



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

交通工程学

Traffic Engineering

(第二版)

任福田 刘小明 荣建等 编著
严宝杰 陈洪仁 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

Traffic Engineering

交通工程学

(第二版)

任福田 刘小明 荣建等 编 著

严宝杰 陈洪仁 主 审

人民交通出版社

林秀敏 陈飞 陈国“五一十”育德善高甄普

林秀敏 陈飞 陈国“五一十”育德善高甄普
内 容 提 要

本书为普通高等教育“十一五”国家级规划教材,共分十六章,内容包括:绪论,人和车辆的交通特性,交通量调查,车速调查,交通密度,延误,交通量、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,交通管理与控制,停车场,道路交通安全,城市公共交通,道路交通环境保护,智能交通系统。

本书可作为高等院校交通工程专业、交通运输专业、土木工程专业用教材,也可供从事交通工程研究的专业技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

交通工程学/任福田等编著.—2版.—北京:人民交通出版社,2008.7

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

ISBN 978-7-114-07268-0

I. 交… II. 任… III. 交通工程学—高等学校—教材
IV. U491

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 099761 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: 交通工程学(第二版)

著 者: 任福田 刘小明 荣 建 等

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: 20.5

字 数: 504千

版 次: 2003年7月 第1版

2008年7月 第2版

印 次: 2008年7月 第2版 第1次印刷 总第7次印刷

书 号: ISBN 978-7-114-07268-0

印 数: 17001~20000册

定 价: 38.00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)

符锌砂 (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

本书是按交通工程专业教学指导分委员会“十一五”教材建设规划编写的交通工程课程的教材,其目的是期望交通工程专业的学生学过该课后,对交通工程学科能有系统、全面的理解,为毕业后工作储备知识,为进一步学习打基础,同时期望这本书成为报考研究生和从事交通工程技术工作的参考书。由于教学计划几度调整,授课学时数屡有变更。因此在课程内容选择上,着眼于学科的系统性、完整性,从写作上融会了教学经验,注意到了逻辑性。

此前,在1984年我曾编写过一本教学讲义;1987年,出版过一本《交通工程学导论》,是我国最早出版的一本交通工程学著作,曾三次印刷;2003年,又出版一本“十五”国家级规划教材,先后六次印刷。这本《交通工程学》,说起来虽然已经历了20多年的演变,又有多位教师雕琢。但在付梓时,仍有不安之感。书中的疏漏、谬误之处,敬请贤达指正。

本书由任福田、刘小明、荣建主编,荣建写第一章,胡江碧写第二章,张智勇写第三、第四章,杨孝宽写第五、第六章,陈永胜写第七章,邵长桥写第八、第九章,严海写第十章,石建军写第十一章,关宏志写第十二章,贺玉龙写第十三章,魏中华写第十四章,陈艳艳写第十五章,于泉、赵晓华写第十六章。

任福田

2007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	14
第二章 人和车辆的交通特性	15
第一节 驾驶员的交通特性	15
第二节 行人的交通特性	29
第三节 车辆的交通特性	31
思考题	39
第三章 交通量调查	40
第一节 交通量	40
第二节 统计交通量的方法	47
第三节 交通量调查	51
第四节 交通量资料的应用	55
思考题	57
第四章 车速调查	58
第一节 车速	58
第二节 影响车速变化的因素	60
第三节 地点车速调查	62
第四节 行驶车速及区间车速的调查	67
第五节 车速资料整理	70
思考题	74
第五章 交通密度	75
第一节 交通密度	75
第二节 交通密度调查	76
第三节 交通密度资料的应用	81
思考题	81
第六章 延误	82
第一节 延误	82
第二节 路段行车延误调查	83
第三节 交叉口延误调查方法	87
第四节 延误调查资料的应用	94
思考题	95
第七章 交通量、速度和密度之间的关系	96

第一节	三参数之间的关系	96
第二节	速度—密度的关系	97
第三节	交通量—密度的关系	99
第四节	交通量—速度的关系	100
思考题	.....	101
第八章	交通流理论	102
第一节	交通流的概率统计分布	102
第二节	跟驰理论	113
第三节	排队论	119
第四节	流体力学模拟理论	124
思考题	.....	128
第九章	道路通行能力	129
第一节	概述	129
第二节	高速公路通行能力	134
第三节	双车道公路路段通行能力	151
第四节	城市道路路段通行能力	154
第五节	道路平面交叉口通行能力	157
第六节	公共交通通行能力	170
思考题	.....	175
第十章	交通规划	176
第一节	交通规划的内容与程序	176
第二节	交通规划调查	177
第三节	交通需求分析及发展预测	185
第四节	道路系统规划	198
第五节	交通规划评价	199
思考题	.....	202
第十一章	交通管理与控制	203
第一节	交通管理的目的和内容	203
第二节	交通法规	203
第三节	交通标志与标线	204
第四节	交通系统管理	208
第五节	交通需求管理	209
第六节	道路交通信号控制	211
思考题	.....	220
第十二章	停车场	221
第一节	城市停车问题概述	221
第二节	停车设施的分类	221
第三节	停车调查	222
第四节	停车需求预测与停车场规划	225
第五节	停车场的设计	234

思考题	240
第十三章 道路交通安全	241
第一节 道路交通事故	241
第二节 交通事故调查	243
第三节 道路交通事故原因分析	247
第四节 道路交通安全评价	258
第五节 提高道路交通安全的对策	262
第六节 道路事故经济损失	264
思考题	269
第十四章 城市公共交通	270
第一节 常规公共汽车交通系统	270
第二节 轨道交通系统	277
第三节 BRT 系统	278
思考题	285
第十五章 道路交通环境保护	286
第一节 概述	286
第二节 大气污染	287
第三节 汽车污染物的危害与防治	289
第四节 噪声污染	295
第五节 城市交通噪声及其控制	298
第六节 振动危害及防治	303
思考题	305
第十六章 智能交通系统	306
第一节 智能交通系统简介	306
第二节 智能交通系统体系结构	307
第三节 智能交通系统中应用的关键技术	310
第四节 ITS 实用系统	312
思考题	315

