

国家自然科学基金资助项目

Yunshu Xitong Guihua yu Moxing
运输系统规划与模型

杨兆升 著

人民交通出版社

图书在版编目(CIP)数据

运输系统规划与模型/杨兆升 著. —北京:人民交通出版社,1996. 11

ISBN 7-114-02401-0

I. 运… II. 杨… III. ①交通运输规划-研究②交通-系统-教学模型 IV. U491. 2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(96)第 10708 号

运输系统规划与模型

杨兆升 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

北京市顺义向阳胶印厂印刷

开本: 787×1092 1/16 印张: 15.5 字数: 384 千

1996 年 12 月 第 1 版

1996 年 12 月 第 1 版 第 1 次印刷

印数: 0001—1 600 册 定价: 31.00 元

ISBN 7-114-02401-0

U · 01670

前 言

随着我国社会主义建设事业的发展,特别是改革开放以来,人们对交通运输事业重要性的认识不断加强和深化。经济发展需要交通运输系统提供更迅速、更可靠、更灵活、更安全的优质服务,能够较充分地满足社会经济发展对运输的各种需求。由于我国还是一个发展中的国家,不可能在短时期内拿出大量资金来解决长期积累的交通建设问题。在这种情况下,搞好运输系统规划,具有非常重要的现实意义。

运输系统规划是一门行为科学与技术科学相结合,涉及领域较广且偏重于软科学范畴的新兴边缘学科。它是通过建立服务、资源、需求、平衡及活动转移等基本模型预测运输系统建成或改进后对整个社会的影响,作为运输系统制订方案、评价和决策的依据。

运输系统规划包括区域和城市运输系统的预测与优化研究,建立适合我国城市和区域运输网络规划新的理论模型。这个理论与社会经济活动模型有关,与土地利用模型有关,也与流量模型有关。所谓流量模型是指出发地、目的地、道路以及系统中的交通流量(包括客、货流量)。

本书根据杨兆升教授主持的国家自然科学基金项目《区域交通运输系统网络规划方法、模型和使用软件的研究》总报告和交通部“八五”重点科研项目《公路、水运交通运输网络规划技术研究》技术报告综合整理而成。承蒙课题组全体同志,特别是靳文舟、季常煦、姜桂艳和王川久等,在完成此书稿的过程中给予了很大帮助,在此表示衷心感谢。Robert E. Paaswel 教授(美国伊利诺大学)对书稿内容作了修改。

该项成果已在国内外运输系统规划中应用,有些理论模型为国际领先水平,南美洲的哥伦比亚采用了上述科研成果,美国运输部联邦公路局的 Turner—Fairbank Research Center 对上述研究成果和软件给予了很高的评价。

杨兆升

1995年12月于吉林工业大学

内 容 提 要

本书系国家自然科学基金项目《区域交通运输系统网络规划方法、模型和使用软件的研究》的成果。主要包括:交通调查,交通量生成预测模型体系,交通分布模型,运输方式选择及其应用,网络分配模型,运输网络规划与评价,网络规划的接口理论和运输系统规划软件系统介绍。这些理论与方法在吉林省交通厅进行吉林省交通规划中得到了全面的应用,其中主要理论模型被南美洲的哥伦比亚所采用。

本书可作为高等院校交通运输专业大学生的参考教材和研究生教材,也是运输系统网络规划人员和研究人员的重要参考书。

《当代科技重要著作丛书》

总序

科学技术作为生产力,在人类社会的发展过程中,越来越发挥着日益重要的作用。而作为人类生产实践、科学实验的积累和结晶的现代科学技术著作,则是科学技术知识潜在的生产力。它们所传播的正确的、先进的科学技术内容,一旦为人们所掌握,并运用到社会生产实践中去,便会物化成现实的、巨大的社会生产力,起着推动社会物质文明和精神文明迅猛发展的重大作用。

在当今世界新技术革命迅速发展的形势下,要振兴我国的国民经济,缩短我们在经济技术上同发达国家之间的差距,促进我国经济向前发展,就必须积极引进、吸收国外的先进科学技术,并使之同国内的科学研究和生产实践密切结合起来,而在我国及时翻译出版世界重要科技著作,并使之在国内广为传播,就是其中一个重要方面。

有鉴于此,中国出版工作者协会科技出版工作委员会,本着科技出版工作要面向世界、面向未来、面向现代化的方针,为使科技出版工作在吸收引进外国先进科学技术方面作出应有的贡献,于1986年在全国科技出版社社长总编辑第四届年会上发出倡议,要求发挥科技出版社的优势,协作出版《当代科技重要著作丛书》,在国内系统地翻译出版当代世界有重大影响的科技著作。这一有建设性的倡议,得到全国各家科技出版社的大力支持。在中国出版工作者协会科技出版工作委员会和各科技出版社的共同努力下,这一工作得到了国内科技界专家、学者的广泛注意和热情支持,各项工作正在逐步开展。

