



21 世纪高等学校
经济管理类规划教材 高校系列

系统工程 原理与实务

◎ 卢子芳 朱卫未 张冲 巩永华 编著

SYSTEM ENGINEERING:
PRINCIPLES AND PRACTICE



中国工信出版集团



人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS



21 世纪高等学校
经济管理类规划教材 高校系列

系统工程 原理与实务

© 卢子芳 朱卫未 张冲 巩永华 编著

SYSTEM ENGINEERING:
PRINCIPLES AND PRACTICE

人民邮电出版社

北京

图书在版编目 (C I P) 数据

系统工程：原理与实务 / 卢子芳等编著. — 北京：
人民邮电出版社，2016. 8

21世纪高等学校经济管理类规划教材. 高校系列

ISBN 978-7-115-43383-1

I. ①系… II. ①卢… III. ①系统工程—高等学校—
教材 IV. ①N945

中国版本图书馆CIP数据核字(2016)第193182号

内 容 提 要

本书(共7章)系统讲解了系统工程研究领域的基本知识,分别对系统工程的理论基础、方法论体系、系统结构化分析方法、建模方法、系统仿真和系统评价等进行了阐述,主要章节都通过具体的应用案例(来自作者的教学和研究实践)进行理论和实务相结合的演示,并在系统仿真部分安排了实验环节。为了让读者能够及时地检查自己的学习效果,把握自己的学习进度,每章后面都附有丰富的习题。

本书既可作为经济与管理大类专业全日制本科生相关课程的基础教材,也可供从事系统工程相关研究和实务的硕士研究生阅读参考。

-
- ◆ 编 著 卢子芳 朱卫未 张 冲 巩永华
责任编辑 武恩玉
执行编辑 赵 月
责任印制 沈 蓉 彭志环
 - ◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市丰台区成寿寺路11号
邮编 100164 电子邮件 315@ptpress.com.cn
网址 <http://www.ptpress.com.cn>
北京鑫正大印刷有限公司印刷
 - ◆ 开本: 700×1000 1/16
印张: 11.5 2016年8月第1版
字数: 195千字 2016年8月北京第1次印刷
-

定价: 29.80 元

读者服务热线: (010)81055256 印装质量热线: (010)81055316

反盗版热线: (010)81055315

系统工程是以系统为研究对象,利用系统科学思想、方法进行系统合理开发、运行和控制的一大类工程技术的总称,是一门多学科高度综合的、新兴的交叉学科。

随着系统工程应用领域的不断扩展,应用系统工程理论与方法解决复杂管理问题的成果不断涌现,我国高校管理类专业相继开设了系统工程相关课程,以培养高校管理类专业学生运用系统的思想、系统工程的方法去解决复杂管理问题的能力。

本书作者在吸收相关成果的基础上,依据高校管理类专业学生相关知识背景及需求,对系统工程所含内容进行了梳理和总结,形成了本书的具体内容。全书共7章,主要内容包括系统与系统工程概述、系统工程方法论、系统结构模型、分析模型、系统仿真、系统评价、系统工程应用综合案例。通过本课程的学习,学生将掌握系统工程的原理与方法,具备解决现实复杂管理问题的能力。

本书既强调系统工程原理和方法,又力求体现与管理问题的结合。在编写体例上尽可能采用新的形式,通过简约的文字、图表进行表述,图文并茂,直观明了。通过配套的案例和习题加强学生实践技能的培养。

本课程的教学时数为32学时,各章的参考教学课时如下面课时分配表所示。

章节	课程内容	课时分配	
		讲授	实验
第1章	系统与系统工程概述	4	
第2章	系统工程方法论	3	
第3章	系统结构模型	6	
第4章	分析模型	6	
第5章	系统仿真	3	4

续表

章节	课程内容	课时分配	
		讲授	实验
第 6 章	系统评价	4	
第 7 章	系统工程应用综合案例	2	
课时总计		28	4

本书由卢子芳、朱卫未、张冲、巩永华编著。卢子芳编写第 1、2、7 章，朱卫未编写第 5、6 章，张冲编写第 4 章，巩永华编写第 3 章。

由于编者水平有限，书中难免存在错误和不妥之处，恳切希望广大读者批评指正。

编者

2016 年 6 月 1 日于南京

第1章

系统与系统工程概述 / 1

1.1 系统概述 / 1

- 1.1.1 系统思想 / 1
- 1.1.2 系统的内涵 / 3
- 1.1.3 系统的结构 / 4
- 1.1.4 系统的分类 / 7

1.2 系统工程的内涵与发展历程 / 8

- 1.2.1 系统工程的内涵 / 8
- 1.2.2 系统工程的发展历程 / 11

1.3 系统工程的理论基础 / 13

- 1.3.1 一般系统理论 / 14
- 1.3.2 耗散结构理论 / 15
- 1.3.3 大系统理论 / 16
- 1.3.4 信息论 / 18
- 1.3.5 突变论 / 19
- 1.3.6 协同论 / 20

