

 京师哲学文库
JINGSHI ZHEXUE WENKU

HUNDUN CHUKAI
ZIZUZHI LILUN DE
ZHEXUE TANSUO

混沌初开： 自组织理论的哲学探索

沈小峰·著



北京师范大学出版集团
BEIJING NORMAL UNIVERSITY PUBLISHING GROUP
北京师范大学出版社

N02
30

 京师哲学文库
JINGSHI ZHEXUE WENKU

HUNDUN CHUKAI
ZIZUZHI LILUN DE ZHAXUE TANSUO

混沌初开： 自组织理论的哲学探索

沈小峰 · 著



北京师范大学出版集团
BEIJING NORMAL UNIVERSITY PUBLISHING GROUP
北京师范大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

混沌初开：自组织理论的哲学探索 / 沈小峰著. — 2版.
北京：北京师范大学出版社，2008.4
(京师哲学文库)
ISBN 978-7-303-02419-3

I. 混… II. 沈… III. 科学哲学—文集 IV. N02-53

中国版本图书馆CIP数据核字(2008)第038740号

出版发行：北京师范大学出版社 www.bnup.com.cn

北京新街口外大街19号

邮政编码：100875

印 刷：北京新丰印刷厂

经 销：全国新华书店

开 本：155 mm × 235 mm

印 张：23

字 数：308千字

印 数：1~2 000册

版 次：2008年5月第2版

印 次：2008年5月第1次印刷

定 价：36.00元

责任编辑：祁传华

装帧设计：高霞

责任校对：李茵

责任印制：马鸿麟

版权所有 侵权必究

反盗版、侵权举报电话：010-58800697

北京读者服务部电话：010-58808104

外埠邮购电话：010-58808083

本书如有印装质量问题，请与印制管理部联系调换。

印制管理部电话：010-58800825

《京师哲学文库》编辑委员会

主任：韩震 张曙光 廖申白
委员：李景林 王成兵 晏辉 严春友
张百春 刘孝廷 朱红文 熊立文
程光泉 李祥俊

· 出版说明 ·

北京师范大学哲学与社会学学院是我国哲学社会科学教育、科研的重镇之一，目前已形成从本科、硕士、博士、博士后流动站到教师培训等系统的教学、科研体系，涵盖哲学、教育学、社会学、政治学等一级学科，是培养哲学社会科学人才和从事哲学社会科学研究的重要基地。学院各专业均具有雄厚的教学和科研实力，有些专业在全国处于领先地位。

哲学与社会学学院的历史可以追溯到成立于1953年的政治教育系。1979年6月，经教育部批准，以原政治教育系哲学教研室、哲学史教研室、逻辑教研室、中学思想政治课教育教研室为主体，整合相关部门，组建起了哲学系，这是新中国高等师范院校中的第一个哲学系。1988年，政教系并入哲学系。1994年，中学思想政治课研究中心及《思想政治课教学》杂志社并入哲学系。2003年，在原哲学系的基础上，整合相关学术资源，成立了北京师范大学哲学与社会学学院。

在数十年的发展历程中，哲学与社会学学院涌现出一大批在全国哲学社会科学界具有广泛影响的著名学者，形成了自己的学术特色和学术传统，在认识论、价值哲学、人的哲学、文化哲学、儒家哲学、中国传统政治哲学、易学哲学、历史哲学、西方政治哲学、普通逻辑、中西伦理思想史、科学技术哲学、中西哲学比较等领域，

获得了丰硕成果。学院与国内外多家教学、科研机构建立了良好的学术交流关系，致力于学术研究的国际化、现代化。同时，学院还充分利用自身的人才资源和学术优势，做好哲学与社会科学的宣传、普及工作，弘扬优秀的精神文化，取得了很好的社会效应。

学术的发展是一个不断传承与创造的过程，着眼于回顾学术发展、凝练学术方向、提升学术品位、扩大学术影响，北京师范大学哲学与社会学学院决定编辑出版《京师哲学文库》，陆续出版我院学者的学术论著，集中展示我院教师的学术风貌，推动我院以至全国哲学与社会科学的教学、科研工作。

