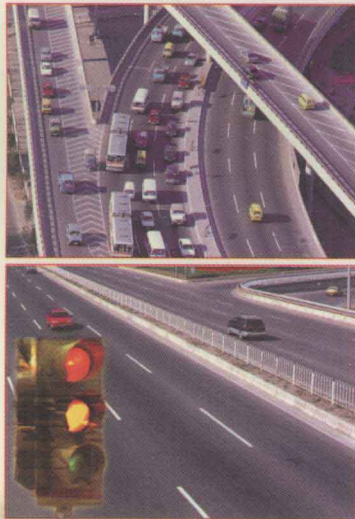




普通高等教育“十五”国家级规划教材

交通工程学

任福田 刘小明 荣建等 编著



人民交通出版社

China Communications Press

普通高等教育“十五”国家级规划教材

Jiaotong Gongchengxue

交通工程学

任福田 刘小明 荣建等 编著

人民交通出版社

内 容 提 要

本书为普通高等教育“十五”国家级规划教材,全书系统阐述了交通工程学的理论与实践。全书共十六章,包括绪论、人和车辆的交通特性、交通量、车速调查、交通密度、延误、交通流量、速度和密度之间的关系、交通流理论、道路通行能力、交通规划、交通管理、停车场、交通安全、城市交通、道路交通环境的保护和智能交通系统。

本书的内容不仅涵盖了交通工程学的课程讲授内容,还为读者提供了比较丰富的阅读资料。作为教材使用时,教师可根据学时的多少,选择重点进行讲授。

本书作为交通工程专业教材,亦可作为汽车运输专业、土木工程专业、城市规划专业的教学参考书,并供城市交通规划、道路规划、设计,交通运输、公共交通和交通管理部门的技术人员和管理人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

交通工程学/任福田,刘小明,荣建等编著. —北京:
人民交通出版社,2003.6

ISBN 7-114-04684-7

I.交... II.①任...②刘...③荣... III.交通工
程学 IV.U491

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 038861 号

普通高等教育“十五”国家级规划教材

交通工程学

任福田 刘小明 荣建等 编著

正文设计:彭小秋 责任校对:宿秀英 责任印制:杨柏力

人民交通出版社出版发行

(100011 北京市朝阳区安定门外外馆斜街3号)

各地新华书店经销

北京凯通印刷厂印刷

开本:787×1092 1/16 印张:24 字数:588千

2003年7月 第1版

2007年4月 第4次印刷

印数:10001~12000册 定价:42.00元

ISBN 7-114-04684-7

序

1979年,北京工业大学创办了交通工程专业,至今已有23年。这20多年,我国国民经济快速发展,城市化水平连年提高,社会进步对交通的需求与日俱增,交通问题随之而生。一些城市车辆增多,车流量增大,车速下降,交通拥挤,交通事故严重,环境恶化,人们出行难、乘车难,交通已成为经济腾飞的制约因素。如何运用交通工程学的原理与技术,探索改变交通恶化之方法,谋求交通持续发展之良策;如何培养更多高质量的交通工程专业人才,乃为业内同仁的历史责任。

北京工业大学是全国交通工程专业教学指导委员会的主任单位。2001年在我校召开会议时,获知50多所大学设有交通工程专业,在校生约5 000~10 000人。与会同仁认为,组织人力编写新一轮教材,是教学基本建设工作,具有深远意义。于是,老朽不揣冒昧,诚邀大家撰写这本《交通工程学》。

1987年,拙编《交通工程学导论》(以下简称《导论》)问世,承蒙读者垂青,社会贤达厚爱,评说《导论》构建了交通工程学的学科体系。《交通工程学》遵循《导论》标定的学科体系,按照认识规律,融会了教学经验,吸收了最新研究成果,精选了适量的例题。

本书编写人员包括:任福田、刘小明、荣建(1、9章),石建军(11章),陈艳艳(4、15章),郑柯(2章),胡江碧(7章),曹阳(14章),贺玉龙(13章),张智勇(3、8章),邵长桥(6、8章),唐辉(16章),何氏(10章),彭利人(5、12章)。

交通工程学是一门交叉学科,笔者疏于学习,书中会有缺欠和错误,恳请读者指正。在写书过程中,参考了大量文献,在此向文献的作者致谢。

任福田

2002年夏于北京工业大学

目 录

第一章 绪论	1
第一节 交通工程学的定义	1
第二节 交通工程学的内容	1
第三节 交通工程学发展概况	4
第四节 我国交通工程学的发展	7
思考题	15
第二章 人和车辆的交通特性	16
第一节 驾驶员的交通特性	16
第二节 行人的交通特性	31
第三节 乘客的交通特性	33
第四节 车辆的交通特性	34
思考题	42
第三章 交通量	43
第一节 交通量的分布特性	43
第二节 统计交通量的方法	51
第三节 交通量调查	55
第四节 交通量资料的应用	60
思考题	61
第四章 车速调查	62
第一节 车速	62
第二节 影响车速变化的因素	64
第三节 地点车速调查	66
第四节 行驶车速及区间车速的调查	72
第五节 车速资料整理	75
思考题	78
第五章 交通密度	79
第一节 交通密度	79
第二节 交通密度调查	80
第三节 车流密度资料的应用	85
思考题	85
第六章 延误	86
第一节 延误	86
第二节 路段行车延误调查	87
第三节 交叉口延误调查方法	91

