

公路工程中沥青路面施工工艺研究

李 雷

中国葛洲坝集团三峡建设工程有限公司 湖北 宜昌 071052

摘要: 沥青路面因具有行车舒适、抗滑性能好、养护便捷等优势,成为公路工程的主流路面形式,其施工工艺水平直接决定路面使用寿命与通行质量。当前沥青路面施工中,受原料适配性差、工序衔接不畅、质量管控粗放等因素影响,易出现车辙、裂缝、推移等病害。本文基于公路工程施工实践,系统梳理沥青路面施工基础理论与技术体系,明确施工核心原则,深入剖析施工前期准备、混合料拌和、摊铺碾压等核心工艺的技术要点,构建“质量+安全+智能”的全流程管控体系。研究成果为提升沥青路面施工质量、延长路面服役周期提供实践参考,对推动公路工程建设高质量发展具有重要意义。

关键词: 公路工程; 沥青路面; 施工工艺

引言: 随着我国公路交通网络的不断完善,沥青路面以其优越的使用性能,在高速公路、国省干线及城市道路建设中得到广泛应用。然而,在实际施工中,受原料质量、工艺参数、环境条件等因素影响,部分沥青路面常出现车辙、裂缝、松散等病害,缩短使用寿命并增加养护成本。施工工艺作为连接设计与实体工程的关键环节,其科学性与规范性是保障路面质量的核心。本文基于公路工程施工实践,深入剖析沥青路面施工的核心工艺及技术要点,构建全流程质量安全管控体系,旨在为施工企业提供系统的技术参考,助力提升沥青路面施工质量,保障公路通行安全与耐久性。

1 沥青路面施工基础理论与技术体系

1.1 沥青路面的结构组成与技术特性

沥青路面是由沥青结合料与矿质集料按一定比例混合,经拌和、摊铺、碾压形成的层状结构,典型结构自上而下包括表面层、中面层、下面层与基层、底基层。表面层直接承受行车荷载与环境作用,需具备良好的抗滑性、平整度与抗老化性能,常用细粒式沥青混合料;中下面层侧重承载能力与稳定性,多采用中粒式或粗粒式沥青混合料。沥青路面的核心技术特性体现在黏弹塑性,常温下具有一定柔韧性,能缓冲行车冲击,低温时易脆裂,高温时易软化变形。此外,其还具有不透水性强、施工速度快、养护便捷等优势,但存在耐高温性能较差、易受紫外线老化影响等不足,需通过科学施工工艺平衡各项性能指标。

1.2 影响沥青路面施工质量的关键因素

影响沥青路面施工质量的因素贯穿施工全流程,主要包括原料、工艺、环境三大类。原料因素是基础,沥青的针入度、延度、软化点等指标直接决定结合料性能,

矿料的级配、洁净度、棱角性影响混合料密实度与稳定性,若矿料级配偏粗易导致路面空隙率过大,抗水损害能力下降。工艺因素是核心,混合料拌和温度过高会导致沥青老化,温度过低则拌和不均匀;摊铺速度忽快忽慢易造成平整度偏差;碾压温度与遍数控制不当会影响路面压实度,进而引发车辙或松散病害^[1]。环境因素是保障,施工期间气温低于10℃时,沥青黏度增大,难以压实;雨天施工会导致路面含水量超标,降低结构强度;大风天气则会加速混合料温度散失,影响摊铺质量,因此需根据环境条件调整施工参数。

2 沥青路面施工的核心原则

2.1 原料适配原则

原料适配原则强调沥青结合料与矿质集料的性能匹配,以及原料特性与使用场景的适配,是保障沥青路面质量的前提。一方面需实现原料性能互补,根据矿料的密度、吸水率等指标选择合适的沥青类型,如酸性矿料需搭配碱性沥青以增强黏结力,高等级公路表面层应选用针入度较小、软化点较高的改性沥青,提升耐高温性能。另一方面需结合工程环境适配原料,北方寒冷地区应选用延度大的沥青,增强路面抗低温开裂能力;南方高温地区则需提高沥青软化点,防止高温车辙;山区公路因坡度大、刹车频繁,应选用抗滑性能优的粗集料。同时需严格控制原料进场质量,对每批次沥青、矿料进行抽检,确保各项指标符合规范要求,从源头规避质量风险。

2.2 工序协同原则

工序协同原则要求沥青路面施工各环节紧密衔接、协同运作,形成“准备-拌和-运输-摊铺-碾压-养护”的闭环流程,避免工序脱节导致质量问题。拌和环节需与

摊铺进度精准匹配,根据摊铺速度调整拌和产量,确保混合料连续供应,避免出现施工中断或混合料积压老化。运输环节需与拌和、摊铺工序协同,运输车辆数量应满足“拌和机不停机、摊铺机不等待”的要求,同时采用保温覆盖措施,控制混合料温度损失。摊铺与碾压工序需实时协同,碾压设备应紧跟摊铺机,在混合料最佳碾压温度区间完成初压、复压、终压,避免温度下降后难以压实。此外,各工序间需建立信息沟通机制,如摊铺现场及时反馈混合料温度、和易性等信息,便于拌和站调整参数,实现全流程协同管控^[2]。

