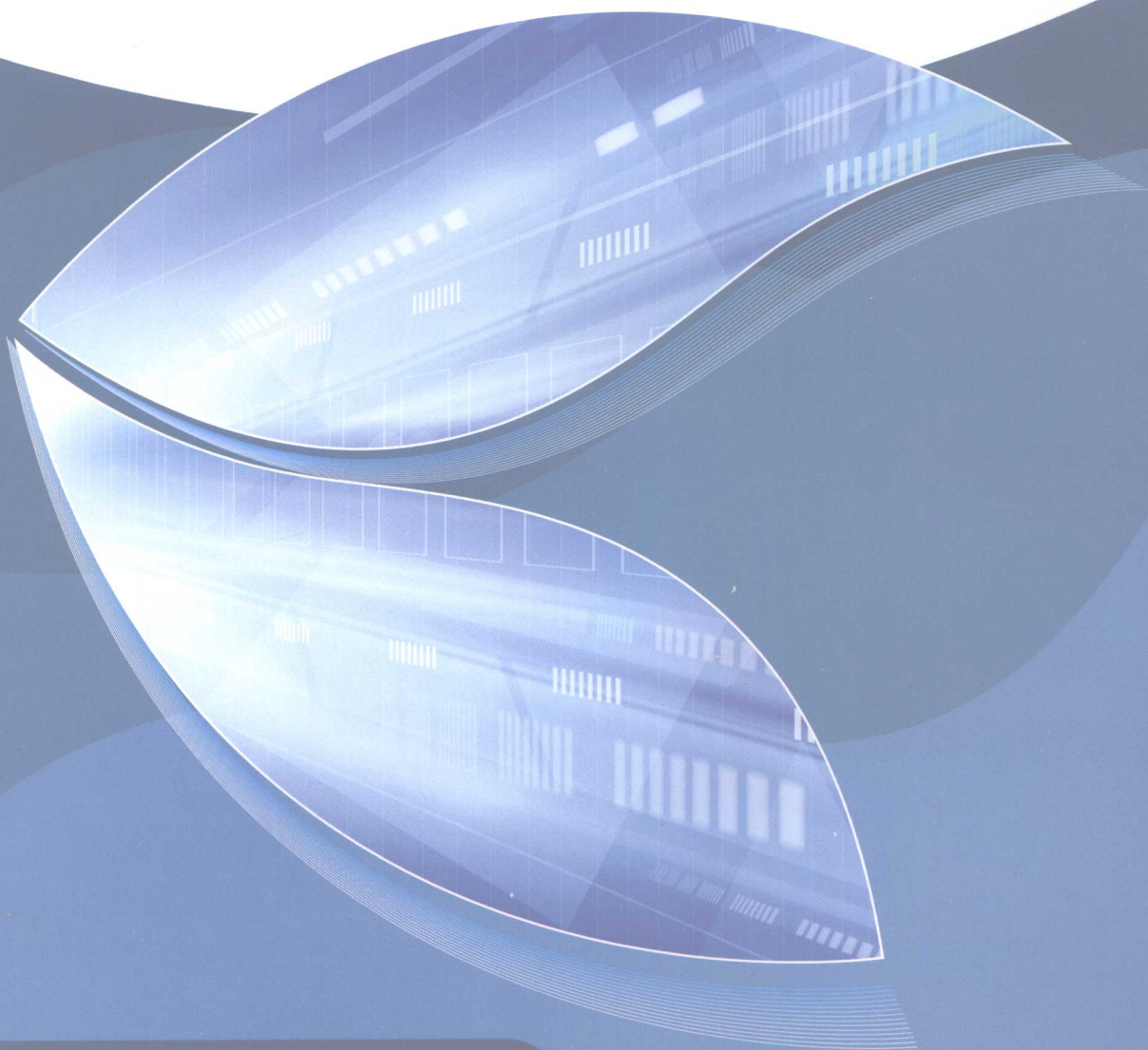




普通高等学校“十一五”规划教材

交通运输系统工程

主编 郭瑞军



国防工业出版社

National Defense Industry Press

普通高等学校“十一五”规划教材

交通运输系统工程

主 编 郭瑞军

副主编 王晚香 胡思涛

国防工业出版社

北京

林林 内容简介 “十一五” 外学著高版普

本书比较全面地阐述了系统与系统工程的基本理论、交通运输系统、运输系统分析、运输系统模型与仿真、运输系统预测、运输系统网络优化、运输系统综合评价、运输系统决策及对策,以及运输系统工程应用案例等内容,共分为 11 章,各章均附有思考与练习题,便于读者理解、消化和应用系统工程的思想及方法。本书附录包括自组织理论、复杂性科学等系统科学发展的一些前沿知识,供有兴趣的读者学习参考。

