



普通高等教育“十一五”国家级规划教材



面向 21 世纪 课 程 教 材



高等学校管理类专业主干课程教材

系统工程简明教程(第三版)

□ 汪应洛 主编



高等教育出版社
HIGHER EDUCATION PRESS

配学科网站



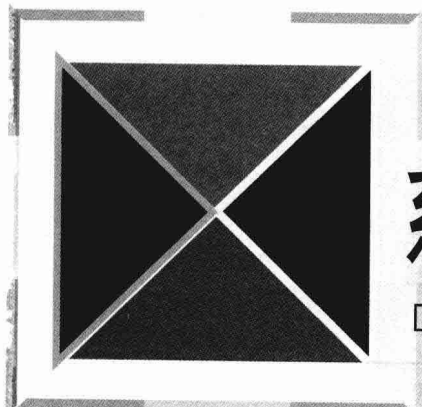
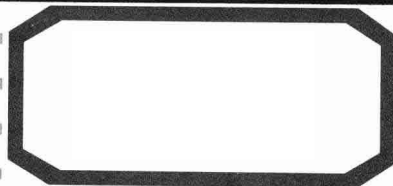
普通高等教育“十一五”国家级规划教材



面向 2 1 世 纪 课 程 教 材



高等学校管理类专业主干课程教材



系统工程简明教程(第三版)

□ 汪应洛 主编



高等教育出版社
HIGHER EDUCATION PRESS

内容简介

本书是普通高等教育“十一五”国家级规划教材。本书从时代背景及相关特征入手,重点介绍现代工程的系统观和系统工程的概念及内容,并结合工程及其管理实践中的问题,介绍系统分析原理、系统评价方法、决策分析方法等系统工程基本分析方法。本书的第三、四、五、六、七章分别针对有代表性的社会系统、工程(项目)系统、物流系统、人一机一环境系统、信息系统,介绍系统工程原理、方法的应用及有关进展;然后通过质量管理这一横向、综合的系统管理问题,介绍新的质量观和质量管理的系统化方法;进而阐明了系统工程管理与系统化管理原理和方法,包括创新管理的系统化方法和系统工程中有代表性的实用管理技术(投入产出、价值工程、网络优化、冲突分析)。

本书可作为管理学、工学等相关学科专业本科生的教学用书,也可作为各级管理人员、工程技术人员和企业领导干部的培训教材和自学参考书。

图书在版编目(CIP)数据

系统工程简明教程/汪应洛主编.—3版.—北京:高等教育出版社,2009.11

ISBN 978-7-04-027352-6

I. 系… II. 汪… III. 系统工程—高等学校—教材
IV. N945

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 171548 号

策划编辑 张冬梅 责任编辑 施春花 封面设计 杨立新
版式设计 张 岚 责任校对 胡晓琪 责任印制 毛斯璐

出版发行	高等教育出版社	购书热线	010-58581118
社 址	北京市西城区德外大街 4 号	咨询电话	400-810-0598
邮政编码	100120	网 址	http://www.hep.edu.cn
总 机	010-58581000		http://www.hep.com.cn
经 销	蓝色畅想图书发行有限公司	网上订购	http://www.landraco.com
印 刷	北京中科印刷有限公司		http://www.landraco.com.cn
		畅想教育	http://www.widedu.com
开 本	787×960 1/16	版 次	1992 年 5 月第 1 版
印 张	24.75		2009 年 11 月第 3 版
字 数	430 000	印 次	2009 年 11 月第 1 次印刷
		定 价	31.60 元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

物料号 27352-00

前言

系统工程学科经过半个多世纪的发展,已经逐渐被人们所认识和了解,研究和应用水平得到较大提高,应用和开发领域不断拓展。但作为一门开放式的交叉学科和集成技术,该学科具有很强的环境依赖性和实践性。国内外社会、经济、科技、教育的变革与发展,我国推进科学发展与和谐社会建设、提高自主创新能力和科学管理水平等使命与实践,呼唤着系统工程理论、方法及其应用的创新与发展,也呼唤着系统思想与系统化方法的进一步普及。

