



交通高等职业技术教育教材

张郃生 主编
卢仲贤 主审

交通工程 基础



JIAOTONG GONGCHENGXUE JICHU

● 人民交通出版社

交通高等职业技术教育教材

交通工程学基础

Jiaotong Gongcheng Xue Jichu

张郃生 主编

卢仲贤 主审

人民交通出版社

内 容 提 要

本书主要介绍了交通工程学发展的历史、现状及存在的问题;介绍了交通流的基本理论、交通调查的方法和数据分析、道路通行能力和交通规划的基本方法,以及交通事故分析、交通管理与控制、交通与环境、停车场规划设计等内容。

本书每章附有思考题和习题,供任课教师选用。

本书为交通高等职业技术教育路桥专业和相近专业的教材,也可以供相应专业中专学生使用。

图书在版编目(CIP)数据

交通工程学基础/张郃生主编. — 北京:人民交通出版社, 2002.5

交通高等职业技术教育教材

ISBN 7-114-04282-5

I. 交… II. 张… III. 交通工程学—高等学校: 技术学校—教材 IV. U491

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2002) 第 031933 号

交通高等职业技术教育教材

交通工程学基础

张郃生 主编

卢仲贤 主审

正文设计: 彭小秋 责任校对: 刘高彤 责任印制: 张 恺

人民交通出版社出版发行

(100013 北京和平里东街 10 号 010-64216602)

各地新华书店经销

北京百善印刷厂印刷

开本: 787×1092 1/16 印张: 12 字数: 300 千

2002 年 6 月 第 1 版

2002 年 6 月 第 1 版 第 1 次印刷

印数: 0001~4000 册 定价: 19.00 元

ISBN 7-114-04282-5

U·03142

前 言

本书根据路桥工程学科委员会高职教材建设联络组 2001 年 7 月昆明会议上通过的路桥专业高职教材编审的原则意见和“交通高等职业技术教育路桥专业课程设置框架文件”的要求编写的。

交通工程是伴随着人们的交通现象产生的,交通工程学是伴随着近代汽车交通迅猛发展而诞生的学科。通过对道路通行能力、交通事故的发生规律和预防、交通量变化规律、车辆特性和交通流的分析,人们已经认识到交通工程研究的重要性,道路设计已由过去只注重结构设计和几何设计阶段发展到首先进行交通规划设计然后再进行其它设计的阶段。作为道路设计和道路管理人员只有在比较好的掌握了交通工程学的基本理论和基本研究技能以后,才能对道路的交通功能、规划设计、综合管理有比较好的理解,才能面对复杂的实际情况作出合理的判断。

本书从内容和难度上充分考虑了高职学生的知识基础和路桥专业的要求,结合路桥专业的知识体系,尽量做到与路桥主干专业课内容相衔接、为公路勘测设计、路基路面工程等教材提供必要的相关知识,使学员在掌握交通工程基本理论的基础上,具备交通调查、交通分析的基本能力以及运用交通规划和交通设计的知识的初步能力。

本书在内容上对环境保护和智能运输交通系统采取了不同处理办法,前者独立成章,而后者只在绪论部分作了简单介绍。交通调查和交通特性分析部分均给出了具体示例和相应的表格,交通流理论部分以交通流理论简介的方式给出,道路通行能力和服务水平、道路交通规划、交通管理与控制、停车场的规划与设计、交通事故分析与安全措施等章节主要考虑了路桥专业的知识结构,着重叙述了有关内容,并对某些偏难的内容作了适当的处理。尽管如此,考虑到各学校的具体情况,可以把第四章第二节、第五节,第六章第七节、第九章作为选学内容。交通调查部分最好安排有针对性的实习,交通规划部分如有条件最好做一个课程设计。

本书共十章。全书由河北交通职业技术学院张郃生主编,人民交通出版社卢仲贤主审。各章的编写人员为:第一、二、三、四章由张郃生编写;第五、七、九章由河北交通职业技术学院高红宾编写;第六章由河北省交通规划设计院杜军辉和张郃生合编;第八章和第十章由湖南交通职业技术学院蒋芳超编写。

本书在编写过程中得到了河北交通职业技术学院、湖南交通职业技术学院、河北省交通规划设计院有关领导的大力支持,得到了河北交通职业技术学院杜兰卓、田平和张君纬,湖南交通职业技术学院彭富强及河北省交通规划设计院张国清、李恒旺两位高级工程师的大力支持和技术指导,北京工业大学交通工程研究所贺玉龙审阅了本教材,并提出了许多有益的修改意见,在此一并表示感谢。

