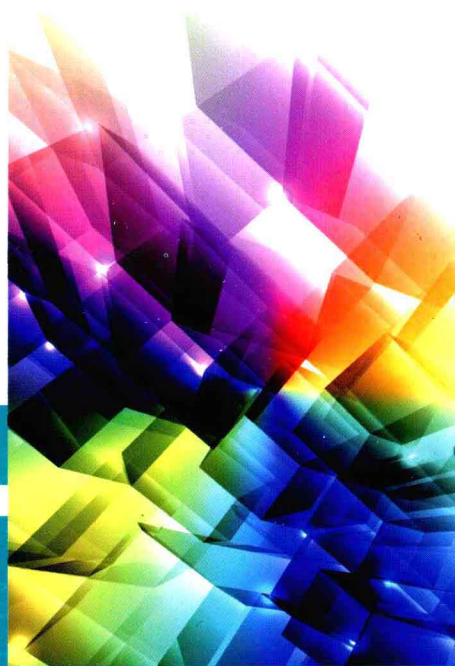


普通高等教育“十二五”规划教材

董肇君 编著

# 系统工程 与运筹学

(第3版)



国防工业出版社

National Defense Industry Press

普通高等教育“十二五”规划教材

# 系统工程与运筹学

(第3版)

董肇君 编著



国防工业出版社

·北京·

## 内 容 简 介

本书立足于整体指导局部的系统思想,把辩证唯物论与现代科学技术相结合,把定性分析与定量分析相结合。重点介绍了系统科学与系统工程的基本原理与方法,并结合经济管理专业实践从建立模型和模型求解角度介绍了运筹学的基本方法。

本书可作为高等工科院校经济管理专业本科生和其他专业研究生的教材,也可作为工程技术人员、管理干部培训班教材和自学参考书。

### 图书在版编目(CIP)数据

系统工程与运筹学 / 董肇君编著. —3 版. —北京:  
国防工业出版社, 2011. 8  
普通高等教育“十二五”规划教材  
ISBN 978-7-118-07646-2

I. ①系... II. ①董... III. ①系统工程 - 高等学校 -  
教材②运筹学 - 高等学校 - 教材 IV. ①N945②022

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 155447 号

※

国防工业出版社 出版发行  
(北京市海淀区紫竹院南路 23 号 邮政编码 100048)  
北京奥鑫印刷厂印刷  
新华书店经售

\*

开本 787×1092 1/16 印张 25¼ 字数 578 千字  
2011 年 8 月第 3 版第 1 次印刷 印数 1—4000 册 定价 40.00 元

---

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店:(010)68428422  
发行传真:(010)68411535

发行邮购:(010)68414474  
发行业务:(010)68472764

## 再 版 前 言

运筹学和系统工程学是很多高校管理门类,尤其是管理科学与工程类专业开设的重要专业基础课和必修课。按钱学森教授建立的科学技术体系,运筹学是技术科学,系统工程学是工程(应用)技术,它们是两个不同层次的科学。

运筹学是系统工程的基础理论之一,是为系统工程提供数学理论与方法的科学,是在系统思想指导下采用建立实现模型和模型求解等定量化方法为系统决策服务的技术科学,在我国属数学科学。

系统工程学是立足于整体指导局部的思想,把辩证唯物论与现代科学技术相结合,把定性分析与定量分析相结合的认识世界与改造世界的方法性科学,运筹学理论与方法的工程应用只是系统工程的应用领域之一。

