



高等学校土木工程本科指导性专业规范配套系列教材

总主编 何若全

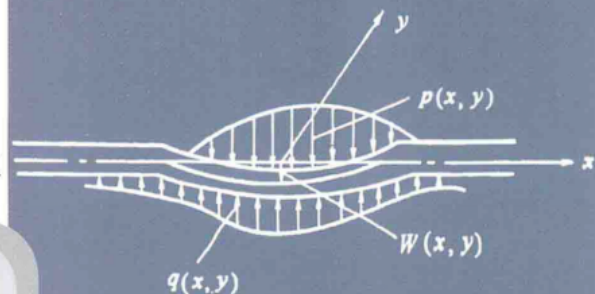
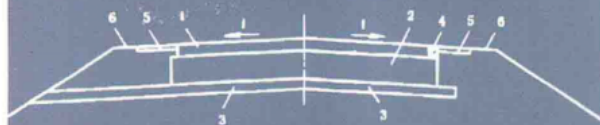
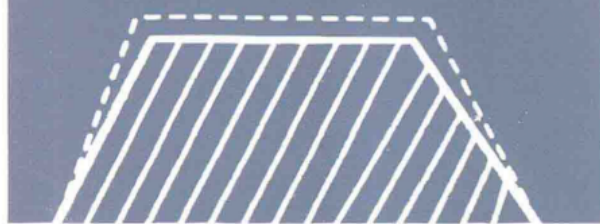
路基路面工程

LUJI
LUMIAN
GONGCHENG

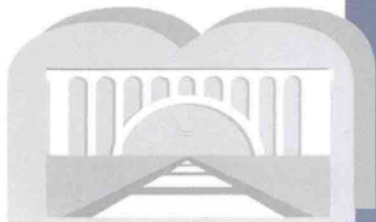
主 编 李宇峙

谢 军

主 审 凌天清



重庆大学出版社





高等学校土木工程本科指导性专业规范配套系列教材

总主编 何若全

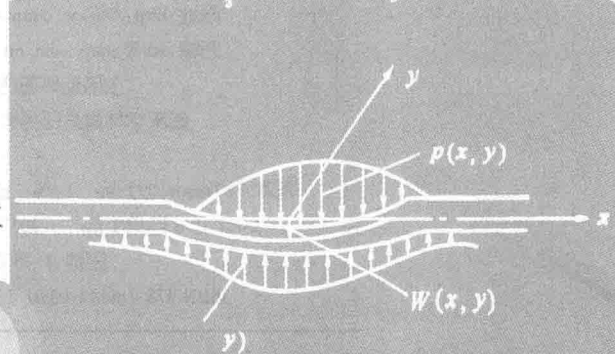
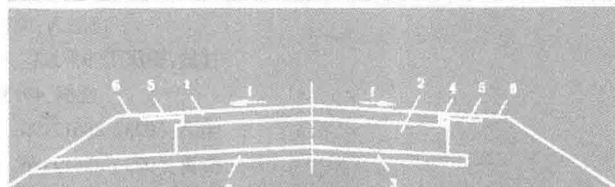
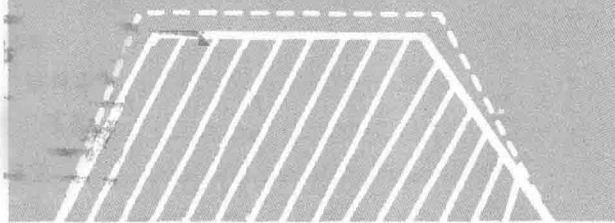
路基路面工程

LUJI
LUMIAN
GONGCHENG

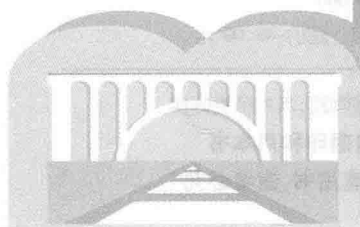
主 编 李宇峙

谢 军

主 审 凌天清



重庆大学出版社



内容提要

本书为高等学校土木工程本科指导性专业规范配套系列教材,全书共8章,主要内容包括绪论、路基设计与施工、路基防护与加固、路面基层、沥青路面、水泥混凝土路面、路基路面排水设计、路基路面养护与管理。

本书可作为高等学校土木工程、道路桥梁与渡河工程、城市道路工程、市政工程、桥梁隧道工程、机场工程、港口航道工程、交通工程等专业的主干专业课教材,也可供从事公路、城市道路、机场道路建设及交通行业人员学习参考。

图书在版编目(CIP)数据

路基路面工程/李宇峙,谢军主编. —重庆:重庆大学出版社, 2017.6

高等学校土木工程本科指导性专业规范配套系列教材
ISBN 978-7-5689-0370-7

I. ①路… II. ①李…②谢… III. ①路基—道路工程—高等学校—教材②路面—道路工程—高等学校—教材
IV. ①U416

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 012275 号

高等学校土木工程本科指导性专业规范配套系列教材

路基路面工程

主 编 李宇峙 谢 军

主 审 凌天清

责任编辑:王 婷 钟祖才 版式设计:王 婷
责任校对:关德强 责任印制:赵 晟

重庆大学出版社出版发行

出版人:易树平

社址:重庆市沙坪坝区大学城西路21号

邮编:401331

电话:(023) 88617190 88617185(中小学)

