



普通高等教育“十一五”国家级规划教材



普通高等教育“十二五”国家级规划教材



“十三五”江苏省高等学校重点教材

(第3版)

# 交通工程学

Jiaotong Gongchengxue

王伟 陈峻 过秀成 等编著



东南大学出版社  
SOUTHEAST UNIVERSITY PRESS

普通高等教育“十一五”“十二五”国家级规划教材  
“十三五”江苏省高等学校重点教材(2017-1-054)

# 交通工程学

(第3版)

王 炜 陈 峻 过秀成 等编著

王殿海 主审

东南大学出版社

· 南京 ·

## 内 容 提 要

本书总结与吸收了国内外近年来交通系统规划、设计与管理最新研究成果和实践经验。考虑到交通工程学科综合性、系统性、交叉性、动态性的特点,书中注重交通工程基本概念、基本理论及基本方法的阐述,并概要介绍国内外交通工程研究的最新动态。

全书共分十二章,前五章为基础部分,阐述交通系统中人-车-路及交通流的基本特性、交通调查与分析技术、交通流理论以及道路通行能力与服务水平等内容;中间五章为应用部分,介绍道路交通规划、交通设计、交通管理与控制、交通安全、交通环境保护的理论与方法;最后两章为发展动态,介绍交通仿真、智能运输系统等内容。

本书可作为交通工程、交通运输、土木工程、城市规划等专业本科生教材,也可作为城市交通、公路交通、城市规划等领域规划、设计与管理部门技术人员的参考用书。

本教材入选普通高校教育“十一五”“十二五”国家级规划教材、“十三五”江苏省高等学校重点教材(2017-1-054),并得到江苏省品牌专业建设工程一期项目资助(交通工程专业,PPZY2015B148)。

### 图书在版编目(CIP)数据

交通工程学/王伟等编著. —3版. —南京:东南大学出版社, 2019. 6

ISBN 978-7-5641-8337-0

I. 交… II. ①王… III. ①交通工程学 IV. ①U491

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2019)第 051657 号

东南大学出版社出版发行

(南京四牌楼 2 号 邮编 210096)

出版人: 江建中

网 址: <http://www.seupress.com>

电子邮件: [press@seupress.com](mailto:press@seupress.com)

全国各地新华书店经销 大丰科星印刷有限责任公司印刷

开本: 787mm×1092mm 1/16 印张: 24 字数: 600 千字

2000 年 10 月第 1 版 2011 年 6 月第 2 版

2019 年 6 月第 3 版 2019 年 6 月第 20 次印刷

ISBN 978-7-5641-8337-0

定价: 60.00 元

本社图书若有印装质量问题,请直接与营销中心联系。电话(传真):025-83791830

## 第3版前言

随着我国国民经济的高速发展及城镇化、机动化进程的加快,交通需求迅速增长,交通问题日趋严重,主要表现在道路交通拥挤、交通秩序混乱、交通事故增多、交通引起的环境污染严重等诸多方面。目前,交通问题已成为社会经济发展、人民生活水平提高的一个制约因素,交通问题已越来越受到人们的重视。

交通工程学是为解决交通问题提供基础理论及基本技术的一门学科,是一门集自然科学与社会科学于一体的综合性学科,它涉及工程、法规、教育、环境、能源、经济等诸多领域,由于工程、法规、教育、环境、能源、经济的英文单词均为“E”开头,我们也称交通工程学为“六E”科学。

本书总结与吸收了国内外近年来交通系统规划、设计与管理的最研究成果和实践经验。考虑到交通工程学科综合性、系统性、交叉性、动态性的特点,书中注重交通工程基本概念、基本理论及基本方法的阐述,并概要介绍国内外交通工程研究的最新动态。教材主要特色包括:

1. 基础性:作为交通运输工程专业类专业基础课“交通工程学基础”的教材,本教材注重交通工程基本概念、基本理论及基本方法的阐述。

2. 创新性:教材既包括专业基础知识点,也包括国际上最新交通工程进展及作者的最新研究成果,如交通环境、交通仿真、智能交通系统等新内容。

全书共分十二章,前五章为基础部分,阐述交通系统中人-车-路及交通流的基本特性、交通调查与分析技术、交通流理论以及道路通行能力与服务水平等内容;中间五章为应用部分,介绍道路交通运输规划、交通设计、交通管理与控制、交通安全、交通环境保护的理论与方法;最后两章为发展动态,介绍交通仿真、智能运输系统等内容。

本次再版,我们在第2版的基础上根据交通工程学科的发展状况,对内容做了较大的调整,主要包括:

