

主 编 · 曾国屏

新视野丛书

第1辑

副主编 · 刘

兵 ·

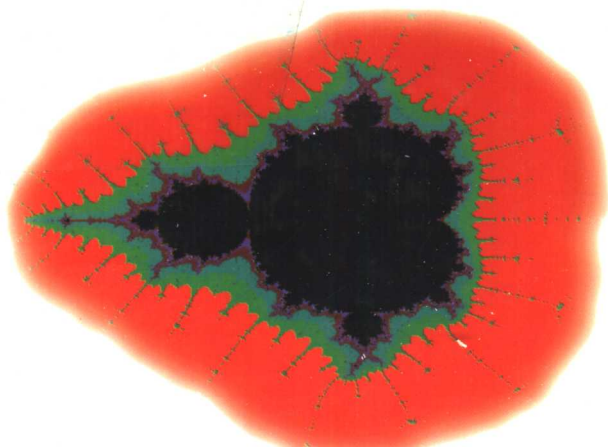
刘华杰

杨君游

科学与文化

# 浑沌之旅

刘华杰 \ 著  
山东教育出版社



HUN DUN ZHI LU

# 浑沌之旅

科学与文化

HUN DUN ZHI LU

刘华杰 \ 著



山东教育出版社

389797

新视野丛书（第1辑）

**浑沌之旅**

——科学与文化

刘华杰 著

\*

山东教育出版社出版发行

（济南经九路胜利大街）

山东新华印刷厂德州厂印刷

\*

850毫米×1168毫米 32开 6.75印张 5插页 138千字

1996年12月第1版 1996年12月第1次印刷

印数1—2000

ISBN7—5328—2330—X/G·2154

定价 10.50元

## 编者的话

现代文明的潮流正在我们的时代奔涌，种种新学科、新理论、新思想在这个历史的潮流中翻波鼓浪，知识更新、学科交叉、知识集成在这个历史的潮流中分合汇聚。

改革开放、科教兴国，我们的国家正在走向世界，走向现代化，走向可持续发展的美好未来。在这个崭新的发展时期，我们正面临和经历着不同文化传统、学术观点、科学文化和人文文化的大交流、大碰撞和大融合。

于是，《新闻出版报》组织发表的“新学科出版物系列述评”不仅受到了出版界的赞扬和重视，而且得到了社会的广泛欢迎和好评。正是在此“系列述评”的直接鼓舞和学术前辈的热情关怀下，《新视野丛书》应运而生。

《新视野丛书》以促进文理相通、科教兴国、社会发展和文化繁荣为宗旨，将致力于发表、宣传和传播具有强烈时代感的新学科、新理论和新思想以及对于社会热点问题的新观察、新研究和新思考。

《新视野丛书》在坚持新颖性和高品位的同时，还注重严谨

学风和活泼文风的统一，以更好地为广大读者服务，以促进对于我们的时代进行更广泛的思考分析和更深刻的认识理解。

特别是：《新视野丛书》希望自己成为广大读者的朋友，在读者朋友们的支持下共同拓展好通向未来的、有利于思想交流共鸣的知识新视野。

《新视野丛书》编委会

1996年6月于北京

刘华杰 著

浑沌之旅——科学与文化

## 内容提要

“浑沌”是当今热门的非线性科学中最有影响的概念之一，本书通过丰富的史料，以优美的笔调，生动考察了浑沌概念的内涵及其科学、文化意义。作者使用微机绘制了大量图形，揭示了一维映射和二维映射的迭代、分岔和极富魅力的浑沌运动，并提出了一些值得思索的科学与文化问题。书中指出了许多可供进一步阅读的材料。不同学科的学生和研究人员读此书都可从中受益。

本书适合于大学一年级以上理科、文科学生以及教师、科研人员参考。

## 作者简介

刘华杰，男，1966年生于吉林省通化市。1988年毕业于北京大学地质学系，1991年和1994年分别获中国人民大学哲学硕士和博士学位，现为北京大学科学与社会研究中心讲师。研究方向为非线性科学及其思想史。主要论文有“论混沌对决定论的影响”、“混沌的意义与指称”、“百年非线性动力学混沌思想简史”等三十余篇，专著有《混沌学纵横论》（合著）、《混沌哲学》（即出）等。设计并登记注册了分形艺术图形创作软件“FractalArt 1.0”。

