

普通高等学校土建类“十二五”应用型规划教材

LUJI LUMIAN GONGCHENG

路基路面工程

主 编 黄学欣 孙晓英 李国力
副主编 吕连盛 袁玉伟 史红宇
董连成 杨生萍



黄河水利出版社

普通高等学校土建类“十二五”应用型规划教材

路基路面工程

主 编	黄学欣	孙晓英	李国力
副主编	吕连盛	袁玉伟	史红宇
	董连成	杨生萍	

黄河水利出版社

· 郑 州 ·

内 容 提 要

本书为普通高等学校土建类“十二五”应用型规划教材,以当前有关公路及城市道路设计、施工的最新工程技术、规范为依据,着重系统阐述路基路面工程的基本概念、理论及基本设计方法,介绍本领域内的新理论、新技术和最新发展情况。本书共分 13 章,其内容包括:绪论、行车荷载、一般路基设计、路基边坡稳定性分析、路基边坡防护与软土地基加固、挡土墙设计、路基路面排水设计、碎(砾)石路面与基层、无机结合料稳定路面、沥青路面、沥青路面结构设计、水泥混凝土路面、水泥混凝土路面结构设计等。

本书可作为高等院校土木工程专业和交通土建领域中公路工程、城市道路工程、市政工程、桥梁隧道工程、机场工程、港口航道工程等专业课程的教材,也可作为有关专业学生学习的工具书和参考书,还可作为从事路基路面工程技术工作科技人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

路基路面工程/黄学欣,孙晓英,李国力主编. —郑州:
黄河水利出版社,2013. 11

普通高等学校土建类“十二五”应用型规划教材

ISBN 978 - 7 - 5509 - 0587 - 0

I. ①路… II. ①黄…②孙…③李… III. ①路基工程 - 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(2013)第 257007 号

出版社:黄河水利出版社

地址:河南省郑州市顺河路黄委会综合楼 14 层 邮政编码:450003

发行单位:黄河水利出版社

发行部电话:0371-66026940,66020550,66028024,66022620(传真)

E-mail:hhsicbs@126.com

承印单位:黄河水利委员会印刷厂

开本:787 mm × 1 092 mm 1/16

印张:19.25

字数:445 千字

版次:2013 年 11 月第 1 版

印数:1—2 000

印次:2013 年 11 月第 1 次印刷

定价:32.00 元

前 言

本书为普通高等学校土建类“十二五”应用型规划教材之一。

路基路面工程是土木工程专业的必修课,课程涉及内容广泛,涵盖了建筑工程、交通土建工程、桥梁工程、地下工程等,并且这门课程与工程实践联系密切,具有一定的地区特点。

本书力争反映本领域最新的科学技术成果,吸取国内外成功的经验和成熟的理论与方法,并且以我国最新出版的有关工程技术标准、规范为依据,叙述路基路面工程中的关键技术,以达到理论与实际相结合的目的。

由于路基路面工程涉及路基的设计与施工、路面的设计与施工等基本概念、基础理论和设计方法,编者结合多年的教学和科研经验,力求使读者通过本书的学习达到拓实基础、拓宽视野的目的。因此,本书主要内容包括绪论、行车荷载、一般路基设计、路基边坡稳定性分析、路基边坡防护与软土地基加固、挡土墙设计、路基路面排水设计、碎(砾)石路面与基层、无机结合料稳定路面、沥青路面、沥青路面结构设计、水泥混凝土路面、水泥混凝土路面结构设计等,为了更好地掌握本课程的现状与趋势,读者应在认真学习本书的同时,浏览相关的规范与专著等。

全书由黑龙江科技大学黄学欣、小浪底水利水电工程有限公司孙晓英、黄河建工集团有限公司李国力担任主编;由黄河建工集团有限公司吕连盛、袁玉伟、杨生萍,河南省交通运输厅京港澳高速公路新乡至郑州管理处史红宇和黑龙江科技大学董连成担任副主编。本书具体编写分工为:黄学欣编写第一、六章,杨生萍编写第二、十二章,李国力编写第三、五章,孙晓英编写第四、十三章,袁玉伟编写第七、九章,吕连盛编写第八、十章,史红宇编写第十一章。