系统工程与运筹学是密不可分的,系统工程强调系统思想,运筹学强调数学理论与方法,二者相辅相成,可使问题得到较圆满地解决。

将系统工程和运筹学两门课程“捏”在一起,形成“系统工程与运筹学”一门课程的想法来自于20世纪末开始的教学改革。当时,受专业总教学时数的限制,各校在制定培养方案时一般都采用压缩课程学时的做法。我们在制定新的培养方案时,也考虑了这种做法,分别压缩了两门课的学时,但在制定课程教学大纲时出现了问题,因此提出改变制定培养方案的思路,按课程目标,从课程间的联系入手,进行课程整合。由于系统工程学与运筹学的联系较紧密,课程内容有重复,又因运筹学偏重于数学理论与方法,工科和管理学科学学生学习难度大,需要从根本上加以解决,因此决定将这两门课程整合,将系统工程方法与运筹学技术有机地结合起来,尝试性地开设了“系统工程与运筹学”课程,并从定性分析与定量分析相结合的方法论出发,在教学内容、教学方法上进行改革,以适应社会需求和培养方案的要求。

在教学内容改革方面:我们以系统工程为主线,强调建立系统思维方法和采用“问题导向”、面向应用、面向实践的思想;尽量回避运筹学中相关数学方法的推导与论证,并将数学理论与方法融入实践应用之中,由浅入深地介绍数学模型的建立和求解方法;为增强应用性和实用性,引入了相应的计算机软件等。

在教学方法改革方面我们设置了课程设计、实验课等教学环节。

经过十几年的努力,该课程于2006年被评为天津市精品课程,这对我们是莫大的鼓励与鞭策。为进一步深化教学改革和课程建设,我们对原教学计划重新进行了修订,对原教材内容进行了调整,在此基础上重新编写了《系统工程与运筹学》作为新教学计划的教材。

本书共14章,内容包括:系统与系统科学方法论;系统工程与系统工程方法论;系统工程的主要方法;系统工程常用预测方法和模型;投入产出综合平衡模型;静态线性系统

最优化模型及求解方法;静态非线性系统最优化模型及求解方法;图与网络最优化方法;动态规划;系统模拟;对策分析;系统决策;网络计划技术;随机服务系统。

课程建设是一项长期而艰苦的工作,在课程建设过程中,感谢各位同行的帮助,尤其感谢天津大学吴育华教授对本课程建设的帮助与指导。

本书可作为经济管理专业本科生和硕士研究生必修与选修课的教学参考书,亦可作为各类现代化管理学习班、培训班教材,尚可供有关工程技术人员、管理干部自学和参考。

在本书编写过程中参阅了大量资料和著作,吸收了同行们辛勤劳动的成果,在此表示感谢,同时感谢国防出版社对该书的出版所做的努力。

由于编者理论水平有限,书中不妥之处在所难免,敬请广大读者批评指正。

编者  
2011. 2

# 目 录

|                               |    |
|-------------------------------|----|
| 第1章 系统与系统科学方法论.....           | 1  |
| 1.1 系统的概念和属性 .....            | 1  |
| 1.1.1 系统的概念 .....             | 1  |
| 1.1.2 系统的分类 .....             | 3  |
| 1.2 系统科学体系 .....              | 5  |
| 1.2.1 现代科学技术体系 .....          | 5  |
| 1.2.2 现代系统科学体系 .....          | 5  |
| 1.2.3 系统理论 .....              | 5  |
| 1.3 系统科学方法论.....              | 11 |
| 1.3.1 系统科学方法论的产生与发展.....      | 11 |
| 1.3.2 现代系统科学方法论的特征和基本原则.....  | 14 |
| 1.3.3 系统科学方法论的指导思想——系统思想..... | 17 |
| 1.3.4 系统思想的建立与养成.....         | 18 |
| 【讨论题】 .....                   | 22 |
| 【思考题】 .....                   | 22 |
| 第2章 系统工程与系统工程方法论 .....        | 24 |
| 2.1 系统工程的概念及基本观点.....         | 24 |
| 2.1.1 系统工程的定义.....            | 24 |
| 2.1.2 系统工程的基本观点.....          | 26 |
| 2.2 系统工程的基础理论和工具.....         | 28 |
| 2.2.1 系统工程的基础理论.....          | 28 |
| 2.2.2 系统工程的得力工具——计算机.....     | 31 |
| 2.3 系统工程方法论.....              | 32 |
| 2.3.1 霍耳三维结构.....             | 32 |
| 2.3.2 三阶段法.....               | 34 |
| 2.3.3 “调查学习”模式 .....          | 35 |
| 2.4 系统模型化.....                | 35 |
| 2.4.1 模型与模型化.....             | 35 |

