



中等职业教育国家规划教材

全国中等职业教育教材审定委员会审定

路面结构

公路与桥梁专业

(第二版)

主编 夏连学



人民交通出版社

China Communications Press

内 容 提 要

本书是中等职业教育国家规划教材,主要内容包括绪论、路面工作状况、路面结构层、沥青路面设计、水泥混凝土路面设计。全书共5章,书后附有课程教学基本要求,供各校在进行教学安排时参考。

本书作为中等职业学校公路与桥梁专业教学用书,亦可供继续教育或职业培训使用,或作为公路工程技术人员的学习参考书。

图书在版编目(CIP)数据

路面结构/夏连学主编.—2版(修订本).—北京:
人民交通出版社,2006.8

中等职业教育国家规划教材

ISBN 7-114-06096-3

I.路… II.夏… III.路面-工程结构-结构设计-专业学校-教材 IV.U416.01

中国版本图书馆CIP数据核字(2006)第087500号

中等职业教育国家规划教材

书 名:路面结构(第二版)(公路与桥梁专业)

著 作 者:夏连学

责任编辑:韩亚楠

出版发行:人民交通出版社

地 址:(100011)北京市朝阳区安定门外外馆斜街3号

网 址:<http://www.ccpress.com.cn>

销售电话:(010)85285838,85285995

总 经 销:北京中交盛世书刊有限公司

经 销:各地新华书店

印 刷:北京牛山世兴印刷厂

开 本:787×1092 1/16

印 张:8

字 数:181千

版 次:2002年7月第1版
2006年8月第2版

印 次:2006年8月第2版第1次印刷 总第2次印刷

书 号:ISBN 7-114-06096-3

印 数:10001-13000册

定 价:10.80元

(如有印刷、装订质量问题的图书由本社负责调换)

交通职业教育教学指导委员会

路桥工程专业指导委员会

主 任：柴金义

副主任：金仲秋 夏连学

委 员：（按姓氏笔画排序）

王 彤 王进思 刘创明 刘孟林

孙元桃 孙新军 吴堂林 张洪滨

张美珍 李全文 陈宏志 周传林

周志坚 俞高明 徐国平 梁金江

彭富强 谢远光 戴新忠

秘 书：伍必庆

中等职业教育国家规划教材出版说明

为了贯彻《中共中央国务院关于深化教育改革全面推进素质教育的决定》精神,落实《面向 21 世纪教育振兴行动计划》中提出的职业教育课程改革和教材建设规划,根据教育部关于《中等职业教育国家规划教材申报、立项及管理意见》(教职成[2001]1 号)的精神,我们组织力量对实现中等职业教育培养目标和保证基本教学规格起保障作用的德育课程、文化基础课程、专业技术基础课程和 80 个重点建设专业主干课程的教材进行了规划和编写,从 2001 年秋季开学起,国家规划教材将陆续提供给各类中等职业学校选用。

国家规划教材是根据教育部最新颁布的德育课程、文化基础课程、专业技术基础课程和 80 个重点建设专业主干课程的教学大纲(课程教学基本要求)编写,并经全国中等职业教育教材审定委员会审定。新教材全面贯彻素质教育思想,从社会发展对高素质劳动者和中初级专门人才需要的实际出发,注重对学生的创新精神和实践能力的培养。新教材在理论体系、组织结构和阐述方法等方面均作了一些新的尝试。新教材实行一纲多本,努力为学校选用教材提供比较和选择,满足不同学制、不同专业和不同办学条件的学校的教学需要。

希望各地、各部门积极推广和选用国家规划教材,并在使用过程中,注意总结经验,及时提出修改意见和建议,使之不断完善和提高。

教育部职业教育与成人教育司

二〇〇六年六月

为了贯彻《中共中央国务院关于深化教育改革全面推进素质教育的决定》,落实《面向 21 世纪教育振兴行动计划》中提出的“职业教育课程改革的教材建设规划”,教育部全面启动了中等职业教育国家规划教材建设工作。交通职业教育教学指导委员会路桥工程学科委员会组织全国交通职业学校(院)的教师,根据教育部最新颁布的公路与桥梁专业的主干课程教学基本要求,编写了中等职业教育公路与桥梁专业国家规划教材共 8 种,并通过了全国中等职业教育教材审定委员会的审定。

本套教材的编写融入了全国各交通职业学校(院)公路与桥梁专业的教学改革成果,并结合了最新的技术标准、规范以及公路科技进步等情况,具有较强的针对性。新教材较好地贯彻了素质教育的思想,力求体现以人为本的现代理念,从交通行业岗位群的知识和技能要求出发,并结合对培养学生创新能力、职业道德方面的要求,提出教学目标并组织教学内容,在教材的理论体系、组织结构、内容描述上与传统教材有了明显的区别。

