

林德宏
张相轮
编著

创造的动力丛书

第二卷

科学方法卷

安徽教育出版社

张林
相德
轮宏
编著



B1280149

创造的**动力丛书** 第**二**卷

科学方法卷

安徽教育出版社

图书在版编目(CIP)数据

创造的动力丛书. 2, 科学方法卷 / 林德宏, 张相轮编著. —合肥: 安徽教育出版社, 2002. 10
ISBN 7-5336-2370-3

I. 创... II. ①林... ②张... III. 创造学—科学方法论—普及读物 IV. G305-49

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2000)第 80946 号

特约编辑:任弘毅 责任编辑:唐元明 装帧设计:马芳

出版发行:安徽教育出版社(合肥市跃进路1号)

网 址:<http://www.ahep.com.cn>

经 销:新华书店

排 版:安徽飞腾彩色制版有限责任公司

印 刷:合肥商中印刷厂

开 本:880×1230 1/32

印 张:10.5

字 数:225 000

版 次:2001年2月第1版 2002年6月第2次印刷

印 数:1 001—2000

定 价:15.50 元

发现印装质量问题,影响阅读,请与我社发行部联系调换

电 话:(0551)2651321

邮 编:230061

创造，是人的本质。

科学创造，是人类的典型的、富有成效的创造活动。

崇尚科学创新，努力开发和培育我们的创造能力，是本丛书的宗旨。

我们应在普及科学知识的过程中，努力普及科学思想、科学方法和科学精神。

本丛书共三卷：科学思想（思维）卷、科学方法卷和科学精神卷。这样的分卷当然是相对的，因为科学思想、科学方法和科学精神是相互包含的。本丛书以世界著名科学家的科研活动为典型，以科学创造活动中的思维、方法和所体现的精神为着眼点，来探讨科学思维中的哲理，分析科学家的治学方法，弘扬科学家的科学精神，激发读者的创造力。

● 科学方法卷 ●

前 言

知识为体，方法为魂。

方法是创造知识的方法，是创造财富的财富。创造某种知识的方法，是那种知识的真谛。

科学研究是创新的活动，所以科学研究的方法是创新的方法。科学的创新，常常伴随着方法的创新；方法的创造，常常是知识创新的关键。

没有创新的方法，就没有人所创造的一切。人类的一切创新，都是一定方法的实现。

创造需要勇气，也需要方法。

科学创新需要科学方法。没有唯一的万能的方法，好像这种方法是一种神丹妙药，有了这种方法，科学创造就一定成功。但不能因此说科学创新不需要方法。我们需要进行科学方法论的研究，使科学研究更有效地进行。

科学创新活动，既有一定的规范性，又在不断地超越已有的规范。

科学创新方法既是描述性原则，又是规范性原则。所谓描述性原则，指它是对科学家实际的科学研究活动的描述，它要解决的是“曾经怎样”的问题，即记述科学家是曾经怎样进行科学研究的；所谓规范性原则，是指导、引导、启发科学家进行科学创新的规则，从理论上探讨“应当怎样”的问题。

在如何对待科学方法论问题上，有逻辑主义和历史主义两种不同的观点。

逻辑主义认为，科学方法是科学创造的逻辑，科学方法论是规范性科学，是关于科学创造活动的系统的普遍有效的规则。极端的逻辑主义认为，科学创造必须不折不扣地按照这些原则进行，这样做了，就必然会成功；不这样做，就一定失败，因而科学方法是统一的、不变的、固定的、刚性的原则。逻辑主义观点有其合理性，因为科学创造的确存在着相对稳定的程序、方式和方法；但它过于夸大了科学方法规范的作用，有时反而使这些规范成为对科学创造的束缚。

历史主义认为对科学家的创造工作真正有意义的，不是那些抽象的原则，而是历史上科学家成功的经验和失败的教训，所以科学方法的研究主要应用历史的（而不是逻辑的）方法，对科学家的经验进行描述。极端的历史主义观点认为，科学方法论只能描述已经发生的创新活动，不能指导尚未进行的创新活动。历史主义的合理性在于，我们关于科学创新的方法规则不是凭空产生的，只能来自对科学家历史经验的概括；它的缺陷是否定了科学方法对科学研究的指导功能。

科学方法是历史与逻辑的统一，是经验与理论的统一。它既有逻辑规范的价值，又以历史描述和研究为基础。

本书不是科学方法论的理论性著作，而是科学方法论的科普读物。所以本书主要是对科学家“曾经怎样”创新的描述，并对一些典型个案作简单的评析，帮助读者通过思考得出科学创新“应当怎样”的结论，从科学创新“曾经怎样”，过渡到科学创新“应当怎样”。

