

现代管理方法普及丛书

系统工程初步

孙 秀 娥 编

南京工学院出版社





2 017 9814 4

现代管理方法普及丛书

系统工程初步

孙秀城 编



南京工学院出版社

内 容 提 要

系统工程是现代管理方法之一,本书对系统工程作一初步介绍。全书共分三章,在第一、二章中介绍系统工程的基本概念、步骤与主要作业;在第三章中介绍系统工程的运筹与优化的各种数学方法,诸如线性与非线性规划、概率论方法、可靠性分析与随机服务系统研究,以及决策论与对策论等。

本书内容注重应用,深入浅出,通俗易懂,可供中等以上文化程度的管理干部和经济工作者自学,也可作为各级经济管理部门和工矿企业的培训教材。

责任编辑 朱 珉

责任校对 吕 岚

封面设计 周 啸

60056/23

系 统 工 程 初 步

孙秀娥 编

南京工学院出版社出版

南京四牌楼2号

江苏省新华书店发行 江苏省大丰县印刷二厂印刷

开本787×1092毫米 1/32 印张2 字数44千

1987年12月第1版 1987年12月第1次印刷

印数: 1—5000册

ISBN 7-81023-080-6

F·80 定价: 0.40 元

出版前言

现代经济管理正在向定量分析、数理决策方法、电子计算机管理和控制三个方面发展，这就要求每一个经济工作者既要具备经济理论知识，又要具有相应的数学知识。当今任何一个重大的技术经济分析，如果不能成功地利用数学分析方法是无法作出正确决策的。

南京工学院出版社应广大管理干部和经济工作者的要求，将现代管理中需要用到数学知识的十多种方法，约编了这套《现代管理方法普及丛书》。丛书内容力求深入浅出，通俗易懂，注重应用，尽可能多举实例，除了可作为各级管理干部、经济工作者的培训教材或参考书外，还可供具有中等以上文化程度的读者自学。

丛书共分十三分册，分别为：量本利分析；市场预测；库存管理；决策技术；投入产出分析；线性规划；目标管理；网络计划技术；管理中的图论方法；系统工程初步；价值工程；质量管理；计算方法与微机应用。

一九八七年九月

目 录

第一章 系统与系统工程	
第一节 系统工程的兴起与发展	1
第二节 系统与系统工程	4
第三节 企业系统工程	8
第二章 系统工程的步骤与主要作业	
第一节 系统工程的准则与步骤	10
第二节 系统工程的主要作业	12
第三章 系统工程的运筹与优化	
第一节 线性规划与非线性规划	18
第二节 概率论基础及其应用	28
第三节 决策论与对策论	52
附 表	

第一章 系统与系统工程

第一节 系统工程的兴起与发展

1. 系统工程的兴起

系统工程是二十世纪中叶出现的一门新兴学科，是一种组织管理的科学方法。它把所研究的对象看作是一个系统，解决如何对系统进行规划、组织和管理，使之获得最佳效益的问题。

系统工程几乎能广泛应用于一切管理领域并且取得明显的效益。它是二十世纪科学发展史上的伟大创举，对现代科学和社会的发展正在产生深刻的影响。

本世纪以来，随着社会生产力的不断发展，工业生产和科学技术活动的规模随之扩大，工程技术装置的复杂程度也不断提高，出现了许多大规模的复杂系统。例如四十年代美国研制第一颗原子弹的“曼哈顿”计划，有一万五千多人参加，参加组装的零部件数以万计，涉及到核物理、化学、地质、天文等众多学科的专业知识和技术。指挥规模如此庞大的工程，仅靠数名工程师、专家是不可想象的，必须采取严密的组织协调和管理技术，综合运用各门科学技术才能完成。于是人们开始寻求一种高度综合，能够解决工程发展中系统问题的科学。随着电子计算机和现代数学的发展，使得各