《路面结构》是中等职业教育公路与桥梁专业国家规划教材之一,内容包括:绪论、路面工作状况、路面结构层、沥青路面设计、水泥混凝土路面设计。全书共 5 章。

参加本书编写工作的有:河南省交通学校夏连学(编写第一、二、三、四章),第五章由夏连学和吉林交通职业技术学院陈淑贤共同编写。全书由河南省交通学校夏连学担任主编,浙江交通职业技术学院金仲秋担任责任编委。人民交通出版社聘请湖南交通职业技术学院文德云高级讲师担任本套教材的总统稿人。本书由长安大学胡大琳教授担任责任主审,长安大学高江平、张争奇副教授审稿。他们对书稿提出了宝贵意见,在此表示衷心感谢。

限于编者经历及水平,教材内容很难覆盖全国各地的实际情况,希望各教学单位在积极选用和推广国家规划教材的同时,注意总结经验,及时提出修改意见和建议,以便再版修订时改正。

交通职业教育教学指导委员会
路桥工程学科委员会

二〇〇二年五月

随着公路特别是高速公路建设事业的快速发展,我国在公路与桥梁工程设计理论、公路建设新材料、公路施工新技术和新工艺等方面的研究取得了许多新的成果。为此,近年来中华人民共和国交通部颁布了一些新的行业标准、规程和规范。为紧跟行业新技术的发展步伐,适应新标准和规范的要求,改正第一版教材中与新标准、规程和规范表述不相吻合的内容,也为了弥补第一版教材在使用过程中发现的不足,交通职业教育教学指导委员会路桥工程专业指导委员会研究决定,对2002年出版的中等职业教育国家规划教材按以下原则重新编写。

1. 遵循“去旧补新”的原则。根据国家和行业颁布的最新标准、规程和规范以及行业科技进步需要,对原教材中的部分内容进行适当的调整和更新,同时对原教材中的不足和疏忽予以弥补。

2. 突出实践技能的原则。按照教育部对中等职业教育培养目标的定位,吸收近几年职业教育教学改革的经验和成果,力求使新修订的教材更符合中职学生的认知规律、实际应用和职业技能的训练需要,体现“所学即所用,所用即所教”。

本书由河南交通职业技术学院夏连学编写并担任主编,浙江交通职业技术学院金仲秋担任主审。

第二版教材增附教育部颁布的《中等职业学校公路与桥梁专业教学指导方案》中对《路面结构》课程的“教学基本要求”,以便于各校组织教学时参考。

交通职业教育教学指导委员会
路桥工程专业指导委员会

二〇〇六年八月

第一章 绪论	1
第一节 我国公路路面工程发展概况.....	1
第二节 对路面的基本要求.....	3
第三节 路面结构组成与分级.....	5
第二章 路面工作状况	10
第一节 行车荷载	10
第二节 公路自然区划及路基土的工程性质	16
第三节 土基的干湿类型	20
第四节 自然因素对路面的影响	23
第三章 路面结构层	26
第一节 无机结合料稳定土结构层	26
第二节 碎石、砾石类结构层.....	33
第三节 沥青类结构层	37
第四节 新型沥青路面结构层	46
第五节 水泥混凝土面层板	49
第六节 路面排水	51
第四章 沥青路面设计	56
第一节 沥青路面设计的方法	56
第二节 标准轴载与轴次换算	58
第三节 沥青路面设计指标	61
第四节 土基与路面材料强度指标	64
第五节 沥青路面结构设计	71
第六节 新建沥青路面结构层厚度计算	77
第七节 改建路面设计	79
第五章 水泥混凝土路面设计	85
第一节 设计依据	85
第二节 水泥混凝土路面结构组合设计	90
第三节 普通水泥混凝土路面的接缝与特殊部位配筋	94
第四节 普通水泥混凝土路面板厚计算	102
第五节 其他水泥混凝土路面.....	108
《路面结构》教学基本要求	111
参考文献	113

第一章 绪 论

第一节 我国公路路面工程发展概况

路面是用各种筑路材料铺在公路路基上供汽车行驶的构造物,其作用是加固行车部分,使汽车在其上安全、舒适地行驶。常见的路面类型有沥青类路面、水泥混凝土路面、碎(砾)石路面等。

