

安装工程系统优化与施工技术

赵兴仁 殷志建

编著

张益民 张鲁龙

科学技术文献出版社

安装工程系统优化与施工技术

赵兴仁 殷志建

编著

张益民 张鲁龙

科学技术文献出版社

安装工程系统优化与施工技术

赵兴仁 殷志建 张益民 张鲁龙 编著

科学技术文献出版社出版

(北京复兴路15号 邮政编码100038)

中国科学技术情报研究所重庆分所印刷厂印刷

新华书店重庆发行所发行 各地新华书店经售

787×1092毫米 16开本 20印张 498千字

*

1992年3月第1版 1992年3月第1次印刷

印数, 1—8000册

科技新书目, 257—118

ISBN 7-5023-1547-0/TU·5

定 价: 11.00元

内 容 提 要

本书从管理优化和施工优化的角度出发，以系统工程、现代管理和科学的安装工程施工技术为主要内容，介绍了安装工程的施工管理优化及典型机械设备的安装方法。

本书第一篇介绍了安装工程的基础理论，即安装工程施工系统分析、系统模型化技术、系统优化技术和系统网络技术。第二篇介绍了安装工程的现代化管理，如供应、质量、设备、施工管理以及典型安装工程施工组织优化设计和典型机械设备（锅炉、压力容器、离心式压缩机和活塞式压缩机）的安装施工技术。

本书供全国高等学校设备安装专业和工程管理专业教师和学生使用，也可供全国施工安装、施工管理工程技术人员及管理干部使用，并可作为全国安装企业技术培训、管理理论培训的教材和主要参考书。

（此部分为模糊文字，内容不可辨识）

目 录

前 言

第一篇 安装工程施工管理的理论基础	(1)
第一章 系统与系统工程	(1)
第一节 系统的意义与性质	(1)
第二节 系统的形态	(4)
第三节 系统工程	(4)
第四节 系统分析	(7)
第五节 系统的综合评价	(8)
第二章 系统模型化技术	(12)
第一节 系统模型与系统辨识	(12)
第二节 系统模型分类	(13)
第三节 系统数学模型实例	(13)
第四节 图论初步	(19)
第五节 系统结构模型解析法(ISM)	(22)
第三章 系统优化技术	(27)
第一节 系统规划技术	(27)
第二节 线性规划(LP)	(28)
第三节 整数规划(IP)	(38)
第四节 非线性规划(NLP)	(42)
第五节 几何规划(GP)	(51)
第六节 动态规划(DP)	(60)
第七节 多目标问题	(70)
第四章 系统网络计划技术	(80)
第一节 网络计划技术的原理和方法	(80)
第二节 关键线路法(CPM)	(85)
第三节 计划评审技术(PERT)	(93)
第四节 有时限的网络计划(TCPM)	(98)
第五节 决策关键线路法(DCPM)	(101)
第六节 图解评审技术(GERT)	(105)
第七节 模糊评审技术(FERT)	(108)
第二篇 安装工程管理与施工技术	(115)
第一章 安装工程管理概论	(115)
第一节 安装工程管理概论	(115)
第二节 电子计算机	(129)
第三节 程序	(131)

