

智慧技术赋能公路工程养护实践研究

艾绪群

泰安市岱岳区公路事业发展中心 山东 泰安 271000

摘要:传统公路养护存在经验化、滞后化、粗放化等诸多弊端,难以适配现代公路运维发展需求。本文以智慧技术赋能公路工程养护为研究核心,界定相关核心概念,梳理物联网、大数据、人工智能等核心技术体系,结合工程案例技术分析实践应用成效。同时剖析当前技术适配不足、人才短缺、标准缺失等现存问题,从技术、管理、人才、长效运维多维度提出优化策略,为公路养护智能化、精准化、规范化发展提供参考。

关键词:智慧技术;公路工程;养护实践

引言:随着我国公路路网规模持续扩大,交通通行荷载不断增加,公路养护运维压力与日俱增。传统人工主导的养护模式效率低、精准度不足,被动抢修的养护模式已无法适配现代化公路长效运维需求。智慧交通技术的快速发展,为公路养护转型升级提供了全新路径。基于此,本文深入探究智慧技术在公路工程养护中的实践应用,分析应用短板并制定优化方案,旨在推动公路养护从传统经验模式向智能运维模式转型升级。

1 相关概念与核心技术体系

1.1 公路智慧养护相关概念界定

(1) 传统公路工程养护:是以保障公路基础通行功能为核心的基础性工程工作,工作范畴包含公路日常巡查、路面病害维修、预防性养护、专项整治等常规内容。该模式以人工操作为核心,依赖工作人员经验开展作业,存在主观性强、效率偏低、管控滞后的特征,整体为被动式、经验化的养护运行模式。(2) 智慧公路工程养护:是依托现代信息技术形成的新型公路养护模式,以数字化、智能化、精准化、长效化为核心特征。该模式打破传统养护局限,通过各类智慧技术,完成公路养护监测、决策、施工、管理的全流程智能化升级,是适配现代化公路运维需求的新型养护体系。(3) 智慧技术赋能的核心内涵:本质是利用现代化技术补齐传统养护的短板与漏洞,依托数据采集、分析与应用,实现养护数据可视化呈现、路面病害识别精准化、养护决策科学化、养护全过程管理规范化的行业痛点。

1.2 公路养护核心智慧技术类型

(1) 物联网感知技术:以传感器、无人机、高清监控、激光雷达等设备为核心,全天候采集公路路况、路面病害、附属设施状态及道路环境参数,实现路况动态实时监测,为后续养护工作提供基础数据。(2) 大数据

与云计算技术:整合公路养护、车辆通行、道路环境等多维度数据,依托云计算完成海量数据的存储、分析与深度挖掘,筛选有效信息,为养护方案制定、资源调配提供可靠数据支撑。(3) 人工智能技术:通过AI智能算法,自动识别、分类、评级路面裂缝、坑槽、沉降等各类病害,同时可智能匹配最优养护方案、预判养护风险并提前预警,提升养护智能化水平。(4) BIM与数字化建模技术:搭建公路工程全生命周期三维数字化模型,实现养护场景可视化、养护进度动态管控,可精准追溯病害成因,助力公路精细化运维管理^[1]。

1.3 智慧技术赋能公路养护的优势

(1) 提升养护工作效率:替代人工重复性巡查、检测作业,大幅缩短病害排查、数据统计周期,加快养护作业响应速度,有效提升整体养护工作效率。(2) 提高养护精准度:规避人工检测的主观误差,精准识别微小、隐性路面病害,推动预防性养护落地,减少病害扩大引发的道路损耗与经济损失。(3) 优化养护资源配置:通过数据分析精准定位养护需求,合理分配人力、物力、财力,杜绝盲目养护,有效降低公路整体养护成本。(4) 完善养护管理体系:实现养护全流程数据留痕、动态监管,推动公路养护从传统“被动抢修”模式,向“主动预防、智能运维”的现代化模式转型。

2 智慧技术在公路工程养护中的实践应用

2.1 公路路况智能监测与病害识别应用

(1) 全天候动态监测体系构建:依托无人机航拍、高精度路面传感器、高清视频监控、激光雷达等智能感知设备,搭建覆盖公路路面、桥梁、隧道、边坡及附属设施的全天候动态监测体系。设备可24小时不间断采集路面平整度、结构应力、温湿度、车流荷载、路面破损等路况与环境数据,突破传统人工巡查仅日间作业、频次不足、覆盖不全的局限,实现公路全域、全时段状态

