

 系统科学与
系统管理丛书

S^An Introduction to
Systems Science

系统科学导论

——复杂性探索

颜泽贤 范冬萍 张华夏 著



人民教育出版社



系统科学与
系统管理丛书

*An Introduction to
Systems Science*

系统科学导论

——复杂性探索

颜泽贤 范冬萍 张华夏 著



人民教育出版社

责任编辑:喻 阳
文字编辑:田士章
封面设计:肖 辉
版式设计:顾杰珍

图书在版编目(CIP)数据

系统科学导论——复杂性探索/颜泽贤、范冬萍、张华夏著.
—北京:人民出版社,2006.9
(系统科学与系统管理丛书/颜泽贤主编)
ISBN 7-01-005691-9

I. 系… II. ①颜…②范…③张… III. 系统科学
IV. N94

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 075066 号

系统科学导论

XITONG KEXUE DAOLUN

——复杂性探索

颜泽贤 范冬萍 张华夏 著

人民出版社 出版发行

(100706 北京朝阳门内大街 166 号)

北京瑞古冠中印刷厂印刷 新华书店经销

2006 年 9 月第 1 版 2006 年 9 月北京第 1 次印刷

开本:710 毫米×1000 毫米 1/16 印张:31.75

字数:491 千字 印数:0,001-3,500 册

ISBN 7-01-005691-9 定价:49.00 元

邮购地址 100706 北京朝阳门内大街 166 号

人民东方图书销售中心 电话 (010)65250042 65289539



作者简介

颜泽贤，现任广东省社会科学界联合会主席，华南师范大学教授、博士生导师，中国复杂性与系统科学哲学研究会理事长，广东省科协副主席，广东省自然辩证法研究会会长等；曾任原苏联基辅大学高级访问学者、华南师范大学校长。主要研究领域：系统科学与系统管理。主要代表作有：《复杂系统演化论》（人民出版社）、《现代系统理论》（香港三联书店）、《耗散结构与系统演化》（福建人民出版社）等。

范冬萍，华南师范大学公共管理学院副院长；科学技术哲学博士、教授；全国复杂性与系统科学哲学研究会副秘书长；中华全国青年联合会第十届委员会委员。主要研究领域：系统科学哲学与系统管理；科技伦理。

张华夏，中山大学哲学系教授，华南师范大学公共管理学院客座教授。曾任英国阿伯丁大学研究员。现任中国系统科学研究会副会长。已出版著作有：《物质系统论》（1987）、《系统工程方法与管理战略决策》（1996）、《系统观念与哲学探索》（2004）、《现代科学与伦理世界》（1999）。



系统科学与系统管理丛书

●《系统科学导论——复杂性探索》

颜泽贤 范冬萍 张华夏 著

○《复杂系统管理研究——管理理念的变革》

颜泽贤 著

○《复杂系统突现论——复杂性科学与哲学的视野》

范冬萍 著

○《社会可持续发展的系统进路与对策研究》

颜泽贤等 著

○《道德哲学与经济系统分析》

张华夏 著

总 序

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社会、人与自然之间展开了一场新的对话。这场对话的内容之一是系统科学的产生和复杂性探索的兴起。

20 世纪 40 年代以来,以系统科学和复杂性探索为主要代表的新兴学科的产生,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。和以往几次重大科学革命一样,这次科学变革也将改变世界的科学图景,革新传统的科学认识和方法,引起科学思维方式的重大变革。

系统科学和复杂性探索相生相伴、共同发展,成为当今世界科学发展的前沿和热点,甚至被称为“21 世纪的科学”。这一领域的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,新的复杂性探索正在逐步深化。在这群雄并起、学派纷争的系统复杂性探索中,我们认为,其研究进路大致在四个层面展开:第一,在各门具体科学层面或特定领域中的系统复杂性研究,这既是各门具体科学研究的重大课题,也是系统复杂性研究的重要阵地。第二,以跨学科、交叉性的研究进路,探讨不同复杂系统之间的共性,建构系统复杂性突现和演化的一般性理论和思维范式。这不仅是系统复杂性研究的核心目标和宗旨,而且也代表了整个科学发展的一个重要趋势。第三,从哲学的层面对系统复杂性的一般理论进行提升和抽象,以期建构一个相对形而上的概念体系和逻辑框架,为认识客观世界提供一种新的视角。由此,系统科学的哲学研究是科学哲学的一个具有挑战性的新课题。第四,将系统复杂性理论和方法应用于解决现实的复杂问题,特别是组织管理系统问题,是系统复杂性研究的一个重要领域和进路。系统复杂性与系统管理相交叉的综合研究,不仅会为管理

