

第一篇

任务驱动教学篇

学习目标

本篇为任务驱动教学篇,以公路路面施工过程为主线,设置了6个学习情境,包括公路路面结构图识读与设计、路面工程施工准备、路面基层(底基层)施工、沥青路面施工、水泥混凝土路面施工、路面试验检测与质量评定,并通过实施181个学习任务达到培养学生自主学习的能力目标。

学习情境 1

公路路面结构图识读与设计

任务 1.1 公路路面结构图的识读



学习描述

【知识目标】了解路基和路面的基本概念及对路面的基本要求；熟悉路面结构层次的划分；了解路拱横坡与路面排水结构；了解路面的分级与分类。

【能力目标】能读懂公路路面结构图。

【技术规范】《公路工程技术标准》(JTGB01—2014)。

1.1.1 对路面的基本要求



学习任务 1 在“路基施工技术”课程中，我们已经学习了路基路面的一些基本概念，这里复习一下路基、路面、路床、上路堤、下路堤的概念及路基标准横断面图。

路基和路面是公路的主要工程结构物。路基是在天然地表面按照路线的设计线性(位置)和设计横断面(几何尺寸)的要求开挖或填筑而成的岩土结构物，是路面的基础，承受由路面传来的行车荷载。路面是在路基顶面的行车部分用各种混合料分层铺筑的供车辆行驶的一种层状结构物。

路床：路面结构层底面以下 0.8 m 范围内的路基部分称为路床。路床分为上路床(0~0.3 m)和下路床(0.3~0.8 m)两层。

上路堤：路面结构层底面以下 0.8~1.5 m 的填方部分称为上路堤。

下路堤：上路堤以下的填方部分称为下路堤。

高速公路、一级公路的路基宽度一般是由车道、中间带和路肩组成的，如图 1-1 所示。

二、三、四级公路的路基宽度一般是由车道和路肩组成的，如图 1-2 所示。

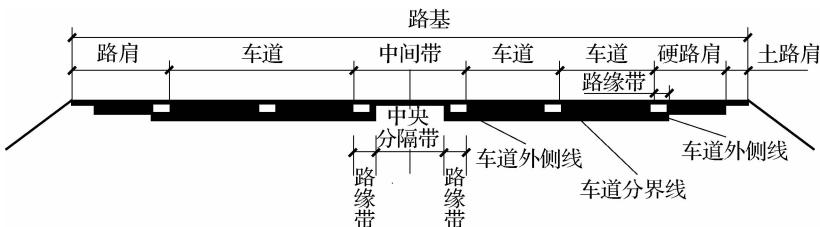


图 1-1 高速公路、一级公路路基标准横断面

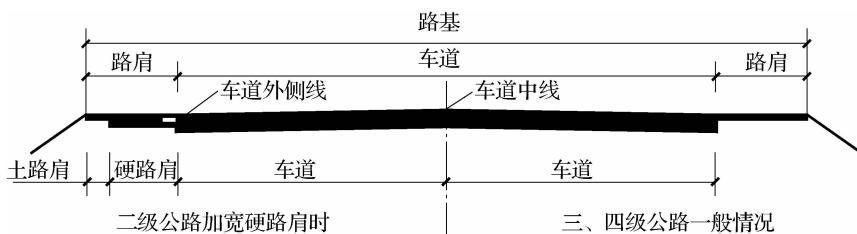


图 1-2 二、三、四级公路路基标准横断面



学习任务 2 某二级公路,设计车速为 60 km/h,按《公路工程技术标准》(JTG B01—2014)中表 4.0.2、表 4.0.3、表 4.0.5-1 确定车道宽度、车道数、右侧硬路肩宽度、土路肩宽度,并将数值填入表 1-1 中。

表 1-1 按《公路工程技术标准》确定路基宽度

公路等级	设计速度 $(\text{km} \cdot \text{h}^{-1})$	车道宽度/m	车道数/个	右侧硬路肩 宽度/m	土路肩 宽度/m
二级	60				

注 1:表格中的已有数据为已知条件。

注 2:公路等级、设计速度、路基宽度、车道数等技术指标应满足《公路工程技术标准》(JTG B01—2014)和《公路路线设计规范》(JTG D20—2006)的规定,需通过对通行能力及服务水平的分析来评价技术指标的选择是否合理。



学习任务 3 学习路面的基本要求。

公路沿线地形起伏,地质、地貌、气象特征多变,为了保证汽车能全天候地在路面上快速、安全、舒适地行驶,需要对路面做出以下基本要求。

1. 具有足够的承载力

行驶在公路上的汽车,通过车轮把垂直力、水平力以及汽车产生的振动力和冲击力传给路面,使路面结构内部产生应力、应变和位移。如果路基和路面结构整体或某一组成部分的强度或抵抗变形的能力不足,路面就会出现断裂、沉陷、波浪或车辙等病害,影响路基、路面的正常使用。因此,要求路面结构的整体及其各组成部分都必须具有与行车荷载相适应的承载力。

路面结构的承载力包括强度和刚度两个方面。路面结构的强度是指在车轮荷载作用下抵抗破坏的能力。路面结构的刚度是指在车轮荷载作用下抵抗变形(沉陷、波浪、车辙)的



能力。

在路基和路面交工验收时,一般情况下,柔性材料(如级配碎石、沥青混凝土)用弯沉表示承载力,刚性材料(如水泥混凝土)、半刚性材料(如无机结合料稳定材料)用强度表示承载力。

2. 具有足够的稳定性

路面结构的稳定性是指路面结构在水和温度等自然因素的作用下,能较好地保持其工程设计要求的几何形态及物理、力学性能。路面结构的稳定性主要包括整体稳定性、水稳定性、温度稳定性(高温稳定性或低温稳定性)等。

大气降水会使路面结构内部的湿度状态发生变化。例如,对于水泥混凝土路面,如果不能及时将水分排出结构层,会发生唧泥现象;水泥混凝土路面接缝渗入的水,在车轮荷载的反复作用下,会冲刷基层,导致结构层提前破坏;沥青混凝土路面在水的作用下会出现沥青结构层剥落或松散的现象;砂石路面,在雨季会因雨水冲刷和渗入结构层而强度下降,产生沉陷、松散等病害。因此,加强防水、排水是确保路面水稳定性的重要措施。

气温的周期性变化对路面结构的稳定性有重要影响。高温季节沥青路面因软化,会在车轮荷载的作用下产生较大的变形。水泥混凝土路面面板在高温季节会翘曲变形,在车轮荷载的反复作用下,容易产生裂缝或造成断板。北方在低温冰冻季节,沥青路面、水泥混凝土路面、半刚性基层由于低温会产生大量收缩裂缝。

3. 具有足够的表面平整度

路面表面平整度是影响行车安全、行车舒适性及运输效益的重要使用性能。不平整的路面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感。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与轮胎的磨损,并增大油料的消耗,产生较大的噪声。此外,不平整的路面还会积滞雨水,加速路面的破坏。

优良的路面平整度,要依靠优良的施工装备、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,路基交工验收要验收平整度,路面的所有结构层次均要验收平整度。

4. 具有足够的表面抗滑性能

路面表面要求平整,但不能光滑。汽车在光滑的路面上行驶,车轮与路面之间缺乏足够的附着力(摩擦力),在雨天高速行车,当紧急制动或突然起动、爬坡或转弯时,车轮易产生空转或打滑,致使行车速度下降,油料消耗增加,甚至引发交通事故。

沥青路面表面的抗滑能力通常选用坚硬、耐磨、表面粗糙的粗集料来实现,而对水泥混凝土路面则会采取一些工艺性措施(如刻槽)来实现。

5. 具有足够的耐久性

路面结构在行车荷载和冷热、干湿气候因素的多次重复作用下,路面材料会产生老化衰变,路面的使用性能将逐步降低,从而逐渐产生疲劳破坏和塑性形变累积,缩短路面的使用年限。因此,路面结构必须具备足够的抗疲劳强度及抗老化和抗累积形变的能力,以保持或延长路面的使用寿命。

为了提高路面的耐久性,除了精心设计、精选材料和精细施工外,经常和及时地养护、维



修和恢复路用性能也是十分必要的。

6. 具有尽可能低的扬尘性

车身后面所产生的真空吸力会将路表的细小颗粒吸出而造成尘土飞扬,导致路面出现松散、脱落和坑洞等破坏。路面扬尘会影响行车视距,降低行车速度,给沿线环境卫生带来不良影响。因此,要求路面在行车过程中应尽量减少扬尘。

1.1.2 路面的结构层次

 **学习任务4** 按照各个层位功能的不同,路面结构层一般可划分为哪些层次?各层次的功能要求及常用的材料是什么?

由于行车荷载和自然因素对路面的影响是随深度的增加而逐渐减弱的,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、土基支撑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,路面结构层一般可划分为面层、基层、底基层和垫层等多层,如图 1-3 所示。

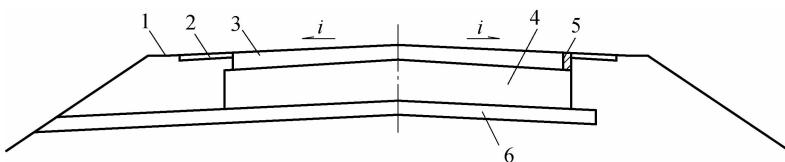


图 1-3 路面结构层次

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

1. 面层

面层是直接承受车轮荷载的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,同时还受到雨水侵蚀和气温变化的影响。因此,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;其表面还应具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、砂砾(碎石)掺土(或不掺土)的混合料及块料等。路面面层的材料类型及适用范围见表 1-2。

表 1-2 路面面层的材料类型及适用范围

路面面层的材料类型	适用范围
沥青混凝土、沥青玛𤧛脂碎石	高速公路、一级公路、二级公路、三级公路、四级公路
水泥混凝土	高速公路、一级公路、二级公路、三级公路、四级公路
沥青碎石、沥青贯入式、沥青表面处治	三级公路、四级公路
砂石路面	四级公路





沥青类路面的面层可为单层、双层和三层。双层结构自上而下分别称为表面层、下面层；三层结构自上而下分别称为表面层、中面层和下面层。例如，高速公路沥青面层的总厚度达18~20 cm，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。在水泥混凝土路面上加铺4~8 cm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2~3 cm厚的磨耗层或1 cm厚的保护层，以及厚度不超过1 cm的沥青表面处治层，在结构计算时不能作为一个独立的层次。

2. 基层与底基层

基层主要承受由面层传来的车辆荷载的垂直力，并将力扩散到下面的垫层和土基中。当基层太厚时，为保证工程质量，可将其分为两层或三层铺筑。当采用不同材料修筑基层时，下层为底基层。底基层距车辆荷载比基层要远，受车辆荷载的影响要小，故底基层的材料要求较低，可用当地材料来修筑。当基层为双层时，可分别称为上基层、下基层；当底基层为双层时，可分别称为上底基层、下底基层。

基层和底基层遭受自然因素的影响虽然比面层小，但仍然有可能经受地下水和通过面层渗入的雨水的侵蚀，所以基层和底基层应具有足够的水稳定性。基层表面虽不直接与车轮接触，但仍然要求有较好的平整度，这是保证面层平整度的基本条件。

在沥青路面结构中，基层是主要的承重层，它应具有良好的稳定性、耐久性和较高的承载能力，并且具有良好的扩散应力的能力；底基层是设置在基层之下，并与面层、基层一起承受车轮荷载反复作用的次承重层。在水泥混凝土路面结构中，水泥混凝土面层是承重层，基层承受的垂直力作用较小，其应具有足够的抗冲刷能力和一定的刚度。

修筑基层和底基层的材料主要有各种结合料（如石灰、水泥、沥青等）稳定土或稳定碎（砾）石、贫水泥混凝土、天然砂砾、碎石、砾石、片石、块石，各种工业废渣（如煤渣、粉煤灰、矿渣、石灰渣等）和土、砂、石所组成的混合料等。常用的基层和底基层类型见表1-3。

表1-3 常用的基层和底基层类型

基层和底基层的类型		常用材料
沥青稳定类		沥青碎石、沥青稳定碎石、排水式沥青碎石等
水泥混凝土类		碾压混凝土、贫混凝土等
无机结合料 稳定类	水泥稳定类	水泥碎石、水泥砂砾、水泥土等
	石灰工业废渣类	石灰粉煤灰（二灰）、二灰碎石、二灰砂砾、二灰土
	石灰稳定类	石灰碎石土、石灰砾石土、石灰土、石灰土碎石等
粒料类	嵌锁型	泥结碎石、泥灰结碎石、填隙碎石等
	级配型	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，它的主要作用体现在两个方面：一方面是改善土基的湿度和温度状况，以保证面层及基层的强度、刚度和稳定性不受土基水温



状况变化的影响；另一方面是将基层传来的车辆荷载应力加以扩散，以减少土基产生的应力和变形，同时也能阻止路基土挤入基层中影响基层结构的性能。

垫层应具有排水、隔水、防冻、防污等功能，故对修筑垫层所用材料的强度要求并不是很高，但要求其水稳定性和隔温性能要好。垫层常用的材料有两类：一类是松散粒料，如粗砂、砾石和炉渣等（组成透水性垫层）；另一类是水泥或石灰稳定土等（组成稳定类垫层）。

路面各结构层次的宽度由路面的边缘构造决定，《公路沥青路面设计规范》（JTGD50—2006）第11.2.2条规定高速公路、一级公路路面的边缘构造宜按图1-4进行设计。为便于施工，底基层顶面应比基层底面宽，基层顶面应比面层底面宽，如图1-4和图1-5所示。

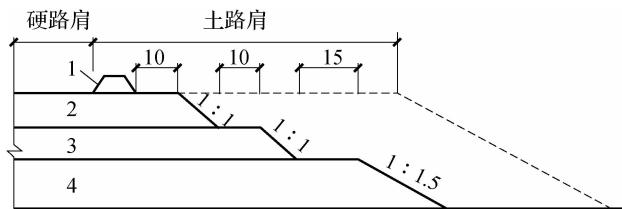


图1-4 高速公路、一级公路路面的边缘构造(尺寸单位:cm)

1—路缘石；2—面层；3—基层；4—底基层

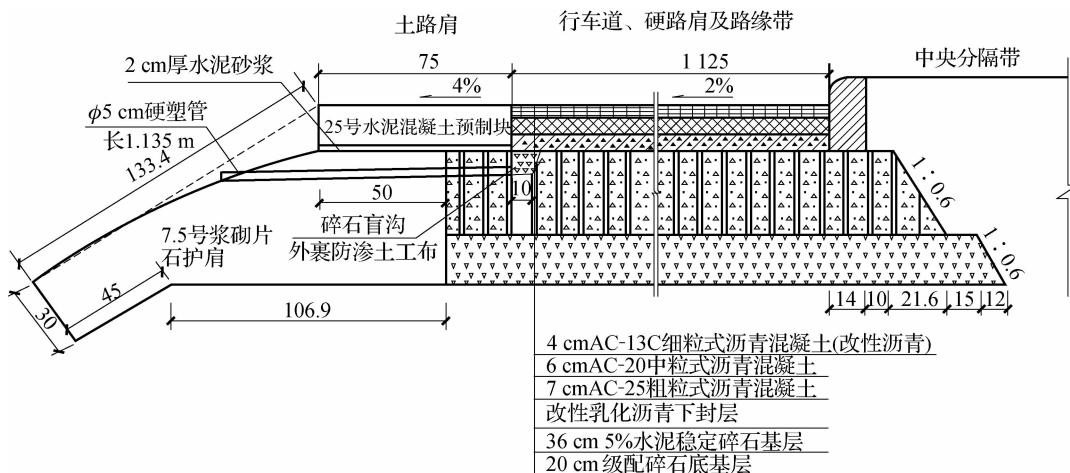


图1-5 某四车道高速公路沥青路面结构(尺寸单位:cm)

应当指出，不是任何路面结构都需要上述几个层次，应根据具体情况对各级公路设置必要的结构层。

 **学习任务5** 图1-5是某四车道高速公路的路面结构，设计速度为100 km/h，问：路面的结构层次有哪些？各结构层次用的是什么材料？按《公路工程技术标准》（JTGB01—2014）中的相关规定校核该路面结构图中土路肩、行车道、硬路肩及路缘带宽度，计算图1-5中路面各结构层的宽度。

在图1-5中，路面的结构层次有面层、基层、底基层。面层是沥青混凝土，分上、中、下三层铺筑，表面层是AC-13C、中面层是AC-20、下面层是AC-25；基层材料是水泥稳定碎石；底





基层材料是级配碎石。认识材料 AC-13C、AC-20、AC-25, 可参见任务 4.1; 认识水泥稳定碎石、级配碎石可参见任务 3.1。

通过查《公路工程技术标准》(JTGB01—2014), 可以确定图 1-5 中的土路肩、行车道、硬路肩及路缘带的宽度分别为: 土路肩 0.75 m(图 1-5 中的土路肩采用水泥混凝土预制块加固), 硬路肩 3 m, 行车道 $3.75\text{ m} \times 2$, 左侧路缘带 0.75 m, 即行车道、硬路肩及路缘带的总宽度为 1 125 cm。

在图 1-5 中, 路面边缘构造为外侧设 50 cm 宽的浆砌片石护肩, 内侧面层外设 14 cm 宽的路缘石, 路缘石外侧设 10 cm 宽的平台, 基层与底基层间设 15 cm 的宽平台, 基层、底基层放坡坡度为 1 : 0.6, 基层的厚度为 36 cm, 底基层的厚度为 20 cm, 故基层底面比顶面宽 $36 \times 0.6 = 21.6\text{ cm}$, 底基层底面比顶面宽 $20 \times 0.6 = 12\text{ cm}$ 。路面各结构层的宽度计算如下: AC-13C 沥青混凝土表面层、AC-20 沥青混凝土中面层、AC-25 沥青混凝土下面层的宽度均为 1 125 cm; 水泥稳定碎石基层的顶面宽度为 $1 125 + (75 - 50) + 14 + 10 = 1 174\text{ cm}$, 底面宽度为 $1 174 + 21.6 = 1 195.6\text{ cm}$; 级配碎石顶面宽度为 $1 195.6 + 15 = 1 210.6\text{ cm}$, 底面宽度为 $1 210.6 + 12 = 1 222.6\text{ cm}$ 。

关于路面结构层工程量的计算, 当以面积为单位时, 设计图纸一般按结构层断面中面积(层顶与层底的平均面积)计算, 但在估算指标、概预算定额中以及施工计量时按设计顶面面积计算。《公路工程基本建设项目建设项目概算预算编制办法》(JTGB06—2007)、《公路工程预算定额(上册、下册)》(JTGB06—02—2007)和《公路工程概算定额(上、下)》(JTGB06—01—2007)交底说明中规定: “路面面层的碾压面积按该面层的顶面面积计算。”原交通部公路工程定额站 2007 版《公路工程定额应用释义》中规定: “道路垫层、基层、面层以面积为单位时均以各结构层设计顶面面积计算, 其放坡工程量定额中已考虑; 按体积为单位时应按路面实体体积计算。在实际施工计量中, 许多计量单均按结构层断面中面积计量, 导致多计, 在审计时应予扣减。”

1.1.3 路面的排水

路面要有完善的排水设施, 否则路面会发生水损害。水损害是指沥青路面在有水的条件下, 经受交通荷载和温度胀缩的反复作用, 沥青膜在动水压力的作用下逐渐从集料表面剥离, 沥青路面逐步出现麻面、松散、掉粒乃至坑槽的损坏现象, 如图 1-6 所示。

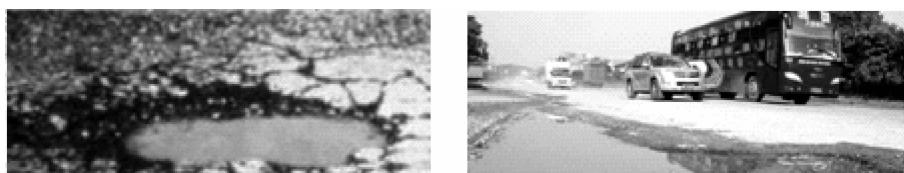


图 1-6 路面水损害

1. 路拱及路拱横坡度

 **学习任务 6** 什么是路拱? 选择路拱横坡度时应考虑哪些因素? 在图 1-5 中, 路拱横坡度为多少?



为了保证路面上的雨水能够被及时排出,减少雨水对路面的浸润和渗透,从而保证路面的结构强度,路面表面应做成中间高、两侧低的形状,称之为路拱,如图 1-3 所示。在横断面上,路拱常采用直线形(直线-直线)和直线抛物线组合线形(直线-抛物线-直线)两种形式。

路面表面的高差与水平距离的百分比称为路拱横坡度。质量高的路面的平整度、水稳定性较好,透水性也较小,通常采用直线形路拱和较小的路拱横坡度。质量低的路面,为了有利于迅速排除路表积水,一般采用直线抛物线形路拱和较大的路拱横坡度,表 1-4 列出了各种不同类型路面的路拱平均横坡度参考值。

表 1-4 各类路面的路拱平均横坡度

路面类型	沥青混凝土、水泥混凝土	其他沥青路面	碎石、砾石等粒料路面
路拱平均横坡度/%	1~2	1.5~2.5	3~4

选择路拱横坡度时,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;在多雨地区应采用高值。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,或常有拖挂汽车行驶时,应采用平均坡度的低值;反之则应采用平均坡度的高值。

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。若分隔带上未设置排水设施,则路面表面应做成中间高、两侧低,由单向横坡向路肩方向排水的形式;若分隔带上设置有排水设施,则两侧路面分别做成中间高、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度大 1%~2%,当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。

2. 路面排水结构



学习任务 7

路面排水的目的是什么?并识读图 1-5 中的路面排水设施。

路面排水的目的是迅速排除路面表面的大气降水和渗入路面结构中的水,防止水对路面结构层造成损害(水损害),确保路面结构的强度和稳定性。

路面排水设计应根据公路等级、降水量、路线纵坡等因素,结合路基、桥涵结构物的排水设计,合理选择排水方案,布置排水设施,形成完整、畅通的排水体系,保证路基和路面的稳定。路面排水包括路面表面排水、中央分隔带排水及路面内部排水。

1)路面表面排水

路面表面排水常采用分散排水和集中排水两种形式。分散排水由路面横坡、路肩和边坡防护组成,适用于路线纵坡平缓、汇水量较小、路堤高度较低的路段。集中排水由路面横坡、拦水缘石或矩形槽、泄水口和急流槽组成,适用于路堤高度较高或路堤边坡易受冲刷的粉性土、砂性土路段及凹形曲线的底部等。

对于新建高速公路超高段的集中排水,宜采用在左侧路缘带的左侧设置带有钢筋混凝土盖板的预制整体式 U 形混凝土沟或缝隙式排水沟,每 25~50 m 设一处集水井,并通过横向排水管引至边坡的急流槽或暗管中,如图 1-7 所示。





2) 中央分隔带排水

中央分隔带的排水设施由排水沟(明沟、暗沟)、渗沟、雨水井、集水井、横向排水管等组成。中央分隔带可采用凸式(见图 1-8)、平式或凹式,一般不封闭,但也可封闭。

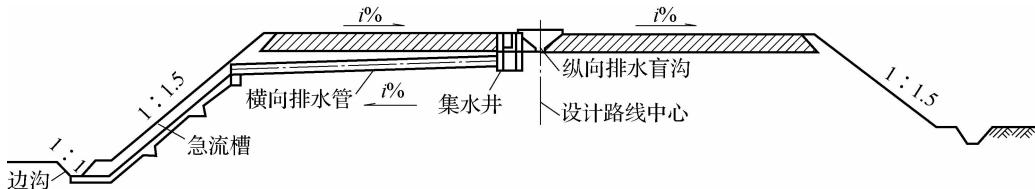


图 1-7 超高段集中排水

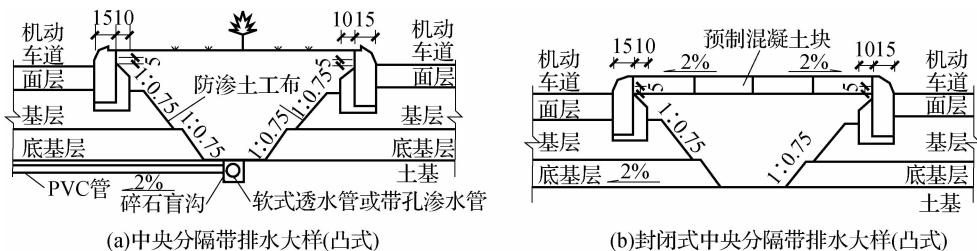


图 1-8 中央分隔带排水(尺寸单位:cm)

为排除渗入分隔带内的表面水,中央分隔带内可设置纵向排水渗沟,并间隔 40~80 m 设一条横向排水管将渗沟内的水排出,渗沟周围应包裹反滤织物(土工布),以免被渗入水携带的细粒堵塞,并在渗沟上的回填料与路面结构的交界处铺设防水土工布。

中央分隔带封闭后可不设内部排水系统,封闭可用 40~80 mm 厚预制混凝土或现浇混凝土,其下设砂砾垫层。

3) 路面内部排水

为排除通过路面接缝、裂缝、空隙或由路基、路肩渗入并滞留在路面结构内的自由水,可沿路面边缘设置边缘排水系统,或者在路面结构层内设置排水基层或排水垫层。

(1) 路面边缘排水系统。路面边缘排水系统由纵向排水管、横向出水管、集水沟和反滤织物(土工布)等组成,如图 1-9 所示。

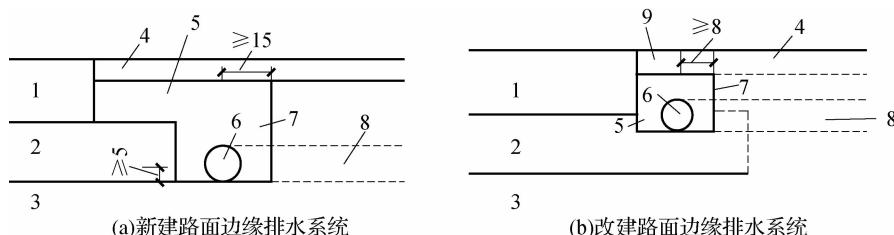


图 1-9 边缘排水系统(尺寸单位:cm)

1—面层；2—基层；3—垫层；4—路肩面层；5—集水沟；6—排水管；
7—反滤织物；8—出水管；9—回填路肩面层

纵向排水管通常选用聚氯乙烯(PVC)或聚乙烯(PE)塑料管。排水管设三排槽口或孔口,排水管的埋设深度应保证不被车辆或施工机械压裂,并应低于当地的冰冻深度。在非冰冻地区新建路面时,排水管管底通常与基层底面齐平;改建路面时,管中心应低于基层顶面。



排水管的纵向坡度宜与路线纵坡相同,但不得小于0.25%。

横向出水管选用不带槽或孔的聚氯乙烯或聚乙烯塑料管,管径与排水管相同。出水管的横向坡度不宜小于5%。为埋设出水管所开挖的沟需用透水材料回填,透水性填料由水泥处治升级配粗集料组成,其孔隙率为15%~20%。出水管的外露端头用镀锌铁丝网或格栅罩住。出水口的下方应铺设水泥混凝土防冲刷垫板或者对泄水道的坡面进行浆砌片石防护,以防止水流冲刷路基边坡和影响植物生长。出水水流应尽可能排引至排水沟或涵洞内。

集水沟底面的最小宽度,对新建路面,不应小于30cm;对改建路面,应能保证排水管两侧各有至少5cm宽的透水填料。透水填料底面和外侧围以反滤织物(土工布),以防垫层、基层路肩内的细集料侵入而堵塞填料空隙或管孔。反滤织物可选用由聚酯类、丙烯材料制成的无纺织物,能透水,但细粒土不会随水一起透过。

(2)排水基层。当路面内部可能出现自由水滞留时,可采用沥青碎石或骨架空隙型水泥稳定碎石或级配碎石做排水基层。

纵向集水沟可设在面层边缘外侧、路肩下或路肩边缘外侧,如图1-10所示。集水沟中的填料应采用与排水基层相同的透水性材料。水沟的下部设置带槽口或圆孔的纵向排水管,并间隔适当距离设置不带槽孔的横向出水管。

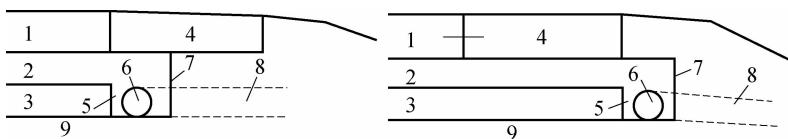


图1-10 排水基层

1—面层; 2—排水基层; 3—不透水垫层; 4—路肩面层或水泥混凝土路肩面层;
5—集水沟; 6—排水管; 7—反滤织物; 8—出水管; 9—路基

(3)排水垫层。为拦截地下水、滞水或泉水进入路面结构,或排出因负温差作用而积聚在路基上层的自由水,可直接在路基顶面设置透水性排水垫层,并适当配置纵向集水沟、排水管或出水管等,如图1-11所示。排水垫层宜选用升级配集料(砂或砂砾石),其级配应满足排水和反滤的要求。

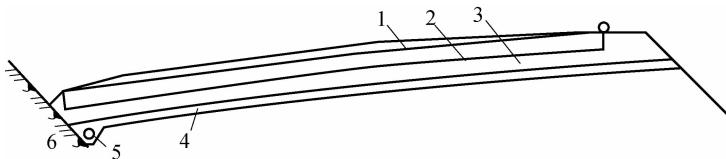


图1-11 排水垫层

1—面层; 2—基层; 3—垫层; 4—排水垫层; 5—排水管; 6—集水沟

路面表面水由路拱横坡通过两侧路肩分散排除。路面内部水采用路面边缘排水系统排除,即采用小截面(10cm×10cm,菱形)纵向碎石盲沟,将其置于基层顶面末端,并设置相应的横向硬塑排水管。



1.1.4 路面的分级与分类

1. 路面的分级

 **学习任务8** 路面等级分为哪几级？水泥混凝土、沥青混凝土、沥青贯入式、沥青表面处治各属于什么等级的路面？

路面等级分为高级、次高级、中级和低级，不同路面等级的面层类型和所适用的公路等级见表1-5。

表1-5 不同路面等级的面层类型和所适用的公路等级

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、热拌沥青碎石、沥青玛蹄脂①碎石、整齐块石和条石	高速、一级公路、二级公路
次高级	沥青贯入式、路拌沥青碎(砾)石、沥青表面处治、半整齐块石	二级公路、三级公路
中级	泥结碎(砾)石、级配碎(砾)石、泥灰结碎(砾)石、乳化沥青碎石混合料、不整齐块石及其他粒料	三级公路、四级公路
低级	粒料加固土、其他当地材料改善土	四级公路

2. 路面的分类

 **学习任务9** 学习路面的分类。

在路面设计中，从路面结构的力学特性出发，可将路面分为以下三种类型。

1) 柔性路面

柔性路面是指整体结构刚度较小，在车辆荷载的作用下会产生较大的弯沉变形，路面结构的抗弯拉强度较低，主要靠抗压、抗剪强度来承受车辆荷载作用的路面。它主要包括由粒料类基层或沥青稳定类基层与沥青面层所组成的路面结构，或由砂石类面层所组成的路面结构。由于车轮荷载通过各结构层向下传递到土基的压力较大，因此对土基的强度和稳定性要求较高。

2) 刚性路面

刚性路面主要是指用水泥混凝土作为面层或基层的路面结构。刚性路面的特点是刚度与强度很高，弹性模量很大，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

半刚性路面主要是指由无机结合料稳定材料铺筑的基层与各类沥青面层所组成的路面

① “玛蹄脂”是按照《现代汉语词典》(第6版)的规定替代行业中的常用术语“玛蹄脂”。



结构。无机结合料稳定材料在前期具有柔性路面的力学性质,到后期其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,因此这类基层称为半刚性基层。

