

# 道路交通系统工程基础

Daolu Jiaotong Xitong Gongcheng Jichu

马鹤龄 编著

人民交通出版社

读者使用计算机。

由于这是一种新的尝试,加之作者的理论水平有限,实践经验不足,书中不妥之处在所难免,恳请专业同人和读者不吝赐教,批评指正。

本书在编写中,我院李泽民教授、丁烈云副院长予以极大的支持,杨金征等在誊稿和绘图上做了许多工作。在此,向上述同志表示衷心的感谢!

武汉城市建设学院 马鹤龄

1995. 3. 15

## 内 容 提 要

全书共十章,前三章介绍系统、系统工程和系统分析的基本概念,重点阐述系统分析的内容、程序和基本方法;后七章依次介绍了数学规划、约束极值问题、图与网络技术、排队论、预测技术和决策技术等内容,基本上覆盖了道路交通工程领域系统工程理论和方法的应用范围。书中附有许多实际应用的例子。

本书适合于从事道路交通工程、城市规划、交通规划、交通经济分析、交通系统营运和管理工作的工程技术人员、科技工作者以及大专院校相应专业的学生参考。

## 道路交通系统工程基础

马鹤龄 编著

人民交通出版社出版发行

(100013 北京和平里东街10号)

各地新华书店经销

北京云浩印制厂印刷

开本:850×1168 1/32 印张:11.25 字数:300千

1995年10月 第1版

1995年10月 第1版 第1次印刷

印数:0001—2500册 定价:18.00元

ISBN 7-114-02206-9

U·01515

## 前 言

系统科学在工程技术方面的渗透丰富了传统工程技术的内涵。把系统观点、系统分析方法和工程方法融为一体,显著地增加了工程方法的活力。这些,已逐渐为广大工程技术人员所认识,因此,他们迫切地需要了解系统工程的有关概念、理论和方法,尤其迫切地需要了解系统工程在本领域本专业的实际应用。对于从事道路交通工程规划、设计和管理的工作者更是如此。尽管交通工程学在我国的引入和传播为他们通向这一目标构架了一座桥梁,然而由于系统地、完整地学习系统工程这门学科知识的人不多,他们在工作中或多或少地应用了一些系统工程方法的同时,经常会有只鳞片爪的感觉。对于他们中希望在这些方面有所进取的人,也会由于系统工程的博大精深,由于系统工程理论基础“运筹学”的深奥,加之国内系统工程在道路交通方面应用的资料甚少,而感到困难不少。

本书就是为方便从事道路交通工程工作的读者学习这门新技术而编写的。书中采取了将“系统工程”和“运筹学”有机地融合,突出以理论为指导,以方法和技术为核心,以应用为重点的思路。在内容取舍上注意深入浅出,尽量回避繁琐的理论推导,必要时赋例说明而且例题不少,力求浅显易懂。与此同时,尽量吸取较新的国内外有关资料和笔者以及同事们所从事的科研、规划设计项目的成果作为应用示例。书中十分注意溶入一些新理论、新方法和新技术,如线性规划中的矩阵单纯形法、图论中的形数结合技术、城市交通网络的平衡模型、排队理论中的状态转移方法、预测技术中的灰色理论和灰色预测以及弹性系数预测、决策技术中的多目标决策分析和模糊决策分析等等。在表述上尽量使用矩阵形式,以方便

# 目 录

<b>第一章 系统的基本概念</b> .....	(1)
第一节 系统的定义与属性.....	(1)
第二节 系统的分类、结构与功能 .....	(9)
<b>第二章 系统工程的基本概念</b> .....	(13)
第一节 系统工程的基本概念及其定义 .....	(13)
第二节 系统工程的方法论 .....	(16)
第三节 系统工程的基本原理和工具 .....	(22)
<b>第三章 系统分析</b> .....	(26)
第一节 系统分析的基本概念 .....	(26)
第二节 系统分析的内容、准则和程序.....	(30)
第三节 系统分析的目标、方案、评价与决策 .....	(33)
第四节 系统分析应用实例 .....	(41)
<b>第四章 线性规划</b> .....	(51)
第一节 线性规划问题及其数学模型 .....	(51)
第二节 线性规划问题的几何意义 .....	(55)
第三节 单纯形法 .....	(61)
第四节 改进单纯形法 .....	(76)
第五节 应用举例 .....	(83)
<b>第五章 特殊类型的线性规划问题</b> .....	(96)
第一节 运输问题 .....	(96)
第二节 分派问题.....	(107)
第三节 整数规划.....	(114)
<b>第六章 无约束极值问题</b> .....	(125)
第一节 基本概念.....	(125)
第二节 一维搜索法.....	(135)
第三节 无约束极值问题的解法.....	(141)