目 录

- 1 莫测高深的《周易》
——中国古代的有机整体论 (1)
- 2 《黄帝内经》与中医学方法
——中国古代医学的辩证思维和一体化方法 (9)
- 3 墨学是怎样衰落的
——中国古代的科学观察与描述 (17)
- 4 墓碑上的永恒
——欧几里德的逻辑和公理化方法 (25)
- 5 工匠传统与科学创造
——火药西传的启示 (33)
- 6 炼金术的得与失
——科学实验与科学问题 (40)
- 7 大自然是创造的母亲
——达·芬奇的科学方法 (47)
- 8 脚踏实地的科学探险
——哥伦布与郑和 (54)
- 9 大自然喜欢简洁
——最小作用量原理的方法论意义 (63)
- 10 征服战神马尔斯的战斗
——开普勒定律的发现 (71)
- 11 近代科学方法的奠基者
——伽利略的研究方法 (76)
- 12 究竟是谁发现了氧？

	— 从波义耳列拉瓦锡	(82)
13	东方哲学的启示	
	— 莱布尼兹的科学方法	(88)
14	用想像弥补数学的不足	
	——法拉第的科学发现之路	(96)
15	追求数学美导致的重大发现	
	——麦克斯韦是怎样创立电磁场理论的?	(105)
16	不期而至的发现	
	——善于捕捉机遇的彭加勒	(112)
17	科学发现离不开技术	
	——细胞学说的创立	(120)
18	精神“反常”与科学创造	
	——创造者的思维特征	(126)
19	揭开心理世界的神秘感	
	——实验心理学的创立和发展	(134)
20	探测太阳上的物质	
	——本生和基尔霍夫发明光谱分析法	(143)
21	实验的艺术	
	——巴斯德的对比实验方法	(151)
22	环境与进化	
	——达尔文的科学考察与科学创造	(161)
23	缜思与巧做的结合	
	——巴甫洛夫的生理实验	(171)
24	一寸光阴一寸金	
	——柳比歇夫的时间统计法	(178)
25	生物学实验与定量分析的结合	
	——孟德尔的豌豆杂交研究	(184)

26	严密与完美不可兼得	
	——哥德尔定理的方法论意义·····	(195)
27	解决“危机”靠创新	
	——普朗克是怎样提出量子论的·····	(204)
28	原子中的诗篇	
	——玻尔原子模型的创立·····	(211)
29	窥测原子内部的美	
	——海森堡创立量子论·····	(222)
30	实验和理论并重	
	——费米的科学方法·····	(231)
31	粒子和宇宙	
	——爱因斯坦科学方法的特点·····	(241)
32	有没有反物质	
	——狄拉克关于正电子的预言·····	(251)
33	发挥互补优势	
	——华生和克里克合作发现 DNA 分子结构·····	(261)
34	天才来自博学和独立思考	
	——冯·诺依曼的科学创造之路·····	(270)
35	老子、庄子和介子	
	——汤川秀树和他创立的介子理论·····	(276)
36	深信宇宙的和谐	
	——杨振宁对现代场论的探索·····	(283)
37	寻找心理—生理相互作用的物质载体	
	——提取脑激素的科学竞赛·····	(291)
38	偶然事件中的重大发现	
	——洛仑兹与“蝴蝶效应”·····	(300)
39	单性生殖的“神话”	

1 莫测高深的《周易》

——中国古代的有机整体论

《周易》分为《易经》和《易传》两部分。前者产生早，是《周易》的代表；后者是对它的哲学阐释，产生比较晚。《周易》对中国古代科学思想影响深远。它的产生、传播和对它的解释众说纷纭，颇有神秘感。现代武侠小说多以《周易》中的思想，把中国传统文化表述得莫测高深。其真相究竟如何呢？

《周易·系辞》云：“古者包牺氏之王天下也，仰则观象于天，俯则观法于地，观鸟兽之文与地之宜，近取诸身，远取诸物，于是始作八卦，以通神明之德，以类万物之情。”这里所说的“包牺氏”即伏羲，因而有伏羲创八卦之说。伏羲乃“三皇五帝”之首，是传说中部落时代的轩辕皇帝，中华民族的始祖领袖。说他用观察天文、地理、人体、外界事物等，通过概括、抽象，制作了八卦，用以沟通神明和万物之间的联系。由此可见，《周易》中的一些基本思想和符号组合在部落传说时代就有了。

