

高等学校“十三五”
应用型本科规划教材



系统工程

•主 编 薛弘晔
•副主编 王平乐 屈文斌
李 莉 薛 薇



西安电子科技大学出版社
<http://www.xduph.com>

高等学校“十三五”应用型本科规划教材

系 统 工 程

主 编 薛弘晔
参 编 王平乐 屈文斌
李 莉 薛 薇

西安电子科技大学出版社

内 容 简 介

本书以系统工程方法论的应用过程为主线,全面系统地讲述了系统工程和系统科学的基本知识、理论、方法及其应用。全书分为10章,内容包括系统及系统工程概述、系统模型分析、线性规划、目标规划、动态规划、系统预测、存储论、图与网络分析、系统评价和系统决策。

读者在学习了解了系统及系统工程的理论、方法后,通过应用可加深对理论知识的正确理解,掌握分析、解决系统工程问题的思路和方法。在编排上充分体现了教学思路的完整性,同时也考虑到自学者学习方便。

本书可作为高等院校工程类、管理类等专业教学用书,亦可作为工程技术人员的参考资料。

图书在版编目(CIP)数据

系统工程/薛弘晔主编. —西安:西安电子科技大学出版社,2017.9

(高等学校“十三五”应用型本科规划教材)

ISBN 978-7-5606-4554-4

I. ①系… II. ①薛… III. ①系统工程 IV. ①N945

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 171898 号

策 划 戚文艳

责任编辑 杨 璠

出版发行 西安电子科技大学出版社(西安市太白南路2号)

电 话 (029)88242885 88201467 邮 编 710071

网 址 www.xduph.com 电子邮箱 xdupfxb001@163.com

经 销 新华书店

印刷单位 陕西利达印务有限责任公司

版 次 2017年9月第1版 2017年9月第1次印刷

开 本 787毫米×1092毫米 1/16 印张 17.5

字 数 411千字

印 数 1~3000册

定 价 35.00元

ISBN 978-7-5606-4554-4/N

XDUP 4846001-1

如有印装问题可调换

本社图书封面为激光防伪膜,谨防盗版。

出版说明

本书为西安科技大学高新学院课程建设的最新成果之一。西安科技大学高新学院是经教育部批准、由西安科技大学主办的全日制普通本科学校。

学院秉承西安科技大学五十余年厚重的历史文化积淀,充分发挥其优质教育教学资源和学科优势,注重实践教学,突出“产学研”相结合的办学特色,务实进取,开拓创新,取得了丰硕的办学成果。学院先后被评为“西安市文明校园”、“西安市绿化园林式校园”、陕西省民政厅“5A级社会组织”单位;学院产学研基地建设项目于2009—2015年连续七年被列为“西安市重点建设项目”,2015—2016年被列为“省级重点建设项目”;学院创业产业基地被纳入陕西省2016年文化产业与民生改善工程重点建设项目;2014年被陕西省教育厅确定为“向应用技术型转型院校试点单位”,已成为一所管理规范、特色鲜明的普通本科院校。

学院现设置机电信息学院、城市建设学院、经济与管理学院、能源学院和国际教育学院五个二级学院,以及公共基础部、体育部、思想政治教学与研究部三个教学部,开设有本、专科专业38个,涵盖工、管、文、艺等多个学科门类,在校生12000余人。学院现占地900余亩,总建筑面积23万平方米,教学科研仪器设备总值6000余万元,建设有现代化的实验室、图书馆、运动场等教学设施,学生公寓、餐厅等后勤保障完善。

学院注重教学研究与教学改革,实现了陕西独立学院国家级教改项目零的突破。学院围绕“应用型创新人才”这一培养目标,充分利用合作各方在能源、建筑、机电、文化创意等方面的产业优势,突出以科技引领、产学研相结合的办学特色,加强实践教学,以科研、产业带动就业,为学生提供了实习、就业和创业的广阔平台。学院注重国际交流合作和国际化人才培养模式,与美国、加拿大、英国、德国、澳大利亚以及东南亚各国进行深度合作,开展本科双学位、本硕连读、本升硕、专升硕等多个人才培养交流合作项目。

在学院全面、协调发展的同时,学院以人才培养为根本,高度重视以课程设计为基本内容的各项专业建设,以扎扎实实的专业建设构建学院社会办学的核心竞争力。学院大力推进教学内容和教学方法的变革与创新,努力建设与与时俱进、先进实用的课程教学体系,在师资队伍、教学条件、社会实践及教材建设等各个方面,不断增加投入、提高质量,为广大学子打造能够适应时代挑战、实现自我发展的人才培养模式。为此,学院与西安电子科技大学出版社合作,发挥学院办学条件及优势,不断推出反映学院教学改革与创新成果的新教材,以逐步建设学校特色系列教材为又一举措,推动学院人才培养质量不断迈向新的台阶,同时为在全国建设独立本科教学示范体系、服务全国独立本科人才培养作出有益探索。

