

Bright Joy
当代华光



混沌学

齐亚乌丁·萨达尔 著
Ziauddin Sardar

依沃娜·艾布拉姆斯 图
Iwona Abrams

梅静 译

何笑鸥 审校

INTRODUCING

用最轻松的语言 在最短的时间 介绍你不熟悉的知识
全球累计发行量已达到2.4亿



当代中国出版社
Contemporary China Publishing House

混沌学

CHAOS

齐亚乌丁·萨达尔 著
依沃娜·艾布拉姆斯 图
梅静 译
柯笑鸥 审校



当代中国出版社

Contemporary China Publishing House

图书在版编目 (CIP) 数据

混沌学/(美) 齐亚乌丁·萨达尔著; 梅静译.—北京:
当代中国出版社, 2013.2

ISBN 978-7-5154-0237-6

I. ①混… II. ①萨… ②梅… III. ①混沌理论 IV. ①
0415.6 ②G0

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 027058 号

INTRODUCING CHAOS: A GRAPHIC GUIDE Copyright © 1998 TEXT BY ZIAUDDIN
SARDAR, ILLUSTRATIONS BY IWONA ABRAMSThis edition arranged with Icon Books
Ltd. c/o The Marsh Agency Ltd.through BIG APPLE AGENCY, INC., LABUAN,
MALAYSIA.Simplified Chinese edition copyright: 2014 Bright-Day Media Co., Ltd.ALL
RIGHTS RESERVED.

© 2014 中文简体字版专有出版权属北京当代华光文化传媒有限责任公司
未经版权所有者书面同意, 不得以任何手段复制本书任何部分。
版权合同登记号 图字: 01-2013-0330

出版人 周一
统筹策划 闫力平
责任编辑 闫力平
特约编辑 谢中焱
责任校对 杨利平
封面设计 孙瑶 中山
出版发行 当代中国出版社
地 址 北京市地安门西大街旌勇里 8 号
网 址 <http://www.ddzg.net> 邮箱: ddzgcbs@sina.com
邮政编码 100009
编辑部 (010) 66572264 66572132 66572154
市场部 (010) 66572281 或 66572155/56/57/58/59 转
印 刷 北京润田金辉印刷有限公司
开 本 880×1230 毫米 1/32
印 张 5.75 印张 插图 179 幅 140 千字
版 次 2014 年 1 月第 1 版
印 次 2014 年 1 月第 1 次印刷
定 价 30.00 元

版权所有, 翻版必究; 如有印装质量问题, 请拨打 (010) 66572159 转出版部。

中文版序

小时候，曾经听过这样一首民谣：

丢失一颗钉子，坏了一只蹄铁；
坏了一只蹄铁，折了一匹战马；
折了一匹战马，伤了一位骑士；
伤了一位骑士，输了一场战斗；
输了一场战争，亡了一个帝国。

细小如钉子般的初始条件，经过时间的演变，也会不断变大，最终导致天翻地覆的变化。这个故事听起来似乎并不陌生，类似的情形还有很多：中国南方水乡渔民船上的一只鸬鹚扎入湖里，会使纽约的天气受到影响；远在巴西的一只蝴蝶扇动一下翅膀，会引起得克萨斯州的一场龙卷风……这些故事都包含着一个相同的基本观点：系统内部的一个微小运动，通过一系列复杂事件链的作用就会被放大，最终产生数倍于运动本身的影响。这，就是混沌！

古希腊哲学家用“混沌”来解释宇宙之源起；美国气象学家爱德华·洛伦兹发现了其内在的条理性；法国科学家罗尔和托根斯又从数学观点，沿着准周期进入湍流的道路，首次揭示了相空间中存在奇异吸引子。之后，倍周期、费根鲍姆常数、分形几何……随着一个又一个新名词的诞生，混沌学作为一门学科也在不断地走向成熟。

有的科学家对混沌理论评价很高，认为“混沌学是物

理学发生的第三次革命”。有的则不以为然，觉得这种说法似乎有些夸张。但无论怎样，这门近三十年才兴起的科学革命，已经与相对论、量子力学一起，被列为二十世纪最伟大的发现。曾有人这样说道：相对论消除了关于绝对空间和时间的幻想；量子力学消除了关于可控测量过程中的牛顿迷梦；而混沌学则消除了拉普拉斯混沌理论关于决定论式可预测的幻想。作为一种兼具质性思考与量化分析的方法，如今，混沌学已经被广泛地应用到了各个学科当中。

