



全国普通高等院校物流管理与物流工程专业教学指导意见配套规划教材

物流系统工程

大学基础课

杜志平 主编



014032442

F252-43
283

全国普通高等院校物流管理与物流工程专业教学指导意见

物流系统工程

杜志平 主编



中国财富出版社



北航 C1720877

F252-43
283

954980310

图书在版编目 (CIP) 数据

物流系统工程/杜志平主编. —北京: 中国财富出版社, 2014. 1
(全国普通高等院校物流管理与物流工程专业教学指导意见配套规划教材)
ISBN 978-7-5047-4914-7

I. ①物… II. ①杜… III. ①物流—系统工程—高等学校—教材 IV. ①F252

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 228144 号

策划编辑 王宏琴

责任印制 何崇杭

责任编辑 韦京禹冰

责任校对 梁凡

出版发行 中国财富出版社 (原中国物资出版社)

社 址 北京市丰台区南四环西路 188 号 5 区 20 楼

邮政编码 100070

电 话 010-52227568 (发行部)

010-52227588 转 307 (总编室)

010-68589540 (读者服务部)

010-52227588 转 305 (质检部)

网 址 <http://www.cfpress.com.cn>

经 销 新华书店

印 刷 中国农业出版社印刷厂

书 号 ISBN 978-7-5047-4914-7/F·2065

开 本 787mm×1092mm 1/16

印 张 19.75

版 次 2014 年 1 月第 1 版

字 数 444 千字

印 次 2014 年 1 月第 1 次印刷

印 数 0001-3000 册

定 价 39.80 元

版权所有·侵权必究·印装差错·负责调换

前 言

系统工程是以大型复杂系统为研究对象，按一定目的进行设计、开发、管理与控制，以期达到总体效果最优的理论与方法，是一门组织管理的技术。其方法包括系统分析、仿真、评价和决策等，是一种对所有系统都具有普遍意义的科学方法。系统工程作为 20 世纪中期开始兴起的一门交叉学科，是从总体出发，合理开发、运行和革新的大规模复杂系统，特别是管理系统，所需思想、程序、方法的体系属于一门综合性的工程技术。随着科技进步和社会、经济及管理环境的变化，科学发展及系统化管理的要求日益突出和紧迫，需要按照系统的观点和采用系统分析的方法来认识、研究和解决问题。近年来，系统工程在我国建设事业、生产管理、商业经营、资源利用、环境保护、经济体制改革和科学研究等诸多领域均取得了显著成效，其重要作用已被人们广泛认识和接受。研究系统工程有助于培养系统的思维方式，从系统的整体观念出发研究各个组成部分，分析各种因素之间的关系，运用数学方法寻找系统的最佳方案，使系统总体效果达到最佳。

因此，本书以系统的角度进行撰写，结合最新的系统科学研究成果，研究了物流系统的各个组成部分。

全书共分为九章，第一章先对系统工程进行概述，为读者的深度阅读打下基础。第二章详细介绍了系统科学理论与方法论，使读者接触到最新、最前沿的学术成果，为系统工程的学习提供方法依据是本书的特色章节。第三章侧重物流系统的复杂性，介绍物流复杂系统。第四章详细地介绍了物流系统建模方法及常见模型，并配有案例供学生加深对知识的理解。第五章介绍了物流系统仿真及具体建模方法，即系统动力学建模。第六章介绍物流系统可靠性工程，对物流系统的可靠性类型、影响因素以及计算方法进行了分析。第七章介绍了物流系统集成与评价，为管理者在决策过程中选择最优方案提供依据。第八章介绍了如何进行物流系统决策。第九章

对物流战略规划的内容、步骤以及过程控制进行了详细的说明和介绍。书中每章均附有思考题，并配有应用实例及案例分析，供学生强化记忆和深化理解。

在本书的编写过程中，作者注重吸收国内外有影响的系统工程理论和案例，引用了系统科学最新的研究成果（详见参考文献）。作者深知：“只有站在巨人的肩膀上，才能看得更远。”在此向诸位学者致以最诚挚的谢意！