西安科技大学高新学院
西安电子科技大学出版社
2016年6月

图书出版

高等学校“十三五”应用型本科规划教材

编审专家委员会名单

主任委员	赵建会			
副主任委员	孙龙杰	汪 阳	翁连正	
委 员	董世平	龚尚福	屈钧利	乔宝明
	沙保胜	李小丽	刘淑颖	

前言

现代社会需要大量复合型人才。作为高等院校工程类的大学生,应当掌握系统工程理论方法的基本运用,学会用系统工程的思想和方法解决实际问题。

系统工程是研究多学科综合方法论的科学。它提供了处理问题和解决问题的系统方法论,即以系统的观念及工程的观念处理所面临的问题。系统的观念是整体最优的观念,工程的观念是人们在社会生产实践中形成的工程方法论,系统工程使得人们能够以工程的观念与方法研究和解决各种社会系统问题。因此学习系统工程,需要较深厚的数学基础,如运筹学、数理统计、高等数学、线性代数等。为了帮助非系统工程专业的大学生学好这门课,本书从教学和应用角度出发,仅介绍系统工程中最基本的理论和方法及优化、评价过程,介绍过程均结合了案例。

系统工程的内容横跨多个学科,它从系统的整体性观点出发,以自然科学、社会科学的基本思想、理论和方法为基础,采用定量与定性相结合的方法,立足整体,统筹全局,可使系统的效能达到 $1+1$ 大于 2 的效果,为现代科学技术的发展提供了新思路和新方法。

本书以系统工程方法论的应用过程为主线,全面系统地讲述了系统工程和系统科学的基本知识、理论、方法及其应用。全书分为10章,第1章主要讲述系统、系统工程、系统工程的方法论和系统工程的应用等;第2章介绍系统模型的基本概念和系统工程中常用的模型技术、典型模型等;第3、4、5、7、8章为系统工程基本知识、理论、方法及应用示例,诸如线性规划、动态规划、存储论、图论等;第6章介绍系统预测概念与步骤,以及常用的系统评价方法等;第9章介绍系统评价的目的和意义,评价体系、准则及方法;第10章介绍系统决策的概念、确定型决策、不确定型决策、风险型问题的决策等。

本书由西安科技大学薛弘晔主编。其中第1、3、5、8章由薛弘晔编写,第2、6章由西安科技大学高新学院王平乐编写;第4、10章由陕西工业职业技术学院屈文斌编写;第7章由中国西电集团公司薛薇(西安交通大学在读研究生)编写;第9章由西安科技大学高新学院李莉编写。全书由薛弘晔负责统稿。

本书在编写过程中,参考了大量资料和公开发表的研究成果,在此对相关

的作者表示衷心的感谢。由于系统工程涉及面非常广泛，又是一门不断发展的交叉学科，限于作者水平，疏漏在所难免，敬请批评指正。

前 言

编 者
2017 年 4 月

目 录

第 1 章 系统及系统工程概述	1	2.2.3 典型模型	56
1.1 概述	1	2.3 系统分析案例	60
1.2 系统的基本概念	2	本章小结	60
1.2.1 系统的概念	2	习题	60
1.2.2 系统的特征	3	第 3 章 线性规划	62
1.2.3 系统的分类	6	3.1 线性规划问题及其数学模型	62
1.3 系统的结构与功能	7	3.1.1 问题的提出	62
1.3.1 系统的结构	7	3.1.2 线性规划问题数学模型的一般形式	66
1.3.2 系统的功能	9	3.1.3 线性规划问题数学模型的标准形式	67
1.3.3 系统结构与功能的关系	11	3.1.4 线性规划问题解的概念	69
1.4 系统工程的概念	12	3.2 线性规划问题解的性质	70
1.4.1 系统工程的定义	12	3.2.1 几何意义上的基本概念	70
1.4.2 系统工程的特点	13	3.2.2 线性规划问题的基本定理	73
1.4.3 系统工程的形成与发展	14	3.3 单纯形法	74
1.4.4 系统工程的应用领域	16	3.3.1 单纯形法的思路	74
1.5 系统工程的方法论	17	3.3.2 单纯形表解法	77
1.5.1 霍尔三维结构体系	17	3.3.3 单纯形表解的步骤	79
1.5.2 软科学系统工程方法论	20	3.4 二阶段法(人工变量法)	81
1.6 系统工程的技术内容	21	3.4.1 两阶段法	82
1.6.1 运筹学	21	3.4.2 大 M 法	84
1.6.2 概率论与数理统计学	24	3.5 改进的单纯形法	86
1.6.3 数量经济学	24	3.6 对偶线性规划问题	91
1.6.4 技术经济学	24	3.6.1 对偶规划	91
1.6.5 管理科学	24	3.6.2 对偶问题的基本性质	94
1.6.6 控制论	25	3.6.3 对偶单纯形法	97
1.6.7 信息论	33	3.7 运输问题	100
本章小结	38	3.7.1 运输问题的数学模型	100
习题	38	3.7.2 表上作业法(运筹学)	101
第 2 章 系统模型分析	39	3.7.3 产销不平衡的运输问题	110
2.1 系统分析概述	39	3.8 指派问题	114
2.1.1 层次分析法	39	3.8.1 指派问题的数学模型	114
2.1.2 网络分析法	49	3.8.2 匈牙利解法	116
2.2 系统模型	55	3.9 整数规划	119
2.2.1 系统模型概述	55		
2.2.2 系统建模方法	55		

