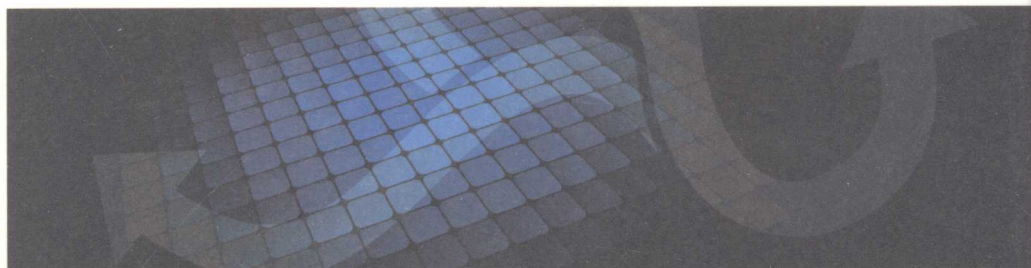




开放人文

The End of Certainty:

Time, Chaos, and the New Laws of Nature



[比] 伊利亚·普里戈金 著 湛敏 译

Ilya Prigogine

确定性的终结

时间、混沌与新自然法则

上海世纪出版集团

确定性的终结

时间、混沌与新自然法则

[比]伊利亚·普里戈金 著

与伊莎贝尔·斯唐热合作

湛 敏 译 张建树 校

世纪出版集团 上海科技教育出版社

图书在版编目(CIP)数据

确定性的终结:时间、混沌与新自然法则/(比)普里戈金
(Prigogine, I.), (比)斯唐热(Stengers, I.)著;湛敏译.

—上海:上海科技教育出版社, 2009.6

(世纪人文系列丛书·开放人文)

ISBN 978-7-5428-4802-4

I. 确… II. ①普… ②斯… ③湛… III. 混沌学
IV. B016.9

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 009561 号

责任编辑 潘 涛 章 静

装帧设计 陆智昌 朱赢椿

确定性的终结——时间、混沌与新自然法则

[比]伊利亚·普里戈金 著

湛 敏 译

出 版 世纪出版集团 上海科技教育出版社
(200235 上海冠生园路 393 号 www.ewen.cc)

发 行 上海世纪出版集团发行中心

印 刷 上海江杨印刷厂

开 本 635×965 mm 1/16

印 张 11

插 页 4

字 数 147 000

版 次 2009 年 6 月第 1 版

印 次 2009 年 6 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-5428-4802-4/N·769

图 字 09-1998-166 号

定 价 17.00 元

世纪人文系列丛书编委会

主任

陈 昕

委员

丁荣生	王一方	王为松	毛文涛	王兴康	包南麟
叶 路	何元龙	张文杰	张英光	张晓敏	张跃进
李伟国	李远涛	李梦生	陈 和	陈 昕	郁椿德
金良年	施宏俊	胡大卫	赵月瑟	赵昌平	翁经义
郭志坤	曹维劲	渠敬东	韩卫东	彭卫国	潘 涛

出版说明

自中西文明发生碰撞以来，百余年的中国现代文化建设即无可避免地担负起双重使命。梳理和探究西方文明的根源及脉络，已成为我们理解并提升自身要义的借镜，整理和传承中国文明的传统，更是我们实现并弘扬自身价值的根本。此二者的交汇，乃是塑造现代中国之精神品格的必由进路。世纪出版集团倾力编辑世纪人文系列丛书之宗旨亦在于此。

世纪人文系列丛书包涵“世纪文库”、“世纪前沿”、“袖珍经典”、“大学经典”及“开放人文”五个界面，各成系列，相得益彰。

“厘清西方思想脉络，更新中国学术传统”，为“世纪文库”之编辑指针。文库分为中西两大书系。中学书系由清末民初开始，全面整理中国近现代以来的学术著作，以期为今人反思现代中国的社会和精神处境铺建思考的进阶；西学书系旨在从西方文明的整体进程出发，系统译介自古希腊罗马以降的经典文献，借此展现西方思想传统的生发流变过程，从而为我们返回现代中国之核心问题奠定坚实的文本基础。与之呼应，“世纪前沿”着重关注二战以来全球范围内学术思想的重要论题与最新进展，展示各学科领域的新近成果和当代文化思潮演化的各种向度。“袖珍经典”则以相对简约的形式，收录名家大师们在体裁和风格上独具特色的经典作品，阐幽发微，意趣兼得。