本书是为交通运输类本、专科专业基础课程所编写的教科书,也可供从事交通运输规划与管理的工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

交通运输系统工程/郭瑞军主编. —北京:国防工业出版社,2008.8

普通高等学校“十一五”规划教材

ISBN 978-7-118-05745-4

I. 交... II. 郭... III. 交通运输—系统工程—高等学校—教材 IV. U491

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 112642 号

※

国防工业出版社出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号 邮政编码 100044)

腾飞印务有限公司印刷

新华书店经售

*

开本 787×1092 1/16 印张 15½ 字数 353 千字

2008 年 8 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—4000 册 定价 26.00 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店: (010)68428422

发行邮购: (010)68414474

发行传真: (010)68411535

发行业务: (010)68472764

序

系统工程在国外已发展了六七十年,特别在航天、通信和其他大型工程项目中有很好的应用。在我国,自从1978年钱学森、许国志和王寿云在文汇报发表了“组织管理的技术——系统工程”的文章以后,我国开始大规模的推广和应用系统工程,至今也有30年了。特别是系统工程的推广受到中央领导的重视,并在很多行业得到了应用。在最近10多年,对复杂系统的研究又出现了一个新的高潮。国外圣菲研究所提出了复杂适应系统,我国钱学森等提出开放的复杂巨系统及其方法论也推动了我国在系统工程和系统科学的理论和应用研究。在应用方面国内外对单种系统的研究转向由不同主权、不同种类系统形成的更大的系统,也叫体系(System of Systems)的研究,这使系统工程的应用更为宽广和精深。现代军事作战,海陆空不同兵种的协同作战就是一个体系的问题,铁路、公路、空运、水运等各种不同运输方式形成综合运输也是一个体系。另外一个特色是将系统工程的理论与一些专业领域紧密相联,出现诸如军事系统工程、农业系统工程、社会系统工程、能源系统工程、环境系统工程、信息系统工程、知识系统工程、医学系统工程、交通运输系统工程、教育系统工程、科研系统工程、法制系统工程、林业系统工程、草业系统工程等,其中交通运输系统工程是发展得较快的一门专业性系统工程。除了应用系统工程的一般理论和方法,必然要结合交通运输系统本身的特点。成立于1980年的中国系统工程学会先后在不同专业领域成立了专业委员会,其中交通运输系统工程专业委员会成立于1986年,它的学术活动一直非常活跃,而且还出版了《交通运输系统工程与信息》杂志。国内有关交通运输系统工程方面专著已有不少出版,但有关交通运输系统工程的教科书尚不多见。

本书在介绍一般系统工程的发展和理论时,既注意了过去传统的理论,如霍尔(Hall)的三维结构,又对近年来新发展的理论也都有所涉及。对有关系统方法论的最新发展,例如方法论中关于软系统方法论和东方系统方法论以及系统科学的理论前沿,如耗散结构、协同学、突变理论和复杂性研究等都有所介绍。在具体方法方面介绍比较全面,而且可运作,并大多附有相应的有一定实际意义的数例。最后还有4个分析较细的案例。

原中国系统工程学会理事长
国际系统研究联合会主席

顾基发

前言

纵观交通运输的发展历史,可以看出,铁路、公路、水运、航空、管道运输,正在从单一的运输方式,发展为相互补充、协调运作的现代化的交通运输大系统,因此,对于交通运输领域的工作者来说,树立交通运输的系统观点,掌握交通运输系统工程的思想及方法,将具有十分重要的意义。

交通运输系统是一个大规模的复杂系统,对其进行系统分析、系统的建模及仿真、系统的网络优化、系统的评价及决策等,势必会用到系统工程理论,“交通运输系统工程”就是将系统工程的思想及方法普遍应用于交通运输领域的一门学科。

随着科学技术的发展,交通运输的各个分支在其设备构成、组织管理、规划设计等方面都取得了巨大进步,交通运输系统的整体协调、综合最优等理念也成为共识,交通运输系统工程作为一门新学科也取得了可喜的发展。本书试图在讲解系统工程基本原理的基础上,将系统工程的思想及方法应用于交通运输的规划、建模仿真、预测、评价和优化决策等过程中。