这本小册子以图文并茂的方式，为想要了解混沌理论的读者们理出了一条清晰的脉络。虽无法穷尽混沌理论的所有奥义，但足以好奇的读者们打开一扇科学的大门。作为本书的译者，数月以来，一旦坐于案前，无不字斟句酌，力求将繁复的英文长句转换为简明地道的中文表达。我坚信，诘曲聱牙的专业术语绝对不是科学的载体，科普读物也可以趣味盎然，引人遐思。另外，对不常见的人名、地名、学术名词等，编者在书后特加注释，方便查阅。

科学离我们并不遥远，其实它触手可及。在本书付梓之际，盘桓在我脑中的，是那轻扇翅膀就导致了一场龙卷风的蝴蝶；是那跃入水中激起圈圈涟漪、最后竟影响到了纽约天气的鸬鹚；还有那一连串电影：《罗拉快跑》、《混沌理论》、《绝对，也许》……今日无心种下的因，明日会结出什么样的果呢？未知让人兴奋、战栗、期待而又恐惧。但蝶翅轻轻地一扇，能引起一场龙卷风，又何尝不会阻止一场龙卷风呢？

一切皆是混沌，一切皆有可能。其实，也并非永远都是坏的结果呢！

梅 静

于北大图书馆

CHAOS

混沌学

目 录

阴、阳和混沌	1
古代的混沌观点	2
混沌理论	3
混沌理论为何令人振奋?	4
混沌从何而来?	5
“混沌”的定义	7
混沌的语言: 动态、变化、变量	8
系统	9
定义系统	10
周期方程和非周期方程	12
什么是不稳定的非周期性性态?	13
线性系统	14
非线性的复杂性	15
反馈	18
三体问题	20
混沌模型	22

有关“长期性态”的问题	23
混沌的“特征”	24
小魔鬼的故事	25
贝努瓦·曼德布罗特与分形几何	26
经济学中的混沌与秩序	27
线缆中的混沌	28
测量海岸线	30
分形维数	31
什么是分形?	32
分形无处不在……	34
朱丽亚集	35
分形的用途	36
爱德华·洛伦兹	38
失之毫厘，谬以千里	40
水车的实例	42
奇异吸引子	43
文化和身份吸引子	44
混沌吸引子	45
描绘相空间	46
洛伦兹吸引子	50
蝴蝶效应	52
大卫·吕埃勒	54
什么是湍流?	55
湍流是如何发生的?	56
吕埃勒的方法	57
罗伯特·梅和动物种群	60
梅的分岔	62
真实世界里的混沌	63
米切尔·费根鲍姆：非线性模式	64
以简单的方法解决复杂的问题	66
伊利亚·普利高津：耗散系统	67
从无序到有序	68
自组织与时间	69
时间和熵的问题	70

秩序的来源	71
自组织的其他特点	73
周期三混沌	76
走向混沌的边缘：复杂性理论	79
什么是复杂性？	80
适应与关联	82
熵外之物	84
混杂性	86
混沌和宇宙	87
庞加莱的发现	88
稳定性的条件	89
准周期稳定性	90
KAM 定理	91
土星的卫星	92
混沌的宇宙	94
量子混沌	95
量子理论简史	96
黑体的问题	97
普朗克常数的应用	98
概率波	99
量子物理中的混沌	100
临界状态中的混沌	102
混沌和经济学	104
经济学中的反馈	106
平衡态方面的问题	108
高科技产业的收益渐增	110
注意“初始条件”	112
新古典经济学的终结	114
如何进行垄断	115
混杂管理	116
预测未来的突破	118
可行性和预测	120
混沌与城市	122
分形城市	125

分形空中轮廓线	128
耗散城市	129
局部混沌和整体混沌	130
控制还是参与	132
混杂建筑	133
混沌与人体	135
人体分形	136
心脏吸引子	137
心脏中的混沌	138
混沌与健康	139
混沌和大脑	140
一个意识的混沌模型	142
混沌与天气	144
远期的天气预测	146
温室效应情况如何?	148
混沌与自然	149
科学安全	150
新的自然	152
这样安全吗?	153
后常态科学	154
混沌和非西方	158
对混沌理论的批评	166
注释	170

阴、阳和混沌

中国古代思想认为，混沌和秩序是相辅相成的。在中国的神话传说中，龙就是秩序的象征，即从混沌中分离出来的“阳”。在中国的一些创世神话中，“阴”是一束从混沌中分离出来的光，这束光形成了天。正是这种阴阳两性的法则创造了宇宙。然而，尽管已从混沌中分离，阴、阳却仍保有混沌的特性，任何一方的失衡都有可能让世界重回混沌之中。



