与优点。当然，由于这是一项非常艰巨的工作，丛书的不足之处是难免的。我相信读者将给予公正的评价。

1990年于武汉大学

认知与方法丛书

顾问：陶德麟

主编：张巨青

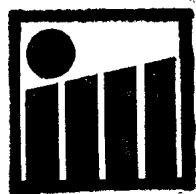
刘文君

目 录

一、导论	[1]
(一) 什么是科学理论模型	[2]
模型与思想模型	[2]
科学与理论模型	[4]
(二) 理论模型的基本特征	[8]
理论模型的逻辑结构	[8]
理论模型的可检验性	[11]
理论模型的表述形式	[12]
(三) 理论模型的建构方式	[20]
关于理论发现的不同见解	[21]
模型建构的一般过程	[26]
模型建构的两种策略	[33]
二、类比与理论模型的建构	[43]
(一) 论类比的技巧	[44]

类比的特征	[47]
类比的方式	[51]
类比的应用	[56]
(二) 理论模型的初始建构	[73]
似然性猜想的提出	[73]
单一类比与复合类比	[77]
理论模型的定型	[82]
三、抽象与理论模型的建构	[86]
(一) 论抽象的技巧	[87]
抽象的特征	[87]
抽象的方式	[92]
抽象的应用	[99]
(二) 理论模型的理想化	[105]
“理想客体”与“理想系统”	[105]
“理想实验”	[110]
“理想模型”的应用	[116]
(三) 理论模型的数学化	[124]
模型的数学化与数学模型	[124]
数学模型的建构条件	[128]
数学模型的建构方式	[133]
四、演绎与理论模型的建构	[138]
(一) 论演绎的技巧	[139]
演绎的特征	[139]
演绎的方式	[148]

演绎的应用	〔 156 〕
(二) 理论模型的完成形态	〔 165 〕
科学理论的演绎系统	〔 165 〕
从理论导出经验陈述	〔 172 〕
五、归纳与理论模型在建构	〔 180 〕
(一) 论归纳的技巧	〔 181 〕
归纳的特征	〔 181 〕
归纳的方式	〔 185 〕
归纳的应用	〔 192 〕
(二) 理论模型的评价	〔 201 〕
理论模型的建构与评价的统一	〔 201 〕
理论的先验评价	〔 207 〕
理论的后验评价	〔 215 〕
六、理论模型的修改与发展	〔 222 〕
(一) 理论模型的修改	〔 222 〕
理论的应用与“反常”	〔 222 〕
理论辅助内容的调整	〔 227 〕
理论表述形式的改进	〔 232 〕
从似然性向实然性逼近	〔 235 〕
(二) 理论模型的发展	〔 240 〕
理论模型的竞争与选择	〔 240 〕
理论模型的更替与归并	〔 250 〕



一、导论

科学，这种理智探索的好奇
的喧闹，其进步已经达到这样的
程度，以至它的模型能够成功地
把宇宙映射在纸上。

——S · S · 史蒂文斯

(一) 什么是科学理论模型

模型与思想模型

“模型”一词，在西文中起源于拉丁文的“modulus”，其初始含义是样本、标准和尺度。随着历史的发展，它的内涵已被大大拓宽了。在现代科技文献和日常语言中，“模型”一词通常有两种用法：其一，指某一对象（原型）的复制品或样本。这类模型中最常见的是比例模型，也就是人们出于某种实用的（如方便、经济、安全的）考虑，根据原型的外形、结构特征，按比例放大或缩小而得到的那一类模型。它们中有些被用来充当原型的象征或标志，如船模、电动机车模型、高层建筑模型，还有一些是作为原型的替代物被应用于特定的实验研究，如风洞实验室中的微型飞机、水工实验室中的模型河床等等；其二，则是指与某一对象（原型）具有一定相似性的系统。它包括：(1)以物质的形态体现或模拟了对象的结构、功能或运行规律的实物相似模型。如模仿蜻蜓的形体特征制造的“蜻蜓式”飞机，根据蝙蝠超声波回音定位机理设制的“声纳”定位器，模拟人体部分运动与操作技能的“Robot”（机器人）等等；(2)以观念的形态摹写或描述了原型的某些特

