

浑沌

语义与

哲学

中国科学哲学论丛

Chinese Series in the
Philosophy of Science

刘华杰 著



湖南教育出版社

C 中国科学哲学论丛
Chinese Series in the
Philosophy of Science
主编：李醒民 程承斌

浑沌 语义与

刘华杰 著

哲学



湖南
教育
出版
社

浑沌语义与哲学

刘华杰 著

责任编辑: 程 青

湖南教育出版社出版发行

湖南省新华书店经销 湖南宏达包装印刷有限公司印刷

850 × 1168 毫米 32 开 印张: 9.375 字数: 250000

1998 年 6 月第 1 版 1998 年 6 月第 1 次印刷

ISBN 7—5355—2587—3/G · 2582

定价: 14.40 元

本书若有印刷、装订错误,可向承印厂调换

《中国科学哲学论丛》总序

科学哲学(Philosophy of Science)是对科学的哲学反思;广而言之,也可以说是从哲学的乃至思想史和理论社会学的视角对作为一个整体的科学进行全方位的透视和探究。科学哲学主要阐明科学领域内的诸种要素——科学理论中的经验、概念、形式等要素,科学活动中的动机、方法、创造性思维等要素,科学建制中的传统、规范、价值等要素——及其相应关系,其研究进路既有古老的本体论、认识论、方法论的进路,又有新颖的历史学、社会学、语言学、价值学、心理学、人类学、解释学、伦理学、修辞学的进路。关于科学哲学研究的具体内容,除西方流行的“通论”(如科学的理论结构、说明、诠释、辩护、划界等)和“个论”(如物理学哲学、生物学哲学等),近年又广泛涉及到科学的本性、价值、限度、精神气质、文化意蕴、社会意义以及科学与道德、宗教、技术、经济等的互动关系。

既然科学哲学是对科学的哲学反思,那么严格意义上的科学哲学诞生在近代科学形成之后,就是题中应有之义了。确实,真正的科学哲学思想萌生在哲人科学家伽利略、开普勒、牛顿的科学著作中,它的系统化则发轫于1830年出版的J. 赫歇尔的《论自然哲学研究》和孔德的《实证哲学教程》,以及同代人

休厄尔、J. S. 穆勒的论著中。当然，正像近代科学在其形成之前有前科学一样，近代科学哲学在其诞生之前也必有前科学哲学，也许毕达哥拉斯和亚里士多德是其当之无愧的鼻祖。

现代科学哲学的滥觞是以马赫、彭加勒、迪昂、皮尔逊、奥斯特瓦尔德为代表的批判学派和以赫兹、玻耳兹曼、基尔霍夫、亥姆霍兹、黎曼为代表的德国哲人科学家群体，其勃兴于19世纪后期和20世纪初；这是一个巨人迭出、思想喷涌的时代。现代科学哲学的集大成则是维也纳学派及其所导致的逻辑经验论，前者发端于20世纪伊始，后者则鼎盛于20年代中到30年代末，在西方一直风行到50年代；这是一个大师云集（石里克、维特根斯坦、卡尔纳普、纽拉特、艾耶尔、赖兴巴赫等）、气势磅礴的岁月，其间形成了历史上第一个真正的科学哲学运动。从50年代末、60年代初起，后现代科学哲学又逐渐登上历史舞台，继波普尔、奎因等人对逻辑经验论发难之后，库恩、费耶阿本德、图尔明等历史主义流派开启了后现代科学哲学的先河。20世纪科学革命的主将爱因斯坦、玻尔、海森伯等哲人科学家的科学哲学也异彩纷呈、美不胜收，它们既溶入了现代科学的思想菁华和精神气质，又呈现出某些非经典的后现代意识，从而与后现代科学哲学的人文研究进路汇流，谱写了20世纪后期科学文化与人文文化融会贯通的主旋律。

从科学哲学的历史发展不难看出，哲人科学家群体、流派和传统始终是一支举足轻重的生力军。与纯粹科学家的科学哲学相比，哲人科学家的科学哲学更为鲜活生动，因为它们生发于他们亲手培植的科学沃土中；它们更为敏锐新颖，因为它们是他们创造的时代最新科学成就的新生儿或助产士；它们更为丰厚圆融，因为它们是人类最高的科学思想与人文精神杂交起来而生成的奇葩。哲人科学家不愧是各个时代科学哲学的先行者，人类思想史上路标的设置者，科学文化和人文文化的承载

