

KE XUE SI XIANG DE YUAN LIU

桂起权 编著

科学思想 的源流

武汉大学出版社

ISBN 7-307-01815-2



9 787307 018150 >

科学思想的源流

桂起权 编著

武汉大学出版社

(鄂)新登字 09 号

图书在版编目(CIP)数据

科学思想的源流/桂起权编著

——武汉:武汉大学出版社,1994.6

ISBN 7-307-01815-2

I 科...

I 桂...

Ⅲ 自然科学史

IV N09

武汉大学出版社出版

(430072 武昌 珞珈山)

武汉大学印刷厂印刷

新华书店湖北发行所发行

1994年8月第1版 1994年8月第1次印刷

开本:850×1168毫米 1/32 印张:11.375

字数:292千字 印数:1—1000

ISBN 7-307-01815-2/N·10 定价:10.30元

科学史与科学哲学

科学史是研究自然科学发展的基本历史过程及其演化规律的学科。科学思想史是科学史的一个重要分支，它着重研究各种重要的科学理论思想的产生与演化的历史及其规律性。我们这部著作的主要特点在于采用科学哲学的眼光来考察科学思想史。

我们认为，科学思想史应当是“材料与观点的统一”，是科学史研究与科学哲学的结合，是“历史的再现”与“理性的重建”的辩证统一。当代科学哲学家拉卡托斯说得好：“没有科学史的科学哲学是空洞的，没有科学哲学的科学史是盲目的。”^①当代西方科学哲学对科学的性质与方法的研究有不少很有价值的成果，诸流派各有一定的特色和不足，其研究成果中的合理部分已被逐步综合吸收到科学哲学这门新学科的学科体系中去^②，成为人类的共同财富。如用唯物辩证法来理解科学哲学，则所论问题的实质往往会显得更加透彻清晰，而我们所主张的正是用辩证法消化和合理重组的科学哲学。

本书的任务是，按照上述科学哲学的眼光，考察人类认识史上自然科学中最有代表性的科学理论（科学概念、模型、定律和原理等等）以及具有不同特色的科学思想方法的产生、形成、发

① 《科学研究纲领方法论》，上海译文出版社1986年版，第141页。

② 见竹尾治一郎主编《科学哲学》，该书已由桂起权、王建新译出，上海译文出版社将出版。

展和演变；分析各历史阶段各种对立的相互竞争的研究纲领（和理论）之间的争斗及其与实验证据的关系；分析科学常规发展时期已经成为科学范式的核心理论的扩展过程以及非常时期的科学危机和科学革命；分析历史上最有影响的各种自然观及其对科学发现和科学发展的作用等等，从中总结出关于科学思想发展的规律性的东西。

科学哲学作为分析科学理论的理论或方法论工具，属于元理论的范畴。为了便于阅读理解本书，让我们选列并解释最有用的一些元理论概念和原理（科学思想的演化规律就包含在其中）。

（1）关于研究纲领及其竞争原理。所谓研究纲领是指示科学家们探索自然的总的理论观点和方法论模型。例如，机械论纲领在近代科学中占主导地位，成为大多数近代科学家所接受的共同纲领。大纲领相同时小纲领也可以有不同。笛卡儿与牛顿都信奉机械论总纲领，但在力学中笛卡儿派倾向于以太涡旋论，牛顿派则倾向于粒子论，其具体纲领相互对立。历史上相互矛盾的研究纲领之间的竞争往往是推动科学进步的动力。这是科学发展的一个基本规律。生物学中预成论与渐成论之争（见本书第 155 页），地质学中的水成说与火成说之争（第 165 页），光学中歌德派颜色学与牛顿派颜色学之争（第 181 页），以及微粒说与波动说之争（第 183 页），电学中安培派超距力观点（第 204 页）与谢林派自然哲学观点（第 169 页）以及与法拉第、麦克斯韦派场论观点（第 206 页）之争，都是很典型的案例。

