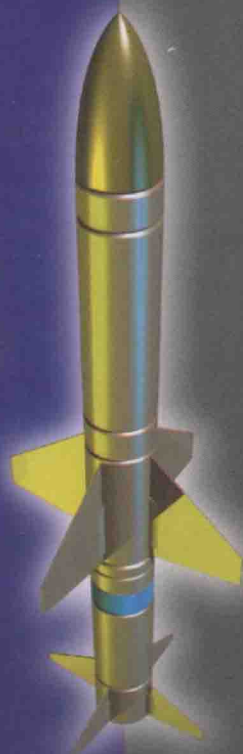


导弹武器系统工程

DAODAN
WUQI
XITONG
GONGCHENG
DAODAN
WUQI
XITONG
GONGCHENG

朱一凡 杨峰 梅珊/ 编著

国防科技大学出版社



导弹武器系统工程

朱一凡 杨 峰 梅 珊 编著



国防科技大学出版社
·长沙·

内容简介

本书是系统工程本科专业教材,主要介绍了导弹武器系统的概念和导弹武器研制过程、导弹武器系统分析基础、导弹武器系统工程过程、导弹武器系统工程论证基础、导弹武器基本原理、导弹武器系统总体设计和导弹武器系统工程组织管理。本书可以作为系统工程和相关专业的教材和教学参考书。

图书在版编目(CIP)数据

导弹武器系统工程/朱一凡,杨峰,梅珊编著. —长沙:国防科技大学出版社, 2007.8

ISBN 978 - 7 - 81099 - 439 - 2

I .导… II .①朱… ②杨… ③梅… III .导弹—系统工程 IV .TJ76

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 115150 号

国防科技大学出版社出版发行

电话:(0731)4572640 邮政编码:410073

<http://www.gfkdcbs.com>

责任编辑:耿 筠 责任校对:肖 滨

新华书店总店北京发行所经销

国防科技大学印刷厂印装

*

开本:787×960 1/16 印张:18 字数:353 千
2007 年 8 月第 1 版第 1 次印刷 印数:1—1500 册

ISBN 978 - 7 - 81099 - 439 - 2

定价:28.00 元

前 言

系统工程是一门综合性的学科,必须以具体的专业领域为背景,才能更好地发挥其在系统总体规划、开发、管理等方面的综合优势。导弹武器是一类复杂的系统,其论证、设计、试验和使用过程中涉及多个学科领域的综合知识,为了达到武器系统整体性能最优的目标,需要在论证和设计阶段采用系统工程的理论和技术,综合集成各学科的设计,综合权衡各分系统的性能指标。系统工程的思想方法不仅用于解决导弹武器系统论证和设计中的具体问题,而且反映在导弹武器系统开发的全寿命周期中。

本书是为系统工程专业本科生编写的专业教材。学员通过系统的学习和实践,可以加深对系统工程基本概念、基本原理和方法的理解,掌握利用系统工程技术对武器系统进行规划、论证和设计的方法,提高利用专业知识解决武器系统分析和设计中实际问题的能力。

本书以弹道导弹的综合论证和总体设计为主要应用背景,结合弹道导弹的型号论证、方案评价、总体设计和组织管理介绍如何将系统工程的思想和方法具体应用到解决实际工程问题中去,主要内容包括导弹武器系统工程的基本概念和基本方法,导弹武器系统工程过程,导弹武器系统论证和费用效能评估,导弹武器系统的基本原理和导弹武器系统的总体设计,以及导弹武器系统设计的组织管理。全书由朱一凡组织编写和统稿。第1章由朱一凡编写,第2章由杨峰编写,第3章由杨峰、朱一凡合作编写,第4章由朱一凡编写,第5章由梅珊、朱一凡合作编写,第6章由朱一凡、杨峰合作编写。

本书在编写过程中,得到了王维平教授、李群副教授的鼎力支持,在此表示谢意。感谢实验室的各位教员和部分学员在成书过程中付出的辛勤劳动,在此不再一一列出他们的姓名了。

导弹武器系统工程涉及学科门类广、专业技术知识强,本书论及的内容仅涵盖了其中的一部分。由于作者水平有限,书中难免存在不足之处,敬请读者批评指正。

作者

2007年7月

目 录

第1章 绪 论

1.1 系统与系统工程	(1)
1.1.1 系统和系统特性	(1)
1.1.2 系统工程的思想	(2)
1.1.3 工程工程的性质	(5)
1.1.4 系统工程方法论	(7)
1.2 导弹武器系统工程方法论	(11)
1.2.1 导弹和导弹武器系统	(12)
1.2.2 武器系统工程的一般方法	(13)
1.2.3 导弹武器系统的寿命周期	(17)
1.2.4 导弹武器系统研制的系统工程管理	(20)
1.3 导弹武器系统工程的发展	(21)
1.3.1 美国喷气推进实验室的贡献	(21)
1.3.2 “北极星”导弹系统的研制过程的贡献	(23)
1.3.3 “阿波罗”登月计划——工程工程的重大里程碑	(23)