根据我国科学研究和发展的总体规划,考虑到国家的现行体制和专业门类,经统筹安排,该套大型丛书划分为两大类共三十六个单元。第一类为高科技领域图书,主要包括的学科有生物技术、信息工程、航天航空、自动化、能源、激光、新材料等;第二类为应用科学领域图书,主要包括的学科有地质、煤炭、石油、冶金、机械、化工、建筑、水利、电力、交通、铁道、邮电、轻工、纺织、农业、林业、医学、海洋科学、气象学、环境科学、国防科学、数学、力学、物理、化学、天文、地理、生物学、交叉科学、培训图书等。

《当代科技重要著作丛书》的出版工作,数量大,时间长,涉及面广,是一项非常复杂而又艰巨的工作,需要国内科技界的专家、学者以及全国各科技出版社的共同努力,并且需要有志于祖国建设的海外侨胞和人类共同进步事业的外国学者的大力支持。中国出版工作者协会科技出版工作委员会,为此专门成立了《当代科技重要著作丛书》总编委员会和各单元编委会,负责协调丛书的出版工作和各单元出版计划的具体实施。

尽管丛书的出版工作是非常艰巨的,但我们相信,为了祖国的科技进步,为了中华民族的繁荣昌盛,经广大同仁携手努力,丛书必定陆续付梓,以滋国内读者。

中国出版工作者协会
科技出版工作委员会

《当代科技重要著作·交通领域》 丛书编委会成员

主任	李家本	人民交通出版社
副主任	陈国华	机械工业出版社
副主任	黄国新	同济大学出版社
副主任	李光炜	四川科学技术出版社
编委	高景和	上海交通大学出版社
编委	杨秀雯	天津大学出版社
编委	李汝船	大连理工大学出版社
编委	袁林新	大连海事大学出版社
编委	宋淑萍	天津科学技术出版社
编委	李亚平	安徽科学技术出版社
编委	蔡荣波	广东科技出版社
编委	洪文遑	东南大学出版社
编委	吴德心	人民交通出版社
兼秘书长		

《当代科技重要著作·交通领域》 序 言

为了及时总结、推广国内专家、学者的科研成果,系统地引进吸收国外先进科学技术,遵照中国出版工作者协会科技出版工作委员会的工作部署,由人民交通出版社和机械工业出版社牵头,联系大连海事大学出版社,大连理工大学出版社、天津大学出版社、同济大学出版社、上海交通大学出版社、天津科学技术出版社、安徽科学技术出版社、广东科技出版社、四川科学技术出版社等十一家出版社,于1988年6月在京共同组成了《当代科技重要著作·交通领域》出版工作协调小组,以统筹规划实施该套丛书的出版工作。由于丛书涉及的专业面广,而每一出版社又具有不同专业的出版优势,为了充分发挥各出版社的特长,经出席协调小组成立大会的代表共同商议,决定按照学科专业优势将交通领域当代科技重要著作丛书划分为六个单元,分别组成相应的六个评委会,具体负责选题评定和出版工作。六个评委会及其分工如下:

一、公路、桥梁工程和工程机械单元评委会,由同济大学出版社牵头,安徽科学技术出版社、东南大学出版社、四川科学技术出版社参加,共同负责;

二、港口、航道工程单元评委会,由天津大学出版社牵头,大连理工大学出版社和天津科学技术出版社参加,共同负责;

三、船舶设计、制造单元评委会,由上海交通大学出版社牵头,大连理工大学出版社和天津大学出版社参加,共同负责;

四、船舶运输和营运管理单元评委会,由大连海事大学出版社牵头,广东科技出版社和人民交通出版社参加,共同负责;

五、汽车、起重搬运和港口装卸机械单元评委会,由机械工业出版社牵头,天津大学出版社和人民交通出版社参加,共同负责;

六、交通运输管理和交通工程单元评委会,由人民交通出版社牵头,安徽科学技术出版社、同济大学出版社和东南大学出版社参加,共同负责。

出版这套丛书是一项艰巨复杂的系统工程,需要广大专家学者和十二家出版社同仁持续不断的共同努力。为了我国交通运输业的发展,为了我国科技出版事业的繁荣兴旺,我们深信这一工作将会得到社会各界的大力支持。这套丛书必将融入发展我国交通运输业的同一范畴,对我国交通运输科学技术的发展起到积极的推动作用。