第四节	延误调查资料的应用	98
思考题		99
第七章	交通流量、速度和密度之间的关系	100
第一节	三参数之间的关系	100
第二节	速度—密度的关系	101
第三节	交通流量—密度的关系	103
第四节	速度—交通流量的关系	104
思考题		106
第八章	交通流理论	107
第一节	交通流的概率统计分布	107
第二节	跟驰理论	118
第三节	排队论	124
第四节	流体力学模拟理论	129
思考题		133
第九章	道路通行能力	135
第一节	概述	135
第二节	高速公路通行能力	141
第三节	双车道公路路段通行能力	166
第四节	多车道路段通行能力	169
第五节	道路平面交叉口的通行能力	175
第六节	公共交通的通行能力	191
第七节	自行车道的通行能力	195
第八节	人行道的通行能力	200
思考题		206
第十章	交通规划	207
第一节	交通规划的内容与程序	207
第二节	交通规划调查	208
第三节	交通需求分析及发展预测	217
第四节	道路系统规划	230
第五节	交通规划评价	232
思考题		235
第十一章	交通管理	236
第一节	交通管理的目的和内容	236
第二节	交通法规	237
第三节	交通标志与标线	238
第四节	道路交通信号控制	242
第五节	交通需求管理	250
第六节	交通系统管理	253
思考题		254
第十二章	停车场	255

第一节	城市停车问题	255
第二节	停车场的分类	255
第三节	停车调查	257
第四节	停车需求预测与停车场规划	259
第五节	停车场的设计	266
第六节	自行车停车场设计	273
思考题		275
第十三章	交通安全	277
第一节	道路交通事故	277
第二节	交通事故调查	282
第三节	道路交通事故的原因分析	284
第四节	道路交通安全评价	299
第五节	提高道路交通安全的对策	303
第六节	道路事故经济损失	305
思考题		311
第十四章	城市交通	312
第一节	城市交通系统	312
第二节	行人交通	317
第三节	自行车交通	322
第四节	小汽车交通	325
第五节	公共汽车交通	328
第六节	轨道交通	334
思考题		336
第十五章	道路交通环境的保护	338
第一节	概述	338
第二节	大气污染	339
第三节	汽车污染物的危害与防治	341
第四节	噪声污染	347
第五节	城市交通噪声及其控制	350
第六节	振动危害及防治	355
思考题		357
第十六章	智能交通系统	358
第一节	智通交通系统简介	358
第二节	智能交通系统体系结构	359
第三节	智能交通系统中应用的关键技术	363
第四节	ITS 实用系统	364
思考题		368

第一章 绪 论

第一节 交通工程学的定义

交通工程学是一门发展中的交叉学科,它与运输工程学、道路工程学、汽车工程学、电子工程学、系统工程学、工效学(Ergonomics)、心理学和经济学等学科密切相关,其内容包含有自然科学和社会科学的成分,且仍在不断地丰富。

在交通工程学的发展过程中,各国学者先后提出过一些不同的定义。

作为世界上成立最早的交通工程师协会——美国交通工程师协会,早期给交通工程学下的定义是:交通工程学是工程学的一个分支,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。1983年,在交通工程师协会的会员指南中又重新定义为:交通工程学是运输工程学的一个分支,它涉及到规划、几何设计、交通管理和道路网、终点站、毗邻用地,以及与其他交通方式的关系。

澳大利亚著名的交通工程学教授布伦给交通工程学下的定义是:交通工程学是关于交通和出行的量测科学,是研究交通流和交通发生的基本规律的科学。为了使人和物安全而有效地移动,把这些科学知识应用于交通系统的规划、设计和运营。

英国学者这样定义交通工程学:道路工程学中研究交通运营与控制、交通规划、线形设计的那一部分叫交通工程学。

前苏联学者给交通工程学下的定义是:交通工程学是交通过程的规律和交通对道路结构、人工构造物影响的科学。

根据交通工程学涉及的内容,有人将交通工程学称之为包括执法(Enforcement)、教育(Education)、工程(Engineering)和环境(Environment)的“4E”科学。

由于交通工程学的研究对象包括人(驾驶员、行人、乘客)、车(机动车与非机动车)和路(公路与城市道路),所以也有人说交通工程学是研究人、车、路的科学。

从上面的叙述我们可以看出,后面两种定义是一种通俗形象的说法,不是科学的定义。美国的定义是从学科研究内容和目的着手,英国的定义强调了学科内容,澳大利亚和前苏联的定义则试图从学科的内涵去解释。

北京工业大学任福田教授从学科门类、研究目的、内容和对象四个方面对交通工程学进行了全面定义,他认为交通工程学是研究交通规律及其应用的一门技术科学。它的目的是探讨如何使交通运输安全、迅速、舒适、经济;它的研究内容主要是交通规划、交通设施、交通运营管理;它的研究对象是驾驶员、行人、车辆、道路和交通环境。