第2章 导弹武器系统工程过程

2.1 系统工程过程概述	(25)
2.2 需求分析	(26)
2.2.1 使命任务与环境分析	(27)
2.2.2 功能需求分析	(28)
2.2.3 性能需求与设计要需求分析	(29)

2.3 功能分析与分配	(29)
2.3.1 功能分解	(31)
2.3.2 指标分配	(31)
2.3.3 功能体系结构	(32)
2.3.4 接口研究	(36)
2.4 系统综合	(36)
2.4.1 体系结构转化	(37)
2.4.2 概念方案研究	(39)
2.4.3 物理接口定义	(40)
2.4.4 产品/流程方案研究	(40)
2.5 系统分析与控制	(41)
2.5.1 权衡论证与分析	(42)
2.5.2 控制与管理	(43)
2.5.3 备选方案抉择	(44)
2.5.4 过程监测	(44)
2.6 导弹武器系统型号论证过程	(44)
2.6.1 导弹武器系统需求论证	(45)
2.6.2 导弹武器系统作战使用性能论证	(46)
2.6.3 导弹武器系统方案综合论证	(46)
2.6.4 导弹武器系统战术技术指标论证	(47)

第3章 武器系统论证方法

3.1 武器系统需求分析方法	(50)
3.1.1 质量功能部署方法的提出	(50)
3.1.2 质量功能部署方法基础	(51)
3.1.3 基于 QFD 的武器系统需求分析示例	(54)
3.2 武器系统效能评估方法	(62)
3.2.1 武器系统效能评估基本方法	(63)

3.2.2 武器系统效能 ADC 评估方法	(66)
3.3 武器系统费用分析方法	(75)
3.3.1 武器系统寿命周期费用分析	(75)
3.3.2 武器系统费用分析模型	(82)
3.4 武器系统权衡论证方法	(86)
3.4.1 权衡论证研究基本方法	(87)
3.4.2 权衡研究的应用示例	(91)

第 4 章 导弹武器系统基本原理

4.1 导弹的基本构造	(96)
4.1.1 导弹基本组成	(96)
4.1.2 弹体结构	(98)
4.2 导弹推进原理	(107)
4.2.1 火箭发动机的性能指标	(107)
4.2.2 液体火箭发动机	(113)
4.2.3 固体火箭发动机	(122)
4.3 导弹飞行原理	(127)
4.3.1 基础知识	(127)
4.3.2 导弹飞行的稳定性	(135)
4.3.3 导弹飞行的操纵性	(139)
4.4 导弹飞行弹道学原理	(142)
4.4.1 弹道学的基本知识	(142)
4.4.2 弹道导弹的飞行弹道	(143)
4.5 导弹控制原理	(149)
4.5.1 基础知识	(149)
4.5.2 陀螺仪	(152)
4.5.3 姿态稳定系统	(157)
4.5.4 制导系统	(165)

第5章 导弹武器总体设计

5.1	导弹武器系统战术技术指标	(174)
5.2	导弹武器系统研制程序	(179)
5.2.1	美国导弹武器系统研制程序	(179)
5.2.2	我国导弹武器系统研制程序	(180)
5.3	导弹武器总体设计思想	(183)
5.3.1	导弹武器总体设计的基本内容	(183)
5.3.2	导弹武器总体设计准则	(185)
5.3.3	总体设计程序	(186)
5.3.4	导弹武器总体方案设计	(187)
5.4	导弹级数和结构布局方案	(191)
5.4.1	级数和组合形式	(191)
5.4.2	结构布局方案	(194)
5.5	确定导弹推进系统方案	(197)
5.5.1	导弹发动机的可选类型	(197)
5.5.2	导弹发动机的选择	(199)
5.5.3	推进剂方案的选择	(201)
5.5.4	发动机推力向量控制方案	(205)
5.6	确定导弹武器制导系统方案	(206)
5.6.1	制导系统的组成和分类	(206)
5.6.2	自主制导方式	(207)
5.6.3	制导系统方案确定的原则	(208)
5.7	导弹武器质量分析	(209)
5.7.1	导弹质量模型	(209)
5.7.2	推进剂系统的质量	(210)
5.7.3	液体导弹的结构质量	(210)
5.7.4	液体导弹质量方程	(212)

