

公路工程施工中改性沥青 SMA 路面施工技术的应用分析

郭静静

新疆北新岩土工程勘察设计有限公司, 新疆乌鲁木齐, 830000;

摘要: 公路沥青路面施工过程中, 任何一个细节和技艺控制出现纰漏, 则都将对工程质量造成一定程度的影响。因而便要求施工单位结合实际情况, 充分做好施工前的准备工作, 同时根据道路级别和场地情况等, 配制出沥青混合料。改性沥青 SMA 路面施工技术通过在普通沥青中添加高分子聚合物改性剂, 可明显将沥青的高温稳定性、低温抗裂性和耐久性提升至更高水平, 从而有效应对复杂交通荷载与极端气候的双重挑战。故本文从施工技术概述入手, 并以新疆地区某公路施工为例, 详细阐述改性沥青 SMA 路面施工的技术要点, 进而提出改性沥青 SMA 路面施工中的注意事项, 为后续类似工程提供参考与借鉴。

关键词: 公路工程施工; 改性沥青 SMA; 施工技术; 质量控制

DOI: 10.69979/3029-2727.26.04.082

引言

公路工程是国民经济发展的基础性设施, 关乎着社会进步与民生改善的方方面面。若公路工程在建设过程中未能严格把控施工质量, 则可引发路面早期病害, 影响行车安全与道路使用寿命, 增加后期养护成本。尤其在新疆地区, 受昼夜温差大和极端气候条件影响, 路面极易出现温度收缩裂缝和车辙变形, 所以对路面材料的性能要求更为严苛。改性沥青 SMA 技术是一种新型的热拌沥青混合料施工技术, 主要以增强沥青黏弹性为核心, 通过添加高分子聚合物改性剂来改善沥青的流变性能, 使其在新疆地区的高温与严寒交替环境下仍能保持良好的结构稳定性与抗疲劳性能, 有效延缓路面开裂与永久变形, 保证路面在复杂环境下的长期使用性能。

1 改性沥青 SMA 路面施工技术概述

改性沥青 SMA 路面施工技术采用间断级配骨架结构, 通过高含量粗集料形成嵌挤作用, 提升抗车辙能力, 同时利用沥青马蹄脂填充空隙可增强耐久性与防水性能。其中由细骨料、矿粉、纤维稳定剂与改性沥青共同组成的改性沥青 SMA 混合材料具有较高的粘结性与抗裂性能, 是该技术的重要组成成分。与传统 AC、AK、AM 等普通沥青混凝土路面相比, 改性沥青 SMA 路面不仅能借助独有的骨架嵌挤结构提升抗车辙能力, 改善其高温稳定性与低温抗裂性, 还因沥青膜较厚而显著提高耐老化与抗水损害能力, 从而延长路面使用寿命。将其应用于新疆地区公路建设中, 可有效应对该地区自然环境下的冻融循环与强紫外线辐射, 减少路面疲劳开裂与松散病害的发生, 其良好的抗滑性能与降噪效果亦提升了行车安全与舒适性^[1]。

2 新疆地区改性沥青 SMA 路面施工技术要点

2.1 工程概况

某项目位于新疆乌鲁木齐至吐鲁番高速公路改扩建工程段, 全长约 120 公里, 地处天山南麓, 气候干燥, 昼夜温差大, 夏季地表温度可达 70℃ 以上, 冬季最低气温逼近 -30℃。该路段施工总面积为约 8598m², 设计采用 4cm 厚 SMA-13 改性沥青混合料作为上面层, 下承层为 6cm 中粒式改性沥青混凝土 AC-20。