第二节 交通工程学的内容

交通工程学的内容主要包括下面几个部分。

一、交通特性

为了研究某一地区的交通,首先应掌握该地区的交通特性及其发展趋势。这部分内容包括人(驾驶员和行人)、车、路以及交通流的特性。

1. 驾驶员和行人的交通特性

驾驶员和行人是道路、车辆的使用者,应当从交通心理学的角度来研究驾驶员的视觉特性、反应特性、酒精对驾驶的危害性、驾驶员的驾驶适性,以及疲劳、情绪、意志、注意力等对行车的影响。另外,由于新技术的应用,目前十分重视交通环境中新的设施、设备对人们交通行为的影响。

2. 车辆的交通特性

(1)车辆拥有量:车辆拥有量是一个城市或一个地区交通状况的具体体现。研究车辆历年来的增长率、按人口平均的车辆数、车辆增长与道路增多的关系、车辆组成以及车辆拥有量的发展趋势,可为交通规划提供依据。

(2)车辆运行特性:研究车辆的尺寸大小与质量,研究车辆的操纵特性、通行性能、加速性能、制动性能、安全可靠性能、经济特性与交通效率。

3. 道路的交通特性

道路是交通的基本组成部分之一。交通工程学要研究道路规划指标如何适应交通的发展,研究道路线形标准如何满足行车要求,研究线形设计如何保证交通安全,研究道路与环境如何协调。这部分内容,在《公路勘测设计》等书中均有阐述,本书未予论述。

4. 交通流的特性

交通流的运行有其规律性,因此要对交通流的三个重要参数——交通量、车速、车流密度的变化规律及其相互关系进行研究。同时要研究车头时距分布和延误的变化规律。只有对交通流进行定量分析,掌握了各种特征参数的具体数据,才便于针对具体情况进行科学的交通规划、线形设计和交通管理。

二、交通调查

交通调查包括交通量调查、车速调查、车流密度调查、延误调查、交通起讫点调查等内容,这些是交通工程学的基本调查项目,是开展交通分析的基础。为满足什么要求而调查、如何进行调查(包括如何选取调查时间和调查地点,采用何种调查方法,如何制定调查方案)、如何取样、如何进行数据分析,都是交通工程学要研究的问题。

三、交通流理论

交通流理论是研究各种不同状态的交通流特性,研究如何利用各种交通流特征参数来表达其相互关系,寻求最恰当的模型描述各种交通状态,推导表达公式,为制定交通治理方案、增建交通设施、评定交通事故提供依据。到目前为止,人们已用概率论方法、流体力学理论、跟驰理论、排队论等对交通流进行研究。

四、交通规划

交通规划是根据城市性质、用地功能分区与布局、工作与居民地点的分布,研究规划年限(包括近期和远期)内的城市客运量与货运量,以及车辆出行的次数与流向的变化规律,计算交

通出行在各用地分区之间如何分配;根据国民经济的发展水平和城市规划用地布局,分析城市交通特点,研究和选择高效的交通方式;配合城市道路系统规划的初步方案,研究城市客运和货运的交通流量和流向分布图,从而为修正或规划道路系统提供依据。

交通规划依其规划的范围内容不同,可分为综合交通规划、道路交通规划、场站交通规划等。从时间跨度来说,可分为战略交通规划、中长期交通规划和近期交通规划。

五、交通管理

交通管理包括的内容比较多,如交通管理的原则、措施、设施、法规等;又如根据交通条件和道路情况,如何进行交通组织优化,使交通流迅速通过,减少交通延误;再如根据车流特性,如何采取交通管理措施,保证交通安全等等。利用交通信号进行控制是目前最常见的一种交通控制方式,它可以从时间上将不同流向的车流进行分离。如何高效地利用道路的时空资源,如信号配时优化、交通渠化、车道功能划分、绿波控制、面控制等都是交通管理研究的内容。值得强调的是,我国大多数城市中机动车与非机动车混行的现象相当普遍,这与国外的交通状况存在显著差别。从我国经济发展的状况看,这种现象还将在相当长的一段时间里长期存在。我们必须从我国的实际情况出发,研究适合中国交通特点的交通管理方法。

六、停车

随着车辆的增加,一些大城市已经出现停车难的局面,停车成为城市交通的棘手问题,亟待解决。于是人们不得不根据车辆和出行的分布规律,研究如何选取停车场的位置,并规划停车场的合理规模。如何合理布置停车场的车位,使停车场得到最大限度地利用;如何制定与交通需求管理相适应的停车政策,才能以停车为手段促进人们出行行为的理性发展。在一些大城市,用地紧张,因此还必须考虑如何高效地利用有限的空间,比如研究向空中、地下和水下发展的停车场,修建停车楼以及地下、水下车库。

七、交通事故与安全

在全世界范围内,交通事故是一个严重的问题。据世界卫生组织统计,在一些工业发达国家中,全国的总死亡人数之中有 4% 死于车祸,而在 15 ~ 24 岁的男青年死亡人数中有 50% 死于道路交通事故。美国从 1776 ~ 1976 年的 200 年间,因战争死亡人数约为 115.6 万人,而 1900 ~ 1976 年的 76 年内,公路车祸死亡竟有 210 万人。我国的交通事故也已成为社会性的大问题。因此,研究和掌握发生交通事故的规律,研究交通事故与人、车、路之间的相互关系以及减少交通事故的措施,对保证交通安全极为重要。交通安全问题是世界各国普遍重视的一个问题。交通安全研究的是交通事故的定义、分类、表达方式、变化规律、影响因素、交通事故生成机理以及安全保障措施等。

