

普通高等教育规划教材

交通运输系统工程

(第二版)

刘舒燕 / 编著



人民交通出版社

China Communications Press

普通高等教育规划教材

Jiaotong Yunshu Xitong Gongcheng

交通运输系统工程

(第二版)

刘舒燕 编著

人民交通出版社

内 容 提 要

本书根据交通运输发展的需要,在编者多年从事“运输系统工程”教学的基础上编写而成。

本书系统地介绍了系统工程的基本思想和方法,在此基础上,进一步介绍了运输系统的概念、思想、原理、方法及应用。全书共分九章,主要内容包括:运输系统、运输系统工程、运输系统分析、运输系统预测、运输系统控制、运输系统评价、运输系统决策、运输系统模拟、应用案例等。书中每一章都附有一定数量的思考题和练习题,以帮助读者复习和巩固所学的内容。

本书可作为高等院校交通运输管理、物流管理等管理类专业“系统工程”课程、“运输系统工程”课程本科生或研究生教材或教学参考书使用,也可作为企事业单位管理人员和工程技术人员阅读和参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

交通运输系统工程 / 刘舒燕编著. —2 版. —北京:人民交通出版社, 2006.8
ISBN 7-114-06077-7

I.交… II.刘… III.交通运输-系统工程
IV.U491

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 077039 号

普通高等教育规划教材

书 名: 交通运输系统工程(第二版)

著 者: 刘舒燕

责任编辑: 智景安

出版发行: 人民交通出版社

地 址: (100011) 北京市朝阳区安定门外外馆斜街 3 号

网 址: <http://www.ccpres.com.cn>

销售电话: (010) 85285838, 85285995

总 经 销: 北京中交盛世书刊有限公司

经 销: 各地新华书店

印 刷: 北京宝莲鸿图科技有限公司

开 本: 787×1092 1/16

印 张: 14.75

字 数: 363 千

版 次: 1998 年 7 月 第 1 版

印 次: 2006 年 8 月 第 2 版 第 1 次印刷 累计第 7 次印刷

书 号: ISBN 7-114-06077-7

印 数: 16501~21500 册

定 价: 26.00 元

(如有印刷、装订质量问题的图书由本社负责调换)

第1版前言

“系统工程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”(钱学森)。因此，对于各个领域的管理人员，特别是对于交通运输系统的管理人员，掌握系统工程的思想方法，并将其运用于交通运输管理实践，具有十分重要的意义。

本书是作者在多年从事“运输系统工程”教学的基础上编写而成的。书中较系统地介绍了运输系统的概念、理论基础、原理以及典型的技术方法，反映了学科最新发展方向的新内容。本书的特点是，既注重系统性和科学性，又注重实践性和应用性；既有原理性的论述，又有丰富的实例与之配合，特别是专门有一章是系统工程思想、方法在交通运输系统中的应用案例，对读者深入理解运输系统工程、掌握系统工程的思想方法很有帮助。本书可作为高等院校管理工程系“运输系统工程”课程的教材或教学参考书，也可供交通运输企、事业单位的管理工作者及有关的技术人员阅读参考。为便于读者学习，在每章后面都附了一定数量的思考题与练习题。

在本书的编写过程中，喻漠南教授、王少梅教授提出了许多宝贵的意见，并帮助编者拟定了写作大纲、充实了章节内容。初稿写出后，喻漠南教授、宋宝琪教授又仔细地审阅了原稿，并提出了修改意见。喻漠南教授、王少梅教授、宋宝琪教授、方芳教授还提供了许多有价值的材料。对各位前辈在本书的编写过程中所给予的真诚鼓励和帮助，编者在此表示衷心的感谢！

书中引用了一些前辈和同行的研究成果和论述，特此一并致谢。

由于编者水平有限，本书不当之处恳请广大读者批评指正。

编者

1997年9月

于武汉交通科技大学

第 2 版前言

本书第 1 版于 1998 年 7 月出版,2002 年获交通部“九五”优秀教材奖。

这次再版以原《交通运输系统工程》为基础,重新修订后再版。与第 1 版比较,第 2 版修订了部分章节的内容,每章增加了小结,修订了思考题和练习题,内容更加充实、完整,以更有利于教师教学和学生自学。

在本书的修订过程中,王少梅教授提出了许多宝贵的修改意见,并进行了认真详细的审核。在此向王少梅教授深表谢意。陈韦志编写了每章的小结;陈韦志、涂建军验算了书中的例题。