第四节	等式约束极值问题的解法	(157)
<b>第七章</b>	<b>图与网络系统</b>	(168)
第一节	图与网络的基本概念	(168)
第二节	图的矩阵表示	(175)
第三节	城市道路交通系统的网络图	(179)
第四节	最短路问题	(181)
第五节	网络最大流问题	(190)
第六节	最小费用最大流问题	(194)
第七节	计划协调技术和关键路线法	(198)
<b>第八章</b>	<b>排队理论及其应用</b>	(213)
第一节	排队理论的基本概念	(213)
第二节	到达间隔分布和服务时间分布	(219)
第三节	生灭过程	(224)
第四节	$M/M/1$ 排队系统分析	(228)
第五节	$M/M/C$ 排队系统分析	(240)
第六节	一般服务时间 $M/G/1$ 模型	(248)
第七节	排队系统的最优化问题	(251)
<b>第九章</b>	<b>预测技术</b>	(258)
第一节	预测的有关概念	(258)
第二节	定性预测方法	(264)
第三节	回归分析方法	(269)
第四节	$GM(1,1)$ 模型预测	(286)
第五节	其它预测方法	(302)
<b>第十章</b>	<b>决策分析</b>	(306)
第一节	决策的基本概念	(306)
第二节	风险型决策分析	(311)
第三节	不确定型决策分析	(319)
第四节	贝叶斯决策与马尔柯夫决策	(323)
第五节	多目标决策分析	(331)
第六节	模糊决策	(339)
	参考文献	(351)

# 第一章 系统的基本概念

## 第一节 系统的定义与属性

### 一、引言

系统工程研究的对象是系统。系统的概念是系统工程核心的与基本的概念。系统作为一个概念,既不是人类生来就有,也不是象有些人讲的那样,是20世纪40年代突然出现的東西。系统的概念来源于古代人类社会实践经验。人类自有生产活动以来,无时无刻不在同自然系统打交道。例如著名的都江堰水利工程,是战国时期秦太守李冰及其儿子李二郎设计修造的伟大工程,包括“鱼嘴”岷江分水工程,“飞沙堰”分洪排砂工程,“宝瓶口”引水工程三大主体工程 and 120余个附属渠堰工程。工程之间的联系处理得恰到好处,形成一个协调运转的工程总体,成功地解决了成都平原的灌溉问题。这项工程就是我国古代系统工程的一个范例。这样的例子还有很多。总之,人类在知道系统思想、系统工程之前,就已经在进行辩证地系统思维了。正如恩格斯所说:“人们远在知道什么是辩证法以前,就已经辩证地思考了”(《马克思恩格斯选集》,第三卷,第182页)。

朴素的系统概念,不仅表现在古代人类的实践中,而且在古中国和古希腊的哲学思想中也得到了反映。古中国和古希腊唯物主义思想家都从承认统一的物质本原出发,把自然界当作一个统一体。古希腊辩证法奠基人之一的赫拉克利特(约公元前460~前370年),在《论自然界》一书中说过:“世界是包括一切的整体”。另

一位古希腊唯物主义者德谟克利特(约公元前 540~前 480 年)的一本没有留传下来的著作,名字就叫《宇宙大系统》。我国春秋末期思想家老子(公元前 6 世纪~前 5 世纪之间)十分强调自然界的统一性。南宋陈亮(公元 1143~1194)的理一分殊思想,称理一为天地万物的理的整体,分殊是这个整体中每一事物的功能,试图从整体的角度说明部分与整体的关系。古代朴素唯物主义哲学思想虽说强调对自然界总体性、统一性的认识,却缺乏对这一总体各个细节的认识能力,因而对整体性和统一性的认识也是不完全的。对自然界这个统一体各个细节的认识,这是近代自然科学的任务。

