



普通高等学校管理科学与工程类学科专业主干课程教材

系统工程导论

教育部高等学校管理科学与工程类学科教学指导委员会 组编
陈宏民 主编



高等教育出版社
HIGHER EDUCATION PRESS



普通高等学校管理科学与工程类学科专业主干课程教材

系统工程导论

教育部高等学校管理科学与工程类学科教学指导委员会 组编
陈宏民 主编



高等教育出版社
Higher Education Press

内容简介

本书主要涵盖系统与系统工程的基本概念、系统工程方法论和一些常用的系统工程方法,如系统建模方法、系统分析方法、系统评价方法、系统仿真方法。全书主要以社会经济系统为叙述、分析、研究对象,以真实的案例、编者的实际研究和人们日常生活、工作所涉及的系统问题为题,阐述如何开展系统工程的学习和应用,帮助学生更好地理解系统工程的思想、程序和方法。本书在不同章节中吸收了系统工程前辈们有关系统工程实践的体会和经验,它对提高学生系统工程的素养有很大帮助。本书在概念上力求清晰明了,在每种方法讲解中注重系统问题的要素、相互关系、工作程序,注意事项的论述,使读者可以较容易地学习与掌握。

本书主要是为管理科学本科专业编写的,同时可作为管理科学与工程及管理学科下属各本科专业有关系统工程方面的教材或教学参考书,也可以作为社会、经济工作者的自学教材。

图书在版编目(CIP)数据

系统工程导论/陈宏民主编;教育部高等学校管理科学与工程类学科教学指导委员会组编. —北京:高等教育出版社,2006.4

ISBN 7-04-019278-0

I. 系... II. ①陈... ②教... III. 系统工程-高等学校-教材 IV. N945

中国版本图书馆CIP数据核字(2006)第025751号

策划编辑 童宁 责任编辑 黄静 封面设计 王凌波 责任绘图 朱静
版式设计 张岚 责任校对 俞声佳 责任印制 陈伟光

出版发行	高等教育出版社	购书热线	010-58581118
社址	北京市西城区德外大街4号	免费咨询	800-810-0598
邮政编码	100011	网址	http://www.hep.edu.cn
总机	010-58581000		http://www.hep.com.cn
		网上订购	http://www.landracom.com
			http://www.landracom.com.cn
经销	蓝色畅想图书发行有限公司	畅想教育	http://www.widedu.com
印刷	北京民族印刷厂		
开本	787×960 1/16	版次	2006年4月第1版
印张	18	印次	2006年4月第1次印刷
字数	330 000	定价	23.00元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

物料号 19278-00

总 前 言

为适应我国经济社会发展需要,保证高等学校管理科学与工程类本科专业人才培养基本质量,我司委托高等学校管理科学与工程类学科教学指导委员会对管理科学与工程类四个本科专业:工程管理、工业工程、信息管理与信息系统、管理科学专业的教学内容和课程体系等问题进行系统研究,确定了上述四个专业的核心课程和专业主干课程,提出了这些课程的教学基本要求(经济学课程建议采用工商管理类的宏观经济学和微观经济学的教学基本要求),并编写相应教材。各门课程的教学基本要求及相应教材由高等教育出版社2004年秋季陆续出版,供各高等学校选用。

教育部高等教育司

2004年9月

前 言

在 2004 年年会上，教育部管理科学与工程类学科教学指导委员会确定“系统工程”为管理科学专业主干课，并委托上海交通大学编写“系统工程”的教材。因此本书是为管理科学本科专业编写的。

编者所在单位上海交通大学管理学院管理科学与工程系的前身是上海交通大学系统工程研究所，它是我国开展系统工程研究最早的高等学校系所之一，也是最早获得系统工程硕士、博士学位授予权和获准建设博士后流动站的单位，它的系统工程学科是上海市重点学科和国家重点学科。编者长期从事系统工程理论与应用研究，从事不同层次系统工程领域的教学工作，如为硕士生开设了“系统工程方法与技术”、“系统仿真”，为 MBA 开设了“管理中的系统方法”，为本科生开设了“系统工程导论”等课程，积累了大量的教学和科研经验以及系统工程案例，尤其是社会经济系统方面的案例，这些为本书的编写奠定了较好的基础。