由于编者水平有限,书中不当之处,敬请广大读者给予指正。

编者邮箱:whutlsy@mail.whut.edu.cn

编 者

2006 年 5 月于武汉

目 录

第一章 运输系统	1
第一节 概述	1
第二节 交通运输系统	10
小结	13
思考与练习题一	13
第二章 运输系统工程	14
第一节 概述	14
第二节 运输系统工程含义及内容	23
小结	23
思考与练习题二	24
第三章 运输系统分析	25
第一节 概述	25
第二节 运输系统目的的重审	29
第三节 运输系统结构的分析	33
第四节 运输系统和环境间相互影响的分析	41
小结	46
思考与练习题三	46
第四章 运输系统预测	48
第一节 概述	48
第二节 定性预测方法	54
第三节 时间序列预测法	60
第四节 回归分析预测法	65
第五节 投入产出预测法	77
小结	90
思考与练习题四	90
第五章 运输系统优化控制	93
第一节 概述	93
第二节 网络图的组成	94
第三节 网络图的绘制	95
第四节 网络图时间参数的计算	98
第五节 网络图的优化	104
小结	112
思考与练习题五	112
第六章 运输系统综合评价	115

第一节	概述	115
第二节	运输系统评价指标体系	119
第三节	运输系统评价方法	123
第四节	运输系统综合评价方法	132
小结		148
思考与练习题六		148
第七章	运输系统决策	150
第一节	概述	150
第二节	不确定型决策问题模型及其求解	156
第三节	风险型决策问题模型及其求解	159
第四节	运输系统对策	167
小结		177
思考与练习题七		177
第八章	运输系统模拟	180
第一节	概述	180
第二节	蒙特卡罗模拟法	181
第三节	运输系统模拟	187
小结		200
思考与练习题八		201
第九章	应用案例	203
第一节	城市交叉路口交通系统综合治理系统分析	203
第二节	德尔菲法在设计港址评价指标体系中的应用	206
第三节	港口选址	210
第四节	集装箱江海转运港的选择	215
第五节	用模糊综合评价法选择运输设备	217
第六节	区域交通运输系统发展战略决策制定	220
附录	随机数表	225

第一章 运输系统

第一节 概 述

一、系统的概念

1. 系统的定义

对“系统(System)”这个词,人们并不陌生,在现实生活中,“系统”是一个被广泛使用的词。比如:人体就是一个系统,人体系统是由神经、呼吸、消化、循环、运动、生殖这些子系统构成的;地球也是一个系统,地球系统是由植物、动物、微生物、非微生物这些子系统构成的;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;一部机器是一个机器系统;一个国家、整个社会也都构成了一个系统。

分析这些简单的例子,撇开一切具体系统的具体形态和性质,我们可以发现,一切系统都具有以下几个共同点:

第一,系统是由两个以上的要素(Element)组成的整体(Whole)。要素是构成系统的最基本的部分,没有要素就无法构成系统,单个要素也无法构成系统。

第二,系统的诸要素之间、要素与整体之间以及整体与环境(Environment)之间存在着一定的有机联系。要素之间若没有任何联系和作用,则也不能称其为系统。

第三,系统要素之间的联系与作用必产生一定的功能(Function)。功能是系统所发挥的作用或效能,且是各要素个体所不具备的功能,这种功能是由系统内部要素的有机联系和系统的结构所决定的。

由此,我们可以这样给系统下定义:系统是由相互联系、相互作用的诸要素组成的具有一定功能的有机整体。

2. 系统与要素之间的相互作用

系统与要素是相互伴随而产生的,相互作用而变化的。系统与要素之间的相互作用表现在以下几个方面:

(1) 系统通过整体作用支配和控制要素

系统通过其整体作用来控制 and 决定各个要素在系统中的地位、排列顺序、作用、作用的大小以及作用的范围,协调着各要素之间的数量比例关系等。系统整体稳定,则要素也稳定;系统整体特性和功能发生变化,则要素以及要素之间的关系也会随之变化。例如,综合运输系统的整体功能,决定和支配着作为要素的水路运输系统、公路运输系统、铁路运输系统、航空运输系统以及管道运输系统的地位、作用和它们之间的关系,为使综合运输系统的整体效益最佳,就要求各运输子系统必须充分发挥各自的功能,就要对各子系统之间的关系进行控制和协调。

(2) 要素通过相互作用决定系统的特性和功能

一般来说,要素对系统的作用有两种可能的趋势:一种是要素的组成成分和数量具有一种

协调、适应的比例关系,使得要素能够维持系统的动态平衡和稳定,并使系统走向组织化、有序化;一种是要素之间出现不协调、不适应的比例关系,这就会破坏系统的平衡和稳定,甚至使系统衰退、崩溃。例如,对我国国民经济大系统而言,如果构成该系统的工业系统、农业系统、交通运输系统等各个系统都能够协调发展的话,就能够使国民经济持续、稳定的发展;但如果交通运输系统发展缓慢,与其他子系统之间不协调、不适应,就会严重制约国民经济的发展,影响国民经济大系统的整体效益。

(3)系统与要素的概念是相对的

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(或称子系统);同样,一个要素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而言,则是一个系统。比如,由车辆、场站、路网组成了公路系统,但对于整个交通运输系统而言,公路系统又是整个交通运输系统的要素;再比如,相对于交通运输系统而言,水路运输系统是一个要素,但它同时又是由港口运输系统、水上船舶运输系统、航道系统、物流系统、信息系统等要素构成的系统。