者和缔造者，科学的人文主义者。

在本世纪初，科学哲学伴随科学革命的新成果和封建王朝的衰败和垮台，从西方逐渐传入中国，在民国头 20 余年曾有过一段相对繁荣的时期。当时曾移译出版了为数不少的科学哲学（以及科学通论）著作。中国科学社的创始人胡明复、任鸿隽、杨杏佛，科玄论战中科学派的主将、地质学家丁文江，化学家和科学哲学家王星拱等人都曾不遗余力地把批判学派的思想评介到国内，并撰写了诸多科学哲学论著。洪谦教授在 40 年代介绍逻辑经验论也有所建树。后来由于众所周知的原因，科学哲学在中国大陆基本上沉寂了。直到 70 年代末、80 年代初，它才在思想解放和改革开放的脚步声中，在中国重新生根、开花、结果，尽管其间几多风雨，几多艰辛。可以毫不夸张地说，科学哲学在中国哲学界是思想最活跃、发展最迅速、成果最卓越的哲学部门之一，创刊于 1979 年已出版 20 卷的《自然辩证法通讯》就是科学哲学在中国近 20 年发展的缩影。中国科学哲学家正在潜神默思、苦心孤诣地沿着学术自由的不归路奋进，逐步形成自己的别树一帜的流派和风格。

为了展示中国学者的科学哲学研究成果，把中国的科学哲学研究进一步引向深入并推向世界，我们策划、编辑了《中国科学哲学论丛》。为扩大其覆盖面，我们拟拓宽科学哲学的内涵和外延，把自然哲学（对作为科学研究对象的自然之哲学反思）和技术哲学（对作为科学的直接衍生物的技术之哲学反思）也包括在内。本丛书拟精选国内高水准的学术著作稿——或为赶超世界学术水平之作，或为填补国内研究空白之作，或为拓展和深化有关课题之作——出版，为跨世纪的优秀学人提供跨世纪的力作发表的园地。本丛书要求书稿资料（尤其是外文原始文献）翔实，观点新颖，结构严谨，语句流畅，把严肃认真的学风和平实生动的文风有机统一起来。为了凸现本丛书

的学术性，方便读者进一步探究，每本书后都附有详尽的索引和主要参考文献目录。

在人类即将告别 20 世纪和迈入 21 世纪之际，科学技术对人类社会发展的不可估量的作用正变得越来越突出。不幸的是，有些人往往只看到科学的物质功能和功利价值，偏偏忘记了科学的本真即它自身的精神价值和文化意蕴——这实在无异于买椟还珠！由于科学哲学恰恰是揭示科学的本真的，因此本丛书的出版无疑有助于国人对作为一种智慧和文化的科学的再认识，加快科学精神注入国人的意识乃至潜意识，加速科学文化对中国传统文化的补苴和改造，重建 21 世纪的中华民族的新文化和新人格。

撰写一部优秀的学术著作，没有自甘寂寞的艰苦劳作，是根本办不到的。在学术著作的刊行尚未完全步出低谷的今天，湖南教育出版社为《中国科学哲学论丛》的出版殚精竭虑，令人钦佩。我们期望能积土成山，积水成渊，坚持数年，以成规模，在学术界和社会上产生良好而持久的影响。果能如此，无疑会使我们感到莫大的欣慰。

抬望眼，旧世纪的落霞五彩缤纷，新世纪的旭日喷薄欲出。人类正从权力社会和财力社会迈向智力社会，科学文化和人文文化正以不可抗拒之势融合汇流，《中国科学哲学论丛》适逢其会地问世了！我们不愿她哗众取宠、显赫一时，我们只求她默默耕耘、天长地久。我们企盼她宁静地伫立在“灯火阑珊处”，为世间的福祉尊严探赜索隐，为人类的精神文明擷精立极，为即将到来的 21 世纪的美妙乐章谱写一两个小小的音符。

李醒民 程承斌

1998 年 1 月定稿于北京

序

20 世纪 60 年代混沌（也作浑沌）现象的发现，是继相对论和量子力学之后，对牛顿力学又一次革命性的突破。近几十年来，混沌研究的进展，已公认是非线性科学的最重要成就之一，而且正向人们日益展示混沌之普遍存在，“混沌之父”洛仑兹指出：心脏跳动中发生的混沌涉及到我们所有的人。