(1) 定位国际前沿与我国交通运输发展最新要求,改革与更新教材内容。

国际交通呈现出高度信息化、智能化发展趋势,我国的交通系统发展体现出“资源集约、环境友好、绿色交通、智能交通”的导向。为此,本次修订重点补充更新面向信息化、智能化的交通调查与分析方法、智能交通运输系统前沿知识等内容。包括第3章中重点增加现代交通数据采集相关内容、第12章对智能交通系统发展内容进行大幅度更新等。同时,结合绿色交通发展导向,在第10章中新增了“道路交通对自然生态的影响”“道路交通污染和绿色交通”内容,以及对共享交通等的概念介绍。

(2) 强化与国内外最新基础理论发展及规范标准资料相结合。

结合交通工程学科研究的不断深入,本次修订重点增加国际上最新交通工程进展及作者的最新研究成果,如第4章交通流理论、第5章道路通行能力与服务水平、第11章交通仿真等内容。同时,将2010年至今交通工程领域最新颁布的相关规范和技术标准(《城市综合交通体系规划标准》(GB/T 51328-2018)、《城市道路工程设计标准2014》等)融入教材内容的更新。

(3) 将原第9章停车场的规划与设计,替换为第7章道路交通设计,章节顺序适当调整。

本教材主编单位东南大学交通运输规划与管理学科是国家级重点学科,对应“交通运输工程”一级学科2017年国家学科综合评估排名A<sup>+</sup>,本教材建设以“交通工程国家一类特色专业”建设、“交通工程专业国家级教学团队”建设开展,参编人员包括交通工程领域的众多知名教授,成果具有很强的示范性。

本书第3版中,第一、六、八章由王炜撰写,陈峻、杨敏等参与修订;第二章由陈学武撰写,刘攀、李志斌等参与修订;第三、四、九章由过秀成撰写,王昊、张健、刘攀、徐铖铖等参与修订;第五章由邓卫撰写,李文权等参与修订;第七章由项乔君撰写;第十章由王炜、陆建撰写,刘志远等参与修订;第十一章由王炜、任刚、李文权撰写与修订,任刚等参与修订;第十二章由王炜、叶智锐、朱中撰写与修订。全书由王炜、陈峻教授统稿,浙江大学王殿海教授主审。

本教材自2000年10月出版至今,已印刷19次,累计印数8万余册,在东南大学、哈尔滨工业大学、吉林大学、西南交通大学、中国矿业大学、河海大学等40多所大学使用。大家普遍反映该教材基础理论扎实,内容深入浅出,创新信息丰富,使用效果很好。该教材于2006年入选普通高等教育“十一五”国家级规划教材、2014年入选教育部“十二

五”国家级规划教材,2017年入选“十三五”江苏省高等学校重点教材,并被交通工程领域同行广泛引用。截至2018年12月,本教材被中国引文数据库(CNKI)引文收录2000次,创我国该类教材(交通工程学、交通工程导论、交通工程基础等)的最高引用率。

1980年以来,东南大学在道路工程、交通工程专业开设了“交通工程学基础”课程,先后由徐吉谦、王伟、高辉、杨涛、过秀成、邓卫、陈学武、陆建、李文权、程琳、陈峻、任刚、项乔君、刘攀、陈淑燕、张国强、季彦婕、杨敏、马永锋、王昊、王卫、陈茜、胡晓健、张健、梁衡弘、李大韦、金诚杰、徐铖铖、杨帆、李豪杰、曲栩、李志斌、沈永俊、叶智锐、刘志远、芮一康、鲍琼等教师参与该课程和教材的建设,本书凝结了他们的辛勤劳动和教学经验,在此一并表示衷心的感谢!本书参阅了大量国内外资料,未能一一列出,借此向这些著作和文献资料的作者表示衷心感谢!

**著 者**

**2018年12月于东南大学**

# 目 录

<b>第 1 章 绪论</b> .....	1
§ 1-1 交通工程学的定义 .....	1
§ 1-2 交通工程学科的研究范围与特点 .....	2
§ 1-3 交通工程学科的产生与发展 .....	4
§ 1-4 我国的交通工程现状及发展趋势 .....	6
<b>第 2 章 交通特性</b> .....	15
§ 2-1 人-车-路基本特性 .....	15
§ 2-2 交通量特性 .....	28
§ 2-3 交通流特性 .....	34
<b>第 3 章 交通调查与数据采集</b> .....	47
§ 3-1 概述 .....	47
§ 3-2 数据采集原理与方法 .....	48
§ 3-3 交通量调查 .....	58
§ 3-4 车辆速度调查 .....	67
§ 3-5 交通密度调查 .....	72
§ 3-6 行车延误调查 .....	76
§ 3-7 通行能力调查 .....	84
§ 3-8 起讫点调查 .....	90
<b>第 4 章 道路交通流理论</b> .....	98
§ 4-1 连续流与间断流基本特征 .....	98
§ 4-2 跟驰模型 .....	107
§ 4-3 流体模型 .....	115
§ 4-4 概率统计模型 .....	121
§ 4-5 排队论模型 .....	129
§ 4-6 交通网络流理论 .....	135
<b>第 5 章 道路通行能力与服务水平</b> .....	143
§ 5-1 概述 .....	143
§ 5-2 基本路段的通行能力与服务水平 .....	148