3.9.1 分支定界法	120	6.3.1 简单算术平均法	171
3.9.2 求解 0-1 规划的隐枚举法	122	6.3.2 平滑预测法	171
本章小结	124	6.3.3 回归分析预测法	173
习题	124	本章小结	174
第 4 章 目标规划	126	习题	174
4.1 目标规划的数学模型	126	第 7 章 存储论	176
4.1.1 多目标规划简介	126	7.1 基本概念	176
4.1.2 以多目标规划模型建立目标规划模型	129	7.2 库存 ABC 分类管理	177
4.1.3 以单目标规划模型建立目标规划模型	132	7.2.1 ABC 分类标准	177
4.2 目标规划的图解法	133	7.2.2 ABC 分类管理原则	179
4.3 解目标规划的单纯形法	135	7.3 确定型存储模型	180
4.4 灵敏度分析	137	7.3.1 经济订货批量模型	181
4.5 应用举例	138	7.3.2 经济生产批量存储模型	182
本章小结	141	7.3.3 允许缺货的经济订货批量模型	183
习题	141	7.3.4 价格有折扣的经济订货批量模型	185
第 5 章 动态规划	144	7.3.5 灵敏度分析	186
5.1 多阶段决策过程及实例	144	7.4 随机型存储模型	187
5.2 动态规划的基本概念和基本方程	145	7.4.1 单周期单品种连续分布随机型存储模型	187
5.2.1 动态规划的基本概念	145	7.4.2 多周期单品种随机型存储模型	189
5.2.2 动态规划的基本思想和基本方程	146	本章小结	190
5.3 动态规划的最优性原理和最优性定理	150	习题	190
5.3.1 最优性原理	150	第 8 章 图与网络分析	192
5.3.2 最优性定理	151	8.1 引言	192
5.4 动态规划和静态规划的关系	152	8.2 图和网络基本概念	193
5.4.1 逆推解法	152	8.2.1 图的应用实例	193
5.4.2 顺推解法	154	8.2.2 图的基本概念	194
本章小结	156	8.2.3 图的矩阵表示	196
习题	156	8.3 树	198
第 6 章 系统预测	158	8.3.1 树及其性质	198
6.1 系统预测概述	161	8.3.2 图的支撑树	199
6.1.1 系统预测的概念	161	8.3.3 最小支撑树问题	200
6.1.2 预测技术的分类	162	8.4 最短路问题	202
6.1.3 预测的程序	164	8.4.1 引例	202
6.2 定性预测方法	165	8.4.2 最短路算法(标号法)	202
6.2.1 市场调查预测法	166	8.4.3 最短路问题应用举例	204
6.2.2 德尔菲法	166	8.5 网络最大流	207
6.2.3 交叉影响法	168	8.5.1 引例	207
6.2.4 领先指标分析法	170	8.5.2 基本概念与定理	207
6.3 定量预测方法	170	8.5.3 截集和截量	209
		8.5.4 寻求最大流的标号法(Ford-Fulkerson)	210

