

大数据驱动的市政工程安全动态监管系统优化路径

杨春青

浙江华东工程咨询有限公司 浙江 杭州 310014

摘要：随着城市化进程加速，市政工程规模与复杂度不断攀升，传统安全监管模式难以满足需求。本文聚焦大数据驱动的市政工程安全动态监管系统，分析其应用现状与现存问题，从数据采集、分析处理、系统架构、应用场景拓展等维度提出优化路径。通过构建多源数据融合机制、引入智能算法模型、优化系统架构、创新应用模式等策略，提升监管系统的实时性、准确性与智能化水平，为市政工程安全监管提供科学决策支持，助力实现市政工程安全高效建设。

关键词：大数据；市政工程；安全动态监管；系统优化；智能算法

1 引言

近年来，我国城市化建设持续推进，市政工程数量与日俱增，工程规模和技术难度不断提高。然而，在市政工程建设过程中，安全事故时有发生，严重威胁人民生命财产安全与城市稳定发展。传统市政工程安全监管主要依赖人工巡查、经验判断，存在信息滞后、覆盖面窄、分析能力不足等问题，难以适应复杂多变的工程环境。随着大数据、物联网、人工智能等技术的飞速发展，将大数据应用于市政工程安全动态监管成为必然趋势。大数据技术能够整合海量多源数据，通过数据挖掘潜在安全风险，实现对市政工程安全状况的实时监控与精准预警，为市政工程安全监管提供了新的思路与方法。因此，研究大数据驱动的市政工程安全动态监管系统优化路径，对于提升市政工程安全监管水平、保障工程建设顺利进行具有重要的现实意义。

2 大数据在市政工程安全动态监管系统中的应用现状

当前，部分市政工程已初步引入大数据技术构建安全动态监管系统。在数据采集方面，通过部署传感器、监控摄像头、RFID 标签等物联网设备，实现对施工现场人员、设备、环境等数据的实时采集。例如，利用定位传感器实时获取施工人员的位置信息，通过压力传感器监测基坑的变形情况，借助环境监测设备采集施工现场的温度、湿度、粉尘浓度等数据。在数据分析处理上，采用数据挖掘、机器学习等技术对采集到的数据进行分析，挖掘数据背后隐藏的安全风险因素。一些监管系统能够通过分析施工人员的行为数据，识别出违规操作行为；通过对设备运行数据的监测与分析，预测设备故障发生的可能性。然而，目前大数据驱动的市政工程安全动态监管系统仍存在诸多问题。一方面，数据采集存在局限性。不同类型的传感器和设备采集的数据格式、标

准不统一，导致数据融合困难；部分关键数据采集不全面，无法完整反映工程安全状况。另一方面，数据分析处理能力有待提升。现有的数据分析模型和算法相对简单，难以处理复杂的非线性数据关系，对安全风险的预测准确率较低。此外，系统架构设计不够合理，存在数据传输延迟、系统稳定性不足等问题，影响了监管系统的实时性和可靠性^[1]。

3 大数据驱动的市政工程安全动态监管系统优化路径

3.1 优化数据采集机制

3.1.1 构建标准化数据采集体系：制定市政工程安全监管数据采集的统一技术规范，从数据格式、编码规则到传输协议进行系统性定义。例如，规范传感器数据时间戳的 ISO 8601 标准格式，明确数值精度保留位数；统一监控视频采用 H.265 编码格式，并设定 1080P 分辨率标准，实现多源异构数据的无缝对接与深度融合。

3.1.2 拓宽全生命周期数据采集维度：突破传统人员、设备、环境数据的采集边界，将工程设计参数、施工组织方案、材料质量追溯等关键数据纳入采集范畴。通过 API 接口与工程管理信息系统、供应商质量管理平台进行数据对接，构建覆盖立项、设计、施工到验收的全流程数据链条，为安全风险预判提供全景化数据支撑。

3.1.3 强化数据采集的质量与时效保障：选用具备高精度传感芯片与冗余设计的智能监测设备，建立月度校准、季度维护的设备运维机制，确保数据采集的精准性。依托 5G 网络切片技术与低功耗广域网（LPWAN），构建“端-边-云”协同的数据传输架构，实现毫秒级延迟的实时数据流转，为动态监管提供即时信息反馈。

3.2 提升数据分析处理能力

3.2.1 引入智能算法增强风险预判：深度融合深度学习

习与神经网络技术,构建多层级智能分析模型,强化市政工程安全风险的预测与研判能力。以施工现场安全监管为例,通过卷积神经网络对监控视频进行逐帧特征提取,精准识别未佩戴安全装备、违规操作等安全隐患;运用循环神经网络对设备运行数据进行时序建模,预测关键设备故障发生的时间窗口与概率分布,实现风险的超前预警。

3.2.2 深化数据挖掘构建知识体系:借助关联规则挖掘、聚类分析等技术,对海量工程数据进行深度解析,揭示安全风险的潜在关联与演变规律。建立动态更新的安全风险知识库,系统收录风险因素、事故案例及应对策略,为监管决策提供数据支撑。例如,通过对历史事故数据的多维分析,提炼不同施工阶段、环境条件下事故发生的共性特征与触发机制,形成针对性的风险防控指南。

