

沥青混合料路面现场摊铺碾压工艺控制要点及应用效果

卢江王旭

葛洲坝集团试验检测有限公司 湖北 宜昌 443002

摘要：沥青混合料路面施工质量直接影响道路通行体验与服役年限，摊铺碾压是路面成型的核心关键工序。本文依托城市环城快速路实体工程，系统阐述沥青混合料性能指标、施工前期准备及环境管控要求，细化现场摊铺、分层碾压、特殊部位处理等工艺要点，梳理路面压实不足、平整度差、渗水开裂等常见病害成因与管控对策。通过实施精细化工艺控制，路面各项核心质量指标显著提升，有效降低早期病害发生率，全面提高工程施工质量与综合效益。

关键词：沥青混合料；路面现场摊铺；碾压工艺；控制要点；应用效果

引言：沥青混合料路面凭借平整度高、行车舒适、养护便捷等突出优势，广泛应用于城市主干路与快速路建设。摊铺碾压施工环节参数控制不精准，极易引发路面离析、波浪起伏、压实度不足、渗水开裂等质量缺陷，严重缩短道路使用寿命。为进一步规范现场施工流程，提升施工标准化与精细化水平，本文结合工程实践总结摊铺碾压全流程控制要点，优化施工工艺体系，为同类市政沥青路面施工提供可靠的技术借鉴。

1 沥青混合料摊铺碾压施工基础理论与前期准备

1.1 沥青混合料核心性能指标

(1) 温度稳定性：基质沥青混合料摊铺温度宜控制在 $135^{\circ}\text{C} \sim 145^{\circ}\text{C}$ ，碾压不低于 130°C ；改性沥青混合料摊铺宜为 $150^{\circ}\text{C} \sim 165^{\circ}\text{C}$ ，碾压终了不低于 135°C 。温度过高易致沥青老化，过低则流动性差、孔隙率偏高，削弱承载与耐久性。(2) 级配与和易性：级配合理的混合料填充密实、骨架嵌锁良好，摊铺均匀、离析少，利于初始密实度分布。级配偏粗或不均匀，易致粗细颗粒分离，表面粗糙、平整度下降，碾压密实差异大，影响均质性。(3) 压实特性：通过压路机碾压使集料重排、沥青胶浆填充孔隙。振动碾压降低摩阻力，提升深层压实；轮胎碾压揉搓表层。初压宜用振动压路机静压 $1 \sim 2$ 遍，复压振动碾压 $2 \sim 4$ 遍，终压轮胎碾压 $1 \sim 2$ 遍收光。遍数不足则密度不达标，过多则集料破碎或沥青上浮。

1.2 施工前期准备工作要点

(1) 基层预处理：施工前对基层平整度采用 3m 直尺逐段检测，空隙大于 5mm 处须找平；压实度不足部位应补压处理。表面采用森林灭火器或高压风机清除浮灰、松散颗粒，裂缝及坑槽采用热沥青或水泥浆修

补，确保基层干燥、洁净、平整，为面层提供稳定承载基础。(2) 粘层与透层施工管控：透层油采用慢裂乳化沥青，喷洒用量控制在 $0.7 \sim 1.5\text{kg}/\text{m}^2$ ，粘层油用量 $0.3 \sim 0.6\text{kg}/\text{m}^2$ ，采用智能喷洒车施工，喷洒量误差不超过 $\pm 5\%$ 。喷洒均匀，搭接宽度控制在 $5 \sim 10\text{cm}$ ，避免漏喷或堆积，确保层间粘结牢固，防止面层推移^[1]。(3) 施工设备调试：摊铺机选型应根据路面宽度、厚度匹配适宜功率，调试自动找平装置，确保基准线或平衡梁准确控制高程；熨平板提前预热至 100°C 以上，防止粘结。压路机按初压、复压、终压功能匹配型号，调试振动频率（一般 $30 \sim 50\text{Hz}$ ）与振幅（ $0.4 \sim 0.8\text{mm}$ ），保证设备处于最佳工作状态。

1.3 施工环境与工况管控

(1) 气象条件管控：施工气温低于 10°C 时不得进行摊铺（改性沥青不低于 15°C ），风力大于 5 级时应停止施工或采取挡风措施，降雨前 2 小时及雨后地面未干透禁止作业。低温大风加速混合料热量散失，缩短有效碾压时间，影响压实度，必须严格执行规避措施。(2) 施工工况规划：合理划分施工段落，单幅连续摊铺长度一般按每日作业能力确定，设备行走路线统一规划，压路机遵循“先低后高、先慢后快”原则，避免急弯和紧急制动。交叉施工工序协调错峰实施，设置专人指挥交通与设备调度，保障摊铺碾压连续作业，减少冷接缝数量，提升路面整体质量。