本书共分七章。

第一章 序言，介绍系统工程产生的背景、发展史、我国系统工程的发展以及系统工程在我国社会经济发展中的作用。

第二章 系统与系统工程，从定义、性质、特点、内容等角度介绍了系统与系统的概念，重点介绍了社会经济系统的八大特点。

第三章 系统工程方法论，阐述了系统工程方法与方法论、处理复杂系统的基本观点，分别介绍了霍尔、切克兰德、物理-人理-事理、综合集成、螺旋式推进和系统方法。

第四章 系统建模方法，介绍了系统模型概念和系统建模方法，阐述了静态与动态模型，离散与连续模型以及从简单到复杂的系统建模。

第五章 系统分析方法，介绍了系统分析的定义、作用、内容与步骤，叙述了系统环境、系统目标、系统结构分析和系统定性定量分析方法。

第六章 系统评价方法，介绍了系统评价的基本概念、指标建立、数量化和综合方法，重点介绍了可能满意度方法、层次分析法和模糊综合评价方法。

第七章 系统仿真方法，介绍了系统仿真的基本概念、分类及其方法，重点介绍了连续系统仿真、离散事件系统仿真。

本书内容为 40 学时授课量，每章配有一定量的习题和思考题，教师可根据实际情况，适度增减部分教学内容。

本书由上海交通大学陈宏民担任主编，负责设计本书篇章架构，并执笔第一、二章，邹礼瑞编写第三至六章，蒋馥编写第七章。最后由陈宏民修改、统稿。本书在编写过程中，得到了王浣尘、吴健中、沈惠璋、张明柱教授的帮助，刘建宁、陈建科老师撰写了第四、第五章的大部分内容，孙秀艳、于长锐、李欣、胡雯瑾、朱莉丽、曹玉婷、张郎等同学为教材提供了案例和资料，在此表示衷心的感谢。由于系统工程是一门新兴学科，很多问题还没有取得共识，且涉及面广，编者水平有限，书中错漏之处在所难免，敬请读者批评指正。

编者

2006 年 1 月

目 录

第一章 序言	1
1.1 系统工程产生的背景	1
1.1.1 系统工程的起源	1
1.1.2 推动系统工程发展的重要理论	4
1.2 系统工程发展简史	6
1.3 我国系统工程的发展	7
1.3.1 我国古代朴素系统观念的自发应用	7
1.3.2 钱学森对我国系统工程发展的贡献	9
1.3.3 我国系统工程发展的几个阶段	10
1.4 系统工程在我国社会经济发展中的作用	12
习题与思考题	13
第二章 系统与系统工程	15
2.1 系统的概念	15
2.1.1 关于系统的定义	15
2.1.2 要素与系统的关系	18
2.1.3 系统的基本性质	20
2.1.4 系统的数学表示	23
2.1.5 系统的分类	24
2.1.6 系统研究的内容	25
2.2 系统的概念	29
2.2.1 关于系统工程的定义	29
2.2.2 系统工程的学科性质与特点	30
2.2.3 系统工程的理论基础	31
2.2.4 常见的四类系统工程问题	32
2.3 系统工程的重点研究对象——社会经济系统	35
2.3.1 遵循因果律	35

