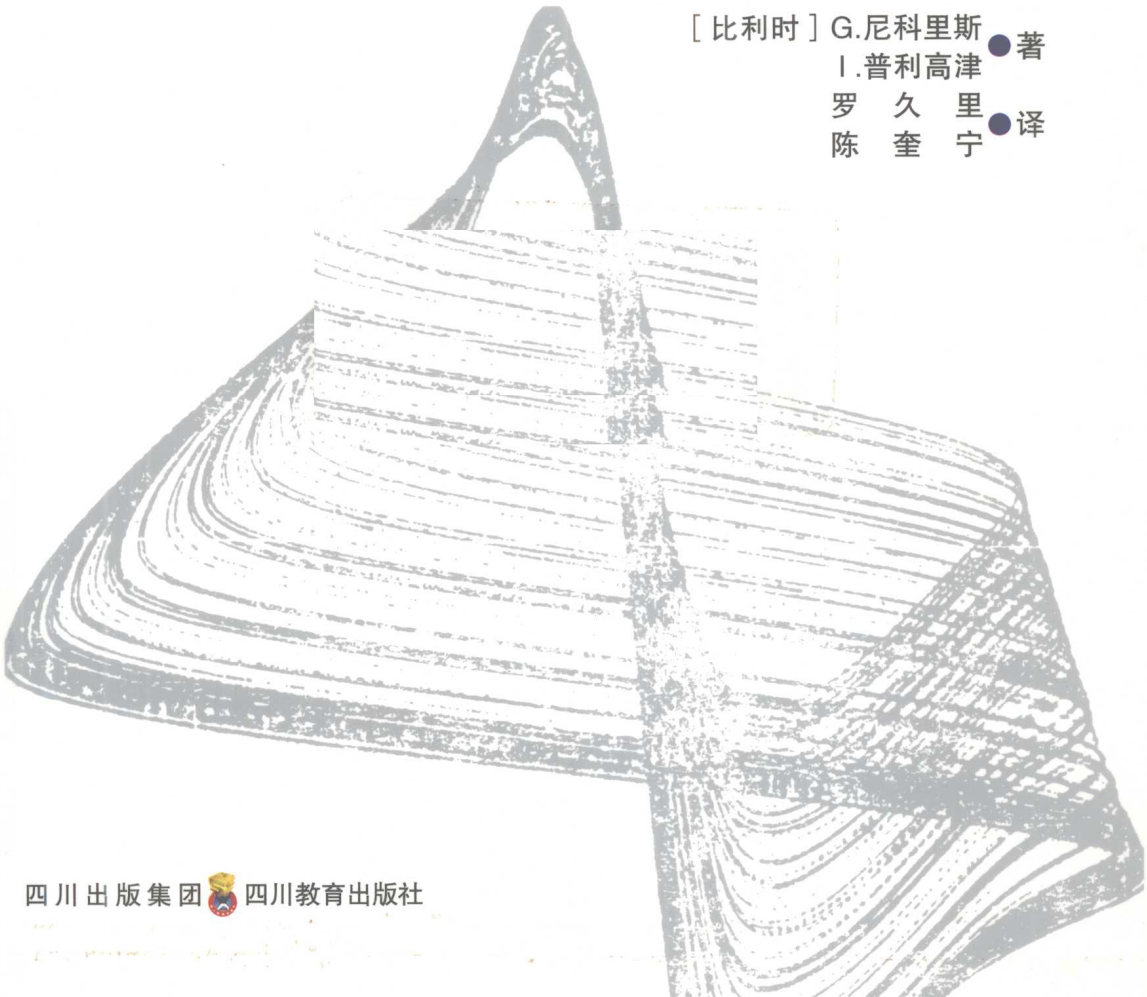
KX

现代科学研究丛书

TANSUO
FUZAXING

探索复杂性

[比利时] G.尼科里斯 I.普利高津 著
罗久里 陈奎宁 译



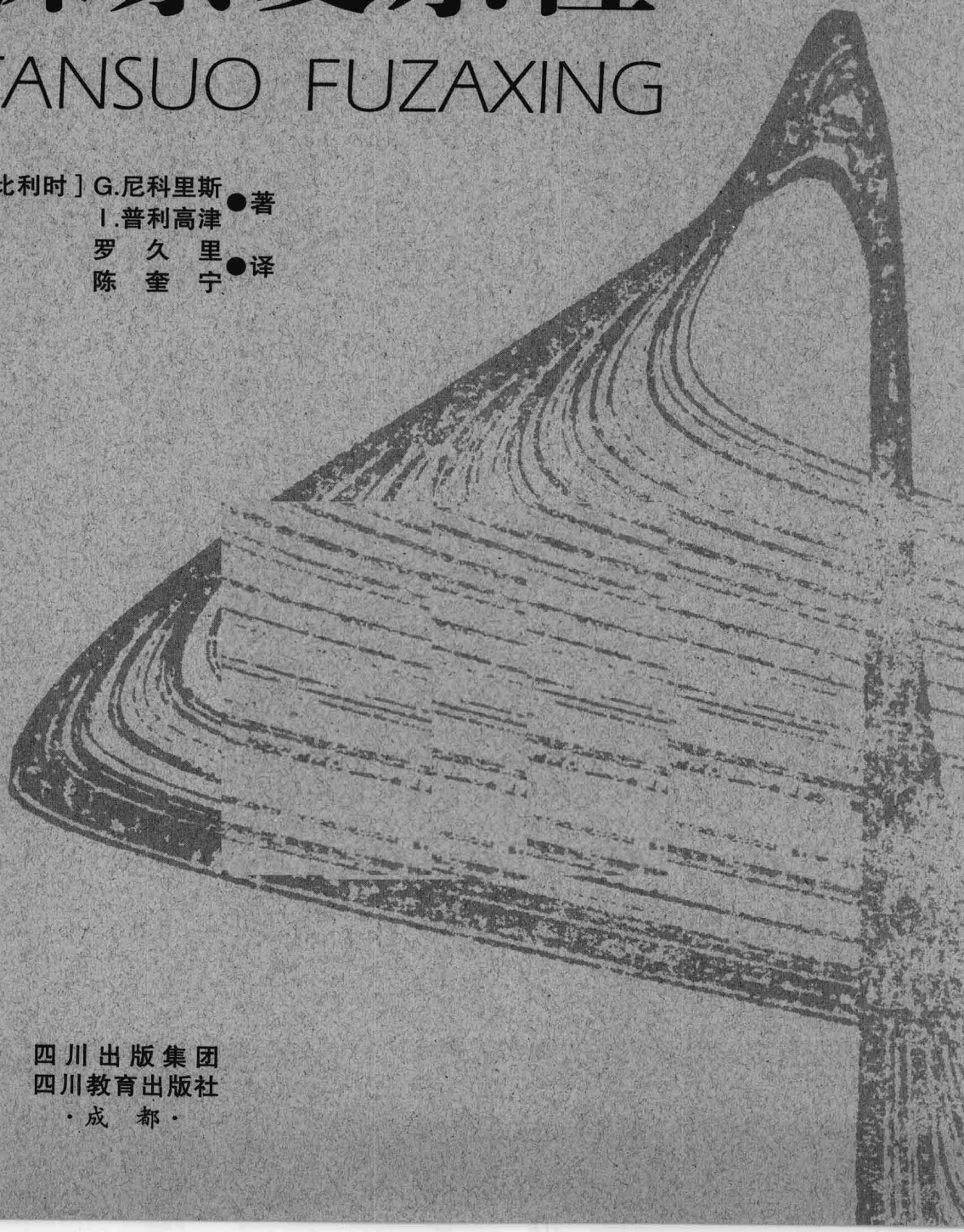
四川出版集团 四川教育出版社

KX 现代科学研究丛书

探索复杂性

TANSUO FUZAXING

[比利时] G.尼科里斯 I.普利高津 ●著
罗久里 陈奎宁 ●译



四川出版集团
四川教育出版社
·成 都·

图书在版编目（CIP）数据

探索复杂性 —3版/(比）普利高津,(比）尼科里斯著；罗久里译.—成都：四川教育出版社，2010.4
（现代科学研究丛书）
ISBN 978-7-5408-5310-5