2.3 质量优先原则

质量优先原则是沥青路面施工的核心准则,要求在施工进度、成本控制与质量保障发生冲突时,始终将质量放在首位,通过全流程质量管控实现路面长期服役性能。施工前需制定详细的质量控制方案,明确各工序质量标准与检测频率,如混合料马歇尔稳定度、流值等指标的检测频率应不低于每班1次。施工过程中需强化现场质量巡检,摊铺环节重点检查平整度、摊铺厚度,碾压环节实时监测压实度,发现偏差立即调整施工参数。同时需摒弃“重施工轻养护”的理念,严格执行后期养护工艺,如路面成型后及时封闭交通,按规范进行初期养护,避免早期损伤。质量优先并非忽视成本与进度,而是通过科学管理实现质量、成本、进度的平衡,如合理优化施工工艺降低返工成本,保障施工质量的同时提升整体效益。

3 沥青路面施工核心工艺及技术要点

3.1 施工前期准备与原料控制

施工前期准备需兼顾场地、设备与原料三方面,为后续施工奠定基础。场地准备方面,需平整拌和站与摊铺作业面,硬化拌和站场地防止泥土污染原料,合理规划原料堆放区、混合料成品区,确保分区明确、排水畅通。设备准备方面,需对拌和机、摊铺机、压路机等核心设备进行调试与标定,如校验拌和机计量系统精度、调试摊铺机振捣梁振幅与行走速度、检查压路机碾压轮平整度。原料控制是前期准备的重点,沥青应储存在专用保温储罐中,不同标号沥青分罐存放;矿料需按粒径分级堆放,采用隔离墙分隔防止混料,堆放高度不超过3m避免颗粒离析。同时需完成配合比设计,通过马歇尔试验确定最佳沥青用量,确保混合料性能满足设计要求,配合比一经确定不得随意变更。

3.2 沥青混合料拌和工艺

沥青混合料拌和工艺的核心是控制“温度、时间、计量”三大关键参数,确保混合料均匀稳定。拌和温度

需根据沥青类型精准控制,普通沥青混合料拌和温度为150-170°C,改性沥青混合料需提高至160-180°C,矿料加热温度应比沥青温度高10-20°C,确保充分裹覆。拌和时间需严格把控,干拌时间不少于5-10s,使矿料混合均匀,湿拌时间为30-50s,直至混合料色泽一致、无花白料。计量精度是保障配合比的关键,沥青、矿料的计量误差需控制在 $\pm 0.5\%$ 以内,拌和过程中定期检查计量系统^[3]。此外,需加强混合料质量检测,每台班检测马歇尔稳定度、空隙率等指标,发现花白料、离析料等不合格混合料立即废弃,严禁用于摊铺作业,同时做好拌和记录,实现质量可追溯。

3.3 沥青混合料运输与摊铺工艺

沥青混合料运输工艺需重点控制温度损失与防止离析,运输车辆应选用15t以上的自卸卡车,车厢底部需涂刷薄层隔离剂但不得有余液。装料时采用“前、后、中”三次装料法,减少混合料离析,装料后覆盖双层保温篷布,夏季防晒、冬季保温,确保摊铺时混合料温度不低于130°C(普通沥青)或150°C(改性沥青)。摊铺工艺的核心是保障平整度与摊铺厚度,摊铺机应采用梯队作业方式,相邻摊铺机间距控制在5-10m,搭接宽度为10-15cm。摊铺速度应保持匀速,一般控制在2-6m/min,避免忽快忽慢,振捣梁振幅与频率需根据混合料类型调整,确保初始压实度达到85%以上。摊铺过程中安排专人清理摊铺机螺旋布料器,防止混合料离析,同时实时监测摊铺厚度,通过调整摊铺机熨平板高度进行精准控制。

3.4 沥青路面碾压工艺

沥青路面碾压工艺分为初压、复压、终压三个阶段,需遵循“紧跟、慢压、高频、低幅”的原则。初压的目的是稳定混合料,采用钢轮压路机静压1-2遍,碾压速度为1.5-2km/h,碾压温度不低于120°C(普通沥青)或140°C(改性沥青),碾压时重叠1/3轮宽,避免推移混合料。复压是提升压实度的关键,采用轮胎压路机或振动压路机,振动压路机频率为30-50Hz,振幅为0.3-0.8mm,碾压4-6遍,直至压实度达到设计要求(一般不低于96%),碾压速度为2-4km/h。终压的目的是消除轮迹,采用钢轮压路机静压2遍,碾压速度为3-5km/h,碾压温度不低于70°C(普通沥青)或90°C(改性沥青)。碾压过程中需避免压路机在未冷却的路面上转向、停车,碾压顺序从路缘向路中心进行,弯道处从内侧向外侧碾压。