北京师范大学出版社热心奖掖学术，传播优秀文化，《京师哲学文库》的出版得到了出版社领导尤其是社长杨耕教授的大力支持，谨致衷心谢忱。

《京师哲学文库》编辑委员会

· 目 录 ·

第一编 自组织理论的哲学问题

- 试论耗散结构理论中的哲学问题·3
耗散结构理论与社会生活·31
协同学与辩证法·36
试论系统工程与协同学的结合·54
超循环论的哲学问题·63
相变理论和质变规律·75
关于混沌的哲学问题·88
从牛顿力学到混沌理论·103
迎接新的科学革命 建立新的自然观
——评普里戈金的《从混沌到有序》·106
在探索复杂性的征途上
——读一组关于非平衡系统自组织理论的译著·109
模糊数学中的哲学问题初探·112
普里戈金：一位热力学诗人·121
自组织理论和自然界的循环发展·128
论系统的自组织演化·134

第二编 物理学史与实践检验

从科学史看真理的标准 · 153

逻辑证明与实践检验 · 158

爱因斯坦与哥本哈根学派

——斥“四人帮”的“互相攻讦”论 · 168

物理学发展史概述 · 180

关于“挑战” · 198

物理学辩证内容概述（节选） · 203

第三编 自然辩证法的范畴与规律

试论自然辩证法的范畴、规律、体系 · 263

谈谈对称性范畴 · 284

试论自然辩证法的三个规律 · 288

第四编 科学方法论初探

谈社会科学研究运用自然科学方法的几个问题 · 309

从简单到复杂

——简单巨系统的研究方法初探 · 317

跋 合作之路 · 335

附录 已发表的著作目录 · 348

· 第一编 ·

自组织理论的哲学问题

试论耗散结构理论中的哲学问题^①

当代物理学的飞速发展，极大地扩展了人们的视野。现在，我们对物质世界的认识，从宏观方面，达到了150亿光年的距离（ 10^{28} 厘米）和150亿年的时间（ 10^{17} 秒）；从微观方面，深入到 10^{-15} 厘米和 10^{-23} 秒，空间和时间的尺度相差都达40个数量级以上。客观物质世界无论从广度上还是从深度上都是无限的。物理学正在继续向宇观世界和微观世界的广度和深度进军，在这两个物理学研究的前沿上，不断有新的发现和突破。20世纪以来，被举世公认为物理学发现的最高奖——诺贝尔物理学奖，绝大部分授予了在这两方面所取得的研究成果。

物理学的另一个重要方向，是研究越来越复杂的物质结构和高级的运动形式。在物理学研究的这个前沿上，以研究具有大量粒子和大量自由度的复杂系统为对象的热力学和统计物理学，也得到了迅速的发展，引起了人们越来越大的重视。^②凝聚态物理、物理化学、理论生物学乃至工程热物理等科学技术部门，都以热力学和统计物理学作为其理论基础。

热力学和统计物理学的发展，大体上经历了三个阶段。19世纪中叶到20世纪初，卡诺、克劳修斯、汤姆孙、玻尔兹曼、麦克斯韦、吉布斯等人首先建立和完善化的是以研究平衡态为主的经典热力学和统计物理学。从宏观现象和微观机制两个方面说明了一个体系处于平衡态以及从一个平衡态过渡到另一个平衡态的可逆过程的运动规律。对于非平衡态，除了根据热力学第二定律指出，孤立系统即与外界不发生物质和能量交换的理想化的系统，最终必然趋于平衡之外，没有给出更多的知识。20世纪的前半叶，主要研究的是

① 原载《科学前沿的哲学探索》，沈阳，辽宁人民出版社，1983。

② 参见郝柏林：《谈谈统计物理学的对象和方法》，载《自然杂志》，1980（9）。

接近平衡的状态。人们发现，在一个稳定的平衡态附近，主要的趋势是趋向平衡。弛豫、输运、涨落等现象，是平衡态附近的主要的非平衡过程，它们都受趋向平衡这一总的倾向所制约。在输运过程中，热力学“力”（如温度梯度、浓度梯度、势梯度等）和热力学“流”（如热流、扩散流、电流等）之间的变化，服从严格的线性关系。1931年昂萨格在研究交叉的输运过程中，提出的输运系数对称原理（昂萨格对易关系），1945年普里戈金在研究线性非平衡系统中熵的变化时得到的最小熵产生原理，是近平衡态的线性非平衡热力学和统计物理学的理论基石。然而，客观现象绝大多数都是远离平衡态的，远离平衡的现象比平衡态更加丰富复杂。近几十年来，热力学和统计物理学研究的前沿，进一步伸展到了远离平衡的非线性区，发现了一系列新的特性，出现了公理热力学、广义热力学等不同学派，产生了普里戈金的耗散结构（*dissipative structure*）、哈肯的协同学（*synergetics*）等不同理论，在科学上和哲学上都提出了一些新的概念和观点。

