

高等学校交通运输与工程类专业规划教材



Road Engineering  
**道路工程**  
| 第4版 |

凌天清 主编  
杨少伟 主审



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

高等学校交通运输与工程类专业规划教材

Road Engineering  
道路工程

(第4版)

凌天清 主编  
杨少伟 主审



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

## 内 容 提 要

本书为高等学校交通运输与工程类专业规划教材。全书着重基本概念的阐述,以解决工作中的实际问题为主,并适当介绍了目前国内高等级道路设计、施工和养护的先进经验。主要内容包括路线设计、道路交叉设计、路基设计与施工、路面设计与施工、道路排水设计和路基路面养护与管理等内容。阐述了道路工程的设计原理、计算方法、施工方法与材料要求以及路基路面检测评价与养护等方面的知识。

本书为高等学校非道路工程专业方向少学时的土木工程专业四年制本科教材,也可作为其他有关专业选修《道路工程》课程的教材,还可供从事道路工程设计、施工与养护管理的工程技术人员参考。

### 图书在版编目(CIP)数据

道路工程 / 凌天清主编. — 4版. — 北京:人民  
交通出版社股份有限公司, 2019.4  
ISBN 978-7-114-15248-1

I. ①道… II. ①凌… III. ①道路工程—高等学校—  
教材 IV. ①U41

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2018)第 288949 号

审图号:GS(2017)3318 号

高等学校交通运输与工程类专业规划教材

书 名:道路工程(第4版)

著 者:凌天清

责任编辑:李 喆

责任校对:宿秀英 张 贺

责任印制:张 凯

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:北京印匠彩色印刷有限公司

开 本:787×1092 1/16

印 张:21.5

字 数:491千

版 次:2005年4月 第1版

2010年9月 第2版

2016年7月 第3版

2019年4月 第4版

印 次:2019年4月 第4版 第1次印刷 总第18次印刷

书 号:ISBN 978-7-114-15248-1

定 价:52.00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)

王建平 (陆军工程大学)

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)

葛耀君 (同济大学)

符铎砂 (华南理工大学)

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)



# 第4版前言

《道路工程》自2005年4月出版第1版以来,得到了长安大学、重庆交通大学、东南大学、长沙理工大学和山东交通学院等我国交通类兄弟院校的大力支持,在使用过程中也提出了不少的宝贵意见,并分别于2010年9月出版第2版、2016年7月出版第3版。

目前,我国公路交通建设取得了举世瞩目的新成就,高速公路通车总里程位居世界第一,交通科技也取得了不少重大突破性成果,新的技术标准和规范(细则)陆续重新修订和颁布实施,2015年我国道路交通建设与运营管理进入了发展的新常态。特别是2017年颁布实施的《公路沥青路面设计规范》(JTG D50—2017),采用了“基于使用性能的沥青路面设计方法”取代了我国一直以来采用路表设计弯沉值这一传统指标的设计方法。这次修编《道路工程》(第4版)教材,在保持原有特色的基础上,力争满足新时期本科教学的最新要求,实现传承与创新,与时代同步前进。

本课程由于学时少,而教学内容又较多,相关技术标准、规范和道路建设理念也处于重大变革时期,故教师教学中应着重讲述基本概念,并以解决工作中的实际问题为主,应多借助互联网和各种多媒体教学资源等手段开展教学。

本书第一章、第六章第一节~第三节由凌天清编写;第二章、第三章由李松青编写;第四章由朱晓兵编写;第五章由王燕编写;第六章第四节由何亮和郑智能共同编写;第七章由董强编写;第八章由梅迎军编写。全书由凌天清主编并统稿,由杨少伟主审。

希望使用本书的单位或个人多提宝贵意见,以便及时修改完善。意见请寄重庆交通大学土木工程学院(重庆市南岸区学府大道66号,邮编400074)或者发至邮箱:lingtq@163.com。

凌天清

2019年2月于重庆交通大学

# 第3版前言

《道路工程》自2005年4月出版第1版以来,得到了长安大学、重庆交通大学、东南大学、长沙理工大学和山东交通学院等我国交通类兄弟院校的大力支持,在使用过程中也提出了不少的宝贵意见,并于2010年9月改编出版第2版,总共印刷12次。

目前,我国公路交通建设取得了举世瞩目的新成就,高速公路总里程位居世界第一,交通科技也取得了不少重大突破性成果,新的技术标准和规范(细则)陆续重新修订和颁布实施,2015年我国道路交通建设与运营管理进入了发展的新常态。这次修编《道路工程》,在保持原有特色的基础上,力争满足新时期本科教学的最新要求,实现传承与创新。

