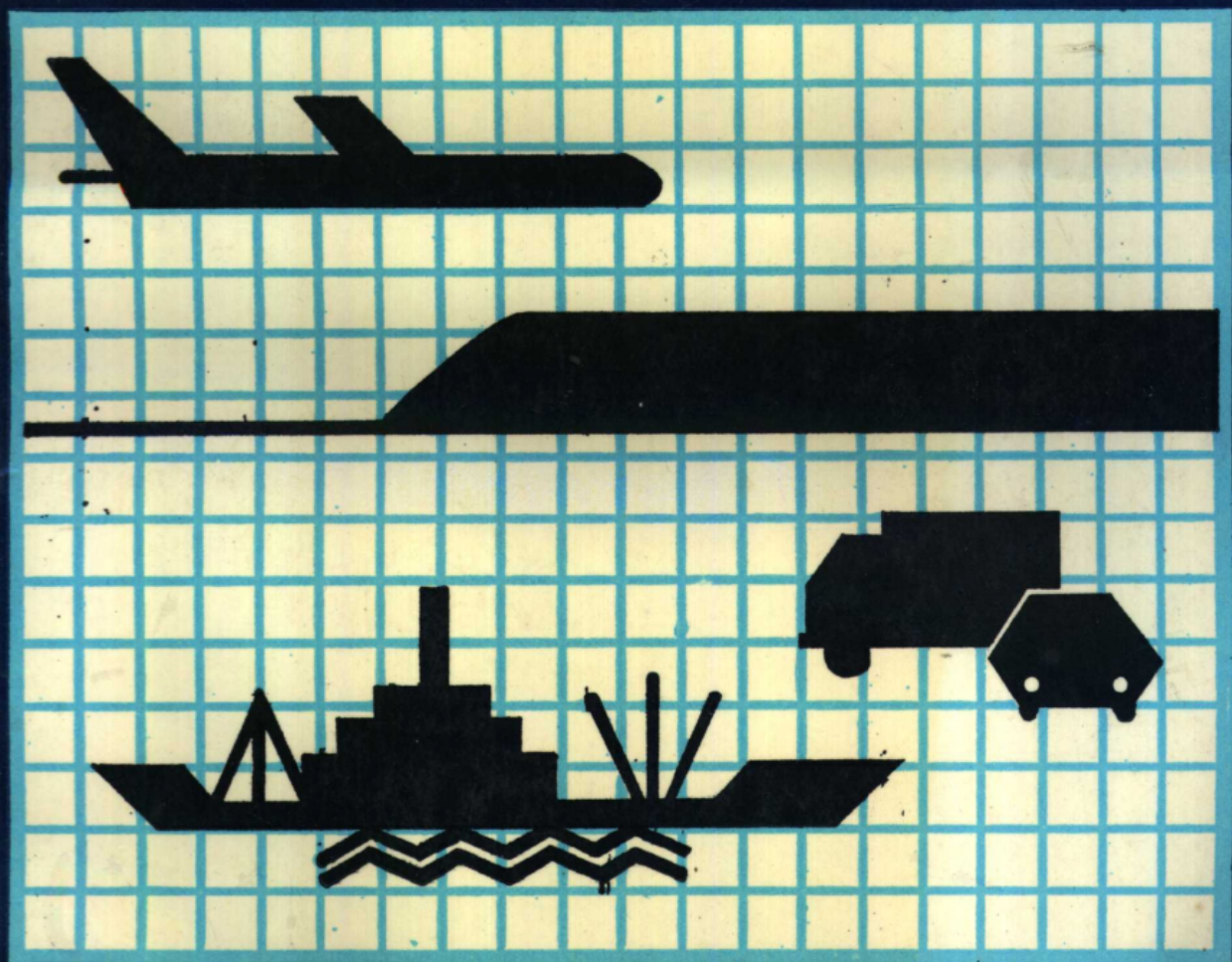


交通运输系统动力学

张国伍 主 编

贾顺平 副主编



西南交通大学出版社

责任编辑：严良田

封面设计：郑宏

ISBN 7-81022-488-3/U-023

定价：7.50元

交 通 运 输 系 统 动 力 学

主 编 张 国 伍

副主编 贾 顺 平

西南交通大学出版社

(川)新登字 018 号

内 容 简 介

交通运输系统动力学是一门新的交叉学科,它是以系统动力学和交通运输系统分析学为其理论基础,并结合了系统科学、经济科学、决策科学、计量经济学、应用数学以及计算机科学等,通过多年实践与研究而形成的。本书全面地完整地阐述了交通运输系统动力学的基本原理和方法。书中第一、二、三章介绍了交通运输系统分析、交通运输需求分析、交通运输供给分析,它们是交通运输系统动力学的基础理论;第五、六、七章分别介绍了交通运输系统动力学的基本方法,它包括了交通运输系统基本因果关系分析,交通运输供需协调基本反馈机制分析,介绍了交通运输系统动力学模型设计(包括区域综合交通系统动力学模型、铁路运输系统动力学模型、水路运输系统动力学模型、公路运输系统动力学模型、航空运输系统动力学模型以及城市交通模型的设计);第八章介绍了交通运输系统动力学模型的参数估计;第九章介绍了交通运输系统动力学模型的检验;本书最后第十章详细介绍了交通运输发展政策的计算机实验。

