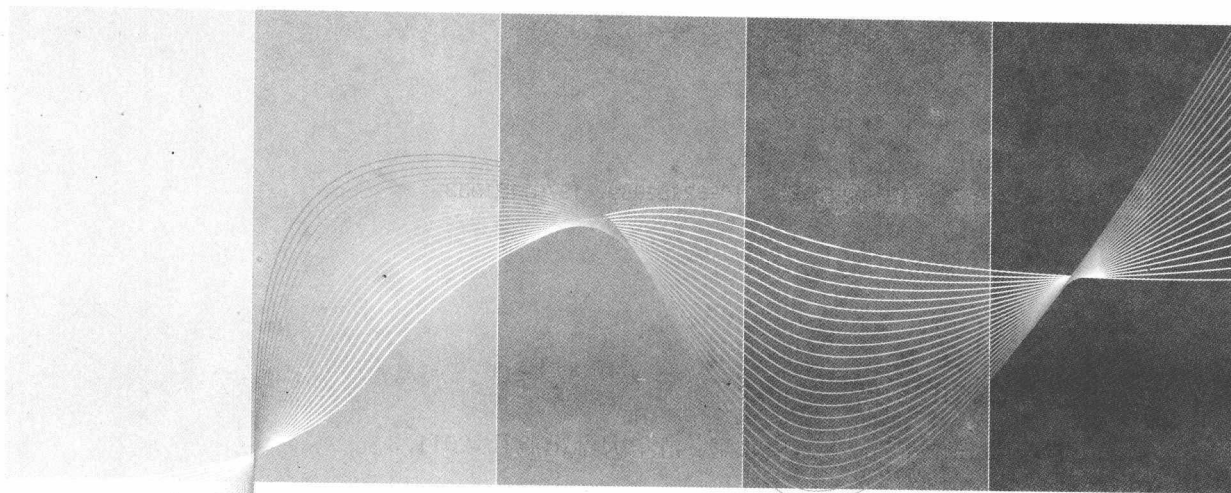




系统工程基础

张爱霞 李富平 赵树果 等 编著

清华大学出版社



系统工程基础

清华大学出版社

北京

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

系统工程基础/张爱霞等编著.--北京:清华大学出版社,2011.3
ISBN 978-7-302-24830-9

I. ①系… II. ①张… III. ①系统工程 IV. ①N945

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 019487 号

责任编辑:冯 昕

责任校对:刘玉霞

责任印制:李红英

出版发行:清华大学出版社

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座

<http://www.tup.com.cn>

邮 编:100084

社 总 机:010-62770175

邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质 量 反 馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

印 装 者:北京密云胶印厂

经 销:全国新华书店

开 本:185×230 印 张:12 字 数:257 千字

版 次:2011 年 3 月第 1 版 印 次:2011 年 3 月第 1 次印刷

印 数:1~3000

定 价:22.00 元

产品编号:041424-01



系统工程是在当代科学技术高度发展的基础上迅速发展起来的一门跨学科、综合性的组织管理技术。随着系统化管理的日益渗透、系统化问题的日益普遍,解决系统性问题需要的系统性方法和技术日益重要,系统工程的作用也日益重要。

应用系统工程方法解决管理系统问题时,要掌握两个重点:一是要有系统的观点;二是能够正确建立问题的系统模型。考虑到本书主要面对工科各专业学生和企、事业单位各级管理人员、工程技术人员,为满足他们工作的需要,本书特别注重理论联系实际,强调实用性和逻辑性的统一,系统工程方法、技术和应用的结合,定性分析与定量研究的结合。本书除对系统工程的一般原理作简明介绍外,主要介绍了系统工程、运筹学丰富实用的定量分析方法,并着重于建立模型和求解技巧及方法的介绍。对于一些基本原理,不作过多的数学证明。从系统工程的概念到方法及应用,形成特色鲜明的内容体系。本书注重对读者系统思维方式的培养,培养读者综合分析问题的能力和解决实际问题的能力,使读者能够掌握社会经济系统的科学管理思想、方法并能灵活应用。

本书的编写得到了河北联合大学省级精品课“管理系统工程基础”课程组教师的大力支持,其中张爱霞编写了第1~7章,李富平、赵树果编写了第8章,李占金、刘文生对第1章、第5章作了一些补充。全书由张爱霞统稿,朱明教授主审。