§ 5-3	平面交叉口的通行能力与服务水平 .....	152
§ 5-4	公共汽车交通线路的通行能力与服务水平 .....	162
§ 5-5	自行车道的通行能力与服务水平 .....	164
§ 5-6	行人交通设施的通行能力与服务水平 .....	170
<b>第 6 章</b>	<b>道路交通规划</b> .....	<b>175</b>
§ 6-1	城市道路交通规划工作总体设计 .....	175
§ 6-2	城市道路交通规划中的基础信息调查 .....	177
§ 6-3	城市交通需求发展预测 .....	180
§ 6-4	城市道路网络布局规划方案设计 .....	195
§ 6-5	城市道路网络布局方案交通质量评价 .....	202
§ 6-6	城市道路交通规划方案综合评价 .....	209
<b>第 7 章</b>	<b>道路交通设计</b> .....	<b>211</b>
§ 7-1	概述 .....	211
§ 7-2	交通设计基础 .....	215
§ 7-3	交通设计依据及基本原理 .....	223
<b>第 8 章</b>	<b>道路交通管理与控制</b> .....	<b>236</b>
§ 8-1	概述 .....	236
§ 8-2	交通需求管理和系统管理 .....	238
§ 8-3	道路交通法规与标志标线 .....	241
§ 8-4	平面交叉口交通管理 .....	245
§ 8-5	道路交通行车管理 .....	250
§ 8-6	城市道路交通信号控制 .....	254
§ 8-7	城市道路交通管理规划 .....	263
<b>第 9 章</b>	<b>交通安全</b> .....	<b>269</b>
§ 9-1	概述 .....	269
§ 9-2	道路交通事故及影响因素 .....	271
§ 9-3	交通安全分析 .....	277
§ 9-4	交通安全管理 .....	283
<b>第 10 章</b>	<b>道路交通与环境保护</b> .....	<b>287</b>
§ 10-1	概述 .....	287
§ 10-2	大气污染 .....	288
§ 10-3	噪声污染 .....	298
§ 10-4	光污染与振动污染 .....	307
§ 10-5	道路交通对自然生态的影响 .....	312

§ 10-6 道路交通污染与绿色交通 .....	320
<b>第 11 章 交通仿真 .....</b>	<b>327</b>
§ 11-1 交通仿真概述 .....	327
§ 11-2 交通仿真模型 .....	331
§ 11-3 交通仿真系统设计方法 .....	334
§ 11-4 常用交通仿真软件简介 .....	337
<b>第 12 章 智能运输系统 .....</b>	<b>355</b>
§ 12-1 概述 .....	355
§ 12-2 国外智能运输系统的研究进展 .....	361
§ 12-3 我国智能运输系统的研究情况 .....	365
<b>参考文献.....</b>	<b>369</b>

# 第 1 章 绪 论

## § 1-1 交通工程学的定义

交通工程学是交通工程学科发展的基本理论,是从道路工程学科中派生出来的一门较年轻的学科,它把人、车、路、环境及能源等与交通有关的几个方面综合在道路交通这个统一体中进行研究,以寻求出行效率最大、交通事故最少、通行速度最快、运输费用最省、环境影响最小、能源消耗最低的交通系统规划、建设与管理方案,从而达到安全、迅速、经济、方便、舒适、节能及低公害的目的。

交通工程学作为一门正在发展中的交通工程学科的基础理论,目前很难对它下确切的定义。各匡学者从不同的视角、以不同的观点、用不同的方法对它进行探索研究,试图提出一个公认的定义,但都没有成功,定义很难统一。

早在 1933 年 8 月,国际现代建筑协会通过了一个有关城市规划建设的纲领性文件《雅典宪章》,定义了城市的四大功能:生活、工作、游憩、交通,而城市交通是四大功能的基础支撑;并明确城市交通的基本功能是完成人和物的空间移动(即城市居民出行与货物出行)。

20 世纪 40 年代交通工程学科作为一门独立的学科刚建立时,美国交通工程师学会下的定义是:交通工程学是道路工程学的一个分支,它研究道路规划、几何设计、交通管理和道路网、终点站、毗邻区域用地与各种交通方式的关系,以便使客货运输安全、有效和方便。

澳大利亚著名交通工程学家布伦敦教授则认为:交通工程学是关于交通和出行的计测科学,是研究交通流和交通发生的基本规律的科学,为了使人、物安全而有效地移动,将此学科的知识用于交通系统的规划、设计和运营。