二、系统的特性

系统的特性主要表现为系统的整体性、相关性、目的性和环境适应性。

1. 整体性(Integrity)

系统是由两个以上的要素组成的,但是,仅有要素,还不能说就组成了系统。要素只是构成系统的必要条件,而不是全部的条件。所谓整体性是说:系统的各要素之间存在一定的组合方式,各要素之间是相互统一和协调的,系统整体的功能不是各组成要素功能的简单叠加,而是呈现出各组成要素所没有的新的功能,并且一般来说,系统的整体功能大于各组成要素的功能总和。即

$$F > \sum_{i=1}^n F_i$$

式中: F ——系统的整体功能;

F_i ——系统第*i*个要素的功能($i = 1, 2, 3, \dots, n$)。

系统整体功能大于其组成要素功能的总和,这不仅是在量的方面,更着重于质的方面。例如,一些零部件只有组装成一台机器,组成一个机器系统,才能充分发挥其功能,而单独的一个零件、一个螺丝钉是没有机器的属性,是不具备机器的功能的。俗话说,“三个臭皮匠,凑成一个诸葛亮”,这句话就充分说明了要素与整体功能间的关系。单独来看,每个臭皮匠的能力是有限的,但是,一旦这三个臭皮匠形成了一个“系统”,构成了一个“整体”,其整体的智慧就将大于各个皮匠的智慧之和。

比如,港口、船舶、航道等要素只有协调、配合,构成一个水运系统,才能够发挥其功能。再比如,交通管制系统是一个大系统,它由交通网、运输工具、信号控制等要素或子系统组成,只有当这些要素都很完善、配合协调的时候,才能够形成一个较好的、完善的系统。

系统的这个特性,对人类能动地改造世界有着极大的指导作用,人们总会自觉或不自觉地将有关的一些孤立的事物尽可能地组成系统,或把一些相对孤立的系统连结起来,组成更加庞大、更加复杂的系统,以便使它们获得更多的属性、更强的功能,并把某些功能和作用加以放大。比如,在工程上,人们把分散的电子计算机连接起来,组成计算机网络,不仅提高了计算的能力、设备的利用率和可靠性,而且,还降低了费用,并且使计算机的负荷更加合理。再如,相

对于自然界来讲,每个人的生命是有限的,能力是微弱的,但是,为什么人类敢于与无限的大自然抗衡,并且成为大自然的主宰者呢?其原因就是人类不是以单个人的有限的生命和微弱的能力孤立地与大自然抗衡的,而是结为一个整体,形成一个系统,即组成人类社会,把分散的力量集中,并且予以充分放大后再与自然界抗衡。

那么,是否多个要素凑在一起,其功能都一定大于部分功能之和呢?不一定!最典型的就是人们所说的“一个和尚挑水吃,两个和尚抬水吃,三个和尚没水吃”。按理说,和尚运水的效果是可以累加的,三个和尚运水,应该比一个和尚运的水多,但为什么会出现“三个和尚没水吃”的局面呢?这是因为,这三个和尚没有形成一个“系统”,这些“和尚要素”相互不协调、不统一,才使得集体运水的效果急减,甚至达到无水可吃的地步。这就说明,要使得整体的功能大于部分功能之和,组成该整体的各要素必须协调统一。

了解了系统的整体性特征,就要努力使各要素形成整体,构成系统,以获取更多、更大的功能。同时,为了提高系统的整体功能,增强系统的整体效应,必须考虑以下几个问题:

一切从整体出发。人们在认识和改造系统的时候,必须从整体出发,从全局考虑,从系统、要素、环境的相互关系中探求系统整体的本质和规律。以交通运输系统来说,构成交通运输系统的各个子系统只有统筹兼顾、保持一定的比例,才能够在动态中平衡、协调和发展。

各要素的结合要保持合理,注意从提高整体功能的角度去提高和协调要素的功能。提高要素的基本质量,是提高系统整体效能的基础。但在提高要素质量的同时,还要注意与系统的协调。比如,交通运输系统中,为了改进乘客乘车难的问题,不适当地增加车辆的数目,而在道路和调度方面没有相应的措施,就会因车辆拥挤、堵塞更为严重,反而会使运输系统的效率更低。

2. 相关性(Relationship)

相关性说明了系统的各要素之间具有以下的关系:各要素是相互联系、相互作用、相互依存,又相互制约的。系统中每个要素的存在都依赖于其他要素的存在,系统中任一要素的变化都将引起其他要素的变化乃至整个系统的变化。

各要素之间有着一定的组合关系、联系方式。比如,港口系统包含了泊位、库场、疏运、装卸等要素,这些要素之间就是一种相互作用、相互依存、相互制约的关系。整个港口的通过能力,就取决于泊位的通过能力、库场的通过能力、疏运系统的通过能力、装卸系统的通过能力等各主要环节能力的合理组合。

再比如前面所说的交通管制系统,交通网、运输工具、信号控制等要素在这个系统中是相互关联的,通过它们之间的协调关系,使交通网上的运输工具有条不紊地运行。如果各个要素各自为政,那么它们就不能组成相互协调的系统,势必会造成交通的紊乱。