Ⅰ.①探… Ⅱ.①普…②尼…③罗… Ⅲ.①耗散结构理论-研究 Ⅳ.①O415.3

中国版本图书馆CIP数据核字（2010）第051081号

责任编辑 赵璧辉
封面设计 何一兵
版式设计 张 涛
责任校对 左倚丽
责任印制 黄 萍
出版发行 四川出版集团 四川教育出版社
地 址 成都市槐树街2号
邮政编码 610031
网 址 www.chuanjiaoshe.com
印 刷 成都东江印务有限公司
制 作 四川胜翔数码印务设计有限公司
版 次 1986年7月第1版 2010年4月第3版
印 次 2010年4月第4次印刷
成品规格 170mm×240mm
印 张 22.5 插页 7
字 数 289千
定 价 53.00元

如发现印装质量问题，请与本社调换。电话：(028）86259359
营销电话：(028）86259477 邮购电话：(028）86259694
编辑部电话：(028）86259381

Ⅰ. 普利高津教授

许许多多塑造着自然之形的基本过程本来是不可逆和随机的，那些描述基本相互作用的决定性和可逆性的定律不可能告诉人们自然界的全部真情。

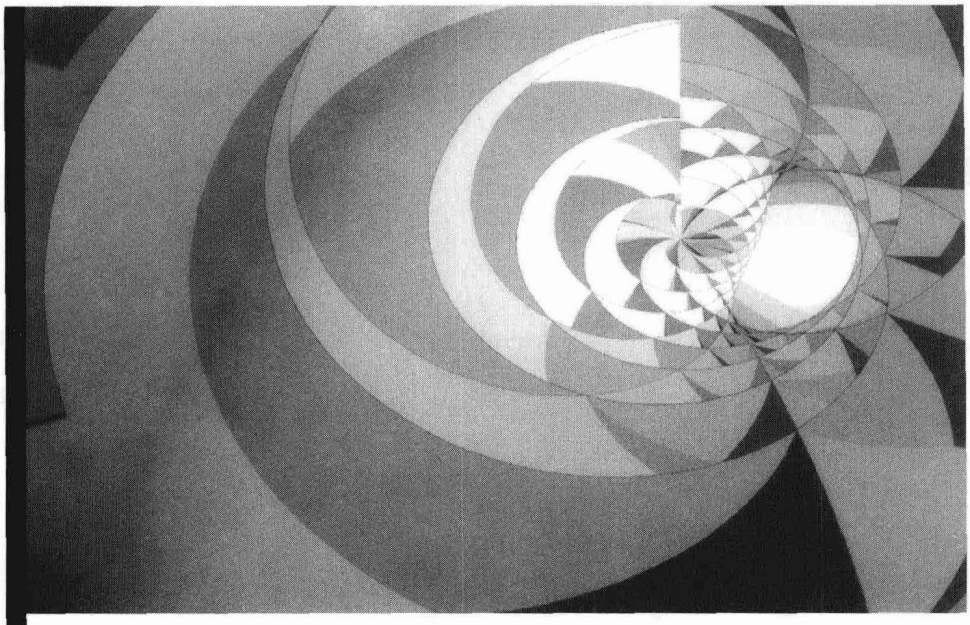
——G. 尼科里斯　I. 普利高津

试读结束，需要全本PDF请购买 www.ertongbook.com

G. 尼科里斯教授

代替“现在即意味着将来”的观念结构，我们正步入一个世界，在这里将来是未决的，时间是一种构造：我们所有的人都可以参与其中。

—G. 尼科里斯　I. 普利高津

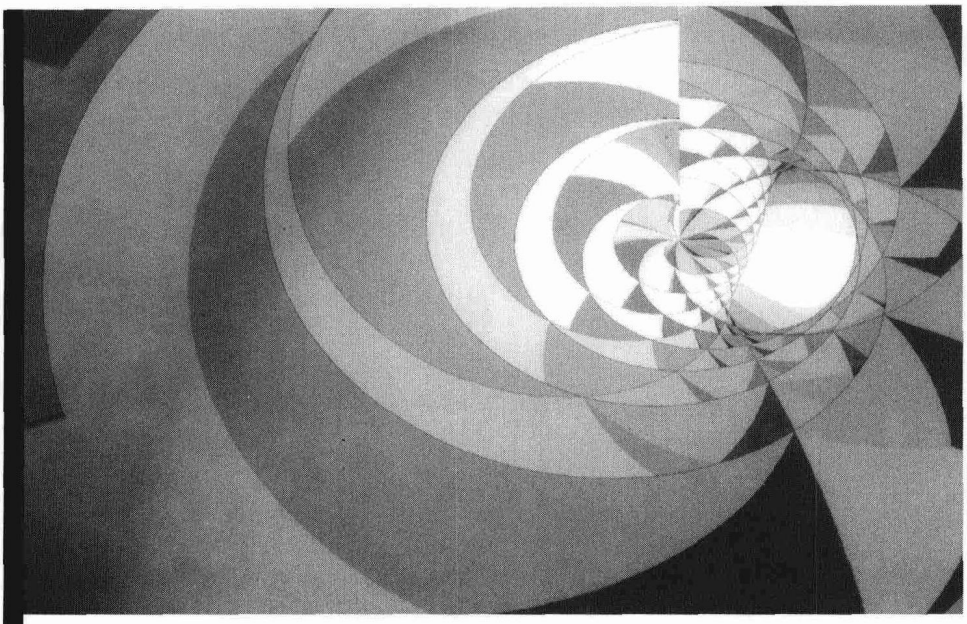