种数学模型的最优化成为可能，于是系统工程应运而生，并迅速得到发展。

2. 系统工程发展简史

本世纪 40 年代，美国贝尔电话公司在研制电话自动交换机时，为缩短从设计到投入所用的时间，他们认识到不能只注重对电话机和交换机等局部设备的研究，更需要研究整个系统。于是把工作划分为规划、研究、发展、工程应用和通用工程等五个阶段，首先提出“系统工程”的名称。第二次世界大战后美国空军建立的兰德公司是一个由各方面专家组成的智囊机构，运用大量的数学工具来分析研究各种复杂的系统，创立了系统分析方法。这种方法利用各种手段，从费用——效益方面对各种可行方案进行评价，为决策者选择最优方案。也为系统工程的发展奠定了基础。

本世纪 50 年代，系统工程尚处于初创阶段，1957 年美国学者 H. 高德和 R. 迈克尔写出了专著《系统工程》，系统工程的理论体系开始形成。

在 60 年代，系统工程在美、苏、日本等国得到广泛的传播，各国都出版了大量的专著和论文，进行理论与应用的探讨。由于电子计算机的广泛运用，系统工程开始进入以电子计算机为主要工具的最优控制阶段，并且在实用中，显示出无比的威力，最典型的的就是“阿波罗载人登月计划”。

1961 年美国宣布在 60 年代末实现人类登月的“阿波罗”计划。这项计划耗资 300 亿美元，有 42 万人，120 所大学和研究所，2 万家企业参加，制作的零部件近 300 万个。使用 600 台计算机，历时 10 年之久，终于在 1969 年 7 月 16 日用以“阿波罗-11 号”命名的宇宙飞船把 3 名宇航员送上

月球，在顺利完成科学考察任务之后，于当年7月24日安全返回地面，实现了科技史上的伟大创举。

“阿波罗”登月计划是一个庞大的系统工程。在总系统下面有众多的子系统，如飞船系统，火箭推进系统，飞行制导系统等。每个子系统下面又包含更多的小系统，这些子系统或小系统之间有着各种各样的相互联系和作用。在寻求总体最优化的过程中，系统工程的理论和方法得到了很大的发展。因此“阿波罗”计划的实现，是现代科学的胜利，也是系统工程的胜利，它标志着人们在组织管理的技术方面正在走向一个新的时代。

70年代以来，系统工程进入解决各种复杂大系统的阶段，涉及到更多社会因素的部门，如公共交通、城市规划、生态环境……。人类正走向“系统时代”，向管理领域的“自由王国”迈进。

系统工程虽然是20世纪的产物，可它的思想渊源可以一直追溯到我国古代的科学技术。

北宋时代，皇城火灾，宫殿焚毁，宋真宗派大臣丁渭主持皇宫的修复工程。丁渭经过周详的分析研究，提出了一个施工方案：在皇城前的大道上挖土烧砖备料，把大道挖成河道后引进京城附近的汴水；用船舶把其它建筑材料直接运入工地；等到皇宫修复后，把碎砖杂土填入河道，修复原来皇城前的大道。施工结果工效极佳，这是历史上建筑工程的最优方案之一，贯彻了“最优化”原则，堪称系统思想的一次光辉实践。

由于历史条件所限，我国古代的这些系统思想未能上升到理论而发扬光大。全国解放后，特别是在党的十一届三中全会以后，党和国家的工作重点转移到经济建设上来。随着

四化建设的迅速发展，使得系统工程这个现代管理中的科学方法在较短的时间内得到了迅速的发展，并已逐步形成了一支具有中国特色的系统工程和系统科学研究队伍，在四化建设中起到越来越重要的作用。

第二节 系统与系统工程

1. 系统

在我们日常生活中，到处都可碰到“系统”。在自然界里就到处有形形色色的系统。大到宇宙系统，小到一个细胞。甚至构成细胞的分子、原子，也是一个复杂的系统。在社会领域中，“系统”的例子也不胜枚举。一个企业，一个工厂都可看成一个系统。国民经济的各个部门也是一个个系统，如工业系统、农林系统、交通运输系统等等。

