

市政道路运营管理智能巡查系统的开发与实践

过嘉锡

(中远海运科技股份有限公司, 上海市 200135)

摘要: 日常巡查和问题发现派单是市政道路运营管理日常工作中重要的一环, 而如何精准统计覆盖率、发现问题后及时派单以及在完成巡查后高效完成当日报表工作成为了急需解决的问题。针对上述痛点进行了研究, 依托信息化、数字化手段, 提出了通过智能巡查系统实现轨迹跟踪、精准定位、智能派单、一键生成报表的解决方案, 并结合该系统在某市政监理单位的应用与实践验证该方案的可行性。经实证研究, 该系统的应用降低了人员、机具的使用成本, 提高了工作效率, 为市政道路智慧化运营管理提供了可复制的实践范式。

关键词: 智能巡查; 智能派单; 轨迹跟踪; 一键生成报表

中图分类号: U491

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2026)05-0383-04

Development and Practice of Intelligent Patrol System for Operation Management of Municipal Roads

GUO Jiayi

(COSCO Shipping Technology Co., Ltd., Shanghai 200135, China)

Abstract: Daily patrol and problem discovery dispatching are important parts of the daily operation and management of municipal roads. However, how to accurately calculate the coverage rate, promptly dispatch tasks after problem discovery, and efficiently complete the daily report work after the patrol has become an urgent issue to be solved. The research is conducted on the above-mentioned pain points. Relying on the informationization and digitalization means, a solution is proposed through an intelligent patrol system to achieve trajectory tracking, precise positioning, intelligent task dispatching and one-click report generation. And the feasibility of this solution is verified through the application and practice of this system in a municipal supervision unit. Through empirical research, the application of this system can reduce the costs of personnel and equipment, improve the work efficiency, and provides a replicable practical paradigm for the intelligent operation and management of municipal roads.

Keywords: intelligent patrol; intelligent task dispatching; trajectory tracking; one-click report generation

0 引言

市政道路是城市基础设施的重要组成部分, 承担着交通通行、管线敷设、公共空间承载等多重功能。随着城市化进程加速, 道路病害、设施老化等问题正逐年快速增长。在此背景下, 智能巡查系统作为城市基础设施智慧化运维的核心工具, 逐渐成为行业焦点。2024年发布的《上海交通数字化转型实施意见(2024—2026年)》^[1]指出, 要实现交通设施全生命智能化管养, 其中包括推进道路设施养护数字化、智能化, 加强智能化养护, 提升科学决策能力, 提高在役道路设施养护水平。

在技术研发与算法创新方面: 谭佩思等^[2]基于城市试点数据, 从效率、准确度、成本、安全等维度评估智慧巡检效果, 证明其优于传统人工巡检, 同时实现了“巡查发现→AI分级→自动派单”闭环, 病害识别准确率达90%以上, 效率提升20倍, 成本降低60%; 何瑞琦等^[3]设计融合GIS与AI的市政设施管养系统架构, 采用深度学习识别裂缝、坑槽等病害, 结合GIS实现空间分析与可视化管理, 实现道路病害智能识别与预警; 严灿泽等^[4]将自动驾驶与车载终端结合, 通过SSD模型识别病害, 精度达91.55%, 效率提升40%, 并在示范应用中实现路面影像自动化采集与实时处理; 杨淑婉等^[5]融合多光谱无人机、车载装置与路面传感系统, 构建分布式监测网络, 实现全天候监控与多源数据融合, 解决传统巡检覆盖不全问题; 王艾迪等^[6]创新“检测-分割”协同算法, 解

收稿日期: 2025-12-09

作者简介: 过嘉锡(1995—), 男, 本科, 助理工程师, 从事城市与交通管理工作。

决传统CNN感受野局限,坑槽提取F1分数达91.74%,交并比0.841,显著提升小尺寸、复杂形态病害的识别精度;Nada El Desouky等^[7]提出端到端视觉框架,集成单目深度估计与集成分割技术,实现路面状况指数(PCI)自动计算,适配无人机与地面机器人多场景部署需求。

在系统架构方面:Yu等^[8]构建整合道路全生命周期时空数据的智能运维系统,在上海杨高路应用中实现养护资源优化配置与病害预测,为全流程数字化管理提供解决方案;Pratic等^[9]融合高速监控与微型传感系统,建立新型道路状况指标体系,实现道路结构状态与使用性能的综合评估,突破传统单一维度监测局限;Zhang等^[10]研发城市数字孪生(UDT)道路巡检系统,通过真实驾驶数据生成高精度病害场景,解决缺陷样本稀缺问题,提升感知与决策任务性能;田仲超^[11]构建了融合激光雷达、可见光相机、GPS、IMU、车轮编码器等多源传感数据的边缘端-云端协同架构,同时集成了二维图像识别与三维点云处理方法,可实现结果上传至云端信息管理平台,为养护部门提供直观、科学的决策依据,实际应用表明,该系统具有良好的检测精度、实时性与能效表现,能够有效降低人工依赖,提升城市道路巡检与养护的智能化水平。