路面工程是道路工程的一个重要组成部分。它主要研究道路路面的设计原理和方法,路面结构组成,路面材料性能和规格要求以及路面施工、养护、维修和管理技术等。

由于公路运输在国民经济中起着极其重要的作用,因此随着我国国民经济的蓬勃发展,公路运输业也在迅速地发展。20世纪80年代初,我国公路里程不足90万km,有铺装的路面不足20%,而且没有一级公路和高速公路。截至2005年底,我国公路总里程达到192万km,高速公路里程达4.1万km。

公路运输正朝着重型、量大、高速的方向发展,特别是高速公路要求建筑能够满足行车舒适、快速、耐久要求的路面,这就对路面工程从设计原理和方法、材料应用与组成,施工机械和施工方法,以及质量检查与控制等方面,都提出了更高的要求,并促使其更进一步的发展。

一、路面设计理论与方法的发展

任何工程结构物的设计与计算,都离不开力学模式与数学手段,路面设计也不例外。如何寻求一种能正确反映路面受力与变形,材料特性及路面结构层厚度之间的关系,并完全符合路面实际状态的模式和理论,是世界各国几十年来着重研究的问题。我国在此方面也进行了大量的研究,并取得了很大的成绩。

最初的路面设计是以静力平衡原理为基础的。这种方法假定车轮荷载是一个集中力,并按 45° 通过路面传到路基,但此法不能反映土和材料实际变形的特性。后来又出现了板体理论,即将面层视为弹性板,基层与土基则视为弹性层,利用弹性力学中有关弹性地基上弹性板理论的解求得路面受力、变形和厚度之间的关系。这种理论为水泥混凝土路面的设计奠定了基础,但它不适用于柔性路面。20世纪40年代初出现了弹性层状体系理论,它是柔性路面设计的理论基础。我国在60年代初就对弹性层状体系理论进行了较为深入的研究,并绘制出双层体系图表供实际使用。后来又编制出三层体系图表,并利用计算机技术编制了多层体系在垂直和水平荷载下任意点的应力、应变和位移的计算程序。从目前看,我国的路面设计理论已达到了世界先进水平。

路面设计方法与设计理论的发展是分不开的。建国以来,我国路面设计方法经过了多次的修改与变更,其方法主要体现在设计规范之中。以柔性路面设计方法为例,1958年的规范主要参考前苏联20世纪50年代的方法;1966年的规范中的设计方法改进了前苏联的基本公式,提出了多层体系换算方法和适合我国实际的参数,初步形成了我国自己的设计方法;1978

年的柔性路面设计规范,对于理论基础、设计指标、车辆换算公式、计算参数及多层路面换算等做了进一步的改进,同时还提出了原有路面补强厚度计算的经验法。1986年的柔性路面设计规范采用了多指标控制路面结构设计,以弹性层状体系为理论基础,以路面回弹弯沉和层底拉应力为控制指标。1997年《公路沥青路面设计规范》颁布施行。随着高等级公路的兴建和半刚性基层的出现,我国提出了“高等级公路半刚性基层沥青路面典型结构研究”的课题,试图建立一种类似国外的标准结构图设计法。1984年的水泥混凝土路面设计规范,采用弹性半无限地基上弹性板理论为理论基础,以混凝土抗折疲劳强度为控制指标,并根据有限元法分析结果来进行设计。随着路面工程科学的发展,设计方法仍在不断的修改与完善。1994年,《公路水泥混凝土路面设计规范》进行了第三次修订,增加了许多新的设计内容。2003年6月1日,修订后的《公路水泥混凝土路面设计规范》正式施行。

二、路面材料方面的发展

筑路材料是决定路面质量好坏的重要因素,选择既有良好物理力学性能又经济的建筑材料是路面建筑的根本问题。建国初期,我国就以“因地制宜,就地取材”为原则,修建了许多砂石路面,并首创了一种路面结构形式——泥结碎(砾)石路面,为我国当时的中、低级路面的修筑提供了很好的模式。此外,在中、低级路面上铺筑磨耗层和保护层,对确保公路行车畅通、减轻养路工作量起了很大作用。

我国的石灰岩蕴藏量丰富,对石灰的生产和使用已有悠久的历史和丰富的经验。将石灰作为稳定材料用于路面中,形成石灰土和碎砾石灰土基层也是我国公路部门创造的一种独特的路面结构,这种结构不但价格低廉,并且能较好地改善土的水温状况,获得了良好的效果。近年来,高等级公路的发展对基层材料的要求愈来愈高,以前常用的碎(砾)石基层或石灰土基层已不能满足要求。为此,我国公路部门又应用了以水泥和工业废渣(粉煤灰、矿渣、钢渣)等为结合料的半刚性基层。现在水泥稳定砂砾、二灰(石灰和粉煤灰)稳定土等材料已成为我国高等级公路路面基层结构中的典型材料。

