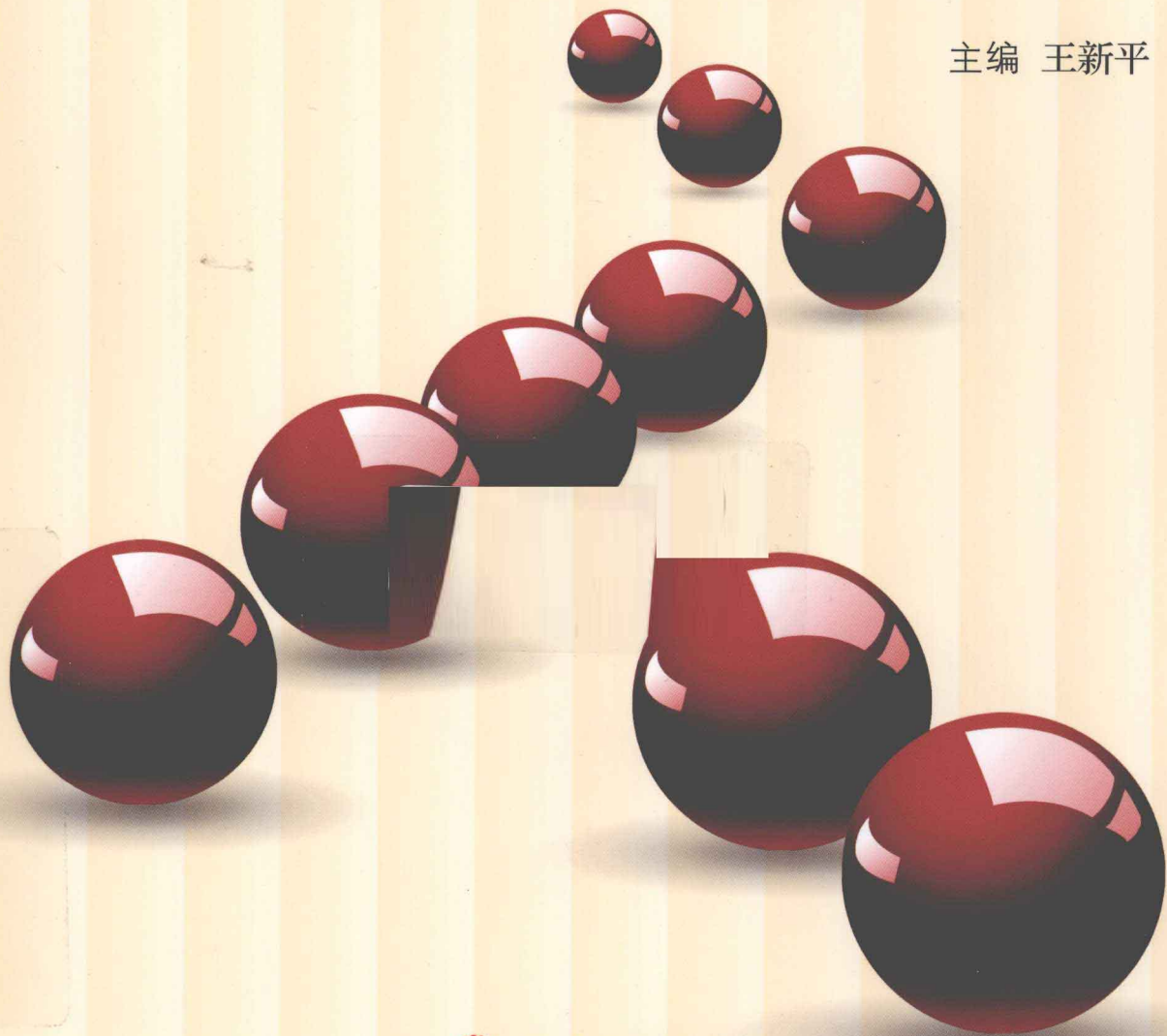


管理系统工程

方法论及建模

MANAGEMENT SYSTEM ENGINEERING
METHODOLOGY AND MODELING

主编 王新平



机械工业出版社
China Machine Press

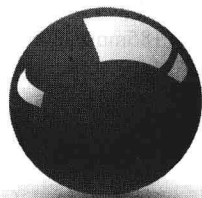
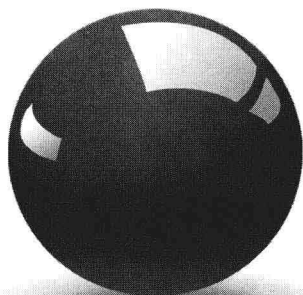
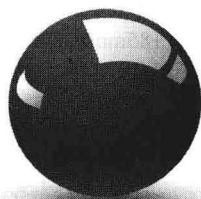
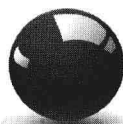
经济管理类专业规划教材
管理科学与工程系列