• 1 •

第四节	电子计算机在安装工程中的应用	(134)
第二章	安装工程的供应管理	(138)
第一节	安装工程供应管理的内容及程序	(138)
第二节	采购订货及委托加工的管理	(139)
第三节	安装工程用物资器材的运输验收与仓库管理	(143)
第四节	安装工程用物资消耗定额	(146)
第五节	安装工程用物资储备定额	(150)
第六节	安装工程价格指数的编制	(152)
第三章	安装工程的质量管理	(155)
第一节	安装工程的质量管理过程	(155)
第二节	安装工程质量管理的统计分析方法	(158)
第三节	安装工程中新的质量管理方法	(167)
第四节	安装工程质量的目标管理	(169)
第四章	安装工程的设备管理	(173)
第一节	设备管理的任务与设备的选择和评价	(173)
第二节	设备的使用与维修	(175)
第三节	设备的改造与更新	(180)
第四节	设备维修与管理的考核与评价	(183)
第五节	设备运行中的失效理论	(185)
第五章	安装工程的施工管理	(188)
第一节	施工技术管理概论	(188)
第二节	安装工程合同的管理	(194)
第三节	安装工程施工组织设计	(197)
第四节	大型合成氨厂H ₂₂ -165/320氮氢气压缩机站安装施工的优化设计实例	(199)
第五节	安装工程施工预算及任务书	(212)
第六节	安装工程竣工管理	(214)
第六章	安装工程施工	(218)
第一节	安装工程的施工程序及内容	(218)
第二节	安装工程的范围、组织与准备	(220)
第三节	机械设备的基础施工技术	(226)
第四节	地脚螺栓与垫铁的施工技术	(235)
第五节	二次灌浆施工技术	(240)
第六节	安装工程中的校准	(241)
第七章	锅炉与压力容器安装施工技术	(246)
第一节	锅炉与压力容器安装施工准备阶段	(247)
第二节	锅炉安装施工技术	(248)
第三节	锅炉的水压试验、烘炉、煮炉及升压试验	(254)
第四节	压力容器的制造工艺	(256)
第五节	球形贮罐的安装	(262)
第六节	球形贮罐的焊接	(264)
第七节	球形贮罐的试验	(267)
第八章	离心式压缩机安装施工技术	(269)
第一节	离心式压缩机的结构	(269)

第二节	离心式压缩机安装前的准备工作	(275)
第三节	增速器的安装	(277)
第四节	离心式压缩机的底座、下气缸和轴承座的安装	(278)
第五节	轴承、转子和隔板的安装	(282)
第六节	离心式压缩机的试车	(283)
第七节	离心式压缩机试车时的故障及排除方法	(285)
第八节	压缩机的特性曲线及调节方法	(287)
第九章	活塞式压缩机安装施工技术	(291)
第一节	活塞式压缩机的结构	(291)
第二节	压缩机基本部分的安装施工技术	(297)
第三节	压缩机气缸部分的安装施工技术	(299)
第四节	压缩机组安装质量验收技术文件及记录	(301)
第五节	活塞式压缩机的试车	(303)
第六节	活塞式压缩机循环油润滑系统和注油系统的试车	(304)
第七节	活塞式压缩机的负荷试车	(305)
第八节	气缸与活塞安装间隙的测定方法	(308)
参 考 文 献		(311)

