

系统学原理 (第二版)

高隆昌 著



科学出版社
www.sciencep.com

系统学原理

(第二版)

高隆昌 著

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书在第一版的基础上修订再版,在通有理论的基础上给出了极为广泛的空间原理、二象对偶原理和能量原理,然后综合运用这些原理来认识系统环境,系统间关系的耗散、协同并整合出系统的若干基本规律,还站在数学的角度,对系统学作出了较为系统的认识和解释,除了在第一版基础上作出了语言修饰和修订,以及将部分内容删除外,还增加了一些近年来在系统学研究中的主要成果,特别是:对时序系统作出一个系统学的分析和认识。

本书可作为高等院校应用数学各专业本科生和管理科学、社会科学专业的研究生教材,也可供广大科学工作者阅读参考。

图书在版编目(CIP)数据

系统学原理/高隆昌著. —2版. —北京:科学出版社, 2010

ISBN 978-7-03-029207-0

I. 系… II. 高… III. 系统科学-研究生-教材 IV. N941

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 199157 号

责任编辑:王丽平 房 阳/责任校对:陈玉凤

责任印制:钱玉芬/封面设计:王 浩

科学出版社 出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

铭浩彩色印务有限公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2005年7月第 一 版 开本:B5(720×1000)

2010年10月第 二 版 印张:17 1/4

2010年10月第三次印刷 字数:328 000

印数:1~2 000

定价:48.00元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

第二版前言

本书自 2005 年 7 月出版以来,承蒙广大读者厚爱,虽然先后重印了两次,仍很快告罄.当编辑先生告诉本人这一信息时,激起我拟将近年来新的工作和体会充实到书中去的想法.没想到原以为几个月内就可以完成的任务中途因电子版的丢失、“5·12”汶川大地震影响等拖了两年才完成,实为抱歉.

在此第二版中总的精神是保持原有内容和风格不变,即在充分理解系统本质的基础上,运用自己几十年蓄积起来的“数理思维”和“大自然观”去作出尽量直观的描述.本版仅在原有基础上作出一些语言修饰和内容充实、增补,共增加了约三分之一的篇幅.具体表现在三个方面:

一方面是在重新通读全书的过程中将一些较为涩口的地方作了一定的文笔加工,另一方面是就近年来在本书使用和系统学研究中得到的主要成果或思想充实到有关内容中来,共增加了 6 个节、段;再一方面是增加了一章(第二版第 7 章)内容,主要是对时序系统作出了一个系统学的分析和认识.

在本版中仍然把主要的数学叙述内容集中到了最后一章去,以便更多读者能够更为顺利地读下去.但也能看到,在我们通篇哲学思辨式的叙述中也一直伴随着一种“数理思维”,这点对于理工出身的读者应该是容易接受的,即使对于一些文科出身的读者也希望不要回避它.因为从长远讲,数理思维修养甚至包括数理修养都将是所有科学工作者必备的能力.

简单说来,数理思维就是把数学公式及其内容上升到以科技实践和社会实践为背景的思想层次上来.具体说是指,在思考和描述问题时有意识地、更多地去使用数学、物理等自然科学中的术语、概念和方法,特别是它提升到思想层次上来的方法论.

此外,想借此再次强调一下本书的一个基本特征,以利阅读:

本书对系统的最为基本的思维方法是自己的“大自然观”(主要记于文献 [4]).这一思想发端于自己对数学的一些理解和体会(主要记于文献 [2]).不过在本书中对这方面思想的叙述是自成一体的,主要体现在第 2~4 章,原则上不必先读文献 [2],[4] 即可读懂.

总体说来“大自然观”的基本特征是首先对极限的客观世界作出一个自治的认识,然后再“居高临下”地来考察现实世界.