2.3.2	具有多重反馈	36
2.3.3	存在反直观性	37
2.3.4	具有较强的非线性特征	37
2.3.5	存在时滞(延迟)效应	38
2.3.6	存在大惯性	39
2.3.7	不适合做直接试验	39
2.3.8	因果有时在空间上分离	40
	习题与思考题	40
第三章	系统工程方法论	41
3.1	系统工程方法与方法论	41
3.2	处理复杂系统问题的基本观点	41
3.2.1	整体观点	42
3.2.2	综合观点	42
3.2.3	层次观点	42
3.2.4	价值观点	43
3.2.5	发展观点	43
3.3	霍尔系统工程方法	43
3.3.1	霍尔系统工程方法的时间维	44
3.3.2	霍尔系统工程方法的逻辑维	45
3.3.3	霍尔系统工程方法的专业维	46
3.3.4	霍尔管理矩阵(活动矩阵)	48
3.4	切克兰德的系统工程方法	49
3.5	物理-事理-人理系统方法	51
3.5.1	理解意图	52
3.5.2	调查分析	52
3.5.3	形成目标	53
3.5.4	建立模型	53
3.5.5	提出建议	53
3.5.6	实施方案	53
3.5.7	协调关系	53
3.6	综合集成系统方法	54
3.7	螺旋式推进系统方法	57
3.7.1	宏观旋进的第一环——建立系统的逻辑模型	58
3.7.2	宏观旋进的第二环——建立系统的物理模型	59
3.7.3	宏观旋进的第三环——建立系统的数学模型	59

3.7.4	宏观旋进的第四环——求解模型和系统仿真	59
3.7.5	宏观旋进的第五环——决策分析	59
3.8	系统方法	64
3.8.1	还原论与整体论相结合	64
3.8.2	定性描述与定量描述相结合	65
3.8.3	确定性描述与不确定性描述相结合	65
3.8.4	系统分析与系统综合相结合	66
	习题与思考题	66
第四章	系统建模方法	67
4.1	系统模型概述	67
4.1.1	系统模型的定义	67
4.1.2	系统建模的重要性	68
4.1.3	系统模型与原型	70
4.1.4	系统模型与数学模型	71
4.1.5	系统模型与计算机模型	72
4.1.6	系统模型的分类	73
4.2	系统建模技术	75
4.2.1	系统模型的要求	75
4.2.2	建模的原则	77
4.2.3	建模的主要方法	79
4.2.4	系统建模步骤	80
4.2.5	建模工作的注意点	81
4.2.6	建模者的素质	81
4.3	静态与动态模型	83
4.3.1	静态系统模型	83
4.3.2	复杂静态模型举例：投入产出模型	83
4.3.3	动态系统模型	90
4.3.4	蛛网模型	92
4.4	离散和连续模型	95
4.4.1	升学模型	95
4.4.2	弱肉强食模型(狼羊模型)	97
4.5	从简单到复杂的系统建模	98
4.5.1	问题的提出	98
4.5.2	系统模型的建立	99
	习题与思考题	104



第五章 系统分析方法	106
5.1 系统分析的定义、特点与作用	106
5.1.1 系统分析的由来	106
5.1.2 系统分析的定义	107
5.1.3 系统分析的特点	108
5.1.4 系统分析的作用	109
5.2 系统分析的内容、步骤与原则	110
5.2.1 系统分析的内容要点	110
5.2.2 系统分析的基本要素	113
5.2.3 系统分析的主要步骤	117
5.2.4 系统分析的基本原则	118
5.3 系统环境分析	120
5.3.1 系统环境的概念	120
5.3.2 系统环境的边界	122
5.3.3 环境分析的内容	123
5.3.4 环境分析的方法	126
5.3.5 企业系统环境性质识别和预测	128
5.4 系统目标分析	130
5.4.1 系统目标分析内容	131
5.4.2 目标分析的要求与原则	133
5.4.3 目标方案的产生方法	134
5.5 系统结构分析	137
5.5.1 系统结构的定义	137
5.5.2 系统结构与功能	139
5.5.3 系统要素分析	140
5.5.4 系统相关性与阶层性分析	141
5.5.5 系统结构整体性分析	143
5.6 系统分析的定性方法	144
5.6.1 目标-手段分析法	144
5.6.2 因果分析法	145
5.6.3 KJ法	146
5.6.4 德尔菲(Delphi)法	147
5.7 系统分析的定量方法	150
5.7.1 定量分析方法与模型	150
5.7.2 定量分析模型的建立	151