内容提要

耗散结构理论由于在社会经济等大范围领域中展现的广阔前景，引起了人们的极大兴趣，与协同论、突变论并称为现代科学方法论的新三论。美国著名作家托夫勒认为，这一理论“可能代表了下一次科学革命”。本书作者之一普利高津因提出这一理论而获得 1977 年诺贝尔奖，本书的另一作者布鲁塞尔学派主要成员尼科里斯教授，是欧洲著名的物理学家，对发展耗散结构理论做出了杰出的贡献。

书中全面地介绍了以耗散结构理论为代表的进化论物理学的最新成就，着力于打破自然科学各门类之间乃至自然科学与社会科学之间的壁垒，再次点燃科学革命之火。

本书内容新颖、文笔优美、深入浅出，适宜于物理学、化学、数学、生物学、医学、地质学等专业的科学工作者、大专院校师生阅读，也适宜于社会科学工作者和具有中等文化程度的读者阅读。



出版者的话

此书是遵照作者尼科里斯（G. Nicolis）和普利高津（I. Prigogine）的愿望，分别在中国和美国以中文和英文同时出版的。中文版由四川教育出版社出版，英文版由纽约 FREEMAN 公司出版。中文版第一版于 1986 年 7 月出版后，取得了很大的成功。

中文版由作者委托其学生四川大学副教授罗久里博士，和四川科学技术出版社副总编辑陈奎宁，根据英文原稿合作翻译的。罗久里翻译序言和第三章至第六章，陈奎宁翻译第一章、第二章及附录Ⅰ和Ⅳ，两人互校了译文。

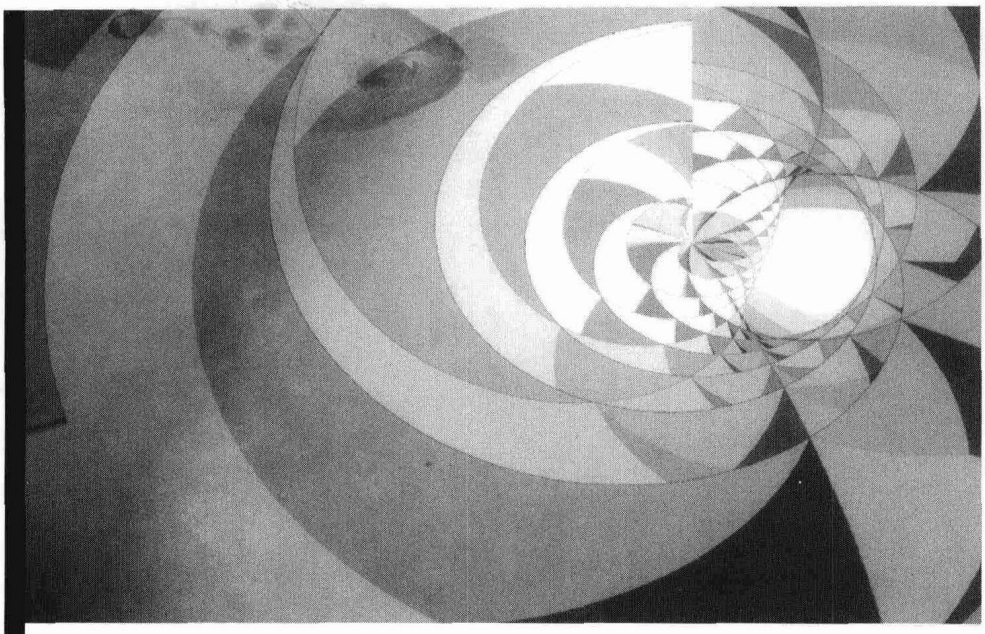
作者尼科里斯和普利高津在中文版翻译过程中曾多次审改英文原稿，提供了制版用原图，并撰写了中文版第一、二版序言。