八、城市交通

城市应该为人们从事工作、生活和休息提供良好的条件。一个城市若要达到这一要求,交通是很重要的条件。因此,研究各种交通方式(包括行人、自行车、小汽车、公共汽车和轨道交通)的特点、适用条件,以及各种交通方式如何衔接,如何为居民交通提供最大方便,保证城市交通的可持续发展。

九、交通环境保护

交通产生的振动、噪声和机动车尾气对大气的污染,已构成社会公害,危及人身健康,影响工作效率。据研究,95~100dB的音量,就影响人的听力,100dB以上可使人耳聋。大气污染可使人患肺气肿、支气管炎、心脏病的几率大幅度提升等。因此,我们要制定环境保护标准,研究减少噪声、减少排放废气和振动的实用措施,保证交通的可持续发展。

第三节 交通工程学发展概况

人和物在道路上的移动构成道路交通。道路交通是人类使用最早,至今与人们生活最密切相关的一种交通方式。最初,修路只是供人、畜及人力、畜力车辆通行,工程师的任务也只是修好路。但是,随着汽车运输的发展,车辆行驶速度提高,车流量增大,导致交通秩序混乱、交通阻塞、交通事故频繁等。因此,迫使从事道路交通工程方面的技术人员不得不专门研究交通中出现的新问题,于是产生了交通工程学。

交通工程学是伴随着汽车工业和道路交通事业的发展而发展起来的。

1885年,格道力普·达姆勒制造了一辆实验性的燃汽油的四轮汽车。同年德国卡尔·奔茨也制造了一辆燃汽油的三轮汽车,1888年,在市场上首次出售奔茨汽车。从此,世界上出现了近代汽车。

美国是世界上拥有汽车最多的国家,也是交通工程最发达的国家。1903年,美国开始大量生产汽车,至1920年已有800多万辆汽车。为了管理车辆、驾驶员和维护交通秩序,便分工有专人从事这方面的工作,随后于1921年命名了交通工程师。至1930年,平均每1000名居民拥有180辆汽车,小汽车已成为美国人生活中不可缺少的交通工具。此时,美国已有400万km公路,大城市里和大城市之间的汽车交通已相当繁忙。为了便于技术交流,讨论共同关心的交通问题,一些专门从事交通工程工作的技术人员聚集在一起,成立了世界上第一个交通工程师协会。后来,人们认为该协会的成立是交通工程学诞生的标志。

交通工程学创立的初期,主要工作是交通管理,诸如给驾驶员颁发执照,设立交通标志,安装手动信号灯,进行路面画线等。

20世纪40年代,交通工程师们开始意识到,只靠交通管理,无法根治交通问题,应该加强道路交通建设的前期工作。修建道路如果不以交通量大小为依据则带有很大的盲目性。今年修一条双车道道路,由于交通的发展,明年就可能满足不了交通需求。在需要修四车道道路的地方,修双车道道路,道路建成后,必然发生交通阻塞。于是交通工程的内容增添了交通调查和交通规划。在修路之前,首先进行交通调查,预测远景交通量。根据车流的流量、流向,对道路布局、标准、几何线形提出要求,并考虑交通管理方案,配备必要的交通设施。最后,根据投资效益进行技术经济论证,将交通供给与交通需求联系起来,从而避免修路的盲目性。

进入20世纪50年代以后,高速公路和汽车工业得到迅猛发展,交通工程学也进一步得到丰富。为了尽快恢复第二次世界大战期间被破坏的工业体系,各工业发达国家都首先进行了公路建设,而大量新建和改建公路,为大量失业人员提供了就业岗位,并推动了相关行业的发展。1956年,美国颁布的联邦资助公路法案,提供250亿美元,全力支持建设州际、国防公路系统。明确规定修建该系统,联邦政府负担90%,州政府负担10%。州际、国防公路系统是一个高速公路系统,修建总里程为6.84万km,连接42个州的首府,全国5万人口以上的城市几乎

都在该网上。日本于1957年4月颁布了“高速公路干道法”，次年破土修建了第一条高速公路——名神高速公路。英国自1957年开始修建高速公路，平均每年建成110km。德国为发动侵略战争，早在20世纪30年代就开始修建高速公路，1933年修建柏林—汉堡高速公路，后因战争，一度停止修建高速公路。到1955年，前联邦德国又在全国范围内建设高速公路系统，平均每年建成150km。高速公路的扩建，更加刺激了汽车工业的发展，同时也刺激了钢铁、橡胶、有色金属、塑料、石油、电器、动力、玻璃等相关产业的迅速发展。各国汽车拥有量增加很快，至1960年，美国有7385.8万辆，英国有943.9万辆，法国有718.1万辆，前联邦德国有639.1万辆，日本有189.4万辆。在美国，陆路交通打破了以铁路为中心的局面，形成了“汽车化”运输的新局面。与此同时，各国学者研究了交通规划的理论与方法，并进行了交通规划的实践。在解决交通供需矛盾时，注意到公路交通与铁路、水运、航空和管道运输的衔接，综合考虑小汽车、公共汽车、轨道交通等各种交通方式的特点，充分发挥各种交通方式的功能，以使交通供给满足交通需求。在这个时期，道路通行能力问题、线形设计、立体交叉设计、停车问题都成了交通工程学的研究课题。