安装工程系统管理的理论基础

第一章 系统与系统工程

第一节 系统的意义与性质

一、系统的定义

系统的行为不是个体行为，而是一种群体（整体）行为，为达到预定的目的，有组织、有秩序地进行协调活动，体现出一定的功能。我们可以给系统下如下的定义：

系统是由两个或两个以上相互联系的向同一目的行动的元素所构成的集合。

二、系统的特征

（一）系统的集合性

1. 确定系统

凡是可以用品集来定义的系统称为确定系统。

（1）确定系统的外延性定义

若集 s 的元素为 x ，则可记为 $x \in s$ ，对于确定系统 s 可以表示为

$$s = \{x\} \quad \text{或} \quad s = \{x_1, x_2, \dots, x_n\} \quad (1-1-1)$$

而 $x_i (i=1, 2, \dots, n)$ 即为系统 s 的外延。外延性定义一般用于有限系统。

对于确定系统的属性可以用特征函数表示为：

$$G(x) = \begin{cases} 1 & x \in s \\ 0 & x \notin s \end{cases} \quad (1-1-2)$$

由此可见，确定系统服从二元逻辑 $\{0, 1\}$ ，见图1-1-1。

（2）确定系统的内涵性定义

若令 $p(x)$ 为一种命题（反映系统元素的内涵），则确定系统内涵性定义可表示为

$$s = \{x \mid p(x)\} \quad (1-1-3)$$

例如数学中的偶数系统可表示为

$$s = \{x \mid x = 2n\}$$

式中 n 为自然数。

内涵性定义一般用于无限系统。

2. 随机系统

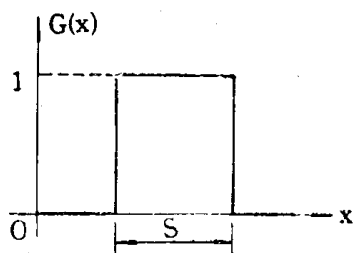


图1-1-1 特征函数

若经典集 $s=\{x|p(x)\}$ 中 $\{x\}$ 为样本空间， $f(x)$ 为样本空间的概率分布函数，则

$$s=\{x|f(x)\} \tag{1-1-4}$$

为随机系统。

3.模糊系统

用模糊子集(Fuzzy, Set) s 定义的系统，即

$$\underline{s}\{x|\underline{\mu}_s(x)\} \tag{1-1-5}$$

式中 $\underline{\mu}_s(x)$ 为模糊子集 s 的隶属函数 $\underline{\mu}_s(x)$ 。并有

$$0\leq \underline{\mu}_s(x)\leq 1 \tag{1-1-6}$$

经典系统为二元逻辑 $\{0, 1\}$ ，而模糊系统为连续逻辑 $[0, 1]$ 。隶属函数反映模糊系统的模糊分布。如图 1-1-2所示。

对于模糊系统的表示，查德(L.A.Zadeh)教授提出对于有限模糊子集可表示为

$$\underline{s} = \sum_{i=1}^n \underline{\mu}_i/x_i \tag{1-1-7}$$

对于无限模糊子集可表示为

$$\underline{s} = \int_{x \in U} \underline{\mu}_s(x)/x \tag{1-1-8}$$

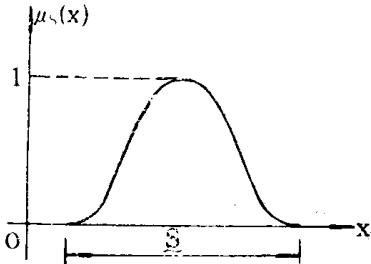


图1-1-2 模糊分布

(二)系统的结构性

系统的结构体现在关系、层次、有序三个方面。

1.关系R

设 $x \in s$, $x_i R x_j$ 构成系统的结构，故系统可以表示为

$$s=\{x|R\} \tag{1-1-9}$$

或
$$s=\{x|x_i R x_j\} \tag{1-1-10}$$

关系R是一个十分广的概念，可以是函数、相关、次序、对称、隶属、同构和同态等等。

2.层次

系统： $s=\{s_i \subset s | R_i\}$

子系统： $s_i=\{s_{ij} \subset s_i | R_{ij}\}$

⋮

⋮ $s_{ijk\dots n}=\{x \subset s_{ijk\dots n+1} | R_{ijk\dots n+1}\}$

$$\tag{1-1-11}$$

3.有序性

设系统 s 有 n 个元素，每一元素与其它元素之间存在 k 种关系，则总共有 $N=k^n$ 种关系，第 i 个关系出现的概率为 p_i ，则系统的无序性可以用熵