在本书中文版第二版出版之际，我们对作者、译者的辛勤工作和热情支持致以诚挚的谢意。

鉴于这是非华裔权威学者首先在中国以中文出版其新著的第一次尝试，加以时间仓促，错误和不周到之处在所难免，诚恳希望读者和各界专家批评指正。

出版者

1988 年 12 月



中文版第二版序

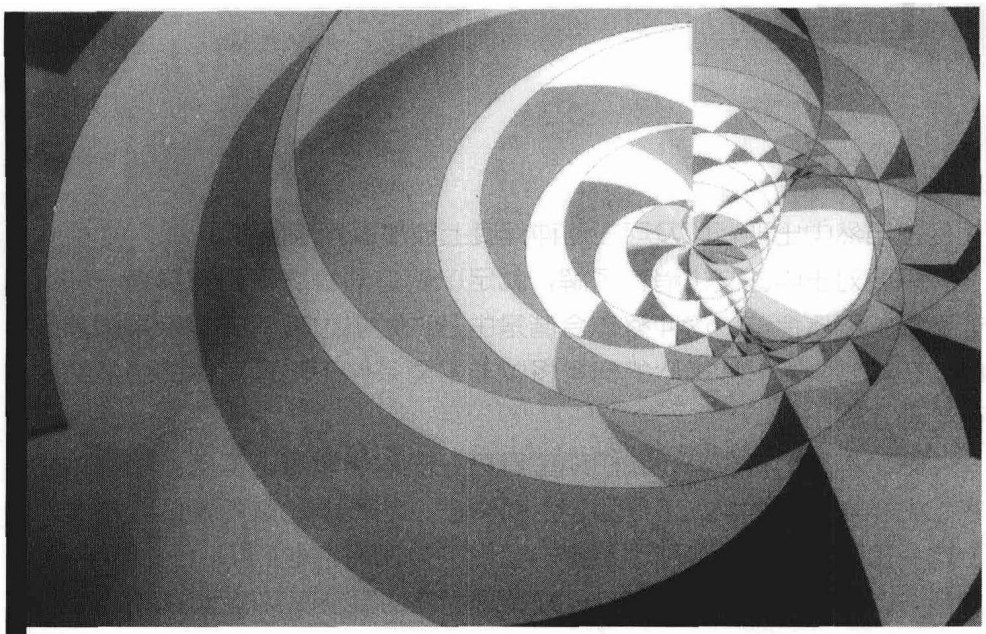
我们非常满意我们的专著《探索复杂性》中文版第一版取得的成功，并为能宣布第二版所作的许多改进而高兴。

与第一版相比，第二版除了有一些小的修正和重绘了某些插图外，完全改写了第五章，以适应更为广泛的读者的需要。此外，我们还增补了 1.5、3.12、4.8 及 4.9 诸节，以强调物理科学中的复杂性概念与算法复杂性概念之间的联系和区别。近年来，后者在数学中受到了应有的重视。

我们感谢 E. 雷布罕教授（Prof. E. Rebhan）对本书所作的评论和建议；我们也要感谢罗久里教授和陈奎宁副总编辑，他们为本书中文版的出版作了不懈的努力。

G. 尼科里斯　I. 普利高津

1988 年 4 月于布鲁塞尔



中文版序言

把我们的专著《探索复杂性》（*Exploring Complexity*）介绍给中国科学界，这对我们是一种极大的荣誉。

我们的时代是以多种概念和方法的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。今天，由于不同分科间新的界面不断地被发现，每一种重要科学分支的前缘正在大大地扩展着。基本粒子物理学与宇宙学，以及分子生物学与结晶学的合流，就是由这种交叉杂化作用可能造成的巨大推动的两个著名例子。

这部专著描述的是非平衡现象物理学、动力系统数学与实验科学之间的冲击与汇合。它阐明了非线性与非平衡这两个要素如何使物质具有高度的灵敏性，展现出长程的秩序并演化出多样化的自组织状态。自组织现象是作为一个崭新的科学范例出现的，它使人们可以设想出复杂性

