



普通高等教育“十一五”国家级规划教材
21世纪交通版高等学校教材

交通运输工程导论

Introduction to Transportation Engineering

(第二版)

姚祖康 顾保南 编 著
王秉纲 魏庆朝 主 审



人民交通出版社
China Communications Press

普通高等教育“十一五”国家级规划教材
21 世纪交通版高等学校教材

Introduction to Transportation Engineering

交通运输工程导论

(第二版)

姚祖康 顾保南 编著

王秉纲 魏庆朝 主审

人民交通出版社

内 容 提 要

本书以整个交通运输系统(包括铁路、道路、水运、航空、管道和城市交通运输系统)为对象,主要介绍运输和交通运输系统、运载工具的运行特性、交通流特性、交通运输工程规划、轨道工程、道路工程、港口工程、机场工程、交通控制与管理方面的内容。

本书可作为高等院校交通运输学科和土木工程学科相关专业的教材,也可供相关专业人员学习参考。

图书在版编目(CIP)数据

交通运输工程导论/姚祖康,顾保南编著.—2版.—北京:人民交通出版社,2008.12

ISBN 978-7-114-07511-7

I. 交…II. ①姚…②顾…III. 交通工程学 IV. U491

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 198500 号

普通高等教育“十一五”国家级规划教材

21 世纪交通版高等学校教材

书 名:交通运输工程导论(第二版)

著 者:姚祖康 顾保南

责任编辑:沈鸿雁 刘永超

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)59757969,59757973

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:廊坊市长虹印刷有限公司

开 本:787×1092 1/16

印 张:11.25

插 页:1

字 数:277 千

版 次:2003 年 3 月 第 1 版

2008 年 12 月 第 2 版

印 次:2008 年 12 月 第 2 版 第 1 次印刷 总第 6 次印刷

书 号:ISBN 978-7-114-07511-7

印 数:15001~18000 册

定 价:23.00 元

(如有印刷、装订质量问题的图书由本社负责调换)

21 世纪交通版

高等学校教材(公路与交通工程)编审委员会

- 顾问:王秉纲 (长安大学)
- 主任委员:沙爱民 (长安大学)
- 副主任委员:(按姓氏笔画排序)
- 王 炜 (东南大学)
- 陈艾荣 (同济大学)
- 徐 岳 (长安大学)
- 梁乃兴 (重庆交通大学)
- 韩 敏 (人民交通出版社)
- 委员:(按姓氏笔画排序)
- 马松林 (哈尔滨工业大学)
- 王殿海 (吉林大学)
- 叶见曙 (东南大学)
- 石 京 (清华大学)
- 向中富 (重庆交通大学)
- 关宏志 (北京工业大学)
- 何东坡 (东北林业大学)
- 陈 红 (长安大学)
- 邵旭东 (湖南大学)
- 陈宝春 (福州大学)
- 杨晓光 (同济大学)
- 吴瑞麟 (华中科技大学)
- 陈静云 (大连理工大学)
- 赵明华 (湖南大学)
- 项贻强 (浙江大学)
- 郭忠印 (同济大学)
- 袁剑波 (长沙理工大学)
- 黄晓明 (东南大学)
- 符铎砂 (华南理工大学)
- 裴玉龙 (哈尔滨工业大学)
- 颜东煌 (长沙理工大学)
- 秘 书 长:沈鸿雁 (人民交通出版社)

总 序

当今世界,科学技术突飞猛进,全球经济一体化趋势进一步加强,科技对于经济增长的作用日益显著,教育在国家经济与社会发展中所处的地位日益重要。进入新世纪,面对国际国内经济与社会发展所出现的新特点,我国的高等教育迎来了良好的发展机遇,同时也面临着巨大的挑战,高等教育的发展处在一个前所未有的重要时期。其一,加入 WTO,中国经济已融入到世界经济的发展进程之中,国家间的竞争更趋激烈,竞争的焦点已更多地体现在高素质人才的竞争上,因此,高等教育所面临的是全球化条件下的综合竞争。其二,我国正处在由计划经济向社会主义市场经济过渡的重要历史时期,这一时期,我国经济结构调整将进一步深化,对外开放将进一步扩大,改革与实践必将提出许多过去不曾遇到的新问题,高等教育面临加速改革以适应国民经济进一步发展的需要。面对这样的形势与要求,党中央国务院提出扩大高等教育规模,着力提高高等教育的水平与质量。这是为中华民族自立于世界民族之林而采取的极其重大的战略步骤,同时,也是为国家未来的发展提供基础性的保证。

为适应高等教育改革与发展的需要,早在 1998 年 7 月,教育部就对高等学校本科专业目录进行了第四次全面修订。在新的专业目录中,土木工程专业扩大了涵盖面,原先的公路与城市道路工程,桥梁工程,隧道与地下工程等专业均纳入土木工程专业。本科专业目录的调整是为满足培养“宽口径”复合型人才的要求,对原有相关专业本科教学产生了积极的影响。这一调整是着眼于培养 21 世纪社会主义现代化建设人才的需要而进行的,面对新的变化,要求我们对人才的培养规格、培养模式、课程体系和内容都应作出适时调整,以适应要求。