$$H= \sum_{i=1}^N p_i \log_2 p_i \tag{1-1-12}$$

来表示。

那么系统的有序性可以用负熵表示为：

$$I= - \sum_{i=1}^N p_i \log_2 p_i \tag{1-1-13}$$

上式中负熵I也是信息论中的信息量。系统的有序度可表示为：

$$r = \frac{H_{max} - H}{H_{max}} = 1 - \frac{H}{H_{max}} \tag{1-1-14}$$

熵是不可逆的，熵的增加意味着系统老化，当熵达极大值时，系统消亡。故

当 $H=H_{max}$ 时， $r=0$ ：系统完全无序（消亡）

当 $H=0$ 时， $r=1$ ：系统完全有序（新生）

信息量可使系统熵呈梯度减小，延长系统的寿命。

(三)系统的目的性

1.功能

任何系统都必须具有一定的功能，否则无法完成系统的目标。

一般来说系统功能可用变换 f 来表示，见图1-1-3。



图1-1-3 系统的功能

变换 f { 物质变换 m
能量变换 e
信息变换 i



图1-1-4 物流、能流与信息流的关系

在这些变换中信息流 i 是主体，而物质流 m 与能量流 e 是信息流 i 的载体，见图1-1-4。

2.目的

系统的目的，在数学模型中用目标函数 s 来表示，系统的目的是使目标函数取极值，这就是所谓系统的优化技术。即要求：

$$opt\ s \qquad opt = \begin{cases} max\text{问题} \\ min\text{问题} \end{cases} \tag{1-1-15}$$

(四)系统的适应性

任何系统都是处在一定的环境之中，而且必须适应环境的变化，因此一个系统不可能是一个封闭系统，而必须是一个开放系统。

1.系统的开放性

一个系统必须经常与环境 E 进行物质 m ，能量 e 和信息 i 的交换，只有这样才能维持系统的生命，见图1-1-5。

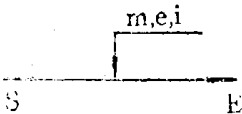


图1-1-5 系统的开放性

2.系统的动态性

系统必须随时适应环境的变化，因此系统的结构也必须随时间而变化，这就是系统的动态性。

$$\text{系统结构} = f(t) \tag{1-1-16}$$

3.系统的可控性

系统必然会受到环境的随机干扰，因而输入虽然是可控变量，但输出就成为随机变量。为了使输出始终控制在最优状态，故必须将系统设计成反馈控制系统，使系统成为可控系统，并使之成为稳定系统。

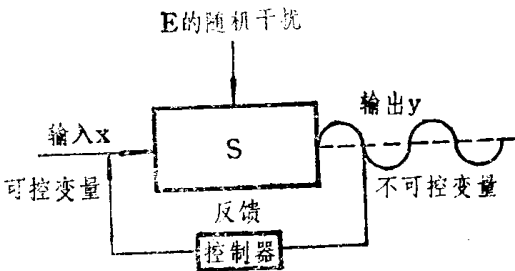


图1-1-6 可控系统

第二节 系统的形态

一、自然系统与人造系统

自然系统是由自然物作为元素所组成的系统，而人造系统是由人造物作为元素所组成的系统。

实际上，大多数系统是自然系统与人造系统的复合系统，如在人造系统中，有许多是人们运用科学力量，认识、改造了的自然系统。随着科学技术的发展，出现了越来越多的人造系统。但是，随着人造系统发展的同时，破坏了自然生态系统的平衡，使自然环境受到破坏，造成严重的环境污染，甚至出现了威胁人类生存的局面。近年来，系统工程愈来愈注意从与自然系统的关系中来研究和开发人造系统。

二、实体系统与概念系统

以实物为元素的系统均为实体系统。而以概念、原理、原则、方法、制度、程序等观念为元素的系统均为概念系统。

在实际工程中，实体系统和概念系统在多数情况下是相辅相成的，实体系统构成硬件，概念系统构成软件，硬件是基础，软件是指导。

三、动态系统与静态系统

系统状态变量是时间的函数均为动态系统，若系统模型中不含时间因素即为静态系统。静态系统是动态系统的一种特殊情况与极限情况，即处于稳态的系统。

四、控制系统与行为系统

为了达到某个预定目标而对系统进行控制而构成的系统为控制系统。当控制系统由自动控制装置构成时称之为自动控制系统。

行为系统是以完成目的行为作为构成元素而形成的系统。一般来说，人造系统都是行为系统。

第三节 系统工程

一、系统工程的定义

对于系统工程的定义有各种说法，下面选择有代表性的加以列举：

1. 1967年美国切斯纳的定义

系统工程认为虽然每个系统都是由许多不同的特殊功能部分所组成，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。系统工程则是能够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互相适应。

