

公路沥青路面施工技术与质量管理

蔡方华

新疆生产建设兵团建筑工程科学技术研究院有限责任公司 新疆 乌鲁木齐 830000

摘要: 公路沥青路面施工技术与质量管理是保障道路质量的关键。施工技术涵盖原材料选择、配合比设计、摊铺、碾压及接缝处理等环节,需严格把控各环节参数,如沥青高温稳定性、级配优化等。质量管理则需构建完善体系,明确各方职责,加强原材料检验、施工过程监控及成品验收。通过科学管理与精准操作,可提升路面平整度、压实度及耐久性,延长使用寿命,降低养护成本,为交通基础设施高质量发展奠定基础。

关键词: 公路沥青路面; 施工技术; 质量管理

引言: 公路沥青路面作为现代交通体系的重要组成部分,其施工质量直接关系到道路的使用性能、行车安全及耐久性。随着交通量的持续增长和重载车辆的增多,对沥青路面的施工技术与质量管理提出了更高要求。科学合理的施工技术是保障路面质量的前提,而严格细致的质量管理则是确保施工效果的关键。本文旨在探讨公路沥青路面施工的核心技术要点与质量管理策略,以期提升路面施工质量、延长使用寿命提供理论支持与实践指导。

1 公路沥青路面施工技术要点

1.1 原材料选择与质量控制

(1) 沥青材料需满足高温稳定性、低温抗裂性及耐久性要求。基质沥青应依据气候分区选用,如北方寒冷地区优先选针入度较大的A级沥青;改性沥青适用于重载或恶劣环境路段,SBS改性沥青需检测弹性恢复率($\geq 70\%$)、软化点($\geq 60^\circ\text{C}$)等指标,且进场需每批次检测针入度、延度等关键性能。(2) 集料级配需符合设计规范,碎石应选用压碎值 $\leq 26\%$ 、洛杉矶磨耗损失 $\leq 28\%$ 的碱性岩石,粗集料粒径偏差控制在 $\pm 5\%$ 内;矿粉需采用石灰岩磨制,亲水系数 ≤ 1.0 ,含水量 $\leq 1\%$,级配曲线需通过 0.075mm 、 2.36mm 等关键筛孔,确保骨架密实结构形成。(3) 抗剥落剂用于改善集料与沥青黏结性,掺量通常为沥青质量的 $0.3\% \sim 0.5\%$,需提前与沥青预混;温拌剂可降低施工温度 $20 \sim 30^\circ\text{C}$,掺量按产品说明控制,且需验证混合料低温性能。

1.2 配合比设计方法

(1) 马歇尔设计法适用于中轻交通路段,以稳定度、流值为核心指标,试验温度 60°C ; Superpave设计法针对重载交通,采用旋转压实仪,注重体积指标与抗车辙性能,设计旋转次数为100次,两者均需进行水稳定性验证(残留稳定度 $\geq 80\%$)。(2) 级配优化需控制关键筛孔通过率,

如 4.75mm 筛孔通过率 $\pm 2\%$, 2.36mm 筛孔通过率 $\pm 1.5\%$; 体积指标中,空隙率控制在 $3\% \sim 5\%$,矿料间隙率(VMA) $\geq 13\%$,沥青饱和度(VFA) $65\% \sim 75\%$,且需通过车辙试验(动稳定度 $\geq 3000\text{次/mm}$)验证高温性能^[1]。