科学带来范式性的变革,而且也为系统复杂性研究提供了独特的发展资源。

事实表明,系统复杂性研究乃是一个生机勃勃、纷繁复杂、充满挑战和机遇的领域。有人认为,正如伽利略为牛顿建立简单系统理论铺平了道路一样,目前,建立复杂系统理论的研究纲领和统一范式正处于一个需要“牛顿”出现的“伽利略”时代。因此,我们要在这个领域开展有效的研究,逐步形成一个具有相对共识的研究纲领,就需要“立足本土、紧盯前沿,海纳百川、继承创新,扎扎实实、默默耕耘”,用系统复杂性方法来指导系统复杂性研究。我们以为,首先,要切实追踪和把握系统科学和复杂性探索的前沿和趋势,系统搜索和重点研读国内外相关理论著作,特别是得到国际学界认可的重要著作和教材,并对其中某些学科、学派的观点进行深入研究和推介。其次,在这一基础上力图按上述四个层面的进路,包括系统思想、系统理论、系统方法、系统哲学、系统应用等,展开扎扎实实的研究,特别要把构建一个与当代这一领域研究成果相适应的、有我们自己特色的关于系统科学和复杂性的理论框架及其应用作为奋斗目标。其三,加强与国际国内学术界同行的合作与交流,加强学术对接与对话,逐步形成具有共识的研究纲领和统一范式,进而形成这一领域的研究共同体和“学派”。人们期待并相信,复杂系统理论的“牛顿”终将会出现。

为了反映近年来我们这一小小的研究共同体在这一领域耕耘的成果,我们组织编辑了《系统科学与系统管理丛书》。首批将出版五本专著。这批著作以系统科学和复杂性探索前沿理论研究为核心,既有推介国外有影响的系统复杂性研究的翻译著作,也有我们自己的研究成果和心得;既有适用于高等学校的系统科学教材,也有我们对系统复杂性的理论和应用进行研究的学术性专著;既有复杂性探索的基础理论,也有复杂性方法的应用研究。无论是哪个层面的研究成果,我们都要求它们既坚持理论性和学术性,又顾及普及性和读者群;既具有国际性和前瞻性,又保持特色性和创新性。我们打算以此《丛书》建构自身的生长基点,探求进一步的发展形式;我们也期望本《丛书》是一个开放的学术平台,能得到国内同行的关注与支持。坚持下去,渐成规模,形成特色,产生效应,为中国的系统科学研究和复杂性探索贡献绵薄之力!

感谢研究共同体中的学长、同仁及我的学生们的积极参与！
感谢人民出版社的鼎力支持！

颜 泽 贤

2004 年 6 月于羊城

前言

托马斯·库恩(Thomas S. Kuhn)曾经一再强调一本教科书对于表达一门科学的范式的重要性。他说:“一种新理论总是同它在某一具体自然现象领域的应用一起产生的;离开应用,理论不会被人们接受。被接受以后,这种相关应用就随着理论一起进入教科书,未来的工作者即由此而学到他们的专业。……这个过程一直贯穿到从大学一年级到通过博士论文。”^①另一方面,“有了一本教科书,科学工作者就可以从教科书达不到的地方开始研究,从而可以高度集中到科学界所关心的最微妙、最深奥的自然现象中去。”^②现在系统科学已被公认为是一种科学的新范式。因此,一本好的系统科学教材,对于概括系统科学的成果、表达系统科学的范式、推动系统科学的发展至关重要。

本书的三位作者,虽来自不同的工作单位(张华夏为中山大学教授,颜泽贤和范冬萍为华南师范大学教授),有着不同的专业背景(颜泽贤原所学专业是物理学,张华夏原所学专业是经济学,范冬萍原所学专业是生物学),但后来以读研究生、出国进修等“选择”与“被选择”,都拢到了科学技术哲学这个“大口袋”里,虽被看做是“搞专业半途而废,搞哲学半路出家”的一类,但又造成了我们进行跨学科研究的有利条件。正是“系统科学”,使我们结下了不解之缘,形成了一个小小的“共同体”。从20世纪80年代起,我们在中国的系统运动中,也开始被运动。颜泽贤1987年著有《耗散结构与系统演化》(福建人民出版社),1991年主编《教育系统论》(河南教育出版社),1993年发表《现代系统理论》(三联书店(香港)有限公司),同年

① Thomas S. Kuhn, *The Structure of Scientific Revolutions*. The University of Chicago Press, 1962, p. 46.