本书由北京物资学院杜志平教授主编，研究生韩冰、卜祥龙、王天淼等为本书的资料整理和图表输入工作提供了大力的帮助，深表感谢！

由于作者水平所限，书中缺点、错误在所难免，恳请各位学者、同仁及使用本教材的老师 and 同学们不吝赐教，批评斧正。

编 者

2013年6月

目 录

第一章 系统工程概述	(1)
第一节 系统、系统科学与系统工程的基本概念	(1)
第二节 工程学的产生、发展及其应用	(3)
第三节 系统的特性及分类	(6)
第四节 系统工程研究方法	(8)
第二章 系统科学理论与方法论	(19)
第一节 系统科学的“老三论”	(19)
第二节 系统科学的新理论	(32)
第三节 复杂适应系统理论	(48)
第四节 复杂网络理论	(53)
第五节 系统工程方法论	(57)
第三章 物流复杂系统	(74)
第一节 物流系统的概念	(74)
第二节 物流系统的要素	(75)
第三节 物流复杂性的特征	(80)
第四节 物流系统集成复杂性分析(方法)	(82)
第五节 物流复杂适应系统	(89)
第四章 物流系统模型与模型化	(92)
第一节 系统模型与模型化概述	(92)
第二节 系统结构模型化技术	(97)
第三节 主成分分析与聚类分析方法	(111)
第四节 物流设施选址模型	(124)
第五节 物流配送路线优化模型	(138)
第六节 系统建模新技术的发展	(168)

第五章 系统仿真及系统动力学 (SD) 法	(173)
第一节 系统仿真概述	(173)
第二节 系统动力学建模方法	(177)
第三节 基本反馈回路	(182)
第四节 DYNAMO 函数	(187)
第五节 回收物流系统仿真分析	(196)
第六章 物流系统可靠性工程	(213)
第一节 系统可靠性概述	(213)
第二节 物流系统可靠性类型及影响因素	(216)
第三节 物流系统可靠性计算	(218)
第四节 物流系统运作可靠度分析与优化	(222)
第七章 物流系统集成与评价	(225)
第一节 物流系统集成的必要性	(225)
第二节 物流系统评价指标体系	(226)
第三节 系统评价方法	(228)
第四节 案例分析	(244)
第八章 物流系统决策	(251)
第一节 系统决策概述	(251)
第二节 风险决策分析	(253)
第三节 物流战略决策	(265)
第四节 案例分析	(276)
第九章 物流战略规划	(283)
第一节 物流战略规划概述	(283)
第二节 战略研究方法论	(286)
第三节 物流战略规划与设计	(289)
第四节 物流战略实施与控制	(295)
第五节 案例分析	(299)
参考文献	(309)

第一章 系统工程概述

系统是人类在认识世界、认识自然的过程中，从关注被认知对象的各个部分以及他们之间的关系中形成的一个概念。系统工程是用系统的思想和方法来指导工程实践或工程管理的有效方法。本章将介绍系统、系统科学、系统工程的基本概念以及系统和系统工程的理论基础，阐述系统工程的研究方法，为物流系统的定量分析和定性分析以及物流系统工程方法的学习提供帮助。

第一节 系统、系统科学与系统工程的基本概念

一、系统的基本概念

系统是普遍存在的，在宇宙间，从基本粒子到河外星系，从人类社会到人的思维，从无机界到有机界，从自然科学到社会科学，系统无所不在，尽管如此，长期以来，系统的概念尚无统一规范的定义。一般系统论创始人贝塔朗菲定义：“系统是相互联系相互作用的诸元素的综合体。”这个定义强调元素间的相互作用以及系统对元素的整合作用。可以表述为：如果对象集 S 满足两个条件： S 中至少包含两个不同元素， S 中的元素按一定方式相互联系，则称 S 为一个系统， S 的元素为系统的组分。

一些思想家和未来学家对系统的概念描述：系统是一个动态和复杂的整体，具有相互作用结构和功能的单元；系统由能量、物质、信息流等不同要素所构成；系统往往由寻求平衡的实体构成，并显示出震荡、混沌或指数行为；一个整体系统是由任何相互依存的集或群暂时的互动部分。