了解了系统中各要素之间的相关性后,就要努力建立起系统各要素之间的合理关系,以消除相互间的盲目联系和无效行动。

3. 目的性(Purpose)

任何一个系统都有它的目的,否则,也就失去了这个系统存在的价值和意义。例如,生物系统的目的性就是增殖个体、繁衍物种、保存生命;同样,人造系统也有它的目的性,如企业的经营目的,就是以最少的资源消耗去取得最大的经济效益。运输系统的目的,就是为国民经济的发展提供运输服务。运输系统中各运输子系统的目的,就是为运输大系统的总目的服务。

了解了系统的目的性特征,就可以帮助明确系统的功能,从而进一步确定系统的结构。

4. 环境适应性(Environment compatibility)

任何一个系统都存在于一定的物质环境中,环境的变化对系统的变化有很大的影响,同时,系统的作用也会引起环境的变化。两者相互影响作用的结果,就有可能使系统改变或失去原有的功能。一个好的系统,必须不断地与外部环境产生物质的、能量的和信息的交换,才能适应外部环境的变化,这就是环境适应性。

例如:一个港口,如果能够经常了解同类港口和有关行业的动向,了解国家、用户和外贸的客货运要求,了解港口所处地区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,那么,这个港口系统就有很好的环境适应性,就是一个理想的系统。否则,就是一个没有生命力的系统,就不能很好地完成系统的目的。

了解了系统的环境适应性特征后,就可以有助于确定系统存在的条件,想方设法创造有利条件,保证系统的生存和可持续发展。

例 1-1 城市交通综合系统

城市交通综合系统是一个庞大的动态系统,它本身的状态是随时间变化而变化的。其结构如图 1-1 所示。

从结构图中可以看出,城市交通系统具有以下 4 个特性:

(1) 整体性

城市交通系统是由人、车、道路、设施、管理、环境等许多子系统组成的综合性整体,各子系统从属于这个整体,而整个城市交通系统又是更庞大的城市系统中的子系统。

(2) 相关性

城市交通系统内部各子系统、各子系统要素之间是有机联系、相互依存又相互作用的。

(3) 目的性

城市交通系统具有特定的目的。这就是:为人们从事各种活动提供必要的物质条件和空间活动条件,并达到安全、快速、高效、舒适的目的。

(4) 环境适应性

城市交通系统处于社会环境之中,受周围环境的影响和制约,并与周围环境相协调。

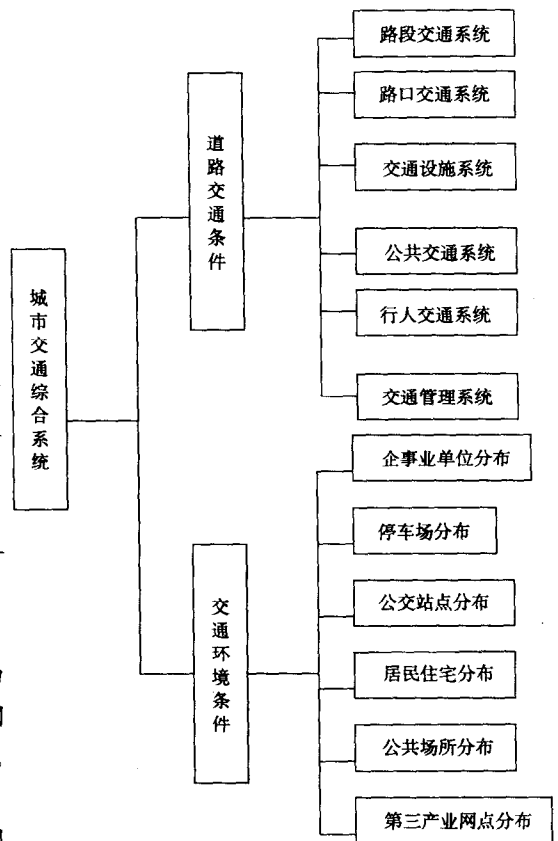


图 1-1 城市交通综合系统结构图

三、系统思想(System idea)

虽然系统是客观存在的,但是人类对它的认识却经历了一个漫长的过程。

1. 古代朴素的系统思想

在古代,当人们有了生产活动以后,客观世界的系统特性就逐渐地反映到了人的认识中来了,自发地产生了一些朴素的系统思想。

在哲学上,这种朴素的系统思想表现在把自然界当作一个统一的整体。如古希腊辩证法的奠基人之一赫拉克利特(约公元前460~370年)就说过:“世界是包括一切的整体”。亚里士多德还提出了“整体大于它的各部分总和”的论点。我国春秋末期的思想家老子也强调自然界的统一性。