根据形势的变化与高等教育所提出的新的要求,同时,也考虑到近些年来公路交通大发展所引发的需求,人民交通出版社通过对“八五”、“九五”期间的路桥及交通工程专业高校教材体系的分析,提出了组织编写一套 21 世纪的具有鲜明交通特色的高等学校教材的设想。这一设想,得到了原路桥教学指导委员会几乎所有成员学校的广泛响应与支持。2000 年 6 月,由人民交通出版社发起组织全国面向交通办学的 12 所高校的专家学者组成 21 世纪交通版高等学校教材(公路类)编审委员会,并召开第一次会议,会议决定着手组织编写土木工程专业具有交通特色的道路专业方向、桥梁专业方向以及交通工程专业教材。会议经过充分研讨,确定了包括基本知识技能培养层次、知识技能拓宽与提高层次以及教学辅助层次在内的约 130 种教材,范围涵盖本科与研究生用教材。会后,人民交通出版社开始了细致的教材编写组织工作,经过自由申报及专家推荐的方式,近 20 所高校的百余名教授承担约 130 种教材的主编工作。2001 年 6 月,教材编委会召开第二次会议,全面审定了各门教材主编院校提交的教学大纲,之后,编写工作全面展开。

21 世纪交通版高等学校教材编写工作是在本科专业目录调整及交通大发展的背景下展开的。教材编写的基本思路是:(1)顺应高等教育改革的形势,专业基础课教学内容实现与土木工程专业打通,同时保留原专业的主干课程,既顺应向土木工程专业过渡的需要,又保持服务公路交通的特色,适应宽口径复合型人才培养的需要。(2)注重学生基本素质、基本能力的

培养,为学生知识、能力、素质的综合协调发展创造条件。基于这样的考虑,将教材区分为二个主层次与一个辅助层次,即基本知识技能培养层次与知识技能拓宽与提高层次,辅助层次为教学参考用书。工作的着力点放在基本知识技能培养层次教材的编写上。(3)目前,中国的经济发展存在地区间的不平衡,各高校之间的发展也不平衡,因此,教材的编写要充分考虑各校人才培养规格及教学需求多样性的要求,尽可能为各校教学的开展提供一个多层次、系统而全面的教材供给平台。(4)教材的编写在总结“八五”、“九五”工作经验的基础上,注意体现原创性内容,把握好技术发展与教学需要的关系,努力体现教育面向现代化、面向世界、面向未来的要求,着力提高学生的创新思维能力,使所编教材达到先进性与实用性兼备。(5)配合现代化教学手段的发展,积极配套相应的教学辅件,便利教学。

教材建设是教学改革的重要环节之一,全面做好教材建设工作,是提高教学质量的重要保证。本套教材是由人民交通出版社组织,由原全国高等学校路桥与交通工程教学指导委员会成员学校相互协作编写的一套具有交通出版社品牌的教材,教材力求反映交通科技发展的先进水平,力求符合高等教育的基本规律。各门教材的主编均通过自由申报与专家推荐相结合的方式确定,他们都是各校相关学科的骨干,在长期的教学与科研实践中积累了丰富的经验。由他们担纲主编,能够充分体现教材的先进性与实用性。本套教材预计在二年内完全出齐,随后,将根据情况的变化而适时更新。相信这批教材的出版,对于土木工程框架下道路工程、桥梁工程专业方向与交通工程专业教材的建设将起到有力的促进作用,同时,也使各校在教材选用方面具有更大的空间。需要指出的是,该批教材中研究生教材占有较大比例,研究生教材多具有较高的理论水平,因此,该套教材不仅对在校学生,同时对于在职学习人员及工程技术人员也具有很好的参考价值。

21世纪初叶,是我国社会经济发展的重要时期,同时也是我国公路交通从紧张和制约状况实现全面改善的关键时期,公路基础设施的建设仍是今后一项重要而艰巨的任务,希望通过各相关院校及所有参编人员的共同努力,尽快使全套21世纪交通版高等学校教材(公路类)尽早面世,为我国交通事业的发展做出贡献。

21世纪交通版
高等学校教材(公路类)编审委员会
人民交通出版社
2001年12月

前 言

交通运输系统是由铁路、道路、水路、航空和管道五种交通运输方式组成的一个综合系统。每种交通运输方式各具自身的特点,各自组成独立的系统。它们在综合交通运输系统内发挥各自的作用,而又相互补充和依存,共同发挥支持社会生产、推动经济发展、提高人民群众物质和文化生活水平的作用。

交通运输工程的任务,是探讨如何为交通运输系统提供和改善各项工程设施,包括系统和项目工程设施的规划、设计、施工、运营管理和维修养护等方面,以适应不断增长的交通运输需求。

