

公路工程路面施工研究

丁宗强

新疆北新路桥集团股份有限公司 新疆 乌鲁木齐 830001

摘要：公路工程路面施工是公路建设的关键环节，直接关系到公路的使用性能、寿命和行车安全。本文通过对公路工程路面施工技术的研究，探讨了沥青混凝土和水泥混凝土等主要路面施工材料的选择与应用，分析了路面基层与面层施工的工艺流程及其质量控制要点。同时，针对路面施工中常见的接缝处理问题，提出了有效的解决策略。本研究旨在提高公路工程路面施工质量，为公路的耐久性、行车安全及舒适性提供有力保障，进而推动我国公路事业的持续健康发展。

关键词：公路工程；路面施工；关键技术

引言：公路工程作为国民经济发展的基础设施，其路面施工质量直接关系到道路的安全性和使用效率。随着交通量的不断增加和车辆荷载的日益加重，对公路工程路面施工提出了更高要求。本研究旨在深入探讨公路工程路面施工的关键技术和管理措施，以提升路面施工的质量和效率。通过总结施工经验，分析施工中的技术难点和问题，提出相应的解决方案，为公路工程路面施工提供理论支持和实践指导，推动我国公路工程技术的不断进步。

1 公路工程路面施工的理论基础

1.1 路面施工的基本概念和原则

（1）路面结构的组成和功能。路面结构通常由面层、基层、底基层和垫层组成。面层直接承受车辆荷载和自然因素作用，需具备足够的强度、稳定性和耐久性；基层主要起承重和传递荷载的作用，为面层提供坚实支撑；底基层辅助基层分担荷载，改善地基条件；垫层则用于隔水、排水、防冻或调节路基水温状况，保障路面结构的整体稳定性。（2）路面施工的基本流程和关键要素。基本流程包括施工准备、材料拌合与运输、摊铺、压实、养护等环节。施工准备涉及场地清理、设备调试和技术交底；材料拌合与运输需保证材料配比准确、运输过程中质量稳定；摊铺要控制厚度和平整度；压实是确保路面强度的关键，需掌握合适的压实度和压实温度；养护则为路面强度形成创造条件。关键要素包括施工工艺、设备性能、人员操作水平及环境因素等。

1.2 路面施工材料的选择与应用

（1）常用路面材料的特性。沥青具有良好的黏结性、塑性和防水性，能适应路面的变形，但其耐高温性较差，低温易开裂。水泥混凝土强度高、耐久性好，稳定性强，受温度影响小，但韧性较差，易出现裂缝。此

外，砂石材料作为骨料，需具备足够的强度和洁净度，以保证路面结构的整体性。（2）材料选择与路面性能的关系。材料选择直接影响路面的承载能力、稳定性、耐久性和舒适性。如在高温地区选用黏度较高的沥青，可减少车辙现象；在多雨地区采用透水性好的基层材料，能提高路面的排水性能，延长使用寿命^[1]。

1.3 路面施工的技术标准与规范

（1）国家及行业对路面施工的技术标准。国家出台了《公路工程施工安全技术规范》《城镇道路工程施工与质量验收规范》等标准，对路面材料性能、施工工艺参数、结构尺寸等作出明确规定。行业标准则针对不同地区气候、地质条件，细化了施工技术要求，确保路面施工质量。（2）路面施工质量控制指标和方法。质量控制指标包括压实度、平整度、厚度、抗滑性能等。常用方法有试验检测，如通过取芯检测压实度和厚度；现场监测，利用全站仪控制路面高程和平整度；以及过程巡检，及时纠正施工中的违规操作，保障路面施工符合标准。

2 公路工程路面施工的关键技术分析

2.1 路面基层施工技术

（1）基层材料的选择与施工要点。基层材料选择需结合路面等级，高等级公路常用水泥稳定碎石（水泥剂量3%-5%），低等级公路可选用石灰土。施工前需对下承层碾压处理，压实度 $\geq 93\%$ 。摊铺时采用摊铺机连续作业，松铺系数按试验段确定（通常1.2-1.3），人工补料时避免局部堆积。混合料含水率需高于最佳值1%-2%，防止碾压时出现松散。（2）基层压实技术和质量控制。压实采用振动压路机，初压速度1.5-2km/h，复压速度2-3km/h，碾压次数6-8遍。压实度检测采用灌砂法，要求 $\geq 97\%$ （重型标准）。碾压后及时覆盖洒水养护7

