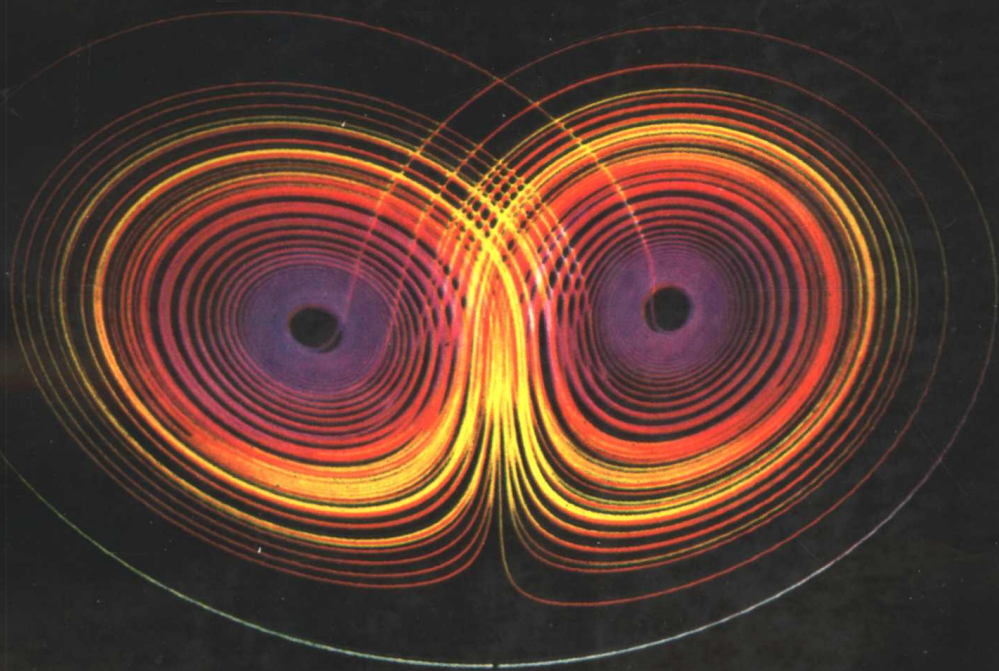


沈小峰

CHAOS FIRST OPEN

# 混沌初开

——自组织理论的哲学探索



沈小峰

混沌初开

CHAOS FIRST  
OPEN

# 混沌初开

自组织理论的哲学探索

沈小峰

北京师范大学出版社

(京) 新登字160号

混沌初开

——自组织理论的哲学探索

沈小峰

\*

北京师范大学出版社出版发行  
全国新华书店经销  
北京师范大学印刷厂印刷

---

开本：850×1168 1/32 印张：12.5 字数：309

1993年11月第1版

1993年11月第1次印刷

印数：1—2 000

---

ISBN7-303-02419-0/B·77

定价：(平) 9.20元

(精) 15.20元



## 作者小传

沈小峰（原名沈筱峰），男，1934年7月生，四川省巴县人。现任北京师范大学哲学系教授，北京师范大学非平衡系统研究所所长，中国自然辩证法研究会理事，北京自然辩证法研究会常务理事。

1956年毕业于北京师范大学物理系，1956~1958年在北京师范大学政教系哲学研究班进修，1958~1960年在中共中央高级党校自然辩证法研究班学习，毕业后回北师大，先后在政教系、教务处、学报、哲学系等单位从事自然辩证法教学与研究工作。

主要研究领域：自然辩证法基本理论、现代自然科学的哲学问题、物理学思想史等。近年来侧重交叉学科研究，主要研究自组织理论的哲学问题。

主要著作有：《物理学辩证内容概述》（与陈浩元等合著，人民教育出版社，1980）；《〈自然辩证法〉解说》（与吴廷涪、程为昭等合编，中国人民大学出版社，1982）；《自然辩证法范畴论》（与王德胜合著，北京师范大学出版社，1986，1990年出修订版）；《自然科学概论》（主编，河南科学技术出版社，1986）；《耗散结构论》（与胡岗、姜璐合著，上海人民出版社，1987）；《协同论》（与郭治安合著，山西经济出版社，1991）。主要译著有：《普利高津与耗散结构理论》（与湛垦华等编译，陕西科学技术出版社，1982）；《从存在到演化》（与曾庆宏等合译，上海科学技术出版社，1986）；《从混沌到有序》（与曾庆宏合译，上海译文出版社，1987）；《超循环论》（与曾国屏合译，上海译文出版社，1990）。主要论文有：《从科学史看真理标准》（与陈浩元合作，《人民日报》1978年8月10日）；《模糊数学中的哲学问题初探》（与汪培庄合

作,《哲学研究》1981年第5期);《耗散结构理论中的哲学问题》(《哲学研究》1982年第1期);《协同学与辩证法》(与郭治安合作,《大自然探索》1983年第1期);《试论自然辩证法的三个规律》(与王德胜合作,《北京师范大学学报(社会科学版)》1985年第6期);《关于混沌的哲学问题》(与姜璐、王德胜合作,《哲学研究》1988年第2期);《超循环论的哲学问题》(与曾国屏合作,《中国社会科学》1989年第4期)等。