具体说来“大自然观”可归为(数理思维下的)空间观、能量观、和谐观、二象观等“四观”。“空间观”的特点是需要来一个空间意识上的突破,亦即不要把系统

空间仅理解为看得到、感觉得到的这一直观层次,而是也存在着(注意“存在”不等于实证)感觉不到甚至连仪器也检测不到的所谓“超空间”层次。

“能量观”的特点是承认整个客观世界都是能量构成的,这些能量不仅是多级别的,也是多层次的。不仅知道万紫千红的客观世界莫非能量的不同形式,也要理解到还有很多看不到的“实在”也是这同一个原本看不到的“能量”在起作用。

至于“和谐观”,有两个含义,一个是针对大自然(终极的客观世界)需要意识到,在上述基础上从最深邃、最抽象层次到眼前最现实、最直观层次,根本上说来应该存在一个“自洽”的、“合情”的,也就是协同的、和谐的结构。另一个是对于任一复杂系统,其均衡概念不能生硬套用简单系统的均衡概念,应该承认多层次间的一种相对平衡即为均衡。这也是一种“中庸观”。

最后是“二象观”,即对任一系统能够习惯性地从“二象论(第3章)”角度去观察它。

当其综合运用上述思想于一般系统分析时,即形成了本书分析问题“由高到低、由远及近、由宏到微”的视角特色。

容易看到,原来这也是属于东方思维的从宏观、整体、抽象去看问题的视角特征。当其再结合到系统科学既有理论和观点上来时,便会显得具有一种居高临下之势,有一种更为有力、更有深度的感觉。谨此共勉。

注:本版在加工过程中得到西南交通大学经济管理学院高增安教授的多方面支持与帮助,特此表示衷心谢意。

作 者

2009年夏于成都

第一版前言

产生自 50 年前的“系统 (system)”这一概念是极为广泛而深刻的,它意味着具有 $1+1=2$ 哲学特征的机械论时代的结束,代之以具有 $1+1>2$ 哲学特征的、融汇自然科学与社会科学的探索广袤世界的系统科学时代的到来。如今系统概念、系统方法和系统思维已越来越成为广大知识界的基本思维工具,也特别切合东方人的思维特征。这更进一步刺激了系统科学往纵深方向的发展。本书将直接在系统概念下进一步探索“系统”的基本规律、基本原理和本质特征,也就是既要认识“系统学”(概念见 1.1 节)也要在“系统学”的意义下对其作出进一步地探索。但鉴于“系统学”的优越特征,不可就事论事,必须站得更高,从更高的视角出发引入新的原理、新的思想方法或新的突破性思维,否则将难以完成任务。也就是说,我们在探索“系统学”的同时也要探索它的机理、本质,试图再回答一个为什么,因此把它叫做《系统学原理》。

《系统学原理》也以中国系统工程学会组织编写的《系统科学》教程和《系统科学与复杂性研究》、《系统科学与工程研究》等既有的系列著作为基础。希望通过本册在广泛意义下对“系统”作出的探讨和分析,能有助于读者进一步树立起“系统科学方法论”,甚至说是个“方法论体系”。这也将直接有助于读者适应当今软科学、非线性科学、复杂性科学以及管理科学时代对它的科学工作者的要求。例如,为适应当今的市场、社会、经济、管理和国际化形势,需要的是新的理念、新的创意、新的点子,这不是套用既有方法可成的,即使工程技术上的创新也正在软化、柔化、非线性化,难度越来越大。总之,时代急需它的科学工作者增强悟性,提高能力。为此,加强系统科学修养,特别是系统学修养将是十分重要的。但在今天似乎这类著作还比较少见,特此抛砖引玉,希望能对读者起到一些促进作用,也希望能得到学界同仁的批评指正。

本书虽然自成体系,但鉴于系统概念及有关基本知识已普及,我们将把重心放在思想的启发和本质的探讨上。本书的另一特点是尽量多用系统思维、数学思维,而尽量少用数学语言,因为即使在数学中也是思想第一的。为防止把读者的思维过多地吸引到公式中去,我们一方面把系统的数学描述尽量集中到最后一章,同时也在第 1 ~ 10 章中尽量启用直观、直觉、定性分析和合情推理方法。首先树立一套便于运用的方法论,然后用以开辟一个广袤的世界观。这是因为定性分析也可以深入地揭示事物本质,只要有足够的方法论和思维工具即可,包括数学思维也是一种方法论。

此外,在叙述中有些思想不忌多次地从不同角度提到,说明它的重要性.也不妨说,书中多处提到的一些新问题都还大有继续探讨的余地,但愿它能引起更多读者的兴趣.