1.3 施工工艺流程

(1) 基层需平整(平整度偏差 $\leq 3\text{mm}/3\text{m}$)、压实(压实度 $\geq 96\%$),采用 3m 直尺检测平整度,环刀法或灌砂法检测压实度,基层表面松散处需清扫并喷洒透层油,用量 $0.7 \sim 1.5\text{L}/\text{m}^2$ 。(2) 摊铺机熨平板预热温度 $\geq 100^\circ\text{C}$,摊铺速度控制在 $2 \sim 6\text{m}/\text{min}$,匀速连续作业;沥青混合料到场温度,普通沥青 $\geq 130^\circ\text{C}$,改性沥青 $\geq 160^\circ\text{C}$,摊铺温度分别不低于 120°C 、 150°C ,采用非接触式红外测温仪实时监测。(3) 碾压采用“初压 \rightarrow 复压 \rightarrow 终压”组合,初压用钢轮压路机(温度 $\geq 110^\circ\text{C}/140^\circ\text{C}$),碾压2遍;复压用胶轮压路机(温度 $\geq 90^\circ\text{C}/120^\circ\text{C}$),碾压4 \sim 6遍;终压用钢轮压路机(温度 $\geq 70^\circ\text{C}/90^\circ\text{C}$),碾压2遍,碾压速度初压 $2 \sim 3\text{km}/\text{h}$,复压 $3 \sim 4\text{km}/\text{h}$,终压 $3 \sim 5\text{km}/\text{h}$ 。(4) 纵向接缝采用热接缝,相邻摊铺带重叠 $5 \sim 10\text{cm}$,碾压时骑缝碾压;横向接缝采用平接缝,切割后清除松散料,涂刷粘层油,摊铺时松铺系数提高 1.05 ,碾压从冷料向热料方向推进^[2]。

1.4 特殊路段施工技术

(1) 特殊场景施工要点突出,桥面铺装需采用抗裂性好的SMA混合料,基层平整度用 2m 直尺检测 $\leq 3\text{mm}$,摊铺时避免摊铺机碰撞护栏,碾压采用小型压路机,防止损伤桥面结构;隧道内路面需控制摊铺温度(比室外高 $5 \sim 10^\circ\text{C}$),加强通风排烟,避免有毒气体积聚;陡坡路段(坡度 $> 5\%$)摊铺时需放慢速度($1.5 \sim 2.5\text{m}/\text{min}$),碾压时增加胶轮压路机遍数,防止混合料滑移。(2) 环保型材料应用技术明确,温拌沥青施工时,拌和温度比热拌低 $20 \sim 30^\circ\text{C}$,摊铺温度 $\geq 120^\circ\text{C}$,碾压温度 $\geq 70^\circ\text{C}$,适用

于低温或环保要求高的路段；橡胶沥青需将废轮胎橡胶粉与基质沥青高温反应制备，施工时摊铺温度 $\geq 160^{\circ}\text{C}$ ，适用于抗裂要求高的路段，如乡村公路或旧路改造，应用时需调整压路机碾压参数，确保压实度达标。

2 公路沥青路面施工质量管理

2.1 质量管理体系构建

(1) 需以ISO9001质量管理体系为基础，融合《公路工程质量检验评定标准》(JTGF80/1)要求，搭建“策划-实施-检查-改进”闭环管理框架。明确质量目标，如单位工程合格率100%、优良率 $\geq 90\%$ ，并制定原材料检验、施工过程管控、成品验收等专项程序文件，配备持证检测人员与校准合格的试验设备，确保体系有效运行。(2) 业主需履行质量监督总责，审批施工方案、组织质量抽检与竣工验收；监理单位承担现场监督职责，对关键工序实行旁站监理，审核检验报告，签发质量整改通知；施工单位为质量责任主体，负责落实质量管控措施，建立班组自检、项目部复检、公司终检的“三检制”，明确各岗位质量职责与追责机制。