在实践上,这种朴素的系统思想表现在从事物之间相互联系的角度去观察和改造世界。如我国古代著名的医学典籍《黄帝内经》就把自然界和人体看成是由阴阳五行这五种要素相生相克、相互制约而组成的有秩序、有组织的整体,对疾病的诊断要综合分析,强调因人、因时、因地治疗,并要把治疗与调养、治疗与防病结合起来。再如战国时期修建的四川都江堰水利工程,把岷江分水工程、分洪排沙工程、引水工程三大主题工程和120个附属渠堰工程巧妙地联系在一起,形成一个协调运转的工程总体,使工程具有防洪、灌溉、漂木、行舟等多种功能,这个工程体现出来的就是整体的观念、优化的方法和系统的思想。

古代朴素的系统思想在军事、天文等方面也有许多应用的实例,如《孙子兵法》对战争系统的各个层次、各个方面以及它们的内在联系等都进行了全面的分析和论述;古代天文学家根据天体运动与季节变化的关系,编制的历法和指导农事活动的二十四节气等,都在不同程度上反映了朴素的系统思想的自发应用。

2. 系统思想的成熟与发展

古代朴素的系统思想虽然强调对自然界整体性、统一性、相关性的认识,但是这种认识是非常肤浅的、片面的,与真正的系统思想、系统观念还有很大的距离。这是由于当时的生产力和科学技术还十分落后,人类改造世界的能力有限,规模也很小,自然对客观世界中的各种复杂的依赖关系、制约关系的认识就不够深刻、全面。正如恩格斯指出的那样:“在希腊人那里——正因为他们还没有进步到对自然界的解剖、分析——自然界还被当作一个整体而从总的方面来观察。自然现象的总联系还没有在细节方面得到证明,这种联系对希腊人来说是直接的直观的结果。这里就存在着希腊哲学的缺陷,它在以后就必须屈服于另一种观点”。事实上情况也确实如此。

15世纪下半叶,由于近代自然科学的发展,力学、天文学、物理学、化学、生物学等学科逐渐分离,并日益发展,形成自己独立的学科。这种分离就把自然界的细节,从总的自然联系中抽出来而分门别类地进行研究。因而使得人们对自然界的各个层次、各个局部、各个细节、各个侧面以及这些层次、局部、细节、侧面之间的联系有了更深入的了解,获得了更详细的科学资料,大大加深了人类对客观世界的认识。但是,当时社会生产和科学技术的这种进步,仍然没能使人类形成明确和完整的系统观念。这是由于人们这时候看问题的眼光是静止的、孤立的,从而形成了形而上学的思维方法,这种思维方法成了人类完整地认识整个客观世界的障碍,极大地影响了人类认识世界的进程。

19世纪上半期,特别是进入20世纪以后,社会生产和科学技术得到了空前的发展。人类改造世界的规模越来越大,程度越来越深,随之而来的是,面临着越来越多的前所未有的问题:在人类的生产活动中,为什么有时候事半功倍,有时候却事倍功半?为什么有时候事与愿顺,有时候却事与愿违?为什么有时候局部和眼前的效果与总体的、长远的效果一致,而有时候却相反?为什么有时候一个优良的甚至是一般的局部可以组成一个优良的整体,而有时候却恰恰相反?……这些涉及面极广而又带有普遍意义的问题令人深思,同时也对形而上学的自然观产生了极大的冲击,使人们看到了这种思维观念的缺陷。人们认识到,只是在哲学层次上研究事物间互相联系、互相影响的规律是不够的,还必须以辩证唯物主义为指导,在一般科学的

层次内,对事物互相影响的形式、互相影响的途径,以及这种影响所产生的后果进行精确的、定量的研究,也就是说必须从系统的角度来考察和研究整个世界。系统思想正是在这种历史背景下产生和发展起来的。

系统思想的出现,彻底改变了人们的思维方式,使人们在改造世界的活动中,逐步地认识并揭示出客观世界的本质联系和内部规律。特别是现代科学技术的发展以及计算机技术和信息技术的高度发展,对系统思想的产生与系统方法的应用产生了极为重大的影响,主要体现在两个方面:一是使系统思想、系统方法定量化、科学化,使之成为具有坚实的数学理论基础的,能够定量地处理系统各组成部分联系关系的科学方法;二是计算机与信息技术的应用,为系统思想、系统方法的实际运用提供了强有力的工具。正是由于上述两个特征,才使得系统思想方法从一种哲学思维逐步形成了独特的系统理论,并在此基础上形成了一门专门的科学——系统科学。

四、系统理论(System theory)

系统理论包括通常所说的在 20 世纪 40 年代形成的“老三论”:一般系统论、控制论和信息论,以及 20 世纪 70 年代形成的“新三论”:耗散结构理论、协同论和突变论。

当代科学技术的发展有两个显著的特点:一方面向深度发展,科学研究的对象越来越专一,学科分类越来越精细,新领域、新学科、新专业不断产生;另一方面,各学科之间、各技术之间以及科学和技术之间又相互渗透、相互交叉、相互移植,而使得科学技术日趋整体化、综合化。系统理论就是现代科学技术整体化、综合化的产物。