1983 年,世界交通工程师协会会员指南提出:交通工程学是运输工程学的一个分支,它涉及规划、几何设计、交通管理和道路网、终点站毗连用地与其他运输方式的关系。

苏联学者把交通工程学定义为:研究交通运行的规律和对交通、道路结构、人工构造物影响的科学。

英国学者则认为,道路工程中研究交通用途与控制、交通规划、线形设计的那一部分称为交通工程学。

尽管各国学者对交通工程学的理解、认识不完全一致,但在以下两个方面是基本共同的:交通工程学是从道路工程分化出来的,它的主要研究对象是道路交通(公路、城市道路);交通工程学主要解决道路交通系统规划与管理中的科学问题。但进入 21 世纪以来,随着区域综合交通体系及城市综合交通系统的逐步建立,交通工程学的研究对象已经从单一的道路工程扩展至整个综合交通运输系统。

## § 1-2 交通工程学科的研究范围与特点

### 一、交通工程学科的研究范围

交通工程学科作为交通运输工程学科的一个重要分支,随着社会对交通需求的增加及科学技术的进步而得到了迅速发展,学科的研究内容日趋丰富。一般来说,交通工程学科的研究内容包括以下几个方面:

#### 1. 交通特性分析技术

包括研究交通参与者(行人、车辆驾乘人员)、交通工具(机动车、非机动车)、道路(公路、城市道路、交叉口及交通枢纽)的交通特性以及交通流交通特性的分析方法。

#### 2. 交通调查方法

包括交通流量、交通速度、交通密度调查方法,居民出行、车辆出行调查方法,交叉口车辆延误、交通量时空分布特征调查方法,交通事故、交通大气污染与声污染调查方法等。

#### 3. 交通流理论

包括交通流三参数(流率、速度、密度)相互关系,交通流动力学特征,车辆跟驰理论,概率论、排队论、流体力学方法在交通流分析中的应用。

#### 4. 道路通行能力与服务水平分析方法

包括道路通行能力与服务水平的基本概念,路段、平面交叉口的通行能力与服务水平分析方法,多方式交通设施(公共汽车线路、自行车道、行人交通设施)的通行能力与服务水平分析方法。

#### 5. 道路交通系统规划理论与方法

包括城市交通需求、区域综合运输需求、公路交通需求的预测方法,网络交通流的动态、静态交通分配模型,城市道路网络、地面公交网络、轨道交通网络、公路交通网络的规划方法,道路交通规划的评价技术。

#### 6. 道路交通系统设计方法

包括交通设计的技术流程与知识体系,平面交叉口、立体交叉口、路段、公共交通、慢行交通、公共停车场等的交通功能及空间参数设计方法。

#### 7. 道路交通系统管理控制方法

包括道路交通法规制定、交通系统管理(TSM)策略、交通需求管理(TDM)策略、交通运行组织管理、交叉口交通控制、干线交通控制、区域交通控制、交通管理策略的仿真模拟及定量化评价技术等。

#### 8. 交通安全技术

包括交通事故发生机理、事故预防、交通安全设施的技术开发与研究。

#### 9. 交通系统的可持续发展规划

包括交通合理结构规划,交通环境污染(大气污染、声污染、振动等)的预测、评价及预防,交通能耗预测与评价,交通系统中的其他资源消耗预测与评价,交通系统的可持续发展保障体系等。

#### 10. 交通工程的新理论、新方法、新技术

交通工程是一门新学科,它随着科学技术的发展而发展。目前,交通工程的新理论、新

方法、新技术主要集中在智能交通系统(ITS)方面,包括现代通信技术、计算机技术、信息技术、管理技术、控制技术在交通规划、建设与管理中的应用,如道路交通状况智能检测、交通信号智能控制、车辆卫星导航技术、高速公路自动收费技术、自动高速公路等内容。

从上述交通工程学科的研究内容可以看出,交通工程学的内容非常丰富,其研究涉及许多相关理论,如社会学、法学、经济学、心理学、管理学、预测学、运输工程、道路工程、系统工程、信息工程、控制工程、环境工程、能源工程、土木工程、计算机技术等。

## 二、交通工程学科的特点

交通工程学科是一门正在发展中的综合性学科,它从交通运输的角度把人、车、路、环境、资源作为一个有机的统一体进行研究,兼有社会科学与自然科学双重特点。

### 1. 系统性

交通系统是一个复杂的、开放的大系统,它是社会经济系统的一个有机组织部分,交通系统的运转受到社会经济系统中其他子系统的影响与制约,如城市形态、人口分布、土地开发直接影响城市交通系统的交通需求总量及其空间分布,区域城镇布局及城镇经济发展直接影响区域公路网系统的交通需求总量与空间分布等。而交通系统本身又是许多相互影响、相互制约的子系统所组成,如城市交通需求的发展受城市道路网络水平的制约,而城市道路网络的规划又以城市交通需求的发展为依据。