本书的直接对象是各类科学工作者,包括应用数学各专业学生和管理科学、社会科学的研究生以及一般年轻的科学工作者,本书可作为他们的教材或参考书.一般说大专以上文化水平的读者都可以读懂,当然至于感悟的深浅将因人而异.总之,希望不同层次的读者都能从中得到自己的收获,自然学历越高,年龄越成熟、思考越多者将领悟越深.

本书(第二版)在通有理论介绍(绪论)的基础上给出了极为广泛的空间原理(第2章),二象对偶原理(第3章)和能量原理(第4章),然后综合运用这些原理来认识、理解系统整体(第5章)、系统环境(第6章)、时序系统(第7章)、系统间关系和系统的耗散、协同(第8,9章)并整合出系统的若干基本定律(第10章),最后(第11章)站在数学角度,对系统学作出了较为系统的认识和解释,希望它能直接有助于读者提高数学思维、建模思维和定量描述的能力.本书第2~4章思想也可参阅文献[2],[4].

在此感谢北京航空航天大学李心灿教授、四川大学张世清教授、江苏大学田立新教授、昆明理工大学李继彬教授、上海交通大学徐飞教授、西南交通大学郑凯峰教授、西南财经大学李伟博士等对本书的鼓励与支持,感谢西南交通大学出版基金的资助,特别感谢美国龙脉集团公司邓作栋博士与作者进行切磋与交流,特别感谢中国系统科学与系统工程学会理事长、中国科学院陈光亚教授和副理事长、中国科学院武汉分院范文涛教授的热情鼓励与支持.特别可惜范文涛教授曾主动表示愿为本书写序,后因暂时身体原因和出版在即而搁下了.

作 者

2004 年冬于成都

目 录

第二版前言

第一版前言

第 1 章 绪论	1
1.1 有关概念及其特征分析	1
1.1.1 系统	1
1.1.2 系统科学、系统学与系统论	2
1.1.3 系统学原理	4
1.1.4 系统学原理与方法论	5
1.1.5 系统工程	6
1.1.6 两个图示	7
1.2 系统科学简顾	9
1.2.1 30~40 年代: 系统认识论时期 (概念形成期)	9
1.2.2 40~60 年代: 系统论时期 (运筹学时期)	9
1.2.3 60~70 年代: 系统学时期 (动力系统时期)	11
1.2.4 80 年代以来: 系统学原理 (方法论时期)	14
1.2.5 我国系统科学研究简况	15
第 2 章 系统空间原理: 突破意识上的空间障碍	17
2.1 小序	17
2.2 从绝对时空到相对时空的层层突破	18
2.2.1 20 世纪以前: 绝对时空时代	18
2.2.2 20 世纪初以来: 相对时空时代	19
2.3 物理空间到欧氏空间的自然推广	21
2.3.1 物理空间的特征认识	21
2.3.2 推广到欧氏空间	22
2.4 空间概念的继续推广	24
2.4.1 非欧空间: 对平直空间的推广	24
2.4.2 事物空间: 空间元素的推广	26
2.5 物理空间思考: 空间思维的应用	29
2.5.1 从物理空间层次谈起	30
2.5.2 一个自然的问题	30