本书中我们采用如下的定义：系统是由一些相互联系、相互制约的若干组成部分结合而成的，具有一定结构和特定功能的一个有机整体（集合）。我们可以从三个方面理解系统的概念。

1. 系统是由若干要素（部分）组成的

这些要素可能是一些个体、元件、零件，也可能其本身就是一个系统（或称之为子系统）。如运算器、控制器、存储器、输入/输出设备组成了计算机的硬件系统，而硬件系统又是计算机系统的一个子系统。

2. 系统有一定的结构

一个系统是其构成要素的集合，这些要素相互联系、相互制约。系统内部各要素之间相对稳定的联系方式、组织秩序及失控关系的内在表现形式，就是系统的结构。

例如钟表是由齿轮、发条、指针等零部件按一定的方式装配而成的，但一堆齿轮、发条、指针随意放在一起却不能构成钟表；人体由各个器官组成，单个各器官简单拼凑在一起不能称其为一个有行为能力的人。

3. 系统有一定的功能，或者说系统要有一定的目的性

系统的功能是指系统与外部环境相互联系和相互作用中表现出来的性质、能力和功能。例如信息系统的功能是进行信息的收集、传递、储存、加工、维护和使用，辅助决策者进行决策，帮助企业实现目标。

与此同时，我们还要从以下几个方面对系统进行理解：系统由部件组成，部件处于运动之中；部件间存在着联系；系统各主量之和的贡献大于各主量贡献之和，即常说的 $1+1>2$ ；系统的状态是可以转换、可以控制的。

二、系统科学的基本概念

系统科学发端于20世纪20年代，奥地利生物学家贝塔朗菲倡导的机体论就是一般系统论的萌芽，与此同时，英国军事部门的科学家研究和解决雷达系统的应用问题，提出了运筹学，这就是系统工程的萌芽。20世纪40年代，美国贝尔电话公司在发展通信技术时，使用了系统工程的方法。美国研制原子弹的曼哈顿工程，是系统工程的成功实践。美国国防部设立的系统分析部，在军事决策方面运用了系统方法。20世纪50年代，系统科学的理论研究和教学工作全面展开。贝塔朗菲等人创办了《一般系统论年鉴》，H. H. 古德和R. E. 麦克霍尔完成了专著《系统工程》。美国的麻省理工学院等院校开设了系统工程的课程。20世纪60年代，系统科学在西方、苏联得到了广泛的传播。系统的理论研究取得了重要的成果，贝塔朗菲发表了《一般系统论——基础、发展、应用》的著作，使系统工程的应用取得了明显的效果。美国阿波罗登月计划的实现，就是一个突出的范例。20世纪七八十年代，系统科学广泛应用于经济、政治、军事、外交、文化教育、生态环境、医疗保健、行政管理等部门，并取得了令人满意的结果。

系统科学是一门总结复杂系统的演化规律，研究如何建设、管理和控制复杂系统的科学，是以系统为研究对象的基础理论和应用开发的学科组成的学科群。它着重考察各类系统的关系和属性，揭示其活动规律，探讨有关系统的各种理论和方法，有狭义和广义之分。

从狭义上讲，系统科学是指一门科学，它包括理论基础和实践应用两个部分。其理论基础是指对系统的特性和规律进行阐明的系统论；其实践应用则是指系统工程，即将系统分析与工程技术结合起来，解决管理中的规划、设计、研究、制造、试验与实用的科学方法。如第二次世界大战中的“曼哈顿计划”、我国的“三峡水利工程”的设计等。

