

“互联网+”智慧公路养护管理技术研讨

侍文龙

内蒙古交通集团有限公司阿拉善分公司 内蒙古 阿拉善盟 750306

摘要: 当前我国公路路网规模持续扩张、道路通行荷载逐年增大,传统人工养护模式效率低下、响应滞后、管控粗放,已无法适配现代公路运维精细化、智能化、高效化的发展要求。本文以“互联网+”智慧公路养护管理技术为研究核心,从底层技术架构、核心智能应用、运维管理模式、长效优化路径四个维度展开系统分析,厘清数字化技术与公路养护业务的深度融合逻辑,为各地智慧公路养护体系建设提供实操参考与理论支撑。

关键词: “互联网+”; 智慧公路养护; 数字化运维; 智能路网管理; 全链条养护管控

引言:公路是保障经济社会发展的核心交通基础设施,其安全稳定运行直接决定路网通行效率与公众出行质量。现阶段,我国公路通车总里程稳步增长,早期建成路网已全面进入常态化养护、周期性运维高峰期。依托人工经验的传统粗放养护模式,存在管控被动、效率偏低、精准度不足等诸多短板,难以适配高负荷路网的运维需求。因此,借助新一代信息技术重构养护管理体系,推动公路养护从传统人工模式向数字化、智能化模式转型,是当前公路运维行业的重点发展方向。

1 互联网+智慧公路养护的技术架构体系

1.1 智慧公路养护互联网技术底层支撑

智慧公路养护的数字化改造,以专属互联网技术为核心运行底座,依托稳定的网络传输、数据承载、算力支撑能力,保障全域数字化养护作业落地实施。传统养护采用纸质记录、线下逐级审批流转的模式,存在作业效率低、数据沉淀难、信息共享滞后等问题。而智能化底层网络体系可打通巡查、维保、管控全业务数据通道,实现养护信息实时上传、线上流转、全域共享、永久留存。针对公路户外作业点位分散、场景复杂、环境多变的特点,底层网络与算力资源经过专项优化,可适配野外复杂工况,保障数字化系统稳定运行,为智能养护设备常态化应用、数字化作业模式普及筑牢基础^[1]。

1.2 智慧公路养护分层技术架构搭建

智慧养护整体技术体系采用分层模块化闭环架构,按功能层级拆分独立运行单元,有效规避传统体系功能重叠、模块缺失、逻辑混乱等问题。整体架构分为三级联动体系:一是感知层,负责实时采集路面、路基、桥隧及沿线附属设施的运行数据,是全域养护数据的核心来源;二是平台层,统一汇总、清洗、存储、分析海量养护数据,挖掘病害规律、设施状态与作业数据的内在关联,实现数据集约化管控;三是应用层,精准对接一

线养护场景,为日常巡检、专项修复、设施管控、应急处置等工作提供智能化服务。各层级独立履职、数据互通、流程联动,形成闭环运行的智慧养护技术体系。

1.3 公路养护管理数字化融合架构逻辑

数字化融合架构立足公路养护全业务流程,针对性解决传统养护技术与现场管理脱节、业务与技术落地割裂的问题。架构设计贯穿巡查监测、病害处置、作业管控、资源调度、验收归档全链条,将数字化技术深度嵌入各养护环节,彻底打破传统技术应用碎片化、单点化的局限。通过技术体系与管理制度双向适配、同步升级,彻底改造粗放式、被动式、经验化的传统养护模式,建成技术驱动、数据支撑、全程可控、闭环管理的一体化养护运行新机制。该融合架构摒弃了传统技术单一应用、与管理制度脱节的弊端,以业务流程为核心锚点匹配数字化技术,同步完善配套管理规范,让技术落地贴合现场作业标准,实现技术赋能与制度管控的双向统一。

2 互联网+公路养护核心智能技术应用方向

2.1 公路路况智能感知与采集技术

路况智能感知采集是智慧养护的前端核心基础,彻底替代传统人工徒步巡查、肉眼判别、手工记录的落后模式。通过路面传感器、车载采集终端、高清监控、无人机等智能硬件,全方位采集道路结构、路面状态、设施工况核心数据,精准覆盖路面破损、平整度偏差、结构形变、设施老化缺损等各类病害指标。采用固定点位全天候监测+移动设备动态巡检的组合模式,实现全域路段无死角自动化数据采集,有效规避人工巡查漏检、误判、效率低下等问题,为后台数据分析、病害研判、养护方案编制提供精准、实时、全覆盖的数据支撑。相较于人工巡查受天气、夜间、地形等条件限制较大,智能感知设备可实现24小时不间断监测,大幅拓宽养护监测