管理系统工程

方法论及建模

MANAGEMENT SYSTEM ENGINEERING
METHODOLOGY AND MODELING

主编 王新平
副主编 薛耀文
参编 陈铁华 吴翠花 祁敬宇 李玲
主审 孙林岩 张金锁



机械工业出版社
China Machine Press

本书是编者们在数十年的“管理系统工程”课程教学、研究基础上编写而成的。全书共分 8 章，主要内容包括：系统与系统工程概述、系统工程方法论、系统模型化技术、系统仿真与预测、系统分析、系统综合与评价、投入产出分析、系统决策分析；附录部分重点介绍了近年来在管理科学研究方面得到广泛使用的主流统计分析工具，包括 SPSS、AMOS、DYNAMO 和以 Swarm 为代表的 4 种主体仿真工具等。

本书力求简洁实用，注重系统建模技术的可操作性，让读者容易理解和掌握，适合管理类各专业的本科生、研究生教学和研究之用；也可作为其他相关学科、专业的教材；或作为有关企事业单位人员学习系统理念和方法的培训教材和自学参考书。

封底无防伪标均为盗版

版权所有，侵权必究

本书法律顾问 北京市展达律师事务所

图书在版编目（CIP）数据

管理系统工程：方法论及建模 / 王新平主编. —北京：机械工业出版社，2011.8
（经济管理类专业规划教材·管理科学与工程系列）

ISBN 978-7-111-35038-5

I. 管… II. 王… III. 管理系统理论—高等学校—教材 IV. C93

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2011）第 157812 号

机械工业出版社（北京市西城区百万庄大街 22 号 邮政编码 100037）

责任编辑：张 昕 版式设计：刘永青

北京市荣盛彩色印刷有限公司印刷

2011 年 8 月第 1 版第 1 次印刷

185mm×260mm·17.5 印张

标准书号：ISBN 978-7-111-35038-5

定价：32.00 元

凡购本书，如有缺页、倒页、脱页，由本社发行部调换

客服热线：（010）88379210；88361066

购书热线：（010）68326294；88379649；68995259

投稿热线：（010）88379007

读者信箱：hzjg@hzbook.com

本书给人一种清新和喜悦之感。本书主编王新平博士是我的博士后工作人员。看到这样的书稿，我为年轻学者能够有这样的努力和抱负而欣喜——他们为中国的系统工程教学和研究做了一件好事。当王新平博士提出希望我为本书作序时，我欣然同意。

尽管我国开展系统工程研究工作已近 60 年，但是，伴随中国稳定、高速的经济增长的是日趋严重的社会问题——环境恶化、能源安全堪忧、粮食安全困扰、质量安全问题、人口老龄化压力、城市迅速扩张导致的城市病……这些都是由于缺乏系统思维造成的。本书正是为了强化系统思维和方法论的教学而做出的一种努力。

“管理系统工程”是管理类专业一门重要的专业基础课程，也是目前管理类专业的平台课。然而，就目前“管理系统工程”课程教学的实际情况来看，国外大多使用难度较高的教材，对国内教学参考意义十分有限。国内绝大多数高校选用的“管理系统工程”教材都存在更新的必要。

本书的编写主要基于以下 3 个目的。

(1) 从管理研究的实际需求出发。从管理研究的趋势来看，研究方法论和模型化技术不可或缺。现在有些“管理系统工程”教材对方法论和模型化的介绍，由于注重全面性而使得模型化技术的论述比较笼统。本书从管理研究的实际需求出发，站在研究者的立场，比较详尽地介绍了系统方法论以及当前比较主流的模型化方法，对管理研究工作者是一种良好的支持。

(2) 全面兼顾本科生、硕士及博士研究生的培养要求，力求说理透彻。现有教材对于本科生而言过于晦涩难懂，本书试图以相对简单易懂的思路来介绍系统建模原理，以便于学生学习和掌握系统工程方法论及建模技术。

(3) 提供丰富且针对性较强的课后习题。现有“管理系统工程”教材在课后习题方面欠缺颇多，给本来就显得难度较大的课程教学过程的组织造成了困难。而“管理系统工程”又是一门模型化技术要求较高的课程，为满足教学需要，本书编者在书中融入了近年来积累的大量自行编写的习题资料，尤其是在模型化技术的练习题、大型案例作业和模型化技术实践应用方面，可以为学生掌握系统工程方法和模型化技术打下良好的基础。