15 世纪下半叶,近代科学开始兴起,力学、天文学、物理学、化学、生物学等科目逐渐从浑为一体的哲学中分离出来,获得日益迅速的发展。近代自然科学发展了研究自然界的独特的分析方法,包括实验、解剖和观察,把自然界的细节从总的自然联系中抽出来,分门别类地加以研究。这种考察自然界的方法移植到哲学中,就成为形而上学的思维。形而上学的出现是有历史根据的,是时代的需要,因为在深入、细致地考察事物方面,它比古代哲学是一个进步。但是,形而上学撇开了总体的联系来考察事物和过程,因而它就堵塞了自己从了解部分到了解总体,洞察普遍联系的道路。

19 世纪上半叶,自然科学已取得了伟大的成就。特别是能量转化、细胞和进化论的发现,使人类对自然过程的相互联系的认识有了很大的提高。恩格斯说:“由于这三大发现和自然科学的其它巨大进步,我们现在不仅能够指出自然界中各个领域内的过程之间的联系,而且总的说来也能够指出各个领域之间的联系,这样,我们就可以依靠经验自然科学本身所提供的事实,以近乎系统的形式描绘出一幅自然界联系的清晰图画”(《路德维希·费尔巴哈和德国古典哲学的终结》,《马克思恩格斯选集》,第四卷第 21 页)。19 世纪的自然科学“本质上是整理材料的科学,关于过程,关于这些事物的发生和发展以及关于把这些自然过程结合为一个伟大整体的联系的科学”(引文同上),这样的自然科学,为唯物主义自然观建立了坚实的基础,为马克思主义哲学提供了丰富的材料。马克



思、恩格斯的辩证唯物主义认为：物质世界是由无数相互联系，相互依赖，相互制约，相互作用的事物和过程所形成的统一体。辩证唯物主义体现的物质世界普遍联系及其统一性的思想，就是系统思想。

当然，现代科学技术对于系统思想方法是有重大贡献的。第一个贡献在于它使系统思想方法定量化，成为一套具有数学理论，能够定量处理系统各个组成部分联系关系的科学方法；第二个贡献在于它为定量化系统思想方法的实际应用提供了强有力的计算工具——电子计算机。社会实践活动的大型化和复杂化，要求思想方法不仅能定性，而且能定量，这尤其表现在军事活动中，因为战争中决策的成败，关系到国家、民族的生死存亡。第二次世界大战是定量化系统方法发展的里程碑。交战双方都需要在强调全局观念，从全局出发合理使用局部，最终求得全局效果最佳的目标下，对所拟采取的措施和反措施进行精确地定量分析，才有希望在实施对策中取胜。这样一种强烈的需要，以极大的力量把一大批有才干的科学工作者吸引到拟订与评价战争计划，改进作战技术与军事装备使用方法的研究工作中来，其结果就是定量化系统方法及强有力的计算工具（电子计算机）的出现，并成功地应用于作战分析。战后，定量化系统方法开始广泛地用来分析经济、政治等领域的大型复杂的系统问题。当取得了数学表达形式和计算工具后，系统思想就是进行分析与综合的辩证思维工具，它在辩证唯物主义那里取得了哲学的表述形式，在运筹学和其它系统科学那里取得了定量的表述形式，在系统工程那里获得了丰富的实践内容。以上大致地勾画出了系统思想从经验到哲学到科学，从思辩到定性到定量的发展过程。

## 二、系统的定义与属性

### 1. 对系统概念的一般认识

在自然界和人类社会中，普遍存在着由若干环节组成的链状事物。这种环环相扣，由此及彼的链状事物就是我们常说的系统。

比如,一个交通系统是由线路、车站、车辆、车场、修理厂、司机、乘务人员、管理人员、业务组织、管理机构、科研机构等环节组成。这样的系统可以大到太阳系(由恒星、行星、彗星、卫星等环节组成),可以小到上述交通系统,甚至其中的环节(如车辆)也可以认为是一个系统。由此可以看出,系统的概念是相对的,而不是绝对的。许多小系统可以组成一个较大的系统;许多较大的系统又可以组成一个更大的系统,它没有一个绝对规模的界限。同时还可以看到,系统的存在具有普遍性,大至宇宙,小到分子、原子,它们都是链状事物,都有其组成环节。