本书可供从事交通运输规划、管理、决策及交通运输系统分析(工程)专业的科研、教学和决策管理人员参考,并可作为大专院校交通运输、系统工程等专业研究生、本科生的教学用书。

交通运输系统动力学

主编 张国伍

*

西南交通大学出版社出版发行

(成都 九里堤)

四川省新华书店经销

西南交通大学出版社激光照排

仁寿县印刷厂制版印刷

*

开本: 787×1092 1/16 印张: 10.875

字数: 200 千字

印数: 1—2500 册

1993 年 4 月第 1 版 1993 年 4 月第 1 次印刷

ISBN 7—81022—488—3/U.023

定价: 7.50 元

序 言

交通运输系统动力学这本专著是在国家自然科学基金项目《交通运输系统动力学理论与方法》(项目编号 780001)研究成果的基础上完成的。在这项新理论与方法的研究中,有北方交通大学应用系统分析研究所的教师贾顺平讲师、方素梅工程师及研究生员伟革、张颖、雷黎、邓晓春等参加。在该课题研究报告和研究生论文的基础上,由我和贾顺平、雷黎、方素梅同志进行了专著的编写,并由我和贾顺平同志担任了本书的主编与副主编。

交通运输系统动力学是以系统动力学与交通运输系统分析学为其理论基础;并结合了系统科学、经济科学、应用数学以及计算机科学,它是这些学科相互交叉和渗透并通过自身建设而形成的。

50年代中期,美国麻省理工学院(MIT)斯隆管理学院的福瑞斯特教授(J.W. Forrester)创立了系统动力学。它在社会经济系统中的第一个实践领域是工业企业的经营管理。从动态观点系统地研究管理问题是对传统管理科学的一个突破,福瑞斯特的早期名著《工业动力学》因而荣获1962年美国管理学会最佳管理书籍奖。系统动力学博采众长,融控制论、系统论、信息论、决策论、管理科学及计算机仿真技术于一体。近30年来在企业经营管理、城市问题、全球发展问题以及美国经济预测等一系列社会经济领域的应用中得到了成功。但它在交通运输系统中的研究和应用在国内外都尚属起步阶段,十分薄弱。

交通运输业是一个系统,而且又是一个复杂的巨系统。就交通运输大系统来看,它是由固定设备子系统(包括线路、航道、航线、桥梁、港口、码头、车站以及机场等)和移动设备子系统(如机车、车辆、船舶、汽车以及飞机等)以及组织管理子系统(包括生产组织、运营组织、经营组织以及管理组织等)所构成。每个子系统又是由其构成的单元或部件组成。在实现旅客、货物有效位移的目的下,实现着交通流的畅通(包括人流、物流、车流、船流以及飞机流等)。为了完整地认识、深入地分析交通运输系统,从而达到进一步合理地发展交通运输业,我于1979年开始了交通运输系统分析理论的研究、运输实践及研究生的培养,于1991年出版了《交通运输系统分析》专著,培养出几十名运输系统分析专业的硕士研究生,建立了交通运输系统分析新学科。

我在进行交通运输系统分析学科的研究中,从1986年开始接触了系统动力学,认识到系统动力学所具有的几个特点:

1. 系统动力学把复杂系统内部各要素之间的联系,都归结于因果反馈关系,因此,其研究方法也侧重于分析因果反馈回路。它认为系统运动的规律来源于系统的内部结构,分析问题也就从内部结构开始,寻找因果反馈回路,建立结构——功能模型。

2. 它根据系统研究的对象、目的和性质,首先确定系统边界,在边界之内分析系统组成的要素,找出要素之间的相互联系及因果关系,然后用流程图和结构方程式将其关系加以定量描述,模拟系统的整体行为。系统结构是决定系统功能的内因,是系统的内部描述,而功能是结构的外部表现。

3. 系统动力学对社会经济系统的长期动态趋势分析有其独到之处。采用系统仿真方法进行长期动态模拟,既不受描述方程高阶非线性的限制,也不受时间的约束。还可以在模型中引入制约因素,研究在随机干扰情况下系统的行为机制。数据不完整并不影响趋势分析,因为多重反馈环的存在使系统行为对大多数参数的敏感性减弱,所以在缺乏数据的情况下,仍可对系统进行研究。

4. 系统动力学为政策分析提供了良好的方法。它在建立模型时,考虑了政策因素对社会经济系统的作用,这是其他系统分析方法所无法比拟的。因为它把政策作为系统的内生变量,成为系统内部结构的重要组成部分,因此它为研究政策实施后的效果创造了条件。