另外，本书还试图在强化研究生对哲学思想、管理研究方法论以及模型化技术的掌握的同时，使研究生熟练掌握和运用管理研究的模型化技术和相关软件。

本书是基于作者与编写组成员十多年“管理系统工程”教学、科研，以及博士后合作研究期间较为丰富的学术经验和资料积累而编著的。其特色反映在“系统全面、通俗易懂、重在应用”，撰写目标主要瞄准以下 4 个方面。

(1) 为高年级本科生提供一本能够较为全面系统、通俗易懂地介绍系统工程方法论及其理论的教材。

(2) 为硕士及博士研究生提供一本能够在很大程度上满足大部分管理科学研究的研究方法论及其模型化工具的书籍。

(3) 为大多数从事管理问题研究的学者提供一本较为全面、方便实用的关于系统哲学思想及其模型化方法论的书籍。

(4) 向广大读者全面系统地介绍近年来在管理科学研究方面广泛使用、得到一致认可的方法论及其模型化方法，达到“读后即可运用”的目的。

难能可贵的是，该书特意增加了近年来得到广泛应用但却缺乏系统性介绍资料的模型化技术的内容，例如：结构方程模型（SEM）、投入产出分析（IOA）、多层线性模型（HLM）和项目反应理论（IRT）等。这些对于管理理论的研究工作者和企业中的管理实务工作者，都具有较高的参考价值。

孙林岩
西安交通大学管理学院
教授、博士生导师
2011年5月20日

人类的脚步迈进了 21 世纪的第二个 10 年。尽管系统工程在中国有系统、有组织的研究和应用是 20 世纪 70 年代中期的事,但是,从钱学森开始,我国的系统工程研究和应用已经走过了将近 60 年的历程。从钱学森 1955 年回到祖国投身于创建中国航天事业起,中国便有了自己的系统工程研究。后来钱学森把中国导弹武器和航天器系统的研制经验提炼成为系统工程理论,应用于军事运筹和社会经济问题,成功地推进了作战模拟技术和社会经济系统工程在中国的发展。作为现代科学的一个重要分支,系统工程以其多学科交叉性、创新性、实用性等特点,在国家经济建设和社会可持续发展方面发挥了越来越关键的作用。同时,作为管理类专业的一门重要的基础课,“管理系统工程”在培养学生的长远眼光、分析问题的洞察力以及全局系统思维方面具有重要意义。

近几年,中国经济增长迅速,成为世界经济发展的一枝奇葩。2011 年 2 月 14 日,日本公布了 2010 年国内生产总值为 54 742 亿美元,而中国政府 2011 年 1 月公布的国内生产总值为 58 786 亿美元——中国取代日本成为世界第二大经济体。然而同时,进入 21 世纪的中国却屡屡发生重大质量安全事故,环境保护压力与日俱增。能源安全的不均衡问题、民生问题日益突出、“三农”问题的政策考量等,都需要站在全新的高度上加以解决,普及和深化系统哲学、系统方法的教育已经势在必行。为了进一步深化系统科学及全局思维教育,推动系统科学的应用,增强广大企事业单位的系统意识和全局思维,推动可持续发展,提高社会运行效率,建设和谐社会,我们特编著本书。本书命名为《管理系统工程:方法论及建模》,旨在强调以下观点:第一,社会的可持续发展需要系统思维;第二,科学研究需要系统哲学和系统方法;第三,系统哲学可以学习,全局思维可以培养。

本书的作者都是长期从事系统工程、管理科学教学和科学研究的学者,对系统工程有着丰富的教学和研究经验。全书比较系统地涵盖了管理系统工程必备的系统工程理论、方法论、建模方法和技术,鉴于某些较新的系统建模技术在近几年的管理科学研究中得到了广泛应用却缺乏系统性学习普及资料的现实,本书特别增加了结构方程模型(SEM)、多层线性模型(HLM)、项目反应理论(IRT)、状态空间模型(SSM)的相关介绍,并以附录的形式对当前主流的系统建模软件(SPSS、AMOS、DYNAMO、Vensim、主体仿真 Swarm 等)的使用进行了较为详尽的介绍,便于广大读者的学习、掌握和使用。全书按照以下思路编排:系统哲学和方法论(包括第一、二章);模型化技术(包括第三、四、七章);系统评价与分析(包括第五、六章);系统决策(包括第八章);模型化软件操作(包括附录 A、附录 B)。因主要出版对象是高年级本科生,适当照顾到硕士及博士研究生,本书侧重于强调应用性,要求简明扼要、突出重点地介绍系统工程的理论和方法,尽量避免晦涩的理论推导。本书对广大企事业单位从事实际管理工作的读者也具有较大的参考价值。对于管理专业的本科生而言,解释结构模型(ISM)、状态空间模型(SSM)、系统动力学(SD)、关联矩阵法(RM)、层次分析法(AHP)、模糊综合评价法(FCJ)、冲突分析(CA)等几种方法是必修的;而结构方程模型(SEM)、投入产出分析