传真:(023) 88617186 88617166

网址:<http://www.cqup.com.cn>

邮箱:fxk@cqup.com.cn (营销中心)

全国新华书店经销

重庆学林建达印务有限公司印刷

*

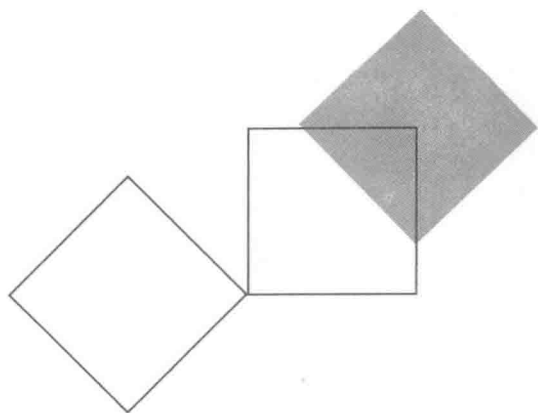
开本:787mm×1092mm 1/16 印张:26.5 字数:661千

2017年6月第1版 2017年6月第1次印刷

印数:1—3 000

ISBN 978-7-5689-0370-7 定价:49.00元

本书如有印刷、装订等质量问题,本社负责调换
版权所有,请勿擅自翻印和用本书
制作各类出版物及配套用书,违者必究



编委会名单

总主编：何若全

副总主编：杜彦良

邹超英

桂国庆

刘汉龙

编委（以姓氏笔画为序）：

卜建清

王广俊

王连俊

王社良

王建廷

王雪松

王慧东

仇文革

文国治

龙天渝

代国忠

华建民

向中富

刘凡

刘建

刘东燕

刘尧军

刘俊卿

刘新荣

刘曙光

许金良

孙俊

苏小卒

李宇峙

李建林

汪仁和

宋宗宇

张川

张忠苗

范存新

易思蓉

罗强

周志祥

郑廷银

孟丽军

柳炳康

段树金

施惠生

姜玉松

姚刚

袁建新

高亮

黄林青

崔艳梅

梁波

梁兴文

董军

覃辉

樊江

魏庆朝

总 序

进入 21 世纪的第二个十年,土木工程专业教育的背景发生了很大的变化。“国家中长期教育改革和发展规划纲要”正式启动,中国工程院和国家教育部倡导的“卓越工程师教育培养计划”开始实施,这些都为高等工程教育的改革指明了方向。截至 2010 年底,我国已有 300 多所大学开设土木工程专业,在校生达 30 多万人,无疑是世界上该专业在校大学生最多的国家。如何培养面向产业、面向世界、面向未来的合格工程师,是土木工程界一直在思考的问题。

由住房和城乡建设部土建学科教学指导委员会下达的重点课题“高等学校土木工程本科指导性专业规范”的研制,是落实国家工程教育改革战略的一次尝试。“专业规范”为土木工程本科教育提供了一个重要的指导性文件。

由“高等学校土木工程本科指导性专业规范”研制项目负责人何若全教授担任总主编,重庆大学出版社出版的“高等学校土木工程本科指导性专业规范配套系列教材”力求体现“专业规范”的原则和主要精神,按照土木工程专业本科期间有关知识、能力、素质的要求设计了各教材的内容,同时对大学生增强工程意识、提高实践能力和培养创新精神做了许多有意义的尝试。这套教材的主要特色体现在以下方面:

(1) 系列教材的内容覆盖了“专业规范”要求的所有核心知识点,并且教材之间尽量避免知识的重复;

(2) 系列教材更加贴近工程实际,满足培养应用型人才对知识和动手能力的要求,符合工程教育改革的方向;

(3) 教材主编们大多具有较为丰富的工程实践能力,他们力图通过教材这个重要手段实现“基于问题、基于项目、基于案例”的研究型学习方式。

据悉,本系列教材编委会的部分成员参加了“专业规范”的研究工作,而大部分成员曾为“专业规范”的研制提供了丰富的背景资料。我相信,这套教材的出版将为“专业规范”的推广实施,为土木工程教育事业的健康发展起到积极的作用!