1.4 系统工程应用领域 / 22

- 1.4.1 航天与海洋领域 / 22
- 1.4.2 工程建设领域 / 23
- 1.4.3 电力系统领域 / 24

第2章

系统工程方法论 / 26

2.1 系统工程基本方法 / 26

- 2.1.1 系统工程基本方法的主要内容 / 27
- 2.1.2 系统工程方法应用步骤 / 27

2.2 系统工程方法论的三大体系 / 28

- 2.2.1 系统工程思想体系 / 28
- 2.2.2 系统工程步骤体系 / 28
- 2.2.3 系统工程方法体系 / 30

2.3 系统分析的基本内容 / 31

2.3.1 问题阐明 / 31

2.3.2 方案谋划 / 36

2.3.3 模型建立 / 36

2.3.4 评价决策 / 37

2.4 系统工程方法论建立的原则 / 38

2.5 典型的系统工程方法论 / 39

- 2.5.1 霍尔三维结构方法论 / 39
- 2.5.2 切克兰德软系统方法论 / 40
- 2.5.3 软系统方法论与硬系统方法论比较 / 42

2.6 系统工程方法论的应用案例 / 43

- 2.6.1 互联网电子商务三维结构模型 / 43
- 2.6.2 中国保险营销系统三维结构模型 / 45

第3章

系统结构模型 / 48

3.1 系统结构模型概述 / 48

- 3.1.1 系统结构的有向图表示 / 48
- 3.1.2 系统结构的矩阵表示 / 49

3.2 解释结构模型法 / 51

- 3.2.1 解释结构模型法的工作程序 / 52
- 3.2.2 解释结构模型法的建模方法 / 52
- 3.2.3 解释结构模型法的缺陷 / 56

3.3 解释结构模型法应用案例分析 / 57

- 3.3.1 高校隐性知识转移影响因素分析 / 57
- 3.3.2 高校隐性知识转移解释结构模型构建 / 58
- 3.3.3 高校隐性知识转移的模型结果分析 / 61

第4章 分析模型 / 63

- 4.1 分析模型概述 / 63
 - 4.1.1 分析模型的分类 / 64
 - 4.1.2 建模的原则和步骤 / 65
- 4.2 典型的分析模型 / 65
 - 4.2.1 蛛网模型 / 66
 - 4.2.2 动态规划模型 / 68
 - 4.2.3 多目标规划模型 / 77
 - 4.2.4 状态空间模型 / 80
- 4.3 中国固定电话业务生命周期案例分析 / 84
 - 4.3.1 国内固定电话影响因素的分析 / 85
 - 4.3.2 我国固定电话业务生命周期模型的构建 / 87
 - 4.3.3 延长固定电话业务生命周期的策略 / 91

第5章 系统仿真 / 95

- 5.1 系统仿真概述 / 95
 - 5.1.1 系统仿真的实质 / 96
 - 5.1.2 系统仿真的作用及方法 / 96
- 5.2 系统动力学 / 99
 - 5.2.1 系统动力学的发展与特点 / 99
 - 5.2.2 系统的因果反馈回路 / 100
 - 5.2.3 系统结构和动态行为 / 101
 - 5.2.4 系统结构模型方程 / 102
 - 5.2.5 流程图 / 104
 - 5.2.6 系统动力学建模 / 104
 - 5.2.7 系统动力学建模仿真语言 / 106
 - 5.2.8 NetLogo仿真软件使用简介 / 108
- 5.3 A省人口发展趋势案例分析 / 124