（2）关于类比的助发现作用。科学哲学和科学史的研究表明，科学发现过程不存在普遍有效的机械的逻辑程序，然而却可以有助发现的启发性原则。类比是最重要的启发原则，尤其对于原理型问题的研究具有示向作用。最原始的类比在神话思维中就出现了（第 2 页）。亚历山大时代埃拉西特拉托的心脏—水泵类比（第 27 页），文艺复兴时期哈维用以发现血液循环的多种类比（第 99 页），17 世纪医疗物理学派的功能类比（第 124 页），19 世纪生物

学中达尔文探索进化论时所用的类比(第179页),电学中发现库仑定律(第199页)、欧姆定律(第202页)时所用的类比,热学中开尔文、麦克斯韦的引力—热传导类比(第211页),数学中开拓复变函数论时与普通微积分的系统类比(第233页),20世纪原子物理学中原子与行星或太阳系的类比(第266页、第268页),分子生物学中发现DNA双螺旋的多种类比(第320页)等等都是生动的案例。

(3) 关于哲学的抽象思辨对科学理论的助发现作用。越来越多的科学哲学家和科学家认识到哲学思辨对科学理论并非无用。特别引人注目的是,古希腊毕达哥拉斯学派关于“数是万物之本原”的思想,对近代科学和现代科学许多领域的理论研究具有经久不衰的启发力量:近代科学中开普勒行星三定律的发现,与其说是归纳法的成果,不如说是“毕达哥拉斯主义”的胜利(第101页),遗传学中的孟德尔定律(第311页),化学中的元素数值分类系统的演进(第224页),原子物理中的光谱公式(第267页),粒子物理中的夸克模型(第341页)等等都是毕达哥拉斯主义的成功案例。有历史作证,辩证法思想有时对科学理论的发现也有示向作用。19世纪谢林在自然哲学中提出了关于“阴阳电对立统一”和“各种自然力相互联系、相互转化”的辩证思想,对从实验中自觉寻找电、磁、热、光、化学、机械之间联系的一系列相关效应的发现以及能量守恒定律的发现,具有明显的引导作用。谢林派科学家因之完成了一连串的科学发现,其中有奥斯特发现电流的磁效应,西贝克发现温差电,李特发现电解(电化学效应)等等(第203页)。具有思辨倾向的德国科学家则对能量守恒与转化作出了最普遍的概括(第192页)。

(4) 关于研究纲领和科学理论消化反常的能力。在科学发展的常规时期,解决疑难问题是最经常的一种科学活动。新兴的科学理论一方面不断得到实验确证而受事实支持,另一方面又不能不经常面临种种反常事实。然而,要推翻、证伪一种研究纲领或

理论决不是轻而易举的事。每一种进步的研究纲领及其科学理论都具有顽强的生命力,它们经常能通过调整辅助假说的保护带,来维护核心原理(硬核),从容地消化吸收反常事实。例如天文学中牛顿万有引力定律(硬核)曾多次面临疑难与反常(如土星、木星有规则地变速等),但拉普拉斯等人通过巧妙地引进辅助假说(如周期性扰动),一次又一次地将反例变为引力理论的新例证(第139页)。光学中杨氏和菲涅耳用横波概念使波动说变形,成功地消化了“光的偏振”这个用纵波概念无法解释的反常(第187页)。化学中阿伏伽德罗引进分子概念这一辅助假说成功地消化了道尔顿原子论的“半个原子”反常(第219页)。遗传学中孟德尔定律也曾面临过反常事例的威胁,而摩尔根用连锁假说成功地消化了反常,维护并扩展了基因学说的核心原理(第315页)。