(IOA)、多层线性模型(HLM)和项目反应理论(IRT)一般是管理类专业的硕士及博士研究生为了开展管理研究和进行定量化建模而学习的方法,对本科生可以不做要求。

本书由西安科技大学副教授王新平博士担任主编。编著者分工如下:西安科技大学王新平副教授负责编写第一章、第二章、第四章、第八章;山西师范大学薛耀文教授负责编写第三章第一、二、三节,天津工业大学吴翠花副教授负责编写第三章第四节,首都经贸大学祁敬宇副教授负责编写第三章第五节;西安科技大学陈铁华副教授负责编写第五章、第六章、附录C;西安科技大学李玲副教授负责编写第七章、附录A、附录B。全书由王新平副教授负责统稿。

本书由西安交通大学管理学院孙林岩教授担任主审,孙老师对全书进行了认真仔细的审阅,提出了许多宝贵的修改意见,编者们在此深表谢意。在编写过程中,西安科技大学博士生导师张金锁教授对本书的编写大纲和书稿进行审纲和审稿工作,对本书的编写给予了大力支持和鼓励,在此表示衷心感谢。在本书成书过程中,得到了西安科技大学管理学院“管理系统工程”课程小组的大力支持,他们提供了丰富而翔实的资料。本书的内容策划受到了西安交通大学汪应洛院士、袁治平教授、孙林岩教授富有激情和创见的授课环节的启发——是他们把编者带入了“管理系统工程”这门21世纪最富于学科交叉性、能够处理大规模复杂系统问题的课程。本书部分章节参阅了众多学者的著作和文献,限于篇幅,不能一一致谢,特将主要参考文献列示于书后,在此向有关著作者诚致谢意。由于编者学识水平所限,书中存在不足之处甚至错误在所难免,在此恳请广大读者和专家们批评指正。

为了便于学习和掌握,本书配备了完善的课后思考练习题,并配套提供完整的授课课件以及相关多媒体资料,努力为广大师生学习和掌握系统工程哲学方法论及建模技术提供全面支持。需要以上资料的师生,请发电子邮件到34443679@qq.com。

王新平

2011年5月10日

教学目的

本课程是管理类专业本科生、研究生的必修专业基础课，其旨在培养学生系统思维、全局观念，训练其对社会经济管理系统定量、定性分析的能力。本课程的教学目的在于让学生掌握管理工程学的理论、思维方式、方法论、建模技术及其应用，主要包括：系统哲学与方法论；模型化技术；系统评价与分析；系统决策；模型化软件操作 5 大部分，要求教师着重培养学生用系统工程理论及方法论分析解决实际问题的能力，要求学生结合实际的社会经济管理问题培养自身的洞察力。本书不仅介绍了传统的系统工程理论、方法论，而且系统介绍了近 10 年来得到广泛使用的较新的管理研究方法及建模技术。这些有助于学生深入分析问题的本质，步入管理研究的殿堂。

前期需要掌握的知识

“运筹学”、“高等数学”、“线性代数”、“模糊数学”、“概率统计”等相关课程知识。

课时分布建议

教学内容	学习要点	课时安排	
		本科	研究生
概述，引言 (本书不含此部分)	通过 2~3 个有趣的实际生活案例引入系统工程，激发学习兴趣。然后介绍时代发展趋势、系统工程定义的一般理解、本学期教学活动安排、系统工程的学习方法等	2	2
第一章 系统与系统工程概述	系统的定义与属性；系统的要领与特性；系统思想的演变；系统科学理论体系、概念及发展历程；系统工程的内容及特点 系统工程的理论体系、三大理论基础、深化的系统概念（研究生）	6	8
第二章* 系统工程方法论	霍尔三维结构方法论；切克兰德方法论；软系统思想方法论（研究生）；综合集成方法论（研究生）；系统分析原理及程序	6	8
第三章 系统模型化技术	系统建模的定义、本质、作用；了解系统模型的分类*；结构化模型技术*；结构模型方程（研究生）；多层线性模型和项目反应理论（研究生）	4	10
第四章 系统仿真与预测	系统仿真的概念、作用及仿真方法*；状态空间模型*；系统动力学模型化原理*；DYNAMO 方程的应用	6	6
第五章* 系统分析	系统分析的概念；技术经济分析的指标选择原则；成本效益分析法；量本利分析方法；可行性分析的基本内容与方法	4	4