混沌之旅——科学与文化

刘华杰 著

## 目 录

|                       |    |
|-----------------------|----|
| 引言：从《侏罗纪公园》说起·····    | 1  |
| 第 1 章 中央之帝为浑沌·····    | 8  |
| 1.1 世界之初 ·····        | 9  |
| 1.2 中国的太阳神·····       | 11 |
| 1.3 浑沌之道·····         | 13 |
| 第 2 章 艾丽丝请教矮梯胖梯 ····· | 19 |
| 2.1 浑沌语义万花筒·····      | 20 |
| 2.2 “语言恶习”与浑沌·····    | 29 |
| 第 3 章 与天气斗法 ·····     | 35 |
| 3.1 气象浑沌·····         | 35 |
| 3.2 计算出来的天气·····      | 37 |
| 3.3 大象动物·····         | 40 |
| 3.4 非线性引出复杂性·····     | 47 |
| 第 4 章 振动的世界 ·····     | 55 |
| 4.1 从定义出发的困境·····     | 55 |



|            |                      |            |
|------------|----------------------|------------|
| 4.2        | 从声音说起：耳膜的<br>振动..... | 57         |
| 4.3        | 共振的利与弊.....          | 61         |
| 4.4        | 频率与音乐.....           | 64         |
| 4.5        | 弦振动与光速.....          | 66         |
| 4.6        | 非谐振动的变频效应.....       | 68         |
| <b>第5章</b> | <b>耦合创造节律 .....</b>  | <b>72</b>  |
| 5.1        | 发现内部时间.....          | 73         |
| 5.2        | 纸上看摆.....            | 77         |
| 5.3        | 分水岭与吸引域.....         | 81         |
| 5.4        | 滑车.....              | 84         |
| 5.5        | 耦合中的竞争.....          | 87         |
| 5.6        | 舌头排序.....            | 94         |
| 5.7        | 锁不住则浑沌 .....         | 100        |
| 5.8        | 朱照宣思维实验 .....        | 101        |
| 5.9        | 耦合与随机性的诞生 .....      | 105        |
| 5.10       | 与时代脉搏共振.....         | 106        |
| <b>第6章</b> | <b>非线性麻雀.....</b>    | <b>109</b> |
| 6.1        | 中学数学中的抛物线 .....      | 110        |
| 6.2        | 麻雀的骨架 .....          | 112        |
| 6.3        | 迭代蛛网 .....           | 116        |
| 6.4        | 周期加倍 .....           | 123        |
| 6.5        | 普适常数与周期窗口 .....      | 129        |
| 6.6        | 初始条件有多少信息 .....      | 133        |
| <b>第7章</b> | <b>从流到映射.....</b>    | <b>138</b> |

|                            |            |
|----------------------------|------------|
| 7.1 问题的来由 .....            | 138        |
| 7.2 不动点及线性化矩阵 .....        | 140        |
| 7.3 不动点分类 .....            | 142        |
| 7.4 不变流形 .....             | 145        |
| 7.5 霍普夫分岔实例 .....          | 148        |
| 7.6 再现费根鲍姆过程 .....         | 155        |
| <b>第8章 人在宇宙中</b> .....     | <b>159</b> |
| 8.1 高傲的个人：四种观<br>念 .....   | 160        |
| 8.2 尺度与盲人摸象 .....          | 165        |
| 8.3 红移·哈勃关系·大<br>爆炸? ..... | 169        |
| 8.4 逾层分析与社会系统<br>运行 .....  | 173        |
| 8.5 混沌思维及文化抽象<br>继承 .....  | 184        |
| <b>主要参考文献</b> .....        | <b>194</b> |
| <b>后记</b> .....            | <b>205</b> |

## 引言：从《侏罗纪公园》说起

我搞的是混沌理论。但是我发现没有人愿意倾听这门数学理论的意义。它暗示了对人类生活的许多重大意义，其重要性远远超过人人都在喋喋不休地谈论的海森伯原理或哥德尔定理。那些理论事实上学究气十足，是哲学的思考。而混沌理论却涉及人类的日常生活。

——马康姆，《侏罗纪公园》

学地质学的自然熟悉“侏罗纪”是怎么回事。

侏罗纪 (Jurassic) 取名法国与瑞士交界的侏罗山 (Jura)。地质历史上的“中生代”有三个纪：三叠纪 (用 T 表示)、侏罗纪 (J) 和白垩纪 (K)。这些时代的地层分别叫做三叠