|                                 |           |
|---------------------------------|-----------|
| 2.4.2 系统模型化的基本理论、方法与程序 .....    | 38        |
| 【讨论题】 .....                     | 41        |
| 【思考题】 .....                     | 41        |
| <b>第3章 系统工程的主要方法 .....</b>      | <b>42</b> |
| 3.1 系统结构模型解析法 .....             | 42        |
| 3.1.1 数学准备——布尔运算 .....          | 42        |
| 3.1.2 结构模型及结构模型解析法 .....        | 43        |
| 3.1.3 由可达矩阵建立结构模型 .....         | 49        |
| 3.2 系统分析与综合评价 .....             | 52        |
| 3.2.1 系统分析与综合评价概述 .....         | 52        |
| 3.2.2 系统综合评价方法 .....            | 53        |
| 3.3 层次分析法 .....                 | 59        |
| 3.3.1 层次分析法概述 .....             | 59        |
| 3.3.2 层次分析法基本原理 .....           | 59        |
| 3.3.3 应用实例 .....                | 61        |
| 3.4 模糊综合评审法 .....               | 65        |
| 3.4.1 模糊综合评审的基本原理 .....         | 65        |
| 3.4.2 模糊综合评审方法的应用 .....         | 65        |
| 【思考题】 .....                     | 67        |
| 【练习题】 .....                     | 67        |
| <b>第4章 系统工程常用的预测方法和模型 .....</b> | <b>69</b> |
| 4.1 预测科学 .....                  | 69        |
| 4.1.1 预测的概念 .....               | 69        |
| 4.1.2 预测原理 .....                | 69        |
| 4.1.3 预测的步骤 .....               | 70        |
| 4.2 定性预测技术 .....                | 71        |
| 4.2.1 德尔菲法 .....                | 71        |
| 4.2.2 交叉概率法 .....               | 72        |
| 4.3 定量预测技术 .....                | 73        |
| 4.3.1 一元线性回归模型 .....            | 73        |
| 4.3.2 一元非线性回归模型 .....           | 76        |
| 4.3.3 多元线性回归模型 .....            | 79        |
| 4.4 带定性变量的线性回归预测模型 .....        | 85        |
| 4.4.1 基本概念 .....                | 85        |

|                                   |            |
|-----------------------------------|------------|
| 4.4.2 基本方法 .....                  | 87         |
| 4.5 判别分析预测模型 .....                | 89         |
| 4.5.1 判别分析 .....                  | 89         |
| 4.5.2 判别分析的应用 .....               | 93         |
| 4.6 时间序列预测 .....                  | 94         |
| 4.6.1 时间序列分析的内容 .....             | 94         |
| 4.6.2 趋势预测 .....                  | 95         |
| 4.7 灰色预测——GM(1,1)模型 .....         | 98         |
| 4.7.1 灰色预测的基本原理 .....             | 98         |
| 4.7.2 GM(1,1)预测模型的应用 .....        | 100        |
| 【思考题】 .....                       | 103        |
| 【练习题】 .....                       | 103        |
| <b>第5章 投入产出综合平衡模型 .....</b>       | <b>105</b> |
| 5.1 部门间投入产出综合平衡模型 .....           | 105        |
| 5.1.1 投入产出和部门之间的联系 .....          | 105        |
| 5.1.2 价值型投入产出表 .....              | 106        |
| 5.1.3 部门间投入产出综合平衡模型 .....         | 108        |
| 5.1.4 完全消耗系数 .....                | 109        |
| 5.1.5 投入产出模型的基本假设与模型求解的基本条件 ..... | 110        |
| 5.2 部门间投入产出综合平衡模型的应用 .....        | 110        |
| 5.2.1 投入产出表及投入产出模型实例 .....        | 111        |
| 5.2.2 分析国民经济各种比例关系 .....          | 112        |
| 5.2.3 模拟产品价格变动的影响 .....           | 116        |
| 5.2.4 投入产出法是进行国民经济综合平衡的得力工具 ..... | 119        |
| 5.2.5 经济效益分析和经济政策研究 .....         | 121        |
| 【思考题】 .....                       | 121        |
| 【练习题】 .....                       | 122        |
| <b>第6章 静态线性系统最优化模型及求解方法 .....</b> | <b>123</b> |
| 6.1 最优化及最优化模型的建立方法 .....          | 123        |
| 6.1.1 最优化 .....                   | 123        |
| 6.1.2 数学规划模型的建立方法和步骤 .....        | 124        |
| 6.2 系统线性规划模型 .....                | 125        |
| 6.2.1 生产任务分配模型 .....              | 125        |
| 6.2.2 运输模型 .....                  | 127        |