现代社会已逐步进入系统化时代,系统思维、工程实践及管理素养显得越来越重要。经过多年的教学实践,随着高校人才培养模式及教学内容和方式的改革,我们感到掌握系统思想、系统化方法及其应用,对许多相关专业的大学生都是必要的。这也是编写本书最重要的背景及目的之一。

本教材共分九章。

第一章从时代背景及相关特征入手,重点介绍现代工程的系统观和系统工程的概念及内容,作为全书的绪论;第二章结合工程及其管理实践中的问题,介绍系统分析原理、系统评价方法、决策分析方法等系统工程基本分析方法。以上两章构成系统工程的基础、原理及基本方法部分。

第三、四、五、六、七章分别针对有代表性的社会系统、工程(项目)系统、物流系统、人-机-环境系统、信息系统,介绍系统工程原理、方法的应用及有关进展。在社会系统工程中,结合落实科学发展观和建设和谐社会等,介绍战略研究、政策分析及系统动力学方法;在工程系统工程中,结合工程项目管理实际,介绍系统规划与设计原理、运行管理优化方法及系统评价的应用;在物流系统工程中,重点结合绿色物流(绿色供应链、再制造中的物流、城

市绿色交通物流)管理这一新的问题,介绍系统工程中的分析、优化、仿真等原理和方法;在人-机-环境系统工程中,着重介绍工作系统规划设计、分析评价的原理与方法;在信息系统工程中,着重介绍企业信息系统工程成果和知识管理的应用。以上五章构成基于现实问题的系统工程原理、方法应用部分,读者可根据专业背景及实际需要选读、选用。

第八章通过质量管理这一横向、综合的系统管理问题,介绍新的质量观和质量管理的系统化方法;第九章介绍系统工程管理与系统化管理原理和方法,包括创新管理的系统化方法和系统工程中有代表性的实用管理技术(投入产出、价值工程、网络优化、冲突分析)。以上两章构成系统工程的管理集成及应用部分。

参加本书编写的有:西安交通大学管理学院汪应洛院士(主编)、袁治平教授(协编)、苏秦教授、吴锋教授、刘树林副教授、王能民副教授,青年教师郭雪松(西安交通大学公共政策与管理学院)和侯琳娜(西安理工大学工商管理学院)、博士研究生许振宇和胡信步(西安交通大学管理学院)等也参加了部分编写工作。

本书主要作为高等学校管理学、工学等相关学科专业本科生的教学用书,也可供相关学科研究生教学等选择使用,并可作为各级各类管理人员、专业技术人员的学习参考资料。

限于编者的水平,加之参编人员较多,又力图在本书中探索形成一种较新的内容结构,因而不妥、欠成熟和错漏之处在所难免,需要修正和完善的地方一定不少。恳请相关专家及广大读者批评指正,并积极提出建设性意见。

西安交通大学 汪应洛

2009年3月

目录

第一章 绪论

1

第一节 时代背景及相关特征/ 1

第二节 现代工程的系统观/ 3

一、工程系统与系统论/ 3

二、工程的系统性/ 6

三、工程的新系统观/ 10

第三节 系统工程的概念及内容/ 13

一、系统工程的概念/ 13

二、系统的对象/ 14

三、系统工程的内容/ 17

主要参考文献/ 26

第二章 系统工程基本分析方法

27

第一节 系统工程方法论引例/ 27

一、引例 1: 柔性制造系统规划问题/ 27

二、引例 2: A 机电设备制造公司运营效率诊断/ 29

第二节 系统分析原理/ 31

一、阐明问题/ 33

二、谋划备选方案/ 34

三、建模与预计后果/ 39

四、预测未来环境/ 40

五、评比备选方案/ 40

六、系统工程报告/ 40

第三节 系统评价方法/ 41

一、系统评价要素/ 41

二、系统评价工具——关联矩阵/ 44

三、逐对比较法/ 45

四、古林法/ 47

五、层次分析(AHP)法/ 50

六、模糊综合评价法/ 56

第四节 决策分析方法/ 60

- 一、决策的概念/ 60
- 二、决策问题的基本模型和常见类型/ 60
- 三、几类基本决策问题的分析/ 61

第五节 分析实例——某特区 S 机场选址/ 67

- 一、问题的背景/ 67
 - 二、备选方案的特征分析/ 69
 - 三、解决机场选址问题步骤/ 69
 - 四、结论/ 72
- 主要参考文献/ 72

第三章 社会系统工程

73

第一节 概述/ 73

- 一、社会系统工程的发展历史及主要内涵/ 73
- 二、社会系统的主要特点/ 75
- 三、社会系统工程的主要研究内容/ 78

第二节 战略与科学发展/ 86

- 一、复杂系统理论视角下的战略管理思想/ 86
- 二、系统工程理论与方法在战略管理中的应用/ 87
- 三、科学发展观的系统内涵及其对战略决策的指导作用/ 88