《当代科技重要著作·交通领域》

丛书编委会

1994年10月20日

目 录

第一章 绪 论	1
第一节 交通运输在社会经济发展中的地位与作用.....	1
第二节 运输系统.....	5
第三节 运输系统网络规划过程.....	9
第二章 交通调查	15
第一节 概 述	15
第二节 交通调查的内容与建立数据库	17
第三节 交通调查数据的修正方法	25
第四节 小结	29
第三章 交通量生成预测模型	30
第一节 概 述	30
第二节 人口预测的参数变动模型	32
第三节 综合经济预测模型	38
第四节 运输需求预测模型	45
第五节 交通量生成预测模型	56
第六节 出行发生模型	71
第七节 小 结	77
第四章 出行分布模型	78
第一节 概 述	78
第二节 新增长系数法	79
第三节 福莱特(Fratar)和佛尼斯(Furness)法	84
第四节 重力模型	85
第五节 介入机会模型	91
第五章 运输方式选择及其应用	93
第一节 概 述	93
第二节 二元方式选择模型	94
第三节 多元方式选择	97
第四节 抽象货运方式分担模型.....	103
第五节 多维随机选择模型.....	118
第六章 网络分配模型	123
第一节 概 述.....	123
第二节 平衡分配模型.....	124

第三节	非平衡分配模型	128
第四节	路网分配过程中的主要参量	142
第五节	网络分配模型应用实例	151
第六节	综 述	159
第七节	实时动态交通分配	160
第八节	小 结	165
第七章	运输系统网络规划评价	166
第一节	概 述	166
第二节	运输网络规划的评价指标体系	166
第三节	运输网络规划评价指标体系中定性指标的评价	168
第四节	运输网络规划的技术评价	168
第五节	运输网络规划的经济评价	174
第六节	运输网络规划的环境评价	183
第七节	运输网络规划的综合评价	185
第八章	路网规划区域接口	197
第一节	综 述	197
第二节	基本理论与方法	197
第三节	应 用	206
第四节	小 结	209
第九章	运输系统规划软件介绍	210
第一节	概 述	210
第二节	TModel 2 软件介绍	211
第三节	公路、水运交通运输网络规划软件	213
第四节	小 结	237
参考文献		238

第一章 绪 论

第一节 交通运输在社会经济发展中的地位与作用

一、交通运输与社会经济发展的关系

交通运输业是国民经济中一个重要的物质生产部门,它把社会生产、分配、交换与消费各个环节有机地联系起来,是保证社会经济活动得以正常进行和发展的前提条件。随着我国改革开放不断地深入发展,根据生产发展的需要,作为服务于社会化生产的交通运输业,以一个独立的生产部门立足于社会。它的基本任务就是通过极大地提高整个运输系统的能力和工作质量,改善国家经济区之间的运输联系,安全迅速、经济合理地组织旅客和货物运输,保证最大限度地满足社会和国防建设对运输的需求。另一方面,运输又可推动经济发展,因为优良的运输和通信联络,对于充分开发、利用各地区的经济资源起着重要的、有时甚至是决定性的作用。

任何地区的经济发展,地区间分工、交流都是以安全、高效的运输联系为前提的,即首先是建设运输道路和相关的基础设施。只有具备了高效运输体系,才能进行地区开发和把国民经济各个基地联接起来,才能使一个国家的国民经济加入洲际和全球范围的商品交换和信息交流。反之,运输基本设施的短缺会导致经济发展的干扰、徘徊和不必要的消耗,阻碍经济的增长。原苏联是一个国土辽阔的国家,虽然已有 251.70 万 km 各种交通线路(其中铁路 14.50 万 km,公路 97.20 万 km,内河航道 13.70 万 km,管道 24.30 万 km,航空线 102 万 km),但与其国土面积和工业发展水平相比不相称。长期以来,原苏联重点发展铁路运输,以致于铁路客货运量大幅度递增,使铁路运输始终处于紧张状态,许多繁忙干线的负荷越来越重,储备能力很小。因此,无论从整个交通运输体系还是从铁路运输系统分析,原苏联交通运输业发展水平与国民经济和社会发展的需求都是不相适应的,在一定程度上已阻碍了原苏联国民经济的发展和地区经济的开发。由此可见,一个优良的、能充分发挥作用的运输体系,是对国民经济和社会发展具有决定意义的前提条件。

世界各工业发达国家的经济发展经验表明,在工业化过程中都有一个交通运输业超前发展的时期,这是一个普遍性的经济规律。其主要原因是原料的运进,市场的开拓,都需要有与之相匹配的运输业。美国从 19 世纪 30 年代到 20 世纪 20 年代为铁路大发展时期,铁路作为陆上运输的主要运输方式,它以通达性强、不受自然条件限制,运力大、价格低廉而得到了迅速发展,1926 年铁路网达到了顶峰,总里程 40.80 万 km。之后,随着运输技术进步,运输需求的变化,公路、管道、民航、内河等运输方式也有了很大的发展。目前美国拥有 24.50 万 km 铁路,632 万 km 公路,4 万 km 内河航道,44.80 万 km 民航线和 36.30 万 km 的输油气管道,形成了综合运输能力强大的运输系统。总的来说,美国的运输系统对国民经济发展是超前的,它也带动了经济的高速发展。日本国土面积狭小,但在工业化初期也注重了交通建设,目前拥有 2.70 万 km 铁路和 112 万 km 公路,再加上发达的沿海航运和航空运输,对经济发展起了重要作用。其它工业发达国家的发展,也无不依赖于发达的水陆交通。发展中国家和地区提供了同样