限于时间和编写者的水平,错误和不当之处恳请读者批评指正。

编 者

2002 年 3 月于石家庄

目 录

第一章 绪论	1
第一节 交通工程学的定义.....	1
第二节 交通工程学的起源与发展.....	1
第三节 本课程的内容、目的、任务及与其他学科的关系.....	6
第四节 我国交通工程的现状和对未来的展望.....	8
思考题	13
第二章 交通特性分析	14
第一节 驾驶员的交通特性	14
第二节 乘客和行人的交通特性	20
第三节 车辆的交通特性	23
第四节 道路的交通特性	24
第五节 交通量的基本特性	27
第六节 行车速度特性	34
第七节 交通流的基本特性及其相互关系	36
思考题	40
习 题	40
第三章 交通调查与分析	41
第一节 概述	41
第二节 交通量调查	42
第三节 行车速度调查	50
第四节 交通流密度调查	59
第五节 交通延误调查	62
第六节 自行车、行人交通调查.....	64
思考题	65
第四章 交通流理论简介	66
第一节 概述	66
第二节 交通流的统计分布特性	67
第三节 车辆跟驰理论	73
第四节 流体力学模拟理论	75
思考题	78
习 题	78
第五章 道路通行能力和服务水平	80
第一节 概述	80
第二节 道路服务水平	82
第三节 机动车道通行能力计算	85

第四节	非机动车道的通行能力	95
思考题	.....	97
第六章	道路交通规划	98
第一节	交通规划的目的、内容与方法	98
第二节	交通规划的指导思想	100
第三节	交通规划的调查工作	100
第四节	交通系统现状分析评价	107
第五节	交通预测	109
第六节	交通规划与路网规划	114
第七节	交通规划的评估	116
思考题	.....	117
第七章	交通事故分析与安全措施	118
第一节	概述	118
第二节	交通事故调查	120
第三节	交通事故原因分析	122
第四节	交通安全措施	125
思考题	.....	126
第八章	交通管理与控制	127
第一节	概述	127
第二节	交通法规	128
第三节	道路交通标志与标线	130
第四节	平面交叉口的交通管制	134
第五节	信号管制	137
第六节	高速公路的交通控制	144
思考题	.....	149
第九章	停车场的规划与设计	150
第一节	概述	150
第二节	停车场的规划	151
第三节	机动车停车场设计	156
第四节	自行车停车场设计	159
思考题	.....	161
第十章	道路交通环境保护	162
第一节	概述	162
第二节	大气污染	164
第三节	汽车污染物的危害与防治	165
第四节	噪声污染	167
第五节	城市交通噪声及其控制	173
第六节	道路交通振动的危害及防治	177
思考题	.....	181
参考文献	.....	182

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、功效学(Ergonomics 曾译名人机工程学)、心理学和经济学等有着密切关系,兼有自然科学和社会科学的属性,且其内容不断发展丰富。从交通工程学的组成上来看,它涉及法规(Enforcement)、教育(Education)和工程(Engineering),因此称之为“3E科学”。随着人们对能源(Energy)和环境(Environment)与交通工程学联系的日益紧密,人们把交通工程学又简称为“5E”科学。目前,对其定义和内涵有各种不同的认识和提法。

美国交通工程师协会给交通工程学所下的定义是:交通工程学是研究道路规划、几何设计及交通运行,研究道路网、车站及与它们相邻接的土地与交通工具的关系,以便使人和物的移动达到安全、有效和便利。

澳大利亚学者给交通工程学所下的定义是: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、设计和营运。

英国学者所下的定义是:道路工程学中研究交通营运与控制、交通规划、线形设计的那一部分内容叫做交通工程学。

前苏联学者所下的定义是: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。

我国的交通工程专家们亦提出过不同的定义,迄今尚未形成统一的意见。分析国内外定义差异,主要是描述的角度和提出时间的先后不同,列举的具体研究内容也就有所不同。交通工程学应是研究道路交通中各种交通现象的基本规律及其应用的一门边缘科学,而不是原有其它学科分支的汇集和取代,其具体研究内容尚在发展中,不可能也不必要完全罗列于定义之中。基于此,我们给出的交通工程学的定义是:交通工程学是研究道路交通中,人、车、路、环境之间的关系,探讨道路交通规律,建立交通规划、设计、控制和管理的方法和理论以及有关的设施、装备、法律和法规等,使道路交通更加安全、高效、快捷、舒适的一门技术科学。

第二节 交通工程学的起源与发展

一、古代的交通

交通是人类生存和社会发展所必须进行的活动,人类衣食住行中的“行”是最基本的交通活动。随着社会生产的发展和劳动的分工,生活和生产活动需要交换生活必需品,需要交换信息和彼此来往,因此产生了交通。

1. 我国的古代交通

交通工程的发展同道路和车辆紧密相关。早在公元前 3000 年黄帝时代,我国劳动人民就已发明舟车。公元前 21 世纪,商国发明了马驾车,成为世界上最早用车的国家。从舟车到马车,使人类交通进入车辆时代,史称“车轮文化”。