任务 1.2 沥青路面的设计



学习描述

【知识目标】 掌握沥青路面的设计理论,包括标准轴载、交通量的计算,交通等级的确定,结构组合设计及材料设计参数的确定,设计弯沉值的计算,容许拉应力的计算,沥青路面的厚度设计。

【能力目标】 会按《公路沥青路面设计规范》(JTGD50—2006)的要求,用 HPDS 2011、Excel 等软件进行沥青路面设计;培养理解工程图纸设计意图的能力及 HPDS 2011、Excel 等软件的操作能力。

【技术规范】 《公路沥青路面设计规范》(JTGD50—2006)。

【案例】 案例 1。

【实训】 实训 1(上机,2 学时)。

【应用软件】 HPDS 2011、Excel。

1.2.1 沥青路面设计的力学模型

按照《公路沥青路面设计规范》(JTGD50—2006)第 8.0.1 条规定,沥青路面结构设计的力学模型为双圆均布垂直荷载作用下的弹性层状连续体系,如图 1-12 所示。

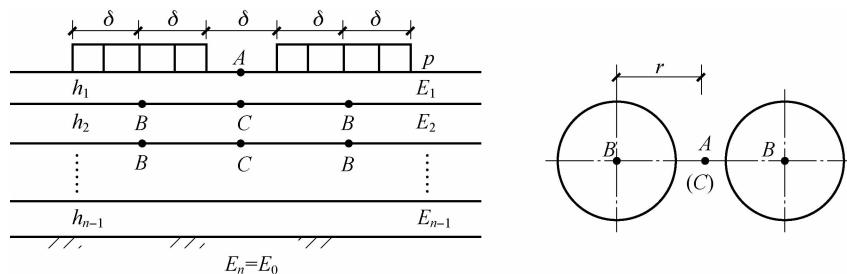


图 1-12 路面荷载及计算点图示

1. 标准轴载

路面结构设计采用双圆均布垂直荷载,即标准轴载 BZZ-100。

学习任务 10 学习标准轴载 BZZ-100 的计算参数,计算校核标准轴载 BZZ-100 的当量圆直径 d ,并填入表 1-7 中。

为计算方便,将车轮与路面的实际接触面积转化为等面积的圆,称为传压面当量圆。将





双轮轮印的面积相加,转化为一个等值当量圆,称为单圆图式,如图 1-13(a)所示;将双轮的每个轮印分别转化为一个小圆,称为双圆图式,如图 1-13(b)所示。《公路沥青路面设计规范》(JTGD50—2006)规定采用双圆荷载计算图式。

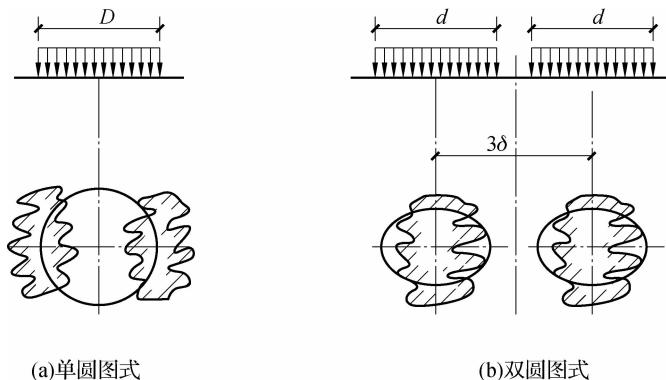


图 1-13 荷载计算图示

对于双圆图式而言,BZZ-100 标准轴载 P 为 100 kN,单侧有两个车轮,双侧共有 4 个车轮,即共有 4 个单轮传压面当量圆,每个当量圆轮胎接地压强 p 为 0.7 MPa,则单轮传压面当量圆直径 d 计算见式(1-1)。

$$d = \sqrt{\frac{10P}{\pi p}} \quad (1-1)$$

式中, d 为单轮传压面当量圆直径(cm); P 为标准轴载(kN); p 为轮胎接地压强(MPa)。

《公路沥青路面设计规范》(JTGD50—2006)第 3.1.1 条规定:路面设计采用双轮组单轴载 100 kN 作为标准轴载,以 BZZ-100 表示。标准轴载的计算参数按表 1-6 确定。

表 1-6 标准轴载的计算参数

计算参数	数 值	计算参数	数 值
标准轴载 P/kN	100	单轮传压面当量圆直径 d/cm	21.30
轮胎接地压强 p/MPa	0.70	两轮中心距/cm	$1.5d$

按式(1-1)计算单轮传压面当量圆直径 d ,并填写表 1-7。

表 1-7 标准轴载的参数计算

标准轴载 P/kN	轮胎接地压强 p/MPa	单轮传压面当量圆直径 d/cm	两轮中心距/cm
100	0.7		$1.5d$

2. 弹性层状连续体系

学习任务 11 理解弹性体系、层状体系、连续体系的含义。

(1)弹性体系。弹性体系是指沥青路面设计用弹性力学进行计算,《公路沥青路面设计



规范》(JTGD50—2006)第8.0.4条规定:采用多层弹性体系理论设计程序计算或验算路面厚度,如案例1中使用的计算机程序为HPDS 2011。

(2)层状体系。层状体系是指沥青路面由不同的路面结构层次组成,应按《公路沥青路面设计规范》(JTGD50—2006)的要求进行结构组合设计,详见1.2.3。

(3)连续体系。连续体系是指应加强路面各结构层之间的结合,提高路面结构的整体性,避免产生层间滑移,详见1.2.3。

3. 设计指标与验算要求

学习任务12 学习沥青路面的设计指标及验算要求。

如图1-12所示,弹性层状连续体系在标准轴载BZZ-100的作用下,轮隙中点A处会产生向下的竖向回弹变形,称为计算弯沉值 l_s (单位为0.01 mm);沥青层、半刚性基层、半刚性底基层的层底B、C处(在当量圆心、轮隙中点下面)会产生较大的拉应力 σ_m 。

计算弯沉值 l_s 越大,表明该路面结构的整体刚度(承载力)越低,设计要求是轮隙中心处(A点)路表的计算弯沉值 l_s 应小于或等于设计弯沉值 l_d 。设计弯沉值 l_d 的计算公式为

$$l_d = \frac{600}{N_e^{0.2}} A_c A_s A_b \quad (1-2)$$

式中, l_d 为设计弯沉值(0.01 mm); N_e 为设计年限内一个车道上累计当量轴次(次/车道); A_c 为公路等级系数,高速公路、一级公路为1.0,二级公路为1.1,三、四级公路为1.2; A_s 为面层类型系数,沥青混凝土面层为1.0,热拌和冷拌沥青碎石、沥青贯入式路面(含上拌下贯式路面)、沥青表面处治为1.1; A_b 为路面结构类型系数,半刚性基层沥青路面为1.0,柔性基层沥青路面为1.6。

拉应力 σ_m 过大,路面结构层易产生疲劳开裂,设计要求是轮隙中心(C点)或单圆荷载中心处(B点)的层底拉应力 σ_m 应小于或等于容许拉应力 σ_R 。容许拉应力 σ_R 的计算公式为

$$\sigma_R = \frac{\sigma_s}{K_s} \quad (1-3)$$

式中, σ_R 为路面结构层材料的容许拉应力(MPa); σ_s 为沥青混凝土或半刚性材料的极限劈裂强度(MPa); K_s 为抗拉强度结构系数,按式(1-4)、式(1-5)、式(1-6)计算。

极限劈裂强度,对沥青混凝土来说,是指15℃时的极限劈裂强度;对水泥稳定类材料来说,是指龄期为90 d的极限劈裂强度;对二灰稳定类、石灰稳定类材料来说,是指龄期为180 d的极限劈裂强度;对水泥粉煤灰稳定类材料来说,是指龄期为120 d的极限劈裂强度。

沥青混凝土层的抗拉强度结构系数,按式(1-4)计算。

$$K_s = 0.09 N_e^{0.22} / A_c \quad (1-4)$$

无机结合料稳定集料类的抗拉强度结构系数,按式(1-5)计算。

$$K_s = 0.35 N_e^{0.11} / A_c \quad (1-5)$$

无机结合料稳定细粒土类的抗拉强度结构系数,按式(1-6)计算。

$$K_s = 0.45 N_e^{0.11} / A_c \quad (1-6)$$

式中,符号意义同式(1-2)。

路面结构设计要求达到的整体刚度(承载力)、抗疲劳开裂能力都与交通量有关。将交通量换算为设计年限内最不利车道上BZZ-100的累计作用次数,考虑疲劳效应来计算设计





弯沉值 l_d 、路面各结构层材料的容许拉应力 σ_R 。另外,路面结构组合设计也与交通荷载等级有关,因此,在进行沥青路面设计之前要先对交通量及交通等级进行计算。交通量及交通等级的计算详见 1.2.2。

《公路沥青路面设计规范》(JTG D50—2006)第 8.0.3 条规定:高速公路、一级公路、二级公路的路面结构,以路表面回弹弯沉值、沥青混凝土层的层底拉应力及半刚性材料层的层底拉应力为设计指标;三级公路、四级公路的路面结构以路表面设计弯沉值为设计指标;有条件时,对重载交通路面宜检验沥青混合料的抗剪切强度。

学习任务 13 沥青路面的主要承重层为哪层? 次承重层为哪层?

《公路沥青路面设计规范》(JTG D50—2006)第 4.1.1 条规定:基层是主要承重层,底基层是次承重层。沥青路面设计时,可选用基层或底基层为设计层,当路表面计算弯沉值大于设计弯沉值时,要增加设计层的厚度直到满足要求为止,即设计弯沉值为沥青路面结构设计的控制性指标,可先由路表面计算弯沉值 l_s 等于设计弯沉值 l_d 来反算设计层厚度,然后验算各路面结构层的层底拉应力,若层底拉应力 σ_m 大于容许拉应力 σ_R ,则可增加设计层的厚度直到满足要求为止,或重新进行材料组成设计或更换材料以提高容许拉应力。

综上所述,在进行沥青路面结构设计时,首先应进行交通量与交通等级的计算,然后进行结构组合设计初拟路面结构方案(确定各结构层次的材料、厚度、回弹模量),再用弹性力学计算软件(如 HPDS 2011)进行沥青路面厚度的计算。

1.2.2 交通量与交通等级

1. 路面交工后(营运)第一年的交通量

学习任务 14 案例 1 的案例表 1、案例表 2 中为什么没有小轿车?

“公路勘测设计”课程研究几何线性设计,将所有交通量换算为小客车的年平均日交通量,然后按《公路路线设计规范》(JTG D20—2006)确定公路等级、设计速度、车道数、路面宽度等,若交通量预测不合理,则会出现交通阻塞。

“路面施工技术”课程是研究路面结构设计,通过交通调查得出路面交工后(营运)第一年的交通组成以及设计年限内交通量的增长情况。将车辆的前轴、后轴的交通量换算为 BZZ-100 的累计作用次数,在换算中发现,四轮及四轮以下的车(如小汽车等)影响较小,而轴载越重的车影响越严重。因此,在进行路面结构设计时,对交通量的计算只需考虑四轮及四轮以上的车型,在公路建成后要严格治理超载问题。

2. 累计当量轴次的确定

学习任务 15 学习累计当量轴次 N_e 的计算,练习用 Excel 计算案例 1 中的案例表 3~案例表 6,提高 Excel 的操作水平。

(1) 累计当量轴次 N_e 。累计当量轴次是指在设计年限内,考虑车道系数后,一个车道上的当量轴次总和。其计算公式为



$$N_e = \frac{[(1+\gamma)^t - 1] \times 365}{\gamma} N_1 \eta \quad (1-7)$$

式中, N_e 为设计年限内一个车道的累计当量轴次(次/车道); t 为设计年限(年), 查表 1-8 取得; N_1 为营运第一年双向日平均当量轴次(次/天); γ 为设计年限内交通量的平均增长率(%); η 为车道系数, 见表 1-9。

表 1-8 各级公路的沥青路面设计年限

公路等级	设计年限/年	公路等级	设计年限/年
高速公路、一级公路	15	三级公路	8
二级公路	12	四级公路	6

表 1-9 车道系数 η

车道特征	η	车道特征	η
双向单车道	1.0	双向六车道	0.3~0.4
双向两车道	0.6~0.7	双向八车道	0.25~0.35
双向四车道	0.4~0.5	—	—

累计当量轴次 N_e 的计算思路如下。

①将各车型的前轴、后轴分别按式(1-8)~式(1-11)换算为当量轴次,再求和得到通车第一年双向日平均当量轴次 N_1 。

注意:换算公式有两组,即式(1-8)、式(1-9)与式(1-10)、式(1-11),要知道两组公式的适用范围及区别。

②按式(1-12)将通车第一年双向日平均当量轴次 N_1 换算为设计年限内一个车道上的当量轴次总和 N_e 。

(2)当量轴次。当量轴次是指按弯沉等效或拉应力等效的原则,将不同车型、不同轴载作用次数换算为与标准轴载 100 kN 相当的轴载作用次数。

①当以设计弯沉值和沥青层的层底拉应力为指标时,各级轴载均应按式(1-8)换算成标准轴载 P 的当量轴次 N 。

$$N = \sum_{i=1}^K C_1 C_2 n_i \left(\frac{P_i}{P} \right)^{4.35} \quad (1-8)$$

式中, N 为以设计弯沉值和沥青层的层底拉应力为指标时的标准轴载的当量轴次(次/天); C_1 为被换算车型的轴数系数; C_2 为被换算车型的轮组系数, 双轮组为 1.0, 单轮组为 6.4, 四轮组为 0.38; n_i 为被换算车型的各级轴载作用次数(次/天); P_i 为被换算车型的各级轴载(kN); P 为标准轴载(kN); K 为被换算车型的轴载级别。

当轴间距 >3 m 时,应按单独的一个轴载计算。当轴间距 <3 m 时,双轴或多轴的轴数系数按式(1-9)计算。

$$C_1 = 1 + 1.2(m-1) \quad (1-9)$$

式中, m 为轴数。

②当以半刚性材料层的拉应力为设计指标时,各级轴载均应按式(1-10)换算成标准轴载 P 的当量轴次 N' 。





$$N' = \sum_{i=1}^K C_1' C_2' n_i \left(\frac{P_i}{P} \right)^8 \quad (1-10)$$

式中, N' 为以半刚性材料层的拉应力为设计指标时的标准轴载的当量轴次(次/天); C_1' 为被换算车型的轴数系数; C_2' 为被换算车型的轮组系数, 双轮组为 1.0, 单轮组为 18.5, 四轮组为 0.09; 其余符号含义同式(1-8)。

当以拉应力为设计指标时, 双轴或多轴的轴数系数按式(1-11)计算。

$$C_1' = 1 + 2(m - 1) \quad (1-11)$$

式中, m 为轴数。

3. 交通等级的确定

学习任务 16 学习交通等级的确定方法, 并对案例 1 中的交通等级进行校核。

交通量宜根据表 1-10 的规定划分为四个等级。设计时可根据累计当量轴次 N_e 或每车道、每日平均大型客车及中型以上的各种货车的交通量, 选择一个较高的交通等级作为设计交通等级。

表 1-10 各交通等级对应的标准轴次和货车交通量

交通等级	BZZ-100 累计标准轴次 N_e /(次/车道)	大型客车及中型以上的各种货车交通量 /[辆/(天·车道)]
轻交通	$<3 \times 10^6$	<600
中等交通	$3 \times 10^6 \sim 1.2 \times 10^7$	$600 \sim 1\,500$
重交通	$1.2 \times 10^7 \sim 2.5 \times 10^7$	$1\,500 \sim 3\,000$
特重交通	$>2.5 \times 10^7$	$>3\,000$

1.2.3 沥青路面结构层与组合设计

1. 结构组合设计理论

沥青路面设计力学模型采用弹性层状连续体系, 要进行结构组合设计, 使沥青路面各结构层的材料强度搭配合理, 各结构层的厚度满足施工要求, 并应进行层间组合设计以避免出现层间滑移, 抑制反射裂缝的出现及防止早期水损害。

1) 沥青路面的结构层次

学习任务 17 沥青路面的结构层次有哪些? 垫层有什么作用?

《公路沥青路面设计规范》(JTG D50—2006)第 4.1.1 条规定: 沥青路面结构层可由面层、基层、底基层、垫层等多层结构组成。其中, 垫层是设置在底基层与土基之间的结构层, 具有排水、隔水、防冻、防污等作用。在进行沥青路面设计时, 往往按经验拟定路面的结构层次、材料、厚度, 然后按力学模型进行验算, 当验算通不过时, 可增加承重层(基层)或次承重层(底基层)的厚度。

学习任务 18 为什么在进行结构组合设计时, 材料强度应自上而下地降低?



由于车辆荷载的影响会随着深度的增加而减小(荷载应力如图 1-14 中的曲线 1 所示),考虑到经济性,可将路面划分为不同的层次并使各层的强度自上而下依次降低(如图 1-14 中的曲线 2 所示)。结构层的层数越多,越能适应强度与荷载应力随深度变化的规律,由于上面的材料强度高、价格贵,因此划分得越薄越能省钱,但是结构层的层数过多会给施工工艺及材料制备带来困难。因此,为了便于施工,路面结构层的层数不宜过多。

 **学习任务 19** 学习沥青面层类型的选择,并检查图 1-5 中的面层类型选择是否合理。

《公路沥青路面设计规范》(JTG D50—2006)第 4.1.2 条规定:面层类型应与公路等级、使用要求、交通等级相适应。热拌沥青混凝土可用于各级公路的面层;沥青表面处治、贯入式沥青碎石可用于三级、四级公路的面层。

 **学习任务 20** 在进行半刚性基层沥青路面的结构组合设计时,对相邻各层的模量比有何要求?

沥青层的回弹模量一般小于半刚性基层的回弹模量,当沥青层处于受压状态或出现较小拉应力时,半刚性基层主要承受拉应力。上、下层间的模量比越小,随着沥青层剪应力的增大,下层的拉应力就越大,故半刚性基层的刚度不宜太大。《公路沥青路面设计规范》(JTG D50—2006)第 4.2.2 条规定:基层与沥青面层的模量比宜为 1.5~3.0;基层与底基层的模量比不宜大于 3.0;底基层与土基的模量比宜为 2.5~12.5。

2) 层间结合

(1) 反射裂缝。在已经开裂的老沥青路面、半刚性基层上或者在开裂或有接缝的老水泥混凝土路面上加铺沥青路面面层后,原先的裂缝或接缝会在新铺沥青面层的相同位置处出现,这种裂缝称为反射裂缝。

 **学习任务 21** 半刚性基层沥青路面可采取哪些措施来减少反射裂缝?

在半刚性结构层上铺沥青面层时,由于半刚性结构层材料的干缩和温缩开裂会导致面层相应地出现反射裂缝,因此工程中应采取相应的技术措施防止该裂缝的出现。从理论上分析,当沥青层与半刚性基层之间是连续体系时,沥青层多数处于受压状态或出现较小拉应力,半刚性基层主要承受拉应力;若沥青层与其下承层之间的接触面处于浸水状态,则可能导致界面产生滑移,上层底面会出现比连续状态大 1~2 倍的拉应力。对半刚性基层沥青路面,应采取层间结合的可靠技术措施,防止层间滑移,并提高沥青混合料的抗剪强度。

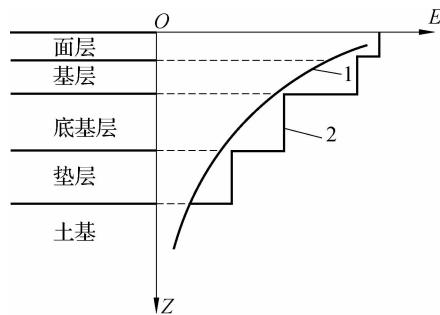


图 1-14 应力与强度随深度的变化

1—荷载应力分布曲线; 2—材料强度 E 布置曲线





《公路沥青路面设计规范》(JTGD50—2006)第4.2.6条对半刚性基层沥青路面减少收缩开裂和反射裂缝的措施做出以下规定。

- ①选用骨架密实型半刚性基层,严格控制细料含量、结合料剂量、含水量,及时养生。
- ②适当增加沥青层的厚度,在半刚性材料层上设置沥青碎石或级配碎石等柔性基层。
- ③在半刚性基层上设置改性沥青应力吸收膜、应力吸收层或铺设经实践证明有效的土工合成材料等。
- (2)层间滑移。透层、黏层、封层的概念详见任务4.3。

学习任务22 学习透层、黏层、封层的作用。

《公路沥青路面设计规范》(JTGD50—2006)第4.2.7条规定:设计时应采取技术措施,加强路面各结构层之间的结合,提高路面结构的整体性,避免产生层间滑移。

- ①各种基层上宜设置透层沥青。
- ②在半刚性基层上应设下封层。
- ③沥青层之间应设黏层。黏层沥青可用乳化沥青、改性乳化沥青或热沥青,洒布数量宜为 $0.3\sim0.6\text{ kg/m}^2$ 。
- ④新、旧沥青层之间,沥青层与旧水泥混凝土板之间应洒布黏层沥青。
- ⑤拓宽路面时,新、旧路面接槎处,宜喷涂黏结沥青。
- ⑥双层式半刚性材料基层宜采用连续摊铺、碾压工艺,增强层间结合,以形成整层。

2. 初拟路面结构

1) 路基与垫层

(1)路基。《公路沥青路面设计规范》(JTGD50—2006)第5.1.1条规定:设计时,宜使路基处于干燥或中湿状态,土基回弹模量值应大于30 MPa,重交通、特重交通公路土基回弹模量值应大于40 MPa。

学习任务23 学习对路基回弹模量的要求,校核案例1中路基的回弹模量是否满足规范的规定。

材料的回弹模量是反映材料强度的设计指标,回弹模量越大,材料强度越高。若现场实测路基回弹模量代表值小于设计值,则应采取翻晒补压、掺灰处理或调整路面结构厚度等措施,以保证路基路面的强度和稳定性。

(2)垫层。《公路沥青路面设计规范》(JTGD50—2006)第4.2.5条规定:为排除路面、路基中滞留的自由水,确保路面结构处于干燥或中湿状态,下列情况下的路基应设置垫层。

学习任务24 沥青路面在什么情况下要设置垫层?案例1中为什么没有设置垫层?



- ①地下水位高,排水不良,路基经常处于潮湿、过湿状态的路段。
 ②排水不良的土质路堑,有裂隙水、泉眼等水文不良的岩石挖方路段。
 ③季节性冰冻地区的中湿、潮湿路段,可能产生冻胀需设防冻垫层的路段。路面结构层的最小防冻厚度见表 1-11。

表 1-11 路面结构层的最小防冻厚度

单位:cm

路基类型	道路冻深	黏性土、细亚砂土			粉 性 土		
		砂石类	稳定土类	工业废料类	砂石类	稳定土类	工业废料类
中湿	50~100	40~45	35~40	30~35	45~50	40~45	30~40
	100~150	45~50	40~45	35~40	50~60	45~50	40~45
	150~200	50~60	45~55	40~50	60~70	50~60	45~50
	>200	60~70	55~65	50~55	70~75	60~70	50~65
潮湿	60~100	45~55	40~50	35~45	50~60	45~55	40~50
	100~150	55~60	50~55	45~50	60~70	55~65	50~60
	150~200	60~70	55~65	50~55	70~80	65~70	60~65
	>200	70~80	65~75	55~70	80~100	70~90	65~80

注 1:在《公路自然区划标准》(JTJ 003—1986)中,对潮湿系数小于 0.5 的地区,Ⅱ、Ⅲ、Ⅳ 等干旱地区的防冻厚度应比表中的数值减小 15%~20%。

注 2:Ⅱ 区砂性土路基的防冻厚度应相应减小 5%~10%。

④基层或底基层可能受污染以及路基软弱的路段。

对于案例 1,因路基处于中湿状态,且不考虑防冻要求,故不需要设置垫层。

2)各结构层的厚度、回弹模量、劈裂强度

(1)沥青混合料面层的厚度。

 学习任务 25 检查案例 1 的案例表 7 中各面层的厚度是否合理。

沥青层的厚度应与沥青混合料的公称最大粒径相匹配,一般沥青层的压实最小厚度不宜小于混合料公称最大粒径的 2.5~3 倍;对 SMA 和 OGFC 等嵌挤型沥青混合料,其一层压实最小厚度不宜小于公称最大粒径的 2~2.5 倍。如沥青面层的施工厚度偏小,则施工过程中混合料容易离析,而且碾压时石料会严重压碎,这样不仅达不到增强抗车辙能力的目的,而且还会造成沥青面层透水,导致局部早期水损坏。

《公路沥青路面设计规范》(JTGD50—2006)中的表 4.1.3 规定了沥青混合料、贯入式沥青碎石、沥青表面处治的结构层压实最小厚度与适宜厚度,见表 1-12。适宜厚度是从发挥机械摊铺效能和碾压密实的角度考虑,以利于提高沥青层的耐久性、水稳定性,防止水损害。





表 1-12 沥青结构层的压实最小厚度与适宜厚度

结构层类型	公称最大粒径 /mm	符 号	压实最小厚度 /mm	适宜厚度 /mm
密级配沥青混合料(AC)	砂粒式	4.75	AC-5	15
	细粒式	9.5	AC-10	20
		13.2	AC-13	35
	中粒式	16	AC-16	40
		19	AC-20	50
	粗粒式	26.5	AC-25	70
密级配沥青碎石(ATB)	粗粒式	26.5	ATB-25	70
		31.5	ATB-30	90
	特粗式	37.5	ATB-40	120
沥青玛𤧛脂碎石混合料(SMA)	细粒式	9.5	SMA-10	25
		13.2	SMA-13	30
	中粒式	16	SMA-16	40
		19	SMA-20	50
	粗粒式	13.2	AM-13	35
半开级配沥青碎石(AM)	中粒式	16	AM-16	40
		19	AM-20	50
	粗粒式	26.5	AM-25	80
	特粗式	37.5	AM-40	120
贯入式沥青碎石			40	40~80
上拌下贯沥青碎石			60	60~80
沥青表面处治			10	10~30

(2) 基层、底基层、垫层的厚度。

学习任务 26 检查案例 1 的案例表 7 中的基层、底基层厚度是否合理?

目前,我国沥青路面广泛采用半刚性材料作为基层、底基层。半刚性材料一层的压实最小厚度不得小于 150 mm,一层的压实厚度宜为 180~200 mm。在设计时应避免设置过厚或过薄的基层或底基层。例如,某层半刚性基层的厚度设计为 270 mm,施工单位可能会分为 150 mm、120 mm 两层施工,使半刚性基层的厚度小于最小厚度。在重载车的作用下,薄的半刚性基层易产生过大的拉应力而出现开裂,但是,当有特重型的压实设备并经实测能保证压实度的条件下可适当增厚。

图 1-5 的基层为 360 mm 厚的水泥稳定碎石基层,按照规范推荐的适宜厚度,施工时可采用 180 mm、180 mm 两层施工。在实际施工时,由于工期紧张,可采用先进的摊铺及碾压设备将 360 mm 厚的水泥稳定碎石一层摊铺、碾压,经检测也能满足规范的压实度要求。



《公路沥青路面设计规范》(JTG D50—2006)的表 4.1.5 中推荐了半刚性材料、刚性材料、粒料类材料结构层的压实最小厚度与适宜厚度,见表 1-13。

表 1-13 各种结构层的压实最小厚度与适宜厚度

单位:mm

结构层类型	压实最小厚度	适宜厚度
水泥稳定类	150	180~200
石灰稳定类	150	180~200
石灰粉煤灰稳定类	150	180~200
贫混凝土	150	180~240
级配碎石	80	100~200
级配砾石	80	100~200
泥结碎石	80	100~150
填隙碎石	100	100~120

(3)回弹模量、劈裂强度的确定。

 **学习任务 27** 学习路面各结构层材料回弹模量、劈裂强度的确定方法及适用条件。说出案例 1 的案例表 8 中的沥青混凝土在 15 ℃ 和 20 ℃ 时平均抗压模量的适用条件。

材料回弹模量与沥青路面的承载力密切相关,是表示材料强度大小的设计参数。劈裂强度用来确定各结构层容许拉应力,是进行各结构层层底拉应力验算的设计参数。

《公路沥青路面设计规范》(JTG D50—2006)第 8.0.7 条规定:路面设计中各结构层的材料设计参数应根据公路等级和设计阶段的要求确定。

①高速公路、一级公路施工图设计阶段应选取工程用路面材料实测设计参数;各级公路采用新材料时,也必须实测设计参数。

②高速公路、一级公路初步设计阶段或二级及其以下公路施工图设计阶段可借鉴本地区已有的试验资料或工程经验确定。

③可行性研究阶段可根据附录 E 确定设计参数,见表 1-14 和表 1-15。

表 1-14 沥青混合材料设计参数

材料名称	抗压模量 E/MPa		15 ℃ 劈裂强度 σ/MPa	备注	
	20 ℃	15 ℃			
细粒式沥青混凝土	密级配	1 200~1 600	1 800~2 200	1.2~1.6	AC-10, AC-13
	开级配	700~1 000	1 000~1 400	0.6~1.0	OGFC
沥青玛𤧛脂碎石	1 200~1 600	1 600~2 000	1.4~1.9	SMA	
中粒式沥青混凝土	1 000~1 400	1 600~2 000	0.8~1.2	AC-16, AC-20	
密级配粗粒式沥青混凝土	800~1 200	1 000~1 400	0.6~1.0	AC-25	





续表

材料名称		抗压模量 E/MPa		15 °C 剪裂强度 σ/MPa	备注
		20 °C	15 °C		
沥青碎石基层	密级配	1 000~1 400	1 200~1 600	0.6~1.0	ATB-25, ATB-30
	半升级配	600~800	—	—	AM-25, AM-40
沥青贯入式		400~600	—	—	—

表 1-15 基层、底基层材料设计参数

材料名称	配合比或 规格要求	抗压模量 E/MPa		剪裂强度 σ/MPa
		弯沉计算	拉应力计算	
水泥砂砾	4%~6%	1 100~1 500	3 000~4 200	0.4~0.6
水泥碎石	4%~6%	1 300~1 700	3 000~4 200	0.4~0.6
二灰砂砾	7 : 13 : 80	1 100~1 500	3 000~4 200	0.6~0.8
二灰碎石	8 : 17 : 80	1 300~1 700	3 000~4 200	0.5~0.8
石灰水泥粉煤灰砂砾	6 : 3 : 16 : 75	1 200~1 600	2 700~3 700	0.4~0.55
水泥粉煤灰碎石	4 : 16 : 80	1 300~1 700	2 400~3 000	0.4~0.55
石灰土碎石	粒料>60%	700~1 100	1 600~2 400	0.3~0.4
碎石灰土	粒料>40%~50%	600~900	1 200~1 800	0.25~0.35
水泥石灰砂砾土	4 : 3 : 25 : 68	800~1 200	1 500~2 200	0.3~0.4
二灰土	10 : 30 : 60	600~900	2 000~2 800	0.2~0.3
石灰土	8%~12%	400~700	1 200~1 800	0.2~0.25
石灰土处理路基	4%~7%	200~350	—	—
级配碎石	基层连续级配型	300~350	—	—
	基层骨架密实型	300~500	—	
	底基层、垫层	200~250	—	
填隙碎石	底基层	200~280	—	—
未筛分碎石	做底基层用	180~220	—	—
级配砂砾、天然砂砾	做底基层用	150~200	—	—
中粗砂	垫层	80~100	—	—

注:拉应力计算参数以实测为主,此表仅供参考。

当以路表弯沉值为设计或验算指标时,设计参数采用抗压回弹模量,对于沥青混凝土来说,试验温度为 20 °C。当以沥青层或半刚性材料结构层层底拉应力为设计或验算指标时,



