

前沿与交叉科学

QIANYANYUJIAOCHAKEXUE

湛垦华 沈小峰 等编

PULIGAOJINYUHAOSANJIEGOU LILUN

普利高津与耗散结构理论



陕西科学技术出版社

混沌生物学

干旱系统演化探索

可持续发展理论与实践

全息隐能量场与新宇宙观

普利高津与耗散结构理论



责任编辑 苏世学
封面设计 郑晓都

ISBN 7-5369-2925-0



9 787536 929258 >

ISBN 7-5369-2925-0/N · 29

定价：19.00 元

前沿与交叉科学

普利高津与耗散结构理论

湛坚华 沈小峰等 编

陕西科学技术出版社

前沿与交叉科学

普利高津与耗散结构理论

湛星华 沈小峰等 编

陕西科学技术出版社出版发行

(西安北大街 131 号)

新华书店经销 西北大学印刷厂印刷

850×1168 毫米 32 开本 11.75 印张 2 插页 23 万字

1998 年 10 月第 2 版 1998 年 10 月第 1 次印刷

印数: 1—1000

ISBN 7-5369-2925-0/N·29

定价: 19.00 元

前沿与交叉科学

编辑委员会

主 编 湛垦华

副主编 吴寿隽

编 委 (按姓氏笔画排列)

丁步陶	万迪昉	万积庆	方锦清
王连涛	尹小莹	艾南山	任光耀
刘正国	刘蓉晖	苏世学	李后强
杜振杰	陈 忠	陈一诺	邹珊刚
杨顺楷	庞元正	吴寿隽	金志钧
胡 皓	张培兰	郭治安	曾国屏
黄克谅	黄顺基	章 球	

编者前言



耗散结构理论是比利时布鲁塞尔学派领导人普利高津 (I. Prigogine) 教授于 1969 年在一次“理论物理与生物学”的国际会议上, 针对非平衡统计物理学的发展而提出的。这一理论指出, 一个远离平衡的开放系统 (力学的、物理的、化学的、生物的, 乃至社会的、经济的系统), 通过不断地与外界交换物质和能量, 在外界条件的变化达到一定的阈值时, 可能从原有的混沌无序的混乱状态, 转变为一种在时间上、空间上或功能上的有序状态, 这种在远离平衡情况下所形成的新的有序结构, 普利高津把它命名为“耗散结构”。耗散结构理论就是研究耗散结构的性质, 以及它的形成、稳定和演变的规律的科学。

耗散结构理论的研究对象是开放系统, 而宇宙中各种系统, 不论是有生命的、无生命的, 实际上无一不是与周围环境有着相互依存和相互作用的开放系统, 因而这一理论涉及范围之广, 在科学史上可说是罕见的。无论物理、化学、生物、地学、医学、农学、工程技术, 甚至哲学、历史、文艺和经济等等, 都可以应用它的研究成果。这个理论从诞生到现在短短十年来, 在各方面的应用都已取得了可喜的成果, 普利高津教授也由于他在科学上的这一重大贡献而荣获 1977 年度诺贝尔奖金。

普利高津 1917 年出生于莫斯科，1929 年随家庭到比利时定居，1949 年加入比利时国籍。1941 年在比利时布鲁塞尔自由大学获博士学位，1951 年任该校理学院教授，1959 年担任索尔维国际物理及化学研究所所长，1967 年兼任美国得克萨斯大学统计力学研究中心主任。他曾任比利时皇家科学院院长，并且是美国全国科学院外籍通讯院士。

普利高津教授领导的布鲁塞尔学派，是国际上著名的非平衡统计物理学派之一。目前在普利高津教授领导下的索尔维国际物理和化学研究所与得克萨斯统计力学研究中心两处工作的有比、中、德、法、英、美、日、希腊、罗马尼亚、伊朗等十多个国家的科学工作者近百人。这个学派在非平衡态统计物理和热力学方面坚持研究三十多年，使非平衡统计物理形成科学体系和应用于化学、生物乃至生态、社会等方面有突出贡献。这样庞大的理论队伍集中研究非平衡统计方面的问题，在国际上是首屈一指的。

1978 年以来，耗散结构理论在我国得到了广泛传播。1978 年 8 月在庐山召开的《中国物理学会 1978 年年会统计物理分会》（庐山会议），1979 年 8 月在西安召开的“第一届全国非平衡统计物理学术会议”（西安会议）和 1980 年 7 月在大连召开的“第二届全国非平衡统计物理学术会议”（大连会议）上，都介绍和讨论了耗散结构理论的发展情况和研究成果，加之随后在各种报刊杂志上的广泛宣传介绍，耗散结构理论逐步引起了我国各方人士的极大兴趣和重视。

从 1978 年以来普利高津教授为首的布鲁塞尔学派与我国科学界人士建立了密切的联系。1978 年 6 月，钱三强同志率领中国科学院代表团访问比利时等西欧各国，我国科学界开始与