石油沥青为石油工业的副产品。从20世纪60年代开始,随着我国石油的开采和提炼加工技术的不断改进,出现了国产多蜡慢凝液体沥青(俗称渣油),为我国20世纪60~70年代沥青路面的大量修建(公路路面黑色化)提供了良好的物质基础。尽管这种沥青具有延度小、稠度低以及对温度敏感性强等缺点,在国外被认为是不适宜修路面的材料,但经过试验研究,我国利用它修筑沥青表面处治和沥青贯入式路面,取得了良好的效果。20世纪80年代,随着石油提炼技术的不断完善,我国已能够生产自己的优质黏稠沥青,从而为我国高等级公路的大规模建设创造了良好条件。目前国产优质沥青已用于修筑高速公路、一级公路的沥青混凝土路面。进入21世纪,为了提高国产沥青的黏结力和稳定性,我国有关部门致力于研究沥青的改性问题,如在沥青中掺入橡胶、树脂等高分子聚合物及其他化学材料,目前已取得成功。

三、路面施工技术方面的发展

施工技术的发展与施工机械现代化水平是紧密相关的。20世纪60年代,我国在铺筑沥青路面时,使用的是大锅熬油、路边人工拌和沥青混合料和人工摊铺的方法,这种方法不但工效低,劳动强度大,而且质量也不容易保证。进入20世纪80年代后,随着公路建设步伐的加快,路面施工机械也在飞速的发展。现在,一般的施工单位都有沥青混合料拌和机械、摊铺机械和压实机械。特别是在高速公路施工时,为保证工程质量,现代化的机械设备如大型自动控

制沥青混凝土拌和机、自动找平沥青混凝土摊铺机以及稳定土拌和机械已成为必备条件,而且在路面修筑中发挥了巨大的作用。

水泥混凝土路面施工机械在我国也有一定的发展,现代化的施工机械在不断增加。从目前看,国内大多还在使用人工半机械化的摊铺和振捣方法,这是不能满足公路建设发展要求的。国外的水泥混凝土路面已在使用轨道式摊铺机和滑模摊铺机进行施工。这些机械在一次行程过程中可完成混合料的摊铺、振实、成形、切缝和拉毛等工作,每日可铺路面 3km 左右。这将是我国水泥混凝土路面施工发展的方向。

四、路面测试技术的发展

路面检测技术作为路面质量控制与管理,路面使用品质评价的重要手段,已受到广泛的重视,过去那种只凭眼观目测的简单方法已逐步被科学的、先进的测试技术所代替。对于那些能引起路面局部破损的检测方法也已被检测速度快、精度高的无损检测技术所取代。如从前测定路面结构层密度采用灌砂法,路面平整度使用 3m 直尺,路面厚度采用挖坑或钻取法,均正逐步被核子密度仪、路面平整度仪和超声波厚度测定仪所取代。随着路面质量控制指标的增加,相对应的检测手段不断涌现,测试仪器的研制也从未间断过。近年来我国自己研制和改进了许多新的仪器,如路面厚度测定仪、平整度测定仪、强度测定仪、抗滑测定仪、渗水分析仪,以及沥青路面车辙、裂缝分析仪等,已逐步研制成功并投入使用。这些仪器综合电、声、光和磁等多种测试技术,可多项目、多指标地对工程进行检测,并在检测速度、精度和数据处理上向着自动化、智能化方向发展,为保证路面施工质量和延长路面使用寿命奠定了坚实的基础。

第二节 对路面的基本要求

路面是公路的重要组成部分。路面的好坏直接影响行车速度、运输成本、行车安全和舒适性。相同等级公路的沥青路面同砂石路面相比,行车速度一般可以提高 80% ~ 200%,燃料消耗降低 15% ~ 20%,轮胎行驶里程增加约 20%,运输成本下降 18% ~ 20%。同一类型的路面,因施工和养护质量的优劣,也会使运输效率与成本以及服务质量产生很大的差异。路面结构的费用在公路造价中所占比重很大,一般都要达到 30% 左右。所以,修好路面对发挥整个公路的运输经济效益,具有十分重要的意义。路面应满足下述各项基本要求。

一、具有足够的强度和刚度

行驶在路面上的车辆,通过车轮把垂直力和水平力等传给路面。水平力又分为纵向和横向的两种。除此之外,由于汽车发动机的机械振动和车辆与悬架系统的相对运动,路面还受到车辆的振动力和冲击力作用,车身后面还会产生真空吸力作用。