全书共 11 章,由郭瑞军主编并负责统稿。各章具体分工如下:郭瑞军编写第 1、2、3、10 章、附录,左忠义和王晚香共同编写了第 4 章,王晚香编写第 5、11 章,胡思涛编写第 6、7 章,郑明明编写第 8 章,杨亦慧编写第 9 章,郑明明参与了部分章节的修改。

在本书的编写过程中,武汉理工大学的朱国宝教授,北京交通大学的林柏梁教授,湖南大学的王群副教授,大连交通大学的韩萍副教授给予了一贯的支持和帮助。中国科学院系统科学研究所顾基发研究员和北京交通大学张国伍教授,两位学者抽出时间仔细审阅,给本书提出了宝贵的建议和修改意见,解决了作者编写过程中的诸多困惑。本书也参考了大量的国内、外有关书籍、论文,在此对所有支持我们的朋友、同事及参考文献作者表示衷心感谢。

限于编者水平,书中难免有不当甚至错误之处,敬请广大读者批评指正。

编者

目 录

第 1 章 系统概述	1
1.1 系统概念、特性及分类	1
1.1.1 系统及其特性	1
1.1.2 系统的相关概念	3
1.1.3 系统的分类	5
1.2 系统思想的形成与发展	6
1.3 系统科学的学科体系	8
1.3.1 系统科学体系	8
1.3.2 系统科学的性质	10
1.3.3 系统科学体系的逐步完善	11
思考与练习题	12
第 2 章 系统工程理论	13
2.1 系统的概念及特点	13
2.1.1 系统的概念	13
2.1.2 系统的研究内容	14
2.1.3 系统的特点	15
2.2 系统的发展概况	16
2.2.1 系统的发展历史	16
2.2.2 系统在我国的发展及应用	18
2.2.3 系统应用范围	18
2.3 系统工程方法论	22
2.3.1 概述	22
2.3.2 霍尔的三维结构	24
2.3.3 软系统方法论	26
2.3.4 两种方法论的比较	27
2.3.5 从定性到定量的综合集成法	28
2.4 系统的理论基础	31
2.4.1 一般系统论	31
2.4.2 运筹学	34

2.4.3 控制论	35
2.4.4 信息论	39
思考与练习题	42
第3章 运输系统工程	43
3.1 交通运输的概念及分类	43
3.1.1 交通运输的概念	43
3.1.2 交通运输方式的分类	44
3.2 交通运输系统	45
3.2.1 交通运输系统的地位及作用	45
3.2.2 交通运输系统的组成	46
3.2.3 交通运输的系统管理	48
3.2.4 交通运输系统的特点	49
3.3 交通运输系统工程的研究内容	51
3.4 我国交通运输的现状与发展前景	52
思考与练习题	53
第4章 运输系统分析	55
4.1 系统分析概述	55
4.1.1 系统分析的概念	55
4.1.2 系统分析方法的特点	56
4.1.3 系统分析的步骤	57
4.1.4 系统分析的要素	58
4.1.5 系统分析的原则	59
4.2 系统分析的内容	61
4.2.1 目标分析	61
4.2.2 结构及功能分析	62
4.2.3 环境分析	63
4.2.4 交通运输系统分析	64
4.3 系统结构模型化技术	64
4.3.1 结构模型的基本知识	65
4.3.2 由可达矩阵画出有向图	67
4.3.3 解析结构模型的步骤	69
思考与练习题	72
第5章 系统模型与仿真	74
5.1 系统建模及仿真概述	74
5.1.1 系统模型及模型化的定义	74
5.1.2 模型的分类	75

5.1.3	建模的原则和步骤	77
5.1.4	模型化的基本方法	79
5.1.5	系统仿真的概念及作用	80
5.2	系统动力学的建模	82
5.2.1	系统动力学的发展简史	82
5.2.2	系统动力学的研究对象	84
5.2.3	系统动力学模型的特点	84
5.2.4	系统动力学的建模步骤	85
5.2.5	因果关系图	86
5.2.6	系统动力学模型	89
5.3	系统动力学仿真计算	93
5.3.1	DYNAMO 方程	93
5.3.2	几种典型反馈回路的仿真计算	94
5.4	延迟	97
5.4.1	物流延迟	97
5.4.2	信息流延迟	99
	思考与练习题	101
第 6 章	交通运输系统预测	103
6.1	系统预测概述	103
6.1.1	系统预测的概念	103
6.1.2	预测方法的分类	103
6.1.3	预测方法的要素	103
6.2	定性预测方法	104
6.2.1	头脑风暴法	104
6.2.2	德尔菲法	106
6.3	时间序列预测	109
6.3.1	简单滑动预测	109
6.3.2	加权滑动平均预测	110
6.4	因果关系预测法	110
6.4.1	回归预测	110
6.4.2	马尔可夫预测	118
	思考与练习题	121
第 7 章	运输系统网络优化	124
7.1	概述	124
7.2	运输网络的最短路和最大流	124
7.2.1	最短路问题	124

