

## <<蝴蝶效应之谜：走近分形与混沌>>

### 图书基本信息

书名：<<蝴蝶效应之谜：走近分形与混沌>>

13位ISBN编号：9787302324065

10位ISBN编号：7302324069

出版时间：2013-7-1

出版时间：清华大学出版社

作者：张天蓉

版权说明：本站所提供下载的PDF图书仅提供预览和简介，请支持正版图书。

更多资源请访问：<http://www.tushu007.com>

## <<蝴蝶效应之谜：走近分形与混沌>>

### 前言

科学可以很有趣北大教授 饶毅虽然科学进入中国已几百年，但恐怕还很难说中国是一个普遍理解科学的国度。

如果科学真深入了中国文化，就难以解释为什么即使是今天，中国民众也还经常误读科学、甚至在极端少数人推动下，可以出现反科学的思潮。

由真正懂科学的人以中文介绍科学，有长期的必要。

而能将科学栩栩如生地介绍给公众的作者，在中文世界还是凤毛麟角，本书的作者张天蓉就是其中之一。

她的文笔也许有助于改善中国很多人只注重科学的功用而不欣赏科学的趣味的问题。

张天蓉是我国留美的物理博士。

她念物理的时代，是我国青年对物理学趋之若鹜的时代。

本来也喜欢物理、后来却念了医学再转生物的我，对此深有体会。

我自己喜欢科学，也喜欢了解其他学科，十几年来也写科学介绍，所以对张天蓉的科普更是由衷的佩服。

张博士的文章，不仅把科学讲的很透彻，而且丰富多彩，引人入胜，是科学普及的极佳材料。

我希望不仅青少年，而且爱好科学、崇尚智力、推崇理性的成年人都成为张博士的读者。

如果您时间不够不能全面阅读，也不妨将这本书放在自己的书架上，也许不经意可以影响亲朋好友，也在中文世界推广了科学和理性。

玄机妙语话混沌中国科学院教授 程代展自从Lorenz20世纪60年代偶尔由数值计算发现混沌吸引子以来，混沌理论在许多领域中得到迅猛的发展。

混沌以其千姿百态的分形与吸引子，以及难以捉摸的蝴蝶效应，令人感到一种缥缈虚幻的玄妙和一丝扑朔迷离的诡异。

“混沌理论”最早起源于物理学家的研究，但却不是正统物理学的范围，它当然也不是正统数学理论，它可算是在许多领域都能应用的边缘学科。

每个学科的人都以不同的方式来理解它。

搞生物的人用它分析生物体的结构和生命的进化；搞经济的人用它探索金融股市的规律；作数学的则更多地将它与非线性及微分方程稳定性理论等联系起来。

这本书是从物理的角度开始，应用通俗易懂的语言和娴熟的数学技巧剖析混沌的本质，然后推而广之，述及混沌在其它各学科的应用。

要写好一本通俗读物，有两点是很重要的：一是对该学科的深刻理解，没有这种理解就会把通俗读物混同幻想小说；二是文笔的生动流畅，否则会写成简版的教科书。

张天蓉博士既有很深的学术造诣，又有入木三分的文笔，使得这本书既保持了科学的严谨性，令读者开卷有益，收获真知；又能深入浅出、趣味盎然、引人入胜。

张博士系文革中大学毕业生，是我当年第一届科学院研究生院的同学，后来在美国德克萨斯州奥斯汀大学获物理学博士，与我经历相似。

细读该书，为之感动，故不揣孤陋，以为序。

## <<蝴蝶效应之谜：走近分形与混沌>>

### 内容概要

“为什么世界这么美丽，因为我眼睛看到的都是分形”有学者这么说。  
从漫长蜿蜒的海岸线，到人体大脑的结构，分形无处不在！  
在美得像天使一样的分形中人类有什么样的惊人发现？

一棵马蹄钉跌倒一个王子，一个王子输掉了一场战争，一场战争失掉了一个王国，同时也改变了整个世界，差之毫厘，失之千里。  
看似“风马牛不相及”的事物之间到底蕴涵着什么样的规律？