在上述各种力的综合作用下,路面将逐渐出现磨损、开裂、坑槽、沉陷和波浪等病害,这就会影响公路的使用质量,严重时还可能中断交通。路面的强度是指路面抵抗破坏的能力。路面结构整体及各组成部分必须具备足够的强度以抵抗行车荷载的作用,避免路面产生破坏。

所谓刚度,指路面抵抗变形的能力。具体来说,是指路面结构整体或某一组成部分抵抗变形的能力。如刚度不足,即使强度足够,在车轮荷载作用下也会产生过量的变形而形成车辙、沉陷或波浪等病害。

二、具有足够的稳定性

路面的稳定性是指路面结构在水和温度的作用下保持强度和刚度的能力。路面结构袒露于大气中,经常受到温度和水分变化的影响,其力学性能随之不断发生变化,强度和刚度不稳定,路况时好时坏。例如,沥青路面在夏季高温时会变软,并可能产生车辙和推挤;冬季低温时,又可能因收缩或变脆而产生开裂。水泥混凝土路面在高温时,可能发生拱胀破坏,温度急剧变化时会翘曲而产生破坏。砂石路面在雨季时因雨水渗入路面结构,其强度会下降,产生沉陷、车辙或波浪。因此,要求路面结构在不良气候条件下应能够保持其强度。

三、具有足够的平整度

路面表面纵向的凹凸量的偏差值称为路面平整度。路面的平整度(或不平整度)通常是以试验汽车每行驶 1km 距离,车身和后桥相对垂直位移的累计数(m)来表示。不平整的路面表面会增大行车阻力,并使车辆产生振动。振动作用会造成行车颠簸,影响行车速度、行车安全和舒适性。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与轮胎的磨耗,并增大油料的消耗。不平整的路面还会积滞雨水,加速路面的破坏。

为了减小车辆对路面的冲击力,提高行车速度和增进行车舒适性、安全性,路面应保持一定的平整度。公路等级越高,设计行车速度越大,对路面平整度的要求也越高。

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。路面的平整度还与整个路面结构和面层材料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和面层混合料,经不起车轮荷载的作用,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。

四、具有足够的抗滑性能(粗糙度)

路面抗滑性能(粗糙度)是指路面表面骨料的棱角阻止轮胎滑动的能力。常用路面摩擦系数和路表构造深度表示。汽车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)。在雨天高速行驶,或紧急制动或突然起动,或爬坡转弯时,车轮易产生空转或打滑,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。因此,路面表面应具有足够的抗滑性能,即具有足够的粗糙度。设计车速越大,对路面抗滑性能的要求也越高。

五、具有足够的耐久性

路面的耐久性即路面的使用寿命。路面结构承受行车荷载和冷热、干湿等气候因素的多次重复作用,由此而逐渐产生疲劳破坏和塑性形变累积。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,要求路面结构应具备足够的抗疲劳强度、抗老化和抗形变累积的能力,以保持或延长路面的使用寿命。

六、具有尽可能低的扬尘性

汽车在砂石路面上行驶时,车身后部所产生的真空吸力会将面层表面或其中的细粒吸起而使尘土飞扬,甚至导致路面松散、脱落和坑洞等破坏。扬尘还会加速汽车机件的损坏,影响行车视距和乘客的舒适及沿线居民的卫生条件。因此,应尽量减少路面的扬尘性。

此外,路面断面形式及尺寸应符合《公路工程技术标准》(JTG B01—2003)的有关规定。

第三节 路面结构组成与分级

一、路面横断面形式

路面是铺筑于路基顶面的不同层次的组合结构,从横断面方向看,公路的表面一般是由行车道、硬路肩和土路肩组成。路面的横断面形式通常分为槽式横断面和全铺式横断面,如图1-1所示。

1. 槽式横断面

路基填挖到设计标高位置后,在路基上按路面设计宽度范围将路基挖成与路面厚度相同的浅槽;或路基填筑到路床顶面位置后,按路面设计宽度范围在两侧的路肩部位培土(压实)形成与路面厚度相同的浅槽;也可采用半挖半培的方法形成浅槽,然后在浅槽内铺筑路面。一般公路路面都采用槽式横断面,如图 1-1a)所示。

2. 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,为适应扩建的需要,将硬路肩及土路肩的位置全部按行车道标准铺筑面层。在盛产石料的山区或较窄的路基上,全宽铺筑中、低级路面。全铺式路面横断面形式见图 1-1b)所示。

