

公路路面养护施工技术及改良措施

南改娟

延安市公路局子长公路段 陕西 延安 717300

摘要: 公路路面养护是保障道路服役性能的关键环节。本文系统分析预防性、修复性及特殊场景养护技术,从材料性能、工艺设备、全周期策略三方面提出改良路径。结合地域特征构建技术应用模式,评估经济效益与社会效益。研究表明,通过技术创新与系统性养护策略,可有效提升路面耐久性,降低全寿命周期成本,为公路养护技术发展提供理论与实践参考。

关键词: 公路养护工程; 安全生产管理; 技术管理要点; 风险防控策略

前言: 随着交通荷载与环境变化加剧,公路路面病害频发对养护技术提出更高要求。传统养护手段存在阶段性孤立作业、资源配置低效等问题,难以适应复杂服役需求。本文立足预防性养护前置介入、修复性技术精准施治、特殊场景适配性提升,结合材料改良与工艺创新,构建全周期养护策略框架,旨在为基层养护实践提供可操作的技术方案,推动养护模式向科学化、高效化转型。

1 公路路面养护施工技术分析

1.1 预防性养护技术

预防性养护技术作为公路养护体系的关键构成,着重于在路面结构性能未出现明显退化阶段实施针对性处置,借助早期介入的方式遏制病害发展。该技术以保持路面使用功能、延缓结构性损伤为核心任务,通过多样化技术手段实现预防性维护。针对路面初始开裂问题,裂缝填封技术采用高分子密封材料对缝隙进行填充,阻断水分下渗通道,防止裂缝因水损害加剧扩展。稀浆封层技术通过乳化沥青与集料的均匀拌合摊铺,在路面形成致密耐磨层,有效修复轻微车辙、集料松散等表面病害;同步碎石封层则通过沥青粘结料与碎石的同步撒布,构建具有高抗滑性能的封层结构,适用于交通荷载较大路段的预防性处理。雾封层技术通过喷洒乳化沥青或改性沥青材料,渗透路面孔隙并形成防水薄膜,提升表面防水性能与集料粘结力,延缓路面老化进程。各类技术依据路面病害类型、交通流量特征及区域环境条件进行差异化选择,实现养护措施与路面实际状态的精准匹配,从而以较低成本维持路面长期服役性能,成为现代公路养护体系的重要前置保障手段。

1.2 修复性养护技术

修复性养护技术是针对已产生明显结构性病害或使用性能显著下降的路面实施的深度养护手段,旨在通过

结构性修复恢复路面承载能力与使用功能。该技术以解决路面龟裂、沉陷、严重车辙等中重度病害为核心,依据病害程度与范围采取差异化处理方式。对于大面积结构损坏路段,常采用铣刨重铺工艺,通过铣削清除破损面层,重新摊铺沥青混合料并压实,恢复路面整体强度;局部严重破损区域则采用挖补技术,切除破损结构层后分层回填新料,确保修补区域与原路面结构的整体性衔接。针对材料性能退化但结构尚完整的路面,冷再生与热再生技术通过破碎旧路面材料并添加再生剂、新集料等进行循环利用,既能消除病害又可节约资源。

1.3 特殊场景养护技术

特殊场景养护技术针对公路所处的复杂环境条件与特殊服役需求,形成具有针对性的养护解决方案。在高原冻土地区,低温冻融循环与路基冻胀易导致路面开裂、沉陷,需采用保温隔离层铺设、冻土路基稳定性改良等技术,通过复合土工材料与抗冻融沥青混合料提升路面抗寒性能。沿海盐渍化区域,氯离子侵蚀与潮湿环境加剧路面材料老化,需选用耐盐腐蚀的环氧沥青、聚酯纤维增强混合料,配合结构层防水密封工艺阻断侵蚀路径。多雨地区则注重排水系统优化与路面空隙率控制,通过排水性沥青路面铺设与基层排水盲沟设置,减少水损害对结构层的持续作用。重载交通频繁的工矿道路,针对车辙深度发展与结构层疲劳破坏,采用高模量沥青混凝土、大粒径碎石基层增强技术,提升路面抗变形能力。此类技术结合区域环境特征与荷载条件,通过材料适配、结构优化与工艺调整实现精准养护,有效应对特殊场景下的路面服役挑战。

