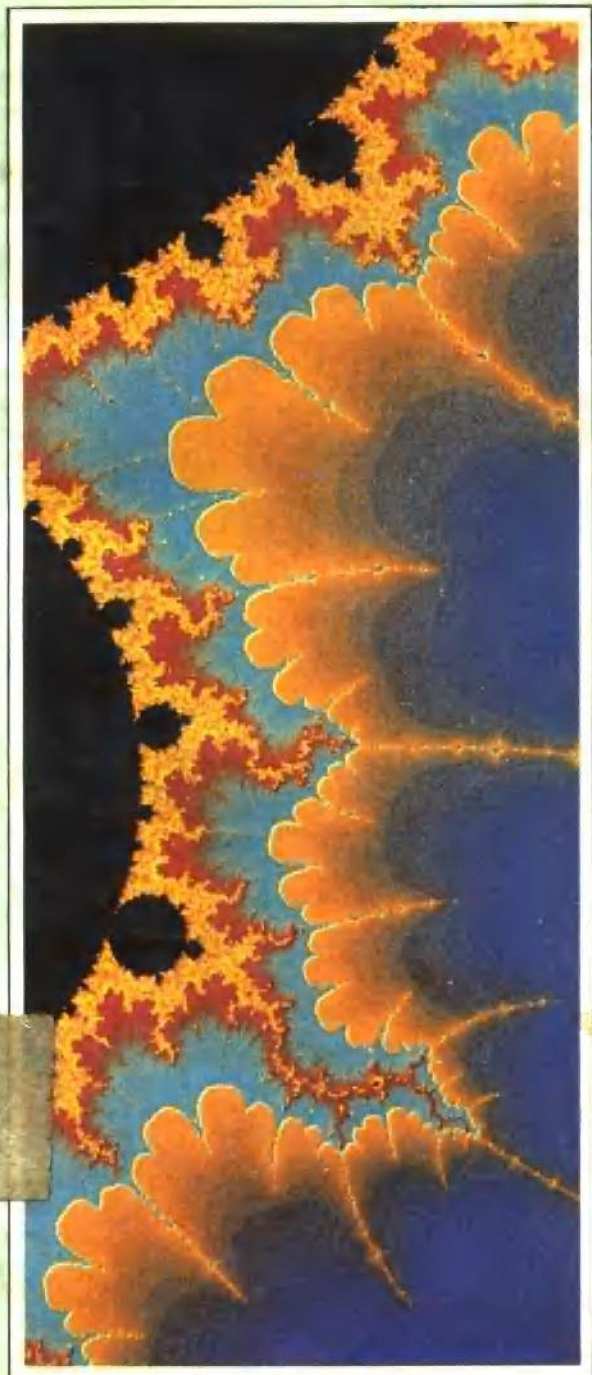


混沌学传奇

卢侃 孙建华 编译

上海翻译出版公司



混沌学传奇

卢侃 孙建华 编译

上海翻译出版公司

James Gleick

CHAOS

Making a New Science

根据 1988 年 Sphere Books 版本翻译

混沌学传奇

卢侃 孙建华 编译

上海翻译出版公司

(上海复兴中路 597 号 邮政编号 200020)

新华书店上海发行所发行 上海印刷七厂分厂印刷

上海沪江电脑科技排印公司排版

开本 850×1156 1/32 印张 13.75 插页 4 字数 357,000

1991 年第 1 版 1991 年 2 月第 1 次印刷

印数 1-10,000

ISBN 7-80514-704-3/O·89 定价: 6.30 元

现代科学与现代技术的结晶

(代序)

1990年4月有朋自远方寄赠此书原本一册，并附言此书是去年（1989年）美国第一畅销科普书。书名《混沌》（Chaos），介绍这门新兴学科自本世纪60年代开始在美国兴起及形成的经过。此学科能在短短二三十年中急剧兴起雄辩地说明其重要意义。其被喻为物理世界继相对论、量子力学之后的又一重大发现，谅不为过。此时适老友卢侃所编译《混沌动力学》专著刚脱稿，乃将此书转卢教授征询其意见。卢在几番阅读之余，不禁拍案赞誉此实为天下一大奇书。表示愿参与本书的翻译并期早日译出，以应需要。乃以译务委之。卢欣然允诺，提出四个月为期完成此译本。