应在 15 ℃的条件下测试沥青混合料的抗压回弹模量。

1.2.4 新建沥青路面的厚度设计

1. 设计弯沉值

 **学习任务 28** 什么是弯沉？请确定案例 1 的设计弯沉值，校核案例 1 中案例表 9 数据的正确性。

弯沉是指在 BZZ-100 的作用下，轮隙中点处的向下变形。通常，弯沉越大，路面结构的塑性变形也越大(刚度差)，同时抗疲劳性能越差，难以承受重交通量；反之，路面结构的抗疲劳性能越好，越能承受较重的交通量。因此，在 BZZ-100 作用下轮隙中点的计算弯沉值必须要小于或等于某个值(设计弯沉值)。

根据设计年限内一个车道上预测通过的累计当量轴次、公路等级和路面结构类型，按式(1-2)计算路表设计弯沉值。

2. 容许拉应力

 **学习任务 29** 计算案例 1 中沥青路面各结构层的容许拉应力，并校核案例 1 中案例表 10 数据的正确性。

容许拉应力是混合料的极限抗拉强度与抗拉强度结构系数之比，按式(1-3)～式(1-6)计算。

容许拉应力是衡量沥青路面结构层抗疲劳开裂能力的指标，容许拉应力越大则抗疲劳开裂能力越强。容许拉应力是沥青路面结构设计的验算指标，交通荷载越重，则要求沥青路面结构的承载力越大、抗疲劳开裂能力越强。

3. 厚度计算

 **学习任务 30** 用 HPDS 2011 程序反算设计层的厚度，完成案例 1 中案例表 11 的计算。

从图 1-12 可以看出，在标准轴载的作用下，轮隙中心处 A 点会产生向下的竖向弹性变形，在设计时该竖向变形称为计算弯沉，可用弹性力学计算得出[《公路沥青路面设计规范》(JTGD50—2006)规定要用计算机程序计算]。在交工验收时，该竖向弹性变形称为回弹弯沉，在标准荷载 BZZ-100 作用下实测回弹弯沉要符合设计要求。贝克曼梁法测回弹弯沉见《公路路基路面现场测试规程》(JTGE60—2008)，弯沉评定见《公路工程质量检验评定标准第一册 土建工程》(JTGF80/1—2004)中的“附录 I 路基、柔性基层、沥青路面弯沉值评定”。

若交通等级越重，则设计层应越厚以提高结构的承载力。轮隙中心处(A 点)路表弯沉值是沥青路面厚度设计的控制指标，弯沉越小，承载能力越大。

在车轮荷载的重复作用下，各结构层的层底可能会因为拉应力过大而出现裂缝，故轮隙中心(C 点)或单圆荷载中心处(B 点)的层底拉应力是沥青路面厚度设计的验算指标。





路面各结构层的厚度可按计算法或验算法确定,各层厚度必须满足《公路沥青路面设计规范》(JTG D50—2006)中有关最小施工厚度的规定。

(1) 计算法。按《公路沥青路面设计规范》(JTG D50—2006)中“4 结构层与组合设计”确定各层的厚度,由轮隙中心处(A点)路表计算弯沉值等于设计弯沉值,先用计算机软件反算出设计层的厚度,然后验算各层层底拉应力,即轮隙中心(C点)或单圆荷载中心处(B点)的层底拉应力。

(2) 验算法。根据本地区典型结构确定路面结构组合类型及各层厚度,用计算机软件验算弯沉及层底拉应力,通过后即可。

任务 1.3 水泥混凝土路面的设计



学习描述

【知识目标】 熟悉水泥混凝土面板平面尺寸的设计要求;了解水泥混凝土路面的交通等级的确定方法;熟悉水泥混凝土路面结构组合设计的要求;熟悉水泥混凝土路面设计的力学模型;熟悉水泥混凝土路面厚度设计的验算要求及厚度设计流程;熟悉水泥混凝土路面的接缝设计要求;熟悉传力杆、拉杆的布置要求;了解边缘钢筋、角隅钢筋的作用。

【能力目标】 会按《公路水泥混凝土路面设计规范》(JTG D40—2011)的要求,用 HPDS 2011、Excel 等软件进行水泥混凝土路面设计,培养学生理解工程图纸设计意图的能力。

【技术规范】 《公路水泥混凝土路面设计规范》(JTG D40—2011)。

【案例】 案例 2。

【应用软件】 HPDS 2011、Excel。

1.3.1 水泥混凝土面板平面尺寸的确定



学习任务 31 确定案例 2 中水泥混凝土面板的宽度及长度。

由于一年四季的气温变化,水泥混凝土面层会产生不同程度的膨胀和收缩,从而导致混凝土板的轴向变形。在一昼夜中,白天气温升高,混凝土板顶面的温度较底面的温度高,这种温度坡差会使板的中部有隆起的趋势;夜间气温降低,板顶面的温度较底面的温度低,会使板的周边和角隅有翘起的趋势,发生翘曲变形,如图 1-15(a)所示。这些变形会受到板与基础之间的摩阻力和黏结力,以及板的自重、车轮荷载等的约束,使得板内产生过大的应力,造成板的断裂或拱胀等破坏。

由图 1-15(b)可知,由于翘曲而引起的裂缝,不会使被分割的两块板体完全分离。但如果是因为板体温度均匀下降而引起的收缩,则两块板体会被完全拉开,从而失去荷载传递作用,如图 1-15(c)所示。

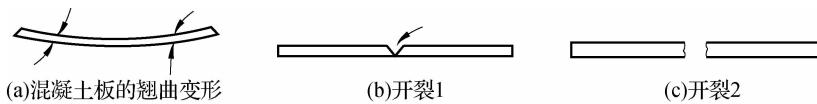


图 1-15 水泥混凝土面板翘曲及破坏

为避免这些缺陷,水泥混凝土路面不得不在纵、横两个方向上设置许多接缝,把整个路面分割成许多板块,如图 1-16 所示。

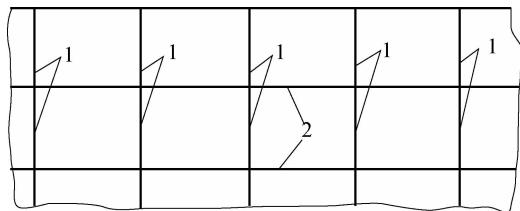


图 1-16 路面接缝设置

1—横缝; 2—纵缝

面层一般采用设置纵向、横向接缝的普通混凝土。普通混凝土面层板的平面形状通常采用纵向接缝与横向接缝垂直相交的矩形。纵缝应与路线中线平行,纵缝两侧的横缝应对接上,不得相互错位,以避免纵缝处两侧板块粘连时由于纵向相对位移受阻而使横缝两侧的板块出现横向感应裂缝。在横缝不设传力杆的中等和轻交通路面上,横缝也可设置成与纵缝斜交,使车轴两侧的车轮不同时作用在横缝的一侧,从而减少轴载对横缝的影响,但横缝的斜率不应使板的锐角小于 75°。

《公路水泥混凝土路面设计规范》(JTG D40—2011)第 5.1.2 条规定:纵向接缝的间距(即板宽)宜在 3.0~4.5 m 内选用。横向接缝的间距(板长)大小会影响板内温度应力、接缝缝隙宽度和接缝传荷能力,板块宜尽可能接近正方形,以改善其受力状况。《公路水泥混凝土路面设计规范》(JTG D40—2011)第 5.1.3 条规定:普通水泥混凝土面层的横向接缝间距宜为 4~6 m,面层板的长宽比不宜超过 1.35,平面面积不宜大于 25 m²。

1.3.2 交通荷载分析



学习任务 32 校核案例 2 中的设计轴载累计作用次数 N_e 及交通荷载等级。

1. 设计轴载累计作用次数 N_e

设计基准期内水泥混凝土路面设计车道临界荷位处所承受的设计轴载累计作用次数 N_e ,应按式(1-12)计算确定。

$$N_e = \frac{365N_s[(1+g_r)^t - 1]}{g_r} \eta \quad (1-12)$$

式中, N_e 为设计基准期内设计车道所承受的设计轴载累计次数(轴次/车道); N_s 为设计车道使用初期的设计轴载日作用次数(次/天); t 为设计基准期(年),查表 1-16 取得; g_r 为基准期内货车交通量的年平均增长率(%); η 为临界荷位处的车辆轮迹横向分布系数,按表 1-17 选用。



表 1-16 可靠度设计标准

公路等级	高速	一级	二级	三级	四级
安全等级	一级		二级	三级	
设计基准期/年	30		20	15	10
目标可靠度/%	95	90	85	80	70
目标可靠指标	1.64	1.28	1.04	0.84	0.52

表 1-17 车辆轮迹横向分布系数

公路等级		纵缝边缘处
高速公路、一级公路、收费站		0.17~0.22
二级及二级以下公路	行车道宽>7 m	0.34~0.39
	行车道宽≤7 m	0.54~0.62

注：车道、行车道较宽或者交通量较大时，取高值；反之，取低值。

2. 交通荷载分级

交通荷载分级，见表 1-18。

表 1-18 交通荷载分级

交通荷载等级	极重	特重	重	中等	轻
设计基准期内设计车道承受设计轴载(100 kN)累计作用次数 $N_e(10^4)$	$>1 \times 10^6$	2 000~ 1×10^6	100~2 000	3~100	<3

1.3.3 水泥混凝土路面结构组合设计



学习任务 33 校核案例 2 的结构组合设计是否满足规范要求。

1. 路基

(1) 路基回弹模量经验参考值应符合《公路水泥混凝土路面设计规范》(JTG D40—2011)中表 E.0.1-1 的规定，见表 1-19。

表 1-19 路基回弹模量经验参考值

单位: MPa

土 组	取值范围	代 表 值
级配良好砾(GW)	240~290	250
级配不良砾(GP)	170~240	190
含细粒土砾(GF)	120~240	180
粉土质砾(GM)	160~270	220
黏土质砾(GC)	120~190	150



续表

土组	取值范围	代表值
级配良好砂(SW)	120~190	150
级配不良砂(SP)	100~160	130
含细粒土砂(SF)	80~160	120
粉土质砂(SM)	120~190	150
黏土质砂(SC)	80~120	100
低液限粉土(ML)	70~110	90
低液限黏土(CL)	50~100	70
高液限粉土(MH)	30~70	50
高液限黏土(CH)	20~50	30

注 1:对于砾和砂, D_{60} (通过率为 60%时的颗粒粒径)大时,模量取高值; D_{60} 小时,模量取低值。

注 2:对于其他含细粒的土组,小于 0.075 mm 颗粒含量大和塑性指数高时,模量取低值;反之,模量取高值。

(2)路基回弹模量湿度调整系数应符合《公路水泥混凝土路面设计规范》(JTGD40—2011)表 E. 0. 1-2 的规定,见表 1-20。

表 1-20 路基回弹模量湿度调整系数

土组	路床顶距地下水位的距离/m					
	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	4.0
细粒质砾(GF)、 土质砾(GM,GC)	0.81~0.88	0.86~1.00	0.91~1.00	0.96~1.00	—	—
细粒质砂(SF)、 土质砂(SM,SC)	0.80~0.86	0.83~0.97	0.87~1.00	0.90~1.00	0.94~1.00	—
低液限粉土(ML)	0.71~0.74	0.75~0.81	0.78~0.89	0.82~0.97	0.86~1.00	0.94~1.00
低液限黏土(CL)	0.70~0.73	0.72~0.80	0.74~0.88	0.75~0.95	0.77~1.00	0.81~1.00
高液限粉土(MH)、 高液限黏土(CH)	0.70~0.71	0.71~0.75	0.72~0.78	0.73~0.82	0.73~0.86	0.74~0.94

注 1: 小于 0.075 mm 颗粒含量大和塑性指数高时,调整系数取低值;反之,调整系数取高值。

注 2: 当表中调整系数最大值为 1.00 时,调整系数取高值。

(3)《公路水泥混凝土路面设计规范》(JTGD40—2011)第 4.2.2 条规定:路床顶面的综合回弹模量值,轻交通荷载等级时不得低于 40 MPa,中等或重交通荷载等级时不得低于 60 MPa,特重或极重交通荷载等级时不得低于 80 MPa。

(4)《公路水泥混凝土路面设计规范》(JTGD40—2011)第 4.2.4 条规定:路床顶面综合回弹模量值不满足第 4.2.2 条要求时,应选用粗粒土或低剂量无机结合料稳定土作路床或上路床填料。当路基工作区底面接近或低于地下水位时,可采取更换填料、设置排水渗沟等措施。

2. 垫层

《公路水泥混凝土路面设计规范》(JTGD40—2011)第 4.3 条对垫层做出以下规定。





(1)季节性冰冻地区,路面结构厚度小于最小防冻厚度要求时,应设置防冻垫层,使路面结构厚度符合要求;水文地质条件不良的土质路堑,路床土湿度较大时,宜设置排水垫层。

(2)垫层应与路基同宽,厚度不得小于150 mm。

(3)防冻垫层和排水垫层宜采用碎石、砂砾等颗粒材料。

3. 基层和底基层

(1)《公路水泥混凝土路面设计规范》(JTG D40—2011)第4.4.2条规定:基层和底基层的材料可依据交通荷载等级、结构层组合要求和材料供应条件,分别参照表1-21和表1-22选用。

表 1-21 各交通荷载等级的基层材料类型

交通荷载等级	基层材料类型
极重、特重	贫混凝土、碾压混凝土
	沥青混凝土
重	密级配沥青稳定碎石
	水泥稳定碎石
中等、轻	级配碎石
	水泥稳定碎石,石灰、粉煤灰稳定碎石

表 1-22 各交通荷载等级的底基层材料类型

交通荷载等级	底基层材料类型
极重、特重、重	级配碎石,水泥稳定碎石,石灰、粉煤灰稳定碎石
中等、轻	未筛分碎石、级配砾石,或不设

(2)《公路水泥混凝土路面设计规范》(JTG D40—2011)第4.4.3条规定:承受极重、特重或重交通荷载的路面,基层下应设置底基层;承受中等或轻交通荷载时,可不设底基层。当基层采用无机结合料稳定类材料,且上路床由细粒土组成时,应在基层下设置粒料类底基层。

(3)《公路水泥混凝土路面设计规范》(JTG D40—2011)的条文说明推荐了各种材料基层和底基层的结构层适宜施工层厚,见表1-23。

表 1-23 各种材料基层和底基层的结构层适宜施工层厚

材料种类	适宜施工层厚/mm
贫混凝土、碾压混凝土	120~200
无机结合料稳定粒料	150~200
沥青混凝土	集料公称最大粒径9.5 mm
	集料公称最大粒径13.2 mm
	集料公称最大粒径16 mm
	集料公称最大粒径19 mm
沥青稳定碎石	集料公称最大粒径19 mm
	集料公称最大粒径26.5 mm
多孔隙水泥稳定碎石	50~75
级配碎石、未筛分碎石、级配砾石或碎砾石	100~150



(4)《公路水泥混凝土路面设计规范》(JTGD40—2011)第4.4.10条规定:硬路肩采用混凝土面层时,基层的结构和厚度应与行车道相同。基层的宽度应比混凝土面层每侧宽出300 mm(小型机具施工时)或650 mm(滑模式摊铺机施工时)。

(5)《公路水泥混凝土路面设计规范》(JTGD40—2011)附录E的表E.0.2规定:基层和底基层材料弹性(回弹)模量经验参考值见表1-24和表1-25。

表1-24 粒料类基层和底基层材料(回弹)模量经验参考值 单位:MPa

材料类型	取值范围	代表值
级配碎石(基层)	200~400	300
级配碎石(底基层)	180~250	220
未筛分碎石	180~220	200
级配砾石(基层)	150~300	250
级配砾石(底基层)	150~220	190
天然砂砾	105~135	120

表1-25 无机结合料类基层和底基层材料弹性模量经验参考值 单位:MPa

材料类型	7d浸水抗压强度	试件模量	收缩开裂后模量	疲劳破坏后模量
水泥稳定类	3.0~6.0	3 000~14 000	2 000~2 500	300~500
	1.5~3.0	2 000~10 000	1 000~2 000	200~400
石灰、粉煤灰稳定类	≥0.8	3 000~14 000	2 000~2 500	300~500
	0.5~0.8	2 000~10 000	1 000~2 000	200~400
石灰稳定类	≥0.8	2 000~4 000	800~2 000	100~300
	0.5~0.8	1 000~2 000	400~1 000	50~200
升级配水泥稳定碎石(CTPB)	≥4.0	1 300~1 700	—	—

4. 面层

(1)《公路水泥混凝土路面设计规范》(JTGD40—2011)的条文说明推荐了水泥混凝土面层厚度的参考范围(见表1-26),在进行结构组合设计时可按该推荐范围初拟面板的厚度。

表1-26 水泥混凝土面层厚度的参考范围

交通荷载等级	极重	特重			重		
公路等级	—	高速	一级	二级	高速	一级	二级
变异水平等级	低	低	中	低	中	低	中
面层厚度/mm	≥320	280~320	260~300	240~280		230~270	220~260
交通荷载等级	中等				轻		
公路等级	二级		三、四级			三、四级	
变异水平等级	高	中	高	中		高	中
面层厚度/mm	220~250	210~240		200~230		190~220	180~210





(2)《公路水泥混凝土路面设计规范》(JTG D40—2011)第4.5.2条规定:面层宜采用设接缝的普通水泥混凝土。当面层板的平面尺寸较大或形状不规则,路面结构下埋有地下设施,位于高填方、软土地基、填挖交界段等有可能产生不均匀沉降的路基段时,应采用接缝设置传力杆的钢筋混凝土面层。连续配筋混凝土、碾压混凝土和钢纤维混凝土等其他面层类型可依据适用条件选用。

(3)《公路水泥混凝土路面设计规范》(JTG D40—2011)第3.0.8条规定:水泥混凝土的设计强度应采用28 d龄期的弯拉强度。各交通荷载等级要求的水泥混凝土弯拉强度标准值不得低于表1-27的规定。

表 1-27 水泥混凝土弯拉强度标准值

交通荷载等级	极重、特重、重	中等	轻
水泥混凝土的弯拉强度标准值/MPa	≥5.0	4.5	4.0
钢纤维混凝土的弯拉强度标准值/MPa	≥6.0	5.5	5.0

(4)水泥混凝土强度和弹性模量经验参考值应符合《公路水泥混凝土路面设计规范》(JTG D40—2011)附录E中表E.0.3-1的规定,见表1-28。

表 1-28 水泥混凝土强度和弹性模量经验参考值

弯拉强度/MPa	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5
抗压强度/MPa	7	11	15	20	25	30	36	42	49
抗拉强度/MPa	0.89	1.21	1.53	1.86	2.20	2.54	2.85	3.22	3.55
弹性模量/GPa	15	18	21	23	25	27	29	31	33

(5)《公路水泥混凝土路面设计规范》(JTG D40—2011)第4.5.3条规定:普通水泥混凝土、钢筋混凝土、碾压混凝土和连续配筋混凝土面层的计算厚度可依据交通荷载等级、公路等级和变异水平等级通过计算确定。各种混凝土面层的设计厚度应依据计算厚度加6 mm磨耗层后,按10 mm向上取整,详见1.3.4。

1.3.4 水泥混凝土路面的厚度设计

1. 水泥混凝土路面厚度设计的力学模型

学习任务34 水泥混凝土路面设计的力学模型是什么?水泥混凝土路面设计标准轴载是什么?哪层是承重层?

水泥混凝土路面厚度设计的力学模型是弹性地基板。按基层和面层类型及组合的不同,可分别采用下述结构分析模型。

1) 弹性地基单层板模型

弹性地基单层板模型适用于粒料基层上混凝土面层,旧沥青路面加铺混凝土面层;面层板底面以下部分按弹性地基处理。



2) 弹性地基双层板模型

弹性地基双层板模型适用于无机结合料类基层或沥青类基层上混凝土面层,旧混凝土路面上加铺分离式混凝土面层;面层和基层或者新旧面层作为双层板,基层底面以下或者旧面层底面以下部分按弹性地基处理。

3) 复合板模型

复合板模型适用于两层不同性能材料组成的面层或基层复合板。旧混凝土路面上加铺结合式混凝土面层,两层不同性能材料组成的层间黏结的面层,作为弹性地基上的单层板或者弹性地基上双层板的上层板;无机结合料类基层或沥青类基层与无机结合料类底基层组成的基层,作为弹性地基上双层板的下层板。

面板不仅要承受荷载疲劳应力的作用,还要承受温度疲劳应力的作用。水泥混凝土路面板内不同深处的温度,随气温的变化而变化。这种变化使水泥混凝土板出现膨胀或收缩变形的趋势。当变形受阻时,板内便会产生胀缩应力或翘曲应力。板的平面尺寸越大,翘曲应力就越大,这种温度疲劳应力是导致混凝土板破坏的原因之一。当路面板被划分为有限尺寸板块后,因收缩而产生的应力很小,可不予考虑。由于水泥混凝土板、基层和土基的导热性能较差,因此,当气温变化较快时,板顶面与底面会产生温度差,从而造成板顶与板底的胀缩变形大小不同。当气温升高时,板顶面温度较其底面高,板顶的膨胀变形较板底的大,板的中部可能隆起;相反,当气温下降时,板顶面温度较其底面板低,板顶的收缩变形较板底大,板的边缘和角隅可能翘起,如图 1-17 所示。由于板的自重、地基反力和相邻板的钳制作用,使得部分翘曲变形受阻,而使板内产生翘曲应力。当由于气温升高而使板中部隆起受到限制时,板底面会出现拉应力;而当因为气温降低而使板四周翘起受阻时,板顶面会出现拉应力。

水泥混凝土路面的结构设计以轴重 100 kN 的单轴-双轮组荷载作为标准轴载。临界荷位是指混凝土板内产生最大荷载和温度梯度综合疲劳损坏时标准轴载的作用位置。现行规范中选取水泥混凝土板的纵缝边缘中部作为产生最大荷载和温度梯度综合疲劳损坏的临界荷位,如图 1-18 所示。

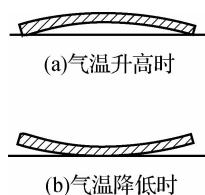


图 1-17 混凝土路面板的翘曲变形

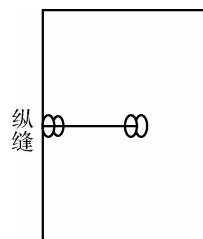


图 1-18 临界荷位

水泥混凝土属脆性材料,抗弯拉强度比抗压强度低得多。当水泥混凝土面层在最重轴载作用下产生的弯拉应力超过其极限弯拉强度时,水泥混凝土板便会产生断裂破坏。在车轮荷载的重复作用下,水泥混凝土面层会在低于其极限抗弯拉强度时出现疲劳破坏。此外,由于面层顶面和底面的温差会产生温度翘曲应力,面层的平面尺寸越大,翘曲应力也越大。因此,为使水泥混凝土路面能够经受车轮荷载的多次重复作用和抵抗温度翘曲的反复作用,并对地基变形有较强的适应能力,水泥混凝土面层应有足够的弯拉强度和厚度。

面板的厚度既可按《公路水泥混凝土路面设计规范》(JTGD40—2011)附录 B 的计算公





式验算确定,也可用 HPDS 2011 软件计算确定。若承重层为水泥混凝土面板,当验算不满足要求时,常用的方法是先增加水泥混凝土面板的厚度,然后再进行验算。

在对水泥混凝土面层施工质量进行检验和对现有水泥混凝土面层进行评定时,直接进行弯拉强度试验会有一定的困难,通常采用钻芯方式取出圆柱体试件,进行劈裂试验确定其劈裂强度,根据所建立的劈裂强度与弯拉强度的经验关系式,由劈裂强度换算得到弯拉强度。劈裂强度试验采用圆柱体试件。试件直径按钻芯直径来定,一般为 100 mm 或 150 mm,试件高度为面层厚度。

2. 水泥混凝土路面厚度计算的相关公式

学习任务 35 通过选择合适的结构分析模型,对案例 2 的水泥混凝土路面厚度设计进行校核。

按《公路水泥混凝土路面设计规范》(JTGD40—2011)附录 B 的规定进行厚度设计。由于案例 2 中是水泥稳定碎石基层、级配碎石底基层,因此,要用弹性地基双层板模型进行设计。为方便查阅,下面将弹性地基双层板模型的计算公式整理如下。

1) 板底地基当量回弹模量 E_t

$$E_t = \left(\frac{E_x}{E_0} \right)^\alpha E_0 \quad (1-13)$$

$$\alpha = 0.86 + 0.26 \ln h_x \quad (1-14)$$

$$E_x = \sum_{i=1}^n (h_i^2 E_i) / \sum_{i=1}^n h_i^2 \quad (1-15)$$

$$h_x = \sum_{i=1}^n h_i \quad (1-16)$$

式中, E_t 为板底地基当量回弹模量(MPa); E_0 为路床顶综合回弹模量(MPa); E_x 为粒料层的当量回弹模量(MPa),按式(1-15)计算; α 为与粒料层总厚度 h_x 有关的回归系数,按式(1-14)计算; h_x 为粒料层的总厚度(m),按式(1-16)计算; n 为粒料层的层数; E_i, h_i 为第 i 层的回弹模量(MPa)与厚度(m)。

2) 混凝土面层板的截面弯曲刚度 D_c

$$D_c = \frac{E_c h_c^3}{12(1-\nu_c^2)} \quad (1-17)$$

式中, D_c 为混凝土面层板的截面弯曲刚度(MN·m); h_c, E_c, ν_c 为混凝土面层板的厚度(m)、弯拉弹性模量(MPa)和泊松比。

3) 半刚性基层板弯曲刚度 D_b

$$D_b = \frac{E_b h_b^3}{12(1-\nu_b^2)} \quad (1-18)$$

式中, D_b 为下层板的截面弯曲刚度(MN·m); h_b, E_b, ν_b 为下层板的厚度(m)、弯拉弹性模量(MPa)和泊松比。

4) 路面结构总相对刚度半径 r_g

$$r_g = 1.21 [(D_c + D_b)/E_t]^{1/3} \quad (1-19)$$

式中, r_g 为双层板的总相对刚度半径(m);其他符号含义同前。



3. 荷载应力的计算

1) 临界荷位处标准轴载荷载应力 σ_{ps}

$$\sigma_{ps} = \frac{1.45 \times 10^{-3}}{1 + D_b/D_c} r_g^{0.65} h_c^{-2} P_s^{0.94} \quad (1-20)$$

式中, σ_{ps} 为临界荷位处标准轴载荷载应力 (MPa); P_s 为标准轴载 (kN), $P_s = 100$ kN; 其他符号含义同前。

2) 临界荷位处极限轴载荷载应力 σ_{pm}

$$\sigma_{pm} = \frac{1.45 \times 10^{-3}}{1 + D_b/D_c} r_g^{0.65} h_c^{-2} P_m^{0.94} \quad (1-21)$$

式中, σ_{pm} 为临界荷位处极限轴载荷载应力 (MPa); P_m 为极限轴载 (kN); 其他符号含义同前。

3) 面层荷载疲劳应力 σ_{pr}

$$\sigma_{pr} = k_r k_f k_c \sigma_{ps} \quad (1-22)$$

$$k_f = N_e^\lambda \quad (1-23)$$

式中, σ_{pr} 为设计轴载在面层板临界荷位处产生的荷载疲劳应力 (MPa); σ_{ps} 为设计轴载在四边自由板临界荷位处产生的荷载应力 (MPa); k_r 为应力折减系数, 采用混凝土路肩时, $k_r = 0.87 \sim 0.92$ (路肩面层与路面面层等厚时取低值, 减薄时取高值), 采用柔性路肩或土路肩时, $k_r = 1$; k_f 为考虑设计基准期内荷载应力累计疲劳作用的疲劳应力系数; N_e 为设计基准期内设计轴载累计作用次数; λ 为材料疲劳指数, 普通混凝土、钢筋混凝土、连续配筋混凝土, $\lambda = 0.065$; k_c 为考虑计算理论与实际差异以及动载等因素影响的综合系数, 按公路等级查表 1-29 确定。

表 1-29 综合系数 k_c

公路等级	高速公路	一级公路	二级公路	三、四级公路
k_c	1.15	1.10	1.05	1.00

4) 面层最大荷载应力 $\sigma_{p,max}$

$$\sigma_{p,max} = k_r k_c \sigma_{pm} \quad (1-24)$$

式中, $\sigma_{p,max}$ 为最重轴载 P_m 在面层板临界荷位处产生的最大荷载应力 (MPa); σ_{pm} 为最重轴载 P_m 在四边自由板临界荷位处产生的最大荷载应力 (MPa); 其他符号含义同前。

4. 温度应力的计算

1) 面层与基层之间竖向接触刚度 k_n

上、下层之间不设沥青混凝土夹层或隔离层时按式 (1-25) 计算, 设沥青混凝土夹层或隔离层时, k_n 取 3 000 MPa/m。

$$k_n = \frac{1}{2} \left(\frac{h_c}{E_c} + \frac{h_b}{E_b} \right)^{-1} \quad (1-25)$$

2) 层间接触状况参数 γ_β

$$\gamma_\beta = \left[\frac{D_c D_b}{(D_c + D_b) k_n} \right]^{1/4} \quad (1-26)$$

3) 与双层板结构有关的参数 ξ

$$\xi = - \frac{(k_n \gamma_g^4 - D_c) \gamma_\beta^3}{(k_n \gamma_\beta^4 - D_c) \gamma_g^3} \quad (1-27)$$



4) 参数 t

$$t = \frac{L}{3\gamma_g} \quad (1-28)$$

式中, L 为面层板的横缝间距, 即板长(m); 其他符号含义同前。

5) 混凝土面层板温度翘曲应力系数 C_L

$$C_L = 1 - \left(\frac{1}{1+\xi} \right) \frac{\sin ht \cos t + \cos ht \sin t}{\cos ts \sin t + \sin ht \cos ht} \quad (1-29)$$

6) 综合温度翘曲应力和内应力的温度应力系数 B_L

$$B_L = 1.77 e_c^{-4.48 h_c} C_L - 0.131 \times (1 - C_L) \quad (1-30)$$

7) 面层最大温度应力 $\sigma_{t,\max}$

$$\sigma_{t,\max} = \frac{\alpha_c E_c h_c T_g}{2} B_L \quad (1-31)$$

式中, $\sigma_{t,\max}$ 为所在地区最大温度梯度在临界荷位处产生的最大温度翘曲应力(MPa); α_c 为混凝土的线膨胀系数, 根据粗集料的岩性按表 1-30 取用; T_g 为公路所在地 50 年一遇的最大温度梯度, 查表 1-31 取用; 其他符号含义同前。

表 1-30 水泥混凝土线膨胀系数 α_c 经验参考值

粗集料类型	石英岩	砂岩	砾石	花岗岩	玄武岩	石灰岩
水泥混凝土线膨胀系数/ $(10^{-6} \cdot ^\circ\text{C}^{-1})$	12	12	11	10	9	7

表 1-31 最大温度梯度标准值 T_g

公路自然区划	II、V	III	IV、VI	VII
最大温度梯度/ $(^\circ\text{C} \cdot \text{m}^{-1})$	83~88	90~95	86~92	93~98

注: 海拔高时, 取高值; 湿度大时, 取低值。

8) 面层温度疲劳应力 σ_{tr}

$$\sigma_{tr} = k_t \sigma_{t,\max} \quad (1-32)$$

$$k_t = \frac{f_r}{\sigma_{t,\max}} \left[a_t \left(\frac{\sigma_{t,\max}}{f_r} \right)^{b_t} - c_t \right] \quad (1-33)$$

式中, σ_{tr} 为面层板临界荷位处的温度疲劳应力(MPa); k_t 为考虑温度应力累计疲劳作用的温度疲劳应力系数; f_r 为水泥混凝土弯拉强度标准值, 查表 1-27。 a_t , b_t 和 c_t 为回归系数, 按所在地区的公路自然区划查表 1-32 确定; 其他符号含义同前。