2.5.3 元空间：一个猜测	31
2.6 系统关系空间论	32
2.6.1 系统结构关系及其空间实质	32
2.6.2 系统的逻辑关系及其背景空间	33
2.6.3 系统的完备性与悖论机制	34
附录 再看系统空间	35
第 3 章 系统学“二象”对偶原理	37
3.1 物质“二象”论	37
3.1.1 关于光的实质之争	37
3.1.2 量子论之争与微观世界复杂性的实质	38
3.1.3 “二象”结构在物质系统中的普遍性	39
3.2 “对立统一”论与对偶空间论	40
3.2.1 “对立统一”论	40
3.2.2 “对偶空间”论	41
3.2.3 “属性空间”及其对偶空间特征	42
3.3 “三论”归一：二象对偶论	43
3.3.1 “三论”的统一性	43
3.3.2 二象间的性质	44
3.3.3 “二象”的复合与复合二象论	47
3.3.4 “对偶”概念再认识	48
3.4 完全系统及其在数学系统中的表现	51
3.4.1 完全系统	51
3.4.2 数学模型中的完全系统观	52
3.5 二象观点看世界 I：2/3 原理	55
3.5.1 2/3 原理的引入	55
3.5.2 2/3 原理及其社会性特征	57
3.5.3 2/3 原理的“对偶”论认识	58
3.6 二象观点看世界 II：一组应用实例	59
3.6.1 经济与金融的关系	59
3.6.2 经济管理的二象认识	60
3.6.3 一组例示	60
3.7 二象观点看世界 III：网络系统论	62
3.7.1 网络系统的“虚、实”二象特征	62
3.7.2 网络系统中的联络特征	63
3.7.3 通信网络系统的“扁平化”、线性化特征	63

3.7.4	网络系统涵存的非线性性	64
3.7.5	网络的经济意义和社会意义	64
3.7.6	网络经济的泡沫机制与 1/3 原理	65
3.7.7	网络的数学原理	65
3.7.8	网络的“节点”泛议	65
第 4 章	系统的能量原理：广义能量论	67
4.1	人类认识能量的基本过程掠影	67
4.1.1	自然能的自然利用时期	67
4.1.2	机械能：能量技术开创时期	67
4.1.3	热能、化学能与场能：开发猛涨期	68
4.1.4	物质能：能量概念一大突破	68
4.1.5	结构能到组织能：系统论一大贡献	69
4.2	元空间基本能猜测	70
4.2.1	基本能猜测	70
4.2.2	基本能的性质	71
4.2.3	基本能猜测的意义	72
4.3	生物能、精神场能、信息能与非能	72
4.3.1	生物能与有机能	72
4.3.2	精神场能与思维意识	73
4.3.3	属性非能、纯粹时空非能	73
4.3.4	信息与信息能	74
4.4	社会系统能	76
4.4.1	商品能	76
4.4.2	人才能	77
4.4.3	组织能与管理能	79
4.5	广义能量原理及其应用	79
4.5.1	广义能量原理	79
4.5.2	广义能特征罗列	80
4.5.3	系统能与自由能	80
4.5.4	大自然与世界人：一个简化模型的能量思考	81
4.5.5	绳端原理：能量原理的又一应用例	82
第 5 章	系统整体与功能：树立系统结构观	86
5.1	系统研究总体简顾	86
5.2	系统整体论	87
5.3	系统层次结构与分形述评	91

5.3.1	系统产生层次的机制	92
5.3.2	系统层级间区别与联系	92
5.3.3	分形论述评	93
5.4	系统功能论	95
5.4.1	系统功能随规模而增长	95
5.4.2	系统功能随结构而优化	96
5.4.3	系统: $1 + 1 = \alpha 2 (\alpha \in \mathbf{R}(\text{实数}))$ 问题及其机理	96
5.4.4	一个应用例: 系统优势函数与实施	99
5.4.5	系统的功能制约: 木桶三原理	103
5.4.6	系统“能动”性与部门间功能的互补性	105
5.5	规模效应及其机理	106
5.5.1	规模效应的特征	106
5.5.2	规模效应对应着系统非线性功能的突显效应	108
5.5.3	系统越复杂、越高级, 规模效应越凸出	109
5.6	涌现及其进一步解释	109
5.6.1	涌现与能动	109
5.6.2	涌现的机理 I: 对偶二象的互动生成	110
5.6.3	涌现的机理 II: 来自内环境	111
5.7	突变论及其推广	111
5.7.1	关于经典突变论	112
5.7.2	关于时序系统的突变情形	113
5.7.3	广义突变论的提出	116
附录	系统的主次量原理	117
	一、主次量原理	117
	二、主次量原理应用	120
第 6 章	系统界域与环境论	123
6.1	内外环境论	123
6.1.1	系统及其环境: 系统的开放性	123
6.1.2	系统内环境	124
6.1.3	系统外环境及其结构特征	126
6.1.4	系统与其环境的生克关系	128
6.1.5	系统对其环境的适应与统一性	129
6.2	邻域系统论	130
6.2.1	系统的邻域及与环境的区别	130
6.2.2	邻域系统概念的建立	131

