

普
华
经
管

管理系统工程



MANAGEMENT
SYSTEM ENGINEERING

主 编/余雪杰 副主编/孙佩红 赵红梅



人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

管理系统工程

余雪杰 主编

孙佩红 赵红梅 副主编

人民邮电出版社
北 京

图书在版编目 (CIP) 数据

管理系统工程 / 余雪杰主编. —北京: 人民邮电出版社,
2009. 9

ISBN 978-7-115-21239-9

I. 管… II. 余… 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 (2009) 第 140408 号

内 容 提 要

管理系统工程是一门以企业管理系统为研究对象的组织管理技术课程, 也是一门以系统科学、运筹学、计算机应用技术为主体的综合、交叉性课程。其基本思想是坚持整体观念、统筹兼顾, 运用有关优化分析方法, 实现管理系统整体功能的提高。本书在借鉴和吸收国内外系统与系统工程最新研究成果的基础上, 结合文科财经类院校的教学实际, 对管理系统工程的基本问题进行了概要性阐述。

本书可供高等院校作为经济、管理类本科生的教材, MBA 的参考教材, 还可供教学和科研人员参考。

管理系统工程

◆ 主 编 余雪杰

副 主 编 孙佩红 赵红梅

责任编辑 王飞龙

执行编辑 王楠楠

◆ 人民邮电出版社出版发行

北京市崇文区夕照寺街 14 号

邮编 100061 电子函件 315@ptpress.com.cn

网址 <http://www.ptpress.com.cn>

北京隆昌伟业印刷有限公司印刷

◆ 开本: 787×1092 1/16

印张: 17.5

2009 年 9 月第 1 版

字数: 305 千字

2009 年 9 月北京第 1 次印刷

ISBN 978-7-115-21239-9

定 价: 35.00 元

读者服务热线: (010) 67129879 印装质量热线: (010) 67129223

反盗版热线: (010) 67171154

《管理系统工程》编写组成员名单

主 编 余雪杰

副主编 孙佩红 赵红梅

成 员 郭 毅 赵云辉

刘 阳 邹晓春

刘 剑 徐天骄

前 言

本书是编者在为本科生讲授《管理系统工程》课程的基础上，吸收和借鉴了众多教材和相关文献的内容，结合编者多年来的实际授课经验编写而成的，全书在体系上改善了管理系统工程教材多以运筹学和计量经济学为主体的格局，在内容和编排上力求体现新意。

作为一本教材，本书在编写过程中力图体现下列特点。

1. 体系完整，突出管理工程学的系统性和逻辑性

本教材首先引入了管理工程学的理论基础——系统、系统工程、系统理论，接着讲解了系统分析方法，接下来进一步分析了管理工程学的基本技术和系统评价的原理及方法，最后介绍了目前较前沿的复杂性管理和混沌分形管理理论，各章之间都有内在的逻辑联系。

2. 介绍了管理工程学的最新发展

20 世纪 80 年代以来，管理工程学研究有了突破性的进展，新的管理思想和方式不断出现。如复杂性管理、管理博弈、模糊管理、并行工程、最优生产技术、混沌与分形管理理论等，本书对上述内容均作了介绍。

3. 内容深入浅出，通俗易懂

本教材主要面向工商管理各专业本科生以及相关领域的从业人员，为了适应读者的需要，本教材尽量做到通俗易懂，特别是对文科背景的学生具有较好的适用性。

4. 教辅材料完整，方便教学

本教材各章节前有本章要点，章后配有复习思考题，有助于学生把握教学的重点与难点；便于案例教学，本教材还结合相应的内容提供一些案例用于教学与讨论。

全书共分为九章。余雪杰负责编写第一章和第二章；赵红梅负责编写第三章；刘阳负责编写第四章和第五章的第一、二、三、四节；郭毅负责编写第六章；赵云辉负责编写第五章的第五、六、七节和第七章；邹晓春负责编写第八章；刘剑和徐天骄负责编写第九章。全书大纲由余雪杰拟定，并由余雪杰和孙佩红统撰定稿。在编写过程中，王寅鹏和李继敏同学协助进行了资料收集与文字输入工作，在此表示感谢。

