

实用系统工程

张宝珊 宁宣熙 编著

航空工业出版社

实 用 系 统 工 程

张宝珊 宁宣熙 编著

机械工业出版社

1989

内 容 简 介

本书以各种实际问题为背景,导出系统工程中常用的数字模型。系统地介绍了系统工程概论、线性规则、动态规划、网络分析、目标规划、决策分析、存贮论和排队论等分支的基本概念和解决实际问题的基本方法,还列举了应用实例,并阐述了其经济意义。

本书通俗易懂,可作为管理、财经、工科等有关专业的大专及干部培训教材或教学参考书。也可供管理干部、工程技术人员和工科有关专业本科生学习现代管理方法和工程设计优化技术的自学参考书。

实 用 系 统 工 程

张宝珊 宁宣熙 编著

航空工业出版社出版发行
(北京市和平里小关东里14号)
— 邮政编码: 100013 —
全国各地新华书店经售
南京航空学院印刷厂印刷

1989年6月第1版、 1989年6月第1次印刷
开本: 787×1092毫米 1/16 印张: 15.5
印数: 1-1700册 字数: 372.8千字

ISBN 7-80046-118-1/Z·036

定价: 3.20元

前 言

近年来,各个领域对系统工程这一新兴学科的兴趣越来越浓厚。系统工程在工业企业管理、工程优化技术和城市规划等各方面都得到了广泛的应用。在高等院校设置了系统工程课程。

本书是为管理、财经、工科等有关专业的大专班编写的教材,也可作为管理干部或工程技术人员培训教材或自学参考书。

本书试图以各种实际问题为背景,导出系统工程中常用的数学模型,通过几何特征和直观分析,阐明求解的基本思想和方法,尽量避免冗长、复杂的数学推导,通俗易懂,便于自学。书中还列举了一些应用实例,使读者加深对有关内容的理解,学会解决问题的方法。每章末尾配有一定数量的习题,便于读者掌握并能灵活运用所学的知识。

本书第一、四、八章及第二章的第九、十两节由宁宣熙编写,其余各章由张宝珊编写,张宝珊担任主编。

本书大部分章节曾在南京航空学院试用过,在试用过程中,金学禹、杨玲、周文文、张毅等同志提出了许多宝贵的意见,陈绍祖同志阅读了本书大部分章节也提出了许多宝贵的意见,在此一并感谢。

本书承吴云从教授仔细审阅,并提出了许多宝贵意见,谨此表示感谢。

由于编者水平有限,加之时间仓促,书中的缺点和错误难免,殷切盼望广大读者批评指正。

编 者

1988年4月

目 录

第一章 系统工程概论	(1)
§ 1-1 系统工程的基本概念.....	(1)
§ 1-2 系统工程的实施.....	(6)
§ 1-3 系统分析、系统设计和系统评价.....	(9)
思考题.....	(19)
第二章 线性规划	(20)
§ 2-1 概述.....	(20)
§ 2-2 线性规划的数学模型.....	(21)
§ 2-3 图解法.....	(25)
§ 2-4 标准型.....	(26)
§ 2-5 单纯形法.....	(31)
§ 2-6 对偶问题.....	(48)
§ 2-7 对偶单纯形法.....	(53)
§ 2-8 灵敏度分析.....	(57)
§ 2-9 运输规划问题.....	(65)
§ 2-10 指派问题.....	(75)
习题.....	(80)
第三章 动态规划	(86)
§ 3-1 动态规划研究的问题.....	(86)
§ 3-2 基本概念.....	(87)
§ 3-3 最优化原理和动态规划的基本方程.....	(91)
§ 3-4 应用举例.....	(95)
§ 3-5 随机型动态规划举例.....	(101)
习题.....	(103)
第四章 网络分析	(105)
§ 4-1 网络分析中常用的名词.....	(105)
§ 4-2 最短路问题.....	(106)
§ 4-3 最小生成树问题.....	(108)
§ 4-4 最大流问题.....	(111)
§ 4-5 网络计划技术.....	(116)
习题.....	(137)

第五章 目标规划	(140)
§ 5-1 概述	(140)
§ 5-2 基本概念及数学模型	(142)
§ 5-3 图解法	(148)
§ 5-4 单纯形法	(152)
§ 5-5 灵敏度分析	(159)
§ 5-6 应用实例	(170)
习题	(173)
第六章 决策分析	(176)
§ 6-1 概述	(176)
§ 6-2 确定型决策	(177)
§ 6-3 不确定型决策	(178)
§ 6-4 风险型决策	(179)
§ 6-5 效用理论及其应用	(184)
习题	(188)
第七章 存贮论	(190)
§ 7-1 概述	(190)
§ 7-2 确定性存贮模型	(191)
§ 7-3 随机性存贮模型	(199)
习题	(202)
第八章 排队论	(204)
§ 8-1 服务系统的基本概念	(204)
§ 8-2 服务系统的基本数学模型——生灭过程	(208)
§ 8-3 单通道服务系统 $[M/M/1]$	(212)
§ 8-4 多通道服务系统 $[M/M/C]$	(219)
§ 8-5 其它类型的服务系统	(225)
§ 8-6 服务系统的优化问题	(226)
§ 8-7 服务系统实例分析	(228)
习题	(233)
参考文献	(235)

