

复杂系统演化论

主编 顾泽贤 副主编 陈忠 胡皓



：人 民 大 学 出 版 社

复杂系统演化论

主 编 颜泽贤

副主编 陈 忠

胡 皓



科工委学院802 2 0016237 7

责任编辑：田士章
装帧设计：肖 辉
版式设计：孙爱英
责任校对：王 惠

图书在版编目(CIP)数据

复杂系统演化论 / 顾泽贤主编

FUZA XITONG YANHUA LUN

—北京：人民出版社，1993

ISBN 7-01-001647-X

I. 复……

II. 顾……

III. ①系统科学—概论②系统复杂性—系统演化
③系统演化—系统复杂性

VI.N94

人民出版社出版发行

(100706 北京朝阳门内大街166号)

新华印刷厂印刷 新华书店 发行所经销

1993 年12月第1版 1993 年12月北京第1次印刷

开本：850×1168 毫米 1/32 印张11.125

字数：250千字 印数：0—1500 册

定价：10.50元

前 言

我们正生活在一个大转变的年代。这一转变的重要标志是人与自然展开了一场新的对话，这场对话的实质是我们对自然的看法正经历着一个根本性的转变，它预示着人类科学研究进入了一个新的历史阶段。

作为这场对话的主要内容是系统科学的产生。在短短的几十年中，系统研究目前已是硕果累累、一片繁荣。各种系统理论不断发展成熟，新的系统理论相继破土而出。目前的系统研究正孕育着一场新的突破，一个以探索宏观领域的复杂性及其演化问题为核心的科学研究正在蓬勃兴起，各种系统理论正各自从不同的角度和侧面，有如各路大军一般，朝着一个共同的目标进行攻克：探索复杂系统及其演化。因此，建立一门能够全面地描述自然、社会和思维发展的综合性科学——复杂系统演化理论，既是系统研究的逻辑结果，也是科学发展的必然趋势。时代要求，势在必行。

作为科学探索的一个足迹，我们在前人工作的基础上，对复杂系统及其演化问题进行了初步探讨，在此基础上建构了一个理论框架。我们在建构整个复杂系统演化理论时，紧紧把握住学科的交叉性、理论的综合性、性质的中介性这一总的宗旨，以一种较严密的逻辑体系，对复杂系统演化的概念、判据、标度、条件、机制、过程、原理及哲学问题等都进行了较为深入而系统的探讨。这种探讨

既来源于各门具体的系统理论，又是对它们的概括与综合；它既介于自然科学与社会科学之间，又介于具体科学与哲学之间；既有较高层次的抽象与提升，又不流于纯粹的哲学思辨。

本书的逻辑框架、体系结构和著述大纲由主编、副主编确定。各章撰写作者依次为：第一章，颜泽贤、林明（华南师范大学）；第二章，王志康（广州体育学院），其中第二节“复杂性标度”一目由陈忠撰写；第三章，陈忠（上海师范大学）；第四章，张彦（南京大学）；第五章，李建华（中央党校）；第六章，吴德清（上海机械学院）；第七章，陈忠；第八章，胡皓（浙江大学）。全书初稿完成后，由主编、副主编统稿并提出修改意见，最后由颜泽贤定稿。

本书在撰写、出版过程中，得到了人民出版社田士章先生的热情支持，仅表诚挚谢意。

由于论题复杂、时间仓促，舛误偏颇，在所难免。尚祈各位行家，不吝斧正。

颜 泽 贤

一九九二年十一月 羊城

目 录

前言.....	(1)
第一章 引论.....	(1)
第一节 当代科学发展的历史性转变.....	(1)
一 宏观领域的科学大变革.....	(2)
二 从存在到演化.....	(3)
三 探索复杂性.....	(5)
第二节 人类智慧探索的千古之谜.....	(6)
一 “系统”与“演化”思想的产生.....	(7)
二 近代“系统”“演化”观.....	(9)
三 现代系统理论的创立.....	(12)
四 方兴未艾的系统演化研究.....	(14)
第三节 新的综合——复杂系统演化论.....	(20)
一 拉兹洛：广义进化.....	(21)
二 新的综合与抽象.....	(24)
三 理论建构的途径与内容.....	(26)
第二章 复杂系统及其演化.....	(29)
第一节 简单系统和复杂系统.....	(29)
一 简单事物和复杂事物.....	(30)
二 简单系统与复杂系统剖视.....	(32)