在公元前 2 世纪以后,世界上第一条最长的横贯欧亚大陆的交通干线“丝绸之路”,将中国同印度、巴基斯坦、古希腊、罗马以及埃及等国连接起来,从此,道路交通在军事、商业和文化交流中的作用越来越明显。

我国是最早重视道路规划与设计的国家,如“诗经”中记载的“国道如砥,其直如矢”,讲的是道路平整,线形笔直。考工记载的“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”,讲的是城市道路规划。说明道路规划为棋盘型的格局,将城市道路分为经纬、环、野三个等级;一轨约合 1.65m,经纬干路约合 15m 宽,环形干路约合 11.5m 宽,市郊道路约合 8.5m 宽。这种城市路网的规划几乎一直延续到近代,成为国内外道路网的典型图式之一。古代对交通管理也有规则。礼记中说:“道路男子由右,妇人由左。车从中央”。我国古代将交通运输和道路建设视为头等大事之一,秦朝时就有了全国规模的交通网——驰道,国外的一些出版物将我国的长城和驰道视为重大交通工程的实例。

2. 国外的古代交通

在古罗马时代,就出现了世界上最早的单向通行方式。古罗马皇帝恺撒颁布了世界上第一个交通法规:在一天某一个时间段内,比如白天禁止车辆通行,限制马车进城的总数量。这些说明国外在古代已经对交通的组织十分重视,有着严密的组织和规定。

二、近代及现代交通工具的发展

1850 年后,欧洲出现了马车交通,人口向城市特别是大城市集中的趋势日益增长。当时的伦敦、巴黎成了百万人口的城市,迫使人们不得不重视交通管理,不得不致力于新的交通工具的研制。随着经济发展、科学技术的进步,各种交通工具不断出现。

1. 自行车

1817 年德国人德华斯,在 1791 年法国人西弗拉克年发明的玩具木马轮的基础上,制成了转向的木马轮,并于 1818 年获得专利;1874 年英国人劳森,在两轮车上安装了链条及传动机构,用以驱动后轮前进,改变链轮的传动速比,可以获得需要的车轮转速。这样就形成了现代自行车的基本雏形。

2. 有轨电车

世界上第一辆以输电线供电的电动车于 1879 年出现在柏林工业展览会上,1884 年美国人范德波尔在多伦多农业展览会试用电车载客,1888 年美国人斯波拉格在里士满用上述方法在马拉轨道车路线上改用电力牵引行驶,于是出现了现代的有轨电车。

我国于 1906 年首先在天津创办有轨电车交通系统。随后,上海于 1908 年、大连于 1909 年、北京于 1921 年、沈阳于 1924 年、哈尔滨于 1927 年、长春于 1934 年相继建成了有轨电车系统。

20 世纪 50 年代以后,因汽车工业迅速发展,汽车数量激增;而有轨电车运行不畅,加以噪声大,维护费用高,在各种车辆混行条件下干扰较多,遂逐渐停止运行。

3. 无轨电车

德国人西门子,1882 年在柏林发明的无轨电车,它由直流架空触线供电的牵引电动机驱

动的,可做非轨道运行的城市公共交通客运车辆。它运行噪声低,牵引性能好,不排放有害气体,驾驶操作简便。

中国于1914年在上海就开始使用无轨电车,20世纪50年代中期约有20多座城市兴建了无轨电车系统。20世纪60年代由于公共汽车的发展特别是小汽车的发展,使无轨电车的地位逐步下降,英国首先开始取消无轨电车,其它国家亦相继仿效。20世纪70年代由于汽油短缺和汽车公害日益严重,无轨电车又开始受到重视,我国许多大城市也都建设了无轨电车系统。

4. 汽车

本身具有动力装置驱动,不需轨道和架线可在地面行驶。其优点为机动、高速,使用方便,可以从门到门。

1885年德国人本茨制成一辆三轮机动车,以后法国人R·庞赫尔和E·勒瓦瑟予以改进,使底盘前部的发动机通过离合器、变速器用链条驱动后面车轮,就形成了现代汽车的雏形。

上述交通工具的出现,使城市交通起了质的变化,低速的人力畜力交通工具,逐渐被高速的机动与电动交通工具所替代。

三、交通工程学的理论形成与发展

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,与人们生活关系最密切的一种交通方式。最初,人们只是修建简易道路供人、畜及人力和畜力车辆通行。正如前面提到的那样,随着现代汽车工业的飞速发展,车辆速度明显提高,车流量增大,产生了一些复杂的新问题,诸如交通秩序混乱、交通阻塞、交通事故频繁等。因此,迫使从事道路交通的工程技术运用自己的才智,去解决交通运输中出现的新问题,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。