由于行业划分和专业设置过细,学习交通运输工程的学生或从事交通运输工程的技术人员对交通运输工程专业知识的认识 and 了解,往往局限于某种交通运输方式,或者仅局限于该方式中的某个侧面。设置本课程和编写本书的目的,是较系统地介绍交通运输工程的各个方面,使交通运输工程领域的学生和专业人员以及与交通运输工程有关或对之有兴趣的其他专业人员,对交通运输工程有一个较全面的了解。

1988年起,同济大学开设了《运输工程导论》课程。本书是在总结以往编写的讲义和教材的基础上改写而成。第一章首先阐述运输同经济和社会发展的关系以及对政治和环境的影响;分析交通运输系统的组成,各种运输方式的特点、组成及其发展趋势;而后分别介绍了我国铁路、道路、水路、航空、管道和城市交通运输系统的现状和存在的问题。第二章分别介绍各类运载工具(轨道车辆、汽车、船舶和运输飞机)的类型和特点以及同交通运输工程设施设计有关的一些运行特性。第三章阐述载运工具在交通运输设施上运行的流动特性(包括速度、密度、交通量),并介绍同工程设施规划和设计密切相关的通行能力、排队和延误以及服务水平的基本概念。第四章介绍交通运输工程设施规划的基本概念、方法和步骤,并着重阐明交通运输需求分析、预测的基本概念和建模方法以及对规划方案的经济评价和综合评价的方法。第五章到第八章分别简要介绍了轨道、道路、港口和机场工程的功能要求、主要组成部分的布置和设计,但不涉及各种构造物的结构设计。最后一章则阐述对各种载运工具在交通运输设施上运行时进行交通控制和管理的要求与方法。本教材由同济大学姚祖康、顾保南教授编著,长安大学王秉纲教授和北京交通大学魏庆朝教授主审。

希望本书能对读者有所裨益,并恳请读者批评指正。

姚祖康

2008年8月于同济

目 录

第一章 运输和交通运输系统	1
第一节 运输的性质和作用.....	1
第二节 交通运输系统的组成和特点.....	3
第三节 我国各交通运输系统概况.....	7
第四节 城市交通运输系统	19
复习思考题	23
第二章 载运工具的运行特性	25
第一节 载运工具的类型	25
第二节 轨道载运工具	26
第三节 道路载运工具	33
第四节 水上载运工具	36
第五节 空中载运工具	39
复习思考题	42
第三章 交通流特性	44
第一节 交通流要素	44
第二节 通行能力分析	48
第三节 排队和延误分析	51
第四节 服务水平分析	53
复习思考题	56
第四章 交通运输工程规划	57
第一节 规划的特点、方法和步骤.....	57
第二节 需求分析和预测	61
第三节 规划方案的评价	66
复习思考题	72
第五章 轨道工程	73
第一节 系统类型及设计准则	73
第二节 线路平纵断面设计	76
第三节 路基和轨道	81
第四节 站场	85
复习思考题	92
第六章 道路工程	93
第一节 道路分级和设计标准	93
第二节 道路路线设计	96
第三节 路基和路面.....	107
第四节 道路排水和桥涵构造物.....	110

复习思考题·····	112
第七章 港口工程 ·····	113
第一节 港口的类型和组成·····	113
第二节 港口水域·····	114
第三节 码头·····	120
第四节 港口陆域作业区·····	125
复习思考题·····	128
第八章 机场工程 ·····	129
第一节 机场系统的组成·····	129
第二节 飞行区平面布置·····	131
第三节 跑道系几何设计·····	137
第四节 滑行道和停机坪几何设计·····	141
第五节 航站区布局·····	143
复习思考题·····	146
第九章 交通控制与管理 ·····	148
第一节 轨道交通控制和管理·····	148
第二节 道路交通控制和管理·····	155
第三节 水上交通控制和管理·····	160
第四节 航空交通控制和管理·····	161
复习思考题·····	165
参考文献 ·····	167

第一章 运输和交通运输系统

第一节 运输的性质和作用

运输活动是使用各种载运工具(如火车、汽车、船舶、飞机和管道等),使运输对象(货物或旅客)实现地理位置上(空间)的转移。这种活动推进不同地区之间的人和物的交流和交换,对国家的强盛、经济的发展、社会的进步、文化的交流、生活方式的改变和生活水平的提高都起着重要的作用,从而成为社会赖以生存和发展的基础。

一、运输对经济发展的影响

运输是物质生产得以进行的必要条件。任何物质生产通常总是首先通过运输活动,供应生产所必需的原料或半成品和燃料;同时,又必须通过运输活动,将完成的半成品或成品输送到其他加工部门或者进入流通领域(市场)。因而,运输是物质生产过程中的必要组成部分,也是生产过程在流通领域内的继续。社会的分工越精细,生产的组合越复杂,商品的流通越发达,这种运输活动也越频繁,从而也越显出其重要性。