|       |                             |     |
|-------|-----------------------------|-----|
| 6.2.3 | 生产能力配置模型 .....              | 128 |
| 6.2.4 | 下料模型和配套模型 .....             | 132 |
| 6.2.5 | 人员分配问题 .....                | 134 |
| 6.2.6 | 经济系统建立目标函数和约束条件应注意的问题 ..... | 135 |
| 6.3   | 运输模型的求解方法 .....             | 136 |
| 6.3.1 | 平衡型运输问题的求解方法 .....          | 136 |
| 6.3.2 | 非平衡运输模型的求解方法 .....          | 140 |
| 6.4   | 线性规划求解的一般方法 .....           | 141 |
| 6.4.1 | 线性规划标准型 .....               | 141 |
| 6.4.2 | 化任一线性规划模型为标准型 .....         | 142 |
| 6.4.3 | 线性规划解的基本定义和定理 .....         | 143 |
| 6.4.4 | 图解法 .....                   | 144 |
| 6.4.5 | 单纯形法 .....                  | 146 |
| 6.4.6 | 人工变量法 .....                 | 152 |
| 6.4.7 | 单纯形表 .....                  | 155 |
| 6.5   | Lingo 软件简介 .....            | 156 |
| 6.5.1 | Lingo 语言简述 .....            | 156 |
| 6.5.2 | 软件应用例 .....                 | 160 |
| 6.6   | 单纯形法的矩阵描述及灵敏度分析 .....       | 166 |
| 6.6.1 | 单纯形法的矩阵描述 .....             | 166 |
| 6.6.2 | 灵敏度分析 .....                 | 167 |
| 6.7   | 对偶规划及影子价格 .....             | 171 |
| 6.7.1 | 线性规划的对偶理论 .....             | 172 |
| 6.7.2 | 影子价格 .....                  | 173 |
| 6.7.3 | 对偶单纯形法 .....                | 174 |
| 6.8   | 整数规划 .....                  | 175 |
| 6.9   | 指派问题 .....                  | 178 |
| 6.9.1 | 指派模型 .....                  | 178 |
| 6.9.2 | 匈牙利法 .....                  | 178 |
|       | 【思考题】 .....                 | 180 |
|       | 【练习题】 .....                 | 181 |

## 第7章 非线性静态系统最优化模型及求解方法 .....

|       |                  |     |
|-------|------------------|-----|
| 7.1   | 非线性系统最优化模型 ..... | 192 |
| 7.1.1 | 最优选址问题 .....     | 192 |
| 7.1.2 | 最大体积问题 .....     | 194 |

