

“四新”技术驱动下城市道路桥梁养护成本优化策略

周歆捷

南京市鼓楼区市政设施综合养护中心, 江苏南京, 210015;

摘要: 城市道路桥梁是市政基础设施的核心载体, 其养护成本管控成效直接决定设施运维效能与公共服务质量。传统养护模式普遍存在成本高企、响应滞后、资源浪费等痛点, 本文立足设施管理单位职能定位, 以“四新”技术(新技术、新材料、新工艺、新设备)为核心驱动, 结合南京本地道桥养护实操案例, 系统拆解“四新”技术在养护成本优化中的应用路径与实际效能。研究证实, 依托智能化监测、新型材料替代、精细化工艺升级及高效设备赋能, 可推动养护模式从“被动修复”向“主动预防”转型, 显著优化全生命周期养护成本结构。本文进一步提出针对性成本优化保障措施, 为管理单位依托技术创新提升养护经济性提供实践支撑, 同时直面技术应用瓶颈并明确改进方向, 兼顾研究的实用性与对技术应用的理性审视。

关键词: “四新”技术; 城市道桥养护; 成本优化; 全生命周期; 管理单位视角

DOI: 10.69979/3029-2727.26.03.010

引言

随着城市更新进程加快, 南京存量道路桥梁中老旧设施占比持续攀升, 结构老化、病害频发等问题日益突出, 养护需求与成本压力的矛盾成为本地管理单位面临的核心困境。传统养护模式以“定期巡检+事后维修”为主, 存在病害识别不及时、维修方案粗放、材料设备效能不足等短板, 导致重复养护、过度维修现象普遍, 资金利用效率偏低。依据《公路桥涵养护规范》(JTGD60-2015)要求, 管理单位需在保障设施安全运行的前提下, 实现养护资源的精准配置与成本高效管控, 而“四新”技术正是破解这一矛盾的核心抓手^[1]。

“四新”技术的迭代升级为破解这一困境提供了关键路径。四大维度协同发力, 从养护全流程重构成本管控逻辑。作为设施产权管理单位, 虽无建设职能, 但可通过技术落地优化运维策略、提升养护质效, 实现成本与安全的动态平衡。本文结合南京本地实操案例, 剖析“四新”技术驱动成本优化的内在机制, 为同类单位提供借鉴。

1 城市道路桥梁养护成本现状及“四新”技术应用瓶颈

1.1 养护成本现状特征

当前南京城市道桥养护成本存在三大突出痛点, 制约运维效能提升。人工成本占比居高不下, 传统巡检依赖人工徒步或车载巡查, 效率低下且需投入大量人力,

是养护资金支出的主要部分; 维修成本呈刚性增长态势, 老旧设施病害反复率高, 被动维修模式导致材料浪费与二次施工成本叠加, 加重财政负担; 全生命周期成本管控意识缺失, 养护决策缺乏精准数据支撑, 难以平衡短期投入与长期效益, 传统工艺养护的设施易出现病害反复, 变相增加养护总成本^[2]。

1.2 “四新”技术应用瓶颈

尽管“四新”技术应用前景广阔, 但南京基层管理单位在落地过程中面临多重现实约束, 难以快速规模化推广。初期投入门槛偏高是首要障碍, 智能化设备、新型材料的采购成本显著高于传统品类, 多数基层单位受财政预算限制, 仅能在关键桥隧、主干道小范围试点; 技术适配性不足形成应用壁垒, 部分新技术与现有养护管理体系脱节, 缺乏标准化应用流程, 以BIM技术为例, 其在成本核算中的应用需专业人才支撑, 而基层单位技术储备薄弱, 难以充分发挥技术价值; 资金保障机制不完善加剧推广难度, 多数管理单位依赖财政单一投入, 市场化融资渠道不畅, 难以覆盖技术迭代、设备运维及人员培训等全链条成本^[3]。

2 “四新”技术驱动养护成本优化的核心路径

2.1 新技术赋能: 构建精准化监测与决策体系

数字化、智能化技术可从源头管控养护成本, 筑牢“预防为主、精准施策”的养护基础。南京依托智能网联汽车“车路云一体化”试点优势, 由市交通集团牵头搭建市级智慧桥隧监管平台, 融合CIM、BIM与大数据

据技术,在应天大街长江隧道、定淮门长江隧道等关键设施布设智能感知设备,实时捕捉设施结构状态与运行参数,构建全生命周期健康档案。该平台具备病害预警功能,可通过算法建模预测设施劣化趋势,提前发出养护提示,避免病害扩大化导致的维修成本激增。同时,平台实现养护全流程数字化管控,从病害识别、工单派发至维修核全程留痕,有效提升养护决策的科学性,契合管理单位降本增效需求。目前该技术已逐步拓展至江心洲长江大桥及沿线快速路,形成跨江融合的智慧养护网络^[4]。

