

管理系统工程

许敖生 廖毓麒 刘令 李平 编



科学普及出版社

序 言

系统工程是现代科学的重要组成部分，它是以运筹学、控制论以及管理科学为基础而发展起来的一门新兴的横向学科。管理系统工程是系统工程的一个重要门类，是系统工程在企业经营管理方面的应用。搞活企业、提高效益、发展经济是当前我国一项十分重要而紧迫的工作。为此，我们有必要运用管理工程学的思想和方法，对企业进行系统而有效的管理，以便创造企业最佳的经济效益，为有中国特色的社会主义经济增辉。

本书从我国企业管理实际出发，结合作者多年的教学实践体会，阐述管理系统工程基本原理和经实践证明是行之有效的方法，并辅以案例和习题。既适合企业管理干部阅读参考，又可作为大专院校有关专业的教材或参考书。

该书由湖南财经学院许敖生、廖毓麒、刘令、李平同志共同编写。（其中第一、五章由许敖生同志执笔；第三、七章由廖毓麒同志执笔；第四、六章由刘令同志执笔；第二章由李平同志执笔。）全书由湖南财经学院经济管理系系主任许敖生付教授主审。

编写过程中，参考并引用了许多著作、论文的有关部分。在此，向提供素材的各位作者致真挚的谢意。

由于时间仓促、水平有限，书中疏忽之处在所难免，恳请广大读者指点。

编 者

1991年10月于长沙

目 录

第一章 管理系统工程原理	(1)
第一节 系统工程概述.....	(1)
第二节 系统分析.....	(21)
第三节 系统模型.....	(40)
习题.....	(52)
第二章 可行性研究	(54)
第一节 可行性研究概述.....	(54)
第二节 财务评价方法.....	(64)
第三节 国民经济评价.....	(90)
第四节 不确定性分析.....	(110)
第五节 方案比选方法.....	(114)
第六节 案例.....	(117)
习题.....	(137)
第三章 库存控制技术	(139)
第一节 库存控制技术概述.....	(139)
第二节 确定型库存控制技术.....	(144)
第三节 不确定型库存控制技术.....	(171)
第四节 A B C分类库存控制法.....	(183)
第五节 案例.....	(187)
习题.....	(192)
第四章 层次分析法	(195)
第一节 层次分析法的基本原理.....	(195)
第二节 层次分析法的基本步骤.....	(197)

第三节 案例.....	(206)
习题.....	(221)
第五章 系统价值分析.....	(222)
第一节 价值分析概述.....	(222)
第二节 分析对象的选择与情报收集.....	(232)
第三节 系统的功能分析.....	(243)
第四节 方案创造与制订.....	(258)
第五节 方案评价与优选.....	(262)
第六节 案例.....	(274)
习题.....	(278)
第六章 线性规划与企业管理.....	(280)
第一节 线性规划问题与数学模型.....	(280)
第二节 线性规划问题解的性质.....	(285)
第三节 单纯形法与企业管理.....	(298)
第四节 表上作业法与企业管理.....	(334)
第五节 图上作业法与企业管理.....	(362)
第六节 案例.....	(375)
习题.....	(381)
第七章 企业投入产出分析.....	(388)
第一节 投入产出分析概述.....	(388)
第二节 企业实物型投入产出表.....	(390)
第三节 企业价值型投入产出表.....	(412)
第四节 企业投入产出表的编制.....	(433)
第五节 企业投入产出成本——价格模型.....	(442)
第六节 企业投入产出财务模型研究.....	(458)
第七节 企业投入产出优化模型.....	(469)
习题.....	(475)

第一章 管理系统工程原理

第一节 系统工程概述

一、系统

(一) 系统的概念

“系统”这个词早为人们所熟悉和应用，如人体的消化系统和呼吸系统，社会中的工业系统、财贸系统、文教系统、邮电系统，一台机床的动力系统、机械系统等等，可以说系统是无处不有。