(5) 关于理论可能“复活”和绝对的“判决性实验”不存在。所谓理论的复活是指,历史上虽经确证又被淘汰的理论,在新的历史条件下的东山再起,此时确证度显著提高。例如,原子物理中的同位素学说(第264页)复活了化学中由普劳特所提出的“一切元素都是氢的整倍数”的假说(第222页)。卢瑟福的元素人工嬗变实验复活了古代炼金术士关于元素转化的梦想,因此可称作“新炼金术”(第264页)。爱因斯坦的光量子说部分复活了牛顿的微粒说(第249页)。

由于相互竞争的纲领和理论往往需要反复较量,无论确证或证伪都不是一次性完成的,要通过漫长历史过程最后见分晓,因此理论的复活随时可能发生(需要采取新形式)。与此相关,即时的“判决性实验”是根本不可能的。这里所谓判决性实验,是指科学家为了在关于同一论题的相互竞争纲领和理论之间作出生死判决(确证一方而证伪另一方)而设计的一种实验。19世纪光学中的傅科实验曾被认为是宣告微粒说最后失败和波动说最后胜利的判决性实验(第188页),但光电效应的发现和光量子说的提出使微粒说以新的方式东山再起(第189页)。“塔的实验”(从塔顶

自由下落的重物将落到塔底正下方)曾被托勒密认为是对地动说的决定性反驳和对地球中心说的决定性支持(第59页),但许多世纪以后“落体偏东”等更精细实验却又使结论反转过来,变为地球自转的有力证据。这说明原先“塔的实验”并无最终的判决力(第112, 189页)。关于“托里拆利真空”的水银槽实验曾被认为决定性地证伪了亚里士多德,但现代量子场论却复活了亚氏的“虚空不可能”的思想(第288, 345页)。

(6) 科学危机与科学革命。当原有的研究纲领用以应付反常情况的一系列理论策略都失去威力,反常变得越来越频繁和严重时,人们就会把这种失败归因于基本理论框架的核心部分或范式本身,这时科学就面临危机。危机孕育革命,这是科学发展的转折点。例如,在天文学中当托勒密的“本轮”、“均轮”的复合圆环体系穷于应付而陷入危机时,哥白尼就创立了太阳系学说,发动了天文学革命(第84页);在化学中当燃素说陷入了“负重量”危机时(第145页),拉瓦锡就提出氧化学说,发动了化学革命(第151页);同样,以太危机也触发了相对论革命(第250页、第254页);热辐射的“紫外灾难”危机则触发了量子论革命(第246页);等等。

本书企望在科学史事实基础上探讨自然科学的认识论和方法论问题。对重要科学理论的基本科学含义和哲学意义,尤其是重要科学家的哲学观点和方法论思想都试作比较深入的探讨。例如,对于象征现代科学革命的三大理论,即相对论、量子力学以及以控制论和混沌理论为代表的系统科学,我们着重从其创造过程中的科学思想方面作了剖析。我们主张,玻尔对应原理的方法论价值在于,它是从经典科学转换到非经典科学时的导向原理;玻尔互补原理的真正哲学意义在于,它是对量子实验作出自洽解释的特种辩证法;爱因斯坦与玻尔之争的实质(认识论含义)在于,爱因斯坦为维护科学实在论和决定论作了顽强的努力,而玻尔却强调量子力学的新实在观已经突破了经典实在观和严格决定论的狭

隘眼界，需要非完全决定论。对于偶然性、几率与因果性、决定论的关系（量子理论的和系统科学的）以及惠勒的“时间危机”的实质等问题，本书都简要地作了具有一定深度的分析，并提出了作者的尝试性的辩证解释。

一般的科学史著作对于罗马科学和中世纪科学似乎不够重视，但本书充分肯定罗马科学（作为分类科学和技术科学）以及中世纪科学（具有重要的承上启下作用）的特殊历史地位。我们回避科学与宗教因素的掺和，因为这是历史的真实。一般地，我们力图辩证地看待科学与非科学的相互关系（如神话与原始科学、占星术与早期天文学、炼金术与早期化学），辩证地看待科学理论中已被证伪、淘汰的学说（如燃素说、以太说）与既被确证又部分被证伪的学说（如牛顿理论）以及尚未充分证实的学说（如宇宙大爆炸学说），都不把它们看成绝对的东西。