布鲁塞尔学派有了直接接触。1978年11月,郝柏林等同志应邀参加了第17届索尔维国际物理会议(这是中国科学家首次出席索尔维会议)。1979年8月,普利高津教授应邀来华讲学,参加了西安会议,并在会上作了学术报告。1980年7月,布鲁塞尔学派另一位主要成员尼柯里斯(G. Nicolis)教授来华讲学,出席了大连会议并在会上作了学术报告。布鲁塞尔学派与我国理论物理研究所、北京师范大学、西北大学等单位的科学工作者建立了学术交流关系,经常交流彼此的研究成果。通过讲学和学术交流,促进了我国在非平衡统计物理方面研究工作的开展。

目前,大家普遍希望得到普利高津教授论述耗散结构理论以及它在各方面应用的第一手资料,以便推动学习和研究工作向更深更广的领域发展。为此,我们在普利高津教授本人的赞助下,编辑了《普利高津与耗散结构理论》一书。普利高津教授还特意为本书写了序言。

本书共收入11篇文献,分为三部分。第一部分收入普利高津教授写的《我的科学生活》一文,他在此文中生动地叙述了他的科学生活经历,介绍了耗散结构理论诞生的全过程,以及他对未来的展望。第二部分收入普利高津教授论述耗散结构理论及其应用的六篇原始文献,其中1969年正式首次提出耗散结构理论的论文《结构、耗散和生命》,1974年庆贺狄拉克70寿辰纪念文集《物理学家的自然概念》中的《时间、不可逆性和结构》,1977年获诺贝尔奖金时的演讲《时间、结构与涨落》等三篇论文是耗散结构理论的基本文献;《复杂性的进化和自然界的定律》一文,比较通俗地系统地介绍了耗散结构理论在生态系统进化和社会文化进化等方面的应用;《对科学的挑战》和《时间之探索》两文,论述了他的科学观和自然观。第三部分收

入四篇评述普利高津学说的论文，供读者从不同的角度更好地了解耗散结构理论及其应用。

本书中的外文文献，是我们由英文和法文直接译出，在我国基本上都是第一次发表。

参加本书编写、翻译工作的还有张建树、海彦合、董庆彦、范崇川、曾庆宏。

本书在编、译过程中，得到了江仁寿教授、郝柏林教授、潘湘教授的关心和支持，得到了方福康副教授、陈浩元同志、张立民同志和孙秀泉同志的热情帮助，在此一并致谢。

本书错误缺点在所难免，敬请读者批评指正。

序



19 世纪是带着一种矛盾的情景——作为自然的世界和作为历史的世界——离开我们的。现代科学的一个主要迷惑处是使人确切地感觉到时间是被排除于科学之外的，只要借助一些永恒不变的、不需要涉及时间的基本定律就能够完全描述世界。这给我们一种知识是固定可靠的感觉，法国社会学家莱维·布律尔（Leve-Bruhl）曾非常清楚地描述过这种感觉：

关于知识固定可靠的感觉对我们来说是如此深刻，以致我们从不会去怀疑它。甚至当我们观察到某个十分神秘的现象时，我们仍然相信我们对它只是暂时的无知，但这一现象必定符合普遍的因果律，因此发生此现象的原因迟早总会被我们找到。我们周围的自然界是既和谐又合理的，正像人类的头脑一样。我们每天的活动都意味着完全信赖自然规律的永恒性。

我们关于自然界古典的和谐与合理的信念，已被过去十多年科学上的非凡发现动摇了。由此原因导致理论物理和理论化学大多数领域都存在着概念的重建问题。诸如非线性、涨落和

分支等概念已扩展到越来越广泛的科学研究领域，甚至包括生物和社会问题的领域。本文集的出版就属于这一新的潮流。

在西方，我们很熟悉中国庄子所写的一段名言：

天其运乎！地其处乎！日月其争于所乎？孰主张是？孰维纲是？孰居无事推而行是？意者其有机缄而不得已邪？意者其运转而不能自止邪？

《庄子·天运篇》

这些问题对我们依然存在。但我相信，我们正是站在一个新的综合、新的自然观念的起点上。也许我们最终有可能把强调定量描述的西方传统和着眼于自发自组织世界描述的中国传统结合起来。

我希望此文集的出版能够激励中国的年轻科学家们积极地参加到这一领域的发展中来，继承和发扬自己国家的文化传统。

最后，感谢我的同事湛星华教授和沈小峰教授等翻译我的论文所作的努力。

I · 普利高津

Preface

The 19th century has left us with a conflictual situation; world as nature and world as history. One of the main fascinations of modern science was precisely the feeling that science had exorcised time, that it could be formulated entirely in terms of basic eternal laws in which no reference to time need ever be made. This gave us a feeling of intellectual security, which was described with great clarity by the French sociologist Levy-Bruhl, who has written:

Our feeling of intellectual security is so deeply anchored in us that we even do not see how it could be shaken. Suppose even that we would observe some phenomenon seemingly quite mysterious; we still would remain persuaded that our ignorance is only provisional, that this phenomenon must satisfy the general laws of

causality and that the reasons for which it has appeared will be determined sooner or later.