表 1-32 回归系数 a_t 、 b_t 和 c_t

系 数	公路自然区划					
	II	III	IV	V	VI	VII
a_t	0.828	0.855	0.841	0.871	0.837	0.834
b_t	1.323	1.355	1.323	1.287	1.382	1.270
c_t	0.041	0.041	0.058	0.071	0.038	0.052



5. 极限状态的校核

$$\gamma_r(\sigma_{pr} + \sigma_{tr}) \leq f_r \quad (1-34)$$

$$\gamma_r(\sigma_{p,max} + \sigma_{t,max}) \leq f_r \quad (1-35)$$

式中, γ_r 为可靠度系数, 依据所选目标可靠度、变异水平等级及变异系数通过计算确定, 可查表 1-33 确定, 变异水平等级可查表 1-34 得到; 其他符号含义同前。

表 1-33 可靠度系数

变异水平等级	目标可靠度/%			
	95	90	85	70~80
低	1.20~1.33	1.09~1.16	1.04~1.08	—
中	1.33~1.50	1.16~1.23	1.08~1.13	1.04~1.07
高	—	1.23~1.33	1.13~1.18	1.07~1.11

注: 变异系数接近表 1-34 下限时, 可靠度系数取低值; 接近上限时, 取高值。

表 1-34 变异系数 C_v 的变化范围

变异水平等级	低	中	高
水泥混凝土弯拉强度	$0.05 \leq C_v \leq 0.10$	$0.10 < C_v \leq 0.15$	$0.15 < C_v \leq 0.20$
基层顶面当量回弹模量	$0.15 \leq C_v \leq 0.25$	$0.25 < C_v \leq 0.35$	$0.35 < C_v \leq 0.55$
水泥混凝土面层厚度	$0.02 \leq C_v \leq 0.04$	$0.04 < C_v \leq 0.06$	$0.06 < C_v \leq 0.08$

6. 水泥混凝土板厚度的计算流程

学习任务 36 学习水泥混凝土板厚度的计算流程。

水泥混凝土板厚度的计算流程如下。

- (1) 进行路面结构组合设计, 初拟路面结构, 包括路床、垫层、基层和面层的材料类型与厚度。
- (2) 按照初拟路面结构的组合情况, 选择相应的结构分析模型。
- (3) 分别计算混凝土面层板(单层板或双层板的面层板)的最大荷载应力、设计轴载产生的荷载疲劳应力、最大温度梯度产生的最大温度应力及温度疲劳应力。
- (4) 当荷载疲劳应力与温度疲劳应力之和与可靠度系数的乘积, 小于且接近于混凝土弯拉强度标准值, 同时, 最大荷载应力与最大温度应力之和与可靠度系数的乘积, 小于混凝土弯拉强度标准值, 即满足式(1-34)和式(1-35)时, 初选混凝土板的厚度可作为混凝土板的计算厚度。
- (5) 对贫混凝土或碾压混凝土基层或者双层板的下面层板, 需计算其荷载疲劳应力, 并验算荷载疲劳应力与可靠度系数的乘积是否小于其材料的弯拉强度标准值。
- (6) 若不能同时满足式(1-34)和式(1-35), 则应增加混凝土面层板厚度或调整基层类型或厚度, 重新计算, 直到同时满足式(1-34)和式(1-35)时为止。
- (7) 混凝土板的计算厚度加 6 mm 磨损厚度后, 应按 10 mm 向上取整, 作为混凝土面层的设计厚度。





1.3.5 水泥混凝土路面的接缝设计

水泥混凝土面层的接缝可分为横向接缝和纵向接缝。

任何形式的接缝处的板体都不可能是连续的，其传递荷载的能力总不如非接缝处，而且任何形式的接缝都不可避免要漏水。因此，对各种形式的接缝，都必须为其提供相应的传荷与防水设施，并进行接缝设计。

1. 横向接缝

学习任务37 学习水泥混凝土面层的横向接缝。传力杆是光圆钢筋还是螺纹钢筋？传力杆如何布置？

横向接缝是垂直于行车方向的接缝，共有三种形式：横向缩缝、横向胀缝和横向施工缝。

1) 横向缩缝

横向缩缝的作用是保证板因温度和湿度的降低而收缩时沿该薄弱断面破裂，从而避免产生不规则的裂缝。横向缩缝可等间距或变间距布置，可采用假缝形式。对极重、特重和重交通荷载公路的横向缩缝，中等和轻交通荷载公路邻近胀缝或自由端部的三条横向缩缝，收费站广场的横向缩缝都应采用设传力杆假缝形式，其构造如图1-19(a)所示。其他情况可采用不设传力杆假缝形式，其构造如图1-19(b)所示。

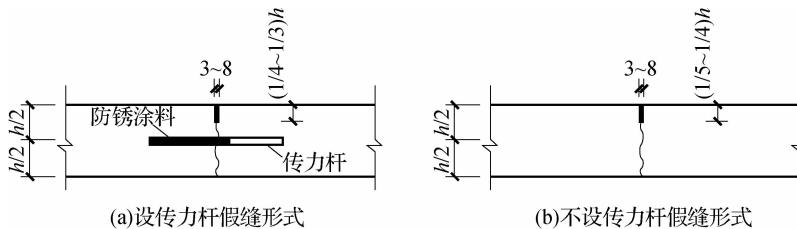


图 1-19 横向缩缝的构造(尺寸单位:mm)

2) 横向胀缝

在邻近桥梁或其他固定构筑物处，或者与其他道路相交处，应设置横向胀缝。胀缝可以保证板在温度升高时能部分伸长，从而避免产生路面板在热天的拱胀和折断破坏，同时胀缝也能起到缩缝的作用。胀缝的条数应根据膨胀量的大小来确定。胀缝的宽度宜为20~25mm，缝内应设置填缝板和可滑动的传力杆。横向胀缝的构造如图1-20所示。

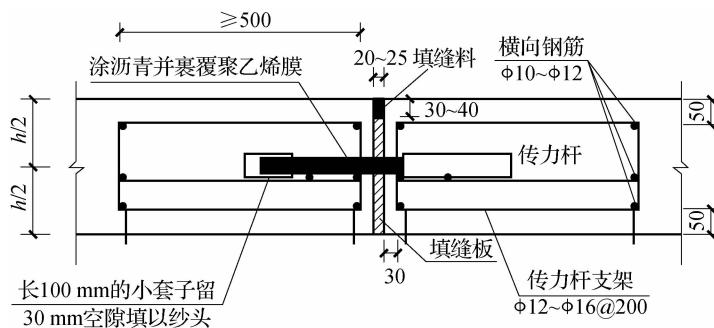


图 1-20 横向胀缝的构造(尺寸单位:mm)



3) 横向施工缝

每日施工结束或因临时原因中断施工时,必须设置横向施工缝,其位置宜尽可能选在缩缝或胀缝处。设在缩缝处的施工缝,应采用加传力杆的平缝形式,其构造如图 1-21 所示;设在胀缝处的施工缝,其构造与横向胀缝相同。

传力杆应采用光圆钢筋。横向缩缝传力杆的尺寸、间距和要求与横向胀缝相同,可按表 1-35 选用。最外侧的传力杆距纵向接缝或自由边的距离宜为 150~250 mm。

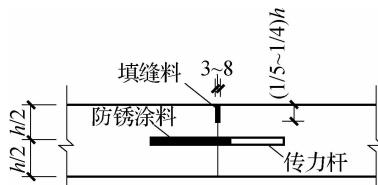


图 1-21 横向施工缝的构造
(尺寸单位:mm)

表 1-35 传力杆的尺寸和间距

单位:mm

面层厚度	传力杆的直径	传力杆的最小长度	传力杆的最大间距
220	28	400	300
240	30	400	300
260	32	450	300
280	32~34	450	300
≥300	34~36	500	300

2. 纵向接缝

学习任务 38 学习水泥混凝土面层的纵向接缝。拉杆是光圆钢筋还是螺纹钢筋? 拉杆如何布置?

纵向接缝是平行于行车方向的接缝,共有两种形式:纵向施工缝和纵向缩缝。其构造如图 1-22 所示。当一次铺筑宽度小于路面宽度时,应设置纵向施工缝。当一次铺筑宽度大于 4.5 m 时,应设置纵向缩缝。

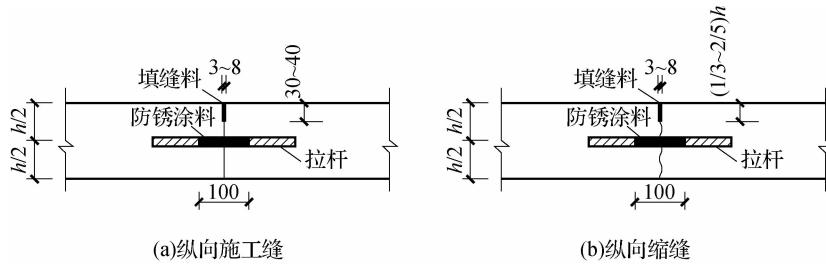


图 1-22 纵向接缝的构造(尺寸单位:mm)

纵向接缝要设拉杆,且行道路面与混凝土硬路肩之间的纵向接缝也必须设置拉杆。拉杆应采用螺纹钢筋,设在板厚中央,并应对拉杆中部 100 mm 的范围内进行防锈处理。拉杆的直径、长度和间距见表 1-36。





表 1-36 拉杆的直径、长度和间距

单位:mm

面层厚度/mm	到自由边或未设拉杆纵缝的距离/m					
	3.00	3.50	3.75	4.50	6.00	7.50
200~250	14×700×900	14×700×800	14×700×700	14×700×600	14×700×500	14×700×400
≥260	16×800×800	16×800×700	16×800×600	16×800×500	16×800×400	16×800×300

注:表中的数字为直径×长度×间距。

3. 水泥混凝土路面与沥青路面的过渡段

学习任务 39 学习水泥混凝土路面与沥青路面相接的过渡段的构造要求。

当水泥混凝土路面与沥青路面相接时,应设置不小于 3 m 的过渡段。过渡段的路面应采用两种路面呈阶梯状叠合布置,其下面铺设的变厚度混凝土过渡板的厚度不得小于 200 mm,如图 1-23 所示。过渡板顶面应设横向拉槽,沥青层与过渡板之间应黏结良好。过渡板与水泥混凝土面层板相接处的接缝内宜设置直径为 25 mm、长度为 700 mm、间距为 400 mm 的拉杆。混凝土面层毗邻该接缝的 1~2 条横向接缝应采用胀缝形式。

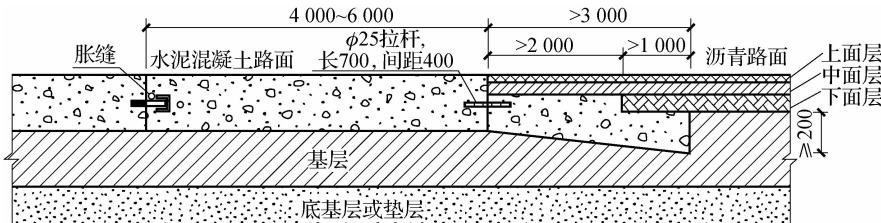


图 1-23 水泥混凝土路面与沥青路面相接段的构造布置(尺寸单位:mm)

1.3.6 水泥混凝土面层的配筋设计

学习任务 40 学习边缘钢筋、角隅钢筋的适用条件及设计要点。

普通混凝土面层基础薄弱的自由边缘、接缝为未设传力杆的平缝、主线与匝道相接处或其他类型路面相接处,可在面层边缘的下部配置钢筋。可选用两根直径为 12~16 mm 的螺纹钢筋,置于面层底面之上 1/4 厚度处且不小于 50 mm,间距为 100 mm,钢筋两端向上弯起,如图 1-24 所示。

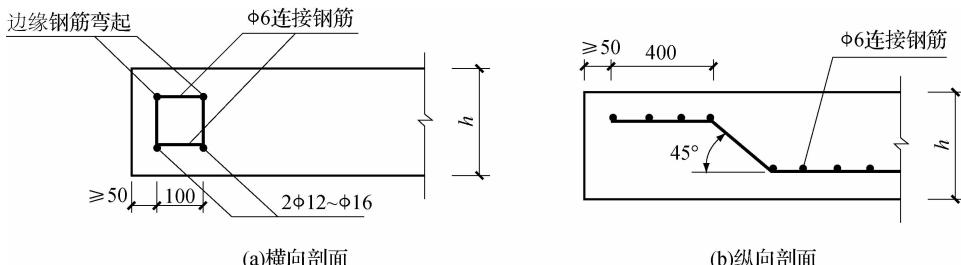


图 1-24 边缘钢筋布置(尺寸单位:mm)



承受极重、特重或重交通的水泥混凝土面层的胀缝、施工缝和自由边的角隅，以及承受极重交通的水泥混凝土面层缩缝的角隅，宜配置角隅钢筋，可选用两根直径为 12~16 mm 的螺纹钢筋，置于面层上部，距顶面不小于 50 mm，距边缘为 100 mm，如图 1-25 所示。

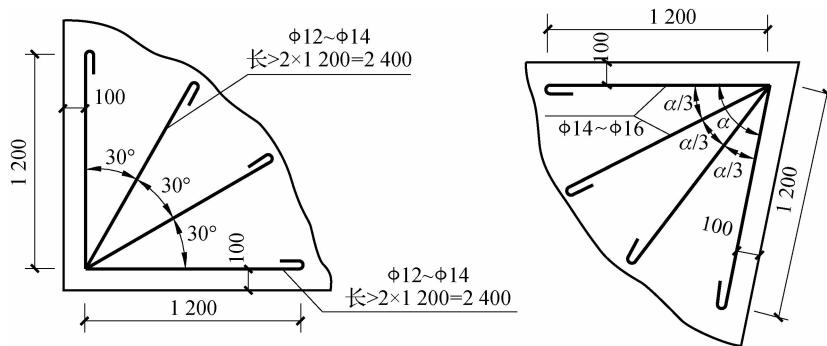


图 1-25 角隅钢筋布置(尺寸单位:mm)

学习效果反馈

1. 什么是路基？什么是路床？什么是路面？
2. 路面的结构层次有哪些？各层有何要求？常用材料是什么？什么情况下要设置垫层？
3. 路面如何分级？路面如何分类？
4. 什么是路拱？如何确定路拱横坡的大小？如何排除路面结构内部的自由水？
5. 沥青路面设计的力学模型是什么？沥青路面的主要承重层及次承重层是什么？
6. 如何进行沥青路面的结构组合设计？
7. 如何确定各路面结构层材料的回弹模量？
8. 标准轴载的参数有哪些？
9. 简述沥青路面累计当量轴次的计算思路。
10. 如何计算设计弯沉值？
11. 水泥混凝土路面设计的力学模型是什么？
12. 水泥混凝土路面的承重层是什么？
13. 如何确定水泥混凝土路面的平面尺寸？
14. 如何进行水泥混凝土路面的结构组合设计？
15. 如何确定水泥混凝土面板的厚度？
16. 什么情况下要设置边缘钢筋？
17. 什么情况下要设置角隅钢筋？
18. 什么情况下要设置胀缝？
19. 横向缩缝什么情况下要设传力杆？传力杆应采用什么钢筋？
20. 什么情况下要设置纵向缩缝？拉杆应采用什么钢筋？

学习情境 2

路面工程施工准备

任务 2.1 施工准备的内容



学习描述

- 【知识目标】** 熟悉工程项目的划分依据；了解单位工程、分部工程、分项工程的开工条件；了解路面工程施工准备的工作内容。
- 【能力目标】** 会编写开工报告。
- 【技术规范】** 《公路工程质量检验评定标准 第一册 土建工程》(JTGF80/1—2004)。

2.1.1 工程项目的划分



学习任务 41 学习《公路工程质量检验评定标准 第一册 土建工程》(JTGF80/1—2004)附录 A，对工程项目进行划分。

根据公路建设任务、施工管理和质量检验评定的需要，应在施工准备阶段按《公路工程质量检验评定标准 第一册 土建工程》(JTGF80/1—2004)附录 A 的规定将建设项目划分为单位工程、分部工程和分项工程。施工单位、工程监理单位和建设单位应按相同的工程项目划分进行工程质量的监控和管理。

2.1.2 路面工程施工的开工条件



学习任务 42 学习单位工程、分部工程、分项工程的开工条件。

按照施工合同管理的规定，路面施工准备工作经监理工程师审核达到合同规定的要求后方可正式开工。开工审批制度是为了使承包人的工、料、机、法(方法)、环(环境)等施工准备情况满足规范要求，不具备开工条件的坚决不得开工。



1. 单位工程开工

1) 工程开工令

某工程开工令见表 2-1。

表 2-1 其工程开工令

承包单位: 合同号:
监理单位: 日期:

致承包人: 先生

根据你合同段呈报的项目开工申请报告及合同通用条款××条的规定,经审核确认符合合同文件有关要求,特发此开工令。接到开工令后,应按合同条款的要求连续均衡安排施工,并提出分部及部分分项工程开工报告,报总监理工程师或监理工程师(代表)审批。

总监理工程师: _____
_____ 年 ____ 月 ____ 日

2) 项目开工申请报告

某工程开工申请报告见表 2-2。

表 2-2 某工程开工申请报告

承包单位: 合同号:
监理单位: 日期:

致总监理工程师: 先生

根据合同条款的要求,我合同段已做好 K×××+×××~K×××+×××段所有工程开工前的一切准备工作,现申请正式开工,请予审批。

- 附件: 1. 总体施工组织设计
2. 总体进度计划
3. 分部分项划分
4. 人员机械进场
5. 原材料试验报告
6. 测量施工放样报告

承包人: _____ 日期: _____

驻地监理工程师意见:

签字: _____ 日期: _____

总监理工程师意见:

签字: _____ 日期: _____

项目办代表意见:

签字: _____ 日期: _____





3) 施工组织设计报审表

某工程施工组织设计报审表见表 2-3。

表 2-3 施工组织设计报审表

承包单位: 合同号:

监理单位: 日期:

致总监理工程师: 先生

根据合同条款, 现报上 K×××+×××~K×××+×××段所有工程的总体施工组织设计, 请予审批。

附件: 1. 工程概况及主要工程数量

2. 详细的施工进度计划(网络图、横道图)
3. 项目管理组织机构、人员的组成及分工
4. 材料、设备、人员进场计划
5. 关键工程施工技术方案
6. 质量控制措施
7. 安全生产保证措施
8. 环境保护措施

承包人: _____ 日期: _____

驻地监理工程师意见:

签字: _____ 日期: _____

总监理工程师意见:

签字: _____ 日期: _____

项目办代表意见:

签字: _____ 日期: _____

2. 分部(分项)工程开工

分部(分项)工程只有在监理机构检查的 6 项内容均合格后才允许开工, 如图 2-1 所示。

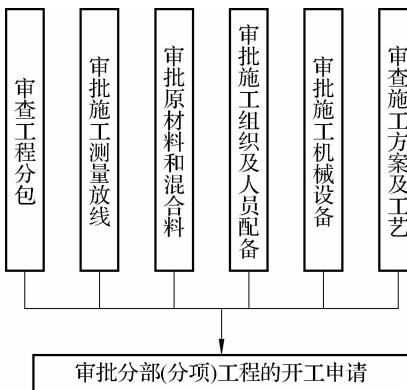


图 2-1 分部(分项)工程开工申请监理机构审批内容

某工程分部(分项)工程开工报告编写内容及用表如下。

1) 填表说明

(1) 分部工程开工报告由承包人提出后报高级驻地办初审,报总监办审查,符合要求后经总监办同意后才能正式施工。分项工程开工报告由承包人提出后,经驻地办审查,符合要求后由驻地办同意后才能正式施工。分部(分项)工程开工报告表前面要有红头文件的申请报告,驻地办在批准分项工程开工的同时附加工序质量检查程序和分管该项目的专业监理工程师及现场监理的名单。

(2) 分部(分项)工程开工报告的主要内容有施工组织设计报审表、施工放样检验表、建筑材料报验单、进场设备报验单、质量控制指标检验频率和方法、施工原始记录表、现场质量检验报告单。

(3) 施工放样检验表由高级驻地测量工程师签认,测量成果由测量监理员签认。

(4) 建筑材料报验单需附分部(分项)工程所用的各种原材料、成品、半成品、混合料配合比使用许可证,以及施工和监理单位所做的原材料试验、标准试验、混合料配合比试验报告,使用许可证需经高级驻地办和总监办材料工程师签认后才能使用。

(5) 对原材料试验、标准试验和混合料配合比试验,驻地办试验室与施工单位应做平行试验,总监办可做符合性试验。对重要技术指标,如 C30 以上混凝土配合比试验、沥青马歇尔试验、面层(基层、底基层)混合料配合比试验,总监办必须做符合性试验批复。

(6) 试验报告中应说明对试验结果的意见,需要计算的应列出计算式。试验报告和试验记录必须盖有试验室专用章才能生效。

(7) 试验记录中的使用部位、取样地点等填写要明确,签字要齐全。

(8) 监理抽检资料要真实,杜绝出现他人代填现象。

2) 路面基层、底基层分部(分项)工程开工报告

(1) 路面基层、底基层分部(分项)工程开工申请批复单。

(2) K××××+×××~K×××+×××段路面基层、底基层工程分部(分项)工程开工报告。

① 施工组织设计报审表。它包括工程概况及主要工程数量表,详细的施工进度计划(网络图、横道图),项目管理组织机构及人员的组成和分工,材料、设备、人员进场计划,重点工





程施工技术方案,质量控制措施,环境保护措施及安全生产保证措施。

②施工放样报验单。它包括高程测量成果表、中线测量成果表。

③施工材料报验单。它包括粗集料使用许可证、细集料使用许可证、水泥使用许可证、标准试验[稳定粒料(土)配合比]许可证、标准试验(标准击实)许可证。

④进场设备报验单。

3)路面面层分部(分项)工程开工报告

(1)路面面层分部(分项)工程开工申请批复单。

(2)K×××+×××~K×××+×××段路面面层工程分部(分项)工程开工报告。

①施工组织设计报审表(与基层同,略)。

②施工放样报验单(与基层同,略)。

③施工材料报验单。它包括粗集料使用许可证、细集料使用许可证、沥青使用许可证、矿粉使用许可证、标准试验(沥青混合料配合比设计)许可证。

④进场设备报验单。

2.1.3 路面施工准备工作的内容



学习任务43 学习路面施工准备工作的主要内容。

路面施工准备工作的主要内容包括组织准备、技术准备、施工现场准备和物质准备等。

1. 组织准备

组织准备的内容包括建立路面施工组织机构(见图 2-2)、建立路面施工班组、编制路面施工管理计划、确定路面施工目标等。

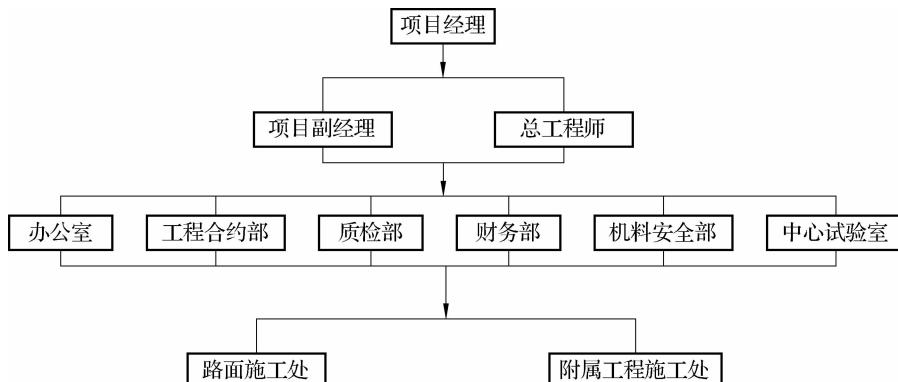


图 2-2 路面施工组织机构

2. 技术准备

在工程项目开工前要做好详细而充分的技术准备工作,以避免开工后出现地形地质与设计资料不符、测量试验不能配合施工、关键材料设备未能及时到位等情况,导致工程延误甚至停工而造成损失。

技术准备工作主要包括工程项目资料交接、图纸复核、图纸会审、补充资料调查、实施性施工组织设计、路面施工测量放样、原材料试验与混合料配合比设计、路面施工技术交底、试



验路段铺筑等。

1) 工程项目资料交接

(1) 交接内容。工程中标后,应会同上级有关主管部门及时进行工程资料的交接工作。需要交接的主要资料应包括投标期间的现场考察技术资料、投标答疑资料、投标文件、中标通知书、合同文件、与业主签订的协议、投标承诺、图纸等。

(2) 应注意的问题。

① 注意检查交接资料是否齐全,并办理交接手续。

② 保留一套完整的合同文件及设计图纸存档,为今后编制竣工文件提供依据。

③ 根据需要给相关人员提供资料的复印件。

2) 图纸复核

设计文件是工程施工最重要的依据之一,施工前要组织技术人员领会设计文件的意图,熟悉设计文件中的各项技术指标,认真分析技术经济的合理性和施工的可行性。对设计文件中有疑问、错误或不妥之处,应及时与建设单位(业主)、设计单位和监理工程师取得联系,共同进行调查分析,选择合理的解决方案,为图纸会审打好基础。

(1) 复核图纸时应重点关注的问题。

① 是否符合现行相关技术标准、规范要求,有无重大原则错误。

② 现有施工技术水平能否满足设计要求。

③ 是否符合现场和施工的实际条件。

④ 设计是否能够进一步优化。

⑤ 图纸本身有无矛盾。

⑥ 图纸中的工程数量表、材料表是否有错误。

⑦ 控制测量数据是否准确。

(2) 图纸复核工作应注意的问题。

① 应组织参加施工的全体技术人员参与图纸的复核工作,不能仅仅局限于几个人。

② 在图纸复核的过程中要注意全面领会设计意图,不要轻易否定设计。

③ 注意结合现场条件进行图纸复核。

④ 要带着问题进行图纸复核,为设计交底和以后编制实施性施工组织设计及施工技术方案做准备,不要仅仅局限于工程量的复核。

3) 图纸会审

图纸会审是设计单位向施工单位做设计技术交底,并对施工单位和工程监理在图纸审查中查出的问题及疑问进行处理。图纸会审由项目业主组织。图纸会审时,首先由设计单位向与会者说明工程设计依据、意图和功能,并对特殊结构、新工艺、新材料提出施工要求,然后由施工单位和工程监理对图纸提出疑问和建议,最后对有异议的问题达成一致意见,并形成图纸会审记录。图纸会审记录是对施工图的补充,是工程施工的依据之一。未经过图纸会审的工程不得开始施工。

4) 补充资料调查

进行现场补充资料的调查,是为优化和修改设计、编制实施性施工组织计划、因地制宜





地布置施工场地等收集资料。调查的内容主要包括以下几方面。

- (1)工程所在地的地形、地质、水文、气候等自然条件。
- (2)主要料场的分布、储量、供应量与运距等情况。
- (3)路面地方性生产材料的供应情况。
- (4)施工期间可供利用的房屋数量。
- (5)当地劳动力资源、工业生产加工能力、运输条件和运输工具,施工场地的水源、水质、电源、通信,生活物质供应状况,以及当地民俗风情、生活习惯等。

5)实施性施工组织设计

施工单位应根据设计文件中的施工组织计划和建设单位(业主)在承包合同中的具体要求,结合本工程项目路面的特点、施工的具体条件、路面工程量、施工的难易程度,以及路面施工设备、人员、材料的供应情况和路面工期要求,编制具体、可行的实施性组织设计,并报监理工程师和业主批准。实施性施工组织设计将在“公路施工组织与概预算”课程中学习。

6)路面施工测量放样

工程开工前,在业主(或监理)的主持下,由设计单位向施工单位进行交桩,并应有交桩记录。交桩应在现场进行,设计单位将路线勘测时所设置的导线控制点、水准控制点和其他重要点位的桩位及相关技术资料逐一交给施工单位,施工单位在接受桩位时应注意观察桩位是否有移动、损坏甚至缺失的现象,如有此类现象发生,应及时提出,由设计单位进行补桩。施工单位接桩后应安排专人负责,采取措施妥善保护,并及时对控制点进行复测,并将复测的结果报监理工程师审核批准,为下一步的控制测量做好准备。

路面开工前应做好施工测量放样工作,其内容包括导线、中线、水准点复测,检查与补测纵横断面,校对和增加水准点,各结构层宽度、厚度的测量,高程放样等。

路面施工测量放样将在任务2.4中详细介绍。

7)原材料试验与混合料配合比设计

正式开工前,施工单位应在规定的期限内向业主及监理提交各种原材料的试验结果,以及据此进行的目标配合比设计和生产配合比设计的正式报告,取得认可后才可开工。

教学提示:原材料试验与混合料配合比设计已在“道路建筑材料”课程中学习过,但是公路专业试验检测考试大纲规定建筑材料占有40%的分值,其中,沥青混合料和水泥混凝土占20%,路面基层和面层材料占20%。因此,教师可根据学生的学习情况及学时要求,安排课堂教学或自学任务。通过学习教材中的任务2.3、任务3.1、任务4.1、任务5.1、案例4、案例5及学习资料中的自测题1~自测题5,并查阅相关的施工规范、设计规范、试验规程,掌握原材料的技术要求及试验操作、配合比设计及混合料试验操作,以达到公路专业试验检测考试大纲的要求。

8)路面施工技术交底

技术交底即把设计对施工的要求、施工方案及措施转达给基层施工人员,这是落实技术责任制的前提。进行技术交底的目的是保证严格按照路面施工图、实施性施工组织设计、施工操作规程、安全生产规程、工程施工及验收规范和其他技术规范进行施工。

采用新技术、新结构、新材料、新工艺等路面工程施工时,应先由项目总工程师向施工队



的技术员进行交底,施工队向作业班组的技术员进行交底,然后作业班组的技术员向具体操作人员进行交底。一般路面工程施工时,由施工队的技术负责人向班组长和工人进行交底。

路面施工技术交底主要包括以下内容。

(1)路面设计图纸交底。它主要包括设计图纸上必须特别注意的问题,如尺寸,轴线,标高,预留孔和预埋件的位置、规格和数量等。

(2)材料交底。它主要包括使用材料的品种、规格、质量、配合比和质量要求。

(3)路面施工工艺交底。它主要包括采用的施工方法、操作工艺和其他工种的配合等。

(4)路面施工规范、技术标准交底。它主要包括采用的施工规范、质量评定标准和有关要求。

(5)技术措施交底。它主要包括保证质量、安全生产、降低成本、文明施工和工程产品保护等技术措施要求。

(6)路面设计变更情况交底。

9)试验路段铺筑

铺筑试验路段应采用不同的施工方案和施工方法,并进行相关试验分析,从中选出最佳的施工方案和施工方法以指导大面积的路面施工。通过试验路段铺筑可确定路面各结构层适宜的松铺厚度、最佳的机械配置、相应的碾压遍数和施工组织方法等。试验路段的长度应根据试验目的确定,通常为100~200 m,并宜选在正线上铺筑。

试验路段铺筑应由施工单位、监理单位、建设单位等有关各方共同参加。施工人员应认真做好记录,监理工程师或质监部门应监督检查试验段的施工质量,及时与施工单位商定并解决问题,明确试验结论。试验路段铺筑后,施工单位应提交完整的试验路段施工、检测、总结报告,上报监理工程师和业主批复,取得正式开工认可。

3. 施工现场准备

1)建造临时设施

在路面工程正式开工前应充分建造好相应的临时设施,如工棚、仓库、供水管路、供电线路、通信设施等。

2)路基检查

如发现路基土过干、表层松散,则应适当洒水、碾压。如发现路基土过湿,发生“弹簧”现象,则应采取挖开晾晒、换土、掺石灰或水泥等措施进行处理。

3)施工现场交通管制

为了确保路面施工安全和有序施工,应在施工现场范围内的公路两端、必经的交叉路口和部分设施设备上设置施工标志,进行施工现场交通管制,对附近人群进行施工安全宣传。

4. 物质准备

路面施工需要消耗大量的人力、材料和机具,正式开工前应进行所需材料的购买、采集、加工、调运和储备等工作,同时要检修(或购置)及安装一些路面施工机械、机具,做好施工人员的生活、后勤保障准备工作。材料和施工机械、机具的准备工作是路面施工组织计划的重要组成部分。