第三节 政策与和谐社会/ 92

- 一、系统工程与政策科学/ 92
- 二、系统视角下的社会和谐/ 92
- 三、系统工程在和谐社会建设中的应用/ 95

第四节 系统动力学方法及其应用/ 97

- 一、系统动力学发展概述/ 97
 - 二、系统动力学方法在系统思考中的重要作用/ 99
 - 三、系统动力学仿真简介/ 101
- 主要参考文献/ 103

第四章 工程系统工程

106

第一节 概述/ 106

- 一、工程系统工程的内涵/ 106
- 二、工程系统的寿命周期/ 108

第二节 工程系统规划与设计/111	
一、工程系统的规划/111	
二、工程系统的设计/113	
第三节 工程系统运行管理/116	
一、工程系统运行管理概述/116	
二、工程系统的进度管理/124	
三、工程系统的成本管理/130	
第四节 工程系统的系统评价/136	
一、工程系统评价概述/136	
二、工程系统的经济评价/138	
三、工程系统的环境影响评价/142	
四、工程系统的社会影响评价/143	
第五节 工程系统工程实例——南水北调工程/146	
一、工程概况/146	
二、工程论证和规划/147	
三、管理体制和组织机构/147	
四、工程进度管理/148	
五、工程费用管理/149	
六、工程质量管理/150	
七、工程评价/150	
主要参考文献/154	

第五章 物流系统工程

155

第一节 物流与物流系统/155	
一、物流/155	
二、物流系统/166	
第二节 物流系统工程的概念与内容/172	
一、物流系统工程概念/172	
二、物流系统工程的工作方法/172	
三、物流系统工程的工作内容/174	
第三节 物流系统工程应用举例/175	
一、绿色供应链管理/175	
二、考虑库存能力约束的再制造批量决策/183	
三、绿色物流与西部城市交通发展战略/194	
主要参考文献/205	

第六章 人 - 机 - 环境系统工程

208

第一节 概述/208

- 一、研究范畴/208
- 二、地位及主要特征/209
- 三、应用前景/211

第二节 人 - 机 - 环境系统规划设计/212

- 一、系统规划设计思路和流程/213
- 二、系统功能和目标规划/216
- 三、人 - 机 - 环境系统设计/220

第三节 人 - 机 - 环境系统分析评价方法/228

- 一、定性方法/228
- 二、定量方法/235
- 三、定性与定量相结合的评价方法/240

主要参考文献/247

第七章 信息系统工程

248

第一节 概述/248

- 一、信息系统的概念/248
- 二、信息系统工程发展历程/253
- 三、开发方法/258
- 四、信息系统的发展趋势/265

第二节 企业信息系统工程——ERP、SCM、CRM 的集成/266

- 一、SCM、CRM 的概念与内容/266
- 二、系统集成的方法/269
- 三、ERP、SCM、CRM 集成中的应用举例/273

第三节 知识管理/279

- 一、知识管理的概念/279
- 二、当前知识管理研究热点问题/281
- 三、知识管理的应用——知识发现在 CRM 中的应用/284

主要参考文献/288

第八章 质量管理体系工程

290

第一节 质量管理体系背景/290

- 一、现代质量观/290

二、制造和服务系统的质量/292	
三、现代质量管理面临的环境/299	
第二节 质量管理的系统化方法/302	
一、质量管理的基本原理/302	
二、ISO9000 质量管理体系/305	
三、卓越质量模型/310	
四、6 σ 管理法/312	
第三节 应用实例/321	
一、企业 QEHS 整合型管理体系建立与实施/321	
二、TQM 与企业绩效的系统动力学分析/325	
主要参考文献/331	