编写本教材，还得益于他人的研究成果，书末列出了主要的参考文献。在此特向国内外有关成果的著作者表示衷心的感谢。

由于本编写组成员学识水平有限，书中难免有不当之处，敬请读者批评指正。

目 录

第 1 章 系统与系统理论概述	1
1.1 系统概述	1
1.1.1 系统的定义	1
1.1.2 系统的特性	3
1.1.3 系统的分类	4
1.1.4 系统科学研究的主要内容	7
1.2 系统科学方法论	8
1.2.1 系统科学方法论的发展	8
1.2.2 系统科学方法论的特征和组成	10
1.2.3 系统科学方法论的指导思想——系统思想	12
1.3 系统理论简介	13
1.3.1 一般系统理论	13
1.3.2 控制论	15
1.3.3 信息论	16
1.3.4 耗散结构理论	17
1.3.5 协同理论	21
1.3.6 突变理论	23
1.4 系统的结构与功能	25
1.4.1 系统的结构	25
1.4.2 系统的功能	27
1.4.3 系统结构与功能的关系	28
1.5 系统的环境	29
1.5.1 系统的环境	29
1.5.2 系统环境互塑共生原理	30
1.5.3 循环经济	31
案例	39
思考题	42

第2章 管理系统工程	43
2.1 管理系统工程概述	43
2.1.1 系统工程的含义及特点	43
2.1.2 系统工程的发展及应用	45
2.1.3 系统工程的理论基础	49
2.1.4 系统工程的得力工具——计算机	53
2.1.5 系统工程方法论的特点	53
2.2 系统工程的基本逻辑过程和方法	56
2.2.1 系统工程的基本逻辑过程	56
2.2.2 系统工程的方法	57
案例	63
思考题	64
第3章 管理系统分析	65
3.1 系统分析概述	65
3.1.1 系统分析的定义与特点	65
3.1.2 系统分析的原则	66
3.1.3 系统分析在管理中的应用范围	70
3.2 系统分析的内容与流程	71
3.2.1 系统分析的主要构成要素	71
3.2.2 系统分析的要点	73
3.2.3 系统分析的步骤	74
3.3 系统分析的主要方法	76
3.3.1 目标—手段分析法	76
3.3.2 因果分析法	77
3.3.3 KJ法	78
3.3.4 系统分析的重要方法——模型化	79
思考题	85
第4章 管理系统的预测分析	86
4.1 系统预测概述	86
4.1.1 系统预测的概念	86
4.1.2 预测方法分类	87
4.1.3 预测的原理与原则	88
4.1.4 系统预测产生误差与失误的原因	89
4.1.5 预测的步骤	89

4.2 定性预测方法	90
4.2.1 专家个人判断	91
4.2.2 专家会议法 (会议调查法)	91
4.2.3 特尔斐法	91
4.2.4 主观概率法	96
4.2.5 交叉概率法	96
4.3 定量预测方法	98
4.3.1 回归分析	98
4.3.2 时间序列预测	104
4.3.3 灰色预测	106
思考题	106
第5章 管理系统的决策分析	108
5.1 系统决策概论	108
5.1.1 决策和决策过程	108
5.1.2 决策理论的形成与发展	110
5.1.3 决策问题及其分类	110
5.1.4 系统决策基本步骤	115
5.1.5 管理决策的方法	116
5.2 确定型决策分析	119
5.2.1 会计核算	119
5.2.2 盈亏分析	120
5.2.3 古典极值法	121
5.2.4 线性规划模型	121
5.3 不确定型决策分析	125
5.3.1 最大最小原则	126
5.3.2 最大最大原则	126
5.3.3 胡尔维茨原则	127
5.3.4 后悔值原则	127
5.3.5 等概率原则	128
5.4 风险型决策分析	129
5.4.1 决策表法	129
5.4.2 决策树法	131
5.4.3 效用曲线	133
5.5 多目标决策分析	136
5.5.1 多目标决策问题的基本概念	136
5.5.2 目标规划模型	138