2. 1967年日本工业标准JIS8121的定义

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。

3.1969年美国质量管理学会系统委员会定义

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。

4.1971年日本寺野寿郎的定义

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。

5.1977年日本三浦武雄的定义

系统工程与其它工程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科学。因为系统工程的目的是研制系统，而系统不仅涉及到工程学的领域，还涉及到社会、经济和政治等领域，为了适当解决这些问题，除了需要某些纵向技术以外，还要有一种技术纵横的方向把它们组织起来，这种横向技术就是系统工程。亦即研制系统所需的思想、技术、手法和理论等体系化的总称。

6.1978年钱学森等的定义

把极其复杂的研制对象称为系统，即由相互作用和相互依赖的若干组成部分结合成具有特定功能的有机整体，而且这个系统本身又是它所从属的一个更大系统的组成部分。……系统工程则是组织管理这种系统的规划、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。

由上述定义可见，系统工程是一门边缘科学(研究各学科的边界空白)、横向科学(是跨学科、跨领域进行横向渗透)、软科学(其研究对象是思想、方法、技术、设计、程序和软件等)、综合科学(自然科学与社会科学的综合)。因此，系统工程研究与应用的范围是极其广泛的。

二、系统工程的内容

系统工程主要是广泛研究各类系统的特性和共性，因此，它要应用一切领域的科技成果，形成适应性强的一大门类技术。系统工程主要内容有：系统工程概念；系统分析技术；系统模型技术；系统优化技术；系统预测技术；系统决策技术；网络分析技术；系统信息技术；系统控制技术；系统可靠性技术；系统模拟技术；人-机工程技术等。

三、系统工程的方法

系统工程方法论的基本特点归纳如下：

1.研究方法上的整体化

系统工程不仅把研究对象看作一个整体，同时，把研究过程也看作一个整体。

基于系统整体化的概念建立起一系列衡量系统效果的综合性指标，如价值寿命，效能/成本比、造价/维护费用比和时间价值等。上述指标只有根据整个系统的总目标来分析，才能作出科学的判断。

2.技术应用上的综合化

系统工程致力于综合运用各种学科和技术领域内所获得的成就。这种研究能使各种技术相互配合而达到整体系统的最优化。一般大规模的复杂系统几乎都是一个技术综合体。所谓技术的综合运用，并不是将各种技术进行简单的堆砌，而是从系统的总目标出发，将各有关

的技术协调配合,综合运用。

3.管理科学化

一个复杂的大规模工程往往有两个并行的过程,一个是工程技术过程,一个是对工程技术的控制过程。后一过程包括规划、组织、控制工程进度,对各种方案进行分析、比较和决策,评价选定方案的技术经济效果等,统称之为管理。

管理工作涉及组织结构、管理体制、人员配备和工作效率的分析,工作环境的布局,程序步骤的组织,以及工作进程的计划、检查与控制等问题的研究。近年来,发展起来的计算机管理信息系统,是进入信息化时代以来,管理科学化方面一项值得注意的重大成就。

四、系统工程的步骤

美国学者霍尔(A·D·Hall)在1969年提出系统工程三维结构,三维结构是由时间维、逻辑维和知识维组成的立体空间结构。

1.时间维

三维结构中的时间维表示系统工程活动从规划阶段到更新阶段时间排列的顺序,可分为七个工作阶段:

- (1) 规划阶段——谋求活动的规划和战略。
- (2) 拟订方案——提出具体的计划方案。
- (3) 研制阶段——实现系统的研制方案,并作出生产计划。
- (4) 生产阶段——生产出系统的零部件及整个系统,并提出安装计划。
- (5) 安装阶段——将系统安装完毕,并完成系统的进度计划。
- (6) 运行阶段——系统按照预期的用途服务。
- (7) 更新阶段——取消旧系统代之以新系统或进行系统更新,使之更有效地进行工作。

2.逻辑维

三维结构中的逻辑维是对每一工作阶段,使用系统工程方法来思考和解决问题的思维过程,可分成以下七个步骤:

- (1) 明确问题——通过系统调查尽量全面地收集和提供有关要解决问题的资料和数据。
- (2) 系统指标设计——在问题搞清后,应该选择具体的评价系统功能的指标(目标),以利于衡量所有供选择的系统方案。
- (3) 系统方案综合——主要是按照问题性质及总的功能(目标)要求形成一组可供选择的系统方案(可行方案),可行方案中明确所选择系统的结构和相应参数。
- (4) 系统分析——对所有可行方案,通过比较进行精简,并对精简后的方案进一步说明其性能和特点以及其与整个系统的相互关系。为了对众多的备选方案进行分析比较,往往通过形成一定模型,把这些方案与系统的评价目标联系起来。
- (5) 系统选择(最优化)——在一定的约束条件下,从各可行方案中选择出最优方案。单目标的系统最优化是较容易实现的,但可行方案数很多,评价目标有多个时,一般情况下其最优化是较困难的,要选出对所有指标都优的方案,一般是不可能的,这必须在各个指标间有一定的协调,可使用多目标最优化方法来选出最优系统。
- (6) 决策——由领导根据更全面的要求(与大系统的协调),最后决策一个或极少几个方案试行。
- (7) 实施——这是根据最后选定的方案,将系统具体实施。在实施过程中,若比较符合预

定目标，可略加修改或完善，并把它确定下来，整个步骤即告一段落；若问题较多，与预定目标偏离较大，则必须重新审查每一个步骤，有时甚至重新从头做起。

3. 知识维

三维结构中的知识维就是为完成上述各阶段、各步骤所需要的知识和各种专业技术，霍尔把这些知识分为工程、医药、建筑、商业、法律、管理、社会科学和艺术等。这充分说明各种专业知识在系统工程中的重要作用。

将七个逻辑步骤和七个工作阶段归纳在一起列成表格，称为系统工程活动矩阵。

第四节 系统分析

一、系统分析定义

系统分析就是有目的有步骤的探索和分析过程。对系统的目的、功能、环境、费用、效益等进行充分的调查研究，并收集、分析和处理有关的资料和数据，据此建立若干替代方案和必要的模型，进行仿真模拟试验；把试验、分析、计算的各种结果同预期的计划与目的进行比较和评价，最后整理成完整、正确与可行的综合资料，作为决策者选择最优系统方案的主要依据。

二、系统分析原则

1. 外部条件与内部条件相结合

环境的变化对系统有着很大的影响，在系统分析时，应充分注意到系统所处环境的可能变化，以及由此而引起对系统内部的影响，要增强系统的适应性，内部条件要服从外部条件。

2. 当前利益和长远利益相结合

选择一个最优方案，不仅要从目前的利益出发，而且还要考虑到将来的利益。如果所选方案对目前和将来都有利，这当然理想。但往往出现对目前不利，而对长远有利，此时应该以当前利益服从长远利益。

3. 局部效益与整体效益相结合

一个系统是由许多子系统组成的，如果每个子系统的效益都是好的，则整体的效益也会比较理想。但是，在实际工作中却不常是如此，大多数情况下，有些子系统从局部看是经济的，但是从全局看是不经济的，显然这种方案是不可取的，反之是可取的。我们要求的是整体效益化和最优化，局部效益要服从整体效益。

4. 定量分析与定性分析相结合

系统分析不仅要作定量分析，而且要进行定性分析。定性是指导，定量是基础。在定性分析指导下进行定量分析；在定量分析基础上进行定性分析。系统分析应遵循“定性一定量一定性”这一循环往复的过程。