2.2 改性沥青 SMA 路面施工技术要点

2.2.1 材料准备及质量控制

改性沥青宜选用 SBS 类热塑性弹性体改性剂, 掺量控制在 5.0% 左右, 针入度不宜过大, 以 40-60 为宜, 软化点应 >60℃, 延度 >30cm, 以确保其在低温环境下仍具备良好的韧性与抗裂性能。矿粉应将岩浆或石灰岩中的强碱性岩石磨细而成, 保证其亲水系数 <1.0, 粒径 <0.075mm 的颗粒含量应 >75%, 以保证矿料的充分填充与沥青膜的均匀裹覆, 增强混合料的密实性与稳定性。且对于矿粉的干燥度应严格控制在含水量 <0.5%, 防止因潮湿导致混合料出现“花白料”或离析现象。粗骨料选择必须严格按照规定, 将表面粗糙且质地坚硬的玄武岩或辉绿岩为首选, 后控制其压碎值应 <12%, 针片状颗粒含量 <10%, 细骨料洁净干燥, 0.075mm 以下颗粒含量控制在 8% 以内, 确保嵌挤骨架结构稳^[2]。避免选用含有活性氧化硅的岩石, 以防潜在碱集料反应对路面耐久性造成损害。纤维稳定剂的添加是防止改性沥青 SMA 出现沥青流淌和析漏问题的关键措施, 宜将国家推荐或行业标准认证的木质素纤维或聚酯纤维为首选, 掺量应控制在沥青混合料总质量的 0.3-0.5%, 以有效吸附沥青并形成稳定的三维结构, 防止运输与摊铺过程中的析漏。同时应保证木质素纤维在 250℃ 高温下不分解、不失效, 确保其在拌和与压实过程中持续发挥稳

定作用。纤维需提前进行烘干处理,含水率控制在 $\leq 5\%$,避免受潮结团影响分散均匀性^[3]。

2.2.2 改性沥青 SMA 混合料配比

以《公路沥青路面施工技术规范》(JTG F40-2004)为依据,结合工程实际气候与交通荷载条件,在对改性沥青 SMA 混合料进行目标配合比设计时,优先采用间断级配,确保粗集料形成紧密嵌挤骨架^[4]。级配设计应严格控制关键筛孔通过率,4.75mm 筛孔通过率为 22-30%,2.36mm 筛孔通过率为 18-24%,0.075mm 筛孔通过率为 8-12%,保障骨料间的有效嵌挤与沥青砂浆的适度填充。沥青用量宜控制在 6.2-6.8%之间,矿粉用量控制在 8-12%范围内,确保最终混合料性能满足密度 $> 2.4\%$,空隙率 $< 4.5\%$,稳定度 $> 10\text{kN}$ 的技术要求。通过马歇尔试验确定最佳油石比,空隙率控制在 3-4%之间,稳定度 9-10kN 之间,流值 2-4mm,确保高温稳定性与抗疲劳性能的平衡。沥青饱和度维持在 80-85%为佳,沥青用量宜控制在 6.2%-6.8%之间,发挥高温稳定性与抗疲劳性能。残留稳定度应 $> 80\text{kN}$,冻融劈裂强度比应 $> 80\%$,使得混合料在低温抗裂性与水稳定性方面满足规范要求。

3 施工工艺中的技术要点

3.1 混合料拌合

混合料拌合应确保纤维均匀分散于集料中,发挥其加筋、稳定与吸附作用,宜采用先干拌后湿拌的工艺流程,即先将粗细集料与矿粉投入拌缸干拌,时间控制在 10-15s,后加入纤维稳定剂持续拌合 10-15s,使纤维充分分散。干拌结束后加入改性沥青与木质素纤维,湿拌时间控制在 30-45s,确保沥青均匀裹覆集料且纤维充分吸收沥青油分,形成稳定胶结体系。整体拌合时间应控制在 60-90s,严禁超时拌合导致沥青老化。拌合过程中还需对温度进行实时监控,依照技术规范,改性沥青加热温度应控制在 165-175 $^{\circ}\text{C}$,集料加热温度不超过 190 $^{\circ}\text{C}$,混合料出料温度维持在 170-180 $^{\circ}\text{C}$ 之间^[5]。低温环境下施工时,应适当提高集料加热温度,但不得超过规范上限,防止改性沥青高温降解。

3.2 混合料摊铺

对改性沥青 SMA 混合料进行摊铺作业时应采用非接触式平衡梁自动找平系统,确保摊铺过程中的平整度与厚度均匀性,减少人为干预带来的误差。摊铺机应保持匀速连续作业,避免频繁停顿或变速影响路面质量,行进速度宜控制在 2-4m/min 范围内。混合料松铺系数一般取 1.15-1.25,需结合现场压实效果动态调整。两台摊铺机梯队作业时,纵向接缝应重叠 50-100mm,保证