第一章 系统工程概论

系统工程是 20 世纪 60 年代出现的一门新兴学科，它以系统为对象，专门研究合理地开发和设计系统所应采用的理论、方法和步骤，以及进行各种组织管理的技术和手段。

§ 1-1 系统工程的基本概念

一、什么是系统工程

1. 系统的概念

系统工程是以系统为研究对象，所以要首先搞清楚系统的概念。

系统这个词对我们并不陌生，例如，人体的呼吸系统、消化系统；外出旅行要利用交通系统；通信联络要通过邮政系统、电话系统等。总之，凡是由两个或两个以上可以互相区别，而又存在一定联系的元素（或称要素）组成具有某种特定功能的集合体，就是系统。

符合这一定义的系统在自然界有，在社会中也有，它是一个普遍的社会存在。如太阳系、银河系、原子核结构系统、生命系统等都是自然系统。它们是天然就有的，与人的存在与否无关，是自然而然形成的系统。而在现代社会中，人类为了实现某种目的，有组织有计划地建立了很多系统。例如工厂就是这类系统的一个典型例子。它由不同的人、机器组成性质不同的车间、科室，它们之间相互独立，而又在产品的设计、生产、销售的统一过程中形成一个有秩序的整体，各自发挥不同的职能，最终去完成一个共同的目标——为社会提供某种产品。其它如消费系统、电力系统、计算机系统等都属于这种人造系统。它们是按人的特定要求，有计划地组织和建立的，以便去完成某一个特定的目标。

然而，实际上大多数系统都是由人造系统和自然系统两者结合而成的复合系统。在这些复合系统内，既有人为的组织和控制的一个方面，又有不以人的意志为转移的客观规律性。应当指出的是，系统工程所研究的系统是指人造系统和复合系统，一般的自然系统不在系统工程的研究范围之内。从这种含义出发，系统具有下面几个特征：

(1) 系统的集合性 任何系统都是由两个或两个以上的元素组成的集合体，各元素之间相互区别，各自独立。

(2) 系统的层次性 一般来说，系统由若干子系统构成，这些子系统又由更小一点的分系统组成，而分系统又包含更小的基础部分。这样，一个系统可以由几个层次构成而形成一种多级递阶的层次结构。

(3) 系统的相关性 系统元素之间或子系统、分系统之间有某种相互依赖的特定关系。依靠这种关系，系统元素之间构成一个有机的整体。

(4) 系统的目的性 凡是人造系统和复合系统都有目的性。也就是说，建立某个系统是

为了使系统具有某种独立的功能，去实现某种特定的目标。这也是区分和评价系统的主要依据。

(5) 系统的随机性 系统工程所研究的系统都是多输入多变量的系统。这些参数在时间、空间和数量上的变化是随机的，因此系统的变化带有随机性。

(6) 系统的适应性 任何系统都是生存、活动在一定的环境之中。系统与环境之间相互作用，相互影响，为了保持系统原有的功能，系统要有适应环境变化的特殊功能。例如自适应系统，自学习系统等。

2. 什么是系统工程

在说明什么是系统工程之前，先解释一下工程的含义。工程这个词，原意是指“造物”的工作。如机械工程是设计制造机械产品的工作；电气工程是指设计生产电气产品的工作。其它如土木工程、水利工程等等都是指人为创造某种物质产品的工作。如果依此类推，那么系统工程就是设计制造系统的工作，系统工程学就是设计制造系统的理论和方法。

随着人类的各种活动日益变得多样化、复杂化和高级化，为了实现人类的某一目标，不是一个人或少数几个人能够完成的，往往需要大量的人、设备、资源等的高度组织和配合。这种组织的集合体就是实现某一特定目标的人造系统或复合系统。在这样的系统中，包含着人和物的多层次复杂关系，它们之间相互作用、相互影响、相互制约。如果把它们机械地凑合在一起，系统只能是个别事物的集合，丧失应有的功能而成为一堆废物。如果把它们有机地组合起来，协调它们之间的关系，使系统中各元素各部分不仅完成本身应担负的任务，还与其它元素和部分最有效地配合，以最优的方式达到整个系统的目标。“系统工程学就是为了研究多个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，以期系统功能的最优化、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”。所以它是一种设计、规划、建立一个最优化系统的科学方法，是一种为了有效地运用系统而采取的各种组织管理技术的总称。

二、系统工程的结构

按照系统工程的观点，应当怎样进行系统的开发工作呢？美国贝尔(Bell)电话研究中心的霍尔(A.D.Hall)在1969年提出了系统工程的三维结构(见图1-1)概括了系统工程的工作步骤和阶段，以及它所涉及的知识范围。这是人们在设计、建立和运行系统的实践中总结出的一套科学工作方法，是用系统工程处理一般系统问题的思考方法。它包括三个方面：

