

管理系统工程教程

杨学津 孙一 主编



山东大学出版社

管理系统工程教程

杨学津 孙 一 主 编

山东大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

管理系统工程教程/杨学津,孙一主编. —济南:山东大学出版社,2003.8

ISBN 7-5607-2665-8

I. 管…

II. ①杨…②孙…

III. 企业管理—系统工程—高等学校—教材

IV. F270.7

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 078110 号

山东大学出版社出版发行

(山东省济南市山大南路 27 号 邮政编码:250100)

山东省新华书店经销

青岛星球印刷有限公司印刷

787×1092 毫米 1/16 21.5 印张 496 千字

2003 年 9 月第 1 版 2003 年 9 月第 1 次印刷

印数:1—4000 册

定价:29.00 元

版权所有,盗印必究

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部负责调换

前 言

系统科学是 20 世纪 40 年代后迅速发展起来的一个跨学科的科学分支。它从系统的角度研究整个客观世界,并在实践应用中显示出了强大的生命力。目前,系统科学在理论的深度和应用的广度方面都有了新的进展。积极推广和普及系统科学,对我国建立社会主义市场经济体系,实现现代化有着极其重要的意义。

管理系统工程是以企业管理系统为研究对象的一门组织管理技术。它在系统论、控制论、信息论思想指导下,运用系统工程的原理与方法,从整体观念出发探求管理活动的最优计划、最优组织、最优控制和最优方案,使管理系统发挥出整体优化功能,以获得最佳经济效益。

为了向广大科技工作者、经济管理人员和大专院校学生普及系统工程知识,作者根据多年从事系统工程教学和科研的实践经验,编写了《管理系统工程教程》一书。该书分为上、下两篇,上篇介绍了系统工程的基本概念、理论和方法,下篇介绍了系统工程常用的定量分析技术,包括运筹学模型、系统预测及决策技术等,每章后配有适量的习题。可根据教学要求有选择地讲授本书内容。

本书可作为高等院校管理类、财经类专业本科生以及工商管理硕士研究生(MBA)的教材和教学参考书,也可作为管理人员、工程技术人员、领导干部的培训教材和自学参考书。

本书由杨学津、孙一主编,具体负责编写大纲,初稿修改和审定,并最终统纂成稿。

全书共二十二章,参加编写的人员及分工如下:杨学津:第一、二、三、四、五、六、八、九、十、十三、十七、十九、二十章;杨学津、潘群峰:第七、十一、十二

章;杨学津、安萌、孙一:第十四、十五、十六、十八章;孙一、安萌:第二十一、二十二章。

山东大学吴爱华教授和王福泰教授审阅了全部书稿,山东大学出版社姜明先生也对本书进行了精心编辑加工,他们为本书的完善提出了许多宝贵的修改意见。同时,由于山东大学管理学院领导和山东大学出版社领导的大力支持,使本书得以顺利面世。在此,作者向他们表示衷心的感谢。

本书在编写过程中,参阅了大量书刊资料,有些注明了出处,有些限于篇幅没有注明,在此谨致谢意。

由于作者水平有限,书中难免出现疏漏和不当之处,恳请广大读者批评指正。

编 者

2003年9月

目 录

上篇 系统工程理论与方法

第一章 系统科学的形成及体系结构.....	(3)
第一节 系统科学的产生和发展.....	(3)
第二节 系统科学的研究对象和体系结构.....	(6)
第三节 大力发展系统科学,促进决策科学化	(8)
习 题	(9)
第二章 系统概述	(10)
第一节 系统的定义及特征	(10)
第二节 系统的分类	(12)
第三节 系统的结构与功能	(13)
习 题	(17)
第三章 系统的基本运动规律及定律	(18)
第一节 系统的基本运动规律	(18)
第二节 系统基本定律	(22)
习 题	(24)
第四章 系统科学理论概述	(25)
第一节 一般系统论	(25)
第二节 控制论	(26)
第三节 信息论	(28)
第四节 耗散结构理论	(29)
第五节 协同学理论	(32)
习 题	(32)