(续)

教学内容	学习要点	课时安排	
		本科	研究生
第六章* 系统综合与评价	系统综合与评价的复杂性; 系统综合与评价的原则、步骤、要素选择; 系统评价的指标评分法、指标综合法; 层次分析法 (AHP); 模糊综合评价法 (FCJ)	10	6
第七章 投入产出分析	投入产出表的原理和一般结构; 投入产出表中的基本关系; 投入产出表的应用	0	4
第八章* 系统决策分析	系统决策的基本概念和类型; 风险型问题的决策分析方法; 效用曲线的应用; 冲突分析的主要特征、一般过程; 冲突分析建模原理、一般方法及分析步骤; 冲突分析过程蕴涵的信息	8	8
附录 A SPSS 软件实用统计方法	SPSS 软件的特点、功能、参数估计、聚类分析、方差分析、相关性分析、主成分分析、因子分析等, 及其分析案例。AMOS 的使用: AG 模型与检测模型; 数据读入; 模型的运行	4	6
附录 B 常用仿真软件介绍	系统动力学常用软件, 例如: DYNAMO、Vensim。主题仿真平台 Swarm、Repast、Ascap、Netlog 的应用方法	4	6
附录 C 综合案例大作业练习题		—	—
课时总计		54	68

- 说明:
- (1) 在课时安排上, 针对管理类专业本科生, 本课程一般作为管理类专业平台课, 建议按每周 4 学时开设, 共计 60~64 个学时。对于电子商务(文)、旅游管理、金融学、经济学等学科, 这些专业大多属于文科生源招生, 共同课可以按每周 2~3 学时安排, 共计 32~48 学时。
 - (2) 针对管理类专业研究生开设的, 可以按照 54~64 个总学时安排, 每周学 4 时, 上表中内容建议全部讲到。与本科生的讲授相比, 对研究生应该把系统工程哲学思想、系统工程方法论的讲授作为重点之一, 不可只重视建模技术的讲授而忽视系统工程哲学思想、系统工程方法论的学习。表中以“研究生”标注的为研究生教学内容, 未特别标注的, 为共同学习内容。
 - (3) 针对非管理专业本科生/研究生作为系统工程通识类课程开设的, 可以按照 36 个学时安排, 上表中用“*”标注的课时内容建议讲, 且应以系统工程哲学思想、系统工程方法论的讲授为主。可结合一些社会经济管理实际问题的分析作为案例, 非常有助于提高教学效果。
 - (4) 社会实践、上机实训、企业参观等教学环节可以在课程讲授过程中穿插进行。

CONTENTS | 目录

序 前 言 教学建议

第一章 系统与系统工程概述	1
学习目标	1
第一节 系统的定义与属性	1
第二节 系统的分类	4
第三节 系统的要领与特性	6
第四节 系统思想的演变	7
第五节 系统科学的理论体系	12
第六节 系统工程的概念 及其发展	17
本章小结	21
本章习题	21
第二章 系统工程方法论	22
学习目标	22
第一节 霍尔三维结构方法论	22
第二节 软系统方法论	26
第三节 综合集成方法论	29
第四节 系统分析原理	31
本章小结	33
本章习题	34
第三章 系统模型化技术	35
学习目标	35
第一节 系统模型的定义和作用	35
第二节 系统模型的分类及其 构造原则和方法	36
第三节 结构模型技术	39
第四节 多层线性模型	60
第五节 项目反应理论	68

本章小结	81
本章习题	81
第四章 系统仿真与预测	84
学习目标	84
第一节 系统仿真概述	84
第二节 状态空间模型	86
第三节 系统动力学及其 仿真技术	94
本章小结	105
本章习题	105
第五章 系统分析	110
学习目标	110
第一节 系统分析的基本概念	110
第二节 技术经济分析	115
第三节 成本效益分析	121
第四节 量本利分析	125
第五节 可行性分析	130
第六节 系统分析案例—— 纽约市供水网扩建 工程的分析	134
本章小结	138
本章习题	138
第六章 系统综合与评价	139
学习目标	139
第一节 系统综合与评价的 复杂性	139
第二节 指标评分法	142

第三节 指标综合的基本方法	147	本章习题	186
第四节 层次分析法	150	第八章 系统决策分析	187
第五节 模糊综合评价法	159	学习目标	187
本章小结	163	第一节 管理决策概述	187
本章习题	164	第二节 风险型决策分析	190
第七章 投入产出分析	168	第三节 冲突分析	200
学习目标	168	本章小结	215
第一节 投入产出表的产生与 发展	168	本章习题	216
第二节 投入产出表的原理及 一般结构	171	附录 A SPSS 软件实用统计方法	219
第三节 投入产出表中的 基本关系	176	附录 B 常用仿真软件介绍	245
第四节 投入产出表的应用	180	附录 C 综合案例大作业练习题	266
本章小结	186	参考文献	269