5.7.3	社会经济系统分析的常用四类模型方法	153
5.8	系统分析案例	158
5.8.1	系统分析案例之一——山江湖区水土流失治理的系统分析	158
5.8.2	系统分析案例之二——电力调度通信中心发展指标体系设计	164
	习题与思考题	169
第六章	系统评价方法	170
6.1	系统评价的基本概念	170
6.1.1	系统评价的定义	170
6.1.2	系统评价的特性	171
6.1.3	系统评价的基本要素	172
6.1.4	系统评价的步骤	173
6.2	评价指标体系的建立	175
6.2.1	评价指标体系的组成	175
6.2.2	建立评价指标体系需解决的几个问题	176
6.2.3	设计评价指标体系的思路	176
6.2.4	建立评价指标体系的原则	178
6.2.5	建立评价指标体系的程序	179
6.3	评价指标数量化的方法	181
6.3.1	排队打分法	182
6.3.2	体操计分法	182
6.3.3	专家评分法	182
6.3.4	两两比较法	182
6.4	评价指标综合的主要方法	184
6.4.1	加权平均法	184
6.4.2	功效系数法	185
6.4.3	主次兼顾法	187
6.4.4	效益成本法与罗马尼亚选择法	187
6.4.5	分层系列法	189
6.5	可能满意度方法及案例分析	190
6.5.1	可能度的定义	190
6.5.2	满意度的定义	190
6.5.3	可能满意度的定义	191
6.5.4	常用的多维价值综合方法	191
6.5.5	可能满意度方法指标的量化方法	193



6.5.6	应用举例——地区市场秩序评价	197
6.6	层次分析法及案例分析	199
6.6.1	层次分析法简介	199
6.6.2	层次分析法的基本原理	200
6.6.3	层次分析法的基本步骤	200
6.6.4	特征根、特征向量的计算	206
6.6.5	案例分析	207
6.7	模糊综合评价方法	212
6.7.1	模糊综合评价的数学模型	213
6.7.2	应用举例	215
	习题与思考题	219
第七章	系统仿真	221
7.1	系统仿真的概念、分类及其方法	221
7.1.1	系统仿真的概念	221
7.1.2	系统仿真的分类	222
7.1.3	系统仿真的方法	223
7.2	连续系统仿真	227
7.2.1	连续系统模型描述	227
7.2.2	连续系统仿真的基本算法	228
7.2.3	连续系统仿真技术——Simulink 动态仿真软件	234
7.3	离散事件系统仿真	237
7.3.1	排队系统的基本概念	239
7.3.2	仿真中的时间表示	241
7.3.3	离散事件仿真的基本方法	245
7.3.4	下一个事件推进仿真模型的成分和流程	251
7.3.5	离散事件的仿真技术	253
	附录 1: 单队单服务台仿真模型	262
	附录 2: Arena 问题实例的建模过程	268
	习题与思考题	272
	主要参考文献	273

第一章 序 言

1.1 系统工程产生的背景

1.1.1 系统工程的起源

“系统工程”一词最早源于工程技术专家运用综合技术手段处理一些复杂的系统问题。在20世纪40年代初，为完成巨大规模的复杂工程和科学研究任务，一些科学技术工作者开始运用系统的观点和方法处理技术和工程问题。美国贝尔电话公司在发展微波通信网络时首先应用一套系统的方法，并首度提出了“系统工程”这个名称。经过各个领域的专家学者几十年的不断探索、发展和完善，“系统工程”已经成为研究、分析和处理复杂的系统问题的最有效的理论、方法与工具。

任何学科的产生与发展都有其必要性，系统工程的产生与发展也是如此，它是社会、经济、军事、技术等发展到一定阶段的产物。我们知道，人类社会是伴随着社会分工和专业化程度的不断提高而发展的。专业分工给经济社会的发展带来了许多益处，如提高生产的专业化水平、实现规模生产等等。但另一方面，专业分工也使小到产品的各个部分，大到社会的各个阶层在融合与协调方面产生了越来越多的困难。人们发现，随着科学技术和生产力水平大幅度提高，社会活动多样化，导致社会、经济、技术之间相互依赖程度日益强化、复杂化，由此构成的问题往往呈现“规模庞大、结构复杂、功能综合、因素众多、目标多样”的格局，如要对这些问题进行研究、分析和处理，传统常用的分析方法，尤其是那种按专业分工的思路层层展开的方法通常是难以胜任的，需要创造一种全新的、综合性思考、研究、处理这些问题的方法和技术。