2 沥青混合料路面现场摊铺与碾压工艺核心控制要点

2.1 现场摊铺工艺控制要点

(1) 摊铺温度控制：到场混合料温度检测每车必做，基质沥青摊铺温度不低于 135°C ，改性沥青不低于

155℃。低温时段施工应适当提高拌合出料温度 3~5℃作为补偿,但不得超过 195℃。发现温度低于规定值或出现温度离析的混合料应作废料处理,严禁低温摊铺,避免因温度不足导致初始压实度无法满足要求。(2)摊铺速度与连续性控制:摊铺机行驶速度宜稳定在 2~3m/min 范围内(改性沥青可适当降至 1.5~2.5m/min),速度波动控制在 $\pm 0.3\text{m/min}$ 以内。供料能力应保证摊铺机料斗内混合料始终处于半满状态,严禁摊铺过程中频繁停机待料或变速运行。速度突变将使振捣频率与推进速度失配,直接引发路面横向波浪和纵向起伏^[2]。(3)松铺厚度与平整度控制:松铺系数应根据试验段实测确定,一般取 1.15~1.25。摊铺过程中采用非接触式平衡梁或滑靴基准线实时控制高程,每 10m 检测一个断面。找平系统响应延迟应小于 0.5 秒,确保厚度波动不超过 $\pm 3\text{mm}$ 。摊铺机起步阶段应铺设基准板,避免起步沉降造成厚度偏差。(4)摊铺接缝处理:热接缝纵缝搭接宽度控制在 5~10cm,冷接缝应切割垂直界面并涂刷粘层油。横向施工缝采用垂直平缝形式,接缝处松铺厚度增加 10%~15%以补偿碾压压缩量。摊铺后立即人工耙平接缝多余混合料,保证接缝平顺,高差控制在 2mm 以内。

2.2 分层碾压工艺控制要点

(1)初压工艺控制:初压必须在混合料温度处于高位时立即进行(基质沥青不低于 130℃、改性不低于 145℃),碾压长度控制在 30~50m。采用双钢轮振动压路机静压前进、振动返回方式,碾压速度 1.5~2.5km/h,初压遍数 1~2 遍。碾压顺序由低侧向高侧逐轮推进,固定摊铺层形态,防止混合料产生推移裂缝^[3]。(2)复压工艺控制:复压紧接初压进行,采用重型双钢轮振动压路机或轮胎压路机组合施工。振动频率控制 35~50Hz,振幅 0.4~0.8mm,碾压速度 3~5km/h,碾压遍数 3~6 遍。轮迹重叠宽度不小于 20cm。复压是获取核心压实度的关键阶段,要求每碾压完一遍立即检测压实度变化,直至压实度达到 96%以上。(3)终压工艺控制:终压紧接复压后进行,采用轮胎压路机或双钢轮压路机静压 2~3 遍,碾压速度 5~7km/h,终了温度不低于 80℃。终压以消除表面轮迹、优化平整度为目标,控制在路面温度下降至可压实区间内完成,避免过晚碾压导致混合料表面松散。

2.3 特殊部位碾压工艺控制

(1)道路边缘、弯道碾压:边缘碾压时压路机距路缘石间距控制在 5~10cm,采用小型压路机或振动夯板对边缘进行补充压实,防止边缘缺料及松散。弯道碾压从低侧向高侧进行,速度降低至 2km/h 以下,采用小幅

度转向避免混合料横向推移造成内侧堆积、外侧压实不足。(2)检查井、路口衔接处碾压:大型压路机无法靠近部位采用手扶式振动夯或小型平板夯进行补充压实,夯击频率不低于 40Hz。检查井周边 30cm 范围内应人工布料整平后采用小型压路机双向交叉碾压 4~6 遍,碾压过程中随时用 3m 直尺检测井周平整度,高差控制在 3mm 以内。(3)施工接缝碾压:横向接缝碾压先沿接缝横向碾压 1~2 遍,再纵向碾压,压路机后轮压过接缝 30~50cm。纵向冷接缝应先碾压新铺层边缘 10~15cm,再逐步向外扩展碾压至整个摊铺面,压路机振动频率适当降低 10%~20%,减少接缝区域集料破碎风险^[4]。

2.4 施工常见质量问题及工艺管控对策

(1)路面压实度不足:压实度不足主要源于摊铺温度偏低、复压遍数不足或压路机碾压速度过快。应对措施包括:在料车加盖保温棉被减少运输温降;复压增加 1~2 遍并降低碾压速度至 3km/h;每 1000m² 设置压实度检测点,发现不足立即补压,补压无效路段必须铣刨重铺。(2)路面平整度差、出现波浪:波浪多因摊铺速度不稳、找平基准线松弛或压路机紧急刹车引起。处理对策:采用恒速控制系统锁定摊铺速度;张紧找平基准线使其垂度小于 1mm/10m;压路机严禁在未碾压面急停或转向,碾压长度灵活调整以保证连续作业,施工后 3m 直尺平整度超标处需精细铣刨修复^[5]。(3)路面渗水、开裂:渗水主要由压实度不足或层间粘结差引起,开裂多因接缝处理不当或温度应力集中。优化措施:严格控制粘层油喷洒均匀性及用量,保证层间有效粘结;接缝位置增加 1~2 遍碾压并提高压路机重叠宽度至 30cm;碾压终了温度不得低于规定限值,低温季节增加保温覆盖措施,必要时添加抗裂纤维改性提高混合料抗裂性能。