试读结束，需要全本PDF请购买 www.ertongbook.com

如何在自然中出现，以及可在何种程度上被加以探索研究。

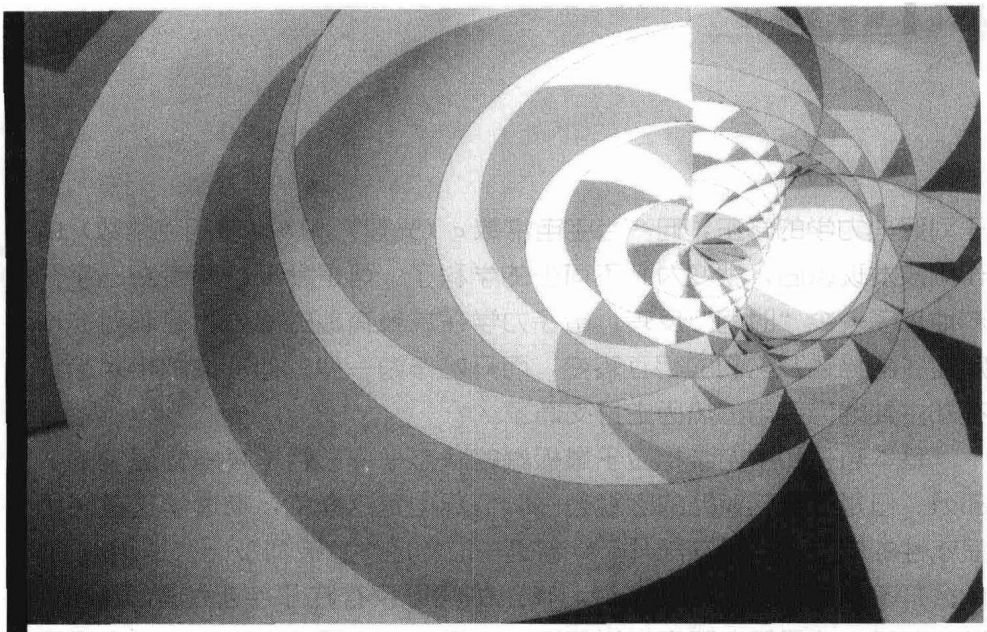
只要对于中国文化稍有了解，就足以使访问者感受到它具有一种远非消极的整体合谐。这种整体合谐是由各种对抗过程间的复杂平衡造成的。在本书中，一种类似的情景将以非平衡条件下物理定律的当然结果而到处呈现出来。

除了本学科专家外，我们期望具有一般科学背景的读者，如物理学家、化学家、数学家、工程师、生物学家、地质学家或药剂师，将能跟上这一重要的进展。我们也希望自组织的范例将给他们提供一种有用的启示，以便他们把在各自的专业领域内面临的复杂现实模型化。

最后，我们要高兴地向罗久里博士和陈奎宁副总编辑表示谢意，感谢他们完成了将英文原稿翻译成中文的艰巨任务。

G. 尼科里斯　I. 普利高津

1986 年 2 月于布鲁塞尔



序　转变年代的科学

I

无论我们专心致志于哪种专业，都无法逃避这样一种感受，即我们生活在一个大转变的年代。我们必须寻求和探索新的资源，更好地了解我们的环境，并与大自然建立一种较少破坏性的共存关系。这些主要的目标发生质的改变所需要的时间与生物及地质演化过程中浩瀚的时间跨度是不能相提并论的，它的数量级以十年计，正好干预着我们自己和下一代人的生活。

我们并不能预期这一转变时期的后果，但十分清楚的是，在我们努力迎接认识环境和改造环境的挑战时，科学必将发挥日益重要的作用。一个严肃的事实是，在这紧要的关头，科学本身也正经历着一个理论变革时期。

本世纪初物理学的两大革命是量子力学和相对论。这两门学科起始

于对经典力学的修正，但一当宇宙常数 c（光速）和 h（普朗克常数）的作用被发现以后，就变为必不可少的学科了。可是今天这两者却出乎预料地来了一个“时间”反转：量子力学在其最有趣的部分讨论起对非稳定粒子的描述及它们的相互转变，而开始作为一种几何理论的相对论现在却主要地与宇宙的热历史打交道了。