黄文华等^[12]以“无人机+5G+AI”构建绍兴市“空天地一体化”巡查体系,覆盖公路路政与治超执法,巡查效率提升35%+,单人日巡50 km,实现盲区全覆盖与“非接触式”快速执法。杨长树^[13]将卫星遥感技术应用于宁夏国省干线,构建“天地空”监测体系,巡查覆盖率超95%,违法行为发现缩至周级,降低60%外业工作量。蔡亚芬等^[14]基于改进的YOLOv5高速无人机智能巡检系统,识别12类病害的准确率为90%+,单架次巡15~20 km,应急10 s响应,破解特殊路段巡检难题。马宏勇等^[15]将无人机应用于高速营运巡查与调度,构建“低空监控矩阵”,巡查效率提升5倍,成本降低40%,应急响应为15 min内,治超识别准确率达95%+。

但是,现有巡查系统仍存在识别精度与适应性不足、巡检模式局限、成本效益分析片面、数据与评估体系不完善等问题。本文以上海某市政监理单位(以下简称某单位)的实际需求为导向,针对传统巡查模式的痛点,研究智能巡查系统的应用实践,验证了智能巡查系统的有效性,对提升市政道路运营管理水平具有重要现实意义。

1 现状及问题分析

1.1 传统模式问题分析

经调研,目前传统监理巡查模式面临以下三大核心问题:

(1)巡查覆盖率统计模糊,质量管控难。

传统的巡查主要依赖较为原始的人工发现及纸质问题记录,容易出现漏填、错填等现象。巡查轨迹、时间戳等信息无法电子留痕,难以验证真实性。在缺乏定位、互联网等技术手段之下,无法自动识别巡查人员是否到达指定点位,并且对已巡查但未同步到中心系统的路段无法溯源,易导致养护不完全、不到位等情况。另一方面,传统的巡查模式存在过程监督缺失、问题闭环及考核机制失效等问题,致使质量管控极其困难。

(2)问题派单流程冗长,处置效率低,数据无法互通。

传统模式下,某单位巡查人员发现问题后通过微信群聊向养护单位派发工单,养护单位接单员接单后派发给班组长,再由班组作业人员进行处置。这样的工作模式有以下几点问题:一是存在信息传递断层的问题,容易造成关键信息(如问题位置、现场照片、紧急程度)遗漏或失真;二是在一定程度上有节点过多、层层审批的缺陷,加之接收方需要反复确认,在没有信息化、数字化体系支撑下,工单派发、接单、处置、审批各个节点的流转十分冗长,显著延长派单周期;三是过程跟踪缺失,处置进度全靠微信或电话确认,无法实时掌握是否接单、是否出发、处置中遇到什么问题等情况,导致养护效率低下;四是各单位间数据未能打通,虽然可以登录中心平台查看网格工单,但由于自身缺乏平台系统,无法与上下级单位打通数据,存在数据孤岛现象。

(3)报表生成依赖人工,决策支持弱。

通过调研,某单位的巡查人员每日下班后需要花大量时间(1~2 h)将当日巡查情况、工单流转情况等工作内容汇总整理成表格,既缩减了休息时间,又降低了工作效率。同时,人工制作表格无法对其核心数据进行分析,不能向管理层提供合理有效的辅助决策。

1.2 传统模式存在问题的原因分析

传统巡查模式的问题本质上是“人-流程-技术”的不匹配。人的因素上,传统人工操作容易受到主观因素影响,且巡查人员工作强度大,易导致效率下

降;流程上,信息传递依赖层级沟通,缺乏标准化、自动化流转机制;技术上,缺乏信息化、数字化等技术的集成应用,无法实现巡查过程的实时监控与数据的智能分析。

2 实现目标与整体方案

2.1 系统设计目标

针对传统模式的痛点,智能巡查系统的设计目标可概括为“三化”。

(1)巡查过程可视化

通过智能发现填报,减少人工发现记录;通过定位技术实时追踪巡查轨迹,解决覆盖率统计模糊问题,降低反复出车成本,同时加强监管考核;通过构建标准库,统一执行标准,规范巡查作业。

(2)问题处置精准化

通过数字化、信息化手段构建平台系统,与中心和各养护包件数据对接,既解决了数据孤岛问题,又避免了信息传递断层、过程跟踪缺失等问题。同时,规范标准的工单作业也能大幅度缩减派发、处置、审批等节点流转时间,从而提升效率。