本课程虽然学时少,但教学内容较多,相关技术标准、规范和道路建设理念也处于重大变革时期,故教学中应着重基本概念的讲述,并以解决工作中的实际问题为主,应多借助互联网和各种多媒体教学资源等开展教学。

本书第一章、第六章第一~第三节由重庆交通大学凌天清编写;第二章、第三章由重庆交通大学李松青编写;第四章由重庆交通大学朱晓兵编写;第五章由重庆交通大学王燕编写;第六章第四节由重庆交通大学何亮编写;第六章第五节由重庆交通大学郑智能编写;第七章由重庆交通大学董强编写;第八章由重庆交通

大学梅迎军、凌天清共同编写。全书由凌天清主编并统稿,由长安大学杨少伟主审。

希望使用本书的单位或个人多提宝贵意见,以便及时修改完善。意见请寄重庆交通大学土木工程学院(重庆市南岸区学府大道66号,邮编400074)或者发至邮箱:lingtq@163.com。

凌天清

2016年4月于重庆交通大学

## 第 2 版前言

进入 21 世纪,我国高速公路建设取得了跨越式发展,到 2009 年底我国高速公路通车里程达 65 000km,通车总里程继续居世界第二位,仅次于美国。道路科技也日新月异。本教材在第 1 版的基础上,根据目前全面修订的有关公路与城市道路工程方面的技术标准和规范,并适当吸取国内高速公路设计和施工的经验及国内外新的科技成果,进行了全面修订。在修订过程中,还吸取了兄弟院校在使用本教材后所提出的宝贵意见。

本教材第一章、第七章由重庆交通大学凌天清修编;第二章、第三章由重庆交通大学张维全、董强修编;第四章由重庆交通大学吴进良修编;第五章由重庆交通大学董强、凌天清修编;第六章由重庆交通大学董强修编;第八章由广东交通职业技术学院鄢宏庆修编。全书由凌天清教授主编并统稿,长安大学杨少伟教授主审。

本教材为高等学校非道路工程专业方向少学时的土木工程专业四年制本科教材,也可作为其他有关专业选修教材,还可作为从事道路工程设计、施工与监理的工程技术人员培训的参考资料。



# 第1版前言

本书是根据“高等学校路桥及交通工程专业教学指导委员会”通过的“道路工程教材编写大纲”(桥梁工程专业用)编写的。全书以课程的教学基本内容与基本要求为依据,为高等学校“桥梁工程专业”四年制本科教材。

全书采用我国现行最新的有关公路与城市道路工程方面的技术标准和规范,并适当介绍了目前国内高等级道路设计和施工的经验及国内外新的科技成果。

本课程由于学时少,而教学内容又较多,故教学中应着重基本概念的讲述,并以解决工作中的实际问题为主。有条件时,可借助幻灯、录像和电影等进行教学。

本书第一、七章由重庆交通学院凌天清编写;第二、三章由重庆交通学院张维全编写;第四章由重庆交通学院吴进良编写;第五章由重庆交通学院杨锡武、凌天清编写;第六章由重庆交通学院叶巧玲和广东交通职业技术学院鄢宏庆编写;第八章由广东交通职业技术学院鄢宏庆编写。全书由凌天清主编并统稿,由长安大学杨少伟主审。

希望使用本书的单位或个人多提宝贵意见,以便再版时修正。意见请寄重庆交通学院土木建筑学院道路工程系(重庆市南岸区学府大道66号,邮编400074)。

编者

2005年1月

# 目录

<b>第一章 总论</b> .....	1
第一节 道路工程发展概况和道路的特点及功能.....	1
第二节 道路的分类与组成.....	5
第三节 道路的分级与技术标准.....	8
<b>第二章 道路平面设计</b> .....	12
第一节 道路平面线形要素 .....	12
第二节 道路平面线形设计 .....	25
第三节 道路选线 .....	35
复习题 .....	41
<b>第三章 道路纵断面设计</b> .....	42
第一节 概述 .....	42
第二节 纵坡设计 .....	43
第三节 竖曲线设计 .....	53
第四节 平、纵面线形组合设计.....	59
第五节 爬坡车道 .....	62
复习题 .....	64
<b>第四章 道路交叉设计</b> .....	66
第一节 概述 .....	66
第二节 平面交叉 .....	70
第三节 道路立体交叉 .....	75
第四节 公路与铁路、乡村道路及管线交叉.....	90