系统工程涉及的知识面非常之广,由于编者水平有限,本书不当之处恳请广大读者批评指正。

编 者

2010年11月

第 1 章 系统与系统工程	1
1.1 系统的基本概念	1
1.1.1 系统的概念	1
1.1.2 系统的特性	1
1.1.3 系统的分类	2
1.2 系统工程的概念	3
1.2.1 系统工程的含义	3
1.2.2 系统工程的形成与发展	5
1.3 系统工程的方法论	9
1.3.1 三维结构体系	9
1.3.2 软科学系统工程方法论	10
1.3.3 系统工程的技术内容	11
1.3.4 应用举例	12
第 2 章 线性规划	15
2.1 线性规划问题及其数学模型	15
2.1.1 问题的提出	15
2.1.2 线性规划问题数学模型的一般形式	16
2.1.3 线性规划问题数学模型的标准形式	17
2.1.4 任一模型化为标准型	17
2.2 图解法	18
2.2.1 图解法步骤	18
2.2.2 从图解法看线性规划问题解的几种情况	19
2.3 线性规划问题解的性质	19
2.3.1 线性规划问题解的概念	19
2.3.2 几何意义上的几个基本概念	20

2.3.3	线性规划问题的基本定理	20
2.3.4	求解线性规划问题的基本思路	21
2.4	单纯形法	21
2.4.1	单纯形法思路	21
2.4.2	单纯形表解法	22
2.5	二阶段法(人工变量法)	24
2.5.1	约束方程为线性等式	24
2.5.2	约束方程为混合式	25
2.6	对偶线性规划问题	26
2.6.1	对偶规划	26
2.6.2	单纯形法的矩阵表示	30
2.6.3	对偶定理	30
2.6.4	对偶单纯形法	32
2.7	运输问题	33
2.7.1	运输问题的数学模型	33
2.7.2	表上作业法	34
2.7.3	产销不平衡的运输问题	40
2.8	指派问题	41
2.8.1	指派问题的数学模型	41
2.8.2	匈牙利解法	41
2.8.3	非标准形式的指派问题	43
2.9	整数规划	44
2.9.1	分支定界法	44
2.9.2	求解 0-1 规划的隐枚举法	46
2.9.3	应用举例	47
2.10	应用实例	48
2.10.1	生产计划问题	48
2.10.2	施工规划问题	50
2.10.3	投资计划问题	51
2.10.4	煤层配采问题	52
2.10.5	大型煤炭企业生产计划优化	54
2.10.6	运输问题	55
练习题		58

第 3 章 目标规划	63
3.1 目标规划的数学模型	63
3.1.1 目标规划问题举例	63
3.1.2 目标规划基本概念	64
3.2 目标规划的图解法	66
3.3 目标规划的应用	67
练习题	71
第 4 章 图与网络计划技术	73
4.1 图的基本概念	73
4.1.1 图, 顶点, 边, 网络	74
4.1.2 关联, 相邻	74
4.1.3 无向图, 有向图	75
4.1.4 链, 圈, 连通图, 部分图	75
4.1.5 图的矩阵表示	75
4.2 树	76
4.2.1 树及其性质	76
4.2.2 最小树问题	76
4.2.3 最小树求法	77
4.3 最短路问题	78
4.3.1 引例	78
4.3.2 最短路算法(标号法)	78
4.4 网络最大流	80
4.4.1 引例	81
4.4.2 基本概念与定理	81
4.4.3 截集和截量	82
4.4.4 流与截集容量的关系	83
4.4.5 寻求网络最大流的标号法	83
4.5 最小费用最大流问题	85
4.5.1 求解步骤	86
4.5.2 计算举例	86
4.6 网络计划技术	87
4.6.1 网络图的基本概念及绘制规则	88
4.6.2 网络计划时间与关键路线	92