系、侏罗系和白垩系地层。

1988 年大学本科最后半年，一个偶然的机，我选修了黄永念先生为力学系研究生开设的课程“浑沌与稳定性理论”。在北京大学读书有一个好处，你可以随意听你想听的课程，除去外界熟知的喧嚣架子，北大其实是世外桃源。

从首次接触“浑沌”到改行学哲学，又再次听说“侏罗纪”字样，自然亲切。对个人而言，没想到浑沌与地质竟这样不可预测地联系在一起。

1990 年美国著名科幻小说家迈克尔·克赖顿 (Michael Crichton) 又推出一力作《侏罗纪公园》(Jurassic Park)。它是一部小说，一部科学幻想小说。但科幻小说与伪科学不同，它运用现代科学，以现代科学为基础，并非常讲究逻辑。作者把轰动科学界十余年之久的浑沌研究热潮艺术化，写进了小说。而且整部作品以浑沌理论为背景和骨架，按照浑沌系统的浑沌运动展开。书中还专门设置了一位颇有见地的浑沌学家——马康姆 (Ian Malcolm)。实际上马康姆是作者的代言人，这可从作者的名字 (“Michael” 与 “Malcolm” 谐音) 以及全书所表达的“对初始条件的极端敏感依赖性”思想明显地看出来。

按照小说的描写 (实际上也和这差不多)，马康姆是新一代数学家中公开对“世界如何运转”这类问题高度着迷的人。他们在几个重要方面和传统数学家决裂。

首先，他们个个都使用计算机，这是传统派数学家们所不齿的。在一些传统数学家看来，应用数学是坏数学，计算数学则是糟糕的数学。

第二，在新兴的所谓浑沌理论领域中，他们毫无例外地运

用非线性方程。而传统数学研究的主要是线性数学，如傅里叶变换、线性微分方程、线性代数等等。

第三，他们似乎非常自信地以为，他们的数学描述了真实世界中实际存在的东西和实际发生的过程。

第四，他们的衣着和言谈似乎都为了表明他们正从学术王国走进真实世界。他们本身就是大杂烩，干什么的都有，多大年纪的都有，哪个国家的都有。他们都想走出传统框架。

小说中，马康姆对律师简罗 (D. Gennaro) 是这样解释浑沌理论的：

物理学在描述某些问题的行为上取得了巨大的成就：轨道上运转的行星、向月球飞行的飞船、钟摆、弹簧、滚动的球之类东西。这都是物体的规则运动。这些东西用所谓的线性方程描述，数学家想解这些方程是轻而易举的事。几百年来他们干的就是这个。

可是，还存在着另一类物理学难以描述的行为。例如与湍动有关的问题：从喷嘴里喷出的水、在机翼上方流动的空气、天气、流过心脏的血液。湍动要用非线性方程来描述。这种方程很难求解——事实上通常是无法解出的。所以物理学从来没有弄通这类事情。直到大约十年前（小说写于1990年），出现了描述这类东西的新理论，即所谓的浑沌理论。

这种理论最早起源于1960年对天气进行计算机模拟的尝试。天气是一个庞大而复杂的系统，它指地球的大气对陆地、太阳所作出的响应。这个庞杂的系统的行为总是

令人难以理解，所以我们无法预测天气是很自然的事。但是，较早从事这项研究的人从计算机模拟中明白一点：即使你能理解它，也无法预测它。原因是，此系统的行为对初始条件的变化十分敏感。

人们想不到，这是小说中的文字。它们宛如以通俗的语言向公众解说现代科学。而我们国家非常缺少这些。如今，中央电视台增设“科学探索”节目，真是难得。

马康姆又给简罗解释了一通“蝴蝶效应”，简罗插话说：“所以说，浑沌状态是随机的？不可预测的？”

“不，”马康姆说，“事实上我们从一个系统复杂多变的行为之中，发现了其潜在的规律性。所以浑沌理论才变成一种涉及面极广泛的理论。这种理论可用来研究从股市到暴乱的人群、到癫痫患者的脑电波等许许多多问题，并可以研究处于混乱和不可预测状态的任何复杂系统。我们可以发现其中潜在的规律。”

人们不禁惊诧于作家克赖顿的学识，他作为一个小说家怎么如此精通科学？原来他是搞科学出身的，如今他靠写科幻小说出了名，如果当初他不学科学，没有好的数理根底，后者决不会出现。这也解释了为什么别人没有写出这样行销全球的好书。