覆盖范围,提升病害识别精准度,为后续精准养护作业筑牢前置基础^[2]。

2.2 公路养护数据互联与融合技术

公路养护业务涵盖监测、作业、设备、台账等多类数据,传统管理模式各系统、各班组、各路段数据相互独立,长期存在数据孤岛、数据利用率低、无法联动决策等问题。数据互联融合技术通过统一数据口径、存储标准与共享机制,对各类零散养护数据进行归集、清洗、结构化处理,搭建全域统一的养护数据资源池,为精细化养护落地提供核心数据保障。标准化的数据融合体系能够打破部门、路段、系统之间的数据壁垒,实现各类养护数据互联互通、复用共享,为病害趋势分析、养护方案优化、资源统筹调度等核心工作提供标准化、一体化的数据支撑。

2.3 公路养护智能分析与研判技术

智能分析研判技术依托标准化养护大数据,推动养护决策从人工经验判断向数据智能研判转型。系统深度关联路况、设施、环境、通行流量等多维数据,精准挖掘不同路段、结构、使用年限道路的病害发生规律、路况演变趋势与设施损耗特征。结合车流荷载、气候条件、运维历史数据开展差异化建模分析,可提前预判病害发展态势、精准定位高风险路段与薄弱设施,有效提升养护决策与现场部署的精准性、科学性。该技术改变了传统养护“事后处置、被动补救”的运维思维,通过数据建模实现病害提前预判、风险提前防控,有效降低道路病害恶化概率,减少大规模养护施工成本。

2.4 公路养护远程智能管控技术

远程智能管控技术依托数字化云平台,打破传统养护现场值守、线下调度、逐级汇报的管理壁垒。平台全域接入现场作业终端、智能监测设备与养护班组,实现设施状态可视化、作业过程线上化、调度管控远程化。管理人员可实时掌握全域路段设施运行状态、病害分布及作业进度,在线完成任务派发、过程监管、问题督办、质量核验、闭环归档全流程工作,有效压缩管理层级、简化作业流程、扩大管控覆盖范围。依托云端远程管控模式,管理人员无需奔赴现场即可完成全域养护统筹管控,突破地域与人员限制,大幅提升养护管理响应速度与全域管控能力。

3 互联网+智慧公路养护管理运行模式

3.1 公路养护数字化协同管理模式

公路养护是多部门、多层级、多业务协同的系统性工作,传统线下管理模式信息传递滞后、部门壁垒突出、联动效率偏低,易出现重复作业、管控脱节、责任

空转等问题。数字化协同模式依托一体化智慧平台,打通各岗位、班组、职能部门的信息通道,实现养护任务、现场数据、管理指令、整改信息的实时互通、无缝对接。通过跨区域、跨部门的数据联动与业务协同,统一全域养护工作节奏,构建高效联动、权责清晰、闭环运转的协同养护体系。一体化协同平台有效破除传统养护各部门各自为政的管理弊端,实现养护工作统一调度、分工协作、实时联动,大幅提升整体运维工作效率^[3]。

3.2 公路养护全流程线上化管控模式

传统养护普遍采用纸质登记、人工流转、线下归档的管理方式,流程繁琐、台账零散、数据易丢失、溯源难度大,且存在流程遗漏、病害处置无记录、质量核验无依据等管理漏洞。全流程线上化管控模式重构传统作业流程,实现养护全业务链条数字化、标准化、闭环化运行。系统全面覆盖巡查上报、病害定级、任务派发、现场整改、验收审核、资料归档等核心环节,所有作业全程留痕、线上落地,可随时查询、溯源、监管,有效补齐传统管理短板。线上闭环管控模式实现养护全流程可追溯、可监管、可考核,规范养护作业标准,杜绝流程疏漏与管理盲区,全面提升养护管理规范化程度。

3.3 公路养护资源智能化调配模式

公路养护资源包含人力班组、机械设备、养护耗材、场站物资、应急储备等多个品类,传统人工经验调度模式缺乏数据支撑,易出现资源闲置、人力浪费、物资错配、重点路段资源短缺等问题。智能化调配模式依托实时更新的养护大数据,动态统计全域资源的存量、分布、运行状态与闲置情况,结合路段病害等级、作业难度、工期要求、天气工况等现实条件,智能生成最优资源调度方案,通过精准化、动态化、集约化资源配置,有效降低运维成本、提升资源利用率。智能调度可精准匹配养护作业需求与各类资源,盘活闲置资源、规避资源浪费,保障重点路段、紧急病害处置的资源供给,实现养护资源效益最大化。

