

公路工程沥青路面施工工艺优化与质量提升

康森奕

淅川县公路事业发展中心 河南 南阳 473000

摘要:为解决公路沥青路面传统施工工艺精度不足、病害频发等问题,本文系统剖析拌合、摊铺、碾压、养护等工序的现存缺陷,梳理车辙、裂缝、水损害等质量病害成因。结合智能化施工技术与精细化管控理念,优化各环节施工工艺,构建全流程质量保障体系。依托实际高速公路工程验证,优化工艺可显著提升路面压实度与平整度,降低病害发生率,可为同类路面施工质量提升提供技术参考。

关键词:公路工程;沥青路面;施工工艺优化;质量提升

引言:现阶段我国公路交通路网持续完善,通车里程与交通荷载逐年攀升,对沥青路面施工质量、通行耐久性提出更高标准。传统沥青路面施工依赖人工经验,工艺参数把控精度低、工序适配性差,易引发各类路面病害,缩短道路使用寿命、增加运维成本。为改善施工现状、提升路面工程品质,本文针对性优化核心施工工艺,搭建系统化质量管控体系,助力公路沥青路面施工标准化、精细化、智能化发展。

1 公路工程沥青路面传统施工工艺及质量现存问题

1.1 沥青路面传统核心施工工艺

(1) 混合料拌合工艺:采用间歇式拌合设备,按设定配比将矿料与沥青分批计量投放,干拌与湿拌总时长控制在 30~60s,出料温度控制在 160~180℃。(2) 混合料运输与摊铺工艺:自卸车加盖篷布保温运至现场,卸料入摊铺机料斗。摊铺机以 2~4m/min 速度匀速行进,边缘由人工修整,特殊路段采用基准线法辅助控制^[1]。(3) 混合料碾压成型工艺:遵循初压、复压、终压工序。初压采用双钢轮压路机静压 1~2 遍,复压采用胶轮或振动压路机碾压 4~6 遍,终压消除轮迹,碾压终了温度不低于 90℃。(4) 路面接缝与养护工艺:横向接缝采用平接缝或斜接缝,纵向接缝采用热接缝或冷接缝。成型后自然冷却至 50℃ 以下开放交通,常温养护期间禁止车辆通行。

1.2 施工工艺现存核心缺陷

(1) 拌合工艺缺陷:温度把控多依赖操作经验,精准度不足,实际偏差常达 $\pm 15^{\circ}\text{C}$ 以上。投料顺序随意性强,拌合时长不均,部分混合料出现花白料或过拌现象,均匀性与稳定性差。(2) 摊铺工艺缺陷:摊铺机行驶速度波动频繁,供料不足或换车时中途停顿,速度

变化幅度达 1~4m/min。弯道、坡道等特殊路段工艺适配性差,人工修整不规范,路面平整度难以保障。(3) 碾压工艺缺陷:碾压温度区间把控不合理,低温段压实困难、高温段混合料易推移。压路机组合方式单一,未根据路面条件动态调整,压实度不足与局部过压问题并存。(4) 辅助工艺缺陷:接缝处理粗糙,清理不彻底、粘层油涂刷不均,接缝贴合度不足。养护时机把握不准,或过早开放交通致早期破损,或过度封闭影响工期。

1.3 路面施工常见质量病害及成因分析

(1) 车辙病害:表现为行车道轮迹带纵向凹陷。主要成因为混合料中粗集料嵌挤力不足、油石比偏大,碾压压实度低于 98% 设计值,高温条件下车载反复挤压产生塑性流动变形。(2) 裂缝病害:横向裂缝多发生于冬季低温期或基层反射处,由温差收缩应力或基层裂缝向上反射所致;纵向裂缝位于车道边缘或接缝附近,因摊铺搭接不良或基层承载力不均引发。混合料沥青含量偏低时抗裂性能显著下降。(3) 水损害病害:降雨后路面出现松散、剥落或坑槽。因接缝密封不严、压实度局部不足,雨水渗入面层空隙,行车动载产生的孔隙水压反复冲刷,致使沥青膜与集料剥离,逐步扩展为结构性破坏。(4) 平整度超标病害:表现为 3m 直尺下间隙超过 5mm。主要由于摊铺速度波动导致松铺厚度不一,碾压遍数不均使压缩量各异,人工修整随意性大,共同造成路面纵向起伏或横向凹凸超标。

2 公路沥青路面施工工艺优化策略

2.1 沥青混合料拌合工艺优化

(1) 精准把控拌合参数:根据沥青标号及混合料类型差异化设定拌合参数。普通沥青混合料湿拌时间宜控

制在 35~50s, 改性沥青混合料延长至 45~60s 以确保改性剂充分分散。出料温度普通沥青控制在 155~165℃, 改性沥青控制在 170~185℃, 每盘温度偏差严格限定在 $\pm 5^{\circ}\text{C}$ 以内, 严防温度过高导致沥青老化、过低造成集料裹覆不均^[2]。(2) 优化投料拌合流程: 推行“先干后湿、分段拌合”模式, 先将粗细集料与矿粉投入干拌 8~12s, 待骨料均匀升温后再注入沥青湿拌至规定时长。同步增加木质素纤维等稳定剂投放环节, 加料顺序位于干拌末期, 避免纤维结团导致混合料离析, 确保级配精准、油石比稳定。(3) 智能化拌合设备应用: 配置拌合楼智能监控系统, 对每一盘集料称量、沥青计量、拌合温度及周期时长进行动态采集, 自动生成拌合日志。当实测参数偏离预设阈值时, 系统实时预警并自动调整冷料仓转速及热料仓放料比例, 将人为经验判断转变为数据驱动的标准化作业。

