



高等院校交通运输类“十二五”规划教材

交通工程导论

GAODENGYUANXIAO JIAOTONGYUNSHULEI SHIERWU GUIHUA JIAOCAI

JIAO TONG GONG CHENG DAO LUN

● 主编 巴兴强 张丽莉



中南大学出版社
www.csupress.com.cn

交通工程导论

主 编 巴兴强 张丽莉
副主编 温 文



中南大学出版社
www.csupress.com.cn

图书在版编目(CIP)数据

交通工程导论/巴兴强,张丽莉主编.

—长沙:中南大学出版社,2015.10

ISBN 978-7-5487-1954-0

I. 交... II. ①巴...②张... III. 交通工程 IV. U491

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 237724 号

交通工程导论

主编 巴兴强 张丽莉

☐责任编辑 刘 辉

☐责任印制 易红卫

☐出版发行 中南大学出版社

社址:长沙市麓山南路

邮编:410083

发行科电话:0731-88876770

传真:0731-88710482

☐印 装 长沙印通印刷有限公司

☐开 本 787×1092 1/16 ☐印张 16 ☐字数 396 千字

☐版 次 2015 年 9 月第 1 版 ☐印次 2015 年 9 月第 1 次印刷

☐书 号 ISBN 978-7-5487-1954-0

☐定 价 35.00 元

图书出现印装问题,请与经销商调换

高等院校交通运输类“十二五”规划教材

编审委员会

主 任：田红旗

副主任：王 炜

委 员(按姓氏笔画排序)：

丁柏群	马庆禄	王 燕	方晓平	巴兴强	邓红星
邓连波	叶峻青	史 峰	冯芬玲	朱晓立	刘 迪
杨 林	杨 岳	李明华	肖龙文	张丽莉	张云丽
陆百川	陈 坚	罗意平	郑国华	胡郁葱	姚加林
秦 进	夏伟怀	徐玉萍	高广军	黄细燕	黄 玲
曹瑾新	阎春利	温惠英	雷定猷	漆 昕	黎茂盛
潘迪夫	魏堂建				

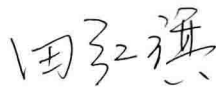
总序

交通运输业是国民经济体系的重要组成部分，也是促进国民经济发展的重要基础产业和推动社会发展的先决条件。在最近的30年里，我国交通运输业整体上取得了飞速发展，交通基础设施、现代化运输装备、客货运量总量和规模等都迅猛扩展，大量的新技术、新设备在铁路等交通运输方式中被投入应用。同时，通过大量的交通基础设施建设，特别是近年来我国高速铁路的不断投入使用，使我国的交通供需矛盾得到一定的缓解，我国交通运输网络的结构也得到了明显改善，颇具规模的现代化综合型交通运输网络已经初步形成。

我国交通运输业日新月异的发展，不仅对专业人才提出了迫切的需求，更使其教材建设成为专业建设的重点和难点之一。为解决当前国内高校交通运输类专业教材内容落后于专业与学科科技发展实际的难题，由中南大学出版社组织国内交通运输领域内的一批专家学者，协同编写了这套交通运输类“十二五”规划教材。参与规划和编写这套教材的人员都是长期从事交通运输专业的科研、教学和管理实践的一线专家学者，他们不仅拥有丰富的教学和科研经验，同时还对我国交通运输相关科学技术的发展和变革也有深入的了解和掌握。这套教材比较全面、系统地介绍了目前国内交通运输领域尤其是高速铁路的客货运输管理、运营技术、车站设计、载运工具、交通信息与控制、道路与铁道工程等方面的内容，在编写时也注意吸收了国内外业界最新的实践和理论成果，突出了实用性和操作性，适合大中专院校交通运输类以及相关专业的培养目标和教学需求，是较为系统和完整的交通运输类系列教材。该套教材不仅可以作为普通高校交通运输专业课程的教材，同时还可以作为各类、各层次学历教育和短期培训的首选教材，也比较适合作为广大交通运输从业人员的学习参考用书。

由于我们的水平和经验所限，这套教材的编写也有不尽如人意的地方，敬请读者朋友不吝赐教。编者在一定时期之后会根据读者意见以及学科发展和教学等的实际需要，再对教材进行认真的修订，以期保持这套教材的时代性和实用性。

最后衷心感谢参加这套教材编写的全体同仁，正是由于他们的辛勤劳动，编写工作才得以顺利完成。我们还应该真诚感谢中南大学出版社的领导和同志们，正是由于他们的大力支持和认真督促，这套教材才能够如期与读者见面。