第五章 系统工程概述	(33)
第一节 系统工程的基本概念	(33)
第二节 应用系统工程的几个基本观点	(36)
第三节 系统工程方法论	(37)
第四节 管理系统工程综述	(40)
习 题	(41)
第六章 系统分析方法	(42)
第一节 系统分析的基本概念	(42)
第二节 系统分析的步骤	(45)
第三节 系统环境分析	(50)
第四节 系统分析常用方法	(52)
习 题	(53)
第七章 系统评价方法	(54)
第一节 系统评价概述	(54)
第二节 系统评价常用方法	(55)
习 题	(69)
第八章 系统设计方法	(70)
第一节 系统设计的基本原则和种类	(70)
第二节 系统设计的内容	(70)
第三节 系统设计的步骤	(74)
第四节 生产管理系统设计	(76)
习 题	(79)
第九章 项目可行性分析	(80)
第一节 可行性研究的概念	(80)
第二节 可行性研究的作用及工作程序	(80)
第三节 可行性研究报告的主要内容	(81)
习 题	(85)
第十章 系统结构模型解析技术	(86)
第一节 基本概念	(86)
第二节 可达性矩阵的分解	(88)
第三节 结构模型的建立	(91)
习 题	(93)

第十一章 投入产出分析	(94)
第一节 概 述	(94)
第二节 投入产出表及数学模型	(95)
第三节 投入产出分析在企业管理中的应用	(102)
习 题	(104)
第十二章 系统仿真技术	(105)
第一节 概 述	(105)
第二节 数字仿真方法	(108)
第三节 随机服务系统的仿真技术	(116)
第四节 系统仿真技术的评价	(124)
习 题	(125)
第十三章 系统工程可靠性分析	(126)
第一节 概 述	(126)
第二节 可靠性技术	(130)
第三节 可靠度分配	(139)
第四节 维修性技术	(141)
习 题	(142)
下篇 系统工程定量模型与应用	
第十四章 线性规划问题	(145)
第一节 系统模型技术概述	(145)
第二节 线性规划问题的数学模型	(147)
第三节 线性规划问题的图解法	(152)
第四节 线性规划问题的基本理论	(154)
第五节 单纯形法	(158)
第六节 线性规划问题的对偶问题	(178)
第七节 灵敏度分析	(192)
习 题	(199)
第十五章 运输问题	(203)
第一节 运输问题的数学模型	(203)
第二节 表上作业法	(205)
习 题	(214)

第十六章 整数规划	(215)
第一节 概 述	(215)
第二节 整数规划常用解法简介	(217)
第三节 分配问题解法——匈牙利法	(218)
习 题	(222)
第十七章 目标规划	(223)
第一节 目标规划问题的建模步骤	(223)
第二节 一般目标规划问题的数学模型	(223)
第三节 应用举例	(224)
习 题	(228)
第十八章 图与网络	(230)
第一节 图的基本概念	(230)
第二节 树	(234)
第三节 最短路问题	(237)
第四节 最大流问题	(241)
习 题	(246)
第十九章 计划评审方法	(248)
第一节 网络图的组成和绘制	(248)
第二节 网络图的画法和时间参数的计算	(250)
第三节 任务按期完成的概率分析与计算	(254)
第四节 关键路线和网络计划的优化	(257)
习 题	(264)
第二十章 存贮模型	(266)
第一节 基本概念	(266)
第二节 经济订货批量(EOQ)存贮模型	(268)
第三节 有价格折扣的单品种静态 EOQ 模型	(271)
习 题	(273)
第二十一章 系统预测方法	(275)
第一节 系统预测概述	(275)
第二节 定性预测方法	(279)
第三节 时间序列预测方法	(283)
第四节 回归分析预测方法	(293)

第五节	马尔可夫分析预测方法	(301)
第六节	生长曲线模型法	(305)
第七节	预测方法的选择与比较	(307)
习 题		(309)
第二十二章	系统决策方法	(311)
第一节	系统决策方法概述	(311)
第二节	确定型决策方法	(314)
第三节	风险型决策方法	(315)
第四节	非确定型决策方法	(323)
第五节	决策效用理论	(325)
习 题		(328)
参考文献		(331)