20世纪60年代，由于汽车数量的激增，出现交通拥挤，且交通事故频发，交通工程师们开始从规划、设计、运营等方面综合考虑交通治理的措施。当时，美、英、前联邦德国、法、日等国的每公里公路平均汽车数量逐渐趋于饱和。1969年，这些国家汽车拥有量按每公里公路拥有的车辆计算：英国39辆，前联邦德国33辆，美国18辆，日本15辆，法国9辆。因此，交通拥挤、阻塞现象严重。在纽约、巴黎、伦敦等城市的中心街道上，平均车速每小时只有10多公里。同时交通事故与日俱增，越来越严重地威胁着人身生命安全。美国20世纪60年代平均事故率为5.4人/万辆车。事故所造成的经济损失几乎与年度内各级公路的新建、改建、养护、管理等费用的总额相等。为了疏导交通，减少事故，提高行车速度，增加通行能力，1967年美国联邦公路总署提出了一个增加通行能力和提高交通安全的交通管理计划(Traffic Operations Program to Increase Capacity and Safety)。于是交通工程技术人员开始更为深入地研究车流特性，倡导“交通渠化”，用计算机控制交通，改进道路线形设计，注意使各元素之间保持协调，更多地考虑道路交通对所在地区的影响，如空气污染、噪声干扰、城市景观、环境协调等。在此期间，交通规划已形成了系统的理论和明确的规划方法。对地区或城市的交通规划而言，都是通过交通现状的调查，在分析综合运输现状的基础上，根据经济的发展和未来交通的需求，按照出行产生、交通分布、交通方式划分、交通分配的程序进行交通预测；从供需平衡的角度布设路网、枢纽、场站等交通设施。参加交通规划的人员，除交通工程专业的人员外，还包括园林、环境保护、土木、社会学等其他专业的人士。

到20世纪70年代，一方面，由于能源危机引起石油短缺，石油价格急剧上涨；另一方面，大量汽车排出的废气对空气严重污染，噪声、振动危及人们的健康，从而迫使这些工业发达国家对交通进行综合治理。1975年9月，美国的城市公共交通局和联邦公路总署提出交通系统管理(TSM, Transportation System Management)。该项管理是非设施性和低投资管理，旨在节约能源、改善交通环境、充分利用现有道路的空间、控制车辆出行和运营、协调各种交通方式、力求达到整体效率最高。在此期间，交通工程注意研究大众捷运系统，倡导步行，对公共交通实行优惠政策，推行合乘方式，减少不必要的人流和车流，加强交通对环境危害的防治工作，挖掘现有交通设施的潜力。

20世纪80年代，在工业发达国家，多数城市的发展已经定型，大规模进行交通规划的时代已经过去，交通工程研究的问题多集中于交通管理和交通安全方面。

在交通工程学的发展过程中,对如何解决交通拥挤、堵塞问题,各工业发达国家根据自己的国情,采用了各自不同的措施。美国、加拿大等国,因其疆域辽阔,采取增加道路车道数的办法,最多的增加到 20 多条车道,而不采用交通控制系统。然而,交通供给的增长总是不能适应交通发展的需求。因此,这些国家近年来也开始建立公路交通自动控制系统。以加拿大多伦多市为例,多伦多是世界上第一个建立城市自动控制系统的城市,而其城间高速公路上却一直采用增加车道的办法,没有建立交通自动控制系统。在其 401 国道中交通量最大的路段上(在多伦多市附近)已建有 16 个车道,1981 年平均日交通量已达 20 多万辆,堵塞严重,这才不得不在高速公路中建立自动控制系统。1991 年 1 月建成之后,尽管该路平均日交通量已增至 30 多万辆,但交通阻塞却得到了缓解。与美国、加拿大相反,日本则由于其国土狭窄,在路上增加车道有困难,因而一开始就采取建立交通自动控制系统的办法。其 8 个高速公路管理局所管辖的各条高速公路全部设有控制系统和控制中心。北海道的道央高速公路,在 1984 年刚刚建成时,交通量最大的一段仅有 8 000 辆,也建有齐备的控制系统。他们认为高速公路一旦建成,交通量即将迅猛增长,届时再行改造极不经济。欧洲各国所采用的措施则介于二者之间,既增加车道数,也加强交通自动控制系统的建设,但是,仍然难以满足交通量日益增长的需要。可见,交通自动控制系统对于提高通行能力的作用是有限的,同时也有其适用范围。除交通阻塞外,交通安全也是一个重要问题。世界各国在兴建高速公路后,交通事故率大为降低,但由于在高速公路上车辆高速行驶,交通量增长,恶性事故率有所上升。针对日益增长的交通拥挤和交通安全问题,交通工程专家一致认为:只有采用高新技术,改变解决交通问题的传统模式,才能既提高公路交通的安全度,又增加其通行能力,改变公路交通发展的尴尬境地。