第6章 系统评价 / 130

- 6.1 系统评价概述 / 130
- 6.2 层次分析法 / 133
 - 6.2.1 层次分析法概述 / 133
 - 6.2.2 层次分析法的基本步骤 / 134
 - 6.2.3 层次分析法的优缺点 / 141
 - 6.2.4 层次分析法在市政工程项目建设决策中的应用 / 143
- 6.3 数据包络分析方法 / 146
 - 6.3.1 数据包络分析含义 / 146
 - 6.3.2 CCR和BCC模型及其性质 / 148
 - 6.3.3 Lingo软件及应用 / 154
 - 6.3.4 DEA发展展望 / 157
- 6.4 国内电信业生产效率测算案例分析 / 159
 - 6.4.1 研究背景 / 159
 - 6.4.2 DEA-Malmquist多期间两阶段指数模型及分析 / 159

第7章 系统工程应用综合案例 / 165

- 7.1 国内电信运营商宽带无线运营模式选择 / 165
 - 7.1.1 国内外电信运营商运营管理现状分析 / 166
 - 7.1.2 我国宽带无线移动通信运营模式影响因素分析 / 169
 - 7.1.3 我国宽带无线移动通信运营管理模式选择 / 171
- 7.2 山猫与野兔生长关系的系统分析 / 173
 - 7.2.1 山猫与野兔生长关系模型的构建 / 173
 - 7.2.2 山猫与野兔生长关系系统动力学模型及仿真分析 / 175

参考文献 / 178

CHAPTER 1

第1章 系统与系统工程概述

系统是多要素有机结合的整体，系统工程是以系统为研究对象的一门交叉学科，是人们认识世界、改造世界的结果。

1.1 系统概述

本节主要概述系统思想、系统的内涵、系统的结构、系统的分类等内容，了解系统思想的产生与发展状况。

1.1.1 系统思想

1. 系统概念的产生

系统（System）一词来源于古代希腊文（Systema），最早出现在古希腊哲学家德谟克利特《世界大系统》著作中，意为部分组成的整体。德谟克利特认为，世界是由原子和虚空组成的，并在《论自然界》

一书中指出：“世界是包括一切的整体。”古希腊哲学家亚里士多德提出整体大于部分之和的观点，中国古代著作《易经》《尚书》中也提出了蕴含有关系统思维的阴阳、五行、八卦等学说。中国古代经典医著《黄帝内经》把人体看作是由各种器官有机地联系在一起的整体，主张从整体上研究人体的病因。春秋末期思想家老子强调自然界的统一性。南宋时朱熹的理一分殊思想，称理一为天地万物的理的整体，其中分殊指这个整体中每一事物的功能。

2. 系统思想的产生

随着近代自然科学的兴起和发展，古代难以从整体上对复杂的事物进行周密考察和精确研究的局面有了改观，产生了形而上学思维方式和科学系统观。形而上学思维方式强调利用近代自然科学独特的分析方法，把自然界的细节从总的自然联系中剥离出来，通过对整体的逐步分解，进而研究每个较简单的组成部分。这种思维方式虽能够精确研究自然界的细节，但只看到树木，不见森林，阻碍了人们从了解部分到了解整体、从分析具体细节到洞察普遍联系的道路。面对复杂的自然界现象，科学系统观强调既要看到事物的整体，又要注意到构成整体的各部分之间的相互联系。

科学系统观的产生具有必然性。20世纪30年代，生物学界提出了生命有机体论，把生命看成是一个有机整体用以解释复杂的生命现象。1925年，美国学者A.J.洛特卡的《物理生物学原理》和1927年德国学者W.克勒的《论调节问题》先后提出了一般系统论的思想。1924~1928年奥地利理论生物学家L.von 贝塔朗菲用协调、有序、目的性等概念来研究生命有机体，并把系统定义为相互作用的诸要素的复合体，强调必须把有机体当做一个整体或系统来研究，才能发现不同层次上的组织原理，并在1932年《理论生物学》和1934年《现代发展理论》中提出了用数学模型来研究生物学的方法和机体系统论的概念。1958年，Parry J.B.提出了系统心理学（System Psychology）概念，并用系统的观点研究心理现象。1968年贝塔朗菲在《一般系统论——基础、发展和应用》中总结了一般系统论的概念、方法和应用，并于1972年发表的《一般系统论的历史和现状》中重新定义了一般系统论。