目前,美国是世界上拥有汽车最多的国家,也是道路交通最发达的国家。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。于是,出现了专人管理车辆、管理驾驶员、管理交通,随后于1921年命名了交通工程师。至1930年,美国平均每千人拥有180辆汽车。小汽车已成为美国人民生活中不可缺少的交通工具。此时,美国的公路已达400万km。大城市地域内和大城市之间的汽车交通也相当繁忙。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于1930年成立了世界上第一个交通工程师协会。后来,人们以该协会的成立作为交通工程学诞生的标志。

20世纪30年代是交通工程学创立的初期,主要是交通管理,诸如给驾驶员发执照,设立交通标志,安装手动信号机,进行路面划线等。这一时期交通工程学发展的主要标志为:交通工程学的诞生,它主要研究车、路关系,即如何通过交通管理使路适应汽车行驶及减少交叉口阻塞。

20世纪40年代,交通工程人员开始意识到,只靠交通管理,无法根治交通问题,修建道路若不以交通量大小为依据则带有很大的盲目性。例如,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要求,而发生交通阻塞。于是交通工程学增添了交通调查、道路规划的内容。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、线形几何设计提出要求,并考虑交通管理方案,配备必要的交通设施,根据投资效益进行技术经济论证。这一时期交通工程学发展的主要标志为路面质量的提高与交叉口通行能力的计算。

进入 20 世纪 50 年代以后,各工业发达国家为了尽快恢复第二次世界大战期间受到破坏的工业体系,于是大规模修建公路。因为公路的新建和改建工程量大,吸收了大量人员就业,推动了许多行业的发展。1956 年,美国颁布了联邦资助公路法案,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公路的经费,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,计划修建高速公路的总里程为 6.8 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系统上。日本于 1957 年 4 月颁布了高速公路干道法,次年破土修建第一条高速公路——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。德国是最早修建高速公路的国家,从 1933 年开始,他们为发动侵略战争的需要,就开始修建高速公路,后因战争,曾一度中断。到 1955 年,前联邦德国又在全国范围内建设高速公路系统,平均每年修建 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、玻璃等行业的迅速发展。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,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”运输的新格局。因此,在这个时期,道路通行能力、线形设计、立体交叉设计、工程建设项目可行性研究、停车问题就成了交通工程学的研究课题。与此同时,也研究了交通规划的理论与方法,并进行了交通规划的实践。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,以使交通条件满足交通需求。概括地说,这一时期交通工程学发展的主要标志为:汽车化时期,注重研究高速公路的修建、几何线形设计与车辆存放。

进入 20 世纪 60 年代,由于汽车数量激增,美、英、前联邦德国、法、日等国的每公里公路平均汽车密度逐渐趋于饱和。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: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,导致交通拥挤、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十几公里。同时交通事故与日俱增,越来越严重地威胁着人们的生命安全。20 世纪 60 年代,美国平均交通事故率为 5.4 人/万车。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,减少交通事故,提高车速,增加道路通行能力,1967 年,美国联邦公路总署提出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。在一个地区或一个城市做交通规划,首先要根据经济的发展,分析综合运输的现状与未来需求,按照规定的格式,进行出行调查;用出行产生、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,包括了园林、环境保护、土木、社会学和交通工程专业的学者。这一时期交通工程学发展的主要标志为:交通渠化时期,研究城市综合调查与交通渠化、交通规划及电子计算机在交通工程中的应用。

20 世纪 70 年代,由于能源危机引发石油价格急剧上涨。另一方面,大量汽车排出的废气、引起的噪声、振动危及人们的健康,这就迫使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,即 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、控制车辆和车辆出行、协调各种交通方式,力求达到整体效率最高。

在此期间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,减少不必要的客流、车流,保护环境,挖掘现有交通设施的潜力等。

这一时期交通工程学发展的主要标志为:多乘员化时期,注重减少汽车数量,城市交通综合治理,交通系统管理(TSM)。

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,多集中于交通管理方面。这一时期交通工程学发展的主要标志为:新型车辆出现,创建新交通体系,实现交通新体系与交通管理自动化,电脑化为交通工程的现代化开辟了广阔的前景。

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,采取了各自不同的措施。美国、加拿大等国,因其疆域辽阔,采用增加道路车道数的办法,最多时曾增加到20多条车道,而不是采用交通控制系统。结果,仍不能适应交通发展的要求。近年来,亦开始研究建立公路交通自动控制系统。如加拿大的多伦多市是世界上第一个建立城市交通自动控制系统的城市,但在其城间高速公路上,一直没有采用。在其401国道的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,阻塞严重,因此,不得不开始研究建立自动控制系统;1991年1月建成控制系统之后,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。日本则由于其国土狭窄,在路上增加车道有困难,因而采取设置交通自动控制系统的办法。其8个高速公路管理局所管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,交通量最大的一端仅有8000辆/日,亦建有全部控制系统。他们认为高速公路一旦建成后,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。