2 路面养护技术改良措施

2.1 材料性能改良

材料性能改良是提升路面养护技术效能的重要支撑,聚焦于通过材料组分优化与功能增强满足不同养护

场景需求。针对传统沥青材料高低温性能不足问题,采用聚合物改性技术(如SBS、APP改性沥青)提升其高温抗车辙与低温抗开裂能力,使材料在极端温度环境下保持稳定力学性能。再生骨料与废旧沥青混合料回收利用技术的推广,通过添加再生剂恢复老化沥青活性,结合粉煤灰、矿渣等工业废料掺配,在降低养护成本的同时提升材料耐久性。纤维增强材料(如聚酯纤维、玄武岩纤维)的应用可显著改善混合料抗疲劳开裂性能,尤其适用于重载交通路段结构层强化。此外,功能性材料研发持续推进,如具备自修复能力的智能沥青、抗紫外线老化的纳米改性涂层,通过材料微观结构调控实现防水、抗滑、耐磨等多性能协同提升。此类改良以问题导向为出发点,结合病害机理与服役环境定制材料配方,为各类养护技术实施提供基础性能保障,推动路面养护向高效化、绿色化方向发展。

2.2 工艺优化与设备升级

工艺优化与设备升级是提升路面养护施工效能的关键路径,通过技术流程再造与装备性能提升实现养护作业的精准化、高效化。在工艺优化方面,针对传统养护工艺中病害识别粗放、施工参数控制不足等问题,引入智能传感技术与数字化监控系统,实现对路面病害定位、材料配比、施工厚度等关键参数的动态调控。例如,预防性养护中采用红外热成像技术精准定位裂缝发育区域,配合自动化填封设备实现材料用量与灌注压力的自适应控制;修复性养护中的铣刨重铺工艺通过三维激光扫描技术优化铣削深度规划,减少材料浪费并提升新旧结构层衔接精度。

设备升级聚焦于机械化、智能化装备研发应用,推广无人化摊铺压实设备、废旧材料再生处理生产线等新型装备。全液压多功能养护车集成裂缝修补、封层摊铺等多种功能,实现多工序连续作业;热再生设备配置微波加热与智能搅拌系统,提升旧料回收率与再生混合料性能稳定性。低排放、低能耗设备的普及则响应绿色施工要求,降低养护作业对环境的影响。此类改良通过工艺与装备的协同创新,有效缩短施工周期、提升养护质量一致性,为现代公路养护技术体系注入技术动能。

2.3 全周期养护策略优化

全周期养护策略优化以路面全寿命周期性能管理为核心,通过统筹规划、分段实施实现养护资源的科学配置与效能最大化。该策略打破传统养护中各阶段独立运作的局限,建立涵盖前期检测评估、中期技术实施、后期效果反馈的闭环管理体系。依托路面技术状况数据库与寿命预测模型,精准识别不同服役阶段的养护需求:

早期强化预防性养护技术应用,延缓病害发生;中期针对结构性病害制定修复方案,避免养护措施滞后或过度;后期通过性能监测与寿命周期成本分析,为改建决策提供数据支撑。

策略优化注重技术手段与管理机制的协同,将预防性养护嵌入全周期流程,通过定期检测与风险评估动态调整养护计划,减少被动式修复带来的资源浪费。同时,整合多学科技术资源,建立养护方案比选模型,综合考虑技术可行性、成本效益与环境影响,形成覆盖规划、设计、施工、运营的全链条技术标准。此类策略通过系统性思维重构养护流程,推动公路养护从碎片化作业向科学化、精细化管理转型,为延长路面服役周期、降低全寿命周期成本提供策略保障。

3 全周期养护策略优化

3.1 全周期养护策略优化

全周期养护策略优化以路面全寿命周期性能为导向,通过统筹规划、动态调控实现养护资源的高效配置。该策略打破传统分段养护的孤立模式,构建覆盖规划、施工、运营的全链条管理体系,依托路面技术状况检测数据与寿命周期预测模型,精准识别不同服役阶段的养护需求。早期阶段强化预防性养护技术应用,通过定期检测与风险评估延缓病害发育;中期针对结构性损伤制定差异化修复方案,避免养护措施滞后或过度投入;后期通过长期性能监测与成本效益分析,为路面改建决策提供数据支撑。

策略实施注重技术手段与管理机制的深度融合,建立养护方案动态调整机制,根据交通荷载、环境变化等因素实时优化技术组合。同时引入多目标决策模型,综合考量技术可行性、全寿命周期成本与环境效益,形成覆盖材料选择、工艺实施、效果评估的标准化流程。