5.7.5 多级导弹优化质量分配系数	(214)
5.7.6 确定导弹推重比	(217)
5.8 导弹武器飞行弹道设计	(219)
5.8.1 弹道设计相关概念	(219)
5.8.2 弹道设计的任务	(219)
5.8.3 弹道设计参数	(220)
5.8.4 俯仰角程序选择	(221)
5.9 确定导弹武器几何尺寸	(225)
5.9.1 弹径的确定	(225)
5.9.2 长细比的选择	(225)
5.9.3 各级长细比和直径选择的原则	(226)
5.10 导弹武器总体设计参数选择与优化	(227)
5.10.1 总体设计参数选择	(227)
5.10.2 总体设计参数综合优化	(228)

第 6 章 导弹武器系统工程组织管理

6.1 导弹武器系统工程管理的组织体系	(232)
6.1.1 导弹武器系统工程管理体制	(232)
6.1.2 工程总体设计部	(233)
6.1.3 型号设计师和型号指挥体系	(237)
6.2 导弹武器系统的工程研制工作程序	(240)
6.3 导弹武器系统研制过程管理	(246)
6.3.1 工作进度的控制	(246)
6.3.2 研制程序管理	(246)
6.3.3 工作分解结构管理	(248)
6.3.4 节点技术评审管理	(248)
6.4 导弹武器系统技术状态控制与管理	(249)
6.4.1 形态管理的基本功能	(250)

6.4.2 技术状态控制的基线	(250)
6.4.3 形态识别	(252)
6.4.4 形态控制	(252)
6.4.5 形态审核	(253)
6.5 导弹武器系统风险管理技术	(254)
6.5.1 导弹武器系统研制工程风险分析与管理职责	(254)
6.5.2 风险分析技术	(259)
6.5.3 风险评审技术——VERT	(268)
参考文献	(275)

第 1 章 绪 论

人类的科学技术活动在进入 20 世纪以后有了极大地扩展。一方面是随着对自然认识的不断深入,科学活动所研究的对象规模越来越大;另一方面是随着人类研究能力和手段的不断提高,所研究的问题复杂程度越来越高。作为研究对象的系统,其内部技术的、经济的、政策的、社会的诸多因素彼此联系、交叉影响。因而,重视事物内部各部分之间的相互作用和相互制约关系,注重事物的整体性和与外界环境的兼容性,强调系统的总体设计和整体协调发展就成为社会科学和自然科学技术发展的历史必然。

在军事领域,在以信息化条件下的高技术战争为主要特点的现代战争中,作战各方为了夺取战场优势和战争主导权,所使用的兵器种类越来越多样化,武器装备的作用正在从大规模杀伤向精确打击的方向转变,使得武器装备的信息化水平大大增加,武器系统的组成结构也更加复杂。如何使武器系统的各个组成部分完整协调地工作,最大限度地发挥武器系统的作战效能,就成为军事作战人员非常关心的问题。要达到这个目标,就必须从武器系统的论证和设计过程做起,这是一项长期而复杂的系统工程。

1.1 系统与系统工程

1.1.1 系统和系统特性

系统是由若干个相互联系、相互作用、相互依存的组成部分(要素)结合而成的、具有特定功能的有机整体。例如,战略导弹系统是由弹头、弹体、发动机、制导、安全、发射控制、技术保障、发射设施等多个分系统组成的一个复杂系统。系统不是孤立的,它可能作为组成部分从属于一个更大的系统。例如,战略导弹武器系统由战略导弹系统、战略预警系统、指挥决策系统等组成,战略导弹系统只是其中的一个组成部分。

在自然界和人类社会中,系统无处不在。根据系统的存在形态、性质和规模可以将系统分类成自然系统与人工系统、封闭系统和开放系统、实体系统和概念系统、确定性系统和不确定性系统、硬件系统和软件系统、动态系统和静态系统等。由自然物质组成的系统称为自然系统;由人工制造的各种要素所组成的系统称为

人工系统。与周围环境之间没有能量、物质和信息交换的系统,称为封闭系统;与周围环境之间有能量、物质和信息交换的系统称为开放系统。由物质、机械、生物、仪表、动力和人等有形事物组成的系统称为实体系统;由概念、原则、政策、方法、制度、程序等观念性的非物质实体所构成的系统称为概念系统。行为和输入具有一一对应关系的系统称为确定性系统;行为和输入的因果关系不是一一对应而是带有极大不确定性的系统,称为不确定性系统。由有形物质、机械设备、仪器仪表等组成的系统称为硬件系统;由计算机的编译系统、操作系统、高级程序语言编制的程序等组成的系统称为软件系统。动态系统的状态是时间的函数;静态系统的状态不随时间变化。