三 物质层次结构和两种多样性统一.....	(40)
四 进一步的根据：密码决定论.....	(43)
五 结论：复杂系统.....	(47)
第二节 复杂性.....	(47)
一 复杂性概念.....	(48)
二 复杂性的基本特征.....	(52)
三 复杂性标度.....	(58)
第三节 关于复杂系统演化的一般性论述.....	(63)
一 三种演化观.....	(63)
二 演化的含义.....	(66)
三 “中断”、延续以及演化的方向.....	(71)
四 演化“常数”及其意义.....	(74)
第三章 复杂系统演化的判据与标度.....	(78)
第一节 复杂系统演化的描述.....	(79)
一 系统演化方向的判定.....	(80)
二 系统演化进程的标度.....	(82)
三 演化速度与形态的刻划.....	(84)
四 演化的评价.....	(86)
五 多标度判据体系.....	(87)
第二节 复杂系统演化的方向判据.....	(87)
一 两类判据系统.....	(88)
二 三种演化方向.....	(90)
三 时间箭头.....	(92)
第三节 结构演化标度.....	(94)
一 系统结构的演化.....	(94)
二 熵概念和类熵标度.....	(95)

三 有序度标度.....	(100)
第四节 性能演化标度.....	(103)
一 性能的演化.....	(103)
二 响应标度.....	(106)
三 行为标度.....	(108)
四 序参量标度.....	(109)
第五节 形态演化标度.....	(112)
一 形态的演化.....	(113)
二 形态与拓扑量.....	(117)
三 形态的维数.....	(118)
第六节 信息演化标度.....	(121)
一 信息与系统演化.....	(121)
二 信息量标度.....	(124)
三 信息流量标度.....	(128)
 第四章 复杂系统演化的一般条件.....	(130)
第一节 边界条件与系统开放.....	(130)
一 从孤立到封闭.....	(131)
二 从封闭到开放.....	(134)
第二节 必要条件和远离平衡.....	(136)
一 从平衡到近平衡.....	(137)
二 从近平衡到远离平衡.....	(139)
三 系统演化的必要条件.....	(141)
第三节 充分条件与涨落耗散.....	(144)
一 从可积到不可积.....	(144)
二 从守恒到耗散.....	(146)
三 通过涨落达到有序.....	(151)

四 系统演化的内在根据·····	(155)
第四节 约束条件与系统控制·····	(160)
一 选择与合目的·····	(160)
二 控制参量的作用·····	(164)
三 合目的控制·····	(167)
第五章 复杂系统演化的机制·····	(170)
第一节 非线性相干机制·····	(170)
一 什么是非线性·····	(171)
二 非线性相干现象·····	(172)
三 非线性相干的实质·····	(173)
四 非线性相干在复杂系统演化中的作用·····	(175)
第二节 临界与分岔·····	(177)
一 临界分岔现象·····	(177)
二 分岔的基本类型和特点·····	(180)
三 分岔与复杂系统的演化·····	(183)
第三节 反馈与自稳定·····	(184)
一 自稳定系统·····	(185)
二 反馈机制·····	(186)
三 自复制机制·····	(189)
四 自稳定与复杂系统的演化·····	(190)
第四节 实现机制·····	(191)
一 突现的特点·····	(193)
二 突现的方式·····	(195)
三 突现在演化中的地位·····	(197)
第五节 选择与评价机制·····	(198)
一 演化理论中的两难问题·····	(198)
二 选择与评价机制的运行·····	(201)