② *ibid.*, p. 20.

出版《复杂系统演化论》(人民出版社)等。张华夏 1987 年著有《物质系统论》(浙江人民出版社),1997 年编有《系统工程方法与管理战略决策》(中国和平出版社),2003 年著有《系统观念与哲学探索》(中山大学出版社)等。范冬萍 2001 年运用系统思想写作了《生命天书的挑战——人类基因组计划的伦理思考》(香港二十一世纪,第 63 期),2003 年主编了《基因与伦理——来自人类自身的挑战》一书(羊城晚报出版社),并在该书中撰写了“人类基因组计划的整体论思维”等章节。她的博士学位论文《复杂系统突现的动力学机理》,收集、整理和评价了大量有关复杂系统科学的国外最新文献。可以说,20 多年来我们持续地对系统科学进行了学习与研究。

进入 21 世纪,基于上述库恩思想的启发和教学科研的需求,小小“共同体”产生了一个阶段性的工作目标——编写一本系统科学的教科书。于是从 2001 年开始,我们便在国内和国外普查和寻找最新的系统科学教科书。我们发现全世界许多系统科学系、管理科学系,甚至计算机科学系都正在编写系统科学教科书。于是,上十本教科书陆续地摆在我们的面前,我们从英国选择了一本,又从美国选择了一本作为教材在硕士生和博士生中进行讲授,可是效果并不令人满意,可能是因为不太适合中国学生的知识背景和学术传统的缘故。于是我们便力图以博取各家之长、融会贯通、建自己体系的工作思路,编写一本适合中国读者的系统科学导论。

我们首先反复讨论写作大纲,这些大纲详细到每一小节需要写一些什么内容,以防止分工写作后发生重复或脱节。这个写作大纲便是我们合作的社会契约。因为我们非常明白,当集体编写一本教材时,每个人都有一个脑,不存在一个集体的脑。只有不断地协调才能使得编写的成果前后逻辑一贯,结构严整。

在本书编写过程中,作为讨论的共识和成果,我们合作写过一系列论文。包括颜泽贤、张华夏:《进化的系统哲学和我们的研究纲领》;(《自然辩证法研究》2003 年第 9 期);范冬萍:《系统哲学的新探索》(同上);范冬萍、张华夏:《复杂系统的目的性与深层生态伦理》(《学术研究》2003 年第 3 期);张华夏、颜泽贤、范冬萍:《价值系统控制论》(《广东社会科学》2003 年第 4 期);颜泽贤、范冬萍:《复杂性探索:理论与价值》(载《新世纪,新思维》,中国财政经济出版社 2004 年版);范冬萍、张华夏:《突现理论:历史与前沿——复杂性科学与哲学的考察》,(《自然辩证法研究》2005 年第 6

期);张华夏、颜泽贤、范冬萍:《系统科学研究社会合作的几种进路》(2005年第九届全国系统科学学术研讨会论文);范冬萍、张华夏:《系统分类的新视野》(《自然辩证法通讯》2005年第6期);张华夏、范冬萍等合译威廉·鲍威尔的《感知控制论》(广东高教出版社2004年版);张华夏、颜泽贤、范冬萍:《感知控制论》(2004年哲学与认知科学国际研讨会文集);张华夏、颜泽贤、范冬萍:“Some Axiological Interpretations of PCT”(美国控制论系统研究会2003年洛杉矶国际会议论文);张华夏:“PCT in China”和范冬萍、颜泽贤:“The Cybernetics Of Value Systems”(美国控制论系统研究会2004年芝加哥国际会议论文)。特别是2005年我们在《哲学研究》科学哲学栏目上发表了一组论文:颜泽贤的《突现问题研究的一种新进路——从动力学机制看》,范冬萍的《论突现性质的下向因果关系——回应 Jaewon Kim 对下向因果关系的反驳》,张华夏的《兼容与超越还原论的研究纲领——理清近年来有关还原论的哲学争论》(均见《哲学研究》2005年第7期)。以上这些论文从一个侧面表现了我们三人进行复杂性和系统科学及其哲学问题研究的合作状况。这本教材进一步拓展了我们的合作研究。对于本书,我们三人的贡献是同样的,三人中的任何一个人,没有其他二人的帮助都是不可能写出这本书的。我们之间在写作本书过程中经过了无数次的讨论,每次讨论无论是取得了一致的意见,还是进行了必要的妥协,都是对问题的一种较好的解决,或者是提出了新的问题。由此自己修改或互相修改稿子,以至于我们没有可能和必要指出那一章那一节是由谁或者按谁的意见执笔写成的。在此,我们三人只能互相表示感谢。