热接缝成型质量。摊铺温度应 $> 165^{\circ}\text{C}$,遇风力较大或基层温度偏低时,需适当提高摊铺温度并加强保温措施,确保碾压起始温度满足要求。严格控制摊铺层厚度的均匀性,避免骨料离析,确保混合料在全断面范围内分布一致。螺旋布料器应保持运转,维持料位高度不低于螺旋中心。对于边角区域应辅以人工适当平整,杜绝机械摊铺盲区形成质量薄弱点。

3.3 路面压实

改性沥青 SMA 路面压实应遵循紧跟、慢压、高频、低幅的原则,结合新疆地区高温差、强紫外线的气候特点,优选大吨位钢轮振动压路机与轮胎压路机组合碾压工艺。为使得碾压工艺顺利实施,确保混合料在高温状态下完成主要压实成型,碾压应在混合料温度适宜时迅速展开,初压应在混合料温度 160 $^{\circ}\text{C}$ 以上完成,先紧跟摊铺机进行双钢轮压路机静压 1 遍后采用高频率、低振幅模式进行 2-3 遍稳压,确保表面平整且无明显轮迹。复压阶段采用钢轮压路机揉压 4-6 遍,通过柔性碾压促进沥青膜重分布,增强密水性与骨架嵌挤效果,终压宜选用双钢轮压路机静压 1-2 遍,消除表面微小轮迹,确保平整度达标。所有碾压作业应在混合料温度降至 130 $^{\circ}\text{C}$ 前完成,严禁低温强振造成骨料破碎或表层起皮。碾压过程中应实时监测压实温度与遍数,严格控制碾压速度,初压与复压阶段宜保持 3-5km/h 的低速匀速行驶,终压阶段可适当提升至 5-6km/h。钢轮压路机喷水量宜调至最小,保持适度湿润即可,避免水分过量带走热量。钢轮压路机应定期清理油污,防止粘轮与污染路面。对于纵横接缝处应加强碾压,确保连接平顺、密实。特殊路段或加宽区域可辅以小型振动压路机处理,避免漏压^[6]。

3.4 接缝处理

由于改性沥青 SMA 路面中的混合料特性对温度敏感,接缝处理应以热接缝为主,确保界面黏结牢固。且新疆地区昼夜温差大,易导致混合料降温过快,施工中应合理组织工序,缩短纵向冷缝形成时间。对于横向施工缝宜采用平接缝,切平接的处理方式,利用切割机垂直切除端部不平整部分,切割面应平直整齐,清理干净后涂刷少量黏层油,确保新旧混合料紧密结合。摊铺机起步后应缓慢加速,螺旋布料器提前进料,保证接缝处供料均匀。碾压时先由横向接缝低侧向高侧静压,再沿路线纵向高频低幅振动压实 2~3 遍,最后用轮胎压路机揉压成型,确保接缝平顺无跳车。接缝处碾压完成后应立即进行平整度检测,对微小高差采用人工修整并补压,确保无突变。施工过程中应加强现场温度监控,尤

其在早晚低温时段,宜采取覆盖保温棉被等措施延缓冷却。所有接缝作业须当日成形,避免遗留冷缝过夜。对已成型路面接缝区域应设专人检查,防止杂物嵌入缝隙影响后期连接质量。

3.5 过渡段施工

结合新疆地区施工实际,桥涵、通道等结构物与路基衔接段应设置长度 $>50\text{m}$ 的过渡段,采用级配碎石分层填筑并掺入5%水泥改善变形协调性。该区域压实度不得低于98%,每层松铺厚度不超过20cm,并采用重型振动压路机强振压实,确保层间结合紧密。过渡段填筑应与相邻路基同步施工,避免形成差异沉降。临近结构物2m范围内宜采用小型夯实设备分层夯实,防止损伤构筑物。填筑完成后应及时覆盖养护,保持水泥级配碎石湿润,养护期 $>7\text{d}$ 。