中南大学副校长、教授

前 言

交通工程学是一门研究道路交通中人、车、路、环境之间的关系，探讨道路交通的规律，建立交通规划、设计、控制和管理的理论方法，以及有关设施、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。它是一门新兴的应用学科，它集自然科学和社会科学于一体，包含工程、教育、法规、环境、能源和经济等多个方面，是一门前沿交叉学科。

本书为高等院校交通运输类“十二五”规划教材，其目的是期望交通工程相关专业的学生学过该门课程后，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，为进一步学习打下基础。本书共分十二章，内容主要包括绪论、人车路的交通特性、交通调查、交通流理论、道路交通规划、交通管理与控制、交通安全、城市公共交通、停车场规划设计、建设项目交通影响评价以及智能交通等。

本书介绍了交通工程学的传统理论与方法，汇集近年来交通工程学领域的最新发展成果，同时结合编者多年的教学实践经验，编写此书。

本书第一、二、三、八、九章由东北林业大学交通学院巴兴强编写；第四、五、六章由东北林业大学交通学院张丽莉编写；第七、十章由哈尔滨铁路局哈尔滨动车段温文编写；第十一章由哈尔滨职业技术学院赵明微、东北林业大学交通学院姜博瀚编写；第十二章由东北林业大学交通学院朱海涛、雷杰编写，全书由巴兴强老师统稿。

本书在编著过程中，得到了东北林业大学交通学院各位同仁的大力支持和帮助，在此，谨向他们致以诚挚的谢意。

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。

本书在编著过程中，还受到东北林业大学重点课程建设“交通心理学”“交通工程学”的项目资金资助，在此一并表示感谢！

由于作者学识水平有限，书中错误和疏漏之处在所难免，恳请读者批评指正。

编 者
2015 年 5 月

目 录

第一章 绪论	(1)
第一节 交通工程学的概念	(1)
第二节 交通工程学的主要内容与特点	(2)
第三节 交通工程学的产生与发展	(6)
第四节 我国交通工程学近期的主要任务	(13)
第二章 人、车、路的交通特性	(15)
第一节 人的交通特性	(15)
第二节 车辆的交通特性	(32)
第三节 道路的交通特性	(38)
第三章 交通调查	(48)
第一节 交通调查概述	(48)
第二节 交通量调查	(49)
第三节 速度调查	(59)
第四节 密度调查	(63)
第五节 其他交通调查	(67)
第四章 交通流理论	(74)
第一节 交通流理论概述	(74)
第二节 交通流统计分布理论	(75)
第三节 交通流中排队理论	(80)
第四节 跟驰理论简介	(87)
第五节 流体力学模拟理论	(89)
第五章 道路通行能力	(94)
第一节 道路通行能力和服务水平概述	(94)
第二节 道路平面交叉口的通行能力	(98)
第三节 高速公路交织区段通行能力	(108)
第四节 公共交通线路的通行能力	(113)
第五节 自行车道的通行能力	(115)
第六章 道路交通规划简介	(123)
第一节 交通规划的概念与流程	(123)
第二节 交通规划的相关调查	(124)

第三节 交通需求预测	(126)
第四节 交通规划方案与评价	(138)
第七章 交通安全	(146)
第一节 交通事故及调查	(146)
第二节 交通事故分析与预测	(148)
第三节 交通安全预防	(160)
第八章 交通管理与控制	(166)
第一节 交通管理与控制概述	(166)
第二节 交通管理法规及标志标线	(170)
第三节 道路交通组织管理	(174)
第四节 交叉口的信号控制	(178)
第五节 高速公路交通管理与控制	(183)
第九章 停车场的规划与设计	(187)
第一节 概述	(187)
第二节 停车调查与车辆停放特性	(190)
第三节 停车场的规划	(195)
第四节 停车场设计	(198)
第十章 城市公共交通	(203)
第一节 概述	(203)
第二节 城市公共交通运输规划	(207)
第三节 公共交通线路网和线路	(209)
第四节 公共交通客运能力	(211)
第五节 公交车辆优先通行管理	(212)
第六节 新型公共交通	(214)
第十一章 建设项目交通影响评价	(216)
第一节 建设项目交通影响评价概述	(216)
第二节 建设项目交通影响评价原理及方法	(219)
第三节 交通影响评价工作的一般流程	(230)
第十二章 智能交通系统	(234)
第一节 智能交通系统基本概念	(234)
第二节 智能交通的研究内容	(235)
第三节 智能交通的体系构架	(239)
第四节 智能交通系统中应用的关键技术	(241)
第五节 典型智能交通应用系统案例	(242)
参考文献	(247)