二次世界大战以后,社会生产力迅速发展,科学技术直接转化为生产力的周期成倍缩短,生产的自动化程度越来越高,电子计算机网络和智能型机器人在生产、科研和生活中被广泛应用,人工智能的研究成果已直接投入生产,系统理论就是在这样一种信息时代产生的。

系统理论作为高度综合的普遍化的理论,它横跨自然科学和社会科学两大领域,在哲学、社会科学和自然科学之间架起了相互贯通的桥梁。它的出现,实现了人类认识史上由定性到定量认识物质之间各种关系的新飞跃,实现了人类由认识物质和能量到认识信息的新飞跃,进一步深化和改变了人类认识的自然图景,也加深了对人脑和人的精神活动本质的认识,丰富了辩证唯物主义哲学,开辟了哲学走向量化的道路。

系统理论从不同的侧面揭示了客观物质世界的本质联系,为现代科学技术的发展开辟了广阔的新领域。同时,系统理论作为崭新的科学方法论,显示了对复杂事物研究的有效性,为现代科学技术的发展乃至整个人类思维科学的发展提供了新概念、新思路、新方法。

1. 一般系统论(General systems theory)

一般系统论的创始人是奥地利生物学家贝塔朗菲(L·Von·Bertalanffy),他在 1947 年提出一般系统论时,曾明确地把马克思和恩格斯的辩证法列为一般系统论的思想来源之一。

一般系统论的主要观点是:

(1) 系统观点

即一切有机体都是一个整体(系统),这个整体是由部分结合而成的,其特性和功能不只是各部分特性和功能的简单相加。他认为系统是相互作用的诸要素的复合体,系统的特性取决于复合体内部特定的关系。要了解系统的特性,不仅要知道组成这个系统的要素,而且还要知道它们之间的相互关系。

(2) 动态观点

即一切有机体本身都处于积极的运动状态,并与环境不断地进行物质、能量的交换,以使有机体能够有组织地处于活动状态,并保持其有活力的生命运动。他把这种能与环境交换物质、能量的系统称之为开放系统,生命系统本质上都是开放系统。任何一个开放系统,都能在一定条件下保持其自身的动态稳定性。

(3)等级观点

即各种有机体都按严格的等级组织起来,并通过各层次逐级的组合,形成越来越高级、越来越庞大的系统。

一般系统论有着十分广泛的含义,贝塔朗非在论述这门学科的性质和任务时指出:一般系统论是一门新学科,属于逻辑和数学的领域,它的任务是确立适用于各种系统的一般原则,既不能局限在“技术”的范围内,也不能当作一般的数学理论来对待,因为,有许多系统问题不能用纯数学的方法求出解答,而是要从系统的观点来认识和分析客观事物。一般系统论沟通了自然科学与社会科学、技术科学与人文科学之间的联系,提出了研究各门学科的新的方法,使许多学科面貌焕然一新。一般系统论为系统思想的发展,使人类走向系统时代,奠定了理论基础。

2. 控制论(Cybernetics)

控制论是20世纪40年代末期开始形成的。二次世界大战期间,由于自动化技术、导弹和电子计算机技术的发展,要求自然科学必须在理论上进行系统的研究和科学的总结。1948年,美国数学家维纳总结了前人的经验,创立了这门学科。

控制论是研究系统的调节与控制的一般规律的科学。其主要内容为:

(1)最优控制理论

这是现代技术的核心。这一理论是通过数学的方法,科学、有效地解决大系统的设计和控制问题的,并强调采用动态的控制方式和方法,以满足各种输入和多种输出系统的控制要求,实现系统的最优化。

(2)自适应、自学习和自组织系统理论

自适应系统是能够按照外界条件的变化,自动调整其自身结构或行为参数,以保持系统原有的功能的系统。自学习系统是能够按照自己运行过程中的经验来改进控制系统的能力的系统,是自适应系统的延伸和发展。自组织系统是能够根据环境的变化和运行经验来改变自身结构和行为参数的系统。这些理论,对组织系统的控制研究,带来了很大的影响和变革。

(3)模糊理论

模糊理论是在模糊数学的基础上形成的一种理论。由于在现实问题中,存在着大量的不够明确的信息和含糊不清的概念,很难用确定的数学模型来描述,因此,就必须借助于模糊数学来解释这一类问题。

(4)大系统理论

大系统理论是现代控制论的一个新的研究领域。它是以规模庞大、结构复杂、目标多样、功能综合、因素繁多的各种大系统作为研究对象的,如交通运输系统、社会系统、生态环境系统等。其研究的主要问题是分析大系统及大系统优化。

3. 信息论(Information theory)

信息论是研究信息传输和信息处理系统的一般规律的学科,其基本思想是完全撇开系统物质与能量的具体运动形态,而把系统的有目的的运动抽象为一个信息变换的过程,来探求信息的一般特征、传送规律和原理。由于人类的任何实践活动中,都包含着人流、物流、财流、信

息流等各种流,其中信息流起着支配的作用,它调节着系统内部其他流的数量、方向、速度、目标,并控制着人和物的有目的、有规律的活动。因此,可以说信息论是控制论的基础。

4. 耗散结构理论(Diffusion structural theory)