5. 系统动力学处理问题直观形象,便于与决策者进行直接对话。在建模过程中即大量采用了因果关系统、系统流程图等非常直观的手段,便于建模者与决策者的沟通。同时在政策实验时,借助于计算机图形、表格技术,易于决策者直接参与人机对话,进行政策模拟。

在熟悉了上述系统动力学所具有的特点后,我就产生了一种学术思想,即系统动力学作为一种社会经济系统分析的理论和方法能否引进到交通运输系统分析学科中来的思想。如果能引进来,必将进一步充实和丰富交通运输系统分析新学科的理论与方法。但是我还想到交通运输系统又是一个不同于工业、农业等行业的社会经济大系统,它是国民经济的大动脉,是社会生产和生活的必要条件。这个大系统又具有其独特的功能、复杂的结构,其产品不能储存,运输力不能转移,信息量不仅大而且传输反馈以及控制与协调等方面还十分复杂,更给这个系统带来了复杂性。此外,人的参与和社会环境关系的紧密性等,从而使交通运输系统分析中应用系统动力学理论方法的复杂性和难度加大。基于这样的认识,我在八五级研究生李荣宣的建议下,提出了创建交通运输系统动力学的构思和目标,并于1988年开始了这方面的研究。首先是把系统动力学应用到进行长江三峡工程航运效益分析上,并取得了较好的效果和成果。在此基础上,我于1988年中报了国家自然科学基金的申请,希望能得到国家的资助。感谢国家自然科学基金会对我们的帮助,批准了我们的申请,于是我带领几位教师和研究生开始了这个新领域、新问题的研究,并在这个研究中培养了这方面的人员,员伟革、张颖、雷黎、邓晓春等四位研究生都在这项研究中完成了其硕士学位论文。

通过近三年的研究和探索,完成了国家自然科学基金会资助项目的研究任务,同时开始进行了这本专著的编写任务。我们在系统动力学专家、北京航空航天大学胡玉奎教授和复旦大学王其藩教授、航天部于景元教授、西安交大汪应洛教授、上海交大王浣尘教授的支持和帮助下,完成这本专著的撰写任务。并在西南交大出版社社长蔡梦贤教授的支持下,出版了这本专著。

全书共分十章,初步构成交通运输系统动力学的理论体系。当然这是一门新的学科,它的研究和应用还正在进行。对这门新的学科来说许多问题和内容我们研究得还很不够,甚至还有不少空白,加上我们的水平有限,因此还存在不少问题和缺点,希望本书出版后能够得到广大读者和热心支持者的批评和指正,谨以本书献给交通运输系统分析学科。

张国伍

北方交通大学应用系统分析研究所

一九九二年四月卅日

目 录

序 言

第一章 交通运输系统分析	1
第一节 运输系统目标分析	1
第二节 运输系统特征分析	6
第三节 运输系统环境分析	12
第二章 交通运输需求分析	15
第一节 运输需求的产生	15
第二节 区际交通运输需求分析	17
第三节 城市交通需求分析	21
第三章 交通运输供给分析	27
第一节 铁路运输系统供给的构成及其动态发展的分析	27
第二节 水路运输系统供给的构成及其动态发展的分析	32
第三节 公路运输系统供给的构成及其动态发展的分析	38
第四节 航空运输系统供给的构成及其动态发展的分析	42
第五节 城市交通供给的分析	45
第四章 交通运输系统要素分析	48
第一节 系统要素定量分析方法	48
第二节 系统要素集合	56
第五章 交通运输基本因果关系分析	61
第一节 区域运输基本因果关系分析	62
第二节 铁路运输基本因果关系分析	64
第三节 水路运输基本因果关系分析	66
第四节 公路运输基本因果关系分析	69
第五节 航空运输基本因果关系分析	71
第六节 城市交通基本因果关系分析	73
第六章 交通运输供需协调基本反馈机制分析	76
第一节 基本控制原理	76
第二节 交通运输需求与供给协调发展的控制方式	83

第七章 交通运输系统动力学模型设计	87
第一节 区域综合运输系统动力学模型设计	88
第二节 铁路运输系统动力学模型设计	91
第三节 水路运输系统动力学模型设计	102
第四节 公路运输系统动力学模型设计	111
第五节 航空运输系统动力学模型设计	117
第六节 城市交通系统动力学模型设计	126
第八章 交通运输系统动力学模型的参数估计	139
第一节 交通运输系统动力学模型参数的选择原则	139
第二节 交通运输系统动力学模型参数估计方法	141
第九章 交通运输系统动力学模型的检验	146
第一节 交通运输系统动力学模型的结构检验	147
第二节 交通运输系统动力学模型的参数检验	149
第三节 交通运输系统动力学模型的行为检验	151
第十章 交通运输发展政策的计算机实验	154
第一节 交通运输不同发展模式对国民经济的影响	154
第二节 交通运输发展政策模拟分析	157
参考文献	165