三 选择评价机制的作用和意义	(204)
第六章 复杂系统演化的过程	(209)
第一节 系统演化过程的特征	(209)
一 不可逆的客观性	(209)
二 不可逆性的实质	(210)
第二节 演化中的自稳与自组过程	(212)
一 系统对环境的适应	(212)
二 系统演化中的自稳过程	(215)
三 系统演化的自重组过程	(217)
第三节 系统个体演化模式	(220)
一 系统的创生	(220)
二 系统的发展进化	(224)
三 系统的消亡	(227)
第四节 系统群体演化模式	(228)
一 群体序变模式	(229)
二 群体进化模式	(232)
三 群体生态模式	(236)
第五节 宇宙演化的逻辑	(240)
一 宇宙演化的起始	(241)
二 宇宙演化的连续统一	(241)
第七章 复杂系统演化的原理	(244)
第一节 系统演化的规律与原理	(244)
一 什么是规律?	(245)
二 演化原理的三个基点	(246)
三 系统演化原理的结构	(249)
第二节 趋极原理	(249)

一	一个被反复“发现”的古老原理·····	(250)
二	自然极值·····	(251)
三	极值态意味着什么? ·····	(252)
四	趋极原理的方法论启示·····	(256)
第三节	层次化原理·····	(256)
一	复杂系统的层次结构·····	(257)
二	分层的过程与原则·····	(261)
第四节	质朴原理·····	(264)
一	边界与系统演化·····	(264)
二	系统起源与“边界的边界为零”·····	(266)
三	系统消亡于边界的崩溃·····	(269)
第五节	自相似性原理·····	(269)
一	演化中的自相似性·····	(269)
二	自相似的起源·····	(272)
三	自相似的意义·····	(273)
第六节	不完全性原理·····	(276)
一	系统的完整性与不完全性·····	(277)
二	“自耦合”是系统演化的“发动机”·····	(281)
第七节	役使与协同原理·····	(284)
一	系统中的约束与协同·····	(285)
二	协同与役使的起源·····	(286)
三	役使的意义·····	(289)
四	役使原理的方法·····	(290)
第八章	复杂系统演化研究中的哲学问题·····	(293)
第一节	独立性与关联性·····	(291)
一	相互关系: 相对独立性与绝对关联性的共时性统一·····	(291)

二	包含支配与从属地位转换在内的历时性统一·····	(299)
三	客体模型的进化·····	(303)
第二节	必然性与偶然性·····	(307)
一	演化趋势：相对必然性与绝对偶然性的共时性统一·····	(307)
二	包含支配与从属地位转换在内的历时性统一·····	(311)
三	因果观念的进化·····	(314)
第三节	简单性与复杂性·····	(320)
一	客体本质：相对简单性与绝对复杂性的共时性统一·····	(320)
二	包含支配与从属地位转换在内的历时性统一·····	(324)
三	世界图景的转换·····	(325)
四	精确性与复杂性·····	(328)
第四节	整合悖论与新时代精神·····	(331)
一	无矛盾性与完备性·····	(332)
二	对悖论的整合·····	(334)
三	时代精神：从分裂到整合·····	(337)
四	系统思维：新时代精神的精华·····	(339)

第一章 引 论

科学,究其实质是人与自然的对话。不同的历史时期,有不同的对话方式和内容。近代科学在其诞生的三百年中,曾激起了人与自然之间一场极富成果的对话,在人类历史上写下了许多壮丽篇章,但同时也留下了许多严重后果。今天,我们正生活在一个大转变的年代,为了与大自然建立一种真正协同的共存关系,人与自然必须开展一场新的对话。这场对话的实质是“我们对自然的看法正经历着一个根本性的转变,即转向多重性、暂时性和复杂性。”^①这场对话的展开,正预示着人类的认识活动进入了一个新的历史阶段,一个以探索宏观领域的复杂性及其演化问题为核心的科学研究正在蓬勃兴起,且呈现出方兴未艾之势。而建立一门综合的复杂系统演化理论,乃是历史之必然,时代之要求,势在必行。