(3)运维决策智能化

系统和智能终端数据互通,通过数据汇总、整理,不仅可以自动化生成报表,而且可以结合 AI 工具进行数据分析。一方面节省了一线巡查人员的工作时间,提升了效率,同时也方便管理,决策层可根据数据看板及大屏制定巡查计划和管理方针。

2.2 系统技术架构

以“云原生+时空智能+知识驱动”为核心架构理念,通过几大技术模块实现市政道路管养作业全流程数字化管控。下面对核心技术路线进行介绍。

系统采用云基座 SaaS 化引擎,其微服务架构设计基于中远海运科技股份有限公司云计算平台构建,采用 Spring Cloud Alibaba + Kubernetes 技术栈,拆分为多个独立微服务,实现功能模块化与业务解耦。各服务通过 Apache SkyWalking 实现全链路监控,服务异常发现响应时间 $<15\text{ s}$ 。多租户隔离机制通过数据隔离和资源隔离保证租户间数据物理隔离,确保数据安全,同时也实现了突发流量下的自动扩容。SaaS 化交付模式提供多版本订阅服务,支持灰度发布与版本回滚,系统可用性达 99.95%。

本系统的时空轨迹引擎可实现高精度动态数据处理,存储层-高性能时空数据库集群采用 PostGIS + TimescaleDB 双擎驱动。时序优化上,TimescaleDB

Hypertable 分区处理日均 1 200 万+轨迹点,通过 ZSTD 压缩算法实现 15:1 压缩率,存储成本降低 65%;空间计算上,PostGIS GIST 空间索引结合 PGRouting 路径分析,实现地理围栏实时判断,支持复杂查询。服务层-智能纠偏与轨迹优化通过动态补点算法,融合路网拓扑约束+卡尔曼滤波,针对 GPS 信号易丢失场景进行插值补偿,里程覆盖准确率提升至 99%,基于隐马尔可夫模型识别漂移点,结合高精度电子围栏修正轨迹,定位误差 $\leq 2\text{ m}$ 。可视化与调度引擎通过 GeoServer 发布 WMTS 动态地图服务,支持多图层叠加,集成了路径规划算法,为应急车辆调度提供最优路线。

本系统数据中枢采用自主研发数据管理平台,其多源数据融合体系在接入层支持异构数据源实时接入,包括业务数据、IoT 流数据、视频结构化数据、第三方平台数据等。存储层基于 Delta Lake 构建企业级数据湖,支持 ACID 事务与数据版本回溯,修复数据一致性问题的效率提升 90%。同时,具备智能分析能力,流批一体处理框架通过 Flink 计算引擎处理车辆超速、设备离线等事件,从数据产生到告警输出延时 $<3\text{ s}$,实现数据实时传输。同时,通过离线分析和 Spark SQL 构建多个养护主题数据集市,如病害复发概率预测模型,构建了预警决策引擎,自定义规则库支持灵活策略和联动知识图谱推送处置建议。

本系统还包含基于 Deepseek 融合应用的知识驱动 AI 决策,基于 DeepSeek-V3 大模型构建了养护行业知识库,知识来源于结构化解析国家标准与行业规范文档(如《公路养护技术规范》),建立条款索引库与版本追溯机制,支持语义匹配与条款精准定位的智能检索(如输入“路面裂缝修补标准”返回 JTG H30-2015 第 4.2.3 条)。AI 分析场景可实现车辆异常分析,自动关联车辆违规事件与工单历史记录,生成月度诊断报告。

2.3 系统解决方案

系统基于智能化、数字化、信息化等手段,结合核心业务过程,构建养护标准、组织管理、资源管理、设施管理、计划管理、任务管理、作业管理、计量监管等养护全链路闭环整体解决方案(见图 1),形成设施管理场景、资源管控场景、人员管理场景、设施巡检场景、养护计划场景、工单处置场景、车辆作业场景、应急管理场景、作业监控场景等多个核心管养场景,并通过数据分析形成设施状况评估、养护智慧决策、设施风险识别、工单智能推荐、车辆异常监管、养护