任务 2.2 路面主要施工机械



学习描述

【知识目标】 熟悉间歇式沥青混凝土拌和站的构造；熟悉沥青混合料拌和站的设置要求；熟悉沥青混合料摊铺机的构造；了解常用压实机械、稳定土拌和机械、水泥混凝土搅拌设备、水泥混凝土摊铺机的技术参数。

【能力目标】 会进行沥青混合料路面施工机群的配置。

【技术规范】 《公路沥青路面施工技术规范》(JTG F40—2004)。

【案例】 案例 3。

2.2.1 沥青混合料拌和设备

1. 沥青混合料拌和设备的分类



学习任务 44 学习沥青混合料拌和设备的分类。

1) 按生产能力分类

按生产能力分类，沥青混合料拌和设备可分为小型沥青混合料拌和设备、中型沥青混合料拌和设备和大型沥青混合料拌和设备。

(1) 小型沥青混合料拌和设备。其生产率在 40 t/h 以下。

(2) 中型沥青混合料拌和设备。其生产率为 40~400 t/h。

(3) 大型沥青混合料拌和设备。其生产率在 400 t/h 以上。

2) 按搬运方式(迁移方式)分类

按搬运方式(迁移方式)分类，沥青混合料拌和设备可分为移动式沥青混合料拌和设备、半固定式沥青混合料拌和设备和固定式沥青混合料拌和设备。

(1) 移动式沥青混合料拌和设备。即料仓和搅拌锅自带轮胎，可随施工地点转移，适用于县乡公路和低等级公路工程。

(2) 半固定式沥青混合料拌和设备。将设备装置在几个拖车上，在施工地点拼装，多用于公路施工。

(3) 固定式沥青混合料拌和设备。将设备作业地点固定，又称沥青混合料加工厂，适用于工程集中的城市道路施工。

3) 按工艺流程(搅拌方式)分类

按工艺流程(搅拌方式)分类，沥青混合料拌和设备可分为连续式沥青混合料拌和设备和间歇式沥青混合料拌和设备。

(1) 连续式沥青混合料拌和设备。集料的加热烘干和混合料的搅拌在同一个滚筒中连续进行。



(2) 间歇式沥青混合料拌和设备。即设备一锅一锅分开搅拌,每搅拌一锅为45~60 s,产量随设备型号而定。

《公路沥青路面施工技术规范》(JTGF40—2004)第5.4.2条规定:沥青混合料可采用间歇式拌和机或连续式拌和机拌制;高速公路和一级公路宜采用间歇式拌和机拌制;连续式拌和机使用的集料必须稳定不变,一个工程从多处进料、料源或质量不稳定时,不得采用连续式拌和机。

2. 间歇式搅拌设备的构造

 **学习任务45** 学习间歇式搅拌设备的构造,为生产配合比设计打好基础。

间歇式搅拌设备的结构如图2-3所示,由冷集料供应系统、干燥滚筒、热集料提升机、热集料筛分机和热集料贮斗、热集料计量装置、沥青保温罐和定量供给装置、矿粉贮仓和定量供给装置、搅拌器、混合料成品料仓、除尘装置等组成。

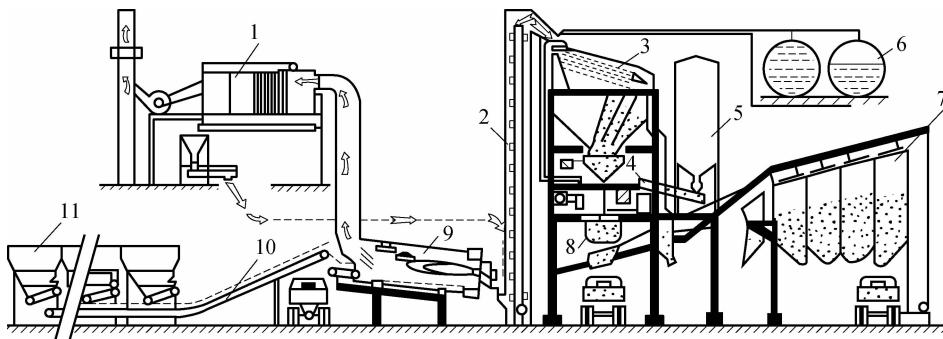


图2-3 间歇式搅拌设备的结构

1—除尘装置;2—热集料提升机;3—热集料筛分机和热集料贮斗;4—热集料计量装置;

5—矿粉贮仓和定量供给装置;6—沥青保温罐和定量供给装置;7—混合料成品料仓;

8—搅拌器;9—干燥滚筒;10—冷集料输送机;11—冷集料定量给料装置

冷集料的供给和烘干是连续进行的,而热集料、沥青、矿粉的称量及混合料的搅拌和成品出料则按周期进行,其工艺过程是湿的冷集料初配后由冷集料输送机连续不断地送入干燥滚筒内,由热集料提升机提升至振动筛,筛分成不同规格的热集料,并分别储存在各热料仓中,由控制系统自动将热集料、沥青、矿粉按生产配合比送入搅拌器,按设置的时间及温度一锅一锅地搅拌。

沥青保温罐应能储备2~3个台班的沥青用量,如果采用桶装固态沥青,则需在搅拌站另外配置与搅拌机生产能力相匹配的沥青脱桶设备。矿粉贮仓和定量供给装置的容量应大于一个台班的矿粉消耗量。混合料成品料仓应有保温功能,其储量只需大于搅拌机半小时的产量。操作员在控制室随时监视、控制整套设备的运行,并及时调整搅拌机的工作状态。

间歇式沥青混合料拌和站3D模拟如图2-4所示。

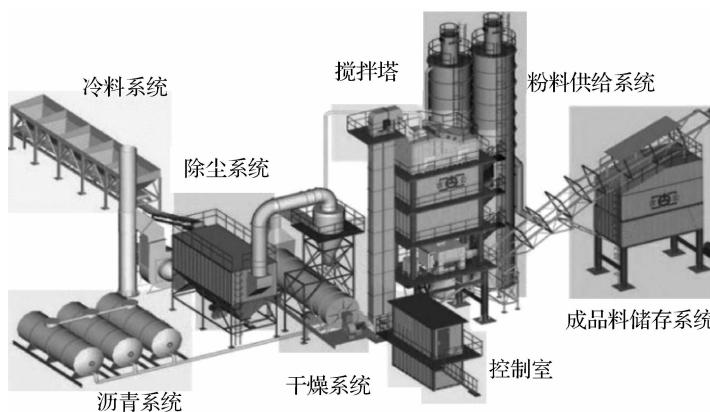


图 2-4 间歇式沥青混合料拌和站 3D 模拟

间歇式沥青混合料拌和站的工艺流程,如图 2-5 所示。

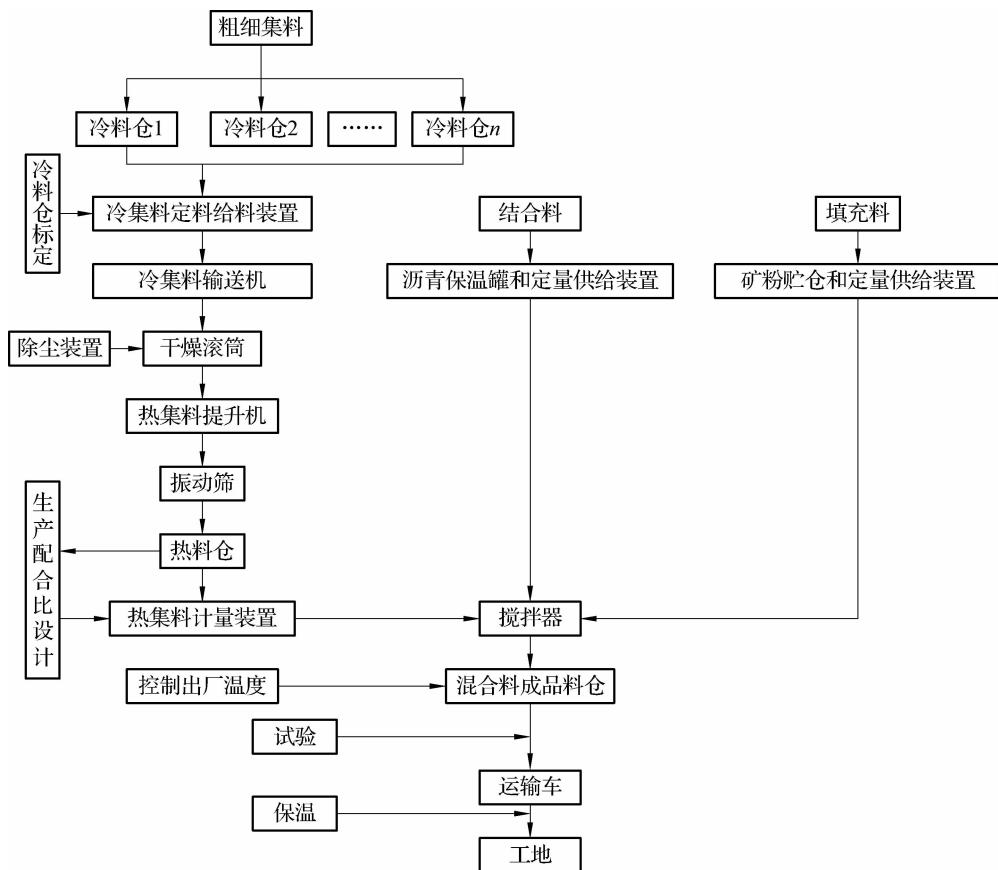


图 2-5 间歇式沥青混合料拌和站的工艺流程



3. 间歇式拌和设备的生产能力及技术参数

 **学习任务 46** 学习间歇式拌和设备的生产能力及技术参数,为沥青混合料机械配置计算、合理选择拌和设备打好基础。

间歇式拌和设备生产率的计算公式如下。

$$Q_j = \frac{nG_j K_B}{1000} \quad (2-1)$$

$$n = \frac{60}{t_1 + t_2 + t_3}$$

式中, Q_j 为间歇式拌和设备的生产率(t/h); G_j 为每拌制一份料的质量(kg); K_B 为时间利用系数, $K_B=0.8\sim0.9$; n 为每小时拌制的份数, t_1 为搅拌器加料时间(min), t_2 为混合料搅拌时间(min), t_3 为成品料卸料时间(min)。

【例 2-1】 一套 4000 型间歇式沥青混凝土拌和设备的主要指标如下: 每拌制一份料的重量 $G_j=4000$ kg, 每份料的加料时间 $t_1=15$ s, 每份料的拌料时间 $t_2=20$ s, 每份成品料卸料时间 $t_3=13$ s, 时间利用系数 $K_B=0.85$ 。计算沥青混凝土拌和设备的生产率 Q_j 。

【解】 解法 1:(1)求每小时拌制的份数 n 。

$$n = \frac{60}{t_1 + t_2 + t_3} = \frac{60}{\frac{15}{60} + \frac{20}{60} + \frac{13}{60}} = 75(\text{份})$$

(2)计算沥青混凝土拌和设备的生产率 Q_j 。

$$Q_j = \frac{nG_j K_B}{1000} = \frac{75 \times 4000 \times 0.85}{1000} = 255(t/h)$$

解法 2:(1)求一盘料的拌制时间 t 。

$$t = t_1 + t_2 + t_3 = 15 + 20 + 13 = 48(s)$$

(2)计算沥青混凝土拌和设备的生产率 Q_j , 即已知 48 s 拌制 4000 kg, 求 1 h 拌制多少吨, 并乘以时间利用系数。

$$Q_j = \frac{3600G_j K_B}{1000 t} = \frac{3600 \times 4000 \times 0.85}{1000 \times 48} = 255(t/h)$$

部分间歇式拌和设备的生产能力见表 2-4。

表 2-4 部分间歇式拌和设备的生产能力

产品型号	每锅容量/kg	生产能力/(t·h ⁻¹)
边宁霍夫 5000 型	5 000	400
中交西筑 J5000、JX1000、JD2000	5 000、1 000、2 000	300~400、60~80、120~160
华通动力 ABH3000	3 000	180~240
意大利玛莲尼 MAC240、320、360	3 000、4 000、5 000	220~240、300~320、300~360
德基机械 DG2000、3000、4000、5000	2 000、3 000、4 000、5 000	160、240、320、400
南方路机 GLB2000、3000、4000	2 000、3 000、4 000	160、240、320
铁拓机械 GLB-1500、2000、3000	1 500、2 000、3 000	120、160、240





续表

产品型号	每锅容量/kg	生产能力/(t·h ⁻¹)
日工 2000、3000、4000	2 000、3 000、4 000	160、240、320
三一重工 CLB2000	2 000	160
田中铁工 TAP-2000、4000LB	2 000、4 000	160、320
中联重科 LB2000、LB3000、LB4000	2 000、3 000、4 000	160、240、320

注:每锅搅拌时间为45~60 s。例如,5000型的生产能力为 $5\ 000 \div 45 \times 3\ 600 \div 1\ 000 = 400\ t/h$, $5\ 000 \div 60 \times 3\ 600 \div 1\ 000 = 300\ t/h$,即5000型的生产能力为300~400 t/h。

4. 沥青混合料拌和厂(场、站)的设置要求

学习任务47 学习沥青混合料拌和厂(场、站)的设置要求,进行标准化工地建设。

沥青混合料拌和厂(场、站)设置的基本要求如下。

- (1) 沥青混合料拌和厂(场、站)必须符合国家有关环境保护、消防、安全等规定。
- (2) 拌和厂(场、站)与工地现场距离应确保沥青混合料的温度下降不超过混合料的最低摊铺温度要求,且不致因颠簸造成混合料的离析,影响混合料的质量。厂址离工地应越近越好,最远不超过40 km,并应处于交通干线至少有7 m宽路面道路的旁边。
- (3) 拌和厂(场、站)宜设置在摊铺路段的中间位置。拌和厂的内部布置应满足原材料储运、沥青及矿粉加热与输送、供电等使用要求,并尽量紧凑,减少占地。
- (4) 拌和厂(场、站)的砂石料场,如图2-6所示,应建在排水通畅的位置,其底部宜做硬化处理,各种集料应分隔储存,并设标识牌,严禁混杂,细集料场宜设防雨防污顶棚。



图2-6 拌和厂(场、站)的砂石料场

- (5) 拌和厂(场、站)应保证充足的电力供应。电力总容量应满足全部施工用电设备、夜间施工照明及生活用电的需要。供电设施必须安全可靠,并有相应的安全预控措施。
- (6) 应确保摊铺机械、运输车辆及发电机等动力设备的燃料供应。离加油站较远的工地宜设置油料储备库,但必须符合相关安全规定的要求。
- (7) 原材料与混合料的运输车辆不应相互干扰。厂内应具有完备的排水设施,厂内道路应做硬化处理,严禁泥土污染集料。
- (8) 对于沥青混凝土搅拌设备,应根据工程量和工期选择其生产和移动方式。高速公路、一级公路、二级公路沥青混凝土面层的施工,应选用拌和能力较大的搅拌设备,以使其单位产品所消耗的人工、燃料和易损配件等费用较低,故应选用生产率在100 t/h以上的沥



青混凝土搅拌设备。

(9) 场地形状以矩形为佳,场内各项设施的布置应协调。设备的主体应布置在中央位置。办公楼、宿舍、试验室等房舍应位于工厂进口处,并沿路边建造。砂石料堆场或储仓的设置应既便于向搅拌设备供料,又便于车辆从外面运进和卸下砂石料,砂石料的储量以不少于3 d工作需要为宜。矿料仓、沥青库和燃料罐等设施的布置也应以便于向主设备供送所需材料为准。配电间或发电机房应安置在较偏僻而又安全的地方。称量矿料及成品料的地方应设置于车辆的出口处。

2.2.2 沥青混合料摊铺机

1. 沥青混合料摊铺机的分类

 学习任务 48 学习沥青混合料摊铺机的分类。

1) 按行走装置分类

按行走装置分类,沥青混合料摊铺机可分为轮胎式摊铺机和履带式摊铺机。

(1) 轮胎式摊铺机。轮胎式摊铺机可用于各种道路的路面修筑及养护作业,如图2-7(a)所示。轮胎式摊铺机的后轮为驱动轮,是充气轮胎;前轮为实心轮胎。

轮胎式摊铺机靠轮胎承受整机重力,并提供附着力。它的优点是转场运行速度较高;机动性好,对下承层凸起物的吸收能力强;弯道作业易形成圆滑的边缘。其缺点是附着力较小,在摊铺宽度较大、铺层较厚的路面时,有可能产生打滑现象;对下承层的不平整度较敏感;料斗内材料重量的改变会影响后驱动轮胎的变形量,从而影响铺层的质量。

(2) 履带式摊铺机。履带式摊铺机一般为大型或超大型摊铺机,如图2-7(b)所示。履带大多加装有橡胶垫块,以免对下承层造成履刺的压痕,同时也可借此降低对地面的压力。

履带式摊铺机的优点是牵引力与接地面积都较大,行驶平稳,驱动力大,在摊铺宽度较大时优点尤其突出,可在较软的路基上进行摊铺作业,对下承层的不平整度不太敏感,即使有些凹槽也不影响摊铺质量,可有效保证摊铺的平整度。其缺点是行驶速度低,不能自行转移工地,转场一般需要拖车运输;对下承层凸起物的吸收能力差;弯道作业时铺层边缘不够圆滑;结构复杂,制造成本较高。



(a) 轮胎式摊铺机



(b) 履带式摊铺机

图 2-7 沥青混合料摊铺机

2) 按熨平板的加长形式分类

按熨平板的加长形式分类,沥青混合料摊铺机可分为液压伸缩式熨平板摊铺机、机械加





长式熨平板摊铺机和混合式熨平板摊铺机。

(1) 液压伸缩式熨平板摊铺机。它可无级调整工作长度,适用于摊铺宽度经常变化的情况,但刚度较差。

(2) 机械加长式熨平板摊铺机。其结构简单,整体刚度较好,适用于大型和超大型摊铺。缺点是不适用于变幅路面,拆装费时,工作量较大。

(3) 混合式熨平板摊铺机。它是在液压伸缩基础上机械加长熨平板。

对于3~6 m宽的路面,应优先选择液压伸缩式熨平板摊铺机;对于摊铺宽度大于6 m且小于9 m的变幅路面,应优先选择混合式熨平板摊铺机;对于固定宽度路面则应选择机械加长式熨平板摊铺机。对于摊铺宽度大于9 m且小于16 m的路面,为最大限度地防止材料离析,保证摊铺质量,应优先采用双机并行摊铺方案,并应尽量使用品牌和型号相同、技术状况相近的摊铺机,以保证两幅路面的摊铺外观良好。

3) 按摊铺宽度分类

按摊铺宽度分类,沥青混合料摊铺机可分为小型摊铺机(熨平板宽度小于3.6 m)、中型摊铺机(熨平板宽度为4~6 m)、大型摊铺机(熨平板宽度为6~10 m)和超大型摊铺机(熨平板宽度为10~12 m)。其中,小型摊铺机主要用于沥青混凝土路面的养护和低等级路面的摊铺,中型摊铺机主要用于二级以下公路的修筑和养护作业,大型摊铺机主要用于高等级路面、机场等场地的摊铺,超大型摊铺机主要用于高速公路的施工。

2. 沥青混合料摊铺机的构造

 **学习任务 49** 学习沥青混合料摊铺机的构造,为选择摊铺机的台数、控制沥青路面的摊铺质量打好基础。

沥青混凝土路面的摊铺,主要由摊铺机、自卸汽车和压路机三者联合机械化作业,如图2-8所示。其中,摊铺机以适当速度推动置空挡的自卸汽车前移,自卸汽车将部分料卸入摊铺机料斗内,摊铺机则边前进边摊铺。料斗中的沥青混合料由刮板输送器传送至摊铺室,螺旋布料器把混合料沿全宽方向摊开,振捣器将混合料初步捣实密实,熨平板将铺层修整成合适的断面并熨平(或用振动熨平板初步压实)。

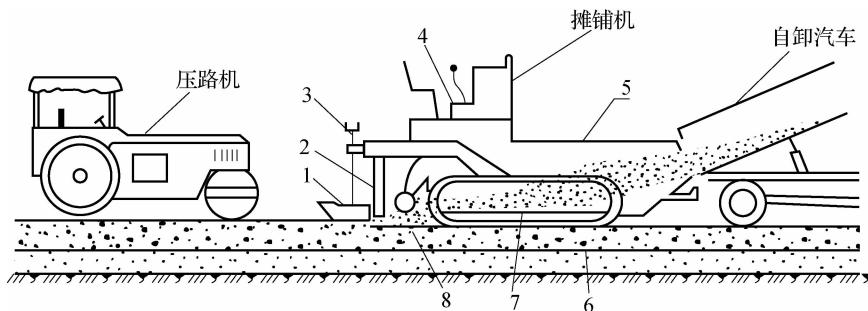


图 2-8 沥青混合料路面机械化施工

1—熨平板; 2—振捣器; 3—厚度调节螺杆; 4—驾驶台;
5—料斗; 6—履带; 7—刮板输送器; 8—螺旋布料器

沥青混合料摊铺机摊铺的工艺流程如图2-9所示。

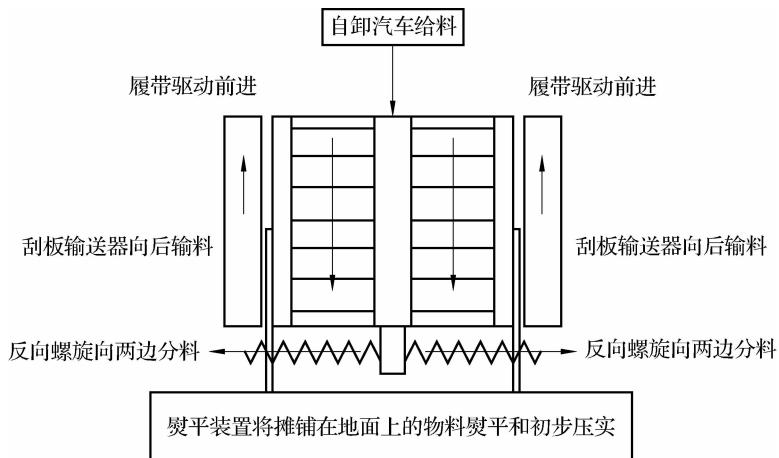


图 2-9 沥青混合料摊铺机摊铺的工艺流程

沥青混合料摊铺机的主要构造如图 2-10 所示。

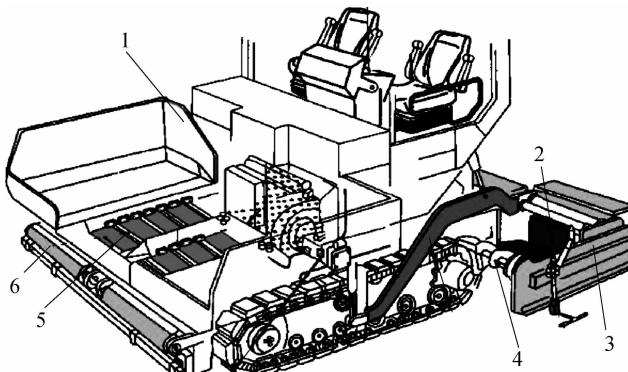


图 2-10 沥青混合料摊铺机的主要构造

1—料斗；2—振捣器；3—熨平板；4—螺旋布料器；5—刮板输送器；6—推辊

1) 推辊

推辊用以配合自卸汽车倒车卸料。摊铺过程中运料车应在摊铺机前 100~300 mm 处停住，空挡等候，由摊铺机推动其前进并缓缓卸料，应避免撞击摊铺机造成混合料离析。

2) 料斗

汽车在卸料时易使粗集料聚集在料斗的两侧，如果待中部较多细集料输送到差不多时才输送侧边粗集料较多的部分，则会使该处铺层的粗集料较多，外观出现倒 V 形质量缺陷。因此，在料车驶离料斗后，应及时缓慢地翻转料斗翼板。料斗两侧的翼板可采用油缸翻转，通过其上翻可将料斗内的混合料全部卸至刮板输送器内。当料斗内存料不多时，所剩下的混合料中往往粗集料较多，因此，在料斗内混合料尚有一定存量(不能等到能看到刮板输送器)时，就应用下部料车及时地卸料。

3) 刮板输送器和螺旋布料器

刮板输送器一般有两个，装在料斗底部，可在料斗底板上滑移。其作用是将自卸汽车倒入料斗的混合料输送至尾部的摊铺室内。

螺旋布料器可将刮板输送器送来的混合料均匀横向地摊开。螺旋布料器为左、右两个，





安装在摊铺室内,左螺旋布料器为左旋,右螺旋布料器为右旋。

螺旋布料器的长度采用基本件和加长件进行加长,根据熨平板的宽度进行选择,一般小于熨平板宽度 $0.5\sim0.6\text{ m}$,因为螺旋布料器可以将混合料输送至布料器外。当螺旋布料器的长度等于摊铺宽度时,应将最外端的一片螺旋叶片拆除,这样可以避免过多的冷料积存在熨平板两端,影响摊铺层的均匀性和平整度,同时还可以减小螺旋叶片磨损。

刮板输送器和螺旋布料器组成了摊铺机的供料系统,应使两者在工作时密切配合、速度匹配。在工作速度一定时,还要力求保持其均匀性,这是决定路面平整度的一个重要因素。

通过控制刮板输送器的工作速度和料斗闸门的开度,可以有效地控制进入摊铺室内的供料量。由于刮板输送器的工作速度确定后就不再改变,因此,供料量基本上是依靠闸门的开启高度来调节的。

进入摊铺室内最恰当的混合料量,是料堆的高度略高于螺旋布料器的轴心线至 $2/3$ 螺旋布料器的高度,即以稍微能看见螺旋叶片为宜。料堆的这种高度应沿螺旋全长一致,因此要求螺旋的转速配合恰当。

施工中,先预选中速供料,预定料斗闸门开启 $5\sim10\text{ cm}$,然后在摊铺过程中调整和校正闸门的开启高度,直到刮板输送器匀速稳定工作后,再用电位器对刮板输送器的速度进行微调校正。

4)振捣器

振捣器由偏心轴和铰接在偏心轴上的振捣梁组成,振捣梁安装在护板和熨平板之间,其底部前沿有斜面,当液压马达驱动偏心机构转动时,振捣梁上下往复运动,将横向铺开的料带进行初步捣实,将大集料压入铺层内部。振捣梁可分为单振捣梁和双振捣梁,振捣梁的构造如图 2-11 所示。

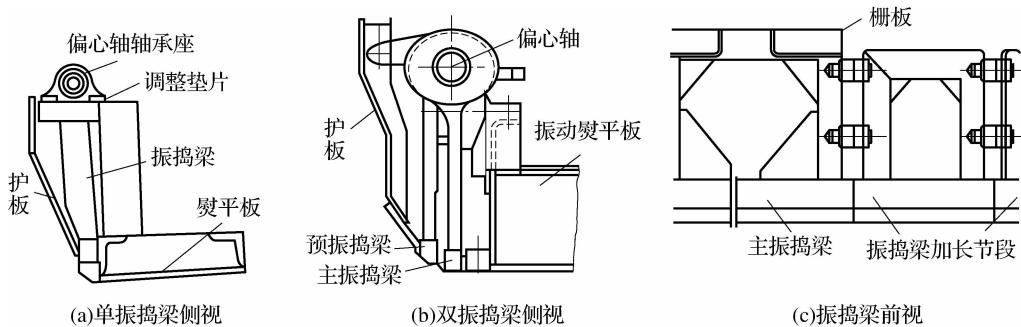


图 2-11 振捣梁的构造

5)熨平板

熨平板将振捣梁击实后的沥青混合料铺层按一定的拱度和厚度整平,同时对铺层起到预压作用。

每天开始施工前,应提前 $0.5\sim1\text{ h}$ 对熨平板进行加热,加热至不低于 $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。因为 $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ 以上的混合料碰到 $30\text{ }^{\circ}\text{C}$ 以下的熨平板底面时,将会冷黏在板底上,这些黏附的粒料随板向前移动,会拉裂铺层表面,形成沟槽和裂纹。所以,应先对熨平板进行加热,加热后的熨平板可对铺层起到熨烫的作用,从而使路表面平整无痕。但加热熨平板时,不可火力过猛,以防过热,因为过热除了易使板本身变形和加速磨损外,还会使铺层表面烫出沥青胶浆



和拉沟。

在连续摊铺的过程中,若熨平板已充分受热,则可暂停对其进行加热。但如果是摊铺低温混合料,则应对熨平板进行连续加热,以使板底能对材料经常起到熨烫的作用。

熨平装置的构造如图 2-12 所示。

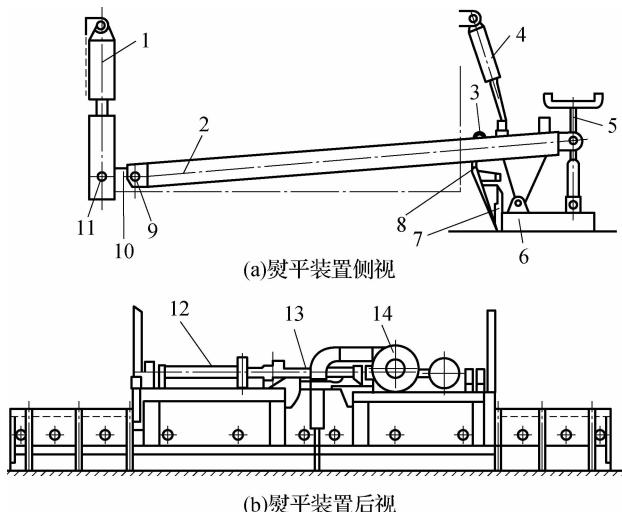


图 2-12 熨平装置的构造

1—液压机构; 2—牵引臂; 3—固定架; 4—油缸; 5—厚度调节机构; 6—熨平板;
7—振捣器; 8—护板; 9,11—销子; 10—连接块;
12—偏心轴; 13—调拱螺栓; 14—加热系统

熨平板按摊铺后混合料的密实度分为高密实度熨平板和普通熨平板。

熨平板按加长方式可分为机械拼装熨平板和液压伸缩熨平板。机械拼装熨平板主要分为基础段、加长段、附件,不同的加长段及数量可组装摊铺宽度按 0.5 m 倍数变化的熨平板。液压伸缩熨平板可通过伸缩油缸的往复运动带动伸缩段移动而实现熨平板宽度的无级调整。

摊铺机熨平板采用了“浮动自动找平”的结构形式。熨平板通过牵引臂连接到摊铺机主机上。当摊铺机拖动熨平板向前移动时,摊铺的混合料就会在熨平板下“流动”,这就使得熨平板在摊铺混合料面上浮动起来,这就决定了摊铺混合料的厚度。

熨平板上作用有许多外力,在这些外力的联合作用下,熨平板会寻找到它的“平衡角”,我们称之为熨平板仰角。如果熨平板仰角增大,则熨平板的前端会向上顶起,导致摊铺混合料的厚度变厚;如果熨平板仰角减小,则熨平板的前端会降低,导致摊铺混合料的厚度变薄;如果熨平板仰角为常数,则单位时间内进入熨平板底部的沥青混合料的数量不会改变,从而可保持摊铺厚度不变。既然摊铺的厚度是由熨平板仰角决定的,那么在每次摊铺作业前,就应根据施工要求调整熨平板仰角的初始值。