《蝴蝶效应之谜：走近分形与混沌》从美妙动人的分形到神秘莫测的混沌，探究科学规律的内在之美，发现无序中之有序。

有人将分形和混沌理论誉为继相对论和量子力学之后的20世纪物理学的第三次革命。  
本书首先描述了各种分形的基础知识和特性，包括线性迭代产生的分形如分形龙、科和曲线等，以及非线性迭代产生的曼德勃罗集、朱利亚集等。  
通过这些例子，介绍了自相似性及分数维的概念。  
然后，遵循混沌现象发展的历史，通过讲述庞加莱的三体问题、洛伦茨的蝴蝶效应等等故事和趣闻，将读者带进神奇混沌理论的天地中。  
再进一步通过对一个简单混沌系统--逻辑斯蒂映射的探讨，详细介绍分岔理论、稳定性、及费根鲍姆普适常数等概念。

本书后半部分，介绍了分形和混沌在各个领域的应用及前景、分形和混沌的关系、以及与分形混沌密切相关而发展起来的非线性科学。

俗话说：“授人以鱼不如授人以渔”，作为科普书，介绍知识固然重要，传授科学研究之方法更为重要，本书极力体现这个宗旨。  
作者不仅介绍科学，还煞费苦心地重点介绍科学家作出重大发现时的思路历程，带领读者一起思考，从前人的经验教训中得到深刻启示，从而激发读者的好奇心和创造力。

一本老少皆宜、文理兼容的科普读物。  
图文并茂，用轻松有趣的语言，加之通俗生动的图解，来讲述深奥难懂的科学理论。  
为广大读者剥开理论的坚果，使不同领域的人士，都能领悟到数学及物理学的无穷魅力。

## <<蝴蝶效应之谜：走近分形与混沌>>

### 作者简介

张天蓉，女，四川成都人。

美国得克萨斯州奥斯汀大学理论物理博士，现住美国芝加哥。

研究过黑洞辐射、费曼路径积分、毫微微秒激光、高频及微波通讯的EDA集成电路软件等。

发表专业论文三十余篇。

2008年出版科普小说《新东方夜谭》；2010年11月出版悬疑小说《美国房客》。

2012年开始，在科学网发表一系列科普博文，其文风深入浅出，趣味盎然，且保持科学的严谨性，深得读者喜爱。

## <<蝴蝶效应之谜：走近分形与混沌>>

### 书籍目录

序一 科学可以很有趣序二 玄机妙语话混沌前言第一篇：美哉分形1.1：从分形龙談起1.2：简单分形1.3：分数维是怎么回事？1.4：再回到分形龙1.5：大自然中的分形1.6：分形之父的启示1.7：美妙的曼德勃罗集1.8：美妙的朱利亚集第二篇：奇哉混沌2.1：拉普拉斯妖2.2：洛伦茨的迷惑2.3：奇异吸引子2.4：蝴蝶效应2.5：超越時代的庞加莱2.6：三体问题及趣闻2.7：生命繁衍和混沌2.8：有序到无序2.9：混沌魔鬼不稳定第三篇：分形天使处处逞能3.1：分形音乐3.2：分形艺术3.3：分形用于图像处理3.4：人体中的分形和混沌第四篇：天使魔鬼一家人4.1：万变之不变4.2：再回魔鬼聚合物4.3：混沌游戏产生分形4.4：混沌和山西拉面第五篇：混沌魔鬼大有作为5.1：单摆也混沌5.2：混沌电路5.3：大海捞针5.4：混沌在通信中的应用第六篇：一生二，二生三，三生万物6.1：三生混沌6.2：自组织现象6.3：孤立子的故事6.4：生命游戏6.5：木匠眼中的月亮

## <<蝴蝶效应之谜：走近分形与混沌>>

### 章节摘录

2. 2：洛伦茨的迷惑李四洋洋洒洒地高谈阔论了一番，张三笑起来了，说李四犯了和他的物理界老祖宗们一样的毛病，把物理当成哲学了。

物理毕竟不是哲学，你还是给我们讲一些具体点的东西吧，讲与你的那个X教授做的课题有点关系的。

李四扶正了带着的深度近视眼镜，仍然不紧不慢的，一边打开一本书，一边说，这不马上就要进到正题了吗：经典力学为何导出了决定论？

混沌理论又是怎样证明一个决定论的系统也可以出现随机的行为的呢？

你们看，当我们翻开任何一本关于混沌数学的书，差不多都能看到与图（2. 2. 1）类似的图案。

那是混沌理论的著名标签：洛伦茨吸引子【C】。

图（2. 2. 1）：洛伦茨吸引子【C】“什么是‘吸引子’啊？

”王二问。

李四摸了摸大脑袋说：“你的问题提得好啊，不过，‘吸引子’这个题目超前了一点儿，以后再讲。今天，我先讲讲这个图的来由，讲讲洛伦茨的工作吧……”爱德华·洛伦茨（1917—2008）是一位在美国麻省理工学院做气象研究的科学家。