其实任何理论、方法、科学哲学都没有终极的性质。我们希望读者能这样看待我们所提出的关于科学思想演变的各个“原理”：应当把它们看作建构作业所用的“脚手架”，随时准备拆除它们；或者看作维特根斯坦式的“梯子”。维特根斯坦在《逻辑哲学论》中这样说，理解我们的命题的人通过这些命题，根据这些命题，然而超越这些命题。也可以说是在爬上梯子后再把梯子抛掉。

* * *

全书大致以年代为顺序，划分为古代与中世纪科学、近代科学、现代科学这样三个部分。还以不同历史时期出现的六种自然观作为辅助框架。对于各种自然观的历史意义和现代自然观的综合性质，则在本书最后一节作了概括。主要参考书目列于各章最后，在此作者谨向诸位原著者表示衷心的谢意，本书从这些著作中得益不浅。其他恕不一一列出。

在本书编写过程中，王晴波、于祺明、鞠实儿等同志曾提出过建设性的意见，孙铭良和金义理同志为绘制复杂的插图付出了

辛勤的劳动，在此对他们表示深切感谢。

由于本书所涉及的学科领域极为宽广，限于作者水平，缺点甚至错误在所难免。恳请各位读者予以批评指正。

桂 起 权

1990年11月于珞珈山麓

所谓自然观，就是指人类的宇宙图景或人们对自然界的总的看法。人类对自然的认识，历经了一个从幼稚到成熟、从肤浅到深刻、从片面到全面的漫长历史过程。

科学史上出现过形形色色的自然观。如果按照历史顺序来展开，各种自然观的历史演变，大致如下：古代神话自然观——古希腊的自然哲学——炼金术魔法自然观——近代机械论自然观——（通过德国自然哲学转向）电磁以太自然观——以现代系统科学思想为核心的综合自然观。

目 录

引言 科学史与科学哲学	
第一章 古代的神话自然观和原始科学	
第一节 神话自然观的特点	
第二节 尼罗河文明	
第三节 两河流域文明	
第四节 古代波斯文明	
第二章 前期古希腊科学的形成	
第一节 最早的自然哲学的出现	
第二节 元素论和原子论的自然观	
第三节 毕达哥拉斯主义自然观	(1)
第四节 目的论或有机体论的自然观	(1)
第五节 亚里士多德的科学方法论	(21)
第三章 希腊化时期的科学思想	(24)
第一节 概述	(24)
第二节 新的学术中心——缪司博物馆	(25)
第三节 演绎系统化思想与欧氏几何	(27)
第四节 最早的数学物理学	(31)
第五节 亚历山大里亚时期的天文学	(33)
第六节 机械技术	(37)
第七节 主要哲学学派的科学思想	(39)

第四章 罗马科学思想	(43)
第一节 罗马科学的兴起	(43)
第二节 对希腊文化的吸收	(45)
第三节 罗马科学思想的特色	(47)
第四节 博物学	(50)
第五节 占星术、数学自然观的复活	(51)
第六节 炼金术与魔法自然观	(53)
第七节 古代科学的终结	(55)

中世纪时期的欧洲科学思想	(60)
第一节 经院哲学准备期的自然学	(60)
第二节 12 世纪自然学中的不同倾向	(62)
第三节 翻译活动的影响和大学的创办	(65)
第四节 亚里士多德学说的复兴和分派	(68)
第五节 格罗斯台特和罗吉尔·培根	(71)
第六节 唯名论思想家司各脱和奥卡姆	(73)
第七节 巴黎学派和马顿学派及其运动学	(75)