研究混沌的科学家们对“有序与无序”、“简单与复杂”、“必然与偶然”等等古老的哲学范畴提出了令人耳目一新的独到见解，引导人们进入新的哲学境界，开展深层次的哲学思考。在当今科学正向复杂性进军的时代，进行这样一些问题的哲学思考是很有认识论和方法论方面的重要意义的。

1986 年，物理学家尼科里斯和普里高津在他们合著的《探索复杂性》一书的中文版序言中说了这样一段话：“我们的时代是以多种概念和方法相互冲击与汇合为特征的时代，这些概念和方法在经历了过去完全隔离的道路以后突然间彼此遭遇在一起，产生了蔚为壮观的进展。”这是对现时代科学研究方法特点的一种既生动又很有启示性的描述。

决定论和概率论就是经历了长时期隔离以后如今遭遇汇

合在一起的一个例证。拉普拉斯（1749～1827）是人们公认的最著名的决定论的代表人物，然而他同时又是概率论的重要奠基人之一。拉普拉斯的《解析概率论》可能不如他的巨著《天体力学》那样闻名于世，然而也是科学史上的一部传世之作。1814年，拉普拉斯曾把他的一篇哲理性论文《关于概率的哲学探讨》作为《解析概率论》第二版的序言。正是在这篇哲学论文中，拉普拉斯表达了十分坚定的决定论思想，他深信自然界的一切事件，都像太阳系的运动那样必然和确定，可以预见到在给定条件下应该产生的结果。同时，也正是在这篇论文中，他明确地认为，生活中的最重要的问题绝大部分都是概率问题。他把概率论应用到社会生活的许多方面，诸如道德学、议会选举、法庭判决、人口人寿统计、生死婚嫁统计，等等。

可以看出，在拉普拉斯的头脑里，呈现出决定论和概率论的分离：自然现象服从决定论，社会生活遵循概率论。这样一种“分离”此后长期地普遍地保留在人们的心目中。

混沌的研究正是决定论和概率论突然遭遇到一起而在科学上掀开了蔚为壮观的一页。决定论和概率论的关系将不再是“非此即彼”，但是它们在什么样的条件下，以什么样的方式和途径来体现怎么样的“亦此亦彼”呢？学者们正在努力探寻着思索着，将在科学上哲学上撰写出更为壮观的新篇章。

孙小礼

目 录

序 (孙小礼)	1
引言	1
第 1 章 神话浑沌	5
1.1 希腊神话中的浑沌	6
1.2 浑沌与中国神话	13
1.3 《圣经》对浑沌的看法	24
1.4 创世神话的结构与浑沌	31
第 2 章 一般科学中的浑沌	36
2.1 科学文献所记载的浑沌	36
2.2 社会科学家的浑沌	39
2.3 维纳提出浑沌理论的动机	44
2.4 维纳浑沌的方法论特征	47
2.5 分子浑沌假设	50
2.6 熵浑沌	53
第 3 章 非线性动力学浑沌	61
3.1 世纪之交的非线性动力学浑沌思想	62
3.2 玻恩和布里渊对动力学不稳定性的认识	67
3.3 由欧洲大陆到美国: 莫尔斯与伯克霍夫的杰出工作	71

3.4	受迫范德坡方程： 从物理现象到 CLL 的数学定理	76
3.5	近可积保守系统的一般行为	81
3.6	同宿轨道与斯美尔马蹄	88
3.7	杜芬方程与上田吸引子	94
3.8	MSS 序列与 DGP 定理	98
3.9	洛仑兹的确定性非周期流与李-约克混沌	105
3.10	混沌系统的几种数量特征	113
3.11	确定性混沌的一般特征	120
第4章	混沌与随机性	126
4.1	概率论是如何定义随机性的？	127
4.2	混沌系统的“内在随机性”	131
4.3	随机性的算法考虑： MKM 三法的直观意义	135
4.4	无穷序列随机性的算法定义	140
4.5	有穷串随机性的算法定义	144
4.6	随机性的详细分类及其与混沌的关系	147
4.7	实数与混沌	154
4.8	从舍入误差看混沌运动	162
第5章	混沌与决定论	170
5.1	拉普拉斯关于决定论说了些什么？	171
5.2	决定论与存在-唯一性定理	177
5.3	关于轨道意义上的预测	183
5.4	论因果决定论	194
5.5	科学决定论的细化	201
第6章	混沌的意义与指称	208
6.1	关于混沌研究	209
6.2	混沌的意义	212