1. 系统工程的工作步骤

图1-1中的逻辑维是指分析和处理系统问题时的思维过程，即实施系统工程的每一个工作阶段所应遵循的一般程序和步骤。霍尔把它分为七步：

(1) 问题定义 通过全面收集有关资料和数据，提出所要解决的问题，弄清问题的实质。

(2) 评价系统设计 提出为解决问题所应达到的目标，并按照预期的目标提出应采取的政策、行动和控制方法，制定考核目标完成程度的评价标准。

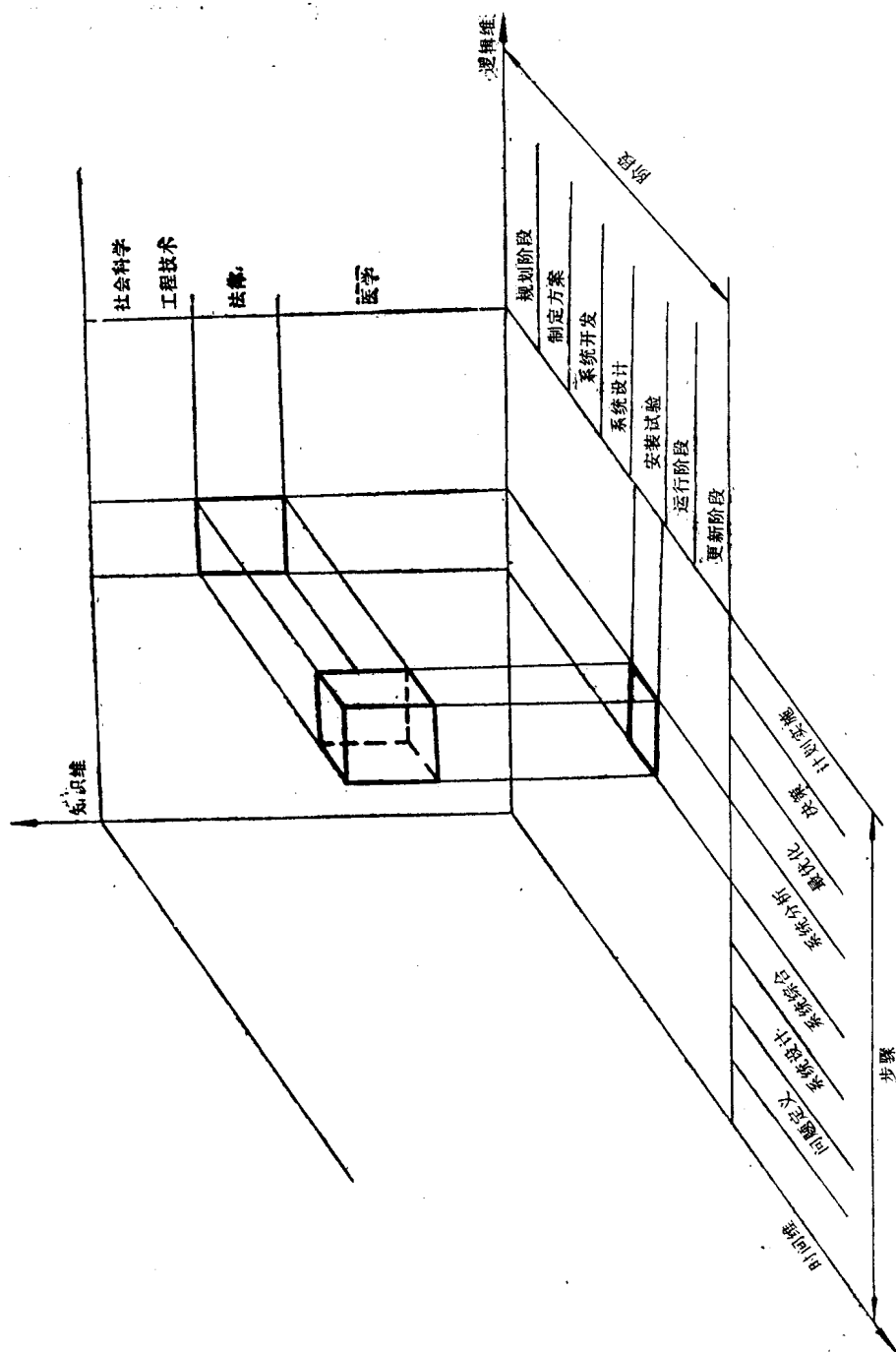


图 1-1

(3) 系统综合 将能够达到目标的政策、行动和控制方法综合成整个系统的概念，形成方案。

(4) 系统分析 通过建立模型对系统方案进行分析，研究各种参数，行动方案的变化对达到系统目标所产生的影响。

(5) 最优化 精心选择系统参数和行动方案的最佳配合，找到达到系统目标最优方案。

(6) 作决策 进行系统开发。

(7) 计划实施 将选定的最优方案付诸实施，并在实践中不断修改。

2. 系统工程的阶段

三维结构中的时间维是表示系统工程所经历的阶段。霍尔把它分为七个阶段：

(1) 规划阶段 在此阶段要明确系统的概念，确定系统的目标，提出系统的环境条件和时间费用等约束条件。

(2) 制定方案 进行系统设计，提出各种备选方案，进行系统分析。

(3) 系统开发 制定系统研制方案，对关键项目进行试制和试验，制定生产计划。

(4) 生产阶段 制定工艺规范，设计和制造工艺装备，生产出系统的零部件及整个系统。

(5) 安装试验阶段 制定整个系统的安装计划，进行系统安装调试。

(6) 运行阶段。

(7) 更新阶段。

3. 系统工程的知识结构

霍尔三维结构中的知识维是指完成上述各阶段各步骤的工作所需要的各种专业知识和技术素养。它包括医学、法律、工程技术、社会科学等各部门学科。表 1-1 显示各部门学科与系统工程涉及到的各种领域间的关系。