的经验,亚洲“四小龙”的兴起,也都仰仗于有着十分便利的交通条件。其中韩国的造船业堪与日本争雄世界;香港的集装箱吞吐量已名列世界前茅;台湾和新加坡则分别以环球航线与海空联运而闻名世界。发达的交通运输业推动着这些国家和地区的经济高速发展。综上所述,我们可以得出这样的结论:在经济建设中,交通运输业超前发展,并有一定的储备能力,是商品经济高度发展和社会化大生产的客观要求,它是由商品经济的本质特征所决定的,是社会经济规律的要求和体现。

考察和分析各国经济与交通发展的历史,还可以看到运输业内部某些带有规律性的发展阶段。在工业化之前,是以农业生产力的发展,手工作坊向社会化大生产方向发展,原来靠人力、畜力、自然力的运输方式,已难以适应社会经济发展的需求。随着工业化的发展,当原材料工业成为主要工业部门的时候,原材料如煤、矿石、钢铁等粗重物资运量急剧增加,从而促进了新兴产业大发展之后,虽然原材料工业运量仍继续增长,但机械、电子、轻纺、食品工业产品比重越来越大,并对运输业在迅速、方便、安全等运输质量方面提出了更高的要求。与此同时,随着经济发展和生活水平的提高,客运需求急速增长,对快速、安全、舒适、方便等方面的要求越来越高。这些运输需求不仅促使铁路、水运不断改善装备和运输管理方法,而且汽车运输和航空运输也得以迅速发展。由此我们可以看到,运输业内部各种运输方式的发展和社会经济发展对运输所提出新的和更高的要求有着密切的关系。

如果我们对越来越多的新型运输方式进入运输体系的现象加以考察,就不难看出这种现象是竞争和取代效应的结果。新的运输方式以它特有的优点吸引一部分运量,由于可供使用的运输方式增多,选择性增强,以及交通运输工具相互连接的可能性增大,这就使运输供给能够更准确、更灵活地适应越来越高的运输需求。这些规律既适用于经济发达国家,也适用于发展中国家。

还必须看到,近几十年来,世界各国总的情况是公路和航空运输增长幅度更大。其根本原因在于这些运输方式所具有的特点,能最好地满足当前和未来的某些运输需求。这种需求是在生产构成、生产方式以及地区间和国际间货物交换关系中产生的;是在生产专业化程度不断提高、生产地点分散、加工深度增加、高附加值产品比重不断增多,而整体上又必须彼此联系在一起的情况下,公路运输以其特有的灵活性,更加适宜于运送这类货物。同时,公路网络能够比铁路网更简便、更迅速地得到扩展。实际上在所有国家里,公路运输都比其它运输方式发展得迅速,这一点在市场经济发达或发展快的国家中更为明显。

另外,对于某些货类如散装货物,当发送批量较小,或者运送期限急迫,例如为了出口,有时也更多地依靠公路运输,特别是在发展地区与效率高的海港距离不太远的情况下,这种趋势更为明显。

旅客运输量是运输需求中最活跃的一个领域,公路运输在旅客运输方面有着巨大的作用。客运的发展在很大程度上取决于人口密集地区的城市化过程和实际收入的增长情况。由于公路网的覆盖面遍及全国各个城乡,公路运输具有灵活、机动、迅速、方便等特点,因此,公路客运量增长最快。特别是在广大农村、乡镇之间和城市之间,公路客运已成为中短途旅客旅行的主要方式。无论是收入高的工业发达国家,还是发展较快的发展中国家的经验都表明了这一点。客运机动化程度的迅速提高已被视为当今社会、经济发展的一个重要标志。公路货运的增长也是非常快的,以美国为例,从南美运送新鲜水果都是用冷藏车运送。由于减少了火车的编组,可以大大地缩短运送时间,保持了水果不受损失。世界各国尽管存在时间前后和实现期限长短等具体差异,但都遵循这一相同规律。发展中国家更应该注意这一客观规律,对公路客货运输需