第一章 交通运输系统分析

第一节 运输系统目标分析

一、运输的意义与构成

运输是利用各种运送工具及通路,将人及货物从甲地运至乙地,以克服空间阻隔的一种经济活动。虽然在某些特殊情况下仍可见到流水运木、肩挑背负、牲畜载运等原始而简单的运输方式,但绝大部分现代化运输,均需具备运输工具、通路、终点站、动力、通信、经营机构等要素。运输功能的完成,需要这些构成要素的配合。

(一)运输工具

运输工具的功能在于容纳与保护被运送的人或货物。早期的运输工具多是天然的,且本身兼备动力来源,如人、马、牛等。现代的运输工具则大都是人工的,如汽车、火车、飞机、轮船等。理想的运输工具应具备结构简单安全、轻巧易操作、宽敞舒适、耐用少故障、易维修、容量大、震动小、耗用能源少、污染小等特点。

(二)通路

通路即运输工具所通行的路径,由出发点、中间点与到达点三者连接而成。通路有些是自然形成的,如空运航线、天然航道等。有些则需人工的专门设施,如铁路、公路、运河、管道等。良好的通路应具备安全、造价低、易于迅速通行、不受自然气候及地理条件影响、使用寿命长、距离短等特点。

(三)终点站

终点站即运输工具出发与到达的地点,是运输工具到发停留、客货集散装卸、售票服务以及通路中转连接等的场所。理想的终点站应具备位置适中、设备良好齐全、交通便利、自然条件优越等特点。

(四)动力

动力是驱动运输工具移动的力量。古老的运输动力大都是天然的,如人力、兽力、风力等。现代化的动力大多是人工的,如蒸汽机、内燃机、电动机、喷射引擎、核能发动机等。有的运输工具与动力完全分离,如铁路车辆、水上驳船等。有的则与动力同体,如汽车、飞机等。良好的动力设备应具备操作方便、保养维修方便、能源转换效率高等特点。

(五)通信

通信设备的功能在于迅速掌握运输服务状态,进行运输生产调度,以确保运输过程的持续与安全,提高运输服务效率。

(六)经营机构

上述运输要素均属“硬件系统”,仅仅具备这些要素尚无法从事运输服务。同时必须要有“软件系统”,即经营机构。只有在一定机构的组织经营下,才能使各个运输要素形成一个整

体。因此,除硬件系统外,管理水平的高低直接影响运输效率。其中,人是最重要的因素。归根结底,只有人的参与,才能使各种要素相互结合成一个有机整体,才能充分发挥运输的功能。

二、运输系统的目标

任何系统都有目标。系统的结构是按系统的目标建立的。根据系统的目的和功能设置单元的位置,同时根据系统的目的和功能建立单元之间的联系。在组织、建立、调整系统的结构时,要强调服从系统的目的。

(一)运输系统目标的含义

交通运输系统的目标可以表述为:使交通运输供给主动与运输需求的变化相协调。

在这里,目标有两层含义:

1. 主动

交通运输供给不是被动地服从运输需求的发展变化。除了满足需求之外,交通运输供给还有引导、诱发、限制运输需求的作用。

2. 协调

协调比适应的含义更广泛,其意义可概括为交通运输的三种发展模式:

(1)超前发展模式。这种模式的特点是,交通运输的发展适当超前于经济的发展。在新地区的开发中,超前发展模式的作用尤其明显。比如我国海南省的开发,当先致力于基础设施建设及投资环境的改善,以带动经济的发展;

(2)同步发展模式。这种模式大多见于大型重点工业企业的建设中。如宝山钢铁公司以及与之配套的矿石码头等的建设即属于这种情况;

(3)滞后发展模式。从总体来看,我国目前交通运输的发展严重滞后于国民经济的发展,呈现出一种持续的短缺状态,在经济发展中起着制约因素的作用。这种情况的出现有其主客观原因。长期以来,由于对交通运输的作用认识不足,加之资金缺乏等种种原因,交通运输业一直未能获得适度的发展。另一方面,从微观意义上,滞后发展模式也有其存在的合理性,即由于运输供给的不可存储以及运输需求的难以准确预测,使交通运输的供给逐步逼近需求,实属不得已的措施,借以避免运输能力的闲置与浪费。

(二)运输系统目标的划分

总目标又可以划分为不同层次的子目标。

社会经济系统的一个显著特点是系统结构的复杂性。这种复杂性不仅体现在系统元素本身的结构上,而且体现在各系统元素之间的联系上。研究交通运输不能局限于交通运输本身,必须从社会经济系统出发。由交通运输观点来看,社会系统由三类系统要素组成:政府机构、交通运输部门、交通运输服务对象(用户)。每个系统要素,均有不同的目标:

1. 政府机构目标

- (1) 加强基础设施建设;
- (2) 促进经济增长;
- (3) 提高交通运输的便利性;
- (4) 加强不同运输方式之间的协作;
- (5) 保护生态环境。

2. 交通运输部门目标

- (1) 增加运输量和运输周转量;
- (2) 降低运输成本;
- (3) 增加收入;
- (4) 减少资源消耗;
- (5) 提高劳动生产率。

3. 交通运输服务对象 (用户) 目标

- (1) 降低运价;
- (2) 提高运输可靠性;
- (3) 缩短运输时间;
- (4) 提高机动灵活性。

(三) 目标及其间的相互关系

涉及不同的利益主体, 不同的目标之间存在如下几种关系:

1. 独立目标

目标之间互相独立。某个目标的实现与否对其他目标并无影响, 如图 1—1。实际上, 这是一种理想状况, 只有经过简化近似处理才能得到。

2. 互补目标

各个目标互相补充。某个目标的实现有助于其他目标的实现, 如图 1—2。例如: 提高劳动生产率与降低运输成本就是互补目标。

3. 对立目标

各个目标互相对立。某个目标的实现会带来其他目标的恶化, 如图 1—3。例如: 降低运价与增加运输企业收入就是对立目标。对于这种情况, 只能采取折衷的方法, 寻求一个使各方都满意的中间点。

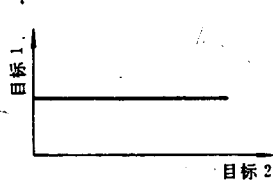


图 1—1 独立目标关系图

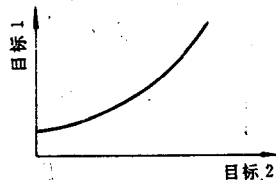


图 1—2 互补目标关系图

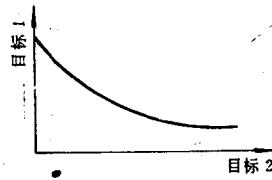


图 1—3 对立目标关系图

由此可见, 对于复杂的多目标系统, 必须进行全面的、综合的研究。

(四) 运输子系统发展目标

1. 铁路运输发展目标

铁路运输系统的发展, 是由其内部主要元素的功能发展及其合理比例综合而成, 并通过其内部各元素功能的发挥而实现铁路运输系统的发展目标的。一方面, 铁路运输系统遵循自身的发展运动规律实现其既定目标; 另一方面, 在实现其既定目标的过程中, 铁路运输系统通过各元素功能的发挥来影响和改造运输环境, 实现与系统外部的物质、信息和能

量的交换。也就是一般所说的系统适应环境，同时也改造环境。铁路运输系统发展的总体目标正是在这种作用下实现的。

铁路运输发展目标体系图如图 1—4。

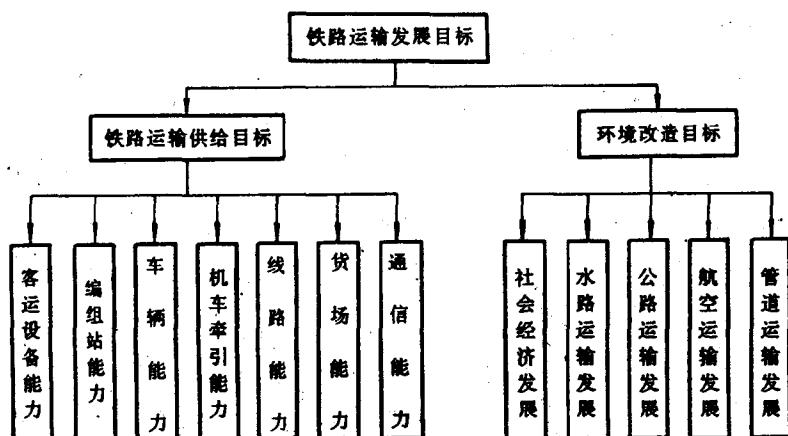


图 1—4 铁路运输发展目标体系图

2. 水路运输发展目标

水路运输发展目标如图 1—5。

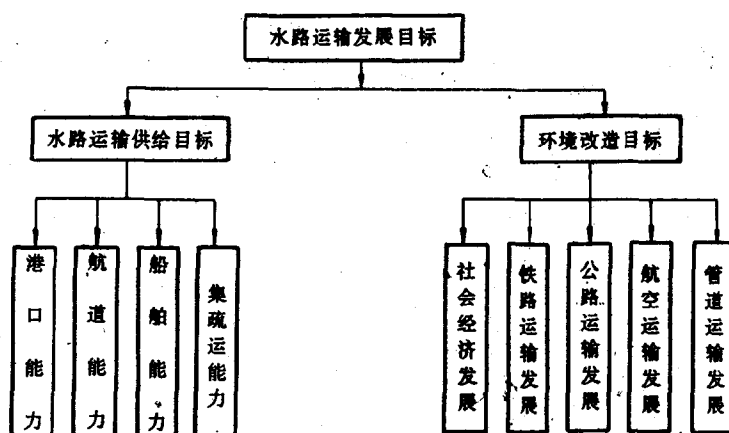


图 1—5 水路运输发展目标体系图

3. 公路运输发展目标

公路运输发展目标如图 1—6。

4. 航空运输发展目标

航空运输发展目标如图 1—7。

5. 城市交通发展目标

现代城市随着社会经济的发展，其功能日益强化和增多，如工业生产基地的功能、贸

易中心的功能、金融中心的功能、信息中心的功能、政治中心的功能、科技文化教育中心的功能、服务中心的功能等。

城市交通运输系统的目标就是沟通城市中各个功能组成部分，在安全、经济、迅速、方便、低公害的条件下提供最大服务，使城市成为动态的有机整体。具体地说，城市交通运输系统的目标就是在宏观上与其周围环境保持密切的联系，使交通系统的供给与需求保持平衡。