本书采用国家法定计量单位,即国际单位制(SI)进行公制与国际单位制换算。

由于时间仓促,加上编者水平有限,书中纰漏之处在所难免,敬请广大读者批评指正。

编 者

2013 年 5 月

目 录

前 言

第一章 绪 论	(1)
第一节 道路工程发展概况	(1)
第二节 路基路面工程结构的特点	(5)
第三节 路基路面结构及层位功能	(8)
第四节 影响路基路面稳定性的因素	(11)
第五节 公路自然区域划分	(12)
第六节 路面的等级与分类	(15)
习题与思考题	(17)
第二章 行车荷载	(18)
第一节 行车荷载与交通分析	(18)
第二节 环境因素对路面的影响	(28)
习题与思考题	(31)
第三章 一般路基设计	(33)
第一节 路基土的分类与工程性质	(33)
第二节 路基典型横断面与一般路基设计	(35)
第三节 路基附属设施	(44)
第四节 路基常见病害及防治	(46)
习题与思考题	(48)
第四章 路基边坡稳定性分析	(49)
第一节 路基边坡稳定性分析原理与方法	(49)
第二节 陡坡路堤稳定性分析	(57)
第三节 浸水路堤边坡稳定性分析	(59)
第四节 软土地基的路基稳定性分析	(62)
第五节 边坡稳定性设计示例	(63)
习题与思考题	(65)
第五章 路基边坡防护与软土地基加固	(66)
第一节 概 述	(66)
第二节 坡面防护	(67)
第三节 冲刷防护	(71)
第四节 软土路基加固	(75)
习题与思考题	(90)

第六章 挡土墙设计	(91)
第一节 挡土墙的分类及特点	(91)
第二节 重力式挡土墙的构造与布置	(95)
第三节 重力式挡土墙压力计算	(102)
第四节 重力式挡土墙稳定性验算	(121)
第五节 挡土墙的设计要点	(133)
第六节 加筋土挡土墙	(135)
习题与思考题	(147)
第七章 路基路面排水设计	(148)
第一节 概 述	(148)
第二节 路基排水设施的构造与布置	(149)
第三节 路面排水设计	(162)
第四节 排水系统的综合设计与示例	(165)
习题与思考题	(168)
第八章 碎(砾)石路面与基层	(169)
第一节 碎(砾)石路面材料的力学特性	(170)
第二节 碎(砾)石路面与基层	(172)
第三节 级配碎(砾)石路面	(175)
第四节 优质级配碎石基层	(177)
习题与思考题	(180)
第九章 无机结合料稳定路面	(181)
第一节 概 述	(181)
第二节 无机结合料稳定材料的物理特性及力学特性	(181)
第三节 石灰稳定类基层	(184)
第四节 水泥稳定类基层	(187)
第五节 工业废渣稳定基层	(189)
习题与思考题	(191)
第十章 沥青路面	(192)
第一节 概 述	(192)
第二节 沥青路面材料的力学特性和温度稳定性	(196)
第三节 沥青混合料的组成	(209)
第四节 沥青混合料的组成设计	(212)
第五节 SMA 沥青混合料路面	(215)
习题与思考题	(217)
第十一章 沥青路面结构设计	(218)
第一节 弹性层状体系理论概述	(218)
第二节 沥青路面的破坏状态与设计标准	(223)

第三节 沥青路面结构组合设计	(226)
第四节 新建沥青路面结构厚度计算	(227)
第五节 路面结构层弯拉应力及剪应力计算	(236)
第六节 沥青路面改建设计	(245)
第七节 沥青路面设计示例	(249)
习题与思考题	(252)
第十二章 水泥混凝土路面	(253)
第一节 概 述	(253)
第二节 水泥混凝土路面构造	(254)
第三节 水泥混凝土路面材料要求	(264)
第四节 路面水泥混凝土配合比设计	(271)
习题与思考题	(276)
第十三章 水泥混凝土路面结构设计	(277)
第一节 概 述	(277)
第二节 水泥混凝土路面荷载应力分析	(279)
第三节 水泥混凝土路面温度应力分析	(285)
第四节 水泥混凝土路面板厚设计	(289)
第五节 双层水泥混凝土路面结构设计	(296)
习题与思考题	(298)
参考文献	(300)