本书在编写过程中,除参考了半个世纪以来系统科学最基本的文献外(这些文献我们大多数看过,也有一部分尚未看完),我们还着重参考了下列一些最新教科书和电子教材:①G. 克勒尔(G. J. Klir)的《系统科学面观》第二版(2001);现任国际系统科学学会会长、英国霍尔大学管理系统专业教授 M. 杰克逊(Michael C. Jackson)的《系统思考》(2003)和《管理的系

① 关于系统科学的基本文献,海里津(F. Heylighen)、图琴(V. Turchin)和约翰逊(A. Joslyn)的网站 Principia Cybernetica. 开列了一个精选的清单。克勒尔(G. J. Klir)在《系统科学面观》一书第二部分选编了37篇重要论文。英国霍尔大学米德格里(Gerald Midgley of University of Hull)主持的国际编委会于2003年编辑了四卷本《系统思维》,收集了包括波格丹诺夫著作在内的系统科学基本著作选读共1664页。

统进路》(2000);英国系统科学家福罗特(Robert L. Flood)教授与英国城市大学系统科学教授卡逊(Ewart R. Carson)合著的《处理复杂性——系统科学理论与应用引论》第二版(1993);美国雅虎研究实验室创始人、微软公司计算机专家和圣菲访问研究员弗拉克(Gary William Flake)博士编写的《自然界的计算美:分形、混沌、复杂系统和适应性探索》第四版(2001);瑞士卢梭大学克里格(David J. Krieger)博士等人编写的电子教材《系统科学引论》(2005);英国曼彻斯特计算机专家卢卡锡(Chris Lucas)等人编写的电子教材《自组织系统的复杂性与人工生命研究》(2005);琼斯(J. D. Jones)编写的《混沌——计算机运行教材》(2003)以及海里津、图琴和约翰逊主编的《控制论原理》(Principia Cybernetica)网站的研究纲领(2005)^①。本教材在写作过程中广泛地参考和引用了这些教材和网页。这种引用,除了在本书正文中做了注明之外,在此特向这些文献的作者表示感谢。

本书初稿完成后,武汉大学桂起权教授通读了全书并提出许多宝贵意见。中国社会科学院金吾伦教授、朱葆伟教授、清华大学吴彤教授、中山大学张志林教授以及华南师大陈晓平教授阅读了本书某些部分或参加了本书写作过程的讨论,他们都提出了很好的意见。在此特向他们表示衷心的感谢。

张立洪讲师和张本祥研究员参加了本书前期的编写工作,并对写作提出了许多宝贵意见,我们表示衷心感谢。闫旭辉老师,王东、马步广等博士生以及张珍等硕士生翻译了部分英文文献,加快了我們了解和理解相关文献的速度,我们一并表示感谢。

最后,感谢人民出版社的鼎力支持!

① 以上文献的英文原名及出处,参见本教材后面的参考文献。

目 录

前 言	001
-----------	-----

第一编 导 论

第1章 绪 论	003
1.1 系统科学的研究对象、特点和体系	003
1.2 系统科学的意义和地位	009
1.3 本书的建构理念与体系结构	013
第2章 系统运动	020
2.1 历史上的系统观念和系统思想	020
2.2 系统运动的根源	025
2.3 系统科学的发展	033
2.4 复杂系统科学研究的流派、进路与展望	054

第二编 一般系统论

第3章 系统概念	069
3.1 系统及其元素与结构	069
3.2 系统的环境与功能	077
3.3 系统的状态和状态的变化	083
3.4 系统的稳定性	091
第4章 系统思想	097
4.1 突现与整体性原理	097
4.2 系统的等级层次结构	110
4.3 通讯与信息	119