从广义来说，系统科学是指一组学科群，是在当代科学发展的前沿所产生的一组揭示自然界和社会、无机界和有机界、非生命界和生命界物质运动的普遍联系和共同

规律的横向学科群。其代表性学科是控制论、信息论、系统论。

三、系统工程的基本概念

系统工程在系统科学结构体系中,属于工程技术类,它是一门新兴的学科,国内外有一些学者对系统工程的含义有过不少阐述,但至今仍无统一的定义。

1978年我国著名学者钱学森指出:“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,是一种对所有系统都具有普遍意义的方法。”1977年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一种边缘学科。因为系统工程的目的是研制一个系统,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,所以为了适当地解决这些问题,除了需要某些纵向技术以外,还要有一种技术从横的方向把它们组织起来,这种横向技术就是系统工程。”1975年美国科学技术辞典的定义为:“系统工程是研究复杂系统设计的科学,该系统由许多密切联系的元素所组成。设计该复杂系统时,应有明确的预定功能及目标,并协调各个元素之间及元素和整体之间的有机联系,以使系统能从总体上达到最优目标。在设计系统时,要同时考虑到参与系统活动的人的因素及其作用。”从以上各种论点可以看出,系统工程是以大型复杂系统为研究对象,按一定目的进行设计、开发、管理与控制,以期达到总体效果最优的理论与方法。

系统工程是一门工程技术,用以改造客观世界并取得实际成果,这与一般工程技术问题有共同之处。但是,系统工程又是一类包括了许多类工程技术的一大工程技术门类,与一般工程比较,系统工程有三个特点:①研究的对象广泛,包括人类社会、生态环境、自然现象和组织管理等。②系统工程是一门跨学科的边缘学科。不仅要用到数、理、化、生物等自然科学,还要用到社会学、心理学、经济学、医学等与人的思想、行为、能力等有关的学科,是自然科学和社会科学的交叉。因此,系统工程形成了一套处理复杂问题的理论、方法和手段,使人们在处理问题时,有系统的整体的观点。③在处理复杂的大系统时,常采用定性分析和定量计算相结合的方法。因为系统工程所研究的对象往往涉及人,这就涉及人的价值观、行为学、心理学、主观判断和理性推理,因而系统工程所研究的大系统比一般工程系统复杂得多,处理系统工程问题不仅要有科学性,而且要有艺术性和哲理性。

第二节 系统工程的产生、发展及其应用

一、系统工程的产生与发展

系统工程作为一门科学技术虽然形成于20世纪中叶,但系统的思想方法和实际应用可追溯到远古时代。中华民族的祖先在了解和改造自然的辛勤实践和大量的

社会活动中，早有许多朴素的系统概念和应用实例。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、速决与持久、分散与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“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、泄水和排沙结合起来，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、农业等方面，我国古代也有许多著名学者用朴素的系统思想和方法取得了伟大成就，这些都为我们今天研究和发系统工程的理论体系，提供了宝贵的借鉴和重要的启示。

近代科学技术的发展，特别是计算机的出现和广泛使用，使系统工程在世界范围内迅速发展起来，许多国家有不少成功的重大研究成果。第一次提出“系统工程”这一名词的是 1940 年在美国贝尔电话公司试验室工作的 E. C. 莫利纳 (E. C. Molina) 和在丹麦哥本哈根电话公司工作的 A. K. 厄朗 (A. K. Erlang)，他们在研制电话自动交换机时，意识到不能只注意电话机和交换台设备技术的研究，还要从通信网络的总体上进行研究。他们把研制工作分为规划、研究、开发、应用和通用工程五个阶段，以后又提出了排队论原理，并应用到电话通信网络系统中，推动了电话事业的飞速发展。

系统工程的萌芽时期可追溯到 20 世纪初的 F. W. 泰勒 (F. W. Taylor) 系统，为了提高工效，泰勒研究了合理工序和工人活动的关系，探索了管理的规律，1911 年他的《科学管理的原理》一书问世后，工业界出现了“泰勒系统”。在第二次世界大战时期，一些科学工作者以大规模军事行动为对象，提出了解决战争问题的一些决策和对策的方法和工程手段，出现了运筹学。当时英国为防御德国的突然空袭，研究了雷达报警系统和飞机降落排队系统，取得了很多战果。在这一时期中，英、美等国在反潜、反空袭、商船护航、布置水雷等多项军事行动中，应用了系统工程方法，取得了良好的效果。1940—1945 年，美国制造原子弹的“曼哈顿”计划，由于应用了系统工