4.6.3 网络计划的优化	95
练习题	98
第5章 动态规划	103
5.1 多阶段决策过程及实例	103
5.1.1 多阶段决策问题	103
5.1.2 多阶段决策问题举例	104
5.2 逆序递推法	106
5.3 动态规划的基本原理和基本概念	107
5.3.1 动态规划的基本原理(贝尔曼最优化原理)	107
5.3.2 动态规划的基本概念	108
5.4 动态规划在多阶段决策中的应用	109
5.4.1 资源分配问题	109
5.4.2 动态规划库存控制模型	111
5.4.3 应用动态规划求解非线性规划问题	112
5.4.4 背包问题	114
5.5 多维变量问题	115
5.6 动态规划方法的优点和限制	116
5.6.1 动态规划方法的优点	116
5.6.2 应用动态规划方法的限制	117
练习题	117
第6章 存储论	119
6.1 基本概念	119
6.2 库存 ABC 分类管理	121
6.2.1 ABC 分类标准	121
6.2.2 ABC 分类管理原则	121
6.3 确定型存储模型	123
6.3.1 经济订购批量模型	123
6.3.2 经济生产批量模型	124
6.3.3 允许缺货经济订货批量模型	125
6.3.4 价格有折扣的经济订货批量模型	126
6.3.5 灵敏度分析	127
6.4 随机型存储模型	128
6.4.1 单期单品种连续分布随机存储模型	129

6.4.2 多周期单品种随机型存储模型·····	130
练习题·····	132
第 7 章 预测方法 ·····	134
7.1 预测的概念·····	134
7.1.1 基本概念·····	134
7.1.2 预测的分类·····	134
7.2 定性分析预测法·····	135
7.2.1 专家调查法·····	135
7.2.2 德尔菲法·····	136
7.2.3 经济寿命周期法·····	136
7.3 时间序列预测法·····	137
7.3.1 移动平均法·····	137
7.3.2 指数平滑法·····	138
7.4 回归分析预测法·····	141
7.4.1 一元线性回归分析·····	142
7.4.2 多元线性回归分析和非线性回归分析·····	147
7.4.3 应用中应注意的问题·····	148
练习题·····	149
第 8 章 决策论 ·····	151
8.1 决策的基本概念·····	151
8.1.1 决策的概念·····	151
8.1.2 决策的分类·····	151
8.1.3 决策模型的基本要素·····	152
8.1.4 决策分析的特点·····	153
8.2 风险型决策·····	154
8.2.1 最优期望益损值决策·····	154
8.2.2 决策树法·····	154
8.2.3 完全情报及其价值·····	157
8.2.4 贝叶斯决策·····	157
8.2.5 效用理论·····	159
8.3 不确定型决策·····	163
8.3.1 等可能性准则·····	163
8.3.2 乐观准则·····	163

8.3.3 悲观准则	164
8.3.4 折衷准则	164
8.3.5 后悔值准则	164
8.4 层次分析法	165
8.4.1 层次分析法的基本思路	165
8.4.2 层次分析法的基本原理	166
8.5 马尔可夫分析	172
8.5.1 马尔可夫过程的基本概念	172
8.5.2 马尔可夫决策分析	173
8.6 模糊综合评判	174
8.6.1 模糊集合的基本概念	174
8.6.2 模糊综合评判法	175
8.6.3 应用实例	176
练习题	177
参考文献	179



系统与系统工程

1.1 系统的基本概念

1.1.1 系统的概念

关于系统的准确定义,国内外有不同的说法。我国系统科学界通用的定义是: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整体。

系统的思想和概念在哲学上最完全和科学的体现是马克思主义的辩证唯物论。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。辩证唯物主义的物质世界普遍联系和整体性的思想,也就是系统思想。

为适应系统工程学研究的需要,系统的范围是相对的,它依所研究问题的需要而界定。在物质世界中,一个系统的任何部分可以看作一个子系统,而每一个系统又可以成为一个更大系统中的一个部分。

1.1.2 系统的特性

从系统的定义看,系统一般都具有以下特性。

1. 目的性

系统各组成部分按照一定的目的组织起来的性质叫系统的目的性。例如,一个企业的发展战略目标体系可能包括产量、成本、产品市场占有率、利润和质量等指标。

2. 整体性

系统不是各个要素的简单集合,否则它就不会具有作为整体的特定功能。系统整体性说明,任何一个要素不能离开整体去研究,要素间的联系和作用也不能脱离整体的协调去考虑。对于一个组织化程度高的系统来说,一般是“整体大于它的部分之总和”。有人称之为系统整体性原理。

3. 集合性

所谓系统的集合性,即系统是由两个或两个以上的可相互区别的要素所组成。

4. 层次性

系统作为一个总体,可以分解为一系列的子系统,并存在一定的层次结构。系统层次结构反映了不同层次子系统之间的从属关系或相互作用关系。在不同的层次结构中存在着动态的信息流和物质流,构成了系统的动态特性,为深入研究系统层次之间的控制与调节功能提供了条件。