6.2.3 邻域系统基本性质	132
6.2.4 邻域系统管理	132
6.3 系统边界论	133
6.3.1 系统边界的过渡特征, 系统的分类与原理解释	134
6.3.2 系统边界的出入特征与系统开放性	135
6.3.3 边界势与边界空间	136
6.3.4 系统边界重域论	138
6.4 大系统与矩阵原理	140
第 7 章 时间系统学	144
7.1 小序	144
7.1.1 时间是什么	144
7.1.2 运动与时间	144
7.1.3 系统与运动	145
7.2 时序系统论	145
7.2.1 实践中的时序系统	146
7.2.2 模量分析中的时序系统	146
7.2.3 统计学中的时序性	147
7.2.4 预测学中的时序性	147
7.2.5 时序问题的实质	148
7.3 逻辑系统论	149
7.3.1 逻辑是典型的时序问题	149
7.3.2 数学语言中的逻辑	149
7.3.3 计算机语言中的逻辑	150
7.4 系统演化与进化	150
7.4.1 系统演化	151
7.4.2 系统和谐与可持续	152
7.4.3 系统进化	153
7.5 控制系统论	153
7.5.1 控制系统及其“二象论”机制	153
7.5.2 系统过程的自控与它控机制	154
7.5.3 系统控制机理 1: 轨道迁移原理	155
7.5.4 系统控制机理 2: 弱循环原理	155
7.6 例: 人对环境的动态适应	156
7.6.1 小议	156
7.6.2 关于适应的含义	157

7.6.3 机遇论	158
7.6.4 一个人生社会轨迹的粗略描述	159
第 8 章 系统间关系论	160
8.1 两系统间关系 I: 合作关系	160
8.2 两系统间关系 II: 博弈关系	162
8.3 两系统间关系 III: 竞争关系	162
8.4 两系统间关系 IV: 冲突关系	163
8.5 两系统间关系 V: 综论	163
8.6 多系统间关系	165
第 9 章 系统耗散与协同再认识	168
9.1 自由能与系统涨落	169
9.1.1 开放系统及其均衡性	169
9.1.2 自由能与系统远离均衡态	170
9.1.3 系统涨落机制	171
9.1.4 多层系统涨落效应及其复杂性	172
9.2 自组织论	173
9.2.1 系统涨落与自由能的升华和序化	173
9.2.2 能量耗散与自组织	174
9.2.3 系统进化与新的均衡	176
9.3 他组织与管理原理	178
9.3.1 他组织及与自组织的本质区别	178
9.3.2 他组织与管理原理	179
9.3.3 管理系统目标控制原理	180
9.4 协同机理及与耗散论的比较认识	181
9.4.1 序参量及其来源	182
9.4.2 序参量竞争与支配原理	182
9.4.3 协同的机理	183
9.4.4 协同学与耗散论的根本区别	184
9.4.5 耗散、管理、协同三类“自组织”及其比较特征	185
9.5 系统的均衡、复杂与混沌再认识	186
9.5.1 系统均衡再认识	186
9.5.2 系统的复杂性	188
9.5.3 系统的混沌	189
9.6 系统组织发展机理探讨	190
9.6.1 结构、组织与余空间	190