上篇 系统工程理论与方法

第一章 系统科学的形成及体系结构

第一节 系统科学的产生和发展

系统科学是 20 世纪 40 年代后发展起来的一个跨学科的新的科学分支。它是从系统的角度、用系统的方法来考察和研究整个客观世界,为人类大规模地改造世界提供了科学的理论和方法。古代人类认识自然界首先就是从对自然的整体认识开始的,也可以说系统科学思想是指导人们认识的第一个理论;而系统科学体系的完整建立又依赖于当代科学技术的最新成就,现代科学的每一个理论几乎都被系统科学吸收,并被改造成为其自身理论体系中的一个部分。

系统科学之所以在 20 世纪 40 年代后得到迅速发展,有以下几个方面的原因:

1. 客观世界是一个多层次、多因素、多过程的大系统

世界上的事物不是彼此孤立的,而是互相联系、互相制约的。它们往往通过某种关系,如物质的交换、信息或能量的传递等而联结在一起,互相依存,互相影响,从而组成了各种各样的系统。这些系统有两个特点:

(1) 由于各自的组成事物、结构、功能不同而具有相对独立性;

(2) 不同系统之间又通过某种形式的物质、能量和信息的交换而联结在一起互相依存、互相影响,从而构成更大的系统。

人类发展的历史证明,只有深刻地认识了各级系统的特性、运动规律以及相互间复杂关系的形成法则,才能更好地控制、管理、改造和创造系统,才能正确地处理系统之间的关系,使它们互相促进、协调发展。

因此,正是由于各种不同系统的客观存在,而且整个客观世界本身又是一个多层次、多因素、多过程的大系统,所以人类才在利用和改造世界的过程中总结出了系统科学。

2. 现代大规模改造世界的斗争使人们逐渐认识到必须从系统的角度考虑和处理问题

在古代,人类在生产活动中一直在同各种自然系统打交道。在生产活动中,人们又结成了一定的生产关系。自然界和社会固有的系统特性通过实践反映到人的认识中来,逐渐孕育出一些原始的、含糊的系统观念。这些系统观念又被人们运用于生产活动和社会活动之中,并在实践和认识的不断反复中得到充实,从而形成了一些直观的、朴素的系统思想。这些朴素的系统思想表现在哲学上就是把自然界看作一个统一的整体。

堪称我国古代文化第一典籍的《周易》试图用阴阳八卦来理解和说明世界的统一性,深刻地揭示了自然、社会与人之间内在的有机关联,从而构成了中国哲学关于宇宙思想的框架。中国古典文献中关于五行学说的材料也相当丰富。依据这种思想,事物被划分为五种不同性质的类型,即赋有了五行特质,而五行之间又普遍存在着相生相克的关联。这样,在五行的联系和运动中世界的统一成为可能。在古希腊,人们很早就认识了事物的整体

性、秩序性以及结构与功能的关系。例如,古希腊辩证法的奠基人之一赫拉克利特就说过“世界是包括一切的整体”,而亚里士多德在人类思想史上第一次从哲学的高度概括了关于整体性的思想。他的“四因说”以及关于事物的种属关系和范畴分类的思想标志着古代系统思想的最高总结;而其名言“一般来说,所有的方式显示全体并不是部分的总和”已被后人概括为“整体大于部分的总和”,成了系统论的基本原则。古代朴素系统思想表现在实践上就是从事物之间相互联系的角度去观察和改造世界。在军事方面,早在公元前 500 年的春秋时期,就有著名的军事家孙武写出了“孙子兵法”十三篇,指出战争中的战略和策略问题,如进攻与防御、速决和持久、分散和集中等之间的相互依存和相互制约的关系,并依此筹划战争的对策,以取得战争的胜利。其著名论点如“知己知彼,百战不殆”,“以我之长,攻敌之短”等,不仅在古代,而且在当代的战争中都有指导意义,在当今激烈的国际市场竞争和社会经济各个领域的发展中,这些论断也有现实意义。战国时期,著名军事家孙臆继承和发展了孙武的学说,著有“孙臆兵法”,在齐王与田忌赛马中,孙臆提出的以下、上、中对上、中、下对策,使处于劣势的田忌战胜齐王,这是从总体出发制定对抗策略的一个著名事例。在水利建设方面,战国时期,秦国太守李冰父子主持修建了四川都江堰工程。这一伟大水利工程巧妙地将分洪、引水和排沙结合起来,使各部分组成一个整体,实现了防洪、灌溉、行舟、漂木等多种功能,至今该工程仍在发挥着重大的经济效益,是我国古代水利建设的一大杰出成就。在农业方面,《管子》中的《地员》篇,《诗经》中的农事诗《七月》等古籍,对农作物与种子、地形、土壤、水分、肥料、季节、气候等因素的相互联系都有辩证的论述。在建设施工方面,北宋真宗年间,皇城失火,宫殿烧毁,大臣丁谓主持了皇宫修复工程。他采用了一套综合施工方案,先在需要重建的通衢大道上就近取土烧砖,在取土后的通衢深沟中引入汴水,形成人工河,再由此水路运入建筑材料,从而加快了工程进度。皇宫修复后,又将碎砖废土填入沟中,重修通衢大道,使烧砖、运输建筑材料和处理废墟三项繁重工程任务协调起来,从而在总体上得到了最佳解决,一举三得,节省了大量劳力、费用和时间。在医学方面,我国古代医书《黄帝内经》就强调人体各器官的有机联系,生理现象和心理现象的联系,身体状况与自然环境的联系,并把治疗与防病和调养结合起来。所有这些都说明,在系统科学产生之前,人们就运用着一些朴素的思想和方法改造着自然和世界。