上世纪的60年代初，他试图用计算机来模拟影响气象的大气流。

当时，他用的还是由真空管组成的计算机，那是一个充满整间实验室的庞然大物啊。

我想，那机器虽然大，计算速度还远不及我们现在用的这些电脑吧。

所以，可想而知，洛伦茨没日没夜的，工作得很辛苦。

严谨的科学家不放心只算了一次的结果，决定再作一次计算。

为了节约一些时间，他对计算过程稍微作了些改变，决定利用一部分上次得到的结果，省略掉前一部分计算。

因此，那天晚上，他辛辛苦苦地工作到深夜，直接将上一次计算后的部分数据一个一个打到输入卡片上，再送到计算机中。

好，一切就绪了，开始计算！

洛伦茨才放心的回家睡大觉去了。

第二天早上，洛伦茨兴致勃勃地来到MIT计算机房，期待他的新结果能验证上一次的计算。

可是，这第二次计算的结果令洛伦茨大吃一惊：他得到了一大堆和第一次结果完全不同的数据！

换句话说，结果1和结果2千差万别！

这是怎么回事呢？

洛伦茨只好再计算一次，结果仍然如此。

又再回到第一种方法，计算后得到原来的结果1。

洛伦茨翻来覆去地检查两种计算步骤，又算了好几次，方法1总是给出结果1，方法2总是给出结果2。

两种结果如此大大不同，必定是来自于两种方法的不同。

但是，两种方法中，最后的计算程序是完全一样的，唯一的差别是初始数据：第一种方法用的是计算机中存储的数据，而第二种方法用的是洛伦茨直接输入的数据。

这两组数据应该一模一样啊！

洛伦茨经过若干次的检查和验证，盯着一个一个的数字反反复复看。

啊，终于看到了。

两组数据的确稍微有所不同，若干个数据中，有那么几个数字，被四舍五入后，有了一个微小的差别。

难道这么微小的差别（比如，. 000127）就能导致最后结果如此大的不同吗？

洛伦茨百思而不解。

图（2. 2. 2）：实线和虚线分别是洛伦茨的两次计算过程：初始值的微小差别，导致最后的结果完全不同【48】。

上面的示意图中，显示的是与洛伦茨气象预报研究有关的结果。



## <<蝴蝶效应之谜：走近分形与混沌>>

其中横坐标表示时间，纵坐标表示洛伦茨所模拟，也就是想要预报的气候中的某个参数值，比如说，大气气流在空间某点的速度、方向，或者是温度、湿度、压力之类的变量等等。根据初始值以及描述物理规律的微分方程，洛伦茨对这些物理量的时间演化过程进行数字模拟，以达到预报的目的。

但是，洛伦茨发现，初始值的微小变化，会随着时间增加而被指数放大，如果初始值稍稍变化，就使得结果大相径庭的话，这样的预报还有实际意义吗？

王二似乎恍然大悟：“啊，难怪气象台播的气象预报经常都不准，招来骂声一片，看来他们也有他们的苦衷啊！”

”张三说，图（2. 2. 2）这个曲线的意思比较容易理解，但是那个图（2. 2. 1）是怎么得来的啊？我看它没完没了的绕圈圈，这与洛伦茨的气象预报计算有什么关系呢？