9.6.2 最小成本原理	191
9.6.3 系统组织的最优化	192
9.6.4 系统管理的发生机制	193
第 10 章 系统学基本定律	194
10.1 系统能量定律	194
10.1.1 系统储能定律	194
10.1.2 系统能量交流定律	195
10.1.3 系统管理定律	196
10.1.4 系统创新、发展定律	197
10.2 系统复杂性定律	198
10.2.1 来自组织结构的复杂性	198
10.2.2 来自系统空间的复杂性	199
10.2.3 来自主观的复杂性	200
10.2.4 社会复杂性	200
10.2.5 社会复杂性之源	201
10.3 适当意义下系统并不复杂	203
第 11 章 系统学: $y = F(x, A)$	205
11.1 $y = F(x, A)$ 再认识	205
11.1.1 $y = F(x, A)$ 的系统学认识	205
11.1.2 $y = F(x, A)$ 再认识	208
11.2 logistic 方程认识	210
11.2.1 关于 $y = F(x, A)$ 的建模	210
11.2.2 $y = F(x)$ 建模的一种计量方法	212
11.2.3 离散方程到迭代方程的突破	215
11.2.4 迭代方程到虫口方程	217
11.3 离散动力系统特征简述	219
11.3.1 单峰曲线及其迭代映射曲线族	219
11.3.2 不动点的特征	221
11.3.3 动力系统轨道特征	222
11.3.4 关于一般的一维离散动力系统	223
11.4 混沌动力系统初步	225
11.4.1 关于混沌的定义	225
11.4.2 混沌动力系统几个主要特征	226
11.4.3 混沌动力系统的判定	228
11.4.4 一个存在混沌的经济模型讨论	229

11.4.5 一点注记: 关于非一维动力系统及其混沌	230
11.5 logistic 曲线论	233
11.5.1 从一般动力系统到连续动力系统	233
11.5.2 logistic 曲线 (L - 曲线) 认识	234
11.5.3 L - 曲线与 L - 迭代轨道区别与联系	236
11.5.4 L - 曲线再认识	238
11.5.5 又一例: $2/3$ 原理的数学认识	241
11.5.6 管理动力系统	244
11.6 L - 曲线进一步推广: 二维动力系统	245
11.6.1 竞争系统与互惠系统	245
11.6.2 竞争 (互惠) 动力系统及与博弈论的关系	246
11.6.3 二维动力系统的标准型	248
11.6.4 二维 (连续) 动力系统 “定性” 分析初步	249
11.6.5 二维竞争系统与 logistic 曲线的关系	252
11.6.6 对偶二象间演化特征描述	254
11.6.7 状态空间, 升维系统与状态最优	256
参考文献	259

第1章 绪 论

1.1 有关概念及其特征分析

本节首先对几个有关概念及其比较特征作一简要交代,以利对本书宗旨的理解.

1.1.1 系统

仅常见的系统定义就有很多种,因此它并不统一,也没必要去统一.因为它属于描述性定义,不像公理化定义(如微分、积分定义)那样,一切理论都需要建立在它上面.描述性定义仅为了陈述概念以利交流,加上系统概念的极其广泛性,存在从不同角度去强调其特征的差异总是难免的.不过总的说来,同一概念的不同定义总是大同小异,只要弄清了一个定义,见到其他说法时也就容易明白了.我们最欣赏的系统定义是建立在集合基础上的.

定义 1.1(集合、基元、空间、元素) 由两个以上乃至无穷(可数或不可数)多个基本元素(简称基元)构成的整体叫做集合.集合有时也叫做空间,在未表明是什么空间时,通常所说的“空间”也就是一个一般集合,在此意义下两者通用.当集合空间非0维(非离散点集)时,每一整数维对应于一个独立的变动元素,简称元素或变元.