3.2 改良措施实施保障

改良措施实施保障是全周期养护策略落地的关键支撑,需从制度、技术、资源等多维度构建协同体系。在制度层面,建立健全养护技术标准与规范,明确各阶段实施流程与质量管控要点,通过标准化文件约束施工行为,确保技术措施执行的规范性与一致性。依托信息化管理平台搭建数据共享机制,整合路面检测数据、养护作业记录与效果评估报告,为决策提供实时化、精准化的数据支撑,避免经验主义导致的实施偏差。

资源保障聚焦专业人才培养与资金统筹,通过定期技术培训提升施工队伍对新材料、新工艺的应用能力,组建包含设计、施工、检测的跨领域技术团队,强化现场问题解决能力。资金管理引入全寿命周期成本理念,

建立预防性养护专项预算,优化资源分配结构,确保早期投入与长期效益的平衡。

3.3 技术创新与研发支持体系

技术创新与研发支持体系是推动公路路面养护技术迭代的核心动力,需构建“产学研用”深度融合的协同机制。依托高校、科研机构与企业技术中心,针对复杂环境下的病害机理、材料耐久性及智能化养护技术开展联合攻关,突破传统技术瓶颈。聚焦预防性养护材料自修复技术、修复性养护再生工艺优化、特殊场景适配性技术等前沿领域,通过室内试验与现场试验段验证相结合,加速科研成果转化。

研发体系注重数字化与智能化技术赋能,建立路面养护技术数据库与仿真模拟平台,实现病害演化规律预测与养护方案预评估。同时,完善技术创新激励机制,通过政府专项基金、企业研发投入及行业标准制定,形成“需求导向—技术攻关—应用反馈—持续改进”的闭环创新模式。此类体系为养护技术改良提供理论支撑与实践路径,推动行业从技术跟随向创新引领转型,助力公路养护领域的可持续发展。

4 技术应用实践

4.1 技术应用实践典型模式

技术应用实践典型模式展现为养护技术与地域特征的有机结合,形成具有推广价值的实施范式。在北方干线公路养护中,针对季节性温差导致的初期裂缝与表面功能衰减,采用雾封层与同步碎石封层协同工艺,通过沥青基材料渗透固结集料并构建耐磨抗滑表层,有效延缓路面老化进程并提升服役性能。

南方多雨地区城市道路养护中,针对长期水损害引发的基层病害,集成排水性沥青路面技术与深层排水系统,通过优化路面孔隙结构与增设基层导水通道,实现降水的快速排出与结构层保护,同步应用废旧材料再生技术提升资源利用效率。西北重载交通路段则通过高模量沥青混合料与高强度碎石基层的组合设计,显著增强路面结构抗疲劳性能,有效抑制重载荷载下的车辙发展与结构性破坏。此类模式依托技术集成与场景适配,为

不同环境条件下的路面养护提供了可复制的实践路径。

4.2 经济效益与社会效益综合评估

经济效益与社会效益综合评估是衡量路面养护技术应用成效的重要维度。在经济效益层面,预防性养护技术的前置介入显著降低全寿命周期成本,通过早期病害处置避免后期结构性修复的高额投入;材料再生技术与设备升级提升资源利用效率,废旧沥青混合料回收率的提升有效减少新材料消耗,降低养护工程直接成本。

社会效益方面,养护技术体系优化带来多重利好:路面使用性能的持续保持提升行车安全性与舒适性,降低交通事故风险;全周期养护策略缩短施工周期,减少养护作业对交通通行的影响;绿色材料与工艺的应用推动行业低碳转型,废旧材料循环利用减少固体废弃物排放,契合生态文明建设要求。此类评估凸显养护技术改良在经济节约与社会价值创造中的双重效能,为技术推广与政策制定提供量化依据。

结论

公路路面养护技术改良需统筹技术实施与管理创新。预防性养护的早期介入、修复性技术的精准应用及特殊场景的适配方案是提升养护效能的核心路径。材料性能优化与工艺设备升级为技术落地提供支撑,全周期策略则通过资源整合实现养护效益最大化。未来需持续推进“产学研用”协同创新,强化技术标准与实施保障,助力公路养护行业向绿色化、智能化迈进,为交通基础设施长期可靠运行奠定基础。

参考文献

- [1]李杰伟.运营高速公路沥青路面薄层罩面养护施工技术应用分析[J].运输经理世界,2025(5):140-142.
- [2]李建娇.高速公路路面裂缝养护施工技术应用策略分析[J].科技资讯,2025,23(1):160-162.
- [3]杨高华.高速公路路面裂缝养护施工技术应用[J].建材与装饰,2025,21(11):136-138.
- [4]张忠良.公路路面工程基层施工破损及养护施工技术[J].模型世界,2025(2):172-174.