系统的确切含义依照学科不同、使用方法不同和解决的问题不同而有所区别。国内外通用的解释是，“系统”乃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。

各系统的组成部分可以千差万别，系统的大小也可以相差悬殊，但它们都具有一些共同的性质，或者说具有基本的系统特征。

(1) 集合性。指系统是由两个以上要素组成的整体。一个要素构不成系统。复杂系统是由大量的设备、元素、人与工作过程组成的集合体。

(2) 相关性。指系统的各个组成部分是相互联系、相互制约的。某一元素的变化，会影响另一些元素的变化。有了相关才会产生集合，没有相关性也就没有集合性。系统分析不仅要

看到系统内部的相关性，同时还应看到系统与外部环境的关联性。例如，工厂排出的污水、废渣、有害气体往往会严重污染农产品、土壤、地下水和空气，对生物圈中的动植物以及人类生态平衡产生不良后果，系统工程的主要目的之一就是找出它的回路，把恶性循环消灭或控制在初始阶段，同时促进良性循环的发展。

(3)目的性。指系统要有明确的目标。我们设计一个系统是为了获取它的功能，例如，一个企业管理系统的基本功能就是合理地组织企业的人员、物资、资金、信息等流程，以便有效地向社会提供所需的产品，并提高企业的经济效益。为此，就必须把企业的销售、计划、生产、供应、财务、人事等部门当作一个有机的整体组织起来，发挥各自的特定功能，达到总目标，即以较少的劳动消耗和资金占用量，在规定的时间内提供更多的符合品种、规格及质量要求的产品。

在完成系统总目标的要求下，首先制定总目标及总功能，并层层分解，落实到各基层组织，明确其责任、岗位，使之协同地工作。

(4)整体性。指系统元素之间相互关系及元素与系统之间的关系，以整体为准进行协调。局部服从整体，以整体效果为最优。

在研究一个系统的时候，不仅要研究其各个组织部分的特性和功能，还需要研究各组成部分之间的相互作用和相互影响以及它们形成的总体特性和功能。往往有这样的情况，系统的各个组成部分并不优越，但它们组成一个整体系统却可以具有优越的性能。反之，也有各个组成部分是优越的而作为一个整体的系统却不具备优越的性能。日本检查苏联的一架米格25型

飞机，发现飞机上有些零、部件并不是最先进的，但米格25的爬高能力和飞行速度却是当时世界上第一流水平。其经验就是在设计时从整机考虑这两种性能的最优性，而不是着眼于个别零、部件是否最佳。

5、适应性。指系统对外境变化之适应程度。系统必须适应环境的变化才能生存，反之，系统也要能动地改造环境，达到与环境的融合协调。如发电厂系统必须能适应原料的变化：水、煤、油、汽等。又如，一个企业，处于社会环境之中，它受政府法令和政策的约束；它供给社会消费者的需求；它输入原材料、半成品、电力、能源动力；它和其它企业进行协作和竞争；在它输出产品的同时又输出污水、废气、废渣，对自然环境产生公害和影响。以上都属于企业系统与环境相互间的作用。

鉴于系统的基本性质，人们又定义了“系统思想”这一名词，即按系统的基本性质分析处理问题的思想。但从以上的内容看，无论是系统，还是系统思想，实际属于辩证唯物主义的思想范畴。辩证唯物主义认为：物质世界是由无数相互联系、相互依赖、相互作用的事物和过程形成的统一整体。这种普遍联系及其整体性思想，就是前面所说的系统思想。辩证唯物主义不是20世纪的产物，而朴素的辩证唯物主义思想更是早已存在于人类的生产实践之中。钱学森教授有两段很好的论述：“系统作为一个概念既不是人类生来就有，也不是象有些外国人讲的那样，是20世纪40年代突然出现的東西。系统概念来源于古代人类的社会实践经验，所以一点也不神秘。”“……局部与全部的辩证统一，事物内部矛盾的发展与演变等，本来是辩证唯物主义的常理，而这就是‘系统’概念的精髓。以前在

