

公路工程沥青混凝土路面施工技术要点

徐 涛

海宁市公路与运输管理服务中心 浙江 嘉兴 314400

摘 要：沥青混凝土路面作为公路工程的核心结构形式，其施工质量直接影响道路使用寿命、行车安全及经济性。本文基于国内外最新研究成果，系统梳理沥青混凝土路面施工全流程技术要点，涵盖材料选择、拌和工艺、摊铺碾压、接缝处理及质量检测等关键环节。通过分析材料性能参数控制、施工设备选型、环境适应性调整等核心技术，提出基于全生命周期管理的质量控制体系，为提升公路工程沥青路面施工标准化水平提供理论支撑与实践指导。

关键词：公路工程；沥青混凝土；施工技术；质量控制；全生命周期管理

1 引言

随着我国交通基础设施建设的快速发展，沥青混凝土路面因其平整度高、行车舒适、维修便捷等优势，已成为高等级公路的主要结构形式。据统计，我国高等级公路中沥青路面占比已超过90%，但其早期病害问题仍较为突出。研究表明，施工阶段的质量缺陷是导致路面早期损坏的主要原因，其中材料离析、压实度不足、接缝处理不当等问题占比达65%以上。因此，系统研究沥青混凝土路面施工技术要点，建立标准化施工流程，对提升公路工程质量具有重要意义。

2 施工材料选择与质量控制

2.1 沥青材料性能要求

沥青作为胶结材料，其性能直接影响混合料的路用性能。根据《公路沥青路面施工技术规范》（JTGF40-2004），高等级公路宜采用A级道路石油沥青，其技术指标需满足：针入度（25℃，100g，5s）60~80（0.1mm）、软化点（环球法） $\geq 50^{\circ}\text{C}$ 、15℃延度 $\geq 100\text{cm}$ 。对于重交通路段，建议采用SBS改性沥青，其高温稳定性（60℃动力粘度 $\geq 20000\text{Pa}\cdot\text{s}$ ）和低温抗裂性（-10℃弯曲试验破坏应变 $\geq 2500\mu\epsilon$ ）显著优于普通沥青。

2.2 集料质量标准

集料质量对混合料骨架结构形成至关重要。粗集料应选用坚硬、耐磨的玄武岩或石灰岩，其压碎值 $\leq 26\%$ 、洛杉矶磨耗损失 $\leq 28\%$ 、针片状颗粒含量 $\leq 12\%$ 。细集料宜采用机制砂，其表观相对密度 $\geq 2.60\text{t}/\text{m}^3$ 、砂当量 $\geq 60\%$ 。矿粉需采用石灰岩或岩浆岩强基性岩石磨细制成，其亲水系数 < 0.8 、塑性指数 < 4 。

2.3 混合料配合比设计

混合料配合比设计是保障路面性能的核心环节。马歇尔设计方法通过体积指标与力学性能的双重控制，确保混合料具备适宜的空隙结构。空隙率控制在3%~5%

范围内，既可防止雨水渗入导致水损害，又能避免空隙过小引发发热稳定性问题^[1]。矿料间隙率（VMA）需达到14%以上，为沥青提供足够的填充空间，沥青饱和度（VFA）维持在65%~75%区间，可实现粘结力与变形能力的平衡。水稳定性检验中，浸水马歇尔残留稳定度应高于80%，冻融劈裂强度比需达到75%以上，确保路面在潮湿环境下不发生剥落破坏。高温性能通过动稳定度指标评价，普通沥青混合料需满足4000次/mm以上，改性沥青则应达到6000次/mm，以适应重交通荷载作用。

3 施工设备选型与调试

3.1 拌和设备配置

拌和设备的性能直接影响混合料的生产质量。间歇式拌和机通过独立计量系统实现各档集料的精确配比，冷料仓数量不少于5个，并配备变频调速装置，可根据生产需求动态调整供料速度。干燥筒加热能力需达到120t/h以上，采用重油/天然气双燃料燃烧器，确保集料加热温度均匀性。拌和锅容积不小于3000kg，每盘拌和时间控制在45~60秒范围内，其中干拌时间不少于5秒，保证矿粉充分分散。二级除尘系统通过旋风除尘与布袋除尘的组合应用，将粉尘排放浓度控制在50mg/m³以下，满足环保要求。

3.2 摊铺设备选型

摊铺设备的选型需与路面宽度及施工效率相匹配。全幅摊铺机最大摊铺宽度应达到12m以上，螺旋布料器直径不小于400mm，确保大宽度摊铺时离析现象得到有效控制。熨平板加热功率需达到15kW以上，预热温度维持在100℃以上，防止混合料粘附导致表面质量缺陷。非接触式自动找平系统通过平衡梁实现高程控制，平衡梁长度建议采用8m以上，可有效过滤基层起伏对平整度的影响。摊铺速度控制精度需达到 $\pm 0.1\text{m}/\text{min}$ ，振捣频率可在0~1500rpm范围内调节，适应不同厚度路面的压实需求。

