

公路养护施工工艺及安全管理策略分析

南改娟

延安市公路局子长公路段 陕西 延安 717300

摘要: 公路养护质量直接关系到路网运行安全与服务水平。本文结合基层养护实践,系统剖析预防性养护、修复性养护技术应用要点,探讨物联网、新材料等新技术在养护工艺中的创新路径;同时从安全管理体系构建、风险防控、人员培训等维度提出管理策略,并针对性提出施工工艺与安全管理优化建议。研究发现,早期预防性养护可显著降低全寿命周期成本,智能化技术应用能有效提升养护决策精准度;安全管理需通过制度完善、技术赋能与文化培育形成长效机制,为公路养护高质量发展提供理论支撑与实践参考。

关键词: 公路养护; 施工工艺; 预防性养护; 安全管理; 技术创新

引言公路作为国民经济发展的重要基础设施,其养护水平直接影响交通效率与社会经济效益。随着公路网规模持续扩大与服役年限增长,路面病害频发、养护成本攀升等问题日益突出,传统养护模式已难以满足现代交通需求^[1]。与此同时,养护作业现场面临交通干扰、设备风险等复杂环境,安全管理成为保障养护工作顺利开展的关键环节。在此背景下,深入研究养护施工工艺优化路径与安全管理策略,对提升公路养护效能、延长设施使用寿命、保障作业安全具有重要现实意义。

1 公路养护施工工艺分析

1.1 预防性养护技术

预防性养护技术是公路养护体系的重要基础,其核心在于通过早期干预手段维持路面使用性能,延缓结构性病害发生。该技术实施的关键在于把握养护时机,在路面病害处于萌芽状态时即介入处理,以较低成本实现公路寿命周期的有效延长^[2]。

在具体技术应用层面,裂缝密封技术针对路面早期出现的裂缝类病害,通过专用密封材料填充缝隙,阻止雨水下渗及杂物嵌入,从而避免裂缝进一步扩展影响路基稳定性。雾封层技术则适用于路面老化导致的集料松散、轻微渗水等问题,通过喷洒乳化沥青或改性沥青材料形成保护膜,恢复路面防水性能并增强集料粘结力。稀浆封层技术作为预防性养护的常用手段,将乳化沥青、粗细集料、填料等按比例混合摊铺,可有效封闭路面孔隙,改善路面平整度与抗滑性能,适用于二级及以下公路的大面积预防性养护。

随着公路养护理念的进步,预防性养护技术的应用范围正逐步扩大,其技术要点不仅涵盖材料选择与施工工艺控制,更强调基于定期检测数据的养护决策科学化。通过建立路面技术状况动态评估体系,可精准识别

不同路段的养护需求,实现预防性养护措施的差异化实施,为公路长期性能保持提供技术支撑。

1.2 修复性养护技术

修复性养护技术旨在对已发生结构性损坏的公路进行深度修复,恢复其承载能力与使用功能。当路面出现坑槽、车辙、沉陷等较严重病害,预防性养护手段难以满足需求时,需采用更具针对性的修复技术。

在实际应用中,坑槽填补技术针对局部破损区域,通过铣刨清理破损部位,选用与原路面材料匹配的沥青混合料进行分层摊铺压实,确保修补处与原路面衔接紧密,避免产生新的病害。车辙修复技术则依据车辙深度差异采取不同策略,浅层车辙可通过微表处技术进行表面罩面处理,深层车辙则需铣刨重铺,调整路面横坡,改善排水条件并提升行车舒适性。对于路基沉陷导致的路面结构性损坏,常采用注浆加固技术,通过向路基薄弱区域注入水泥浆或化学浆液,提高土体密实度和承载能力,从根本上解决路面沉降问题^[3]。修复性养护技术的实施需充分考虑病害成因与公路使用特点,结合现场勘查数据制定修复方案,同时注重施工质量控制,确保修复效果的耐久性与可靠性,保障公路在修复后能够长期稳定运行。

1.3 新技术应用与发展趋势

随着科技发展与行业需求升级,公路养护施工工艺正加速向智能化、绿色化方向转型。物联网技术与传感器的深度融合,使公路健康监测从传统人工巡检迈向实时动态感知。通过在路面、桥梁关键部位布设应力、位移传感器,可连续采集结构受力与变形数据,结合大数据分析模型精准预测病害趋势,显著提升养护决策的时效性与准确性。