李四说，慢慢听，当然有关系！

当时的洛伦茨虽然甚感迷惑，却未必见得认识到了这个偶然发现的重要性，也不一定能想到与此相关的‘混沌型’解将在非线性动力学中掀起一场轩然大波。

尽管如此，洛伦茨毕竟是一位数学训练有素的科学家。

实际上，洛伦茨年轻时在哈佛大学主修数学，只是因为后来爆发了第二次世界大战，他才服务于美国陆军航空队，当了一名天气预报员。

没想到经过战争中这几年与气象打交道的生涯，洛伦茨喜欢上了这个专业。

战后，他便改变方向，到MIT专攻气象预报理论，之后又成为了MIT的教授。

他要利用他的数学头脑，还有当时刚刚初露锋芒的计算机和数字计算技术，来更准确地预测天气，这是洛伦茨当时梦寐以求的理想。

可是，这两次计算结果千差万别，这种结果对初始值的分外敏感性给了洛伦茨的美好理想当头一棒！使洛伦茨觉得自己在气象预报工作中似乎显得山穷水尽、无能为力。

为了走出困境，他继续深究下去。

然而，越是深究下去，越是使洛伦茨不得不承认他的“准确预测天气”的理想是实现不了的！

因为当他研究他的微分方程组的解的稳定性时，发现一些非常奇怪和复杂的行为。

洛伦茨以他非凡的抽象能力，将气象预报模型里的上百个参数和方程，简化到如下一个仅有三个变量及时间的、系数完全决定了的微分方程组。

$dx/dt = 10(y - x)$  (2. 2. 1)  $dy/dt = R * x - y - xz$  (2. 2. 2)  $dz/dt = (8/3)z + xy$  (2. 2. 3)

这儿方程组中的 $x$ 、 $y$ 、 $z$ ，并非任何运动粒子在三维空间的坐标，而是三个变量。

这三个变量由气象预报中的诸多物理量，如流速、温度、压力等等简化而来。

方程（2. 2. 2）中的 $R$ 在流体力学中叫做瑞利数，与流体的浮力及粘滞度等性质有关。

瑞利数的大小对洛伦兹系统中混沌现象的产生至关重要，以后还要谈到。

这是一个不能用解析方法求解的非线性方程组。

洛伦兹将瑞利数 $R=28$ ，然后，利用计算机进行反复迭代，即首先从初始时刻 $x$ 、 $y$ 、 $z$ 的一组数值 $x_0$ 、 $y_0$ 、 $z_0$ ，计算出下一个时刻它们的数值 $x_1$ 、 $y_1$ 、 $z_1$ ，再算出下一个时刻的 $x_2$ 、 $y_2$ 、 $z_2$ ……如此不断地进行下去。

将逐次得到的 $x$ 、 $y$ 、 $z$ 瞬时值，画在三维坐标空间中，这便描绘出了图（2. 2. 1）的奇妙而复杂的‘洛伦兹吸引子’图。

2. 3：奇异吸引子现在回到王二的问题：什么叫吸引子？

或者说，什么叫‘动力系统’的吸引子？

还有张三的问题，那个图中绕圈圈的轨道是怎么回事？

我们首先得弄清楚‘系统’这个概念。

什么是‘系统’呢？

简单地说，系统是一种数学模型。

是一种用以描述自然界及社会中各类事件的，由一些变量及数个方程构成的一种数学模型。

世界上的事物尽管千变万化，繁杂纷纭，但在数学家们的眼中，在一定的条件下，都不外乎是由几个变量和这些变量之间的关系组成的‘系统’。

## <<蝴蝶效应之谜：走近分形与混沌>>

在这些‘系统’模型中，变量的数目或多或少，服从的规律可简可繁，变量的性质也许是确定的，也许是随机的，每个系统又可能包含另外的‘子系统’。

由‘系统’性质之不同，又有了诸如‘决定性的系统’、‘随机系统’、‘封闭系统’、‘开放系统’、‘线性系统’、‘非线性系统’、‘稳定系统’、‘简单系统’、‘复杂系统’等等一类的名词。

例如：地球环绕太阳的运动，可近似为一个简单的二体系统；密闭罐中的化学反应，可当成趋于稳定状态的封闭系统；每一个生物体，都是一个自适应的开放系统；人类社会，股票市场，则可作为复杂的、随机性系统的例子。