第九章 系统工程管理

332

第一节 系统工程与系统化管理/332	
一、管理科学的发展与系统化管理/332	
二、系统工程管理的意义及功能/335	
三、组织、技术、人、信息等一体化/338	
第二节 创新管理的系统化方法/339	
一、创新是一项系统性工作/339	
二、技术创新管理/341	
三、创新及其管理的系统化/344	
第三节 系统工程中的管理技术/345	
一、投入产出分析/345	
二、价值工程/353	
三、网络优化技术/365	
四、冲突分析/373	
主要参考文献/382	

第一章

绪论

第一节 时代背景及相关特征

当今时代是一个大变化、大发展的时代,系统化浪潮是其重要特征之一。随着社会经济与科技的快速发展和国内外环境的变化,和谐发展、科学发展及系统化管理的要求越来越高,时代呼唤系统科学与工程。系统化既给我们提出了挑战,又带来了机遇。与此相关的主要时代特征和环境特点有:

一、全球化

全球化经历了资(能)源全球化(20世纪70年代初开始)→经济全球化(20世纪八九十年代以来)→社会全球化(21世纪初)的过程。全球化浪潮使得系统环境,特别是大的国际环境问题日益突出,思维、应对及管理要求空前提高;泛全球化使得不同国家和地区的联系错综复杂,也使得不同领域的问题相互交融。

二、动态市场带来挑战和机会

市场化及其动态变化,既给企业等带来了压力和挑战,又给许多新的社会经济组织(如中小高新技术企业)带来了生长和发展的机遇;市场元素渗透到社会生活的方方面面,对非经济组织的运行管理带来了许多新的挑战,也提供了新的实现高效化的途径。从适应变化,到引领变化,从一个侧面反映了组织管理的水平和层次。

三、社会加速信息化

20世纪40年代第一台电子计算机的出现是系统工程学科的重要催生因素。信息论是系统工程的理论基础之一,信息化与系统化相伴而生,相互依存而发展。近年来信息技术的快速发展及其与社会生活的紧密结合,特别是新信息技术的发展,既为系统科学与工程提出了许多前所未有的问题,又提供了

强大的技术支持。

四、技术与管理紧密结合、深度融合

自然科学、工程科技等硬科学的发展与管理科学等软科学的发展相互影响、相互依存、相互促进,其相互之间的紧密结合及深度融合,是工作取得成功和科技、经济、社会发展的重要条件。纯粹的(硬)技术和(工程)项目已不复存在,人的因素、信息及管理的作用、软实力的地位日益突出。系统问题综合化及软化趋势明显。

五、创新已成为时代的最强音

创新已逐步成为社会进步、组织发展、系统演化的最重要的动力,是当今时期最重要的关键词之一。创新本身是一项系统性工作,除技术创新之外,还应包括知识创新、理论创新、理念创新、文化创新、方法创新、工作创新、管理创新、机制与制度创新等,并形成有机的创新体系。综合创造与集成创新是系统工程的基本思想。

六、科学发展观引起普遍关注

科学发展观的基本要求是全面协调可持续发展,根本方法是统筹兼顾,这是系统思想的精髓所在。科学发展观是关于发展的世界观和方法论的集中体现,科学发展观即系统发展观,是系统工程在发展战略等问题上的充分体现。科学发展观既是我国现阶段重要的战略指导思想,又具有全球性的和长远的意义,实现科学发展观的要求任重而道远。

七、企业发展面临系统问题

企业作为社会经济生活的主角和管理科学发展应用的主战场,其发展和管理面临来自多方面的现实问题,如环境(市场、技术、政策、社区等)、管理体制与运行机制、发展战略、创新能力及企业能力建设、企业文化、人员素质、内部管理、激励制度、工作质量等,形成了多重要素综合影响的系统问题。

八、社会(经济)组织活动工程化、项目化

当今经济、社会生活中的各种问题越来越复杂,并具有明显的系统性特征。对这些复杂的系统性问题的科学思考及有效解决,需要按照基于系统原理的现代工程化方法和新的、广义的项目管理模式来整体设计和系统推进,作为专门的工程或项目来集中解决。在此背景下,系统工程的思想、方法论及方