7.2.2	最大流问题	127
7.3	时间网络图的组成及绘制	130
7.4	网络图的时间参数计算	134
7.4.1	计算时间参数的目的	134
7.4.2	工作时间估计	135
7.4.3	时间参数的计算	136
7.5	网络图优化分析	138
7.5.1	工程进度的优化	138
7.5.2	成本优化	140
7.5.3	资源优化	142
	思考与练习题	143
第8章	运输系统综合评价	146
8.1	系统综合评价概述	146
8.1.1	系统评价的概念	146
8.1.2	系统评价的分类	147
8.1.3	系统评价的原则和步骤	147
8.1.4	评价指标体系的建立	148
8.1.5	系统评价的理论和方法	150
8.2	系统的经济评价	152
8.2.1	单复利法	152
8.2.2	现值法	154
8.2.3	回收率法	155
8.2.4	收益—成本分析法	157
8.3	常用的系统综合评价方法	160
8.3.1	层次分析法	160
8.3.2	模糊综合判定法	165
8.3.3	聚类分析法	168
	思考与练习题	172
第9章	运输系统决策	174
9.1	决策分析概述	174
9.1.1	运输系统决策的概念	174
9.1.2	运输系统决策问题分类	176
9.2	不确定型问题决策分析	177
9.2.1	悲观准则	177
9.2.2	乐观准则	178
9.2.3	折中准则	179

9.2.4	等可能准则	180
9.2.5	遗憾准则	180
9.3	风险型问题的决策分析	182
9.3.1	最大可能准则	182
9.3.2	期望值准则	183
9.3.3	决策树法	184
9.3.4	关于风险型决策问题的一些讨论	188
9.4	信息的价值	189
9.5	效用理论及其应用	190
9.5.1	效用理论的意义	190
9.5.2	效用理论相关概念	191
9.5.3	效用曲线的应用	192
	思考与练习题	193
第 10 章	对策分析	195
10.1	基本概念	195
10.1.1	对策论的产生及发展	195
10.1.2	对策问题模型	195
10.2	二人零和对策	196
10.2.1	最优纯策略	197
10.2.2	混合策略的纳什均衡	198
10.2.3	混合策略的线性规划解法	202
10.3	求解矩阵对策的简化方法	203
	思考与练习题	205
第 11 章	运输系统案例分析	207
11.1	案例一 解析结构模型在城市交通分析中的应用	207
11.1.1	建立系统要素集	207
11.1.2	建立邻接矩阵	208
11.1.3	建立可达矩阵	208
11.1.4	得出结构模型	209
11.1.5	各交通问题关系分析	209
11.2	案例二 城市道路交通系统动力学模型的构建	210
11.2.1	定义变量	210
11.2.2	城市道路交通系统的反馈回路	210
11.2.3	城市道路交通系统流程图	211
11.2.4	结构方程式的确定及各参数的取值方法	212
11.2.5	仿真预测	213

11.3	案例三 江苏省不同运输方式的综合评价	214
11.3.1	不同运输方式综合评价指标体系的建立	215
11.3.2	不同运输方式综合评价方法的基本原理	215
11.3.3	评价过程及结果分析	216
11.4	案例四 湖北省旅客周转量预测模型	217
11.4.1	一元线性回归模型	218
11.4.2	确定性时间序列	218
11.4.3	灰色预测 GM(1,1)模型	220
11.4.4	各种预测模型在旅客周转量预测中的应用	220
附录 系统科学理论前沿		223
一、耗散结构理论		224
1.	耗散结构理论的起源	224
2.	耗散结构的形成	226
3.	耗散结构的实例	227
二、协同学		228
1.	协同学原理	228
2.	协同作用实例	229
三、突变理论		230
1.	突变理论的产生	230
2.	突变理论的内容	230
3.	突变理论的应用	231
四、混沌理论		231
五、复杂性研究		232
1.	复杂适应系统	233
2.	复杂巨系统	234
参考文献		237

