

智慧排水系统建设与大数据平台的应用探索

侯佳颖 周 斌 童 掘 高 亮
宁波市城市排水有限公司 浙江 宁波 315000

摘 要：智慧排水系统建设依赖感知、网络、平台、应用层等关键要素。大数据平台在数据整合存储、分析挖掘、决策支持优化及可视化展示方面发挥重要作用。建设与应用面临数据质量、技术融合、人才短缺、安全隐私等挑战。提升数据质量、加强技术融合、培养复合型人才、保障安全隐私等策略，可推动智慧排水系统发展，提升城市排水管理水平。

关键词：智慧排水系统；大数据平台；数据质量；技术融合；人才培养

引言：随着城市化进程加速，城市排水系统压力增大，传统排水模式难以满足需求。智慧排水系统借助先进技术实现智能化管理，成为解决排水问题的关键。大数据平台作为智慧排水系统的核心支撑，能整合、分析海量数据，为系统运行提供决策依据。深入探索智慧排水系统建设与大数据平台应用，对提升城市排水能力、保障城市安全运行意义重大。

1 智慧排水系统建设的关键要素

1.1 感知层建设

感知层建设依赖各类传感器监测排水系统运行状态。水位传感器用于捕捉管网和泵站内的水位变化，实时反映积水情况。流量传感器记录管道内水流的速度和总量，掌握排水能力变化。水质传感器检测水中污染物含量和pH值等指标，判断水质是否达标^[1]。传感器的布局需遵循全面覆盖原则，在管网节点、泵站、污水处理厂等关键位置均需布设，确保无监测盲区。易积水路段和管网交汇处应加密布置，提高数据采集的精准度。安装时需考虑环境适应性，避免传感器受水流冲击、泥沙淤积或腐蚀性物质影响，保证长期稳定工作。安装位置需便于维护，为后续检修和校准提供便利。

1.2 网络层建设

网络层建设需选择适用于排水系统的数据传输技术。无线通信技术中的LoRa适合远距离低速率数据传输，能穿透复杂地形实现稳定通信，适用于管网分布较广的区域。NB-IoT功耗低且连接容量大，可满足大量传感器同时传输数据的需求，适合密集部署场景。网络拓扑结构的选择需结合排水系统的布局特点。星型结构以中心节点为核心连接各传感器，便于集中管理但对中心节点依赖性强。Mesh结构中各节点可相互通信，某一节点故障时数据可通过其他路径传输，提升系统的抗干扰能力。实际建设中需根据管网分布密度和环境复杂度选

择合适结构，保障数据传输的稳定性与可靠性，减少延迟和丢失。

1.3 平台层建设

平台层建设的核心是架构设计，需整合数据存储、处理、分析等功能模块。数据存储模块需能容纳海量监测数据，采用分布式存储方式提高数据存取效率，同时具备数据备份功能防止信息丢失。数据处理模块负责对原始数据进行清洗和转换，去除异常值和冗余信息，形成标准化数据格式。分析模块运用算法对处理后的数据进行挖掘，提取反映系统运行状态的特征信息。平台需具备可扩展性，预留足够的接口和资源，以便未来增加新的传感器类型或功能模块时无需大规模重构。兼容性同样重要，需支持不同品牌、型号的传感器和设备接入，实现数据互通共享，避免因设备差异导致的数据孤岛问题，为系统升级和功能拓展奠定基础。

1.4 应用层建设

应用层建设涵盖多种功能应用，共同实现排水系统的智能化管理。排水调度应用根据实时监测数据调整泵站运行功率和闸门开关状态，优化水流分配，提高排水效率。故障预警应用通过分析历史数据和实时参数，识别管网堵塞、设备异常等潜在问题，提前发出预警信号，为维修争取时间。应急管理应用在暴雨等极端天气时启动，整合积水点分布、交通状况等信息，辅助制定疏散和排水方案，减少灾害影响。各应用之间需实现数据共享和联动协作。故障预警信息可自动触发应急管理应用的响应机制，排水调度应用的调整结果需实时反馈给其他应用，确保各功能模块协同工作，形成完整的智能化管理闭环，提升排水系统的整体运行效能。

2 大数据平台在智慧排水系统中的应用

2.1 数据整合与存储

大数据平台通过构建标准化的数据接口，对接感知

层传输的各类排水数据,包括水位、流量、水质等实时监测信息,以及设备运行参数、维护记录等历史数据^[2]。通过数据清洗与格式转换,消除不同来源数据的差异,实现分散数据的集中汇聚与统一管理。这种整合方式打破了数据孤岛,让原本独立的信息形成相互关联的整体,为后续分析提供完整的数据基础。数据存储的技术架构需适应海量数据的增长需求。分布式文件系统可将数据分散存储在多个节点,通过冗余备份保障数据安全性,同时支持存储容量的弹性扩展。关系型数据库适用于结构化数据的存储,如设备编号、监测时间等;非关系型数据库则能高效存储非结构化数据,如水质监测的原始波形图。多种存储技术的结合,既能满足不同类型数据的存储要求,又能确保数据访问的高效性。