耗散结构理论是20世纪70年代由比利时物理学家普利高津(I·Prigogine)提出来的。耗散结构是与平衡结构相对的。长期以来,在物理学界,人们只研究平衡系统的有序稳定结构,并认为,如果系统原来处于一种混乱无序的非平衡状态,那么,系统就不能在非平衡状态下呈现出一种稳定有序的结构。普利高津从热力学第二定律出发,通过研究非平衡态热力学,指出:一个远离平衡态的开放系统,在一定的外界条件下,通过不断地与外界交换能量、物质和信息,就能够从原来的无序状态转变为一种时间、空间或功能的有序状态,普利高津把这种远离平衡态的、稳定的、有序的结构,称作“耗散结构”(Dissipative Structure)。这一学说回答了开放系统如何从无序走向有序的问题,普利高津并因此而获得了诺贝尔奖。在耗散结构理论中,普利高津着重阐述了以下几个观点:

(1)开放系统是产生耗散结构的必要前提,同时也是耗散结构得以维持和存在的基础

因为耗散结构实质上就是远离平衡态的非线性系统,并通过不断地与外界交换物质、能量和信息,来维持一种动态的有序结构。这种交换一旦停止,系统的结构就会受到破坏,就会遭到瓦解。因此,要使一个系统产生并保持耗散结构,就必须为其创造开放的条件,使其成为远离平衡态的开放系统。

(2)非平衡态是系统有序之源

普利高津认为,开放系统是形成耗散结构的必要条件,但不是充分条件。他指出:“一个开放系统并没有充分的条件保证出现这种结构”,耗散结构只有在系统保持“远离平衡”的条件下,才有可能出现。平衡结构是一种“死”的结构,而耗散结构是一种非平衡结构,是一种“活”的结构,是一种动态的稳定结构,是系统在不断地与外界交换物质、能量和信息的过程中形成的稳定结构。

(3)系统的涨落导致系统走向有序

所谓涨落,是指系统的某个变量或某种行为对平均质的偏离。涨落是偶然的、随机的、杂乱无章的,在不同的状态下有不同的作用。对平衡态、近平衡态来说,涨落是一种破坏其稳定性的干扰,是一种消极作用;对远离平衡态的耗散结构而言,涨落是系统由不稳定状态到形成新的稳定状态的杠杆,是一种积极的因素。系统的结构通过涨落规定和主导系统的功能,而系统的功能又通过涨落来影响和改变着系统的结构,并使系统走向有序。

耗散结构理论推进了系统自组织理论的发展,对系统科学的发展有着重要的理论意义。

5. 协同学理论(Coordination study theory)

协同学(Synergetics)理论也是在20世纪70年代产生的,是由联邦德国的物理学家哈肯(Hermann Haken)提出来的。与耗散结构理论一样,协同论也是研究远离平衡态的开放系统的,与之不同的是,普利高津是借助于热力学的理论来进行研究的,而哈肯则在汲取耗散结构理论论点的基础上,采用统计力学的考察方法来研究开放系统的行为的。在协同学理论中,哈肯提出了以下几个观点:

(1)协同导致有序

所谓协同,就是协同作用。协同学理论强调系统的协同效用,即在复杂大系统内,各子系统的协同行为产生的超越各要素自身的单独作用,从而形成整个系统的统一作用和联合作用。协同作用是形成系统有序结构的内部作用力,在这种作用下,系统能够自动地产生空间上、时

间上和功能上的有序结构,出现新的稳定状态。

(2) 自组织理论

所谓自组织,哈肯特别强调指的是系统在没有外部指令的条件下,其内部子系统之间能够按照某种规则自动形成一定的结构和功能,它具有内在性和自主性。自组织理论是协同学的核心,它反映了复杂大系统在演变过程中,是如何通过内部诸要素的自动协同来达到宏观有序状态的客观规律。

协同学不仅对自然科学的研究作出了贡献,而且对现代经济管理、系统工程等方面的研究,也越来越显示出它的重要作用,成为系统科学的重要理论基础。

6. 突变论(Catastrophe theory)

20世纪70年代产生的另一个有影响的系统理论,是1972年,由法国数学家托姆(Rene Thom)提出来的突变理论。突变理论是从量的角度研究各种事物的不连续的变化,并试图用统一的数学模型来描述它们。突变论以结构稳定性为基础,通过对系统稳定性的研究,说明系统的稳态与非稳态、渐变与突变的特征及其相互关系,揭示系统状态演变的内部因素与外界条件。突变论出现以后,被迅速地应用到自然科学的各个领域,人们并尝试在社会科学中的应用,如用突变论研究经济危机、市场行情、预测股市动向等。随着突变理论的完善和发展,它在各个领域的应用也将越来越广泛和深入,人们对系统结构的演化方式和演化规律也将有进一步的认识。