第一章 绪 论

第一节 道路工程发展概况

中国是一个文明古国,道路历史悠久,是世界上最早记录道路建设的国家。道路的名称,我国历代有各种说法。考诸史志,周时已有“道路”之称,秦以后的各朝有的称为“驰道”,也有的称为“驿道”,元时则称为“大道”。清时由京都至各省会的道路称为“官路”,各省会之间的道路称为“大路”,市区内的街道称为“马路”。到民国初期,由于汽车和新式筑路法的传入,则称道路为“汽车路”,简称为“公路”。我国古代道路自上古时期起到清末止,大致可以分为三个历史时期。公元前 221 年前为上古时期,据载从黄帝拓土开疆,统一政治,文化勃兴,发明舟车起,就开始了我国道路交通的新纪元。到唐尧时期,道路已经发展到“天下广狭,险易远近,始有道里”,并且已经出现管理道路的路政机构以及管理道路的官职:司空官和共工官。到了商代,人们已经懂得夯土筑路,并利用石灰稳固土壤。周代时,已经有了比较完善的道路体系。战国时期,道路的作用显得更加重要。公元前 221 年至公元 960 年为中古时期,此时秦代修筑的驰道可与罗马的道路网相媲美。秦始皇统一六国后立即开始修建以首都咸阳为中心,通向全国的驰道网。而后,汉代在继承了秦代的制度上,更加完善,驿站按其大小分为邮、亭、驿、传四类。到了唐代,唐太宗更是下诏书,要保持全国道路畅通无阻,对道路的保养也做了明文规定。公元 960 年至 1911 年为近古时期。此期间,宋、元、明三代的道路均在过去的道路建设基础上有所提高,尤其是元代地域辽阔,从大都通往全国有 7 条主干道,形成了一个宏大的道路网。而后清代利用原有驿道修建了长约 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。直到清末我国上海进口了两辆汽车,我国道路交通才正式进入汽车时代。

1912~1949 年,为近代道路时期。在政府支持、民间商人大力投入下,我国的公路建设发展迅速。到 1949 年新中国成立前我国公路已有 131 912 km,机动车 69 122 辆。1949 年以后,新中国的成立,为我国公路发展开创了一个优越的社会环境,公路事业蓬勃发展,并以较快的速度稳步前进。到目前为止,虽然中间的发展过程曲折不平,但我国的道路建设依旧取得了喜人的成绩。

随着现代科技的发展,应用于道路工程的科技也越来越多,所含的科技含量也越来越高。其中主要包含四类:一是道路勘测技术,主要有航空摄影测量技术,全数字化测图,遥感技术等;二是道路 CAD 技术;三是道路检测技术;四是路基路面新技术,其中又包括岩石爆破新技术、筑路机械自动化、路面设计自动化等。这些新技术的应用无疑会使道路工程的发展更加快捷,从而也会为整个人类的发展奠定坚实的基础。

半个世纪以来,我国广大道路工程科技工作者从我国实际和建设需要出发,引进外国先进技术,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

成就。现做如下简介。

一、公路自然划分

我国幅员辽阔,各地自然条件和道路的特点相差很大。为此,将自然条件大致相近者划分为区,在同一区划内从事公路规划、设计、施工、管理时,有许多共性因素可以相互参照。我国现行的《公路自然区划标准》(JTG 003—1986)分三级区划,一级区划是根据地理、地貌、气候、土质等因素将我国划分为七个大区,二级区划以气候和地形为主导因素,三级区划以行政区域作为界限。

二、土的工程分类

土是填筑公路路基的主要材料,由于天然成因的差异,不同的路基土表现出截然不同的工程特性。我国依据土颗粒的组成特性、土的塑性指标(塑限、液限和塑性指标)及土中有机物存在情况,将公路用土按不同的工程特性划分为巨粒土、粗粒土、细粒土和特殊土四大类,并细分为 11 种土。

三、路基强度与稳定性

路基作为路面结构的基础应具有足够的强度和稳定性,我国较早就确定了以回弹模量作为评价路基强度和稳定性的力学指标,并形成了成套的室内外试验标准方法和仪器。为了在施工中以物理性质指标控制施工质量,从而保证达到规定的强度指标,广泛开展不同土中的最佳含水率和最大密实度相关关系研究,并且统一以重型击实试验法作为基本控制指标。为了提高路基强度和稳定性,根据不同的类别土的特性,研究了粒料加固、石灰加固、水泥加固、专用固化剂加固等行之有效的技术措施。在多年冻土、膨胀土、沙漠、黄土、盐渍等特殊地区,通过研究采用各种有效技术修建公路路基取得了十分宝贵的经验。

四、高路堤修筑技术与支挡结构

为了提高高路堤路基的稳定性,研究提出的技术措施包括减轻路堤自重,采用粉煤灰或轻质塑料块修筑路基,修筑轻型路基支挡结构。特别是加筋土挡墙的研究和工程建设在我国取得了许多成果,例如条带加筋、网络加筋、土工织物加筋等均取得了良好的成果。

五、软土路基稳定技术

在软土地基上修筑路基路面,天然地面的自然平衡状态发生改变,在很长时间内路基将处于不平衡状态。为此广泛研究了软土的调查与判别方法,改变软土性质的技术措施,如砂井或塑料板排水固结法、砂垫层排水加载预压法、无机结合料深层加固法等。在力学分析方面,通过现场跟踪观测、研究、建立预测分析模型,预估与控制软土地基加固后的工后沉降,从而提高道路的稳定性的。