天,养护期内禁止车辆通行,平整度用3m直尺检测,偏差 $\leq 10\text{mm}$ 。

2.2 沥青面层施工技术

(1) 沥青混合料的制备与运输。沥青混合料采用间歇式拌合机生产,严格控制油石比(误差 $\pm 0.3\%$)和拌合温度(普通沥青 $150\sim 170^{\circ}\text{C}$,改性沥青 $160\sim 180^{\circ}\text{C}$),拌合时间不少于45秒,确保混合料均匀无花白料。运输时使用加盖篷布的自卸车,防止温度下降和雨水侵入,运距较远时需采取保温措施,到达现场温度不低于 140°C (普通沥青)或 160°C (改性沥青)。(2) 沥青面层的摊铺与压实。摊铺采用沥青摊铺机连续作业,摊铺速度控制在 $2\sim 6\text{m}/\text{min}$,保持匀速前进。摊铺温度需符合要求(普通沥青不低于 130°C ,改性沥青不低于 150°C),厚度由熨平板高度控制,误差不超过 $\pm 5\text{mm}$ 。压实分为初压、复压和终压:初压用钢轮压路机静压1~2遍,温度不低于 120°C ;复压用胶轮压路机碾压4~6遍,确保密实度;终压用钢轮压路机消除轮迹,温度不低于 70°C ^[2]。(3) 沥青面层的接缝处理与质量控制。纵向接缝采用梯队摊铺时热接缝,碾压时重叠 $10\sim 15\text{cm}$;冷接缝需切边垂直,涂刷粘层油后摊铺,碾压时从已铺层向新铺层推进。横向接缝采用平接或斜接,切边后清除碎料,涂刷粘层油,摊铺时松铺厚度略高,碾压时先横向后纵向。质量控制需检测渗水系数($\leq 300\text{ml}/\text{min}$)、构造深度($\geq 0.5\text{mm}$),确保接缝平顺无跳车。

2.3 水泥混凝土面层施工技术

(1) 混凝土的制备与浇筑。混凝土配合比需满足强度(C30及以上)、工作性(坍落度 $50\sim 70\text{mm}$)要求,采用强制式搅拌机拌合,搅拌时间不少于90秒。运输用罐车,避免离析,浇筑前检查基层平整度和湿润度,用摊铺机或人工摊铺,摊铺厚度略高于设计高程,确保振捣后厚度符合要求。(2) 混凝土的振捣与养护。振捣采用插入式振捣器和平板振捣器配合,插入式振捣器间距不超过其作用半径1.5倍,振捣至混凝土不再下沉、无气泡溢出;平板振捣器纵横交错振捣,确保表面平整。养护在浇筑完成后12小时内进行,覆盖土工布洒水保湿,养护期不少于14天,高温时覆盖遮阳网,低温时采取保温措施。(3) 水泥混凝土面层的裂缝控制与耐久性提升。裂缝控制需设置胀缝、缩缝和施工缝,缩缝间距 $4\sim 6\text{m}$,采用切缝机切割,深度为板厚 $1/3\sim 1/4$;浇筑时避免在高温或低温时段施工,减少温度应力。耐久性提升措施包括:掺入粉煤灰或硅灰改善混凝土密实性;表面喷洒养护剂增强抗渗性;定期进行密封胶灌缝,防止雨水渗入基层^[3]。

3 公路工程路面施工的管理与优化

3.1 路面施工的项目管理

(1) 项目策划与进度控制。项目策划需结合工程规模、技术难度编制施工组织设计,明确分部分项工程节点工期,采用横道图或网络图规划工序衔接。进度控制实行“周调度、月考核”机制,针对沥青摊铺、混凝土养护等关键工序,预留3~5天弹性工期。通过BIM技术模拟施工流程,提前发现工序冲突,确保日均作业效率达标(如沥青面层日摊铺量不低于 5000m^3)。(2) 成本控制与预算管理。建立“量价分离”管控体系,材料采购采用招标比价,沥青、水泥等主材储备量控制在30天用量内,减少资金占用。实行限额领料制度,基层材料损耗率 $\leq 2\%$,沥青混合料 $\leq 1.5\%$ 。按月核算已完工程成本,对比预算偏差,对超支项目(如机械租赁费)及时分析整改,确保总成本控制在预算 $\pm 5\%$ 范围内。(3) 安全管理与环境保护。落实“三级安全教育”,特种作业人员持证上岗率100%。针对摊铺作业区设置硬质围挡和警示标志,压路机作业半径内禁止站人。环保方面,拌合站安装粉尘收集装置,施工废水经沉淀池处理后回用,噪声排放控制在昼间 $\leq 70\text{dB}$ 、夜间 $\leq 55\text{dB}$,避免扰民。

3.2 路面施工的质量管理

(1) 质量管理体系的建立与实施。构建“项目经理-技术负责人-质检员”三级管控体系,编制《质量通病防治手册》,明确各岗位质量职责。实行“首件认可制”,每道工序首件验收合格后批量施工,关键指标(如压实度、平整度)实行“双检制”(施工单位自检+监理抽检)。(2) 关键施工环节的质量监控。基层施工重点监控水泥剂量(偏差 $\pm 0.5\%$)和压实度;沥青面层实时监测摊铺温度(每车测温)和碾压遍数;混凝土面层旁站振捣过程,确保无漏振。采用无损检测技术(如雷达测厚)抽查结构层厚度,频率不低于5%。(3) 质量问题的预防与整改措施。针对沥青路面车辙,严控油石比和碾压温度;基层裂缝采用灌缝+贴抗裂贴处理。建立质量问题台账,实行“闭环管理”,整改完成后经监理复核签字方可进入下道工序,重大质量问题需上报建设单位备案^[4]。