第1章 系统概述

德国著名的物理学家普朗克：“科学是内在的整体，它被分解为单独的整体不是取决于事物的本身，而是取决于人类认识能力的局限性。实际上存在着从物理到化学，通过生物学和人类学到社会学的连续的链条，这是任何一处都不能被打断的链条。”

1.1 系统概念、特性及分类

1.1.1 系统及其特性

在现实生活中，“系统”是一个被广泛使用的词汇。人体就是一个系统，人体系统是由神经、呼吸、消化、循环、运动等八大系统构成的；地球也是一个系统，地球系统是由植物、动物、微生物、无机物等子系统构成的；交通运输系统是由铁路运输、公路运输、水路运输、航空运输、管道运输这些子系统构成的；一台机器是一个系统；一个家庭、企业、学校都可看做系统；甚至一个国家、整个社会也都构成了一个系统。

系统是由两个以上相互关联的要素所构成的具有特定功能的整体。

系统一般都具有以下特性。

1. 集合性

把具有某种属性的一些对象看做一个整体，从而形成一个集合，集合里的各个对象叫做集合的要素。系统是由要素组合而成的，这些要素可能是元件、零件、单个机器、个体，也可能是子系统。系统的集合性表明，系统是由两个或两个以上相互联系的要素所组成的。这些要素可以是具体的物质，也可以是抽象的或非物质的软件、组织、观点或理论等。

例如，一个计算机系统，一般都是由中央处理器(CPU)、存储器、输入与输出设备等硬件所组成，同时，还包含有操作系统、应用软件、程序设计、数据库等软件，从而形成一个完整的集合。再比如道路交通运输系统，一般由机动车、驾驶员、道路及附属设施、乘客与货物等物质要素组成，同时还包括制度法规、组织程序、技术规范、信息等非物质要素，从而形成一个完整的集合。

2. 相关性

组成系统的要素是相互联系、相互作用的，相关性说明这些联系之间的特定关系，以及这些关系之间的演变规律。例如，道路交通控制系统是一个大系统，它由道路网络、车辆、信号控制系统以及交通规则等单元或子系统组成，系统内的各个子系统为整体目标服务，通过各子系统相互协调作用，使道路上行驶的车辆能安全有序、畅通行驶，提高交通运输系统整体运行效率。

3. 阶层性

由于系统各组成部分在系统中所处的地位不同,从而形成了不同的层次,并存在一定的层次结构,这是系统空间结构的特定形式。

一个系统相对于构成它的要素而言是个系统,而相对于由它和其他事物构成的大系统而言,则是一个要素(或子系统);同样,一个要素(或子系统)相对于由它和其他要素构成的系统而言,是个要素,但相对于构成它的要素(或子系统)而言,则是一个系统。因此,一个系统通常可分为各个子系统,有的子系统还可划分为更小的子系统。不能再分的子系统称为基本组分。不同层次子系统之间具有从属关系或相互作用关系。图 1-1 所示为我国教育系统的层次划分。

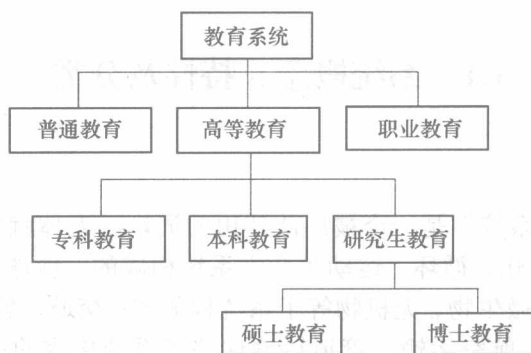


图 1-1 我国教育系统的层次划分

4. 整体性

系统整体性说明,具有独立功能的系统要素以及要素间的相互关系(相关性、阶层性)是根据逻辑统一性的要求,协调存在于系统整体之中。也就是说,任何一个要素不能离开整体去研究,要素间的联系和作用也不能脱离整体的协调去考虑。系统不是各个要素的简单集合,否则它就不会具有作为整体的特定功能。

系统的构成要素和要素的机能、要素的相互联系要服从系统整体的目的和功能,在整体功能的基础上展开各要素及其相互之间的活动,这种活动的总和形成了系统整体的有机行为。在一个系统整体中,即使每个要素并不都很完善,但它们也可以协调、综合成为具有良好功能的系统;反之,即使每个要素都是最优的,但作为整体却不能保证具有某种良好的功能,这类系统的整体性是不完善的。