在材料创新领域,温拌沥青技术突破传统热拌工艺

能耗高、污染大的局限，通过添加特殊添加剂降低沥青混合料生产温度，既减少碳排放，又延长施工季节适应性。纳米材料的应用则赋予路面自修复能力，当微胶囊封装的修复剂因裂缝产生的应力释放后，可自动填充裂缝，延缓病害发展。数字化施工装备的普及推动养护效率变革，无人驾驶铣刨机、智能摊铺压实设备凭借高精度定位与自动控制技术，实现施工参数精准调节，有效避免人为操作误差。未来，公路养护将朝着全生命周期管理方向发展，多学科交叉技术的集成应用，将持续推动养护工艺向智能化、可持续化方向演进。

在某省国道G320养护实践中，一段长约15公里的路段因重载交通频繁，路面出现大面积车辙与龟裂病害。初期采用传统铣刨重铺修复性养护，虽暂时恢复路面平整度，但次年病害复发且养护成本显著增加。基于此，管理部门调整策略，引入预防性养护与新技术结合的方案：对轻微病害区域实施雾封层处理，阻断水分渗透；针对中度车辙路段采用微表处技术，快速修复表面缺陷；同步应用物联网传感器实时监测路基沉降数据，结合大数据模型预测病害发展趋势。

安全管理层面，针对该路段施工期间交通流量大的特点，设置智能交通引导系统，通过LED显示屏实时发布施工信息，并利用AI视频监控设备自动识别未按规范设置警示标志等违规行为。同时开展“安全结对”活动，由经验丰富的老员工与新员工结对，通过现场示范强化安全操作技能。实施该方案后，路面病害复发率降低40%，施工安全事故零发生，有效验证了技术创新与安全管理协同的实际成效。

2 公路养护安全管理策略

2.1 安全管理体系构建

构建公路养护安全管理体系是保障作业规范、降低事故风险的关键环节。体系搭建需以责任落实为核心，明确从项目负责人到一线施工人员的安全职责，形成层级清晰、权责对应的管理架构。通过建立健全安全管理制度，将风险排查、设备维护、作业流程等内容纳入标准化管理，确保各项安全要求可操作、可追溯。

制度执行层面，要强化过程监督与动态管理。定期开展安全隐患排查，对施工现场的交通疏导、设备运行、人员防护等情况进行全面检查，及时发现并纠正违规行为。引入信息化管理手段，利用视频监控、智能终端等设备，实现对作业现场的实时监控与数据记录，提升安全管理的精准度与响应效率。同时，注重安全管理体系的持续优化，结合实际作业反馈和行业标准更新，不断完善制度内容，增强体系的适应性和有效性，为公

路养护作业筑牢安全防线。此外，安全管理体系应注重与外部监管的协同。主动对接交通管理部门、安监机构的规范要求，定期接受监督检查，将外部反馈融入体系优化。通过构建多方参与的安全管理网络，打破信息壁垒，形成管理合力，进一步提升公路养护安全管理的系统性和全面性，为公路养护工作的安全有序开展提供坚实保障。

2.2 风险防控与应急管理

公路养护作业面临交通干扰、设备故障、恶劣天气等多重风险，风险防控与应急管理需贯穿养护全过程。日常管理中，通过建立风险分级管控机制，对高风险作业环节如占道施工、高空作业等进行专项评估，针对可能出现的车辆碰撞、机械伤害等风险制定具体防范措施。利用历史事故数据与实时监测信息，构建风险预警模型，提前识别潜在安全隐患，将风险控制在萌芽阶段。

应急管理方面，需制定完善的应急预案体系，明确事故报告流程、应急响应机制和处置措施。定期组织应急演练，模拟交通事故、设备故障等突发场景，检验预案可行性，提升施工人员应急处置能力。同时，建立应急物资储备库，配备交通警示设备、救援器材和防护用品，并确保物资状态良好、随时可用。通过强化风险防控与应急管理的协同配合，最大限度降低事故损失，保障公路养护作业安全有序开展。

2.3 人员培训与技术创新

公路养护作业的安全与效率，很大程度依赖于人员素质和技术应用水平。人员培训作为提升作业能力的重要抓手，需构建分层分类的培养体系。针对基层操作人员，重点强化安全规范操作、设备基础维护等实操技能培训；对管理人员，则侧重养护技术前沿动态、安全管理策略等知识更新。同时，结合典型事故案例分析与现场模拟教学，帮助人员将理论知识转化为实际应对能力。