无论是何种系统，大多数的情形下，我们感兴趣的是系统对时间的变化，称其为‘动力系统’研究。

这是理所当然的，谁会去管那种固定不变的系统呢？

研究系统对时间变化的一个有效而直观的方法就是利用系统的‘相空间’，一个系统中的所有独立变量构成的空间叫做系统的‘相空间’。

相空间中的一个点，确定了系统的一个‘状态’，对应于一组给定的独立变量值。

研究状态点随着时间在相空间中的‘运动’情形，则可看出系统对时间的变化趋势，以观察混沌理论中最感兴趣的‘动力系统的长期行为’。

状态点在相空间中运动，最后趋向的极限图形，就叫做该系统的‘吸引子’。

换句通俗的话说，吸引子就是一个系统的‘最后归属’。

举几个简单例子，更易于说明问题。

一个被踢出去的足球，在空中飞了一段距离之后，掉到地上，又在草地上滚了一会儿，然后静止停在地上，如果没有其它情况发生，静止不动就是它的最后归属。

因此，这段足球运动的吸引子，是它的相空间中的一个固定点。

人造卫星离开地面被发射出去之后，最后进入预定的轨道，绕着地球作二维周期运动，它和地球近似构成的二体系统的吸引子，便是一个椭圆。

两种颜色的墨水被混合在一起，它们经过一段时间的扩散，互相渗透，最后趋于一种均匀混合的动态平衡状态，如果不考虑分子的布朗运动，这个系统的最后归属—吸引子，也应该是相空间的一个固定点。

在发现‘混沌现象’之前，也可以粗略地说，在洛伦茨研究他的系统的最后归属之前，吸引子的形状可归纳为如下左图所示的几种‘经典吸引子’，也称‘正常吸引子’：图（2. 3. 1）经典吸引子和奇异吸引子第一种是稳定点吸引子，这种系统最后收敛于一个固定不变的状态；第二种叫极限环吸引子，这种系统的状态趋于稳定振动，比如天体的轨道运动；第三种是极限环面吸引子，这是一种似稳状态。

如图（2. 3. 1）左图所示，一般地说，对应于系统的方程的解的经典吸引子是相空间中一个整数维的子空间。

例如：固定点是一个零维空间；极限环是一个一维空间；而面包圈形状的极限环面吸引子则是一个二维空间。

钟摆是个简单直观的例子。

任何一个摆，如果不给它不断地补充能量的话，最终都会由于摩擦和阻尼，而停止下来。

也就是说，系统的最后状态是相空间中的一个点。

因此，这种情况下的吸引子是第一种：固定点。

如果摆有能量来源，像挂钟，有发条，或电源，不停下来的话，系统的最后状态是一种周期性运动。这种情况下的吸引子就是第二种：极限环。

刚才我说的摆，都只是在一个方向摆动，设想有一个摆，如果除了左右摆动之外，上面加了一个弹簧，于是就又多了一个上下的振动，这就形成了摆的耦合振荡行为，具有两个振动频率。

王二反应快：“哦，明白了！”

第三种，极限‘面包圈吸引子’就是对应于好几个频率的情形。

”王二喜欢自作聪明，得意地说。

可是，张三却反驳：“好像不完全是这样。



## <<蝴蝶效应之谜：走近分形与混沌>>

在大学一年级“普通物理”中学过的，如果这两个频率的数值成简单比率的关系，也就是说，两个频率的比值是一个有理数，那在实质上仍然是周期性运动，吸引子仍是第二种：归于极限环那种。如果这两个频率之间不成简单比率关系，也就是说，比值是一个无理数，就是那种小数表达式包含无穷多位，并且没有重现的模式数。

