

市政道路养护管理中大数据分析 with 预测性维护

郑吉 潘婧慧 郑俊伟
宁波市市政设施中心 浙江 宁波 315300

摘要: 城市化高速发展,市政道路对城市运转和居民生活至关重要。本文围绕市政道路养护管理展开,阐述大数据分析 with 预测性维护的重要作用。前者实施包括数据采集整理、分析、策略制定及效果评估优化;后者通过数据收集、模型构建、规划制定与动态评估来实现。但在实际应用中,市政道路养护管理面临数据质量安全、人才短缺等难题。为此,需建立保障体系、培养专业人才、优化管理体制,平衡成本效益,从而提升市政道路养护管理的整体水平。

关键词: 市政道路; 养护管理; 大数据分析; 预测性维护

引言:市政道路作为城市基础设施的重要组成部分,其养护管理直接关系到城市的正常运转和居民的出行体验。随着城市规模的不断扩大和交通流量的日益增加,传统的道路养护管理方式已难以满足需求。大数据时代的到来,为市政道路养护管理带来了新的机遇。通过大数据分析 with 预测性维护,能够更精准地掌握道路状况,提前发现潜在问题,制定科学合理的养护策略。本文将深入探讨大数据分析 with 预测性维护在市政道路养护管理中的应用、挑战及应对策略。

1 大数据在市政道路养护管理中的重要性

在当今数字化时代,大数据技术对市政道路养护管理有着极为关键的作用,它从多个维度赋能,提升道路养护的科学性、高效性。(1) 大数据助力市政道路养护管理实现精准决策。通过收集海量的道路基础数据、交通流量数据以及环境数据等,能运用专业分析工具,剖析出道路病害发生的频率与位置分布,以及不同因素对道路状况的影响程度。例如,经数据分析发现某路段因长期承受重载车辆碾压,路面损坏严重,据此,养护部门可将其列为重点养护区域,合理调配人力、物力,避免盲目养护,提高资源利用效率。(2) 大数据能大幅提高养护资源配置的合理性。在传统模式下,资源分配往往依靠经验,缺乏科学依据。大数据则能依据历史养护数据和实时道路状况,预测不同路段在未来一段时间内的养护需求,从而优化养护计划。如依据季节和交通流量变化,提前储备相应的养护材料,安排专业人员,确保养护工作有序进行,有效避免资源浪费或短缺。(3) 大数据技术也有助于增强道路养护管理的透明度与协同性。借助大数据平台,不同部门和参与方能够实时共享信息,打破信息壁垒,实现高效沟通。建设、养护、监管等部门可通过平台获取统一的道路数据,针对出现的问题及时沟通,协同制定解决方案,保障市政道路养护

管理工作的顺利开展^[1]。

2 大数据分析在市政道路养护中的实施流程

2.1 数据采集与整理

在市政道路养护领域,数据来源广泛,涵盖道路自身属性数据,如长度、宽度、路面结构等,可通过竣工图纸获取;交通流量数据,运用感应线圈、摄像头等设备收集,以此了解道路实时通行状况;病害数据则借助人工巡检、激光检测车记录路面坑洼、裂缝等问题。为了保证数据质量,采集频率要根据实际情况灵活调整,如繁忙路段需高频采集。收集到的数据通常格式多样,存在重复、缺失等问题,这就需要进行清洗与整理,去除无效信息,填补缺失数据,对数据进行标准化处理,将其转化为统一、有序的格式,为后续分析奠定良好基础。

2.2 数据整合与分析

数据整合与分析是挖掘数据价值的关键步骤。首先,将不同来源、格式的数据整合到统一数据库中,搭建数据仓库,为全面分析提供支撑。之后运用多元统计分析、机器学习等技术,挖掘数据间的潜在联系。比如,关联分析可找出交通流量与道路病害之间的关联规律,聚类分析能对不同病害类型和路段进行分类。分析过程中,可视化工具不可或缺,将复杂数据转化为直观的图表,像通过热力图展示道路病害高发区域,让分析结果一目了然,帮助养护人员快速掌握道路整体状况,为养护决策提供科学依据。

2.3 养护策略制定

在数据采集、整理与分析的基础上,就可以制定养护策略。根据分析结果,对道路进行分级分类管理,针对不同类型和严重程度的病害,确定养护优先级。对于病害轻微的路段,安排预防性养护,如封层、灌缝,延缓病害发展;对于病害严重的路段,实施修复性养护,