5. 相关性

系统的组成要素是相互联系、相互依赖、相互作用又相互制约的。集合性确定了系统的组成要素,相关性则说明这些要素之间的关系。系统的相关性可以表现在组成要素之间的空间结构、时间顺序、信息传递、相互作用和管理方式等上。例如,铁路运输系统是由车辆、车站、轨道、通信信号、安全保障和调度系统有机地组织而成的一个整体,通过系统内各子系统相互协调的运转来实现在整个国民经济大系统中的纽带作用。

6. 环境适应性

任何一个系统都存在于一定的物质环境中,它必然要与外界环境产生物质的、能量的和信息的交换,外界环境的变化必然对系统产生影响。系统必须适应外部环境的变化,否则就没有持续的生命力。这种系统随着环境的变化而存在的性质叫做系统的环境适应性。

1.1.3 系统的分类

为了从不同的角度对系统的性质进行研究,需要对系统进行不同的分类,主要有以下几种。

1. 自然系统与人造系统

这是从构造要素的性质来划分的。自然系统是指那些由矿物、植物、动物等自然物所组成的系统。例如,生态系统、海洋系统、矿藏系统等都是自然系统。人造系统是人类为了各种目的而制造出来的系统。如工业、交通、农业、教育和管理系统等。实际上,大多数系统是自然系统与人造系统的复合系统。在人造系统中,有许多是人们运用科学力量改造了的自然系统。例如,一个矿山生产系统就是人造的设备和采掘运输系统与自然生成的矿藏系统相结合的复合系统。随着科学技术的发展,将创造出越来越多的人造系统。值得注意的是,随着许多人造系统的出现,自然生态系统的平衡被破坏,环境遭到严重污染。因此,近年来系统工程越来越注意从保护生态平衡、合理开发利用自然资源的可持续发展的战略角度来探讨研究人造系统。

2. 实体系统与概念系统

凡是由矿物、生物、机械、能量和人等实体要素所构成的系统都称为实体系统。凡是由

概念、原理、原则、方法、制度、程序等非物质要素所构成的系统都称为概念系统,如管理系统、教育系统等。实际上,实体系统与概念系统在多数情况下是相互联系、不可分割的,实体系统是概念系统的物质基础,而概念系统则为实体系统的运行提供指导和服务。例如,交通安全管理系统就是交通运输实体系统和交通安全管理制度、办法及事故分析、评价和预防措施等组成的概念系统相结合而成的合成系统。

3. 静态系统和动态系统

这是从系统的状态与时间关系的角度来考虑划分的。动态系统就是系统的状态变量是随时间而变化的。反之,则是静态系统,即表示系统运动规律的数学模型中不含有时间因素。事实上,完全静态的系统是不存在的,只是系统状态随时间的变化极小,即处于稳定状态,可近似地看作静态系统。

4. 封闭系统与开放系统

这是以系统是否与外界环境有物质、能量或信息交换为标准来进行分类的。封闭系统又称为孤立系统,它与外界环境不发生任何形式的交换,呈一种封闭状态。绝对孤立的系统是不存在的,只是有时为了方便起见,把某些与环境联系少的系统近似地看作封闭系统。一个系统如果与环境有较多的物质、能量、信息的交换,即与环境之间有输入、输出关系,就称为开放系统。研究开放系统,不仅要研究系统本身的结构与状态,而且要研究系统所处的外部环境,剖析环境因素对系统的影响方式及影响的程度,以及环境随机变化的因素。

除此而外,还有其他一些分类的准则,如控制系统和行为系统,连续系统和离散系统,确定性系统和随机性系统,白色系统、灰色系统和黑色系统等。

1.2 系统的概念

1.2.1 系统的含义

系统工程(systems engineering)是一门新兴的、综合性很强的边缘学科,尚处于发展阶段,因此至今还未形成统一的定义。国外为系统思想方法的定量化实际应用相继取了许多名称,如:运筹学(operations research)、管理科学(management science)、系统工程、系统分析(systems analysis)、系统研究(systems research),等等。到目前为止,关于系统工程的定义和研究的内容,国内外学者仍说法不一,原因在于:

(1) 系统工程的理论和方法是在自然科学、社会科学向纵深发展时产生一些需要协同解决的问题的情况下产生的,从事不同专业的人,出于专业兴趣,对系统工程有不同的理解;