|            |                               |            |
|------------|-------------------------------|------------|
| 7.1.3      | 最佳生产批量 .....                  | 194        |
| 7.1.4      | 库存问题 .....                    | 195        |
| 7.1.5      | 资源分配问题 .....                  | 199        |
| 7.1.6      | 非线性曲线拟合问题 .....               | 200        |
| 7.2        | 无约束非线性规划问题求解方法及原理 .....       | 201        |
| 7.2.1      | 非线性规划问题求解 .....               | 201        |
| 7.2.2      | 解析法 .....                     | 202        |
| 7.2.3      | 迭代法 .....                     | 203        |
| 7.2.4      | 解析—迭代法 .....                  | 208        |
| 7.3        | 有约束非线性规划的求解方法 .....           | 212        |
| 7.3.1      | 有等式约束的非线性规划问题 .....           | 212        |
| 7.3.2      | 有不等式约束的非线性规划问题 .....          | 213        |
|            | 【思考题】 .....                   | 218        |
|            | 【练习题】 .....                   | 218        |
| <b>第8章</b> | <b>图与网络最优化方法 .....</b>        | <b>220</b> |
| 8.1        | 图与网络的基本概念 .....               | 220        |
| 8.1.1      | 图的基本概念和术语 .....               | 220        |
| 8.1.2      | 树的概念和术语 .....                 | 221        |
| 8.2        | 一笔画和最小部分树问题 .....             | 221        |
| 8.2.1      | 一笔画和奇偶点图上作业法 .....            | 221        |
| 8.2.2      | 最小部分树问题 .....                 | 223        |
| 8.3        | 最短路径问题 .....                  | 225        |
| 8.3.1      | 两固定顶点间的最短路径求解方法——狄克斯特拉法 ..... | 225        |
| 8.3.2      | 边长有负值或有回路网络的算法——福特法 .....     | 225        |
| 8.3.3      | 最短路径问题与应用 .....               | 228        |
| 8.4        | 最大流问题 .....                   | 229        |
| 8.4.1      | 基本假设和符号 .....                 | 229        |
| 8.4.2      | 基本的定理和概念 .....                | 229        |
| 8.4.3      | 标记法 .....                     | 230        |
| 8.4.4      | 几种特殊情况的处理 .....               | 232        |
| 8.5        | 最小费用最大流问题 .....               | 233        |
|            | 【思考题】 .....                   | 235        |
|            | 【练习题】 .....                   | 236        |