复习题 .....	92
<b>第五章 路基设计与施工 .....</b>	<b>93</b>
第一节 概述 .....	93
第二节 路基的受力与强度 .....	95
第三节 路基的破坏形式与原因分析 .....	102
第四节 公路自然区划与路基干湿类型 .....	105
第五节 一般路基设计 .....	112
第六节 路基边坡稳定性设计 .....	135
第七节 挡土墙设计 .....	145
第八节 路基施工技术 .....	175
复习题 .....	184
<b>第六章 路面设计与施工 .....</b>	<b>186</b>
第一节 概述 .....	186
第二节 沥青路面设计 .....	193
第三节 水泥路面设计 .....	219
第四节 路面施工技术 .....	239
复习题 .....	268
<b>第七章 道路排水设计 .....</b>	<b>269</b>
第一节 概述 .....	269
第二节 路基排水设计 .....	271
第三节 路面排水设计 .....	281
第四节 桥面排水 .....	296
第五节 综合排水系统设计 .....	297
复习题 .....	298
<b>第八章 路基路面养护与管理 .....</b>	<b>300</b>
第一节 概述 .....	300
第二节 路基技术状况评价与养护 .....	304
第三节 路面技术状况调查内容与方法 .....	310
第四节 路面技术状况评价与一般养护措施 .....	317
第五节 路面管理系统(PMS)简介 .....	322
复习题 .....	326
<b>参考文献 .....</b>	<b>328</b>

## 第一章

# 总论

## 第一节 道路工程发展概况和道路的特点及功能

### 一、道路工程发展概况

道路(Road)是供各种车辆和行人等通行的工程设施。道路工程则是以道路为对象而进行的规划、设计、施工、养护与管理工作的全过程及其工程实体的总称。

自从有人类开始,就有了道路。路是人走出来的,原始人徘徊于自然界的山河之间,打猎、捕鱼、采集食物,其惯行的足迹就形成了“路”。因此,可以说道路的历史就是人类发展的历史。人类在社会、经济生活中创造了道路,而道路的产生和发展又为推动社会的发展和人类的进步做出了巨大的贡献。后来,人类转入定居生活,以住地为中心的步行交通的历史就开始了。随着经济的发展,生产力的进步,人们从自给自足的生活状态发展到物物交换的商品经济,与之相适应的通商、货物运输开始发展起来。起初,原始人在陆路和水上的运输都是利用天然的运输工具。在太古时期,陆路运输以人力搬运为主。随后饲养动物开始,陆路运输转为以动物驮载来进行(如马、驴、牛、骆驼等)。当时的道路主要供人行和驮载运行。

大约公元前4000年,出现了车轮,这是人类物质文化发展史中的大事。用车轮代替滑木,以滚动代替滑动,减小了行车阻力,提高了运输效率。随着车辆的出现,以动物为牵引的轮式

车辆开始使用。轮式车辆的使用对道路提出了更高的要求,于是宽度和质量都较好的马车道路出现。车的发明改变了运输完全依靠人背、肩挑、棒抬、头顶的原始运输方式,是运输史上新的里程碑。

中国古代传说中就有黄帝“披山通路”和“黄帝造车”之说,故号轩辕氏,轩是古代一种有围棚的车,辕则是车的构件。夏代,公元前 21 世纪就有制造车辆的确切记载。在考古中还发现夏代的陶器上画有车轮花纹。这些都是夏代使用过车的佐证。

马车时代的道路虽然有很大的进步,但是由于马的运力有限,车速较低、爬坡能力弱,因此,它远远不能适应经济发展的需要和人们生活水平提高对陆路交通的要求。于是,陆路交通运输正酝酿着一场新的变革。

从 1886 年汽车出现到第一次世界大战结束,是汽车道路发展的早期阶段。这一时期,汽车数量不多,多数公路由原来的马车道改造而成。一方面,由于车辆少、交通密度小、速度低,汽车与马车在车道上混合行驶,因而公路的技术标准很低;另一方面,由于铁路的迅速发展,当时,世界铁路总里程已达 127 万 km,因此,铁路成为当时陆上交通的主体,公路运输仅是铁路、水路运输的辅助手段。世界铁路大发展的局面,使这一时期在交通运输史上被称为铁路运输时代。

1920~1945 年,是公路发展的中期阶段。第一次世界大战后,公路建设发展迅速,其主要原因有:第一,第一次世界大战结束,一些资本主义国家把军事工业转向民用工业,使汽车工业得以迅速发展。同时,由于工业机械化生产的发达,市场劳动力过剩,有更多的劳动力投入公路建设;第二,一些国家出于军事目的,对公路建设投入较大,使公路得以发展。这一时期公路运输开始普及,干线公路标准有很大提高,欧美各国已初步形成了国家的公路干线网,兽力车相继被淘汰。在整个交通运输体系中,汽车的优越性得以发挥,在各种运输方式的竞争中,公路运输的地位日益提高和作用扩大。公路运输不仅是短途运输的主力军,而且在中、长途运输中开始崭露头角,与铁路、水运竞争抗衡。铁路运输垄断的地位开始改变和下降,铁路运输的比重开始大幅度下降,在美、英、法等国,出现了拆铁路改修公路的现象。