求做好准备,同时也必须着手进行公路运输系统网络规划的研究。

二、社会经济类型变化与运输业的发展

在经济与交通运输业相互关系中,考察和分析经济与交通运输的历史发展,可以看出经济结构、产业结构、产品结构的变化,直接影响到运输体系的发展变化。如果我们将一个长时期的生产规模和结构与运输规模和结构做一个比较,可以看到在社会发展初期,经济规模较小,结构比较稳定,各生产地区都以农业生产为主,即现在所说的第一产业为主,生产规模和结构与运输规模和结构基本上是相对稳定的。随着生产的发展,经济结构、产业结构的变化,劳动力由第一产业向第二产业,即加工工业领域转移。这时第一产业的比重不断减少,而第二产业的比重不断增加。在工业化和市场大规模扩大的过程中,原材料如煤、矿石、钢铁等大宗货物运量急剧增加,货运量的平均增长率接近或者超过国民经济的增长率。在工业化的过程中,生产高值工业品和消费品的轻工业在工业中所占的比重越来越大,在所运送货物的平均价值明显增大的同时,它们的平均体积和重量却减小了。因此,在这一进程中,货运量的增长速度将逐渐减缓,其增长率会逐渐低于国民经济的增长率。而客运量保持接近于国民经济的增长率。由于生产结构、产品结构发生了变化,对运输业提出了迅速、方便、安全等侧重于运输质量的更高要求,客运方面提出了高速、安全、舒适、方便的高要求,由于公路运输和航空运输开始蓬勃发展,运输规模和结构有了很大变化。目前世界大多数发展中国家经济处在这一发展阶段,即由第一产业为主,向以第二产业为主过渡。而世界发达国家经济的发展,已由第二产业向第三产业比重加大的社会过渡。由于经济发展水平更高,客、货运量的增长率均将减缓,低于同期国民经济增长率。这个时期,交通运输体系除铁路、水运要继续发展外,公路和民航在客、货运输中占了十分重要的地位,并且增长率在各种运输方式中是最高的。这种规律性变化是经济结构、产业结构、产品结构、生产力布局变化的反映,也是运输体系与人民生活条件等逐步发展与完善的结果。

在由农业社会向现代工业和服务业发达的社会转变过程中,经济结构和人口结构都发生了一个根本的转折。在这个过渡过程中,工业化及相应的对地域条件的要求给人口分布带来了显著的影响,人口转向原材料产地、能源产地和主要交通网(如铁路、公路、水运等)、发达地区、海港和内河口岸等交通枢纽和衔接点,连接原材料产地和工业基地的交通路线,对各类经济活动和人员输送起到了极大的推动作用。在这段时期内,公路网还十分薄弱,整个交通运输体系还有许多缺陷,农业区的交通状况还很差,人口分布基本上保持原来状态,而工业区的经济和人口发展已十分迅速。

在向现代工业和服务业社会过渡的过程中,重工业就业人口比例下降,企业向那些可以销售产品和劳务的地区转移,而不是集中在原材料产地附近。消费品和轻工产品可以在销售市场附近以更低的成本生产,服务业在人口集中地区比在人口稀疏地区更容易找到服务对象。因此,大城市作为加工工业地点、商业中心、管理中心、教育和文化中心具有更重要的意义。

经济分工和生产专业化进一步加强了物资、人员和信息的交流,经济上的劳动分工导致了地区劳动分工。地区劳动分工取决于与地点有关的生产成本、运输成本、交通体系的运输能力,这样,一个地区劳动分工以及相应的交通体系形成了一个具有不同规模和不同作用的区域中心。

由于交通领域中汽车制造技术和筑路技术的进步,单位公路营运成本逐渐下降。在同样的运输价格下,可以将物品运送到更远的地方,从而扩大了销售市场和销售区域,企业可以进一

步增加产量、降低成本,这样,企业更向着交通便利、人口密集的大城市方向发展。在交通运输领域中,公路和公路运输的技术进步(道路质量、分布状况、车辆质量),以及电信系统的发展,更促使与这种密集相关的企业有可能扩展到更广大的地区,这就是社会经济类型变化与交通运输的发展。

三、中国社会经济发展需要加速公路运输发展

上述交通运输与国民经济发展之间的关系的理论和世界各国交通运输发展的经验都适用于中国。40多年来中国的交通运输业获得了巨大的发展,但仍不适应国民经济发展的需要。应当先行发展的交通运输业不仅没有先行发展,反而滞后于国民经济的发展,成为经济发展中的突出薄弱环节。