5. 目的性

任何系统都有特定的功能,而人工建造或改造的系统一定具有特定的目的。这里所说的系统功能和目的,是系统整体的功能和目的,是原来各组成部分不具备或不完全具备,只是在系统形成后才具备的。

系统的目的一般用更具体的目标来体现,一般说来,比较复杂的系统都具有不止一个的目标,即总目标由各分目标组成。因此需要一个目标树来描述是否达到系统的目标。比如,衡量一个工业企业的经营实绩,不仅要考核它的产品性能、产量、产值指标,而且更重要的是考核它的利润、成本和环境影响等指标完成情况。在目标树中,各个子目标之间有时存在冲突,甚至是相互矛盾的。为此,要在相互矛盾的子目标之间做好协调

工作，寻求平衡或折中方案，从整体出发获得全局最优。

6. 环境适应性

任何一个系统都存在于一定的物质环境之中，因此，它必然也会与外界环境进行物质、能量和信息的交换，外界环境的变化也会引起系统内部各要素及其关系的变化。任何一个系统必须要适应外部环境，也要适应外部环境的变化。这种系统随着环境的变化而存在及演变的性质就是系统的环境适应性。不能适应外部环境变化的系统是没有生命力的，而能够经常与外部环境保持良好适应状态的系统，才是理想的系统。

例如：一个港口，如果能够经常了解行业的发展趋势以及同类港口的生产及管理动向，了解地区、客户和对外贸易的客货运要求，了解港口腹地的工农业的发展状况、生产力的布局、产品的结构等外部环境信息，并且能够根据这些外部信息及时调整港口的战略决策及运输生产计划，那么，这个港口系统就具有良好的环境适应性。

1.1.2 系统的相关概念

1. 要素与涌现性

用 S 表示系统， T 和 R 分别表示系统要素的集合和要素的相关性集合，那么， S 可表示为

$$S = (T, R)$$

由此表达式可知，系统不仅包含它的各个要素，而且还包含各要素间的相互联系和相互作用。如果只有要素而没有要素间的相互联系或相互作用，那么，这些要素就只构成一个集合，而不构成一个有组织的系统。

由系统要素间的相互作用产生、所有系统要素及其总和都不具有的、只有整体才具有的性质叫做系统的整体涌现性。每个系统都表现出特有的、能与别的系统区别开来的整体涌现性，它是由规模效应和结构效应共同产生的。例如将若干不同学科的工程技术人员组织起来就产生了一种整体的协调工作能力，这种能力是任何一个工程技术人员都不能单独具备而只有工程团队才可能具备的。

2. 系统与环境

环境是对系统有影响但与系统任何要素的相互联系或相互作用又都弱于系统要素间任何相互联系或相互作用的那些实体的集合。这里的所谓“弱”是由被研究系统的性质和研究目标判定的，因此，系统与环境的划分是相对的。同样对于交通系统，单个车辆没有密度、流量的特性可言，一段道路、一定时段的机动车流形成交通系统，就具有了用密度、流量表示的整体特性。

由系统与环境的概念必然引出边界的概念。系统与环境之间的界限就是边界，它是包含系统所有基本成分并有效而完整地隔离系统与其环境的物理的或概念的界限。

3. 输入与输出

系统具有输入和输出。环境对系统的影响和作用叫做系统的输入，系统对其环境的影响和作用叫做系统的输出。一个系统的输出，可能是另一个系统的输入。系统的输出是经过处理(或转换、加工)的物质、能量与信息。通过系统的输入和输出，系统与其环境进行物质、能量和信息的交换，产生相互作用。

这些物质、能量和信息在系统中流动，形成相应的物质流、能流和信息流，并且不

断地受到加工、变换和处理，而系统本身，也在不断发展变化，经历着产生、发展和衰亡的生命周期。

4. 组织与结构

组织是指系统内部各要素彼此之间的组成关系，有了这个组成关系，得以相互结合而达成某一目标。组织与结构是有差别的两个概念，组织仅指有序结构，有组织的系统就是具有有序结构的系统。为了实现系统自身的稳定和功能，系统需要以一定方式取得、使用、保持和传递能量、物质和信息，也需要对系统的各个构成部分进行组织。系统的内部组织是协同的、有序的。生物系统的组织是一种自组织，一切非自然系统的组织都是人为的组织，而工程中的自动控制系统，能够根据环境的某些变化重新组织自己的运动。