三、系统分析的基本要素

1. 目的

系统目的是决策者的出发点。

2. 方案

实现某一目的，可采取多种手段，这些手段在系统分析中称为可行方案或替代方案。

3. 模型

模型是描述对象和过程的本质属性，不仅要确定其外延，而且要揭示其内涵。模型应有三个基本特征：

- (1) 它是现实系统的抽象描述；
- (2) 它是由一些与所分析的问题有关的主要因素所构成；
- (3) 它表明这些有关因素之间的关系。

4. 费用

用于方案实施的实际支出就是费用。

5. 效果

效果就是达到目的所取得的经济效益与社会效益的总和。

6. 标准

衡量可行方案的优劣指标就是评价标准。通过评价标准对各种方案进行综合评价，确定出各方案的优劣顺序。费用和效果的比较，可作为评价各方案的基本手段。

第五节 系统的综合评价

一、系统综合评价的概念

系统综合评价是系统工程中复杂而又重要的一个工作环节。系统综合评价是利用价值概念来评定任何系统，也可用来评定不同系统之间的优劣。

价值是一个综合概念，本身包含着很多因素，各个因素称为价值因素。它们之间存在着相互联系的关系，它们共同地决定着总的价值。系统的评价因素主要有：性能，进度，成本，可靠性，实用性，兼容性，适应性，生存能力，技术水平，竞争能力，能量消耗等。根据相对价值概念，他们是一个有序集，这可根据系统所处的实际环境来评定它们的顺序（序值），反映出它们的量化，可应用系统层次分析法。

系统的综合评价要考虑到系统的价值结构。系统是由各种资源按某一特定任务而形成的一个整体，因而系统的价值自然决定于所投入的资源。研究系统的价值结构基本上就是分析系统的价值和投入资源的关系，两者的关系一般表现为非线性，如图1-1-7所示。

图中：A点为下临界点，当投入的资源小于A点时，则完不成一件工作，因而不能提供价值；A到B为缓慢增长区；B到C为良好增长区，显然这是一个特别值得注意的区域；C到D为临界饱和增长区；D为上临界点。

价值和资源的非线性结构，在系统工程中有重要的实际意义。

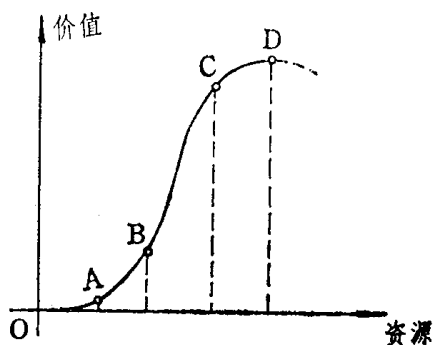


图1-1-7 价值和资源非线性关系

二、系统综合评价方法

1. 关联矩阵法

当存在着几个评价因素，而它们之间又没有约束时，可用关联矩阵法评价。这种方法是用于考虑各替代方案互相没有干涉和影响情况下的一种评价方法，如表1-1-1所示。

表 1-1-1

评价对象 \ 评价因素	a	b	c	d	综合评价值
	w ₁	w ₂	w ₃	w ₄	
A	a ₁₁	a ₁₂	a ₁₃	a ₁₄	$\sum_{j=1}^4 w_j a_{1j}$
B	a ₂₁	a ₂₂	a ₂₃	a ₂₄	$\sum_{j=1}^4 w_j a_{2j}$
C	a ₃₁	a ₃₂	a ₃₃	a ₃₄	$\sum_{j=1}^4 w_j a_{3j}$
D	a ₄₁	a ₄₂	a ₄₃	a ₄₄	$\sum_{j=1}^4 w_j a_{4j}$

表1-1-1中的评价对象是参与评价的方案，评价因素是根据评价观点所确定的评价项目，如经济性，可靠性，技术性能等。当各评价因素相对的权衡系数为w_j时，则评价对象的综合评价值w_i为

$$w_i = \sum_j w_j a_{ij}$$
 (1-1-17)

根据w_i值的大小进行比较，可选出最优方案。

2. 互相影响评价法

当各替代方案互相有影响时，可采用互相影响评价法进行综合评价。

首先，将通过比较法求出的综合评价值w_i，用百分数表示，即

$$w_{in} = \frac{w_i}{\sum_i w_i} \times 100\%$$
 (1-1-18)

