

# 沥青路面纵向接缝的碾压工艺及密实度差异控制研究

张伟民

(廊坊市广阳区公路管理站,河北省廊坊市,065000)

**摘要** 纵向接缝是沥青路面施工的薄弱环节,接缝处密实度不足易导致早期损坏。针对热接缝与冷接缝两种工艺,系统分析了接缝形成机理与密实度差异成因,提出了基于温度场调控的碾压工艺优化方法。通过试验路验证,确定了不同工况下的最佳碾压温度窗口与遍数组合,建立了接缝密实度均匀性评价指标体系。研究表明,采用改进的梯队碾压工艺可将接缝处空隙率差异控制在1.5%以内,显著提升路面使用寿命。

**关键词** 沥青路面;纵向接缝;碾压工艺;密实度控制;温度场

中图分类号:U416.217 文献标识码:B

文章编号:1008-0899(2026)06-0073-02

沥青路面因行车舒适、施工快捷等优势,在我国高等级公路中广泛应用。但受摊铺宽度限制,路面需分幅施工形成纵向接缝,每公里约80~150条。接缝区域压实困难、结合不良,早期损坏中约35%始于此。因此,控制接缝密实度差异、优化碾压工艺,是提升路面性能的关键。因此,控制接缝密实度差异、优化碾压工艺,是提升沥青路面整体性能的关键技术环节。

## 1 纵向接缝密实度差异成因

纵向接缝密实度差异由温度衰减、侧向约束及材料离析三方面因素耦合导致:热接缝边缘温度衰减速度约为正常摊铺面的1.5倍,冷接缝则因热量向冷面传导形成大温度梯度,均可缩短有效压实时间;接缝一侧的已压实路面产生侧向约束,使混合料难以位移嵌挤,且振动能量向旧路面传递导致接缝处实际作用能量降低20%~30%;摊铺机螺旋布料器末端离析使接缝边缘粗集料集中、细集料含量较正常区域低8%~12%,进一步加剧压实困难与渗水风险<sup>[1]</sup>。

## 2 基于温度场调控的碾压工艺优化

### 2.1 接缝温度场演化规律

温度是决定沥青混合料压实性能的关键参数。建立接缝温度场演化模型,是确定最佳碾压工艺的

前提。

通过埋设K型热电偶与红外热像仪连续监测,获取接缝区域温度时空分布数据。研究表明,接缝边缘温度衰减符合修正的指数函数:

$$T(x,t)=T_0 \cdot e^{-k(x) \cdot t} + T_a + \Delta T_{solar} \quad (1)$$

式(1)中: $T_0$ 为摊铺初始温度; $T_a$ 为环境温度; $k(x)$ 为与位置相关的衰减系数,接缝边缘( $x=0$ )处 $k$ 值最大,向内侧逐渐减小; $\Delta T_{solar}$ 为太阳辐射温升,晴天正午可达5℃~8℃。

衰减系数 $k$ 与风速、气温、混合料类型密切相关。风速每增加1m/s, $k$ 值增大0.02~0.03 $\text{min}^{-1}$ ;气温每降低10℃, $k$ 值增大0.05 $\text{min}^{-1}$ ;改性沥青因粘度大、散热慢, $k$ 值较基质沥青低15%~20%。

基于温度-粘度关系与压实功理论,建立可压实性评价指标<sup>[2]</sup>。采用布洛克菲尔德粘度计测定不同温度下的旋转粘度,结合混合料级配特征,确定最小压实粘度阈值为0.25 $\text{Pa} \cdot \text{s}$ ,对应SBS改性沥青混合料的最低压实温度为110℃~115℃。考虑接缝温度衰减快的特点,各阶段碾压温度下限应提高10℃~15℃:初压温度不低于150℃,复压温度130℃~150℃,终压温度不低于120℃。

### 2.2 热接缝梯队碾压工艺优化

#### 2.2.1 错距摊铺控制

前后摊铺机纵向间距控制在15~20m,该距离对应混合料温度从165℃降至140℃的时间(约6~8min),确保后机摊铺时前幅边缘温度不低于140℃。横向搭接宽度10~15cm,采用挡板或滑靴控制,避免混合料外溢形成过厚带。前后机速度严格

作者简介:张伟民(1977~),男,河北廊坊人,本科,工程师,研究方向:道桥施工。

匹配,速度差控制在0.5m/min以内,防止拉缝或挤压<sup>[3]</sup>。

### 2.2.2 同步碾压组织

配置3台13t以上双钢轮压路机与2台30t轮胎压路机,形成初压-复压-终压连续梯队。初压紧跟摊铺,钢轮静压1遍(2~3km/h);复压采用高频低幅(40~50Hz、0.4~0.5mm),钢轮2遍、轮胎3遍(3~4km/h),接缝处钢轮重叠1/3轮宽跨缝碾压;终压钢轮静压1~2遍(4~5km/h)。总碾压遍数较正常区域增加1~2遍,重点加强接缝压实。