从表 1-1 可以看出，系统工程是跨越许多学术领域，涉及许多学科的边缘科学。它的理论基础包括控制论、信息论、规划论、决策论、对策论、分配论、排队论、网络理论和库存论等。同时还应指出的是，由于电子计算机的发展使现代化的系统都离不开计算机。系统的设计、仿真、优化、管理也离不开计算机，因此系统工程也是利用计算机分析和管理系统的一门科学。

霍尔的三维结构告诉我们，时间维，逻辑维的各项活动不是相互独立的，而是相互影响、相互渗透的。各阶段各步骤的活动要反复交叉进行才能使系统的设计更臻于完美，从整体上达到最优的效果。而在每一阶段每一步的活动中都离不开运用广泛的各种学科的知识和技术。

表 1-1

应用领域 相关的科学与技术	系统的概念	人类的问题	经营上的问题	创造性的问题	解决问题的方法	工作的手段
哲 学	0	0				
心 理 学		0	0	0	0	0
伦 理 学		0	0			
数 学						0
经 济 学						0
社 会 学	0	0				0
工 程 学				0	0	0
技 术			0	0	0	0
经营科学			0		0	0
创 造 性					0	
其他专业领域			0			

注：0 表示依赖程度特别大

三、系统工程与运筹学

早在 2000 年前，系统工程的思想就已经在埃及的金字塔、中国的都江堰水利工程等的实施中有所体现。但近代的系统工程应当说是在 19 世纪初起源于美国。如麻省理工学院的布什 (V. Bush) 教授在研制机械式微分器时，就把系统工程作为分析的工具。美国贝尔电话

公司应用得更早，并在 1940 年正式采用了系统工程的名称。他们在发展美国微波通讯网时应用了一套系统工程的方法论，并取得了良好的效果。特别是在二次世界大战期间出现的运筹学，为系统工程奠定了理论基础，提供解决实际问题的有效方法。

运筹学的英文本意是“作业研究”(Operations Reserach)。二次世界大战期间，美国等国为了取得战争的胜利，动员从事各种学科研究的科学家组成所谓“作业研究”小组，专门从事作战行动的研究工作，他们广泛地采用数学规划、排队论、对策论等方法，用于作战行动的组织与配合，以便使有限的军事力量和装备发挥最大的战斗力。这就是早期的系统工程。以后，运筹学的方法又被应用在武器系统的制造与运用中，逐渐发展成为系统工程的理论。二次大战后，这种理论被迅速地应用于工业和经济管理部门，为战后经济的复苏和迅猛的发展起了重要的推动作用。特别是在北极星导弹、阿波罗登月计划这样大规模复杂工程中的应用，并获得空前未有的成功，使系统工程获得更大的发展，步入了大系统的应用范畴，形成了现代系统工程的基础。目前可以认为，系统工程已发展到了初步成熟的阶段。但是它的应用范围还在不断扩大，理论还在不断发展，其前景是无法预计的。

从系统工程的发展简史可以看出运筹学与系统工程的关系极为密切，它是系统工程的主要理论基础。直到目前，在美国还有少数数学工作者并不认为有必要把运筹学与系统工程严格分开。他们认为运筹学与系统工程无论从思维过程，还是采用的方法都极为相似，只不过现代系统的发展已使工程学的适用范围更广泛了。无论怎样评价这两门学科的关系及其今后的发展，目前谁都不否认运筹学是系统工程的主要理论基础。运筹学的各个分支，如数学规划、网络分析、排队论、存贮论、决策论、对策论等仍然是处理系统优化的主要技术手段。基于这种原因，本书阐述的系统工程基础将以运筹学的各个分支为主要内容，使读者掌握系统工程的主要理论和方法。

四、系统工程的应用范围

系统工程的应用范围极其广泛。一般来说它主要应用于规模庞大、结构复杂的各种大系统开发项目。像阿波罗登月计划那样的大工程项目，全部构件达 3000 万个，调动了两万多家工厂和 120 所大学实验室的 42 万多研制人员，耗资 300 多亿元，历时 11 年，终于获得了圆满的成功。这个空前未有的创举是成功运用系统工程的典型例子。除了大系统之外，系统工程的基本原理和技术方法也适于较小系统的开发项目。表 1-2 是日本学者秋山穰和西川智登二先生总结的系统工程应用范围，内容比较全面。它说明系统工程是一门对各行各业都有实际用途的学科(见表 1-2)。