3.3 压实设备组合

压实设备组合应遵循“钢轮+胶轮+钢轮”的复式碾压原则。初压阶段采用双钢轮压路机（自重 $\geq 10\text{t}$ ）进行静压，通过2遍碾压消除混合料内部空隙，速度控制在2~3km/h以避免推移现象。复压阶段使用轮胎压路机（总质量 $\geq 25\text{t}$ ）进行揉压，4~6遍碾压使集料重新排列形成致密结构，速度可提高至3~5km/h。终压阶段再次采用双钢轮压路机进行静压，1~2遍碾压消除轮迹并稳定表面结构，速度控制在3~6km/h。这种组合方式可充分发挥不同压路机的性能优势，实现压实度与平整度的协同提升。

4 施工工艺关键技术

4.1 基层处理技术

基层处理质量直接影响沥青面层的附着性能。对于基层裂缝，需根据宽度采取差异化处理措施：宽度小于5mm的裂缝采用灌缝处理，使用改性沥青或聚氨酯密封材料填充；宽度 $\geq 5\text{mm}$ 的裂缝则需进行铣刨重铺，在裂缝两侧各延伸30cm进行基层修复^[2]。基层清洁处理采用高压空气吹扫与森林灭火器清扫的组合工艺，先通过高压空气清除表面浮尘，再利用森林灭火器产生的高速气流进一步清理缝隙中的杂质，确保基层表面清洁度达到95%以上。透层施工选用慢裂型乳化沥青（PC-2），喷洒量控制在0.7~1.5L/m²范围内，通过渗透作用增强基层与面层的粘结强度，渗透深度需达到5mm以上方可进行后续施工。

4.2 混合料拌和控制

混合料拌和控制需建立温度-时间-质量的三维管控体系。沥青加热温度控制在155~165℃区间，集料加热温度需达到170~185℃，确保混合料出厂温度稳定在145~165℃范围内。温度过高会导致沥青老化，温度过低则影响压实效果。级配控制采用“冷料仓标定+热料仓筛分”的双控法，通过试验段确定各档集料的供料比例，生产过程中每200t抽检一次热料仓级配，确保实际级配与设计级配偏差不超过 $\pm 1\%$ 。油石比控制通过离心分离法检测，每盘拌和料抽检频率不低于1次/200t，允许偏差范围为 $\pm 0.1\%$ ，超出范围需立即调整计量系统。

4.3 摊铺作业技术

摊铺作业质量取决于温度、速度与松铺系数的协同控制。摊铺温度需根据沥青类型动态调整：普通沥青混合料开始摊铺温度不低于160℃，终压温度不低于90℃；改性沥青混合料相应提高至165℃和110℃。摊铺速度应根据拌和能力确定，一般控制在2~4m/min范围内，保持匀速连续作业以避免停机待料导致的温度离析。松铺系数通过试验段确定，一般范围为1.15~1.25，每100m检测

3个断面，根据实测厚度与设计厚度的比值动态调整摊铺机参数。摊铺过程中需安排专人检查螺旋布料器转速，确保其与摊铺速度匹配，防止离析现象发生。

4.4 碾压工艺优化

碾压工艺优化需把握“紧跟、慢压、高频、低幅”的原则。初压时机选择在混合料温度降至135~145℃时开始，紧跟摊铺机作业以减少热量散失。碾压路线采用“前进静压+后退振动”模式，压路机驱动轮面向摊铺机，避免混合料推移。边缘处理采用小型振动压路机对路缘石边缘进行补压，压实度需达到98%以上，防止雨水渗入导致边缘破坏^[3]。复压阶段通过增加胶轮压路机碾压遍数提高密实度，轮胎压路机总质量不低于25t，轮胎气压控制在0.6MPa左右，确保足够的接地压力。终压阶段采用双钢轮压路机消除轮迹，碾压终了温度普通沥青不低于80℃，改性沥青不低于90℃。

4.5 接缝处理技术

接缝处理质量直接影响路面整体性能。纵向接缝采用热接缝技术，上下层纵向接缝错开150mm以上，摊铺时预留10~15cm宽度不碾压，作为后续摊铺的高程基准面。横向接缝采用平接缝形式，摊铺前在接缝处涂刷乳化沥青，碾压时横向碾压3~5遍，第一遍碾压采用静压，后续碾压逐渐增加振幅，确保接缝处压实度与平整度达标。桥头过渡段采用“台阶式”处理，每层错台宽度不小于30cm，通过台阶结构增强桥头与路堤的衔接性能，减少不均匀沉降导致的跳车现象。