认识系统的链与环的关系要注意二个方面的因素:一是要认识到对象系统的全部组成环节,二是要认识到这些环节联结部分的形成和特点。也就是说,从系统观点看,要把事情做得好一些,就必须培养人的系统意识。所谓系统意识,就是在思考、研究、探索和处理某一事物时,要有意识地把它看成一个系统。即它不是一个简单的存在,而是一个系统性的存在;明确链一环关系,并从系统内相关的角度去分析它,认识它。形成这样一种思考问题的方法是十分有益的。

## 2. 系统的概念及其发展

人们对系统的认识有一个发展过程。系统(system)一词最早出现在古希腊语中,它的原词 syn 有“共同”和“给的位置”的含义。即系统意味着事物的共性部分和每一事物在总体中给予它应占据的位置。尽管这个概念还是很原始的,它的深刻含义并不能为今天许多人所接受。随着科学技术的发展,系统被赋予进一步的含义,如系统是“有组织的和被组织化的全体”,“结合着的全体所赖以形成的诸概念和诸原理的复合体”,“以规则的相互作用又相互依存的形式结合着的对象的集合”。就是说:系统是一个全体,它的组成部分是有组织的,相互间有依存与作用的关系。同时,系统不仅有实体部分,还必须有赖以形成的概念部分。

系统概念的进一步发展,使人们认识到,系统整体的行动是有确定目的的。在日本工业(JIS)中,系统的含义是“多数构成要素保

持有机的秩序(即有序化),向同一目的行动者”。这一认识启示我们:任何人造系统的开发和建立,离开明确的目的性,必将导致要求上的模糊和措施上的不力,从而带来先天性的不足。这一认识值得我们重视。系统概念的更新发展,指出了系统的计划性质。Jonson 等人对系统的定义是:“系统是为按计划完成特定目标而设计的结构因素安程序列。”这里包含三个思想:第一,作为系统的设计标准需要明确应该完成的目的和目标;第二,必须进行构成因素的设计,建立它们的序列;第三,能量和财物等的输入必须按计划分配。这里突出指明了系统在完成特定目标时,必须有物资、资金和能量等的计划安排与保证。

应当指出的是:人们对系统的认识并没有结束,因而系统概念还在发展。这是讨论系统的概念时必须予以注意的。

### 3. 系统的定义与属性

现在,我们给系统下一个定义:**系统是由若干个可以相互区别、相互联系而又相互作用的要素所组成,在一定的阶层结构形式中分布,在给定的环境约束下,为达到整体的目的而存在的有机集合体。”**

作为一个系统,它应具备以下六大属性。

#### 1) 目的性

系统的目的性是指系统具有人们所明确赋予的、预期的目标。这种目标通常不是单一的,而是多方面的,但又往往有一个主要目标。因此,系统的目的一般用更具体的目标来表达,这时系统就有了总目标,而总目标又划分为若干分目标。目的性可通过总目标来表达:

$$G = \{g_i | g_i \in G, i = 1 \sim p\} \quad (1-1)$$

式中:  $G$ ——系统的总目标;

$g_i$ ——系统的任意一个分目标;

$p$ ——系统的分目标数。

值得注意的是:系统分目标集必须保证系统总目标的实现,但是分目标之间可能是矛盾的,因此采用某种形式的折衷是必要的,

即在矛盾的分目标之间寻求平衡。具体的做法是通过计算每个分目标对总目标的贡献来确定最佳的妥协。

### 2) 集合性

所谓集合性,是指组成系统的元素至少有二个,一般是二个以上。单个元素不能叫做系统。元素可以是实体的,如人、车辆、道路等,也可以是非实体的(概念的),如设计文件、图纸、施工计划等。系统的集合性的数学表述如式(1-2):

$$X = \{x_i | x_i \in X, i, j = 1 \sim n, i \neq j\} \quad (1-2)$$

式中:  $X$ ——元素的集合,表征某个系统;