六、岩石路基爆破技术

利用爆破技术开山筑路在我国有悠久的历史。最近几十年,我国在山区筑路工程中

有新的发展,创造了系统的大爆破技术,每次总装炸药量多达数十吨,一次爆破可清除岩石 10 万 m^3 。大爆破以现代爆破理论为基础,事先进行周密的勘察和调查,经过精心设计的大爆破不仅能降低造价,缩短工期,而且能够使爆破后形成的坡面状况十分接近路基横断面的设计要求。

七、沥青路面结构

20 世纪 60 年代初,随着我国石油资源的大规模开采,拉开了用国产沥青筑路的序幕。早期的沥青路面主要是铺设在现有中级路面上的薄层表面处治层,以改善其行车条件。20 世纪 70 年代末,逐步形成了以贯入式路面为主的沥青路面承载结构。20 世纪 80 年代末,开始兴建高速公路,沥青路面作为一种主要形式,大量采用总厚度超过 70 cm 的重型沥青路面结构。通过长期的科学研究,形成了适合我国实际的沥青路面整套技术,包括沥青原材料的生产工艺、装备,沥青材料的技术指标与标准、试验设备及方法,沥青混合料的技术指标与标准、沥青改性及沥青混合料设计技术、沥青混合料检测设备及方法,沥青路面现代化施工整套设备、施工技术与施工管理等。

八、水泥混凝土路面结构

20 世纪 70 年代中期,交通运输发展加快,部分干线公路、城市道路及厂矿道路为提高承载能力,相继采用水泥混凝土路面结构。随后,针对水泥混凝土路面各方面存在的问题,开展了系统而具有相当规模的科学研究,从而在我国形成了关于水泥混凝土路面结构的整套技术。包括道路水泥的性能、指标、标准以及生产工艺;水泥混凝土路面基层的作用,水泥混凝土路面结构性能与设计方法,接缝构造、工作原理以及接缝设计方法;水泥混凝土路面大规模现代化施工和滑模摊铺施工成套装备及施工方法、施工组织管理等。

九、柔性路面设计原理与方法

半个世纪来,我国道路科技工作者通过广泛的调查研究和理论实践,形成了符合我国实际的柔性路面设计原理与方法体系。它吸取了世界上各种流派的学术思想,以及各个国家设计方法的优点,在力学基础方面,建立了弹性力学多层结构承受多个圆形荷载的分析系统及相应的计算机程序;提出了能控制路基结构主要性能的设计指标体系;形成了符合我国当前交通状况的荷载模式及交通分析方法;制定了完整的设计参数指标、标准、测试仪器与方法,建立了切实可行的设计计算方法系统。近年来,在路面功能设计、可靠度设计等方面的研究取得了明显的进步,将不断地充实到现有的系统中去。

十、刚性路面设计原理与方法

20 世纪 70 年代起,我国道路科技工作者对刚性路面设计进行了较系统而具有相当规模的研究。在力学基础理论方面,运用了解析法以有限元建立弹性力学层状结构,弹性地基板体模型,形成了整套的分析计算方法与计算机程序;建立了以弹性力学为基础,以混凝土弯拉应力为设计控制指标,综合考虑荷载应力与温度应力的作用并应用可靠度分析设计体系方法;研究并建立了地基承载力、疲劳效应、动力效应等一整套设计参数的取

值预计量测方法;对钢纤维混凝土路面、连续配筋混凝土路面、碾压混凝土路面、复合结构混凝土路面等新行路面结构系统进行研究,取得一批实用性研究成果。

十一、半刚性路面结构

利用石灰、水泥、工业废料等无机结合料修筑的半刚性路面始于20世纪60年代初,40多年间,对半刚性路面的强度发展规律、强度机制、路用性能等进行了广泛的研究。由于这种路面结构具有很多优势,目前已广泛用于高等级公路与城市道路,成为一种主要的结构形式。目前对它的长期使用性能和变形规律等问题正进行深入的观察与研究,此外,对于面层结构的半刚性技术途径也正在研究当中。

十二、路面使用性与表面特征

路面的平整度、破损程度、承载能力及抗滑性能是路面使用性能的重要方面。目前,我国已研究这方面性能对行车的影响与路面结构设计、材料、施工的关系;量测手段与量测方法;评定的指标与标准;在车辆的反复作用下性能的衰减及恢复等开展了广泛的研究,有的已经成功地应用于工程之中。

十三、路面养护与管理

将系统工程的理论与方法应用于协调路面养护,形成路面管理系统是20世纪80年代的新动向。20多年来,我国在路面性能的非破损快速跟踪检测,路面性能预估模型建立,路面管理网络系统的建立以及网级优化管理决策等方面取得了系列研究成果。