8.6 最小费用最大流问题	213	9.4 常用的系统评价方法	247
8.6.1 问题描述	213	9.4.1 系统评价理论	247
8.6.2 最小费用最大流问题求解	213	9.4.2 系统评价方法	248
8.7 中国邮路问题	218	本章小结	250
8.7.1 欧拉图	218	习题	250
8.7.2 奇偶点图上作业法	219	第 10 章 系统决策	251
8.8 网络计划技术	220	10.1 系统决策概述	251
8.8.1 网络图的基本概念及绘制规则	221	10.1.1 决策的概念及意义	251
8.8.2 网络计划时间与关键路线	224	10.1.2 决策过程	252
8.8.3 网络计划的优化	230	10.1.3 决策问题描述	252
8.8.4 应用案例	236	10.2 确定型决策	254
本章小结	237	10.2.1 问题概述	254
习题	237	10.2.2 特点及决策方法	254
第 9 章 系统评价	241	10.3 风险型决策	255
9.1 系统评价概述	241	10.3.1 问题概述	255
9.1.1 系统评价的概念	241	10.3.2 最大可能准则	256
9.1.2 系统评价的内容	242	10.3.3 期望值准则	257
9.1.3 系统评价的步骤	243	10.4 不确定型决策	258
9.2 系统评价的特性	243	10.4.1 问题概述	258
9.2.1 系统评价的复杂性	244	10.4.2 决策准则	258
9.2.2 系统评价的关注点	244	10.5 多阶段决策	264
9.2.3 系统评价的思想	244	10.5.1 决策树模型结构	264
9.3 系统评价的准则体系	245	10.5.2 决策树分析的逆向归纳法	265
9.3.1 系统评价的原则	245	本章小结	266
9.3.2 系统评价指标体系	245	习题	267
9.3.3 确定评价体系时应遵循的基本 原则	246	参考文献	270
9.3.4 系统评价时的矛盾处理	246		

第1章 系统及系统工程概述

【知识点聚焦】

本章介绍了系统、系统工程的基本概念、类型特性、应用领域、发展及应用技术等；重点要求学生掌握系统工程的控制论科学、管理科学、经济学等基础技术内容，为后续课程奠定基础。

1.1 概 述

20世纪40年代开始，在美国产生了一门新的科学技术——系统工程。经过二十几年的形成和发展，系统工程于60年代在征服宇宙空间的实践中确立了自己的体系。尽管目前它仍处在发展和逐步完善中，但已广泛地引起各国的重视与应用。

现在，世界上主要国家的政府部门都设有专门机构从事系统工程及其应用，一些大型企业、厂家也都设立系统工程研究机构，这些机构为政府、企业、厂家制订各种可供选择的方案，并协助实施所选择的方案，因此，人们常称他们是决策部门的智囊团。

美国从1964年起每年都举行系统工程年会，出版专刊，1965年出版了《系统工程手册》，其中包括系统工程的方法论、系统环境、系统元件、系统理论、系统技术、系统数学等理论技术。1965年，英国的兰开斯特大学也成立了工程工程系。

20世纪60年代末，日本深感缺乏系统工程人才，相继从美国引进了有关的技术与资料。70年代初期出版了“系统工程讲座”丛书，到1975年已培养出系统工程师十一万人。

我国从1962年在钱学森等同志倡导与支持下，开展了对尖端技术科学管理的系统工程方法的探讨，1964年，华罗庚教授提出了统筹和优选法。近些年来，为加速实现创新社会的变革，系统工程这门技术已普遍得到了国内各行各业的重视。实践证明：机关干部采用系统工程，提高了组织和管理水平，企业部门采用系统工程，改革了传统的管理方法，提高了企业生产率和产品质量；军事上采用优选工程，降低了预算，缩短了运转周期；科技界采用系统工程，使老学科焕发了青春，新成果获得了优化；高等学校设立工程专业，为整个社会的变革培养出组织和管理方面急需的人才。

现代科学技术的发展对系统思想的方法和实践产生了重大影响，具体表现在：

(1) 现代科学技术的成就使得系统思想方法定量化，成为一套具有数学理论，能够定量处理系统各组成部分联系和关系的科学方法。

(2) 现代科学技术的成就和发展，为系统思想方法的实际运用提供了强有力的计算工具——电子计算机。

系统思想在辩证唯物主义中取得了哲学的表达形式，在运筹学和其他学科中取得定量的表达方式，并在系统工程应用中不断充实自己实践的内容，系统思想方法从一种哲学思维逐步形成成为专门的科学——系统科学。

1.2 系统的基本概念

1.2.1 系统的概念

在自然界和人类社会中,可以说任何事物都是以系统的形式存在的,每个要研究的问题对象都可以被看成是一个系统。人们在认识客观事物或改造客观事物的过程中,用综合分析的思维方式看待事物,根据事物内在的、本质的、必然的联系,从整体的角度进行分析和研究,这类事物就被看成为一个系统。