第一章

绪论

第一节 交通工程学的概念

交通工程学是一门研究道路交通中人、车、路、环境之间的关系,探讨道路交通的规律,建立交通规划、设计、控制和管理的理论方法,以及有关设施、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。它是一门新兴的应用学科,它集自然科学和社会科学于一体,包含工程、教育、法规、环境、能源和经济等多个方面,是一门前沿交叉学科。

由于交通工程学是一门正在发展中的学科,目前很难对它下确切的定义,交通工程学是一门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正在发展中的新兴学科。各国学者从不同的角度,用不同的观点和方法进行探索和研究,认识并提出自己的定义。因此,对这一学科的理解和定义有多种提法。

1. 20 世纪 40 年代美国交通工程师定义

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、毗连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、经济和方便。

2. 1983 年世界交通工程师协会会员指南定义

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,终点站、毗连用地与其他运输方式的关系。

3. 澳大利亚著名的交通工程学教授布伦敦定义

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、物安全有效的移动,将此学科的知识用于交通系统的规划、设计和运营。

4. 苏联学者定义

交通工程学是研究交通运行的规律及其对道路结构、人工构造物的影响的科学。

5. 英国学者定义

道路工程中研究交通用途与控制、交通规划、线性设计的那一部分称为交通工程学。

6. 日本学者定义

考虑客货运输的安全、便利和经济,综合探讨公路、城市道路及其相邻连接地带的整体用地规划,几何线形设计和营运管理等问题,属于工程上的分支学科。

自 20 世纪 70 年代以来,国外的一些专家还提出交通工程学是“5E”的科学,即将工程(Engineering)、教育(Education)、法规(Enforcement)、环境(Enviroment)和能源(Energy) 5

个方面综合起来考虑,才能保证人、车、路之间合理的时间和空间关系。以上关于国外学者的定义可以看出,其共同点是都认为交通工程学是从道路工程学中分化出来的,其研究对象是道路交通,同时交通工程学主要解决的是交通系统规划与管理中的科学问题。

我国关于交通工程学的定义为,交通工程学是研究交通规律及其应用的一门技术科学。

总之,交通工程学的定义可以理解为:交通工程学是以人为主体的,以交通流为中心,以道路为基础,将这三方面的内容统一在交通系统中进行研究,综合处理道路交通中人、车、路、环境四者之间的时间和空间关系的学科。它的目的是提高道路的通行能力和运输效率,减少交通事故,降低能源机件损耗、公害程度与运输费用,从而达到安全、迅速、经济、舒适和降低公害的目的。

第二节 交通工程学的主要内容与特点

一、交通工程学的主要研究内容和作用

1. 交通工程学的主要研究内容

随着科学技术的进步和人们对交通需求的增加,交通工程学科作为运输学科的一个重要分支,得到了迅速的发展,学科领域不断扩大,学科的内容也日趋丰富。交通工程学的主要研究内容包括以下几个方面:

(1) 交通特性

包括人(驾驶员、行人和乘客)的交通特性,主要研究驾驶员的视觉特性、反应特性、酒精对驾驶员的危害性、驾驶员的职业适应性,以及疲劳、情绪、意志、注意力等对行车的影响;行人和乘客的交通需求、心理特征和习惯等。

车辆的交通特性包括机动车和非机动车的交通特性,包括车辆的几何尺寸、质量等车辆的外部特征;研究车辆的动力性、制动性、通过性、稳定性、机动性等运行特性;研究车辆拥有量及其增长规律对需求量的适应性、车辆组成对车辆运行的影响等。道路(公路、城市道路、交叉口及交通枢纽)的交通特性,包括研究道路网的布局、结构如何适应交通的发展;道路线形如何满足安全行车的要求;道路与环境如何协调等。交通流的交通特性主要包括交通流的3个参数——流量、速度、密度特征及其在时间与空间环境中的相互作用关系,同时要研究车头时距分布和延误等。

(2) 交通调查

包括交通量、交通速度、交通密度、交通延误的调查、居民和车辆的出行调查、道路及交叉口的通行能力调查、交通事故及违章调查、公共交通及停车场调查、交通污染调查等。

(3) 交通流理论

研究不同密度的交通流特性及其表达参数之间的关系,寻求最适合交通状态的理论模型。目前已有的模型有:车辆跟驰理论、概率论、排队论、流体力学理论等,从宏观和微观的角度研究连续车流、间断车流和混合车流的变化规律。

(4) 道路的通行能力和服务水平

包括城市道路、一般公路、高速公路通行能力的分析方法,交叉口通行能力的分析方法,公共交通线路通行能力及线网运输能力的分析方法、服务水平的分级及划分标准等。

(5) 交通规划

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、网络交通流的动态和静态分配模型、城市道路网络、公共交通网络、公路网络的规划方法、道路交通规划的评价技术。