综上所述,路基路面工程结构作为一门工程科学分支,在我国,随着交通运输的发展,正在以较快的速度接近国外同类学科的前沿。21世纪,交通运输不论是在中国,还是在其他发达国家,仍然是一个重要的科技领域。我国道路科技工作者从我国实际出发,不断吸取交叉学科的新成就以及世界各国的成功经验,全面推动路基路面工程学科发展,为我国交通运输发展作出贡献。根据当前路基路面工程科学技术的发展趋势,对于以下几方面科学的交叉与发展特别应该引起重视。

(一)材料科学

回顾历史,路基路面工程每一项新技术的出现,首先在材料方面有所突破。如路基土壤的改良与稳定性路基的技术措施,沥青材料、水泥材料的改性研究,路用塑料等都与材料学科有关。材料的微观结构研究、复合材料研究的许多成果也正在被引入路基路面工程。

(二)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构建而成,因此路基路面工程在诸多方面借鉴岩土工程学的科技成果,如土力学、岩石力学、地质学、土质学、水文地质学等都是路基路面工程科学的重要基础理论。

(三)结构分析理论

路基路面设计由以经验为主的方法演变成以结构分析理论为主的方法是一次飞跃。由于结构的复杂性以及车辆荷载与环境因素变化的复杂性,目前多数国家的设计方法所

依据的静力线弹性力学分析理论不能完全满足要求,许多学者仍致力于路基路面结构分析的力学基础研究,如动力荷载与结构动力效应,非线性、黏弹性等数学及力学模型的建立,以及适用于各种要求、各种边界条件的数学分析方法和数值解方法,今后进一步发展有可能将宏观结构分析与材料组成、材料的特性以及材料的微观结构与微观力学相融为一体,成为路基路面工程设计的重要基础。

(四) 机电工程

现代化道路与机场路基路面工程的固有性能及品质越来越多地依赖于施工装备的性能与施工工艺,如振动压路机的吨位、频率与振幅对于各种结构层产生的效果截然不同。许多专用施工设备就是根据结构强度形成的理论和工艺要求专门进行设计的,因此有些国家在研究的一项路面工程性技术时,施工工艺与施工装备也列入研究计划,作同步开发研究。

(五) 自动控制与量测检测技术

为确保路基路面的工程质量和良好的使用品质,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、碾压质量,竣工以及开放运行后在使用过程中也需要长期作跟踪监测。所有这些控制与测量都在逐步采用高新技术,如配料自动控制、平整度自动控制等,已达到较高的精确度;在测量技术方面引用高速摄影、激光装置、红外线装置等测量材料和构造物的各项质量指标及性能指标等。

(六) 现代管理科学

从现代管理科学的角度来看,路基路面工程在一个区域内属于一个大系统,而且从规划、设计、施工、养护、维修、管理全过程来看,延续数十年之久,通过大型的管理系统,对区域范围内路基路面工程各个阶段的信息进行跟踪、采集、存储、处理、定期作评估和预测;必要时提出维修决策,投放资金进行维修养护,使路基路面始终具有良好的使用性能,这是现代化管理的总概念。许多国家已在这方面取得了实质性的进展,并用于工程实践。这对于节约维修养护投资、提高运输效率具有重要的作用。

第二节 路基路面工程结构的特点

路基路面是道路的主要工程结构物。路基是在天然地表面按照道路的设计线形(位置)和设计横断面(几何尺寸)的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。路基是路面结构的基础,坚固而又稳定的路基为路面结构长期承受车辆荷载提供了重要的保证,而路面结构的存在又保护了路基,使之避免直接经受车辆和大气的破坏作用,长期处于稳定状态。路基和路面相辅相成,实际上是不可分离的整体,应综合考虑它们的工程特点,综合解决两者的强度、稳定性等工程技术问题。

路基和路面是道路工程的主要组成部分,工程数量十分可观,以平原微丘区的三级公路为例,每千米土石方数量为 $8\,000 \sim 16\,000 \text{ m}^3$,而山岭、重丘区的三级公路每千米土石方数量可达 $20\,000 \sim 60\,000 \text{ m}^3$,对于高速公路,土石方数量更为巨大。路面结构在道路造价中所占比例很大,一般都要达到 30% 左右。因此,精心设计、精心施工,使路基路面

能长时期具备良好的使用性能,对节约投资、提高运输效益具有十分重要的意义。

路基路面是一项线形工程,有的道路延续数百千米,甚至上千千米。道路沿线地形起伏,地质、地貌、气象特征变化无常,再加上沿线城镇经济发达程度与交通繁忙程度不一,因此决定了路基路面工程复杂多变的特点,工程技术人员必须掌握广博的知识,善于识别各种变化的环境因素,恰当地进行处理,建造出理想的路基路面工程结构。