程方法进行协调,在较短的时间内取得了成功。1945年,美国建立了兰德公司(RAND Corp.),应用运筹学等理论方法研制出了多种应用系统,在美国国家发展战略、国防系统开发、宇宙空间技术以及经济建设领域的重大决策中,发挥了重要作用,兰德又被誉为“思想库”和“智囊团”。20世纪50年代后期和60年代中期,美国为改变空间技术落后于苏联的局面,先后制订和执行了北极星导弹核潜艇计划和阿波罗登月计划,这些都是系统工程在国防科研中取得成果的著名范例。阿波罗登月计划是一项巨大的工程,从1961年开始,持续了11年。该工程有三百多万个部件,耗资244亿美元,参加者有两万多个企业和120所大学与研究机构。整个工程在计划进度、质量检验、可靠性评价和管理过程等方面都采用了系统工程方法,并创造了“计划评审技术(PERT)”和“随机网络技术”(又称“图解评审技术(GERT)”)实现了时间进度、质量技术与经费管理三者的统一。在实施该工程的过程中及时向各层决策机构提供信息和方案,供各层决策者使用,保证了各个领域的相互平衡,如期完成了总体目标。计算机的迅速发展,为该复杂大系统的分析提供了有力的工具。

20世纪70年代以来。随着微型计算机的发展,出现了分级分布控制系统和分散信号处理系统,扩展了系统工程理论方法的应用范围。近年来,社会、经济与环境综合性的大系统问题日益增多,如环境污染、人口增长、交通事故、军备竞赛等。许多技术性问题也带有政治、经济的因素,如北欧跨国电网的供电问题。这个电网有水、火、核等多种能源形式,规模庞大,电网调度本身在技术上已相当复杂,而且还要受到各国经济利益冲突、地理条件限制、环境保护政策制约和人口迁移状况的影响,因此,负荷调度的目标和最佳运行方式的评价标准十分复杂,涉及多个国家社会经济因素。该电网的系统分析者要综合这些因素,对4500万千瓦的电力做出合理的并能被接受的调度方案,提交各国讨论、协调和决策,这是一个典型的系统工程问题。

我国近代的系统工程研究可追溯到20世纪50年代。1956年,中国科学院在钱学森、许国志教授的创导下,建立了第一个运筹学小组;20世纪60年代,著名数学家华罗庚大力推广了统筹法、优选法;与此同时,在著名科学家钱学森领导下,在导弹等现代化武器的总体设计组织方面,取得了丰富经验,国防尖端科研的“总体设计部”取得显著成效。1977年以来,系统工程的推广和应用出现了新局面,1980年成立了中国系统工程学会,与国际系统工程界进行了广泛的学术交流。近年来,系统工程在各个领域都取得了许多成果。

二、系统工程的应用

系统工程的方法和工具,目前已在下列领域有所应用:大型联合企业的规划、设计、管理、综合自动化;矿山、油田、气田的开发规划、管理调度与自动化;大型电力系统的规划设计、运行和控制;水资源系统、供水、农业灌溉系统的规划、管理、调度;输油输气管线系统的规划设计、管理调度;铁路、公路、航空、海运、河运系统的规划、设计、管理调度;大型数据处理中心、情报图书中心;通信、电视、广播

系统；导弹、卫星、飞船、航天飞机的研制与控制；军事指挥系统，全国或地区防御系统；经济计划管理系统，资源分配与开发管理系统；大型公共服务系统、银行、医疗中心、人民保健网；地区、城市、农村建设规划；大型工程、尖端技术的规划设计、研制管理；生态系统、环境保护、污染控制；消防、治安、保卫系统；海洋研究与开发；教育发展规划与智力开发等。从上面可以看出，系统工程的应用多半是在组织、规划、计划、管理等方面，涉及国民经济、国防和人民生活各个方面，应用面还在不断扩大。