系统通常具有以下特性。

(1) 整体性。系统不是各要素的简单集合,系统具有其各要素原先并不具备的、而由系统结构和关系所决定的整体性。系统的整体性表现在:在给定目标的条件下,系统各要素的结合(关系和结构)能使系统的整体效能达到最大。

(2) 相关性。系统各要素之间是互相依赖、互相依存、有机联系的。系统各要素之间的相关性的总和体现为系统结构;系统结构表示在系统的发展和运动过程中,系统诸要素在时间和空间上的有序性和协调性。

(3) 层次性。系统内部结构是有层次的,各要素分别位于不同的层次上。系统正是通过这种层次结构,使各要素有序和协调地工作,完成指定的功能。

(4) 目的性。所有系统都有目的性,系统的目的(目标)决定了系统的功能要求,通过设计特定的系统结构可以达到系统必须具备的功能。系统结构分析、系统方案开发以及系统的研制都决定于系统的目的(目标)。

(5) 动态性。系统状态随着时间的推移不断发生变化,使得系统时刻处于发生、发展、衰落直至消亡的发展过程中,这就是系统的动态性。

(6) 适应性。系统的动态过程是一个与外部环境之间的物质、能量和信息的交换过程,系统必须在一种特定的外部环境中存在和发展。系统对于环境的适应性或系统与外部环境的相容性,是系统存在和发展的前提条件。

1.1.2 系统工程的思想

科学技术是随着人类改造客观世界的实践活动发展的。在人类征服自然的活动中,随着客观事物的复杂性和综合性的增大,人们发现在涉及系统整体性的问题时,采用一般的工程技术已无法良好解决所关心的问题,由此发展了系统分析技术,创建了一个崭新的工程技术门类——系统工程。系统工程是一种广义的工程技术,它打破了社会科学和自然科学的界限,在自然科学、工程技术与社会科学之间构筑起一座桥梁,有机地把工程技术和管理技术结合在一起。

系统工程作为一门科学技术虽然形成于 20 世纪中叶,但系统工程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劳动实践和大量社会活动中,早有许多朴素的系统概念和应用实例。在思想方面,中国春秋末期的思想家老子就一直强调自然界的统一性。南宋陈亮(公元 1143—1194 年)提出“理一分殊”思想,称“理一”为天地万物的理的整体,“分殊”则是整体中每一事物的功能,试图从整体的角度说明部分和整体的关系。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、分散和集中等作战要素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。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”,在田忌与齐王赛马中,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,战国时期秦国蜀郡郡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。在建筑施工方面,北宋真宗年间,皇城失火,宫殿烧毁,大臣丁谓主持皇宫修复工程。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,从而使问题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。在医学和农业等方面,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。这些朴素的系统工程思想都为研究和发展系统工程的理论体系,提供了宝贵的借鉴和重要的启示。

古希腊哲学家赫拉克利特(公元前 460—370 年)在《论自然界》中说过:“世界是包括一切的整体”。古希腊另一位哲学家德谟克利特(约公元前 540—480 年)曾著有《宇宙大系统》,可惜没有能流传下来。由此可见,用自发的系统概念去思考自然现象,这是古代中国和古希腊的唯物主义哲学思想的一个共同特征。但是,古代朴素的唯物主义哲学思想虽然强调对于自然界整体性和统一性的认识,却缺乏对这个整体的各部分细节的认识能力,因而,这种对整体性和统一性的认识也是不完全、不充分的。15 世纪下半叶开始,近代科学逐渐兴起。近代自然科学采用独特的分析方法去研究自然界,利用实验、解剖、观察等多种手段,把自然界的各个部分,从总的自然联系中抽取出来,分门别类地加以深入研究。这种考虑和研究自然

界的方法反映到哲学上,形成了形而上学的思维。因此,形而上学哲学的出现有其深刻的历史根源,它在深入和细致地考察自然界的每一个门类和细节方面,相比古代哲学无疑是一个进步。到 19 世纪,自然科学在各个领域取得的伟大成就,特别是细胞学、进化论和能量守恒与转化定律的三大发现,使人类对于自然过程的相互联系的认识有了很大提高。马克思、恩格斯正是在这种科学进步的基础上,创立了辩证唯物主义哲学,而辩证唯物主义所体现的物质世界普遍联系及其整体性的思想,也就是系统思想。