现代化道路运输,不仅要求道路能全天候通行车辆,而且要求车辆能以一定的速度,安全、舒适、经济地在道路上运行。这就要求路基路面只具有良好的使用性能,能够提供良好的行驶条件和服务水平。

为了保证道路最大限度地满足车辆运行的要求和延长道路使用寿命,路基路面应满足下述要求。

一、具有足够的强度和适宜的刚度

车辆在路面上行驶,除要克服各种阻力外,还通过车轮把垂直力和水平力施加给路面,在水平力中又分为纵向和横向两种。此外,对于汽车发动机的机械振动和悬挂系统与车身的相对运动,路面还会受到车辆的振动力和冲击力作用;在车身后还会产生真空吸力。

在上述各种外力的综合作用下,路面结构内会产生不同大小的压应力、拉应力和剪应力。如果这些应力超过路面结构整体或某一组成部分的强度,则路面会出现断裂、沉陷、波浪和磨损等破坏。这就会影响道路的使用性能,严重时还可能中断交通。因此,路面结构整体及其各组成部分必须具备足够的强度,以抵抗在行车作用下所产生的各种应力,避免破坏。

所谓刚度,是指路面抵抗变形的能力。路面结构整体或某一组成部分刚度不足,即使强度足够,在车轮荷载作用下也会产生过大的变形而产生车辙、沉陷和波浪等破坏;同时,刚度太大,路面材料脆性增大,极限变形能力减小,极易产生断裂破坏。因此,除研究路面结构的应力与强度之间的关系外,还要研究其荷载与变形或应力与应变之间的关系,使整个路面结构及其各组成部分的变形量控制在容许范围内。

二、具有足够的稳定性

路面结构袒露于大气之中,经常受到温度和水分变化的影响,其力学性能也会随之发生变化,强度和刚度不稳定,路况时好时坏。

大气温度周期性的变化对路面稳定性有很大的影响。例如,沥青路面在夏季高温时会变软而产生车辙和推挤;冬季低温时又可能会收缩、变脆而开裂;水泥混凝土路面在高温时会发生拱胀破坏,温度骤降变化时会翘曲而产生破坏;刚性基层越低温收缩越大,会产生开裂,并易引起沥青面层产生反射裂缝;北方低温冰冻季节,温度和湿度的综合作用会引起路基路面的冻胀和翻浆。

大气降水使路面结构内部的湿度状态发生变化而影响路面结构的稳定性。水泥混凝土路面因排水不畅产生唧泥、冲刷基层导致结构破坏;由于水分的侵蚀,沥青面层会产生剥落、松散等水损害;砂石路面在雨季时,会因雨水渗入路面结构,使其含水率增大,强度

下降,而产生沉降、轮辙或波浪等。

因此,应研究路面结构的温度和湿度状况及其对路面结构性能的影响,以便在此基础上,修筑在当地气候条件下具有足够稳定性的路面结构。

三、具有足够的耐久性

路面结构要承受行车荷载及冷热、干湿等气候因素的重复作用,由此而产生疲劳破坏和塑性变形累积。此外,路面材料还可能由于老化衰变而导致破坏,这些都将缩短路面的使用年限,增加养护工作量。因此,路面结构必须具备足够的抗疲劳强度以及抗老化和抗形变累积的能力。

四、具有足够的表面平整度

不平整的路表面会增大行车阻力,并使车辆产生附加的振动作用,这种振动作用会造成行车颠簸,影响行车的速度和安全、驾驶的平稳和乘客的舒适。同时,振动作用还会对路面施加冲击力,从而加剧路面和汽车机件的损坏和轮胎的磨损,并增大油料的消耗,而且不平整的路面还会积滞雨水,加速路面的破坏。平整的路表面,要依靠优良的施工机具、精细的施工工艺、严格的施工质量控制以及经常和及时的养护来保证。同时,路面的平整度还与整个路面结构的强度和抗变形能力有关,强度和抗变形能力差的路面结构,经不起车轮荷载的反复作用,极易出现沉陷、车辙和推挤等破坏,从而形成不平整的路表面。

五、具有足够的表面抗滑性

路面表面要求平整,但不宜光滑,车辆在光滑的路面上行驶时,车轮与路面之间缺乏足够的附着力或摩擦阻力。雨天高速行驶、紧急制动、突然启动,或爬坡、转弯时,车轮也易产生空转或打滑,致使行车速度降低,油料消耗增多,甚至引起严重的交通事故。通常用摩擦系数表征抗滑性能,摩擦系数小,则抗滑能力低,容易引起滑溜交通事故。对于高速公路,要求路面具有较高的抗滑性能。

