

# 公路沥青路面摊铺工法优化与应用研究

尹珂

湖北省路桥集团有限公司

DOI:10.32629/etd.v6i7.18219

**[摘要]** 沥青路面摊铺是决定公路平整度、压实度与耐久性的核心工序,其工法合理性直接影响道路服役寿命。本文依据《公路沥青路面施工技术规范》(JTG F40-2004)及2024版修订草案要求,结合京雄高速、苏台高速等工程实践,系统分析传统摊铺工法在设备协同、参数控制、工艺衔接等方面的现存问题。通过构建“设备智能协同-参数动态调控-工艺流程再造”三维优化体系,提出摊铺机梯队作业、变速度摊铺算法、热接缝红外监测等创新技术。实践验证显示,优化工法可使路面平整度标准差降至0.6mm以内,压实度达标率提升至98%,通车3年车辙深度较传统工法减少45%。针对不同气候区施工差异,进一步提出地域适配性优化方案,为公路沥青路面高质量施工提供技术支撑,对延长道路养护周期、降低全生命周期成本具有重要实践价值。

**[关键词]** 公路工程; 沥青路面; 摊铺工法; 参数优化; 智能协同; 施工质量

**中图分类号:** U416.217 **文献标识码:** A

## Research on Optimisation and Application of Asphalt Pavement Laying Methods for Highways

Ke Yin

Hubei Provincial Road & Bridge Group Co., Ltd.

**[Abstract]** Asphalt pavement laying constitutes a core process determining highway smoothness, compaction, and durability, with the rationality of its methodology directly impacting the service life of roads. This paper systematically analyses existing issues in traditional paving methods—including equipment coordination, parameter control, and process integration—based on the Technical Specifications for Construction of Highway Asphalt Pavements (JTG F40-2004) and the 2024 revision draft. Drawing from practical experience on projects such as the Beijing-Xiongan Expressway and Suzhou-Taizhou Expressway, it proposes a three-dimensional optimisation framework: "Intelligent Equipment Coordination-Dynamic Parameter Regulation-Process Flow Reengineering" three-dimensional optimisation system, this paper proposes innovative techniques including paver convoy operations, variable-speed paving algorithms, and infrared monitoring for hot joints. Practical validation demonstrates that the optimised method reduces pavement evenness standard deviation to within 0.6mm, increases compaction compliance rate to 98%, and reduces rutting depth by 45% after three years of traffic compared to traditional methods. Addressing construction variations across climatic zones, regionally adaptive optimisation schemes were further developed. This provides technical support for high-quality asphalt pavement construction, offering significant practical value in extending road maintenance cycles and reducing lifecycle costs.

**[Key words]** Highway engineering; Asphalt pavement; Paving techniques; Parameter optimisation; Intelligent coordination; Construction quality

### 引言

沥青路面因行车舒适、养护便捷等优势,在我国公路网中占比超85%,2024年全国新建、改扩建沥青路面里程达12万公里。《“十四五”现代综合交通运输体系发展规划》明确要求“提升路面施工精细化水平,延长道路使用寿命至15年以上”<sup>[1]</sup>。然而,

传统摊铺工法仍面临三大核心问题:一是设备协同性差,摊铺机与压路机速度不同步导致的路面波浪纹缺陷占质量问题总数的38%,某省道施工因速度匹配失衡,平整度合格率仅62%;二是参数控制粗放,沥青混合料摊铺温度波动超±10℃,压实度偏差率达15%,直接缩短道路寿命3-5年;三是工艺衔接断层,热接缝处

理不当引发的路面裂缝占早期病害的42%, 苏台高速未优化前接缝处破损率达27%。

京雄高速通过摊铺工法优化, 实现路面平整度标准差0.58mm、压实度98.6%, 通车4年无明显病害; 而同期某高速公路采用传统工法, 通车2年即出现大面积车辙与裂缝, 养护成本增加2.3亿元。在此背景下, 开展沥青路面摊铺工法优化研究, 既是解决施工质量痛点的现实需求, 也是推动公路建设从“数量规模型”向“质量效益型”转型的关键举措<sup>[2]</sup>。

### 1 公路沥青路面传统摊铺工法的问题剖析

#### 1.1 设备协同机制缺失: 效率与质量双重损耗

传统摊铺作业中, 设备配置与协同存在明显短板: 其一, 摊铺机与压路机数量配比失衡, 多数项目采用“1台摊铺机+2台压路机”配置, 压实覆盖滞后时间超过15分钟, 沥青混合料温度下降至140℃以下(规范要求不低于150℃), 导致压实度不足; 其二, 速度协同性差, 摊铺机匀速推进(2-4m/min)与压路机变速作业(初压1.5-2km/h、复压3-4km/h)存在速度差, 某项目因速度不匹配产生的波浪纹缺陷, 返工成本增加180万元; 其三, 智能化程度低, 80%的中小型项目依赖人工调整设备参数, 摊铺机振捣频率、熨平板温度等关键指标调控滞后, 导致路面厚度偏差超±5mm<sup>[3]</sup>。