由于交通系统是一个复杂的大系统,因此,交通工程学最重要的方法论基础就是系统工程原理,以系统工程原理来认识和解决交通问题是交通工程学科发展最显著的特点。

### 2. 综合性

交通工程学科的研究往往从五个方面展开:①工程(Engineering)。研究能满足交通需求的交通基础设施,包括这些交通基础设施的规划与设计;②法规(Enforcement)。由于交通系统的复杂性及综合性,完善的交通法规是保障交通系统正常运转的必要条件;③教育(Education)。由于所有公民都是交通系统的直接或间接参与者,对广大公民(特别是少年儿童)进行现代交通意识教育是非常必要的;④能源(Energy)。交通工具是能源消耗大户,低能耗交通工具开发、降低交通工具在运行过程中的能耗一直是发达国家的研究热点;⑤环境(Environment)。在发达国家,50%以上的噪声污染、废气污染是由汽车交通造成的,因此,交通组织、交通结构优化及道路环境保护设计是保障交通系统可持续发展的重要措施;⑥经济(Economy)。交通基础设施建设需要花费大量的建设资金,如,一条城市主干道的建设需要几个亿甚至十几个亿的建设资金,一条地铁线路的建设需要消耗上百亿巨资,但交通基础设施的完善可以促进城市经济的快速发展,产生巨大经济效益。近十年来交通经济已经成为交通工程学的核心内容。由于工程、教育、法规、能源、环境、经济的英文单词开头都是“E”,因此,人们通常称交通工程学科为“六E”学科。

### 3. 交叉性

如前面所述,交通工程学是从道路工程学派生的一门综合性学科,它与其他相关学科有着非常密切的联系。特别是随着科学技术的发展,交通工程学科与其他学科的交叉性更加明显,一个最有说服力的例子是智能交通系统(ITS),它是交通工程学科、电子工程学科、信息工程学科、自动控制学科、计算机学科、汽车工程学科在交通运行管理中的多学科交叉。

#### 4. 社会性

交通系统是社会经济系统中的一个子系统,它涉及社会的各个方面,交通工程学科中最重要的交通规划、交通管理、交通法规三个研究方向都直接影响到全社会的公民及企事业单位,同样,交通系统的建设管理水平直接影响到城市、区域的经济发展和人民生活水平的提高。

#### 5. 超前性

交通系统是为社会经济发展、人民生活水平的提高服务的,是区域及城市发展的载体、社会经济活动的支撑体系。社会经济要发展,交通必须先行。社会上流传的“要想富,先修路”、“快路快富、大路大富、小路小富”的说法不是没有道理的。加上交通基础设施的建设周期与使用年限很长,一条地铁往往要服务上百年,一条高速公路也要服务 50 年左右,大型桥梁都是以百年为设计寿命,因此,在进行交通系统规划建设时,必须考虑以后几十年、甚至上百年的交通需求及社会经济状况。

#### 6. 动态性

交通工程的动态特性表现在两个方面。一是交通状况的实时动态特点。交通流是典型的随机流,它在道路网上的时空分布是随机变化的,反映出的交通流规律是统计规律,对交通系统规律描述(特别是用于交通管理与控制)必须采用动态的方法。二是交通系统规划建设的动态特点。由于交通系统的规划建设必须是超前的,但随着社会经济发展状况的变化,原来预测的与实际发生的可能会有差异。因此,交通系统的规划建设必须采用动态滚动的手段,根据变化的情况,不断进行动态调整。

## § 1-3 交通工程学科的产生与发展

### 一、交通工具的变革与交通工程的发展

“衣、食、住、行”是人们基本生活条件的四要素,“行”就是指交通。自从出现了人类,就出现了交通。交通的发展依赖于交通工具的变革,交通工具的变革又依赖于科学技术的发展。以交通工具发生根本性变革来划分交通发展时代,一般可分为步行交通、马车交通、汽车交通、智能交通四个时代。

#### 1. 步行交通时代

从远古时代到车轮发明前的漫长时期,人们唯一的交通方式是步行,人们从事一切活动(包括运输)都靠步行来解决,尽管后来人们开始驯化野兽(或动物)来驮运货物,但仍属步行范畴。

#### 2. 马车交通时代

车轮的发明使交通方式发生了根本性的变化,使人类交通进入车辆时代。车轮的发明对人类文明发展起了相当大的促进作用。

以马车为主的畜力车辆的发展,使交通工程作为一种“工程”开始出现,能适应于马车、牛车通行的地方性道路开始修建,如我国春秋战国时期在秦岭地区修建的“金牛道”、秦始皇统一中国后修建的全国性“驰道”与“驿道”、汉代开辟的经西域通往西方的“丝绸之路”。能适应于马车通行的城市道路网也开始规划,如我国周代就已有明确的道路系统及城市道路网规划,《周礼·考工记》记有“匠人营国,方九里,旁三门,国中九经九纬……经涂九轨,环