中国工程院院士 哈尔滨工业大学教授

沈世钊

前 言

2011年7月,由重庆大学出版社组织召开了“高等学校土木工程本科指导性专业规范配套系列教材(第二批)研讨会”,针对土木工程本科指导性专业规范的主要内容,确定了土木工程本科指导性专业规范配套系列教材(第二批)的编写内容和编写要求。本系列教材的定位是:针对当前我国高等教育师资和学生的现状,面向80%的土木工程本科高校,满足应用型人才培养的需求,提供一套与土木工程专业规范配套、符合教育教学改革发展方向的教材。教材强调“导向、背景和主线”,即以行业企业需求为导向、以工程实际为背景、以工程技术为主线;注重“一个素养三个能力”的培养,即着力提升学生的工程素养、着力培养学生的工程实践能力、工程设计能力和工程创新能力;体现推动三个“基于”的学习,即基于问题的学习、基于项目的学习、基于案例的学习。

为此,为落实土木工程专业指导委员会对于土木工程专业人才培养的要求,按照住房和城乡建设部2011年土木工程专业指导委员会确定的《高等学校土木工程本科指导性专业规范》,遵循“多样性与规范性相统一、拓宽专业口径、规范内容最小化、核心内容最低标准”四项原则,并按照“面向产业、面向世界、面向未来”的宗旨,实施“基于问题、基于项目、基于案例”的学习,最大限度地贴近工程,回归工程教育的本质要求;同时要能够体现课程“覆盖核心的知识点和技能点”,以核心内容作为规范的最低标准进行本书的编写。

本课程是土木工程本科专业道路工程方向的主要专业课之一。按照《高等学校土木工程本科指导性专业规范》对于本课程的核心知识单元和知识点要求,本书主要内容包括路基土特性及行车荷载、路基设计、挡土墙设计、路基排水设计、路面工程概述、半刚性基层、沥青路面设计与施工、混凝土路面设计与施工等,学时为48学时。

本书在编写过程中,考虑了《路基路面工程》多年传承的经典,也考虑到结合道路发展的相关成果和最新规范的相关内容。每章安排了“学习要点”,并增加了“课后习题”,供学生课后训练与巩固课堂知识使用。另外,在部分章节安排了“工程实例”,以突出课程的工程性和实践性。

本书由长沙理工大学李宇峙和谢军担任主编,由重庆交通大学凌天清教授主审。全书共8章,其中第1章由李宇峙编写,第2章、第3章由赵锋军、李宇峙编写,第4章、第5章由谢军编写,第6章由秦仁杰编写,第7章由周科峰编写,第8章由谢军、周科峰编写,研究生杨友钢、杨

海泉参与了部分章节内容的编写及校核工作。全书由李宇峙、谢军统稿。

本书还免费提供了配套的电子课件、课后习题参考答案,以及两套试卷及答案,在重庆大学出版社教学资源网上供教师下载(网址:<http://www.cqup.net/edusrc>)。

本书定有未完善之处,恳请使用本书的读者提出宝贵意见,以便及时修订完善,联系邮箱为 howardxj@126.com。

李宇峙 谢军

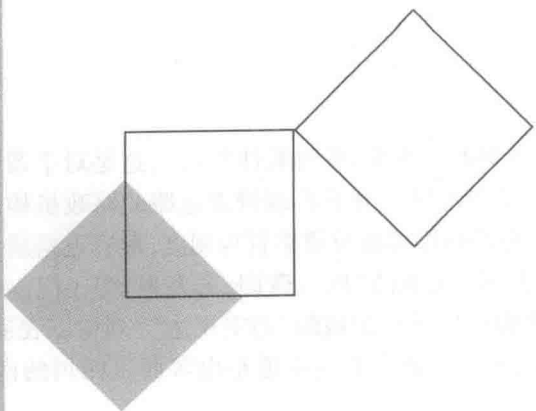
2016年12月于长沙理工大学

目 录

1 绪 论	1
1.1 道路工程的历史和发展	1
1.2 路基路面工程的特点、要求及影响因素	6
1.3 公路自然区划	9
1.4 路基水温状况及干湿类型	12
1.5 路面结构与分类	21
1.6 行车荷载	23
课后习题	34
2 路基设计与施工	35
2.1 路基设计的一般要求	35
2.2 土基力学强度特性与承载能力	36
2.3 路基的主要病害及防治	44
2.4 路基类型与构造	45
2.5 一般路基设计	48
2.6 特殊路基设计	53
2.7 路基附属设施	65
2.8 路基压实	67
2.9 路基施工要点与施工质量控制	71
课后习题	76
3 路基防护与加固	78
3.1 概 述	78
3.2 坡面防护	78
3.3 冲刷防护	82
3.4 挡土墙	84
3.5 软土地基加固	129
3.6 挡土墙设计示例	135