3.3 路面施工的优化策略

(1) 施工技术的创新与改进。推广温拌沥青技术,降低拌合温度 $20\sim 30^{\circ}\text{C}$,减少能耗;采用滑模摊铺机施工混凝土面层,提高平整度。引进乳化沥青稀浆封层技术,增强路面防水性能,延长使用寿命。(2) 施工资源的合理配置与高效利用。根据施工强度动态调配设备,

如沥青拌合站与摊铺机组按“1:2”配比配置,避免设备闲置。推行“三班制”连续作业,缩短养护等非关键工序占比,材料运输采用GPS调度,减少空驶率至10%以下。(3)施工过程的数字化与智能化管理。应用智慧工地平台,实时上传压实度、温度等数据,自动生成质量报表。采用无人机巡检路基平整度,精度达 $\pm 3\text{mm}$;引入智能压实系统,自动记录碾压轨迹和遍数,确保压实均匀性,数据可追溯率100%。

4 案例分析:某公路工程路面施工实例

4.1 工程概况

4.1.1 项目背景与施工目标

该项目为双向四车道一级公路,全长18.5km,连接两座县级城市,是区域重要交通干线。原路面因使用年限超15年,出现大面积龟裂、车辙,需全幅翻新重建。施工目标为:3个月内完成主体工程,路面设计使用年限15年,通车后平整度 $\sigma \leq 1.0\text{mm}$,抗滑性能 $\text{BPN} \geq 60$,确保满足日均1.2万辆车流量的通行需求。

4.1.2 路面结构设计及施工材料选择

路面结构采用“4cm改性沥青SMA-13上面层+6cm中粒式沥青AC-20中面层+8cm粗粒式沥青AC-25下面层+36cm水泥稳定碎石基层+20cm级配碎石底基层”。材料选择:上面层采用SBS改性沥青(针入度60-80),玄武岩骨料;基层水泥剂量5%,碎石压碎值 $\leq 26\%$;底基层采用反击破碎石,级配符合规范要求。

4.2 施工过程与技术要点

4.2.1 关键施工环节的实施情况

基层施工采用摊铺机连续摊铺,松铺系数1.23,碾压采用22t振动压路机,碾压遍数7遍,压实度达98.3%。沥青面层采用“单机梯队”摊铺,上面层摊铺温度165-175 $^{\circ}\text{C}$,碾压遵循“高温、紧跟、慢压”原则,复压采用30t胶轮压路机,碾压4遍。接缝处理采用“切边+粘层油”工艺,纵向接缝错开15cm以上。

4.2.2 施工过程中的质量控制与安全管理

质量控制实行“三检制”,每500m检测1组芯样,上面层厚度偏差 $\pm 0.8\text{mm}$,平整度 $\sigma = 0.8\text{mm}$ 。建立材料进场台账,沥青每批次检测针入度、延度,合格率100%。安全管理设置标准化作业区,配备防撞墩、爆闪灯,摊铺

作业人员穿戴反光背心,特种机械操作人员持证上岗率100%,未发生安全事故。

4.3 施工效果与评估

4.3.1 路面施工质量的检测结果

通车前检测显示:基层弯沉值23.5(0.01mm),满足设计要求;沥青面层渗水系数180ml/min,构造深度0.8mm;混凝土抗折强度4.5MPa,均符合规范标准。

4.3.2 路面使用性能与行车安全的评估

通车后6个月跟踪评估,路面无明显车辙、裂缝,行车舒适度评分92分。抗滑性能 $\text{BPN} = 65$,雨天制动距离较旧路缩短15%,行车安全性显著提升。

4.3.3 施工过程中遇到的问题与解决方案

施工期间遇连续阴雨天气,基层碾压出现“弹簧”现象,采用挖除换填级配碎石(深度30cm)并晾晒24小时处理;沥青摊铺时突降暴雨,立即停止作业,对已铺未压路段切割清除,次日涂刷粘层油后重新摊铺,确保施工质量。

结束语

综上所述,公路工程路面施工是一个复杂而系统的工程,涉及材料选择、施工技术、质量控制与管理优化等多个方面。通过本研究,我们深刻认识到路面施工质量的重要性及其对公路整体性能的深远影响。未来,随着科技的进步和工程实践的不断深入,公路工程路面施工技术和管理将迈向更加精细化、智能化的新阶段。我们期待业界同仁持续探索创新,共同推动公路工程路面施工技术的高质量发展,为构建安全、高效、绿色的交通网络贡献力量。

参考文献

- [1]于涛荣.公路工程路面施工管理探析[J].交通世界,2021,(11):78-79.
- [2]武浩杰.分析公路工程中路面施工管理的要点[J].工程建设与设计,2020,(07):293-294.
- [3]宋坚,徐亚西.公路工程中路面施工管理的要点[J].汽车周刊,2025,(02):186-188.
- [4]卢宗保.公路工程中路面施工管理要点分析[J].中国科技投资,2021,(04):155-156.