(2) 由于系统工程是现代科学技术的产物,它综合地运用各学科的先进成果去解决面临的问题,因此很难划清系统工程的学科界限。

因此,从事不同专业的人对系统工程所作的定义也各不相同。下面列举国内外知名学者对系统工程所作的解释和定义,以使读者对系统工程的含义有一个全面的了解。

(1) 我国著名科学家钱学森指出：“系统工程是组织管理系统的规划、研究、设计、制造、试验和使用的科学方法。”“系统工程是一门组织管理的技术。”

(2) 美国著名学者 H·切斯纳特(H. Chestnut)指出：“系统工程认为，虽然每个系统都是由许多具有不同的特殊功能的部分所组成，这些部分之间又存在着相互联系，但是每个系统都是完整的整体，每个系统都要求有一个或多个目标。系统工程则是对各个目标进行权衡，全面求得最优解(或满意解)的方法，并使各组成部分能最大限度地相互适应。”

(3) 日本工业标准(JIS)规定：“系统工程是为了更好地达到系统目标，而对系统的构成要素、组织结构、信息流动和控制机制进行分析和设计的技术。”

(4) 美国科学技术辞典的定义为：“系统工程是研究由密切联系的许多要素所构成的复杂系统的设计的科学。在设计时，应有明确的功能和目标，而在组成它的各要素之间及各要素和整体之间又必须能够有机地联系、配合协调，以使系统总体达到最优目标。在设计中还要考虑到参与到系统中的人的因素。”

(5) 日本学者三浦武雄指出：“系统工程与其他工程学不同之处在于它是跨越许多学科的科学，而且是填补这些学科边界空白的边缘学科。”

因为系统工程的目的是研制或改造系统，而系统不仅涉及工程学的领域，还涉及社会、经济和政治等领域，为圆满解决这些交叉领域的问题，除了需要某些纵向方面的专门技术以外，还要有一种技术从横向把它们组织起来，这种横向技术就是系统工程。

综上所述，系统工程是以大规模复杂系统为研究对象的一门交叉学科，是系统科学的重要应用部分。它以系统论的思想、观点为指导，以控制论、信息论和运筹学等为方法论，把自然科学和社会科学中某些理论、思想、方法、策略和手段有机地联系起来，应用定量与定性分析相结合的方法和计算机等工具，对系统各要素及其联系进行分析、设计、制造和服务，从而达到最优设计、最优控制和最优管理的目的，以便最充分地发挥人力、物力和财力的潜力，通过各种管理技术，使局部和整体之间的关系配合协调，以实现系统综合最优化。

系统工程的对象并不限于某些特定的工程、物质系统，它还可以包括社会经济系统、管理系统、指挥系统等。系统工程在自然科学和社会科学之间架设了一座沟通的桥梁。系统工程为社会科学研究提供了卓有成效的建立数学模型的方法、优化方法和模拟实验的方法；并为从事自然科学研究的科技人员和从事社会科学研究的人员之间的广泛合作开辟了道路。

系统工程作为一门工程技术，主要特点在于它的实践性和技术应用上的综合性。这体现在它不仅运用各种数学方法、优化技术和计算机技术来实现系统的分析和设计，而且要求应用工程的方法、步骤和程序，应用大量实践总结的成功经验和各种实用技术来解决系统的组建和组织管理等问题。在解决实际问题的过程中，离不开具体的环境、条件及事物的特性，因此也不能回避客观事物的复杂性，必须综合运用各个学科和技术领域内的成果。可以说，它是高度综合性的工程技术。

系统工程的另一个特点是它的软科学性。由于系统工程处理的对象主要是信息，系统

工程又是一门组织管理技术,因此可以说系统工程是软科学的最重要的组成部分。软科学是借用计算机“软件”的名称而来的。软科学尚无确切的定义,它代表的是一个有机组织的学科群,不仅是科学,还包括技术、技巧和管理决策艺术。它是社会、经济发展到一定阶段的产物,是科学技术的一个组成部分,可以认为,管理科学是现代软科学的开端。

1.2.2 系统工程的形成与发展

1. 朴素的系统思想在我国古代的自发应用

系统工程来源于千百年来人们的社会实践活动,是经验的总结,是逐步形成的。朴素的系统思想方法和系统工程方法的实践应用可以追溯到古代。在改造大自然、改造环境的过程中,出现了许多充分体现系统思想和方法的事例。