系统一词最早出现于古希腊语中,原意是指事物中共性部分和每一事物应占据的位置,也就是部分组成的整体的意思。中文字面意思是联系和统一。

系统概念同其他认识范畴一样,描述的是一种理想的客体,而这一客体在形式上表现为诸要素的集合。为此,许多学者给出了不同形式的定义,如我国系统科学界对系统通用的定义是:系统是由相互作用和相互依赖的若干组成部分(要素)结合而成的、具有特定功能的有机整体。

从上述系统的定义可以看出,系统必须具备三个条件:第一是系统必须由两个以上的要素(部分、元素)所组成,要素是构成系统的最基本单位,因而也是系统存在的基础和实际载体,系统离开了要素就不能称其为系统;第二是要素与要素之间存在着一定的有机联系,从而在系统的内部和外部形成一定的结构或秩序,任一系统又是它所从属的一个更大系统的组成部分(要素),这样,系统整体与要素、要素与要素、整体与环境之间,存在着相互作用和相互联系的机制;第三是任何系统都有特定的功能,这使整体具有不同于各个组成要素的新功能,这种新功能是由系统内部的有机联系和结构所决定的。

任何事物都是系统与要素的对立统一体,系统与要素的对立统一是客观事物的本质属性和存在方式,它们相互依存、互为条件,在事物的运动 and 变化中,系统和要素总是相伴随而产生,相互作用而变化,它们的相互作用有如下三方面:

(1) 系统通过整体作用支配和控制要素。

当系统处于平衡稳定条件时,系统通过其整体作用来控制 and 决定各个要素在系统中的地位、排列顺序、作用的性质和范围的大小,统率着各个要素的特性和功能,协调着各个要素之间的数量比例关系等。在系统整体中,每个要素以及要素之间的相互关系都由系统所决定。

系统整体稳定,要素也稳定。当系统整体的特性和功能发生变化时,要素以及要素之间的关系也随之产生变化。例如,一个企业管理组织系统的整体功能,决定和支配着作为要素的生产、销售、财务、人事、科技开发等各分系统的地位、作用和它们之间的关系。为使管理组织的整体效益最佳,要求各分系统必须充分发挥各自的功能,要对各分系统之间的关系进行控制与协调,并要求各分系统充分发挥各自的功能。

(2) 要素通过相互作用决定系统的特性和功能。

一般来说,要素对系统的作用有两种可能趋势。一种是如果要素的组成成分和数量具有一种协调、适应的比例关系,就能够维持系统的动态平衡和稳定,并促使系统走向组织化、有序化;另一种是如果两者的比例发生变化,使要素相互之间出现不协调、不适应的

比例关系,就会破坏系统的平衡和稳定,甚至使系统衰退、崩溃和消亡。

(3) 系统和要素的概念是相对的。

由于事物生成和发展的无限性,系统和要素的区别是相对的。由要素组成的系统,又是较高一级系统的组成部分,在这个更大的系统中是一个要素,同时它本身又是较低一级组成要素的系统。例如,某企业(总厂)是由几个分厂的要素组成的系统,而此总厂又是更大系统企业集团的一个组成要素。正是由于系统和要素地位与性质关系的相互转化,构成了物质世界一级套一级的等级性。

1.2.2 系统的特征

明确系统的特征,是人们认识系统、研究系统、掌握系统的关键。系统应当具备整体性、相关性、目的性、环境适应性、动态性、有序性等几个特征。

1. 整体性

系统的整体性主要表现为系统的整体功能,系统的功能不是由各组成要素功能简单叠加的,也不是由组成要素简单拼凑的,而是呈现出各组成要素所没有的新功能,可概括地表达为“系统整体不等于其组成部分之和”,而是“整体大于部分之和”,即

$$F_s > \sum_{i=1}^n F_i \quad (1-1)$$

式中: F_s 为系统的整体功能; F_i 为各要素的功能, $i=1, 2, \dots, n$ 。

由于这种整体功能不是各要素所单独具有的,因此对于各要素来说,整体功能的产生不仅是一种数量上的增加,更表现为一种质变,系统整体的质不同于各要素的质。马克思和恩格斯曾以协作分工和工场手工业、机器和大工业生产中,不同的系统存在着不同效应的事实指出,“许多人协作,许多力量融合为一个总的力量”,“就造成了一种‘新的力量’,这种力量和它的一个个力量的总和与本质的差别”。这种“新的力量”是单个要素所不具有的。之所以如此,是因为在系统整体的各个组成部分之间,相互联系和相互作用形成一种协同作用;只有通过协同作用,系统的整体功能才能显现。