其次，确定各评价对象之间的相互影响系数（干涉系数）β_{ij}，β_{ij}表示由于对象j的存在对对象i的影响程度（干涉度），如果由于j的存在促进对i的影响，则采用正值（+）。相反，如降低i的影响时，则采用负值（-）。但是一般β_{ij}≠β_{ji}。影响系数，一般固定采用指数函数值1，2，4，8。

采用β_{ij}应对原评价值w_{in}进行修正，考虑到影响系数的新评价值为

$$W'_{in} = \frac{1}{2} \left[W_{in} + \frac{\sum_j \beta_{ij} W_{jn}}{\sum_i \sum_j \beta_{ij} W_{jn}} \times 100 \right] \%$$
 (1-1-19)

上式右边第1项是考虑各评价对象独立时的最初评价值，第2项是由于相互影响而产生的评价值。例如现有A、B、C、D四个评价对象，其最初的综合评价值W_{in}为20、30、40、10。根据影响程度确定它们之间的相互影响系数β_{ij}值为：β₁₂=2，β₁₃=-2，β₁₄=4，β₂₁=0，β₂₃=8，β₂₄=2，……时，则根据上式可算出W'_{in}的各值，如表1-1-2所列。

3. 相关数法

相关数法是评价目的树中各水平目的重要性的一种方法，也是评阶下层各目的在整体系

统中所处地位的定量方法。相关数法的矩阵表格如表1-1-2所示。

表 1-1-2

W _i	评价对象	20	30	40	10	$\sum \beta_{ij} W_j$	$\frac{(7) \times 100}{600}$	(1)+(8)	$W'_i = \frac{(9)}{2}$
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
20	A		2	-2	4	20	3.3	23.3	12
			60	-80	40				
30	B	0		8	2	340	56.7	86.7	43
		0		320	20				
40	C	2	0		0	40	6.7	46.7	23
		40	0		0				
10	D	4	4	0		200	33.3	43.3	22
		80	120	0					
100						600	100	200	100

表 1-1-3

评价基准	评价系数	目的树水平层次项目 (i)						
		a	b	c	.....	j	.....	n
α	q_α	S_α^a	S_α^b	S_α^c	.....	S_α^j	.....	S_α^n
β	q_β	S_β^a	S_β^b	S_β^c	.....	S_β^j	.....	S_β^n
γ	q_γ	S_γ^a	S_γ^b	S_γ^c	.....	S_γ^j	.....	S_γ^n
$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$
κ	q_κ	S_κ^a	S_κ^b	S_κ^c	.....	S_κ^j	.....	S_κ^n
$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$
τ	q_τ	S_τ^a	S_τ^b	S_τ^c	.....	S_τ^j	.....	S_τ^n
		r_i^a	r_i^b	r_i^c	.....	r_i^j	.....	r_i^n

表1-1-3中 $\alpha, \beta, \gamma \cdots \tau$ 为评价各水平层次目的所选定的标准, $a, b, c \cdots n$ 为同一水平层的评价项目, $q_\alpha, q_\beta, \cdots q_\tau$ 为各评价基准的评价系数, 应使

$$\sum_{K=\alpha}^{\tau} q_K=1 \tag{1-1-20}$$

矩阵中的各要素 S_i^K , 为对评价基准 K 在评价项目第 i 栏所给的评分数值, 应使

$$\sum_{i=a}^n S_i^K=1 \tag{1-1-21}$$

γ_i^j 为第 i 水平层中评价项目第 j 栏的评价, 称为相关数。它通过下式求出

$$\gamma_i^j=\sum_{K=\alpha}^{\tau} q_K S_i^K \tag{1-1-22}$$

而且

$$\sum_{i=a}^n \gamma_i^j=1 \tag{1-1-23}$$

根据此相关数, 可以评价某一水平层次中某一目的在整体系统中所处的地位。例如, 某目的树有四层结构, 如图1-1-8所示。设总目的的综合评价值为1, 则最低水平层 C_2 的综合评价价值 $R(C_2)$ 为:

总目的综合评价值=1.0