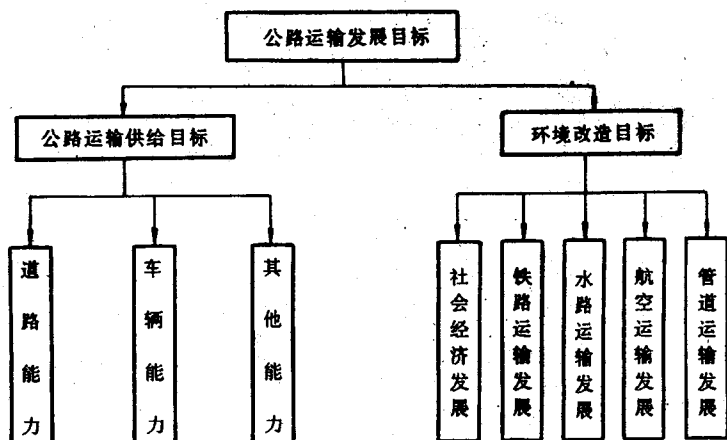


图 1-6 公路运输发展目标体系图

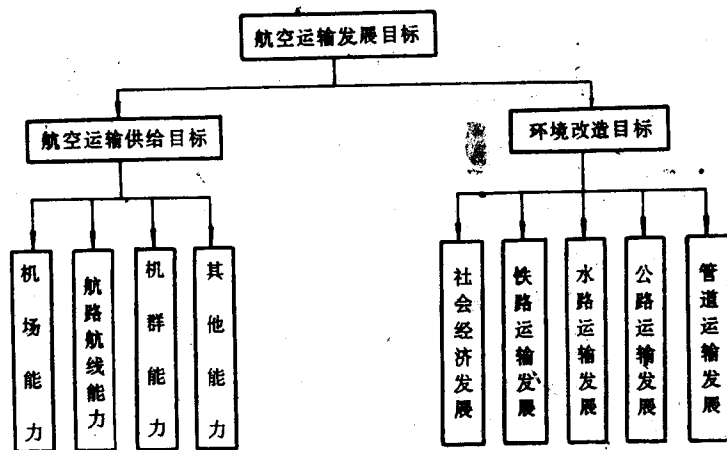


图 1-7 航空运输发展目标体系图

城市交通运输系统的基本目标又可分解为几个子目标，即提高社会效益、经济效益和生态效益。这几个子目标既相互促进又相互制约。每个子目标可由基础目标组成，而基础目标的要求又体现在子目标上。这样就可以做到长期和短期、局部和整体、理想和现实相结合。

城市交通发展目标体系图如图 1-8。

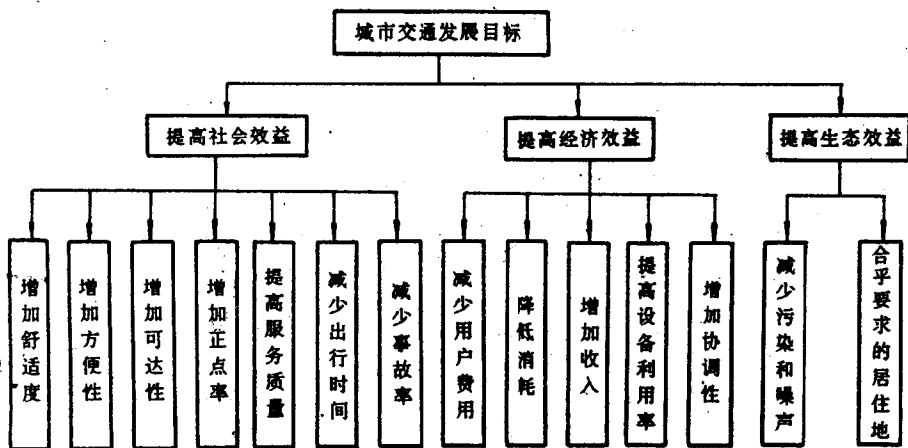


图 1—8 城市交通发展目标体系图

第二节 运输系统特征分析

交通运输源于社会经济活动而又服务于社会经济活动，如图 1—9。

一、交通运输系统的循环功能

从国民经济循环系统来看，要使国民经济得到高速发展，应如人的机体一样，必须有良性循环系统，把机体发育所需营养输送到机体的各个器官和部件。

交通运输系统正是担负这种循环功能的系统。通过交通运输手段把国民经济生产、流通和消费领域联系起来，把城市与城市、城市与农村连接起来，从而保证国民经济和人民社会生活及工农业生产正常进行。