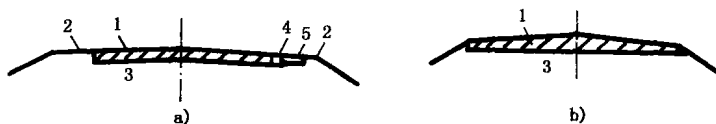


图 1-1 路面横断面形式

1-路面;2-土路肩;3-路基;4-路缘石;5-硬路肩

二、路拱及路拱横坡度

为了保证路面上雨水及时排出,减少雨水对路面的浸润和渗透,从而保证路面结构强度,路面表面应做成中间高、两侧低的形状,称之为路拱,常采用直线形或抛物线形两种路拱形式。路面表面的高差与水平距离的百分比称为路拱横坡度。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,为了有利于迅速排除路面积水,一般采用抛物线形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。

各类路面的路拱平均横坡度

表 1-1

路 面 类 型	路 拱 平 均 横 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、不整齐石块	2 ~ 3
碎石、砾石等粒料路面	2.5 ~ 3.5

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、浮冰的地区,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,或行车速度较高时,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、两侧低的路拱,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。

三、路面结构组成

行车荷载和自然因素对路面的影响,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。路面结构通常是分层铺筑的,即按照使用的要求、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。按照各个层位功能的不同,路面结构一般划分为三个层次,即面层、基层和垫层,如图 1-2 所示。

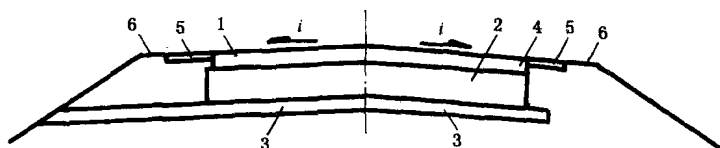


图 1-2 路面结构层次示意图

i:路拱横坡度;1-面层;2-基层(有时包括底基层);3-垫层;4-路缘石;5-硬路肩;6-土路肩

1. 面层

面层是直接承受车轮荷载反复作用和自然因素影响的结构层,它承受较大的行车荷载的垂直力、水平力和冲击力的作用,同时还受到降水的浸蚀和气温变化的影响。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、沥青碎石、泥结碎石、级配碎石(砾石)等。

沥青混合料路面的面层有时分两层或三层铺筑,自上而下分别称之为表面层、下面层或表面层、中面层、下面层。如高速公路沥青面层总厚度达 18~20cm,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组成。水泥混凝土路面也可分上下两层铺筑,分别采用不同强度等级的水泥混凝土材料。水泥混凝土路面上加铺 5cm 厚的沥青混凝土,这样的复合式结构也是常见的。但是砂石路面上所铺的 2~3cm 厚的磨耗层或 1cm 厚的保护层,以及厚度不超过 3cm 的沥青表面处治层,不能作为一个独立的层次,应看作是面层或基层的一部分。

2. 基层

基层主要承受由面层传来的车辆荷载的垂直力,并将其扩散到下面的垫层和土基中。对于沥青路面结构而言,基层是路面结构中的承重层,它应具有足够的强度和刚度,并具有良好的扩散应力的能力。基层遭受自然因素的影响虽然比面层小,但有可能经受地下水和通过面层渗入的雨水浸湿,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。

修筑基层的材料主要有各种无机结合料(如石灰、水泥等)稳定土或稳定粒料的半刚性基层,贫水泥混凝土、碾压式水泥混凝土等刚性基层,沥青稳定碎石、沥青贯入式、级配碎石、级配砂砾等柔性基层,具体分类见表 1-2。

当采用不同材料修筑基层时,其上层仍称为基层,下层则称为底基层。对底基层材料质量的要求较低,可使用当地的土石材料来修筑。

基层、底基层视公路等级或交通量的需要可设置一层或两层。当基层或底基层较厚需分两层施工时,可分别称为上基层、下基层,或上底基层、下底基层。

为了保护路面面层边缘,基层宽度每侧宜比面层宽出 25cm,底基层每侧宜比基层宽出 15cm。

各种常用基层、底基层类型 表 1-2

有机结合料稳定类		包括沥青稳定碎石、沥青贯入式等	
无机结合料稳定类半刚性基层	水泥稳定类		包括水泥稳定砂粒、碎石、砂砾土、碎石土、未筛碎石、石屑、石渣、高炉矿渣、钢渣等
	石灰稳定类		包括石灰稳定细粒土、天然砂砾土、天然碎石土以及用石灰稳定级配砂砾、级配碎石和矿渣等
	工业废渣稳定类	石灰粉煤灰类	包括石灰粉煤灰(二灰)、石灰粉煤灰土(二灰土)、二灰砂、二灰砂砾、二灰碎石、二灰矿渣等
		石灰煤渣类	包括石灰煤渣、石灰煤渣土、石灰煤渣碎石、石灰煤渣砂砾等
		水泥煤渣类	包括水泥粉煤灰稳定砂砾、碎石及砂等
粒料类	嵌锁型		包括泥结碎石、泥灰结碎石、填隙碎石等
	级配型		包括级配碎石、级配砾石、级配砂砾等