生产过程中的运输,其所投入的费用是产品价值的一部分;而在流通领域中的运输,其费用追加到产品的价值上,成为商品价值的一部分。因而,运输的成本将直接影响到商品的成本和价格。

交通运输的发展,意味着输送的便利、速度的快捷、效率的提高和运输费用的降低。它对经济发展的各个方面都会产生积极的影响。

1. 促进生产的地区分工

不同地区对于生产某类或某种产品可能具有特殊的有利条件,如自然条件、原材料或能源供应条件或技术条件等,因而生产该种产品的成本便具有较其他地区低廉的优势。如果运输发达,运价低廉,则这种生产成本低廉优势的影响范围便会得到扩大,从而促成生产的地区分工,影响生产力的布局。

2. 鼓励生产规模的扩大

产品的产量越多,则单位产品的生产成本便越低。大规模生产意味着原料、半成品或成品的供应和集散必须长距离运输。如果运价太高,将使产品价格偏高,在市场上将会丧失竞争能力。因而,运输效率越高,运费越低,便越有利于发展大规模生产,从而便于充分合理地使用资源,提高社会的生产效率。

3. 开发自然资源,发展落后地区经济

只有通过发展交通,才有可能使丰富的自然资源得到有效的利用;而经济落后地区或边远地区,也只有通过发展交通,使之同发达地区沟通,才能促进交流并发展其经济。

4. 加速土地开发

交通发达,可使运输设施沿线和毗邻地区的土地使用价值得到提高,从而加速土地的经济开发。

5. 促进与交通运输相关工业部门的发展

例如,与载运工具制造有关的机械制造工业和电器仪表工业,与能源供应有关的石油、天然气和煤炭工业,与运输设施修建有关的建筑业、材料工业,与控制和管理有关的电子和计算机工业等,都会为适应交通运输业发展的需要而得到相应的发展。

6. 平抑物价

便利的交通,可以调节不同地区出现的市场供需不平衡,促使各地的物价差别较快地得到平抑;同时,运费的降低,可使商品价格下降,从而平抑物价。

由此可见,交通运输的发展可促进国民经济的发展,而国民经济的发展也要求发展交通运输业,以得到支持和保证。交通运输业成为国民经济的重要组成部分。两者必须协调发展,保持适当的比例关系,才能使国民经济得以持续稳定地发展。根据国外的统计资料(20世纪80年代),工业化国家的运输业产值约占国内生产总值的6%~7%,而我国运输业的同期产值仅占社会总产值的3%~4%。因而,出现了我国交通运输业发展滞后的局面,从而制约了国民经济的顺利发展。自20世纪90年代中期起,国家逐渐加大了对交通运输业的固定资产投资额(表1-1),使交通运输业在这一时期相应地得到较快的发展,保障了国民经济持续稳定地发展。

1985年以来我国交通运输业的固定资产投资额(亿元)

表 1-1

年份(年)	1985	1990	1995	2000	2005
铁路	107.4	92.95	525.78	770.74	1 267.7
公路	34.1	114.03	451.66	1 605.80	5 581.4
城市公共交通	—	—	—	—	531.1
水运	43.3	53.73	86.27	73.23	779.3
航空	21.4	14.24	126.08	258.54	302.4
管道	3.2	2.88	4.05	25.51	79.6
交通辅助业(装卸、搬运等)	0.6	0.34	339.90	743.74	43.5
其他交通(仓储业)	—	—	10.73	33.76	258.5
运输业合计	210.0	278.17	1 544.47	3 511.32	8 843.5
全国	1 680.5	2 733.07	10 898.24	20 284.82	75 095.1
占全国比重	12.5%	10.18%	14.17%	17.31%	11.8%

二、对社会发展的影响

城市的发展及其形态,与交通运输的发展有密切的关系。早期,主要依靠水路运输时,城市都沿江边或海岸布设和发展。铁路出现后,内陆城市才得以发展。公路的发展,沟通了城市和乡村间的物质、文化联系和交流,使城乡间在物质和文化上的差别逐步得到消除。而航空的发展,更加快了人们时空观念的改变,促进了国际间的交流和交往。交通运输促进了大规模生产和地区专业化分工,从而导致大城市的出现。而大城市的生存和运转又密切依赖于交通运输。高速公路和城市捷运交通系统的迅速发展,使许多人有可能居住在郊区而工作在市区,并

仍享有参与教育、文化和社会活动的便利,因而促成了中心城市向郊外扩散和延伸的趋向。

一个社会系统的有效性(机动性和效率),是由其人流、物流、能源流、信息流和资金流等的速度和质量所决定的。而交通运输业是载运人流、物流、能源流和信息流的最重要的社会基础结构之一。交通运输的发展增加了社会的机动性,促进了不同国家、不同地区、不同民族和不同阶层的人民之间的广泛交往和文化渗透,增进了相互的了解和理解。交通运输的迅速发展也改变了人们的时间和空间观念,同时也影响着人们生活方式的变化。