表 1-2 系统工程学的应用领域和应用举例

应用领域		应 用 举 例
自然对象的系统	宇宙空间	宇宙开发、宇宙飞行、人造卫星等
	气象、灾害	天气预报、地震预报、灾害预报、台风和洪水的对策、震灾对策、人工气象开发等
	土地、资源	国土开发、海洋开发、资源开发、能源开发、太阳能开发、地热开发、地下资源开发、潮力开发、治山治水、河流开发、农业工业用水、水坝流量控制、土地利用、开荒造田、环境保护等
	农林渔业	农林渔业、人造农业、排水开垦、农业、林业、渔业资源的开发

续表 1-2

应用领域	应 用 举 例
人体对象的系统	生理、病理
	生理分析、生理仿真、病理分析、病理仿真、病理信息检索等
	脑、神经、心理
工业交通对象的系统	医 疗
	思考模型仿真、图象识别、自动翻译、人工智能、研究用机械人、控制论模型、心理适应诊断、职业病研究等
	自动诊断、自动施疗、物理治疗、自动调剂、医疗工程、医院信息管理、医院管理、医疗保险、假肢、人造内脏等
工业交通对象的系统	技术开发
	新技术开发、新产品开发、技术信息管理、原子能利用、核聚合、最优设计、最优控制、过程仿真、自动设计、自动制图等
	工业设备
工业交通对象的系统	网络系统
	发电厂、钢铁厂、化学工厂、工艺过程自动化、机械工程自动化、自动仓库、原材料分配、工业机械人等
	电网、管道分配、安全回路、控制回路、道路规划、信息网络等
工业交通对象的系统	服务系统
	铁路与航空订票预约、旅馆与影剧院购票预约、银行在线系统、自动发券、信息服务等
	交通控制
工业交通对象的系统	经营管理
	航空管制、铁路车辆自动运行、公路交通管理、自动导航、新交通系统等
	经营系统、经营仿真、经营组织、经营预测、需要预测、经营规划、生产管理、资材管理、库存管理、销售管理、财务管理、调度管理、经营信息系统、企业业务自动化等
社会系统	国际系统
	国防合作、国际能源问题、粮食问题、国际资源问题、国际环境保护、国际信息网络等
	国家行政
	经济预测、经济计划、计划规划和预算系统（PPBS）、公共事业规划、金融政策、国防、治安保卫、外交信息、经济信息服务、司法信息、行政管理、人事管理、邮政等
社会系统	地区社会
	地区规划、城市规划、防灾措施、垃圾处理、地区生活信息系统、地区公共事业规划、老人和残废者的安置、地区医疗系统等
社会系统	文化教育
	自动编排节目、自动广播、计算机辅助教学（CAI）、文化和教育信息服务、教育计划、自动检字、自动印刷、自动编辑等

§ 1-2 系统工程的实施

人类面临所要开发的系统是极其广泛的，从小到大，从简单到复杂，从自然的到社会的，从有生命的到无生命的等等，几乎遍及人类社会的各个领域。尽管各种系统千差万别，不可能用统一的模式和一成不变的方法去解决所有系统问题，但是它们存在某些共同的特性和规律。本节介绍的系统工程实施方法就是开发、设计系统所应遵循的具有普遍意义的科学方法。

一、系统工程的基本原则

系统工程的基本原则是研究、开发和设计任何系统时所应遵循的基本指导思想。它包括整体性原则，相关性原则和动态性原则。

1. 整体性原则

整体性原则要求研究和设计任何系统时要有全局的观点，要从系统的整体效果出发来考虑和处理问题。

任何系统都是由子系统、分系统以及更小的部分构成。每个子系统，甚至每个部分都有各自的功能、特点和目标。在组成一个系统时，不能简单机械地混合，而要把它们构成一个有机的整体。各子系统，各部分的功能和目标固然重要，但整体性原则要求把系统整体的功能和目标放在第一位。在很多情况下，为了使系统整体的功能和目标达到最佳，系统局部的功能和目标就要做出某些让步和牺牲。

2. 相关性原则

系统中的子系统和各部分之间是相互联系，相互制约的。所谓联系与制约是指子系统和各部分之间存在着人、物质、信息的流动及某种依赖关系。系统的一个部分发生变化会对系统的其它部分发生作用和影响。相关性原则要求在研究和设计系统时，要致力于研究和搞清系统各部分，各子系统之间的关系和相互制约的因素，以便进行协调达到系统总体最优的目标。

相关性原则还体现在处理系统与环境的关系。任何系统都不是孤立存在的，它与周围环境相互联系，相互影响。环境对系统的影响是系统的输入，系统对环境的作用表现为系统的输出。系统的功能就是对输入的物质、能量、信息进行加工处理，产生新的物质、能量、信息的输出过程。这种输出对环境产生的变化和影响又会反馈到它的输入，对系统进行有效的控制和调节。在设计任何系统时，必须考虑系统输入、输出和反馈这三个重要环节。

3. 动态性原则

动态性原则要求用运动的观点，发展的观点考虑和处理系统的各种问题。任何系统都有产生、发展、灭亡的过程。在设计系统时，不但要考虑系统的现在，还要考虑系统的未来，要使系统具有应变的能力，能够适应客观条件的变化而不断改进和发展。