#### 1.2 参数控制精度不足: 核心指标达标率低

摊铺参数是决定路面质量的关键变量, 传统工法存在三大控制盲区: 一是温度控制粗放, 沥青混合料运输距离超5km时温度损失达20℃, 某高速施工因温度过低导致路面空隙率超8%(规范要求3%-6%); 二是厚度与平整度控制失衡, 摊铺机熨平板初始仰角设置依赖经验, AC-20型沥青混合料摊铺厚度偏差率达12%, 平整度标准差超过1.2mm/3m; 三是离析控制失效, 传统摊铺机螺旋布料器转速固定, 对SMA-13等间断级配混合料适应性差, 粗细集料离析率达12%, 通车1年即出现集料脱落现象<sup>[4]</sup>。

#### 1.3 工艺衔接存在断层: 病害隐患集中

摊铺与后续工序的衔接缺陷是早期病害的主要诱因: 一是热接缝处理不规范, 传统“梯队摊铺”中相邻摊铺机间距超10m, 接缝处温度损失达30℃, 形成冷接缝, 某省道通车3年接缝处裂缝长度超500m; 二是摊铺与碾压工序间隔过长, 初压延迟时间超10分钟, 沥青混合料降温硬化, 某项目因此导致2km路段压实度不达标, 需全部返工; 三是特殊工况应对不足, 雨天、高温等气候条件下未调整施工参数, 引发路面含水率超标、混合料推移等壅包病害。

### 2 公路沥青路面摊铺工法的优化路径

#### 2.1 设备智能协同优化: 构建“机群联动”体系

以“智能匹配、动态协同”为核心, 从三方面实现设备优化: 一是优化机群配比, 宽幅摊铺(超10m)采用“2台摊铺机梯队+3台压路机(1初压+2复压)”组合, 京雄高速应用后压实滞后缩短至5分钟, 温度损失≤5℃; 二是引入智能联动系统, 通过GPS与速度传感器实现“摊铺机-压路机”速度自动匹配, 苏台高速波浪纹缺陷率从38%降至5%; 三是升级设备智能配置, 采用双系统自动找平摊铺机, 熨平板温控精度±2℃, 路面厚度偏差率3%, 平整

度标准差稳定在0.6mm内<sup>[5]</sup>。

#### 2.2 核心参数动态调控: 建立“精准控制”模型

基于混合料特性与环境, 构建三段式调控体系:

(1) 温度控制: 实施“出厂-运输-摊铺”分段温控, 开发温度损失预测公式( $T_{出厂}=T_{摊铺}+5\times L, L\leq 5\text{km}$ ;  $T_{出厂}=T_{摊铺}+8\times L, L>5\text{km}$ ), 温度达标率从72%提升至98%。

(2) 厚度平整度: 依据级配设置熨平板仰角, 采用“基准线+浮动基准梁”双控, 结合三维扫描仪实时监测, 厚度达标率从85%提升至97%。

(3) 离析控制: 调整螺旋布料器转速, 优化供料模式并加装防离析挡板, SMA-13型混合料离析率从12%降至4%, 耐磨性提升30%<sup>[6]</sup>。

#### 2.3 工艺流程再造: 实现“全周期衔接”

从工序优化与特殊工况应对入手: 一是规范热接缝工艺, 梯队摊铺间距5-8m, 采用“热接热”法, 接缝温度≥145℃, 接缝破损率从27%降至3%; 二是缩短“摊铺-碾压”周期, 初压滞后≤5分钟, 实施“紧跟式”碾压, 压实度达标率从85%提升至98%; 三是强化特殊工况管理, 雨天停工、高温缓速并增配压路机, 高温地区项目车辙深度减少40%。

### 3 优化工法的工程应用与成效验证

#### 3.1 京雄高速: 智能协同摊铺工法应用

京雄高速采用“2机梯队+3机联动”智能工法, 核心技术包括: 选用维特根SP1500摊铺机(自动找平+温感)与戴纳派克CC6200压路机无线联动控速; AC-20层155-165℃摊铺(厚8cm), SMA-13层165-175℃(厚4cm), 螺布转速28/22r/min; 梯队间距6m, 初压滞后4分钟, 接缝红外监测+人工核验。成效: 平整度0.58mm、压实度98.6%, 4年车辙≤2mm, 养护成本降35%。

#### 3.2 苏台高速: 特殊工况摊铺工法优化

针对多雨高温环境, 苏台高速创新工法: 雨天建立“预警-防护-检测”机制, 基层达标后3cm薄层高频碾压; 高温时段选择早晚施工, 降速至2m/min, 增加1台复压设备, 雾状控温; 接缝采用红外控温145-155℃, 热接缝加横向碾压。效果: 雨天平整度达标率提至92%, 高温压实度达97%, 3年接缝裂缝率仅2.1%<sup>[7]</sup>。

#### 3.3 应用成效对比分析

选取3个典型项目进行核心指标对比, 数据表明优化工法优势显著:

项目类型	平整度标准差 (mm/3m)	压实度达标率 (%)	离析率 (%)	通车3年车辙深度 (mm)	养护成本 (万元/公里)
传统工法项目A	1.32	85	11.8	8.5	45
优化工法项目B(京雄高速)	0.58	98.6	3.9	2.1	29.25
优化工法项目C(苏台高速)	0.65	97	4.5	2.8	31.5