三、对政治的影响

完善的交通运输系统,将各个边远地区同其他地区,特别是中央和发达地区沟通在一起,从而形成并提高了国家的统一性。

快速的交通运输系统可提高兵员、装备和后勤供应的机动能力,因而是国防力量的重要组成部分。

由于交通运输影响到人们工作和生活的便利,影响到经济发展的速度以及人民的收入和生活水平,因而发展交通运输业在实现政府工作目标中占有重要地位,吸引着公众广泛的政治注意。

四、对环境的影响

交通运输的发展会对环境产生许多负面影响。交通运输工程设施的大规模修建,有可能破坏植被,造成水土流失,并改变生态环境;另外需占有大量可耕地,因而减少农业产量;还要维持交通运输系统的运转,需消耗大量的石油、天然气和电等能源资源;再有载运工具的驶行,会排放出大量污染物质(二氧化碳和臭氧等),使空气和水质遭到污染,并加剧温室效应;行驶中产生的噪声也将影响毗邻地带居民的工作和生活。

第二节 交通运输系统的组成和特点

一、交通运输系统的组成

一个交通运输系统主要由下列五个基本部分组成:

(1) 载运工具——如火车、汽车、船舶、飞机、管道等,用以装载所运送的旅客和货物。

(2) 站场——如火车站、汽车站、机场、港口等,作为运输的起点、中转点或终点,以供旅客和货物从载运工具上下和装卸。

(3) 线路——如有形的铁路、道路、河道、管道或无形的航路等,作为运输的通道,供载运工具由一个站场点驶行到另一个站场点。

(4) 交通控制和管理系统——为保证载运工具在线路和站场上安全、有效率地运行而设置的各种监视、控制和管理装置和设施,如各种信号、标志、通信、导(助)航以及规则等。

(5) 设施管理系统——为保证各项交通运输设施处于完好或良好的使用或服务状况而设置的设施状况监测和维护(维修)管理系统。

按载运工具和运输方式的不同,交通运输系统可分为下述五种基本类型:

(1) 轨道交通运输——由内燃、电力或蒸汽机车牵引的列车在固定的重型或轻型钢轨上行驶的系统,可分为城市间的铁路交通运输系统及区域内和城市内的轨道交通运输系统两种。

- (2) 道路交通运输——由汽车在城市间的公路和城市内的街道上行驶的交通运输系统。
- (3) 水路交通运输——由各种船舶在内河河道、沿海或远洋航线上航行的交通运输系统。
- (4) 航空交通运输——由飞机在空中航路上飞行的交通运输系统。
- (5) 管道交通运输——利用管道连续输送原材料的交通运输系统。

整个交通运输系统是一个上述五种交通运输类型并存的综合系统,各自发挥本类型(系统)的特长和作用。

二、交通运输系统的性能

各类交通运输系统具有不同的特点和性能。通常从以下四个方面来表征或评价一个交通运输系统的性能。

1. 普遍性(Ubiquity)或通达性(Accessibility)

主要指进出交通运输系统的出入口数量、这些出入口之间交通运输线路的直捷程度以及系统适应各种交通量的能力等方面的性能。它直接关系到使用者进出和使用该系统的便利性。影响普遍性的主要因素是交通运输线路网的密度和进出系统的出入口或站场的数量。

2. 机动性(Mobility)

可定义为交通运输系统在单位时段内处理交通运输对象数量的能力,它包括系统的通行能力(或容量)和系统内交通流的速度两个方面。

3. 效率和效益(Efficiency)

包括为修建和维护交通运输系统基础设施所需投入的资金量,使用该系统所需支付的运行费用(能源消耗、载运工具和基础设施的耗损、控制和管理费用等),系统的可靠性和使用的安全性,系统对周围环境的负面影响等方面。

4. 服务对象和服务水平(Serviceability)

交通运输系统适宜于输送的对象(货物或旅客的类别),系统所提供的服务质量(舒适性、频率等)。

三、各类交通运输系统的特点

各类交通运输系统具有不同的性能特点。

轨道交通运输由专用的列车车辆依次沿固定的线路(轨道)行进,交通运输对象需在固定的站场进出线路系统,因而其普遍性便受到较大的限制。为使列车能以一定的速度安全地在线路上行驶,要求路线布设的平面曲率半径不宜过小,而纵向坡度不能太大。这就使轨道交通运输方式的采用较多地受到地形和地质条件的限制,或者在地形较复杂地区需要投入较多的建设资金。轨道交通运输的主要优点是货物或旅客的装载容量很大,而其平均运行速度可为中等(50~120km/h)到高速(200km/h以上),因而其机动性较高。线路、站场和控制管理设施的修建和维护费用较高;货运的运输成本较低,但高速客运的运输成本较高;系统的可靠性和安全性较高;能源消耗较低。轨道交通运输的这些性能,使之在货物运输方面适宜于中长距离的散装和大宗货物以及集装箱运输,而在旅客运输方面适宜于中短距离(小于500km)的城市间交通运输及大城市近郊和市区的有轨交通运输。表1-2所示为各类交通运输系统的旅客和货物运输平均运距的变化情况。铁路旅客运输的平均运距呈逐年增长趋势,由1980年的151km增加到2005年的524km;货物运输的平均运距也呈增长趋势,但稳定于800km以内。