基本粒子和宇宙学相应于最极端的状态——它们是高能物理学的一部分。但是在我们所处的宏观范围内情况也是这样的，物理学正在经历根本性的转变。甚至在前几年，若是一位物理学家被问及什么是知道的，什么是不知道的，他会回答说，真正的问题仅存在于宇宙的前缘领域，发生在基本粒子层次和宇宙学层次上；而另一方面他会声称，与宏观层次有关的基本定律已经一清二楚了。今天，一个正在壮大的少数派开始怀疑这种乐观的论调。就在我们的宏观层次上，一些基本问题还远未得到解答。

过去三个世纪里追随牛顿综合法则的科学历史，真像一桩富于戏剧性的故事。曾有过一些关头，经典科学似乎已近于功德圆满，决定性和可逆性规律驰骋的疆域似乎已尽收眼底，但是每每这个时候总有一些事情出了差错。于是，方案又必须扩大，待探索的疆域又变得宽广无际了。

今天，只要我们放眼一望，就会发现演变、多样化和不稳定性。长久以来，我们就知道我们生活在一个复杂的世界上，我们可以在其中找到决定性的、也可以找到随机性的现象；既可以发现可逆性的、也可以发现不可逆性的事物。我们观察决定性的现象，例如无摩擦的单摆或月球绕地球的运动轨道，就可以知道无摩擦单摆的运动是可逆的，因为在描写运动的方程中过去和将来起着完全相同的作用。但是，另外一些过程，如像扩散或化学反应却不是可逆的。在这种情况下，存在着一个特定的时间方向：随着时间的进行，原来非均匀的体系将变成均匀一致的。此外，我们不能不感谢随机过程的存在，因为它使我们避免了一种荒谬的看法：认为丰富多彩的自然现象是按照节目单像大本钟那样滴滴嗒嗒按部就班地排演出来的。

自本世纪开始以来，我们对四类现象，即可逆和不可逆的、决定性和随机性的相对重要性的估价已发生了变化。

在本世纪之初，物理学家继续着经典研究项目的传统，几乎一致承认宇宙的基本定律是决定性的和可逆性的。那些不适合这一程式的过程被认为是例外，仅仅是人为的产物，是因为我们的无知或对所涉及到的变量缺乏控制才由复杂性造成的。现在我们已处在本世纪之末，越来越多的人思索着，那许许多多塑造着自然之形的基本过程本来是不可逆的和随机的，而那些描述基本相互作用的决定性和可逆性的定律不可能告诉人们自然界的全部真情。这就导致了对物质重新进行考察：不再是用那种以机械的世界观描绘出的被动呆钝的观点，而是用一种与自发的活性相关联的新的见解。这种变化是如此的深刻，我们相信，我们已能真正地进行一种人与自然的新的对话了。

考察一下为什么在相对说来较短的时间间隔内就能发生如此巨大的变化是有趣的。这是在物理、化学等十分不同的领域（诸如基本粒子、宇宙学或远离平衡的体系中自组织现象的研究）中，所获得的超乎预料的结果。

在五十年前谁会相信大多数的或许所有的基本粒子都是不稳定的？或者我们可以把宇宙作为一个整体讨论其演化？谁又会相信在远离平衡的情况下，使用人类学的语汇来说，分子之间是可以互通信息的，就像化学钟现象中所证实的那样呢？

所有这些出乎预料的发现，也对我们所持的关于“硬”科学和“软”科学关系的观念有着强烈的影响。按照经典的观念，在物理学和化学中研究的简单物系是与生物学和人文科学研究的复杂系统有着显著区别的。的确，人们不可能想象出还有什么样的差别比之于经典动力学的简单模型、或者一种气体、一种液体的简单性能与我们在生命的演化或人类社会的历史中所发现的复杂过程之间的离歧更为悬殊的了。

但是由于这种分歧日益缩小，今天我们可以考虑针对经典物理学概念不能应用的那些情况而进行知识的转换。

在经典物理学中，观察者置身于他所观察的体系之外，当体系本身被认为是服从决定论规律时，他是进行判断的人。换句话说，我们有一个“决断者”，他是“自由的”；同时还有一些体系的成员，它们是一些个体或组织，必须遵从某些主体规范。

现在，我们已经离这种二分法越来越远了。我们知道，用玻尔（Niels Bohr）的名言来说，我们既是演员又是观众，不仅在人文科学中是这样，在物理学中也是如此。代替“现在即意味着将来”的观念结构，我们正步入一个世界，在其中将来是未决的，在其中时间是一种结构，我们所有人都可以参与到这当中去。