课后习题	140
4 路面基层	141
4.1 概 述	141
4.2 碎砾石路面(基层)	142
4.3 无机结合料稳定材料物理力学特性	150
4.4 石灰稳定材料基层	153
4.5 水泥稳定材料基层	159
4.6 工业废渣稳定材料基层	164
课后习题	167
5 沥青路面	168
5.1 概 述	168
5.2 沥青混合料结构与力学强度特性	175
5.3 沥青路面稳定性与耐久性	188
5.4 沥青路面材料及施工	199
5.5 沥青路面设计	225
5.6 沥青路面结构组合设计	228
5.7 我国沥青路面设计方法	233
5.8 其他沥青路面设计方法简介	251
5.9 沥青路面结构厚度设计工程示例	262
课后习题	266
6 水泥混凝土路面	267
6.1 概 述	267
6.2 水泥混凝土路面构造	268
6.3 水泥路面材料与施工	277
6.4 其他类型水泥混凝土路面	292
6.5 水泥混凝土路面设计	295
6.6 水泥混凝土路面应力分析	300
6.7 水泥混凝土路面结构组合设计	313
6.8 我国水泥混凝土路面设计方法	317
6.9 其他水泥路面设计方法简介	336
6.10 水泥混凝土路面板厚设计示例	337
课后习题	340
7 路基路面排水设计	341
7.1 概 述	341
7.2 路基排水设备的构造与布置	343

7.3	路面排水设计	355
7.4	桥面排水设计	363
7.5	路基路面综合排水系统设计	366
7.6	水力水文计算	368
7.7	排水设计工程示例	374
	课后习题.....	377
8	路基路面养护与管理	378
8.1	公路技术状况指数	379
8.2	路基技术状况评定与养护	383
8.3	路面技术状况评定	386
8.4	路面养护一般对策	397
8.5	路面病害及防治	398
8.6	路面养护管理系统简介	404
	课后习题.....	408
	参考文献	409



绪论

学习要点

本章要求了解道路工程的发展历史,路基路面工程特点、影响因素,公路自然区划,路基水温状况及干湿类型,路面结构及分类,交通荷载及交通分析等;熟悉道路工程的发展历史、路基路面工程特点及要求;掌握路基干湿类型的确定方法、公路自然区划的划分原则、路面结构层位功能及路面类型、汽车对道路的静态压力和动态影响、轴载换算原则、累计交通量的计算等。

道路是供各种车辆(指无轨车辆)和行人通行的工程设施的总称,按其使用特点可分为城市道路、公路、厂矿道路、林区道路及乡村道路等。

公路是指连接城市、乡村和厂矿地区之间,主要供汽车行驶并具备一定技术标准和设施的道路,主要为区间交通联系服务。路基路面工程作为公路工程的组成部分,是本书的主要研究对象。

1.1 道路工程的历史和发展

中国是一个具有五千多年文明历史的国家。在历史的长河中,我国勤劳、智慧的各族人民在道路、桥梁及车辆制造等方面取得了辉煌的成就,构成了我国古代灿烂文化的一部分,为经济的繁荣、文化的交流、维护民族团结及国家统一作出了巨大的贡献。中国古代道路和桥梁建筑曾处于世界领先地位,在世界道路史上留下了光辉的篇章。

人类最早的运输方式是步行搬运和畜力驮运,以人、牛、马为主要的运输工具。按不同的运输工具分为步行道路、驮运道路、马车道路3个阶段。

我国是世界上最早记载修建道路的国家,大约公元前4 000年出现车轮,这是人类文化发展史上的大事。随着车轮的出现,以动物为牵引的轮式车辆开始使用,它对道路提出了更高的要求,宽度和质量较好的马车道路出现了。

《古史考》记载：“黄帝作车，任重致远。少昊时略加牛，禹时奚仲驾马”，这是对于黄帝造车的描述。在唐尧时期，“天下广狭，险易远近，始有道里”，并且出现管理道路的路政机构。商朝开始出现驿道传送。周朝开创了以都市为中心的道路体系及道路管理制度，形容道路质量的有“周道如砥，其直如矢”；描述道路规划的有《周礼》记载的“匠人营国，方九里，旁三门。国中九经九纬，环涂七轨，野涂五轨”；描述道路管理的有《周语》记载的“司空视途”“列树以表道，立鄙食以守路”“雨毕而除道，水涸而成梁”等。战国时期著名的金牛道是由陕西入四川的南栈道，它是在峭岩陡壁上凿孔架木、铺板而成。

秦代有驰道、直道和规模宏大的道路交通网，总里程约 1.2 万 km。《汉书》中记载“车同轨，书同文”，作为统一天下的政策。以咸阳为中心，向各方辐射，设立了馆驿制度，十里设亭，三十里设驿。其中，秦直道被称为世界最早高速公路，早于罗马帝国兴修的罗马大道 200 多年，也称为“皇上路”“圣人条”，于公元前 212—210 年修建，南起秦都咸阳附近，自南向北，纵穿黄土高原，到达九原郡（今包头市九原区），全长 700 多 km，平均宽 30 m，最宽约 60 m，是中国境内保存下来的为数极少的古代交通要道遗址之一。其修筑以“堑山”为主，先沿山脊一侧向下挖，再铺平路面，具有军事、贸易、文化等功能。西汉时期设驿亭 3 万处，道路交通呈现更加繁荣的景象。特别是开通于汉武帝建元二年（公元前 139 年）的丝绸之路，由张骞出使西域开辟的以长安（今西安）为起点，经甘肃、新疆，到中亚、西亚，并连接地中海各国的陆上通道，连接欧亚大陆。丝绸之路是亚洲道路发达的象征，为东西方文化经济交流作出了贡献。唐代设置了以长安城（今西安）为中心约 2.2 万 km 的驿道网。