第六章 文艺复兴时期的欧洲科学思想	(81)
第一节 维萨里与解剖学的革新	(81)
第二节 发现血液循环的先驱者	(83)
第三节 哥白尼革命	(84)
第四节 巴尔赛尔苏斯与魔法自然观	(90)
第五节 多才多艺的达·芬奇	(91)
第六节 技术家和技术著作的出现	(92)

第七章 近代科学的奠基性工作	(97)
第一节 哈维与生理学革命	(97)

第二节	开普勒定律:毕达哥拉斯主义的胜利	(99)
第三节	伽利略:近代科学的奠基者	(106)
第四节	方法论的确立	(113)
第五节	机械论自然观的产生	(117)
第六节	机械论支配科学界	(120)
第八章	近代科学的形成和发展	(125)
第一节	牛顿:伟大的综合	(125)
第二节	经典力学的发展和完成	(131)
第三节	牛顿和莱布尼兹的微积分思想	(136)
第四节	机械决定论	(138)
第五节	医疗化学学派和燃素说的兴起	(140)
第六节	化学亲和力学说	(145)
第七节	气体化学的进展与燃素说的危机	(147)
第八节	拉瓦锡与化学革命	(151)
第九节	物种不变论和物种可变论	(155)
第十节	科学协会与学术交流	(161)
第十一节	浪漫主义与德国自然哲学	(167)
第九章	近代科学的成熟	(172)
第一节	进化论思想的发展	(172)
第二节	生物学的因果性解释	(176)
第三节	光的波动说的复活和胜利	(181)
第四节	能量理论:自然力的统一	(189)
第五节	电磁学中的竞争纲领与电磁自然观	(199)
第六节	原子分子论的确立	(216)
第七节	化学中的毕达哥拉斯主义倾向及周期律的发现	
		(223)

第十章 现代科学思想	(232)
第一节 新的数学概念.....	(232)
第二节 热学、电学中粒子说的复活.....	(241)
第三节 爱因斯坦革命:时空与引力的新理解.....	(250)
第四节 x射线、放射性和原子结构.....	(260)
第五节 量子革命:突破严格决定论.....	(271)
第六节 奇异的粒子物理学:物质观的变革.....	(288)
第七节 控制论、信息论和系统科学新思潮.....	(294)
第八节 20世纪生命科学的革命.....	(311)
第九节 地学革命:大陆漂移和板块构造说.....	(325)
第十节 现代宇宙学的新奇思想.....	(331)
第十一节 现代综合自然观.....	(340)

附录 图、表目录	(346)
-----------------------	-------

第一章

古代的神话自然观和原始科学

第一节 神话自然观的特点

第一种有代表性的自然观是古代神话自然观。早在原始社会中，世界各民族就有了最早的物质生产和工艺技术，因而也就有了萌芽状态的科学知识。原始人观察自然带有一种特殊的神话眼光，因而他们的原始自然观可称为神话自然观，它的核心是自然崇拜和万物有灵性的观念。世界各民族都曾经经历过这一阶段，古代埃及、巴比伦、印度和中国等无一例外。近代科学诞生于欧洲，然而科学思想的渊源并不限于欧洲。远古时生产力水平极度低下，自然变幻莫测而且威力强大，使人类不能掌握自己的命运。因此，在这人类的幼稚期，对自然的一种最可行的理解方式是，将各种自然力（如雷电、风暴）拟人化（奉为雷神，风神等）。也就是，编成言之成理的神话，对人们所关心的基本疑难作出看来合理的解释。如果说，科学就是观察和解释自然的一种体系，那么神话的确构成了原始科学的基础。

神话自然观可以概括为三个要点：第一，人与自然一体化，人在自然之中，而不是在自然之外。同时，自然作为人格的存在是有意志的。天地万物，包括各种动植物，均有灵性。第二，自然不是作为客体，而是作为另一主体而存在的，自然能表现出主体的各种个性（如喜、怒、哀、乐），有时给人恩惠，有时造成灾害。第三，在这种自然图景中起决定作用的不是什么规律或一般关系，