

数字化背景下公路智慧养护管理平台建设思路研究

李 芳

阿拉善盟交通运输事业发展中心宗别立公路养护工区 内蒙古 阿拉善 750306

摘 要：在数字化技术飞速普及的行业背景下，传统公路粗放式养护模式弊端日益凸显，信息化碎片化、数据孤岛等问题制约养护管理提质增效。本文以全生命周期管理、精细化管理等理论为支撑，结合物联网、大数据、人工智能等核心技术，剖析当前公路养护数字化建设现状与核心问题，探究问题深层成因，提出智慧养护管理平台的建设目标、架构设计、功能模块及全方位保障体系，为公路养护数字化、智能化、精细化转型提供实践参考。

关键词：数字化背景；公路智慧养护管理平台；建设思路

引言：交通运输是国民经济发展的命脉，公路养护是保障路网安全畅通、提升交通服务质量的关键环节。当下数字化转型深入推进，传统经验驱动的养护模式已无法适配现代化路网运维需求，存在养护精准度低、协同效率差、资源浪费等诸多问题。为破解公路养护管理痛点，推动养护工作从粗放式向智能化、精细化升级，本文立足数字化发展背景，系统研究公路智慧养护管理平台的建设思路与实施路径，助力公路养护行业高质量发展。

1 相关概念与理论基础

1.1 核心概念界定

（1）数字化公路养护：是指依托数字化技术，实现公路养护数据采集、传输、分析、应用、管控全流程数字化，替代传统人工粗放式养护模式的新型运维模式。其核心在于以数据驱动替代经验驱动，提升养护工作的精准性与时效性。（2）公路智慧养护管理平台：是以大数据、物联网、人工智能为核心技术支撑，整合公路路况监测、养护决策、施工管控、运维考核、应急处置等功能的一体化智能化管理系统。该平台强调跨业务模块的集成联动，实现养护管理从静态记录向动态闭环管控转变。（3）公路精细化养护：是基于精准数据支撑，实现公路病害精准识别、养护方案精准制定、养护资源精准配置、养护效果精准评估的现代化养护管理模式。其核心要义在于“精、准、细、严”，推动养护作业从粗放式向标准化、规范化升级。

1.2 核心支撑技术

（1）物联网技术：通过路面传感器、无人机、视频监控、车载终端等设备，实时采集公路路况、设施状态、通行环境等基础数据，为平台运行提供全面、动

态的数据支撑，是感知层的核心基础。（2）大数据技术：对海量公路养护数据进行清洗、整合、分析、挖掘，实现病害规律研判、养护需求预测、资源优化配置等数据化决策，推动养护决策从经验主导向数据驱动转型。（3）人工智能技术：依托图像识别、深度学习算法模型，自动识别路面裂缝、坑槽、沉降等病害，智能生成养护方案，显著提升养护决策的科学性与高效性，降低人工判别的主观误差^[1]。（4）云计算与GIS技术：实现养护数据云端存储、共享与协同处理，结合地理信息系统精准定位公路病害位置、路网分布，实现养护资源的可视化管控与空间化分析。

1.3 相关理论基础

（1）全生命周期管理理论：贯穿公路规划、建设、养护、改造、报废全流程，指导平台实现公路设施全生命周期数字化管控，确保各阶段数据贯通，提升养护工作的系统性与长效性。（2）精细化管理理论：以精准化、标准化、智能化为核心，为公路智慧养护平台的功能设计、流程优化、管控体系搭建提供理论支撑，促进养护管理从定性描述向定量管控转变。（3）协同治理理论：推动交通管理部门、养护企业、运维人员等多方主体数据共享、业务协同，有效解决传统养护管理中信息孤岛严重、协同性不足的问题，构建多元共治的养护管理新格局。

2 数字化背景下公路养护管理现状及问题分析

2.1 公路养护管理发展现状

（1）养护模式现状：当前国内公路养护正逐步从被动抢修式向主动预防性养护转型，养护理念由“坏了再修”转向“未坏先防”，注重全周期路况维护与病害前置干预。部分地区已率先引入数字化监测设备与

管理信息系统,智慧养护试点工作有序推进,为大规模数字化转型积累了丰富的实践经验与技术储备,示范效应逐步显现。(2)数字化建设现状:交通运输行业数字化政策持续落地,信息化基础设施不断夯实,行业数字化发展环境日趋成熟。多数地区已完成公路基础数据采集与路网信息化建档工作,初步实现养护业务线上化办理,数据积累初具规模,数字化应用场景从静态档案管理向动态路况监测逐步拓展延伸,为智慧养护平台建设奠定了数据基础。(3)平台建设现状:部分省市已搭建公路养护管理信息化平台,但多聚焦单一功能模块(如巡查记录、报表统计、日常流程审批),系统集成度较低,数据互通性差。缺乏全域整合、智能决策、协同运维的一体化智慧平台功能架构,整体仍处于信息化向智能化过渡的初级阶段,距离全链条数字化闭环管理仍有较大差距。