当组合系统具有无理频率比值时，代表组合系统的相空间中的点环绕环面旋转，自身却永远不会接合起来。

这样的系统看起来几乎是周期的，却永远不会精确地重复自身，被称作‘准周期的’，但是，运动轨道总是被限制在一个面包圈上，这就应该对应于图中的第三种情形。

”总而言之，用上述三种吸引子描述的自然现象还是相当规则的。

这些是属于经典理论的吸引子，根据经典理论，初始值偏离一点点，结果也只会偏离一点点。

因此，科学家甚至可以提前相当长的时间预测极复杂的系统的行为。

这一点，是‘拉普拉斯妖’决定论的理论基础，也是洛伦兹进行长期天气预报的根据。

但是，从两次计算的巨大偏差，洛伦兹感到情况不妙，于是，才想到了把他的计算结果画出来。

也就是将上一章中给出的三个方程（2. 2. 1—3）中 $x$ 、 $y$ 、 $z$ 对时间的变化曲线，画到了三维空间中，看看它到底是三种吸引子中的哪一种？

这一画就画出了一片新天地！

因为洛伦兹怎么也不能把他画出的图形归类到任何一种经典吸引子。

看看自己画出的图形，即图（2. 3. 1）的右图，洛伦兹觉得这个系统的长期行为十分有趣：似稳非稳，似乱非乱，乱中有序，稳中有乱。

这是一个三维空间里的双重绕图，轨线看起来是在绕着两个中心点转圈，但又不是真正在转圈，像张三所说的，方程解的轨道，绕来绕去绕不出个名堂！

因为它们虽然被限制在两翼的边界之内，但又决不与自身相交。

这意味着系统的状态永不重复，是非周期性的。

也就是说，这个具有确定系数，确定方程，确定初始值的系统的解，是一个外表和整体上呈貌似规则而有序的两翼蝴蝶形态，而内在却包含了无序而随机的混沌过程的复杂结构。

当时，眼光不凡的洛伦兹准确地将此现象表述为‘确定性非周期流’。

他的文章发表在1963年的《大气科学》杂志上。

2. 4：蝴蝶效应“图（2. 3. 1）中，右边的洛伦兹吸引子，看起来就显然不同于那几个经典的。

不属于经典理论的吸引子，就叫做奇异吸引子，对吧？

”张三问。

对，但是我们还是得从数学上弄明白，奇异吸引子到底有哪些特别之处。

我们在前一章中提到过：几个经典吸引子分别是0、1、2维的图形。

那你们看看，下面图中这个画在3维空间的洛伦兹吸引子像是多少维呢？

“多少维？

”王二眼睛一亮：“这个维数一定是个分数？

”图（2. 4. 1）：洛伦兹吸引子是个2. 06维的分形【C】张三想了想说：“等等，这个图形的确像一个分形。

但是分形的维数不一定是分数。

图形虽然复杂，但是看起来，每个分支基本上都还是在各自的平面上转圈圈。

总共是两个平面，这个图形可能还是2维。

有点类似分形龙的图形那样，曲线绕来绕去，绕来绕去，最后充满一部分面积……所以我猜是2维。

”从前几章对分形的介绍中，我们已经知道：不仅有整数维的几何图形，也有分数维的几何形状存在。

表现出‘混沌现象’的系统的吸引子—奇异吸引子，就是一种分形。

整数维数的吸引子（正常吸引子）是光滑的周期运动解，分数维数的吸引子（奇异吸引子）则是相关于‘非线性系统’的非光滑的混沌解。

图（2. 4. 1）所示的洛伦兹吸引子的曲线，只是象征性地显示了曲线的一部分。

## <<蝴蝶效应之谜：走近分形与混沌>>

吸引子实际上是一个具有无穷结构的分形。

如读者用本书最后给出的链接，到‘洛伦茨吸引子’程序，进一步观察，则会发现，状态点，也就是洛伦茨系统的解，将随着时间的流逝不重复地，无限次数地奔波于两个分支图形之间。

有数学家仔细研究了洛伦茨吸引子的分形维数，得出的结果是 $2.06(+、-)0.01$ 。

从奇异吸引子的形状及几何性质，我们看到了混沌和分形关联的一个方面：分形是混沌的几何表述。

奇异吸引子不同于正常吸引子的另一个很重要特征是它对初始值的敏感性：前面一章中所说的三种经典吸引子对初始值都是稳定的，也就是说，初始状态接近的轨迹始终接近，偏离不远。

