

公路养护及公路技术状况分析

曹敏杰 赵贊峰

浙江致欣检测技术有限公司 浙江 嘉兴 314000

摘要：公路养护是保障公路功能与寿命的系统性活动，分为日常与专项养护，技术上包括预防性与修复性养护。常见病害包括路面、路基桥涵病害等，成因涉及自然、交通荷载及材料施工缺陷。养护技术与策略涵盖路面修补、路基桥涵加固等，预防性养护强调早期识别与科学决策。智能化养护通过物联网、大数据与无人机等技术，实现精准监测、预警与高效管理，推动养护管理转型升级。

关键词：公路工程；公路养护；养护技术

引言：公路作为交通网络的关键构成，其性能关乎交通运行的安全与效率。公路养护贯穿公路全生命周期，是保障交通高效运转的基础。从常见病害类型与成因，到丰富多元的养护技术与策略，再到智能化养护管理创新，每一环节都紧密相连。深入探究这些内容，对提升公路养护水平、延长公路使用寿命、保障公众出行安全具有重大意义。

1 公路养护的定义与分类

1.1 公路养护基本概念

公路养护是围绕公路全生命周期开展的系统性维护活动，核心在于保障公路各项预设功能持续有效发挥，同时通过科学管控手段延缓设施老化速度，延长整体使用寿命。其核心目标聚焦于维持路况长期稳定，避免各类因素引发的性能衰减，同时持续优化通行环境与服务水平，满足交通运行对公路安全性、畅通性、舒适性的基本要求。这项工作贯穿公路投入使用后的全过程，是保障交通网络高效运转的基础性支撑，通过常态化、专业化的作业，确保公路始终处于良好技术状态，为各类交通需求提供可靠保障^[1]。

1.2 公路养护分类体系

按时间维度划分，公路养护主要包括日常养护与专项养护两类。日常养护具有高频次、低强度、小范围的特点，是贯穿交通运行全过程的常态化工作，通过持续的状态监测与即时处置，及时消除各类轻微隐患，维持公路设施的基础功能与整洁外观，保障通行环境的稳定性与安全性。专项养护则是针对公路使用过程中出现的特定问题开展的针对性工程作业，通常具有明确的作业目标与实施周期，聚焦于解决影响公路运行的关键性问题，通过集中资源进行系统性修复与改造，恢复并提升公路局部或整体的技术性能，确保设施长期稳定运行。

1.3 按技术性质划分

按技术性质划分，公路养护可分为预防性养护与修复性养护。预防性养护侧重于病害发生前的早期干预，在公路设施尚未出现明显结构性损伤但已呈现性能下降趋势时开展作业，通过科学的技术手段抑制病害发展，延缓老化进程，维持设施原有技术状态，降低后续大规模修复的成本与概率。修复性养护则针对公路已经出现的结构性损伤或功能性失效问题，通过针对性的技术措施进行彻底修复，恢复设施的结构强度与使用功能，消除安全隐患，确保公路能够重新满足交通运行的技术标准，保障通行安全与通行质量。

2 公路工程常见病害类型与成因分析

2.1 路面病害

路面病害是公路运营阶段最突出的技术问题，主要分为裂缝类、变形类和表面功能衰减类三大类别。裂缝类病害以结构开裂为核心特征，横向裂缝沿垂直于行车方向延展，纵向裂缝平行于行车轨迹分布，网状裂缝则以交错交织的裂纹形态呈现，这类病害会直接破坏路面结构的整体性，使外部水分更容易渗入基层与路基，逐步加剧内部结构的侵蚀与损伤，导致病害范围持续扩大。变形类病害表现为路面形态的永久性改变，车辙是行车轨迹处因长期碾压形成的凹陷，沉陷多由路基不均匀变形引发，呈现局部路面竖向下沉，波浪拥包则表现为高低交替的凸起与凹陷。表面功能衰减类病害聚焦于路面使用性能的退化，抗滑性能下降会直接降低车辆行驶时的摩擦力，延长制动距离，尤其在复杂天气条件下加剧安全隐患，渗水系数超标则意味着路面防水体系失效，水分持续侵入会软化基层材料、锈蚀内部结构部件，三类病害相互关联、逐步恶化，严重影响公路的使用年限与服务品质。

2.2 路基与桥涵病害

路基与桥涵作为公路的核心支撑结构，其病害直接

决定公路整体稳定性与安全性。路基失稳是路基病害的主要表现形式，边坡滑移会导致路基侧向位移、坡面坍塌，破坏公路线路的线性与结构完整性，路基沉降则分为整体沉降与局部沉降两种情况，均会引发路面开裂、沉陷等连锁病害，严重时甚至导致公路中断通行。桥涵结构损伤涵盖多个维度，混凝土碳化会破坏材料内部结构，降低强度与耐久性，使结构逐渐失去承载能力；钢结构锈蚀会削弱构件截面尺寸，影响受力传递效率；支座病害则会导致桥涵结构受力不均，无法正常适应温度变化与荷载作用产生的变形，三类损伤均会威胁桥涵结构安全，引发严重安全风险。排水系统故障主要表现为管道堵塞与排水不畅，这类问题会导致水分在路基、桥涵基础及周边区域长期积聚，持续软化路基土体、侵蚀结构材料、锈蚀金属部件，进一步加剧路基失稳与桥涵结构损伤，形成恶性循环，严重制约公路结构的长期稳定运行^[2]。

