

“十五”国家级规划教材
分委员会“十三五”规划教材
高等学校交通运输与工程类专业规划教材

Traffic Engineering

交通工程学

| 第三版 |

任福田
刘小明 等 编著
孙立山



人民交通出版社股份有限公司
China Communications Press Co., Ltd.

普通高等教育“十一五”国家级规划教材
交通工程教学指导分委员会“十三五”规划教材
高等学校交通运输与工程类专业规划教材

Traffic Engineering

交通工程学

(第三版)

任福田 刘小明 孙立山 等 编著
严宝杰 陈洪仁 主审



人民交通出版社股份有限公司
China Communications Press Co., Ltd.

内 容 提 要

本书在第二版的基础上进行修订。全书共分十六章,内容包括:绪论,人和车辆的交通特性,交通量,车速,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,交通管理与控制,停车场,交通安全,城市公共交通,道路交通环境保护,智能交通系统。

本书可作为高等学校交通工程专业、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,刘小明,孙立山编著. — 3
版. — 北京:人民交通出版社股份有限公司,2017.7
普通高等教育“十一五”国家级规划教材. 交通工程
教学指导分委员会“十三五”规划教材. 高等学校交通运
输与工程类专业规划教材

ISBN 978-7-114-13527-9

I. ①交… II. ①任… ②刘… ③孙… III. ①交通工
程学—高等学校—教材 IV. ①U491

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 125714 号

普通高等教育“十一五”国家级规划教材
交通工程教学指导分委员会“十三五”规划教材
高等学校交通运输与工程类专业规划教材

书 名: 交通工程学(第三版)

著 作 者: 任福田 刘小明 孙立山 等

责任编辑: 李 晴

出版发行: 人民交通出版社股份有限公司

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)59757973

总 经 销: 人民交通出版社股份有限公司发行部

经 销: 各地新华书店

印 刷: 北京市密东印刷有限公司

开 本: 787×1092 1/16

印 张: 22.5

字 数: 390 千

版 次: 2003 年 7 月 第 1 版 2008 年 7 月 第 2 版

2017 年 7 月 第 3 版

印 次: 2017 年 7 月 第 3 版 第 1 次印刷 总第 26 次印刷

书 号: ISBN 978-7-114-13527-9

定 价: 40.00 元

(有印刷、装订质量问题的图书由本公司负责调换)

高等学校交通运输与工程(道路、桥梁、隧道 与交通工程)教材建设委员会

主任委员:沙爱民 (长安大学)

副主任委员:梁乃兴 (重庆交通大学)

陈艾荣 (同济大学)

徐岳 (长安大学)

黄晓明 (东南大学)

韩敏 (人民交通出版社股份有限公司)

委员:(按姓氏笔画排序)

马松林 (哈尔滨工业大学)

王云鹏 (北京航空航天大学)

石京 (清华大学)

申爱琴 (长安大学)

朱合华 (同济大学)

任伟新 (合肥工业大学)

向中富 (重庆交通大学)

刘扬 (长沙理工大学)

刘朝晖 (长沙理工大学)

刘寒冰 (吉林大学)

关宏志 (北京工业大学)

李亚东 (西南交通大学)

杨晓光 (同济大学)

吴瑞麟 (华中科技大学)

何民 (昆明理工大学)

何东坡 (东北林业大学)

张顶立 (北京交通大学)

张金喜 (北京工业大学)

陈红 (长安大学)

陈峻 (东南大学)

陈宝春 (福州大学)

陈静云 (大连理工大学)

邵旭东 (湖南大学)

项贻强 (浙江大学)

胡志坚 (武汉理工大学)

郭忠印 (同济大学)

黄侨 (东南大学)

黄立葵 (湖南大学)

黄亚新 (解放军理工大学)

符铎砂 (华南理工大学)

葛耀君 (同济大学)

裴玉龙 (东北林业大学)

戴公连 (中南大学)

秘书长:孙玺 (人民交通出版社股份有限公司)

前言

这本《交通工程学》是 21 世纪交通版高等学校教材。2003 年至 2017 年,共印刷 25 次,累计出书 74000 册,是深受大家喜爱的一本书。在此感谢使用这本教材的师生和爱护该书的读者。