该时期的道路发展特征：出现最早标有道路的地图（1973 年湖南省马王堆三号墓出土的古地图为湖南、广东、广西三省交界地形图）、开凿了最早的行车隧道（隧道建于东汉时期，位于连接川陕的褒斜栈道的七盘山下，长 15.75 m，宽 4.15 m，高 3.6 m），采用火烧水激法施工，出现中国最早的里程标志（用土堆作标志）。

元朝驿制盛行，共设置驿站 1 496 个。清代的道路网系统分为三等：①“官马大路”，由北京辐射通往各省城，分成东北路、东路、西路和中路四大干线，共长 4 000 余华里（约 2 000 km）；②“大路”，自省城通往地方重要城市；③“小路”，自大路或各地重要城市通往各市镇的支线。同时在各条道路的重要地点设驿站。

尽管中国曾经创造了领先于世的道路文化，但由于长期的封建制度和近百年帝国主义列强的侵略和掠夺，使得旧中国道路发展十分缓慢。中华人民共和国成立前，公路里程仅 13 万 km，且标准低、简陋、路况差；汽车保有量为 5 万辆，主要依靠人力及畜力运输。1913 年湖南省修筑了长沙—湘潭的军用公路，长 50.11 km，成为我国新式筑路法之始，施工历时 8 年，共耗资 90 万银元，1921 年 11 月全线竣工，全线路基土石方约 56.9 万 m^3 ，桥梁 31 座，涵洞 86 座，路基宽 7~9 m，路面宽 4.75 m，路面的平均厚度为 15 cm。另外还有广西龙州至水口公路（长 33 km，1919 年通车）、江苏南通唐闸至天生港公路（长 6 km）、南通至狼山公路（长 10.37 km）、广东的惠州—平山公路（长 33.2 km，1921 年通车）等。这些公路修建都较早，一般是从军路开始，由地方发动，民间集资或商人集资方式修建。由于当时各省处于军阀割据和混战情况下，大都各自为政，互不联系，修建的公路既无规划，又无标准。

国民政府成立后公路开始纳入国家建设规划阶段。1927 年，国民政府的交通部和铁道部草拟了全国道路规划及公路工程标准。1932 年，全国经济委员会筹备处奉命督造苏、浙、皖三省联络公路，仿照国外中央贷款筑路办法，筹集基金，贷给各省作为补助筑路之用。并组织三省

道路专门委员会统筹规划工作。1932年冬在督造苏、浙、皖三省联络公路的基础上,在浙江溪口召开了苏、浙、皖、赣、鄂、湘、豫七省公路会议,除确定七省的督造路线外,还将陕、甘、青等省和赣、粤、闽边境的重要公路纳入督造之列。在西北地区,修筑西(安)兰(州)公路和西(安)汉(中)公路,使陕、甘、川三省交通得以连贯。

抗日战争初期,几条主要铁路(如平汉、粤汉等)运输干线几乎全被日本侵略军切断,上海、广州等口岸也被封锁。为沟通大后方交通和打通国际道路,公路成为陆上交通主要通道。为抗日战争急需而抢修了一些公路。在北战场抢修了以石家庄为中心的石德(州)、石保(定)、石沧(州)等军用公路,抢修了环绕北战场外围的太原至大同和晋南、豫中等公路。在南战场主要抢修了苏、浙、皖三省被破坏的桥梁。此后,随着战场的转移,赶筑或改善了汴(开封)洛(阳)、广(州)韶(关)、武(昌)长(沙)、汉(口)宜(昌)公路以及鄂省东北、东南通达皖赣各地的干线和支线,疏畅以武汉为中心的辐射线交通网。同时,在西北改善了西(安)兰(州)公路、兰(州)新(疆)公路,在西南修筑和改善了川陕公路、滇缅公路,整修了川湘公路和湘黔、黔桂、川黔、黔滇以及湘桂公路。这一时期新建公路多数是远在地理与自然条件均较恶劣的边陲地区,不论勘测设计或施工,工程都是十分艰巨的,其使用多服务于军事,对标准和质量要求不高,而且时兴时废,往往修筑和破坏交替发生。