第9章 动态规划..... 239

9.1 动态规划的基本原理 ..... 239

9.1.1 动态规划的基本概念 ..... 240

9.1.2 最优性定理与最优性原理 ..... 241

9.2 动态规划基本方程算法 ..... 242

9.2.1 动态规划基本方程 ..... 242

9.2.2 逆序递推算法 ..... 242

9.2.3 顺序递推算法 ..... 244

9.3 连续型动态规划的求解与应用 ..... 245

9.3.1 生产计划问题 ..... 245

9.3.2 资源配置问题 ..... 248

9.4 离散型动态规划的求解与应用 ..... 250

9.4.1 资源配置问题 ..... 250

9.4.2 背包问题 ..... 252

9.4.3 随机性采购问题 ..... 254

【思考题】 ..... 257

【练习题】 ..... 257

第10章 系统模拟 ..... 260

10.1 模拟技术——蒙特卡罗法..... 260

10.1.1 蒙特卡罗法的基本原理..... 260

10.1.2 随机数的产生..... 262

10.2 系统动力学模拟原理..... 265

10.2.1 系统因果关系分析..... 265

10.2.2 系统动力学模型..... 269

10.2.3 模拟方程的建立..... 271

10.2.4 模拟..... 272

10.3 Vensim 软件简介 ..... 273

【思考题】 ..... 278

【练习题】 ..... 278

第11章 对策分析 ..... 280

11.1 对策分析概述..... 280

11.1.1 对策行为的基本要素..... 280

|                                    |            |
|------------------------------------|------------|
| 11.1.2 对策问题的分类·····                | 281        |
| 11.2 二人有限零和对策·····                 | 281        |
| 11.2.1 最优纯策略·····                  | 282        |
| 11.2.2 优越原理·····                   | 283        |
| 11.2.3 混合策略·····                   | 284        |
| 11.2.4 混合策略决策方法·····               | 286        |
| 11.3 二人有限非零和对策·····                | 289        |
| 11.3.1 二人有限常数和对策·····              | 290        |
| 11.3.2 非合作的二人有限非零和对策·····          | 291        |
| 11.4 合作对策简介·····                   | 295        |
| 【思考题】·····                         | 296        |
| 【练习题】·····                         | 297        |
| <b>第12章 系统决策</b> ·····             | <b>299</b> |
| 12.1 概率树与决策树·····                  | 299        |
| 12.1.1 概率树·····                    | 299        |
| 12.1.2 决策树·····                    | 301        |
| 12.1.3 应用决策树做决策分析·····             | 301        |
| 12.2 风险决策和不确定决策·····               | 304        |
| 12.2.1 风险决策·····                   | 304        |
| 12.2.2 不确定型决策·····                 | 305        |
| 12.3 多目标决策·····                    | 308        |
| 12.3.1 多目标决策的基本概念·····             | 308        |
| 12.3.2 多目标决策的具体方法·····             | 309        |
| 12.4 目标规划法·····                    | 314        |
| 12.4.1 目标规划模型·····                 | 314        |
| 12.4.2 目标规划应用举例·····               | 316        |
| 12.4.3 目标规划求解·····                 | 317        |
| 12.5 数据包络分析*·····                  | 320        |
| 12.5.1 DEA 基本模型——CCR 模型·····       | 321        |
| 12.5.2 C <sup>2</sup> R 模型的应用····· | 322        |
| 【思考题】·····                         | 324        |
| 【练习题】·····                         | 325        |
| <b>第13章 网络计划技术</b> ·····           | <b>329</b> |
| 13.1 系统管理的网络计划技术概述·····            | 329        |

|        |                             |     |
|--------|-----------------------------|-----|
| 13.1.1 | 网络计划技术                      | 329 |
| 13.1.2 | 网络计划技术应用的程序                 | 331 |
| 13.1.3 | 网络图的绘制                      | 332 |
| 13.2   | 关键线路法时间参数的计算方法              | 336 |
| 13.2.1 | 分析法                         | 336 |
| 13.2.2 | 图算法                         | 347 |
| 13.2.3 | 表算法                         | 349 |
| 13.3   | CPM 网络的优化                   | 350 |
| 13.3.1 | 时间的优化                       | 350 |
| 13.3.2 | 时间—费用优化                     | 352 |
| 13.3.3 | 流程优化                        | 356 |
| 13.3.4 | 资源优化                        | 358 |
| 13.4   | 项目管理软件简介                    | 359 |
| 13.4.1 | 广义网络计划技术与综合计划方法             | 359 |
| 13.4.2 | P <sub>3</sub> 软件简介         | 360 |
| 13.5   | 计划评审技术                      | 363 |
| 13.5.1 | 根据平均作业时间确定完成任务总工期及概率的方法     | 363 |
| 13.5.2 | 根据作业的标准差确定关键线路的方法           | 364 |
| 13.5.3 | 根据各线路在指定日期内完成任务的概率确定关键线路的方法 | 364 |
| 【思考题】  |                             | 365 |
| 【练习题】  |                             | 365 |
| 第 14 章 | 随机服务系统                      | 369 |
| 14.1   | 随机服务系统的组成和特性                | 370 |
| 14.1.1 | 输入过程和特性                     | 370 |
| 14.1.2 | 排队规则和特性                     | 371 |
| 14.1.3 | 服务机构和特性                     | 372 |
| 14.1.4 | 服务系统分类的表示法                  | 372 |
| 14.2   | 定长服务系统                      | 373 |
| 14.3   | 生灭过程                        | 374 |
| 14.3.1 | 生灭过程定义                      | 374 |
| 14.3.2 | 生灭过程微分方程                    | 375 |
| 14.3.3 | 生灭过程稳态方程                    | 376 |
| 14.4   | 泊松输入、负指数分布服务系统分析            | 377 |
| 14.4.1 | 单服务台系统(M/M/1)               | 377 |