本书是第三次修编。第三版保留了第二版的结构和学科的系统性;融入了教学实践的新经验;吸收了交通工程研究的新成果;增补了新概念。如释义交通,正名基准通行能力、实际通行能力、设计通行能力,提出“三M”交通管理:交通系统管理(TSM)、交通需求管理(TDM)、交通智能管理(TIM)等。参加修编的教师,在取材、落笔时虽再三斟酌,但疏漏难免,敬请诸君批评。

本书由任福田、刘小明、孙立山任主编。孙立山编写第一、第七章,胡江碧编写第二章,张智勇编写第三、第四章,杨孝宽编写第五、第六章,邵长桥编写第八、第九章,严海编写第十章,石建军编写第十一章,关宏志编写第十二章,贺玉龙编写第十三章,魏中华编写第十四章,陈艳艳编写第十五章,赵晓华、于泉编写第十六章。

任福田

2017 年 5 月于北京工业大学

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	2
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	8
第二章 人和车辆的交通特性	16
第一节 驾驶员的交通特性	17
第二节 行人的交通特性	32
第三节 车辆的交通特性	35
思考题	42
第三章 交通量	43
第一节 交通量	43
第二节 统计交通量的方法	51
第三节 交通量调查	56
第四节 交通量资料的应用	61
思考题	63
第四章 车速	64
第一节 车速	64
第二节 影响车速变化的因素	67
第三节 地点车速调查	69

第四节 行驶车速及区间车速调查 73
 第五节 车速资料整理 76
 思考题 80
 第五章 交通密度 81
 第一节 交通密度 81
 第二节 交通密度调查 82
 第三节 交通密度资料的应用 88
 思考题 88
 第六章 延误 89
 第一节 延误 89
 第二节 路段行车延误调查 91
 第三节 交叉口延误调查 95
 第四节 延误调查资料的应用 101
 思考题 103
 第七章 交通量、速度和密度之间的关系 104
 第一节 三参数之间的关系 104
 第二节 速度—密度的关系 106
 第三节 交通量—密度的关系 107
 第四节 速度—交通量的关系 108
 思考题 110
 第八章 交通流理论 111
 第一节 交通流的概率统计分布 111
 第二节 跟驰理论 123
 第三节 排队论 129
 第四节 流体力学模拟理论 135
 思考题 140
 第九章 道路通行能力 141
 第一节 概述 141
 第二节 高速公路通行能力 146
 第三节 双车道公路路段通行能力 164

第四节	城市道路路段通行能力·····	167
第五节	道路平面交叉口通行能力·····	170
第六节	公共交通通行能力·····	180
思考题	·····	183
第十章	交通规划 ·····	185
第一节	交通规划的内容与程序·····	185
第二节	交通调查·····	187
第三节	交通需求分析及发展预测·····	194
第四节	道路系统规划·····	208
第五节	交通规划评价·····	209
思考题	·····	212
第十一章	交通管理与控制 ·····	214
第一节	交通管理的目的和内容·····	214
第二节	交通法规·····	215
第三节	交通标志与标线·····	216
第四节	交通系统管理·····	220
第五节	交通需求管理·····	221
第六节	道路交通信号控制·····	223
第七节	交通行为控制·····	233
思考题	·····	239
第十二章	停车场 ·····	240
第一节	城市停车问题概述·····	240
第二节	停车场分类·····	241
第三节	停车调查·····	242
第四节	停车需求预测与停车场规划·····	245
第五节	停车场设计·····	254
第六节	非机动车停车场设计·····	261
思考题	·····	263
第十三章	交通安全 ·····	265
第一节	道路交通事故·····	265