经过与译者及编辑多次反复讨论，对如何译好此书，形成以下若干共识：（1）原书起点过高，不易为我国读者所理解和接受，故不仅应在翻译上下功夫，使之更为中文化，且还必须作必要的注释。（2）原书一章章各自独立，须在时间上、内容上予以贯穿，以帮助读者有一系统全面印象。（3）原书资料来源的注释三百余条是原书一个重要组成部分，也是原书一重要特点，应该予以翻译，并在正文中顺序编号注明。（4）本书的史料局限于美国，但在此学科的形成过程中，苏联、日本等国也有其独特和平行的工作，我国虽起步较晚，也不乏值得介绍之成果。为此在此译本中应另辟专章撰文补上，使读者得窥全貌。

基于上述认识，卢侃及其友好挥汗奋战一个盛夏，至八月定稿，准备付梓之际，另一译本已先卢译于九月间问世，我们在拜读之后，几经琢磨，决定仍按我等原计划进行。

混沌学之出现，是现代科学和现代技术、特别是计算机技术相结合之产物。混沌之理无处不在。天文地理，数理化生，莫不混沌，大至宇宙，小至基本粒子，无不由此理论支配，威力之大，影响之深、应用之广，莫可言状。从不同层次介绍此一新兴学科于国人，实为我出版界义不容辞的责任。

本书所谈虽属混沌学，但却是纽约时报一记者所写报告文学。凡所陈述，均有所引，一言一语，或出自本人著作，或根据作者谈话，共 316 条，前后数易春秋。作者如此挚着的追求，详实的记载，严谨的态度，使人读罢不禁为之折服，赞叹不已。我们将原书“资料来源注”原文译出，除便于专家稽索之外，更着意于让一般读者能从细微处见精神，看到作者刻意追求翔实、完美与朴实之文风。此实也我编辑工作者所更应注意及学习之处。

本译稿最后经张致中编审为之润饰编辑，每章前“疏”也多出自张老之手。时张老年已 76 岁，又值手术之后，然不顾年高有病之躯，仍奋力为之。实也为此书精神所感，顾尽一己之努力，以力臻此书之完美。

根据本书内容，我们把译本定名为《混沌学传奇》。并誌数语为序。

贺崇寅

1991.1.12

浪 淘 沙

(代序)

1.

混沌世之初，
信息显露，
科学追踪亦乐乎。
鸿蒙相变众人惊，
奇异惹人怒。

2.

复数不虚无，
复杂有故，
动力系统不模糊。
逻辑斯谛重整化，
普适跨标度。

3.

缩扩形犹露，
套叠元素，
仍在决定理论库。
似是随机有根源，
全局来倾诉。

4.

易经有记录，
庄周曾述，
今日数理更深入。
惊奇偏是混沌序，
顽强吸引部。

5.

指引高技术，
得力技术：
电子计算人不苦。
耳可闻声目可见，
脑上证明途。

6.

若即若离处，
聚聚孤孤，
亦非直线亦非弧。
云非球体山非锥，
分形分维数。

7.

密密轨道堵，
揉搓拓扑，
宇宙生命意识出。
处处交织有混沌，
耦合奇异谱。

8.

传奇今非古，
震醒糊涂。
拼搏奉献皆鸿儒。
突破平庸探妙微，
也是英雄谱。

9.

祖国人民主，
奋战宏图，
社会主义科学路。
立足世界民族林，
红日东升处。

卢侃 1991. 1. 26夜

沪上旅次。

目 录

序幕	1
1. 蝴蝶效应	14
洛仑兹与他的玩具气候 计算机出错了 长期预报 注定糟糕 有序性以随机性为伪装 一个非线性的 世界 “我们完全忽视这一点”	
2. 旋动——革命	43
看见了一场革命 摆钟，太空球，秋千 马蹄的 发现 一个谜解开了：木星的大红斑	
3. 生命中的起起落落	74
野生生物群体数量的数学模型 非线性的科学，“不 是象的动物之研究” 象草耙一样的分叉与在斯 皮里河上的泛舟 关于混沌的一部电影与救世主的 魅力	

4. 大自然的几何学 103

关于棉花价格的一个发现 法国数学学派布尔巴基的一个避难所 传输误差和颠簸移动的海岸 新的维数 分形几何学这个怪物 地裂层中的地震由云彩到血管 科学界的垃圾桶 “由一粒砂子中看到了世界”

5. 奇异吸引子 148

问上帝一个问题 在实验室中的变化 转动的圆柱与一个转折点 戴维·茹勒关于湍流的观念 相空间里的环 夹奶油、水果的千层饼与香肠 天文学家的一幅标志图 “爆竹与银河”