然而,由于当时的科学技术落后,人类改造客观世界的能力和规模都很小,对事物之间的复杂关系了解甚微。因此,人们对系统的感觉和认识都是相当淡薄的、粗浅的。

15 世纪下半叶,由于近代科学的兴起,力学、天文学、物理学、化学及生物学等科学逐渐从哲学中分离出来,并获得日益迅速的发展,从而产生了研究自然界独特的分析方法,包括实验、解剖和观察,这样,就把自然界的局部细节从总的自然联系中抽出来分门别类地加以研究,因而使人们获得了更多的详细的科学材料,大大加深了人类对客观世界的认识。

但是,近代社会生产和科学技术的这种进步并没有使人类形成明确的和完整的系统观念。这是因为人们在进行分析研究时,往往是孤立地静止地看问题,撇开总体的联系来考察事物和过程。正如恩格斯所说:“这些障碍堵塞了自己从了解部分到了解整体,到洞察普遍联系的道路。”

社会生产和科学技术经过 19 世纪特别是进入 20 世纪后得到了空前的发展。在此期间人类在哲学上也取得了巨大的成果。马克思、恩格斯创立了辩证唯物主义。这些成果大大提高了人类认识世界和改造世界的能力,使人类改造世界的规模越来越大,程度越来越深。然而从另一方面来看,这些巨大的变化又给人类带来了许多前所未有的问题。

例如,随着物质生产的进一步集约化、专业化、社会化和国际化,不同行业、不同部门、不同地区之间的联系越来越密切,相互间的依赖和影响也越来越大。这种牵一发而动全身的关系使得人们在规划、设计和管理等工作中,局部的失误或某个环节上的脱节,对其他部门、其他地区、整个经济甚至整个社会的影响要比小生产时代严重得多。再如,人们改造自然的活动不仅促进了物质生产和文化科学的发展,也为人类创造了良好的生存环境。但是从长远看,随着改造自然的规模不断扩大和程度的日益加深,人类与自然界之间的复杂关系也进一步暴露出来(如某些不可再生资源过早地枯竭、环境污染和生态破坏等)。这些严重后果不仅到头来限制和削弱了生产的发展,也给人类的健康和生存带来了威胁。

将上述问题反映到人类大规模改造世界的过程中来,就会发现为什么有时候事半功倍,有时候事倍功半;有时候心想事成,有时候事与愿违;为什么有时候局部和近期的效果与总体和长远的目标一致,而有时候却相反;为什么有时候优良甚至一般的局部可组成优良的整体,而有时候优良的局部组成的整体其功能却很差。