法就有了新的更大的用武之地。

与以上各点相适应,系统科学与工程更加关注与科学发展观及可持续发展战略结合,与经济转型、国际化及企业创新发展结合,与社会系统问题及和谐社会建设结合,与新一代信息及网络技术结合,与管理科学、经济科学、工程科学各种前沿问题结合,与复杂系统问题及复杂性科学结合,与各类工程化问题及其管理结合,与重大投资和大型项目管理结合,与高度动态问题和突发事件及应急管理结合,与生命科学及思维科学结合,秉承综合创造的理念,在结合点上和应用实践中实现又好、又快的新发展。

第二节 现代工程的系统观

工程实践孕育和推进了系统科学与工程及其发展。工程是一个包括了多种要素的动态系统,在认识、分析和观察工程时,不但必须认识其组成的各种要素,更必须把工程看成是一个系统,从系统的观点去认识、分析和把握工程。

一、工程系统与系统论

(一) 概念及意义

系统这一概念来自于人类长期的社会实践及工程实践。一般认为,系统是由两个以上有机联系、相互作用的要素所组成,具有特定功能、结构和有赖于一定环境而存在的整体。

工程(engineering)是集成建构性知识体系使技术资源和非技术资源最佳地为人类服务的专门技术,有时也指具体的科研或建设项目。英语中工程一词的词根 engine 源于拉丁语的 ingenerare(意为“创造”),而英语中 engine 一词的最初含义是“发明、设计”。对复杂系统的创新、开发、设计等是现代工程最显著的特点及要求。

工程系统是为了实现集成创新和建构等功能,由人、物料、设施、能源、信息、技术、资金、土地、管理等要素,按照特定目标及其技术要求所形成的有机整体,并受到自然、经济、社会等环境因素广泛而深刻的影响。

工程系统化是现代工程的本质特征之一,具有重大现实意义。第一,现代工程活动越来越明显地具有系统化及复杂系统特征(如:影响因素众多,影响面及系统规模庞大,结构关系及环境影响复杂;属性及目标多样;人的因素及经济性突出等),必须确立现代系统观,有效应对和解决好现代工程系统所面临的各种复杂问题。第二,各种专业工程(如电气工程、机械工程、建筑工程等)之间及其与系统工程等横断学科之间的交叉、融合程度越来越高,综合集成创新功能日

益发挥,应积极推进以系统观为基础的大工程观的形成和工程科学的创新发展。第三,现代工程活动对工程技术人员(如工程师)的观察视野、知识范围、实践能力等不断提出新的更高要求,其中包括系统思想、系统理论、系统方法论、系统方法与技术等内容。现代工程技术人员应掌握系统思维与系统分析方法,努力成为具有战略眼光、系统思想和综合素质的新型工程技术专家。

(二) 系统思想的产生和发展

1. 朴素的系统思想及其初步实践

自从人类有了生产活动以后,由于不断地和自然界打交道,客观世界的系统性便逐渐反映到人的认识中来,从而自发地产生了朴素的系统思想。这种朴素的系统思想反映到哲学上主要是把世界当作统一的整体。

古希腊的唯物主义哲学家德谟克利特(Demokritos)曾提出“宇宙大系统”的概念,并最早使用“系统”一词;辩证法奠基人之一的赫拉克利特(Herakleitos)认为“世界是包括一切的整体”;后人把亚里士多德的名言归结为“整体大于部分的总和”,这是系统思想最早的体现和系统论的基本原则之一。

在古代中国就出现了世界构成的“五行说”(金、木、水、火、土);春秋末期的思想家老子曾阐明了自然界的统一性;东汉时期张衡提出了“浑天说”。

虽然古代还没有提出一个明确的系统概念,没有也不可能建立一套专门的、科学的系统方法论体系,但对客观世界的系统性及其整体性却已有了一定程度的认识,并把这种认识运用到改造客观世界的工程实践及社会生活中去,中国在这方面表现尤为突出。