包括铣刨重铺等。同时,结合交通流量、天气状况等因素,选择合适的养护时间,减少对交通的影响。

2.4 养护效果评估与优化

养护效果评估与优化能持续提升养护工作质量。在养护工作完成后,定期对道路状况进行复查,收集新的数据,对比养护前后的指标,如路面平整度、破损率等,评估养护措施是否达到预期效果。若发现养护效果不理想,深入分析原因,可能是养护方案不合理,也可能是执行过程存在问题。针对这些问题,及时调整优化养护策略,改进工作流程,完善养护技术。同时,将评估结果反馈到数据系统中,更新数据,为后续养护决策提供参考,形成数据驱动的养护管理闭环,推动市政道路养护工作不断进步^[2]。

3 预测性维护在市政道路养护中的应用

3.1 全面收集道路相关数据

全面收集道路相关数据是预测性维护的根基。除了常规的道路结构、病害与交通流量数据外,还需采集气象数据,如降雨、降雪量及气温变化,因为极端天气会加速道路老化。同时,收集道路周边环境数据,包括地下水水位、土壤性质等,它们会对路基稳定性产生影响。此外,车辆荷载数据也至关重要,不同类型车辆的重量和轴载分布,会导致路面受力不均。通过多种技术手段,如卫星遥感、地理信息系统(GIS)等拓宽数据收集渠道,实现对道路全方位、多时段的数据采集,保障数据的完整性与准确性,为后续预测模型的构建提供充足、可靠的信息来源。

3.2 构建与优化预测模型

构建与优化预测模型是实现精准预测的核心。借助机器学习和深度学习算法,基于收集到的海量数据,构建道路病害发展和养护需求预测模型。例如,使用时间序列分析,预测特定路段病害在未来一段时间内的发展趋势;利用神经网络模型,挖掘多源数据间复杂的非线性关系。模型训练过程中,要持续对其进行优化,通过交叉验证等方法,调整模型参数,提升模型的准确性与泛化能力。

3.3 制定针对性养护规划

依据预测模型的输出结果,制定针对性养护规划。对预测病害发展较快的路段,提前安排养护力量,优先投入资源,实施预防性养护或修复性养护。同时,结合交通规划和居民出行需求,合理规划养护时间与施工方案,如在夜间或交通低谷期进行养护作业,减少对交通的干扰。此外,在规划中充分考虑不同养护技术的适用性和成本效益,选择最优的养护工艺,实现以最小的成

本投入,达到最佳的养护效果。

3.4 动态评估与持续改进

在养护工作实施过程中和完成后,实时收集道路状况和养护效果数据,与预测结果进行对比分析。若实际情况与预测存在偏差,深入分析原因,可能是模型预测不准确,也可能是外部环境发生了未预料到的变化。针对这些问题,对预测模型和养护规划进行及时调整和优化。同时,总结经验教训,将成功案例和改进措施反馈到整个预测性维护体系中,不断完善数据收集、模型构建和规划制定等环节,形成一个持续优化的闭环管理机制,推动市政道路预测性维护工作的不断进步^[3]。

4 市政道路养护管理中大数据分析预测性维护的挑战与对策

4.1 面临的挑战

4.1.1 数据质量与安全问题

市政道路养护数据来源广泛,格式不一,部分数据存在准确性欠佳、完整性不足等问题,影响分析结果的可靠性。而且数据在采集、传输、存储环节,面临被泄露、篡改的风险,一旦数据安全出现问题,不仅影响养护决策,还可能损害公众利益。此外,数据更新不及时,无法反映道路实时状况,致使基于过时数据制定的养护策略与实际需求脱节。

4.1.2 技术人才短缺与技术应用难题

大数据分析和预测性维护涉及数据科学、机器学习等前沿技术,此类专业技术人才相对匮乏。现有养护人员对新技术的掌握程度不够,难以将技术有效应用到实际工作中。部分单位引入的技术系统与实际业务流程不匹配,增加技术应用难度,导致技术优势难以充分发挥,制约大数据分析与预测性维护工作的推进。

4.1.3 管理体制与组织架构的不适应

当前市政道路养护管理体制相对传统,部门之间条块分割,信息流通不畅,数据共享困难,难以形成协同效应。组织架构缺乏灵活性,决策流程繁琐,不能快速响应基于大数据分析做出的养护决策,降低养护工作效率。这种不适应使得大数据分析与预测性维护的系统性优势难以体现。

4.1.4 成本投入与效益平衡的考量

实施大数据分析与预测性维护,需投入大量资金用于数据采集设备购置、技术平台建设、人员培训等。但短期内,养护效益提升可能不明显,难以直观衡量投入产出比。若成本控制不当,还可能加重财政负担,如何在确保养护质量的前提下,实现成本投入与效益的平衡,是市政道路养护管理面临的一大难题。