科学技术中不注意系统概念的运用，正是受了科学技术早年历史的影响。”

科学家们自觉地理解系统思想并应用它，则是 20 世纪中期的事，正因为如此，他们就把系统思想作为 20 世纪的创造。

（二）系统的分类

系统进行分类的方法很多，从不同的角度有不同的分类方法。下面仅介绍几种常用的分类形态：

1. 自然系统与人工系统

自然系统是由自然界某些自然物相互作用而形成的系统，它的组成部分是自然物，其特点是自然形成的，如海洋系统、生物系统、生态系统、大气系统等。

人工系统是由人工方法建立起来的系统，它的组成部分是人为地产生出来的，即为达到人们所需求的目的，由人建立起来的系统。如生产、交通、经营管理等系统。这类系统一般包括三种类型：一是由人将零部件装配成工具、仪器、设备，以及由它们所组成的工程技术系统；二是由一定的制度、组织、程序等所组成的管理系统和社会系统；三是根据人对自然现象和社会现象的认识不断深化而建立的科学技术系统。

实际上，多数系统是自然系统与人造（人工）系统相结合的复合系统，因为许多系统是有人参加活动，由人们运用科学力量，认识、改造了的自然系统。如社会系统，看起来是一个人工系统，但是它的发生和发展是不以人们的意志为转移的，是有其内在规律的。从人类发展的需要看，其趋势是越来越多地发展和创造更新的人造系统。了解自然系统的形成及其规律是建立人造系统的基础。

2. 实体系统与概念系统

这是从另一个角度分类得到的两种系统。物体系统的组成要素是物质实体。例如，由机械、能源、矿物、生物等所组成的系统。而概念系统是由概念、原理、原则、制度等非物质实体所组成的系统。

在现实生活中，实体系统和概念系统两者是不可分割的，概念系统为实体系统提供指导和服务，而实体系统是概念系统的服务对象。例如，机械系统就其属性而论是实体系统，但要利用它，使它产生作用，就需要一定的使用方法，作为这种使用方法的步骤和手续的系统就是概念系统。

3. 开放系统与封闭系统

开放系统是指与外部环境有交换的系统，如一个企业系统就是开放系统，它与社会有物质、能量、信息等的交换。有时人们需要把一个系统与外部环境分开，使它们之间没有什么联系，也就是无任何形式的交换，这样的系统称为封闭系统。

4. 静态系统与动态系统

静态系统是指决定系统的一些因素不随时间而变化的系统。反之，这些因素随时间推移而不断变化的系统称为动态系统。

5. 控制系统与行为系统

控制系统是具有控制功能和手段的系统。控制就是为了达到某个目的给对象系统所加的必要动作。控制对象要由控制装置操纵，使其符合规定的目的。当控制系统由控制装置自动进行时，称之为自动控制系统。

行为系统是以完成目的的行为作为组成要素而形成的系统。社会系统、经济系统都可看作是行为系统。

具体的系统形态可能千变万化，但是基本上可以看作是由上述各种系统形态相互组合而形成的。它们之间是相互交叉和相互渗透的。

（三）系统概念举例

某一火力发电厂系统如图1—1所示：

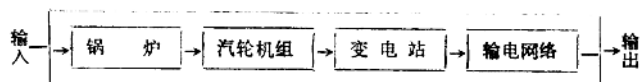


图1—1

它的集合性：由锅炉、汽轮机组、变电站、输电网络等部分组成系统。

它的相关性：是输入燃料经锅炉产生动力，再推动汽轮发电机组发电，送变电站处理后，通过输电线路输出给用户。

它的目的性：是变热能为电能。

它的适应性：是利用各种燃料均能发电，满足用户的用电要求。

它的整体性：是以发电量多、成本低、供电质量高为准，来建立火力发电厂系统。

二、系统工程

系统工程(SYSTEMS ENGINEERING)是国外20世纪70年代发展起来的一门新兴科学，它不仅是一门综合性很强的技术科学，也是一种现代化的组织管理技术。目前已被广泛应用在军事工程、工农业生产规划、经济管理、交通运输、城市规划以及环境保护等方面，发挥着十分重要的作用。