六、具有良好的抗渗透性

透水的路面,水分容易渗入路面结构和路基,这些滞留于路面表层和路面结构内部的水分,在高速行驶车辆荷载的反复作用下,自由水产生很大的动水压力而不断冲刷路面,路面会产小剥落、坑槽、唧浆和网裂等水损害现象。在降水量大的潮湿多雨地区,交通量大、载重车辆多的高等级道路沥青路面,水损害现象更为严重。因此,除透水性路面外,路面应具有良好的抗渗透性,设置密实有效的防水层;同时,为避免路面水损害,应尽量采用水稳定性好的路面结构层并设置路面结构内部的排水系统。

七、具有低噪声及低扬尘性

噪声与扬尘会对环境造成污染,影响正常的行车秩序,对行车密度大的高等级道路,这是必须予以重视的问题。

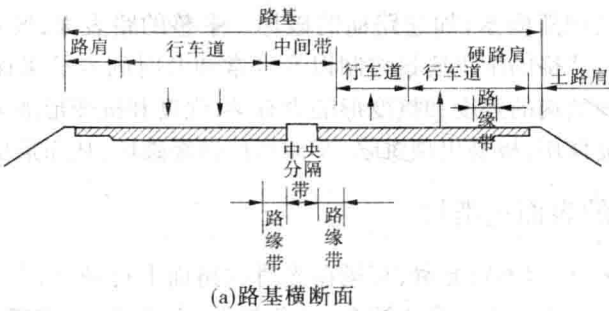
行车噪声主要因路面平整度差以及路面面层材料的刚度大而产生;还与不良的线形

设计导致车辆频繁的加速、减速、转向有关,扬尘主要发生在砂石路面,是因车轮后面所产生的真空吸力将面层细集料吸出而引起的。值得注意的是,即使是高等级路面,如不及时清扫路面浮土和灰尘,也同样会导致严重的扬尘。因此,对于行车噪声和扬尘,应从道路工程的设计、施工、养护和管理等方面统筹考虑,才能保证路面具有尽可能小的噪声和尽可能低的扬尘。

第三节 路基路面结构及层位功能

一、路基横断面

在路基顶面铺筑面层结构,路基横断面沿横断面方向由行车道、中间带、硬路肩和土路肩组成。各部分的宽度与道路等级、设计行车速度等有关。图 1-1 是典型的路基横断面和几种高速公路的路基横断面。



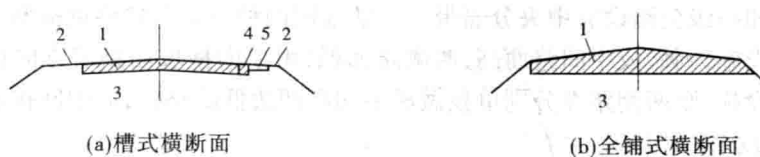
公路等级			公路路基横断面图	
高速公路	整体式断面	120 km/h	八车道	42.50(40.50) 0.75 3.25 4 × 3.75 0.75 3.00 0.75 4 × 3.75 3.25 0.75 (3.00) (0.50)(2.00)(0.50) (3.00)
		120 km/h	六车道	35.00(33.00) 0.75 3.25 3 × 3.75 0.75 3.00 0.75 3 × 3.75 3.25 0.75 (3.00) (0.50)(2.00)(0.50) (3.00)
		120 km/h	四车道	27.50或28.00(25.50) 0.75 3.25或3.50 2 × 3.75 0.75 3.00 0.75 2 × 3.75 3.25或3.50 0.75 (3.00) (0.50)(2.00)(0.50) (3.00)
	整体式断面	100 km/h	四车道	26.00(24.50) 0.75 3.00 2 × 3.75 0.75 2.00 0.75 2 × 3.75 3.00 0.75 (2.75) (0.50) (1.50) (2.75)

(b)几种高速公路的路基横断面

图 1-1 路基横断面图 (单位:m)

填方路基结构 0 ~ 30 cm 称为上路床、30 ~ 80 cm 称为下路床、80 ~ 150 cm 称为上路堤、150 cm 以下称为下路堤,不同的路堤范围对填土有不同的要求。

路面横断面的形式随路堤、等级的不同,可选择不同的形式,通常分为槽式横断面和全铺式横断面,如图 1-2 所示。



1—路面;2—路肩;3—路基;4—路缘石;5—加固路肩

图 1-2 路面横断面形式

(一) 槽式横断面

在路基上按路面行车道及硬路肩设计宽度开挖路槽,保留土路肩,形成浅槽,在槽内铺筑路面。也可采用培槽方法,在路基两侧培槽,或半填半挖的方法培槽。这种路面横断面由于路肩部分采用不透水的材料填筑,进入路面结构的水将不易被排出路肩外,槽式横断面形式如图 1-2(a) 所示。