5 施工环境适应性调整

5.1 高温季节施工

高温季节施工需重点解决热量积聚导致的质量缺陷。作业时间调整为避开10:00~16:00高温时段，选择清晨或傍晚温度较低时段施工。运输车辆数量较常温增加20%~30%，缩短运输周期，减少混合料在运输过程中的温度损失。采用喷淋装置对摊铺层表面进行降温处理，但需控制降温幅度不超过10℃，避免因温度骤降导致收缩裂缝。摊铺机熨平板配备强制冷却系统，防止高温导致熨平板变形影响平整度。

5.2 低温季节施工

低温季节施工需通过预热与保温措施保障施工质量。基层预热温度需达到10℃以上，采用红外线加热器或燃气加热器进行局部加热。摊铺机熨平板预热温度维持在120℃以上，防止混合料粘附。混合料运输车加盖双层棉被，车厢四周包裹保温层，减少热量散失。摊铺层表面覆盖保温膜，延缓温度下降速度。压实工艺调整为增加胶轮压路机碾压遍数，终压温度提高至100℃以上，

确保混合料在低温条件下仍能达到设计压实度。

5.3 雨季施工

雨季施工需建立完善的排水与防雨体系。施工段设置临时排水沟,确保纵坡不小于0.3%,防止积水浸泡基层。准备防雨棚2000m²/km,遇雨时立即覆盖未压实路段,雨后需晾晒至含水量 $\leq 5\%$ 方可继续施工^[4]。质量检测环节增加含水量测定项目,雨后施工段需重新检测压实度和平整度,不合格段需铣刨重铺。基层处理采用“宁高勿低”原则,预留排水坡度,避免雨水积聚导致软化破坏。

6 施工质量控制体系

6.1 过程质量控制

过程质量控制建立“三检制”分级管理体系。自检环节由施工班组在每道工序完成后进行100%检查,重点检查表面平整度、接缝处理等直观质量指标。互检环节由下道工序班组对上道工序进行抽检,抽检比例不低于30%,主要验证关键参数是否符合设计要求。专检环节由质检工程师进行独立抽检,采用无损检测设备对压实度、厚度等隐蔽指标进行全面检测,关键工序抽检比例达到100%。三级检测体系形成质量管控闭环,确保每个施工环节均处于受控状态。

6.2 质量检测指标

质量检测指标涵盖结构性能与使用性能两大维度。压实度检测采用钻芯法与核子密度仪法相结合,以马歇尔密度为基准,每200m检测1点,合格率需达到100%。平整度检测采用3m直尺法,每200m测2处 $\times 10$ 尺,标准差 σ 值控制在1.2mm以内。厚度检测通过钻芯取样测定,每200m测1点,允许偏差为设计值 ± 5 mm。渗水系数检测采用路面渗水仪,每200m测1点,结果需 ≤ 80 mL/min,确保路面防水性能。构造深度检测采用砂铺法,每200m测1点,范围控制在0.7~1.1mm,保障路面抗滑性能。

6.3 质量缺陷处理

质量缺陷处理建立分级响应机制。一般缺陷指局部

压实度不足或平整度偏差,需在24h内完成整改,通过补压或铣刨重铺恢复设计要求。严重缺陷涉及大面积离析或厚度不足,需在48h内制定专项处理方案,经监理单位审批后实施。重大缺陷如结构层厚度不满足设计要求,必须立即停工整改,对缺陷段进行全部返工处理。所有质量缺陷均需建立处理档案,记录缺陷位置、处理措施及验收结果,为后续质量追溯提供依据。

结语

本文系统阐述了公路工程沥青混凝土路面施工的关键技术要点,通过材料性能控制、设备优化配置、工艺参数精细化调整等措施,可显著提升路面施工质量。未来研究应重点关注以下方向:智能压实技术应用方面,可利用北斗定位与物联网技术构建压实质量实时监控系统,通过传感器网络采集压实度、温度等参数,实现施工过程的数字化管控;再生材料利用领域,需开发高比例RAP料($\geq 40\%$)的热再生技术,通过添加再生剂恢复旧沥青性能,降低资源消耗与环境污染;绿色施工技术研究方面,可探索温拌沥青、橡胶沥青等环保型材料的应用,通过降低施工温度减少能源消耗与有害气体排放;全生命周期管理方面,应建立基于BIM技术的施工质量追溯系统,集成设计、施工、养护全过程数据,为路面性能评估与维护决策提供科学依据。通过技术创新与标准化管理相结合,我国公路沥青路面施工质量必将达到国际先进水平,为交通强国建设提供坚实保障。

参考文献

- [1]黄明华.公路工程沥青混凝土路面施工技术应用[J].交通科技与管理,2025,6(07):146-148.
- [2]晁峰.公路工程沥青混凝土路面施工技术的应用[J].汽车画刊,2025,(02):119-121.
- [3]王书强.基于公路工程建设的沥青混凝土路面施工技术研究[J].中华建设,2025,(02):172-174.
- [4]严修统.公路工程沥青混凝土路面施工要点研究[J].运输经理世界,2025,(02):10-12.