遵循现代人文教育和公民教育的理念，秉承“通达民情，化育人心”的中国传统教育精神，“大学经典”依据中西文明传统的知识谱系及其价值内涵，将人类历史上具有人文内涵的经典作品编辑成为大学教育的基础读本，应时代所需，顺时势所趋，为塑造现代中国人的人文素养、公民意识和国家精神倾力尽心。“开放人文”旨在提供全景式的人文阅读平台，从文学、历史、艺术、科学等多个面向调动读者的阅读愉悦，寓学于乐，寓教于心，为广大读者陶冶心性，培植情操。

“大学之道，在明明德，在新民，在止于至善”（《大学》）。温古知今，止于至善，是人类得以理解生命价值的人文情怀，亦是文明得以传承和发展的精神契机。欲实现中华民族的伟大复兴，必先培育中华民族的文化精神；由此，我们深知现代中国出版人的职责所在，以我之不懈努力，做一代又一代中国人的文化脊梁。

上海世纪出版集团
世纪人文系列丛书编辑委员会
2005年1月

内 容 提 要

时间，我们存在的基本维度，令每一种文化和每一个世纪的艺术
家、哲学家和科学家为之陶醉。我们都记得小时候经历过的这样一
些时刻：当时间变成一种个人的实在，当我们认识到什么是“年”，
当我们问自己什么是“现在”。常识告诉我们，从摇篮到墓地，时
间一往无前，永不倒退。然而，爱因斯坦却说，时间是一种错觉。
他和牛顿确定的自然法则，描绘了一个无时间的确定性宇宙，我们
这个世界里可以十拿九稳地作出预言。实际上，这些大物理学家们
主张，时间是可逆的，从而是毫无意义的。

诺贝尔奖得主普里戈金教授近年来的研究，带来了一种重要的
观念变革。科学家们不断发现不稳定性和涨落，不稳定性和涨落在
宇宙学到分子生物学的所有存在层次上产生了演化模式。时间可
逆过程在现实世界中是罕见的，不可逆过程(如炒鸡蛋)却在我们周围
频频发生，但直到普里戈金，才有人认真尝试在物理学定律中包含
这一明显的不可逆时间流。在这么做的过程中，普里戈金改造了物理

学，赋予物理学一种新的文化内涵。在艺术、医学、商业、社会科学和技术等行业，专家们都承认受益于普里戈金那些振聋发聩的洞见。

如今，普里戈金向广大读者呈现他与自然之经典描述的彻底决裂。他通过考察西方的时间观，向我们显示，只要遵循现实世界的概率过程，我们就将远离僵化的决定论力学。在本书中，他引导我们经历一种奇妙的智力探险——从古希腊出发，经过牛顿轨道和确定性混沌，到达量子理论与“免费午餐”宇宙学统一表述的高度。他的惊人结果包括：量子力学可以推广到用来证明时间的天然不可逆性，并进而指出，时间确实先于大爆炸。

普里戈金解构了确定性世界观，但他反对纯机遇的任意宇宙思想。他认为，我们生活在一个可确定的概率世界之中，生命和物质在这个世界里沿时间方向不断演化，确定性本身才是错觉。普里戈金在以前的著作中引入的“自组织”等概念，现在在一个严谨的科学世界观中适得其所。《确定性的终结》是一部分水岭式的著作，它表明，一种全新的科学与文化之自然法则诞生了。

作者简介

伊利亚·普里戈金 (1917~2003)，耗散结构理论创立者，1977年诺贝尔化学奖得主，比利时皇家研究院荣誉院士，美国国家科学院外籍院士，曾获 53 个荣誉学位。著有《不可逆过程热力学导论》、《从存在到演化》、《从混沌到有序》，及本书《确定性的终结》等。