古代的混沌观点

生活在公元前八世纪的希腊诗人赫西奥德^①（Hesiod）著有一首长诗《神曲》^②（Theogony）。他在这首关于宇宙哲学的诗中说，“创世之初一片混沌”，然后才有大地和万物。看起来，古希腊人似乎早已接受了“混沌先于秩序”的观点，即“秩序”源于“无序”。



混沌理论

混沌理论是一个令人振奋的崭新理论。

混沌现象是一个令人震惊且备受争议的发现。约在十年前，大多数著名科学家都还认为这一发现不过是虚幻的狂想。



但二十世纪初，在量子理论出现以后，混沌理论便被公认为了最著名的发现之一。

混沌理论的潜力一旦被充分挖掘，就将极大地改变人类认识自然和自身的方式。

混沌理论为何令人振奋?

混沌理论令人振奋，原因在于以下几点：

通过揭示简单性与复杂性、规律性与随机性之间的微妙关系，混沌理论将人类的日常经验与自然规律有机地联系起来。

混沌理论向我们展示了这样一个世界：一方面它是稳定的，遵循着基本的物理法则；但另一方面，它又蕴含着无序性、复杂性和不可预知性。

混沌理论告诉我们，可预测性是罕见的，它只存在于一个十分有限的范围内。这个范围是用科学的手段从复杂世界的多样性中过滤出来的。


有了混沌理论，才有了将复杂现象简化的可能性。

混沌理论将富有想象力的数学和现代计算机惊人的运算能力结合了起来。

混沌理论对传统的科学建模法提出质疑。

混沌理论认为，人类在认知和预测未来的时候，存在着先天的局限性。

混沌理论魅力无穷！



赫瑞修^①，天地间还有许多事情，是你的睿智所无法想象的。

你好啊！我是花椰菜科迪莉雅，快来看一看混沌把我变成什么样子啦！

在《哈姆雷特》第一幕第五场中，莎士比亚让主角说出的这句话真是太对了！

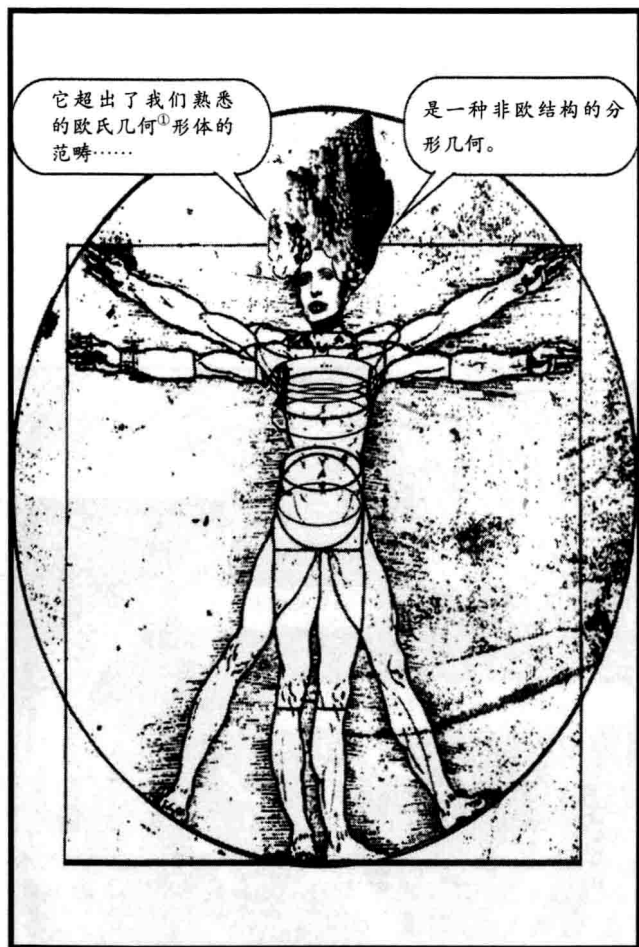
混沌从何而来?