从社会经济发展的角度来说，地区开发治理规划、地区社会经济发展规划、城市交通系统规划、河流治理开发规划、能源需求与供应规划等问题，涉及范围广，因素关系复杂，是一个多功能、多因素、多目标系统。如江西省山江湖区开发治理问题是一个典型的社会、经济、生态复杂系统（详见案例1-1）。

案例 1-1

江西省山江湖区开发治理系统

江西省赣江流域及鄱阳湖湖区(简称山江湖),共有64个市、县,相当一部分地区是革命老区,如革命摇篮——井冈山、苏维埃红色政权首都——瑞金和革命模范县——兴国县都位于山江湖地区。由于赣南山区在苏区革命和以后的运动中,遭受了几次人为的灾难,大量烧毁山林和砍伐树木,导致山区植被面积大幅度下降,到20世纪80年代初,山江湖区水土流失已相当严重,河床上升,洪水泛滥,区域内生态环境遭受严重破坏,相当一部分地区的农民面临搬迁和移民,严重影响了山江湖区社会经济和生态环境的发展。由于山江湖区开发治理涉及社会、经济、生态等组成的复杂系统,如何进行科学合理的开发治理,有很多亟待人们去解决的问题。

(1) 山江湖区虽然由64个市、县组成,但开发治理是围绕山、江、湖为主展开的,是先治山、治江,还是先治湖,是必须解决的首要问题。因为鄱阳湖地区土地肥沃,是山江湖区投入产出效益最好的区域,因此可以优先开发鄱阳湖区,用鄱阳湖区创造的效益支持赣南山区的治理,由此推动全流域的开发治理工作。从另一个角度来讲,由于历史原因,赣南山区水土流失严重,自然灾害频繁,人们生活水平低下,由此导致人们维护生态环境的意识降低,产生恶性循环,加速赣南山区环境恶化,其后果是赣南山区水土流失抬高了赣江及其支流河床,或通过赣江将水土流失的泥沙送入鄱阳湖,由此造成赣江干流、支流和鄱阳湖区洪水泛滥,导致全流域(系统)的洪涝灾害,降低鄱阳湖区开发的成果。

(2) 众所周知,一个地区的资金是有限的,如果开发资金投入比例过大,人们生活水平在短期内能得到较大的提高,使人民早日脱贫致富,增强人们的信心,但生态环境治理进展缓慢、治理进程拖后,这样有可能导致开发效果不尽如人意,或有可能导致开发效果抵不上生态环境的破坏。如果增加治理投资的比例,降低开发投资比例,人们生活在短期内改善较小,而且治理效果在短期内并不明显,需要随时间推移才会慢慢显现出来。只有坚持长期治理,才有可能持续改善自然环境,产生良性循环,直接创造经济效益,或吸引外来资金进入山江湖区进行更大规模的开发。所以如何分配有限的资金,既能较快地提高人们的生活水平,又能使生态环境得到较大的改善,并能兼顾短期与长期效益,产生良性循环,实现可持续发展,这是山江湖开发治理值得研究的另一重大问题。此外,是先集中力量治理强度流失,还是先把治理重点放在轻、中度流失上,即如何确定强、中、轻度流失面积治理的投资分配也是需要研究的

问题。

从案例 1-1 可知,系统的主要问题是既要满足人民提高生活水平的需要,又要保证生态环境朝可持续发展的方向前进,既要考虑长远利益,又要兼顾目前的实际困难。因此,它是一个复杂的社会经济问题,涉及经济学、社会学、管理科学、工程技术等,单凭任何一个学科、一门技术都难以解决全部问题。

除此之外还有很多值得研究的问题,如地上、地下资源的开发问题,赣江干流和鄱阳湖重大工程的选择问题,都涉及社会、经济和生态以及决策者对这些问题的认识,所以说,山江湖开发治理问题是一个复杂的系统问题。

又如某地区的社会经济发展中长期规划研究,它需要回答如下问题:

选择什么样的地区品牌和发展战略,充分发挥地区的潜在优势?