进入 20 世纪 90 年代,世界各工业发达国家均集中人力、物力、财力,采用各种高、新技术,研究智能交通系统(Intelligent Transportation System,简称 ITS)。日本和欧洲在这方面起步较早,从 20 世纪 80 年代后期就开始进行研究。美国起步较晚,在 1991 年通过“多方式地面运输效率法案”(Intermodal Surface Transportation Efficiency Act of 1991,ISTEA,也称冰茶法案)后,才得到联邦政府的重视和支持。该法案明确规定了“智能车路系统”(Intelligent Vehicle Highway System,IVHS,ITS 前身)的研究工作。1997 年 8 月,美国在圣迭戈与洛杉矶之间的一条 12.8km 的公路上进行了自动化公路的试验。在试验路上埋设了 9.2 万块磁铁,磁铁直径 25.4mm,磁铁间隔 1.22m,将整条公路形成一个磁场。在路上行驶的汽车,前保险杠安装了强磁器件,确保车辆在车道上安全行驶。试验过程中,车辆在摄像机和雷达系统的引导下,每 8 辆车自动编成一个小队,以 104km/h 的速度行进。当遇到障碍或事故时,前导车及时将信号传递给跟驰车,使其及时调整车速或采取其他相应措施。该项试验历时较长,费用昂贵,其结果预示在现有的技术背景下,离自动化公路的应用还有相当的距离,经济、技术问题很多。此外,智能交通系统的其他方面,如车辆导航系统、停车诱导系统、车辆自动控制系统、交通自动控制系统、不停车收费系统等,都有不同程度的发展。

众所周知,城市的发展与交通的发展有密切的关系,二者相互影响。一方面,交通方式决定了城市规模。当交通方式为步行时,自城市中心向外的活动半径只有 1km 左右,相应的城市规模很小。当交通方式为骑马或骑自行车时,活动半径为 5km 左右,这时城市的规模就大多了。自以汽车作为交通工具以来,人们的活动半径扩大到十几公里、几十公里甚至上百公里,因此城市的范围已扩大到某一区域。另一方面,城市的发展也在促进交通的发展。1900 年,世界上只有 15% 的人生活在城市,超过 100 万人口的城市为 11 座,其中只有 3 个城市超过 200 万人口。到 20 世纪中叶,城市居民已超过了世界总人口的 30%,1960 年城市人口为世界总人

口的 33%, 1975 年是 40%。目前,全世界有 50% 以上的人口居住在城市,超过 100 万以上的城市有数百个,有些城市的人口超过 1 000 万。面对城市的发展,只有组织高效的公共交通,才能保证城市功能得以全面实现,而解决这些棘手的问题,必将引起交通规划、交通方式、交通政策、交通管理等各方面的变革。正是在城市发展与交通发展的这种互动关系中,交通工程学的理论与实践才得以不断地向前发展。面对交通变革的新情况,交通工程学着重研究的问题有:

1. 明确提出将交通供给管理与交通需求管理一起研究,以求减少交通需求,增大交通供给,缓解交通紧张状况;

2. 研究如何高效地、协调地采用各种运输方式。其一是研究各种运输方式的功能与使用条件,尽量发挥各自的优点。其二是研究各种运输方式的衔接,以便形成有效的交通系统。在城市交通中,还研究“新交通体系”。

交通工程学作为一门独立的学科,是 20 世纪 20 年代后期至 30 年代前期形成的。然而它的某些专业发展,却有其历史渊源:

(1) 单行道和停车场。在古罗马单行道很多,并且在主要道路上不准在路边停车,而在道路以外为战车设立了停车场。

(2) 交通需求管理。早在古罗马皇帝凯撒颁布的交通法规中就体现了交通需求管理的思想,法规规定:在罗马帝国的一些大城市,由于交通拥挤,在一天的某段时间内禁止车辆进入市中心。

(3) 现代的交通岛和环形交叉起源于在道路上修建的纪念碑和广场,巴黎的戴高乐广场是一个交通繁忙的环形交叉,它就是利用上个世纪建筑的凯旋门作为中心环岛而设立的。

(4) 路面标线。早在 1600 年,墨西哥城的主要街道上使用了颜色鲜明的中心划线。

(5) 说到交通控制,可追溯到 19 世纪,最早的信号灯是用手扳动的。1868 年,在伦敦维斯特敏斯特地区首次安装了一台煤气信号灯,有两种颜色的信号,后因煤气爆炸伤了值班警察,才中断了试验。1914 年美国克利夫兰市开始使用电照明的信号灯,1918 年纽约开始使用三色手动信号灯,至 1926 年,伦敦开始使用自动交通信号机,这些都是现代交通控制的基础。

综上所述,交通工程学自 20 世纪 30 年代建立以来,随着公路交通及相关科学技术的发展,逐步丰富和完善起来,至今仍在进一步的发展中。

第四节 我国交通工程学的发展

我国地域辽阔,历史悠久,道路的发展也源远流长。在交通工程学作为一门学科传入我国之前,我国交通行业的从业人员无疑做了很多属于交通工程学范畴的工作,并且对交通工程学的发展起过促进作用。自 20 世纪 70 年代后期,交通工程学进入我国,受到道路规划、设计部门、公共交通系统、交通管理部门、有关学校、科研机构的普遍重视。各行业结合具体情况开展工作,取得了不少成绩。下面扼要地介绍我国交通工程学的一些进展。

一、交通调查

(一) 公路交通调查

20 世纪 70 年代中期,交通部公路科学研究所和公路规划设计院共同对国道进行了交通调查,研制了手控和自动控制(便携式和固定式)的交通量调查仪。在此基础上,1979 年交通部以公路字(79)837 号文通知各省、市、自治区交通厅(局),要求在全国范围内对国家干线