3.4 公路养护动态化运维管理模式

公路路况与设施状态受车流荷载、气候环境、使用年限、地质条件等多重因素动态影响,传统固定周期、固定流程的“一刀切”养护模式,无法适配路况动态变化的运维需求。动态化运维模式依托平台实时监测的路况、设施、气象、流量数据,根据道路实际损耗与隐患发展态势灵活调整养护方案与作业节奏,替代固化的传统运维方式。通过差异化、即时性养护作业,实现路网隐患提前干预、病害及时处置,保障路网通行安全与稳定。该模式彻底摒弃固定周期养护的僵化弊端,依据路

况实时变化动态调整养护策略,针对性解决不同路段、不同工况的养护难题,大幅提升养护作业精准度与时效性。

4 互联网+智慧公路养护技术发展优化路径

4.1 养护技术数字化升级迭代方向

目前国内智慧公路养护数字化建设仍处于基础普及阶段,多数智能系统与设备功能较为单一,仅可实现基础数据录入、台账统计、信息展示等浅层功能,智能化深度不足、复杂场景适配性较弱,无法满足复杂地形、高等级公路的精细化养护与快速应急处置需求。数字化技术升级聚焦一线养护痛点,推进前端设备与后台系统双向优化,同时精简系统冗余模块、优化操作逻辑、简化作业流程,全面提升数字化技术的场景适配与实操能力^[4]。结合当前高等级公路、山区公路等复杂路段养护难点,针对性优化智能设备适配性能与系统核心功能,贴合基层实操场景,切实解决智慧养护落地难、适配性差的行业痛点。

4.2 养护管理智能化体系完善路径

现阶段智慧养护建设多聚焦单点技术、局部流程优化,各智能模块独立运行、互不联通,形成建设碎片化、数据壁垒化、业务割裂化的格局,尚未形成全域统筹的智能化管理体系。体系优化以全域统筹、资源整合、闭环管控为核心,梳理各功能模块的定位边界与联动逻辑,整合零散智能管理单元,搭建覆盖全业务链条的智能养护体系,同时完善智能化作业标准与管理规范,推动养护管理向全域规范、高效闭环的智能化格局升级。通过全域统筹整合打破碎片化建设格局,统一行业作业与管理标准,实现各模块业务联动、数据互通,构建一体化、规范化的全域智慧养护管理体系。

4.3 多技术融合赋能养护创新发展

单一智能技术功能覆盖有限、场景适配性不足,无法应对当前公路养护复杂化、精细化的发展需求,难以高效处置复合型路面病害与极端施工工况。多技术融合模式整合智能感知、大数据分析、5G高速传输、人工智能、无人机巡检、远程管控等核心技术,实现优势互补、深度协同,重构传统养护作业与管理模式,有效破解各类复杂养护难题,推动行业从基础数字化普及向深

度智能化、全域精细化转型。多技术深度融合可弥补单一技术的应用短板,适配复杂路况、极端天气、应急抢险等多元养护场景,拓宽智慧养护应用边界,全面提升公路养护智能化、精细化水平。

4.4 智慧养护长效化技术迭代思路

智慧公路养护体系建设是一项长期持续的系统性工程,而非一次性建设任务。静态固化的建设模式无法适配动态迭代的养护场景,极易出现功能滞后、适配性不足等问题。对此,需建立常态化技术迭代机制,持续优化系统功能、设备性能与业务流程,积极吸纳新兴数字技术,持续完善养护技术体系,为公路养护高质量发展提供长效技术支撑。结合路网运维需求、行业标准与新兴技术持续迭代升级,动态补齐体系短板,保障智慧养护体系始终适配公路运维发展趋势,实现养护技术与管理能力的长效进阶^[5]。

结束语

“互联网+”智慧公路养护是对传统养护体系的系统性、全方位重塑,并非单一技术的简单叠加。从底层网络架构搭建到全业务流程数字化渗透,相关技术应用始终聚焦一线养护核心痛点,逐步破解传统养护信息不对称、资源调配滞后、决策缺乏依据的固有短板。随着数字技术与养护业务的融合持续深化,公路养护的精细化水平与运行效率将大幅提升,为全国路网长期安全、稳定、高效运行筑牢坚实的技术与管理支撑。

参考文献

- [1]李敏."互联网+"智慧公路养护管理技术研讨[J].智能建筑与智慧城市,2025(2):177-179.
- [2]顾雲珊.基于互联网+的智慧公路养护技术应用[J].智能建筑与智慧城市,2026(2):188-190.
- [3]刘元鹏,曹正彬,岳燕飞.智慧高速公路养护管理技术的探索与实践[J].模型世界,2023(7):7-9.
- [4]尚霞."互联网+"智慧公路养护管理技术[J].智能建筑与智慧城市,2022(7):155-157.
- [5]朱边灵."互联网+"智慧高速公路运营及养护管理技术的研究与实践[J].工程技术研究,2023,5(21):115-117.