第一节 当代科学发展的历史性转变

自近代以来,科学不但以指数增长的速度向前发展,同时也经历了几次科学革命。每一次科学革命,都导致人类思想上的一次

① 普里高津、斯唐热:《从混沌到有序》,上海译文出版社1987年版,第26页。

重大变革。20世纪40年代以来，以系统科学为主要代表的一系列新兴学科的产生，标志着人类科学研究又进入了一个新的历史时期，科学发展正经历着一场历史性转变。跟以往几次重大科学革命一样，这次科学变革，也伴随着人类对客观世界本质认识的变革，伴随着人类思维的大变革。诸如人类认识领域从微观宇观又重新回到宏观，人类思维方式从简单性到复杂性，从可逆性到不可逆性，从存在到演化，从决定论到非决定论，从线性到非线性等等，都向人们展示了一幅全新的图景，也正是在这幅图景中，展示着一门新的学科——复杂系统演化理论的诞生。

一 宏观领域的科学大变革

以往的科学观点普遍地认为，进入了20世纪，人类的认识迅速向深度和广度进军，其主要标志是相对论和量子力学的革命。狭义相对论开拓了高速运动领域，广义相对论开拓了宇观领域，而量子力学则开拓了微观领域。这样一来，就给人们造成了一种错觉，认为宏观领域经过长时期的科学开垦，似乎功德圆满，自然定律驰骋的疆域似乎已尽收眼底，而不大可能再有什么突破性的进展了。正如耗散结构的创始人普里高津(I. Prigogine)所描述的，“几年前如果有人问一位物理学家，物理学能使我们解释什么，哪些问题还悬而未决，那么他会回答说，我们显然还不能确切地认识基本粒子或宇宙进化，但我们对介于这两者之间的事物的认识却是令人相当满意的。”^①然而，普里高津接着指出：“今天，正在成长起来的少数派（我们就属于这一派）是不能分享这种乐观主义的：我们只是刚

^① 普里高津、斯唐热：《从混沌到有序》，上海译文出版社1987年版，第27页。

刚开始认识自然的这个层次,即我们所生活的层次。”^①

的确,在我们所生活、所熟悉的这个宏观层次上,一些基本问题还远远没有得到解决,我们还可能做出轰轰烈烈的事业,就如同当年爱因斯坦、玻尔所做的事业那样。当然,宏观领域的事业,是针对经典科学的局限性而言的。经典科学探索的主要对象是宏观领域,而自本世纪下半叶以来,随着人类探索世界的不断深入,经典科学在宏观领域上遇到了越来越多的、几乎无法克服的困难,暴露了它在解释宏观世界的许多基本观点上存在着严重的局限性,使得在宏观领域上开展一场新的革命成为科学发展的必然。

总之,当代科学革命正在一切领域和一切层次上进行着。除了本世纪初相对论和量子力学为主要标志的宇观领域和微观领域的革命外,目前,以系统科学和复杂系统演化理论为主要标志的宏观领域的科学变革正在兴起。

二 从存在到演化

科学更新在很大程度上是重新发现时间的历史,所以时间概念在科学的发展中一直占有非常重要的地位。对于经典科学来说,自然界没有任何时间的演化,没有产生和消亡,其核心就是时间的可逆性。普里高津指出,自牛顿以后,物理学“建立了现实的无时间层次的学问,相对论和量子力学带来的思想上的伟大变革,并未从根本上改变经典物理学的这种状况。”^②的确,在牛顿方程、爱因斯坦(Einstein)方程和薛定谔(Schrödinger)方程中,对时间的反演($t \rightarrow -t$)具有对称性,它既可以说明过去,又可以决定未来,过去和未来完全遵从相同的规律,即具有可逆性。在经典科学中,如果说