5.6 动态序贯决策	144
5.6.1 动态规划的基本原理和模型	144
5.6.2 动态规划应用例解	145
5.7 对策分析	152
5.7.1 基本概念	153
5.7.2 二人有限零和对策的纯策略对策模型	155
5.7.3 二人有限零和对策的混合策略对策模型	158
思考题	164
第6章 管理系统的优化控制	165
6.1 控制的基本概念	165
6.1.1 控制及其在管理系统中的作用	165
6.1.2 优化控制的目标及要求	166
6.1.3 反馈控制	167
6.1.4 前馈控制	170
6.1.5 智能控制	171
6.2 网络计划模型	173
6.2.1 系统管理的网络技术	173
6.2.2 网络图的组成和绘制规则	175
6.2.3 网络图的绘制步骤	176
6.2.4 网络时间参数的计算	180
6.2.5 网络时间参数的计算方法	184
6.2.6 网络计划的优化	185
6.3 管理系统的优化控制方法——系统动力学模型	187
6.3.1 SD 的建模思路与理论根据	188
6.3.2 系统因果关系分析	190
6.3.3 系统动力学模型	192
案例	198
思考题	199
第7章 管理系统的综合评价	201
7.1 系统评价概述	201
7.1.1 系统评价的概念	201
7.1.2 系统评价的原则	202
7.1.3 系统评价的步骤	203
7.1.4 系统综合评价的要素	205
7.2 多目标综合评价	206

7.2.1 多目标综合评价指标的建立及筛选	206
7.2.2 指标权重的确定	208
7.2.3 综合评价模型的比较分析	210
7.2.4 多目标评价的灵敏度分析	211
7.3 层次分析法	212
7.3.1 简单情形——单层次模型	212
7.3.2 一般情形——多层次模型	215
7.3.3 应用	216
7.4 模糊综合评价方法	218
7.4.1 模糊综合评价的数学模型	219
7.4.2 模糊综合评价的应用	220
思考题	225
第8章 复杂性管理	226
8.1 复杂性理论的基本思想与概念	226
8.1.1 复杂性的概念	226
8.1.2 复杂性的根源	227
8.1.3 复杂性的特点	229
8.1.4 复杂系统与复杂性	229
8.1.5 复杂性科学及其主要工具	230
8.2 复杂性与管理	232
8.2.1 管理科学：面对复杂性的挑战	232
8.2.2 管理：面对系统结构的复杂性	234
8.2.3 管理：面对非线性和混沌	235
8.2.4 管理：面对信息不对称、不完全和非理性的挑战	235
8.2.5 管理复杂性与复杂性管理	236
8.3 复杂性管理的主要内容	238
8.3.1 复杂性与组织管理	238
8.3.2 复杂性理论与企业系统的并行进化	241
8.3.3 制度系统演化效率的复杂性分析	243
思考题	245
第9章 混沌与分形管理理论	246
9.1 混沌理论及其基本思想	246
9.1.1 混沌的概念	246
9.1.2 混沌的特征	249
9.1.3 混沌的理论体系	251

9.1.4 混沌理论的要点	251
9.2 分形理论及其基本思想	252
9.2.1 什么是分形	252
9.2.2 分形维	253
9.2.3 分形与混沌的关系	254
9.2.4 分形理论的价值	255
9.3 混沌理论及其在管理中的应用	256
9.3.1 管理系统中的非线性机制及传统战略研究所面临的问题	256
9.3.2 混沌理论对战略研究的启示	257
9.3.3 混沌理论与管理的自组织	258
9.3.4 混沌理论与管理激励制度	259
9.4 分形理论与管理	259
9.4.1 分形企业与分形管理	260
9.4.2 分形理论与经济系统的分形	262
思考题	264
参考文献	265

第 1 章

系统与系统理论概述

本章要点

- 系统的基本概念、特性与分类
- 系统科学方法论的发展、特征与组成
- 系统科学方法的指导思想——系统思想
- 系统理论的基本内容
- 系统结构与功能的关系
- 系统环境互塑共生原理
- 循环经济