各类交通运输的平均运距(km)

表 1-2

年份(年)	铁 路		公 路		水 运		航 空		管 道	总 计	
	客运	货运	客运	货运	客运	货运	客运	货运	货运	客运	货运
1950	135	395	55	11	62	191	943	1 063	—	118	211
1 960	109	412	45	19	50	236	781	833	—	83	215
1 970	139	525	39	24	45	336	825	954	—	79	304
1980	151	526	33	34	49	1 184	1 166	1 573	467	67	479
1990	275	725	45	56	81	2 113	1 388	2 173	393	91	817
1 995	345	786	53	53	107	2 623	1 331	2 206	386	131	1 024 *
2000	431	771	49	59	52	1 939	1 444	2 555	340	83	326
2005	524	770	55	65	34	2 261	1 479	2 572	350	95	431

注:1998年前为交通运输部门的旅客和货物平均运距,1999年后为全社会的旅客和货物平均运距。

道路运输是一种可以实现“门到门”运输的方式,也即货物和旅客可以在起点(厂门、店门、家门……)装上汽车后,通过支线迅即进入道路系统,而后直接运卸到终点(厂门、店门、家门……),中间不需倒换装卸作业。因而,路网密度大时,道路运输便具有很高的普遍性。道路路线布设的平面曲率半径可比轨道线路的小,而纵坡可以比它大,因而受地形限制的程度较轨道运输低。但在地形复杂地区,道路运输的通达性仍受到限制。道路运输的平均运行速度为中等(30~120km/h),受交通密度(拥挤程度)的影响很大。车辆的装载容量较小。道路运输基础设施修建和维护的投资量较轨道运输低,而其运营费用(运输成本)则较轨道和水路运输高;能源的消耗较大。道路运输的可靠性和安全性不如其他运输方式。因而,道路运输适宜于短途旅客和货物运输,小批量商品或时间价值较高的货物的中途运输。由表 1-2 可看出,公路旅客和货物运输的平均运距均较短,为 50~60km。

水路运输受河流通航条件及海岸和港口条件的限制,其普遍性较为局限。船舶的装载量较大,但其平均运行速度很低(15~40km/h)。基础设施的修建费用较高,但由于运输能力大,能源消耗低,其运输成本较其他各种方法都低。因而,水路运输适宜于大宗和散装货物以及集装箱运输;国际间的货物运输绝大部分都依靠远洋运输,运距很长。由于速度低,旅客运输仅限于短途和游览。表 1-2 中水路运输的客运和货运平均运距的巨大差异(2005 年相应为 34km 和 2 261km),反映了这一特点。

航空运输的突出优点是快速(200~900km/h)和舒适。其普遍性受机场密度的限制。飞机的载运量较汽车高。基础设施的修建费用较高。能源消耗大,运输成本高。因而,航空运输适宜于中长距离(大于 500km)的旅客运输和时间价值高的小宗货物运输。国际间的旅客运输大部分都依靠空运。如表 1-2 中所示,航空运输的旅客和货物运输的平均运距均较长,2005 年相应为 1 500km 和 2 500km 左右。

管道运输的普遍性与轨道运输相似。它适宜于长距离连续输送液体(如石油)或气体(如天然气)介质。其输送速度很低(16~30km/h),但能力较高。基础设施的修建费用较轨道和道路小,其运输成本也低;而且,其输送不存在空驶问题,不受气候影响,设施所占用地也少。

各类交通运输系统的不同特点和性能,使之能在整个交通运输系统中并存和互补,发挥各自的优势和特长,形成综合交通运输系统。

四、综合交通运输系统的组成结构及其变化趋势

19世纪以前,由于缺乏机械动力,以人力、畜力和自然力作为载运工具的动力,因而,水路交通运输占据了主导地位。19世纪上半叶,出现了蒸汽机,首先被应用于船舶,使水路交通运输有了迅猛的发展。而后,蒸汽机被用于火车机车,开始了铁路交通运输的发展。19世纪下半叶到20世纪前20年期间,铁路交通运输出现了大发展,而水路交通运输则出现了萧条。有人把铁路交通运输成为主宰的这一时期称之为铁路世纪。与此同时,出现了新的载运工具——汽车和飞机以及管道。20世纪20年代以后,水路交通运输又重新有所振兴,而铁路交通运输却逐渐萎缩,道路和航空交通运输得到较快发展,特别是第二次世界大战以后,这两种运输方式的发展更为迅速,使道路交通运输成为主要的运输方式。目前,形成了五种运输方式并存的局面,各种运输方式依靠自身的性能特点占据一席之地,发挥着各自的作用。