系统与系统工程概述

学习目标 >>>

- 理解系统的定义与 5 大属性；
- 掌握系统的要领与特性；
- 了解系统思想的演变；
- 了解系统科学理论体系；
- 了解系统工程的概念及发展历程；
- 深入理解系统工程的内容及特点。

系统科学在现代科学领域中的地位正日益提高。正如规范的科学研究需要首先对研究对象进行明确界定一样，要较为全面地学习和了解管理系统的哲学思想、方法论及建模等问题，我们首先必须对其相关基本概念进行讨论。作为本书的开篇文章，本章将对系统的定义和属性，系统的分类，系统的结构与功能，系统工程的定义和内容、特点、理论基础等问题进行阐述。本章还将向读者介绍中外古代先贤和现代系统科学学者们的系统思想和理念，他们的思想对现代系统科学的迅猛发展起到了重要的奠基作用。

本章的学习重点集中在以下 4 个方面：

- (1) 系统思想的产生及发展；
- (2) 系统的概念与特性；
- (3) 系统科学的理论体系；
- (4) 系统工程的内容及特点。

第一节 系统的定义与属性

一、系统的定义

清代陈澹然曾在《寤言》·卷二《迁都建藩议》中指出：“自古不谋万世者，不足谋一时；不谋全局者，不足谋一域。”意思是说，不从全局角度考虑问题的人也不具备取得局部胜利的智慧；不从长远利益角度策划事情的人也不能筹划好一时之事。看问题必须眼光长远，不考虑长远利益，必然不能做出长远计划；看问题也必须全面，不能从全局出发想问题，那么在

小的方面也不会有所成就。管理系统工程就是一门让我们获得洞察力的学问，是让我们获得长远发展眼光的学科。简而言之，管理系统工程就是要让我们做到统筹兼顾，“讲全局、懂全局”，进而“谋全局”。

现在，“系统”已经普及到一切领域，甚至和哲学一样古老。总结起来，系统的概念大致有以下几种。

韦氏（Webster）大辞典：系统是有组织的或组织化了的总体；是构成总体的各种概念、原理的综合；是以有规律的相互作用、相互依赖的形式结合起来的对象的集合。

日本工业标准（JIS）：系统就是多数构成要素保持有机的秩序，向同一目的行动的事物。

“国立”台北大学学者定义：系统是由一群相关元件（elements）所组成的一种组织体，借由这个组织体的运作，以达成特定目的。

在《中华大辞典》中，系统有两种解释。其一，同类事物按一定的关系组成的整体，例如组织系统、灌溉系统。其二，有条理的，例如系统学习、系统研究。详细解释如下，系统：①有条理；有顺序：系统知识 | 系统研究。②同类事物按一定的秩序和内部联系组合而成的整体：循环系统 | 商业系统 | 组织系统 | 系统工程。③由要素组成的有机整体。与要素相互依存相互转化，一个系统相对较高一级系统时是一个要素（或子系统），而该要素通常又是较低一级的系统。系统最基本的特性是整体性，其功能是各组成要素在孤立状态时所没有的。它具有结构和功能在涨落作用下的稳定性，具有随环境变化而改变其结构和功能的适应性，以及历时性。④多细胞生物体内由几种器官按一定顺序完成一种或几种生理功能的联合体。如高等动物的呼吸系统包括鼻、咽、喉、气管、支气管和肺，能进行气体交换。

综上所述，尽管系统一词频繁出现在社会生活和学术领域中，但不同的人在不同的场合往往赋予它不同的含义。长期以来，系统概念的定义和其特征的描述尚无统一规范的定论。对系统的一般定义如下：“系统是由两个或两个以上相互区别、相互依赖和相互制约的单元（或要素、组成部分）有机结合起来的具有特定功能的有机整体。”

一般地，我们可以从以下 3 个方面理解系统的概念。

（1）系统是由若干要素（部分）组成的。这些要素可能是一些个体、元件、零件，也可能其本身就是一个系统（或称之为子系统），如运算器、控制器、存储器、输入/输出设备组成了计算机的硬件系统，而硬件系统又是计算机系统的一个子系统。

（2）系统有一定的结构。一个系统是其构成要素的集合，这些要素相互联系、相互制约。系统内部各要素之间相对稳定的联系方式、组织秩序及失控关系的内在表现形式，就是系统的结构。例如钟表是由齿轮、发条、指针等零部件按一定的方式装配而成的，但一堆齿轮、发条、指针随意放在一起却不能构成钟表；人体由各个器官组成，单个器官简单拼凑在一起不能成为一个有行为能力的人。