1.1 系统概述

1.1.1 系统的定义

系统思想就其最基本的涵义来说，是关于事物的整体、相互联系和演化发展的观念。

系统这一概念来源于人类长期的社会实践和科学总结。人类自有生产活动以来，无不在同自然系统打交道。《管子·地员篇》、《诗经·七月》等古籍篇章，对农作物与种子、地形、土壤、水分、肥料、季节等诸因素的关系，都有辩证的论述，并提出了如何根据天时、地利和生产条件合理地安排农事活动；《黄帝内经》强调了人体各器官的有机联合、生理现象和心理现象的联系、身体健康与自然环境的联系；战国时期，秦国太守李冰设计建造了伟大的都江堰水利工程，包括“鱼嘴”岷江分水工程、“飞沙堰”分洪排沙工程、“宝瓶口”引水工程三大主体工程 and 120 个附属渠堰工程，工程之间的联系处理得恰到好处，形成一个协调运转的工程总体；东汉时期，古代天文学家张衡提出了“浑天说”，揭示了天体运行和季节变化的联系，编制了历法和指导农业活动的二十四节气。这些古代农事、工程、医药、天文知识的成就，都在不同程度上反映了朴素的系统概念的自发应用。

朴素的系统概念，不仅表现在古代人类的实践中，在古代中国和古希腊的哲学思想中也得到了反映。古希腊的唯物主义哲学家德谟克利特就曾论述了“宇宙大系统”，他认为世界是由原子和虚空所组成，原子组成万物，形成不同的系统和有层次的世界；中国古代的系统思想在老子的《道德经》中得到了高度的概括和提炼，老子强调自然界的统一性，认为只有

按照“道”的原则，才能实现既定的目标，“天得一以清，地得一以宁，神得一以灵，谷得一以盈，万物得一以生，侯王得一以为天下正”，这里的“道”或“一”在某种意义上可以和系统划等号。

古代朴素唯物主义哲学思想虽然强调对自然界整体性、统一性的认识，却缺乏对这一整体的细节的认识能力，因此对整体性和统一性的认识也是不完全的。对自然这个统一体的细节的认识，是近代自然科学的任务。19世纪以来，自然科学取得了一系列伟大的成就，特别是能量守恒、细胞和进化论的发现，使人类对自然过程的相互联系的认识有了很大的提高。马克思、恩格斯的辩证唯物主义认为，物质世界是由无数相互联系、相互依赖、相互制约、相互作用的事物和过程所形成的统一整体。辩证唯物主义所体现的物质世界普遍联系及其整体性的思想，也就是系统思想。

20世纪中期现代科学技术的成就，为系统思想提供了定量分析方法和计算工具。现代科学技术对系统思想的研究来说，首要贡献在于使系统思想量化，成为一套具有数学理论、能够定量处理系统各组成部分相互联系的科学方法；其次在于为量化系统思想的实际应用提供了强有力的计算工具——电子计算机。

以上就是系统思想如何从经验到科学、从思辨到定性到定量的大致发展情况。

系统（System）一词在古希腊时期就已使用，从词源上讲，它来自于拉丁语 Systema，由词头“共同”和词尾“位于”结合成，表示共同组成的“群”与“集合”的意思。系统是一个涉及面广、内涵丰富的概念，但关于它的定义尚没有统一的定论。

一般系统论的创始人贝塔朗菲（L. Von Bertalanffy）认为“系统可以定义为相互关联的诸要素的集合体”。在《韦氏大词典》中，系统被定义为“有组织的或被组织化的整体，构成整体所形成的各种概念和原理的综合，以有规则的相互作用和相互依存的形式结合起来的诸要素的集合等等”。

我国学者钱学森等人对系统的定义是：“系统是由相互作用和相互依赖的若干组成部分结合而成的、具有特定功能的有机整体”。

这些定义，尽管表述不同，但都指出了系统的三个基本特征：

第一，由元素所组成；

第二，元素间相互作用、相互影响、相互依赖；

第三，是由元素及元素间关系构成的整体，具有特定的功能。

环境处在系统的外部，是包围系统的单元集合体。或者说，一个系统之外的一切与它相关的事物构成的集合，称为该系统的环境。

元素和子系统都是系统的组成部分，简称组分。组分及组分之间关联方式的组合叫做系统的结构。

系统的行为指系统相对于其环境表现出来的任何变化，或者说，系统可以从外部探知的一切变化。行为属于系统自身的变化，是系统自身特性的外部表现，但又同环境有关，反映环境对系统的作用或影响。