建国以来,我国运输业的发展经历了一个较长的以发展铁路运输为主的阶段,而目前正走向各种运输方式共同和协调发展的阶段。表1-3和表1-4所示相应为各种运输方式的货物运输和旅客运输的运输量和周转量组成结构比例。

我国各种运输方式的旅客运输构成比例(%)

表1-3

年份 (年)	旅客运输量				旅客周转量			
	铁路	公路	水运	航空	铁路	公路	水运	航空
1950	77.0	11.3	11.7	0.01	88.5	5.3	6.1	0.04
1960	57.9	30.5	11.6	0.02	76.3	16.5	7.0	0.18
1970	40.3	47.5	12.1	0.02	69.7	23.3	6.9	0.17
1980	27.0	65.2	7.7	0.1	60.6	32.0	5.7	1.7
1990	12.4	83.9	3.5	0.2	46.4	46.6	2.9	4.1
2000	7.1	91.1	1.3	0.5	36.9	54.3	0.8	7.9
2005	6.3	91.9	1.1	0.7	34.7	53.2	0.4	11.7

我国各种运输方式的货物运输构成比例(%)

表1-4

年份 (年)	货物运输量					货物周转量				
	铁路	公路	水运	管道	航空	铁路	公路	水运	管道	航空
1950	46.3	41.2	12.4	0.0	0.0	86.6	2.0	11.3	0.0	0.0
1960	39.4	41.5	19.1	0.0	0.0	75.4	3.6	20.9	0.0	0.0
1970	45.4	37.8	16.9	0.0	0.0	76.2	3.0	20.4	0.0	0.0
1980	20.4	69.9	7.8	1.9	0.0	47.6	6.4	42.0	4.1	0.0
1990	15.6	74.6	8.3	1.6	0.0	40.6	12.8	44.2	2.4	0.0
2000	13.1	76.5	9.0	1.4	0.0	31.1	13.8	53.4	1.4	0.1
2005	14.5	72.1	11.8	1.7	0.0	25.8	10.8	61.9	1.4	0.1

分析这些数据,可以归纳出下述情况。

(1)我国各种运输方式的组成结构也经历着同发达国家相似的变化过程,铁路运输的比重逐年下降,公路运输的比重逐年上升,航空旅客运输迅速增长。由于公路运输的平均运距短,铁路运输的平均运距长,铁路旅客和货物周转量所占比重的下降速度小于运输量。

(2)铁路运输目前仍占主导地位,是综合交通运输系统的骨干。这主要是由于我国的产业结构以重型为主,重工业的比重大于轻工业;我国的能源结构以煤炭为主,而主要煤炭基地集中在北方;我国城市化的比例较低,每年有大量农村劳力进入沿海大城市,构成了季节性客运高峰;铁路运输(特别是客运)实行低运价政策;汽车工业从21世纪起才得到迅速发展,私人小汽车刚开始进入家庭等。

(3)由于对外开放和国际贸易的迅速发展,远洋船队和远洋货运有很大增长。水路运输的货物周转量由于远洋运输的平均运距大而所占比重逐年增长。但就货运量而言,则水路运输的比重逐年下降,如果不考虑远洋运输,则水运所占的比重更低。

(4)航空运输的增长速度最快,特别是客运。随着居民可支配收入的提高和航空客运票价的下降,航空运输的快速增长还会继续。

(5)管道运输随我国石油和天然气工业的发展,在20世纪70年代有较大的发展,而到80年代以后,所占比重变化不大。

第三节 我国各交通运输系统概况

一、铁路交通运输系统

截至2005年底,我国共有铁路营运里程7.54万km(其中复线里程2.56万km,电气化里程2.02万km),车站5560个,拥有客车4.2万辆,货车54.8万辆,机车1.7万台。我国铁路分国家铁路、合资铁路和地方铁路三种,其中,国家铁路占绝对主导地位(营运里程占82.5%,旅客运输量占95.7%,货物运输量占86.1%)。国家铁路运输设备情况如表1-5所示。2005年,铁路系统共承运了26.9亿吨(其中国家铁路23.2亿吨)货物,占全社会总货运量的14.5%,货物周转量达 20.7×10^3 亿吨公里(其中国家铁路 13.3×10^3 亿吨公里),占全社会总货物周转量的31.3%;输送了11.6亿人次(其中国家铁路11.1亿人次)旅客,占全社会总客运量的6.3%,旅客周转量达 6.1×10^3 亿人公里(其中国家铁路 5.8×10^3 亿人公里),占全社会总旅客周转量的34.7%。铁路交通运输系统承担了我国大部分运输任务。

我国国家铁路运输设备情况(2005年)