从近代道路的整体历史看,中国公路的发展从无到有,从少到多,并随着交通量和车辆载重量的增大,线路和桥梁标准逐步有所提高。但因缺乏资金,缺乏公路建设的规划,即使有规划,也难以起到应有的作用,致使建成的公路在分布上很不合理。就公路工程技术而言,修建的公路多为泥结碎石路面。1933—1946年,先后在南京、重庆、昆明、乐山等地进行了水泥混凝土、块石、级配碎石、水泥稳定土、沥青表面处治、弹石等各种类型的路面试验,但因受到战争的影响,试验成果很少应用。这个时期只在滇缅公路上修筑了157 km的双层沥青表面处治路面和100 km的弹石路面;在乐(山)西(昌)公路修筑了62 km的级配碎石路面;水泥稳定土路面为数不多。筑路机械在抗战期间虽已在滇缅等公路的修筑中开始引进,然而机械配件和燃料供应困难,也难于推广使用。在桥涵结构方面,少数采用悬索吊桥、钢桁架(梁)桥、钢筋混凝土梁式桥(包括悬臂梁、T形梁、连续梁等),因建筑材料多需进口而建造不多。较普遍采用的是永久式或半永久式的圬工结构,可因地制宜、就地取材。在公路养护方面,抗日战争前多数地区的公路缺乏经常养护,只有少数路线建立了养路道班。1938年,当时的中央政府公布了一些有关养护管理的规章制度,但缺乏技术要求内容。由于路面多是泥结碎石或天然土路,而桥梁又多是木制或石(砖)砌的,各省制订的一些养护技术要求十分简单。

1949年中华人民共和国成立后,我国进入了社会主义建设的伟大时代。随着工农业迅速发展,人民生活逐步提高,尤其是建立和发展了我国的汽车工业和石油工业,使我国公路交通事业得到了迅速发展。中华人民共和国成立后,建立了从上到下的公路管理机构,并建立了设计、施工和养护的专业队伍,进行了全国公路普查,各级公路部门补充完善了各项管理制度和技术规范,公路建设队伍进一步充实发展,使各项工作走上了正轨。在第一个五年计划期间(1952—1957年)完成的重要干线公路有青藏、康藏、青新、川黔、昆洛(打洛)、成阿(坝)等公路,其中以青藏、康藏公路最为艰巨而闻名于世。十一届三中全会以来,党的改革开放政策促使我国经济建设以前所未有的速度发展,交通运输事业也遇到了最好的时机,公路建设速度得到突飞猛进的发展,并取得了举世瞩目的成就。1988年底公路总里程突破100万 km大关。同年10月31日沪嘉高速公路(长20.5 km)建成,成为我国大陆第一条完整的高速公路。

至2015年底,全国公路总里程达457.73万km,公路密度为47.68 km/百km²,全国公路总里程及公路密度如图1.1所示。公路养护里程446.56万km,占公路总里程97.6%。全国高速公路里程达12.35万km,全国高速公路里程如图1.2所示。全国等级公路里程404.63万km,等级公路占公路总里程88.4%,2015年全国技术等级公路里程构成如表1.1所示。其中,二级及以上公路里程57.49万km,占公路总里程12.6%。全国农村公路(含县道、乡道、村道)里程398.06万km,其中村道231.31万km。全国通公路的乡(镇)占全国乡(镇)总数99.99%,其中通硬化路面的乡(镇)占全国乡(镇)总数98.62%;通公路的建制村占全国建制村总数99.87%,其中通硬化路面的建制村占全国建制村总数94.45%。

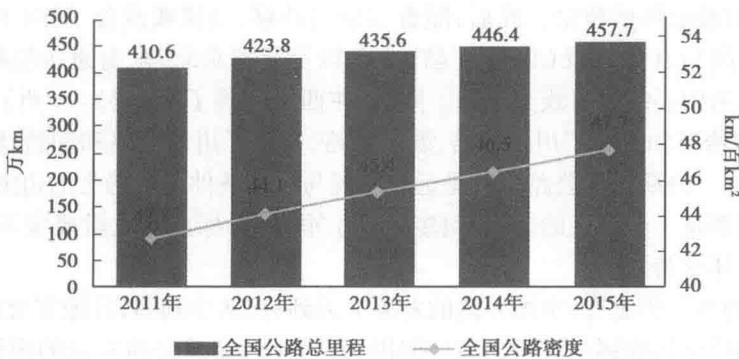


图 1.1 全国公路总里程及公路密度



图 1.2 全国高速公路里程

表 1.1 2015年全国技术等级公路里程构成

单位:万 km

高速	一级	二级	三级	四级	等外
12.35	9.10	36.04	41.82	305.32	53.10

我国交通运输发展规划指出:要根据“统筹规划、条块结合、分级负责、联合建设”的公路建设原则,按照现行管理体制,并从事权管理的角度,全面完善公路网规划,推进国家公路网规划建设,形成层次清晰、功能完善、权责分明的干线公路网络系统,重点建设国家高速公路,实施国省道改造,继续推进农村公路建设,加快国家公路运输枢纽等专项建设。贯彻落实新一轮区域发展规划,重点扶持西部地区、“老少边穷”地区,特别是西藏、新疆等重点区域公路交通建设。

路基路面直接承受行驶车辆荷载的作用,是公路工程的重要组成部分,通常根据车辆行驶的需要,选用优质材料建成。如我国古代以条石、块石或石板等材料来铺筑公路路面,以供人力、畜力车辆的通行。进入20世纪以来,随着汽车工业和交通运输的发展,现代化公路的路基路面工程逐步形成了新的学科分支,主要研究公路、城市道路和机场道路的路基路面合理结构、设计原理、设计方法、材料性能及施工、养护、维修和管理技术等。