地区分阶段的社会经济发展目标如何确定,才能实现持续发展?

如何规划地区三大产业的发展指标,使地区国民经济健康发展?

如何选择地区的主导产业,带动地区国民经济全面发展?

地区人口、教育、卫生发展目标与策略如何,使之与国民经济协调发展?

采用什么社会统筹方法、手段,保证地区、社会持续、和谐发展?

为了保证社会经济与环境的协调发展,基本建设规模与投融资策略应如何?

地区社会经济发展本身是一个很复杂问题,它有不同层次和不同领域的目标,这些目标有些是相互矛盾的,而且影响因素众多,因素之间相互关联、相互支持、相互制约。如何在规划研究中体现以人为本、可持续发展和建设和谐社会,确实是任何一门学科、任何一门技术都难以解决的。

再如,现代科学技术的发展日新月异,科学技术转化为生产力的时间大大缩短:在 19 世纪,一项创新从基础研究到商业化的过程一般需要几十年,20 世纪上半叶需要 10 多年,20 世纪下半叶需要几年,电动机从发明到应用花了 65 年,电话花了 56 年,无线电花了 35 年,电视机花了 12 年,集成电路仅用了 2 年,计算机几乎 1~2 年更新一代。重大新技术层出不穷,创新性成果不断涌现:1946 年计算机问世,1947 年半导体、1951 年集成电路、1955 年原子能发电站相继问世,1957 年人造卫星上天,1960 年激光技术被发明,1969 年“阿波罗”登月,1971 年微型计算机被发明,1972 年“先驱者”飞出太阳系,1973 年遗传基因重组技术出现,1978 年大规模集成电路出现,1981 年航天飞机飞入太空,2004 年土星探测器成功飞向土星。产品生命周期大大缩短,产品零部件数量的急剧增加,产品零部件的高功能化、小型化、复杂化趋势越来越明显,企业的研发成本和管理成本不断上升,导致企业生存空间狭小,风险增大。

在科学技术高速发展的环境下,发展中国家如何制定有效的跟踪、追赶战

略和制定相应计划方案,如何预测新技术可能出现的问题和技术先进性可能带来的可靠性问题,如核电站的安全性等问题,如何做好新技术开发规划,如何科学合理地评价攻关技术和选择攻关课题,这些问题不是单凭一门科学、一种技术就能解决的,需要应用跨学科、综合集成的方法与技术才有可能解决。

综上所述,现实世界存在着很多政治、经济、社会、技术、环境等融合在一起的,且规模庞大、关系复杂、因素众多、目标多样的问题,要解决这类问题,必须采用多种理论和知识、技术综合集成的新方法,这就是系统工程。

1.1.2 推动系统工程发展的重要理论

系统工程的产生与相关学科的发展密切相关。社会、经济、军事、技术的发展为系统工程的发展创造了需求,而运筹学、控制论、一般系统理论等相关学科和理论的发展为系统工程的发展奠定了基础,尤其是计算机技术和信息技术的发展,为系统工程的发展插上了翅膀。这些相关学科的发展和相关理论的完善使系统工程的发展成为可能,为系统工程学科体系建设奠定了基础。

运筹学是在第二次世界大战期间形成的,它的诞生和发展为系统工程的发展在理论上奠定了基础。当时为了加快先进武器装备和综合作战协同的研究,英国、美国、加拿大在各主要兵种中相继成立运筹学小组,成功解决了许多复杂的战略战术问题。一个武器系统的分析、评价和有效运行,不外乎分析制约因素(约束条件)以及要实现的目标(使其达到极大或极小),推而广之,完成一项任务,做好一件事情,也是如此。运筹学的贡献,是把这个共性概括成了一种数学模式:联立约束条件方程和目标函数方程并求解。第二次世界大战以后,运筹学从单纯的军事应用研究,转移到在经济和工业管理中应用的研究,并形成了自己的理论和方法。到20世纪60年代末运筹学达到了成熟的高峰期,其标志是1969年瓦格纳(H. M. Wagner)的《运筹学原理和对管理决策的应用》一书的出版。