14.4.2 多服务台系统(M/M/S) ..... 382

14.5 随机服务系统的费用优化..... 384

14.5.1 M/M/1 系统优化模型 ..... 384

14.5.2 M/M/S 系统优化模型 ..... 385

【思考题】 ..... 386

【练习题】 ..... 387

参考文献..... 389

# 第1章 系统与系统科学方法论

## 学习要点

1. 掌握系统的概念和属性;
2. 掌握现代系统科学体系;
3. 熟悉系统理论;
4. 掌握系统科学方法论;
5. 掌握系统思想及养成方法。

## 1.1 系统的概念和属性

系统一词可追溯到古希腊唯物主义者德谟克利特(约公元前 540 年—公元前 480 年)的一本没有留传下来的著作——《宇宙大系统》。但系统一词真正得到广泛使用还是 20 世纪 40 年代以后的事情,其内涵也在不断的发展和完善。

### 1.1.1 系统的概念

#### 1. 系统的定义

关于系统的准确定义,国内外有不同的说法,主要有以下几种:

(1) 一般系统理论创始人冯·贝塔朗费认为:“系统是相互作用的诸要素的复合体。”

(2) 韦氏大辞典(Weberster 大辞典)中系统(System)被解释为:有组织或被组织的整体,被组合的整体所形成的各种概念和原理的综合,以有规则地相互作用、相互依赖的形式组成的诸要素的集合。

(3) 钱学森把系统定义为:“极其复杂的研制对象,即由相互作用和相互依赖的若干组成部分组合成的具有特定功能的有机整体,而且这个系统本身又是它所从属的一个更大系统的组成部分。”

(4) 美国国家研究理事会在《美国科学教育标准》中对系统的定义为:自然界和人工界是复杂的,它们过于庞大,过于复杂,不可能一下子研究和领会。为了便于调查研究,科学家和学生要学会定义一些小的部分进行研究。研究的单位称为“系统”。系统是相关物体或构成整体的各个部分的有组织集合。

为了适应系统工程学研究的需要,本书中所指的系统是由相互联系、相互依赖、相互

制约、相互作用的若干部分,是按照一定的方式、为了一定的目的组合而成的存在于特定环境之中并具有一定功能的有机整体。这个整体本身又是它所从属的更大整体的组成部分。

## 2. 系统的属性

从系统的定义看,系统应具备以下6个基本属性:

(1)整体性。整体是与部分相对应的概念,系统的整体性表现在系统目标、功能、行为和演化规律等的整体性。系统的整体性是识别不同系统和区分系统整体与部分的重要标志,是系统最本质的特征。系统整体性源于系统是有“生命”的、活的、有机的整体,并在与环境的相互作用中生存与发展。总之,一切系统都是整体,是组成部分与环境相互作用的整体,是各组成部分之间相互联系、相互作用、相互依赖、相互制约所形成的整体。

(2)有序性。凡系统均有结构,结构是指系统各部分之间相互关联与作用的模式。结构分为有序结构和无序结构,有结构不等于有序,只有经过组织(或自组织)的系统才能形成有序的结构。处于静止或平衡状态的有序结构称为框架结构。处于运动状态的系统会产生与静态结构不同的特性与行为,就形成了动态结构。一般情况下,静态结构是动态结构的基础,而动态结构是静态结构运行特性和行为的体现。系统部分或要素在空间的排列称为空间结构,随时间的分布与排列称为时间结构,一般系统均随时间的推移而产生空间结构的变化,此时可统称为时空结构。系统的有序性还体现在系统的层次上,将系统的各组成部分按一定规则组织(划分)成若干子系统,再将子系统化分成若干子子系统,由于子系统、子子系统在系统中的结构不同、所处的地位不同等原因,便形成了不同的层次,从而形成层次结构,该层次结构决定了系统内物质、能量和信息的流动,从而使系统能够作为一个整体发挥较高的功能和效率。

在子子系统形成子系统、子系统形成系统时,由于所处层次不同,其基本属性是不同的,高层次具有低层次所不具备的特性与行为,这些特性与行为是子子系统、子系统在相互作用、相互制约、相互影响过程中激发出来的,系统的这种性质称为整体涌现性。不同层次因其组成不同、结构不同,所涌现出的特性与行为也不同,这正是解决问题时站在不同层次解决问题的思路、方法和采取的决策不同的主要原因,也是识别系统与其组成部分的关键。