半个世纪以来,我国广大道路工作者从我国实际和建设需要出发,引进国外先进技术,刻苦钻研、反复实践,在路基路面工程建设和科学研究中,取得了许多突破性的成果。主要包括:公路自然区划、土的工程分类、路基强度与稳定性、高路堤修筑技术及支挡结构、不良地基处理技术、岩石路基爆破技术、沥青路面结构、水泥混凝土路面结构、柔性路面设计理论与方法、刚性路面设计理论与方法、半刚性路面结构、路面使用性能与表面特性、路面养护管理、公路环保技术、废旧材料的综合利用技术、公路施工养护机械的研制与应用等。另外计算机技术、电子信息技术、自动控制技术、新材料技术、地理信息系统(GIS)、卫星定位、航测遥感技术等也普遍应用到公路交通行业。

综上所述,路基路面工程作为一门工程学科分支,随着我国交通运输的发展,正在以较快的速度接近国外同类学科的前沿。未来,无论在中国,还是在其他发达国家,路基路面工程学科仍然是一个重要的科技领域。根据当前路基路面工程科学技术的发展趋势,该学科又与如下学科有着密切的关系。

(1) 材料学

每一项路基路面工程新技术的出现,首先都是在材料方面的突破。如沥青材料的改性、土壤的改良与稳定技术,都与材料学有关。现代对于材料的微观、细观研究和复合材料的研究的许多成果正日益被引入路基路面工程中。

(2) 岩土工程学

路基路面作为地基结构物,依托天然地表的岩石与土壤修筑而成,因此在许多方面都借鉴于岩土工程学的相关成果,土力学、岩石力学、土质学、地质学等都是路基路面工程学科的重要基础理论。

(3) 结构分析理论

路基路面工程的设计已由纯经验为主的设计方法演变为以结构分析理论为基础的设计方法。由于结构的复杂性、车辆荷载与环境因素变化的复杂性,目前设计方法所依据的静力线弹性力学分析理论不能完全满足要求,基于动力荷载与结构动力响应、非线性、黏弹塑性等的数学、力学模型的建立及其数值分析和数值解方法等是目前许多学者努力解决的科研课题。

(4) 自动控制与测量技术

为确保沥青路面良好的工程质量和使用性能,必须在施工过程中严格控制各项指标,如材料用量、加热温度、碾压吨位等,在路基路面工程竣工及使用过程中也需进行长期跟踪观测。所有这些控制与量测都需要精确度高、稳定性好的技术。

(5) 现代管理科学

路基路面工程属于一个系统工程,其过程包括规划、设计、施工、养护、维修、管理等,且时间延续达数十年之久,这就需要利用现代管理科学的理念和方法,对全过程的各个阶段进行跟踪、数据采集、数据处理和科学决策,使路基路面始终具有良好的使用性能。现代管理科学对于节约建设养护投资、提高运输效率具有非常重要的作用。

1.2 路基路面工程的特点、要求及影响因素

1.2.1 路基路面工程特点及要求

公路是一种修筑在地面上供车辆行驶的线形工程构造物,主要承受车辆荷载的重复作用和经受各种自然环境因素的长期影响,这就要求公路不仅要有缓和的纵坡、平顺的线形,而且要有牢固的人工构造物(桥梁、涵洞、通道、隧道、支挡等)、稳定坚实的路基、平整耐用的路面,以及其他必要防护工程和附属设施。

路基是按照公路路线的位置和一定技术要求开挖或填筑而成的带状结构物。路面是在路基顶面的行车部分用各种混合料铺筑而成的层状结构物。路基是路面的基础,路基的强度与稳定性是保证路面强度与稳定性的基本条件。路基可为路面结构长期承受汽车荷载提供重要的保证,路面的存在又可以保护路基避免其直接经受车辆和大气、环境的破坏。因此,路基路面是公路的基本组成部分,是公路的主体,它们共同承受行车荷载与自然因素的作用。有了路基路面,车辆才能沿着预定的路线,通畅、快速、安全、舒适、经济地运行。二者是相辅相成、不可分离的整体。

路基路面工程是公路工程的主要组成部分,其工程数量十分可观,如微丘区的三级公路,每千米的土石方数量为 $8\ 000 \sim 16\ 000\ \text{m}^3$,山岭重丘区三级公路每千米土石方数量为 $20\ 000 \sim 60\ 000\ \text{m}^3$,对于高速公路,其数量更为可观。而路面结构在公路整体造价中所占比例较大,一般可达到30%左右。因此精心设计、精心施工,保证路基路面良好的工程质量和良好的长期使用性能,对于节约投资、提高运输效益具有十分重要的意义。

