

公路改性温拌沥青路面施工技术运用

缪冬志

(江苏高速公路工程养护有限公司, 江苏 淮安 223001)

摘要 改性温拌沥青技术使沥青混合料拌和压实温度有效降低, 在确保路面性能合格的基础上能够减少能耗和排放。本文主要从公路工程改性温拌沥青路面施工实际出发, 深入分析温拌沥青混合料材料组成、设计原则以及关键环节控制要点, 重点研究内容为温拌剂类型选择、改性沥青配伍性验证、矿料级配设计、混合料运输、摊铺、碾压与接缝处理等关键工序。研究结果表明, 确定温拌沥青混合料拌和温度 130 ~ 150 °C, 压实温度超过 110 °C, 并利用分阶段碾压工艺使温拌沥青混合料密实度、均匀性达到要求。温拌沥青路面施工技术具备较高的先进性, 其在一级公路、高速公路、重载交通路段具有一定的应用价值, 也符合现代社会低碳环保发展需求。

关键词 改性温拌沥青; 路面施工; 混合料设计; 碾压工艺; 接缝处理

中图分类号: U416

文献标志码: A

DOI: 10.3969/j.issn.2097-3365.2026.01.030

0 引言

现代公路事业建设速度不断加快, 其公路领域对于资源节约、环境保护方面要求不断提高, 这促使温拌沥青技术不断应用到工程领域。该技术深入研究添加剂和发泡工艺, 降低沥青黏度, 促使沥青混合料以较低温度具备较高的施工和易性。温拌沥青混合料中加入改性沥青, 使材料高温稳定性、抗疲劳性能达到要求, 尤其在复杂气候条件、重载交通下依然能够满足道路通行需求。目前改性温拌沥青已经在多条国家级交通干线中建设实施, 其施工温度比常规沥青混合料温度低 20 ~ 30 °C, 并且路面具备较高的耐久性与压实质量。本文结合工程实践分析温拌沥青路面施工技术应用特点, 通过混合料组合设计方法与施工控制提高施工水平, 进而为今后同类型工程项目施工提供参考。

1 公路改性温拌沥青性能分析

1.1 高温稳定性

在改性温拌沥青混合料的高温性能检测中, 其主要利用车辙试验进行。通过制作改性温拌沥青混合料试件, 在 60 °C 环境下施加 0.7 MPa 轮压碾压速度 42 次/min。温拌沥青混合料动稳定度测量值超过 3 000 次/mm, 有些掺量 SBS 改性样本达到 5 000 次/mm 以上。而温拌沥青混合料车辙深度应在 60 min 内控制在 2.5 mm 以下, 复数剪切模量 G^* 在 64 °C 下不小于 2.0 kPa, 相位角 δ 不大于 70°。由此可见, 改性温拌沥青混合料未造

成高温性能衰减, 并且与相同配比方案的热拌改性沥青对比动稳定度差异在 $\pm 8\%$ 以内^[1]。

1.2 低温抗裂性

改性温拌沥青混合料低温抗裂性极为优越, 其需要通过弯曲梁流变试验和低温弯曲试验联合验证。改性温拌沥青混合料在弯曲梁流变试验 -12 °C 下测定蠕变速率 0.3 001/s 以下, m 值则超过 0.300。该混合料低温弯曲试验温度 50 °C, 加载速率 50 mm/min 破坏应变不低于 2 500 $\mu\epsilon$, 有些混合料样本在 -15 °C 下依然能够保持 2 000 $\mu\epsilon$ 以上的应变能力。与此同时, 改性温拌沥青混合料沥青胶结料在 -20 °C 下延度超过 100 mm, 弹性恢复率在 25 °C 下超过 75%。温拌添加剂未造成沥青脆点升高, 弗拉斯脆点测试结果 -22 ~ -26 °C 之间。