中国是一个发展中的社会主义国家,尽管第一产业所占 GNP 比例还很大,但它在不断地缩小。1952 年第一产业占 GNP 比重为 83.5%,而到 1987 年已下降到 60.1%。第二产业和第三产业比重表现出不断增长的趋势,1952 年第二产业比重占 7.4%,第三产业占 9.1%,到 1987 年第二和第三产业比重已分别上升到 22.3%和 17.6%,但第二和第三产业会有大幅度的增长,1990 年第二产业占 GNP 比重已达 45.3%,这种发展趋势和世界各国是一致的。根据中共中央、国务院关于加快发展第三产业的决定(1992 年 6 月 16 日),第三产业增长速度要高于第一、第二产业。第三产业是与经济发展和人民生活关系密切的行业,主要是商业、物资业、对外贸易业、金融业、保险业、旅游业、房地产业、仓储业、居民服务业、饮食业和文化卫生事业等。这些行业的发展使适宜于公路运输的客货运输需求增加。客运方面人员流动频繁、出行次数增加,对旅行的舒适性、快速直达性都有更高的要求;货运方面小批量、高附加价值、高时效货物增加,同样要求优质、快速、直达,而公路运输是满足这些要求的最好运输方式。

公路运输在促进城乡经济发展,促进商品经济的发展过程中,使工业布局趋向合理,工业由沿海或大城市逐渐向内地和乡镇扩散;在发展大规模、大批量生产企业的同时,分散的、小规模的企业也在迅速、大量发展;产品由长大重厚型向短小轻薄型转变。与此同时,人口也逐步向城市周围迁移,人口流动越来越频繁。所有这些变化,都要求交通运输与之相适应。公路运输由于具有机动灵活、方便迅速等特点,并容易做到网络化、高级化、快速化,最能适应这些要求。

由于乡镇企业的发展,导致了公路运输的运输量的增长。1990 年我国乡镇企业总产值已达到 9 500 亿元,占全国社会总产值 25%,占农村社会总产值 60%;其中工业总产值为 7 000 亿元,占全国工业总产值的三分之一。出口创汇近 130 亿美元,占全国出口创汇的四分之一。从农村工业与城市工业的结构来看,农村工业由 1980 年仅占工业总产值的 6.2%上升为 33.5%,城市工业相应由 93.8%下降到 66.5%。从 1992 年以来,三资企业与乡镇企业相结合,出现了一批农、工、商、贸、科、教相结合的新型企业集团。公路运输具有面上运输的优势,公路的密度大大高于铁路网和水运网,站点数量是其它运输方式的数百倍。公路运输能深入到其它的运输方式不能达到的地区,是我国农村的主要运输方式,也是城乡交流的纽带。1978~1990 年农用载货汽车由 7.38 万辆增加到 62.44 万辆,年均增长 19.4%,超过同期民用货车年均增长 11.47%近 8 个百分点。

我国人口众多,人民生活水平不断提高,加之进一步改革开放,对公路客运的需求会持续大幅度上升,且将长盛不衰。根据国家人口规划,到 2000 年我国人口将达到 12.94 亿人;同时我国公路旅客出行次数也将比 1990 年增加 1 倍以上。仅人口增长一项,2000 年的公路运输量将增加 22 亿人次。随着人民生活水平的不断提高,国内旅游、探亲、访友等消费性出行的需求

将迅猛增长；由于进一步扩大改革开放，使国外游客增长势头不减，例如 1990 年与 1980 年相比，仅接待国外及港澳台胞旅游人数由 570 多万增至 2 700 多万人。我国有丰富的旅游资源，前景十分宽广。汽车是人们旅行时使用最频繁、接触最广泛的交通工具，我国公路的客货运有着巨大的潜在市场。如何从数量和质量上满足客货运输需求，是我国公路运输面临的艰巨任务。

展望 2020 年，我国公路运输将进入发展的高级阶段。不同发展阶段的识别标志主要为：公路运输在国民经济和运输结构中所处的地位和所起的作用，运输方式自身的技术装备水平。公路运输的技术装备主要由公路网、公路车辆和站场设施等组成。根据我国的远景规划目标，2020 年我国公路网总规模应达到 150 万 km，近 30 年间将建设由汽车专用公路为主组成的国道主干线系统总里程 30 万 km 左右。届时主要运输通道、省会和中心城市、沿海港口城市和经济特区城市之间，高等级公路将连成网络，为公路直达快速运输提供物质基础保证。综上所述，未来我国社会经济的发展，将要求我国公路运输进入高速发展阶段。

第二节 运输系统

一、运输系统的定义

在研究运输系统规划时，首先必须掌握什么是运输系统，人们如何定义运输系统。交通运输是一个大的系统工程，它的组成如下。

1. 固定设施

固定设施是指物质的组成，具体地表现在如下的两个方面：

1) 运输系统网络的线路，如公路的路段，铁路的轨道，管道等；

2) 结点，如交叉路、立体交叉、匝道、收费亭、公共交通运输终点和枢纽站、海港和机场等。

2. 流量的实体

流量实体是指车辆、集装箱、铁路货车和客车等，在本书中，流量实体主要指尺寸大小、载质量和载容量、加速性和减速性能等。

3. 控制系统

1) 车辆控制系统主要指技术方面的控制，如道路的几何尺寸设计和先进的引导设备等。

2) 交通流量控制系统，这个系统采用一些手段，使车辆流保持平稳和有效地运行，减少车辆间的相互冲突。该系统包括各种各样的交通标志、地面划线、先进的交通信号控制系统以及相应的运行规章制度等。