第三节 系统的特性及分类

一、系统的特性

系统的特性主要是指系统在一般意义上的本质特性。一般系统所具有的特性主要表现为系统的集合性、整体性、相关性、层次性、目的性和环境适应性六个方面。

（一）集合性

集合的概念就是将具有某种属性的一些对象看作一个整体，形成一个集合。集合里的各个对象称为集合的要素。系统的集合性表明，系统是由两个或两个以上的可以互相区别的要素所组成的。例如，一个计算机系统，一般都是由中央处理器（CPU）、存储器、输入与输出设备等硬件所组成，同时，还包含操作系统、程序设计、数据库等软件，从而形成一个完整的集合。

（二）整体性

系统的整体性可以直观地理解为一个整体的对外联系的单元，系统内部的各组成要素只有在整体中才具有意义。

系统的整体性说明，系统各要素之间存在一定的组合方式，各要素之间必须相互统一、相互协调和配合，才能形成一个系统，才能发挥系统特有的功能。系统整体的功能并不是各个要素功能的简单叠加，而是呈现出各组成要素所没有的新功能，并且系统整体的功能大于各组成要素的功能总和。如果各要素之间不能很好地协调和配合，即使每个要素都是良好的，也不可能作为一个整体发挥良好的功能，这就不能称之为完善的系统。相反，在一个系统整体中，即使组成要素并不都很完善，但它们也可以通过协调、综合而成为具有良好功能的系统。

整体性强调的是组合效果的复杂性和组合的创新作用。

（三）相关性

相关性是指组成系统的各要素之间是相互联系、相互作用的，它用来说明这些要素之间的特定关系。如果诸多基本要素彼此孤立地堆积在一起，相互之间没有任何联系或相互作用，这是不能称为系统的。相关性可用来描述系统整体性的原因，是系统整体性的根据。系统的思想正是强调要素之间联系方式的重要性，同样的要素，其联

系方式的不同可以使其成为不同的整体，具有不同的系统功能。另外，相关性既重视整体内部各要素间的关联，也重视整体与外部环境之间的联系。

(四) 层次性

系统作为一个相互作用的诸要素的总体，可以分解为一系列的子系统，子系统还可以进一步分解为更低一级的子系统，并存在一定的层次结构，这是系统空间结构的特定形式。在系统层次结构中表述了在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，构成了系统的运动特性，为深入研究系统层次之间的控制与调节功能提供了条件。

(五) 目的性

通常，系统都有某种目的，要达到既定的目的，系统都具有一定的功能，而这正是系统与系统间区别的标志。系统的目的一般用更具体的目标来体现，一般来说，比较复杂的系统都具有多个目标，因此需要一个指标体系来描述系统的目标。比如，衡量一个工业企业的经营实绩，不仅要考核它的产量、产值目标，而且更重要的是要考核它的利润、成本和质量指标完成情况。在指标体系中，各个指标之间有时是相互矛盾的，有时是互为消长的。为此，要从整体出发力求获得全局最优的经营效果，要在矛盾的目标之间做好协调工作，寻求平衡或折中。为了实现系统的目的，系统必须具有控制、调节和管理的功能，管理的过程也就是系统的有序化过程，使它进入与系统目的相适应的状态。

(六) 环境适应性

任何一个系统都存在于一定的物质环境之中，因此，它也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会引起系统内部各要素之间的变化。系统必须适应外部环境的变化。不能适应外部环境变化的系统是没有生命力的，而能够经常与外部环境保持最优适应状态的系统，才是理想的系统。

例如，一个企业必须经常了解相关行业的发展状态、国内外市场需求及竞争情况，并针对外部环境的变化及时调整企业的经营策略。只有不断适应市场环境的变化，才能维持长久的市场竞争优势。

二、系统的分类

系统是以不同的形态存在的。根据系统形成的原因、系统的属性不同，可以对系统进行各种各样的分类。

(一) 自然系统与人造系统

这是按照系统形成的原因进行的分类。按照系统的起源，自然系统是由自然过程产生的系统。这类系统是由自然物为要素所形成的系统，如海洋系统、生态系统等。人造系统则是人们将有关元素按其属性和相互关系组合而成的系统。如人类通过对自然物质进行加工，构造出各种工程系统、运输系统、经济系统等。