6.3	浑沌的指称	218
6.4	非线性科学的社会文化含义	222
第7章	相空间重构: 原理、算法与应用	225
7.1	方法的理论根据	226
7.2	重构算法	229
7.3	几种维数的定义	230
7.4	计算关联维的算法	230
7.5	应用举例	234
第8章	观察图象理解浑沌	239
8.1	准备工作	240
8.2	图形单元	241
8.3	谢氏三角形的生成	243
8.4	一维映射分岔图的作法	246
8.5	若斯勒浑沌吸引子图的作法	249
8.6	芒德勃罗集合的计算	254
8.7	植物形态的分形迭代算法	257
附录1	“浑沌”(混沌)一词用法举例	263
附录2	第二版《牛津英语词典》的“chaos”条	268
附录3	古希腊作家使用	
	“ΧΑΟΣ”(CHAOS)一词的情况	272
	主要参考文献	275
	索引	281
	后记	287

南海之帝为倏，北海之帝为忽，中央之帝为混沌。

——《庄子·应帝王》

大自然本身，即使处于混沌中，运作起来也少不得秩序和规则。

——康德 (Immanuel Kant)

引言

“你的论文断定，哈蒙德的恐龙岛注定要失败？”

“是这样。”

“根据混沌理论？”

“没错。确切说，是由于系统在相空间中的行为。”^①

这是轰动世界的科幻小说《侏罗纪公园》中的一段对白。小

^① M. Crichton, *Jurassic Park*, Alfred A. Knopf, New York, 1990, 74~77.
美国环球影片公司1993年投巨资出品同名电影《侏罗纪公园》，获多项奥斯卡奖。1994年4月北京科学技术出版社已出版小说的中译本。

说主要故事情节是：科学家通过遗传工程从史前蚊子血液中提取了恐龙的遗传信息，繁殖出已绝迹 6500 万年的恐龙……后来充满各式恐龙的侏罗纪公园失去了控制。整个故事的背景就是风靡世界科坛已达 15 年之久的混沌理论。与小说（电影）的科幻性质不同，混沌理论是实实在在的数学、物理理论。混沌理论虽然整体上属于交叉科学，但它首先是一种数学，其次是一种物理学，再次才是一门多学科交叉的科学。

混沌 (chaos)，也作混沌。^② 简单说，混沌是确定性系统产生的一种对初始条件具有敏感依赖性的回复性非周期运动。能出现这种运动的系统叫做混沌系统。科学史上只有量子力学的攻坚热情可与之媲美。据 1991 年出版的《混沌文献总目》统计，已收集到与混沌研究有直接关系的书 269 部、论文 7157 篇。^③ 到了 1997 年，还不断有新的混沌研究成果发表。

是靠什么魔法一下子把混沌召唤出来的？混沌研究为什么能吸引整个基础科学、应用科学界？

波普尔 (Karl R. Popper) 说过，“理论是我们撒出去抓住‘世界’的网：使得世界合理化，说明它，并且支配它。我们尽力使得这个网的网眼越来越小。”^④ 混沌理论是人类认识客观世界不断深入的结果。到了 20 世纪 70 年代中期，人类对于宇观世界和微观世界的探索宣告告一段落（并不是说停止发展了，而是说大的突破不多了），科学的兴趣转移到经典力学的第三个发展方向——研究与人类活动密切相关的、大量存在的宏观复杂现象。人

② 1988 年“全国自然科学名词审定委员会”已将“chaos”译名定为“混沌”。作者认为用“混沌”可能更好些，尤其从哲学的角度看。

③ Zhang Shu-yu, *Bibliography on Chaos*, Vol. 5, In *Direction in Chaos*, ed. by Hao Bai-lin, World Scientific, 1991.