虽然各种系统千差万别，但它们都具有一些共同的特征。首先每一个系统都包含许多子系统，子系统则由一些更小的分系统组成，后者又包含一些更小的小系统。其次构成一个系统的许多子系统和更小的小系统之间相互联系，相互制约，为了一个共同目标结合成一个系统总体。而且这个系统总体又是从属于一个更大的系统。为此我们可对“系统”定义如下。

系统的定义：由相互作用和相互依存的若干组成部分结合而成的具有特定功能的有机整体称为“系统”。其中每个组成部分称为“子系统”，而该系统又从属于一个更大的系统。

例如教育系统，则学校是它的一个子系统，但这个系统又从属于一个更大的系统：社会系统。

2. 系统的分类

现实的系统大致可分成三类：自然系统、人造系统与复合系统。

(1) 自然系统 是由各种自然物质构成的系统。如太阳系、银河系、生物系统等等。自然系统的动作虽然都有自在目的，合乎某种目的，但没有“自为目的”。所以自然系统是无目的的系统。

(2) 人工系统 是为了满足人类的各种需求而建立的系统，如生产系统、电力系统、教育系统等等。象企业的事务部门那样以人的功能为主要元素的人工系统又常称为组织。人工系统是有目的性的系统。

(3) 复合系统 是自然系统和人造系统相结合而成的系统。如气象预报系统、交通管制系统、广播系统等——机组合的系统。

系统工程主要讨论人工系统与复合系统。

3. 系统的特征

(1) 整体性 系统是由两个或两个以上的部分(子系统)所构成的具有特定功能的整体。整体的功能不是各部分(子系统)功能的简单叠加，而是整体大于部分的总和。例如全社会的功能，远大于每个家庭功能的简单相加。因此我们必须从整体到部分，再从部分到整体来研究系统，这就是系统的整体性原则。

(2) 相关性 构成“系统”的各部分之间是相互联系和

相互制约的。一个有机联系的整体才可称为系统。因此必须从整体各部分相互联系与制约的角度来研究系统，这就是系统的相关性原则。

(3) 有序性 任何一个系统，都和周围环境组成一个较大的系统，因此它们都是更高一级系统的一个子系统。同时任何一个系统的子系统，通常又是较低一级的系统。因此系统的稳定联系构成的系统结构，形成一个有序的立体网络模式。我们可以纵向进行研究就是将科学的基础研究与应用研究相接近。也可以横向进行研究，就是跨部门和跨学科的研究。

(4) 动态性 系统的动态性就是我们不仅要研究各种系统发展变化的方向和趋势，而且要探索它们发展变化的动力、原因和规律。从而主动驾驭这些系统使之造福于人类。

系统所包含的这些基本特性，决定了它在实际应用中的重要地位和特殊功能。

4. 系统工程及其特点

系统工程是一个新兴的学科，它的历史还很短，名称现在还不统一。有的人称它为“系统分析”，有的称它为“系统方法”、“系统科学”等。各门科学家对它提出了各种各样的定义。

1971年日本学者李野寿郎指出：“系统工程是以系统的分析、综合及管理为目的的工程学。”

1975年美国科学技术辞典的定义是：“系统工程是研究许多彼此密切联系的要素所组成的复杂系统的设计的科学。设计这种复杂系统时，应有明确的预定功能及目标，而组成它的各要素之间及各要素与系统整体之间都应有机地联系并配合协调，以便系统整体能达到最优目标。在设计时

还要考虑到参与系统中的人的因素和作用。”

1978年我国科学家钱学森指出：“系统工程学则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科学方法。”