中文版序

我非常高兴本书被译成中文，将为中国读者所接受。这也给我一个机会来强调本书的一个重要观点——科学与文化的联系。日本科学家汤川秀树指出：“听起来也许奇怪，身为一名物理学家，我却越来越强烈地感受到现代物理学与我自身的疏远。”西方科学所强调的“自然法则”思想与中国的传统思想形成了鲜明对照，因为，在中文里，“自然”即是“天然”。

西方科学和西方哲学一贯强调主体与客体之间的二元性，这有悖于注重“天人合一”的中国哲学。

本书所阐述的结果把现代科学与中国哲学拉近。自组织的宇宙也是“自发”的世界，它表达了一种与西方科学的经典还原论不同的整体自然观。我们愈益接近两种文化传统的交汇点：一方面，我们必须保留已经证明相当成功的西方科学的分析观点，同时必须重新表述把自然的自发性和创造性囊括在内的自然法则。本书的雄心正是要以一种广大读者易于接受的方式来阐述一种综合论。自本书于

1996 年问世以来，沿着这条思路又取得了更多的进展。

在本世纪末，我们并非面对科学的终结，而是正目睹新科学的萌生。我衷心希望，中国青年一代科学家能为创建这一新科学作出贡献。

最后，我要感谢湛敏女士对本书的翻译，感谢上海科技教育出版社出版本书的中文版。

伊利亚·普里戈金

1998 年 8 月 5 日于布鲁塞尔

致 谢

本书有着某种不寻常的历史。起初，斯唐热和我只想把我们合著的书《在时间与永恒之间》¹译成英文出版。我们准备了若干个版本：一个是德文版，另一个是俄文版²。但与此同时，在我们研究的数学表述方面取得了重要的进展。结果，我们放弃了原书的翻译工作，着手写一个新的版本，即最近出版的法文版《确定性的终结》³。斯唐热要求在这本新著中不作为合著者，而只作为合作者出现。我对她满怀感激并尊重她的意愿，但我想强调指出，没有她的帮助，本书是不可能写就的。我要对她表示最诚挚的感谢。

本书是布鲁塞尔学派和奥斯汀学派数十年研究工作的结果。虽然物理思想早已明晰，但它们精确的数学表述只是在最近几年才得到。⁴在这里，我想对这个学派的年轻成员和热心的合作者表达感激之情，他们对构成本书基础的时间之本性问题的新表述作出了重要贡献。我要特别提到布鲁塞尔的安东尼乌(Ioannis Antoniou)，奥斯汀的德里贝(Dean Driebe)、长谷川(Hiroshi Hasegawa)和彼得罗斯基

(Tomio Petrosky)，以及京都的多崎(Shuichi Tasaki)。我还要提到我在布鲁塞尔的老同事，他们奠定了使进一步进展成为可能的基础。我感谢伯列斯库(Radu Balescu)、德·哈恩(Michel de Haan)、埃宁(Françoise Henin)、乔治(Claude George)、格雷科斯(Alkis Grecos)和迈内(Fernand Mayné)。遗憾的是，雷西博斯(Pierre Résibois)和罗森菲尔德(Léon Rosenfeld)不再和我们在一起了。

没有许多机构的持续支持，本书所呈现的工作是无法完成的。我特别感谢比利时的法兰西共同体、比利时联邦政府、布鲁塞尔的国际索尔维研究所、美国能源部、欧洲联盟，以及得克萨斯的韦尔奇基金会。

英语不是我的母语，所以我非常感谢得克萨斯大学奥斯汀分校的苏达尚(E. C. George Sudarshan)博士和德里贝博士，以及伦敦的洛尔蒂默(David Lortimer)博士，他们仔细阅读了本书。我还要感谢我的法国出版商奥迪勒·雅各布(Odile Jacob)女士，她鼓励我撰写这本新著。感谢我在美国的编辑莫罗(Stephen Morrow)和肖布哈特(Judyth Schaubhut)，他们帮助我准备本书的英文版。