而奇异吸引子中，初始状态接近的轨迹之间的距离却随着时间的增大而指数增加。

这就是为什么使得在数学上造诣颇深的洛伦茨迷惑的原因。

因为他发现，用他的数学模型进行计算的结果大大地违背了经典吸引子应有的结论。

因为给定初始值的一点点微小差别，将使得结果完全不同。

这个敏感性体现在气象学中，就是说：计算结果随着被计算的天气预报的时间，成指数地放大，在洛伦茨所计算的两个月的预报之中，每隔四天的预报计算，差别就被放大一倍。

因此，最后得到了显然不同的结果。

由此，洛伦茨意识到，‘长时期的气象现象是不可能被准确无误地预报的’。

因为，计算结果证明：初始条件的极微小变化，可能导致预报结果的巨大差别。

而气象预报的初始条件，则由极不稳定的环球的大气流所决定。

这个结论被他形象地称为‘蝴蝶效应’，用以形容结果对初值的极其敏感。

意思是说，只是因为巴西的一只蝴蝶抖动了一下翅膀，而改变了气象站所掌握的初始资料，三个月之后，就有可能引发美国德克萨斯州出乎意料之外地刮起一阵未曾预报到的龙卷风。

用中国人的术语来说，则叫做：‘差之毫厘，失之千里’也。

图(2.4.2)：‘蝴蝶效应’示意图王二笑着说：“好像也有人说，叫做蝴蝶效应是因为洛伦兹吸引子的图看起来很像两个抖动的蝴蝶翅膀。

不管怎么样，我喜欢这个名字，这个名字也启发了文学艺术家们无限的想象，产生出不少作品……”

‘洛伦茨吸引子’是第一个被深入研究的‘奇异吸引子’。

洛伦兹模型是第一个被详细研究过的可产生混沌的非线性系统。

张三说：“具有‘奇异吸引子’的系统应该还是比较少的特例吧？”

我记得在洛伦茨的方程组中有一个叫瑞利数的参数 $R$ ，当 $R=28$ 的时候，方程才有混沌解。

在许多别的 $R$ 值，哈哈，巴西的蝴蝶煽动不煽动翅膀都没关系的！

”可李四说，这是一个误解。

其实，象洛伦茨发现的这类具有‘奇异吸引子’的系统并非什么凤毛麟角的例外，而是自然界随处可见的极普遍的现象，是经典力学所描述的事物的常规。

然而，经典力学已建立三百多年，为什么经典系统的混沌现象却直到三十多年前才被发现呢？

这其中的原因不外乎如下几点：一是人们的观念上总是容易被成熟的，权威的理论所束缚；二则又是与近二、三十年来计算机技术的飞速进展分不开的。

洛伦茨吸引子被发现之后，许多类似的研究结果也相继问世。

有趣的是，各个领域的科学家还纷纷抱怨说他们早就观测到诸如此类的现象了。

可是当时，或是得不到上司的认可，或是文章难以发表，或是自己以为测量不够精确，或是认为由于噪声的影响，等等等等。

总而言之，各种原因，使他们失去了千载难逢的第一个发现奇异吸引子，发现混沌现象的机会。

王二提出一个使他迷惑的问题：“刚才说到：奇异吸引子的行为广泛地存在于经典力学所描述的现象中。

这句话是什么意思啊？

奇异吸引子不是与经典吸引子不同吗？

”李四说：“这儿，‘经典’这个字用得有点混淆。

本来，所谓经典物理，是指有别于量子物理而言。

奇异吸引子与量子物理是两回事。

## <<蝴蝶效应之谜：走近分形与混沌>>

比如说吧，洛伦茨得到的微分方程组，是从经典物理理论、经典力学规律得到的方程组。

既不是随机统计的，也与量子理论无关。

但是，这种符合经典理论的方程却有混沌行为的解。

”奇异吸引子的行为广泛地存在于经典力学所描述的现象中，存在于各类非线性系统中。

由于‘奇异吸引子’和‘混沌行为’是非线性系统的特点，这些发现，又将非线性数学的研究推至高潮。

上个世纪的八十年代，九十年代，各门传统学科都在谱写自己的非线性篇章，即使在人文，社会学的研究系统中也发现了一批奇异吸引子和混沌运动的实例。

因此，混沌理论的创立与牛顿的经典理论发生冲突，给了决定论致命的一击，拉普拉斯妖也无能为力了。

张三却仍然固执己见，说：“蝴蝶效应虽然说明了某些情况下，结果对初值非常敏感，但是，这并不等于就否定了决定论啊！

比如说到洛伦茨的天气预报吧，由于混沌现象的产生，目前的计算技术使他的误差在四天后增加一倍，但是如果将来计算机的速度加快、精度提高，对初始值也测量得更准确，就可能使得误差在四十天、或四百天后，才增加一倍，这不就等于能‘准确预报’了吗？