1.3 水稳定性

改性温拌沥青混合料采用浸水马歇尔试验和冻融试验测量水稳定性, 如下: 混合料浸水马歇尔试件在 60 °C 保温 48 h 残留稳定度超过 85%; 冻融劈裂试件经真空饱水、-18 °C 冷冻 16 h、60 °C 水浴 24 h 后, 劈裂抗拉强度比不小于 80%。渗水系数现场检测值在 30 mL/min 至 60 mL/min 之间。混合料空隙率控制在 4% \pm 0.5%, 沥青膜厚度不小于 10 μm 。温拌工艺下沥青与集料的黏附等级经水煮法检验为 4 级或 5 级。水稳定性主要受矿料洁净度、沥青酸值及温拌剂亲水性影响, 有机类温拌剂对水稳定性无明显不利效应^[2]。

作者简介: 缪冬志 (1995-), 男, 本科, 助理工程师, 研究方向: 公路工程。

2 温拌改性沥青混合料组成设计

2.1 温拌剂与改性沥青的配伍性验证

改性温拌沥青混合料中确定适宜的温拌剂类型,其主要包含有机降黏型、发泡型、蜡基型等。有机降黏型温拌剂利用降低沥青分子间作用力以降低黏度,其应用温度范围是120~150℃;发泡型温拌剂利用水蒸气瞬时膨胀形成沥青薄膜,其拌和温度达到110℃左右;蜡基型温拌剂在高温熔融后润滑集料表面,经过冷却后结晶增强沥青混合料的强度。改性温拌沥青混合料温拌剂确定后,需要展开其与SBS改性沥青的配伍试验。该试验使用旋转黏度仪测定135℃下复合体系黏度目标值在3 Pa·s以内。同时,通过动态剪切流变试验检验复合体系,在64℃下复数模量 G^* 不低于2.0 kPa,相位角 δ 不大于70°。如果上述测量发现混合料流变或黏度指标未能达到要求,需要及时调整温拌剂加入比例或改变类型^[3]。

2.2 矿料级配设计

矿料级配采用密级配AC-13或AC-16类型,公称最大粒径分别为13.2 mm与16 mm。粗集料采用玄武岩或辉绿岩,压碎值不大于20%,洛杉矶磨耗损失不超过25%;细集料为机制砂,砂当量不低于60%;矿粉为石灰岩磨细粉,0.075 mm通过率在75%~85%之间。级配设计以Superpave体系为基准,控制关键筛孔通过率:对于AC-13,2.36 mm筛孔通过率为25%~35%,0.075 mm筛孔为4%~6%;对于AC-16,2.36 mm筛孔为22%~32%,0.075 mm筛孔为4%~6%。设计空隙率目标值为4%,沥青膜厚度不小于10 μm。通过马歇尔击实或旋转压实成型试件,验证级配的抗车辙性能与水稳定性^[4]。

2.3 最佳沥青用量确定

在改性温拌沥青混合料中,最佳沥青用量通过马歇尔试验或Superpave Gyratory Compactor方法确定。改性温拌沥青混合料试件制作时成型温度设定为140℃,击实次数75次,双面或旋转压实100次,而在具体测量作业阶段主要从毛体积相对密度、理论最大相对密度、空隙率、矿料间隙率、沥青饱和度以及流值等方面进行。空隙率控制在4%±0.5%,矿料间隙率不小于14%,沥青饱和度在65%~75%之间,流值范围为2~4 mm。同时进行浸水马歇尔试验,残留稳定度不低于85%;冻融劈裂试验,强度比不小于80%。最终选定沥青用量为各项指标均满足要求的中值,温拌剂掺量按厂家推荐值固定,通常为沥青质量的1.5%~3.0%。

3 公路改性温拌沥青路面施工关键技术

3.1 混合料拌合施工

改性温拌沥青混合料在间歇式沥青拌合楼内进行生产,通常其生产能力达到240 t/h。混合料中集料经过冷料仓初级配给后进入干燥桶内加热,其集料温度达到160~170℃,集料加热完成后利用振动筛分级后存储在热料仓内。SBS改性沥青专用罐预热达到175℃,利用计量泵按照规定配合比参数精准注入拌缸内。温拌剂使用液体有机型,利用计量系统在沥青喷洒后注入搅拌缸且加入比例为沥青用量的2.0%。矿粉由螺旋输送机计量投入。拌合顺序为:先投入热集料干拌5 s,随后喷入沥青与温拌剂,湿拌时间不少于45 s。总拌合周期为60~70 s。成品混合料出料温度控制在140~150℃,每车检测温度,采用红外测温仪在卸料口测量三次取平均值。拌和楼控制室实时记录每盘材料用量、温度与拌合时间。混合料外观呈均匀黑色,无花白、结团或离析现象。首盘料废弃,正式生产后每500 t取样一次进行抽提筛分与马歇尔试验^[5]。