系统的功能是由系统行为引起的，有利于环境中某些事物乃至整个环境存续发展。凡系统必有结构，结构与功能关系密切。系统的结构和环境共同决定系统功能。

系统的性能指系统在内部相关和外部联系中表现出来的特性和能力,性能一般不是功能,功能是一种特定的性能。

1.1.2 系统的特性

从系统的定义可以引申出一般系统都具有的特性。

1.1.2.1 整体性

系统的整体性主要表现为系统的整体功能,系统的整体功能不是各组成要素功能的简单叠加,也不是各组成要素简单的拼凑,而是呈现出各组成要素所没有的新功能。概括地表述为“整体不等于部分和”。即:

整体大于部分和: $F_s > F_1 + F_2 + F_3 + \cdots + F_i$

整体等于部分和: $F_s = F_1 + F_2 + F_3 + \cdots + F_i$

整体小于部分和: $F_s < F_1 + F_2 + F_3 + \cdots + F_i$

其中: F_s : 系统的整体功能

F_i : 各要素的功能 ($i=1, 2, 3\cdots n$)

整体不等于部分之和,可分为两种情形:第一种是整体大于部分之和,俗话说的“三个臭皮匠,赛过一个诸葛亮”,就是这种情形;第二种是整体小于部分之和,俗话说的“一个和尚挑水吃,两个和尚抬水吃,三个和尚没水吃”,就是这种情形。非系统群体的基本特性是加和性,整体等于部分之和。

整体性使系统整体具有部分或部分总和没有的性质,或者说,高层次具有低层次没有的性质,这是系统最重要的特性。所谓用系统的观点看问题,核心就是考察系统的整体性,即不能还原为部分去认识,只能从整体上加以把握的性质。

系统的整体性既包括定性方面,即系统质,又包括定量方面,即系统量。系统量是系统在整体上表现出来的量,它们在组分层次上是完全不能被理解的,甚至不可能被发现。例如,单个物质分子无温度、压强可言,然而一旦聚集成热力学系统,便产生了温度、压强等系统量,这些量可用以描述热力学系统的整体质,即宏观物理性质。系统的整体质只能用相关的系统量来描述。

系统整体性表明系统中的要素以及要素间的相互关系,是根据特定的统一性要求协调存在于系统整体之中的。系统不是零散要素的简单集合,否则它就不会具有作为整体的特定功能。整体性要求人们不能脱离系统整体去研究一个要素,以及要素间的相互联系和相互作用。脱离了整体,要素的功能和要素间的作用便失去了系统意义,也就无法得出有关系统整体的正确结论。

在一个系统整体中,即使每个要素并不都很完善,但它们也可以协调、综合成为具有良好功能的系统。相反,即使每个要素都是良好的,但作为整体却不具备这种良好的功能,也就不能称之为完善的系统。

1.1.2.2 相关性

同一系统的不同元素之间按照一定的方式相互联系、相互作用,不存在与其他元素无任何联系的孤立元。同一系统不可能被划分为若干彼此孤立的部分。所谓“一定方式的联系”,意在要求元素之间的联系有某种确定性,人们能够据以辨认该系统,并与其他系统区分开

来。元素之间只有偶然联系的多元集不是系统，人们无法把握它们。具有统计性的偶然联系的多元集是系统，元素之间的联系具有统计不确定性，可用概率方法加以描述。

1.1.2.3 层次性

又称阶层性。一般系统都具有一定的层次结构。一个系统可以分解为若干子系统，而子系统还可以分解为亚子系统等等，以致最终可分解为要素，这样就形成了具有特定空间层次的结构。系统的层次结构表明了不同层次子系统或要素之间的从属关系或相互作用关系。例如，一个公司就是一个层次比较明显的系统，它由子公司、车间、工段、班组以及相应的职能部门构成。各层次的子系统相互联系，相互作用，以特有的功能为同一目标相互协调运行。不同的层次结构存在着不同的运动形式，构成了系统的整体运动特性，这为深入研究复杂系统的结构、功能并有效地进行控制与调节提供了条件。