这些令人深思的问题不能不对人类的认识产生强大的冲击。

严峻的现实使人们认识到只是在哲学的层次上研究事物相互联系、相互影响的规律是不行的,还必须以辩证唯物主义为指导在一般科学的层次内对事物相互联系的方式、相互影响的途径,特别是以一定的关系联系在一起后所产生的共同作用以及这种共同作用和外界环境之间的关系进行精确的定量研究。也就是说,从系统的角度,用系统的观点去考察和研究整个客观世界。有了这样的理论和方法,人们才能在改造世界的过程中正确地处理整体与局部之间、局部与局部之间、整体与环境之间以及当前与长远之间的关系。

自 20 世纪 40 年代以来,系统研究领域得到了蓬勃发展。同时,又不断产生了一些新的理论和方法,例如大系统理论、耗散结构理论、超循环理论、混沌理论、突变理论、协同学等等。在上述系统研究的众多学科分支中,有许多是在彼此没有联系的情况下分别建立的,其研究内容、研究方法、研究特点和概括性程度有明显的差别。各自从特定领域、角度和知识背景出发考察系统问题,彼此间很少沟通,难以对系统研究作出整体的了解。因而出现了对同一问题在不同学科使用不同的表述方法,而有些学科名称相近,但实际内容相去甚远;还有些学科界限不明确,内容重叠,以及有些学科之间密切相关,但由于缺少沟通难以形成一个整体或体系。凡此种种,给系统研究领域造成了混乱。因此,划清学科界限、明确定义,统一术语,揭示各学科之间的内在联系,将一切有关系统研究的学科组成一个统一的学科体系,已成为系统研究进一步发展必须解决的问题。但是,就如何将系统研究领域的众多学科进行统一,国内外学术界有不同的观点。这里仅就在国内已得到公认的,我国系统科学的奠基人、著名控制论专家钱学森教授提出的观点加以简单介绍。

20 世纪 70 年代中期以来,有两个重要因素促使我国的系统研究进入了一个兴盛时期。第一,十年动乱结束,百业待举,为在我国早日实现四个现代化,不但需要掌握世界先进的科学技术,还需要掌握先进的组织管理方法。这就为在我国大规模推广应用系统研究

和系统工程方法提供了强大的社会推动力和适宜的大环境。第二,国际上系统研究有了很大的发展,理论上和实践上都取得了许多成就,而我国却在系统研究方面与国际水平有着较大差距。到了70年代后期,在我国从理论界到工程技术领域,从科学界到哲学界,掀起了一股“系统热”。钱学森教授是这个时期倡导系统研究最积极、最有影响的学者。他认为,系统工程带动的是一个非常广阔的研究领域,包括许多学科,这些学科之间由一些共同的、根本的东西联系着。系统工程、系统分析、系统设计等学科命名标示出它们是处理系统问题的技术和方法。运筹学、管理科学、效果费用分析等,虽然学科命名未使用“系统”一词,但其研究内容显示它们是有关定量化系统方法的理论论证或实际应用。他在《工程控制论》中文修订版(1978)的序言中指出,控制论与系统工程有关,是系统研究的重要方面,控制论的研究对象是系统。另外,钱学森教授还特别强调信息的重要性,肯定了信息论与系统工程有着密切关系,是系统研究的一个重要分支。因此,他提出应对上述学科依据它们之间的联系进行沟通 and 统一,形成一个新的学科群,建立起一个完整的科学体系。它不是社会科学、不是自然科学、不是数学,而是一个为这些学科所不能包容的新兴学科体系——系统科学。系统科学作为一门新的科学分支,就是在这种历史背景下产生和发展起来的。

另外,由于现代数学、计算技术、信息科学,特别是计算机的产生和发展,大大提高了信息收集、贮存、传递和处理的能力,使人们能迅速全面地了解复杂系统的各种有用信息,并在此基础上进行定量分析和科学决策,从而有力地推动了系统科学的发展。

第二节 系统科学的研究对象和体系结构

系统科学是研究一般系统的类型、性质、相互关系以及运动机理和规律的科学,或者说,系统科学就是从系统的观点和角度去研究整个客观世界。要在系统科学这一概念下,从科学学的角度建立系统科学的体系结构框架,并据此对系统研究领域众多的学科分门别类,使它们有序地共处于系统科学的统一体系之中。这就要求搞清楚这些学科的特点和相互关系,揭示系统科学体系中各种横向的和纵向的联系,从整个体系的角度给每个学科以确切的描述,确定其在体系中的地位,从而使系统科学研究得到进一步发展和完善。