区分自然系统与人造系统有助于提示人们在认识不同系统时应该有不同的切入

点。人造系统主要是为了实现某种特定功能而创造的系统，它是功能需求的产物。而自然系统并不是人类功能需求的产物。对自然系统，往往是先认识其结构，再认识可被利用的功能；而对人造系统，则是先设定系统的功能，再以功能为出发点，研究用怎样的结构来实现预定的功能。因此，对于自然系统，人们应该优先关注其结构，而对于人造系统，则应该优先关注其功能。

实际上，大多数系统是自然系统与人造系统的复合。在人造系统中，有许多是人们运用科学技术改造自然系统的结果。随着科学技术的发展，出现了越来越多的人造系统。值得注意的是，有些人造系统的出现，却破坏了自然生态系统的平衡。近年来，系统工程越来越注意从自然系统的属性和关系中探讨人造系统。

(二) 实体系统与概念系统

凡是以矿物、生物、机械和人群等实体为基本要素所组成的系统称之为实体系统；凡是由概念、原理、原则、方法、制度、程序等概念性的非物质要素所构成的系统称为概念系统。在实际生活中，实体系统和概念系统在多数情况下是结合在一起的。实体系统是概念系统的物质基础；而概念系统往往是实体系统的中枢神经，指导实体系统的行动或为之服务。系统工程通常研究的是这两类系统的复合系统。

(三) 动态系统和静态系统

动态系统就是系统的状态随时间而变化的系统；而静态系统则是表征系统运行规律的模型中不含有时间因素，即模型中的量不随时间而变化，它可视作动态系统的一种特殊情况，即状态处于稳定的系统。实际上多数系统是动态系统，但由于动态系统中各种参数之间的相互关系非常复杂，要找出其中的规律性有时是非常困难的，这时为了简化起见而假设系统是静态的，或使系统中的各种参数随时间变化的幅度很小，而视同稳态的。也可以说，系统工程研究的是在一定时期、一定范围内和一定条件下具有某种程度稳定性的动态系统。

(四) 封闭系统与开放系统

封闭系统是指该系统与环境之间没有物质、能量和信息的交换，因而呈一种封闭状态的系统。开放系统是指系统与环境之间具有物质、能量与信息的交换的系统。这类系统通过系统内部各子系统的不断调整来适应环境变化，以保持相对稳定状态，并谋求发展。开放系统一般具有自适应和自调节的功能。系统工程研究有特定输入、输出的相对孤立系统。

第四节 系统工程研究方法

用系统工程解决实际问题通常会面临两个问题：一是对象系统，是人们解决问题时作为问题承载体的系统；二是解决问题时的过程的设计。例如，准备设计一个信息系统，这个要设计的系统就是对象系统。如何设计呢？完成设计任务本身就包含几个相互联系的过程和工作模块，这也是一个系统，即完成设计任务的过程也是一个系

统。系统工程就是要探索解决问题过程的规律，找出解决问题的关键步骤与环节，从而指导实际工作。为此我们需要研究对象系统的本质规律及特性，例如，对象系统应该具有什么样的功能？通过什么样的结构来实现这些功能？通过运用系统方法来研究和认识系统特征，有助于我们更有效地构建系统。本节将简要介绍系统研究的重要内容，包括系统功能分析、结构分析和环境分析。

一、系统功能分析

系统功能分析是研究人造系统的基础，因为人造系统往往是以预先设定的功能为出发点而构造的。人类对功能的需求具有明显的主观特性，在特定的背景下，人们可能只希望系统具有某种特定的功能，并通过设计系统来实现这种特定的功能。由系统结构与系统功能的关系可知，一种功能可以通过多种不同结构的系统来实现，这就需要对系统的功能进行详细分析，既能获得人类所需要的功能，又避免出现人类不想要的功能。

（一）功能的分类

一个系统往往能实现多种功能。其中，有些功能是人们所希望的，有些则是不需要或暂时不需要的。根据人们对系统功能的主观愿望，可以将系统功能分成基本功能和剩余功能两类。

1. 基本功能

基本功能是指人们预期目的的功能。例如，某种商品的基本功能首先是其使用价值，电话的基本功能是传递信息，企业系统的基本功能是创造利润。

我们可从两个层次来理解基本功能：

一是从能力的角度来理解，主要是系统“能干什么”之类的问题，如果用系统论的语言来描述，就是系统的输出特征。

二是从功效的层面来理解，也就是考虑系统输入、输出的综合特征，衡量系统具有的效益或性能。关于系统功效，可应用系统评价常用的指标来衡量，例如：系统的效益、系统的可靠性与稳定性、系统的环境适应性等。