公路工程是一项线形工程,一般都绵延数百千米、甚至上千千米。沿线地形起伏,地质、地貌、气象特征复杂多变,同时各段路面结构层的材料来源和施工状况也很难相同,再加上公路所经区域经济发达程度和交通繁忙程度不一、车辆荷载的作用也具有随机性,因此决定了路基路面工程复杂多变的特点。工程技术人员必须具备广博的专业知识,善于处理不同的复杂环境条件,以建造出坚固耐久的路基路面工程结构。

现代化的公路交通运输,不仅要求公路能够全天候通行车辆,还要求能够保证车辆以一定的速度,安全、舒适而经济地在公路上行驶,这就要求路面具有良好的使用性能,提供良好的行驶条件和服务水平。

为保证公路具有良好的使用性能、有利于提高车速、增强安全性和舒适性,同时降低运输成本和延长公路的使用寿命,这就要求路基路面工程具有下述一系列基本功能。

(1) 承载能力

路基路面直接承受车辆荷载的作用,在路面结构内部及路基会产生应力、应变及位移,如果路基路面结构不能承受荷载的作用或者不能抵抗这种变形,那么结构就会出现路面断裂、路面车辙、路基沉陷等,严重影响公路的服务水平。因此,要求路基路面结构具有良好的承载能力。

结构承载能力包括两方面:路面结构应该具有足够的强度以抵抗车轮荷载引起的各部位的各种应力,如压应力、拉应力、剪应力等,保证不发生压碎、拉断、剪切等破坏;路基路面整体结构应具有足够的刚度,在车轮荷载作用下不发生过量变形,面层不发生车辙、沉陷、波浪等病害。

(2) 稳定性

在天然地表修建的公路结构,改变了地表原有的自然平衡状态,在达到新的平衡前需要一定的时间。而新建的公路结构直接在各种自然因素的作用下,如大气、温度、降水等,是处于不稳定状态的。路基路面结构能否经受住这种不稳定状态从而保持工程设计所要求的几何形态及物理力学性质,称为路基路面结构的稳定性。

在天然地表开挖或填筑路基,必然会改变原地面地层结构的受力状态。原来处于稳定状态的地层结构,有可能由于开挖或填筑而引起不平衡,导致路基失稳。如在软土层上修筑高路堤或在岩质或土质边坡上开挖深路堑时,有可能由于软土层承载能力不足,或者由于坡体失去支撑而出现路堤沉落或坡体坍塌。因此在选线、勘测、设计、施工中应密切注意,并采取必要的工程措施,以确保路基具有足够的稳定性。

大气降水会使路基路面结构内部的湿度发生变化,在低洼地带路基排水不良,长期积水,也会使路堤软化,失去承载能力。山坡路基有时因为排水不良,会引发滑坡或边坡坍塌。水泥混凝土路面,如果不能及时将水分排出结构层,会发生唧泥现象,冲刷基层。沥青混凝土路面中水分的侵蚀会引起沥青层剥落、结构松散。因此防水、排水是确保路基路面稳定性的重要方面。

大气温度周期性的变化对路面结构的稳定性有重要的影响。高温季节沥青路面软化,在车辆荷载作用下将产生永久变形;水泥路面在高温下会因结构变形而产生过大内应力,导致路面翘曲破坏。低温季节,水泥路面、沥青路面、半刚性基层由于低温收缩产生大量裂缝,最终失去承载能力。在严寒冰冻地区,低温引起的路基不稳定的原因是多方面的,在地下水丰富的地段,低温会引起冻胀,春天融冻季节,在交通繁忙路段,有时会引发翻浆,导致路基路面发生严重破坏。

(3) 耐久性

路基路面工程的投资较大,从规划、设计到施工建成通车需要较长的时间,这样的大型工程都应有较长的使用年限。一般公路工程使用年限至少数十年,在车辆荷载和自然因素作用下,应保持较好的耐久性能。

路基路面结构在车辆荷载及环境因素的反复作用下,强度与刚度将逐年衰变,路面材料的各项性能也会因为老化而衰变。因此,要提高路基路面的耐久性,保持其强度、刚度、几何形态经久不衰,除精心设计、精心施工、精选材料以外,还要把长期的养护、维修和恢复路面使用性能的工作放在重要位置。

(4) 表面平整度

路面表面的平整度是影响行车安全、行车舒适性和运输效益的重要方面。特别是高速公路,对路面平整度的要求更高。不平整的路面会增大行车阻力,使车辆产生附加的振动响应。这种振动会造成行车颠簸,影响行车的速度和安全、驾驶的平稳和乘客的舒适。同时,振动响应还会产生对路面的冲击力,从而加剧路面的破坏和对汽车机械的损坏,增大油料的消耗。不平整的路面还会积水,既对行车不利,也会加速路面的损坏。

优良的平整度,要依靠精良的施工设备、精细的施工工艺、严格的施工质量控制和及时的养护来保证。同时路面的平整度也和整个路面结构和路基顶面的强度和抗变形能力有关,强度和抗变形能力差的结构和材料,不能承受车辆荷载的反复作用,极易出现沉陷、车辙和推移破坏,从而形成不平整的路面。