《史记·周本纪》中说：“帝行乃囚西伯(文王)于羑里(今河南汤阴北)”，文王在被囚禁期间把八卦推演为六十四卦和三百八十四爻。所以司马迁《报任安公书》中说：“文王拘而演周易”。这样算起来，《易经》的产生距今至少有三千年以上了。当时的《易经》是作为一种讲占卜方法的书。最初阴(--)阳(—)是用蓍草或兽骨排列的两种结果，表示可行或不可行，凶或是吉。后来，对事物的认识逐渐变复杂了，用两种象征性的决断结果已经不够用了，就用两种符号的3阶或6阶组合表示更复杂的事物关系，并作出相应

的卦象说明,称为爻辞。

若使阴阳符号每三个一组,共组成乾(☰)、坤(☷)、震(☳)、巽(☴)、坎(☵)、离(☲)、艮(☶)、兑(☱),分别象征天、地、雷、风、水、火、山、泽。六十四卦可以由八卦两两组合得出。如乾卦(☰)解说是:“乾,元亨,利贞。初九,潜勿用。九二,见龙在田,利见大人。九三,君子终日乾乾。夕惕若厉,无咎。”“元亨,利贞”即元始亨通,利于问卜”。初九、九二、九三都是卦象。要求诸侯或者在家,不要出去;或者表示龙外出活动,有利于去见上级;或者表示“君子”白天勤勉不倦,晚上则警惕;虽有危险,可以没有灾祸。可见,在易经的著作中,并没有上升到很哲理化的程度。

春秋时期,孔子十分欣赏《易》的思想,相传《十翼》(即《易传》)为孔子所作,这并不是毫无根据的。司马迁《史记·孔子世家》说:“孔子晚而喜《易》,序《彖》、《系》、《象》、《说卦》、《文言》。”后面这几篇都是《易传》所包含的内容。“序”的意思是整理,表明《易传》在春秋初期已经形成,孔子又对其作了整理,并不一定是孔子一人所为。

作为“易”的象征八卦图的中间是一个太极图。太极是中国古代关于自然界运动演化的模式论和形象图解。从字面理解,太是“大之最”的意思。极是端、最初的意思。因而,太极实际上是描述自然(宇宙)起源,天地和人类的早期演化过程及其机制的范畴。按照古代人的认识水平,对于这些问题的认识不可能形成严谨的理论,因而,太极学说是思辨和臆测的产物。

传说太极图是伏羲制作的,因而,八卦和太极图合称“伏羲太极图”。《周易·系辞》中说:“河出图,洛出书,圣人则之。”就是概括记述传说中的故事:伏羲时,有龙马从黄河中出现,背负“河图”;神龟从洛水中出现,背负“洛书”,伏羲根据图和书制成太极八卦图。《尚书·洪范》则称,大禹治水时,天赐他《洪范九畴》,又称洛书。宋代时因为古太极八卦图失传,儒家学者周敦颐根据易学思想,自制

了太极图,并作《太极图说》。后古图复得,两相比较,公认为周氏太极图远不如伏羲太极图简洁而传神。

《周易》在中国古代科学和文化发展史上占有特殊的一页。它既是中国古代自然哲学的代表作,也是中国古代科学和哲学的总源头。它概括了中国古代从传说时期到春秋时期关于自然演化、天地人关系和社会发展学说,是中国传统哲学的总源头,后来在中国哲学史上影响最大的儒道两家,都受到易哲学的影响。

《周易》提出了一个系统的代表中国文化传统的自然演化学说,即道(混沌)一气一太极一阴阳一八卦一万物。

“道”是代表中国古代自然观的最高范畴,也是理解中国古代自然观的核心概念。这种自然哲学,后来在老子的哲学著作《道德经》中得到系统的阐发。老子认为,道是本原,“有物混成,先天地生,寂兮寥兮,独立而不改,周行而不殆,可以为天下母。吾不知其名,强字之曰道,强为之名曰大。”^①又说从宇宙演化的顺序来看,“道生一,一生二,二生三,三生万物。”^②这里的“一”,是指元气,“二”是指元气分化成阴、阳,“三”是指天、地、人。道以后的气,有比较明确的物质性;而对道本身的描述,却是多元化的。

“道”无为无形,无所不在,而又到处不可见。因此,老子又把它等同于“无”、“混沌”、“恍惚”。这是因为古人想像宇宙的演化由简单到复杂、由混沌一体到有秩序地分化;另一方面,人们关于宇宙演化历史的认识也是由近及远,愈是久远的太古世纪,我们对其知道得愈少,因此只能描述为一片混沌,无以名状,故称之为道。