涂七轨,野涂五轨”,这种“九经九纬”的道路网模式(方格网模式)及道路等级配置几乎一直沿用到近代。

### 3. 汽车交通时代

19世纪末,产业革命之后出现了蒸汽机和电动车,为交通工具的改革和发展奠定了基础。于是,以动力机械驱动的各种机动车辆相继出现,以机器为动力的汽车逐步替代了以马、牛为动力的马车、牛车,成为交通发展的一个里程碑。

1885年,德国人道格力普·达姆勒制造了第一辆实验性的燃油四轮汽车,同年卡尔·奔驰也制造了一辆燃油三轮汽车,1888年,在市场上首次出售奔驰汽车。从此,世界上出现了近代汽车,并逐步替代了马车。1900年全世界汽车保有量只有约1000辆,20年后(1920年)就发展到约300万辆,目前全球汽车拥有量超过13亿辆。进入新世纪后,欧美国家汽车拥有量增长缓慢,而中国、印度等新兴国家却是快速增加。截至2017年底,全国机动车保有量达3亿辆(包括摩托车、拖拉机等农用车及机动三轮车等),其中汽车拥有量突破2亿辆。

交通工具的革命性变化,促进了交通工程学科的迅猛发展。为了适应汽车交通,各国都相继开展了交通基础设施规划与建设工作。如美国在20世纪60~70年代,对大中城市进行了一轮城市交通基础设施的建设规划。在20世纪50~70年代,在全美范围内实施州际高速公路发展战略。这一时期,美国修建了约6万km的高等级公路(大部分达到了高速公路标准),使美国的高速公路里程在相当长的时期一直保持在世界第一水平。

中国的第一条高速公路“中山高速公路”建于台湾,北起基隆、南到高雄,1978年建成通车,全长373km。但中国大陆在1989年才实现高速公路“零的突破”,2001年建成高速公路2万km(总量排世界第二),2010年底建成高速公路超过7.4万km(我们用20年时间完成了美国半个世纪的建设量),2017年底中国高速公路总量已经突破13万km,远远超过美国,为世界第一。

### 4. 智能交通时代

智能交通是交通发展的最高阶段,目前发达国家交通工程的发展开始进入此阶段,它是各国交通工程发展的目标,各国都投入了巨大的财力、人力进行智能交通系统的研究。

汽车化时期给交通发展带来的后果是在全世界范围内出现了13多亿辆汽车,为了满足这些汽车的运行,各国都花费了巨大的资金及土地资源修建城市道路或高速公路。但汽车化时期并未由此结束,全世界的汽车保有量还在继续上升,交通需求量仍在快速增长,发达国家已经无法提供土地来修建道路以满足无限膨胀的交通需求,因此把目标寄托于通过当今世界上最新科学技术的应用,实现智能化的交通运输环境,以此减少交通需求量,提高交通运输系统的运输效率,解决交通问题。

## 二、交通工程学科的产生与发展

尽管交通工程在古代就已经存在,但作为一门独立学科的交通工程学,是以1930年美国交通工程师学会成立作为交通工程学科诞生的标志。

交通工程学是为交通工程实践提供理论指导的一门学科,交通工程学科发展的各个阶段,其研究内容各有侧重,并取决于当时交通工程的实际情况,而各国交通工程的发展受本国社会经济条件的制约。因此,各国交通工程学科的发展历程不尽相同,但对于大多数发达国家来说,交通工程学科的发展经历了以下几个阶段。

### 1. 基础理论形成阶段(20世纪30年代初~40年代末)

在这一阶段,由于交通工程学科刚刚诞生,学科发展重点是建立交通工程学的基本理论体系,研究的重点是对交通现象的调查及探索交通现象的一般规律。

### 2. 交通规划理论形成阶段(20世纪50年代初~70年代初)

为了适应汽车化带来的大量交通需求,在这一时期,发达国家开展了大规模的交通基础设施建设,包括城市交通基础设施建设及区域高等级公路网络建设,交通工程学科义不容辞地为当时这场大规模的基础设施建设热潮提供理论支持。该阶段的学科研究重点是城市交通规划理论与实用技术、区域公路网规划理论与实用技术。在这一时期形成的“四阶段”交通规划模式至今仍为各国所沿用。

### 3. 交通管理技术形成阶段(20世纪70年代初~90年代初)

汽车化的后果带来了交通需求的无限膨胀,20世纪50~70年代建成的交通设施并不能完全满足进一步增加的交通需求,从80年代开始,发达国家将解决交通问题的措施从大规模交通基础设施建设转移到了现代化交通管理,以期望提高交通系统的运输效率。这一时期交通工程学科的研究重点是交通管理与控制技术的开发,如当时提出的交通需求管理(TDM)概念、交通区域控制系统(TRANSYT、SCOOT、SCATS)等目前仍在全世界范围内广泛采用。