3. 沥青混合料摊铺机参数的调整与确定

 **学习任务 50** 学习沥青混合料摊铺机的技术参数,为选择沥青混合料摊铺机打好基础。

沥青混合料摊铺机的参数包括结构参数和运行参数。结构参数有熨平板的宽度、熨平





板的拱度、摊铺厚度、熨平板的初始工作仰角、螺旋布料器与熨平板前缘的距离、螺旋布料器的高度、振捣梁的行程、熨平板前刮料护板的高度、摊铺机的作业速度等。在摊铺前,需根据施工要求调整和选择结构参数。运行参数主要指摊铺机的作业速度。

1) 熨平板的宽度

熨平板的宽度可根据施工要求的摊铺宽度进行调节。若在修筑完路肩或路缘石后才摊铺路面,则熨平板的宽度应略小于摊铺宽度 20~30 cm,以便于摊铺机行驶操作。

当使用机械拼装加长熨平板的单机进行不同宽度的多次摊铺时,应先从横坡较低处开始摊铺,各条摊铺带的宽度最好相同,以节省重新接宽熨平板的时间(液压伸缩式调宽较省时);应尽可能先摊铺较窄的那一条,以减少拆接宽次数。

根据路面铺层宽度和熨平板的节长组合安装摊铺机熨平板,要求熨平板与机械本身左右对称。在正式摊铺形成前,应严格检验组合后熨平板的底面平整度,调整基本熨平板和附加熨平板底面的高度差,以确保足够的平整度。

2) 熨平板的拱度

调整熨平板拱度的目的是将在水准尺上读出的拱度绝对数(mm)或横坡百分数调整到与拱度设计值一致。

各种型号摊铺机的调拱机构大致相同,调整后可在标尺上直接读出拱度绝对数或横坡百分数,调整好拱度后要进行试铺校验,必要时应再次调整拱度。

对于大型摊铺机,其前拱拱度应调节得比后拱略大。经验表明,若前拱过大,则中间部分的混合料会较多,于是就会出现中间紧密并刮出亮痕和纵向撕裂状条纹的现象;反之,若前拱过小,甚至小于后拱,则中间部分的混合料会偏少,于是就会出现中间疏松、两侧紧密并被刮出亮痕和纵向撕裂状条纹的现象。

3) 摊铺厚度

结构层的厚度是质量评定的关键项目,不合格时应返工,因此,摊铺厚度对工程质量和经济效益影响极大,必须严格控制。摊铺工作开始前,应事先准备好 2~3 块坚固的长方形垫木。垫木的宽度为 5~10 cm,长度与熨平板的纵向尺寸相同或稍长,厚度为计算的松铺厚度,垫木顶面标高即为摊铺后的松铺层表面标高。如果摊铺起点下承层已达到其设计标高,则松铺层表面标高=压实厚度×松铺系数+下承层设计标高。如果摊铺起点下承层未达到其设计标高,则松铺层表面标高=(摊铺起点摊铺层设计标高—该处下承层实测标高)×松铺系数+下承层实测标高。松铺系数应经摊铺试验段确定,而试验段铺筑时可根据经验初定。

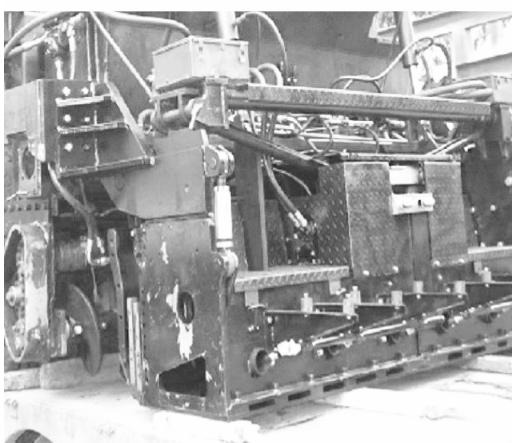
将摊铺机停置于摊铺起点的平整处后,抬起熨平板,把 2~3 块垫木分别置于熨平板的下面,如果熨平板加宽,则垫木应放在加宽部分的近侧边处,如图 2-13 所示。垫木放好后,启动后液压缸,放下熨平板,让提升油缸处于浮动状态,熨平板以其自身重量落在垫木上。复测熨平板的后沿标高是否达到摊铺起点松铺层的表面标高,如果有差异,再进行调整。上述由垫木所确定的厚度,还要通过熨平板工作仰角的调整和自动找平装置加以精确。

4) 熨平板的初始工作仰角

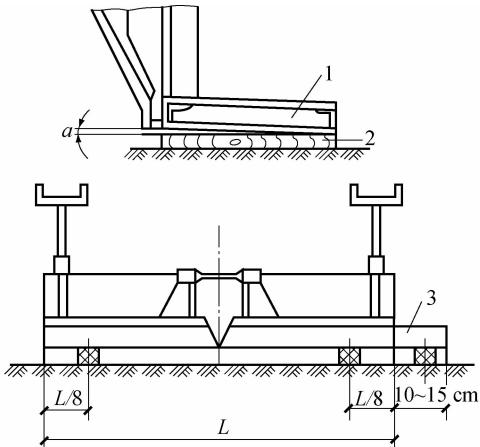
在调整初始仰角之前,要彻底解除调整机件对熨平板的约束,将熨平板自由地放在水平基面上,调整水平架臂两侧的正反螺纹机构,调整的标尺位于水平架臂后端。由于受被摊铺材料的温度与性质、颗粒的组成与形状等影响,熨平板的仰角不可能事先十分精确地确定,



对此,各机型在使用说明书中都有规定。一般情况下可按下述规则设定初始仰角的标尺数值:当摊铺厚度小于10 cm时,标尺数值为0;当摊铺厚度为10~20 cm时,标尺数值为0.5;当摊铺厚度大于20 cm时,标尺数值为1.0。



(a)实物图



(b)结构图

图 2-13 摊鋪机就位(垫木控制摊鋪厚度)

1—熨平板; 2—垫木; 3—熨平板加宽节段; α —熨平板标准仰角; L —熨平板基础段的宽度

5)螺旋布料器与熨平板前缘的距离

熨平板前缘与布料螺旋之间的距离变化会引起熨平板前沿堆料高度的变化,影响摊铺的质量。不适当的调整会造成摊铺缺陷,若距离过大,则容易在熨平板前堆积死料,温度降低后会成团块状脱落,进入摊铺层后会造成密实度不均,不易压实;若距离过小,则会造成供料不足,大粒径集料不易进入熨平板的下面。

根据摊铺厚度、混合料级配及油石比、下承层强度与刚度、矿料粒径等条件,应对螺旋布料器与熨平板前缘之间的距离进行适当调整。当摊铺厚度较大、矿料粒径较大、沥青混合料温度偏低,或发现摊铺层表面出现波纹时,宜将距离调大;当在石灰稳定土、水泥稳定土、二灰及二灰土基层上摊铺厚度较小的沥青层时,宜将距离调小;在一般摊铺条件下(厚度在10 cm以下的中、粗粒式沥青混合料,正常摊铺温度),宜将距离调至中间位置。

6)螺旋布料器的高度

大多数摊铺机对螺旋布料器高度的调节,设置有高、中、低三个位置。当置螺旋器于低位时,导板前的混合料会堆积得较少。有关选定螺旋适宜高度的建议是:高位适用于路面铺层厚度超过15 cm;中位适用于路面铺层厚度为8~15 cm;低位适用于路面铺层厚度小于8 cm。

7)振捣梁的行程

一般情况下,薄层、矿料粒径小时宜采用短行程;反之,宜采用长行程,摊铺面层时只能选用短行程。

8)熨平板前刮料护板的高度

有些摊铺机的熨平板前装有刮料护板,其作用是保持熨平板前部混合料的堆积高度为定值。因此,刮料护板的高度调整得当,有助于提高摊铺质量。为确保在熨平板全宽范围内





料堆高度一致,刮料护板底刃必须平直且应与熨平板的底边缘保持平行。

9)摊铺机的作业速度

摊铺机的作业速度对摊铺机的作业效率和摊铺质量影响极大,如果摊铺机时快时慢、时开时停,则会导致熨平板受力系统的平衡变化频繁,会对铺层的平整度和密实度产生很大影响。

在振捣频率恒定的情况下,摊铺机行驶速度的增或减,或者在行驶速度恒定的情况下,振捣频率的增或减,都同样会导致单位面积的混合料在单位时间内被振捣次数的增加或减少,也即表明密实度有大有小,从而导致熨平板的升或降、铺层变厚或减薄,以及路面的不平整。

若摊铺机时停时开、断续工作,会因熨平板装置的自重造成停机处下沉,致使铺展形成全断面的台阶状,且料温下降,不易压实。

因此,施工中所选择的摊铺机作业速度应在适宜的速度范围内,要根据混合料的供给能力、摊铺宽度和厚度求得(见案例3),以保证摊铺机匀速连续的作业。

4. 摊铺机的应用管理

(1)摊铺机工作前,应做好润滑保养工作,检查各部位有无松动异常,液压油、燃油是否充足;完全清理料斗、送料器、螺旋叶片、熨平板、行走链板中的黏附物;更换磨损过度的螺旋叶片、熨平板、送料器的刮料板。

(2)画出准确的摊铺线,这样可以避免沥青混合料的浪费;对照摊铺引导线做好移位,按摊铺宽度调整好摊铺机。

(3)组织好施工中的各个环节,尽量避免停机,确保摊铺机以最佳的行驶速度进行摊铺。为了保证匀速摊铺,应事先确定摊铺速度(见案例3)。

(4)振捣频率的确定原则是摊铺速度快,振频高;摊铺厚度大,夯锤行程大。

(5)摊铺机初始仰角的调整应在试铺阶段进行。

(6)大型摊铺机设有前、后两套调拱机构,其前拱的调节应略大于后拱。

(7)当摊铺厚度小于10 cm时,刮料护板底刃应高出熨平板前缘13~15 mm,刮料护板必须平直,确保熨平板全宽范围内的堆料高度一致。

(8)为防止摊铺时混合料离析,摊铺机分料器两端最外侧的螺旋叶片应反向安装;运料车离开时,料斗内应尚有10 cm存料(拢料),待恢复原状时下一运料车即开始卸料。

(9)摊铺工作参数不应频繁变动,以确保路面密实度的均匀,平整度良好。调节摊铺厚度时应细测、慢调。

(10)启动预热摊铺机,空载运行,观察仪表,通过机器发出的声音判断摊铺机的工作状态,调试好路拱控制机构、自动找平仪器及物料探位器。

(11)等新运来(第3车或第4车)的混合料倒入摊铺机后,开启送料器,使混合料淹没螺旋叶片2/3高度,待摊铺机刮料板、熨平板、接缝处进一步预热后起步摊铺。起步速度小于1.5 m/min,不开振动振捣,待熨平板到达热料上后再开振动振捣,并缓慢加速至正常作业速度。

(12)摊铺过程中,要经常检查基准线是否被碰掉,同时要保证传感器的搭脚在基准线上移动。

(13)摊铺过程中,要经常检查熨平板前的拌合料的堆积状况,如果拌合料堆积较少,需



采用手动螺旋输送器及刮板开关及时输送拌合料。

(14)应及时清理从卡车上洒出的混合料,以免影响摊铺质量。

(15)若必须停机等料时,则料斗内至少应有1/3存料,在下次启动之前料斗必须要装满,并且要先行走再起振。每天摊铺结束时,若料斗内还有1/4料,则应稍稍抬起熨平板后再驶离现场。

(16)每日工作结束之后,摊铺机的机组人员应会同施工人员总结、评价、分析摊铺质量,做好记录。

(17)每日按摊铺机保养规程做好例行保养和检修工作,由摊铺机长签字确认。

部分沥青混合料摊铺设备的型号和主要性能参数见表2-5。

表2-5 部分沥青混合料摊铺设备的型号和主要性能参数

设备名称	摊铺宽度 /m	最大摊铺厚度 /cm	速度 /(m·min ⁻¹)	产地、厂家	备注
ABG423	最大12.5	30	0~16	德国ABG	—
DEMAG DF140CS	最大12.5	30	0~23	德国德尔玛克	—
S1700	3~8	30	0~18	徐州徐工集团	德国伏格勒技术
S1800	3~8.5	30	0~18	徐州徐工集团	德国伏格勒技术
S1502A	2.5~6	30	0~18	徐州徐工集团	德国伏格勒技术
LTU60A	2.5~6	30	0~16	徐州徐工集团	德国伏格勒技术
LTL45A	2.8~4.5	15	0~13	徐州徐工集团	—
LTU125	3~12.5	30	0~18	徐州徐工集团	德国伏格勒技术

2.2.3 压实机械

学习任务51 学习压实机械的分类。

1. 压实机械的分类

路面压实机械按压实作用原理分为静作用碾压机械和振动碾压机械。

1) 静作用碾压机械

静作用碾压机械是用碾压滚轮沿被压实材料表面反复滚动,靠自重产生的静力作用使被压实层产生永久变形达到压实的目的。

静作用碾压机械的分类如下。

(1)按碾压轮的结构特点分为光面钢轮压路机(见图2-14)和轮胎压路机(胶轮压路机,见图2-15)。





图 2-14 三轮光面钢轮压路机



图 2-15 轮胎压路机

(2)按工作质量分为轻型、中型、重型和特重型。轻型的加载后质量不大于5t,中型的加载后质量为6~10t,重型的加载后质量为12~15t,特重型的加载后质量不小于16t。轮胎式压路机最常用的工作质量为16~45t。

(3)按碾压轮数量分为单轮压路机、双轮压路机和三轮压路机。其中,双轮压路机的型号主要有2Y6/8和2Y8/10,三轮压路机的型号主要有3Y10/12A和3Y12/15A。

(4)按驱动轮的数量分为单轮驱动压路机、双轮驱动压路机和三轮驱动压路机。

2)振动碾压机械

振动碾压机械是使碾轮沿被压实层的材料表面既做往复滚动,又利用偏心质量旋转产生的激振力,以一定的频率、振幅振动,使被压实层同时受到碾轮的静压力和振动力的综合作用,给材料短时间的连续脉动冲击,使被压实层产生永久变形达到压实目的。

(1)单钢轮振动压路机。单钢轮振动压路机,如图2-16所示,其工作质量多为10~25t或30~50t级,随着高速公路的发展,大吨位的振动压路机得到了广泛的使用。

(2)双钢轮振动压路机。双钢轮振动压路机,如图2-17所示,按工作质量分类,主要有轻型(2~4t)、中型(5~8t)和重型(10~14t)三类。



图 2-16 单钢轮振动压路机



图 2-17 双钢轮振动压路机

2. 压路机的技术参数



学习任务 52

学习压路机的技术参数,为沥青混合料机械配置、计算压路机数量打好基础。

部分国产静力式钢轮压路机的主要技术参数见表2-6,部分轮胎压路机的主要技术参数见表2-7,部分国产振动压路机的主要技术参数见表2-8,部分国外振动压路机的主要技术参



数见表 2-9。

表 2-6 部分国产静力式钢轮压路机的主要技术参数

压路机型号	最小工作质量/t	最大工作质量/t	前后轮静线压力/(N·cm ⁻¹)	压实宽度/mm	行驶速度/(km·h ⁻¹)	制造厂家
3Y10/12A	10	12	320/740	2 100	1.6/3.2/5.4	洛阳建筑机械厂
3Y12/15A	12	15	390/940	2 130	2.2/4.4/7.5	洛阳建筑机械厂
3Y12/15B	12	15	460/900	2 130	2/4.8/15	徐州工程机械厂
3Y18/21	18	21	542/1 170	2 320	2.3/4.4/7.9	徐州工程机械厂
2Y8/10	8	10	274/372	1 450	2/4/7	上海工程机械厂
3Y12/15	12	15	360/1 000	2 125	2/4/8.7	上海工程机械厂
3Y15/18	15	18	565/1 058	2 130	1.9/3.2/7.5	安徽省公路机械厂
3Y18/21	18	21	577/1 080	2 370	2/3.4/8	安徽省公路机械厂

表 2-7 部分轮胎压路机的主要技术参数

压路机型号	工作质量/t	压实宽度/mm	产地
戴纳派克 CP271 轮胎压路机	12.4	2 360	瑞典
XP301 胶轮压路机	15.23~30	2 750	徐州徐工集团
XP302 胶轮压路机	13.9~30	2 365	徐州徐工集团
YL16 轮胎压路机	9.4~16	2 250	徐州徐工集团
YL20 轮胎压路机	11~20	2 290	徐州徐工集团

表 2-8 部分国产振动压路机的主要技术参数

压路机型号	工作质量/t	振动轮宽度/mm	制造厂家
YZD4	3.6	1 090	安徽省公路机械厂
YZJ20	20	2 130	云南公路机械修配厂
YZl2	12	2 130	温州冶金机械厂
YZ/4A	14	2 150	江阴交通工程机械厂
DF-YZ14	14	2 150	中国第一拖拉机工程机械公司工程机械厂
YZCl2A	12	2 130	徐州工程机械厂
YZ16	16	2 130	徐州工程机械厂
XD120	12.3	2 130	徐州工程机械厂
XD130	13	2 130	徐州工程机械厂





表 2-9 部分国外振动压路机的主要技术参数

机型		工作质量/t	钢轮宽度/mm	产地
酒井	SW850	12.5	2 000	日本
	SW900	13	2 130	
戴纳派克	CC522	12.55	1 950	瑞典
英格索兰	DD110	11.365	1 980	美国
	DD125	12.51	2 134	
	DD130	13.1	2 134	
宝马	BW202AD	10.088	2 135	德国
	BW203AD-4	12.6	2 135	

2.2.4 热拌沥青混合料路面施工机群

1. 配置原则

学习任务 53 学习沥青混合料路面施工机群的配置原则。

1) 主导机械

沥青混凝土路面面层施工中的主导机械是指沥青混合料搅拌站中的搅拌机组。搅拌机组的配置以路面面层施工质量要求、工程量大小和工期为依据。

2) 主要机械

沥青混凝土路面面层施工中的主要机械包括沥青混合料摊铺机组、运输汽车、压实机械及装载机。摊铺机组的配置以路面面层施工质量要求、搅拌机组的实际生产能力为依据。运输汽车的配置必须保证摊铺机能匀速摊铺,等待卸料的平均排队数量以1~2辆为宜。压实机械的配置以满足摊铺机组的生产能力为依据,其性能的选择和台数的确定必须确保摊铺的沥青混合料能及时碾压。

2. 沥青混合料搅拌机组的配置

学习任务 54 学习搅拌机组的配置计算公式,完成案例3中搅拌机组的配置计算。

所配置的沥青混合料搅拌机组的生产能力 Q_1 不得低于搅拌机组的最低生产能力 Q_{\min} ,即

$$Q_1 \geq Q_{\min} \quad (2-2)$$

Q_{\min} 根据具体路面工程量大小、有效工期、材料影响系数、时间利用系数、集料含水量影响系数计算得出,计算公式为

$$Q_{\min} = \frac{W K_m K_t K_w}{t D} \quad (2-3)$$



路面工程量的大小按式(2-4)计算。

$$W = \frac{1000LBmH\gamma}{100} \quad (2-4)$$

沥青混合料搅拌机组的实际生产能力 Q 可根据试拌试铺标定,也可按式(2-5)估算。

$$Q = \frac{Q_1}{K_m K_t K_w} \quad (2-5)$$

式中, Q_{min} 为沥青混合料搅拌机组的最低生产能力(t/h); W 为路面工程总的工程量, 为各面层压实实体积与压实密度乘积之和(t); L 为合同段长度(km); B 为路面单幅宽度(m); m 为路幅数; H 为沥青混合料结构层的总厚度(cm); γ 为沥青混合料压实成型后的密度(t/m^3)。 K_m 为材料影响系数, 见表 2-10; K_t 为时间利用系数, 见表 2-11; K_w 为集料含水量影响系数, 见表 2-12; t 为每日计划施工时间(h); D 为路面计划有效施工天数(d)。

材料影响系数代表了不同材料搅拌的难易程度, 工程实践表明, 细集料较粗集料难于拌和; 改性沥青较普通沥青难于拌和, 而且需要增加矿料温度; SMA 混合料由于需要添加纤维而需要更多的拌和时间, 因此, 对不同的材料应有不同的加权系数, 见表 2-10。时间利用系数表明了施工管理水平, 可按表 2-11 选择。

表 2-10 材料影响系数 K_m

材 料	普通沥青	改性沥青	粗、中粒式混合料	细粒式混合料	SMA 混合料
影响系数 K_m	1.0	1.1	1.0	1.1	1.2

表 2-11 时间利用系数 K_t

施工管理水平	高	较高	一般	差
时间利用系数 K_t	1.00~1.05	1.05~1.10	1.10~1.15	1.15~1.20

集料含水量影响系数表示集料含水量对搅拌设备生产能力的影响。搅拌设备的生产能力主要取决于干燥滚筒和搅拌器两个关键部件。额定生产率是在标准工况下(集料含水量 5%)的标定值, 当集料含水量增加时需降低生产率, 保证对集料的烘干加热效果。当集料含水量低于标准工况时, 设备的生产能力取决于搅拌器的产量, 由于搅拌器不受集料含水量的影响, 因此设备的产量并未提高。集料含水量影响系数取值见表 2-12。

表 2-12 集料含水量影响系数 K_w

集料含水量/%	3	4	5	6	7	8
集料含水量 影响系数 K_w	1	1	1	1.1	1.2	1.3

3. 摊铺机的配置



学习任务 55 学习摊铺机的配置计算公式, 完成案例 3 中摊铺机的配置计算。





1) 摊铺机的适宜摊铺速度 V_m

《公路沥青路面施工技术规范》(JTGF40—2004)第5.6.4条规定:摊铺机必须缓慢、均匀、连续不间断地摊铺,不得随意变换速度或中途停顿,以提高平整度,减少混合料的离析。摊铺速度宜控制在2~6 m/min的范围内,对改性沥青混合料及SMA混合料宜放慢至1~3 m/min。

2) 计算摊铺速度 V

根据沥青混合料搅拌机组的实际生产能力 Q 计算摊铺机组的计算摊铺速度 V ,计算公式如下。

$$V = \frac{100Q}{60\gamma Bh} \quad (2-6)$$

式中, V 为摊铺机组的计算摊铺速度(m/min); Q 为沥青混合料搅拌机组的实际生产能力(t/h); γ 为沥青混合料压实成型后的密度(t/m³); B 为路面单幅宽度(m); h 为摊铺层压实成型后的厚度(cm)。

若由式(2-6)计算的摊铺速度大于6 m/min,则说明一个工作面不能满足工期的需要,要设多个工作面。

3) 选取摊铺的实际速度 V_t

摊铺的实际速度 V_t 应小于或等于计算摊铺速度 V ,以免因待料变速、停机而造成沥青混合料离析,见式(2-7),并应满足规范规定的适宜摊铺速度 V_m 的要求。

$$V_t \leq V \quad (2-7)$$

4) 根据路幅宽度确定摊铺机的台数

《公路沥青路面施工技术规范》(JTGF40—2004)第5.6.2条规定:铺筑高速公路、一级公路沥青混合料时,一台摊铺机的铺筑宽度不宜超过6 m(双车道)~7.5 m(三车道以上),通常宜采用两台或更多台数的摊铺机前后错开10~20 m成梯队方式同步摊铺,两幅之间应有30~60 mm宽度的搭接,并躲开车道轮迹带,上下层的搭接位置宜错开200 mm以上。

单机摊铺宽度过大,会对施工质量产生以下几方面的影响。

(1)螺旋布料器运送沥青混合料距离过长,造成粗细集料离析,越往边上温度下降越多,导致温度不均和压实度不一样。

(2)摊铺机的重量和马力是一定的,摊铺宽度越大,平均振捣力越小,铺筑后的初始压实度越小。而初始压实度越大,混合料铺筑后的温度下降越慢。

(3)摊铺机的接长部分只是悬挂在摊铺机上的,没有与中间部分相同的振捣装置,表面上看起来很平整,实际上压实程度不一样,反而影响横向平整度。

(4)两台摊铺机的接缝很容易调整得一点都看不出来,相反宽幅摊铺机的摊铺面上倒经常可见不少纵向的离析印痕。

4. 压实机械的配置



学习任务 56

学习压实机械的配置计算公式,完成案例3中压实机械的配置计算。

压实机械的作业工序分为初压、复压和终压。碾压段的长度应尽量缩短,通常不超过60~80 m,压路机的机型、作业速度和碾压遍数等参数可参考表2-13。



表 2-13 压路机的技术参数

工序	作业速度/(km·h ⁻¹)		碾压遍数	机型	重量参数
	正常	最大			
初压	2~3	4	1~2	钢筒式压路机或振动压路机(静压)	接地比压 23~30 kg/cm
复压	3~5	6	4~6	振动压路机(振压)	接地比压 25~31 kg/cm
	3~4.5	5	4~6	轮胎压路机	单轮载荷 1.5~2.0 t
终压	3~6	6	不小于 2 遍,到无明显轮迹为止	钢筒式压路机或振动压路机(静压)	接地比压 25~31 kg/cm

静作用压路机工作时的重叠宽度为轮宽的 1/3~1/2,振动压路机工作时的重叠宽度为 10~20 cm。压实机械的配置数量由式(2-8)计算确定。

$$N_y = \text{int} \left[\frac{0.060 \times 2 \times N_b B V_t}{(b - b_1) V_{ny}} \right] + 1 \quad (2-8)$$

式中, N_y 为压路机数量; N_b 为碾压遍数(全宽往返一次为一遍); B 为路面单幅宽度(m); V_t 为摊铺速度(m/min); b 为压路机轮宽度(m); b_1 为碾压重叠宽度(m); V_{ny} 为压路机作业速度(km/h); int 表示取整,例如,int(3.2)=3,int(3.7)=3。

5. 运输车的配置

学习任务 57 学习运输车的配置计算公式,完成案例 3 中运输车的配置计算。

在机械设备配置中,一旦确定了摊铺机、搅拌设备和压路机的数量,一般不会再进行调整,而运输车则要根据运距的远近和工程量的大小随时进行调整。运输车数量的调整取决于混合料的装卸时间、行驶时间和等待时间等。一般要求车辆的载重量大于 15 t,运输速度大于 30 km/h。正常摊铺时,为了保证作业的连续稳定,每台摊铺机前应有 1~2 台车等待卸料。

1) 运输车装料所需时间

运输车装料所需的时间按式(2-9)计算。

$$t_z = \frac{60G}{Q} \quad (2-9)$$

式中, t_z 为运料车的装料时间(min); G 为运料车的平均载重量(t); Q 为搅拌设备的实际生产能力(t/h)。

2) 运输车运料和空返时间

运输车运料和空返时间按式(2-10)计算。

$$t_y = 60 \left(\frac{L_y}{V_y} + \frac{L_y}{V_k} \right) \quad (2-10)$$

式中, t_y 为混合料的运输时间(min); L_y 为混合料的运输距离(km); V_y 为运输车的平均运料速度(km/h); V_k 为运输车的平均空返速度(km/h)。





3) 运输车卸料和待卸料时间

运输车卸料和待卸料时间按式(2-11)、式(2-12)计算。

$$t_{dx} = n_d \frac{100G}{b_t h V_t \gamma} \quad (2-11)$$

$$t_x = \frac{100G}{b_t h V_t \gamma} \quad (2-12)$$

式中, t_{dx} 为待卸料时间(min); t_x 为卸料时间(min); G 为运料车的平均载重量(t); n_d 为待卸料运输车的数量; b_t 为单机摊铺宽度(m); h 为摊铺厚度(cm); V_t 为摊铺速度(m/min); γ 为沥青混合料压实成型后的密度(t/m³)。

4) 确定所需运输车的数量

为了保证摊铺设备连续作业, 实际配备的运料车数量应有储备, 储备系数可根据车况和路况来决定。运输车数量可按式(2-13)计算。

$$N_y = K \frac{QT_y}{60G} \quad (2-13)$$

式中, N_y 为运输车数量; K 为运输车储备系数, 取 1.1~1.2, 当车辆状况和路面状况较好时取小值, 较差时取大值; Q 为搅拌设备的生产能力(t/h); T_y 为运料车装料、运输、等待卸料、卸料、返回所需时间的总和(min), 见式(2-14); G 为运料车的平均载重量(t)。

$$T_y = t_z + t_y + t_{dx} + t_x \quad (2-14)$$

式中, 各参数含义同前。

2.2.5 稳定土拌和机械



学习任务 58 学习稳定土拌和机械的分类。

稳定土拌和机械按拌和方式分为稳定土拌和机和稳定土厂拌设备两类。

1. 稳定土拌和机

稳定土拌和机适用于路拌法施工, 主要用于道路工程中的稳定土类基层、底基层的现场拌和作业, 是在路上将稳定土材料和稳定剂均匀拌和的机械设备, 如图 2-18 所示。其生产能力由拌和宽度、拌和深度和工作行进速度决定, 一般的拌和宽度为 210 mm, 拌和深度为 100~485 mm, 工作行进速度小于 1.5 km/h。



稳定土拌和机按行走系形式可分为履带式、轮胎式和复合式(履带与轮胎结合); 按牵引方式, 可分为自行式、半拖式和悬挂式; 按动力传动形式, 可分为机械式、液压式和混合式(机械、液压结合); 按工作装置(转子)在机械上的位置, 可分为中置式和后置式。

部分国内外生产的稳定土拌和机的主要性能参数见表 2-14。

图 2-18 稳定土拌和机



表 2-14 部分国内外生产的稳定土拌和机的主要性能参数

生产厂家	机械型号	行走形式	传动方式	转子位置	功率/[kW/(r·min⁻¹)]	拌和宽度/mm	拌和深度/mm	行进速度/(km·h⁻¹)
德国 BOMAG	MPHI20	轮胎	液压	后置	280/2 100	2 100	400	0~6
美国 CMI	RS-500B	轮胎	机械液压	中置	391/2 100	2 438	406	0~11.3
日本 SAKAI	PM-200	轮胎	液压	中置	143/1 800	1 700	400	0~24
新津筑路机械厂	WB230	轮胎	液压	后置	258/2 000	2 300	450	0~20
陕西建设机械厂	WBZ23	轮胎	液压	后置	258/2 100	2 350	400	0~24
镇江路面机械厂	WBY2300	轮胎	液压	后置	258/2 100	2 300	450	0~24

2. 稳定土厂拌设备

稳定土厂拌设备广泛用于公路和城市道路的基层、底基层施工,分为移动式、固定式等结构形式。移动式厂拌设备多用于工程分散、频繁移动的公路施工工程;固定式厂拌设备适用于城市道路施工或工程量大且集中的施工工程。稳定土厂拌设备按生产能力分为小型(200 t/h 以下)、中型(200~400 t/h)、大型(400~600 t/h)和特大型(600 t/h 以上)四种。部分国内生产的稳定土厂拌设备的主要性能参数见表 2-15。

表 2-15 部分国内生产的稳定土厂拌设备的主要性能参数

生产厂家	型 号	生产能力/(t·h⁻¹)	级配种类	计量精度	装机功率/kW	总质量/t
汕头市公路局机械修配厂	WBS200	200~250	4	≤3%	54.1	29
安徽省公路机械厂	WBC300	300	4	≤3%	120	42
徐州筑路机械厂	WCB200	200	4	≤3%	70	30
云南公路机械修配厂	WCQ100	100	4	集料≤3%,粉料≤3%,土≤5%	37.4	20
福建省泉州南方路面机械厂	YWCB-300 (移动式)	300	4	级配 1%~1.5%,给水 1.5%	82	28
沈阳路达筑路机械制造厂	WQB400	400	4	水胶比精度±1%	126.7	48.3