$x_i$ ——集合中的任意一个元素;

$n$ ——集合中的元素数。

### 3) 相关性

系统的组成元素是相互依存,相互作用又相互制约的。相关性正是用来说明它们之间这些关系的。只有组成元素而元素之间没有相互关系,还不能构成系统。系统的相关性是系统元素之间全部关系的总和。这里以二元关系作为相关性讨论的基础,因为任何多元素都是从二元关系基础上发展的。

设  $x_i \in X_i \subset X$ , 而  $x_j \in X_j \subset X$ , 则其相关关系  $R$  可表示为:

$$x_i R x_j, x_j R x_i$$

或 
$$x_i = R(x_j), x_j = R(x_i) \quad (1-3)$$

具有这种关系的  $x_i$ 、 $x_j$  顺序对是系统相关性的认识对象,这意味着要研究和确定  $x_i$  和  $x_j$  的对应关系,这种对应称做映象。如果对应于任一  $x_i$  总有一个  $x_j$  存在,反之有一个  $x_j$  也有确定的  $x_i$  存在,这时  $x_j$  是  $x_i$  的映象,  $x_i$  是  $x_j$  的原象。  $X_i$  是  $x_i$  的原象集,  $X_j$  是  $x_j$  的映象集,这种  $R$  关系就是  $X_i$  和  $X_j$  的顺序对象关系。即:

$$R = X_i \times X_j = \{(x_i, x_j) | x_i \in X_i, x_j \in X_j, x_j = R(x_i), \quad (1-4)$$

$$x_i = R(x_j), i, j = 1 \sim n, i \neq j\}$$

式(1-4)中,  $X_i \times X_j$  是集合  $X_i$  和  $X_j$  的直积集合,  $(x_i, x_j)$  表示元素的序偶。式(1-4)是作为条件表现系统的,所以系统的定义可表示为:

$$S = \{X|R\} \quad (1-5)$$

#### 4. 阶层性

系统作为一个相互作用的元素的总体,有着一定的层次结构,并分解为一系列的子系统。这种分解的基本标志是目标,不同的功能目标要求产生不同的分系统。系统的各级子系统和系统元素可以表示为一个金字塔形式,如图 1-1 所示,称为系统的结构图。它