1.1.2.4 目的性和功能性

目的是指人们在行动中所要表达的结果和意愿。系统的目的性是人们根据实践的需要而确定的，但不一定所有系统都有目的，例如太阳系或某些生物系统等自然系统。人造系统是有目的性的，而且通常不是单一的目的性。系统的目的性要求人们正确地确定系统的目标，并运用各种调节手段把系统导向预定的目标，以达到系统整体最优的目的。现代管理中的目标管理（Management By Objectives, MBO），就是在系统目的性原则的指导下，使企业适应市场变化，协调其实现经营目标的各项管理工作，完善经济责任制，体现现代企业管理的系统化、科学化、标准化和制度化。

功能性是系统的基本特性之一，它表明系统具有的作用和效能。系统的功能以系统的结构为基础，系统的特定结构决定系统的特定功能，系统不同，其功能也不同，这正是区别一个系统和另外一个系统的重要标志。

1.1.2.5 环境适应性

任何一个系统都存在于特定的物质环境之中，它必然与环境不断地进行物质、能量、信息的交换。外界环境的变化会引起系统特性的改变，相应地引起系统内各部分相互关系和功能的变化。系统时刻处于环境之中，环境是一种更高级、复杂的系统，在某些情况下它会限制系统功能的发挥。为了保持和恢复系统原有特性，系统必须具有对环境的适应能力，例如反馈系统、自适应系统和自学习系统等。有关系统与环境之间的相互关系，本书将在后面的内容中详细讲述。

1.1.3 系统的分类

自然界和人类社会中普遍存在着各种不同形态的系统。为方便系统性质的研究，有必要对系统存在的各种形态加以分类。

1.1.3.1 按系统构成分类

系统按其构成分类可分为自然系统、人造系统和复合系统。自然系统是由自然物天然形成的系统，如气象系统、天体系统、动植物系统、海洋系统、矿藏系统等。人造系统是人们为达到某一目的人工建造的系统，如法律系统、教育系统、管理系统等。复合系统是由人造系统和自然系统相互结合而成的系统，如企业系统、农业系统、地质勘查系统等。

1.1.3.2 按系统物态分类

系统按其物态分类可分为实体系统和概念系统。实体系统是由物质实体组成的系统, 这些实体占有一定空间, 如机械系统、桥梁系统、电力网络系统等。与实体系统相对应的是抽象概念系统, 它是由概念、原理、假说、方法、计划、制度、程序等非物质实体组成的系统, 如法律法规系统、教育系统、计划系统、管理系统等。近年来, 概念系统逐渐被称为软科学系统, 并且日益受到重视。

以上两类系统在实际中结合在一起, 以实现一定的功能。实体系统是概念系统的基础, 而概念系统又往往对实体系统提供指导和服务。例如, 为实现某项工程实体需提供计划、设计方案和目标分解, 对复杂系统还要用数学模型或其他模型进行仿真, 以抽象出系统的主要因素, 并进行多个方案分析, 最终付诸实施。在这一过程中, 计划、设计、仿真和方案分析等都属于概念系统。

1.1.3.3 按系统状态分类

系统按其状态分类可分为静态系统和动态系统。静态系统是指系统状态不随时间改变的系統, 如没有运行的仪器设备等。严格地讲, 绝对静态的系统是不存在的。动态系统是指系统状态随时间变化的系统, 如生产系统、社会系统等。

1.1.3.4 按系统与环境的关系分类

系统按其与环境的关系分类可分为开放系统和封闭系统。开放系统是指系统与外界环境有信息、物质和能量交互作用的系统, 如生产系统、人体系统、生态系统等。在环境发生变化时, 开放系统通过系统中要素与环境的交互作用以及系统本身的调节作用, 使系统达到某一稳定状态。因此, 开放系统经常是自调整或自适应的系统。封闭系统是与外界无明显联系的系统, 环境仅仅为系统提供了一个边界, 不管外部环境有什么变化, 封闭系统仍表现为内部稳定的均衡特性, 如完全自给自足的乡村、完全封闭的容器等。世界上不存在严格意义上的封闭系统, 任何系统都或多或少、或快或慢地同环境交换着物质和能量, 但当一个系统的开放性微弱到相对于一定目的可以忽略不计的程度时, 作为一种理论抽象, 可以视为封闭系统。