尽管他们采取了上述措施,仍难以满足交通量日益增长的需要。现有的交通控制系统,对通行能力的提高也是有一定限度的。这说明在各种运输方式中,人们对公路交通的需求更甚,是不以人们意志为转移的。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。因此,研究采用高新技术,以提高公路交通的安全度和通行能力,改善日益恶化的公路交通,就成为大家公认的惟一可行的途径。

目前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“智能车路系统”(Intelligent Vehicle Highway System, IVHS),或称智能运输系统(ITS)。日本和欧洲动手较早,从20世纪80年代后期即开始进行。美国起步较晚,在1991年美国“地面运输方式之间的效率法案”(Intermodal Surface Transportation Efficiency Act of 1991, ISTEA)通过后,才得到联邦政府的重视和支持。因为该法案的缩写ISTEA与英文中的冰茶一词谐音,所以人们通常称之为“冰茶法案”。在该法案的第六章中,明确规定了IVHS的研究工作。美国起步虽晚,但进展较快,美国国会要求其运输部最迟到1997年要建成自动高速公路的第一条试验路。按美国联邦公路总署智能车路系统研究小组主要负责人介绍:这套系统的建成后,汽车将由电子设备系统控制其方向和速度,将像火车一样成组成组地行驶,车辆之间靠电耦组合在一起,不管以怎样高的车速行驶,两车之间仅相隔30cm,并可使汽车在任何行驶速度下,顺利地加入和退出车队,使整个公路交通完全实现智能化,因此可以大大提高公路交通的安全度和通行能力。

目前世界各工业发达国家已形成北美(美国、加拿大两国)、欧洲(有10多个国家参加)和

日本三大研究集体,每个集体均组织了跨部门的上百个企业、高校和研究机构,积极进行各项子系统的开发研究。目前开发的项目很多,但概括起来,不外以下几个方面。

(1)先进的汽车控制系统(Advanced Vehicle Control System, AVCS)或称智能汽车控制系统(IVCS)。

(2)先进的交通管理系统(Advanced Traffic Management System, ATMS)或自动高速公路系统。

(3)先进的驾驶员信息系统(Advanced Driver Information System, ADIS)。

以上三项为主要组成部分。另外,还有先进的公共运输系统、先进的公路运输系统及商用车辆营运系统等针对各个运输部门和企业的子系统。

大家知道,当交通方式为步行时,人们自城市中心向外的活动半径只有 1km 左右,所以城市规模很小。当交通方式为骑马或骑自行车时,人们的活动半径扩大到 5km 左右,这时城市的规模大多了。自汽车成为交通工具以来,人们的活动半径扩展到十几公里或几十公里,因此城市的范围已扩大到某一区域。从另一方面看,全世界有 50% 左右的人口居住在城市,超过 100 万人口的特大城市有几百个,有些城市的人口已超过 1 000 万。面对城市的发展,如何组织城市交通,成为必须解决的问题。城间公路运输,其经济运距已延长到数百公里,可与其他运输方式相抗衡。这些都必将引起交通规划、交通方式、交通政策、交通组织管理等各方面的变革,推动交通工程的理论与实践不断地向前发展。在美国,目前交通工程学已发展为“运输工程学(Transportation Engineering),它囊括了道路交通、铁路交通、航空交通、水路交通和管道交通五种运输方式,形成了一门研究综合运输体系的学科,并将交通工程学称之为它的分支学科。

当前着重研究的问题如:

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

2. 研究综合采用各种运输方式。其一是研究各种运输方式的功能与适用条件,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,还研究向立体空间发展的所谓“新交通体系”。

交通工程学作为一门独立的学科是 20 世纪 20 年代末至 30 年代初形成的。正如前面提到的那样,该学科的诞生有着悠久的历史渊源。

交通控制的发展,可追溯到上个世纪。1868 年,在伦敦威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,后因煤气爆炸伤了岗位上的警察,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,伦敦出现了自动交通信号机,这些都是现代交通控制的基础。

总之,交通工程学自 20 世纪 30 年代建立以来,是随着道路交通及各相关科学技术的发展,而逐步丰富和完善起来的,目前还在进一步的发展中。

第三节 本课程的内容、目的、任务及与其他学科的关系

一、内 容

1. 交通特性包括交通系统各组成部分的个体特性和交通流的整体特性

1) 人的交通特性——作为交通参与者的行人、乘客、驾驶员与交通有关的生理、心理特性;

2) 车辆特性——所有道路上行驶的各种车辆的行驶性能、动力性能、稳定性、可靠性以及由车辆或行人组成的交通流的特性,交通流的流量、密度、速度等特征及其在时间与空间环境中相互作用的关系与参数;