3. 垫层

垫层是设置在基层或底基层和土基之间的结构层,它的主要作用是加强土基、改善基层的工作条件。垫层往往是为蓄水、排水、隔热、防冻等目的而设置的,所以通常设在路基处于潮湿和过湿以及有冰冻翻浆的路段。在地下水位较高地区铺设的能起隔水作用的垫层称隔离层;在冰冻较深地区铺设的能起防冻作用的垫层称防冻层。此外,垫层还能扩散由基层传下来的应力,以减小土基的应力变形,而且它也能阻止路基土挤入基层中,从而保证了基层的结构性能。

修筑垫层所用的材料,强度不一定很高,但水稳性和隔热性要好,常用材料有两类:一类是用松散粒料,如粗砂、砾石和炉渣等组成的透水性垫层;另一类是整体性材料,如石灰粉煤灰稳定粗粒土或炉渣石灰稳定粗粒土等组成的稳定性垫层。

高速公路、一级公路、二级公路的排水层应铺至与路基同宽,以利路面结构排水,保证路基稳定。一般情况下垫层宽度每侧至少应比底基层宽出 25cm。

应当指出,不是任何路面结构都需要上述几个层次,而应根据具体情况设定。而且,层次的划分也不是一成不变的。例如,在道路改建中,旧路的面层则可成为新路面的基层。

四、路面等级

路面的技术等级主要是按面层的使用品质和材料组成等划分的。目前我国的路面分为三个等级。

1. 高级路面

它包括由沥青混凝土、水泥混凝土面层所组成的路面,一般适用于交通量大、行车速度高的公路。这类路面的特点是:结构强度高、稳定性好、使用寿命长、平整无尘,能保证高速行车。它的养护费用少,运输成本低,但基建投资大,工艺要求高,需要质量高的材料来修筑。

2. 次高级路面

它包括由沥青贯入式、热拌沥青碎石、沥青表面处治等面层组成的路面,一般适用于交通量较大、行车速度较高的公路。与高级路面相比,使用品质稍差,使用年限稍短,造价也较低,但养护费用较高。

3. 中级路面

它包括由泥结碎石、水结碎石、级配砾(碎)石等作面层的路面,统称为砂石路面,一般适用于中等交通的公路。它的强度低,使用期限短、平整度差、易扬尘,只能适应较小的交通量,行车速度也低,且维修工作量大,运输成本也较高。

表 1-3 列出了各等级路面所具有的面层类型及其所适用的公路等级。

各等级路面所具有的面层类型及其所适用的公路等级

表 1-3

路面等级	面 层 类 型	所适用的公路等级
高 级	水泥混凝土、沥青混凝土	高速、一级、二级、三级、四级
次 高 级	沥青贯入式、热拌沥青碎石、沥青表面处治、冷拌沥青碎石	三级、四级
中 级	砂石路面	四级

五、路面分类

在路面设计中,从路面结构的力学特性出发,将路面分为下述三种类型:

1. 柔性路面

柔性路面是指整体刚度较小,抗弯拉强度较低,主要靠抗压、抗剪强度来承受车辆荷载作用的路面。它主要包括用各种未经处理的粒料基层和各类沥青面层、碎(砾)石面层、块石面层所组成的路面结构。柔性路面的特点是刚度小,在荷载作用下产生的弯沉变形较大。车轮荷载通过各结构层向下传递到土基的压应力较大,因而对土基的强度和稳定性要求较高。

2. 刚性路面

主要是指用水泥混凝土作面层或基层的路面结构。刚性路面与柔性路面的主要区别在于路面的破坏状态和它分布荷载到路基上的状态有所不同。刚性路面的特点是刚度与强度很高,弹性模量也大,结构呈板体性,分布到土基的荷载面较宽,传递到土基的应力较小。