6. 普适性 188

洛斯·阿拉莫斯的一个新起点 重整化群 颜色的破译 数值实验的蓬勃兴起 费根包姆的突破 一个普适的理论 退稿 在意大利科莫市的一次会议 云彩与图画

7. 实验者 222

小匣中的氦 “固体内部的不固定的狂潮巨浪” 大自然里的流动与形状 利比查伯的微妙胜利 实验渗入了理论之中 由一维到多维

8. 混沌的图象 250

复平面 在牛顿方法中看到的惊奇 曼德尔布诺特
集合: 芽与须 艺术、商业与科学相遇了 分形
区域的世界 混沌对策游戏

9. 研究动力系统的四人集体 281

加州大学的圣克鲁兹校园与六十年代的人才 模拟
电子计算机 这是科学吗? “长程视力”对不可预
见性的测量 信息论 由小尺度到大尺度 自来水
龙头漏水问题 视听辅助装置 一个时代的结束

10. 内在节律 317

关于模型的一种误解 复杂的人体 动力学心脏
重调生物钟 生命的心律不齐 鸡胚与异常的搏动
混沌也是健康

11. 混沌与未来 353

新的信念与新的定义 第二定律, 雪花之谜与灌铅
骰子 机遇与必然

12. 混沌科学在中国 375

庄子 李-约克混沌 郝柏林的混沌研究 数理科
学的混沌研究 化学与生命科学的混沌研究 社会
科学五大环机制

13. 日本与苏联混沌科学中的故事	392
有关名词简释	398
《混沌学传奇》一书大事年表	402
进一步参考文献	407
中英译名索引	408
主题索引	413

序 幕

疏

读者也许会奇怪作者为什么从1974年开始写，而且首先写费根包姆？因为混沌研究未必从1974年开始，而费根包姆未必是混沌研究的第一号人物。这是作者的偏爱。作者为此人安排了一个中心的位置不无道理。因为费根包姆把普适性抓住，正是普适性的研究使混沌科学确立起自己坚固的地位。的确不少人为此把奇异吸引子叫做费根包姆吸引子。他对一维映射的标度律及普适性，到后来也用重正化群方法做了说明。但是他在1973年写的文章是得到麦特罗坡利斯与 M. 斯坦和 P. 斯坦的帮助的，相比之下，洛仑兹，斯墨尔，梅，甚至柯尔莫哥洛夫都在比较孤独的条件下开始走向混沌。这里需要特别指出，《周期3意味着混沌》一文的第一作者是华人李天岩，这篇文章首先用混沌这个古字去描写现代所注意到的现象，这是在1975年，早费根包姆二年。在费根包姆文中对普适常数仍然认为是一个猜想，用的是探求方法，即“希里斯蒂克”方法，它的精确处理以洛斯·阿拉英斯预印本 LA-UR-78-1155 刊行。

序幕中承认，70年代是各门科学都在注意“无序”的门径。把过程而不是存在看成是科学的主题。起始于非平衡热力学与统计物理的探索，提出“动力系统”，“时间的数学”则是数学家的功劳，而重视演化问题，早已起源于进化论。在此值得一提的是伊·普里戈金与伊·斯唐热合写的《从混沌到有序》；这本书原名《新的联盟》，1979年在法国出版，显然注意到序的起源问题。这不是

哲学上的注意，在科学的文献中此时已有 1000 篇以上的论文探讨了时间上的序与空间上的序的出现。而如何从无到有，使得物理学家也注意无序，则这是个开端。1989 年普里戈金的《从混沌到有序》在美国出版。（这时已正式接受中国物理学家郝柏林对他的布鲁塞尔模型的混沌研究。）所以，本书主题混沌就不意味无序，而是一种混沌序，这混沌序就表现在普适性上。这说明本书与《从混沌到有序》相比确实是前进了一大步。

本书以物理学家作主线而不以数学家作主线，说明本书作者写此书的目的。其实在混沌科学史上，似乎数学，尤其是计算机数学起了十分重要的作用。许多人也许出发点是甲虫与马铃薯，天气预报，湍流，心脏，但是，他们的文章之所以去写，多半仍是数学上的新奇。而这种新奇在许多严谨的数学家眼中还看不起，于是便出现了许多故事。