3. 系统思想的本质

系统思想从辩证唯物主义中取得了哲学的表达形式，从自然科学中获得了定量的表述形式，从工程实践中汲取了丰富的系统思维内容，其本质上是进行分析综合的辩证思维工具。

1.1.2 系统的内涵

1. 系统的概念

系统一词虽在古希腊时期就早已使用,但由于其涉及面广,内涵丰富,目前人类对系统还没有一个权威的统一定义。

系统论的创始人贝塔朗菲把系统定义为“相互作用的诸要素的综合体”。

日本工业标准中,系统被定义为许多组成要素保持有机的秩序,向同一目的行动的集合体。

在美国韦氏大词典中,系统的含义是有组织的或被组织化的整体;结合的整体所形成的各种概念和原理的综合;由有规则的互相作用、互相依存的形式组成诸多要素的集合。

美国著名学者阿柯夫认为,系统是由两个或两个以上相互联系的要素所构成的集合。我国学者钱学森等认为,系统是由相互作用和相互依赖的若干组成部分结合而成的、具有特定功能的有机整体。

维基百科中认为,系统是一个动态和复杂的整体,是相互作用结构和功能的单位;系统是由能量、物质、信息流不同要素所构成的;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。

显然,系统是由若干要素以一定结构形式联结构成的具有某种功能的有机整体,反映了要素与要素、要素与系统、系统与环境三方面之间的关系。

2. 构成系统的三个条件

(1) 系统必须由两个以上的要素所组成。要素是构成系统的最基本单位,也是系统存在的基础和实际载体,系统离开了要素就不成其为系统。

(2) 要素与要素之间存在着一定的有机联系。各要素在系统的内部与外部形成一定的结构或秩序,任一系统又是它所从属的一个更大系统的组成部分。

(3) 任何系统都有特定的功能。整体具有不同于各个组成要素的新功能,这种新功能是由系统内部的有机联系和结构所决定的。

3. 系统的特征

(1) 整体性。整体性是系统最本质的属性,源于系统的有机性和系统的组合效应。构成系统的各个部分可以具有不同的功能,不同功能的有机组合,形成系统的统一性和整体性。任何一个要素不能脱离整体去研究,要素间的联系和作

用以及层次分布也不能离开整体的协调与平衡去考虑；系统各个组成要素和联系只有服从于整体的功能和要求，在整体的基础上展开活动，才能形成系统整体有机运动。

(2) 目的性。系统的目的决定着系统的基本作用和功能，系统的功能一般是通过同时或顺序完成一系列任务来实现的，这样的任务可能有若干个，所有这些任务完成的结果就达到了系统的中间或最终的目的。系统的目的是区别一个系统和另外一个系统的重要标志。大多数系统的活动或行为可以完成一定的功能，但不是所有系统都有目的，如太阳系或某些生物系统。

(3) 相关性。系统相关性说明这些联系之间的特定关系和演变规律，系统的某一要素发生变化则会影响到其他要素的状态变化。系统中相互关联的要素形成系统“要素集”，“集”中各部分的特性和行为相互制约和相互影响，确定了系统的性质和形态。系统相关性是系统各要素之间全部关系的总和。

(4) 动态性。系统和运动是密不可分的，各种系统的特性、形态、结构、功能及其规律性都是通过运动表现出来的。要认识系统，首先要研究系统的运动，通常，系统与外界环境有物质、能量和信息的交换，系统内部结构也会随时间变化，系统的发展是一个有方向性的动态过程。系统的动态性才使其具有生命周期。

(5) 有序性。由于系统的结构、功能和层次的动态演变有某种方向性，因而使系统具有有序性的特点。系统的有序性描述了不同层次子系统之间的相互作用和从属关系，各层次的子系统相互作用、相互联系，以特定的功能为同一目标而相互协调运行。系统结构中存在的动态信息流，与系统本身共同构成了系统的整体动态特性和有序性，并为深入研究复杂系统的功能与结构提供了条件。

(6) 环境适应性。一个系统和包围该系统的环境之间通常都有物质、能量和信息的交换，外界环境的变化会引起系统特性的改变，相应地引起系统内各部分相互关系和功能的变化。没有系统与外部环境之间的正常交换，系统就变成了一个封闭的结构；只有能够与外界保持最优适应状态的系统，才是具有不断发展特性的理想系统。