3. 半刚性路面

用水泥、石灰等无机结合料稳定土或石灰工业废渣修筑的基层,在前期具有柔性路面的力学性质,后期的强度和刚度均有较大幅度的增长,但最终的强度和刚度仍远小于水泥混凝土。这种基层称为半刚性基层,铺筑在半刚性基层上的沥青面层称为半刚性路面。

对于水泥混凝土路面,根据面板的构造特点可以分为单层式混凝土路面和复合式混凝土路面。复合式混凝土路面是指面板由两层或两层以上不同强度或不同类型的混凝土复合而成的水泥混凝土路面。复合式混凝土路面下层常采用经济混凝土或碾压混凝土,上层为普通混凝土,主要是为了解决碾压混凝土路面平整度不足的问题。

此外,在碾压混凝土板上或旧混凝土板上铺筑沥青混凝土面层属于另一类复合式路面结构。

六、路面结构可靠度分级

路面结构在规定的时间内和规定的条件下,完成预定功能的概率称为结构的可靠度。《公路工程结构可靠度设计统一标准》(GB/T 50283—1999)规定,公路工程路面结构的设计基准期 T 应采用:沥青混凝土路面结构不大于 15 年,水泥混凝土路面结构不大于 30 年。

公路工程结构的设计安全等级,根据结构破坏可能产生后果的严重程度划分为一级、二级、三级、四级四个等级。公路路面结构设计安全等级分别是:高速公路为一级、一级公路为二级、二级公路为三级,三、四级公路为四级。同一技术等级公路的路面结构宜取相同的安全等级,必要时部分地段的设计安全等级可降低一级。

度量路面结构可靠性的一种(由标准正态分布反函数定义的)数量指标称为可靠指标。公路工程结构设计应以规定的目标可靠指标为依据。与路面结构设计安全等级相对应的目标可靠指标分别为:高速公路 1.64,一级公路 1.28,二级公路 1.04,三、四级公路 0.84。

第二章 路面工作状况

第一节 行车荷载

路基路面的主要功能是长期保证车辆快速、安全、舒适地通行。汽车荷载是造成路基路面结构损坏的主要原因。因此,为了保证设计的路基路面结构达到预计的功能,具有良好的结构性能,应对行驶的汽车进行分析。包括:汽车轮重与轴重的大小与特性;不同车型车轴的布置;设计期限内,汽车轴型的分布以及车轴通行量逐年增长的规律;汽车静态荷载与动态荷载对路基路面的作用特性等。

一、车辆的分类

公路上通行的汽车车辆主要分为客车与货车两大类。

客车又分为小客车、中客车与大客车。小客车自身质量与满载总质量都比较轻,但车速高,一般可达 120km/h,有的高档小客车可达 200km/h 以上;中客车一般包括 6~20 个座位的中型客车;大客车一般是指 20 个座位以上的大型客车(包括铰接车和双层客车),主要用于长途客运。

货车又分为整车、牵引式挂车和牵引式半挂车。整车的货厢与汽车发动机为一整体;牵引式挂车的牵引车与挂车是分离的,牵引车提供动力,牵引挂车,有时可以拖挂两辆以上的挂车;牵引式半挂车的牵引车与挂车也是分离的,但是通过铰接相互连接,牵引车的后轴也担负部分货车的质量,货车厢的后部有轮轴系统,而前部通过铰接悬架在牵引车上。货车总的发展趋势是向大吨位发展,特别是集装箱运输水陆联运业务开展之后,货车最大吨位已超过 50t。

汽车的总质量通过车轴与车轮传递给路面,所以路面结构的设计主要以轴重作为荷载标准。在公路上行驶的多种车辆的组合中,重型货车与大客车起决定作用,轻型货车与中、小客车影响很小,有时可以忽略不计。但是在考虑路面表面特性要求时,如平整性、抗滑性等,以小汽车为主要对象,因为小汽车的行驶速度高,在高速行车条件下应具有良好的平稳性与安全性。

二、路面设计使用的汽车参数

无论是客车还是货车,车身的全部重力都通过车轴上的车轮传给路面,对于路面结构设计而言,应更加重视汽车的轴重。由于轴重的大小直接关系到路面结构的设计承载力与结构强度,为了统一设计标准和便于交通管理,各个国家对于轴重的最大限度均有明确的规定。我国公路与城市道路路面设计规范中均以双轮组单轴 100kN 作为设计标准轴重。通常认为我国的道路车辆轴限为 100kN。

整车形式的客、货车车轴分前轴和后轴。绝大部分车辆的前轴为二个单轮组成的单轴,轴载约为汽车总重力的 1/3。极少数汽车的前轴由双轴单轮组成,双前轴的载重约为汽车总重