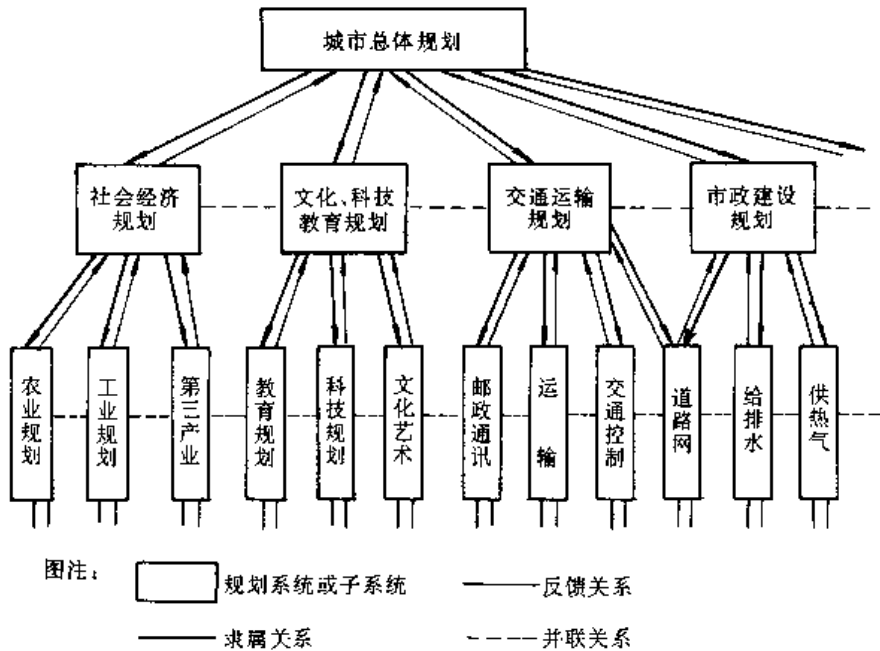


图 1-1

反映了系统的阶层关系。处于金字塔尖的方块(顶点)代表系统的支配元素。系统图的顶点数是有限的,顶点间的连线表示这些元素间存在的各种关系。一般有三种关系(图中用三种箭线表示):隶属关系(粗实线),反馈关系(细实线),关联关系(虚线)。处于不同层次(或称级)的元素可以单独构成系统,处于最上层的是一级系统,它总领支配下属的二、三、……级系统。图 1-1 所示的是一个城市总体规划系统,总体规划的文件图纸就是一级系统;各部门规划和各专业规划相应为整个系统的二、三……级系统。如果需要的话,还可以继续划分。图中的粗实线表示了隶属关系,高层次系统处于

领导、支配地位；低层次的系统则处于接受和服从领导的地位。反馈关系则主要反映下级层次各种信息的回授，这是一种十分活跃的关系。在隶属关系的原則下，由于反馈的作用，低层次系统对上级系统会产生一定程度的影响，有些甚至是十分重要的影响。例如城市总体规划和下属的交通规划之间的关系就是十分典型的例子。关联关系一般是反映同层次系统之间的关系。清楚地了解这些关系并利用上级系统处于有利的支配地位进行系统协调，是保障系统实现总体目标的关键。

### 5. 整体性

整体性是从协调的侧面说明上述四个特征的。任何一个元素不能离开整体去研究，元素之间的联系和作用以及阶层分布也不能离开整体的协调去考虑。脱离了整体性，元素的机能和元素间的作用以及层分布便失去了意义。系统的整体性应保证在给定的目标下，使系统元素集、元素的关系集以及其阶层结构的整体结合效果为最大：

$$E^* = \max_{P \rightarrow G} P(X, R, C) \quad (1-6)$$

式中： $E^*$ ——对应于目标集的条件下所获得的最大整体结合效果；

$P(X, R, C)$ ——整体结合效果函数， $C$ 代表系统阶层结构。

### 6. 环境适应性

任何一个系统都存在于一定的物质环境（即更大的系统）之中，因此，系统与外部环境之间必须产生物质的、能量和信息的交换。没有这种正常的交换，系统便不能生存。适应外部环境变化以获取生存和发展能力的这种性质，就是系统的环境适应性。

环境的约束集可以用式(1-7)表达：

$$O = \{O_i | O_i \in O, i = 1 \sim r\} \quad (1-7)$$

式中： $O$ ——环境约束集；

$r$ ——环境约束个数。

显然，系统整体的最优结合效果应对应于环境约束集。这时，式(1-6)可写为：

$$E^{**} = \max_{\substack{P \rightarrow G \\ P \rightarrow O}} P(X, R, C) \quad (1-8)$$

以及  $S_{opt} = \max \{S | E^{**}\} \quad (1-9)$

式中： $E^{**}$ ——对应于系统目标集和环境约束集下的系统最优结合效果；

$S_{opt}$ ——具有最优结合效果及最优输出的系统。

## 第二节 系统的分类、结构与功能

### 一、系统的分类

系统可以按照各种标准将它们分为不同的类别，以下是几种常用的分类方法。

#### 1. 按自然属性分类

按自然属性分，可将系统分为自然系统与人造系统两大类。自然系统是自然界自然生成的一切物质和现象，与人类活动无关，如天体系统，海洋系统等。而人造系统是人类应用自然规律建造的，以自然系统为基础的一切满足人类生存和发展需要的人造物。

#### 2. 按属性分类

按属性分，人造系统又可分为实体系统和概念系统。前节提及的都江堰水利系统就是实体系统，城市总体规划系统则为概念系统。实体系统是概念系统的形态化，又是实现概念系统要求的运行体。概念系统是实体系统的“灵魂”，实体系统则是概念系统的“躯壳”。只有两者结合，人造系统才能得以建立和不断完善。