技术创新是推动养护行业发展的核心动力。一方面，鼓励一线人员参与技术革新，对施工流程优化、设备简易改造等创新成果给予奖励，激发基层创新活力；另一方面，加速推广智能安全帽、穿戴式监测设备等新型技术装备，实现人员作业状态实时监控与风险预警。通过持续深化人员培训与技术创新的融合，既能提升作业队伍专业素养，又能促进新技术落地应用，为公路养护高质量发展注入持久动力。

3 优化建议

3.1 施工工艺优化路径

预防性养护技术作为公路养护体系根基，以早期干预为核心，通过在路面病害初期介入，有效维持路面使用性

能、延缓结构性损坏,实现公路全寿命周期成本优化。

该技术的应用需紧密结合不同病害特征。针对路面早期裂缝,采用专用密封材料填充缝隙,可阻断雨水与杂物侵入路径,避免裂缝向路基延伸;当路面出现集料松散、轻微渗水等老化现象时,雾封层技术通过喷洒乳化沥青或改性材料形成防护膜,恢复防水性能并强化集料粘结;稀浆封层则将乳化沥青、集料、填料混合摊铺,适用于二级及以下公路,在封闭孔隙的同时,显著提升路面平整度与抗滑性。

随着养护理念革新,预防性养护的实施更趋科学化。依托定期检测数据构建路面技术状况动态评估体系,可精准判断不同路段养护需求,推动材料选择、施工工艺与实际路况深度适配,确保预防性养护措施的差异化精准落地。

3.2 安全管理提升策略

安全管理提升需聚焦体系完善与技术赋能双向发力。在制度层面,应强化安全责任链条闭合管理,建立“管理层-班组长-作业人员”三级责任追溯机制,将安全指标纳入绩效考核体系,推动安全管理从被动应对转向主动履职。同时,针对占道施工、高空作业等高风险场景,细化安全操作手册,通过图文指引、视频演示提升规范执行度。

技术应用方面,加速智能监管系统的全域覆盖。利用AI视频分析技术自动识别未佩戴安全装备、违规操作等行为,结合物联网设备实时监测作业区域风速、车流量等环境数据,构建“风险预警-智能派单-整改反馈”闭环管理流程。此外,探索建立区域安全管理资源共享平台,整合应急物资、救援队伍等信息,实现跨项目、跨区域的协同响应,全面提升公路养护安全管理的现代化水平。同时,推动安全管理数据的深度应用,通过分析历史事故与隐患数据,挖掘安全风险演变规律,为管理决策提供科学依据。鼓励基层单位开展安全管理创新实践,推广行之有效的管理经验与技术手段,形成比学赶超的良好氛围,以持续改进推动公路养护安全管理水平

稳步提升。

3.3 安全文化培育与长效机制建设

安全管理提升需从制度约束迈向文化引领,通过培育全员安全文化筑牢长效防线。在日常管理中,定期开展安全主题活动,如安全知识竞赛、安全标兵评选等,将安全理念融入员工工作日常,形成“人人讲安全、事事重安全”的作业氛围。同时,建立安全隐患“随手拍”反馈机制,鼓励一线人员主动上报潜在风险,对有效建议给予奖励,激发全员参与安全管理的积极性。

长效机制建设方面,推行安全管理“回头看”制度,对已整改隐患进行周期性复查,防止问题反弹;结合行业事故案例,每季度组织安全形势分析会,深入剖析问题根源,针对性完善管理漏洞。此外,加强与周边社区、路政部门的联动,通过联合宣传、应急演练等方式,构建多方协同的安全治理网络,实现公路养护安全管理从阶段性管控向常态化、长效化转变。

结论

公路养护施工工艺与安全管理是系统工程,需兼顾技术创新与管理优化。预防性养护技术的科学应用可实现病害源头治理,新材料、智能化装备的推广则推动养护工艺向绿色化、智能化转型。安全管理方面,通过责任体系完善、风险精准防控与全员安全文化培育,能够构建全流程、多层次的安全保障机制。未来需进一步深化技术与管理融合,推动养护工艺与安全管理从经验驱动向数据驱动转变,持续提升公路养护的专业化、精细化水平,为交通强国建设提供坚实支撑。

参考文献

- [1]顾庆喜.基于智能信息化的公路养护安全管理系统应用探讨[J].智能建筑与智慧城市,2024(12):179-181.
- [2]赖晓炜.公路养护施工及工程应急抢险过程中的安全管理研究[J].工程技术研究,2024,9(7):128-130.
- [3]杨永奇,高宏峰.高速公路养护施工作业人员安全管理对策[J].交通世界,2024(20):29-31.