一、现代科学技术的体系结构

现代科学技术知识体系按其理论概括程度的高低,采用横向分类法可以划分为四个层次:哲学、基础科学、技术科学和工程技术。

1. 哲学。这是由全部人类知识提炼升华而成的概括程度最高的理论知识。
2. 基础科学。这是既包括自然科学也包括社会科学的基础理论知识。
3. 技术科学。这是以自然科学的理论为基础,根据多种工程技术专业中带普遍性的问题,经过统一研究而形成的各种专业基础知识。
4. 工程技术。这是直接用于改造客观世界的知识。这类知识根据其应用情况不同而分化成各种专业知识。

根据人们研究问题的着眼点或角度的不同,采用纵向分类法,可将现代科学技术体系划分为六大部类:

1. 自然科学。这是从物质运动的角度去考察整个客观世界的学科。传统观点认为,自然科学就是研究自然科学的科学。18 世纪产业革命后,自然科学的研究范围已从自然系统扩展到机器系统等各种人工系统。到 20 世纪初自然科学已经涉及到整个客观世界,研究对象是自然和社会的有机统一体。

2. 社会科学。这是从人类社会变化发展的角度来研究整个客观世界的科学。

3. 数学科学。这是从事物数量和质量关系的角度去研究整个客观世界的科学。传统观点认为,数学是隶属于自然科学的一门学科,其实人们在认识和改造自然及社会的斗争中都产生和发展着数学。现代科学的蓬勃发展,尤其是计算机的出现,为数学广泛进入社会科学研究领域提供了强有力的技术手段。从此数学已自立于整个科学技术体系而成为一大独立部类。

4. 系统科学。这是从系统属性的角度去研究整个客观世界的科学。

5. 思维科学与人体科学。所谓思维科学就是研究人的意识思维,探讨人类精神世界的科学,其内容包括了对抽象思维的研究、对形象思维的研究以及对创造性直觉的研究,另外还有语言学和人工智能等。人体科学是研究人体的功能以及如何保护人体功能并进一步发挥人体潜在功能的科学。现代科技的这两大部分标志着人类的认识方向从外向内的转化,对人自身的研究乃是人类真正知识的开始。

二、系统科学的体系结构

系统科学的知识体系根据其理论概括程度的高低或与实践领域相距的远近,采用横向往分类法可以划分为三个层次:

1. 系统科学的基础科学。奥地利生物学家贝塔朗非的一般系统论,比利时物理学家普利高津的耗散结构理论,前西德高能物理学家哈肯创立的协同学,分别从生物学、物理学、化学等不同的学科领域出发,探讨共同的系统课题,为营造现代系统理论的大厦共同作出了贡献,为系统科学奠定了坚实的理论基础。

2. 系统科学的技术科学。系统方法、运筹学和计算科学构成系统科学的技术科学。系统方法是合理地研究和处理有关客体的整体联系的一般科学方法论,为研究和设计各种系统客体提出基本原则。运筹学是系统分析所采用的专门的数学理论和方法。现代计算科学则是实施系统分析和系统工程必要的前提条件,从而使系统定量分析得以推广应用。该层次是系统科学的一个中介环节,它为系统理论走向实践搭桥铺路,完成过渡。

3. 系统科学的工程技术。系统分析和系统工程成为系统的工程技术。在国外广义的系统分析与系统工程并无差异,狭义的系统分析是一种辅助决策方法,用于决策阶段,而系统工程则用于组织管理系统的全过程。系统工程是组织管理的新兴技术和科学方法,它处于系统科学体系的第三层次,相当于自然科学体系中的工程技术。

系统科学体系的三个组成部分发源于完全不同的两个领域:一般系统论、耗散结构理论和协同学分别发源于生物学、物理学和化学;运筹学和系统工程发源于工程技术。经过半个多世纪的发展,彼此迈向共同的目标,统一于系统科学体系之中。图 1-1 概括了现代科学技术总体系,比较形象地描绘出整个系统科学体系的构成。