(二) 全铺式横断面

在路基全部宽度内都铺筑路面。在高等级公路建设中,有时为了将路面结构内部的水分迅速排出,在全宽范围内铺筑基层材料保证水分由横向排入边沟。有时考虑到道路交通的迅速增长,适应扩建的需要,将硬路肩及土路肩的位置全部按行车道标准铺筑面层。此种断面适用于盛产石料的山区或较窄的路基上,全宽铺筑中、低级路面。路面横断面形式如图 1-2(b) 所示。

二、路拱横坡度

为了保证路面上雨水及时排出,缓解因雨水对路面的浸润和渗透而减弱路面结构强度,路面表面应做成直线形含水率或抛物线形含水率的路拱。等级高的路面,平整度和水稳定性较好,透水性也小。通常采用直线形含水率路拱和较小的路拱横坡度。等级低的路面,为了有利于迅速排出路表面积水,一般采用抛物线形含水率路拱和较大的路拱横坡度。表 1-1 列出了各种不同类型路面的路拱平均横坡度。

表 1-1 路拱坡度

路面类型	路拱坡度(%)
沥青混凝土、水泥混凝土	1~2
其他沥青路面	1.5~2.5
半整齐石块	2~3
碎、砾石等粒料路面	2.5~3.5
低等级路面	3~4

选择路拱横坡度,应充分考虑有利于行车平稳和有利于横向排水两方面的要求。在干旱和有积雪、浮冰地区,应采用低值,多雨地区采用高值。当道路纵坡较大或路面较宽,

或行车速度较高,或交通量和车辆载重较大时,或常有拖挂汽车行驶时,应采用平均横坡度的低值;反之,则应取用高值。

高速公路和一级公路设有中央分隔带。通常采用两种方式布置路拱横断面。若分隔带未设置排水设施,则做成中间路面高,两侧路面低,由单向横坡向路肩方向排水。若分隔带设置排水设施,则两侧路面分别单独做成中间高两边低的路拱,向中间排水设施和路肩两个方向排水。

路肩横坡度一般较路面横坡大1%。但是高速公路和一级公路的硬路肩采用与路面行车道相同的结构时,应采用与路面行车道相同的路面横坡度。路拱坡度主要是考虑路面排水的要求,路面越粗糙,要求路拱坡度越大。因此,路拱坡度应根据路面类型和当地自然条件来确定,按规定的数值采用。路拱坡度过大对行车不利,故路拱坡度应限制在一定范围内,具体按表1-1规定的数值采取。同时,路肩横向坡度一般应较路面横向坡度大1%~2%。

三、路基路面结构分层及层位功能

行车荷载和自然因素对路基路面的影响,随深度的增加而逐渐减弱。因此,对路面材料的强度、抗变形能力和稳定性的要求也随深度的增加而逐渐降低。为了适应这一特点,路面结构通常分层铺筑,按照使用要求、受力状况、土基支承条件和自然因素影响程度的不同,分成若干层次。通常按照各个层位功能的不同,路面结构一般分为面层、基层和垫层。

(一) 面层

面层是直接同行车和大气接触的表面层次,它承受较大的行车荷载的垂直力、水平力和冲击力的作用。同时,受到降水的浸蚀和气温变化的影响。因此,同其他层次相比,面层应具备较高的结构强度、抗变形能力,较好的水稳定性和温度稳定性,而且应当耐磨,不透水;其表面还应有良好的抗滑性和平整度。

修筑面层所用的材料主要有水泥混凝土、沥青混凝土、沥青碎(砾)石混合料、砂砾或碎石。

沥青面层有时分两层、三层或更多的层次铺筑,如高速公路沥青面层总厚度在16~30 cm时可分为上、中、下三层铺筑,并根据各分层的要求采用不同的级配类型。水泥混凝土路面也有分上、下两层铺筑,分别采用不同强度等级的水泥混凝土材料。也有水泥混凝土路面或连续配筋水泥混凝土上加铺4~10 cm 沥青混凝土这样的复合式结构。但是砂石路面上所铺的2~3 cm 厚的磨耗层或1 cm 厚的保护层,以及厚度不超过1 cm 的简易沥青表面处治,不能作为一个独立的层次,而应看作是面层的一部分。

(二) 基层

基层主要承受由面层传来的车辆荷载的垂直力,并扩散到下面的垫层和土基中去,实际上,基层是路面结构中的承重层,应具有一定的强度和刚度,并具有良好的扩散应力的能力。基层遭受大气因素的影响虽然比面层小,但是仍然有可能经受地下水和通过面层渗入雨水的浸蚀,所以基层结构应具有足够的水稳定性。基层表面虽不直接供车辆行驶,但仍然要求有较好的平整度,这是保证面层平整性的基本条件。