3.5 施工后期养护与验收工艺

施工后期养护与验收是保障沥青路面质量的收尾环节,养护工艺需注重早期防护与长期维护。路面碾压完成后需封闭交通,直至路面温度低于50°C方可开放通行,

避免早期车辆碾压造成轮迹或推移。初期养护阶段需定期巡查路面,发现轻微裂缝及时采用密封胶灌注,出现松散部位及时修补,同时做好路面清洁,防止杂物堵塞路面空隙。验收工艺需按规范开展全项目检测,外观质量检查路面是否存在裂缝、车辙、坑槽等病害;内在质量检测包括压实度、平整度、厚度、抗滑性能等指标,压实度采用钻芯法或核子密度仪检测,平整度采用连续式平整度仪检测,每公里检测不少于1处。验收合格后需出具详细的验收报告,对存在的问题明确整改措施,确保路面符合通车使用要求。

4 沥青路面施工质量与安全管控体系

4.1 施工质量全过程管控

施工质量全过程管控构建“事前预防、事中控制、事后验收”的闭环体系,事前预防需完善质量管理体系,明确各岗位质量职责,开展全员质量培训,确保施工人员掌握工艺要点与质量标准。事中控制需强化现场质量巡检与试验检测,建立“班组自检、项目部复检、监理抽检”的三级检测制度,自检频率不低于规范要求的2倍,重点检测混合料温度、摊铺厚度、压实度等关键指标,采用实时数据记录系统,确保质量问题可追溯。事后验收需严格执行《公路沥青路面施工技术规范》,对不合格路段坚决要求返工,同时建立质量档案,记录施工过程中的原料检测、工艺参数、质量检测等数据,为后期养护提供依据。另外,需开展质量回访,跟踪路面服役性能,总结施工经验,持续优化施工工艺^[4]。

4.2 施工安全管理措施

沥青路面施工安全管理需聚焦人员、设备、现场三大风险点,落实全流程安全措施。人员安全管理方面,施工人员必须佩戴安全帽、反光背心等防护用品,特种作业人员(如压路机操作员)需持证上岗,开展班前安全技术交底,明确作业风险与防范措施,定期组织安全培训与应急演练。设备安全管理方面,施工前对机械设备进行安全检查,重点检查制动系统、液压系统、照明系统,确保设备性能完好;作业时设备间距需保持安全距离,压路机与摊铺机间距不小于5m,避免碰撞事故。现场安全管理方面,在施工路段设置明显的警示标志,如

限速牌、施工警示灯,夜间施工需配备充足照明;划分作业区与通行区,采用隔离护栏分隔,安排专人指挥交通,避免社会车辆闯入施工区域引发安全事故。

4.3 智能化管控技术应用

智能化管控技术为沥青路面施工质量提升提供新路径,核心应用包括三大方面。一是混合料拌和智能化,采用智能拌和控制系统,实时监测拌和温度、计量精度,自动调整拌和参数,当出现指标超标时自动报警并停机,确保混合料质量稳定。二是摊铺碾压智能化,在摊铺机上安装红外温度传感器与平整度检测仪,实时采集摊铺温度与平整度数据,通过无线传输至管控平台;压路机配备GPS定位与压实度监测系统,精准记录碾压轨迹、压实遍数与压实度,避免漏压或过压。三是全流程可视化管控,构建BIM+GIS智能管控平台,整合施工图纸、原料数据、现场检测数据,实现施工过程的可视化监控,管理人员通过手机或电脑即可远程查看施工进度与质量指标,及时发现并解决问题,提升管控效率与精准度。

结束语

沥青路面施工工艺的科学性与规范性关乎公路工程质量效益。本文梳理基础理论,明确原料适配、工序协同、质量优先原则,剖析技术要点,构建全流程管控体系。研究表明,贯彻精细化施工理念,强化原料与工序管理,融合智能管控技术,可提升施工质量、延长服役周期。未来,沥青路面施工将向“绿色化、智能化、长效化”升级。本文成果可供公路施工企业参考,后续可结合区域特点优化工艺,提升应用价值。

参考文献

- [1]赵晓宇.橡胶颗粒沥青路面施工材料性能研究与施工应用[J].交通世界, 2022(36):68-70.
- [2]李杰.城市道路沥青路面施工技术及施工控制要点研究[J].交通世界, 2022(34):83-85.
- [3]祁睿.公路工程中橡胶沥青路面施工工艺技术研究[J].甘肃科技纵横, 2020,49(1):58-60.
- [4]白翔.沥青路面施工技术在公路工程施工中的应用研究[J].现代工程科技, 2025,4(12):125-128.