2.2.6 水泥混凝土路面施工机械



学习任务 59 学习水泥混凝土搅拌设备及水泥混凝土摊铺机。





1. 水泥混凝土搅拌设备

水泥混凝土搅拌设备分为水泥混凝土搅拌站(楼)(见图 2-19)和水泥混凝土搅拌机(见图 2-20)两大类。



图 2-19 水泥混凝土搅拌站



图 2-20 水泥混凝土搅拌机

水泥混凝土搅拌设备的生产能力按小时成品量和自动化程度分为小型($30\text{ m}^3/\text{h}$ 以下)、中型($30\sim100\text{ m}^3/\text{h}$)和大型($100\sim200\text{ m}^3/\text{h}$)三种。

2. 水泥混凝土搅拌厂(场、站)的设置

水泥混凝土搅拌厂(场、站)设置的基本要求如下。

(1)水泥混凝土搅拌厂宜设置在摊铺路段的中间位置。搅拌厂的内部布置应满足原材料储运、混凝土运输、供水、供电、钢筋加工等使用要求，并尽量紧凑，减少占地。

(2)搅拌厂应保障搅拌、清洗、养生用水的供应，并保证水质。供水量不足时，搅拌厂应设置与日搅拌量相适应的蓄水池。

(3)搅拌厂应保证充足的电力供应。电力总容量应满足全部施工用电设备、夜间施工照明及生活用电的需要。供电设施必须安全可靠，并有相应的安全预控措施。

(4)应确保摊铺机械、运输车辆及发电机等动力设备的燃料供应。离加油站较远的工地宜设置油料储备库，但必须符合相关安全规定的要求。

(5)水泥、粉煤灰储存和供应要求。

①每台搅拌楼应至少配备两个水泥罐仓，如掺粉煤灰还应至少配备一个粉煤灰罐仓。当水泥的日用量很大，需要两家以上的水泥厂供应水泥时，对不同厂家的水泥应清仓再灌，并分罐存放。严禁粉煤灰与水泥混罐。

②应确保施工期间水泥和粉煤灰的供应。当供应不足或运距较远时，应储备和使用吨包装水泥或袋装粉煤灰，并准备水泥仓库、拆包及输送入罐设备。水泥仓库应覆盖或设置顶篷防雨，并应设置在地势较高处。严禁水泥、粉煤灰受潮或浸水。

(6)砂石料的储备要求。

①施工前，宜储备保证正常施工 $10\sim15\text{ d}$ 的砂石料。

②砂石料场应建在排水通畅的位置，其底部应做硬化处理。不同规格的砂石料之间应有隔离设施，并设标识牌，严禁混杂。

③在低温天、雨天、大风天及日照强烈的条件下，应在砂石料堆上部架设顶篷或覆盖物，覆盖的砂石料数量不宜少于正常施工一周的用量。

(7)原材料与混凝土运输车辆不应相互干扰。搅拌楼下宜采用厚度不小于 200 mm 的混凝土铺装层，并应设置污水排放管沟、积水坑或清洗搅拌楼的废水处理回收设备。



3. 水泥混凝土摊铺机

水泥混凝土摊铺机分为轨道式和滑模式。目前,轨道式摊铺机在我国已停用,混凝土摊铺机已从只能完成单一摊铺作业程序的单机发展成能完成摊铺、振实、整平和抹光等作业的滑模摊铺机,如图 2-21 所示。



图 2-21 水泥混凝土滑模摊铺机

任务 2.3 混合料的组成设计



学习描述

【知识目标】 熟悉水泥稳定土的组成设计;了解石灰稳定土、石灰工业废渣稳定土的组成设计;熟悉沥青混凝土配合比设计。

【能力目标】 会进行水泥稳定土的组成设计;会进行沥青混凝土配合比设计;会进行热拌沥青混合料间歇式拌和机冷料仓的标定。

【技术规范】 《公路路面基层施工技术细则》(JTGF20—2015)、《公路沥青路面设计规范》(JTGD50—2006)、《公路沥青路面施工技术规范》(JTGF40—2004)。

【案例】 案例 4、案例 5、案例 6。

【试验检测考试训练】 自测题 1、自测题 2。

2.3.1 无机结合料稳定材料的组成设计

1. 无机结合料的计算和比例



学习任务 61

学习无机结合料的计算和比例。

《公路路面基层施工技术细则》(JTGF20—2015)第 4.4 条有如下规定。

- (1) 水泥稳定材料的水泥剂量应以水泥质量占全部干燥被稳定材料质量的百分率表示。
- (2) 石灰稳定材料的石灰剂量应以石灰质量占全部干燥被稳定材料质量的百分率表示。
- (3) 石灰工业废渣混合料应采用质量配合比计算,以石灰:工业废渣:被稳定材料的质量





比表示。

(4) 石灰粉煤灰稳定材料和石灰煤渣稳定材料比例采用表 2-16 中的推荐值。

表 2-16 石灰粉煤灰稳定材料和石灰煤渣稳定材料推荐比例

材料类型	材料名称	使用层位	结合料间比例	结合料与被稳定材料间比例
石灰粉煤灰	硅铝粉煤灰的石灰粉煤灰类 ^①	基层或底基层	石灰 : 粉煤灰 = 1 : 2~1 : 9	—
	石灰粉煤灰土	基层或底基层	石灰 : 粉煤灰 = 1 : 2~1 : 4 ^②	石灰粉煤灰 : 细粒材料 = 30 : 70 ^③ ~10 : 90
	石灰粉煤灰稳定级配碎石或砾石	基层	石灰 : 粉煤灰 = 1 : 2~1 : 4	石灰粉煤灰 : 被稳定材料 = 20 : 80~15 : 85 ^④
石灰煤渣	石灰煤渣稳定材料	基层或底基层	石灰 : 煤渣 = 20 : 80~15 : 85	—
	石灰煤渣土	基层或底基层	石灰 : 煤渣 = 1 : 1~1 : 4	石灰煤渣 : 细粒材料 = 1 : 1~1 : 4 ^⑤
	石灰煤渣稳定材料	基层或底基层	石灰 : 煤渣 : 被稳定材料 = (7~9) : (26~33) : (67~58)	

注 1:①CaO 含量为 2%~6% 的硅铝粉煤灰。

注 2:②粉土以 1 : 2 为宜。

注 3:③采用此比例时,石灰与粉煤灰之比宜为 1 : 2~1 : 3。

注 4:④石灰粉煤灰与粒料之比为 15 : 85~20 : 80 时,在混合料中,粒料形成骨架,石灰粉煤灰起填孔隙和胶结作用。这种混合料称为骨架密实式石灰粉煤灰粒料。

注 5:⑤混合料中石灰应不少于 10%,可通过试验选取强度较高的配合比。

(5) 水泥粉煤灰稳定材料应采用质量配合比计算,以水泥 : 粉煤灰 : 被稳定材料的质量比表示。

(6) 水泥粉煤灰稳定材料和水泥煤渣稳定材料比例可采用表 2-17 中的推荐值。

表 2-17 水泥粉煤灰稳定材料和水泥煤渣稳定材料推荐比例

材料类型	材料名称	使用层位	结合料间比例	结合料与被稳定材料间比例
石灰粉煤灰	硅铝粉煤灰的水泥粉煤灰类 ^①	基层或底基层	水泥 : 粉煤灰 = 1 : 3~1 : 9	—
	水泥粉煤灰土	基层或底基层	水泥 : 粉煤灰 = 1 : 3~1 : 5	水泥粉煤灰 : 细粒材料 = 30 : 70 ^② ~10 : 90
	水泥粉煤灰稳定级配碎石或砾石	基层	水泥 : 粉煤灰 = 1 : 3~1 : 5	水泥粉煤灰 : 被稳定材料 = 20 : 80~15 : 85 ^③



续表

材料类型	材料名称	使用层位	结合料间比例	结合料与被稳定材料间比例
石灰 煤渣	水泥煤渣稳定材料	基层或底基层	水泥：煤渣=5：9~15：85	—
	水泥煤渣土	基层或底基层	水泥：煤渣=1：2~1：5	水泥煤渣：细粒材料=1：2~1：5 ^④
	水泥煤渣稳定材料	基层或底基层	水泥：煤渣：被稳定材料=(3~5)：(26~33)：(71~62)	

注 1:①CaO 含量为 2%~6% 的硅铝粉煤灰。

注 2:②采用此比例时,水泥与粉煤灰之比宜为 1：2~1：3。

注 3:③水泥粉煤灰与粒料之比为 15：85~20：80 时,在混合料中,粒料形成骨架,水泥粉煤灰起填充孔隙和胶结作用。

注 4:④混合料中水泥应不少于 4%,可通过试验选取强度较高的配合比。

(7) 水泥、石灰综合稳定时,水泥用量占结合料总量不小于 30% 时,应按水泥稳定材料的技术要求进行组成设计,水泥和石灰的比例宜取 60：40、50：50 或 40：60。水泥用量占结合料总量小于 30% 时,应按石灰稳定材料设计。

2. 混合料推荐级配及技术要求



学习任务 61 学习混合料推荐级配及技术要求。

《公路路面基层施工技术细则》(JTGF20—2015)第 4.5 条有如下规定。

(1) 采用水泥稳定时,被稳定材料的液限应不大于 40%,塑性指数应不大于 17。塑性指数大于 17 时,宜采用石灰稳定或用水泥和石灰综合稳定。

(2) 采用水泥稳定,被稳定材料中含有一定量的碎石或砾石,且小于 0.6 mm 的颗粒含量在 30% 以下时,塑性指数可大于 17,且土的均匀系数应大于 5。其级配可采用表 2-18 中推荐的级配范围,并应符合下列规定:

① 用于高速公路和一级公路的底基层时,被稳定材料的公称最大粒径应不大于 31.5 mm,级配宜符合表 2-18 中 C-A-1 或 C-A-2 的规定,被稳定材料中不宜含有黏性土或粉性土。

② 用于二级公路的基层时,级配宜符合表 2-18 中 C-A-1 的规定,被稳定材料中不宜含有黏性土或粉性土。

③ 用于二级以下公路的基层时,级配宜符合表 2-18 中 C-A-3 的规定,被稳定材料的公称最大粒径应不大于 37.5 mm。

④ 用于二级及二级以下公路的底基层时,级配宜符合表 2-18 中 C-A-4 的规定,被稳定材料的公称最大粒径应不大于 37.5 mm。





表 2-18 水泥稳定材料的推荐级配范围(%)

筛孔尺寸/mm	高速公路和一级公路的底基层或二级公路的基层	高速公路和一级公路的底基层	二级以下公路的基层	二级及二级以下公路的底基层
	C-A-1	C-A-2	C-A-3	C-A-4
53	—	—	100	100
37.5	100	100	90~100	—
31.5	90~100	—	—	—
26.5	—	—	66~100	—
19	67~90	—	54~100	—
9.5	45~68	—	39~100	—
4.75	29~50	50~100	28~84	50~100
2.36	18~38	—	20~70	—
1.18	—	—	14~57	—
0.6	8~22	17~100	8~47	17~100
0.075	0~7	0~30	0~30	0~50

注:表中水泥稳定材料不包括水泥稳定级配碎石或砾石。

(3)采用水泥稳定,被稳定材料为粒径较均匀的砂时,宜在砂中添加适量塑性指数小于10的黏性土、石灰土或粉煤灰,加入比例应通过击实试验确定。添加粉煤灰的比例宜为20%~40%。

(4)水泥稳定级配碎石或砾石的级配可采用表 2-19 中推荐的级配范围,并宜符合下列规定:

①用于高速公路和一级公路时,级配宜符合表 2-19 中 C-B-1、C-B-2 的规定。混合料密实时也可采用 C-B-3 级配。C-B-1 级配宜用于基层和底基层,C-B-2 级配宜用于基层。

②用于二级及二级以下公路时,级配宜符合表 2-19 中 C-C-1、C-C-2、C-C-3 的规定。C-C-1 级配宜用于基层和底基层,C-C-2 和 C-C-3 级配宜用于基层,C-B-3 级配宜用于极重、特重交通荷载等级下的基层。

③被稳定材料的液限宜不大于 28%。

④用于高速公路和一级公路时,被稳定材料的塑性指数宜不大于 5;用于二级及二级以下公路时,宜不大于 7。

表 2-19 水泥稳定级配碎石或砾石的推荐级配范围(%)

筛孔尺寸/mm	高速公路和一级公路			二级及二级以下公路		
	C-B-1	C-B-2	C-B-3	C-C-1	C-C-2	C-C-3
37.5	—	—	—	100	—	—
31.5	—	—	100	100~90	100	—
26.5	100	—	—	94~81	100~90	100



续表

筛孔尺寸/mm	高速公路和一级公路			二级及二级以下公路		
	C-B-1	C-B-2	C-B-3	C-C-1	C-C-2	C-C-3
19	86~82	100	68~86	83~67	87~73	100~90
16	79~73	93~88	—	78~61	82~65	92~79
13.2	72~65	86~76	—	73~54	75~58	83~67
9.5	62~53	72~59	38~58	64~45	66~47	71~52
4.75	45~35	45~35	22~32	50~30	50~30	50~30
2.36	31~22	31~22	16~28	36~19	36~19	36~19
1.18	22~13	22~13	—	26~12	26~12	26~12
0.6	15~8	15~8	8~15	19~8	19~8	19~8
0.3	10~5	10~5	—	14~5	14~5	14~5
0.15	7~3	7~3	—	10~3	10~3	10~3
0.075	5~2	5~2	0~3	7~2	7~2	7~2

(5) 碾压贫混凝土的级配宜采用表 2-19 推荐的 C-B-1 和 C-B-2 级配。

(6) 石灰粉煤灰稳定材料可采用表 2-20 中推荐的级配范围,并应符合下列规定:

①用于高速公路和一级公路基层时,石灰粉煤灰总质量宜占 15%,应不大于 20%,被稳定材料公称最大粒径应不大于 26.5 mm,级配宜符合表 2-20 中 LF-A-2L 和 LF-A-2S 的规定。

②用于高速公路和一级公路底基层时,各档被稳定材料总质量宜不小于 80%,级配宜符合表 2-20 中 LF-A-1L 和 LF-A-1S 的规定。对极重、特重交通荷载等级,级配宜符合表 2-20 中 LF-A-2L 和 LF-A-2S 的规定。

③用于二级及二级以下公路基层时,被稳定材料的工程最大粒径应不大于 31.5 mm,其总质量宜不小于 80%,并符合表 2-20 中 LF-B-2L 和 LF-B-2S 的规定。

④用于二级及二级以下公路底基层时,各档被稳定材料总质量宜不小于 70%,并符合表 2-20 中 LF-B-1L 和 LF-B-1S 的规定。对极重、特重交通荷载登记,可选择符合表 2-20 中 LF-B-2L 和 LF-B-2S 的规定。

表 2-20 石灰粉煤灰稳定级配碎石或砾石的推荐级配范围(%)

筛孔尺寸 /mm	高速公路和一级公路				二级及二级以下公路			
	稳定碎石		稳定砾石		稳定碎石		稳定砾石	
	LF-A-1S	LF-A-2S	LF-A-1L	LF-A-2L	LF-B-1S	LF-B-2S	LF-B-1L	LF-B-2L
37.5	—	—	—	—	100	—	100	—
31.5	100	—	100	—	100~90	100	100~90	100
26.5	95~91	100	96~93	100	94~81	100~90	95~84	100~90
19	85~76	89~82	88~81	91~86	83~67	87~73	87~72	91~77
16	80~69	84~73	84~75	87~79	78~61	82~65	83~67	86~71





续表

筛孔尺寸 /mm	高速公路和一级公路				二级及二级以下公路			
	稳定碎石		稳定砾石		稳定碎石		稳定砾石	
	LF-A-1S	LF-A-2S	LF-A-1L	LF-A-2L	LF-B-1S	LF-B-2S	LF-B-1L	LF-B-2L
13.2	75~62	78~65	79~69	82~72	73~54	75~58	79~62	81~65
9.5	65~51	67~53	71~60	73~62	64~45	66~47	72~54	74~55
4.75	45~35	45~35	55~45	55~45	50~30	50~30	60~40	60~40
2.36	31~22	31~22	39~27	39~27	36~19	36~19	44~24	44~24
1.18	22~13	22~13	28~16	28~16	26~12	26~12	33~15	33~15
0.6	15~8	15~8	20~10	20~10	19~8	19~8	25~9	25~9
0.3	10~5	10~5	14~6	14~6	—	—	—	—
0.15	7~3	7~3	10~3	10~3	—	—	—	—
0.075	5~2	5~2	7~2	7~2	7~2	7~2	10~2	10~2

(7)水泥粉煤灰稳定材料可采用表 2-21 中推荐的级配范围,并应符合下列规定:

①用于高速公路和一级公路基层时,水泥粉煤灰总质量宜为 12%,应不大于 18%,各档被稳定材料总质量宜不小于 85%,其公称最大粒径应不大于 26.5 mm,级配宜符合表 2-21 中 CF-A-2L 和 CF-A-2S。

②用于高速公路和一级公路底基层时,各档被稳定材料总质量宜不小于 80%,级配宜符合表 2-21 中 CF-A-1L 和 CF-A-1S 的规定。对极重、特重交通荷载登记,级配宜符合表 2-21 中 CF-A-2L 和 CF-A-2S 的规定。

③用于二级及二级以下公路基层时,被稳定材料的公称最大粒径应不大于 31.5 mm,其总质量宜不小于 80%,级配宜符合表 2-21 中 CF-B-2L 和 CF-B-2S 的规定。

④用于二级及二级以下公路底基层时,各档被稳定材料总质量宜不小于 75%,级配宜符合表 2-21 中 CF-B-1L 和 CF-B-1S 的规定。对极重、特重交通荷载登记,级配宜符合表 2-21 中 CF-B-2L 和 CF-B-2S 的规定。

表 2-21 水泥粉煤灰稳定级配碎石或砾石的推荐级配范围(%)

筛孔尺寸/mm	高速公路和一级公路				二级及二级以下公路			
	稳定碎石		稳定砾石		稳定碎石		稳定砾石	
	LF-A-1S	LF-A-2S	LF-A-1L	LF-A-2L	LF-B-1S	LF-B-2S	LF-B-1L	LF-B-2L
37.5	—	—	—	—	100	—	100	—
31.5	100	—	100	—	100~90	100	100~90	100
26.5	95~90	100	95~91	100	93~80	100~90	94~81	100~90
19	84~72	88~79	85~76	89~82	81~64	86~70	83~67	87~73
16	79~65	82~70	80~69	84~73	75~57	79~62	78~61	82~65
13.2	72~57	76~61	75~62	78~65	69~50	72~54	73~54	75~58
9.5	62~47	64~49	65~51	67~53	60~40	62~42	64~45	66~47



续表

筛孔尺寸/mm	高速公路和一级公路				二级及二级以下公路			
	稳定碎石		稳定砾石		稳定碎石		稳定砾石	
	LF-A-1S	LF-A-2S	LF-A-1L	LF-A-2L	LF-B-1S	LF-B-2S	LF-B-1L	LF-B-2L
4.75	40~30	40~30	45~35	45~35	45~25	45~25	50~30	50~30
2.36	28~19	28~19	33~22	33~22	31~16	31~16	36~19	36~19
1.18	20~12	20~12	24~13	24~13	22~11	22~11	26~12	26~12
0.6	14~8	14~8	18~8	18~8	15~7	15~7	19~8	19~8
0.3	10~5	10~5	13~5	13~5	—	—	—	—
0.15	7~3	7~3	10~3	10~3	—	—	—	—
0.075	5~2	5~2	7~2	7~2	5~2	5~2	7~2	7~2

(8) 级配碎石或砾石的级配范围宜符合下列规定：

① 用于高速公路和一级公路基层时，级配宜符合表 2-22 中级配 G-A-4 或 G-A-5 的规定。

② 用于高速公路和一级公路底基层时，级配宜符合表 2-22 中级配 G-A-3 或 G-A-4 的规定。

③ 用于二级及二级以下公路的基层、底基层时，级配可符合表 2-22 中级配 G-A-1 或 G-A-2 的规定。

表 2-22 级配碎石或砾石的推荐级配范围(%)

筛孔尺寸/mm	G-A-1	G-A-2	筛孔尺寸/mm	G-A-1	G-A-2
37.5	100	—	—	—	—
31.5	100~90	100	100	—	—
26.5	93~80	100~90	95~90	100	100
19	81~64	86~70	84~72	88~79	100~95
16	75~57	79~62	79~65	82~70	89~82
13.2	69~50	72~54	72~57	76~61	79~70
9.5	60~40	62~42	62~47	64~49	63~53
4.75	45~25	45~25	40~30	40~30	40~30
2.36	31~16	31~16	28~19	28~19	28~19
1.18	22~11	22~11	20~12	20~12	20~12
0.6	15~7	15~7	14~8	14~8	14~8
0.3	—	—	10~5	10~5	10~5
0.15	—	—	7~3	7~3	7~3
0.075	5~2	5~2	5~2	5~2	5~2

(9) 二级及二级以下公路底基层采用未筛分碎石、砾石时，宜采用表 2-23 推荐的级配范围。





表 2-23 未筛分碎石、砾石的推荐级配范围(%)

筛孔尺寸/mm	G-B-1	G-B-2	筛孔尺寸/mm	G-B-1	G-B-2
53	100	—	4.75	10~30	17~45
37.5	85~100	100	2.36	8~25	11~35
31.5	69~88	83~100	0.6	6~18	6~21
19.0	40~65	54~84	0.075	0~10	0~10
9.5	19~43	29~59			

(10)用于底基层的天然砾石、砾石土宜采用表 2-24 中推荐的级配范围。

表 2-24 天然砾石、砾石土的推荐级配范围(%)

筛孔尺寸/mm	53	37.5	9.5	4.75	0.6	0.075
通过质量百分率/%	100	80~100	40~100	25~85	8~45	0~15

(11)级配碎石或砾石、未筛分碎石、天然砾石和砾石土等材料应符合下列规定：

- ①液限宜不大于 28%。
- ②在潮湿多雨地区塑性指数宜小于 6, 其他地区宜小于 9。

3. 无机结合料稳定材料目标配合比设计技术要求

《公路路面集成施工技术细则》(JTGF20—2015)第 4.6 条有如下规定。

(1)应根据当地材料的特点, 通过原材料性能的试验评定, 选择适宜的结合料类型, 确定混合料配合比设计的技术标准。

(2)在目标配合比设计中, 应选择不少于 5 个结合料剂量, 分别确定各剂量条件下混合料的最佳含水率和最大干密度。

(3)应根据试验确定的最佳含水率、最大干密度及压实度要求成型标准试件, 验证不同结合料剂量条件下混合料的技术性能, 确定满足设计要求的最佳剂量。

(4)水泥稳定材料配合比试验推荐水泥试验剂量可采用表 2-25 中的推荐值。

表 2-25 水泥稳定材料配合比试验推荐水泥试验剂量表

被稳定材料	条 件		推荐试验剂量/%
有级配的碎石或砾石	基层	$R_d \geq 5.0 \text{ MPa}$	5、6、7、8、9
		$R_d < 5.0 \text{ MPa}$	3、4、5、6、7
土、砂、石屑等		塑性指数 < 12	5、7、9、11、13
		塑性指数 ≥ 12	8、10、12、14、16
有级配的碎石或砾石	底基层	—	3、4、5、6、7
土、砂、石屑等		塑性指数 < 12	4、5、6、7、8
		塑性指数 ≥ 12	6、8、10、12、14
碾压贫混凝土	基层	—	7、8.5、10、11.5、13

(5)对水泥稳定材料, 水泥的最小剂量应符合表 2-26 的规定。材料组成设计所得水泥剂量少于表 2-25 中的最小剂量时, 应按表 2-26 采用最小剂量。



表 2-26 水泥的最小剂量(%)

被稳定材料类型	拌和方法	
	路拌法	集中厂拌法
中、粗粒材料	4	3
细粒材料	5	4

(6)对石灰粉煤灰稳定材料和水泥粉煤灰稳定材料,宜分别按表 2-16 和表 2-17 的推荐比例进行试验,必要时可采用正交设计或均匀设计方法。

(7)对无机结合料稳定级配随时或砾石材料,应当根据当地材料特点和技术要求,优化设计混合料级配,确定目标级配曲线和合理的变化范围。

(8)在目标级配曲线优化选择过程中,应选择不少于 4 条级配曲线,试验级配曲线可按《公路路面基层施工技术细则》(JTG/T F20—2015)推荐的级配范围和以往工作经验或按《公路路面基层施工技术细则》(JTG/T F20—2015)附录 A 的方法构造。

(9)在配合比设计试验中,应将各档石料筛分成单一粒径的规格逐档配料,并按相关的试验规程操作,保证每组试验的样本量。

(10)选定目标级配曲线后,应当对各档材料进行筛分,确定其平均筛分曲线及相应的变异系数,并按 2 倍标准差计算出各档材料筛分级配的波动范围。

(11)应按下列步骤合成目标级配曲线并进行性能验证:

①按确定的目标级配,根据各档材料的平均筛分曲线,确定其使用比例,得到混合料的合成级配。

②根据合成绩配进行混合料重型击实试验和 7d 龄期无侧限抗压强度试验,验证混合料性能。

(12)应根据已确定的各档材料使用比例和各档材料级配的波动范围,计算实际生产中混合料的级配波动范围;并应针对这个波动范围的上、下限验证性能。

4. 无机结合料稳定材料生产配合比设计技术要求

《公路路面基层施工技术细则》(JTG/T F20—2015)第 4.7 条有如下规定。

(1)根据目标配合比确定的各档材料比例,应对拌和设备进行调试和标定,确定合理的生产参数。

(2)拌和设备的调试和标定应包括料斗称量精度的标定、结合料剂量的标定和拌和设备加水量的控制等内容,并应符合下列规定:

①绘制不少于 5 个点的结合料剂量标定曲线。

②按各档材料的比例关系,设定相应的称量装置,调整拌和设备各个料仓的进料速度。

③按设定好的施工参数进行第一阶段试生产,验证生产级配。不满足要求时,应进一步调整施工参数。

(3)对水泥稳定、水泥粉煤灰稳定材料,应分别进行不同成型时间条件下的混合料强度试验,绘制相应的延迟时间曲线,并根据设计要求确定容许延迟时间。

(4)应在第一阶段试生产试验的基础上进行第二阶段试验。分别按不同结合料剂量和含水率进行混合料试拌,并取样、试验。试验应符合下列规定:

①通过混合料中实际含水率的测定,确定施工过程中水流量计的设定范围。





②通过混合料中实际结合料剂量的测定,确定施工过程中结合料掺加的相关技术参数。

③通过击实试验,确定结合料剂量变化、含水率变化对混合料最大干密度的影响。

④通过抗压强度试验,确定材料的实际强度水平和拌和工艺的变异水平。

(5)混合料生产参数的确定应包括结合料剂量、含水率和最大干密度等指标,并应符合下列规定:

①对水泥稳定材料,工地实际采用的水泥剂量宜比室内试验确定的剂量多0.5~1.0个百分点。采用集中厂拌法施工时宜增加0.5个百分点;采用路拌法施工时宜增加1个百分点。

②以配合比设计的结果为依据,综合考虑施工过程的气候条件,对水泥稳定材料,含水率可增加0.5~1.5个百分点;对其他稳定材料,可增加1~2个百分点。

③最大干密度应以最终合成级配击实试验的结果为标准。

5. 级配碎石配合比设计技术要求

《公路路面基层施工技术细则》(JTGF20—2015)第4.8条有如下规定。

(1)用于不通公路等级、交通荷载登记和结构层位的级配碎石,CBR强度标准应满足表2-27的要求。

表2-27 级配碎石材料的CBR强度标准

结构层	公路等级	极重、特重交通	重交通	中、轻交通
基层	高速公路和一级公路	≥200	≥180	≥160
	二级及二级以下公路	≥160	≥140	≥120
底基层	高速公路和一级公路	≥120	≥100	≥80
	二级及二级以下公路	≥100	≥80	≥60

(2)应以实际工程使用的材料为对象,根据《公路路面基层施工技术细则》(JTGF20—2015)推荐的级配范围和以往工程经验或按《公路路面基层施工技术细则》(JTGF20—2015)附录A的方法,构造3~4条试验级配曲线,通过配合比试验,优化级配。

(3)混合料混合比应采用重型击实或振动成型试验方法,确定最佳含水率和最大干密度。

(4)应按试验确定的级配和最佳含水率,以及现场施工的压实标准成型标准试件,进行CBR强度试验和模量试验。

(5)应选择CBR强度最高的级配作为工程使用的目标级配,并确定相应的最佳含水率。

(6)选定目标级配曲线后,应针对各档材料进行筛分,确定各档材料的平均筛分曲线及相应的变异系数,并按2倍标准差计算各档材料筛分级配的波动范围。

(7)应按下列步骤合成目标级配曲线并验证性能:

①按确定的目标级配,根据各档材料的平均筛分曲线,确定其使用比例,得到混合料的合成级配。

②根据合成级配进行混合料的CBR或模量试验,验证混合料性能。

(8)应根据已确定的各档材料使用比例和各档材料级配的波动范围,计算实际生产中混合料的级配波动范围;并应针对这个波动范围的上、下限验证性能。

(9)应根据目标配合比确定的各档材料比例,调试和标定拌和设备,确保生产出的混合料满足目标级配的要求。

(10)拌和设备的调试和标定应包括料斗称量精度的标定、设备加水量的控制等内容,并



应符合下列规定：

①按各档材料的比例关系,设定相应的称量装置,调整拌和设备各个料仓的进料速度。

②按设定好的施工参数进行第一阶段试生产,验证生产级配。不满足要求时,应进一步调整施工参数。

(11)应在第一阶段试生产试验的基础上进行第二阶段试验。按不同含水率试拌混合料,并取样、试验。试验应符合下列规定:

①通过混合料中实际含水率的测定,确定施工过程中水流量计的设定范围。

②通过击实试验,确定含水率变化对混合料最大干密度的影响。

③通过 CBR 试验,确定才刘骜的实际强度水平和拌和工艺的变异水平。

(12)混合料生产含水率应依据配合比设计结果确定,可根据施工因素和气候条件增加 0.5~1.5 个百分点。

2.3.2 沥青混凝土配合比的设计



学习任务 62

学习沥青混凝土配合比设计;验算案例 5、案例 6,并完成自测题 2。

沥青混合料配合比的设计步骤是:目标配合比设计—生产配合比设计—试拌试铺生产配合比验证。

1. 目标配合比设计

按照《公路沥青路面施工技术规范》(JTGF40—2004)附录 B 完成案例 5 的学习。

2. 生产配合比设计

生产配合比的设计内容有冷料仓的标定、振动筛的选择、生产配合比设计。

1)冷料仓的标定(见案例 6)

(1)冷料仓标定的目的是调试拌和机各冷料仓的供料速度,使各冷料仓按目标配合比准确进料,并保证各冷料仓的供料均衡,避免不必要的溢料或等料现象,最大限度地提升拌和站的工效。

(2)冷料仓标定的步骤。

①确定各冷料仓小皮带转速与流量的关系曲线。将目标配合比设计所用的各档粗集料、细集料分别装入各冷料仓。

注意:冷料仓距干燥滚筒由近到远,所装的集料规格由细到粗。

a. 移走集料皮带端头的斜皮带,将装载机置于该处,准备接料。

b. 启动集料皮带运输机。

c. 选择某一低速来启动 1 号仓的小皮带,并计时,待装载机料斗内落满料后,开走装载机,称集料质量。

d. 根据称料质量及时间,计算 1 号仓在该小皮带转速下的流量。

e. 改变小皮带转速,分别测定 1 号仓在不同转速下的小皮带流量。

f. 同法分别测定其他各冷料仓不同小皮带转速下的流量。

g. 绘制各冷料仓小皮带转速与流量的关系曲线。

②计算预定产量的各冷料仓的需要流量。





③在各冷料仓小皮带转速与流量的关系曲线上,由各冷料仓的需要流量确定相应的小皮带转速。

2)振动筛的选择

振动筛应根据热拌沥青混合料的规格选用,并要充分考虑热料仓供料用料的平衡问题。筛子的筛分能力(每小时通过的集料量)与混合料级配,集料的品种、类型、洁净程度,筛孔、筛子的倾角和振荡力都有关系,振动筛与标准筛的对应关系见表 2-28。