2.3 病害成因综合分析

公路工程各类病害的发生并非单一因素导致，而是自然因素、交通荷载与材料施工缺陷三类因素共同作用、相互叠加的结果。自然因素中，温度循环会使路面与结构材料经历反复的热胀冷缩过程，导致内部应力不断累积，当应力超过材料承受极限时，便会引发开裂、变形等损伤；降水侵蚀通过持续渗透作用，破坏材料内部粘结性能，降低结构整体稳定性；地质活动则会改变路基与桥涵基础的受力环境，导致基础沉降、滑移，进而引发上部结构病害。交通荷载方面，轴载超限会远超公路结构设计的承载标准，大幅加剧路面与结构的磨损、疲劳损伤，缩短使用寿命；交通量增长使公路长期处于高负荷运行状态，结构疲劳周期显著缩短，各类病害的出现时间大幅提前。材料与施工缺陷是病害产生的内在因素，材料配合比不当会直接导致结构强度不足、耐久性较差，难以抵御外部环境与荷载作用；压实度不足则使路基与路面基层密实度不符合要求，结构整体性与承载能力下降，易受外力与自然因素影响产生变形、开裂，三类因素的综合作用最终促成了各类病害的发生与发展。

3 公路养护技术与策略体系

3.1 路面养护技术矩阵

路面养护技术矩阵构建了针对不同病害程度、不同功能需求的全方位修复体系，实现从轻微缺陷到结构性损伤的阶梯式、精准化处置。（1）裂缝修补技术作为早期干预的核心手段，灌缝技术通过专用设备将高粘结性密封材料高压注入裂缝内部，充分填充缝隙空隙并与

裂缝壁紧密贴合，形成连续完整的密封层，高效阻断水分、杂物等侵蚀介质的侵入路径，从源头防止裂缝向深层扩展，保障路面结构的整体性与稳定性；贴缝技术采用高弹性、高粘结性能的表层贴合材料，无需复杂开槽清理工序，直接覆盖裂缝表面并压实固定，短时间内即可完成封闭作业，适配交通流量大、无法长时间占道施工的场景，实现应急防护与临时修复的双重效果。

（2）坑槽修补技术针对路面局部破损，热补技术通过现场加热设备将破损区域及专用修补材料同步加热至规定温度，促使新旧材料在高温状态下深度融合，形成密实度高、粘结力强的整体结构，修复后路面平整度与耐久性突出，可长期抵御行车荷载的反复碾压与冲击；冷补技术使用预拌成型的专用修补材料，无需加热处理，直接填充坑槽并分层压实成型，施工流程简便快捷，不受环境温度与天气条件制约，能在各类复杂环境下快速作业，及时恢复路面通行功能。（3）表面功能恢复技术聚焦路面使用性能提升，薄层罩面通过铺设特定厚度的改性沥青混合料或特种功能铺装材料，在不改变原有路面结构厚度的前提下，同步改善路面抗滑性能、平整度与防水性能，有效修复表层磨损、老化、轻微龟裂等问题，延长路面服役周期；微表处作为稀浆封层的升级改良工艺，通过科学配比骨料、乳化沥青、填料及功能性添加剂，拌和后形成高粘结力、高耐磨性的薄层铺装层，兼具防水、抗滑、找平与密封多重功能，高效应对表层松散、抗滑不足、轻微车辙等病害^[3]。（4）结构性修复技术针对深层病害与结构性能衰减，铣刨重铺技术通过专业铣刨设备将破损路面层全深度清除，直至露出坚实稳定的基层，再按设计标准重新铺设基层与面层材料，彻底解决结构性裂缝、沉陷、强度不足等深层次问题，全面恢复路面结构强度与承载能力；加铺层技术通过在原路面增设刚性、柔性或复合结构的铺装层，结合层间粘结处理技术增强新旧结构的协同受力能力，显著提升路面整体承载性能与抗疲劳能力，适应交通量增长与荷载升级需求，延长公路整体使用寿命。

3.2 路基与桥涵养护技术

路基与桥涵作为公路工程的核心支撑结构，其养护技术围绕结构稳定性提升、功能完整性保障与使用寿命延长展开，形成针对性强、覆盖全面的专业化处置体系。路基边坡加固技术专门应对边坡滑移、坍塌等失稳风险，锚杆框架梁技术通过在边坡岩土体中植入高强度锚杆，配合现浇混凝土框架形成联合支护体系，锚杆深入稳定岩层或土体提供可靠抗拔力，框架结构约束表层岩土体并分散应力，大幅提升边坡整体稳定性；生态护