耗散结构理论是比利时布鲁塞尔学派的领导人普里戈金于1967年在一次理论物理和生物学国际会议上发表的《结构、耗散和生命》的论文中正式提出来的。这个学派经多年研究，将热力学和统计物理学从平衡态到近平衡态再向远离平衡态推进，发现一个开放系统（不管是力学的、物理的、化学的，还是生物的系统），在到达远离平衡态的非线性区时，一旦系统的某个参量变化达到一定的阈值，通过涨落，系统便可能发生突变，即非平衡相变，于是，由原来无序的混乱状态转变到一种时间、空间或功能有序的新的状态。例如系统的状态呈现出随时间的周期性的变化或空间的花纹图案。这种有序状态需要不断地与外界交换物质和能量才能维持，并保持一定的稳定性，且不因外界微小的扰动而消失。这种在远离平衡的非线性区形成的新的稳定的有序结构，普里戈金称之为耗散结构。这种系统能够自行产生的组织性和相干性，被称作自组织现象。所以这一理论又被称作非平衡系统的自组织理论。1977年尼科利斯和普里

戈金合写的关于耗散结构通过涨落达到有序的名著，题目就叫做《非平衡系统中的自组织》。

耗散结构理论几十年来有了很大发展。从提出耗散结构的概念，研究其基本性质，到形成比较完整的理论体系，用了七八年的时间。目前正进一步探索耗散结构形成的原因，从微观的角度说明其机制，并应用来研究化学、生物化学、生物学、生态学，乃至社会、经济现象，取得了初步的成果。人们把这一理论评价为“70年代化学的辉煌成就之一”，并荣获了1977年诺贝尔化学奖。

物理学离不开哲学。爱因斯坦说得好：哲学“可以被认为是全部科学研究之母”；反之，“科学的各个领域对那些研究哲学的学者们也发生强烈的影响，此外，还强烈地影响着每一代的哲学思想”^①。20世纪的大物理学家如普朗克、爱因斯坦、玻尔、海森堡、薛定谔等人，在探索科学的前沿、建立新的理论时，都十分重视哲学的研究，他们的科学成果对当代哲学思想也产生了巨大的影响。普里戈金在研究非平衡热力学和统计物理学过程中，同样也非常注意从哲学观点上进行科学思想的探索。他从西方和东方哲学史中吸收思想资料，锻造新的“哲学武器”，为他的耗散结构理论提供论证。他在耗散结构理论中提出的一些新的概念和观点，运用的一些科学方法，也给唯物辩证法和唯物主义认识论，提供了丰富和具体的论证。

一、时间：可逆性和不可逆性，对称性和非对称性

世界上的各种物质运动无不存在于一定的时间和空间之中。因此，时间问题历来是哲学和各门科学共同关心的问题。例如相对论研究的中心问题之一就是同时性的相对性。普里戈金在耗散结构理论中着重讨论的是时间的可逆性和不可逆性、对称性和非对称性之间的矛盾和转化的问题。