### 4. 智能交通系统研究阶段(20世纪90年代中期开始)

尽管发达国家在20世纪50~70年代进行了大规模的交通基础设施建设,在20世纪80~90年代进行了科学的交通管理,使当时的交通发展能与社会发展基本适应。但交通需求的持续增长迫使发达国家开始寻找更为科学的解决交通问题的途径,智能交通系统于20世纪90年代应运而生。

智能交通系统(ITS: Intelligent Traffic System)是交通管理的最高形式,其目标是建设智能化运输环境。智能交通系统是交通工程、信息工程、通信工程、计算机技术、电子工程等学科在交通领域的交叉与综合应用,当然,交通工程学科的研究起到主导作用。

智能交通系统经过了近30年的不断探索,目前已经处于技术开发阶段,部分成果已经开始在解决城市交通问题及区域运输问题中发挥作用。

## § 1-4 我国的交通工程现状及发展趋势

### 一、我国的交通现状

#### 1. 综合运输

1949年以来,我国交通运输事业有了很大发展,形成了铁路、公路、水运、空运和管道五大运输方式组成的初具规模的运输框架。特别是改革开放以来,国家在交通运输基础设施建设方面投入了巨大资金,五大运输方式的里程均有较大增长,以公路及民航增长最快。图1-1为我国五大运输方式的里程发展图,表1-1为2016年我国主要运输方式客货运输量对比,图1-2、图1-3为2016年主要运输方式客运量、货运量构成图。

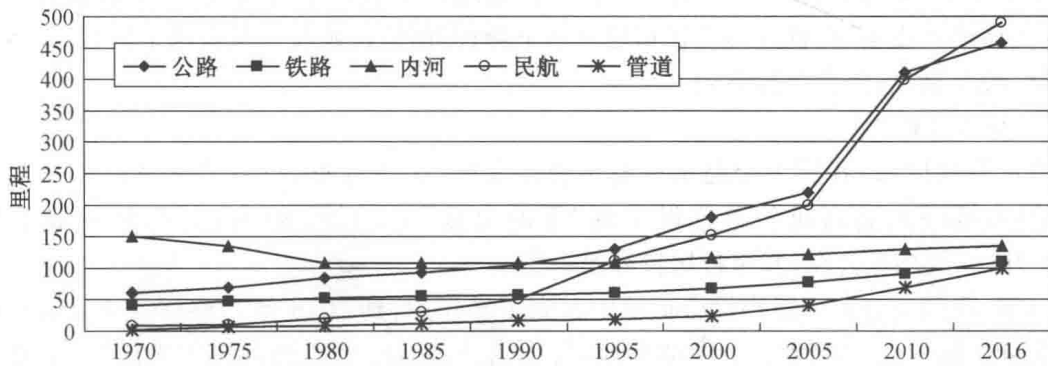


图 1-1 五大运输方式里程发展图  
(里程单位: 公路、民航线路为万公里, 其他为千公里)

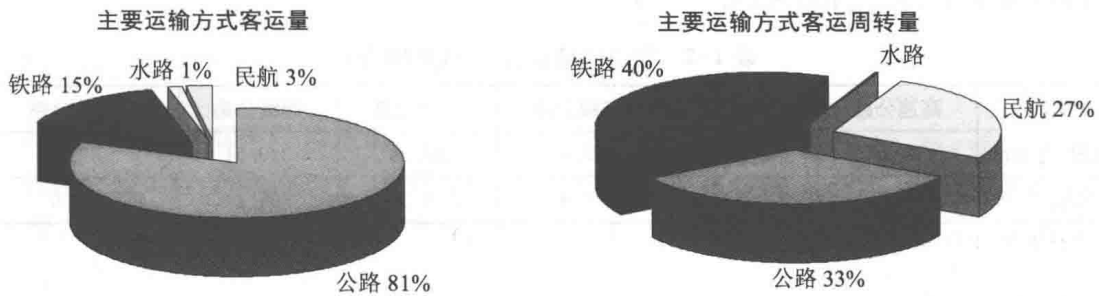


图 1-2 2016 年主要运输方式客运量构成

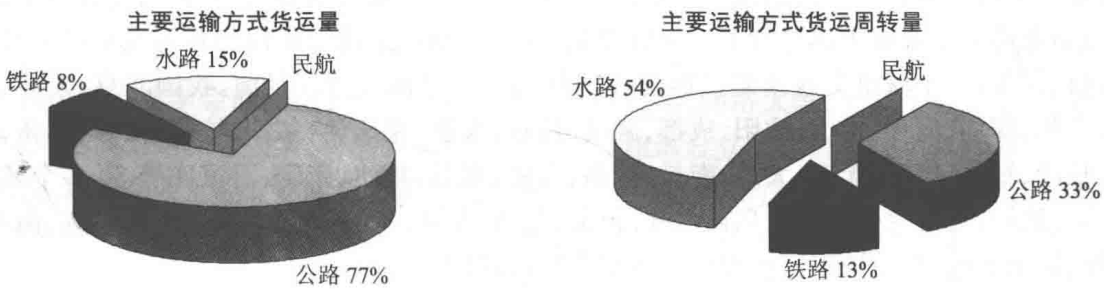


图 1-3 2016 年主要运输方式货运量构成

表 1-1 我国主要运输方式客货运输量对比 (2016 年)