1.1.3 系统的结构

1. 系统结构的概念

系统具有有限的边界，并以一定的结构形式存在。系统结构就是指系统内部各组成要素之间的相互联系、相互作用的方式或秩序，即各要素在时间或空间上

排列和组合的具体形式。系统结构具有稳定性、层次性、开放性、相对性的基本特点，其普遍形式决定了系统的基本特征。

2. 系统结构分析

系统结构分析就是寻求构筑系统合理结构的规律和途径。系统合理结构是指在对应系统总目标和环境因素的约束条件下，系统的组成要素集、要素间的相互关系集以及它们在阶层分布上的最优结合。系统结构分析的主要对象有构成系统的要素集、要素间的相互关系、要素在系统中的排列方式，以及系统的整体性等。

3. 系统结构的主要类型

(1) 因果关系结构。系统是由相互联系、相互影响的元素组成的，其元素之间的联系或关系可以概括为因果关系，正是这种因果关系的相互作用，最终形成了系统的功能和行为。因果关系分析是系统建模的基础，也是对系统内部结构关系的一种定性描述。通常因果关系可分为负因果关系和正因果关系。当两相关元素变化方向相同时，为正因果关系，反之为负因果关系。

(2) 反馈关系结构。系统中某个因素的变化，导致其他因素的变化，又引起自身的变化现象，称为反馈。通常，反馈可分为负反馈和正反馈。负反馈使系统输出的指令起到与系统输入相反的作用，以使系统输出与系统目标的误差减小，系统趋于稳定；正反馈使系统输出的指令起到与系统输入相似的作用，促使系统偏差不断增大，甚至导致系统振荡或崩溃。正反馈与负反馈系统变化态势如图 1-1 所示。

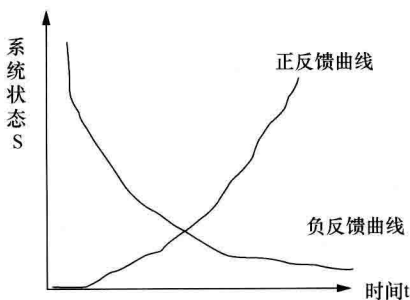


图 1-1 正负反馈状态趋势

(3) S 型关系结构。系统是由多个因素构成的，多个因素之间不仅存在因果关系，也存在反馈关系，若反馈回路包含偶数个负的因果链，则其极性为正，称为正反馈回路；若反馈回路包含奇数个负的因果链，则其极性为负，称为负

反馈回路。具有单一正反馈和负反馈构成的系统形成 S 型关系结构，如图 1-2 所示。

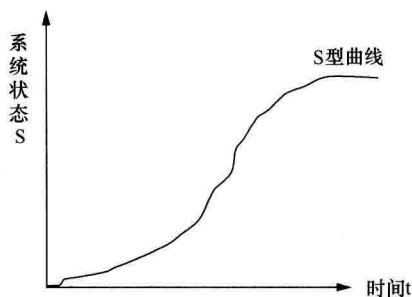
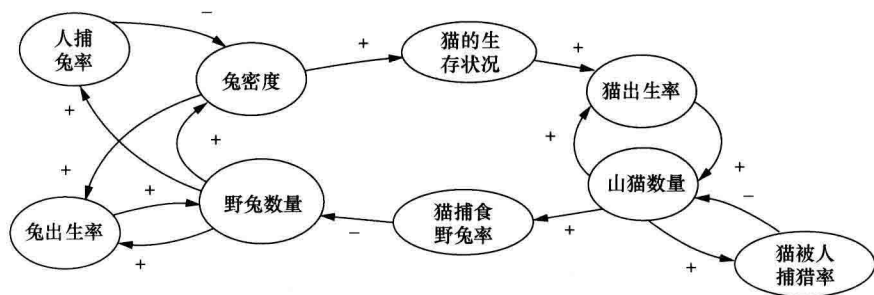


图 1-2 S 型系统状态

6

(4) 多重耦合关系结构。耦合是指两个或两个以上回路的输入与输出之间存在的紧密配合、相互影响、相互依赖的一个量度。对于复杂的系统，会存在多个正反馈和负反馈回路，从而体现了系统多重耦合关系结构，如加拿大草原上山猫与野兔之间的关系，就属于多重耦合关系结构。

在加拿大哈德孙湾草原地带生长着许多野兔和大山猫。野兔依靠草原生存，大山猫以捕食野兔为生，草原、野兔与大山猫构成了生物链，野兔和大山猫之间的关系为捕食关系。由于草原资源有限，当野兔数目少时，相对个体野兔而言，生存的空间就较大，因此数目增长得就较快；而当野兔数目较多时，相对个体野兔的生存空间就较小，野兔数目增长得就较慢。当野兔数量多时，大山猫捕获野兔的几率就大，大山猫数目增长较快；反之，大山猫数目减少较快。野兔和山猫之间存在的多重耦合关系及其生长情况如图 1-3、图 1-4 所示。