在经典力学和量子力学（测量过程除外）中，他们的基本的物

^① [美] 爱因斯坦：《物理学、哲学和科学进步》，参见《爱因斯坦文集》第1卷，519页，北京，商务印书馆，1976。

理定律，例如牛顿运动方程和薛定谔方程，对于时间都是对称的。我们将时间 t 换为 $-t$ 代入公式中，无论是牛顿运动方程中的轨道，还是薛定谔方程中的波函数，形式都不会发生变化。也就是说，在这些方程中，时间是可逆的，过去和未来之间没有什么区别，无论是时间向前的运动还是时间向后的运动都是一样的。好比一部电影片子，可以正着放，也可以倒着放。因此在动力学中无所谓进化，更谈不上历史，时间仅仅是描述运动的一个几何参量，与物质运动的性质没有什么内在的联系。空间对称和时间对称历来是物理学的基本观念。几何学和物理学的许多理论，都奠基于一通常与欧几里得和伽利略的名字连在一起的关于空间和时间的简单概念之上。在这种简单的概念中，时间是均匀的，时间的平移变换对物理规律不起作用。同样，空间也是均匀的和各向同性的，平移和旋转也不改变对物理世界的描述。空间对称可以导出动量守恒定律，时间对称可以导出能量守恒定律。多年来，追求形式上的对称美是物理学的一种理想。而不可逆过程在经典物理学中似乎只是一种幻象，是由于对初始条件了解不够完备时产生的幻象。对于物理学家来说，不可逆、不对称，往往被看作是一种令人厌恶而需要加以抛弃的东西。例如，在经典热力学中，不可逆现象对提高热机效率是有害的，热机工程师的目标就是将不可逆过程带来的损失减到极小。在理论计算中，往往要把不可逆过程简化为似稳过程（可逆过程）才能加以讨论。普里戈金指出，甚至是考虑了普朗克常数 h 的量子力学和包括了光速 c 的相对论力学，尽管它们相当革命，却仍然从牛顿物理学那里因袭了关于静止的宇宙，关于一个没有演化的、完全对称和可逆的宇宙的理想。

在传统物理学中，关于时间的可逆性和对称性，与实践经验和科学所揭示的客观现象，常常发生尖锐的矛盾。日常生活中，人人都可以发现，把两种液体放入同一容器，一般都会经过扩散变成某种均匀的混合物，而我们不会观察到两种混合在一起的液体能自动地分开。在这种现象里，时间的方向性便显示出来了。其他如

热的传导、电的流动、气体的扩散、化学的反应，都显示出时间的方向性。19世纪以来，各门科学也日益揭露了自然界发展的方向性和时间的不可逆性。如天文学中，康德—拉普拉斯关于天体演化的星云假说逐步得到承认；地质学中，赖尔提出的地质缓慢变化的理论，说明了地球的发展；化学中，对化学元素演化过程的分析表明，宇宙中的化学元素也有由简单到复杂演变的历史；生物学中，达尔文的进化论揭示了生命从单细胞生物到人的进化过程；在社会领域，马克思和恩格斯研究了社会发展史，发现了由原始社会向共产主义社会发展的规律，创立了历史唯物论。它们都从不同角度说明了客观世界的进化。近年来，能“记忆”原来形状的合金材料的研制，说明在弹性力学和材料力学中也不能忽略“历史”。宇宙学中的大爆炸假说、宇宙膨胀论和黑洞学说，表明我们目前所观察到的宇宙有一百多亿年演化发展的过程。因为爱因斯坦开创了宇宙论，预言了宇宙的进化，所以他被称作物理世界中的达尔文。后来，在微观世界中也观察到了时间对称性自发破缺的现象。1964年，美国的菲奇和克罗宁在 K 介子衰变的实验中发现，在弱相互作用下，宇称（ P ）和电荷（ C ）的联合变换并不守恒，从而说明时间（ T ）的对称性也受到破坏，这可能意味着宇宙从根本上就是不对称的。由于这一发现具有重大意义，他们获得了1980年诺贝尔物理学奖。

应当说，在物理学中最先真正揭示了时间的不可逆性的是热力学第二定律。这个定律用熵增加原理第一次把进化观念引入了物理学。提出这一定律的克劳修斯指出，对于一个与外界没有物质和能量交换的孤立系统中的不可逆过程，它的一个状态函数熵，会随着时间的推移单调地增加，直到达到热力学平衡态时趋于极大，从而阐述了物理学中时间的不可逆性。他甚至预言整个宇宙的熵将趋于极大，提出了宇宙热寂说。后来玻尔兹曼进一步从微观的机制上说明了熵与几率的关系，指出平衡态就是几率最大的状态。玻尔兹曼也非常强调演化的思想，他把整个的科学生命贡献给了热力学第二定律的讨论。他认为，19世纪是演化的世纪，是达尔文的世纪，他