美国新墨西哥州有一座城市叫洛斯·阿拉莫斯。1974 年在这城市里曾经发生过一件事。⁽¹⁾警察注意到一个夜夜在黑暗街头徘徊的男子。他夜夜在街上散步抽香烟。香烟的红色小火点在马路已经完全黑暗的僻静后街上留下游动的轨迹。他几小时几小时地散步，在那小广场的夜雾透射下的星光里，漫无目的地乱走。对此感到奇怪的不仅仅是警察。洛斯·阿拉莫斯国家实验室里的某些物理学家也已经知道，他们的一位新同事正在进行一项古怪的试验，就是他自己要想试一试过一种每天 26 小时的生活，也就是说他的起居时刻表有意识地把醒着的时间拉长，与那些物理学家的时刻表不协调。这一个实验，即使在洛斯·阿拉莫斯国家实验室的理论部也是一个奇特无比的怪事。

新墨西哥州这片不为世人所知的风景胜地在 30 年代由罗伯特·奥本海默选中作为原子弹研制计划的地方。三十年中国家实

实验室不断地在这片荒凉的平原上扩展，运来了粒子加速器、气体激光器、化学生产的中间试验厂也建立起来。成千的科学家，管理人员与技术人员调了进来。还有，在这儿集中了世界第一流的超大型数字电子计算机。在 1940 年代匆匆忙忙在平坝石缘边建立起来的木头房子还留在一些老科学家的记忆之中。但是，这一切对于今天在洛斯·阿拉莫斯工作人员里穿着学院式长裤和工作服的年轻男女来说，第一个原子弹的制造者们只不过是往日云烟。在国家实验室中最纯粹的思想中心便是理论部，叫做 T 部。而计算中心便是 C 部，武器研制中心便是 X 部。在 T 部里工作的人有 100 多位物理学家与数学家，工资高而又没有什么教学出版的压力。这是一些出奇地聪明而又性格古怪的人们，他们总是叫人感到有点儿怪，与众不同的怪。

但是，我们上面所说在夜马路上散步的密契尔·费根包姆却是另有一番特点。用他的名字出版的文字材料仅有一篇论文。他的工作似乎不与人们有关，不与任何人有什么契约。他的头发乱蓬蓬如同鬃毛一般。似乎是什么德国作曲家半身象上常见的那种式样，从他宽阔的眉毛上分向脑袋的后方。他的目光充满激情，突突地闪动。他说话总是很快，具有中部欧洲人常有的那种遗漏冠词与代名词的毛病；但是他确实是地地道道的美国纽约市长岛上的布洛克仑区的本地人。在他工作的时候他象发疯一样。在他不工作的时候，他便散步而且思考，日日夜夜如此。尤其是在夜间。24 小时一天对他太限制了。然而，他个人进行的生活准周期性的试验后来还是中止了。因为他自己也做不到在日落之时醒来，因为这在 26 小时算一天的周期里，不多几天便要发生。

仅仅是 29 岁，他已是大师中的大师，他已经是国家实验室中众多科学家遇到难题时向之请教的特别顾问。这还要补充一个条件，就是说仅仅在别人能够找得到他才行。有一个晚上，他来上班，而这个时刻正是国家实验室主任，哈罗德·阿格纽上了一

天班正准备下班的时候。阿格纽是一个强有力的领导，他是老主任奥本海默的门徒，阿格纽本人曾经在一架仪表飞机上随同投弹飞机一同飞向广岛，亲眼目睹投弹飞机意诺拉·格投下广岛原子弹，那是实验室第一个产品，这一瞬时的照片便是阿格纽所拍摄的。

阿格纽向费根包姆说⁽²⁾：“我知道，你这个人的确很棒”，但是“如果你真的这样棒，为什么你不研究激光诱起核聚变这样的问题呢？”

甚至费根包姆的挚友也很怀疑，他是否准备为他自己去把工作做出一些成果来。他一贯的愿望就是面对大家向他提的问题做出即时的奇妙的回答，他似乎并不想自己去研究什么能为他带来报偿的自己的问题，他思考过流体与气体中的湍流，他思索过时间问题——到底岁月蹉跎是光滑的消逝，还是离散的跳跃，如同一架宇宙电影机中的一幅幅影框？他思考过眼睛问题——为什么在物理学中已知宇宙是移动着的量子的万花筒而动物的眼睛却能看到调和的颜色与形状？他还思考过云彩，他在飞机上去看云彩（直到1975年，因为他过多地运用这种科学旅游的特权，而被正式地通知停止这样干了），他还在实验室建筑屋顶的天桥上去观察云彩。