第二节 交通事故调查..... 267

第三节 道路交通事故原因分析..... 270

第四节 道路交通安全评价..... 281

第五节 提高道路交通安全的对策..... 285

第六节 道路交通事故经济损失..... 288

思考题..... 293

第十四章 城市公共交通..... 294

第一节 常规公共汽车交通系统..... 294

第二节 轨道交通系统..... 301

第三节 BRT 系统 303

思考题..... 312

第十五章 道路交通环境保护..... 313

第一节 概述..... 313

第二节 大气污染..... 314

第三节 汽车污染物的危害及防治..... 316

第四节 噪声污染..... 322

第五节 城市交通噪声及其控制..... 325

第六节 振动危害及防治..... 331

思考题..... 333

第十六章 智能交通系统..... 334

第一节 概述..... 334

第二节 智能交通系统体系结构..... 335

第三节 智能交通系统中应用的关键技术..... 339

第四节 ITS 实用系统 341

第五节 物联网与车联网技术..... 345

思考题..... 347

第一章

绪论

第一节 交通工程学的定义

一、交通的定义

交通是交通体在交通管理空间上有通达目的的移动。

交通体是指人的运载工具。运载工具包括非机动车、机动车、火车、轮船和飞机等。交通是交通体有条件的移动,交通体不在交通管理空间上的移动不视为交通,如运动员在操场上的竞技、人群在舞池里翩翩起舞、车辆在工厂里的调动等都不是交通。交通体在交通管理空间上不为通达目的而引发的移动也不视为交通,如人群游行、汽车拉力赛、载运工具为完成某种特定的任务而产生的移动,也不属于交通。

广义上的交通包括道路交通、铁路交通、水路交通、航空交通、管道交通。本书论述的交通是道路交通。

二、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,美国交通工程师协会的会员指南又重新给出了定义: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、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。

苏联给交通工程学下的定义是:交通工程学是关于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为“五E”科学,包括执法(Enforcement)、教育(Education)、工程(Engineering)、环境(Environment)和能源(Energy)。

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)、路(公路与城市道路)和环境(噪声与景观等),所以也有人说交通工程学是研究人、车、路、环境的科学。

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,并不是科学的定义。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以下几个部分:

一、交通特性

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,目前交通环境中新的设施、设备对人们交通行为的影响受到普遍重视。

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。交通工程学研究车辆历年增长率,按人口平均的人均车辆数,车辆增长与道路建设和环境污染的关系,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、结构与质量,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

道路是最主要的交通设施。交通工程学研究道路规划指标如何适应交通的发展,线形标准如何满足行车要求,线形设计如何保证交通安全,道路与环境如何协调。

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——交通流量、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,掌握各种特征参数的具体数值,才能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

交通流理论的研究内容是寻求描述各种交通状态最恰当的模式,推导相应的表达公式。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了研究。

四、交通规划

交通规划研究在一定的土地使用条件下交通需求与交通供给的平衡关系。它是根据人口的增长、经济发展、土地开发使用等条件,拟订交通规划方案、编制方案实施程序等。

交通规划依时间跨度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

交通管理的研究内容比较多,如交通管理的原则、措施、设备、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,组织车流在路网上合理分布,使交通流在路线上安全、有序行进,减少交通延误;再如利用交通标志、标线及各种交通设施,建立交通控制系统,保障交通安全等。

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,成为影响城市交通的棘手问题,停车问题亟待解决。停车问题的研究是根据车辆和出行的分布规律,分析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;研究如何制定与交通需求管理相适应的停车政策,促进人们出行行为的理性发展。

七、交通事故与安全

交通事故是一个全世界范围的严重问题。据世界卫生组织统计,在一些工业发达国家中,全国的总死亡人数中约有 4% 死于交通事故,而在 15 ~ 24 岁的男青年死亡人数中约有 50% 死于道路交通事故。全球每年因交通事故死亡总人数超过 1000 万人,另有 2000 万 ~ 5000 万人因道路交通事故受伤或致残。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、环境之间的相互关系,以及研究减少交通事故的措施。交通安全的研究内容包括交通事故的定义、分类、表达方式、变化规律、影响因素、交通事故生成机理及安全保障措施等。

八、城市公共交通

随着可持续发展理念的推广深入,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。为给居民出行提供方便,同时保证城市交通的可持续发展,城市公共交通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,并探索新的交通方式,以为居民出行提供更方便的公共交通体系。

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危及人身健康,影响工作效率,已构成社会公害。交通环境保护研究交通振动、噪声和大气污染的测量方法和计算模型,研究如何制定环境保护标准,以及降低噪声、减弱废气排放、减弱振动的实用化措施,从而保证交通的可持续发展。