3) 路的特性——路网形态、结构、路线的几何线形,路基路面整体质量与各种安全、管理、服务设施等对车辆运行的影响。

2. 交通流理论

运用概率理论、流体力学理论与动力学理论,宏观与微观的方法研究连续车流、间断车流与混合车流的通行能力、速度与运行规律。

3. 交通调查

主要调查交通的流量、流速与起讫点、交通事故原因等。

4. 交通规划

用宏观与微观的方法研究连续车流、间断车流,调查运输工程的时间、空间分布及对环境的影响,研究城市与乡区运量的发生、分布、流动等需求的发展变化规律及满足此项需求的方式、方法与相应的工程与管理措施。

5. 交通法规

根据交通特性与法学原理研究维护秩序,保障交通安全通畅的规则、条例、规定办法和以充分发挥路网及道路的通行能力与研究减少或消除交通噪声,废气和振动对环境的不利影响,为提高城市环境质量,创造良好的生活环境服务。

6. 交通事故

主要研究交通事故产生的空间、时间分布规律及其发生的原因,为预测预防事故发生和交通安全服务。

7. 停车站场及服务设施

研究停车站场及服务设施的需求变化、规划设计、营运管理。

8. 其他新的交通体系及设施的研究

二、本课程的主要目的与任务

本课程的主要目的与任务,在于结合我国的交通工程特点和实际问题,阐述交通流的基本特性、基本理论与一般原则,人、车、路与环境相互关联,相互作用的时间与空间特性,交通调查与分析的基本方法与手段,交通规划的内容、一般程序和方法,道路通行能力计算的理论与方法,交通管理与控制的基本概念等。通过对本课程的学习,应使学生初步了解交通工程学的基本概念、理论、方法和解决交通工程问题的途径,为今后在工作中解决交通工程问题或进一步深入学习交通工程学打下必要的基础。

三、本课程与其他学科关系

交通工程学是一门新兴的边缘科学,是一门综合性很强的专业课程。所涉及的学科:社会科学方面有法学、社会学、心理学、经济学、管理学等;自然科学方面有数学、动力学、物理学、汽车学、运输学,电子计算机学科、土木建筑工程学、预测学等。从内容上分,既有基本原理、基础理论及方法,也有现代计测技术、计算机图像显示、模拟仿真等,它是公路与城市道路、交通工程与运输管理等专业学生的必修课程之一,其先修课有“公路勘测设计”、“概率与数理统计”等。

第四节 我国交通工程的现状和对未来的展望

20世纪初,我国由于帝国主义的侵略,战乱频繁,在汽车工业及道路的发展方面,大大落后。自1901年(清光绪27年)上海引入欧洲生产的汽车开始,到中华人民共和国成立前,我国根本没有自己的汽车工业。全国解放时汽车拥有量仅5万多辆,都是进口的使用多年的老旧破车。中华人民共和国成立后,我国有了自己的汽车工业,但由于经济基础薄弱,汽车生产能力有限,水平不高,导致国产汽车车型单一,性能落后,进口汽车仍占相当比重。改革开放后,国产汽车有了较大发展,特别是轿车工业得到了迅速发展。截至2000年底,全国民用汽车拥有量从1978年的135.84万辆增长到1.608.91万辆。

我国通行汽车的道路建设,早于汽车的引进。清末时期,帝国主义列强为其在华的强权占领和经济掠夺的需要,以及我国自己出自军事的需要,均曾修筑过一些可以通行汽车的城间道路(即公路)和城市道路。我国最早修筑的公路为1874年(清同治13年)台湾巡抚沈葆楨修筑的以台南为中心的中南北三大干线道路。1895年(光绪21年),日本侵占台湾省后,为适应其军事和经济掠夺的需要,又将其中的430km拓建为军用道路。1901年开始引进汽车后,有些省开始兴建公路。上海、北京、天津等大城市也先后出现了公共汽车和电车,兴建了一些城市道路。但在此期间修建的道路,各自为政,没有统一的规划和标准。1919年(民国8年)北洋政府内务部提出了我国公路的分级和标准,并提出了51条路线的《国道网方案》,总长近7万公里。1921年中华全国道路建设协会又提出了以兰州为中心的“四经五纬国道网”,以辐射线及4道环线连接各省会及若干著名大城市,总长约6万余公里。但这些规划均未能很好落实。北伐战争胜利后,1932年,由经委会公路处督导7省公路专门委员会,又拟定了7省联络公路11条,共2.2万多公里,后又扩大为10个省。这一规划在经委会公路处督导下,得以实施,至抗日战争爆发前,全国公路总里程已达11万多公里。因此,在中华人民共和国成立前,近半个世纪的公路建设,仅建成13万多公里,全国解放时,能通车的公路仅7万多公里,且基本是双车道以下的低等级路。在城市道路中,除少数大城市的主要干道铺有沥青路面外,大多为碎石路和土路。在交通管理设施方面,则更无从谈起。