在学术研究中,认为应做到:虚心学习,善于合作,取长补短,共同提高。

沈小峰

## 目 次

试论耗散结构理论中的哲学问题·····	(1)
耗散结构理论与社会生活·····	(34)
协同学与辩证法·····	(38)
试论系统工程与协同学的结合·····	(60)
超循环理论的哲学问题·····	(69)
相变理论和质变规律·····	(83)
关于混沌的哲学问题·····	(98)
从牛顿力学到混沌理论·····	(114)
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》·····	(118)
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·····	(120)
模糊数学中的哲学问题初探·····	(123)
*          *          *	
从科学史看真理的标准·····	(133)
逻辑证明与实践检验·····	(139)
爱因斯坦与哥本哈根学派·····	(150)
物理学发展史概述·····	(162)
关于“挑战”·····	(182)
*          *          *	
试论自然辩证法的范畴、规律、体系·····	(188)
谈谈对称性范畴·····	(211)
试论自然辩证法的三个规律·····	(215)

	*        *        *	
谈社会科学研究运用自然科学方法的几个问题·····		(234)
	*        *        *	
从简单到复杂		
— 简单巨系统的研究方法初探·····		(243)
普里戈金：一位热力学诗人·····		(263)
自组织理论和自然界的循环发展·····		(271)
	*        *        *	
物理学辩证内容概述·····		(279)
论系统的自组织演化·····		(342)
	*        *        *	
跋：合作之路·····		(361)
附录 1 已发表的著作目录·····		(376)
附录 2 已发表著作的英文目录·····		(385)



## Contents

On the Philosophical Problems in the Theory of Dissipative Structure .....	(1)
The Theory of Dissipative Structure and Social Life .....	(34)
Synergetics and Dialectics .....	(38)
On Systems Engineering in Combination With Synergetics .....	(60)
The Philosophical Problems of Hypercycle Theory .....	(69)
The Theory of Phase Transition and the Law of Qualitative Change .....	(83)
The Philosophical Problems about Chaos .....	(98)
From Newtonian Mechanics to the Theory of Chaos .....	(114)
Meeting New Revolution of Science and Towards New Concept of Nature .....	(118)
On the Way of Exploring Complexity .....	(120)
The Philosophical Problems in Fuzzy Mathematics .....	(123)
* * *	
On the Criterion of Truth ; From the History of Science .....	(133)
Logic Prove and Practice Judge .....	(139)
Einstein and Copenhagen School .....	(150)
The Outline of the Developmental History of Physics .....	(162)
About “the Challenge” .....	(182)
* * *	
On Categories, Laws and the System of Dialectics of Nature .....	
.....	(188)

About the Category of Symmetry .....	(211)
A Discussion of Three Laws of Dialectics of Nature .....	(215)
*           *           *	
Concerning a Few Questions about the Applications of Methods of Studying Natural Science While the Studying of Social Science ... .....	(234)
*           *           *	
From the Simple to the Complex	
----The Research Method About Simple Large System .....	(243)
I. Prigogine, A Poet on the Thermodynamics .....	(263)
The Theory of Self-organization and The Natural Circular Development .....	(271)
*           *           *	
Outline of Dialectic Contents in Physics .....	(279)
On Self—Organizational Evolution of System .....	(342)
*           *           *	
Epilogue: A Road of Cooperation .....	(361)
Appendix 1: Works and Articles Contents (Chinese) .....	(376)
Appendix 2: Works and Articles Contents (English) .....	(385)

## 试论耗散结论理论中的哲学问题\*

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<sup>①</sup>。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3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

---

\* 本文原载《科学前沿的哲学探索》,辽宁人民出版社,1983年。本文摘要刊登于《哲学研究》杂志1982年第1期,1983年由中国自然辩证法研究会评为优秀论文,《中国哲学年鉴》(1983)摘要转载。1987年获北京市哲学社会科学和政策研究优秀成果二等奖。

① 参见郝柏林:《谈谈统计物理学的对象和方法》,载《自然杂志》1980年第9期。

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年普利高津<sup>①</sup>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30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，产生了普利高津的耗散结构（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利高津于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

---

① 又译作普里戈金。

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,普利高津称之为耗散结构。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年尼科利斯和普利高津合写的关于耗散结构通过涨落达到有序的名著,题目就叫作《非平衡系统中的自组织》。

耗散结构理论10几年来有了很大发展。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。目前正在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年诺贝尔化学奖金。

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”<sup>①</sup>。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。普利高津在研究非平衡热力学和统计物理学过程中,同

---

<sup>①</sup> 爱因斯坦:《物理学、哲学和科学进步》,见《爱因斯坦文集》第1卷,商务印书馆1976年版,第519页。

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部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。普利高津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，它们的基本的物理定律，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，都奠基与通常与欧几里德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。普利高津指出，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 100 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。不久前，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 年诺贝尔物理学奖金。

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。玻尔兹曼也很强调演化的思想，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<sup>①</sup>。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表述。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

---

<sup>①</sup> 参见 I. Prigogine, *From Being to Becoming* (1979)。此处引用的是普利高津寄来的英文打印稿，以下凡此注均同。



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情况。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。

普利高津说，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，那末对  $C$  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，普利高津十分强调“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，普利高津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