

公路养护质量控制中的技术创新与实践

张丽君

天津市宝坻区公路养护服务中心 天津 301800

摘要：公路养护质量控制中，传统方法存在检测主观性强精度低、工艺应对复杂病害能力弱、质量管控易漏检缺科学支撑等问题，难以适配现代公路高质量养护需求。本文从传统检测技术、传统养护工艺、传统质量控制手段三个维度，明确各类传统方法的具体应用形态，通过梳理人工目视检测、常规修补工艺、抽样检验等方法的操作特点与短板，解决对传统方法局限认知模糊的问题，同时为后续养护技术创新方向划定范围，助力公路养护质量控制体系优化，保障公路路网长期稳定高效运行。

关键词：公路养护；传统方法；检测技术；养护工艺；质量控制

引言：公路作为交通重要基础设施，其养护质量关乎交通安全与运行效率。传统公路养护质量控制方法在检测技术、养护工艺和质量控制手段等方面沿用已久，但随着公路建设发展，其局限性日益凸显。深入剖析传统方法局限，能为公路养护质量控制技术创新提供方向，推动公路养护事业高质量发展。

1 公路养护质量控制传统方法及局限

1.1 传统检测技术

人工目视检测是公路养护基础检测方式，检测人员现场观察公路表面状况，检查路面破损、裂缝、坑槽、剥落等外观问题，查看路基边坡坍塌、冲刷痕迹及桥涵结构渗漏、构件损坏情况^[1]。这种方式依赖检测人员观察能力，不同人员对病害判断标准有差异，主观性较强。人工检测需逐段开展，速度慢，难在短时间内完成大范围检测，遇到雨雪、雾霾等恶劣天气时，检测难度进一步增加，对隐蔽性内部病害无法有效识别，易造成病害遗漏。简单仪器检测常配合人工目视检测，常用仪器有直尺、塞尺、弯沉仪等。直尺测量路面平整度，通过在路面不同位置放置直尺，观察间隙判断是否达标；塞尺测量裂缝宽度等细微尺寸；弯沉仪检测路面结构承载能力。这类仪器操作需人工手动完成，对操作人员技能熟练度要求较高，测量范围有限，通常仅能针对局部点位检测，无法全面评估公路整体状况。测量精度受仪器性能和操作方式影响，难满足复杂路况下的高精度要求，检测路基深层病害时无法提供准确数据支撑。

1.2 传统养护工艺

常规修补工艺广泛应用于路面病害处理，路面裂缝采用灌缝处理，先清理裂缝杂物再灌注密封材料；坑槽按切割、清理、摊铺、压实流程修补；路基加固多采用换填、碾压方式。这类工艺操作流程固定，施工过程中

需封闭部分车道，对正常交通通行干扰较大，适用于简单单一病害，但面对大面积网裂、路基不均匀沉降引发的路面变形等复杂病害，处理效果有限，难从根本解决病害根源。修补后路面与原有路面结合度差，易短期内再次破损，长期养护效果不佳。传统养护材料以普通沥青、水泥、砂石为主。普通沥青用于路面摊铺和修补，高温稳定性差，夏季易出现路面软化、车辙；低温抗裂性不足，冬季易产生裂缝。水泥用于路基加固和桥涵修补，凝结时间长，养护周期久，会延长公路封闭时间，影响交通通行。这些材料性能决定适用范围窄，难适应不同气候、交通荷载下的养护需求，无法为公路提供长期稳定性能保障，频繁修补还会增加养护成本。

1.3 传统质量控制手段

抽样检验是传统质量控制常用手段，检测人员按一定比例从养护作业区域或材料批次中抽取样本检测。路面摊铺后选取若干检测点测量厚度、压实度；养护材料进场时从每批次抽取样品检测性能参数。抽样检验频率根据工程规模和规范要求确定，通常每间隔一定距离或每批次抽取固定数量样本。这种方式可能因抽样点随机选择，导致部分质量问题区域或材料未被检测，存在漏检风险。有限样本量难全面反映养护工程或材料批次质量状况，代表性不足，无法确保养护质量整体稳定，一旦出现质量问题需返工，增加额外成本。经验判断在传统质量控制中地位重要，养护管理人员和技术人员依据过往经验判断养护质量，比如判断路面修补材料摊铺厚度是否合适，确定养护方案合理性。这种方式缺乏科学数据支撑和标准化判断流程，不同人员经验水平有差异，对同一质量问题判断结果可能不同，主观性较强。面对新型病害或复杂路况时，仅靠经验难准确判断，易导致质量控制决策失误，影响养护工程质量效果，还可