④ K. R. 波珀 (波普尔):《科学发现的逻辑》，查汝强、邱仁宗译，31 页，北京，科学出版社，1986 年。

是身高为 $h \in (20\text{cm}, 300\text{cm})$ 、寿命为 $y \in (0\text{年}, 300\text{年})$ 的动物，无论对于个体还是类，人最关心的是这个时空尺度的事件和过程。混沌理论适应我们这个特殊的时代——计算机广泛应用于科研、探索复杂性成了科学界的最强音——诞生了，并取得丰硕的成果。

古人面对浩渺陌生的宇宙万物与今人面对错综复杂的宏观现象，情景大概是一样的。在古代，为捕捉外部世界，几乎所有民族都构造了自己的混沌自然哲学；今天，为理解宏观复杂性，世界各国的科学家并肩奋战，创立了具有革命性的混沌新科学。这门新科学展示了一幅恢弘的科学世界图景，也暗示了一种新的自然哲学。

在科学家当中，福特 (Joseph Ford)、斯图尔特 (Ian Stewart)、吕埃尔 (David Ruelle)、郝柏林、朱照宣、则比黑里 (Victor Szebehely) 等人对于混沌哲学有一些讨论。最突出的人物是福特和郝柏林。斯图尔特和吕埃尔分别写过非常出色的“高级科普”读物《上帝掷骰子吗？——混沌之数学》和《机遇与混沌》，其中包含不少机智的哲学论断。我个人以为，目前科学家作出的零星混沌哲学论述，比职业哲学家的长篇论述，要更深刻一些，原因很简单，目前哲学工作者对混沌理论本身的内容了解得还是太少了。

从更大的范围看，混沌研究只是复杂性科学中的一支，新的自然哲学必然建立在整个复杂性科学的基础之上。现在就匆忙从整体上进行全面的概括，为时尚早。本书考虑混沌的哲学问题只限于几个侧面。鉴于国内哲学界在这方面的研究刚刚开始，国外也只有斯东 (M. Stone)、汉特 (G. M. K. Hunt)、维尼 (J. A. Winnie)、贝特曼 (R. W. Batterman)、凯勒特 (S. H. Kellert)、霍布斯 (Jesse Hobbs) 等人做过一些研究，我们首先分析混沌的语义学问题，然后讨论几个哲学问题，如随机性与决定论。我们认为混沌语义学是最基本的、不可逾越的。

“混沌”一词的“意象” (image)、“意义” (meaning) 与“指

称”(reference)非常复杂,至今还没有人做过细致的工作,本书相当多内容都属于广义的混沌语义讨论,侧重点有所不同。第1章讲古代,主要从神话的角度分析;第2章讲在近现代一般科学中混沌的意义与指称;第3章从非线性动力学角度考察“正统”混沌的意义与指称;第4章从混沌轨道的结果考虑,探讨随机性的含义与分类;第5章从混沌轨道生成过程考虑,厘定混沌运动与科学决定论的关系。后3章分别从语义学、动力学相空间重构及混沌图形角度谈混沌运动的本质。

应当说明的是,与混沌有关的有趣哲学问题非常多,本书没有全部涉及,比如系统的复杂性、系统的序(order)、自然科学的有限性原则等问题。它们并非不重要,而是因为作者对它们一时还没有清醒的认识,才没有讨论。关于复杂性科学,沃德鲁普(Mitchell Waldrop)写的报告文学《复杂性》(*Complexity*)一书虽然不是讲述复杂性研究本身内容的,但却提供了大量鲜为人知的科学研究“内幕”,对于我们从事科学、哲学及科学思想史研究很有启发意义。

天地未形，笼罩一切、充塞寰宇者，实为一相，
今名之曰浑沌。

——奥维德 (P. Ovidius)

我观看大地，不料，地是空虚浑沌；我观看天
空，天也无光。

——《圣经·耶利米书》

第 1 章 神话浑沌

“浑沌”一词在现代文学、艺术和科学中的使用频率极高，尤其是这几年。在日常语言中，用“浑沌”可以评说事理，可以表白生活方式，可以刻画系统运行状态，可以抒发情感，等等。“浑沌”一词的用法也是浑沌的。在讨论古代神话浑沌之前，先从“浑沌”在日常语言中的用法谈起。这也许是自然的、较恰当的。商务印书馆 1978 年、1983 年和 1996 年版《现代汉语词典》没有“浑沌”条，只有“混沌”条，^① 释义有两项：

^① 《现代汉语词典》，1 版，500 页；2 版，508 页；3 版，570 页，北京，商务印书馆，1978，1983，1996。