4.4	控制与调节	128
4.5	进化与自组织	138
第5章	系统方法	151
5.1	系统科学与跨学科研究方法	151
5.2	还原与上索,层次分析与综合	157
5.3	功能分析与黑箱方法	165
5.4	隐喻、类比与模型	180

第三编 复杂系统总论

第6章	系统复杂性	199
6.1	复杂性的概念	199
6.2	复杂性的基本特征	202
6.3	复杂性的度量:描述的复杂性和计算复杂性	209
6.4	布莱曼计算极限	215
6.5	复杂性形成的离散动力学分析	217
6.6	结构功能的复杂性及其增长	231
第7章	混沌与动力系统	240
7.1	叠代与吸引子	242
7.2	相控图、分叉与层叠	250
7.3	分形	258
7.4	动力系统与混沌吸引子	273

第四编 复杂系统分论

第8章	系统进化控制论	291
8.1	控制与元系统跃迁	293
8.2	进化的阶梯与倒数第二层分叉增长规律	298
8.3	感知控制的概念	307
8.4	人类认知的 11 个层次	312
8.5	应用	320

第9章 系统自组织理论	331
9.1 自组织的概念和经典案例	331
9.2 自组织的条件与机制:远离平衡态开放系统中的非线性 相关	341
9.3 涨落、分叉与协同作用	348
9.4 自主行动主体之间的自组织	361
第10章 复杂适应系统理论	370
10.1 适应性的概念	370
10.2 适应性行动主体	377
10.3 模拟适应性行动主体建模功能的分类系统	380
10.4 遗传算法	389
10.5 复杂系统的适应性受约束生成过程	398
 第五编 复杂系统管理理论	
第11章 复杂系统管理思想	405
11.1 当代组织管理理论中的系统思想	406
11.2 活系统模型及其组织控制观	414
11.3 复杂性与管理	430
第12章 复杂系统管理方法	436
12.1 硬系统方法	437
12.2 软系统方法的理论与实践	445
12.3 批判的系统思想方法	451
 后 语	459
参考文献	466
索 引	480

 Contents

Foreword	001
----------------	-----

Part One Introduction

Chapter I Prelude	003
--------------------------------	------------

I. 1 The Object, Properties and Frame of Systems Science ...	003
I. 2 The Significance and Status of Systems Science	009
I. 3 The Guiding Principle and Structure of the Book	013

Chapter II System Movement	020
---	------------

II. 1 System Concepts and Systems Thinking in History	020
II. 2 The Source of System Movement	025
II. 3 The Development of Systems Science	033
II. 4 Schools, Approaches and the Future of Complex Systems Science	054

Part Two General System Theory

Chapter III System Concepts	069
--	------------

III. 1 System, its Elements and Structure	069
III. 2 The Environment and Function of Systems	077
III. 3 States of Systems and Their Variation	083
III. 4 The Stability of Systems	091

Chapter IV System Thinking	097
---	------------

IV. 1 Emergence and Holistic Principle	097
--	-----

IV. 2	Hierachical Structure of Systems	110
IV. 3	Communication and Information	119
IV. 4	Control and Regulation	128
IV. 5	Evolution and Self – organization	138
Chapter V	System Method	151
V. 1	Systems Science and Cross – disciplinary Studies	151
V. 2	Reduction vs Upduction, Analysis and Synthesis of Levels	157
V. 3	Functional Analysis and Black Box Method	165
V. 4	Metaphor, Analogy and Modeling	180

Part Three The General Theory of Complex Systems

Chapter VI	System Complexity	199
VI. 1	The Concept of Complexity	199
VI. 2	Basic Characteristics of Complexitiy	202
VI. 3	The Measurement of Complexity	209
VI. 4	Bremermann's Computational Limit	215
VI. 5	Discrete Dynamic Analysis of the Formation of Complexity	217
VI. 6	Stuctural and Functional Complexity and Its Growth	231
Chapter VII	Chaos and Dynamic System	240
VII. 1	Iteration and Attractor	242
VII. 2	Phase Control Maps, Bifurcation and Cascade	250
VII. 3	Fractal	258
VII. 4	Dynamic System and Chaotic Attractor	273

Part Four The Special Theory of Complex Systems

Chapter VIII	The Cybernetics of System Evolution	291
---------------------	--	------------