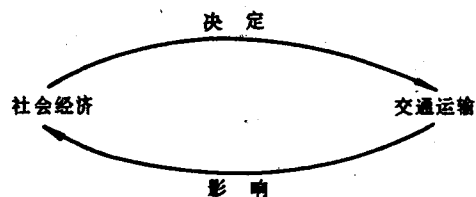


图 1—9 社会经济与交通运输关系图

交通运输系统所担负的循环功能具体表现在以下两个方面：

(一) 实现国民经济良性内循环的基本手段

交通运输系统是我国国民经济实现良性内循环的基本手段。一个国家、一个地区、一个城市要发展经济，要进行正常的生产活动，就要把外地区、外省市的原料、燃料运进来，把产品运到消费地，实现扩大再生产。没有相应的交通运输系统，就无法实现这一目标。

(二) 实现国民经济良性外循环的基本手段

交通运输系统更是我国国民经济进行良性外循环的基本手段。对外开放，就是要把我国经济与世界经济联系起来，此外，还要进行国际上的文化学术交流。为了实现这个目标，就需要有良好的交通运输手段，以保证我国国民经济外循环系统的畅通。

二、交通运输系统的特征

交通运输虽然也是经济系统中的一环，但是有其独特的性质。

首先，运输不改变运输对象的属性或形态，只是改变其位置。同时，交通运输还具有

以下特征：

（一）需求方面的特征

1. 短缺性

交通运输必须在特定的场所和时间进行，其生产活动和消费活动同时进行。交通运输的产品不同于一般物质产品，它不可能保存，也难以调换，因此，容易出现供求关系上的不平衡。有必要制定一套科学的交通投资决策方法及运价政策等来调节供求关系；

2. 普遍性

运输需求是几乎所有的经济主体所具备的普遍需求。运输业在社会再生产全过程中处于十分重要的地位，与国民经济各部门有着密切的关系，是社会生产领域和消费领域的中介、纽带和桥梁；

3. 派生性

交通运输需求一般被认为是派生性需求。利用者使用交通工具不是最终目的，而是为了达到进行其他活动的目的而采取的手段。经济活动、社会活动等本源性需求的变化直接决定交通需求这一派生性需求的大小和变化；

4. 多样性和复杂性

不同的运输对象需要不同的运输方式来满足。同时，因运输对象的不同也会产生不同的运输数量、运输方向、运输距离、运输时间等；

5. 替代性

实现货物和旅客位移，往往可以采用不同的运输方式。各种运输方式之间存在很强的替代关系。这种运输需求在运输方式之间的转移产生了各运输方式的竞争关系，这种竞争关系有助于形成合理的综合交通运输体系。

（二）供给方面的特征

1. 基础设施性

运输所提供的服务并非如苹果、冰淇淋、衣服等商品直接供最终消费，这些商品对消费者提供了效用，使其获得了满足。而运输活动本身，不但不能使消费者获得满足，反而会带来负效用。乘客在旅行过程中可能感到不方便、不舒服。货物在运输过程中可能被损坏。然而为了生产和消费的需要，必须要有运输。因此，各种交通运输设施在先天上就具有基础设施性；

2. 公共服务性

行与食、衣、住构成人类的四大需要，是人类日常生活中不可缺少的一部分。因此，交通运输不仅是基本设施，还具有公益性。运输服务的提供，必须以公平而普及地服务社会大众为前提；

3. 资金密集性与成本沉没性

相对于一般工业企业而言，交通运输业属于大量投资的资金密集型企业。同时，大部分的运输投资都具有成本沉没性，即一旦投资后很难移作它用。也就是说，很多运输设施，一旦投资后，如不能提供原来设计的用途，很难转换，残值极低；

4. 独占性

由于运输业需要巨额投资，因此在运输业市场上需要有一定程度的独占性，以便于发挥规模经济效益；

5. 高度计划性

投资庞大与成本沉没特性使政府必须赋予运输企业相当的独占经营地位，保护运输企业免于过度竞争。但独占对经营效率及消费者利益可能产生不利影响，而运输业所具有的公益性与基础设施性又使政府必须采取措施，以保护使用者及社会大众。因此，对于运价、利润、设备等，政府拥有比对待其他企业更高的计划性与管制性；

6. 即时供应性

一般商品的供应与销售，在淡季时生产数量超过需求量，两者之差可以存货方式储藏，以供调节旺季时供不应求之需。但运输企业则不同，运行中车辆的空闲坐席，无法存储以供拥挤时使用。由于运输需求的季节波动性，供需无法完全配合是不可避免的现象。

三、运输子系统的结构及其特征

系统的结构是指系统内部相互联系的各个要素的稳定组合形态（如排列次序、空间配置，聚集状态，联系方式及各要素相互间的影响）。系统的结构是系统的内涵，是系统功能的基础。

（一）铁路运输子系统的结构及其特征

1. 系统结构

铁路运输是一个比较复杂的大系统，既有车务、机务、工务、电务、车辆等生产部门与单位，又有线路、桥涵、房建、机车车辆、信号等维护保养及工程部门，还有科研、教育、医疗、生活等后勤专业部门。但从运输和组织管理的角度看，可以将铁路运输系统分为运输设备子系统、货运子系统、客运子系统和运输组织子系统，如图 1—10。