还有一些人提出了其它的定义，这里就不一一列举了。

简单地说，系统工程学是用现代科学方法组织管理各种系统的规划、设计、生产和使用的一门学科。这里“工程”二字是广义的，并不是指某一项专门的工程技术而是泛指完成一项任务。因此系统工程是一个总类名称。既然有各种各样的系统，因而就有各种各样的工程，如工业系统工程、经济系统工程、行政系统工程等等。

系统工程有如下三个基本特点：

(1) 研究方法的整体化

系统工程的研究方法是从整体出发，它不仅把研究对象作为一个整体，而且把研究过程也视为一个整体。从整体与部分相互依赖、相互制约的密切关系中考虑问题，用具体过程和步骤把设想变为现实。

(2) 应用技术的综合化

系统工程是综合使用技术的。必须注意各个阶段和每一个步骤，以及各个流程之间的联系，使各种技术有机地结合起来，以达到系统整体的效益最优化。

(3) 寻求目标的最优化

系统工程要研究如何在有限资源的条件下达到最佳效果；或者在达到预期的目标下消耗资源最少，时间最省。即可概括为“物尽其用、货畅其流”。

第三节 企业系统工程

1. 企业系统工程

企业系统工程是系统工程的一个重要分支。它以企业系统为对象，运用系统工程的理论和方法，对企业的经营管理进行有效的控制，使企业在一定的条件下能获得最优效益的一种科学方法。

2. 企业系统的要素

企业系统是由人、物资、设备、财力、任务和信息六个要素组成。

(1) 人 人是最重要的要素，是企业的主体。企业领导应按照“行为科学”的理论，充分发挥各级人员的创造性与主动性，齐心协力地为实现企业目标而努力工作。

(2) 物资 包括能源、原材料、半成品等。是企业进行生产经营活动的物质基础。为了使有限的物资发挥最大的效益，必须进行“库存管理”，制订合理的采购批量及库存费用。

(3) 设备 设备技术水平的高低，是企业现代化程度的重要标志，在引进先进设备以及旧设备的更新改造问题上，先进行“可行性”分析，这样才能保证设备产生最大的效益。

(4) 财力 包括投资、流动资金，固定资金等。利用“量本利分析法”对企业的各种投资进行盈余分析，以达到

少花钱多办事的目的，这是企业系统工程的一个重要任务。

(5) 任务 即企业系统的目标，包括数量指标与质量指标。可按“目标管理”的要求层层下达指标。这样就能保证质量、保证按时甚至超额完成上级主管部门下达的任务。

(6) 信息 是指企业系统的各种计划、记录、文件等。信息是企业系统的“神经中枢”，是决策的科学根据。企业系统工程对信息的要求是畅通、及时、准确、经济。

信息是一种特殊资源，工业发达国家用于信息处理的劳动力已远超过生产第一线的劳动力，这足以说明信息在经济领域中的重要性。

以上六个要素在企业系统中是不断转化，互相流动的。它们在企业内部构成了三大流：

物流 是由物资、设备和财力组成的物质在生产过程中的流动。它是输入各种原材料，经过各个生产工序的加工后变成产品输出。物流中伴有信息，它是企业生产的主体。

信息流 信息在生产过程中的提取、传达、检索、判断等流动过程均称为信息流，它要为物流服务。信息流控制物流的作用。

人流 人员的流动称为人流。人流就是要把能干而又能适应环境变动的人调到适当的岗位上去。

保证“三流”畅通，才能使经营管理系统取得最优的经济效果。

第二章 系统工程的步骤与主要作业

第一节 系统工程的准则与步骤

1. 系统工程的准则

系统是由许多部分（子系统）组成的，系统内各部分之间存在着相互作用与相互依存的关系，系统又处于动态发展中，具有输入和输出流动过程。这样系统内部与系统外部环境要发生错综复杂的联系和交换，所以对系统进行分析时，应遵循如下四个原则：