二、系统工程的实施程序

系统工程的实施一般可分为五个阶段：系统规划，系统研究，系统设计，系统制造和系统运行。

1. 系统的规划阶段

系统规划阶段的主要任务是对系统开发进行总体规划，明确建立系统的必要性。在这一阶段要对将要开发的系统及已有的同类型系统进行广泛的调查研究，收集所有必要的情报和资料，研究搜集所开发的技术，找出差距，明确问题和建立系统的总目标。同时要确定系统的

外部环境。如确定时间、资源、资金等方面的约束条件。最后综合以上成果提出系统开发任务书。

2. 系统研究阶段

在这一阶段要根据系统开发任务书进行系统的初步设计，提出各种可行方案，并运用系统分析的方法，对各方案进行目标分析，模型分析，费用效果分析。最后作出综合评价，找出最优方案。

3. 系统设计阶段

根据系统研究阶段优选出的方案进行系统的详细设计。要对系统的关键项目进行试验，并运用系统分析的方法不断对系统进行综合分析与评价，修改系统方案。最后确定系统的详细设计规格，设计出系统的图纸和各种规范。

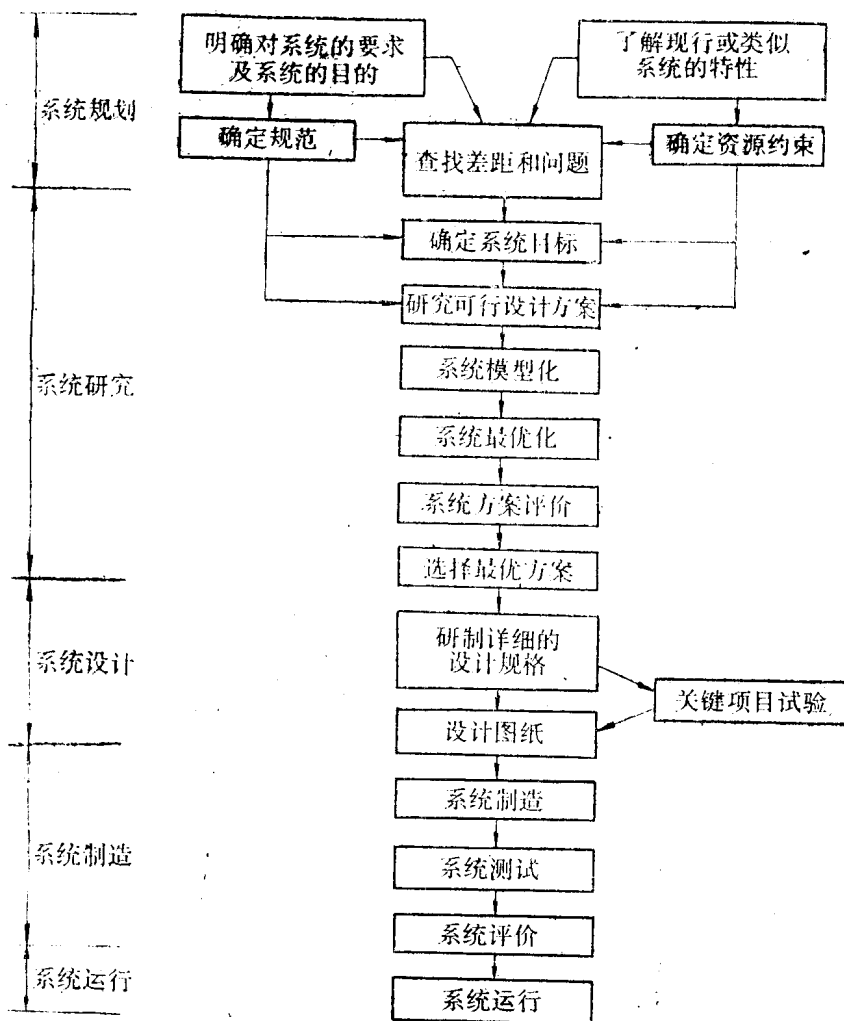


图 1-2

4. 系统制造阶段

按照系统设计图纸进行系统零部件的制造，并装配成整个系统。系统装配后要进行系统测试，并根据整理出的数据进行系统分析与评价。同时将评价结果反馈给设计，以便进一步修改设计方案，改进系统性能。

5. 系统运行阶段

系统研制完成后交付用户使用。在使用期间要继续对系统的工作进行考查，发现问题，修正设计中不可避免的一些错误，改进设计。同时还要根据系统环境的变化，提出对系统进行调整或增加新功能的意见，以便今后对系统进行改进和扩大。

上述五个阶段是从系统开发的逻辑顺序和时间流程上统一的系统工程实施程序，其内容和相互关系可用图 1-2 表示。不难看出，在上述五个阶段中，系统分析、系统设计和系统综合评价是反复应用的系统工程的处理方法。它是成功地开发和研制任何系统的关键手段。