所有这些理论以及其他系统研究的成果,融合在一起,形成了一种包括无比广阔内容的新学科“系统学”——一切系统的一般理论。有了系统学,系统科学体系就可以完全建立起来了。系统科学是在自然科学、数学科学和社会科学三大科学之外形成的一个崭新的科学技术学科。按照钱学森同志的观点,系统科学包括:工程技术——系统工程;技术科学——运筹学、控制论和信息论;基础科学——系统学;又从系统学这座桥梁——系统观,达到人类知识的最高概括——马克思主义哲学。所以系统科学体系可以表达为:工程技术、技术科学、基础科学和哲学4个层次。

五、系统分类

系统是以不同的形态存在的,根据系统生成的原因、反映的属性不同,可以对系统进行各种各样的分类:

1. 自然系统和人造系统(Natural system and the artificial system)

这是以系统形成的原因为标准来进行分类的。自然系统是由自然物为要素形成的系统,如森林系统、人类系统、海洋系统、大气系统等。组成要素是由人类制造、加工的系统叫做人工系统,如运输系统、经济系统、工程技术系统、经营管理系统等。实际上,多数系统是自然系统与人工系统的复合系统。比如社会系统,看起来是一个人造系统,但它又是和自然系统密切相关的。

2. 实体系统和概念系统(Entity system and concept system)

这是以形成系统的要素是有形的还是无形的来分类的。实体系统是以矿物、生物等实体组成的系统,其要素是具有实体的物质,这种系统以硬件为主体,以静态系统的形式来表现。概念系统是由概念、原理、原则、方法、制度等观念性的东西组成的,而不是实体物质,它是以软件为主体,依附于动态系统的形式来表现的,如科技体制、教育体系、法律系统等。

3. 封闭系统和开放系统(Loop system and open system)

这是以系统是否与外界环境有物质、能量或信息交换为标准来进行分类的。封闭系统与

外界环境不发生任何形式的交换,它既不向环境输出,也不从环境输入。开放系统与环境有相互关系,能从环境得到输入,并向环境输出。大部分人造系统都属于这样的系统,如社会系统、运输系统、经济系统。

4. 静态系统和动态系统(Static system and dynamic system)

这是以系统的形态是否随时间变化为标准来进行分类的。静态系统,如前面提到的实体系统就属于静态系统。动态系统,是随时间而发生变化的系统,如前面所讲的概念系统就属于动态系统。

其他的还有对象系统和行为系统、控制系统和因果系统、自动系统和非自动系统、结构系统和过程系统等。

在交通运输系统中,实际上存在的系统大多是自然系统与人工系统复合而成的系统,如交通控制系统、交通网络系统、公路运输系统等。

第二节 交通运输系统

一、交通运输系统的结构及特点

交通运输业是国家的重要产业部门,是发展国民经济的基础。旧中国运输线路少、质量差、能力低、布局偏。新中国成立以后,经过 50 多年的建设,我国的交通运输事业有了较大的发展,已初步形成了以铁路干线、长江、沿海水运、公路干线为骨架,由铁路、公路、水运、航空、管道等 5 种运输方式组成的现代综合交通运输体系。

1. 铁路运输系统

铁路运输系统主要承担着中、长途的运输任务。铁路运输不受气候、季节条件的限制和影响,可以实现全天候的运输。铁路运输有很大的线路输送能力和通过能力,一般单方向自动闭塞双线铁路可达 1 亿 t/年(通过能力最大利用程度能实现 1.7~1.8 亿 t/年);单方向单线铁路可达 0.17~0.18 亿 t/年(最大能实现 0.5~0.6 亿 t/年)。铁路能以较快的直达速度运输货物。假定一般普通货物列车的速度为 100%的话,直达列车则为 130%~140%,虽比城间公路运输(相对速度为 180%~200%)慢,但比内河航运(相对速度为 60%~70%)和管道运输(相对速度为 40%~50%)要快。铁路运输成本较低,特别是中、远距离运输,经济效率较佳。如美国 1978 年公路和铁路的成本比率为 10:1。铁路运输的缺点是投资大、建设周期长、占用土地多。

2. 公路运输系统

公路运输机动、灵活、适应性强,深入性和方便性好,能满足多方面、多种运输的需求。可以实现门到门直达运输,避免中转环节,减少货损货差。公路运输还具有运送速度快的特点。日本运输省 1980 年的调查资料表明,公路运输的货运速度平均比铁路快 5.8 倍,比水运快 2.6 倍。另据前苏联的资料,运距在 200km 以下时,公路运输的货运速度比铁路快 4~6 倍。公路运输的始建投资少,资金周转快,回收期短,利润大。据美国的资料报道,公路运输的资本每年可以周转三次,而铁路三、四年才可以周转一次。1974 年美国城间一级公路货运企业投资盈利率为 11.16%,而铁路仅为 2.7%。另外,公路运输还可以为其他运输方式提供集散或接运服务。公路运输的缺点是单位运输成本较高;运行的持续性较差;交通事故率比其他运输方式高;耗油量、噪声、废气污染严重;客运的舒适程度较差等。