2.2 关键工序质量控制

(1) 原材料进场需按批次检验，沥青每批次检测针入度、软化点等指标，集料检测级配、压碎值，添加剂验证掺量效果，不合格材料严禁入场。存储时，沥青采用立式储罐分品种存放，集料按粒径分区堆放并覆盖防雨，矿粉密封存储防止受潮，存储时间超3个月的原材料需重新复检。(2) 混合料拌和需控制温度与时间，普通沥青加热温度 $150\sim 170^{\circ}\text{C}$ ，改性沥青 $160\sim 180^{\circ}\text{C}$ ，集料加热温度比沥青高 $10\sim 20^{\circ}\text{C}$ ，拌和时间为 $30\sim 50\text{s}$ （其中干拌 $5\sim 10\text{s}$ ），确保混合料无花白料、无结块。采用拌和楼自带的温度监测系统与均匀性观测窗口，每小时抽检1次拌和质量。(3) 现场压实度检测以钻芯法为基准，每200m每车道抽检1点，芯样高度偏差 $\leq 2\text{mm}$ ，计算压实度需扣除空隙率影响；核子密度仪法用于快速检测，每100m检测3~5点，检测前需用钻芯法校准，确保检测误差 $\leq 1\%$ 。压实度标准为普通沥青混合料 $\geq 96\%$ ，改性沥青混合料 $\geq 98\%$ 。(4) 平整度采用连续式平整度仪检测，检测速度 $5\sim 10\text{km/h}$ ，每车道每1km输出1个国际平整度指数(IRI)，要求 $\text{IRI} \leq 2.0\text{m/km}$ ；厚度检测结合钻芯法与无核密度仪，钻芯法每200m抽检1点，无核密度仪每50m检测1点，厚度偏差需控制在 $-5\text{mm}\sim +10\text{mm}$ 范围内，实时监测数据及时反馈至摊铺机调整参数^[1]。

2.3 质量检测与验收标准

(1) 试验检测项目需覆盖施工全周期，施工前检测原材料性能，施工中检测混合料马歇尔稳定度（普通沥

青 $\geq 8\text{kN}$ ，改性沥青 $\geq 10\text{kN}$ ）、流值（ $20\sim 40\text{mm}$ ），完工后检测路面车辙试验（动稳定度 $\geq 3000\text{次/mm}$ ）、渗水系数（普通沥青路面 $\leq 300\text{mL/min}$ ，改性沥青路面 $\leq 120\text{mL/min}$ ），以及抗滑性能（摆值 $\geq 45\text{BPN}$ ）。(2) 验收需严格遵循《公路工程质量检验评定标准》，单位工程划分路基、路面等分部工程，按“分项工程-分部工程-单位工程”逐级评定。缺陷判定以规范为依据，如单条裂缝长度 $> 5\text{m}$ 或宽度 $> 5\text{mm}$ 判定为严重缺陷，车辙深度 $> 10\text{mm}$ 需返工处理，验收不合格的路段需制定整改方案并复检，直至达标。

2.4 常见质量问题与防治措施

(1) 裂缝成因包括温度变化（低温收缩裂缝）、荷载作用（疲劳裂缝）、基层沉降（反射裂缝）；车辙多因高温稳定性不足、混合料级配偏细或压实度不够；松散源于沥青与集料黏结不良、施工温度过低或雨水侵入。需结合钻芯取样、地质雷达检测等手段，精准分析病害成因。(2) 预防性养护可采用雾封层、微表处技术，在路面出现轻微裂缝或渗水时及时处理，雾封层用量 $0.3\sim 0.5\text{L/m}^2$ ，微表处厚度 $5\sim 10\text{mm}$ 。修补工艺方面，裂缝采用灌缝处理，先清缝再灌注改性沥青密封胶；车辙深度 $5\sim 15\text{mm}$ 时采用铣刨重铺，深度 $> 15\text{mm}$ 需开挖至基层修复；松散路段需彻底清除松散部分，喷洒粘层油后重铺混合料，确保修补处与原路面平顺衔接^[4]。

3 公路沥青路面施工技术与质量管理的创新实践

3.1 智能化施工技术应用

(1) 无人驾驶摊铺机已在国内多条高速公路应用，如某省高速公路改扩建项目中，采用搭载激光定位与毫米波雷达的无人驾驶摊铺机，通过预设施工参数（摊铺速度 3m/min 、摊铺厚度 8cm ）实现自动找平与连续作业，结合北斗定位系统，摊铺平整度偏差控制在 $\pm 2\text{mm}$ 内，较人工操作效率提升20%。智能压实监控系统同步配套使用，如某项目采用的压实度实时监测系统，通过安装在压路机上的传感器，实时采集碾压轨迹、力度与温度数据，传输至后台终端生成压实度云图，当检测到压实度不足区域（ $< 96\%$ ）时自动预警，避免漏压或过压，该系统应用后压实度合格率从92%提升至98%。(2) BIM技术在施工模拟与质量管理中逐步推广，某市政道路项目利用BIM软件构建路面施工三维模型，提前模拟混合料运输路线、摊铺机与压路机作业顺序，优化施工组织方案，减少设备闲置时间30%。在质量管理中，将原材料检验数据、施工检测结果（如压实度、厚度）关联至BIM模型对应构件，形成“模型-数据”一体化管理，管理人员通过模型可快速溯源任意路段施工质量信息，如点击某段路