马康姆对葛兰特（A. Grant）说：“浑沌理论告诉我们，从物理学到虚构的小说中的直截了当的线性，我们都视为理所当然，然而它们从来就不存在。线性是一种人为的观察世界的方式。真实生活，不像项链上穿着一粒挨一粒的珠子，构成一

件接一件发生着的事件。生活实际上是一连串遭遇，其中某一事件也许会以一种完全不可预测的、甚至是破坏的方式，改变随后的事件。

“这是关于我们宇宙结构的一个深刻的真理。可是由于某种原因，我们却执意表现得仿佛这不是真的。”

马康姆的讲解未必都准确，但基本上是正确的。《侏罗纪公园》作者的用意非常明显，原书每一章不叫“chapter”，而叫“iteration”（迭代），如第五章写作“FIFTH ITERATION”。每章标题下是一幅表示迭代进程（当然也表示小说情节的发展）的分形生成图。再下面是章首引语，都是马康姆说的与浑沌理论有关的格言。

《侏罗纪公园》由小说，经导演斯皮尔伯格（Steven Spielberg）搬上银幕，获得巨大成功。1993年6月11日同名影片在美国公映，一个周末就收入150多万美元，创下周末票房最高纪录，到1994年初在美国市场的收入就超过3个亿，在日本公映33天就已收入6600万美元。后来此片又获多项奥斯卡大奖。

成功是毫无疑问的。但是，影片中“浑沌理论”的色彩淡化了，马康姆成了无足轻重的配角，观众很难从中悟出更多的非线性动力学浑沌“教训”。影片经剪辑变成录像片，经翻译再变成中文字幕片和纯中文片（在这里“chaos”被译成“混乱”），原片原有的一点“浑沌”痕迹荡然无存。这又说明了什么？这是否是商业化过程的规律？

录像片在北京大学校园放映不下六次，我问过北京大学许多看过《侏罗纪公园》的同学，竟没有一人知道它原来与浑沌有任何联系！栩栩如生的恐龙以及山雨欲来的遗传工程固然吸

引人，但小说《侏罗纪公园》的主要魅力不在此。如果没有浑沌穿线，小说中的所有故事是互不相关的事件。

什么是浑沌？一言难尽。是浑沌太复杂了吗？不仅仅如此。严格说，是因为浑沌一词有太多太多的语义层面，人们在用这个词时，往往同时跨越几个语义层面。说到浑沌，大脑中沉淀已久的文化特质和个人经验，不自觉地被勾起，最终导致哲学上的、宗教上的、神话上的、美学上的，以及科学上的东西相互纠缠。你中有我，我中有你；想区分开，又想交联起来。这仿佛真正回到了日常语言的浑沌状态：事物如乱麻一般，彼此交织在一起，朦朦胧胧，恍恍惚惚，其中之规律若有所现，但看不真切。

到此为止，读者不一定弄清楚浑沌是什么东西，反而可能有另一种感觉：“本来我还知道一点浑沌，可现在让你给弄糊涂了，或者说弄乱了，思维更加浑沌了。”那好，我们慢慢道来，即使最终你的头脑中仍然混乱不堪，或者说仍然处于浑沌状态，但是此时的浑沌也明显高于原初自发的、朴素的浑沌。

没有较深的数学基础也无妨，作者力求省略让一些人生厌的公式。书中配置大量图形，也许有助于理解浑沌运动。这样做的好处是，更多的普通人可以知道浑沌是什么东西，坏处是牺牲严格性。不过，作者还是在能力范围之内力求折衷矛盾，做到既通俗，又不太油腔滑调。

小说中通过马康姆之口谈到了“非线性方程”、“湍动”、“迭代”、“蝴蝶效应”、“不可预测性”、“计算机模拟”等等，这也正是本书要讲的东西，所以别指望一开始就理解了所有概念。

克赖顿在写小说时看过美国《纽约时报》科技部主任詹姆



斯·格莱克(James Gleick)的名著《混沌：开创新科学》(Chaos: Making a New Science)，很受启发。顺便一提，此书至少已有三个不同的中译本，写得的确精彩，但外行人看后还是不知道何谓混沌理论。最近上海远东出版社出版的斯图尔特(Ian Stewart)写的《上帝掷骰子吗？——混沌之数学》(Does God Play Dice? The Mathematics of Chaos)则是更好的一部书，潘涛的译文也优美，大家不妨先读读这部书。