结构是指系统要素间相互连接的形式或方法。结构表明系统要素间在空间或时间位置上的相对规定性，往往被用以表示具体的或物理的连接，任何系统都有一定的结构。两个具有完全相同要素的系统可以有相同的结构，也可以有不同的结构；同样，两个具有不完全相同要素的系统可能有不同的结构，但也可能有相同或相似的结构。

5. 同构与一般系统

如果两个系统的结构是完全相同或相似的，这两个系统就表现出相同或相似的整体特性——涌现性，这两个系统称为同构系统，它们之间的关系称为同构性。

显然，系统间的同构关系至少要满足以下两个性质。

(1) 反射关系：如果系统 S_1 是系统 S_2 的同构系统，系统 S_2 也必是系统 S_1 的同构系统。反之亦然。

(2) 传递关系：如果系统 S_1 是系统 S_2 的同构系统，并且系统 S_2 是系统 S_3 的同构系统，那么，系统 S_1 也必是系统 S_3 的同构系统。

虽然具体的系统可能千差万别，但是，同构概念的建立使人们有可能避开系统间的具体差别而去研究若干同构的系统类，并有可能将研究方法和研究结果在同构系统间转移，用容易实现的系统间接地研究难以实现的同构系统。

由同构概念自然可引申出另一个重要概念，即一般系统的概念。所谓一般系统是关于一类同构系统的抽象系统。它具有该类系统的全部系统特征。但不包括其中任何个别系统的细节。显然，一般系统是一个相对的概念，它包含若干个层次。例如工程系统是一个层次，再比如经济系统、社会系统、交通运输系统、农业系统、安全系统等，而一般系统论则讨论的是系统的最高层次。

一般系统的概念模型如图 1-2 所示。

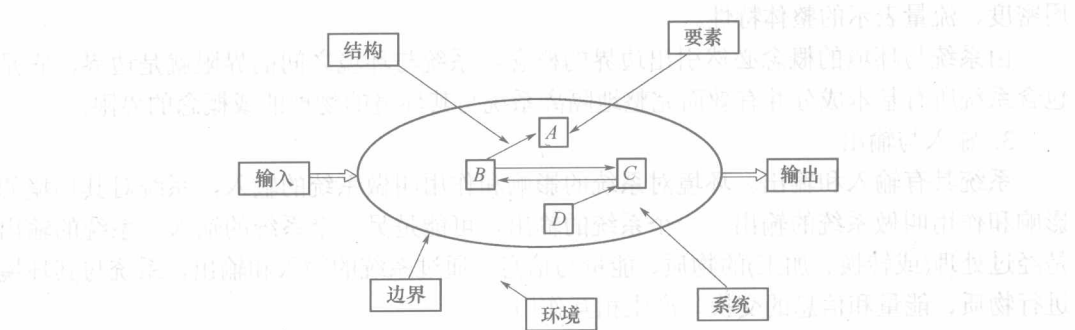


图 1-2 一般系统的概念模型

1.1.3 系统的分类

系统工程以系统为研究对象,而系统在自然界和人类社会中是普遍存在的。客观世界存在着各种各样的系统。为了了解系统的性质,需要对系统存在的各种形态加以研究。按不同的原则可将系统划分为各种不同的类型。

1. 自然系统与人造系统

从组成要素的性质看,可划分为自然系统与人造系统。自然系统是由自然物所组成的系统,它的特点是自然形成的。自然系统一般表现为环境系统,如海洋系统、矿藏系统、植物系统、生态系统、原子核结构系统、大气系统等。人造系统是为了达到某种目的而由人类设计和建造的系统,像生产系统、科学技术系统、军事系统、交通运输系统、管理系统等。人造系统一般包括3种类型:一是由人们从加工自然物中获得的零部件装配而成的工程技术系统,二是由一定的制度、组织、程序、手续等所构成的管理系统;三是根据人们对自然现象和社会现象的科学认识所创立的学科体系和技术体系。

实际上,大多数系统是自然与人造相结合的复合系统。了解自然系统的形成及其规律,是建立人造系统的基础。从人类发展的需要看,其趋势是越来越多地发展和创立更新的人造系统。但是大量无序的人造系统的发展,也打破了自然系统的平衡,使自然环境(大气、生态、海洋)系统受到极大破坏,造成严重的生态及环境污染,甚至给人类的生活和生存带来威胁和危机。因此,近年来系统工程已越来越注重从人类与自然的关系中来研究、开发、建造人造系统。