公路(国道)进行技术调查。从此,各单位在国道上先后建立了11 262个间隙式交通调查点和183个连续式交通调查站,对交通量、车速、交通组成进行观测,这是一项开创性的具有深远意义的交通工程实践工作。根据观测到的资料,掌握了该时期国道交通情况和交通变化规律,并整理出所在地区的交通量换算系数,积累了我国公路交通发展的第一手资料。

为掌握城市道路上交通量的变化规律,北京、哈尔滨、福州等城市在街道也设立了交通量观测站,收集了一批数据。目前,随着电子、通讯技术的发展,北京、上海、广州、天津等城市还利用视频、微波、线圈、激光等检测器观测交通信息,通过交通监测系统进行实时的交通调查。

(二)居民出行调查

为掌握城市客流交通的特性及其在时间、空间上的分布规律,应进行居民出行调查,询问被调查人因工作、学习、购物、文化娱乐、社交等产生交通的情况。根据调查得到的资料和规律,制定交通政策,指导城市交通规划和建设,这样才可能使交通措施有的放矢。

建设部城市规划设计院与天津市合作,率先于1981年7月对天津市6个行政区,156km²的302.7万人进行了出行调查。将调查范围按交通情况分成87个交通小区,按调查范围居民户数(73.3万户)的3%抽样,共抽出调查户数23 663户,抽出调查人数76 268人。经过调查,得出了天津市居民出行特征的主要参数和出行起讫分布规律。如天津市居民平均出行次数2.44人次/人·日,自行车、公共交通、步行、其他(包括地铁、出租汽车、单位客车、轮渡等)四种交通方式的比例分别为44.54%、10.33%、42.62%、2.51%等。

上海市于1981年对市区7万居民和2 600外地去沪旅客进行出行调查。据初步分析,市区每人每天出行次数为2.9次(指出行到达街道,时间超过5min),平均乘坐公共汽车的次数1.34次,在出行中,步行占57%,乘公共交通工具占29%,骑自行车占13%,其他交通方式1%。1982年又选定13万居民为调查对象。在此之前,还对125万张公交月票进行了调查。

1986年6月,北京市对东城、西城、崇文、宣武、朝阳、海淀、丰台、石景山8区和原大兴、昌平、通县的部分乡镇进行居民出行调查。调查区总人口582万,抽样5%,共调查7.5万户,26万人。分析得到以下基本数据:全市居民日出行总量为1 123.3万人次;居民出行方式中,步行占13.8%,自行车占54%,公交车占24.3%,其他占7.9%。

随后广州、南京、沈阳、武汉等60多个城市也开展了这项调查工作,调查获得了交通决策需要的基本数据。随着城市的发展,居民出行特征会发生变化,各个城市应根据自身发展的需要定期组织居民出行调查,以掌握城市居民出行特性。

二、交通规划

(一)国道网规划

1908年,我国在云南修建了第一条公路,即那坎—镇南关—龙州公路。2000年经过普查查明,全国实有公路167.98万km。1979年,为了适应“四化”建设需要,急需尽快建立一个以国家干线公路为骨架,布局合理、干支结合、四通八达的全国公路网。于是,对1964年编制的国家干线公路网(8.5万km)规划草案进行修改。1980年在全国交通工作会议上提出试行方案,1981年由国家计委、经委和交通部以计交[1981]789号文颁布试行。这次规划的国道网共有70条干线公路,总里程116 768km,其中包括重复里程5 201km、城市管辖里程1 530km,故实际规划里程为110 037km(首都放射线12条,23 178km;南北纵线28条,38 004km,东西横线30

条,48 855km),共穿越城镇5 993个。1993 年调整国道网,取消 226 和 313 两条国道,还剩 68 条。

进入 20 世纪 90 年代,交通部制定了一个以高速公路、汽车专用公路为主体的公路主骨架规划,计划用 30 年或更长的时间,完成“五纵七横”的布局框架,建设 12 条约 3.5 万 km 国道主干线,其中 1.8 万 km 的高速公路。随之,交通部发文要求各省级、专区级、县级政府所辖交通部门,着手编制本辖区的 30 年公路网规划。

(二)城市交通规划

截止到 2000 年底,我国已有城市 663 个。其中 200 万人口以上的特大城市 13 个,100 万 ~ 200 万人口的城市 27 个,50 万 ~ 100 万人口的城市 53 个,20 万 ~ 50 万人口的城市 218 个,城镇人口为 45 844 万人,乡村人口为 80 739 万人。我们知道,城市的形成与演变在很大程度上取决于交通,城市的发展又促进了交通的发展。为了适应国民经济的发展,各城市陆续修改(编制)总体规划,而城市交通规划是其重要的组成部分。1990 年 4 月,全国人民代表大会通过了《城市规划法》,明确了城市规划必须包括城市交通综合体系规划。目前,已有 60 多个城市做过城市交通规划。

目前,为进一步控制城市的发展规模,合理开发有限的城市用地。北京市已经明确规定,凡 2 万 m^2 以上的商业开发用地、5 万 m^2 以上的住房开发用地都必须在开发之前进行交通影响评价。一方面,可以进行开发项目对交通系统的影响的客观评价;另一方面,也可以通过交通咨询对开发项目的交通条件进行优化,以减少对城市交通系统的压力。从而规范城市用地的开发,把交通规划纳入到开发城市用地的源头。