(3)集合性。系统都是由两个或两个以上可识别的部分(或子系统)所构成的多层次集合体。作为子系统或要素是系统不可缺少的组成部分,集合中不可再分的部分为要素,要素本身是“活”的,它具有多样性和差异性的特点,这些特点是系统“生命力”的源泉。

集合性又说明系统是有边界的,集合之外的与集合中各要素相关联的一切事物构成了系统的环境,二者的界面就是系统的边界,在处理问题时划清系统边界,可避免将研究范围扩大化。

(4)关联性。系统各组成部分(子系统)之间按照一定的方式相互联系、相互依赖、相互制约、相互作用的性质称为系统的关联性。通过系统的关联性可揭示出整体与部分的关系和系统的整体特性。

(5)目的性。系统按照统一的目的将各组成部分组织起来的性质称为系统的目的性。除自然系统外,人工系统、复合系统都具有特定的功能,都具有一定的目的并且有达成目的的机制。作为系统的一个组成部分都有为系统目的服务的一面,同时作为不同于

其他组成部分,又有维护自身利益的一面,因此研究确定系统目的和子系统目的之间的关系,保证各子系统在系统总目的的指导下,协同配合,分工合作,在完成各子系统目的的同时达成系统的目的是系统目的性的主要研究内容。

(6)环境适应性。任何一个系统总处于特定的环境之中并与环境不断地进行物质、能量、信息的交换。系统离不开环境,它在适应环境变化的同时还反作用于环境,这种系统随着环境的变化而存在的性质称为系统的环境适应性。系统的环境适应性可分为主动适应和被动适应,主动适应是指系统除随环境的变化调整自身的结构以适应环境外,还包括系统对环境施加影响,以改变环境。

任何复杂均来源于简单,任何复杂的系统均由简单系统构成,系统之所以复杂,均是在适应环境过程中产生和演化的,均是环境适应性造成的,系统在适应环境的过程中体现出其演化的规律性。

根据系统的定义和属性,可得出以下结论:①系统中每一个部分的性质或行为将对系统整体的特性和行为产生影响;②系统中每一部分的特性或行为以及影响整体的途径依赖于系统中其他一个或几个部分的特性或行为;③系统中每一部分对整体都不具备独立的影响,所以系统不能分出独立的子系统;④系统不能独立于环境而存在,它在适应环境与改造环境的过程中演化发展;⑤系统中不同层次的性能和功能是不同的,系统层次结构的调整将改变系统的整体特性。

### 3. 系统的运行模式

从系统的结构特点和与环境的关系方面研究,系统都按以下模式运行:

(1)任何系统都由环境获取物质、能量和信息,经系统处理后向环境输出物质、能量和信息,因此系统均具有将输入转化为输出的功能。系统由输入、处理、输出三部分组成,并可用图 1.1.1 的模式表示。

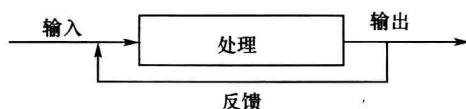


图 1.1.1 系统模式图

(2)系统内部都有物质、能量、信息三种流的流动。系统本身的运动过程就是对这三种流的处理过程,从对系统的组织管理角度研究,信息流是至关重要的,只重视物质、能量,而忽视对信息流的管理通常是造成工作被动的原因之一。

(3)系统都有反馈和自适应能力。系统都靠信息的反馈控制调整自身的运行,以适应环境并实现目标。

## 1.1.2 系统的分类

系统广泛地存在于自然界,为了便于研究,需对系统进行分类。如何对系统进行分类取决于研究目的,依研究目的,选择不同的分类标志对系统分类可界定研究对象的属性。

### 1. 按单一标志的分类

(1)按组成部分的属性可将系统分为自然系统、人造系统和复合系统三类。