近年来，“混沌”之所以能成为一个家喻户晓的词汇，全取决于以下三项重大发展：

1. 借助计算机强大的运算能力，研究者们能在数秒内进行上亿次复杂计算。
2. 随着运算能力的不断提高，越来越多的不规律现象引起了科学界的兴趣，比如：



3. 当这些新发展与一种新型的几何数学相结合之后，混沌理论便应运而生了……



人类事业的各个领域几乎都受到了上述发展的影响。混沌理论就如一片汪洋大海，各类学科就如条条支流汇聚其中。从数学、物理学、天文学、气象学、生物学、化学、药学到经济学和工程学；从流体和电路研究到股市和文明研究，混沌理论无所不包。

“混沌”的定义

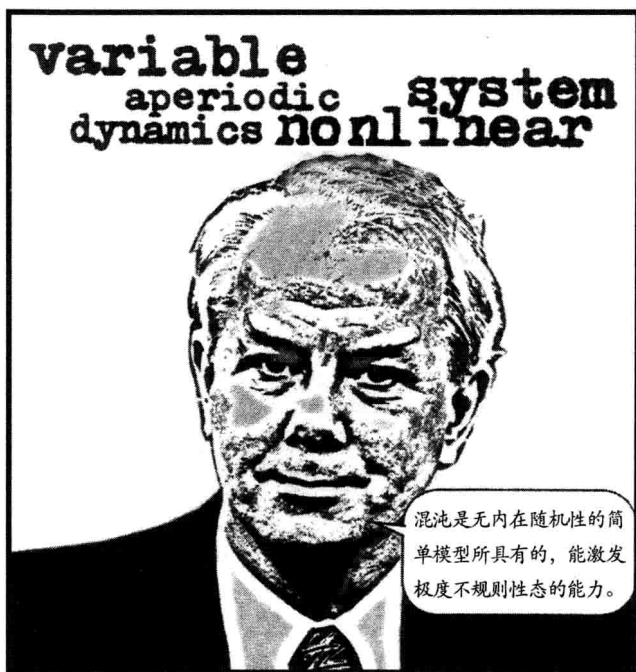
关于“混沌”的定义有很多，下面只是其中的几例：

“一种缺乏周期性的秩序。”

“一种存在于类似钟摆的简单确定性系统中的、明显的随机复现的性态。”

“在确定的非线性动力系统中，对不稳定的非周期性性态为进行的定性研究。”

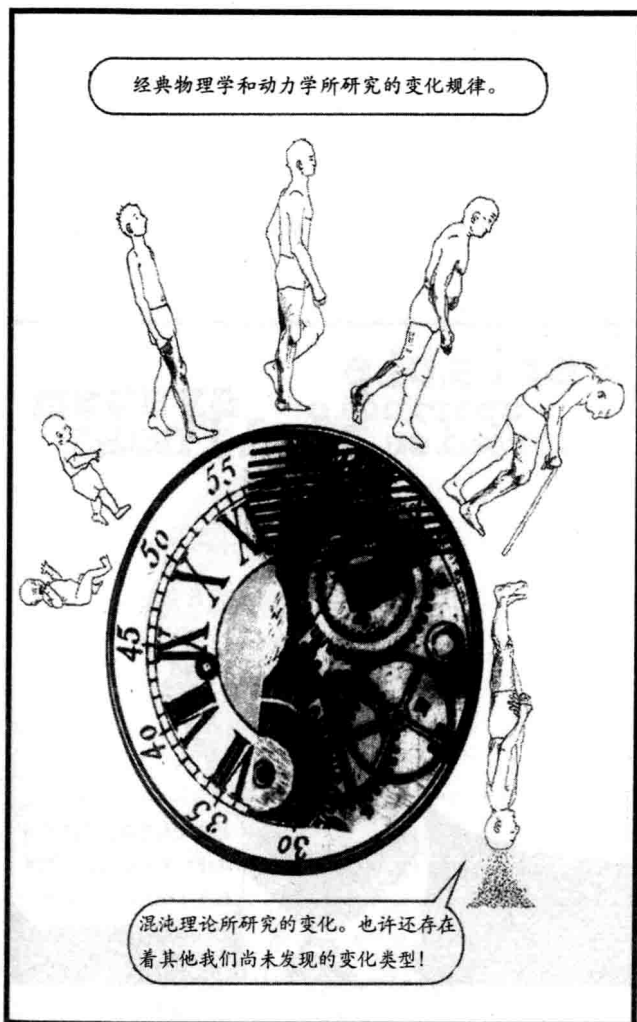
研究该领域的数学家伊恩·斯图尔特^① (Ian Stewart) 也给出了一个定义：



有关混沌的这些专业定义不太容易理解，那么，就让我们先来熟悉一下有关的术语吧。

混沌的语言：动态、变化、变量

混沌是一种动态的现象，它随着变化而产生。变化的形式主要有两种：



在特定情况下可以变化的事物即为**变量** (variable)。