4. 运输需求

运输需求主要指把人或物从一个地方运送到另一个地方，以便参与其它活动或交流，如人们每天上班工作，学生上学，顾客去商店购物，把物资运送到某地区进行商业活动等，这些都是属于运输需求。下边介绍一个典型的需求函数(图 1-1)。

经济学家已经给不同形状需求曲线的价格弹性下了定义，价格弹性是衡量与价格变化率有关的需求量的变化率。通常，需求函数表示如下：

$$Q = D(P) \quad (1-1)$$

某一点的需求价格弹性可定义为：

$$\epsilon_P = \frac{dQ}{dP} \frac{P}{Q} \quad (1-2)$$

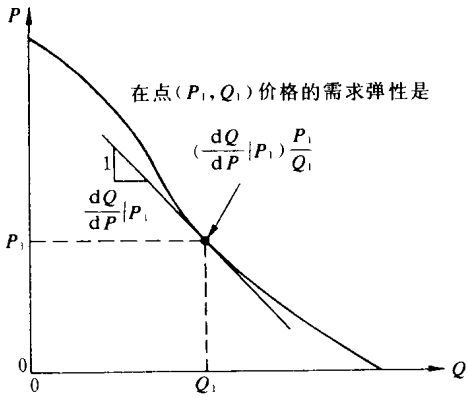


图 1-1 需求函数

式中： ϵ_P ——需求的价格弹性；

P ——价格；

Q ——需求量；

$D(P)$ ——需求函数。

二、运输系统的分类

通常运输系统可划分为四种类型：

1. 地面运输系统

1) 公路运输系统

2) 铁路运输系统

3) 城市公共运输系统

2. 水上运输系统

1) 内河航运系统

2) 沿海航运系统

3) 远洋航运系统

3. 航空运输系统

1) 国内航空运输系统

2) 国际航空运输系统

4. 管道运输系统

1) 油类管道运输

2) 天然气管道运输

3) 其它管道运输

三、智能运输系统

目前美国、德国、日本等发达国家正在研究交通运输的新领域，称之为“智能运输系统” (Intelligent Transportation Systems)，简称 ITS。智能运输系统是把先进的科学技术，如信息处理、通信技术、控制技术和电子技术等用于路面交通运输系统，如果人们能有效地提供这些先进的科学技术，就会有效地使用国家的公路运输系统，出行者就会有更多的选择。如果能建立起来智能运输系统，就会大大地改善交通安全、提高机动性、减少环境对人们的冲击和减少交通拥挤。

不论是发达国家还是发展中国家，路面交通运输都存在着不同程度的问题。交通安全是人们最关心的问题。1993年，美国有 40 000 多人死于交通事故，500 多万人受伤。同年中国有 50 000 多人死于交通事故，20 多万人受伤。交通拥挤是世界各国难以解决的通病，美国估计每年由于交通拥挤造成的经济损失达 100 亿美元。据中国的调查统计，大城市每天上下班需要一小时以上的职工占职工总数 60% 以上。如果挤公共汽车一小时，那么上班的第一个小时，工业废品率上升 35%，纺织业废品率上升 90%。由于以上这些问题，所以某些发达国家着手研究和解决公路和城市交通运输问题。

根据美国智能运输系统的研究计划，该项目主要集中解决为使用者服务的信息系统和调

度系统。在交通运输领域里有些服务设施已趋成熟和使用,有些尚需进行深入研究、改进、试验和采用先进的科学理论和技术加以解决,如智能运输系统中的“真实时间的动态交通分配”是实现该系统的理论基础。

智能运输系统研究的主要目的是改善交通安全、减少道路交通拥挤、创造一个良好的环境和有效地运送人和物的交通运输领域。1991年美国国会责成运输部负责 ITS 项目的研究,同时决定拨款 6.6 亿美元在 6 年时间内完成该项目的研究和实施,美国国会定名为“多种方式路面运输的有效法令”——ISTEA(Intermodal Surface Transportation Efficiency Act of 1991)。美国运输部组织了四家公司和许多科研机构从事这个领域的研究,同时确定了 ITS 的研究内容。它们是:

1. 出行和运输管理系统

这个系统包括了五项主要内容:

1) 进入道路行驶的车辆,驾驶员的信息系统

这个系统包括了驾驶员的引导系统和车内标志系统。驾驶员的引导系统:主要为驾驶员提供真实时间的交通状况、交通事故、建筑情况、公共交通运输的时间表、气候条件等信息,利用这些信息,驾驶员可以选择最佳的行驶路线,出行者可以在中途改变其出行模式。车内标志系统:这个系统主要提供与路面实际标志相同的车内标志,这些服务内容特别适用于老年驾驶员、旅游区和危险道路条件的驾驶。

2) 道路引导系统

道路引导系统为出行者提供到达目的地的最佳行驶路线。早期的道路引导系统是一静止的信息系统。如果能实现全面的调度,这个系统就可以为出行者提供真实时间的信息(Real-time information),使出行者遵循着最佳的行驶路线到达目的地。该系统不仅适用于机动车辆,对行人和自行车也有同样的作用,他们可以借用手提式设备获得最佳的行驶路线,引导他们到达目的地。

3) 出行者服务信息系统

这个系统可以为出行者提供快速服务,如出行者到达目的地的位置、工作时间、食物供应情况、停车场的情况、车辆修理站、医院和交通警察办公室。通过这个服务系统,出行者可以在家中、办公室和其它场所得帮助。

4) 交通控制

交通控制主要为高速公路和城市街道提供一个智能和自适应的控制系统,从而改善交通流量和交通安全,并且可以减少所有机动车辆的交通拥挤问题,这个系统还可以促进行人和自行车的交通安全。该系统应设有先进的交通流量监控和分析技术,以确定交通量的最佳分配方案和真实的交通信息。

5) 车辆排放物的试验和控制系统

该系统提供空气质量的监控、研究和改善空气质量,同时采用先进的车辆排放物试验设备,提供信息使人们认识周围环境,并采用一系列措施控制污染问题。

2. 出行需求管理系统

1) 出行前的信息系统

出行前的信息是指出行者出发前在家中、工作地和其它地方可以得到出行的真实时间信息,如公共交通线路、时间表、换乘和票价等,同时还可以得到城市间长途出行和休假出行的信息,还可以得到真实时间的交通事故信息,线路变动和线路行车速度等信息。通过这些信息,出

行者可以选择最佳路线、出行模式、出发时间或决定是否要出行等。

2) 合伙乘车(carpool)的信息系统

这个系统可以非常容易和方便地提供合伙乘车的信息,这样可减少小客车的交通流量,是缓解交通拥挤和交通事故的一项措施,不仅对工作出行的人有利,而且为老年人和残废人提供了极大的方便。

3. 公共交通运输管理系统

1) 这个管理系统主要应用计算机对车辆的运行时间进行分析,以保证多种形式联运的换乘连接。出行者坐上公共交通后,该系统仍可提供各种信息帮助出行者解决换乘等问题。

2) 这个系统还可以提供非常方便的服务,如门到门的运输和较低的出行费用等。此外该系统设置了环境监控功能,如公共汽车运行状况、公共汽车停车站的状况、通信系统和警报设备等,以保证乘客的出行安全。

4. 电子支付服务系统

这个服务系统要求所有的运输模式都设有电子支付设备,包括道路的通行税、公共交通的车票费、停车场的收费等。收费系统采用先进的技术,如磁卡系统等。

5. 商业车辆的运行

1) 商业车辆的电子清理系统

这个系统要求货车和公共汽车装有无线电的接收装置,以确保车辆的行驶安全,确定主要行驶路线的车辆行驶速度和载质量。这个系统在美国、墨西哥和加拿大边境上使用后,取得了非常明显的效果。

2) 路边安全检查的自动化系统

这个系统为车辆和驾驶员提供一个真实时间的安全检查途径,它可以确定哪个车辆或驾驶员应该停车受检。整个系统是通过传感器和诊断装置自动地对车辆性能等进行检查。

3) 货物的机动性

建立驾驶员和多种联合运输的调度通信系统,利用真实时间信息确认车辆的位置,同时帮助车辆在非拥挤的道路上行驶。利用 ITS 可以使运输车辆及时装卸货物,并且使货主和运输车辆都得到许多利益。

4) 危险物品的通报系统

当车辆装有危险品时,行驶在这个系统中,可以立即显示出来,同时对危险品加以控制和避免事故的发生。

6. 紧急情况的管理系统

1) 紧急情况的通报和安全

这个部分包括两个功能,其一是驾驶员和其他人员的安全,另外自动通报系统,当危险事故发生后,车辆自动制动并通知救援机构。

2) 紧急情况的车辆管理

这种车辆管理,首先必须具有公共安全机构,该机构与车队管理部门建立直接通讯联系;当事故发生后,车队管理部门可以显示紧急车辆的位置,并且帮助调度人员尽快派出救援车辆。当道路交通信号没有紧急事故的优先处理系统时,道路引导系统可以直接指示交通事故的确切位置。

7. 先进的交通控制和安全系统

1) 避免纵向碰撞