2.2 数据分析与挖掘

统计分析方法通过对历史数据的趋势研判,识别排水系统的季节性变化规律,比如雨季与旱季的流量差异、特定区域的水质波动周期。机器学习算法通过训练模型,从实时数据流中捕捉异常模式,例如识别管道流量突变与堵塞风险的关联,或泵站能耗异常与设备老化的潜在联系。这些分析方法的应用,使原本隐藏在海量数据中的信息得以显现。通过持续的数据分析,可挖掘出排水系统的运行规律,如管网流量与降雨量的动态关系、不同区域排水负荷的分布特征。能提前发现潜在问题,比如通过水质数据的长期变化趋势预测管道腐蚀风险,或根据设备运行参数的微小偏差判断故障前兆。这些发现为系统管理提供科学依据,使决策从经验驱动转向数据驱动。

2.3 决策支持与优化

大数据平台将分析结果转化为具体的决策建议,在排水调度中,根据实时管网负荷与气象预测,推荐泵站开启数量与闸门调节幅度,平衡各区域排水压力。在运维管理中,结合设备故障预警与历史维护数据,提示最优检修时间与备件准备方案,减少非计划停机。这些建议直接作用于管理流程,提升决策的及时性与准确性。优化算法通过模拟不同运行场景,寻找排水系统的最优运行模式。例如,在保证排水效果的前提下,调整泵站运行时段以降低高峰用电成本;通过优化管网水流路径,减少局部区域的淤积概率。这些优化措施既能提高排水效率,缩短积水排除时间,又能降低设备能耗与维护费用,实现系统运行的经济性与可靠性平衡。

2.4 可视化展示

地图可视化技术将排水管网、泵站、监测点等设施的地理位置与实时状态叠加呈现,通过颜色变化直观显

示不同区域的水位高低、流量大小,或用动态线条标注水流方向。图表可视化则以折线图展示水位变化趋势,柱状图对比不同时段的排水效率,热力图呈现管网负荷分布。这些可视化形式将复杂数据转化为易懂的图形符号。可视化展示让管理人员无需专业数据分析能力,即可快速掌握系统整体运行状态。在突发情况时,通过动态更新的可视化界面,能迅速定位问题区域与影响范围,辅助制定应对策略。日常管理中,可视化报表可清晰呈现系统运行指标与优化效果,为长期规划提供直观参考,使数据价值在管理环节得到有效释放。

3 智慧排水系统建设与大数据平台应用面临的挑战

3.1 数据质量问题

排水系统数据常存在多方面质量问题。准确性方面,传感器受水流冲击、泥沙覆盖等影响,测量值易偏离实际情况,如水位传感器被漂浮物遮挡可能显示错误数据^[3]。完整性上,部分老旧管网未安装监测设备,导致数据采集存在盲区,难以反映系统全貌。及时性源于传输延迟,极端天气时数据传输拥堵,关键信息无法实时更新。这些问题直接影响大数据分析效果。不准确的数据会导致分析结果失真,基于错误数据得出的排水调度建议可能加剧积水问题。不完整的数据使挖掘出的运行规律片面,无法全面掌握系统状态。延迟数据则让决策滞后,错过最佳处理时机,降低大数据平台的应用价值。

3.2 技术融合难题

智慧排水系统与大数据平台的技术集成存在诸多困难。不同品牌的传感器和设备通信协议各异,数据格式不统一,导致系统间接口兼容性差,数据难以顺畅流转。平台架构设计时,若未充分考虑与现有排水管理系统的衔接,可能出现功能重叠或数据冲突,影响整体协同。技术融合不畅会阻碍系统协同运行。感知层采集的数据无法高效传入平台层,分析结果难以有效指导应用层操作,形成各环节脱节的局面。缺乏协同的系统无法发挥整体效能,大数据平台的分析优势难以转化为实际的排水管理能力,制约智慧化水平的提升。

3.3 人才短缺问题

当前既懂排水系统专业知识又掌握大数据技术的复合型人才稀缺。排水领域从业者多熟悉管网运维和水利知识,但对数据分析算法、平台架构等了解有限,难以充分利用大数据工具。大数据技术人员则缺乏对排水系统运行机理的深入认识,开发的模型和应用可能脱离实际需求。人才短缺制约着项目推进。系统建设时,因缺乏专业人才,难以制定合理的技术方案,可能导致设备