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。“系统工程”这一名词是在 1940 年第一次提出的。当时,美国贝尔电话公司实验室的莫利纳(E. C. Molina)和丹麦哥本哈根电话公司的爱尔朗(A. K. Erlang),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,后来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本世纪初的泰勒(F. W. Taylor)。为提高工效,泰勒研究了合理工序和工人活动之间的关系,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以及对策的方法和工程手段,运筹学由此而诞生。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,取得了很好的战果。这一时期,英、美等国在反潜、反空袭、商船护航、水雷部署等军事行动中,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管理,在较短的时间内取得了成功。1945 年成立的美国兰德(RAND)公司,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,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,先后制定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。该工程包括三百多万部件,耗资 244 亿美元,有两万多个企业和 120 个大学与研究机构参加。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“图解评审技术(GERT)”(又称“随机网络技术”),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。随后计算机技术的迅速发展,为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和经济的因素,如北欧跨国电网的供电问题。这个电网有水电、火电、核电等多种能源形式,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、许国志的倡导下,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,我国科学家在钱学森领导下,在导弹等国防尖端科研的总体设计组织方面,成立武器系统的总体设计部,取得了丰富经验和显著成效。1977年以来,系统工程的推广和应用出现了新局面,1980年中国系统工程学会成立,与国际系统工程界进行了广泛的学术交流。近年来,系统工程在社会、经济、军事等各个领域都取得了许多成果。

现代科学技术,为系统工程思想方法的发展和应用提供了两个重要条件:一是系统思想的定量描述,使系统工程方法成为一整套以现代数学理论为基础、能够定量地处理系统各组成部分以及系统和环境之间相互关系的科学方法,二是为量化系统方法的实际应用提供了强有力的工具——计算机。这两个条件,都是在20世纪实现的,前者以运筹学、控制论、信息论为代表,后者以计算机技术突飞猛进的发展为标志。钱学森曾作过这样精辟的论断,“一旦取得了数学表达形式和计算工具,系统思想方法便从一种哲学思维发展成为专门的科学。”

1.1.3 系统工程的性质

系统工程是从整体出发,合理开发、设计、实施和运用系统科学的工程技术。它根据总体协调的需要,综合应用自然科学和社会科学中有关的思想、理论和方法,利用计算机作为辅助工具,对系统的结构、要素、信息和反馈等进行分析,以达到最优规划、最优设计、最优管理和最优控制的目的。

系统工程以复杂的大系统为研究对象,是在20世纪40年代美国贝尔电话公司首先提出和应用的。50年代在美国的一些大型工程项目和军事装备系统的开发中,又充分显示了它在解决复杂大型工程问题上的效用。随后在美国的导弹研

制、阿波罗登月计划中得到了迅速发展。60年代我国在进行导弹研制的过程中也开始应用系统工程技术。70—80年代系统工程技术开始渗透到社会、经济、自然等各个领域,逐步分解为工程系统工程、企业系统工程、经济系统工程、区域规划系统工程、环境生态系统工程、能源系统工程、水资源系统工程、农业系统工程、人口系统工程等,成为研究复杂系统的一种行之有效的技术手段。

系统工程是一门新兴的工程技术学科,国内外有一些学者对系统工程的含义有过不少阐述。我国著名学者钱学森将系统工程定义为“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”。日本学者三浦武雄认为“系统工程与其他工程学不同点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领域,还涉及社会、经济和政治等领域。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”。美国科学技术辞典将系统工程定义为“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。”日本学者寺野寿郎认为“系统工程就是为了合理地开发、设计和运用系统而采用的思想、程序、组织和方法的总称。”美国学者切斯纳认为“系统工程是按照系统的各个目标进行全面的权衡,求得最优解的方法,并使各组成部分能够最大限度地互相适应。”日本工业标准(JIS)定义“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、信息流动和控制机构等进行分析与设计的技术。”以上定义叙述不同,但体现出相同的观点。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。系统工程是一门改造客观世界并取得实际成果的工程技术,但是系统工程又是一个包括了许多类工程技术的一大工程技术门类。与一般工程技术比较,系统工程有三个特点:

(1) 研究的对象广泛而复杂。系统工程的研究对象包括人类社会、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、自然科学和社会科学交叉的学科。不仅涉及机械、电子、化学、生物等自然科学,还涉及社会学、心理学、经济学、军事学等与人的思想、行为和能力有关的社会科学。基于此特点,系统工程形成了一套处理复杂问题的理论、方法和手段,强调在处理问题时的整体观点。

(3) 系统工程经常采用定性分析和定量计算相结合的方法。系统工程的应用过程中需要进行大量的预测、评价与决策活动,尤其是在处理复杂大系统时,需要