2.2 公路智慧养护管理存在的核心问题

(1)数据体系不完善:数据采集标准不统一,来源多样、格式各异、接口不一致,数据孤岛问题突出;数据更新滞后、精准度不足,部分基础数据长期未校准,历史数据沉淀利用率低,难以形成有效的数据资产,无法有力支撑智能化决策与精准养护分析的数据需求。(2)平台功能碎片化:现有平台多聚焦基础信息录入与流程审批,功能单一且模块割裂,系统之间数据互通困难。病害智能识别、养护需求预测、应急联动指挥、养护效果后评估等核心智能功能明显缺失,平台综合效能发挥受到严重制约,难以满足现代化公路精细化养护管理的实际业务需求^[2]。(3)技术落地适配性差:先进数字化技术与公路养护实际场景融合深度不够,部分智能设备现场适用性低、环境适应性差,系统操作复杂且运行稳定性不足,存在技术闲置、实用性不强等问题。智能化装备在实际养护作业中的“最后一公里”落地效果不理想,技术投入与业务产出之间存在明显成效落差。

2.3 问题成因分析

(1)标准体系缺失:当前尚未形成统一的公路智慧养护平台建设标准、数据规范及运维管理标准,各地建设模式各异、接口不统一、数据格式不一致,导致跨区域数据共享与业务协同难以实现,行业整体推进缺乏规范化指引与顶层设计约束,重复建设现象较为普遍。(2)管理机制滞后:传统养护管理体制相对固化,条块分割现象严重,多方运维主体权责划分不够清晰、职能交叉重叠。数字化运维管理流程尚未健全,部门之间信息互通不畅、业务衔接松散,导致跨部门、跨层级

协同工作效率低下,管理流程无法适配数字化平台的高效运转需求。(3)人才与保障不足:兼具公路养护专业知识与数字化技术能力的复合型人才严重匮乏,基层人员数字化应用能力薄弱,对新技术接受度和操作熟练度不足。同时,平台运维资金投入持续性欠缺,技术保障体系尚不完善,影响了智慧养护平台的迭代升级与长效稳定运行。

3 数字化背景下公路智慧养护管理平台建设思路与实施路径

3.1 平台建设总体目标与建设原则

(1)总体目标:搭建数据互通、功能全面、智能高效、运维长效的一体化公路智慧养护管理平台,实现公路养护数据数字化、决策智能化、管控精细化、运维协同化。平台以全生命周期管理理念为指引,覆盖路况感知、病害诊断、方案决策、施工执行、效果评估全链条,切实推动公路养护从传统经验驱动向数据驱动、智能驱动的根本性转变,全面提升养护管理的科学化水平与综合服务效能。(2)标准化原则:严格遵循交通运输行业数字化建设规范,统一数据采集标准格式、平台接口规范及业务运维管理标准,确保平台具有良好的兼容性与通用性。通过标准先行,为跨区域数据互通、跨系统业务协同奠定技术基础,避免信息孤岛与重复建设,推动行业规范化、集约化发展。(3)实用性原则:立足公路养护实际业务需求,深入调研基层养护作业痛点与难点,聚焦高频业务场景,优化精简平台功能模块设计,确保系统界面友好、操作便捷、响应高效,切实做到技术落地、管用实用,避免脱离实际的形式化建设与功能冗余。(4)可扩展原则:平台采用模块化、松耦合的系统架构,预留标准化功能拓展接口与数据交换通道,可灵活适配后续新兴技术迭代、养护业务范围拓展及路网规模扩容等发展需求,保障平台在全生命周期内可持续演进与升级,最大限度降低重复建设成本。

3.2 平台总体架构设计

(1)数据采集层:整合物联网监测设备(路面传感器、气象监测站)、无人机巡查航拍、车载移动巡检、人工移动端上报、历史运维数据等多渠道数据源,构建全覆盖、全天候、全要素的公路养护数据采集体系,实现路况信息动态感知与实时回传,为上层应用提供及时、准确的基础数据支撑。(2)数据处理层:依托大数据存储与云计算技术,构建标准化数据治理流程,完成多源异构数据的清洗、整合、存储、分析及敏感信息脱敏处理,搭建统一规范的公路养护数据库。通过数据标准化治理打破部门间信息壁垒,消除数据孤岛,保障数