3.2 混合料运输

改性温拌沥青混合料制作结束后,使用自卸卡车运输多作业现场前,需要先进行车厢清洗并涂抹非石油基隔离剂。混合料装载按照前、后、中三次进行,以防单一位置装载量过大引发混合料离析。改性温拌沥青混合料运输时材料表面上层铺设铝箔反射膜,下部铺设阻燃棉毡,厚度达到20 mm以上。混合料出厂温度140~150℃,运输时间在60 min以内。改性温拌沥青混合料运输作业现场后,混合料表面温度130℃以上、内部温度125℃以上。而在每次车辆运输到作业后由专人进行检测,确保改性沥青混合料温度始终超过120℃。

3.3 混合料摊铺

改性温拌沥青混合料现场摊铺使用双振捣、双夯锤的摊铺机设备进行,设定振捣频率15 Hz、夯锤频率20 Hz。摊铺施工中设备行驶速度2~3 m/min,熨平板温度100℃以上,并且保证设备均匀连续作业。摊铺作业阶段改性温拌沥青混合料高度为螺旋直径2/3以上,且螺旋布料器旋转速度结合摊铺宽度、厚度做出调整。通常情况下,改性温拌沥青混合料摊铺厚度为松铺系数1.2~1.25控制,上面层松铺厚度50~60 mm、中面层60~75 mm。混合料摊铺阶段温度始终在125℃以上,并且间隔50 m进行一次混合料温度检测。此外,摊铺过程中需安排专人跟踪监测摊铺层表面质量,及时清除局部离析、拖痕或粘料等缺陷。当发现混合料出现温度离析或色泽异常时,应立即暂

停摊铺, 核查运输及卸料环节是否存在保温失效或等待时间过长问题。摊铺机起步前应预热充分, 避免初始段温度不足导致压实困难。相邻摊铺带之间应设置 5~10 cm 热接缝, 确保纵向接缝密实连续。为减少停机等待, 现场应协调好拌合、运输与摊铺节奏, 保证摊铺作业连续不间断, 杜绝因断料造成施工冷缝。

3.4 混合料碾压

1. 初压。改性温拌沥青混合料摊铺结束后, 使用双钢轮压路机以静压方式完成初压, 整机质量 11 t 以上。初压阶段设备行驶速度 2~3 km/h, 按照从低向高逐步进行, 相邻位置重叠 200~300 mm 完成两个碾压行程。初压开始阶段混合料温度超过 120 °C, 第二遍碾压完成后温度不能低于 115 °C。摊铺结束后在 10 m 范围内即可开展初压作业, 禁止初压环节存在急停、急启、原地转向等情况造成路面结构损坏。初压碾压结束后路面没有压痕、横向推移、混合料堆积, 路面达到均匀、密实状态。同时, 初压环节在压路机前方 5 m、后方 5 m 设置测点检测混合料参数值, 一般在摊铺结束后 5 min 内完成初压即可。

2. 复压。改性温拌沥青混合料路面复压施工使用整机质量 25 t 的轮胎压路机进行, 轮胎充气压力 0.6~0.8 MPa。复压环节设备行驶速度 3~5 km/h, 相邻位置重叠轮迹带为碾压轮胎宽度 1/2, 完成 4~6 个碾压行程。复压结束后, 混合料温度超过 110 °C。该阶段完成时, 混合料温度不能低于 90 °C。而在改性温拌沥青混合料加入 SBS 改性沥青时, 需要在复压阶段开启双钢轮振动压路机碾压作业, 设定振幅 0.4 mm、频率 30 Hz 完成 2 个振动碾压行程, 该环节设备速度 2.5 km/h。复压结束后路面密实度达到设计标准, 表面纹理均匀且连续。