面模型,即可查看该区域马歇尔稳定度检测值、碾压温度曲线等数据,实现质量问题精准定位与追溯^[5]。

3.2 绿色施工与可持续发展

(1)再生沥青混合料(RAP)回收利用技术成熟度不断提升,某高速公路大修项目中,将铣刨回收的旧沥青路面材料(RAP)破碎筛分后,按30%比例掺入新混合料,通过调整配合比(增加改性剂掺量0.2%)与优化拌和工艺(延长干拌时间5s),使再生混合料性能达到规范要求,马歇尔稳定度 $\geq 9\text{kN}$,车辙动稳定度 ≥ 3200 次/mm,该项目共回收利用RAP材料1.2万吨,减少石料开采量8000立方米,降低碳排放约150吨。(2)温拌沥青与低噪音路面环保效益显著,温拌沥青施工温度较热拌沥青降低25°C,某项目应用后,每万吨混合料减少燃煤消耗1.2吨,减少有害气体(如NO_x)排放30%,同时降低施工人员高温作业风险。低噪音路面采用间断级配设计,通过增加粗集料含量(4.75mm以上集料占比65%)形成多孔结构,某城市快速路应用后,路面噪音较普通沥青路面降低4-6分贝,车辆通行时周边居民区噪音达标率从75%提升至92%,兼具环保与民生效益。

3.3 全生命周期质量管理理念

(1)动态质量监控模式覆盖设计、施工、养护全阶段,设计阶段采用有限元分析软件模拟路面结构受力,优化基层厚度与沥青层材料选型;施工阶段通过物联网设备(如智能传感器、移动检测终端)实时采集质量数据,实现“边施工边监测”;养护阶段建立路面性能数据库,定期检测路面裂缝、车辙等指标,如某高速公路采用的“养护决策系统”,根据检测数据自动评估路面剩余寿命,当路面PCI(路面状况指数)降至80以下时,自动推送预防性养护建议(如微表处施工),避免过度养护或

养护不及时。(2)大数据分析在路面性能预测中发挥重要作用,某省交通部门构建省级路面大数据平台,整合省内5000公里公路的施工数据(如材料参数、施工工艺)、运营数据(交通量、荷载类型)与环境数据(温度、降雨量),采用机器学习算法建立路面性能预测模型,可提前3-5年预测路面车辙深度、裂缝发展趋势,预测准确率达85%以上。基于预测结果,该部门合理制定养护计划,将养护成本降低18%,同时延长路面平均使用寿命2年。

结束语

公路沥青路面施工技术与质量管理是保障道路安全畅通、提升服务品质的核心环节。通过精准把控原材料性能、优化配合比设计、规范施工工艺流程,并构建全流程质量管理体系,能够有效提升路面的平整度、抗滑性及耐久性。未来,随着智能化监测、绿色再生技术及全生命周期管理理念的深度应用,沥青路面施工将向精细化、环保化、智能化方向发展,为构建安全、高效、可持续的交通基础设施提供坚实支撑。

参考文献

- [1]郑航飞.高速公路沥青路面施工质量控制技术[J].城市建设理论研究(电子版),2025,(07):146-148.
- [2]许琦.公路工程沥青路面施工技术及其质量控制要点[J].运输经理世界,2025,(04):55-57.
- [3]张进成.公路工程沥青路面施工技术与质量控制策略[J].汽车周刊,2024,(12):99-101.
- [4]徐昱.公路工程沥青路面施工技术质量控制要点研究[J].中国住宅设施,2025,(05):137-139.
- [5]山发军.公路工程沥青混凝土路面施工质量控制要点分析[J].运输经理世界,2024,(19):64-66.