能错过最佳养护时机,加剧公路病害发展。

2 公路养护质量控制技术创新方向

2.1 检测技术创新

无损检测技术中,探地雷达通过发射电磁波穿透路面结构,依据反射信号差异判断路基空洞、层间剥离等内部缺陷;红外热成像仪捕捉路面温度分布异常,识别裂缝、脱空等隐蔽病害。这类技术无需破坏路面结构,能全面覆盖检测区域,大幅提升内部病害识别精度,尤其适用于高等级公路和复杂路段的大面积检测^[2]。无损检测技术与数据分析软件结合后,可快速处理海量检测数据,自动标注病害位置、尺寸等参数,实现病害定量分析与可视化呈现,为养护方案制定提供精准依据,减少人工分析误差。智能传感技术里,光纤传感可嵌入路面、路基结构,实时感知应力、应变变化;应变传感能监测桥梁、涵洞等构件受力状态,同步采集温度、湿度等环境数据。智能传感系统通过无线传输模块将数据上传至云端平台,经后台处理后生成结构健康报告,当数据超出安全阈值时自动触发预警,支持管理人员远程实时监控公路状态,及时发现潜在风险,避免病害进一步扩大。

2.2 养护工艺创新

新型修补工艺中,冷补技术采用特殊改性材料,无需加热即可直接摊铺,适用于低温、雨天等复杂环境,实现路面坑槽快速修复,修补后短时间内即可开放交通;热再生技术将旧沥青路面铣刨、加热后重新拌和利用,减少新材料消耗,降低施工过程中的能源损耗。这类工艺施工效率高,能缩短交通封闭时间,且环保性优于传统工艺。新型修补工艺可与传统工艺配合使用,针对不同病害类型、路面等级灵活选择,拓宽养护适用场景,提升复杂路况下的养护适应性。预防性养护技术以提前干预为核心,微表处通过摊铺薄层改性沥青混合料,修复路面轻微裂缝、改善抗滑性能,延长路面使用寿命;稀浆封层将乳化沥青、骨料等混合后均匀铺设,形成密封保护层,有效阻隔水分渗入路基。实施预防性养护可延缓病害发展,避免公路过早进入大修阶段,显著延长使用寿命,同时降低全生命周期养护成本,提升路网整体服务水平,减少长期养护投入。

2.3 材料技术创新

高性能养护材料方面,改性沥青添加聚合物后,高温稳定性与低温抗裂性大幅提升,能减少车辙、裂缝产生,适应高温暴晒、低温冰冻等极端气候;橡胶沥青将废旧轮胎加工成橡胶粉掺入沥青,增强路面抗老化、抗水损能力,同时实现废弃物资源化利用。新型添加剂

如抗剥落剂、纤维稳定剂等,可改善养护材料施工和易性,提升压实度与耐久性,适应重载交通、极端气候等复杂工况,保障路面长期性能稳定。绿色环保材料中,工业废渣如钢渣、粉煤灰可替代部分骨料用于路基填筑、路面基层施工,降低天然骨料开采量;再生材料将旧沥青、水泥混凝土破碎筛分后重新利用,减少建筑垃圾堆积。这类材料减少自然资源开采与废弃物排放,实现资源循环利用,同时降低材料采购成本,兼具经济效益与社会效益,符合公路养护可持续发展需求,助力绿色交通体系建设。

2.4 信息化管理技术创新

公路养护管理系统具备养护计划制定、作业调度、质量跟踪等功能,系统架构涵盖数据采集层、处理层与应用层,可整合路面状况、养护历史、交通流量等信息,为养护决策提供全面数据支撑。系统与检测设备、施工机械集成后,检测数据能自动导入管理平台,施工机械作业参数实时上传,实现数据共享与协同工作,避免信息孤岛,提升养护管理效率,减少各环节沟通成本。大数据分析可挖掘历史养护数据、实时监测数据,识别病害发生规律,预测不同路段病害发展趋势与养护需求优先级,为养护资源调配提供科学参考;人工智能算法通过训练大量病害图像样本,能自动识别路面裂缝、坑槽等问题,识别准确率随数据积累不断提升,同时结合路况、交通量等因素生成最优养护决策方案,推动质量控制从经验驱动向数据驱动转变,提升智能化水平,保障养护质量稳定可控。