系统的整体原则对现代化管理工作具有重要的指导意义,其主要作用有以下三个方面:

(1) 依据确定的管理目标,从管理的整体出发,把管理要素组成为一个有机的系统,协调并统一管理诸要素的功能,使系统功能产生放大效应,发挥出管理系统的整体优化功能。

(2) 把不断提高管理要素的功能,作为改善管理系统整体功能的基础。一般是从提高组成要素的基本素质入手,按照系统整体目标的要求,不断提高各个部门,特别是关键部门或薄弱部门的功能素质,并强调局部服从整体,从而实现管理系统的最佳整体功能。

(3) 改善和提高管理系统的整体功能,不仅要注重发挥各个组成要素的功能,更重要的是要调整要素的组织形式,建立合理的结构,促使管理系统整体功能优化。

2. 相关性

系统内的各要素是相互作用而又相互联系的。整体性确定系统的组成要素,相关性则说明这些组成要素之间的关系。系统中任一要素与存在于该系统中的其他要素是互相关联又互相制约的,它们之间的某一要素如果发生了变化,则其他相关联的要素也要相应地改

变和调整,从而保持系统整体的最佳状态。

贝塔朗菲用一组联立微分方程描述了系统的相关性,即

$$\begin{cases} \frac{dQ_1}{dt} = f_1(Q_1, Q_2, \dots, Q_n) \\ \frac{dQ_2}{dt} = f_2(Q_1, Q_2, \dots, Q_n) \\ \dots \\ \frac{dQ_n}{dt} = f_n(Q_1, Q_2, \dots, Q_n) \end{cases} \quad (1-2)$$

式中: $Q_1, Q_2, \dots, Q_n$ 分别为 1, 2, $\dots, n$ 个要素的特征; t 为时间; $f_1, f_2, \dots, f_n$ 表示相应的函数关系。

式(1-2)表明,系统任一要素随时间的变化是系统所有要素的函数,即任一要素的变化会引起其他要素的变化以至整个系统的变化。

系统的相关性原则对现代化管理工作的指导意义表现在以下三个方面:

(1) 在实际管理工作中,若想改变某些不合要求的要素,必须注意考察与之相关要素的影响,使这些相关要素得以相应变化。通过各要素发展变化的同步性,可以使各要素之间相互协调与匹配,从而增强协同效应,以提高管理系统的整体功能。

(2) 管理系统内部诸要素之间的相关性不是静态的,而是动态的。要素之间的相关作用是随时间变化的,因此必须把管理系统视为动态系统,在动态中认识和把握系统的整体性,在动态中协调要素与要素、要素与整体的关系。现代化管理的实质就是把握管理要素的运动变化情况,有效地进行组织调节和控制,以实现最佳效益的过程。

(3) 管理系统的组成要素,既包括系统层次间的纵向相关,也包括各组成要素的横向相关。协调好各要素的纵向层次相关和要素之间的横向相关,才能实现系统的整体功能最优。

3. 目的性

“目的”是指人们在行动中所要达到的结果和意愿。人工系统和复合系统都有一定的目的性,要达到既定的目的,系统必须具有一定功能。没有目的的系统不属于系统工程的研究对象,自然系统不存在目的,但有功能,目的性只是人工系统和复合系统所有的,而功能是所有系统都有的。例如企业的经营管理系统,在限定的资源和现有职能机构的配合下,它的目的就是完成了或超额完成生产经营计划,实现规定的质量、品种、成本、利润等指标。

系统的目的性原则是要求人们正确地确定系统的目标,从而用各种调节手段把系统导向预定的目标,达到系统整体最优的目的。现代企业管理中的目标管理(Management By Objectives, MBO)就是在系统目的性原则指导下,使企业适应市场变化,将经营目标的各项管理工作协调起来,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。

4. 环境适应性

环境是存在于系统以外事物(包含物质、能量、信息)的总称,也可以说系统的所有外部事物就是环境。所以,系统时刻处于环境之中,环境是一种更高级的、更复杂的系统,在某些情况下,环境会限制系统功能的发挥。

环境的变化对系统有很大的影响,系统与环境是相互依存的,系统必然要与外部环境产生物质、能量和信息的交换,因此,系统必须适应外部环境的变化。能够经常与外部环境保持最佳适应状态的系统才是理想的系统,不能适应环境变化的系统是难以存在的。一个企业必须经常了解同行业企业的发展动向、用户和外贸的要求、市场需求等环境信息,并从许多经营方案中选取最佳决策,否则它就不能生存。系统所处的环境又是系统的限制条件,或者称为约束条件。环境对系统的作用表现为对系统的输入,系统在特定环境下对输入进行工作,产生输出,把输入转变为输出,这就是系统的功能。系统又可理解为把输入转换为输出的转换机构,如图1-1所示。