其次,道既是本体,又是规律。道的本来意义就是道路,它

① 《老子·二十五章》 朱谦之:《老子校释》,中华书局 1984 年,101 页。

② 《老子·四十二章》,同上,174 页。

不仅指示事物运动所遵循的法则，也是行动的方法。但道又是自然的本原，因而，它实际上指一种朴素辩证法的总体。老子道的哲学着重总结了事物对立统一、相反相成的规律。事物运动发展最根本的对立统一是有和无、阴和阳的相互依存、相互作用、相互转化，并由此产生强与弱、生与死、动与静、高与低、美与丑、善与不善等各种对立统一。

再次，道的哲学既科学、又神秘。道的科学性在于高度概括了事物发展的辩证性原理，内涵丰富，思想深刻，至今为许多研究者所称道，代表着古代东方文化中辩证思维的最高境界。但道又具有神秘性，这也是古代文化思想的共同特点。道的神秘性主要表现在道的内涵不清楚，难以准确地定义。在老子看来，真正领会了道的含义的人，应该不提“什么是道”这个问题。道之所以难以界说，其重要原因之一，是因为道是恍惚（或忽恍）的。意思是既模糊、又抽象。道具有夷、希、微这三个特殊性质，因而不可见、不可闻、不可触摸，借助于眼、耳、手这三方面的感性直观认识并不可能确切得到，故认为它“混而为一”。“绳绳不可名，复归于无物，是谓无状之状、无物之象，是谓忽恍。”^①总之，道使人感到玄虚得很，时而莫测高深，时而浅显至极。

但是，中国古代对道这一概念的提升却表现了既原始朴素、又高超有效的思维方法，这种思维方法可以称为高维思维或多元逻辑方法。当用这种方法作观察与思考的时候，总是先从多角度、多侧面认识这一事物或事物的一类属性，然后在头脑中进行反复的内容思考和系统综合，直接达于事物本质的认识，提出抽象的概念和原理。道这个概念之所以有很大的包容性和延伸性，其原因就在于它不是一般形式逻辑思维方法的产物，而是古代东

^① 《老子·十四章》 朱谦之：《老子校释》，中华书局 1984 年，54 页。

方特有的思维方式的产物。由于多元逻辑的思维的成果起源于众多经验的直觉归纳和蒸发提炼，因而，它们往往带有形象思维的痕迹，如道（道路）、气（大气、气息）、阴阳（两性）、太极（混沌分化）等都属于意象的表达形式，但在理论家对其作用阐发时，却可以深入到极为深刻、玄妙的哲理层次。

“气”是中国古代科学思想中的重要自然本体范畴。作为一种物质形态，气的原型是可感知的大气、水气、云气，和它们冷暖、晦明的变化，有生命体（特别是人体）内的气息。根据宇宙和人一体化的观念，特别是在古代观察认识能力很有限的情况下，人们往往以自身生命的体验去推断宇宙的本质。认为风、雨、阴、晴、晦、明变化都是自然之气的运动形态，是宇宙生命的表现；而人体内的气则是人的生命之体。道家主张吐纳呼吸、做气功使体内之气与宇宙之气混然一体、相互交换，从而使个人生命与天地同在。中医学则进一步把人体内气的循环运动同天地的运动联系起来，认为二者的协调配合是生命和健康的要诀。

气的概念进一步发展后，成为元气。“元气”的意思是原初、本原。元气就是自然界的物质本原。汉代学者王充提出元气为“天地之精微”，天地是“含气之自然”，使气和天地、自然相互依存合为一体，但仍是一种二气的存在。

宋代张载进一步发展了元气学说，提出“太虚（空间）”是统一的，否定了有空无一物的的虚无。这样，元气就成了一种连续的、无所不在的基始物质，接近于现代科学中“场”的概念。张载认为，一切自然现象都是气的运动状态，不仅那些眼睛看得见的有形之物是气的凝聚态或挥发态，而且宇宙间不同属性的运动：飞跃、稳定、发动、静止、扩张、深化，无一不是气本体运动演化所造成的。