3 公路养护质量控制技术创新实践策略

3.1 技术研发与引进策略

自主研发需突出企业主体地位,企业应根据公路养护质量控制实际需求,加大研发资金投入,用于新型检测设备、养护材料、管理系统的技术攻关。组建专业研发团队,吸纳材料学、信息技术、土木工程等领域人才,聚焦检测精度提升、养护效率优化等核心痛点开展研究。加强与高校、科研机构的产学研合作,借助科研单位技术优势与理论支撑,加速技术成果从实验室向实际应用转化,填补行业内关键技术空白^[3]。技术引进与消化吸收可通过国际技术交流、设备采购、合作研发等途径,引入国外先进无损检测设备、智能养护机械等技术成果。引进后需组织专业技术团队对技术原理、操作流程、核心参数进行深入研究,结合国内公路路况特点、气候条件、交通荷载等实际情况,对技术进行适应性改造,实现技术本土化。在消化吸收基础上开展再创新,优化技术性能、降低应用成本,形成具有自主知识产权

的升级技术，避免长期依赖外部技术。

3.2 人才培养与团队建设策略

专业人才培养需构建“高校-企业”协同培养模式，高校可根据行业需求调整课程体系，增设无损检测技术、智能养护管理、绿色材料应用等专业课程，强化实践教学环节，安排学生到养护企业参与实习，提升实操能力。企业可联合高校开展定向培养，开设在职培训课程，针对现有技术人员开展新技术、新设备操作培训，培养兼具技术能力与管理思维的复合型人才，满足技术创新对专业人才的需求。团队建设与团队管理需明确团队成员职责分工，按技术研发、现场检测、养护施工、质量监管等模块组建专项小组，确保各环节工作高效衔接。建立科学的激励机制，对在技术创新、质量控制中表现突出的团队与个人给予奖励，激发工作积极性。完善绩效考核制度，从技术应用效果、养护质量达标率、工作效率等维度设定考核指标，通过定期考核督促团队成员提升专业能力，保障技术创新实践稳定推进。

3.3 标准化与规范化建设策略

标准制定与完善需重视行业标准的指导性作用，针对新型检测技术、养护工艺、材料应用等领域，梳理现有标准存在的滞后性问题，结合技术创新成果与实践经验，补充制定检测精度标准、工艺操作规范、材料性能指标等内容。关注公路养护行业发展新趋势，如绿色养护、智能管理等，推动相关标准的更新升级，确保标准能有效指导技术创新实践，避免因标准缺失导致质量控制混乱。规范执行与监督需建立多层级监督机制，企业内部设立质量监管部门，对养护作业全过程进行实时监督，检查技术应用是否符合规范要求；行业主管部门可通过定期抽查、专项检查等方式，加强对企业执行规范的监管力度。对违规操作、不按规范执行的行为，明确处罚措施，如责令整改、通报批评等，同时建立整改复查机制，确保问题得到彻底纠正，维护规范的严肃性与权威性。

3.4 合作与交流策略

行业内部合作可推动养护企业、科研机构、高校建立长期合作关系，通过共建研发中心、共享实验平台、联合开展项目等方式，整合技术资源、科研成果与人才优势。组建产业联盟或技术创新共同体，定期举办技术研讨会、成果交流会，促进各方分享技术创新经验、解决实践难题，形成行业内技术协同创新的良好氛围，加速技术成果在全行业的推广应用^[4]。国际合作与交流可通过参与国际公路养护行业展会、加入国际技术组织、开展跨国合作项目等途径，学习国外先进技术理念与管理经验。邀请国外专家开展技术讲座，派遣技术人员到国外企业考察学习，拓宽国际视野。在合作过程中积极展示国内技术创新成果，提升我国公路养护技术在国际领域的影响力，推动国内外技术双向交流，助力国内技术创新实践与国际先进水平接轨。

结束语

公路养护质量控制传统方法在多方面存在不足，难以满足现代公路养护需求。通过分析传统检测技术、养护工艺和质量控制手段的局限，明确了改进方向。未来需加大技术创新投入，引入先进技术和理念，提升公路养护质量与效率，保障公路安全稳定运行，为交通事业发展提供坚实支撑。

参考文献

- [1]刘权.邵怀高速公路大修项目中的养护技术创新与实践[J].运输经理世界,2025(15):123-125.
- [2]范佳颜.废旧路面材料在高速公路养护工程中的再生利用技术创新与实践[J].运输经理世界,2025(17):127-129.
- [3]范桂英.高原地区公路桥隧综合处治养护技术创新探讨[J].价值工程,2025,44(21):53-55.
- [4]汪马良.数字化技术赋能高速公路养护工区创新管理模式研究[J].中国建筑金属结构,2025,24(11):167-169.