我坚信，我们正处在科学史中的一个重要转折点上。我们走到了伽利略和牛顿所开辟的道路的尽头，他们给我们描绘了一个时间可逆的确定性宇宙的图景。我们现在看到的是确定性的腐朽和物理学定律新表述的诞生。

作者附言

我力求本书通俗易懂，为广大读者所接受。然而，在第五章和第六章，还涉及较多的专业细节，因为我所提交的许多结果显著偏离传统观点。尽管本书是数十年研究的成果，却仍有许多问题有待解答。但考虑到我们每个人的生命有涯，我的工作成果就如此奉献给大家。我不是想邀请读者来参观考古博物馆，而是想让读者自己来领略科学探险的乐趣。

目录

1	内容提要
3	作者简介
5	中文版序
7	致谢
9	作者附言

1	引 言	一种新的理性?
7	第一章	伊壁鸠鲁的二难推理
45	第二章	仅仅是一种错觉?
58	第三章	从概率到不可逆性
70	第四章	混沌定律
84	第五章	超越牛顿定律
101	第六章	量子理论的统一表述
118	第七章	我们与自然的对话
126	第八章	时间先于存在?
141	第九章	一条窄道

147 注释

引言 一种新的理性？

本世纪初，波普尔(Karl Popper)在他所著的《开放的宇宙——关于非决定论的论争》一书中写道：“常识倾向于认为每一事件总是由在先的某些事件所引起，所以每个事件是可以解释或预言的。……另一方面，……常识又赋予成熟而心智健全的人……在两种可能的行为之间自由选择的能力。”¹这一詹姆斯(William James)所称的“决定论的二难推理”与时间的含义密切相关。²未来是给定的还是不断变化的结构？这个二难推理对每个人都非常重要，因为时间是我们存在的基本维度。正是把时间结合到伽利略物理学概念体系之中，标志了近代科学的起源。

人类思想的这一成就正是本书所述核心问题的根源，即对时间之矢的否定。众所周知，爱因斯坦(Albert Einstein)常常说：“时间是一种错觉。”的确，物理学基本定律所描述的时间，从经典的牛顿时力学到相对论和量子力学，均未包含过去与未来之间的任何区别。甚至对于今日的许多物理学家而言，这已是一种信念：就自然的基本

描述而言，不存在什么时间之矢。

然而，无论在化学、地质学、宇宙学、生物学或者人文学科领域，处处都可以见到未来和过去扮演着不同的角色。从物理学描述的时间对称的世界如何产生时间之矢？这就是时间佯谬——本书的中心议题之一。

时间佯谬是在 19 世纪下半叶，在维也纳物理学家玻尔兹曼 (Ludwig Boltzmann) 的研究工作之后被确认的，他试图仿效达尔文 (Charles Darwin) 在生物学中的研究，系统阐述物理学中的演化方法。但在当时，牛顿物理学定律长期被公认为客观知识的典范。由于牛顿定律隐含着过去与未来之间的等价性，因而，任何赋予时间之矢以基本意义的尝试均因危及这一典范而受到抵制。牛顿定律在它适用的领域被认为是终极完善的，这有点像今天许多物理学家把量子力学看作是终极完善的一样。那么，在不破坏人类思想的这些惊人成就的情况下，我们如何引入单向时间呢？

自从玻尔兹曼以来，时间之矢被贬低到现象学范畴。我们人作为不完善的观测者，通过对自然的描述中引入近似，造成了过去与未来之间的差异。这依然是盛行的科学说法。有些专家悲叹，我们立于科学无能为力和无法解决的奥秘面前。我们相信情况不再如此，原因在于最近的两个进展：一方面是非平衡物理学，另一方面肇始于混沌概念的不稳定系统动力学，二者都取得了长足的进展。

在过去几十年间，一门新学科——非平衡过程物理学——诞生了。这门新学科产生了像自组织和耗散结构这样一些概念。如今，它们被广泛应用于许多学科，包括宇宙学、化学、生物学以及生态学和社会科学。非平衡过程物理学描述了单向时间效应，为不可逆性这一术语给出了新的含义。过去，时间之矢只是通过像扩散或粘性