裂缝识别领域的技术融合应用,进一步提升养护精度并减少材料浪费。南京在长江大桥、赛虹桥立交等大型桥梁养护中,采用无人机与AI图像分析技术协同作业,针对桥梁梁底、支座等人工巡检盲区,通过无人机航拍采集图像,再经AI模型精准识别细微裂缝及结构缺陷,有效规避“一刀切”维修造成的资源损耗。管理单位在应用中优化设备组合,对桥梁高空、隐蔽部位采用无人机巡检,对路面、护栏等平面设施搭配智能巡检车,形成“空-地一体化”监测网络。同时建立数据校验机制,AI识别结果经专业人员复核后生成养护工单,既保障精度又避免技术依赖,在跨江大桥及互通立交养护中成效显著,大幅减少无效维修支出^[5]。

2.2 新材料替代:提升耐久性并降低重复养护成本

新型材料以耐久性提升为核心优势,通过延长设施服役周期、减少维修频次,从长期维度优化成本结构。南京在江东中路、中山路等城市主干道养护中,广泛应用高弹抗裂超薄罩面材料,采用薄层摊铺工艺替代传统厚层混合料铺设。该材料具备优异的黏结性与抗裂性能,能有效抵御车辆荷载与自然环境侵蚀,适配城市主干道交通流量大、重载车辆多的养护需求。应用该材料后,路面病害发生率显著降低,养护周期大幅延长,减少了中期维修次数,全周期成本优势突出。此外,南京在老旧街巷道路养护中,选用环保型改性沥青材料,兼顾养护效果与生态需求,避免因材料性能不足导致的重复施工,进一步压缩养护成本^[6]。

微表处预防性养护技术在南京城市道路养护中应用广泛,尤其适用于秦淮区、鼓楼区等老城区主干道。该技术采用高分子聚合物改性乳化沥青混合料,摊铺薄层保护层即可实现路面性能提升,施工后短时间内就能开放交通,实现“即铺即通”。这一技术大幅降低了施

工对老城区交通通行的影响,减少了交通疏导成本与扰民问题,同时能有效延缓路面老化,延长服役周期。相较于传统铣刨重铺工艺,该技术无需大面积开挖,避免了材料浪费与二次施工,在保障通行效率的同时实现成本管控,完美适配老城区道路密集、交通繁忙的养护场景^[7]。

2.3 新工艺升级:实现精细化施工与资源高效利用

新工艺以“绿色、高效、节能”为导向,通过流程优化减少资源消耗,规避二次施工成本。针对南京老旧道路养护中传统工艺施工周期长、交通影响大的弊端,养护单位采用乳化沥青封层工艺开展预防性处理。该工艺可提前遏制路面病害扩大化,无需大面积铣刨,材料利用率大幅提升,施工周期显著缩短,无需长时间封闭交通,兼顾养护质效与民生需求。在雨花台区、栖霞区等城乡结合部道路养护中,该工艺有效解决了路面早期病害反复的问题,避免了后期大规模维修,大幅降低综合养护成本,同时契合绿色市政建设要求。

在隧道养护领域,新工艺的应用可有效规避后期隐性成本。南京玄武湖隧道、九华山隧道在养护中,针对拱顶空洞、墙面渗漏等常见问题,采用新型注浆维修工艺替代传统开仓修补。该工艺无需大面积破除原有结构,注浆材料能充分填充空隙并与原结构紧密结合,在减少资源消耗、提升作业效率的同时,显著提升隧道防水性能与结构稳定性,从源头避免后期渗漏维修产生的额外成本。管理单位在工艺选择中,结合隧道服役状态与养护需求,优先采用“预防性养护+精准修补”组合工艺,替代传统“大面积返工”模式,在保障隧道安全运行的同时实现成本优化。

2.4 新设备赋能:提升作业效率并降低人工成本

智能化设备的普及应用,可大幅削减人工投入,同时提升养护作业精准度。南京已上线自动驾驶环卫洗扫车开展跨江桥隧养护,车辆由市交通集团联合企业研发,具备多种作业模式,可沿应天大街长江隧道、横江大道、江心洲长江大桥形成闭环养护路线,打破“一江两岸”的养护区域限制。该设备可实现自主导航、自动作业,减少了对环卫工人的依赖,尤其适合凌晨时段桥隧养护作业,既提升了作业安全性,又降低了人工成本。此外,南京在城市主干道养护中应用智能巡检车,搭载高清摄像与分析模块,可实时识别路面及附属设施缺陷,直接