2.2 混合料运输与摊铺工艺优化

(1) 运输工艺优化: 自卸车车厢加装双层保温棉毡与可开合篷布, 厢体侧板增设隔热反射层, 确保运输过程中混合料每小时的温降不超过 5°C 。装车时采用“前-后-中”三次移动卸料法, 减少粗集料滚落离析。利用 GPS 调度系统规划最优运输路线, 将运输时长控制在 40min 以内。(2) 匀速连续摊铺优化: 根据拌合楼产量和运输供料能力, 预先计算摊铺机最佳作业速度, 一般定在 2.5~3.5m/min 并保持恒定。运料车与摊铺机协同卸料时做到不撞击、不急刹, 料斗两侧余料定期收拢, 避免供料中断引发停机。配备专人监控熨平板加热温度和夯锤频率, 确保起步平稳、中途无停顿。(3) 特殊路段摊铺优化: 坡道路段摊铺时适当降低速度至 1.5~2.0m/min 并增大振捣振幅, 防止混合料在重力作用下向下滑移。弯道及交叉口处采用两台摊铺机联合作业, 外侧摊铺机适当抬高基准线以形成合理横坡, 边缘部位由熟练工配合小型夯实机具精细化修整^[3]。

2.3 路面碾压成型工艺优化

(1) 科学划分碾压温度区间: 根据混合料类型与环境温度动态设定三阶段温度标准。初压温度普通沥青不低于 145°C 、改性沥青不低于 160°C , 复压温度分别不低于 130°C 和 150°C , 终压结束温度分别不低于 90°C 和 120°C 。高温季节适当调低初始碾压温度 $2\sim 3^{\circ}\text{C}$, 低温季节采取延长保温措施确保各阶段温度达标。(2) 优化碾压设备组合与工序: 推行“双钢轮初压+胶轮复压+双钢轮终压”标准组合。初压采用双钢轮压路机前进静压、后退弱振各 1 遍, 复压采用胶轮压路机搓揉碾压 4 遍后叠加双钢轮强振 2 遍, 终压采用双钢轮静压 2~3 遍消除

轮迹。碾压重叠宽度为钢轮 1/3 轮宽、胶轮 1/2 轮宽, 碾压段长度控制在 50~80m。(3) 杜绝碾压质量缺陷: 对阴阳角、检查井周边及接缝两侧薄弱区域, 改用小型压路机或平板振动夯补压 2~3 遍。碾压后及时用 3m 直尺检测平整度, 对过压泛油区或漏压疏松区及时标记返工, 确保全断面压实度均匀达到 98% 以上。

2.4 接缝处理与养护工艺优化

(1) 横纵接缝精细化处理: 横向接缝采用垂直平接缝工艺, 用切割机将前日施工端部切除成整齐断面, 涂刷高粘改性乳化沥青粘结层后预热 3~5min, 再铺筑新混合料并用钢轮压路机横向碾压密实。纵向接缝优先采用热接缝工艺, 两台摊铺机前后相距 5~10m 同步作业; 冷接缝须将已铺边部切齐并涂刷粘层油, 搭接宽度控制在 5~8cm, 碾压时重点加强 2~3 遍^[4]。(2) 科学化养护工艺优化: 根据施工期间气温确定封闭养护时间, 气温高于 30°C 时养护不少于 24h, 气温 $10\sim 30^{\circ}\text{C}$ 时不少于 48h, 气温低于 10°C 时延长至 72h 以上。养护期间全封闭交通管制, 覆盖土工布或洒水保湿, 避免阳光直射致表层温度剧变引发微裂缝。开放交通前全面检查压实度、平整度及接缝密实度, 全部合格后方可解除封闭。

3 公路工程沥青路面施工质量提升保障体系与工程验证

3.1 施工全流程质量管控体系构建

(1) 事前预防: 实行原材料“先检后用”, 沥青针入度、软化点、延度及骨料压碎值、含泥量等合格方可进场。依据 JTGF40 优化目标与生产配合比, 经马歇尔试验确定最佳油石比。开工前由技术负责人逐级交底至班组, 完成拌合楼标定、摊铺机熨平板预热及压路机振幅校验, 排查设备隐患并建立台账。(2) 事中动态管控: 在拌合、摊铺、碾压环节设专职质检员, 全程追踪记录混合料出料、到场、摊铺及碾压终了温度。采用红外热成像仪监测温度场, 超差即叫停整改。利用摊铺速度记录仪和碾压计数器动态采集参数, 专人旁站, 确保工序受控。(3) 事后核验: 依据 JTGF80/1-2017 全面检测。厚度采用钻芯法每车道每 200m 取 1 点; 压实度以核子密度仪配合钻芯双控评定; 平整度用 3m 直尺及连续式平整度仪逐段检测; 渗水系数每 500m 测 1 处。汇总指标形成质量评定报告, 作为工序交接与结算依据。