在古代的工程建设上,中国的都江堰最具代表性和系统性。都江堰于公元前256年由战国时期秦国蜀郡太守李冰父子组织建造,至今仍发挥着重要作用。该工程由鱼嘴(岷江分流)、飞沙堰(分洪排沙)和宝瓶口(引水)三大主体工程设施和百丈堤、人字堤等附属工程组成,整个工程具有总体目标最优化、选址最优和自动分级排沙、利用地形并自动调节水量、就地取材及经济方便等特点。另外,公元前6世纪,中国古代著名的军事家孙武所著的《孙子兵法》共十三篇,讲究打仗要把道(义)、天(时)、地(利)、将(才)、法(治)五个要素结合起来考虑,阐明了不少朴素的系统思想和运筹方法。

秦汉之际成书的中国古代最著名的医学典籍《黄帝内经》,包含着丰富的系统思想。它根据阴阳五行的朴素辩证法,把自然界和人体看成有秩序、有组织整体,人与天地自然又是相应、相生而形成的更大系统。中国古代的《易经》也被认为是朴素系统思想的结晶。

中国人做事善于从天时、地利、人和中进行整体分析,主张“大一统”、“和为贵”。如中医诊病讲究综合辨证。朴素的系统思想及其工程实践和社会实

践是我们传承文明的重要内容。

2. 科学系统思想的形成

古代朴素的系统思想用自发的系统概念考察自然现象,其理论是想象的,有时是凭灵感产生出来的,没有也不可能建立在对自然现象具体剖析的基础上。因而这种关于整体性和统一性的认识是不完全和难以用不同的实践加以检验的。早期的系统思想具有“只见森林”和比较抽象的特点。

15 世纪下半叶以后,力学、天文学、物理学、化学、生物学等相继从哲学的统一体中分离出来,形成了自然科学。从此,古代朴素的唯物主义哲学思想就逐步让位于形而上学的思想,工程学有了最直接和最重要的认知基础。这时的系统思想具有“只见树木”和具体化的特点。

19 世纪自然科学取得了巨大成就,尤其是能量转化、细胞学说、进化论这三大发现,使人类对自然过程相互联系的认识有了质的飞跃,为辩证唯物主义的科学系统观奠定了哲学概括的自然科学基础。这个阶段的系统思想具有“通过森林、看清树木”的特点。

辩证唯物主义认为,世界是由无数相互关联、相互依赖、相互制约和相互作用的过程所形成的统一整体。这种普遍联系和整体性的思想,就是科学系统思想的实质。

(三) 系统理论和系统工程

从古希腊和古代中国的哲学家、军事家,到近、现代许多伟大的思想家,都有过关于系统思想的深刻论述。但从系统思想发展到(一般)系统论、控制论、信息论等系统理论和系统工程的科学方法,是和近代、现代科学技术及工程实践的兴起与发展紧密联系,到 20 世纪初中叶才实现的。

系统论或狭义的一般系统论,是研究系统的模式、原则和规律,并对其功能进行数学描述的理论,其代表人物为奥地利理论生物学家贝塔朗菲(Bertalanffy)。控制论是研究各类系统的控制和调节的一般规律的综合理论,“信息”与“控制”等是其核心概念。它是继一般系统论之后,由数学家维纳(Wiener)在 20 世纪 40 年代创立的。信息论是研究信息的提取、变换、存储和流通等特点和规律的理论。这些理论成果也为系统工程学科在 20 世纪 50 年代的正式确立奠定了基础。

工程控制论(Engineering Cybernetics)作为控制论的一个分支学科,是关于受控工程系统的分析、设计和运行的理论。1954 年钱学森所著《工程控制论》一书英文版问世,第一次用这一名称称呼在工程设计和实验中能够直接应用的关于受控工程系统的理论、概念和方法。随着该书的迅速传播(俄文版 1956 年出版,德文版 1957 年出版,中文版 1958 年出版),该书中给这一学

科所赋予的含义和研究的范围很快为世界科学技术界所接受。工程控制论的目的是把工程实践中所经常运用的设计原则和实验方法加以整理和总结,取其共性,提升为科学理论,使科学技术人员获得更广阔的眼界,用更系统的方法去观察技术问题,去指导千差万别的工程实践。工程控制论的研究对象和理论范围在不断扩大,该学科所包含的各主要理论和方法都有了很大发展,如:系统辨识和信息处理、模型抽象、最优控制、自我进化、容错系统、仿真技术等。工程控制论虽发源于纯技术领域,但其概念、理论和方法也不断从纯技术领域溢出,涌进了许多非技术部门,派生出社会控制论、经济控制论、生物控制论、军事控制论、人口控制论等新的专门学科。