十、智能交通系统

智能交通系统研究如何利用技术手段,包括先进的传感器、通信、信息分析、控制等技术,通过大数据挖掘、系统集成技术的应用,提高出行的安全水平和方便程度,以及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,某些工程师的任务也只

是修好路。但是,随着汽车运输的发展、车辆行驶速度的提高、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。这些问题迫使从事道路交通工程方面的技术人员开始开展交通工程的专门研究,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·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,市场上首次出售奔驰汽车,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,全国已有800多万辆汽车。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个居民拥有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,大城市内部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,人们认为美国交通工程师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,从业人员的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。比如,今年修建一条双车道道路,由于交通的发展,明年这条双车道道路就可能满足不了交通需求;再如,在需要修建四车道道路的地方,修建了双车道道路,道路建成后,必然会发生交通阻塞。于是交通工程学增添了交通调查、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。然后根据车流的流量、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。

20世纪50年代,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。由于新建和改建公路的工程量大,能为大量失业人员提供就业岗位,并推动相关行业发展,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。1956年,美国颁布了《联邦资助公路法》,提供250亿美元,全力支持州际、国防公路系统建设。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路网系统之中。日本于1957年颁布了《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年修建了柏林—汉堡高速公路,后因战争影响,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,极大地刺激了汽车工业的发展,同时也带动了钢铁、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。各国汽车拥有量迅速增加,至1960年,美国有7385.8万辆,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,人们开始研究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、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,交通拥堵和交通安全问题凸显,人们开始从规划、设计、运营等方面综合考虑交通治理的措施。当时,美、英、德、法、日等国的每公里公路平均汽车数量逐渐趋于饱和。1969 年,这些国家的汽车拥有量按每公里公路拥有的车辆计算为:英国 39 辆,原联邦德国 33 辆,美国 18 辆,日本 15 辆,法国 9 辆。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交通参与者的生命安全。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。参与交通规划的人员,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。

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造成严重污染,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(Transportation System Management,简称 TSM)。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,交通工程学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,交通工程学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,针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,采取了各自不同的措施。美国、加拿大等国,因其疆域辽阔,采取了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内部自动控制系统的城市,而其在城际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 年自动控制系统建成之后,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,日本则由于其国土面积狭窄,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8000辆/d,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前两者之间,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。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。针对日益严重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的新技术。

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《多方式地面运输效率法案》(Intermodal Surface Transportation Efficiency Act of 1991,简称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,简称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,使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,其结果显示,在当时的技术背景下,自动化公路的应用还有相当的距离,仍存在很多经济、技术问题。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,两者相互影响。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座城市的人口超过200万。到20世纪中叶,城市人口已超过世界总人口的30%,1960年,城市人口为世界总人口的33%,1975年为40%。目前,全世界有50%以上的人口居住在城市,超过100万人口的城市有数百个,有些城市的人口超过1000万。面对城市的发展,只有组织高效的都市交通,才能保证城市功能得以全面实现。而解决这些发展中的棘手问题,必然要求交通规划、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) 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,还需研究“新交通体系”。

交通工程学作为一门独立的学科,是在 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。关于单行道和停车场,古罗马的单行道很多,并且在主要道路上不允许在路边停车,而在道路以外为战车设立了停车场。关于交通需求管理,早在古罗马恺撒皇帝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,它就是以 20 世纪建造的凯旋门作为中心环岛而设立的。关于路面标线,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画线。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。以上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,至今仍在进一步发展当中。

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到了促进作用。20 世纪 70 年代后期,交通工程学进入我国,受到了道路交通规划设计部门、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,原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)交通量调查仪。在此基础上,1979 年,原交通部以公交路字(79)837 号文通知各省、自治区、直辖市交通厅(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 11262 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,积累了我国公路交通发展的第一手资料,掌握了国道当时的交通情况和交通变化规律,并整理出了所在地区的交通量换算系数。

为掌握城市道路上交通量的变化规律,北京、哈尔滨、福州等城市在街道上也设立了交通量观测站,收集了一批数据。此后,随着电子、通信技术的发展,北京、上海、广州、天津等诸多城市开始利用视频、微波、线圈、激光、无人机等检测器,以及 GPS、手机等移动数据采集工具观测交通信息,通过交通监测系统实时进行交通调查。