2. 剩余功能

剩余功能是相对于系统的基本功能而言的。在系统功能中，除去基本功能的其他功能都可以称为剩余功能。因为一个系统总有一些功能是尚未被人们认识到的，所以可以认为剩余功能总是存在的。我们有时会用副产品或副作用来描述系统的剩余功能。

当过分强调环境适应性时，就可能形成剩余功能。例如，当电冰箱的工作电压范围设计得太宽时，可能导致电能的浪费。这也是一种剩余功能。

（二）功能的层次性

系统功能是系统结构的反映。系统结构具有层次性，同样的，系统功能也具有层次性。系统功能是系统行为集的特征，而系统行为可看作是各项行为的综合，因此，

系统功能可理解成各项子功能的集成,也就是说,系统总功能可分解成不同层次的子功能。弄清系统功能的层次结构是系统设计的基础。我们说系统的结构,实际上是指与系统功能相对应的结构,即子功能构成总功能的关系。

例如,要设计一个以城市配送服务为主要目标的城市物流园区,其功能的设计应该包括管理功能、物流功能和信息服务功能。其中,管理功能应该包括货运管理功能、海关检验功能、工商服务功能,物流功能应该包括货物集散,货物转运,货物分拨、仓储、配送、流通加工及其他增值服务功能,信息服务功能则应该包括物流信息服务、商务信息服务及其他信息服务功能等。上述每项功能还可进行更细一层的分解。

(三) 功能分析的思路

1. 系统功能的制约因素

系统的整体功能常常会受到某些局部因素的制约。在系统的输入、结构、环境等方面都可能存在这种制约因素。找出其中关键的制约因素,对于改善系统功能具有重要的作用。对于主观希望的基本功能,可以通过识别制约因素并人为调节约束因素,显著提出其基本功能;对于不希望出现的剩余功能,也可以通过识别制约因素,并抵制制约因素来减少剩余功能或其副作用。

一般来说,影响系统功能发挥的制约因素主要有如下几个方面。

(1) 外界输入与环境因素的制约。外界对系统的输入、外界环境对系统功能的支撑机理其实是很复杂的。系统对外界的各种输入有不同的灵敏度,其中,可能会对某些输入特别敏感,一个微小的波动可能就会引起系统功能较大的变化,这些输入因素可能就是系统功能的关键制约因素。例如,人体健康需要某些微量元素的供给,某地区因缺乏这种微量元素就可能使当地居民患上“地方病”。再如,油菜的产量受到种植土壤成分的影响,某一地区土壤中的含硼量较低,致使该地区种植油菜的产量很低,经研究后发现了这一制约因子,通过给油菜施“硼”就可达到很好的增产效果。

(2) 系统结构的制约。系统结构决定了系统的功能,而系统结构又是由系统要素及其相互联系决定的。这些构成要素对系统功能的影响怎样?是否有同等重要的作用?改变要素间的联系方式,系统功能又会呈现什么变化?分析上述问题,就可以找出系统结构中对功能的关键制约因素。

2. 功能分析的步骤

功能分析是对系统输入输出行为的宏观分析。功能分析遵循以下步骤。

第一步,对系统的输入输出关系进行准确描述。第二步,进行输入输出关系的整体评价和分析。第三步,对某一特定功能进行流程分析及流程再设计。

上述步骤中,第二步,第三步是功能分析的两个要点。许多评价方法都可以用来完成输入输出关系的评价。如果通过评价分析,发现系统在某项功能上存在较大问题时,就要对该项功能进行详细研究,对产生这一功能的流程和系统结构进行分析,这时,功能分析就转化成了系统的结构分析。因此,结构分析和功能分析在系统分析过程中有时是难以区分的。