据的准确性、一致性与可用性^[3]。(3)功能应用层:统筹设计路况实时监测、病害智能管理、养护科学决策、施工全程管控、应急协同联动、绩效综合考核、资源优化配置等核心功能模块,构建覆盖“感知—诊断—决策—执行—评估”全业务场景的应用体系,满足省、市、县多级养护管理需求。(4)运维管理层:构建涵盖平台系统运维、用户权限分级管理、数据安全共享策略及网络安全防护的综合运维保障体系,建立完善的日志审计与故障预警机制,确保平台在高并发、复杂业务场景下的稳定可靠运行,保障多方业务协同安全有序开展。

3.3 平台核心功能模块建设

(1)智能监测与病害识别模块:集成AI图像识别算法与物联网实时监测数据,自动识别路面裂缝、坑槽、沉降、松散等各类病害特征,精准定位病害地理位置及影响范围,量化统计病害类型、面积、严重程度等参数,自动生成动态病害台账与分布热力图,替代传统人工目测巡查模式,大幅提升病害发现效率与识别准确率。(2)智能养护决策模块:融合历史养护数据、实时路况检测数据及交通流量等多维信息,通过机器学习算法模型预测病害发展趋势与劣化速率,智能推荐预防性养护最佳时机与修复性养护最优技术方案,同步辅助生成材料配比、设备调配、工期安排等资源优化配置建议,提升养护决策的科学性和经济性。(3)全流程施工管控模块:实现养护工程项目从立项审批、施工调度、材料进场、进度跟踪、质量监管到竣工验收、资料归档的全生命周期线上化闭环管控。支持施工过程关键节点实时上报、隐蔽工程影像留存、质量检测数据自动对比,确保施工过程可追溯、质量可管控、责任可落实^[4]。(4)应急协同处置模块:针对公路水毁、边坡坍塌、交通事故、恶劣天气等突发应急事件,建立快速响应触发机制,实现应急预案一键启动、应急资源就近调配、多主体任务同步派发、处置进度实时跟踪、现场情况视频回传等功能,构建统一指挥、多方联动、高效协同的应急处置工作体系。

3.4 平台建设保障体系

(1)制度保障:建立健全公路智慧养护管理制度体系,制定平台运行维护管理规范、数据安全分类分级管理制度、养护业务数字化操作标准规程,统一行业建设

要求与运维管理准则,为平台规范化设计、标准化建设与长效化运行提供坚实的制度框架与行为遵循。(2)技术保障:组建专业化技术运维团队,负责平台日常运行监控、系统版本迭代升级、安全漏洞检测修复及性能优化调优等工作,建立7×24小时故障快速响应与分级处理机制,确保平台各项智能化功能持续稳定可靠运行,技术问题发现即处置、处置即闭环。(3)人才保障:制定复合型人才培养与引进专项计划,联合高校及科研机构开展定向委培与联合研发,同时面向基层养护管理人员开展系统性数字化平台操作培训与实操考核认证,切实提升一线人员智慧养护实操能力与数字素养,确保平台建得好、用得顺、管到位、出实效^[5]。(4)资金保障:建立政府主导、多元投入的长效资金保障机制,将平台建设运维、智能设备购置更新、技术研发推广及人才培养等费用统筹纳入年度预算管理,积极争取上级专项资金支持与社会资本参与,保障平台持续建设与长效运行资金投入不断档、不缩减。

结束语

本文结合数字化发展趋势,系统梳理公路智慧养护相关理论与技术,深度分析现阶段养护管理的现状、问题及成因,构建了涵盖架构设计、功能搭建、多维保障的平台建设体系。通过搭建一体化智慧养护平台,可有效打破数据壁垒、优化养护决策、规范运维流程,解决传统养护管理短板。未来需持续深耕技术场景融合,完善行业标准与管理机制,持续赋能公路养护管理数字化长效发展。

参考文献

- [1] 奚燕,姜雪明,吴珍珍.公路交通数字孪生应用开发平台设计与应用[J].中国交通信息化,2024,32(10):82-85.
- [2] 林彩霞.智慧公路养护数字化管理平台设计[J].智能建筑与智慧城市,2025,47(03):182-184.
- [3] 祝海燕.智慧公路养护数字化管理平台建设思路与优化策略[J].运输经理世界,2024,12(17):108-110.
- [4] 温从宇.基于多源数据融合的数字孪生公路养护管理平台探析[J].交通世界,2023,19(28):136-138.
- [5] 周明,赵佳伟.智慧公路养护信息化平台建设关键技术与应用[J].中国交通信息化,2022,7(09):45-49.