野兔—山猫因果关系

图 1-3 野兔和山猫之间存在的多重耦合关系结构

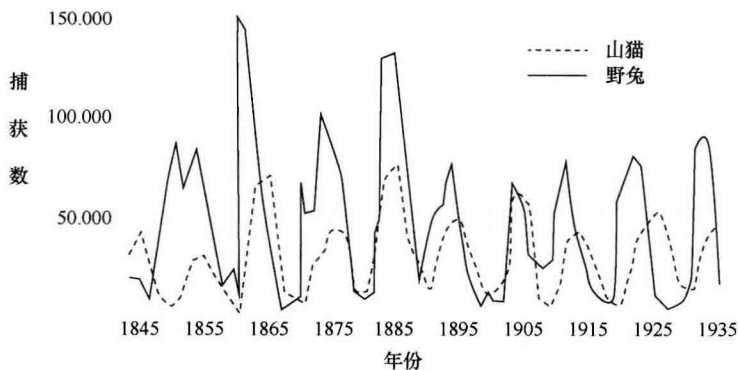


图 1-4 野兔和山猫变化趋势

1.1.4 系统的分类

了解系统的分类,有助于人们在实际工作中对系统工程对象系统的性质有进一步的了解并进行分析。

(1) 自然系统和人造系统。原始的系统都是自然系统,如天体、海洋、生态系统等。人造系统都是存在于自然系统之中的,如人造卫星、海运船只、埃及阿斯旺水坝等。

埃及阿斯旺水坝是一个典型的人造系统。该水坝虽解决了埃及尼罗河洪水泛滥问题,但也带来一些不良影响,如埃及东部区域的食物链受到了破坏,一方面导致尼罗河流域土质盐碱化加快,产生周期性干旱,影响了农业;另一方面由于河水污染使附近居民的健康受到了影响。人造系统与自然系统的和谐,是系统思想的体现。

(2) 实体系统和抽象(概念)系统。实体系统是指以物理状态的存在作为组成要素的系统,这些实体占有空间,如自然界的矿物、生物,生产部门的机械设备、原始材料等。与实体系统相对应的是抽象(概念)系统,它是由概念、原理、假说、方法、计划、制度、程序等非物质实体构成的系统,如管理系统、法制、教育、文化系统等。实体系统是概念系统的基础,而概念系统又往往为实体系统提供指导和服务。

(3) 静态系统和动态系统。静态系统为宏观上没有活动部分的结构系统或相对静止的结构系统的总称,如大桥、公路、房屋等。动态系统指的是既有静态实体又有活动部分的系统。

(4) 开放系统和封闭系统。封闭系统是一个与外界无明显联系的系统,环境

仅仅为系统提供了一个边界。不管外部环境有什么变化，封闭系统仍表现为其内部稳定的均衡特性。开放系统是指在系统边界上与环境有信息、物质和能量交互作用的系统，开放系统通常具有自调整或自适应功能。

1.2 系统工程的内涵与发展历程

系统工程涉及“系统”与“工程”两个方面，是以系统为研究对象的工程技术，是运用系统思想直接改造客观世界的一大类工程技术的总称。系统工程学中的“工程”概念不仅包含“硬件”的设计与制造，还包含与设计 and 制造“硬件”紧密相关的“软件”，诸如预测、规划、决策、评价等社会经济活动的过程。系统工程在系统科学结构体系中属于工程技术类，是一门新兴的学科，是多学科的高度综合。因此，了解和掌握系统工程的内涵、系统工程的发展历程，有助于应用系统工程解决实际问题。

1.2.1 系统工程的内涵

1. 系统工程的定义

系统工程的思想和方法不仅来自各个行业与领域，而且综合吸收了邻近学科的理论工具，这使得国内外对系统的理解不尽相同，至今仍无统一的定义。

切斯纳[美](1967)认为，虽然每个系统都是由许多不同的特殊功能部分组成，而这些功能部分之间又存在着相互关系，但是每一个系统都是完整的整体，每一个系统都有一定数量的目标。系统工程则是按照各个目标进行权衡，全面求得最优解的方法，并使各组成部分能够最大限度地相互协调。