中华人民共和国成立后,我国公路建设得到了迅速发展。截至2000年底,全国公路通车里程达到140.27万km,为全国解放时通车里程的十一倍,并修建了一批高等级公路,其中高速公路16314km,一级公路20.088km,二级公路152.672km。全国各县和乡镇、绝大多数的行政村通了公路。在京、津、沪、穗几个大城市中,均修建了城市高速公路或部分控制出入的多车道快速干道。在各省会城市及一些主要大城市中的道路均已铺设了高级路面。在高等级公路和城市干道上,均已做到标志、信号齐全,有些高速公路和城市道路,还建立了交通自控系统、收费系统等,使公路和城市道路的技术面貌有了很大的改变。

回顾新中国成立后道路建设的历程,公路建设在1956年和1958年曾有过两次大发展,20世纪60年代,又大力推广了渣油路面,使我国公路里程和黑色路面里程迅速增长。但由于60年代的交通量不大,所建公路基本上是低等级公路,十几万公里的黑色路面基本上是渣油表面处治,不能适应较大的交通量和重交通的要求。城市道路标准也较低。而且在这些道路上,都是各种交通工具共同行驶在一幅路上的混合交通,交通事故较多,影响汽车速度的发挥,造成浪费。尤其是拖拉机跑运输,是一种极不合理的现象,它本是一种农耕用的牵引机械,用作运输工具,其油耗相当于同吨位汽车的2倍以上,且极不安全。据当时调查统计,拖拉机发生的

交通事故占 1/3 以上,特别是手扶拖拉机,因其转向机构不灵活,事故尤甚。另外,在这些道路上的各种交通设施亦均十分落后,公路上只有简单的标志牌,城市道路上只有少数人工控制的红绿灯,且均不够齐全。

20 世纪 70 年代开始,我国公路和城市道路上的交通量迅猛增长,交通拥挤,堵塞严重,事故日增。有鉴于此,交通部在 1970 年编制“四五”科技发展规划中,就提出在我国兴建高速公路,并将京津塘高速公路作为样板路列入规划。还责成交通部公路科学研究所与第二公路勘察设计院研究提出我国的高速公路技术标准和设计细则。1972 年交通部公路科学研究所又根据公路和城市道路发展的需要,建立交通工程研究室,开展有关交通工程学科领域的研究工作,并先后与北京、天津二市公安局合作研究建立城市交通的点、线、面控制系统,与公路规划设计院研究交通量调查的方法及设备,与北京、广东、天津、辽宁的有关单位研究建立反光标志、标线、发光标志、光纤标志、可变标志及标志牌的形式、尺寸、位置,研究建立广佛二级路、天津疏港一级公路及高速公路的交通控制系统、收费系统、通讯及传输系统等。同时,引进国外的先进技术和设备。1980 年,各有关高校开始建立交通工程专业,进行人才培养。1982 年,中国公路学会成立了交通工程学会,对我国交通工程学的发展,亦起到了很大的促进作用。在短短的 20 多年中,我国的交通工程学在理论与实践方面取得了很大进展和成就。

一、交通调查

20 世纪 70 年代中期,交通部公路科学研究所与公路规划设计院共同对国道交通调查进行了研究,研制了手控和自动控制(便携式和固定式)的交通量调查仪,提出了调查分析的方法等。在此基础上,1979 年交通部以公交路字(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。

为此,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实践。根据观测的资料,掌握了国道上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。

为了研究城市道路上交通量的变化规律,在北京、上海、哈尔滨、福州等城市的街道上设立了交通量观测站,搜集了一批数据。

二、国道网规划

20 世纪 20 年代后,我国虽进行过多次公路规划,但均属于直观经验型规划阶段。1980 年,交通部公路规划设计院经过大量调查研究,在全国交通工作会议上,提出了对 1964 年编制的《国家干线公路网规划草案》进行修订后的试行方案。1981 年由国家计委、经委和交通部以计交(1981)789 号文颁布试行。

进入 20 世纪 90 年代后,又制定了一个以高速公路、汽车专用公路为主体的全国国道主干线网。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。

三、居民出行调查

为了研究城市客流交通的特性及其在时间、空间上的分布规律,应当进行居民出行调查,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交通建设,才能做到有的放矢。

中国城市规划设计研究院与天津市合作率先于 1981 年 7 月对天津市 6 个行政区、156km²、302.7 万人进行了居民出行调查。将调查范围划分成 87 个交通小区,按调查范围居民户数(73.3 万户)的 3% 抽样,抽样户数 23 663 户,抽样人数 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为 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)四类交通方式的比例为 44.54%、10.33%、42.62%、2.51% 等。随后上海、广州、沈阳、北京等 30 多个地市相继开展了这项调查工作。通过调查,获得全国城市平均客运交通方式组成情况。