2. 实体系统和概念系统

从物质和精神的角角度可划分为实体系统和概念系统,实体系统是以矿物、生物、能源、机械等实体组成的系统,系统的组成要素是具有实体的物质。这种系统是以硬件为主体,以静态系统的形式来表现的,如人一机系统、机械系统、电力系统等。概念系统是由概念、原理、原则、方法、制度、程序等观念性的非物质实体所组成的系统,它是以软件为主体、依附于动态系统的形式来表现的,例如,科学技术理论、工程设计思想、计算机程序设计,以至于一个法律法规、研究报告等,均属概念系统。

在实践中,实体系统和概念系统在多数情况下是相互结合、密不可分的。系统不仅具有实体部分,而且还必须有赖于形成的概念部分。如机械工程是实体系统,而用来制造某种机械所提供的方案、计划、程序就是概念系统。实体系统是概念系统的基础,而概念系统又往往为实体系统提供指导和服务。

3. 动态系统和静态系统

从物体的运动状态上可划分为动态系统和静态系统,动态系统是系统状态变量随时间而改变的,即系统的状态变量是时间的函数。它有输入和输出及转换过程,一般都有人的行为因素在内,如生产系统、社会系统、交通运输系统就是典型的动态系统。反之,系统的状态变量不随时间而改变,而是具有相对的稳定性,则具有这种性质的系统叫做静态系统。如车间平面布置系统,城市规划布局等。

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,或者为研究方便忽略了结构参数的改变,而将其视为相对的“静态系统”。如城市布局规划,在一定时期内可认为城市规模、布局不变,将其看做是静态

系统。

4. 开放系统和封闭系统

从物体之间的关联程度上可划分为开放系统和封闭系统,开放系统是指与外界环境之间有物质、能量或信息交换的系统,开放系统最重要的特性就是在同环境进行物质、能量和信息的交换过程中,能保持自身的有序性和自组织性。如生命系统,就是通过新陈代谢来维持有机体的存续和发展的。封闭系统则相反,即系统与环境互相隔绝,它们之间没有任何物质、能量和信息交换。

当然,真正的封闭系统在客观世界中是不存在的,只是为了研究的需要,把一个实际系统近似地看成封闭系统。

5. 控制系统与行为系统

控制就是为了达到某个目的给对象系统所加的必要动作,因此,为了实现控制行为而构成的系统叫做控制系统。当控制行为由控制装置自动进行时,称之为自动控制系统,如按照预定程序设计来实现机械加工生产过程的数控机床就是自动控制系统。

行为系统是以完成目的的行为作为构成要素而形成的系统。所谓行为就是为了达到某一确定的目的而执行某种特定功能的一种作用,这种作用能对外部环境产生某些效用。这种系统一般是根据某种运行机制而实现某种特定行为的系统,而不是受某种控制作用而运行的系统。

除以上分类之外,还有很多其他分类方法,如按研究对象可把系统分为不同的对象系统,如教育系统、运输系统、电力系统等;按人对系统的认识程度可分为白色系统、黑色系统和灰色系统;按系统内部结构、形态分为线性系统与非线性系统、确定性系统与随机系统,还有因果系统与目的系统等。

1.2 系统思想的形成与发展

人类自有生产活动以来,无不在同自然系统打交道。“系统”的概念及思想来源于人类长期的社会实践,是人类社会实践的科学总结。从古代朴素的系统思想到科学系统思想的演变经历了相当漫长的历史进程,大致分为3个阶段。

1. 古代朴素的系统思想

人类很早就已经有了“系统”的概念和系统思想的萌芽,自发的利用系统概念考察自然现象,把自然界当做一个统一的整体,主要体现在对整体、关系、结构、等级的认识。古希腊哲学家德谟克利特(Democritus,约公元前460年—前370年)提出“宇宙大系统”的概念,古希腊辩证法的奠基人之一赫拉克利特(Heraclitus,约公元前540年—前480年)认为“世界是包含一切的整体”。亚里士多德(Aristotle,公元前384年—前322年)进一步发展了朴素的系统思想,提出“整体大于各部分的总和”的思想。

在我国古代哲学中也反映了这种朴素的系统思想。我国春秋末期的思想家老子就强调自然界的统一性。《管子》之《地员》篇、《诗经》农事诗《七月》、秦汉汜胜之著《汜胜之书》等古籍,对农作与种子、地形、土壤、水分、肥料、季节、气候诸因素的关系,都有辩证的论述。齐国名医扁鹊主张按病人气色、声色、形貌综合辨证论治。周秦至西汉初年古代医学总集的《黄帝内经》,强调人体各器官的有机联系、生理现象和心理现象