（一）什么是系统工程

国内外对系统工程的解释有着各种不同的提法，从不同的角度来看，对其亦有着不同的理解，下面是综合各种提法的

基本概念：系统工程是组织与管理系统的规划、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。这里明确地表述了三层意思：一是，系统工程属工程技术，主要是组织管理的技术；二是解决工程活动全过程的工程技术；三是这种技术具有普遍的适用性。为了进一步说明什么是系统工程，下面用对比的方法把它具体化。

1. 传统工程概念在处理问题时的法则

我们把电子计算机出现和应用之前的工程称为传统工程。用公式表示如下：

$$\text{传统工程} = \text{常识} + \text{专业工程知识}$$

这里讲的“常识”包括两个方面的内容：一是逻辑思维；二是普通的基本科学定律。专业工程知识是指某一具体系统所需的特有的规律和方法。

2. 系统工程概念在处理问题时的法则

它是在传统工程的基础上（并不排斥和抛弃传统工程），运用系统观点、数学方法、电子计算机技术及其他科学技术，相互渗透和综合而形成的一大门类的工程技术。用公式表示如下：

$$\text{系统工程} = \text{传统工程} + \text{系统观点} + \text{数学方法} + \text{电子计算机技术}$$

对上述表示公式的含义解释如下：

（1）传统工程的含义如上所述，它是一切工程的基础，也可以说它是系统工程的初级阶段。

（2）系统观点的含义主要包括三个方面：整体性、综合性和最优性。

所谓整体性，就是把研究对象作为整体看待，全面辩证地

看问题。也就是要保持系统整体的均衡性和一致性。

所谓综合性,有两重含义:一方面认为整体都是以这些或那些要素为特定目标而组成的综合体;另一方面要求对任一对象的研究,都必须从它的成份、结构、功能、相互联系方式、历史发展、外部环境等方面,进行综合的考察。现代科学技术发展的趋势是“技术突破型”越来越少,而“系统综合型”越来越多。这就要求我们运用各种学科、各种技术互相渗透,互相融合,创造出新的技术综合体。

所谓最优化,从广义上讲,优化是使一个决定或设计的系统尽可能地有效、完善;从狭义上讲,优化是从众多的方案中找到实现目标的最好途径和方法;从数学定义上讲,优化是指在某些约束条件下使目标函数达到极大值或极小值。最优化是传统方法所不能做到的。系统观点的最优化,可以用数学的方法建立系统优化模型,然后用最佳方法和技术手段,求得系统的最优化结果,使系统达到总体最优。

总之,系统观点是一种立足整体,统筹全局,使整体与部分辩证地统一起来的科学观点。它将分析与综合有机地结合,并用数学语言对系统进行定量地、精确地描述。

(3) 数学方法的含义是指用数学各分支所提供的概念、方法和技巧,对系统运动状态和规律进行数量方面的描述、计算和推导,从而对问题做出分析和判断。

(4) 电子计算机技术是指用电子计算机的快速、准确的计算能力、逻辑判断能力和人工模拟能力,对系统进行定量计算和分析,为解决复杂系统问题提供手段和工具。

(二) 系统工程的基本方法

系统工程的基本原理,就是用搞工程的办法搞组织管理。

具体地说，以系统为对象，把要组织和管理的事物，用概率、统计、运筹、模拟等方法，经过分析、推理、判断、综合，建成某种系统模，进而以最优化的方法，求得系统最佳化的结果。亦即经过工程的过程，使系统达到技术上先进、经济上合算、时间上最省、能协调运转的最优效果。