控制论是关于在动物和机器中控制和通信的科学,创始人是维纳(N. Wiener)。他提炼出了包括生物系统和人工系统在内的极为广泛的一大类系统的共性和规律。控制论提炼出的基本概念,诸如目的、行为、通信、信息、输入、输出、反馈、控制以及在这些概念基础上的控制论系统模型,即输入-输出反馈控制模型,具有广泛的普适意义,并且将基础理论和应用技术紧密联系起来。

一般系统论的概念是理论生物学家贝塔朗菲在1937年芝加哥大学莫利斯(C. Morris)主持的哲学讨论会上第一次提出的。1945年他发表了《关于一般系统论》,明确提出一般系统论的任务“乃是确立适用于系统的一般原则”,并对系统的共性作了一定的概括,如系统的整体性、关联性、动态性、有序性、

终极性(目的性)等。贝塔朗非提出一般系统论是从有关生物和人的问题出发的,不能沿用讨论无机界问题常用的机械论的分析方法。他认为现实是一个有组织的由实体构成的递阶秩序,在许多层次的叠加中从物理、化学系统引向生物、社会系统,不能把分割的部分的行为拼加成整体,必须考虑各个子系统和整个系统之间的关系才能了解各部分的行为和整体。他还认为分析和人为隔离的方法是有用的,但要看到,这类方法即使对物理学的实验和理论也都还是不充分的。

信息论是关于信息的本质和传输规律的科学的理论,是研究信息的计量、发送、传递、交换、接收和储存的一门新兴学科,它的创始人是美国贝尔电话研究所的数学家申农(C. E. Shannon)。他为解决通信技术中的信息编码问题,把发射信息和接收信息作为一个整体的通信过程来研究,提出了通信系统的一般模型,同时建立了信息量的统计公式,奠定了信息论的理论基础。1948年申农发表《通信的数学理论》一文,成为信息论诞生的标志。

耗散结构理论是比利时物理化学家普利高津(Prigogine)在1969年提出的。他认为热力学第二定律以及统计力学所揭示的是孤立系统(和环境没有物质和能量的交换)在平衡态和近平衡态条件下的规律,但在开放并且远离平衡的情况下,系统通过和环境进行物质和能量交换,一旦某个参量的变化达到一定的阈值,系统就有可能从原来的无序状态自发转变到在时间、空间和功能上的有序状态。耗散结构是相对平衡结构来说的,平衡结构不进行能量或物质的交换就能维持(如晶体),而耗散结构只有通过和外界交换能量(物质)才能维持其有序状态。耗散结构的形成至少需要四个条件:开放系统、远离平衡态、内部要素之间存在非线性的相互作用、从无序到有序演化是通过随机涨落实现的。

协同论是德国物理学家哈肯(H. Haken)在1969年提出的,他发现激光是一种典型的远离平衡态时由无序转化为有序的现象,但他也发现即使在平衡态时也有类似现象,如超导和铁磁现象。这就表明,一个系统从无序转变为有序的关键并不在于系统是平衡或非平衡,也不在于离平衡态有多远,而是通过系统内部各子系统之间的非线性相互作用,在一定条件下,能自发产生在时间、空间和功能上稳定的有序结构,这就是自组织(self-organization)。哈肯还指出,系统在临界点附近的行为仅由少数慢变量决定,系统的快变量由慢变量(序参量)支配,就是所谓的役使原理。

突变论是法国数学家托姆(Thom)在1972年提出的。突变论是关于非连续性变化的数学理论,通常所指的突变理论实际上是初等变换,其主要数学渊源是势函数把临界点分离,进而研究各临界点附近非连续性态的特征,即为有限个数的若干个初等变换。建立突变现象的定性定量模型,以研究和认识不连续现象的机理并作预测,是突变论的主要任务。因世界上充满突变现象,如胚胎