① 普里高津、斯唐热:《从混沌到有序》,上海译文出版社1987年版,第28页。

② 尼科利斯、普里高津:《探索复杂性》,四川出版社1986年版,第216页。

有什么变化,也仅仅是加速和减速,主要体现在加速度方面,与时间箭头无关。

经典科学中没有时间的观点是与简单性思想密切相关的,也是近代科学的一个重要传统,它跟大多数社会科学和人文科学中普遍存在时间方向性的观点相冲突,跟我们的现实世界相分离。所以近代科学是作为一种矛盾的情况——作为自然的世界和作为历史的世界而离开我们的。其实,早在19世纪,热力学第二定律和达尔文(Darwin)的生物进化论,都揭示了不可逆性的存在,但这些观点在近代科学发展中未产生什么重要影响,因此,直到本世纪上半叶,时间方向性问题仍被忽视。

然而,现代物理学、现代宇宙学等等学科的发展,不断地揭示了客观世界各个不同层次上的不可逆性过程。普里高津在研究非平衡态热力学时发现,“时间单向性”是普遍存在的现象,时间不仅仅是力学方程中的一个参量,而且也是物质的属性。普里高津认为,不可逆性不是知识的不完备性或错觉等造成的幻影,而是自然界过程的基本要素。他指出:我们“正越来越多地觉察到这样的事实,即在所有的层次上,从基本粒子到宇宙学,随机性和不可逆性起着越来越大的作用”。^①“在所有层次上不可逆性都是有序的源泉,不可逆性是使有序从混沌中产生的机制。”^②耗散结构理论就是研究远离平衡态的开放系统,是如何从无序状态中产生有序的。

普里高津第一次把物理学分为存在物理学和演化物理学两大部分,经典科学代表的是一种静态的科学,从整体上讲,既无进化,也无退化,即无演化,是一种关于存在的物理学。现代物理学的发展已将研究重点转移到对演化问题的上面,演化成为当今科学的

① 普里高津、斯唐热:《从混沌到有序》,上海译文出版社1987年版,第27页。

② 同上,第349页。

一个热点问题。

三 探索复杂性

普里高津认为,相信现实世界的简单性,是从德谟克利特(Demokritos)以来在西方科学中形成的基本信念。古希腊时期,这种信念以世界统一、和谐的思想形式,以直观、猜测、朴素的表达方式反映了当时人们对自然界中客观存在的简单性的认识。而从牛顿奠定经典力学开始的整个近代科学,则把现实世界简单性的信念完全彻底地确立起来,并成为人们研究客观世界、探索自然界奥秘的指导思想、观点和方法,成为科学研究者的一种追求。可以说,世界的简单性信念是近代科学研究的重要传统和发展动力之一,这种传统并一直延续到20世纪初。

从本世纪上半叶开始,随着人类认识水平的提高,科学的迅速发展,简单性观念和方法受到了不断的冲击。

首先,量子力学等微观物理学已向人们揭示,那些组成世界的所谓基本元素,正在一天天地被证明是越来越复杂的,“基本粒子”并不基本,它显出内在的结构和结构中的差异,即显出巨大的复杂性。此时,正如普里高津所说的,“微观的简单性”这一古老的格言再也不适用了。“微观世界是简单的”信念首告破灭。其次,人们在原以为已功德圆满、基本定律已一清二楚的宏观领域中,猛然发现,科学所认识清楚的东西是那么的一小部分,还有太多太多的与人类休戚相关的现象过程远未被了解,一些基本问题远未得到解答。所谓的简单系统、简单过程并不简单。在宏观领域,现代科学所面临的将是简单性思想和方法无法处理的复杂的对象。再次,在有机生命界,在人类社会领域,其复杂性早已不言而喻。它们所表现出来的复杂过程和复杂程度,根本不能用简单性和简单方法