日本工业标准 JIS (1967) 认为，系统工程是为了更好地达到系统目的，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。

莫顿[美](1967)认为，系统工程是用来研究具有自动调整能力的生产机械，以及像通讯机械那样的信息传输装置、服务性机械和计算机等的方法，是研究、设计、制造和运用这些机械的综合方案。

美国质量管理学会系统委员会(1969)认为，系统工程是应用科学知识设计和制造系统的一门特殊工程学。

寺野寿郎[日](1971)指出，系统工程是为了合理进行开发、设计和运用系统而采用的思想、步骤、组织和方法等的总称。

大英百科全书(1974)指出,系统工程是一门把已有学科分支中的知识有效地组合起来用以解决综合化问题的工程技术。

美国科学技术辞典(1975)认为,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。

苏联大百科全书(1976)指出,系统工程是一门研究复杂系统的设计、建立、实验和运行的科学技术。

日本学者三浦武雄(1977)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究系统,而系统不仅涉及工程学领域,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。

美国学者恰斯诺特(1977)在《系统工程方法》一书中认为,系统工程是为了研究由多数子系统构成的整体系统所具有的多种不同目标的相互协调,使系统的功能达到最优化,最大限度地发挥系统组成部分的能力而发展起来的一门科学。

我国著名科学家钱学森(1978)指出,系统工程是组织管理的技术,是组织管理这种系统的规划、研究、设计、制造、实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科学方法。

2. 系统工程的特征

(1) 系统工程是横跨自然科学与社会科学的综合性新学科。系统工程不仅涉及数、理、化、生物等自然科学,还涉及社会学、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。系统工程从各门学科中吸取有用的东西,形成自己的思想和方法,不以某一专门的技术领域为研究对象,其思想与方法适用于许多领域。

(2) 系统工程目标是实现系统的整体最优。系统工程要运用各学科的最新成果,采用定性与定量分析相结合的方法,研究系统的整体与部分,系统与环境之间的关系与协调,并提出最优方案,力争实现系统整体最优之效果。

(3) 系统工程研究问题途径一般是先决定整体框架,后进入详细设计,通

通过对系统的综合、分析，构造系统模型来调整改善系统的结构，使之达到系统整体最优。

(4)在系统工程的观点和方法中，观点、概念、原则是本质的，是第一位的，一些数学方法是手段，是从属于观点和原则的。

3. 系统工程与传统工程的区别

系统工程与传统工程，如“机械工程”“化学工程”“电力工程”等是有很大差异的。传统工程侧重于对能量、物质进行变换，完成各种“硬件”生产任务，称为“硬技术”。系统工程侧重于信息聚集、加工、处理和变换，完成各种“软件”生产任务，生产出各种无形产品，如“规划”“设计”“决策”“制度”“程序”等，因此系统工程又被称为“软技术”。传统工程面对内容明确的问题，解决的方法一清二楚，目标具体化、评价方法具体化、层次化。系统工程面对内容不明确的问题，解决的方法不明确，目标与评价方法抽象，且具有多层次性。

4. 系统工程的总体思想

(1)最优思想。系统工程的目标和约束往往是多方面、多层次的，且随社会、经济、科技、市场等多种因素而不断变化，所以要追求系统的总体最优，非局部最优，就需要开发整体（综合）最优系统，包括最优设计、最优管理、最优性能、最优控制等，并为达到系统整体最优，建立目标体系和评价体系，而且要注重定量和定性方法相结合。

(2)组合思想。系统是由具有一定功能的要素组合而成。系统工程组合思想体现在合理选择要素方面，要求既能满足系统目标、又没有不必要的要素；尽可能选已有要素，尽可能选标准化、规格化、通用化的要素，并按照系统目标，综合应用多学科方法和技术解决。如建大厦，要素同为砖、水泥、钢筋、木材等，但不同水平的建筑师却可以建出不同水平的房子来，原因在于组合思想的水平不同。

(3)分解和协调思想。系统工程所面对的大系统，具有结构复杂的特点，要解决这一大系统问题，一方面需要将大系统分解为结构相对简单的若干子系统，简化处理；另一方面需要分析同一级子系统的相互关联性，促进其相互之间密切配合，协调完成大系统的任务。一般来说，系统分解与协调体现在系统目标分解、系统功能协调上。