坡技术融合工程防护与生态保护理念，结合植被种植与土工合成材料、格栅等工程措施，植被根系固结土壤、减缓水流冲刷，工程材料提供初期支护强度，实现结构稳定性与生态环保性的有机统一。桥涵结构检测以无损检测技术为核心，借助先进技术手段精准识别结构内部缺陷与外部损伤，穿透混凝土结构检测内部空洞、裂缝等隐蔽问题，判断钢结构锈蚀程度及支座老化变形情况，检测过程不破坏结构本体，不影响正常通行，为养护方案制定提供科学数据支撑。排水系统维护是基础保障性环节，高压水射流清通技术通过高压水流喷射管道内壁，清除油污、泥沙等堵塞物，快速恢复管道断面与排水能力。

3.3 预防性养护策略框架

预防性养护策略框架以“早期识别、精准检测、科学决策”为核心，构建全流程、精细化的养护管理体系，推动公路养护从传统被动修复向主动预防转型。早期病害识别依托科学的路况评价指标开展分级预警，通过专业设备系统采集路面破损状况、结构性能参数、功能衰减程度等关键指标，结合长期养护数据综合分析，建立完善评价体系，按病害严重程度与发展趋势划分风险等级，针对轻微缺陷与潜在隐患及时预警，为养护干预争取最佳时间窗口，以低成本早期处置抑制病害蔓延。定期检测体系以自动化检测设备为核心支撑，实现路况数据高效采集、精准分析与动态更新，通过相关设备测量路面纵向高程变化，计算平整度参数，反映通行舒适度；通过相关设备模拟行车荷载冲击，获取弯沉数据评估结构承载能力与刚度，结合多类检测设备形成立体化网络，常态化周期性检测掌握技术状态变化规律，建立完整路况档案。养护决策优化基于全寿命周期成本分析方法，综合考量施工、材料损耗、交通影响及后期维护等多方面成本，结合病害发展趋势、结构寿命预期与服务质量要求，构建多维度决策模型，评估不同方案的技术可行性与长期效益，权衡短期投入与长期回报，制定最优养护时机、方式与范围，实现资源高效配置^[4]。

3.4 智能化养护管理创新

智能化养护管理创新通过现代信息技术与公路工程技术深度融合，推动养护管理向精准化、高效化、智能化转型，构建全流程数字化、可视化养护体系。物联网

技术应用作为基础支撑，在公路路基、路面、桥涵等关键部位部署多参数传感器网络，实时监测并采集运行状态数据，持续捕捉结构应变、应力、环境温度、湿度等关键参数，感知路面沉降、结构变形、材料老化等细微变化，通过无线传输技术上传数据至管理平台，实现病害隐患早期识别、动态预警与实时跟踪。大数据分析平台整合物联网监测、定期检测、历史养护记录、气象环境等多源信息，建立全面路况数据库，通过数据清洗、整合、挖掘与建模，构建高精度路况预测模型，精准研判病害发展趋势与结构性能衰减规律，结合养护技术适用条件与成本效益，自动推荐适配方案，提升决策针对性与合理性^[5]。无人机巡查系统凭借高效灵活的作业优势，搭载高精度图像采集、定位与传输设备，快速覆盖指定区域，通过图像识别算法自动识别各类病害，借助三维建模技术生成实景三维模型，直观呈现公路技术状态与病害分布，降低人工巡查强度与作业风险，提高巡查效率与检测精度，为养护计划制定、施工实施与效果评估提供全方位保障。

结束语：公路养护贯穿公路全生命周期，涵盖路面、路基与桥涵等多方面，涉及病害成因复杂。公路养护技术体系完备，从路面到路基桥涵均有针对性技术，预防性养护策略与智能化管理创新更是推动养护转型。未来需持续完善养护体系，融合先进技术，实现精准高效养护，为公路安全畅通、长久服役提供坚实保障，助力交通事业高质量发展。

参考文献

- [1]周锦权.公路施工技术管理及公路养护措施分析[C]//2025工程技术应用与管理交流会论文集.2025:1-3.
- [2]李敬树.公路桥梁养护管理现状及对策分析[J].工程建设与设计,2024(09): 27-30.
- [3]程晓凯.公路技术状况评定标准在高速养护管理中的应用[J].黑龙江交通科技,2021,44(06):211-212.
- [4]谢晓露.公路养护管理存在的问题及改善措施[J].黑龙江交通科技,2023(4): 111-113.
- [5]于海建,李昂,陈智轩.基于公路技术状况评价模型的某市政道路路面性能状况调查分析及养护决策研究[J].科学技术创新,2023,(12):158-161.