表1-5

年份 (年)	营运里程(km)				车站 (个)	机车(台)				客车 (辆)	货车 (辆)
	合计	复线	电气化	内燃化		合计	蒸汽	内燃	电力		
1990	53 378	13 024 (24.4%)	6941 (13.0%)	1 6097 (30.2%)	5 620	1 3592	6 279	5 680	1 633	27 261	364 966
1995	54 616	16 909 (31.0%)	9 703 (17.8%)	24 749 (45.3%)	5 730	15 146	4 347	8 282	2 517	32 404	432 731
2000	58 656	21 408 (36.5%)	14 864 (25.3%)	39 440 (67.3%)	5 343	14 472	601	10 355	3 516	35 989	439 943
2005	62 200	25 566 (41.1%)	20 151 (32.4%)	42 049 (67.6%)	5 560	16 547	94	11 331	5 122	41 974	548 368

1949年,我国共有铁路营运里程21810km,集中分布在东北地区(占40%)和东部沿海地区。50余年来,为开发内地,在西南和西北地区新建了较多的铁路,使我国铁路路网布局逐渐趋于均衡(图1-1)。由表1-6中所列的2005年各地区国家铁路营运里程和运量分布情况

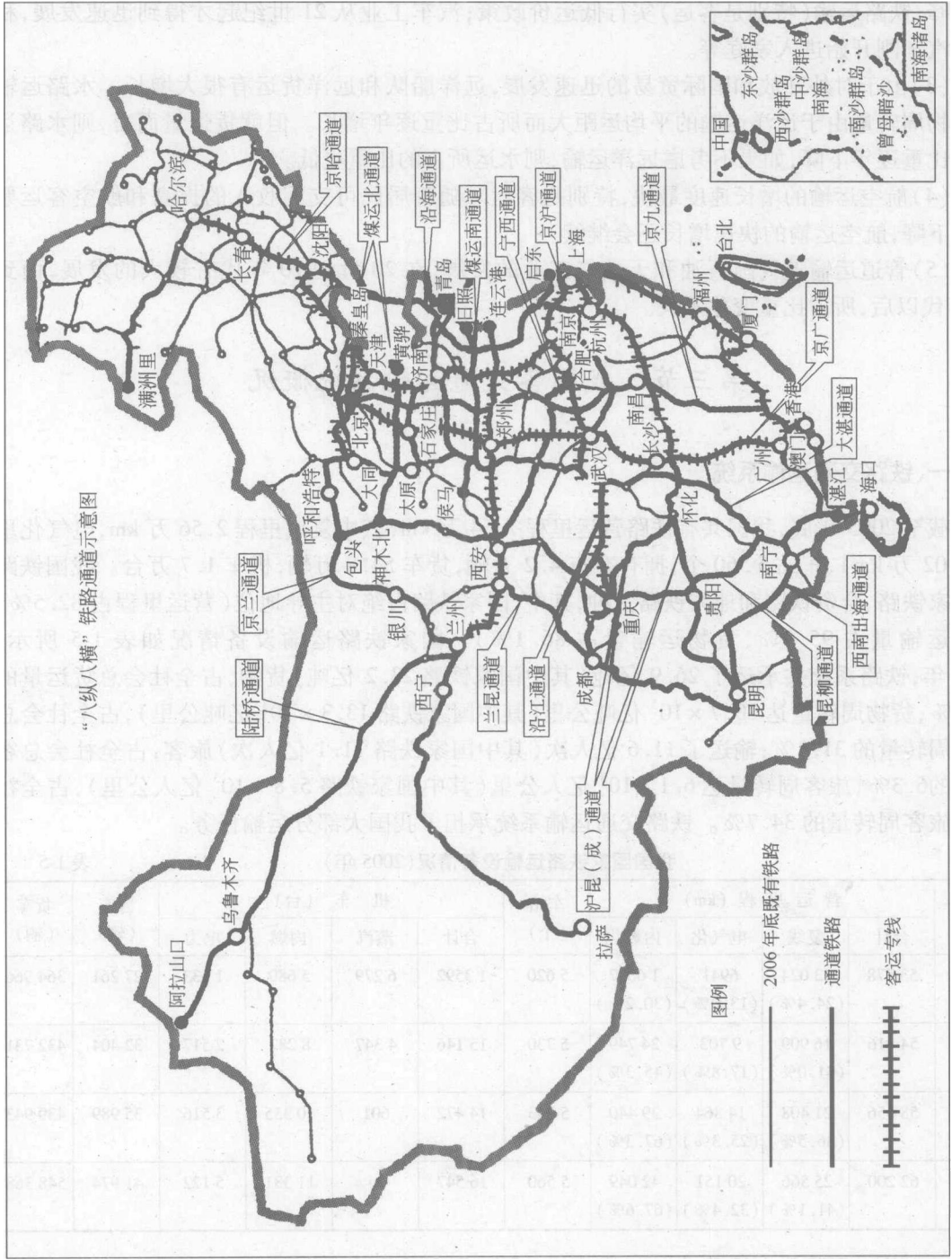


图 1-1 我国铁路通道分布示意图