同步至养护管理平台生成工单,无需人工二次录入,大幅提升巡检效率,适合大范围市政设施常态化巡检。

智能灌浆机器人在南京大型桥梁裂缝处理中应用,优化材料与人工成本管控。该设备可精准控制灌浆流程,避免人工操作导致材料浪费、灌浆不充分等问题,减少后期返工成本。在长江大桥、长江二桥等桥梁病害处置中,其与“空-地一体化”监测网络联动,精准对接裂缝位置作业,提升养护质量与效率。此类设备虽初期投入较高,但能通过减员提效实现长期节约,是南京重点桥隧精细化养护的核心设备之一。

3 成本优化的保障措施

3.1 完善资金保障机制

借鉴南京交通集团多元模式,管理单位可拓宽资金渠道破解投入瓶颈。新建设施将智能感知设备费用纳入预算,提前布局智慧养护基础;既有设施改造通过政府购买服务、PPP合作引入社会资本,按养护效益分成减轻财政压力。同时争取省市级城市更新补助资金,建立科学成本分摊机制,对受益主体明确的设施按比例分摊成本,公益性设施申请专项基金,保障“四新”技术推广资金连续。

3.2 强化技术适配与人才储备

结合管理单位职能,制定“四新”技术应用标准流程,明确BIM技术在成本核算中的操作规范与场景,确保与现有管理体系衔接。强化人才建设,通过校企合作、行业培训提升基层人员设备操作能力,引进BIM、数据分析专业人才,补齐技术储备短板,为技术落地提供支撑。

3.3 建立全生命周期成本评估体系

依据《建设工程工程量清单计价规范》(GB50500-2023),构建涵盖设计、养护、维修、拆除全阶段的成本评估模型,结合智能监测数据精准预测设施服役状态,优化养护决策。建立常态化复盘机制,定期对“四新”技术应用效益进行评估,通过对比不同技术方案的成本投入、使用寿命、维护频次、能耗水平等核心指标,筛选适配本区域设施特点、预算能力的最优技术组合,避免盲目投入,提升资金使用效率。

4 结束语

“四新”技术为城市道路桥梁养护成本优化提供核心支撑,从精准监测、材料替代、工艺升级到设备赋能,构建起全链条成本管控体系,推动养护模式实现根本性转型,显著提升资金利用率与设施运维效能。管理单位作为设施产权管控主体,需立足自身职能定位与预算约束,突破初期投入、技术适配、资金保障等瓶颈,通过机制创新与技术落地,构建“技术赋能+精准管控+全周期优化”的成本管理体系,在保障设施安全运行的前提下实现降本增效。

本文研究存在一定局限性,案例集中于南京城区核心桥隧及主干道,相关经验对远郊区县、老旧街巷密集区域的适配性待验证;部分新技术长期成本效益需持续监测,极端天气与复杂地质下的稳定性、经济性缺乏完整支撑。未来可聚焦“四新”技术与南京智慧市政平台融合,完善市场化资金机制,推动成本优化从核心区域向全域覆盖,为同类城市设施运维提供支撑。

参考文献

- [1] 李红豫,李恒,吴悦,廖日,张璐.基于BIM的东洲湘江大桥参数化设计应用研究[J].公路,2020,65(11):173-178.
- [2] 梁海平.精细化管理在道路桥梁养护中的技术路径[J].中国建筑金属结构,2025,24(17):172-174.
- [3] 王一,李坤,等.基于BIM的桥梁养护成本控制[J].智能城市,2020,6(21):80-81.
- [4] 周应华,瞿浩,景磊.基于精细化BIM模型的钢结构桥梁工程量自动统计技术研究[J].公路,2020,65(07):109-112.
- [5] 戴林发宝,薛光桥,苑俊杰.基于多源数据的铁路工程BIM协同设计平台研究[J].铁道标准设计,2020,
- [6] 王宏坤,刘锦军,张义桂,关高勇,吴涛洮.南京长江大桥维修改造BIM智能管理系统[J].公路,2020,65(11):361-365.
- [7] 赵亚宁,王浩,郜辉,祝青鑫,王飞球,谢以顺.基于BIM的高铁连续梁施工应力监控方案设计及应用[J].铁道标准设计,2020,64(11):68-73.

作者简介:周歆捷,1996.5,男,汉族,浙江省嘉兴市人,硕士,助理工程师,研究方向:道桥养护。