Ⅱ

我们已经强调过，我们的物理世界已不再以稳定的周期性行星运动为象征了，它是一个非稳定和涨落的世界，在我们周围的自然界中所看到的种类多得惊人的构型，归根结底起源于此。为了对演化及多重性成为关键词汇的这样一种情况进行描述，显然必须有新的概念和新的工具，本专著即致力于对过去几十年中探索在分子层次上出现于生物系统甚至社会系统中的复杂性而发展起来的方法作一简短介绍。我们特别强调两种学科的作用，它们已奇迹般地改变了我们对复杂性的观念。首先是非平衡态物理学，在这里最出乎意料的结果是物质在远离平衡条件下新的基本性质的发现。第二方面是动力体系的现代理论，在这个方面最核心的发现是不稳定性的普遍性，简言之，这意味着初始条件的微小变化将引起惊人的放大作用。

在这方面新建立的方法导致了对我们生活环境的更好理解，在这个环境中我们发现了意外的规律性，也发现了同样使人想象不到的大标尺涨落。物质是与粒子对反粒子占压倒优势分不开的，生命则是螺旋生物分子对其相反事物占优势的结果。产生这样一种大标尺的规律性的选择机制可能是什么呢？另一方面，我们本来估计我们的气候条体是稳定和均匀的。可是，与这种预期相反，在与太阳演化过程的特征时间相比短得多的期间内气候已发生了剧烈的波动涨落。这怎么可能呢？现在我们已经有办法和这些问题打交道了。

本专著的第一章将描述一些从产生于物理-化学系统及生物系统的框架、也大量出现于我们的环境中的复杂现象里挑出来的例子。这种描述阐明了许多在各种不同的现象中不断反复出现的概念，诸如非平衡、稳定性、分支、对称破缺和长程秩序。在第二章中将着手对这些概念加以

更详尽的分析，它们成为（我们认为是）一种新的科学词汇——复杂性的词汇的基本要素。

继开始的这两章纯粹的叙述之后，在第三章我们将从现代动力体系理论的观点出发来研究复杂性问题。我们将讨论一些使远离平衡的非线性体系产生不稳定性，并导致分支和对称性破缺的机理。在我们的分析中特别强调混沌动力学特征的出现，这是一大类体系演化为一种既表现出决定性行为又具有不可预言性的状态的自然趋势。

第四章将首先尝试对复杂现象进行超过第一至第三章的纯粹唯象层次的更佳描述。我们将介绍非线性非平衡体系概率分析的基本原理，同时构筑一种分支和演化现象的微观模型。我们也将讨论一些方法，可将信息的概念汇集入动力体系的描述之中。

按照经典的观念，偶然和必然，决定性和随机性行为之间存在着显著的区别，第三章及第四章的分析表明情况要微妙得多。存在着各种形式的任意性，其中的一些是与简单决定性方程的解的混沌性能有关的。在第五章中我们将讨论随机性及不可逆性起源的问题。与此密切相关的是对熵、实际上是对时间这个概念的理解问题。我们认为我们已开始破译著名的热力学第二定律所传达的信息。我们正生活在一个不稳定过程的世界中，这使我们能够定义出一个熵函数。此外，我们还生活在过去和将来之间的对称破缺了的世界中，生活在不可逆过程产生未来的平衡的世界中。这种万有的时间对称破缺普遍性，正是第二定律的核心。

着手这部导论时，我们表示了自己的信念，科学在为了解我们整个环境所作的努力中一定会发挥日益增长的重要作用。因此，打破学科间的壁垒并尝试解决那些长期停滞的问题的新路，正是这本专著所阐述的分析复杂现象的方法的一个根本目的。在本书第六章，我们将表明如何去设想知识从一个领域到另一个领域的转变。该章的大部分在于提出那些超过物理科学传统范围的问题，诸如气候的变化、社会性昆虫及人口问题。显然这里的每一个问题都有其特殊性。决不要指望可将其盲目推广。但是非线性和涨落的作用仍然十分清楚地显示出来了。它给人们以极大的启示，从研究非线性动力系统中的复杂现象展现的光辉前景来看，这些体系的模型化将对科学的发展大有益处。

试读结束，需要全本PDF请购买 www.ertongbook.com