交通方式	公路	铁路	水路	民航
客运量/亿人	154.28	28.14	2.72	4.88
客运周转量/(亿人·km)	10 228.71	12 579.29	72.33	8 359.54
货运量/亿 t	334.13	33.32	63.82	0.07
货运周转量/(亿 t·km)	61 080.10	23 792.26	97 338.80	221.13

资料来源: 中华人民共和国交通运输部网站

尽管我国的交通运输事业有了长足发展,但仍存在着不少问题,主要表现在:①运输能力仍严重不足,不能适应国民经济发展的需要;②不同运输方式各自为政,缺乏协调,综合运

输效率低下；③运输网络布局不合理，西南、西北地区运输网络密度太低；④运输结构不合理，水运运输严重萎缩，铁路运输比重也有所下降；⑤运输设施技术装备水平较低；⑥运输管理体制、规章制度、经营手段落后。

## 2. 公路交通

改革开放以来，我国的公路事业有了长足发展，2016年底，已有公路里程470万km。自1989年我国大陆高速公路建设实现“零的突破”后，不到30年时间，就建成了超过13.10万km的高速公路，其里程居世界第一位。

目前，我国的公路运输在综合运输中起到主导作用，到2016年，公路客、货运输量已占综合客货运输量的80%左右。即使如此，我国的公路运输系统仍存在不少问题，主要表现在：①低等级公路所占比重太大。表1-2列出了我国2016年的公路等级构成，从表1-2中可见，我国低等级公路仍占了绝大部分，尽管这几年对低等级公路进行了改造，但四级及等外公路仍占78%以上。②对已建高速公路的交通管理技术跟不上，高速公路的运输效率有待提高，高等级公路的事故率高。

表 1-2 我国公路等级结构(2016年)

等级	高速公路	一级公路	二级公路	三级公路	四级公路	等外公路
里程/万 km	13.16	9.87	37.13	42.30	320.54	47.00
比重/%	2.8	2.1	7.9	9.0	68.2	10.0

资料来源：中华人民共和国交通运输部网站

## 3. 城市交通

我国目前已有660多个建制市，3000多个城镇，城市化人口已达57%，人口向城市集聚，导致了城市交通的空前紧张。为了适应城市社会经济发展的需要，我国的各大城市、特大城市及部分中等城市都进行了一轮城市交通规划，制定了城市建设的长远发展目标及近期建设任务，一个城市交通基础设施建设的热潮正在全国展开。目前，我国北京、天津、上海、广州、深圳、南京、佛山、沈阳、成都、武汉、长春、大连、重庆、哈尔滨、杭州、西安、苏州、宁波、长沙、郑州、昆明、无锡、大连、南昌、青岛、合肥、东莞、福州、南宁、石家庄等30多个城市已建有地铁，另有兰州、贵阳、乌鲁木齐、包头、芜湖、太原、厦门、呼和浩特、常州、绍兴、南通、徐州、济南等近20个城市正在积极筹备建设地铁或轻轨。

改革开放以来，城市交通建设得到了很大发展，大部分城市1978年以来修建的道路面积已经远远超过了该城市建城以来至1978年修建的道路面积总和，大规模的交通设施建设在某种程度上缓解了城市交通紧张局面。但我国的城市交通问题仍很严重，主要表现在：①城市交通结构很不合理。在城市居民出行中，道路利用效率最高的公交出行比例没有明显的提高，自行车、电动自行车出行仍然是城市居民出行的主体。进入21世纪以来，由于城市规模的扩大及住房分配制度的改革，居民出行距离不断增长，自行车的出行优势正在逐渐削弱，自行车出行正在逐步向机动化出行转变，但目前的机动化趋势不符合城市交通可持续发展要求，自行车出行正在向私人小汽车与电动自行车转移。图1-4为南方某大城市居民出行比例(平均值)的变化图。②总体来说，我国城市道路建设欠账过多，建设速度仍跟不上交通需求增长速度。③许多城市政府部门只重道路建设，不抓交通管理，导致城市交通系统运行效率较低。④市民的现代交通意识淡薄，交通违纪现象严重，造成交通秩序混乱，影响