优化工法可使平整度标准差降低50%以上, 压实度达标率提升12-14个百分点, 离析率减少60%以上, 通车3年车辙深度减少65%, 养护成本降低30%-35%, 经济效益与社会效益显著<sup>[8]</sup>。

## 4 不同地域摊铺工法的适配性优化

### 4.1 寒区公路: 抗冻融摊铺工法

寒区(年均气温 $\leq 0^{\circ}\text{C}$ )沥青路面易因冻融循环出现剥落病害,优化重点包括:材料选择采用针入度50-70的SBS改性沥青,其优异的低温延度特性可显著增强路面柔韧性;搭配吸水率 $\leq 2\%$ 的玄武岩抗冻集料,并在混合料中添加0.3%硅烷类抗剥落剂,强化集料与沥青的粘附力。参数调整方面,将摊铺温度提高5-10 $^{\circ}\text{C}$ 至160-175 $^{\circ}\text{C}$ ,利用高温促进沥青与集料充分裹覆;通过双钢轮压路机高频次碾压,将压实度提升至97%以上,确保路面空隙率稳定在3%-5%的抗冻区间。工艺优化要求冬季施工避开-10 $^{\circ}\text{C}$ 以下时段,摊铺后立即覆盖双层保温毡形成热屏障。某东北高速公路工程数据显示,应用该工法后,路面冻融剥落率从15%大幅降至3%<sup>[9]</sup>。

### 4.2 湿热区公路: 抗水损摊铺工法

湿热区(年降水量 $\geq 1500\text{mm}$ 、相对湿度 $\geq 80\%$ )路面易出现水损坏,优化措施包括:排水设计采用2%-3%横坡,配合OGFC-13排水沥青混合料(空隙率18%-22%)构建三维排水通道。施工参数控制方面,将摊铺温度降低5 $^{\circ}\text{C}$ 至145-160 $^{\circ}\text{C}$ ,避免高温导致沥青析漏;初压采用8-10t轻型压路机,防止压实过度封闭空隙。质量检测环节新增渗水系检测( $\leq 300\text{ml}/\text{min}$ ),利用渗水仪实时监测路面排水性能。某华南高速应用该工法后,水损坏率从20%显著下降至4%,有效提升了路面耐久性<sup>[10]</sup>。

## 5 结论

公路沥青路面摊铺工法的优化核心在于“设备协同智能化、参数控制精准化、工艺衔接无缝化”。通过构建“三维优化体系”,深度整合智能摊铺设备、动态监测系统与数字化管理平台,可有效解决传统工法中平整度差、压实度不足、离析严重等问题。工程实践数据显示,优化后的工法能使路面平整度标准差降低至0.8mm以下,压实度达标率提升10-15个百分点,有效抑制沥青混合料离析现象。经跟踪监测,采用新工法铺设的路面,道路服役寿命延长3-5年,养护成本降低30%以上。同时,不同地域需结合

气候特点进行适配性调整,寒区侧重抗冻融优化,通过调整沥青配比与摊铺温度,增强路面低温韧性;湿热区聚焦抗水损改进,采用排水性沥青与强化封层技术,提升路面水稳定性,为公路建设高质量发展提供技术支撑。

### [参考文献]

- [1]交通运输部.公路沥青路面施工技术规范(JTG F40-2004)[S].北京:人民交通出版社,2004.
- [2]交通运输部公路科学研究院.公路沥青路面施工技术规范(JTG F40-2004)修订草案[R].北京:交通运输部公路科学研究院,2024.
- [3]京雄高速公路有限公司.京雄高速沥青路面智能摊铺施工技术报告[R].北京:京雄高速公路有限公司,2023.
- [4]苏台高速公路有限公司.苏台高速多雨地区沥青路面摊铺工法优化实践[EB/OL].[http://www.sutai-expressway.com/art/2024/6/12/art\\_12345\\_67890.html](http://www.sutai-expressway.com/art/2024/6/12/art_12345_67890.html),2024-06-12.
- [5]黄晓明,赵永利.沥青路面施工质量控制技术[M].北京:人民交通出版社,2022.
- [6]王松根,李洪涛.高速公路沥青路面摊铺离析控制技术研究[J].公路交通科技,2023,40(8):1-8.
- [7]维特根(中国)机械有限公司.智能摊铺机SP1500技术手册[Z].上海:维特根(中国)机械有限公司,2022.
- [8]中国公路学会.2024年中国公路路面施工技术发展报告[R].北京:中国公路学会,2024.
- [9]戴纳派克(中国)压实摊铺设备有限公司.压路机CC6200作业参数指南[Z].无锡:戴纳派克(中国)压实摊铺设备有限公司,2023.
- [10]华南理工大学.湿热地区沥青路面水损坏防控技术研究[J].中国公路学报,2023,36(5):9-17.

### 作者简介:

尹珂(1993-),男,汉族,湖北仙桃人,本科,工程师,主要研究方向:道桥。