3.2 人员、设备与材料质量保障措施

(1) 人员保障: 施工前组织全体作业人员开展工艺交底与技能专项培训, 拌合操作手、摊铺机驾驶员、压路机操作手等关键岗位须持证上岗。明确项目经理、

技术负责人、质检员、施工员各级岗位职责,实行工序实名签认制度,定期开展质量通病防治专题培训,提升施工团队专业能力与质量意识。(2)设备保障:建立“一机一档”设备维护台账,拌合楼计量系统每周标定一次,温度传感器每作业日校验一次。摊铺机自动找平装置及振捣机构每日开工前试运转检查,压路机洒水系统与振动频率定期校准。同步引入智能摊铺厚度传感器及压实度实时反馈装置,提升设备作业精准度与标准化水平^[5]。(3)材料保障:建立原材料全流程溯源机制,沥青须提供出厂检验报告及运单溯源信息,骨料按产地及规格分批存放并标识清晰。每批次材料进场后按规范频率取样复检,针对高温季节适当提高沥青高标号选用比例,多雨地区重点控制骨料亲水系数,确保材料选型与施工环境精准匹配。

3.3 工程实例应用与效果分析

(1)工程概况:选取某高速公路沥青路面上面层 SMA-13 施工段,全长 7.2km,路面宽度 11.25m,设计厚度 4cm。施工期平均气温 28~35℃,地处湿热多雨地区,主线平曲线半径小且纵坡较大,施工重难点集中在陡坡路段摊铺匀速性控制及接缝密实度保障。(2)优化工艺落地应用:将本文第 3 章优化工艺全面应用于该标段施工。拌合阶段启用智能监控系统实时校准生产参数,摊铺阶段设定恒定速度 3.0m/min 并配置双机联铺,碾压阶段按“双钢轮初压 2 遍+胶轮复压 4 遍+双钢轮终压 2 遍”组合模式执行,接缝全部采用热接缝工艺,同步落实全流程质量管控,各工序均有专人旁站记录。(3)施工质量效果对比:经检测,优化工艺段落压实度平均值达 98.6%、合格率 100%,平整度标准差控制在 0.8mm 以内,渗水系数平均值 120ml/min,均优于传统工艺段落(压实度 97.2%、平整度标准差 1.2mm、渗水系数 220ml/min)。通车运行一年后,优化段落未发现明显车辙及水损害病害,裂缝密度较传统段落降低约 60%,施工效益显著。

3.4 质量提升长效优化建议

(1)建立施工工艺动态优化机制:定期收集施工质

量检测数据与运营期病害观测资料,结合不同地区气候条件、交通荷载等级及原材料供应变化,每季度组织技术团队对配合比及施工参数进行复盘分析与迭代更新,形成“施工-检测-反馈-优化”闭环管理循环。(2)推进施工智能化与数字化转型:加大拌合站无人化值守系统、摊铺机 3D 找平及 GPS 定位技术、压路机无人驾驶集群作业等智能装备推广应用力度。搭建施工质量大数据管理平台,实现各工序关键参数实时上传、自动预警与远程监管,推动质量管控从人工经验判断向数据决策转变。(3)完善施工质量考核与责任追溯制度:构建覆盖拌合、运输、摊铺、碾压、养护全链条量化考核指标体系,将油石比偏差率、温度合格率、平整度达标率等核心指标纳入月度绩效考核。实行终身责任追溯机制,对质量不达标工序倒查责任到人,形成刚性约束,筑牢施工质量管理底线。

结束语

本文立足公路沥青路面施工痛点,完成各核心工序工艺优化,建立全流程质量保障体系,经工程实践证实优化方案可有效提升路面施工质量,大幅降低后期病害概率。后续施工需持续推进工艺动态迭代与智能设备应用,完善质量考核与责任追溯机制。通过常态化技术优化与精细化管控,全面提升沥青路面施工稳定性与耐久性,延长道路服役周期,助力公路工程高质量发展。

参考文献

- [1] 李富东.公路沥青路面施工工艺优化与耐久性提升分析[J].工程技术与管理,2026,10(01):71-75.
- [2] 马贤勇.基于材料信息学的沥青混合料性能提升研究综述[J].中国公路学报,2024,37(04):98-120.
- [3] 尹珂.公路沥青路面摊铺工法优化与应用研究[J].工程技术发展,2025,6(07):94-98.
- [4] 王华宁.公路工程沥青路面施工质量控制的关键技术研究[J].建筑工程进展,2025,5(04):66-70.
- [5] 杨健.公路工程温拌沥青施工工艺优化及质量控制[J].工程设计与施工,2025,7(07):159-162.