1) 都江堰水利工程

战国时代(公元前 250 年),秦国太守李冰父子主持修建了驰名中外的四川都江堰水利工程。据考证,四川之所以称为“天府之国”,就得益于都江堰工程。而在工程修建之前,岷江经常“洪水泛滥成灾,民不聊生”。都江堰工程包括 3 个主要部分:“鱼嘴”是岷江分洪工程;“飞砂堰”是分洪排沙工程;“宝瓶口”是引水工程。3 个部分巧妙结合,构成一个总体,使工程兼有防洪、排沙、灌溉、漂木、行舟等多种功能。不仅分导了汹涌激流的岷江,而且化害为利,利用分洪工程,有节制地灌溉了 14 个县的几百万亩农田。该工程不仅施工构思巧妙,还建立了持续维修养护制度,每年按规定淘沙修堤,使工程经久不衰,至今仍能充分发挥效益。都江堰水利工程体现了非常完善的整体观念、优化方法和持续发展的系统思路。即使从现在的观点看,仍不愧为世界上一项宏伟的水利工程,也是系统工程建设的典范。

2) 丁渭修宫

宋真宗时,皇宫失火烧毁。皇帝命大臣丁渭主持皇宫的修复工程。丁渭经反复思考,提出一套施工方案:首先将皇宫前面的一条街挖成水渠,用挖出的土就地烧砖,解决了部分建筑材料问题;其次是引水入渠,形成航道后运入沙石,保证工程的顺利进行;最后,等皇宫修复后将水撤走,再把碎砖废石填入渠中,修复大街。这项工程将烧砖、运材料及工程收尾处理废物巧妙地联系起来,节约了大量人力、物力和时间,体现出典型的系统思想。

2. 系统工程的产生与发展

1) 萌芽时期(1900—1956 年)

20 世纪以来,由于社会生产力的高度发展,工程技术的复杂程度不断提高,自然科学、技术科学和社会科学之间的整体性联系日益突出。从具有现代系统科学含义的角度来看,最早引入系统概念的是美国的泰勒(F. W. Taylor)。他在 1911 年出版的《科学管理原理》一书中提出了现代系统的概念。一般认为,泰勒的理论和实践标志着传统管理时代的结束,科学管理时代的开始。

第二次世界大战期间,英国面临如何抵御德国飞机轰炸的问题,一批科学家研究雷达系统的运用,创造了“运筹学”,之后,运筹学又推广到军事决策和战争指挥。战后,运筹学迅速推广到一般企业经营管理和战略研究方面,发展很快。1945年,美国军事部门成立了兰德公司(RAND Corp.),开发了许多系统数学分析方法,并在各种系统的研制中获得了成功。这些分析方法一般称为系统分析,它们奠定了今天系统工程的基础。

2) 初步形成时期(1957—1964年)

1957年,美国密执安大学的两位教授古德(H. Goode)和马科尔(R. E. Machol)的专著《系统工程》出版。1958年,美国在“北极星”导弹的研制中,首先采用了计划评审技术(PERT),有效地进行了研制系统的计划管理,从而把系统工程学引入到管理领域。60年代初,美国电气工程师学会在科学和电子部门设立了系统科学委员会。在此期间,美、英两国还出版了许多系统工程方面的书籍。而计算机的应用为工程学的实施提供了强有力的运算工具和信息处理手段。

3) 成熟发展阶段(1965年至今)

美国的阿波罗登月计划是运用系统工程处理复杂大系统的一个成功例子。该计划历时11年(1961—1972年),有42万工程技术人员、2万多家公司和工厂、120所大学和研究机构参与研制,使用了600多台计算机,共耗资300多亿美元。由于采用了系统工程的方法,这样一项庞大复杂的工程得以按时顺利完成。该计划的成功引起了人们对系统工程的广泛关注和重视。

20世纪70年代以来,系统工程得到迅速的普及和发展。它的应用已远远超出了传统工程的领域,开始解决各种复杂的社会、经济系统问题。

目前,在发达国家的许多大学中均设有工程系,或类似的工业工程/运筹学(IE/OR)系,或开设系统工程方面的课程。在世界许多地方都建立了以系统工程为主体的各种咨询机构。1972年成立,总部设在奥地利维也纳的由苏联、美国、日本、法国、联邦德国等十几个国家的系统工程学者共同组成的国际应用系统分析研究所(International Institute of Applied System Analysis, IIASA)取得了几百项重大的国际性或地区性的系统工程研究成果。