把控。(2) 智能病害识别与分析: 结合人工智能图像识别算法, 对监测设备采集的路面影像、设施监测数据进行批量智能分析, 可自动精准识别路面坑槽、纵横裂缝、车辙、沉陷及边坡坍塌、护栏破损等各类常见病害。系统可自动标注病害精准位置、统计病害数量、测算破损面积与损坏程度, 替代人工肉眼排查, 有效规避人工漏检、误检等问题, 提升病害统计的准确性与全面性^[2]。(3) 病害预警与分级管控: 依托大数据技术复盘海量病害监测数据, 分析不同环境、车流条件下的病害发展规律, 构建病害演化预测模型。系统可实时预判各类病害恶化趋势, 按照轻微、一般、较重、高危四个等级划分病害风险, 对高危病害提前发出声光及平台预警, 为养护人员开展分级处置、优先处置重点病害提供科学依据。

2.2 公路养护智能决策与方案优化应用

(1) 养护数据库搭建: 整合全域公路基础台账、近十年历年养护记录、实时病害监测数据、日均通行流量、区域气候环境、施工台账等多维度数据, 搭建标准化、一体化公路养护数据库。数据库实现数据分类存储、实时更新、互联互通, 解决了传统养护数据分散、缺失、难以复用的问题, 为智能决策提供完整数据底座。(2) 智能养护决策生成: 通过大数据算法深度学习各类病害的养护规律, 结合公路等级、交通荷载、道路使用年限及通行服务需求, 智能匹配最优养护方式与最佳养护时机。可针对性生成预防性养护、修复性养护、专项整治养护等差异化方案, 替代传统依赖经验的决策模式, 保障养护决策的科学性与专业性。(3) 养护方案动态优化: 养护决策平台具备动态适配能力, 可实时结合突发路况、暴雨、高温、寒潮等极端天气及施工场地条件、交通管制情况等变量, 动态调整养护施工计划、作业时序及人力、设备、物料资源配置, 及时优化养护方案, 有效规避施工风险, 大幅提升养护方案的适配性与现场可执行性^[3]。

2.3 公路养护施工与运维智能化应用

(1) 智能化养护施工设备应用: 项目广泛应用智能摊铺机、智能碾压设备、无人巡检车等智能化装备, 全程依托设备数字化控制系统开展养护作业, 精准把控摊铺厚度、碾压压实度等核心参数, 大幅提升施工精度。同时自动化设备替代大量重复性人工作业, 有效提升养护效率, 降低一线人员高空、野外作业的安全风险。(2) BIM可视化运维管理: 基于公路全生命周期BIM三维数字化模型, 将道路、桥梁、隧道等构筑物参数与养护数据绑定, 实现养护施工全过程可视化管控。管理人员可实时查看施工进度、质量达标情况, 精准定位施工问题, 同时可实现病害溯源、施工过程复盘, 完成养护工程全流程溯源

管理^[4]。(3) 养护档案数字化管理: 构建数字化养护档案管理系统, 将病害监测数据、施工全过程记录、质量检测报告、工程验收资料等全部数字化归档。实现养护档案实时更新、线上随时调取、全程可追溯, 彻底解决传统纸质档案易丢失、查阅繁琐、无法溯源的问题, 全面规范养护管理流程。

2.4 典型工程实践案例分析

(1) 案例项目概况: 本次选取某省级干线智慧养护试点公路项目, 路线全长42.6公里, 为双向四车道干线公路, 日均车流量达2.8万辆。该路段重载车辆多、雨水充沛, 常年出现路面裂缝、坑槽、边坡滑移等病害。传统养护存在巡查周期长、病害处置滞后、养护成本偏高的问题, 项目以智能化改造为核心, 旨在实现精准养护、降本增效、提升通行安全水平。(2) 智慧技术落地应用方案: 项目全线布设120余套路面传感器、30处高清监控点位, 搭配6台巡检无人机组建全域感知体系; 搭载AI智能病害识别系统, 自动识别各类路面病害; 搭建大数据养护决策平台, 结合车流、气象、病害数据自动生成养护方案, 同时依托BIM模型实现全线可视化运维管控, 形成“感知—分析—决策—施工—归档”的全流程智慧养护体系。(3) 应用效果分析: 项目智能化改造落地后, 公路病害识别准确率提升至98.2%, 病害排查周期由原来的7天缩短至1天, 轻微病害处置及时率提升45%; 年均养护成本降低18.5%, 路面完好率由82%提升至95.3%, 道路通行故障率大幅下降, 有效解决了传统养护粗放化、滞后化问题, 显著提升公路养护质量与道路通行保障能力。