在美国西部的山城，云彩不象东方那种低飞的烟雾与无定形的烟霾。而在洛斯·阿拉莫斯，云彩朵朵在那些火山坑的背风处，溢出天空的边际，仿佛是随机的形状，是的，是随机的，但是，又不是随机的，这云彩似乎有均匀的尖刺突出，或者卷积成有规则的，带沟的形状，这形状很象脑。在下午，暴风雨来了，天空闪出微光，天空里雷电仿佛就要来到，云在30英里外伫立着，透过光又反射光，直到整个天空象一副眼镜，这眼镜面向着物理学家，表演出一副指责的神情。云彩代表大自然的一个侧面，它是物理学的主流所忽视的。云彩是这样的，既有精细的构

造，也有一些模糊，并且还似乎是不可预测的，费根包姆就是这样，安静地，没有成果地思考着这些问题。

对于物理学家来说，研制一台激光诱成核聚变的装置是顺理成章的；搞清楚基本粒子的自旋，色与味是合情合理的；乃至去计算宇宙起源的年代是完全可以的。而了解云彩这是气象学家的工作。如同许多物理学家一样，费根包姆使用了一种半吞半吐的，艰涩难懂的辞汇去评价这样的问题。这一事物是显而易见的，可以说这意味着任何有水平的物理学家可以在适当的思索和正确的计算之后，就能写出有关这一事物的结果，那种不显而易见的工作才会博得尊敬与诺贝尔奖，物理学家常常用一个字来描写那种最艰难的问题，那些直通宇宙深处，而又看不出道路通向哪里的问题，叫做深奥问题。直到1974年只有极少的人知道，费根包姆研究的就是一个深奥的问题：混沌问题。

不管何处开始了混沌，经典的科学也就结束了。自从世界上有了物理学家探索大自然的规律以来，出现在大气中的、海洋湍流中的、野生生物群体中数目的涨落中的、心与脑里振荡的、……一切无序现象是被忽视了，是被特别地忽视了。大自然的不规则的那一个侧面，不连续的那一个侧面，稀奇古怪的那一个侧面一直对科学是莫测之谜，甚至更坏，是怪物妖魔，牛鬼蛇神。

但是，在70年代，⁽³⁾在美国与欧洲开始有几个物理学家找寻通向无序之路，他们是数学家，物理学家，生物学家，化学家，他们寻求在许许多多不同种类的不规则性之间有何联系。生理学家发现，在人类的心脏中发生了混沌，这其中有惊人的有序性。这与导致突然死亡、无说明的猝毙很有关系。生态学家在探索着树蛾（*Lymantria dispar*）群体的减少与增多的规律，经济学家研究古老的股票价格上升下降的数据，尝试求出一种全新的分析方法。对于出现了的事物的内部规律的探求直接把人们引向

自然界——云彩的形状，雷电的径迹，血管在显微镜下所见的交叉缠绕，星星在银河中的集簇。

当密契尔·费根包姆在洛斯·阿拉莫斯开始思索混沌问题的时候，他不过是世界上零星分布的十来个科学家中的一个。这些人相互各不了解。在伯克莱加利福尼亚大学有一位数学家召集了一个小组来研究“动力系统”的新创造。在普林斯顿大学有一位生物学家准备发表一篇热情洋溢的文章，呼吁科学家来研究：在一些简单的模型中潜藏着复杂得叫人吃惊的性态。在国际商业机器公司（IBM）工作的一位几何学家正在搜寻一个新的词，用以描述一族形状；这是一些曲曲拐拐，裂出许多细纹，纠缠千层至于无穷，扭扭折折，逐次折断——这一切在他看来是大自然的一条组织原则。一位法国的数学物理学家却刚刚赶着发表一种有争议的见解；认为在流体中的湍流与他所谓的奇异吸引子有关，而奇异吸引子当时则是一个古怪的，纠缠不休，不可分解的抽象概念。

10年之后，混沌这个名词已是不胫而走，发生了一场快速的运动，改变了科学机构的组织方式。混沌会议一场接一场，混沌杂志一种接一种出版。在那些有智慧的政府中，负责军事研究经费的官员，负责中央情报局经费的官员，负责能源研究经费的官员，都有足够的文化水平认识到必须把大量经费越来越多地投入到混沌的研究中去，并且成立了统一管理研究混沌的经费的官员机构。在每一个重要的大学中，在每一个重要的研究中心里，许多理论家纷纷结合起来。他们结合的旗帜首先是混沌，其次才是他们各自的专业。在洛斯·阿拉莫斯，成立了一个非线性研究中心，协调混沌及有关混沌的一切研究工作。在全美国的各个大学里，也纷纷成立了这样的研究中心。

混沌研究创立了利用计算机的专门技术，计算机图象产生的专门方法，绘出了许多引人入胜的结构图画，它们都有极大的