（3）系统有一定的功能，或者说系统要有一定的目的性。系统的功能是指系统与外部环境相互联系和相互作用中表现出来的性质、能力和功能。例如信息系统的功能是进行信息的收集、传递、储存、加工、维护和使用，辅助决策者进行决策，帮助组织实现目标。

与此同时，我们还要从以下几个方面对系统进行理解：系统由部件组成，部件处于运动之中；部件间存在着联系；系统各部分构成整体的贡献大于各部分分别贡献的和，即常说的

（四）环境适应性

系统的开放性及其环境的重要性是当今系统问题的新特征，日益引起人们的关注。任何一个系统都存在于一定的环境之中，并与环境之间产生物质、能量和信息的交流。环境的变化必然会引起系统功能及结构的变化。系统必须首先适应环境的变化，并在此基础上使环境得到持续改善。管理系统的环境适应性要求更高，通常应区分不同的环境类（技术环境、经济环境、社会环境等）和不同的环境域（外部环境、内部环境等）。

（五）目的性

目的性是典型的人造系统所具有的属性，人类建设和运行某个系统总是具有某种目的的。实际上，几乎所有的人造系统都是为了达成某种目的而建造的；或者说当人们利用自然系统去达成自身的目的时，该自然系统才具有目的性。

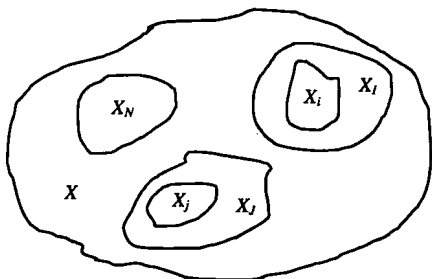


图 1-2 系统的关联性

第二节 系统的分类

系统的分类有很多，关键是选定的分类标准是什么。认识系统的类型，有助于在实际工作中对系统的性质进行进一步的分析研究。

一、自然系统与人造系统

自然系统（nature system）主要是由自然物（动物、植物、矿物、水资源等）自然形成的系统，像海洋系统、矿藏系统等；人造系统（artificial system）则是根据特定的目标，通过人的主观努力所建成的系统，如生产系统、管理系统等。实际上，大多数系统是自然系统与人造系统的复合系统。近年来，系统工程越来越注意从与自然系统的关系中，探讨和研究人造系统。

二、实体系统与概念系统

凡是以矿物、生物、机械和人群等实体为基本要素所组成的系统称之为实体系统（physical system）；凡是由概念、原理、原则、方法、制度、程序等概念性的非物质要素所构成的系统称为概念系统（conceptual system）。在实际生活中，实体系统和概念系统在多数情况下是结合的，实体系统是概念系统的物质基础，而概念系统往往是实体系统的“中枢神经”，指导实体系统的行动或为之服务。系统工程通常研究的也是这两类系统的复合系统。

三、静态系统与动态系统

静态系统（static system）是表征系统运行规律的模型中不含有时间因素，即模型中的量不随时间而变化；而动态系统（dynamic system）就是系统的状态随时间变化的系统。静态系统可视做动态系统的一种特殊情况，即状态处于稳定的系统。实际上大多数系统都是动态系

统,但由于动态系统中各种参数之间的相互关系非常复杂,要找出其中的规律性有时非常困难,这时为了简化起见而假设系统是静态的,或使系统中的各种参数随时间变化的幅度很小,而视同稳态的。也可以说,系统工程研究在一定时期、一定范围内和一定条件下具有某种程度稳定性的动态系统。

四、封闭系统与开放系统

封闭系统 (closed system) 是指该系统与环境之间没有物质、能量和信息的交换,因而呈一种封闭状态的系统;开放系统 (open system) 是指系统与环境之间具有物质、能量与信息的交换的系统。这类系统通过系统内部各子系统的不断调整来适应环境变化,以保持相对稳定状态,并谋求发展。开放系统一般具有自适应和自调节的功能。系统工程研究的是有特定输入、输出的相对孤立系统。

五、确定系统与概率系统

确定系统 (deterministic system) 指的是系统的作用是可以预测的,并且系统现状和系统输入可以完全决定系统的输出和下一个状态;而概率系统 (probability system) 指的是系统的状态只能依靠概率分布进行大致估计的系统。在系统工程研究工作中,人类往往要面对大量情况未知或者不大确知的系统问题,此类问题实际上也是系统工程学科的重点研究对象。正是通过系统工程的理论和方法论的研究、预测、模拟、控制等工作,来强化对不确定性的认识和控制能力。这也就是系统工程学科近年来得到普遍重视和迅猛发展的原因。