20 世纪下半叶以来,系统理论对工程科技、管理科学与工程等实践产生了深刻影响,系统工程学的创立,则是发展了系统理论的应用研究。它为组织管理系统的规划、研究、设计、制造、试验和使用提供了一种有效的科学方法。1978 年,钱学森、许国志、王寿云发表了《组织管理的技术——系统工程》一文,开启了中国研究应用系统工程的新时代。其后,钱学森又进一步提出了一个清晰的系统科学体系结构,即:处在应用技术层次上的是系统工程;处在技术科学层次上的是运筹学、控制论、信息论等;而处在基础科学层次上的则是系统学,这是一门正在建立和发展的新学科;在系统科学体系之上属于哲学范畴的则是系统论或系统观。这个体系结构,划清了系统研究中不同分支的界限,也澄清了这一领域国内外长期存在的一些混乱局面,使系统科学发展进入了一个新的阶段。

20 世纪 90 年代初,钱学森、于景元、戴汝为发表了《一个科学新领域——开放的复杂巨系统及其方法论》一文,提出了复杂性系统的若干问题及从定性到定量的综合集成方法论。复杂科学是系统科学、工程科学等发展的最新阶段。

系统理论起源于对自然现象的探索,系统工程最初是对工程系统进行组织管理的方法。在近一个世纪的演变和发展中,系统理论、系统工程及整个系统科学的开发、应用领域虽然有了很大拓展(如社会系统),但对工程系统,特别是现代大规模复杂工程系统(工程与社会等的复合系统)问题的关注和有效解决,一直是其主要面向的实践领域。

二、工程的系统性

(一) 工程系统的特性

1. 整体性

整体性是系统核心的特性。工程系统一般具有相对明确的结构、功能以

及相对明晰的边界。具有相对独立功能的系统要素以及要素间的相互关联、能量转换、空间与时间优化,是根据系统功能依存性、逻辑统一性和技术规范性的要求,协调存在于系统整体之中。在一个系统整体中,即使并不是每个要素都很优越,但它们也可以通过特定的集成方式使之协调、综合成为具有良好功能的系统;反之,即使每个要素都是良好的,但作为整体由于集成协调不当却不具备某种良好的功能,这也不能称之为完善的系统。工程系统的整体性强调基于系统的综合集成创新。

2. 动态性

社会的变革与发展、内外环境的变化以及工程系统自身运行的动态特性使得工程系统的动态性和不确定性日益突出;工程系统的有效寿命周期相对缩短,管理的难度加大,与时俱进和全面创新的要求提高。市场、技术、组织等动态因素变化加快、多重转轨(计划经济→市场经济、国内市场→国际市场、粗放经营→集约经营等)时期的动态社会环境等均是现代工程系统动态性的重要来源和具体体现。

3. 复杂性

现代工程系统除了属性与功能多样、系统与环境的关系紧密等特性之外,还存在着其内部结构与运行行为复杂的特性,主要表现为:众多要素具有多功能、多“层次”的结构,各组成部分(功能要素)之间有广泛而密切的联系,并常常不同质,但通过不同方式的耦合,形成多重互动网络结构;要素种类繁多,知识表达不同,模型各具特色;一般以人-机系统的形式存在,而人及其组织或群体也表现出固有的复杂性。另外,现代工程系统具有学习与自适应等复杂系统的明显特征。

4. 普遍性

随着科技、经济、社会的发展及人们认知能力、改造客观世界能力的提高,许多现实问题系统化、工程化和工程系统化等趋势日益明显,工程理念及系统思想逐渐普及,系统方法论及工程方法大有用武之地。但也要防止现实生活中各类复杂问题的泛工程化。

5. 目的性及多目标性

工程系统为人造系统,一般具有明确的目的和功能,力求实现系统的创新与发展。现代工程系统面临复杂的环境影响及其互动要求,通常具有多重属性,有技术的、经济的、环境的、社会的等,因而有来自这些方面的多重目标要求,而其中又不乏相互冲突的目标,需要权衡优化正是现代工程系统管理的难点之一。

6. 开放性