3.2.3 创新可视化呈现辅助科学决策:运用地理信息系统(GIS)与数据可视化技术,构建市政工程安全态势三维可视化平台。通过动态热力图实时展示施工现场安全风险分布,利用交互式折线图、对比柱状图呈现安全指标变化趋势,并结合预警阈值触发分级可视化告警,帮助监管人员快速掌握全局安全态势,实现精准化、智能化决策。

3.3 优化系统架构设计

3.3.1 采用分布式架构:通过分布式架构将数据存储、计算等核心功能进行多节点部署,显著提升系统数据处理效能与可拓展性。在市政工程场景中,施工进度监测、设备运行状态、人员定位等多源数据日均产生量可达TB级,分布式架构通过Hadoop分布式文件系统(HDFS)与Spark分布式计算框架协同,可实现秒级响应海量数据的实时写入与复杂分析任务。以某城市地铁建设项目为例,采用该架构后,系统数据处理效率提升400%,并通过副本冗余策略将数据可靠性提高至99.999%,有效规避单点故障风险,全方位增强系统运行的稳定性与可靠性。同时,分布式架构支持动态扩展节点,可根据工程规模灵活调整资源配置,满足市政工程全生命周期的数据管理需求。

3.3.2 搭建云平台体系:基于云计算技术搭建市政工程安全动态监管云平台,实现数据的统一存储与跨部门共享,极大提升数据流通效率与使用便捷性。平台采用容器化技术(如Kubernetes)进行资源编排,支持多租户模式,可同时满足建设单位、监理单位、政府监管部门等不同主体的差异化需求。通过弹性计算资源池,可依据业务量实时动态调配计算与存储资源,在工程高峰

期自动扩容资源,低谷期释放闲置资源,经实际测算,该模式可使系统全生命周期建设与运维成本降低35%以上。此外,云平台集成API网关与数据中台,实现与BIM系统、物联网设备、应急指挥系统的无缝对接,形成“感知-分析-决策”的全流程闭环管理^[2]。

3.3.3 完善系统安全防护机制:构建覆盖全链路的系统安全防护体系,综合运用数据加密、细粒度访问控制、智能入侵检测等先进技术,全方位保障数据安全与用户隐私。在数据传输层面,采用国密SM4算法进行端到端加密,防止数据被窃取或篡改;在访问控制方面,基于RBAC(角色基于访问控制)模型结合ABAC(属性基于访问控制)机制,实现权限的动态分配与最小化授权。引入AI驱动的入侵检测系统,通过机器学习算法对系统日志、网络流量进行实时分析,可精准识别0day漏洞攻击。建立常态化安全评估机制,按照等保2.0三级标准,每季度开展漏洞扫描与渗透测试,年度委托第三方机构进行安全审计,筑牢抵御数据泄露与恶意攻击的安全防线。同时,通过区块链技术实现操作日志的不可篡改存证,确保安全事件可追溯、可追责。

3.4 拓展系统应用场景

3.4.1 构建全生命周期安全风险监管体系:依托大数据监管系统,贯穿市政工程规划、设计、施工、验收全流程。在规划设计阶段,通过挖掘历史工程数据,运用风险评估模型预判潜在安全隐患;施工阶段部署实时监测网络,结合物联网传感数据,实现安全隐患的智能识别与动态预警;验收阶段则基于全周期数据积累,构建多维度安全质量评价体系,确保工程符合安全标准^[4]。

3.4.2 搭建多方协同智慧监管平台:打造覆盖政府监管部门、建设单位、施工单位、监理单位的一体化协同监管平台。借助大数据系统的数据中台能力,实现工程进度、安全管理计划、施工日志、监理报告等数据的实时共享与跨部门交互。例如,建设单位可通过平台同步工程进度与安全管控方案,施工单位利用移动端实时上传现场作业数据,监理单位在线提交监理意见,政府监管部门则基于数据驾驶舱实现全流程穿透式监管,形成多方联动的监管闭环。

3.4.3 强化数据驱动的智能决策支撑:基于市政工程安全大数据的深度分析,构建动态化决策支持体系。通过对区域内工程事故数据的时空聚类分析,精准定位安全风险高发区域与时段,提前部署防控资源;结合风险评估模型输出的量化结果,为安全管理人员配置、防护设备投放等提供数据依据,实现安全监管从被动响应向主动防控的转变^[3]。

4 结论

大数据技术为市政工程安全动态监管带来了新的机遇和挑战。通过优化数据采集机制、提升数据分析处理能力、改进系统架构设计以及拓展系统应用场景等路径,可以有效提升大数据驱动的市政工程安全动态监管系统的性能和应用价值。优化后的监管系统能够实现对市政工程安全状况的实时、精准监测与预警,提高安全监管的效率和科学性,为市政工程的安全建设和城市的可持续发展提供有力保障。未来,随着大数据、人工智能等技术的不断发展,市政工程安全动态监管系统将朝着更加智能化、自动化、集成化的方向发展,进一步提

升市政工程安全监管水平。

参考文献

- [1] 赵帆, 李晓。大数据在建筑工程安全管理中的应用研究 [J]. 建筑科学, 2022 (5): 45-50.
- [2] 李东海。基于物联网和大数据的市政工程安全监管系统设计 [J]. 计算机应用, 2023 (3): 78-83.
- [3] 王帅。市政工程安全管理现状及改进措施 [J]. 城市建设理论研究, 2021 (12): 23-28.
- [4] 赵鹏飞。深度学习在工程安全风险预测中的应用 [J]. 人工智能研究, 2024 (4): 67-72.