想做一个物理学领域中的达尔文。熵的概念的提出，是19世纪科学思想的一个巨大贡献，它完全可以与生物学中提出的进化概念相媲美。

1930年，普朗克在他的名著《热力学》一书中，对热力学第二定律作了进一步明确的阐述。他把自然界的运动过程分为可逆过程和不可逆过程两类。在孤立系统中，可逆过程（例如无摩擦的摆、行星的运动）的状态函数熵随时间变化 $dS/dt=0$ ，不可逆过程的状态函数熵随时间变化 $dS/dt>0$ 。真实过程都是有摩擦的，是不可逆的耗散过程。因此，不可逆过程决不是一种幻象；相反，可逆过程才是一种理想状况。热力学第二定律表述的最重要的事实，就是不可逆过程中时间的单向性，即时间前进的方向总是正的，是不可逆的。

普里戈金说，他从青年时代起就开始考虑时间的不可逆性问题。因此他十分重视热力学第二定律，把它作为自然界的基本定律之一。耗散结构理论以时间的不可逆性为基础，它着重研究的就是远离平衡态的不可逆过程。耗散结构理论认为，一个非平衡系统的演化过程，可以用数学中的分支点理论来描绘。一个非平衡系统如果经过分支点A、B到达C时，那么对C态的解释就必然暗含着对A态和B态的了解。这样，我们就在物理学和化学中引入了历史的因素，而直到现在这种历史的考察似乎只是留给研究生物、社会和文化现象的其他科学用的。总之，确定一个状态是否可能是耗散结构，必须要考察它变化的历史。一个系统由线性近平衡区逐步发展（这时只有1个热力学解），经过分支点以后进入非线性区（这时可能有几个分支解），然后通过涨落发生突变，形成一个新的稳定的有序结构，这种结构才有可能成为耗散结构。因此，普里戈金十分强调“历史”的因素在他的理论体系中的重要性。在他看来，物理学要研究进化，耗散结构理论要考虑历史，只有这样才能和其他科学统一起来。于是，时间已不再是一个简单的运动的参量，而是在非平衡世界中内部进化的度量。

为此，普里戈金把物理学分为两大部分，即存在的物理学（*physics of being*）和演化的物理学（*physics of becoming*）。前者包括对时间可逆的经典力学和量子力学；后者研究热力学第二定律所描述的不可逆现象，从简单的热传导到复杂的生物自组织过程。并且，通过对不可逆过程微观理论和熵的研究，实现从存在到演化的过渡，从而把这两部分物理学统一起来。当前，对不可逆过程的宏观性质和微观机制的研究，已成为许多科学集体注意的中心。

普里戈金指出，对不可逆过程的研究表明，不可逆性是客观存在的，并不是由于碰到复杂系统时我们测量不精确而采用的附加的近似假定，反之，可逆过程才是一种科学的抽象。在不同的运动现象中，不可逆过程起着基本的建设性的作用。例如，化学反应系统就具有内在的不可逆性。在化学反应方程中，未来和过去是有区别的，可以说时间对称性在这个方程中从一开始就破缺了。不可逆性是一些重要的相干过程的基础，这一点在生物中表现尤为明显。现在，人们正在探索将不可逆性和经典力学、量子力学的可逆定律统一起来。虽然在这方面遇到了许多数学困难，但仍然发现不可逆过程的确也深深扎根于动力学之中。只要系统的复杂性达到足够的程度，例如在三体问题中，不可逆性同样遵循经典力学或量子力学定律。由此便可以把动力学纳入一种更为广泛的体系之内，得到一个超出经典力学和量子力学的微观表述。例如可以把经典力学中单个的轨道变成相空间中的分布函数，这中间就显示出了不可逆性的作用。

总之，正确分析和处理好时间的对称性和非对称性、可逆性和不可逆性的辩证关系，对于科学和哲学都具有重要的意义。正如普里戈金所说，凡是对文化和社会方面感兴趣的人，都必然这样或那样地面临着时间和变化规律的问题。反之，凡是对时间感兴趣的人，也不可避免地对我们时代的文化和社会变革发生兴趣。耗散结构理论为辩证唯物主义关于时间是一维的、它一去不再复返、“机不可失，时不再来”的观点，提供了新的自然科学的论据。