(三)交通规划理论与方法

通过交通规划实践发现:按照美国芝加哥市的交通规划理论与方法进行城市交通规划,工作量大且费时、费钱,在交通分配模型方面也需要改进。东南大学等高校探讨了城市交通规划的规范化交通调查内容及调查技术,对最短路分配、容量限制—增量加载分配、多路径概率分配的实用性进行了研究,提出了动态多路径交通分配模型。目前,交通工程科技人员正在探索建立定性分析与定量分析相结合的交通规划理论与方法。

与此同时,国内对交通枢纽规划进行了研究,提出了一套可供实际应用的交通枢纽规划方法。这套方法包括交通枢纽规划内容、规划流程、枢纽选址方法与计算程序,以及枢纽规模的确定与功能设计的方法。此外,对公共交通线路优化的研究也获得了一批研究成果。在建立交通枢纽规划理论与方法的过程中,北京工业大学做了开拓性工作。他们率先对枢纽进行分类,并提出了人机参与的枢纽选址计算方法。

三、交通管理与控制

(一)交通管理

道路交通是一个复杂的开放系统,涉及到政治、经济、技术等诸多问题,因此,治理交通需要运用系统工程理论,采取综合的措施。20 世纪 80 年代,我国在交通安全教育、制定交通法规、推广各种管理措施方面做了大量工作。

1. 早期为减少交通需求,国家采取了限制性购车,在城市中,实行错峰上班、轮休、弹性工作制,禁止某种车在规定时间内进入特定区域等措施。目前,国家将汽车产业作为国家经济的支柱性产业来发展,降低了购车的门槛,为此需要实行科学的交通需求管理。

2. 为了改善交通秩序,减少交通资源的浪费,在城市交通中,广泛采取了信号控制、路面画

线、路口渠化、街区交通组织、禁止路边停车、变向车道等各种措施,并建立了自动控制系统,以充分发挥道路系统的通行能力。

3.交通部于1983年5月颁布了《公路标志及路面标线标准》。1986年,国家颁布了交通部和公安部联合编写的《道路标志及路面标线标准》(GB 5768—86)。1988年,国务院颁发了《中华人民共和国道路交通管理条例》。1999年国家又公布了《道路交通标志和标线》(GB 5796—1999)。公安部及各地公安部门还研究制定了各种道路交通管理条例和违章处罚的规定等。最近,上海和北京还正在研究信号交叉口设计的规范。

4.随着计算机技术和网络技术的发展,建立了机动车、驾驶员以及交通执法的信息库,大大提高了交通管理的水平。

(二)城市交通控制

1972年交通部公路科学研究所研制了单点定周期的红绿灯信号控制机,目前已在全国各大城市普遍采用,且周期频率可根据交通量进行调节。该产品解放了警力,促进了信号灯的广泛应用。1973年又在北京北太平庄路口试验了单点感应式信号控制机,研制了感应式信号机及环形线圈式、磁感应式和超声波等车辆检测器,可自动辨认自行车和逆行汽车。同年,公路科学研究所又与北京市公安局合作,在北京前三门大街进行了城市交通线控系统的试验,1974年,又与天津市公安局合作,在天津和平区最繁华的路段上进行了城市交通区域控制系统的试验,系统地研制了交通自动控制设备和开发计算机控制软件,对城市交通实施自动控制。

“七五”期间,公安部交通管理研究所、同济大学等以南京市为试验基地,对国家重点课题——城市交通计算机区域控制进行研究,研制了控制设备,编写了控制程序,建立了区域控制系统。由于种种原因,该系统未能付诸运行。

1988年,北京市引进国外设备和软件,在北京中区52个路口,随后在东区39个路口实施了计算机区域联网控制。至今该系统仍在发挥作用。此后,上海、深圳等城市也相继建立了计算机区域控制系统。

随着智能交通系统研究的不断深入,交通自动控制系统再次成为交通研究的热点问题。在国家“十五”科技攻关项目——智能交通系统关键技术及示范工程中,智能交通控制系统被列为一个独立的研究项目,期望能根据我国城市的交通特点,研制适合我国国情的交通自动控制系统。同时,伴随着城市快速路的建设,城市快速路控制系统也正由北京市公安交通管理局和北京工业大学等单位共同进行研发。

四、道路工程

(一)修建高速公路和快速公路

近几年,由于国内经济发展的需要,为解除交通基础设施对经济发展的制约,国家大力投资建设交通等基础设施,高速公路得到了长足的发展,截止到2002年底,中国大陆的高速公路通车里程已经达到2.52万km。而在城市附近,像北京、上海、南京、广州等也修建了标准比较高的快速公路。其中,1984年国家决定修建的京津塘高速公路就是典型的例子。该路由北京东南郊的左安门经天津至塘沽河北路,全长142.48km,全封闭,有4条车道,中间设分隔带。横断面布置如图1-1所示。而北京的三环路则是典型的快速路,参见图1-2。

(二)修建互通式立交桥

中国第一座城市道路立交是广州市于1964年建成的大北环形立交。北京市兴建最早的道路立交是位于昌平路上的白浮桥、蓝靛厂路上的八里庄桥和车道沟桥三座跨路、跨河立交,