

新学科知识小丛书



从混沌到有序

——协同学简介

王贵友 编著

湖北人民出版社

从混沌到有序

——协同学简介

王贵友 编著

湖北人民出版社

从混沌到有序

——协同学简介

王贵友 编著

湖北人民出版社出版、发行 新华书店湖北发行所经销
湖北人民出版社蒲圻印刷厂印刷

787×930毫米32开本 3.75印张 3插页 6.3万字

1987年12月第1版 1987年12月第1次印刷

印数：1—19 200

ISBN 7—216—00165—6/C·24

统一书号：3106·794 定价：0.82元

编者絮语

本丛书集合科学各界力量，以编、撰、译诸形式推出一系列介绍本世纪以来国内外兴起的各门新学科知识的读本。

本丛书替求知者打开一扇扇明净之窗，使你扩展视野，汲取新知识，开启新观念，永远跟上时代的脉动，更让你体会新奇世界的美。

本丛书以中等文化层次的青年为主要读者对象，选题侧重于与之思想、学习、生活相关较切的社会科学、自然科学以及两者融汇而成的新学科。任何一人，都可从中找到关切的问题。

本丛书力图减少读者的经济负担并便于阅读，故以通俗的知识性小册子形式出版。一门学科一册，每册字数一般不出五万。一册在手，你无论怎样繁忙，都可于片暇间将它阅读完毕。

本丛书无意采用学术著作的沉闷结构和过多使用专业性的术语，而尽量做到行文流畅、

6288/06

通俗生动，既具知识性，又备趣味性，你能读懂，也能感兴趣。

本丛书介绍各个学科的起源、发展、现状、流派及代表人物、研究对象、内容、方法等等。由于小的特点，它可有选择性地介绍尚未完全形成系统的新学科，以推动这些学科的进一步发展。

收藏这套丛书，若干年后你的书架将有光彩。

翻开这一页，你走向新天地。

湖北人民出版社青年编辑室

1987. 1. 6.

前 言

协 同学内容艰深、丰富，涉及到广泛的数学和自然科学部门。因此一般读者在阅读协同学文献时可能会感到困难，有的甚至会望而生畏。对于想了解其理论实质而又缺乏必要知识准备的读者，特别是一般哲学社会科学工作者，提供一本入门书是必要的，它将增进读者对这门新学科的认识和理解。

这本小书正是为了适应这种需要而编写的。它力求写得通俗易懂，能够为一般人所接受，为此就要尽可能地避免专门的数学—物理学语言。同时它又力求写得不走样，对基本概念、理论和方法的分析要尽可能准确。在内容的安排上，书中选择了与协同学内容有直接关系的最基础、最核心的部分加以重点讨论，力图写得清楚明白；有的部分虽然重要但技术性较强或者用得较少而不得不舍去。不过从总体上看，基本部分都已经有了，各章节的内容保持有一定的连贯性。书中例举了较多的例子，一是用以说明这门学科的广泛性，二是为了加深大家

对基本概念的理解。

哈肯教授两次来中国讲学，他的透彻的分析和翔实的论证使作者受到了很大的教益，亲身感受到了协同学理论的博大精深，及其对其它各门学科的重要意义。我希望与青年朋友们携起手来，在各自不同的领域中向着共同的目标前进。

由于作者知识水平的限制和时间的仓促，书中的缺点错误是不可避免的，希望专家们和一般读者们批评、指正。

1986. 12. 15

目 录

H. 哈肯与协同学	1
从日常生活中的现象谈起	9
封闭系统自动走向无序	11
从无序走向有序	15
自组织现象	21
系统的演化	33
新结构代替旧结构	36
系统演化中的偶然性和必然性	48
慢变量支配快变量	67
序参量	69
绝热消去法	75
协同作用	86

开辟广阔的天地	93
结构进化的类型	95
理论的推广	103
从有序到混沌	108

H · 哈肯与协同学



“协同学” (Synergetics) 一词来自希腊文，意思是协同作用的科学，即是关于系统中各个子系统之间相互竞争、相互合作的科学。协同学研究的是自然界和社会中的系统。所有的系统都可以分为若干个子系统，这些系统或子系统的类型是多种多样的，可以是原子、分子、细胞、动物、植物、动植物群体，也可以是机器、车间、工人、工厂、社会集团等等。所有系统的结构、特性和行为都不是其子系统的结构、特性和行为的简单或机械的总和。在一定条件下子系统之间往往是协同作用的，好象是有调节的、有目的的、自己组织起来的。子系统之间的相互作用和自组织行为对系统整体产生一种贡献，它使系统似乎成了“动”的或“活”的东西。令人惊奇的是，子系统之间的协同作用受相同原理的支配，而与子系统的性质无关。对这种一般原理的研究导致了协同学这门新兴学科的建立。