计划评估、报告智能分析、自动报表统计等多个功能模块,实现数据赋能业务,提升业务、管理和决策效率。

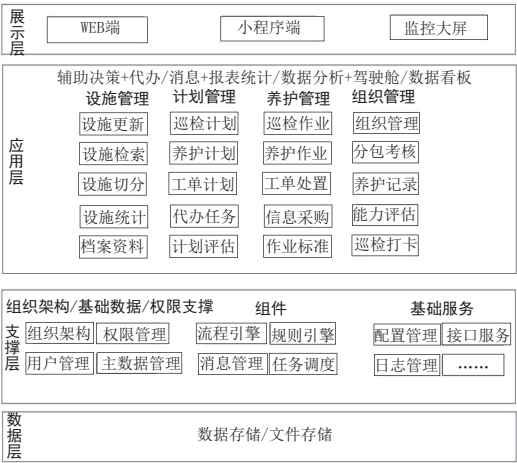


图1 智能巡查系统架构图

3 系统实施及后评估:智能巡查系统的应用效果

3.1 系统实施

根据实际调研结果,结合整体方案设计,经讨论比选,某单位最终投入约50万元项目费用(其中包含软件开发费用约40万元,硬件及其他第三方资源费用约10万元)建设智能巡查系统。系统建设实际周期为6个月,包括1个月的前期调研及需求确认、2个月的数据排摸、数据清洗、数据录入及数据分析(含设施、人员、机具、工单、标准等各个方面)、2个月的功能模块开发和1个月的系统试运行。

3.2 评估指标与方法

本研究使用“前后对比法”,比对2024年1—3月(传统模式)与2025年1—3月某单位数据,评估指标体系见表1。

表1 智能巡查系统应用效果评估指标体系表

编号	维度	评估指标	数据来源
1	巡查质量	覆盖率准确统计率	GPS回溯+人工检查
2	处置效率	问题派单时效	系统日志+工单记录
3	人力成本	日报生成耗时	人工/问卷调查
4	决策支持	大屏+其他数据看板数据分析情况	人工/问卷调查

3.3 关键指标对比分析

(1)巡查质量:覆盖率统计准确率提升

传统模式下,某单位计划覆盖率为100%,但实际覆盖率仅70%;系统模式下,通过北斗高精度定位+电子签到,实际覆盖率达90%。

(2)处置效率:派单时效缩短

传统模式下,问题派单平均时长1 h,其中因信

息不清导致的重复派单占比15%;系统模式下,派单平均时长仅5 min,且派单错误率降至2%。

(3)人力成本:日报生成效率提升

传统模式下,单名巡查员整理日报需1 h;系统模式下,日报自动生成仅需5 min(主要用于核对),人力成本降低约90%。

(4)决策支持:大屏+其他数据看板节省数据分析时间、方便决策

调查显示,某单位决策层、管理层通过大屏和数据看板进行数据整合、分析,相较于传统模式大大节省了时间,并且通过看板数据制定后续管理方针和工作计划。

4 结 语

智能巡查系统在WEB端平台和手机端(小程序)集成北斗定位、GIS分析等技术,并通过跨部门协同与数据对接(工单数据、巡查车载GPS数据等),成功解决了市政道路巡查的传统痛点以及数字化转型难点,实现了巡查过程的可视化、问题处置的精准化、运维决策的智能化。实证研究表明,该系统提升了覆盖率统计的精准率,缩短了工单流转时效,提高了工作效率,降低了人员、机具的使用成本,为市政道路智慧化运营管理提供了可复制的实践范式。

参考文献:

[1] 上海市交通委员会.上海交通数字化转型实施意见(2024—2026年)(沪交科[2024]206号)[Z].上海:上海市交通委员会,2024.

[2] 谭佩思,尹应梅,申晓明.智慧市政巡检在市政道路病害管理中的应用与效果分析[J].价值工程,2024,43(14):11-13.

[3] 何瑞琦,余芳强,许璟琳,等.基于GIS+人工智能的市政设施管养系统研发与应用实践[J].工业建筑,2022,52(10):236-241.

[4] 严灿泽,李昭.基于自动驾驶车辆的公路养护巡查技术及应用[J].智能城市,2024,10(1):5-8.

[5] 杨淑婉,蔡逸琳,吴愉帆,等.城市道路缺陷分布式智能监测系统设计与应用[C]//上海大学2019年度本科生学术论坛(工学学科篇),上海:上海大学,2019.

[6] 王艾迪,彭一川,郎洪,等.基于YOLOX-Transformer两步模型的路面坑槽提取方法[J].中国公路学报,2023,36(12):304-317.

[7] Desouky N E, Torky A A, Elbheiri M, et al. Toward Autonomous Pavement Inspection: An End-to-End Vision-Based Framework for PCI Computation and Robotic Deployment[J]. MDPI, 2025, 6(4): 67-75.

[8] Yu G, Wang Y, Hu M, et al. Rioms: An Intelligent System For Operation And Maintenance Of Urban Roads[J]. Future Generation Computer Systems, 2020(107): 545-559.

[9] Praticò F, Bosurgi G, Bruneo D, et al. Innovative Smart Road Management Systems In The Urban Context[J]. Structural Control and Health Monitoring, 2022, 29(6): 3044.

(下转第419页)