(6) 交通事故与安全

主要研究交通事故发生的统计分布规律；交通事故的各种影响因素分析；交通安全评价；安全改善及其效益分析与评价；交通事故的预测等。

(7) 交通管理与控制

包括道路交通安全法规制定、交通系统管理策略、交通需求管理策略、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、交通管理策略的计算机模拟及定量化评价技术等。

(8) 停车场及其服务设施

研究停车需求，对停车场进行规划、设计和管理，讨论交通服务设施的布点、规模和经营等。

(9) 公共交通

讨论各种公共交通工具的特点、适用条件以及各种交通方式的相互配合，并探索新的交通方式，为居民提供方便的公共交通系统。

(10) 交通系统的可持续发展规划

研究交通合理结构的规划，交通环境污染的预测、评价及预防、交通能耗的预测与评价，交通系统中其他资源消耗的预测与评价，交通系统可持续发展的保障体系等。

(11) 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运输系统(ITS)方面，包括现代通信技术、计算机技术、信息技术、管理技术、控制技术在交通管理中的应用，如车辆卫星导航技术、高速公路自动收费技术、自动高速公路等都是 ITS 的核心内容。

2. 交通工程学的作用

交通工程学研究的内容涉及道路交通及运输工程的各个方面。总结国内外研究和运用交通工程学的实践以及交通工程学在发展过程中所显示的作用，可以概括为以下几点：

①能够促进道路交通综合治理方案的形成和实施，促使交通事故率全面下降。

②能够有效地减少和避免交通拥挤、混乱状况，提高交通运输效率和运输企业的经济效益。

③能够通过改善道路交通环境达到既提高道路通行能力，又减轻驾驶员劳动强度的效果；通过对驾驶员交通心理及审理特性的研究和运用，实施对驾驶员的科学管理，提高安全驾驶率。

④能够促使车辆和道路在质量和数量上协调发展，提高交通规划和公路网规划水平及道路的整体设计和施工水平。

⑤能够增进汽车驾驶员、乘客、行人以及骑自行车者等道路使用者的安全感和舒适感，减少道路运输中的货物损失。

⑥能够减少空气污染，交通噪声等交通公害。

⑦能够提高各项交通工作的管理水平、服务水平和法制教育水平等。

总之，研究交通工程学的的作用就是使得人们的出行更加畅通、快速、安全、舒适、环保和节能。

二、交通工程学的性质和特点

1. 性质

交通工程学是一门发展中的综合性学科，它从交通运输的角度，把人、车、路、环境与能源作为统一的有机整体进行研究和应用。就学科性质而言，它既从自然科学方面研究交通的发生和发展、时空分布、分配、车辆运行、停驻的客观规律，并作定量的分析计算、预测、规划、设计和运营等，又从社会科学方面研究交通的有关法规、教育、心理、政策、体制与管理等。因此，交通工程学是一门兼有自然科学与社会科学双重属性的综合性学科。

2. 特点

(1) 系统性

交通与整个社会经济系统密切相关，自身又是一个由诸多相互联系、相互作用、相互制约的要素所组成的有机整体，是一个多目标、多约束、开放性的大系统。其系统关系如图 1-1 所示。因此，交通工程学最重要的方法论基础就是系统分析和系统工程。以系统分析原理来认识交通问题，以系统工程原理来解决交通问题，是交通工程学发展的必由之路，也是现代交通工程学的的一个显著特点。