这里定义的封闭系统, 物理学称为孤立系统; 只有能量交换的系统, 物理学称为封闭系统; 同时进行物质、能量交换的系统, 物理学称为开放系统; 物质、能量和信息全面开放的系统, 物理学尚无专门定义。

1.1.3.5 按系统某些特性分类

系统按其某些特性分类可分为因果系统、控制系统和对象系统。因果系统是输出完全取决于输入的系统, 如信号系统、测试系统等。控制系统是有控制功能和手段的系统, 如自动化系统、人体系统等。对象系统是按系统对象区分的系统, 如工业系统、水利系统等。

1.1.3.6 钱学森有关系统的分类

按照钱学森有关系统的分类, 系统可以分为简单系统和巨系统。简单系统分大小, 巨系统分简复, 复杂巨系统又分一般和特殊。

1. 巨系统

20 世纪 60 年代末出现了大系统概念和大系统理论。随着社会经济、生态环境等系统成

为研究对象，人们发现还存在比大系统的规模大得多的系统。20 世纪 70 年代末，钱学森在论述社会系统工程时第一次提出了巨系统概念。大体上说，由几个、十几个元素或子系统组成的是小系统；由上百个、上千个元素或子系统组成的是大系统；如果元素或子系统数量极大，成万上亿，上百亿，万亿，那就是巨系统。钱学森关于系统的分类如图 1-1 所示。

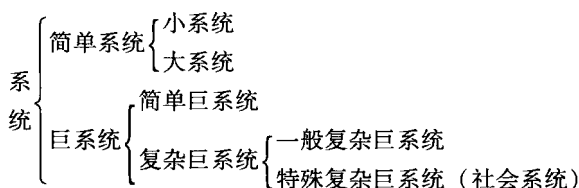


图 1-1 系统的分类

组分数目多到巨型规模，就使系统的整体行为相对于简单系统来说可能涌现出显著不同的性质。量变可以引起质变，巨系统中会出现简单系统中没有的现象，如自组织现象。巨系统通常有宏观与微观的层次划分，系统在这两个层次上的行为特性有本质上的区别，这是不同于小系统和大系统的重要特点。巨系统是一个新的科学概念，一种新的系统观点。巨系统问题要求建立巨系统理论和方法。

2. 复杂系统

大脑作为一个巨系统，空间虽十分有限，但所包含的神经元约 10^{11} 数量级，若从其行为特性看，它属于典型的复杂系统。从系统结构看，一方面是系统组分和种类的多少，另一方面是系统组分之间关联关系的复杂程度和层次结构。在巨系统中，如果系统组分种类不多，只有几种、几十种，相互关系又比较简单，就应称为简单巨系统。对于简单巨系统，用统计方法进行研究取得了成功。这就是从微观到宏观的统计综合方法——哈肯和普利高津建立自组织理论所用的方法。

在巨系统中，如果组分种类繁多（几十、上百、上千或更多），并有层次结构，它们之间的关联方式又很复杂（如非线性、不确定性、模糊性、动态性、适应性等），这就是复杂巨系统。这类系统在结构、功能、行为和演化方面都非常复杂，在时间、空间和功能上都存在层次结构。如人脑系统，由于记忆、推理和思维功能以及意识作用，其输入/输出反应极其复杂。人脑可以利用过去的信息（记忆）和未知的信息（推理），以及当时的输入信息和环境作用，做出各种复杂反应。从时间角度看，这种反应可以是实时反应、滞后反应，甚至是超前反应。人脑系统研究吸引了众多科学家，人脑微观结构在细胞层次上正逐步被研究清楚，但在宏观层次上涌现出思维、意识等极为复杂的整体功能，其机制至今尚未探明。这个事实也说明，应把人脑作为复杂巨系统，将微观与宏观结合起来加以研究（脑科学）。

总之，不同类型的系统要用不同的方法来分析。大系统理论不能用来解决巨系统问题，简单巨系统理论不能用来解决复杂巨系统问题。

（1）开放的复杂巨系统

控制论等技术科学把开放性表达为系统的输入、输出和干扰，自组织理论把开放性表述为控制参量数对系统的影响和涨落的作用。在开放的复杂巨系统概念中，钱学森给“开放