该阶段,道路发展史上有两件大事:一是高速公路(Freeway)的出现;二是一门新兴的学科——交通工程(Traffic Engineering)的产生。高速公路和交通工程的出现把公路发展推向了现代道路的新阶段。

1932 年 8 月 6 日,德国建成了西部城市科隆和波恩之间全长约 18km 的世界上第一条高速公路,设计时速 120km,1958 年命名为 A555 号高速公路。高速公路是一种新型的交通设施,它的修建从根本上保证了汽车行驶的快速、安全、舒适,为公路事业的进一步发展开辟了广阔的前景。

交通工程这一新兴学科的出现对道路交通规划、提高道路的通行能力、减少交通事故和交通公害有着十分重要的作用,为现代高速公路的发展奠定了理论基础。

这一时期公路发展较快的国家主要是美国、德国和一些经济发达国家。在中期,公路发展的主要特征有两点:一是路面铺装率大大提高。1915 年路面铺装率只有 10%,而到这一时期铺装率已达到 70%。二是公路运输在交通运输中的比重大大提高。公路运输已在各种交通运输中开始起着主导地位的作用。

现代道路的发展速度很快,特别是 20 世纪 70 年代以来,国外道路运输进入大发展时期,现在发达国家的公路网体系,包括其中的高速公路网骨架已基本建成。这些国家的道路部门

除继续将部分精力放在道路建设上外,更将相当精力放在研究道路的使用功能与车流安全和行车舒适性上,以及改善道路对周围环境、人文景观的方面。可以说,发达国家大规模的公路建设时期已经结束或即将结束,已全面进入道路的运营管理阶段,道路网和汽车流已渗透到社会生活各个方面,在社会中产生巨大影响。

20世纪初,汽车开始进入我国,于是通行汽车的公路便发展起来。但在半封建半殖民地的旧中国,公路建设缓慢,到1949年全国通车的公路里程仅为8.07万km,而且大多是在东南沿海地区。中华人民共和国成立以来,前30年由于国民经济处于恢复期,发展较慢,按照一些外国人士的说法,当时“中国没有路”。但从1978年起,国家实行改革开放政策,我国的交通运输业取得跨越式发展。按照发展经济学理论,公路交通等基础设施作为社会先行资本,对工业化进程起着决定性作用,是一国“起飞”的必要条件。伴随着公路基础设施的飞速发展,我国国民经济的发展速度同样是史无前例的。在改革开放的大背景下,我国公路交通基础设施的跨越式发展,促进了人和货物的移动,从而支持贸易增长,促进产业升级,为文化技能传播、生产率提高创造条件;交通便利性的提高,还提升了城市的宜居水平和经济潜力,从而增加了城市的吸引力,并使城乡居民能够公平获取更多基本商品、服务、活动(如工作、教育、医疗等)的机会,缩小了城乡之间的差距,对促进城镇化发展与社会和谐进步产生了重要而深远的影响。

截至2017年底,以13.65万km高速公路(总里程数位居世界第一)为主骨架,总规模达到477.35万km的公路系统,已经为中国实现两个百年梦想铺就坚实基础。与改革开放初的1984年比较,全国公路路网密度达到49.72km/100km<sup>2</sup>,二级以上高等级公路在全国公路网中所占比例提高了20倍以上,占公路总里程的13.0%,干线公路车辆行驶平均速度提高了1倍多。国家公路运输主通道基本形成,路网结构得到逐步完善,公路客货运输的空间时距大大缩短,运输成本显著降低。公路运输条件的改善为铁路、航空、水运等其他运输方式的集、疏、运创造了更加便利的条件,使综合运输结构层次更加清晰,国家现代化的交通运输体系日趋完善。公路运输企业依托高速公路,比较优势得以发挥,与铁路、航空、水运的分工愈加科学,多种运输方式在合作和竞争中有效提升了服务品质,使旅客的出行和货物的运输更加便利。

## 二、道路的特点及功能

### 1. 特点

近百年来,汽车运输之所以能得以迅速发展,是与道路及其运输所具有的一系列特点分不开的,与其他交通运输相比,它具有以下属性及特征:

#### (1) 道路的基本属性

道路建设与道路运输是物质生产,因而它必然具有物质生产的基本属性,即有生产资料、劳动手段和劳动力以及作为物质产品而存在的道路。同时,它又有其本身特有的基本属性。

①公益性。道路分布广、涉及面宽,能使全社会受益,同时也受到社会各方面的关注和支持。特别是近年来,由于道路运输在促进社会商品经济发展方面发挥了巨大的作用,使得道路建设受到社会的更多关注与重视。

②商品性。道路建设是物质生产,道路是产品,必然具备商品的基本属性,它既具有商品