我觉得世界还是决定论的，只是计算及测量的精度问题……”王二不同意，但却反驳不到点子上，他只是坚信决定论是不对的：“怎么可能像拉普拉斯妖所说那样，这个世界，还有你、我、他，将来的一切都被决定了呢？

我们三个人此时此刻说的每一句话都在大爆炸的那个时刻就决定了，这听起来太荒谬绝伦了吧。

事情的发展太多偶然因素，不可能都是命中注定的……”张三大笑：“你那天不是还在朗诵一首诗，说林零是你命中注定的爱人吗……”王二急了：“唉，你不懂，那是情感的宣泄、文学的东西……不是科学……”李四则认为，数学解决不了决定论还是非决定论的问题。

就物理学的角度而言，起码有两点证据，不支持决定论。

一是已经有100多年历史的量子理论的发展。

量子物理中的不确定原理表明：位置和动量不可能同时确定，时间和能量也不可能同时确定。

因此，初始条件是不确定的，永远不可能有所谓‘准确的初始条件’，当然，结果也就不可能确定。这是其一。

另外，经典的物理规律，大多数都是用微分方程组的数学模型来描述的。

建立微分方程的目的，本来就是为了研究那些确定的、有限维的、可微的演化过程。

因此，微分方程的理论是机械决定论的基础。

但是，微分方程组不一定就真是描述世界所有现象的最好方法，事实上，在牛顿力学以外的许多物理现象，不能只用微分方程来研究，而对大自然中广泛存在的分形结构、物理中的湍流、布朗运动、生命形成过程，等等，微分方程理论也是勉为其难，力不从心。

既然作为决定论基础的微分方程并不能用来解决世界的许多问题，“皮之不存，毛将焉附”。

基础没有了，决定论失去了依托，拉普拉斯妖还有话说吗？

恐怕只能躲在天国里唉声叹气了！

## <<蝴蝶效应之谜：走近分形与混沌>>

### 编辑推荐

《蝴蝶效应之谜:走近分形与混沌》编辑推荐：“为什么世界这么美丽，因为我眼睛看到的都是分形”有学者这么说。

从漫长蜿蜒的海岸线，到人体大脑的结构，分形无处不在！

在美得像天使一样的分形中人类有什么样的惊人发现？

一棵马蹄钉跌倒一个王子，一个王子输掉了一场战争，一场战争失掉了一个王国，同时也改变了整个世界，差之毫厘，失之千里。

看似“风马牛不相及”的事物之间到底蕴涵着什么样的规律？

《蝴蝶效应之谜:走近分形与混沌》从美妙动人的分形到神秘莫测的混沌，探究科学规律的内在之美，发现无序中之有序。

国际知名华人生物学家、北大生科院院长饶毅与中科院教授程代展推荐阅读！

北京一只蝴蝶拍了一下翅膀，能引起加勒比海飓风吗？

分形天使和混沌魔鬼将揭示操纵这一切的“看不见的手”。

## <<蝴蝶效应之谜：走近分形与混沌>>

### 名人推荐

由真正懂科学的人以中文介绍科学，有长期的必要。

而能将科学栩栩如生地介绍给公众的作者，在中文世界还是凤毛麟角，本书的作者张天蓉就是其中之一。

如果您时间不够不能全面阅读，也不妨将这本书放在自己的书架上，也许不经意可以影响亲朋好友，也在中文世界推广了科学和理性。

——北京大学教授 饶毅这本书是从物理的角度开始，用通俗易懂的语言和娴熟的数学技巧剖析混沌的本质，然后推而广之，述及混沌在其它各学科的应用。

张天蓉博士既有很深的学术造诣，又有入木三分的文笔，使得这本书既保持了科学的严谨性，令读者开卷有益，收获真知；又能深入浅出、趣味盎然、引人入胜。

——中国科学院数学与系统科学研究院教授 程代展爱好科学的年轻人最需要知道的不是科学发现的结果，而是新思想的灵感来自何处？

本书不仅仅是介绍那些耀眼的新思想，更是让读者了解发现新思想的源动力。

——科学网网友 Kevin



<<蝴蝶效应之谜：走近分形与混沌>>

版权说明

本站所提供下载的PDF图书仅提供预览和简介，请支持正版图书。

更多资源请访问:<http://www.tushu007.com>