四、城市交通规划

截至 1992 年底,全国已有 517 个城市,其中 100 万人口以上的特大城市有几十个,城市人口占全国总人口的 30% 以上。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。为了适应国民经济的发展,各城市陆续修改城市总体规划,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》,明确规定了城市规划必须包括城市交通综合体系规划。目前,已有 30 多个城市做过城市交通规划。

五、交通规划的理论与方法

在道路交通规划的实践中,通过借鉴国外的交通规划理论与方法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、多路径概率分配的适用性进行了研究,提出了动态多路径交通分配模型。

与此同时,通过对交通枢纽规划的研究,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、枢纽规模与功能设计。此外,对公共交通线路优化的研究也获得了一批研究成果。

六、道路线形设计理论

我国的研究人员在研究道路交通安全的过程中,发现一些交通事故与道路设计不尽合理有关系。现行道路线形设计理论,以汽车行驶对道路的要求为依据,静止地套用公路技术标准上的规定,孤立地分析线形元素的尺寸。针对这种情况,北京工业大学提出了道路线形设计新理论,其要点是以用路者的交通需求为依据,从交通的角度,即用动态的观点分析问题,用协调的方法进行设计。所谓协调是指道路与环境协调,道路三个投影面之间的协调,线形各元素之间的协调。用速度连续和视觉连续作为判断协调的标准。按照新理论设计的道路,充分考虑了用路者的生理心理特征,更加符合行车规律,为保证道路交通安全创造了条件。

七、高速公路及其监控系统

我国修建的第一条高速公路为台湾省纵贯南北的高速公路。该路自高雄起,经台南、台中、台北到基隆止,全长 373.4km,总投资 470 亿台币,平均 1.2 亿台币/km(约 300 万美元/km),1970 年动工,1978 年 10 月通车。

在我国大陆,自 1970 年在“四五”公路交通科技发展规划中,提出兴建高速公路后,对我国是否应修建高速公路,引起了一场很大的争论,一度几乎被全盘否定。一些科研及勘测工作虽未曾间断,但受到很大影响。直至改革开放后,进入 20 世纪 80 年代我国高速公路的建设才开

始,先后修建了沈大、沪嘉、京津塘、广佛、西临、广深、莘松及广州市环城等第一批高速公路。20世纪90年代是我国高速公路大规模的建设时期,这一时期修建了京珠、京福、京沈、京张、宣大、石黄、保津、开洛、石太、沧石、太旧等高速公路,这些高速公路与前十年的高速公路相比具有路线长、连接性强和可到达性强的特点。到2001年底,全国共建成高速公路19000余公里。

高速公路的修建,带来交通监控系统、收费系统、通讯系统、安全设施设计等诸多方面的新课题。目前在部分高速公路上已建设了交通自动监控系统和控制中心,其中包括交通量、交通事故、路况及气候等信息系统、闭路电视系统和应急电话系统等。采用中同轴、微波及光纤等各种不同的通讯和数据传输系统建设了试验路段,其中大部分采用了光纤系统。设计建设了开放式和封闭式收费系统,还开通了混合式收费系统,北京市公路局还在京石高速公路收费站,研究建立了车型自动识别系统。在交通安全设施方面,交通部公路科学研究所从1972年开始就在京昌、京密、京周等公路上研究设立了反光标志、标线及发光标志,并对标志牌的尺寸、形式等进行研究改进。“七五”期间,他们又对汉字视认性进行了试验研究,取得了丰富的试验数据。据此,提出了适合我国国情的交通标志的面板尺寸、汉字字符结构和大小。八五期间,光纤标志研制成功。1992年,中国公路工程咨询监理总公司对高速公路安全护栏进行了实体碰撞试验,根据试验数据进行了理论分析。在此基础上,编写了适合我国高速公路使用的安全护栏技术标准。

这些成果的应用,保证了高速公路运营的安全与快速。

八、城市交通自动控制系统

1972年交通部公路科学研究所研制出单点定周期的红绿灯信号控制机,其周期频率可根据交通量进行调节,它解放了警力,目前已在全国各大城市普遍采用。1973年又在北京北太平庄路口试验了单点感应式的红绿灯信号控制机。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,且能予以排除,具有较好的效果。

同年,交通部公路科学研究所与北京市公安局合作,在北京前门地铁线上,进行了城市交通线控制系统的试验(当时称之为7386工程)。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,研制通过交通自动控制设备和计算机控制软件,对城市交通实施自动控制。

“七五”期间,作为国家重点课题公安部交通管理研究所、同济大学等又以南京市为试验基地,对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并付诸实践。

1988年北京市由于国内没有生产自动控制设备的厂家,又引进国外设备和软件,在北京中区52个路口、东区39个路口实施了计算机区域联网控制。

此后,上海、深圳等城市也相继使用了计算机区域控制。

九、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,对交通治理需运用系统工程理论,采取综合措施。

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。