§ 1-3 系统分析、系统设计和系统评价

一、系统分析

1. 系统分析的目的

系统分析的目的是根据对系统的要求，明确系统的目标，通过各种分析方法，找出系统中各元素间的定量关系，探讨满足规定要求的各种条件，形成各种方案，建立模型进行系统的优化。

2. 系统分析的基本内容和步骤

系统分析的基本内容是：确定系统目标，寻求可行方案，进行系统的模型化，确定系统的费用与效果，进行系统的最优化分析等。

(1) 目标系统的分析与选定 确定系统目标是系统分析的第一步工作，也是整个系统开发、设计、制造的出发点和基础。它在系统分析中的作用是十分重要的。如果搞不清系统的目标，就会使整个系统分析工作毫无成效。

通常，系统的目标不是单一的，而是多目标的。例如，企业的经营管理系统，不但要求它完成和超额完成产品的数量计划，还要求达到规定的产品质量和利润指标等。在多目标系统的情况下，可以利用建立目标树的方法来描述目标与目标之间的关系（见图 1-3）。

确立目标要经过反复论证，要从技术经济上分析实现目标的可能性。不合理、不现实的目标要修正，以便确定切实可行的目标体系。确定目标的过程见图 1-4。

(2) 可行方案 为了实现系统的某一目标，一般可以采取多种手段，这些手段在系统分析中称为可行方案。系统分析的任务就是找出实现目标的各种可行方案，并进行分析研究，找出最优方案。

(3) 系统的模型化 系统的模型化是系统分析的重要手段。它通过建立模型来分析系统的功能水平，预测和估计各种方案的性能指标，比较各种方案的优劣。在构造模型时，首先

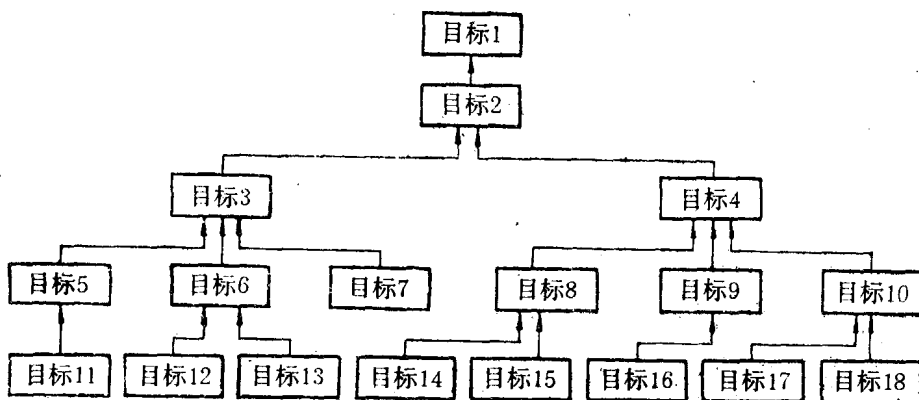


图 1-3

根据系统的目标明确构成系统模型的四种变量，即

决策变量：表示可控因素的变量。

环境变量：表示不可控因素的变量。

结果变量：由决策变量和环境变量所确定的数值。

评价变量：是结果变量优劣的评价尺度。

再根据系统各要素间的因果关系，利用数学公式、逻辑公式或算法来表示实际系统的内部状态和输入输出关系，构造数学模型、逻辑模型、模拟模型、图形模型或启发式模型，然后利用最优化方法或计算机仿真，寻求最优的模型参数。

(4) 费用与效果 方案的实施需要人、财、物、设备等资源，这构成系统的费用。除了用于各种资源的费用外，还要考虑系统对社会的影响。这些影响是不能用货币衡量的，称为系统非货币支出的费用。

效果是指达到系统目标所得到的成果。它可以用效益和有效度两种指标来衡量。效益是用货币尺度来评价达到目标的效果，有效度则是用货币以外的计量单位来评价效果的指标。

(5) 系统的最优化分析 最优化分析就是根据系统模型的求解或仿真，寻求达到系统目标的最优参数组合。在这里“最优”的含义是相对的，它用一些标准来判断。对于一般的系统，不但要考虑性能上的最优，还要从功能与经济两方面的共同效果来考虑最优。在进行管理系统的优化分析时，应以系统运行效率、劳动生产率、经济效益、系统经营费用等指标作为评价系统的标准。