张载还认为，可见的气形态同无形、不可见的气形态之间是相互转化的，这种转化有无限多样性的特点。气的两种基本形态

是明和幽。支配它运动的基本矛盾是聚和散。聚和散的矛盾类似于近代科学中所说的吸引和排斥、收缩与膨胀、聚合与分化的对立统一。这种观点一直延续到明清时期的科学和哲学思想中，如明代高攀龙认为，气的聚散与幽明互为因果，相互推动，因而不论我们仰观宇宙之大，还是俯察末节之细微，只能发现气的幽和明状态的不同，不会得出气之有无或物质产生与消灭的结论。

通过科学家和哲学家们几千年的扩展与深化，中国古代科学中的气成为一个复合概念。因为对气不仅要区分内气和外气，还要区分物质的气与精神的气。王充认为，宇宙像一棵大树，人事犹如树的枝节。人生于天地，因而天气（自然之气）支配人生。《内经》则认为，天气只是外气，人体内还有“内气”。人之所以会生病，根本原因是体内的阴、阳二气不平衡。健康的基本原理是调和和体内的阴、阳二气，使之保持和谐、平衡。张载又认为，气既是自然界的物质本原，又是一种人类精神之源。自然界既以气为本，又以“心”为主宰。这种精神的“气”作为一种永恒的存在，不可避免地会引出鬼神和灵魂之类的唯心主义奇谈怪论。张载正是如此。他说，生物的生命在初生阶段，气逐渐聚集而生息、发展；当生命过了盛年，气逐渐离散。前一段称为神，后段则是鬼。因为神从伸（发展），鬼从归（反归太虚）。

易、八卦的自然哲学思想是古代东方自然观的缩影。这种自然观的核心思想是变易，变易的根本原因和动力是阴、阳二极的对立和相互作用，这是易科学与哲学精华的方面。另一方面，在它的深层却包含万物有灵、天人一体、天人感应的内核，当其在东方社会生活的土壤中萌发时，就使人的行为指导原则罩上神秘的、宿命的灵光。易的基本要素是象、数、理三者交织，具体化为八卦组合及相应的爻辞。其中象是对大量自然现象的直观一抽象加工；数是将它们按照数学的法则进行排列组合；理是在易卦哲学思想的指导下，通过对这种种排列的释义，使之与人的活动

联系起来，作为预测、判断的手段，左右人的决策。

《周易》包含着中国古代独特的数理哲学，对先秦数学家影响较大。晋代数学家刘徽认为，中国最早的数学著作之一《九章算术》源于八卦。他写的《九章序义》说：“古者包牺氏始画八卦，以通神明之德，以类万物之情。作九九术，以合六爻之变。”他进而指出，八卦数学方法的延伸同建立天文历法、音乐律吕都是有联系的。近代人们的研究又认为，《周易》不仅同中国古代科学的发源有关，而且它的一些思想还同近代科学思想隐约呼应：如在数学上，卦的组合、演生序列均为 2^n （ $n=0、1、2、3……$ ）项构成的级数，代表一种宇宙结构。还可以从中发现组合结构和数学空间结构，从而赋予易卦以原始几何学的含义。从卦的对称、反对称结构，又可以看出它有群的直觉。当然，这并不是说《周易》本身就是近代数学的萌芽，而是说，它的辩证思想反映了自然界的某些空间、数量和属性结构的关系。如《周易》的阴、阳符号组合递进关系中，虽然含有二进制的朴素思想，但它本身并不是阐述二进制的数学。

在天文学方面，《易传》及后来的易学都描绘了一种等级、层次的宇宙结构，以及从无形无质的极始演化出宇宙万物的观点，但它所勾划的宇宙演化阶段是十分模糊的。

近代物理学和化学所发现的物质结构都是由属性相反的部分组合成的。易卦的组合方式不是简单地一分为二，也可以一分为三、一分为多，这同核子中夸克和化合物的组合方式有相同之处。具有阴、阳不同质的元素一旦结合在一起，并不等于它们机械地相加，而是由此获得了一种新的形态和新的质，以致不能把它们随意拆开。

《周易》认为“生生不息谓之易”，以及由此产生的道家关于“道生一，一生二，二生三，三生万物”的思想是关于事物演化、发展的精辟思想，也是世界上最早的进化论著作。国外研究《易

《经》的学者中，有人曾指出遗传密码中碱基排列顺序与周易中八卦结构的相似性。在地学中，地质学家所描绘的板块相互作用回旋成矿机制同明代《来氏易注》“造化象数体用图”具有相似性，二者都是从层次相互作用造成顺时针旋转过程中作用双方此消彼长的变化规律去考虑的。在方法论方面，《周易》的逻辑方法有自己的特色。它的分析方法，包含有泛系分析方法的影子。