4 改性沥青 SMA 路面施工中的注意事项

4.1 施工设备检查

施工前应对摊铺机、压路机、运输车辆等设备进行全面检查,确保其技术性能良好,尤其是摊铺机的自动找平装置、振捣系统和熨平板加热功能应运行正常,熨平板拼接严密无间隙,避免沥青混合料渗漏。压路机喷水系统应调节至雾状均匀供水,防止过量洒水导致混合料骤冷。运输车辆车厢应清洁无杂物,并涂刷适量隔离剂防粘,严禁使用柴油等有害溶剂。设备行进路线规划合理,确保摊铺连续稳定,减少停机待料现象。所有操作人员需持证上岗,熟悉改性沥青 SMA 施工工艺参数,实时监控设备运行状态,发现异常及时调整或停机检修[7]。

4.2 加强路面施工质量检测

改性沥青 SMA 路面施工前后均需按照《公路工程质量检验评定标准》要求,对路面施工的各项指标进行严格检测。一方面要在施工前对路面的实际情况进行详细勘查,重点检测下承层的平整度、密实度及表面清洁状况,确保无松散、无污染、无明显缺陷。另一方面要严控施工过程中的混合料质量,以及各项施工参数的精准执行,避免出现因施工偏差导致的不良后果,影响后期路面使用性能。施工后须对成型路面进行钻芯取样,检测厚度以及压实度等指标是否满足设计要求,同时评估沥青混合料的均匀性及层间粘结情况,确保结构整体性与耐久性。若检测结果不满足设计或规范要求,应立即分析原因并采取返工处理,严禁不合格段落进入下道工序。钻芯孔洞须用同材料回填并充分压实,确保封堵密实无缺陷。同时结合新疆地区的气候特点,重点防范

高温车辙与低温开裂风险,施工后可进行针对性的高低温性能检测,验证改性沥青 SMA 混合料在极端温度条件下的各种性能。

4.3 做好施工环境控制与应急管理

在进行改性沥青 SMA 路面施工时应密切关注天气变化,由于该材料对温度敏感,施工宜在干燥、晴朗天气下进行,环境温度不得低于 15°C ,遇雨天或湿湿下承层严禁摊铺。施工现场应配备防雨篷布及应急电源,突发降雨时立即覆盖未碾压段面并暂停施工。风力大于6级时应停止摊铺作业,防止细集料飞散影响级配均匀性。同时,施工区域须设置明显警示标志,实行封闭管理,避免交叉作业污染或破坏路面。高温时段应采取遮阳措施,控制混合料出料与摊铺温度,防止早期老化。建立应急响应机制,针对设备故障、交通干扰等突发情况制定预案,确保快速恢复施工,保障整体进度与质量稳定。

5 结语

综上所述,公路工程建设需紧密结合区域气候与地质特点,严格把控施工工艺细节。将改性沥青 SMA 路面的施工质量控制贯穿全过程,发挥其高温稳定性与抗裂性能优势,有效延长路面使用寿命。故今后需进一步强化材料性能与施工工艺的协同优化,推动改性沥青 SMA 路面技术的迭代升级,为高等级公路建设提供更加耐久、安全的路面保障。

参考文献

- [1] 冉玉莲. 沥青混凝土施工技术在公路工程路面施工中的应用分析[J]. 运输经理世界, 2024, (13): 28-30.
- [2] 许家瑜. 3D 摊铺技术在高速公路工程沥青路面施工中的应用分析[J]. 运输经理世界, 2023, (27): 13-15.
- [3] 李杰. 公路工程中改性沥青路面施工技术应用[J]. 运输经理世界, 2022, (15): 32-34.
- [4] 王燕春. 公路工程环保型改性沥青 SMA 路面施工技术分析[J]. 散装水泥, 2022, (01): 95-97.
- [5] 花时涛. 改性沥青 SMA 路面施工技术在公路工程施工中的应用研究[J]. 新型工业化, 2021, 11(11): 165-167.
- [6] 王百祥. 公路工程施工中改性沥青 SMA 路面施工技术的应用探析[J]. 科技创新与应用, 2021, 11(28): 155-157.
- [7] 王旭东, 薛斌. 沥青混凝土施工技术在公路路面施工中的应用的关键点分析[J]. 居舍, 2021, (11): 29-30.