定义 1.2(系统) 简单说,对任一对象,当其把它看成是有内容的时候,它就是一个系统.具体说来,系统是这样的一种集合,它存在目标、元素、关系,简称“三元组”.进一步说系统是其元素或元素组为着一个或一组共同的目标而作出贡献、发生关系,且/或与其环境发生关系.这样的系统也叫做简单系统.系统各元素都有个“变域”,所有变域的“乘积空间”叫做系统空间.从这一意义上又可以说系统是其“系统空间”中变动着的“状态”.

要解释的是,实践中一个系统的“元素”、“目标”和“关系”等分别都存在着很多种情形,因而可产生很多种进一步的系统概念.例如,其中的“元素”是个抽象概念,具体可表示单位、部门、要素、变元、因素等.特别应注意到元素是系统空间的独立变元,应与系统空间作为集合时的“基元”相区别.同时元素概念适应面广,既可以是机器的也可以是无机的,既可以是自然的也可以是人为的、社会的、精神的,既可以是抽象的也可以是实在的,既可以是宏伟的也可以是微细的,由此足见系统概念的广泛性了.同时,例如,一个系统中由元素构成的子集合还可能形成所谓“子

系统(有自己的目标但与系统总目标不矛盾者)”,把含有子系统的系统叫做**复合系统**.所有子系统的(子)目标也可作为(上层)元素而构成(上一层次的)子系统,把这样多层复合的总系统叫做**多层系统**.例如,社会上任一组织系统都是这样的系统.

另外,“目标”也是个抽象的概念,包括对所考察对象的制约以及系统的标志、核心乃至概念本身皆可作为目标.换句话说,只要是维系其所有元素的事物,不管它是实在的,还是非实在的,这里都把它叫做相应系统的目标.例如,一个组织系统的核心机构和一个细胞系统的功能等,都可以作为目标来讨论它所维系的系统.同时,目标也是非常态的,对应于系统在其系统空间中的演变,其目标也可以变,也有一个变域.取常量的目标只是目标的一种特例和约束.特别在同一系统中元素间还可能存在并满足多个目标,这时把它叫做多目标系统.

至于“关系”的含义就更为丰富了.首先说这种关系(包括与环境的关系)是围绕着系统的共同目标来谈的.从哲学(绝对)意义上讲,客观世界一切事物间都存在关系(或叫联系),因此局限到任一系统来说其元素间的关系将是各种各样的.例如,元素间的关系可以是不对称的,元素两两间的关系也可能不同,如层次关系、序关系(包括网络关系、逻辑关系)、同级关系、合作关系、竞争关系等.又如,元素间有一种(抽象的)相对“位置”也是一种关系,并且严格说来,它们又是随着时间而不断改变着的.任一时刻,系统元素间的相对位置都决定着系统的一个“状态”.

严格说系统状态是随时间而变的,并且这种“改变”的方式也很多,有演变、嬗变、流变等等.当研究系统状态或其元素随时间的改变规律时,该系统叫做**动态系统**.进一步,当系统的状态不可人为地再现时(如不可实验室地重复产生等),该系统叫做**不可逆系统**;系统状态不可用线性模型作出满意模拟时,该系统叫做**非线性系统**;在人为模拟操作中,不可忽视其随机性和模糊性的系统叫做**不确定性系统**.

据此把存在不可逆性、非线性或不确定性等“三性”或三性之一的系统叫做**复杂系统**.特别当一个复杂系统的元素“很”多(巨)或结构层次“很”多,并且元素的自由度很高时,叫做**复杂巨系统**.例如,有机系统、社会系统,甚至物质系统,当其考虑的层次适当深或结构适当精细时,都将成为复杂巨系统.反之,当一个系统既不复杂也不巨大时,可叫做**简单系统**.

以上仅仅是系统概念的初步,真正对它的全面认识和领悟,只能随着本书内容的进展来逐步完成.换句话说,系统概念在我们脑子里的真正形成不可能一次到位,而只能在系统的知识学习和本质理解中互动式、自学习式地去完成.

1.1.2 系统科学、系统学与系统论

1. 学科与科学

按流行的用法,一门“学科”是指科学研究中某一分支方向或某一局部领域的研究及其成果,如信息论或系统仿真即是一门学科.