#### 3. 按运动属性分类

按运动属性分，可将系统分为动态系统与静态系统两大类。内部结构参数随时间变化而变化的系统，谓之动态系统。动态系统的状态是时间的函数。反之为静态系统，它的状态是不随时间变化而改变的。静态系统是动态系统的基础，动态系统则通过状态的改变实现静态系统的功能。严格地说“静态系统”是难以找到的，只是某

些系统在考察期间内,其内部结构参数随时间变化较小,为研究方便,我们忽略这些变化,而将其视为“静态系统”罢了。

#### 4. 按系统与环境间的关系分类

按系统与环境间的关系分,可将系统分为开放系统与封闭系统两大类。系统与外界环境之间有物质、能量、信息交换的系统谓之开放系统。封闭系统则不存在这样的交换。事实上,严格的封闭系统也是很难找到的,所说的封闭系统往往也只是近似的“封闭系统”。

#### 5. 按反馈属性分类

在开放系统中,按反馈属性,可将系统分为开环系统与闭环系统。图 1-2a)为开环系统的图示,图 1-2b)则表示一个闭环系统。

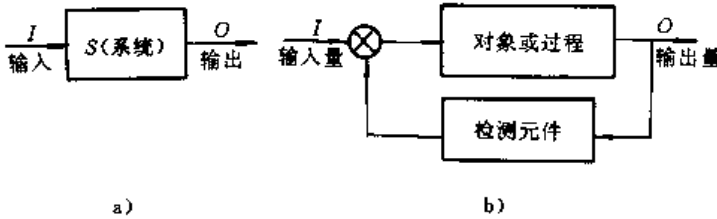


图 1-2

#### 6. 按规模大小和复杂程度分类

按规模大小和复杂程度,系统可分为大系统与小系统。目前人们的认识水平,在大、小系统之间难以确定一条明确的界线。一般而言,大系统具有结构复杂、规模庞大、参量众多、功能综合多样等特征。如城市交通系统即是一例。用传统的技术和方法难以解决大系统的问题,必须寻找新的方法。大系统理论是目前系统工程范畴内最活跃的领域之一。

#### 7. 其它分类

根据某些特定的标志,系统还可分为因果系统,目的系统,控制系统,行动系统,对象系统等。

## 二、系统的结构与功能

### 1. 系统的结构



各种系统的具体结构千差万别。大系统的结构问题是很复杂的。但是从一般的意义上说,系统的结构可以用式(1-5)表示,即:

$$S = \{X | R\}$$

显然,作为一个系统,必须包括其元素的集合与元素之间关系的集合。由系统概念的相对性知元素与系统的划分并不是绝对的,往往根据研究的需要来确定。例如图 1-1 所示的城市总体规划系统中,城市道路可以看成是城市的组成元素,但当研究道路上的交通特性时,又可将其看作是由机动车道、非机动车道、人行道、绿化带、隔离带、地面设施和地下设施组成的系统。

## 2. 系统的功能

各种系统的特定功能是大不一样的,我们这里是在一般意义上阐述系统的功能。系统的一般功能如图 1-3 所示。

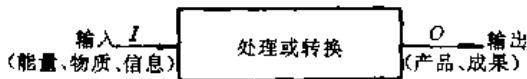


图 1 3

系统的输入是作为原材料的物质、能量与信息。系统的输出是经过处理(或转换、加工)的物质、能量与信息,例如产品、成果等。所以系统可以理解为一种处理或转换机构,它把输入转变为人们所需要的输出。从狭义来讲,处理或转换就是系统的功能。扩大一些说,输入与输出也是系统的一种功能。对于闭环系统,往往还把反馈也作为系统的一种功能。系统工程的任务:旨在提高系统的功能,特别是提高系统的处理与转换的效率。

在系统理论中有一种“一般系统论”,它是由奥地利生物学家冯·贝塔朗非(L. Von. Bertalanffy)创立的。一般系统理论重申了亚里士多德的一个观点:系统的功能可以大于系统中全部元素功能的总和。这一点可用式(1-10)表示:

$$\text{系统功能} > \sum \text{元素功能} \quad (1-10)$$

因为,当元素组合成为系统之后,元素之间发生了这样那样的联系,从而使系统的功能出现了量的增加和质的飞跃。