2. 系统特征

（1）运输设备的专用性。铁路运输的设备，除少量企业自备车辆和专用线外，其线路、机车、车辆和车站等运输设备是专用的，而水运、公路、航空的线路设备则是公用的；

（2）运输组织管理的高、大、半特性。铁路运输生产过程需要车务、工务、机务、车辆、电务等部门的通力合作才能完成。高是指高度集中，半是指半军事化，大是指大联动机。在全国数万 km 的铁路网上时刻运行着成千上万列列车，必须依靠高度集中的调度指挥才能保证正常的运行秩序。要依靠半军事化的纪律才能保证各部门协调行动使列车安全运行。一批旅客或货物由发送点到达终点全过程需要沿途有关部门联合行动，缺少任何一个环节都不能顺利抵达；

（3）较高的运输安全性。从运输条件和平衡性看，铁路运输的安全性较好。其他运输方式受自然条件和气候变化的干扰大，其安全性和运输规律性都较铁路运输差；

（4）巨额运输设备投资和较长的建设周期。铁路运输技术设备（线路、机车车辆、车站等）需要投入大量的人力、物力、财力，基本建设投资庞大，建设周期长；

（5）大运量和长运距。铁路适合于大批量长运距运输。从我国历年完成的运量看，客货周转量都是铁路居于首位。

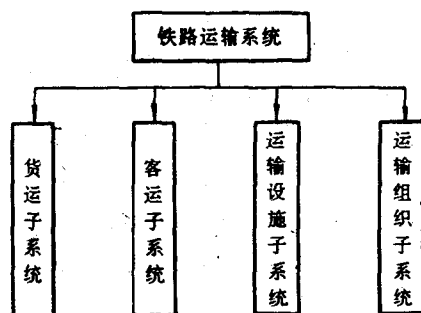


图 1—10 铁路运输系统结构图

(二) 水路运输子系统的结构及其特征

1. 系统结构

水路运输主要依靠航运和港口两大类企业。前者主要经营船舶，组织所属运力进行经济合理运输，加速船舶周转，提高营运效率。后者则着重于利用港口设备，对来港的货物和运输工具给予及时而优质的服务。如图 1—11。

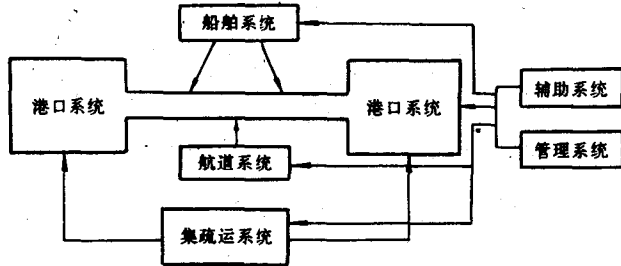


图 1—11 水路运输系统结构图

2. 系统特征

水路运输与其他运输方式相比，具有以下特点：

(1) 投资少。船舶在江河湖海上航行，主要利用天然航道运送货物和旅客。水上航道建设的投资比其他运输方式要少得多；

(2) 易于实现大运量及长运距。水上运输利用天然有利条件，非常适合大宗货物的运输，其特点是运量大，成本低。例如，我国目前煤炭、石油、金属矿石、建筑材料及散装粮食等货种占全部水运量的 80% 以上；

(3) 占地少。水上运输大多采用天然航道，因此占地少。据统计，新建一公里铁路需占地 30~40 亩，公路需占地 15 亩左右，而内河及沿海、远洋运输的航道几乎不占用土地。这就节约了国家的土地资源；

(4) 实现国际贸易及加强友好往来的手段。水路运输是实现国际贸易、发展经济和加强友好往来的主要交通工具。在国际贸易中，绝大多数货物是通过远洋运输进行的。我国水运运量占外贸量的 90% 以上。随着对外开放的深化，外贸海运量将更趋增长。

(三) 公路运输子系统的结构及其特征

1. 系统结构

公路运输子系统由于汽车运输的机动灵活性，管理结构分散。从其组成及实现运输供给的生产过程来看，可以分为如下几个子系统，如图 1—12。

2. 系统特征

与其他运输方式相比较，公路运输具有以下特点：

(1) 机动灵活，运输方便。由于公路网的密度比铁路网、水路网都大得多，分布面广，运输机动性强，方便性大；

(2) 可实现门到门直达运输。汽车运输除可沿路网运行外，还可深入到厂矿区内、农村

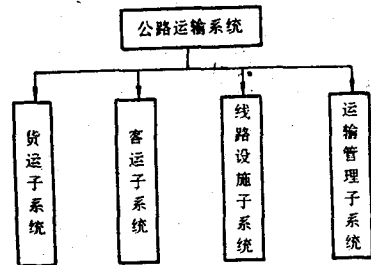


图 1—12 公路运输系统结构图