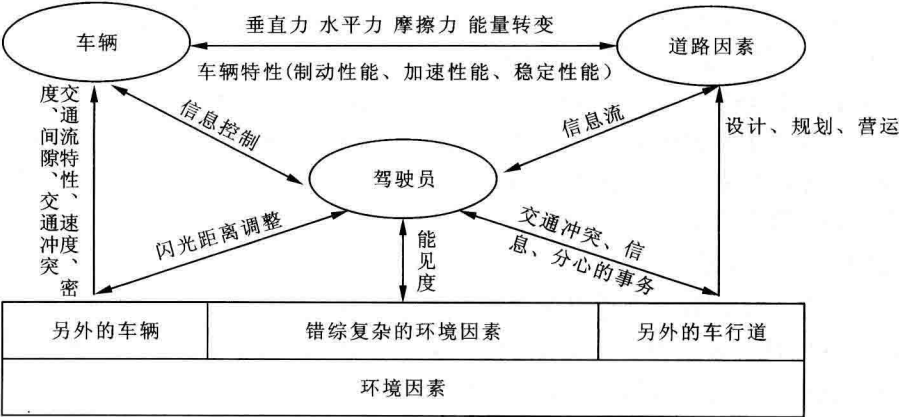


图 1-1 道路交通系统组成的概念模型

(2) 综合性

交通工程学研究的内容涉及“5E”的科学，即将工程(Engineering)、教育(Education)、法规(Enforcement)、环境(Environment)和能源(Energy)5个方面综合起来考虑，才能保证人、车、路之间合理的时间和空间关系。同时，又与地理、历史、经济、政策、体制等诸多因素有关，是一门集自然科学与社会科学、“硬”科学和“软”科学于一身的综合性很强的科学，其相关性如图 1-2 所示：

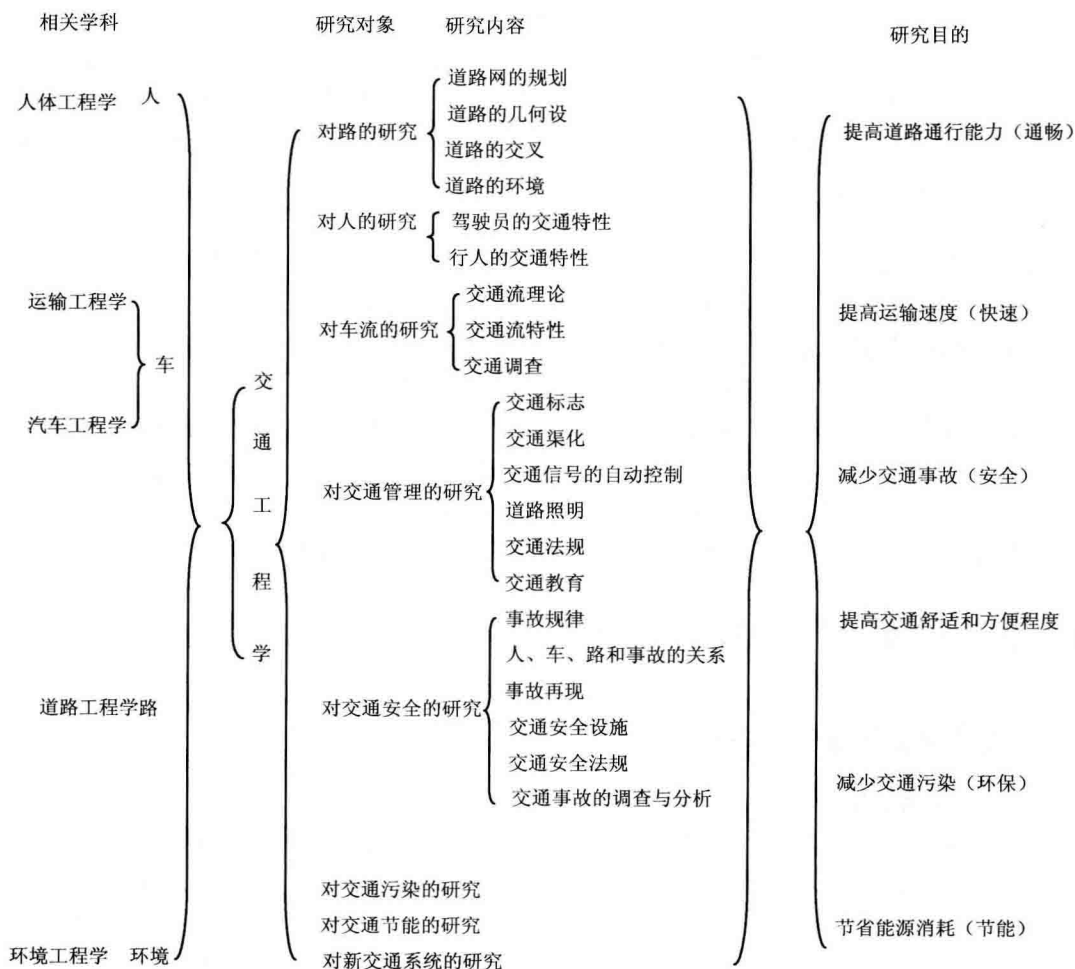


图 1-2 交通工程学研究对象、内容、目的示意图

(3) 交叉性或复合性

交通工程学研究对象具有多方面的边际性或交叉之处,如汽车行驶理论与降低汽车的废气排放、噪声、震动、道路几何线形、道路通行能力、交通规划设计、交通管理与控制等均同其他科学相互交叉或相互连接;又如智能交通系统(ITS),它使交通工程学科与电子工程学科、信息工程学科、自动控制学科、计算机技术学科、汽车工程学科等在交通运营管理中相互交叉,相互融合。