由以上系统分析的基本内容可以构成系统分析的结构概念图（见图 1-5）和具体的步骤流程图（见图 1-6）。

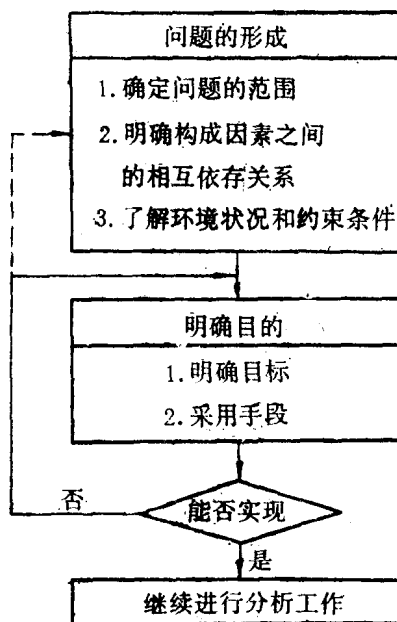


图 1-4

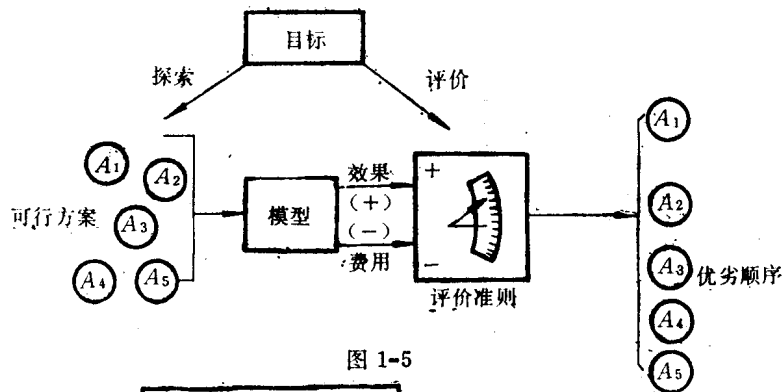


图 1-5

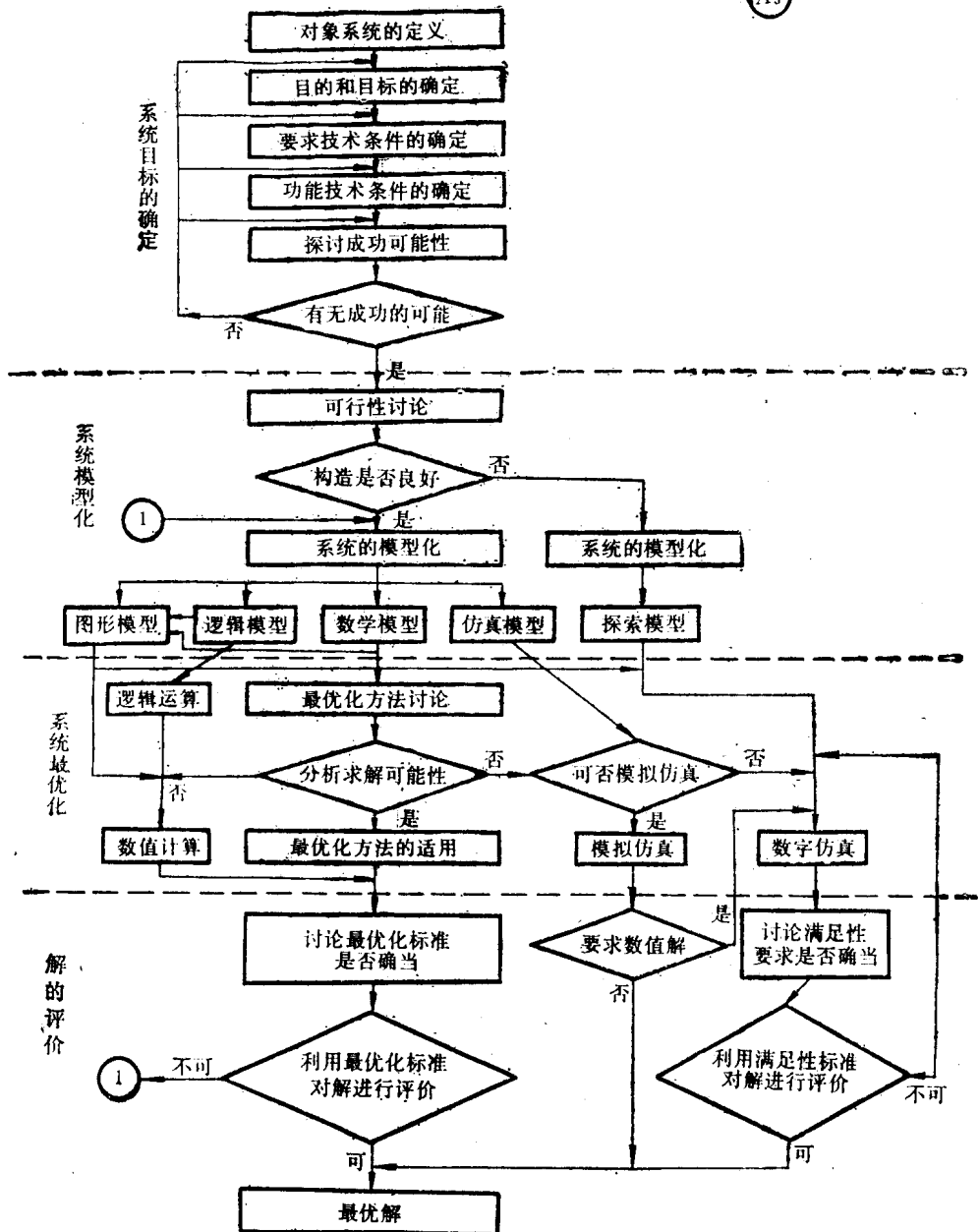


图 1-6