(1) 外部条件与内部条件相结合

环境的变化对一个系统有很大的影响，因此在分析一个系统时，应将系统内外部各种有关因素结合起来进行综合分析，以实现方案的最优化。

(2) 局部利益与整体利益相结合

在许多实际问题中，局部利益与整体利益会发生矛盾，此时我们要求整体利益的最优化。亦就是说如果从局部分系统看是不经济的，但从全局看整个系统是最优的，我们就认为此方案是可行的。

(3) 当前利益与长远利益相结合

选择一个最优方案，不仅要当前的利益出发，而且还要从长远的利益考虑。对于一个对目前暂时不利，而对长远

有利的方案，从系统工程的角度来分析也应认为是可行的。

(4) 定量分析与定性分析相结合

系统工程必须将定量与定性两者结合起来分析，采用“定性——定量——定性”模式，才能达到优化目的。

2. 系统工程的工作步骤

系统工程，不管是对大的系统，还是对小的系统，研究的基本方法和步骤是一样的。系统工程的工作步骤一般可分下列几个方面：

(1) 明确目标 确定系统的总目标和达到此目标所采用的手段。由于复杂系统具有多目标和多方案性，因此可用图解的方式来描述目标与目标之间的相互关系，如图 2-1 所示。

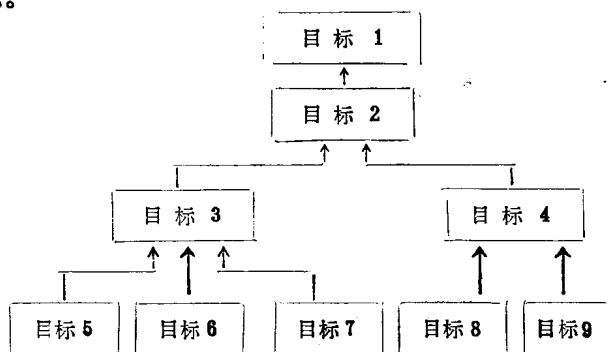
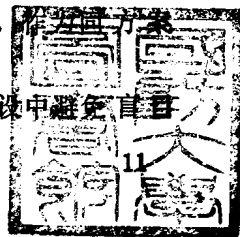


图 2-1 目标树

(2) 收集分析资料 资料是分析的基础。资料正确与否，直接影响到分析质量。资料要真实、先进、及时和全面。同时有重点地搜集与方案有关的国外资料，作为方案对比的参考。

(3) 可行性分析 可行性分析是在经济建设中避免盲目



性的一种科学的进行预先控制的方法。可行性分析就是针对目标和各子系统的指标要求,用科学方法制定出可能实现目标的各个可行方案。在列举各种方案时主要分析两点:一是所运用的方法是否可行?二是所采用的方案是否可靠。

(4) 建立模型 模型是对客观世界抽象的描述,它可将复杂的问题简化为易于处理的形式。模型是制定良好决策的基础。

(5) 最优选择 根据系统模型求解,获得满足系统目标的最优解。最优方案是以一定标准判定的,由于判定标准不同,会得到不同的结果。确定最优方案主要解决系统的最优计划、最优设计、最优管理等问题。

系统工程的工作步骤图如图 2-2 所示。

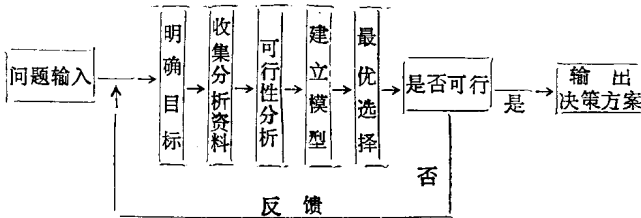


图 2-2

第二节 系统工程的主要作业

系统工程主要通过系统的模型化、系统的最优化及系统的综合评价这三个方面内容的研究,对系统进行定性和定量分析。它运用数量经济分析和管理科学方法,对特定问题找出其目标及各种可行方案,并进行比较,寻求最优方案供决策人员决策时采用。