3. 终压。终压使用双钢轮压路机, 整机质量不小于 10 t, 碾压模式为静压。行进速度设定在 3 km/h 至 6 km/h 之间, 完成 2 个碾压行程。终压开始时混合料表面温度不低于 70 °C, 结束时温度不低于 60 °C。压路机沿纵向匀速行驶, 轮迹重叠宽度为 300 mm。碾压过程中不开启振动功能, 避免对已成型表面造成扰动。终压结束后, 采用激光平整度仪检测路面, 标准差 σ 值不大于 1.2 mm; 采用铺砂法测定构造深度, 结果在 0.6~1.0 mm 区间内。终压作业在复压完成后 10 min 内开始, 碾压轨迹覆盖全部车道宽度, 包括路缘带与中央分隔带边缘。压路机停机时停放于已完成终压的路段, 不在新铺层上停留或调头。

3.5 接缝施工

1. 横向接缝施工。改性温拌沥青路面横向接缝选择平接缝施工方式, 每日施工结束后摊铺机继续向前

直到混合料自然终止, 随后后退 1 m。施工人员在混合料未达到冷却状态时使用长度 3 m 直尺检测道路端面平整度, 高差超过 3 mm 需要垂直切割并清理掉多余混合料。切割面清理干净后覆盖保温材料。次日摊铺前, 接缝表面均匀涂刷改性乳化沥青, 喷洒量为 0.3 kg/m²。摊铺机就位时, 熨平板前端搭接在已铺层上, 搭接长度为 500 mm, 预热时间不少于 10 min。新混合料摊铺后, 双钢轮压路机沿横向进行碾压, 首遍仅碾压新铺部分 150 mm 宽, 后续每遍向旧铺层延伸 100 mm, 共完成 6~8 遍碾压。碾压速度为 2 km/h, 压路机行驶方向垂直于车道中心线。接缝区域压实度检测值不低于 93%。

2. 纵向接缝施工。改性温拌沥青路面纵向接缝采用热接缝方式, 相邻两台摊铺机间隔 10~20 m, 后机摊铺带和前机重叠 50~100 mm。而对于路面重叠位置摊铺 5 min 内, 使用双钢轮压路机跨缝碾压, 并且保证碾压轮迹覆盖新铺层全宽度向旧层延伸 150 mm。该阶段碾压速度 2 km/h, 完成 4 个碾压行程。若因施工组织原因形成冷接缝, 则在先铺层冷却后, 使用切割机沿纵向切齐边缘, 清除松散颗粒, 表面喷洒快裂型改性乳化沥青作为粘层油, 喷洒量为 0.4 kg/m²。后铺混合料与先铺层搭接宽度为 30 mm, 摊铺后采用与横向接缝相同的横向碾压方式, 完成 6~8 遍碾压。接缝区域渗水系数检测结果不超过 80 mL/min。

4 结束语

公路改性温拌沥青路面施工技术能够降低混合料温度, 确保路面的性能不受影响, 以增强道路施工的可行性。从本文分析结果进行分析, 通过改性温拌沥青路面施工技术的应用, 能够提高公路路面建设效果, 降低沥青混合料拌和、碾压环节温度, 从而使公路工程项目建设效果达到要求, 且具备环保性、耐久性的应用价值。

参考文献:

- [1] 郑君. 高速公路加铺改性沥青路面施工技术研究[J]. 四川建材, 2022,48(03):145-146.
- [2] 曹京国. 公路工程 SBS 改性沥青路面施工关键技术研究[J]. 交通世界, 2023(Z2):116-118,130.
- [3] 张力. 公路工程 SMA 改性沥青路面施工技术[J]. 交通世界, 2023(17):67-69.
- [4] 杨海燕, 盛轩. SBS 改性沥青路面施工技术在公路工程中的应用思考[J]. 新型工业化, 2022,12(07):116-119.
- [5] 冯艳. 温拌沥青施工技术在高速公路路面施工中的应用[J]. 工程建设与设计, 2024(02):133-135.