4.2 应对策略

4.2.1 建立数据质量管理与安全保障体系

数据质量管理与安全保障体系，是大数据分析 with 预测性维护的重要基石。在数据质量管理方面，需制定严格的数据标准与规范，明确数据采集的内容、格式、频率等要求，通过定期检查和清理，确保数据的准确性与完整性。引入数据质量监控工具，实时跟踪数据质量状况，一旦发现问题，及时通知相关人员整改。在数据安全保障上，构建多层次的安全防护体系。在数据采集阶段，对设备进行加密处理，防止数据被窃取；传输过程中，采用 SSL 等加密协议，确保数据传输的安全性；存储环节，运用访问控制、数据加密等技术，限制数据访问权限，防止数据泄露与篡改。同时，制定数据安全应急预案，定期进行演练，提高应对数据安全事件的能力，确保在发生安全事故时，能够快速恢复数据，减少损失，保障数据的持续可用性，为后续分析与维护工作筑牢数据基础^[4]。

4.2.2 加强技术人才培养与技术合作创新

在人才培养方面，针对现有养护人员，制定多层次、多样化的培训计划。对于基层人员，开展基础技术培训，使其掌握数据采集、简单分析工具的使用方法；对于技术骨干，组织高级技术培训，深入学习大数据分析、机器学习等前沿技术，提升其技术应用与创新能力。同时，鼓励员工参加行业研讨会、学术交流活动，拓宽技术视野。在技术合作创新上，市政道路养护管理部门可与高校、科研机构以及专业的科技企业开展合作。引入外部先进技术与经验，结合自身业务特点进行二次开发与应用，加速技术成果转化，提升养护工作的科技含量，解决技术应用难题，为大数据分析 with 预测性维护工作提供强大的技术与人才支持。

4.2.3 优化管理体制与组织架构

优化管理体制与组织架构，能够打破部门壁垒，提升大数据分析 with 预测性维护的协同效率。在管理体制方面，打破传统的条块分割模式，建立跨部门的数据共享与协同工作机制，明确各部门在数据采集、分析、应用等环节的职责与权限，加强部门间的沟通与协作，实现数据的高效流转与共享。在组织架构上，推动组织的扁平化变革，减少管理层级，简化决策流程，提高组织的

灵活性与响应速度。设立专门的大数据分析与预测性维护管理部门，负责统筹协调养护工作，根据数据分析结果，快速做出养护决策，并及时下达执行指令。建立绩效考核机制，将数据共享、协同工作等指标纳入考核体系，激励各部门积极参与，充分发挥大数据分析 with 预测性维护的系统性优势，提升养护工作的整体效率。

4.2.4 制定合理的成本效益评估与投资策略

合理的成本效益评估与投资策略，是保障大数据分析 with 预测性维护可持续发展的重要保障。在成本效益评估方面，建立科学的评估指标体系，不仅关注养护成本的降低，更要从道路使用寿命延长、交通拥堵减少、公众满意度提升等多个维度，综合衡量养护效益。定期对养护项目进行成本效益分析，对比不同方案的投入产出情况，为决策提供依据。在投资策略上，制定长期的投资规划，根据养护工作的实际需求，分阶段、分重点地进行投资。优先投资于效益明显、急需解决的项目，避免盲目跟风与过度投资。同时，积极探索多元化的投资渠道，如引入社会资本参与养护项目，通过公私合营（PPP）模式，减轻财政压力，实现成本控制与效益提升的有机平衡，推动市政道路养护管理的高质量发展^[5]。

结束语

综上所述，大数据分析 with 预测性维护为市政道路养护管理带来全新变革。通过这些技术，我们能深入洞察道路状况，科学规划养护行动，显著提升养护效率，降低成本。尽管目前面临数据、技术、管理等诸多挑战，但随着保障体系的完善、人才培养的推进、管理的优化，这些难题将逐步得到解决。

参考文献

- [1]周峰.智能交通中的数据分析与交通流量预测技术[J].城市建设理论研究(电子版),2024,(08):214-216
- [2]王子彤,李晨亮.基于位置感知时空图卷积网络的交通流量预测[J].数据分析与知识发现.2024,(06)120-121
- [3]刘钰斐,许琳,李佩,等.基于时空图注意力网络的交通流量预测模型[J].交通科技与管理,2024,5(04):241-247.
- [4]于康宁.基于大数据分析的城市道路交通流量预测与管理[J].建筑理论,2025.265-267
- [5]吴佳辰.大数据背景下市政城市道路养护管理研究[J].城市建设理论研究2023(22):196-198.