60年代以来，又有许多学者对系统工程的方法进行了大量的研究工作。但是，企图找到一种能够处理世界上所有问题的标准方法的想法是不现实的，实际上也是不可能做到的。实践证明，尽管没有这样一种通用的标准方法，总还可以找到一种能适应各种不同问题的思想方法。目前，论证比较全面而又有较大影响的是美国学者霍尔在1969年所提出的系统工程三维结构。

系统工程三维结构就是将系统工程的活动，分为前后紧密连接的七个阶段和七个步骤，同时考虑到为完成各阶段和步骤所需要的各种专业知识。这就为解决规模较大、结构复杂、涉及因素众多的大系统，提供了一个统一的思想方法。三维结构是由时间维、逻辑维、知识维组成的立体空间结构，如图1—2所示。

（三）系统工程实例——阿波罗登月计划

阿波罗登月计划已过去二十多年，但它不愧是一个突出、典型的系统工程实例。因此，我们这里仍用它作为一个典型例子，帮助读者理解什么是系统工程。

阿波罗登月计划是1961年5月提出的，1969年7月实现了人类第一次登上月球。用于该计划的资金总额达240亿美元，参加的科技人员有42万，遍布美国二万多个工厂分工承制七百万个零部件，这些零部件都要按规定时间集中到肯尼迪宇航中，

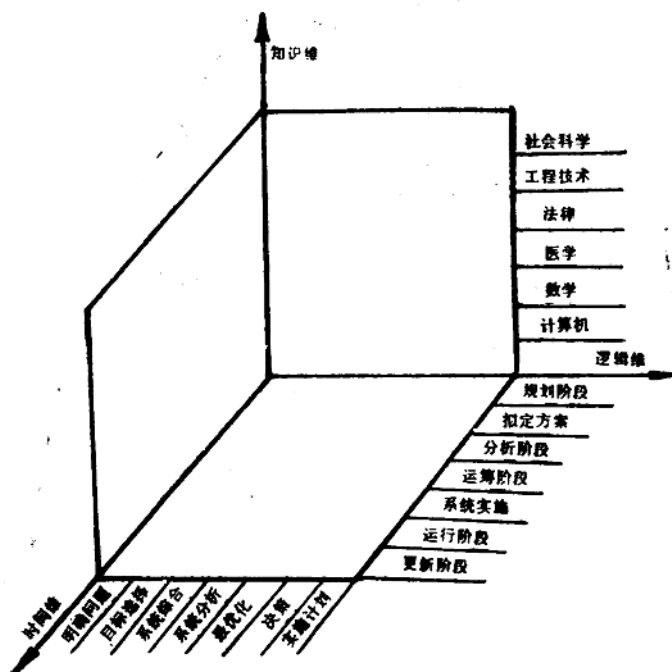


图1—2

心进行组装。计划实现的结果，登月过程主要环节的计划时间与实际完成时间只有几分钟的误差，如登月舱离开月面并爬高的计划时间与实际时间完全相同，返回地球的轨道时间仅提前一分钟，在大平洋中部溅落的时间比计划提前一分钟。少数环节的计划与实际时间误差大一点，如宇航员走出登月舱踏上月面的时间比计划时间提前三小时二十三分，宇航员回到登月舱

的时间比计划时间提前三小时三十一分钟。从这些数字看，这项计划是成功的。

阿波罗登月计划提出后，在现代科学技术上要解决的一系列新问题，差不多涉及到现代科学技术的各个领域。下面列举几点：

1. 火箭技术

1961年提出计划时，只有一种推力为170吨的阿特拉斯火箭，它远远不能把重达几十吨的飞船送入轨道，必须研制一种威力更大的火箭。经过八年多的时间，制出了土星五号运载火箭，它的推力达到3400吨，为原来推力的二十倍之多。