(4) 社会性

交通系统是社会经济系统中的一个子系统,涉及社会的各个方面,特别是交通规划、交通管理、交通法规等,差不多同社会各个方面均有关,如政策、法规、技术、工业、商业、生产、生活等社会各个阶层、各个单位,从人员讲涉及全体市民,并直接影响到他们的工作、生活和学习娱乐。

(5) 超前性

道路交通工程是为国民经济发展,为人民的生产、生活以及科技、教育、文化等活动服务的,是区域和城市发展的载体,社会经济活动的支撑体系,社会经济发展,生活水平提高,交通必须先行。加之交通工程本身的建设与使用期限长,要使交通工程建设能够适应今后一段时间的运输要求,就要预测或设想今后一个很长时期的交通需求情况和工程实施后的深远影响。因此,必须超前考虑,提前规划。

(6) 动态性

交通流本身就是一个动态系统,又是一个随机系统,具有典型的随机特性,其在道路网络上的分布,随时间与空间而不断变化,常常表现为空间与时间的集中而分布不均,甚至可能由于某一偶然因素而改变其正常分布,动态性十分显著。交通工程的动态特性主要表现在两个方面: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性的,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。

第三节 交通工程学的产生与发展

一、古代交通工程学的产生和发展

1. 古代道路的发展

公元前1900年,亚述帝国曾修筑了从巴比伦辐射出的道路;今天在巴格达和伊斯法罕之间,仍留有遗迹。传说非洲古国迦太基人(前600—前146)曾首先修筑有路面的道路,后来为罗马所沿用。

罗马帝国大修道路对维护帝国的兴盛起着很大的作用。把首都罗马用道路和意大利、英国、法国、西班牙、德国、小亚细亚部分地区、阿拉伯以及非洲北部联成整体,以维持在该广大地区的统治地位。并把这些区域分成13个省、有322条联络干道,总长度达78000 km(52964罗马里)。罗马大道网以29条主干道为主,其中最著名的一条是由罗马东南方向越过亚平宁山脉通往布林迪西的阿庇乌大道(一译亚平大道)全长约660 km,兴建于公元前400年前后,用了68年的时间,完成后起到了沟通罗马与非洲北部和远东地区的作用。罗马大道的主要特征有:一是路面高于地面,主要干道平均高出2 m左右,以利瞭望保障行车安全,因此,成为现代英语所袭用的“highway”一词的来源;二是两点之间常常不顾地形的艰险,恒以直线相连,工程浩大,至今尚留有隧道、桥梁、挡土墙的遗迹。其中若干主要军用大道宽达11~12 m,中间部分宽3.7~4.9 m,用硬质材料铺砌成路面,以供步兵使用,两边填筑了高于路面的宽约0.6 m的堤道,可能是为军官指挥之用,外侧每边尚有2.4 m宽的骑兵道。其施工方法是先开挖路槽,然后分四层用不同大小的石料并用泥浆或灰浆砌筑,总厚达1 m。路面的式样也不尽相同,较高级的阿庇乌大道,曾用远自160 km以外运来的边长1~1.5 m的不整齐石板,镶砌于灰浆之中。有些道路上是用大理石方块或用厚约18 cm的琢石铺砌。罗马帝国的道路建设之所以有如此辉煌的成就,主要原因之一在于统治者的重视,道路的主

持者是高级官吏,道路的最高监督有至高的权威和荣誉,如恺撒(前 102 或前 100—前 44)是第一个任职者,从此以后只有执政官级才有资格充当。正因为道路建设对罗马帝国的兴盛起着很大的作用,罗马人修建了凯旋门,纪念诸如恺撒、图拉真等的筑路功绩。随着罗马帝国的衰亡,道路也随之败坏。可以说,国家的兴衰和道路的状况有着密切的联系。

原始的道路是由人践踏而形成的小径。东汉训诂书《释名》解释道路为“道,蹈也,路,露也,人所践踏而露见也”。距今 4000 年前的新石器晚期,中国有记载役使牛马为人类运输而形成驮运道,并出现了原始的临时性的简单桥梁。相传中华民族的始祖黄帝,因看见蓬草随风吹转,而发明了车轮,于是以“横木为轩,直木为辕”制造出车辆,对交通运输作出了伟大贡献,故尊称黄帝为“轩辕氏”。随着车辆的出现产生了车行道,人类陆上交通出现了新局面。