综上所述,工程学的形成从20世纪20年代泰勒的科学管理开始,40年代运筹学的产生与发展使管理科学与最优化技术结合起来,50年代初形成了系统工程这一学科体系,60年代电子计算机的发展和现代控制理论的创立为工程学的发展提供了强有力的手段和重要的理论和方法。70年代以后,行为科学、思维科学以及知识工程、模糊集和灰色系统理论等新学科渗入系统工程领域,使它的功能和作用更加强化,应用范围更加扩大。

系统工程在我国的发展始于20世纪50年代后期。1956年,中国科学院力学研究所建立了我国第一个运筹学研究小组,1960年,中国科学院数学研究所建立了运筹学研究室。华罗庚教授从60年代初开始在我国大力推广“统筹方法”(计划评审技术)和“优选法”,并取得显著成就。与此同时,随着国防尖端技术科学的发展,在著名科学家钱学森教授的领导

下,在工程系统的总体规划组织方面也积累了丰富的实践经验。在我国“两弹一星”的研制工作中,在钱学森教授的倡导下,在我国国防尖端技术科研部门建立了“总体设计部”,对这种大规模复杂系统进行协调指挥,并运用计划评审技术组织研究工作,取得了辉煌成就。可以说,钱学森教授是我国系统工程的创始人和先驱者。1977年以后,系统工程在我国的推广应用出现了新局面,在全国科学技术长远发展规划中,把“系统工程的理论和应用”作为重点学科列入了规划。此后,清华大学、西安交通大学、上海交通大学、天津大学等十几所高等学校相继成立了系统工程研究所(室、系),开始培养系统工程方面的本科生和研究生。1980年初,中国科学院系统科学研究所正式建立。此后,系统工程在工业、农业、交通、经济、军事及科研、教育等部门的有关领域得到广泛的研究和应用。在应用系统工程研究我国的人口政策和人口预测、能源供需预测和能源规划、区域发展战略和规划、发展立体农业和生态农业、军事指挥系统、企业管理信息系统、专家系统等方面,都取得了很好的效果。

3. 系统工程的发展趋势

当今社会正步入一个信息化时代,时代的需要将推动系统工程飞跃发展。其发展趋势表现在以下几方面。

(1) 系统工程作为一门交叉学科,日益向多种学科渗透,交叉发展。由于社会经济系统的规模日益扩大,影响决策的因素日益复杂,因此需要系统科学与社会学、经济学、管理科学、数学、计算机技术、人工智能技术等众多学科综合加以应用。

(2) 系统工程作为一门软科学日益受到人们的重视。20世纪70年代中期,经过反复实践,一些有远见的学者已经感到“过分定量化”、“过分数学化”给系统工程的应用带来的副作用,有些人满足于数学公式的推导本身,而忽视了实际问题。著名运筹学家丘奇曼说:“在大部分大学中,运筹学成了学术性的‘模型’,而不是现实世界的‘模型’,研究者的兴趣是新算法。他们向管理者提供的是由这类模型表达的特定问题的所谓最优解,这正好同当初提出的目的背道而驰。”从20世纪80年代中期以来,一些管理学家也认为北美的有些管理学院太偏重于理论和定量方法,培养出来的人成了眼光狭窄的技术型干部,缺乏企业家精神和创新意识,缺乏处理人际关系和相互沟通的才能。于是开始增设了一些“软”课程,如公共关系、领导艺术、谈判技巧等。

随着中国加入WTO,市场国际化和企业国际化的进程加快,将不断对企业管理人员提出新的要求。当前企业面临着国际和国内的双重竞争,对于企业高层管理人员,不仅要求具备定量分析的能力,更要求具有较强的创造力和想象力,同时要求他们具有奉献精神和社会责任感。

(3) 系统工程研究、解决问题有“软”、“硬”结合的趋势。系统工程研究的对象往往可分为“硬系统”和“软系统”两类。所谓“硬系统”是指偏于工程性质的,它们的机理比较明显,因而较容易用数学模型来表述,一般可用定量方法计算出最优解。但是,在对复杂系统的研究工作中,为了节约时间和降低成本,往往采用一些“软处理”方法,例如人机对话方式,把人的经验判断加进去,使一些复杂问题得以适当简化。所谓“软系统”是指偏于社会经济型的系