2. 制导技术

宇宙飞船上只有三名宇航员和小型电子计算机，而大部分的程序、分析、判定工作都由地面上的大型计算机完成，从地面发射无线电指令来操纵飞船。显然，没有精密的制导技术，要指挥四十万公里外的飞船，按预定计划完成各项动作和飞行任务是是不可能的。

3. 通信

地面上要与宇航员保持不断的电话联系，飞船上的各种遥测数据要不断送回地面，这些电信号都要经过四十万公里的长距离传输，何况它还在不停地运动，难度可想而知。

4. 确保零部件质量的可靠性

飞船有七百多万个零部件，其中许多零部件又由大量的电子元件所组成。在这大量的零、部件和电子元件中哪怕是有个别的次品、不合格品混在里面，均会造成严重的后果。

在阿波罗计划的最初一年，解决了近万个象这样大大小小的技术问题、经济问题，才决定了最经济、最迅速和最可靠

的载人登月飞行方案。

这么庞大而复杂的计划，动员这么多的人力，花费这么多的资金和物资，最后不但实现了登月目标，而且达到了高度的精确度。这只靠过去一般的先进的工程技术是不能实现的，重要的是需要一个极为精明能干的组织管理者。而这样的组织管理者不是任何天才所能担任的，也不是少数几个人组成的集体可以实现的，而是要靠系统工程。

下面介绍阿波罗计划实施过程中的三个方面的工作：

1. 建立强有力的管理组织机构，明确职责分工

在国家宇航局设立阿波罗计划办公室，主管全部工作。在该局所属的三个研究中心分别设立阿波罗项目办公室，接受计划办公室的领导，分管各项任务。

计划办公室与项目办公室的职能是：

- (1) 项目的计划与控制；
- (2) 系统分析；
- (3) 可靠性与质量保证；
- (4) 试验；
- (5) 操作实施。

各项工作都分别设立了主管部，它们经常考虑和处理的内容是工程进度、成本费用和技术性能。

2. 制定和选择各种方案

计划办公室成立后，首先是为实现登月选择飞行方案。开始构思时，想使用整个宇宙飞船在月面软着陆的方案，这样土星五号火箭也力不胜任，需要研制一种比土星五号还要大一倍的新型运载火箭。后来，提出了用两枚土星火箭分别发射载人航天飞行器和液氧贮箱到地球轨道上再组装一起的地球交会式方

案，这样可以不必另起炉灶研制新火箭。最后，又提出飞船不在月球上着陆，只用飞船携带的登月舱在月面着陆。完成任务后登月舱再由月球飞向绕月轨道与主舱对接，称为月球轨道交会的方案，仅靠一枚土星五号运载火箭就可以办得到。对三种飞行方案从技术因素、工作进度、成本费用和研制难易程度等方面进行分析，权衡得失利弊。

在技术因素中，分别考虑了性能、制导精度、通讯与跟踪、飞行成功率等问题。经分析，第一方案在性能、制导精度、通讯与跟踪方面最好，第二方案在飞行成功率方面最差，只是其它两方案的三分之二，性能方面也难提高，第三方案在资料因素上并不突出，仅在性能与飞行成功率上与第一方案相等，其他方面均不及第一方案，但优于第二方案。

接着进行了研制难易程度的比较。经综合分析研究，第三方案比较容易实现。

最后，从进度和费用作了比较，根据计算第三方案比前两个方案可提前几个月完成，而且研制费用比前两个方案低百分之十。

结论是第三方案最能确保在最短时间内最经济地完成阿波罗计划的全部目标。

这些研究很多是依靠所制作的模拟模型来进行的，有关模拟问题下节作叙述。

3. 管理过程和管理工作

管理过程的第一方面是确定该计划的基本要求，并采用“工作细分结构”的系统分析法，把整个计划由上而下逐级分成项目、系统、子系统、任务、分任务等六个层次。使用这种分析法的好处是：