商朝(公元前 16—前 11 世纪)已经懂得夯土筑路,并利用石灰稳定土壤。从商朝殷墟的发掘,发现有碎陶片和砾石铺筑的路面,并出现了大型的木桥。

周朝(公元前 11—前 5 世纪)道路的规模和水平有很大的发展。《诗经·小雅》记载:“周道如砥,其直如矢。”说明当时道路坚实平坦如磨石,线形如箭一样直。对道路网的规划、标准、管理、养护、绿化以及沿线的服务性设施方面,也有所创建。首先把道路分为市区和郊区,前者称为“国中”,后者称为“鄙野”,分别由名为“匠人”和“遂人”的官吏管理。可以说是现代城市道路和公路划分的先河。城市道路的规划,分为“经、纬、环、野”四种,南北之道为经,东西之道为纬,都城中有九经九纬,成棋盘形,围城为环,出城为野。规定有不同的宽度(其单位是轨,每轨宽八周尺,每周尺约合 0.2 m),经涂、纬涂宽九轨,环涂宽七轨,野涂宽五轨。郊外道路分为路、道、涂、畛、径五个等级,并根据其功能规定不同的宽度,有如现代的技术标准。在路政管理上,朝廷设有“司空”掌管土木建筑及道路,而且规定“司空视涂”,按期视察,及时维护;如“雨毕而除道,水涸而成梁”;并“列树以表道,立鄙食以守路”,是以后养路、绿化和标志的萌芽。而且“凡国野之道,十里有庐,庐有饮食;三十里有宿,宿有路室,路室有委;五十里有市,市名侯馆,侯馆有积”;其道路服务性设施的齐备程度,可想而知。以上情况,足见中国周朝的道路,已臻相当完善的程度。

战国时期(前 475—前 221)车战频仍,交往繁忙,道路的作用显得日益重要,甚至一国道路的好坏,为其兴亡的征兆。《国语》载有东周单子经过陈国时,看见道路失修,河川无桥梁,旅舍无人管理,预言其国必亡,后来果然应验。当时在山势险峻之处凿石成孔,插木为梁,上铺木板,旁置栏杆,称为栈道,是中国古代道路建设的一大特色。

秦朝(前 221—前 206)修筑的驰道可与罗马的道路网媲美。秦始皇统一中国后即开始修建以首都咸阳为中心、通向全国的驰道网。据《汉书·贾山传》:“为驰道于天下,东穷齐、燕,南极吴、楚,江湖之上,濒海之观毕至。道广五十步,三丈而树,厚筑其外,隐以金椎,树以青松”;《史记》记载了秦始皇于公元前 220 年至公元前 210 年的 11 年间,曾巡视全国,东至山东,东北至河北海滨,南至湖南,东南至浙江,西至甘肃,北至内蒙古,大部分是乘车,足见其路网范围之广。道路路基土壤采用金属椎夯实,以增加其密实度;路旁种以四季常绿的青松。定线的原则是尽量取直。公元前 212 年,秦始皇使蒙恬由咸阳修向北延伸的直道,全长约 700 km,仅用了两年半的时间修通,“堑山堙谷”(逢山劈石,遇谷填高),其工程之巨,时间之短,可称奇迹,今陕西省富县境内尚依稀可见其路形。除了驰道、直道而外,还在西南山区修筑了“五尺道”以及在今湖南、江西等地区修筑了所谓“新道”。这些不同等级、

各有特征的道路,构成了以咸阳为中心,通达全国的道路网。秦始皇还统一了车轨距的宽度(宽6秦尺,折合1.38 m),使车辆制造和道路建设有了法度。除修筑城外的道路外,对于城市道路的建设也有突出之处,如在阿房宫的建筑中,采用高架道的形式筑成“阁道”,自殿下直抵南面的终南山,形成“复道行空,不霁何虹”的壮观。

汉朝(前206—220)继承了秦朝的制度,在邮驿与管理制度上,更加完善,驿站按其大小,分为邮、亭、驿、传四类,大致上五里设邮,十里设亭,三十里设驿或传,约一天的路程。据《汉书·百官公卿表》载,西汉时全国共有亭29635个,如是则估计当时共有干道近15万km。沟通欧亚大陆的世界著名的丝绸之路,在公元前1世纪起已经形成商业之途,并将中国的丝绸穿逾沙漠,输送到欧洲而得名,但主要是在公元前138—前115年,由西汉王朝派张骞两次出使西域,远抵大夏国(即今阿富汗北部)而载之于史册。丝绸之路主要路线,起自长安(今西安),沿河西走廊,到达敦煌,由此分成经塔里木河南北两通道,均西行至木鹿城(今前苏联境内)。然后横越安息(在今伊朗)全境,到达安都城(今土耳其安塔基亚)。又分两路,一路至地中海东岸,转达罗马各地;一路到达地中海东岸的西顿(今黎巴嫩)出地中海。3世纪时,又有取道天山北面的较短路线,沿伊犁河西行到达黑海附近。丝绸之路不但在经济方面,而且在文化各方面,沟通了中国和中东与欧洲各国。