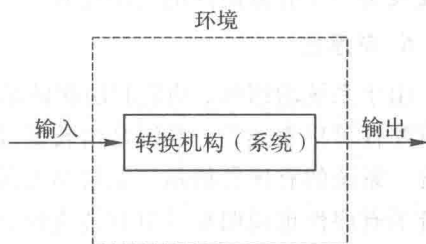


图 1-1 系统与环境的关系

从辩证唯物主义关于客观事物发展中外因与内因辩证关系的原理出发,绝不能认为系统能够脱离环境而独立存在,它是处于与环境的密切联系之中的,它既要通过环境的输入而受到环境的约束,又要通过对环境的输出而对环境施加影响。由于客观事物的发展要经过量变到质变的过程,所以当系统处于量变阶段时,系统与环境之间的关系是相对稳定的,这就表现为系统对于环境的适应性。因此,从本质上说,系统对于环境的适应性,可以说是系统稳定性在系统外部关系上的表现。

系统与环境因素是密切交织的,在确定系统的具体环境因素时,往往会遇到一定的困难,即如何明确系统与环境的边界问题。边界就是把系统和环境分割开的设想界线,它并不是严格不变的。例如,若以企业及其活动作为一个经营系统,则系统主要包括的是人力、资金、厂房、原材料和设备等,环境主要包括的是用户、竞争者或协作者、政府法令、市场信誉、污染以及技术发展水平等。这些因素究竟是划归系统还是划归环境,划归的比例是多少,需要根据所解决的问题来确定。例如,对于技术发展水平来说,当考虑到投入产出率时应划归到系统内部,而在考虑科学技术对经济发展的影响时则应划归到环境。

可以通过系统的转换机构与环境对系统的输入以及系统对于环境输出的相互关系,对系统进行内部描述和外部描述。通过输入与输出来描述系统变量的方法,称为系统的外部描述。“黑箱理论”就是在系统外部描述的基础上发展起来的一种考察系统的方法。根据黑箱理论,可以将系统内部状态认识不清的复杂对象看作是一个黑箱,把外部对它的作用看作是输入,而把它对外部的作用看作是输出。通过研究任何一个“黑箱”输入和输出的相互关系,即使不知道这个“黑箱”的内部结构、状态,也可以按照输入和输出的情况来预测“黑箱”的行为。

系统的内部描述就是通过系统的状态变量来描述输入与输出的一种考察系统的方法。以工业企业的生产系统为例,企业的生产要靠来自环境的资源(人力、物力、财力)等输入因素,通过生产转换机构为市场提供各种产品和服务,既可通过资源等输入因素以及产品等输出因素的变动情况分析企业的生产情况(外部描述),也可根据企业的生产情况来分析资源的输入状态并预测企业的生产产量(内部描述)。

坚持环境适应性原则,就是说不仅要注意系统内各要素之间相关性的调节,而且要考虑系统与环境的关系,只有系统内部关系和外部关系相互协调、统一,才能全面地发挥出系统的整体功能,保证系统整体向最优化方向发展。

5. 动态性

物质与运动是密不可分的,各种物质的特性、形态、结构、功能及其规律性,都是通过运动表现出来的,要认识物质首先要研究物质的运动,系统的动态性使其具有生命周期。开放系统和外界环境有物质、能量和信息的交换,系统内部结构也可以随时间变化。系统的发展是一个有方向性的运动过程。

6. 有序性

由于系统的结构、功能和层次的动态演变有某种方向性,因而系统具有有序性,系统的有序性可以表述为,系统是由较低级的子系统组成的,而该系统又是更大系统的一个子系统。系统的有序性揭示了系统与系统之间存在着包含、隶属、支配、权威、服从的关系,系统的有序性也说明了其具有传递性。依据有序性可以将一个系统划分到最小的单元。

1.2.3 系统的分类

前面分析了系统的概念和特性,在自然界和人类社会中和系统类型的问题是普遍存在的。系统可分为自然系统与人造系统、开放系统与封闭系统、实体系统与概念系统、可适应系统与不可适应系统、动态系统和静态系统。