The nature which surrounds us is order and reason, exactly as is the human-mind. Our everyday activity implies a perfect confidence in the universality of the laws of nature.

Our confidence in this classic order and reason of nature has been shaken by the extraordinary discoveries which have taken place in science over the last decades. As the result, there is a reconceptualization going on in most fields of theoretical physics and chemistry. Concepts such as nonlinearity, fluctuations, and bifurcation diffuse into a wider and wider range of scientific inquiry including biological and social problems. The papers which are published here in a Chinese translation belong to this new current.

We in the West are quite familiar with the writings of Chuang Tsu:

How (ceaselessly) Heaven revolves! How (constantly) Earth abides at rest! Do the Sun and the Moon contend about their respective places? Is there someone presiding over and directing those things? Who causes and maintains them without trouble and exertion? Or is

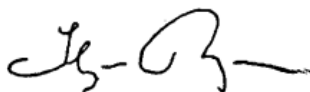
there perhaps some secret mechanism in consequence of which they cannot but be as they are?

These questions are still with us, but I believe that we are heading towards a new synthesis, a new naturalism. Perhaps we will eventually be able to combine the western tradition, with its emphasis on quantitative formulation, with a tradition like the Chinese one, centered towards a view of a spontaneous self-organizing world.

My hope is that the publication of these papers may encourage young Chinese scientists to take an active part in this development, following the great cultural tradition of their own country.

Finally, I would like to thank my colleagues, Professor Zhan Ken-Hua and Professor Shen Xiaofeng for their kind efforts in the translation of my papers.

I. Prigogine

A handwritten signature in dark ink, consisting of stylized, cursive letters that appear to read 'I. Prigogine'.

目 录



我的科学生活	I · 普利高津 (1)
结构 耗散和生命	I · 普利高津 (23)
时间 不可逆性和结构	I · 普利高津 (65)
时间 结构与涨落	I · 普利高津 (116)
复杂性的进化和自然界的定律	I · 普利高津 P · 阿林 R · 赫尔曼 (149)
对科学的挑战	I · 普利高津 I · 斯坦格尔斯 (212)
时间之探索	I · 普利高津 (237)
耗散结构的热力学基础	湛垦华 (248)
涨落与非平衡相变	湛垦华 任光耀 (295)
普利高津的世界	R · N · 阿丹斯 (333)
耗散结构理论中的哲学问题	沈小峰 (342)

我的科学生活

I · 普利高津

乔治·布赖 (Georges Poulet) 在他著名的《关于人类时间的研究》这部著作中，对“瞬时标准”做出了很大的贡献。他在这部著作中，依照人们看待过去、现在和未来的重要性来区分著作家和思想家。在这样一种分类中，我想我自己将属于“未来”这一类，因为我这一生主要着眼点在未来。因此，在这里回顾一下我的科学生活，并力图阐述自己的独特风格，这对我来讲不是没有困难的。

在我的科学讲座中，我常常谈到我的许多动摇和犹豫不决之处——这是不是可能不大符合这样一个事实——即在我的生活中有过很多明显的巧合。而我的著作所表达的正是这些巧合的积累。

我于 1917 年 1 月 25 日，即十月革命前几个月，出生在莫斯科。在这种社会制度的变革中，我的家庭于 1921 年离开了俄罗斯。经过几年在德国移栖和旅居的

生活之后，我的家庭终于在 1929 年定居于比利时。我的中学和大学生活都是在布鲁塞尔度过的。1949 年我取得了比利时的国籍。

我的父亲，罗曼·普利高津 (Roman Prigogine) 毕业于莫斯科综合科技学校，是个化学工程师，已于 1974 年去世。我的哥哥亚历山大 (Alexandre)，比我年长四岁，他也和我一样在布鲁塞尔自由大学攻读化学。我记得在我研究方向的选择问题上曾经有过疑虑，因为在伊科塞尔专科学校学完希腊—拉丁语专业之后，我的兴趣就更加集中在历史学和考古学上面了。我也很喜欢音乐，特别是钢琴。按照我母亲的意见，她要我在学歌词之前要先学着识谱。直到今天，钢琴仍然是我特别喜爱的消遣，只不过我现在用于这种消遣的空闲时间越来越受到限制了。在我年轻的时候，我就读了许多哲学著作，在阅读柏格森 (Bergson) 的《创造进化论》时所感到的魔力至今记忆犹新。尤其是他评注的这样一句话：“我们越是深入地分析时间的自然性质，我们就会越加懂得时间的延续就意味着发明，就意味着新形式的创造，就意味着一切新鲜事物连续不断地产生。”这句话对我来说似乎包含着一个虽然还难以确定，但是却是具有重要作用的启示。

正是这些偶然性的因素，最终决定了我研究方向的选择，这些因素把我引向了几乎相反的方向，引向化学和物理学。我的第一个博士学位就是这样于 1941 年获得的。我的两位老师对我后来的研究方向给予了不可磨灭的影响。首先是泰奥菲尔·德·唐戴 (Théophile De