后汉时期,在今陕西褒城鸡头关下修栈道时,经过横亘在褒河南岸耸立的石壁,名为“褒屏”,曾用火煨石法开通了长14 m,宽3.95~4.25 m,高4~4.75 m的隧洞,就是著名的石门,内有石刻《石门颂》、《石门铭》记其事。火煨石法先用柴烧炙岩石,然后泼以浓醋,使之粉碎,再用工具铲除,逐渐挖成山洞。

隋朝(581—618)匠人李春等在赵郡(今河北省赵县)洹河上修建了著名的赵州桥,首创圆弧形空腹石拱桥,是建桥技术上的卓越成就。在道路建设中较巨大的工程有长数千里的御道,《资治通鉴·隋记》“发榆林北境至其牙,东达于蓟,长三千里,广百步,举国就役,开为御道”,可见规模之大。

唐朝(618—907)是中国封建王朝的鼎盛时期,重视道路建设。唐太宗即位不久就曾下诏书,在全国范围内要保持道路的畅通无阻,对道路的保养也有明文规定,不准任意破坏,不准侵占道路用地,不准乱伐行道树,并随时注意保养。唐朝重视驿站管理,传递信息迅速,紧急时,驿马每昼夜可行500里以上。唐朝时已出现了沿路设置土堆,名为堠,以记里程,即今天的里程碑的滥觞。唐朝不但郊外的道路畅通,而且城市道路建设也很突出。首都长安是古代著名的城市,东西长9721 m,南北长8651 m,道路网是棋盘式,南北向14条街,东西向11条街,位于中轴线的朱雀大街宽达150 m,街中80 m宽,路面用砖铺成,道路两侧有排水沟和行道树,布置井然,气度宏伟,不但为中国以后的城市道路建设树立了榜样,而且影响远及日本。

宋朝、元朝、明朝(960—1644)均在过去的道路建设基础上有所提高,尤其是元朝地域辽阔,自大都(今北京)通往全国有7条主干道,形成一个宏大的道路网。

清朝(1644—1911)利用原有驿道修建了长达约15万km的“邮差路线”。在筑路及养路方面也有新的提高,规定得很具体。在低洼地段,出现高路基的“叠道”,在软土地区用秫秸铺底筑路法,有如今天的土工织物(见预压法),对道路建设有不少新贡献。

清朝的茶叶之路,以山西、河北为枢纽,北越长城,贯穿蒙古,经西伯利亚通往欧洲腹地,是丝绸之路衰落之后在清朝兴起的又一条陆上国际商路。它始于汉唐时代,鼎盛于清道

光时期。但中国的道路建设发展至清朝末年,已是驿道时代的尾声,代之而起者是汽车公路的逐渐兴起。从此,近代道路的发展史重点,由东方而转移到西方。

2. 古代交通工具的发展

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,一般可以分为步行交通、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,人们的唯一交通方式是步行,人们从事一切活动都靠步行来解决,尽管后来人们开始驯化野兽或动物来驮运货物,但仍属于步行交通范畴。

(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到了相当大的促进作用。

(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提供了良好的条件,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,德国人戴姆勒、奔驰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1万辆,20年后就发展到约300万辆,目前,全球汽车拥有量在10亿辆左右。进入新世纪后,欧美国家汽车拥有量2亿左右辆,我国实际的汽车拥有量也超过了8000万辆。

(4) 智能交通时代

智能交通是交通发展的最高阶段,目前世界各国交通工程的发展尚未进入此阶段,但是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10亿辆汽车,为了满足这些汽车的需求,各国都花费了巨大的资金以及土地资源修建城市道路及高速公路。但是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、现代交通工程学科的产生和发展

1. 交通工程学的产生

汽车运输以其机动灵活、速度快、投资少、适应性强、可达性好等优点,得到了迅速发展。美国是汽车运输发展最快的国家,到1930年美国的汽车拥有量已达3000多万辆,道路400多万公里,平均每一千居民拥有180辆汽车。2006年美国每百人汽车拥有量达到78.8辆。小汽车已成为美国人生活中不可缺少的交通工具,大城市汽车交通已相当繁忙。汽车运输的发展除了繁荣经济、生活方便外,同时也带来了交通事故、交通拥挤、车速降低、停车困