协同学的创始人 H·哈肯是联邦德国斯图加特

大学理论物理学教授。1951年，24岁的哈肯获得了厄兰根大学数学哲学博士学位，然后攻读理论物理，1956年任厄兰根大学理论物理学讲师。1960年哈肯担任斯图加特大学理论物理学教授，开始研究激光理论。哈肯教授在群论、固体物理学、激光物理学、非线性光学、理论物理学、化学反应模型等领域的研究都取得了丰硕的成果。特别是在激光理论研究中，他采用了与当时流行的朗道理论不同的方法，创造性地把统计学和动力学结合起来，建立了一套别具一格的激光理论，这使他在理论物理学界赢得了世界声誉。

对于远离平衡态的自组织系统来说，激光是一种典型事例。哈肯从激光理论出发，把在激光研究中得到的一般原理运用于解释其它自组织现象。他通过与流体力学中的贝纳不稳定性、台劳不稳定性，化学反应中的时空振荡图样，以及其它物理学、化学、生物学、生态学、经济学、社会学中的典型现象的类比分析；通过与热力学中的平衡相变的类比分析，发现了完全不同系统之间的惊人的类似性，认识到自组织系统的从无序到有序的演化，不论它们属于自然系统或社会系统，都是大量子系统之间协同作用的结果，都可以用类似的理论方案和某几种数学模型进行处理。得出了这类演化与子系统性质无关的结论。1977年他正式提出了协同的新概

念。他吸取了平衡相变理论的序参量概念和绝热消去的原理，采用概率论、随机理论建立起序参量演化的主方程，以信息论、控制论为基础解决了驱使有序结构形成的自组织理论的问题。1972年法国数学家托姆的专著《突变理论》正式出版。哈肯立即运用突变论的成果，在序参量存在势函数的情况下对序参量方程即对从无序到有序的演化进行了归类。由于以上一些工作，形成了协同学的理论框架。1977年他把1975年发表在《现代物理评论》上题为《远离热动平衡系统中的和非物理系统中的合作现象》一文扩充改写，出版了《协同学》一书。这标志着协同学的正式建立。

协同学最初只限于研究一个非平衡的开放系统在宏观尺度上是如何形成空间有序或时间有序的，可有些相变不仅仅是达到时空有序。于是，1978年哈肯发表了《协同学：最新趋势与发展》一文，把协同学的内容进一步扩大到功能有序，对远离平衡态的从无序到有序的转变作了更深入的探讨。1979年前后，哈肯又进一步研究了混沌现象，这里所说的混沌是指由决定性方程所描述的不规则运动。一个远离平衡态的开放系统，当外参量的变化达到某一阈值时可以从无序达到有序、从有序达到新的有序，但是当外参量继续增大而达到某种限度时，系统便从有序走向混沌。对这种混沌现象的研究使协同学

理论进入到一个纵深的阶段，它的内容进一步扩大了。哈肯在1981年发表的题为《20世纪80年代的物理思想》的论文中，把协同学运用于宇宙学领域，指出在宇宙系统中也呈现有序结构，也可以用协同学理论加以解释。这一切表明，无论是宇观系统，还是宏观和微观系统，只要它们是开放系统，就可 在一定的条件下呈现出非平衡的有序结构。因而，它们都可以成为协同学的研究内容。

协同学问世以来，得到了各方面、各学科科学者的普遍关注，大量跨学科的学者纷纷投入协同学理论和应用方面的研究，取得了丰硕的成果。不仅在激光、流体力学、化学反应中的时空振荡等研究领域有了成功的数学模型和处理方案。在隧道二极管、云层的形成、冲击波、聚合物中的非平衡相变、细长棒和平板的形变、地球和其它星体某些状态的变化、生物分子水平上有序结构的形成、人口动力学中人口结构的变化、社会集团的投资、舆论的形成等研究领域应用协同学的处理方案解决某些问题，也取得了可喜的成果。在各国各学科科学家的共同努力下，协同学理论正日趋完善，它的应用领域正逐步扩大。

1982年10月和1986年10月哈肯教授曾两次访华讲学，引起了我国学术界的极大兴趣。哈肯的《协同学》等被翻译介绍到我国，有关刊物发表了一系列

介绍协同学的文章。近几年来我国学者在学习和介绍协同学方面，在协同学的运用方面，作了不懈的努力，开展了许多有益的工作，取得了不少应用上的成果。随着我国学术界的深入研究和大力合作，协同学一定会为我国社会主义事业的繁荣昌盛作出更大的贡献。