另外,按照系统的规模大小可以分为大系统 (large system)、小系统 (little system)、巨系统 (giant system) 三类,按照系统结构简单与否可以分为简单系统 (simple system)、复杂系统 (complex system) 两种,而复杂系统又可以分为一般复杂巨系统和特殊复杂巨系统两种。

为了方便研究和学习,我们在这里给出系统的大致判断标准。

(1) 简单系统。基本特征:满足叠加原理,其原理和运动规律可以用牛顿力学加以研究。例如,几乎所有的中观物质系统都是简单系统。

(2) 简单巨系统。基本特征:系统要素间存在自组织 (熵),并且有层次,有“涌现” (emergence)。例如,星系、简单粒子的运动系统等。“涌现”指的是系统要素作为单独个体不具有而只有作为系统整体才能体现出来的性质或特征,例如,气体的温度,单个气体分子无所谓“温度”,只有大量气体分子聚集在一起,分子之间相互碰撞的剧烈程度才对外体现为一定的“温度”;事实上,气体的“温度”就是气体分子相互之间碰撞剧烈程度的一种度量。

(3) 复杂巨系统。基本特征:系统元素数量大,具有层次结构,元素间关联方式复杂。例如,宇宙天体系统。

(4) 开放的/ (特殊) 复杂巨系统 (open complex giant system, OCGS)。基本特征:元素间关系错综复杂,非线性关系,包含人的因素。例如:社会系统、经济管理系统、人体、人脑等。开放的复杂巨系统是钱学森等提出的,它是指与环境具有物质、能量和信息交换的、由成千上万个子系统构成、子系统种类和系统层次繁多的一类系统,该类系统的解决方法是

由定性到定量的综合集成方法与综合集成研讨的体系。

第三节 系统的要领与特性

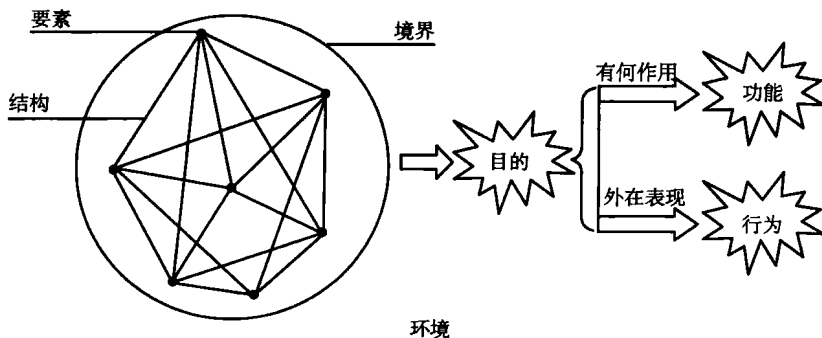
这里，系统的要领与特性主要指的是与系统有关的核心概念，包括：系统的要素、结构、功能、行为、环境、境界、目的等。这些概念对于深入理解和领会系统思想是非常重要的。

1. 要素 (element)

要素是构成系统的基本单元或部分。在本课程学习中，我们规定，系统的要素是最小的研究单位，不再细分。即本课程只研究要素之间的相互联系以及对系统整体的作用，而不关注要素本身的构成及其细部的问题——除非把它作为一个新的系统去研究。形象地表示为图 1-3 中的“点”。

2. 结构 (structure)

结构是系统内部各组成部分或要素之间在时间、空间等方面的有机联系、相互作用的组织机构、方式和秩序，形象地表示为图 1-3 中要素之间的“线”。



3. 功能 (function)

功能是指系统诸要素在一定的系统结构下形成的效应。功能由结构规定，并通过系统整体的运动表现出来。功能是结构的外在体现，而结构是功能的内在动因。

系统结构是系统内诸要素相互关系的总和。系统结构的概念起源于 19 世纪马克思的社会经济结构概念以及布特列洛夫的化学结构概念。系统功能与“行为”这个概念有关，行为原是心理学名词，控制论将其引入系统，一般系统论认为系统相对于外部事物的变化就是其行为，而这个行为对外部事物的作用就是其功能（见图 1-4）。在辩证法看来，系统是结构与功能的统一体。结构是系统内部要素相互作用的秩序，功能是系统对外部作用的秩序，结构是功能的内在基础，功能是结构的外在表现，也就是说系统的结构决定系统的功能。

4. 行为 (behavior)

行为是指实现系统目标所进行的活动，也是系统功能的外部表现。