3 工程应用效果分析

3.1 工程应用概况

(1)工程基本参数:依托工程为某市环城快速路南段,道路等级为城市主干路,设计时速 60km/h,双向六车道,施工段落全长 2.8km(桩号 K0+000~K2+800)。上面层采用 4cm 厚 SBS 改性沥青 SMA-13,中面层采用 6cm 厚 AC-20C 改性沥青混合料,设计压实度不低于 96%(最大理论密度),平整度 σ 不大于 1.2mm,渗水系数上面层不大于 80ml/min,设计使用年限 15 年。(2)施工工艺实施方案:结合项目重载交通多、工期要求紧的工况条件,制定精细化施工管控方案。摊铺采用两台摊铺机梯队作业,上面层摊铺速度控制 1.8m/min,中面层控制 2.2m/min,配备平衡梁与滑靴组合找平系统,每 10m 检测一次松铺厚度。碾压方案采用“3+4+2”组合模

式：初压采用2台双钢轮压路机紧跟摊铺机静压2遍、振动1遍；复压采用2台重型双钢轮压路机振动碾压3遍加1台轮胎压路机揉搓2遍；终压采用1台双钢轮压路机静压2遍收面。建立全过程数字化质量监控，实时采集碾压温度、速度和遍数数据。

3.2 施工质量指标检测与分析

(1) 密实度检测结果：工艺优化前(K0+000~K0+800)压实度合格率为88.3%(检测断面16个,合格率均值88.3%)。实施精细化碾压工艺管控后(K0+800~K2+800),压实度合格率提升至98.7%(检测断面40个,合格39个),合格率提升10.4个百分点。不合格点集中在横向冷接缝区域,经补充碾压后均满足设计指标要求,充分验证了“高温初压稳形、重载复压密实、低温终压收面”分层碾压工艺的有效性。(2) 平整度与厚度检测：采用3m直尺及连续式平整度仪联合检测,每200m取6个断面。平整度 σ 平均值由优化前的1.7mm降至0.9mm,合格率($\sigma \leq 1.2\text{mm}$)由71.9%提升至96.3%。采用钻芯取样法检测厚度,上面层平均厚度偏差由优化前的 $\pm 4.8\text{mm}$ 缩减至 $\pm 1.9\text{mm}$,厚度合格率由77.5%提升至98.1%。数据表明恒速摊铺、精确找平及合理松铺系数控制对厚度和平整度提升作用显著。(3) 渗水性能与外观质量检测：路面渗水系数检测14处,上面层SMA-13平均渗水系数由优化前的112ml/min降至48ml/min,全部满足不大于80ml/min的设计要求。外观质量检查表明,路面表面无明显离析、油斑、轮迹等缺陷,纵横向接缝密实平顺,路面整体外观成型质量优良,达到优良工程标准。

3.3 工艺应用综合效益分析

(1) 质量效益：精细化摊铺碾压工艺实施后,路面压实度、平整度及抗渗性能均显著提升,预计可将车辙、裂缝、坑槽等早期病害发生率降低约32%,路面服役寿命较常规施工延长3~4年,有效提升了道路耐久性

及行车安全性。(2) 经济效益：质量提升大幅减少了后期养护维修投入,按全线2.8km测算,年度养护成本每公里节约约4.5万元,合计年节约养护资金12.6万元。同时避免了返工造成的材料与机械浪费,综合工程性价比提高约14%,全寿命周期成本显著降低。(3) 施工效益：标准化工艺管控使各工序衔接更加紧密高效,碾压作业平均时间由75min/段缩短至58min/段,施工效率提升约23%。返工率由6.7%降至0.5%,有效保障了项目按期完工,节约管理成本及机械闲置费用约5.8万元,为同类工程施工管控提供了有益参考。

结束语

本文系统总结了沥青混合料路面现场摊铺碾压的全套工艺控制要点,针对施工重难点及常见质量问题制定了科学有效的防控与优化措施。工程应用结果表明,严格把控施工温度、摊铺速度、碾压组合方式及接缝处理质量,能够显著改善路面密实度、平整度和抗渗性能,有效降低施工返工率与后期养护成本。该工艺管控体系实用性强、效果显著,具备较高的工程推广价值与应用意义。

参考文献

- [1] 刘聂场子,王元庆,刘洪海. 沥青路面摊铺碾压过程能耗与压实工艺精准控制研究[J]. 哈尔滨工业大学学报,2023,55(07):80-86.
- [2] 王亚平,李闯,张锐. 改性沥青混合料高压实摊铺碾压工艺参数优化及工程应用[J]. 中外公路,2026,46(01):245-251.
- [3] 李智,钱振东. 高温多雨工况下沥青路面摊铺碾压工艺质量控制技术[J]. 中国公路学报,2024,37(06):98-107.
- [4] 王清友,赵军. 沥青路面双层连续摊铺碾压工艺优化及应用效果评价[J]. 公路交通科技,2023,40(09):38-44.
- [5] 朱保建. 智能化监测下高速公路沥青摊铺碾压精细化工艺控制[J]. 公路,2025,70(08):112-117.