### 2.2.3 边缘补强措施

配备2t小型手扶式振动压路机或平板夯,对摊铺机接缝边缘30cm范围内补充碾压。小型设备激振力适中,可深入大型设备无法覆盖的死角,弥补边缘压实不足。补强在复压阶段进行,温度不低于130℃。

## 2.3 冷接缝处理与碾压工艺优化

### 2.3.1 精铣刨处理

采用专用铣刨机沿接缝边缘铣刨宽度20cm、深度3厘米的带状槽,形成粗糙、洁净、垂直的结合面,替代传统的人工凿除或切缝工艺。铣刨后采用高压空气清扫,去除松动颗粒与粉尘。

### 2.3.2 强粘结层施工

涂刷SBS改性乳化沥青粘层油,破乳后洒布0.5~1.0mm预拌碎石,形成嵌挤型粘结层;或采用热喷改性沥青,温度180℃~190℃,用量0.6~0.8L/m<sup>2</sup>,确保渗透深度不小于5mm。

### 2.3.3 红外预热补偿

采用车载式红外加热设备对接缝边缘预热,加热宽度50cm、深度4~5cm,表面温度提升至80~100℃。预热减少新铺混合料热量散失,延长有效压实时间。预热后表面干燥、无焦化,混合料不松动。

### 2.3.4 跨缝碾压控制

新铺幅碾压时,双钢轮压路机以静压模式跨缝,钢轮伸入已压实路面10~15cm,先横压后纵压,跨缝碾压3~4遍;轮胎压路机全断面碾压,接缝处增加1遍。严禁在冷接缝处使用振动碾压,防止损伤旧路面。

## 2.4 智能压实监控技术集成

引入智能压实系统(ICS)实现接缝压实质量实

时监控与反馈控制。系统在振动压路机钢轮轴承座安装三轴加速度传感器,采集振动响应信号,通过连续压实控制值(CCC, Compaction Control Value)反映压实程度。

针对接缝区域建立专用标定模型:同步采集CCC值与钻芯密度,拟合得CCC-密度曲线( $R^2 > 0.85$ )。设定CCC阈值,低于目标时自动报警,提示补压或调整参数。系统记录轨迹、遍数、温度及CCC值,生成压实度云图,实现质量可追溯。

## 3 工程验证与效果评价

在某高速公路2公里SMA-13上面层试验段中,设置传统热接缝(A段)、改进梯队碾压(B段)、冷接缝预热(C段)三种工艺对比。结果表明:B段初压前温度达138℃(较A段提高12℃),C段预热后界面温度85℃(较A段提高45℃);B段空隙率CV降至9.3%(A段18.5%),接缝与正常区域空隙率差异控制在1.5%以内;B段渗水系数95mL/min、C段120mL/min,较A段(280mL/min)显著改善。

据此建立三级评价标准:一级(优良)空隙率差异 $\leq 1.0\%$ 且渗水 $\leq 100\text{mL/min}$ ;二级(合格)差异1.0%~2.0%、渗水100~200mL/min;三级(不合格)差异 $> 2.0\%$ 或渗水 $> 200\text{mL/min}$ ,已纳入项目质量管理体系。

## 4 结语

纵向接缝密实度差异由温度衰减、侧向约束及边缘离析耦合导致。研究确定SBS改性沥青混合料接缝最佳碾压温度窗口为初压 $\geq 150\text{℃}$ 、复压 $130\text{℃} \sim 150\text{℃}$ 、终压 $\geq 120\text{℃}$ ,较正常区域提高 $10\text{℃} \sim 15\text{℃}$ ;改进梯队碾压工艺使热接缝空隙率变异系数降至9.3%、渗水系数降低66%,改进冷接缝工艺使渗水系数降低70%,智能压实技术实现质量实时管控。建议高等级公路优先采用热接缝,冷接缝严格执行铣刨、粘层、预热、跨缝碾压工序,建立空隙率差异与渗水系数的双指标评价体系。

## 参考文献

- [1] 陈军.道路工程沥青路面接缝施工技术要点[J].运输经理世界,2024,(28):23-25.
- [2] 程玲玲.公路沥青路面接缝施工技术研究[J].交通世界,2024,(Z1):68-70.
- [3] 石长喜.高速公路沥青混凝土路面摊铺和碾压施工技术研究[J].工程机械与维修,2024,(02):99-101.