表 2-28 振动筛与标准间筛的对应关系

单位:mm

标准筛筛孔	2.36	4.75	9.5	13.2	16	19	26.5	31.5	37.5	53
振动筛筛孔	3~4	6	11	15	19	22	30	35	41	60

3)生产配合比设计

(1)矿质混合料级配设计。由于拌和楼内的筛子长度有限,更兼有倾角的影响,集料不能被充分筛分,流进各热料仓的集料不是按机内各筛孔尺寸准确分级的,因此还必须从各料仓取样进行筛分试验,根据筛分试验结果再次进行配合比合成计算,确定各热料仓的供料比例,具体步骤如下。

- ①依次启动拌和楼的引风机、干燥滚筒、热料提升机、振动筛、集料皮带等。
- ②按标定好的冷料仓转速启动各冷料仓皮带运输机,直到各热料仓存满料后停止。
- ③依次打开各热料仓,将热料接出,并分开堆放,冷却后分别进行筛分试验。
- ④按热料筛分结果再次进行配合比设计,确定出各热料仓的供料比例,此比例用于拌和楼试拌使用。

(2)马歇尔试件成型、马歇尔技术指标测定、最佳油石比的确定、配合比设计检验,方法同目标配合比设计。

3. 试拌试铺生产配合比验证

试拌试铺生产配合比验证,即铺试验段验证生产配合比,详细内容见案例 17。

任务 2.4 路面施工放样



【知识目标】 了解中线放样、路面边线放样、路面结构层厚度放样的方法。

【能力目标】 会进行路面边线放样、路面结构层厚度放样。

路面施工测量放样是在路基施工完成后,放出各结构层施工的中线和边线,并把每层施工的松铺挂线高度和压实厚度相应的挂线高程位置放样出来。用摊铺机摊铺混合料时,对于底基层、基层、下面层,要设置摊铺机基准线,以使铺层满足纵断高程、厚度、横坡、平整度的要求。



在路面施工中要充分考虑路面层次的特点,讲究“层层放样、层层抄平”,即每施工一层都要进行放线和抄平,从底基层、基层,直至面层。

学习任务 63 学习中线放样、路面边线放样、路面结构层厚度放样。

2.4.1 中线放样

1. 低精度公路中线放样

对于二、三、四级公路,其中线放样可采用传统的方法,即使用经纬仪、钢尺(皮尺)等仪器工具。其施工放样的基本步骤如下。

(1)恢复交点和转点。根据原设计资料,对路线各交点和转点逐一进行查找或恢复。

(2)直线段中桩放样。根据交点、转点,用经纬仪、钢尺或皮尺按规定桩距钉设中线桩。

(3)曲线段中桩放样。首先根据设计的曲线要素放样各曲线主点桩,然后按切线支距法、偏角法或弦线支距法等详细放样曲线上各桩。

2. 高精度公路中线放样

高速公路和一级公路中线放样应采用自由测站法放线,以恢复主要控制桩。

自由测站法放线的基本思路是原设计单位在路线附近设置了一系列控制点,这些控制点的连线称为自由导线,并利用全站仪测定其导线边长、角度等,当各项观测误差和闭合差都符合相应的限差规定时进行平差计算,直至求出这些控制点的坐标。

自由测站法中线施工放样,如图 2-22 所示。将全站仪架在自由导线点 C_i 上,棱镜架在相邻的自由导线点 C_{i-1} 或 C_{i+1} 上,然后指挥拟定中线桩上的点 M 或点 K 的棱镜移动,直至满足桩点定位要求,最后用木桩标点。其放线方法有角度距离法放线和坐标法放线两种。

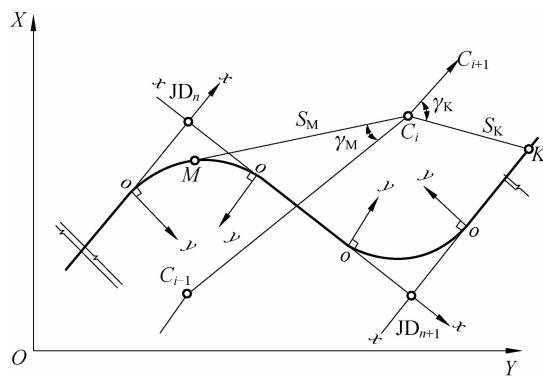


图 2-22 全站仪或 GPS 自由测站法施工放样中线

1) 角度距离法放线

用角度距离法放线确定图中 M 点时是将全站仪置于 C_i 点,利用计算好的夹角 γ_M 和距离 S_M 确定 M 点位。其放样步骤如下。

(1)将全站仪架设在“自由导线”点上,瞄准后导线或前导线点,然后读数归零。

(2)按照有关公式计算待放桩点与安置仪器点(连线)和后导线或前导线点与置仪点(连线)之间的夹角 γ ,以及待放桩点与置仪点之间的距离 S 。





(3)转动全站仪照准部使水平角的读数等于 γ 并使距离等于 S ,指挥持棱镜人员挪动棱镜正好在该点位置即为待放桩点。

2)坐标法放线

用全站仪坐标法进行中线放样测量时,控制导线点和待测点的坐标应已知,且通视条件良好。坐标法放样的步骤如下。

(1)架设全站仪于“自由导线”点 C_i 上,后视 C_{i+1} 点。

(2)从路线“导线坐标表”中查取置仪点 C_i 的坐标(X_i, Y_i, Z_i)和后视点 C_{i+1} 的坐标($X_{i+1}, Y_{i+1}, Z_{i+1}$),输入全站仪;并将测站数据(仪器高、后视方位角等)输入。

(3)从路线“逐桩坐标表”中查取待放桩点 K 的坐标,并输入全站仪。

(4)松开水平制动,转动照准部使水平角为 $0^{\circ}00'00''$ 。

(5)在 C_i 到 K 的方向上置反射棱镜并测距,直到面板显示距离值为 0.000 m 时为止。

在第(3)步输入 K 点的坐标后,仪器在计算夹角的同时也计算出了 C_i 到 K 点的距离 S 并自动存储起来。测距时将量测到的距离 d 自动与 S 进行比较,面板显示其差值 $\Delta S=d-S$,当 $\Delta S>0$ 时,应向 C_i 方向移动反射棱镜 ΔS ;当 $\Delta S<0$ 时,应远离 C_i 方向移动反射棱镜 ΔS ;当 $\Delta S=0$ 时,即为 K 点的准确位置。

(6)在中桩位置定出后,随即测出该桩的地面或路基顶面高程(Z 坐标)。

重复上述(3)~(6)步,测设其他中桩位置。

2.4.2 路面边线放样

传统的路面边线放样方法使用经纬仪、钢尺等仪器工具。其施工放样的基本步骤如下。

(1)根据道路中心线的放样结果,用经纬仪等找出横断面方向(中心线垂直方向)。

(2)用钢尺沿中心线的垂直方向分别水平量取半个路面结构层宽度($B/2$,以 m 表示),即为路面结构层边缘位置(可钉设边线桩或撒石灰线)。

(3)在两侧路面结构层边缘外 $0.3\sim0.5\text{ m}$ 处设置指示桩。

重复上述(1)~(3)步,测设其他边桩和指示桩位置。

测量时,钢尺要保持水平,不得将尺紧贴地面量取,也不得使用皮尺。测量的精度:对高速公路、一级公路,准确至 0.005 m ;对于其他等级公路,准确至 0.01 m 。

路面边线放样也可使用全站仪按角度距离法或坐标法进行。

2.4.3 路面结构层厚度放样

1. 厚度放样

路面结构层铺筑施工时,其厚度控制分为松铺厚度控制和压实厚度(设计厚度)控制。对于预先埋设路缘石或安装模板铺筑施工的路段,可在路缘石上或模板上用明显标记标出路面结构层边缘的松铺厚度和设计高度;对于无路缘石的路段,可在两侧指示桩上用明显标记标出路面结构层边缘的松铺厚度(或松铺挂线)和设计高度;对于用摊铺机摊铺的结构层,其松铺厚度由摊铺机导引绳挂线标示。

采用培路肩施工方法时,路面结构层厚度施工放样的基本步骤如下。

(1)根据道路设计高程的纵断面位置和设计高程,以及施工结构层设计的宽度、厚度、横坡度,计算各待放样桩号处施工结构层边缘的设计标高。

(2)根据试验确定的结构层松铺系数和设计厚度计算松铺厚度(或松铺层边缘的标高)。



(3) 将水准仪(精密水准仪)或全站仪架设在路面平顺处调平,以路线附近的水准点高程作为基准。

(4) 以仪器高和结构层边缘的设计标高(或松铺层边缘的标高)反算测定位置的塔尺读数。

(5) 将塔尺竖立在路缘石或模板或边缘指示桩的测定位置处,用水准仪(精密水准仪)或全站仪前视塔尺,上下移动塔尺,当水准仪的读数与反算的塔尺读数一致时,在塔尺的底面位置画标记线,即为结构层边缘的顶面位置(或松铺层边缘的顶面位置)。

(6) 连续测定全部测点,并与水准点闭合。

采用挖路槽方法施工时,可在结构层两侧的边缘桩或指示桩处挖一个小坑,在小坑中钉桩,使桩顶高程符合路槽底的边缘高程,以指导路槽的开挖工作。

2. 摊铺机基准面(线)

1) 摊铺机基准面(线)的分类

使用摊铺机自动找平装置时需要有一个准确的基准面(线),常用的基准面(线)控制有基准线钢丝法、摊铺基准面(平衡梁法)。下面层和基层(底基层)的摊铺应采用钢丝引导的高程控制方式,即基准线钢丝法,如图 2-23 所示;上、中面层可采用平衡梁(见图 2-24)控制厚度,不需要挂钢丝线。当下面层的平整度较差时,中面层也应采用基准线钢丝法,以保证铺层有较高的平整度。

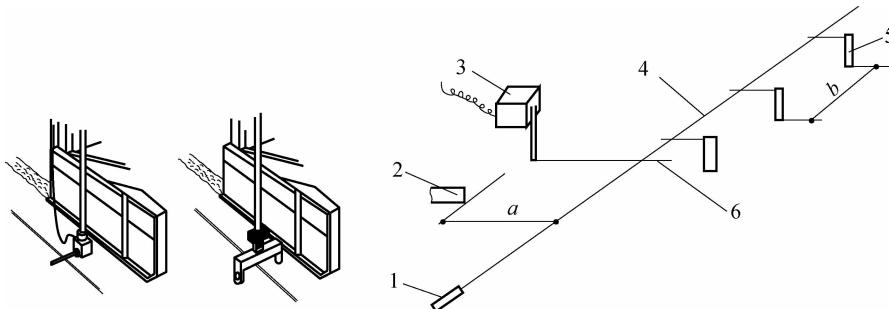


图 2-23 基准线钢丝法

1—拉力计; 2—熨平板; 3—纵向控制器; 4—基准线; 5—支承桩; 6—传感器;

a —熨平板摊铺边线至基准线钢丝的距离; b —基准线钢丝的支承桩间距



(a) 接触式平衡梁



(b) 非接触式平衡梁

图 2-24 摊铺基准面(平衡梁法)



采用基准线钢丝法时,放出中桩(有中央分隔带时,也可不放中桩而放出路缘带处的边桩)并进行高程测量,放出边线(引导摊铺机控制行走方向,减少废料),在边线以外设置基准线的支承桩,支承桩的间距一般为5~10 m(直线段上10 m,弯道上5 m),在支承桩上设置带挂槽的横梁,按计算好的高度调整横梁,挂上基准线钢丝并拉紧锚固,拉紧力约为1 000 N。

当采用两台摊铺机梯队作业时,第一台(前行)摊铺机的行走线优先按如下方式设置:边缘采用钢丝基准线,中间采用铝合金梁;第二台(后行)摊铺机的行走线必须按如下方式设置:边缘采用钢丝绳拉线,中间采用平衡梁。

2) 摊铺机基准线的设置

摊铺机基准线由细钢丝、支承桩、标桩、拉力计和张紧器等组成,如图2-25所示。铺设基准线时将其一端固定,另一端通过拉力计连接到张紧器上。标桩是用来测定拉线标高的,所以它应设在支承桩附近,以便于检查,其数量视纵坡变化程度而定。

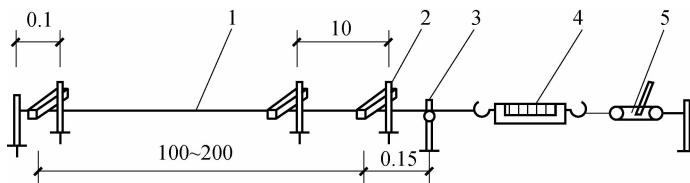


图2-25 摊铺机基准线的组成(尺寸单位:m)

1—细钢丝;2—支承桩;3—标桩;4—拉力计;5—张紧器

为了保证摊铺层的平整度、纵断高程、厚度、横坡,基准线的铺设必须十分精确。细钢丝的长度以100~200 m为宜,过长则拉紧度难以保证,以钢丝不产生挠度为准。在两段基准线的衔接处应有1 m以上的重合段,待找平传感器滑过重合段后才能拆除旧线。

支承桩可用光圆钢筋加工而成,长度约为600 mm,插入端制成长尖头(俗称“钢钎”)。支承桩的固定位置一般可设在摊铺宽度边线外30~50 cm处。在支承桩上设置用螺栓固定的横梁,横梁宜选用长度约为300 mm的钢筋制作,横梁上应刻有多个挂槽以便挂钢丝。钢丝基准标高测量点可设置在距离边线以外30 cm左右处,以不易被机械、车辆以及施工人员扰动和方便钢丝架设为宜,可根据地形适当调整取定。基准钢丝线高度的计算公式为

$$\text{摊铺机控制线(钢丝)的高程} = \text{边线处下承层的顶面高程} + \text{松铺厚度} + \text{摊铺机常数} + \text{控制线离边线距离 } L \times \text{横坡 } i$$

(1)测量下承层标高,算出平均高程,确定平均摊铺厚度。厚度为关键项目,不合格要返工处理,为保证铺层的厚度,可在纵断高程允许偏差范围内适当调整铺层的压实厚度。

(2)计算松铺厚度。松铺厚度=压实厚度×松铺系数。

(3)确定摊铺机常数(即传感线至摊铺层松铺顶面的高差)。放完基线后应量取基线至下承层的距离,每个横断面设3~5个点,算出平均数值,根据松铺厚度精确计算摊铺传感线至松铺层顶面的距离。

(4)摊铺时及时检测厚度,及时调整摊铺机自动找平装置,使摊铺厚度符合要求,以控制成本。

检测铺料厚度的方法有:基线量取;采用自制钢钎,插厚度方法;水准仪实测法;根据铺



料数量和摊铺面积计算摊铺厚度。



学习效果反馈

1. 在什么阶段进行工程项目的划分？工程项目如何划分？
2. 分项工程开工报告由哪些内容组成？
3. 分部（分项）工程开工前监理机构必须审批哪六项内容？
4. 施工准备的内容有哪些？
5. 技术准备工作包括哪些？
6. 简述间歇式沥青混凝土拌和站的工艺流程。
7. 简述沥青混合料拌和厂（场、站）的设置要求。
8. 简述水泥混凝土搅拌厂（场、站）设置的基本要求。
9. 简述热拌沥青混合料摊铺的速度要求。
10. 简述高速公路、一级公路热拌沥青混合料梯队摊铺作业的要点。
11. 为什么热拌沥青混合料的单机摊铺宽度大会影响施工质量？
12. 简述水泥剂量的确定步骤。
13. 简述间歇式沥青混合料拌和机冷料仓的标定步骤。
14. 沥青混合料配合比的设计步骤有哪些？



学习情境 3

路面基层(底基层)施工

本学习情境以《公路路面基层施工技术细则》(JTGF20—2015)为依据,学习基层、底基层的施工。《公路工程质量检验评定标准 第一册 土建工程》(JTGF80/1—2004)第7.1.4条规定:垫层的质量要求同相同材料的其他公路的底基层,中级路面(如砂石路面)的质量要求同相同材料的其他公路的基层。

任务 3.1 路面基层(底基层)的分类及材料要求



学习描述

【知识目标】 熟悉基层(底基层)的分类、材料的技术要求、材料的标准试验项目、施工过程中的材料质量检测。

【能力目标】 会用 EDTA 滴定法测水泥剂量。

【技术规范】 《公路路面基层施工技术细则》(JTGF20—2015)、《公路沥青路面设计规范》(JTGD50—2006)、《公路工程无机结合料稳定材料试验规程》(JTGE51—2009)、《公路工程质量检验评定标准 第一册 土建工程》(JTGF80/1—2004)。

【案例】 案例 4、案例 7。

【实训】 实训 2(4 学时)。

【试验检测考试训练】 自测题 3。

3.1.1 路面基层(底基层)材料的分类

1. 柔性基层(底基层)



学习任务 64 学习柔性基层(底基层)的分类及适用范围。

1) 沥青稳定类基层

沥青稳定类基层包括热拌沥青碎石、沥青贯入碎石、乳化沥青碎石等。沥青稳定类基层



的适用范围如下。

- (1)热拌沥青碎石适用于柔性路面的上基层及调平层。
- (2)沥青贯入碎石可设在沥青混凝土面层与粒料基层之间,做上基层。
- (3)乳化沥青碎石适用于各级公路调平层。

沥青稳定类基层的技术要求、施工方法和质量管理应符合《公路沥青路面施工技术规范》(JTGF40—2004)的规定,与后面将要讲到的学习情境4中的沥青路面施工要求相同。

2)粒料类基层(底基层)

碎石、砾石类结构层既可做面层,又可做基层或底基层。碎石、砾石类结构层做面层时通常称之为砂石类路面。由于碎石、砾石类结构层的平整度较差,晴天易扬尘,雨天易泥泞,因此做面层时,只适用于四级公路的面层。碎石、砾石类结构层做基层(底基层)时称之为粒料类基层(底基层)。

粒料类基层(底基层)按强度形成原理可分为级配型和嵌锁型。

(1)级配型。常用的级配型有级配碎石和级配砾石。

①级配碎石。将不同规格的碎石和石屑进行配合比设计,使配成的混合料满足规定的级配范围要求,该混合料称为级配碎石。级配碎石分为骨架密实型和连续级配型。

②级配砾石。粗细砾石、砂进行配合比设计,使配成的混合料满足规定的级配范围要求,称为级配砾石。

(2)嵌锁型。嵌锁型的碎石结构层包括填隙碎石、泥结碎石、泥灰结碎石等。其中,泥结碎石和泥灰结碎石目前已很少使用。用单一尺寸的粗碎石做主集料,形成嵌锁作用,用石屑填满碎石间的空隙,增加其密实度和稳定性,称为填隙碎石。

粒料类基层(底基层)的分类及适用范围见表3-1。

表3-1 粒料类基层(底基层)的分类及适用范围

强度形成原理	粒料分类	适用范围
级配型	级配碎石	各等级公路的基层和底基层;较薄沥青面层与半刚性基层之间的中间层
	级配砾石	轻交通的二级和二级以下公路的基层;各等级公路的底基层
	符合级配要求的天然砂砾	
	级配碎砾石	
嵌锁型	填隙碎石	二级以下公路的基层;各等级公路的底基层

2. 半刚性基层(底基层)

学习任务65 学习无机结合料稳定材料的概念、分类及其适用范围。

1)无机结合料稳定材料的概念

在粉碎的或原来松散的土中掺入一定量的无机结合料(包括水泥、石灰或工业废渣等)和水,经拌和得到的混合料在压实养生后,其抗压强度符合规定要求的材料称为无机结合料





稳定材料。

2) 无机结合料稳定材料的分类

按无机结合料的种类,无机结合料稳定材料可分为水泥稳定土、石灰稳定土和石灰工业废渣稳定土。

土可分为细粒土、中粒土和粗粒土。细粒土的颗粒的最大粒径小于9.5 mm,且其中小于2.36 mm的颗粒含量不少于90%,如黏性土、粉性土、砂性土、砂和石屑等。中粒土的颗粒的最大粒径小于26.5 mm,且其中小于19 mm的颗粒含量不少于90%,如砂砾土、碎石土、级配砂砾、级配碎石等。粗粒土的颗粒的最大粒径小于37.5 mm,且其中小于31.5 mm的颗粒含量不少于90%,如砂砾土、碎石土、级配砂砾、级配碎石等。

(1) 水泥稳定土。在经过粉碎的或原来松散的土中掺入足量的水泥和水,经拌和得到的混合料在压实和养生后,当其抗压强度符合规定的要求时,称为水泥稳定土。水泥稳定土是用水泥做结合料所得混合料的一个广义的名称,它既包括用水泥稳定各种细粒土,又包括用水泥稳定各种中粒土和粗粒土。

用水泥稳定细粒土得到的强度符合要求的混合料,视所用土类不同,可简称为水泥土、水泥砂或水泥石屑等。

用水泥稳定中粒土和粗粒土得到的强度符合要求的混合料,视所用原材料不同,可简称为水泥碎石、水泥砂砾等。

同时用水泥和石灰稳定某种土得到的强度符合要求的混合料,称为综合稳定土。

仅使用少量水泥改善级配砾石的塑性指数或提高级配砾石的强度,使其仅能适合做轻交通道路上沥青面层的基层,但不能达到规定的强度要求,这种材料称为水泥改善土。

(2) 石灰稳定土。在粉碎的或原来松散的土(包括各种粗、中、细粒土)中掺入足量的石灰和水,经拌和、压实及养生后得到的混合料,当其抗压强度符合规定的要求时,称为石灰稳定土。

用石灰稳定细粒土得到的强度符合要求的混合料,称为石灰土。

用石灰稳定中粒土和粗粒土得到的强度符合要求的混合料,当所用原材料为天然砂砾土或级配砂砾时,称为石灰砂砾土;当所用原材料为碎石土或级配碎石时,称为石灰碎石土。

仅使用少量石灰改善级配砾石的塑性指数或提高级配砾石的强度,使其仅能适合做轻交通道路上沥青面层的基层,但不能达到规定的强度要求,这种材料称为石灰改善土。

(3) 石灰工业废渣稳定土。一定数量的石灰和粉煤灰或石灰和煤渣与其他集料相配合,加入适量的水(通常为最佳含水量),经拌和、压实及养生后得到的混合料,当其抗压强度符合规定的要求时,称为石灰工业废渣稳定土(简称石灰工业废渣)。

一定数量的石灰和粉煤灰,一定数量的石灰、粉煤灰和土以及一定数量的石灰、粉煤灰和砂相配合,加入适量的水(通常为最佳含水量),经拌和、压实及养生后得到的混合料,当其抗压强度符合规定的要求时,分别简称为二灰、二灰土、二灰砂。

用石灰和粉煤灰稳定级配碎石或级配砾石得到的混合料,当其强度符合要求时,分别称为石灰、粉煤灰级配碎石和石灰、粉煤灰级配砾石。这两种混合料又统称为石灰、粉煤灰级配集料,或分别简称为二灰级配碎石、二灰级配砾石、二灰级配集料。

用石灰、煤渣和土以及石灰、煤渣和集料得到的强度符合要求的混合料,分别称为石灰煤渣土和石灰煤渣集料。

无机结合料稳定材料基层(底基层)的分类及适用范围见表3-2。



表 3-2 无机结合料稳定材料基层(底基层)的分类及适用范围

分 类	适用范围
水泥稳定土	适用于各级公路的基层和底基层,但水泥土禁止用作高级路面的基层
石灰稳定土	石灰稳定类材料适用于各级公路路面的底基层,可用作二级和二级以下公路的基层,但石灰土禁止用作高级路面的基层
石灰工业废渣稳定土	适用于各级公路的基层和底基层,但二灰土禁止用作高级路面的基层

水泥土、石灰土、二灰土禁止用作高级路面的基层,原因有如下几个。

(1) 水泥土、石灰土、二灰土容易产生严重的收缩裂缝,并影响沥青面层,使沥青路面增加不少裂缝。

(2) 当水泥土、石灰土、二灰土的强度没有充分形成时,如表面水由沥青面层渗入,水泥土、石灰土、二灰土基层的表层会发生软化,即使是几毫米厚的软化层也会导致沥青面层龟裂破坏。

(3) 水泥土、石灰土、二灰土的抗冲刷能力明显小于水泥稳定粒料、石灰稳定粒料、二灰稳定粒料。一旦表面水由沥青面层的裂缝或由水泥混凝土面板的接缝渗入,则容易产生冲刷现象。在沥青面层较薄的情况下,冲刷成的浆被唧出到表面,冲刷唧浆的结果是裂缝下陷和路面变形,裂缝两侧产生新裂缝。在水泥混凝土面板下,冲刷唧浆的结果是混凝土板边角断裂。

3) 无机结合料稳定材料的适用范围

无机结合料稳定材料具有良好的水稳定性、抗冻性、板体性,但耐磨性差,因此广泛用于修筑路面结构的基层和底基层。无机结合料稳定材料的刚度介于柔性材料(如沥青混凝土、级配碎石等)和刚性材料(如水泥混凝土)之间,因此,采用无机结合料稳定材料铺筑的基层(底基层)称为半刚性基层(底基层)。

3. 刚性基层

刚性基层是指用贫混凝土、碾压混凝土等刚性材料做的基层,按《公路水泥混凝土路面施工技术细则》(JTGF30—2014)组织施工。

3.1.2 路面基层(底基层)材料的要求

1. 水泥稳定土

1) 影响水泥稳定土强度的因素

 **学习任务 66** 学习水泥剂量的概念及影响水泥稳定土强度的因素。

(1) 土质。土的类别和性质是影响水泥稳定土强度的重要因素,各类砂砾土、砂土、粉土和黏土均可用水泥稳定,但稳定效果不同。用水泥稳定级配良好的碎(砾)石和砂砾,效果最好,不但强度高,而且水泥用量少;其次是砂性土;再次是粉性土和黏性土。重黏土难于粉碎与拌和,不宜单独用水泥来稳定。因此,一般要求土的塑性指数不大于 17。

(2) 水泥的成分和剂量。水泥的矿物成分和分散度对其稳定效果有明显影响,对于同一种土,通常情况下硅酸盐水泥的稳定效果较好,而铝酸盐水泥较差。





水泥剂量以水泥质量占干土质量的百分率来表示,即

$$\text{水泥剂量} = \frac{\text{水泥质量}}{\text{干土质量}} \times 100\%$$

水泥稳定土的强度随水泥剂量的增加而增长,但过多的水泥用量,虽可获得强度的增加,但在经济上不一定合理,在效果上也不一定显著,且容易开裂。《公路沥青路面设计规范》(JTGD50—2006)第6.1.5条规定:水泥稳定集料的水泥剂量一般为3%~5.5%,当达不到强度要求时应调整级配,水泥的最大剂量不应超过6%。

(3)含水量。含水量对水泥稳定土的强度影响很大,当含水量不足时,水泥不能在混合料中完全水化,影响强度的形成。同时,含水量也影响水泥稳定土的压实度,因此要控制含水量为最佳含水量时再进行碾压。

(4)施工工艺过程。水泥稳定土拌和均匀后在最佳含水量下充分压实,其强度和稳定性较高。

2)原材料的技术要求

学习任务67 学习水泥稳定土原材料的技术要求。

《公路路面基层施工技术细则》(JTGF20—2015)和《公路沥青路面设计规范》(JTGD50—2006)都对水泥稳定土原材料的技术要求进行了规定,概括如下。

(1)土。凡能被粉碎的土都可用水泥稳定。宜用水泥稳定的材料有石渣、石屑、砂砾、碎石土、砾石土等。

水泥稳定细粒土底基层宜选用均匀系数大于10、塑性指数小于12的土。塑性指数大于17的土,宜采用石灰稳定,或用水泥和石灰综合稳定。

水泥稳定土用作高速公路、一级公路的基层时,对所用的碎石或砾石,应预先筛分成3~4个不同粒级,进行配合比设计使颗粒组成满足规定的级配范围要求。沥青路面的基层及底基层级配范围见表2-17、表2-18。

用水泥稳定粒径较均匀的砂时,宜在砂中添加少部分塑性指数小于10的黏性土或石灰土,也可添加部分粉煤灰,加入比例可按使混合料的标准干密度接近最大值确定,一般为20%~40%。

对有机质含量超过2%的土,必须先用石灰进行处理,闷料一夜后再用水泥稳定。

对硫酸盐含量超过0.25%的土,不能用水泥稳定。

水泥稳定土中碎石或砾石的压碎值应符合表3-3的要求。

表3-3 水泥稳定土中碎石或砾石的压碎值要求

层位	压碎值	
	高速公路和一级公路	二级和二级以下公路
基层	≤30%	≤35%
底基层	≤30%	≤40%

(2)水泥。普通硅酸盐水泥、矿渣硅酸盐水泥或火山灰质硅酸盐水泥都可以用于稳定土,但应选用终凝时间较长(宜6 h以上)的水泥。不应使用早强、快硬及受潮变质的水泥,宜采用标号较低的水泥,如325号水泥。



(3)水。用于饮用的水均可以使用。

3)水泥稳定土的组成设计

学习任务 68 复习水泥稳定土的组成设计。

混合料的最大粒径、级配范围、压实度、强度等技术要求以及混合料的组成设计见 2.3.1。

4)材料的标准试验

学习任务 69 学习原材料、混合料的标准试验。

(1)在组织现场施工以前以及在施工过程中,原材料(包括土)或混合料发生变化时,必须对拟采用的材料进行规定的基本性质试验,评定材料质量和性能是否符合要求。

(2)应进行的原材料的试验项目有:含水量,颗粒分析,液限、塑限,相对毛体积密度、吸水率,压碎值,有机质和硫酸盐含量,水泥强度等级和终凝时间等。

(3)对初步确定使用的底基层和基层混合料,应进行重型击实试验、承载比、抗压强度、延迟时间。

延迟时间是指水泥稳定土从加水拌和到碾压终了所经历的时间。路拌法的延迟时间不应超过 3~4 h,集中厂拌法的延迟时间不应超过 2 h,并应短于水泥的终凝时间。

5)施工过程中的材料质量控制

学习任务 70 学习施工中材料的质量控制;学习案例 7 并完成实训 2。

在施工过程中按《公路路面基层施工技术细则》(JTGF20—2015)中规定的频率对水泥稳定土的级配、集料压碎值、水泥剂量、含水量、拌和均匀性、抗压强度、延迟时间进行检查。

2. 石灰稳定土

学习任务 71 学习石灰稳定土的强度影响因素、原材料的技术要求、材料的标准试验、施工过程中的材料质量控制。

1)影响强度的因素

(1)土质。塑性指数为 15~20 的黏性土以及含有一定数量黏性土的中粒土和粗粒土均适宜用石灰稳定。当用石灰稳定无塑性指数的级配砂砾、级配碎石和未筛分碎石时,应添加 15% 左右的黏性土。塑性指数在 15 以上的黏性土更适宜用石灰和水泥综合稳定。当塑性指数在 10 以下的亚砂土和砂土用石灰稳定时,应采取适当的措施或采用水泥稳定。

对塑性指数偏大的黏性土,应加强粉碎,粉碎后土块的最大尺寸不应大于 15 mm。可以采用两次拌和法,第一次加部分石灰拌和后,闷放 1~2 d,再加入其余石灰,进行第二次拌和。

硫酸盐含量超过 0.8% 的土和有机质含量超过 10% 的土,不宜用石灰稳定。

(2)石灰的质量。石灰的质量应符合Ⅲ级以上的技术指标,并要尽量缩短石灰的存放时间。影响石灰质量的主要指标是有效氧化钙加氧化镁的含量。在同等石灰剂量下,质量好的石灰,稳定效果好。如采用质量差的石灰,为了满足石灰稳定土的技术要求,就得适当增加石灰剂量。