第一章 绪 论

第一节 交通工程学的定义

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。

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、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。

在交通工程学的发展历程中，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、起终点站、毗连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、起终点站、毗连用地，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敦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。

前苏联给交通工程学下的定义是：交通工程学是研究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。

从交通工程学涉及的内容，有人将交通工程学称之为“四E”科学，包括执法(Enforcement)、教育(Education)、工程(Engineering)和环境(Environment)。

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。

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和反应特性、酒精对驾驶行为的危害性、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,主要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。

(2)车辆运行特性:研究车辆的尺寸大小与质量,以及其操纵特性、加速性能、制动性能、安全可靠性与经济特性。

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《道路勘测设计》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值,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

交通调查是开展交通工程工作的基础,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,是展开交通分析的基础。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,如何制订调查方案)、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

交通流理论是寻求最恰当模型描述各种交通状态,推导相应的表达式。研究如何利用各种交通流特征参数来描述不同状态交通流的变化规律,为制订合理的交通规划、建设、运行和管理方案、评定交通事故提供依据。目前已用概率论方法、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,为修正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、道路交通规划和场站交通规划。从时间跨度来说,又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

交通管理包括交通管理的原则、措施、设备、法规等,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,都属于交通管理。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、面控制等措施,如何尽可能地减少交通需求等,都是交通管理研究的内容。

六、道路通行能力

道路通行能力是用于交通规划、交通设计和交通管理的参数,因此要研究连续流交通设施和非连续流交通设施的通行能力及其服务水平。

七、停车

随着车辆的增加,一些大城市已经出现停车难的局面,停车成为影响城市交通的棘手问题。停车问题的研究是根据车辆和出行的分布规律,研究如何选取停车场的位置,合理规划停车场的规模。进而,研究如何合理布置停车场的车位,如何高效利用有限的停车用地,比如研究向空中发展的停车场,修建停车楼;向地下、水下发展的停车场,修建地下、水下车库等;研究如何制订与交通需求管理相适应的停车政策,利用停车手段促进人们出行行为的理性发展。

八、交通事故与安全

在全世界范围内交通事故都是一个严重的问题。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%是因为交通事故,而在15~24岁的男青年死亡人数中有50%是因为道路交通事故。美国从1776年至1976年的200年间,因战争死亡人数约为115.6万人。而1900年至1976年的76年内,公路交通事故死亡竟有210万人。我国交通事故也相当严重。交通工程学主要是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。交通安全研究包括交通事故的定义、分类、表达方式、变化规律、影响因素、交通事故生成机理、交通安全评价以及安全保障措施等。

九、城市公共交通

随着可持续发展理念的发展,城市公共交通越来越成为城市交通系统中的优先发展对象。交通工程学研究各种公共交通方式(包括常规公交、轨道交通和大容量快速公交,简称BRT)的特点、适用条件,以及各种交通方式如何衔接。

十、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。研究表明:95~100dB(A)的音量,会影响人的听力,100dB(A)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。鉴于此,交通工程学研究交

通振动、噪声和大气污染的测量方法和计算模型,研究如何制订环境保护标准,以及减少噪声、减少排放废气、减少振动的实用化措施,从而保证交通的可持续发展。

十一、智能交通系统

考虑到道路交通用地的局限,交通安全形势不容乐观的发展局势,以及出行者对于交通信息日益增长的需求,交通工程学研究如何利用先进的计算机传感器、通信、控制等技术手段,通过系统集成技术的应用,提高出行的安全水平和方便程度,提高交通资源的利用效率。

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,至今仍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,产生了一些复杂的问题,诸如交通秩序混乱、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专门研究交通中出现的新问题,于是就产生了交通工程学。

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·戴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·本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。

美国是当今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,全国已有800多万辆。为了管理车辆、驾驶员和交通秩序,便有专人分工从事这方面的工作,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、交通规划的内容。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,由于新建和改建公路的工程量巨大,能为大量失业人员提供就业岗位,并可推动相关行业发展,所以各工业发达国家都首先进行了公路建设。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,原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 7 385.8 万辆,英国有 943.9 万辆,法国有 718.1 万辆,原联邦德国有 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,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。

进入 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、原联邦德国、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,原联邦德国 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,提高通行能力,1967 年,美国联邦公路总署提出了一个提高通行能力和交通安全水平的交通管理计划(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,更多地考虑道路对所在地区带来的影响,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、交通分配的程式进行交通预测;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、土木工程、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,而不优先采用交通控制系统。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,而不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,但交通阻塞程度却得到了有效的控制。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/日,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的能力是有限的,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,交通工程专家一直在研究保持道路畅通和提高交通安全水平的技术。

进入 20 世纪 90 年代,世界各工业发达国家均集中大量人力、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“多方式地面交通效率法案”(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,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。

城市的发展与交通有密切的关系,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,尽量发挥各自的优势。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“综合交通体系”。

交通工程学作为一门独立的学科,是上世纪 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。关于单行道和停车场,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。而交通需求管理,则早在古罗马皇帝恺撒颁布的交通法规中就有所体现,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。现代的交通岛和环形交叉就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 19 世纪建筑的凯旋门作为中心环岛而设立的。至于路面标线,早在 1600 年,墨西哥城的主要街道上就使用了颜色鲜明的中心线。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,随着道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,道路交通的发展也源远流长。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,受到道路交通规划设计部门、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