1. 自然系统与人造系统

所谓自然系统,是指它的组成单元是自然物,它的特点是自然形成的。人造系统是人产生的系统,人造系统包括三种类型,一是由人们从加工自然物中获得系统,如工具、仪器、设备、工业工程系统;二是由一定的制度、组织、程序等构成的管理和社会系统;三是根据人们对自然现象和社会现象的认识而发现和建立起来的学科体系。

实际上,大多数系统是自然系统与人造系统相结合的复合系统。因为到目前为止,人们所研究的系统都离不开人。

2. 开放系统与封闭系统

大部分的系统为开放系统,也就是说它们将材料、能量或情报与其环境交换,例如一个公司或一个厂家就是一个开放系统。若无任何形式的能量(如情报、热量、实质材料)输入或输出,此系统便是封闭系统。

若将相互作用系统的环境分开,而后把造成能量、材料或情报相互交换的环境部分视为一个系统,则一个开放系统可分成两个封闭系统。

3. 实体系统与概念系统

从系统构成要素的方式来看,系统可以分为实体系统和概念系统。实体系统是指以矿物、生物、机械、能量、人等实体为构成要素所组成的系统,如机械系统、计算机系统等。概念系统是指以概念、原理、原则、方法、制度、程序等非物质实体为构成要素所组成的系统,如管理系统、教育系统、国民经济系统等。在实际生活中,实体系统往往会与概念系统相结合,实体系统是概念系统的物质基础,而概念系统又为实体系统提供指导和服务。

4. 可适应系统和不可适应系统

能适应环境改变的系統称为可适应系统,即环境的改变所引起的系统反应(决策)便形成了新的系统状态。例如一个公司就可视为一个适应系统,它经由时间的变迁,属性就有

其不同的价值。因此,通过观察属性的当期价值就可说明系统的状态。例如,通过观察利润、欠拨量、生产量等就看出一个公司的经营状态。经不起环境改变或震荡的系统称为不适应系统,这种系统在所论环境下是没有生命力的。比如,一个企业要不断了解同类型企业的动向、产业界的动向及市场的需求等,并从多种经营方案中选取最优的经营决策,以便适应环境的变化,达到企业设定的目的,这样的系统就是一个可适应环境的系统,否则就是一个不可适应系统。

5. 动态系统和静态系统

从系统的状态是否随时间变化来考虑,可将其分为静态系统和动态系统。静态系统是指决定系统特性的因素不随时间推移而变化的系统,而动态系统是指这些因素随时间推移而变化的系统。人体系统、企业系统便是动态系统,人体内的温度、血压以及其他参数,企业的供、产、销等各环节实际上均处于经常的变动之中。

1.3 系统的结构与功能

系统的结构与功能是系统科学的基本范畴,是一切系统不可分割的两个方面。系统的结构是系统保持整体性及具有一定功能的内在基础,系统科学就是从系统结构与功能的观点出发去研究整个客观世界,探讨系统结构与功能是理解系统的基本特性和系统方法应用的一个重要环节。

1.3.1 系统的结构

所谓结构,是指系统内部各组成要素之间的相互联系、相互作用的方式或秩序,即各要素之间在时间或空间上排列和组合的具体形式。结构是系统的普遍属性,没有无结构的系统,也没有离开系统的结构。无论是宏观世界还是微观世界,一切物质系统都无一例外地以一定结构形式存在着、运动着和变化着。目前“结构”一词已被广泛应用到自然、社会和人的思维各领域中:在自然界领域,有宇宙结构、生态环境结构、人体结构等;属于社会领域的,有经济结构、产业结构、区域结构、企业结构、组织结构、人才结构等;在思维领域方面,有逻辑结构、概念结构等。“结构”所揭示的是系统要素内在的有机联系形式,而系统结构在整体性上又有它的若干特点。

1. 稳定性

稳定性是系统存在的一个基本特点。系统之所以能够保持它的有序性,在于系统各要素之间有着稳定的联系。稳定是指系统整体状态能持续出现,可以静态稳定存在,也可以动态稳定存在。由于系统受到外界环境的干扰,有可能使系统偏离某一状态而产生不稳定,但一旦干扰消除,系统又可恢复原来的状态,重新回到干扰前的稳定状态。系统结构的稳定性,就是指系统总是趋向于保持某一状态。系统中各要素之间,只有在稳定的联系情况下,才构成系统的结构。在系统中,各要素的稳定联系又可分为平衡结构和非平衡结构。

凡是构成系统的各要素之间的联系排列方式保持相对不变的系统结构,称为平衡结构,例如晶体结构。这类系统结构的各个要素有固定位置,其结晶体的特性依晶体内部原子或分子的排列方向而异,即各向异性,它的结构稳定性非常明显,一旦晶体结构形成,