选型不当或平台功能冗余。应用阶段,管理人员无法充分挖掘数据价值,大数据平台的高级分析功能被闲置,无法转化为实际的管理效能,延缓智慧化转型进程。

3.4 安全与隐私问题

排水系统数据在全流程中面临安全风险。传输过程中,数据可能被拦截或篡改,若泵站控制指令被恶意修改,可能引发设备异常运行。存储阶段,海量数据集中管理增加了泄露风险,管网布局等敏感信息若被非法获取,可能带来安全隐患。分析过程中,数据共享环节若权限管理不严,易造成信息外泄。数据安全与隐私得不到保障会威胁系统稳定。数据泄露可能引发公众担忧,影响项目公信力。恶意篡改的数据可能导致错误决策,如错误的故障预警引发不必要的抢修,或忽视真实隐患导致事故。安全问题若持续存在,会让管理人员对平台产生信任危机,阻碍其在实际管理中推广应用。

4 应对智慧排水系统建设与大数据平台应用挑战的策略

4.1 提升数据质量

建立数据质量管理体系覆盖数据全生命周期,从采集环节开始制定明确标准,规范传感器的选型、校准频率和安装要求,确保原始数据的可靠性^[4]。传输过程中设定数据校验机制,对传输错误的数据进行重传或标记,减少数据丢失。存储阶段明确数据分类和保存期限,定期清理无效数据,保证存储数据的有效性。采用数据清洗技术剔除异常值,通过对比历史数据和实时监测情况,识别并修正偏离合理范围的数据。数据校验借助算法对不同来源的数据进行交叉验证,如将水位传感器数据与流量数据相互印证,提高数据的一致性。针对老旧管网的数据盲区,逐步补装监测设备,结合数学模型估算缺失数据,提升数据完整性。

4.2 加强技术融合

制定统一的技术标准与接口规范,明确数据格式、通信协议和交互方式,让不同品牌的设备和系统能够顺畅对接。规范平台架构设计要求,确保新建设的大数据平台与现有排水管理系统兼容,避免出现技术壁垒。开展技术研发聚焦解决融合中的关键问题,针对不同系统的接口冲突,开发适配性强的转换工具,实现数据无缝流转。研究分布式计算技术,提高大规模数据处理的效率,满足系统协同运行的需求。鼓励技术创新,探索更高效的融合模式,通过试点项目验证新技术的可行性,

提升整体技术水平。

4.3 培养复合型人才

高校相关专业需调整课程设置,增加排水工程与大数据技术交叉的课程内容,让学生同时掌握管网设计、水文分析和数据分析、平台开发等知识。加强校企合作,为学生提供实践机会,在实际项目中积累经验,培养符合行业需求的人才。企业内部定期组织培训,邀请行业资深人员讲解排水系统运行知识和大数据技术应用案例,促进不同岗位人员的知识交流。开展技能竞赛活动,鼓励员工自主学习,提升数据分析和系统操作能力。建立轮岗机制,让技术人员参与排水运维实践,让运维人员接触平台开发过程,拓宽知识面。

4.4 保障安全与隐私

建立数据安全管理制度,明确各岗位的数据访问权限,实施分级授权,仅允许相关人员获取必要的数据信息。数据传输时采用加密技术,防止信息被拦截或篡改,存储阶段对敏感数据进行加密处理,降低泄露风险。定期开展安全审计,检查数据使用记录,及时发现异常访问行为。开展数据安全与隐私保护培训,通过案例分析让相关人员了解数据泄露的危害和防范措施,增强安全意识。配备专业的安全管理人员,负责监控系统运行状态,及时处置安全漏洞,确保数据全流程的安全可控。

结束语

智慧排水系统建设与大数据平台应用是城市排水领域的发展趋势。尽管面临诸多挑战,但通过采取针对性策略,能够有效应对。未来,随着技术的不断进步和管理的持续优化,智慧排水系统将更加完善,大数据平台的作用也将更加凸显,为城市排水管理带来更高的效率和更好的效果,助力城市可持续发展。

参考文献

- [1]张祥维,金有星,罗昊进,等.温州市智慧排水系统的建设及实践[J].中国给水排水,2024,40(14):25-28.
- [2]谷宏宇.面向智慧水务建设的排水业务系统设计与应用[J].供水技术,2023,17(3):60-64.
- [3]何秋芳.智慧水务在市政排水系统效能提升中的应用[J].工程技术研究,2024,6(23):162-164.
- [4]徐科威,王佳,李怀波,等.智慧化城市排水管网信息系统建设研究[J].智能城市,2023,9(2):102-105.