3 智慧技术赋能公路养护的现存问题与优化策略

3.1 智慧技术养护应用现存问题

(1) 技术融合适配性不足: 当前公路智慧养护应用存在技术碎片化问题, 物联网、人工智能、BIM等技术多独立落地, 系统端口不统一, 数据难以互通共享, 形成严重的数据孤岛。同时部分先进智慧技术适配性较差, 与基层中小型养护场景贴合度低, 多技术协同赋能的综合价值未能充分发挥。(2) 硬件设备运维成本偏高: 各类智能监测、施工设备采购造价高昂, 且设备长期运行需要定期校准、检修、更换零部件, 后期运维成本持续偏高。多数县域、中小路段养护单位资金有限, 高额设备成本制约了智慧养护技术的普及落地。(3) 专业人才队伍建设滞后: 现有一线养护人员长期从事传统养护作业, 熟练掌握人工养护工艺, 但缺乏大数据分析、AI算法操作、BIM模型运维等数字化技能。行业复合型专业人才缺口较大, 人才短板成为智慧养护落地的核心阻碍。(4) 行业标准与管理制度不完善: 目前智慧养护尚未形

成统一的行业规范,在数据统计标准、技术应用规范、施工质量验收等方面缺乏统一依据,同时养护管理流程模糊、部门权责划分不清晰,严重制约智慧养护技术的规模化、规范化推广。

3.2 技术层面优化策略

(1) 搭建一体化数据共享平台:整合路况监测、病害统计、施工运维、通行流量、气象环境等多源数据,统一数据接口与传输标准,彻底打通各技术系统的数据壁垒。实现养护数据集中存储、共享互通、联动分析,强化多技术协同作业能力,充分发挥智慧技术集成赋能优势。(2) 优化技术与场景适配性:摒弃技术堆砌的应用模式,结合高速、干线、农村公路的不同路况特征与养护需求,定制轻量化、差异化的智慧养护技术方案。简化基层操作流程,降低技术落地门槛,让智慧技术精准适配各类基层养护场景。(3) 推进技术迭代升级:立足复杂路况、雨雪雾霾等恶劣养护场景,持续优化AI病害识别算法,提升隐蔽性、微小病害识别精度。同时升级智能监测设备性能,增强设备抗干扰能力,全面提升智慧技术在复杂环境下的运行稳定性与实用性^[5]。

3.3 管理与人才层面优化策略

(1) 完善行业标准与管理制度:统一智慧养护数据采集、技术应用、施工验收全流程标准,构建规范化、标准化的智慧养护管理体系。明确各管理部门、作业岗位的权责范围,规范养护作业流程,破解行业管理混乱、标准缺失的难题。(2) 构建多元化资金保障体系:积极申报专项政策扶持资金,加大基层智慧养护资金投入。同时引入市场化合作模式,通过政企合作分摊设备采购、运维成本,有效缓解中小养护单位资金压力,推动智慧养护技术全域普及。(3) 强化专业人才队伍建设:建立常态化分层培训机制,针对在岗人员开展数字化养护技能培训,完成传统养护人员技能转型。同时定向引进智慧交通、大数据运维、BIM技术等专业人才,打造兼具传统养护经验与数字化能力的复合型人才队伍。

3.4 长效运维与推广策略

(1) 建立常态化设备运维机制:制定智能设备定期检修、校准、保养管理制度,安排专人负责设备日常运维,及时排查设备故障,保障监测、施工设备长期稳定运行,有效延长设备使用寿命,降低后期更换成本。(2) 打造试点示范推广模式:依托成熟的智慧养护试点工程,梳理总结可复制、可落地的技术方案与管理经验,形成标准化推广体系。以试点带动全域,逐步推进各区域公路智慧养护改造,实现行业规模化发展。(3) 建立动态优化升级机制:紧跟智慧交通技术发展趋势,结合公路养护行业新需求、新标准,持续优化智慧养护技术体系、管理模式与运维流程,实现公路智慧养护动态升级,保障行业长效高质量发展。

结束语

本文系统探究了智慧技术在公路工程养护中的应用价值与实践路径,明确了智慧养护相较于传统养护的核心优势,结合工程实践验证了技术赋能的实际成效。针对当前智慧养护推广落地的各类痛点问题,提出多维度、系统化的优化提升策略。未来,需持续推进技术迭代、标准完善与人才建设,深化智慧技术与养护场景的深度融合,助力公路养护行业实现高质量、长效化发展。

参考文献

- [1]王从熙.探究公路桥梁的智能养护管理与维修加固[J].汽车周刊,2025,15(12):163-165.
- [2]胡晓骏.公路工程智慧建设管理方法与应用研究[J].内蒙古公路与运输,2023,23(6):225-229.
- [3]胡凯.公路工程施工成本管控存在的问题及解决对策[J].工程技术研究,2021,6(21):161-164.
- [4]高明灿.公路工程施工管理优化探讨[J].建材发展导向,2021,19(20):193-195.
- [5]赖友烽.高速公路路面微表处养护施工技术[J].中小企业管理与科技,2021,11(10):176-178.