征、性质、规律的抽象的相似模型，这也就是人们常说的思想模型。

思想模型是某一对象及其性质、特征、规律在我们思维中的映射图或者说“映象”。它与原型之间的相似，从某种意义上说，可以类比于物体的镜象与物体自身之间的相似。这是因为：首先，正如物体的镜象是在特定光线条件下通过某种“信息变换”而生成的一样，思想模型是人们在一定的感性认识基础上，经过分析、比较、抽象、概括、想象等复杂的思维加工而得到的，并且它们最终还必须采取概念、判断、符号、公式、图表的形式表现出来；其次，经过信息变换而形成的镜象损失了对象自身的某些固有特征（如立体性、硬度等），因而并不是物体的一种绝对忠实的映象。同样，思想模型也只是集中反映了原型的某些与一定认识目的相关的特征而舍去了原型其他方面的属性。当然，思想模型从本质上说绝不是原型的一种镜象式的反映。由于人的思维具有高度的能动性，在科学研究中，人们不仅可以从各个不同的侧面、在各种不同层次上来反映客观存在着的事物种类及其性质，而且可以“创造”出现实世界中并不存在的理想化客体（如数学中没有长度的“点”，没有宽度的“线”；物理学中不发生形变的“刚体”，与外界不发生任何能量交换的“封闭系统”等等），不仅可以借助思维的抽象力

和概括力从相关的经验材料中“提炼”出反映事物运动变化发展规律的科学定律，而且还能够凭着思维的透视力和想象力，从事物的各种外在表现去探测其隐蔽的内部世界，从而建立起一幅描摹事物内部组成要素、结构及其运行机制的假想性的图象。后一类思想模型，便是本书所要讨论的科学理论模型。

科学与理论模型

人类的科学认识活动总是在不同水平的层次上展开的：一个是在经验的水平上，通过观察和实验对被研究的事物过程进行直接或间接的考察，以求确立描述事物运动状态及其状态变化的规律；另一个是在理论的水平上，通过创造性地运用各种思维的技巧，深入探索和挖掘事物的内在机制，以求建立一个能够解释事物变化规律的理论体系。上述两者分别解答以下两类主题，即“怎么样？”和“为什么？”

描述事实和解释事实既是科学中两种不同的认识方式，也是同一认识过程中的两个先后相继的发展阶段。从系统论的观点来看，任何一个事物或过程都是一个具有特定的内在结构和外在结构的系统。这里的“内在结构”是指事物的内部构成要素、这些要素之间的空间排列方式和运行联结方式（运行机制）；而系统的“外部结构”则是指事物外部的可观察要素、属性及其运行规律。事物的内部

结构决定着它的运行遵循什么样的规律，而这种规律又通过它的可观察属性表现出来。当我们全然不知道其内部结构时，事物就呈现为一只“黑箱”。正象系统论创始人维纳所说的那样，“所有科学问题都是作为‘闭盒’的问题开始的”。^① 科学研究的目的在于将这样一只黑箱转变为半透明的“灰箱”直至“白箱”。由于种种主客观条件的限制，我们只能分层次地逐步地接近这一目标，即首先必须根据来自科学实践的第一手资料，找出事物可观察特征之间的规律性联系，弄清事物是怎样运动的，然后才能进而探测“黑箱”的内部结构，从更深的层次上来解释事物为什么要这样运动。

例如，对不少人来说，汽车的运行机制还是一个“黑箱”问题。假定我们是在没有专家帮助的情况下来研究这个问题，那么上述两个程序都是必不可少的。首先，我们需要了解驾驶室内有哪些部件——方向盘、制动器、油门等等，并通过试探性操作找出汽车的运行规律，如踩油门可以加速；打方向盘可以改变行驶方向；踩制动器连杆可以刹车。这些还只是汽车的“外部结构”。我们还需要知道这些规律的因果机理，比如说油门究竟是怎样调节车速的？这里就存在两种可行的解决方案。一种是

^① N·维纳：《模型在科学中的作用》，《自然辩证法学习通讯》，1981年第4期，第36页。文中的“闭盒”即“黑箱”——引者注。