

城市排水系统的智能化监控与应急调度研究

张凤梅 411322199606043826

摘要

随着我国城镇化进程加快，城市建成区面积持续扩张，极端降雨天气发生频率逐年上升，传统排水系统存在监控覆盖面不足、应急响应滞后等问题，难以满足城市内涝治理的现实需求。本文以城市排水系统智能化建设为研究对象，分析智能化监控与应急调度体系的建设逻辑，探讨物联网、大数据、地理信息系统等技术在排水管理中的应用路径，提出构建“感知-分析-调度-反馈”全流程智能化体系的具体方案。研究表明，智能化监控与应急调度能够有效提升城市排水系统的运行效率，降低内涝灾害造成的损失，为海绵城市建设与城市安全治理提供技术支撑。

关键词：城市排水；智能化监控；应急调度；内涝治理

一、引言

近年来，我国城镇化率突破 65%，城市人口与基础设施规模持续增长，硬质铺装面积占比不断提升，改变了城市自然水文循环，对排水系统的调蓄与排放能力提出更高要求。同时受全球气候变化影响，短历时、强降雨极端天气事件发生概率显著增加，全国多个城市先后发生严重城市内涝，给居民生命财产安全造成严重威胁，也暴露出传统排水管理模式存在的诸多短板。传统排水系统依赖人工巡检排查故障，信息反馈滞后，无法实时掌握管网运行状态，应急调度多依赖经验判断，决策精准度不足，在大强度降雨过程中难以快速响应风险。随着新一代信息技术与城市基础设施深度融合，推进排水系统智能化改造，构建覆盖全管网的监控体系与智能化应急调度机制，已经成为城市内涝治理领域的重要研究方向。本文围绕城市排水系统智能化监控与应急调度的技术框架、应用路径与优化策略展开研究，为城市排水管理现代化提供参考。

二、城市排水智能化监控体系的构建

（一）感知层：多源监测节点布局

智能化监控的核心基础是实现排水系统运行状态的全面感知，需要依托物联网技术构建覆盖全流域的监测节点网络。根据城市排水系统的结构特点，感知节点主要分为三类：第一类是管网运行参数监测节点，在主干管网、易淤积管段、节点井位置安装液位传感器、流量传感器、水质传感器，实时采集管网内的水位、流速、污染物浓度数据，掌握管网实际运行负荷；第二类是易涝点监测节点，在城市下穿隧道、下沉式广场、低洼路段等历史易涝区域安装视频监控设备与水位监测装置，实时采集积水深度数据，一旦超过警戒水位立即触发预警；第三类是出口与泵站监测节点，在排水出口、提升泵站位置安装流量与压力监测设备，实时掌握泵站启停状态与排水效率，为调度决策提供基础数据。感知节点需要根据城市地形地貌、排水管网布局进行分级布设，优先保障核心城区、风险区域的监测覆盖，逐步扩展到全管网，兼顾建设成本与监测效果。

（二）数据层：多源数据整合处理

智能化监控体系产生的监测数据具有多源、异构、海量的特点，需要搭建统一的数据处理平台，实现数据的清洗、存储与共享。数据整合范围不仅包括监测设备采集的实时运行数据，还需要整合基础空间数据，如排水管网 CAD 图纸、地理信息图层、城市地形高程数据，以及历史降雨数据、内涝灾害记录、泵站维护记录等管理数据。通过建立统一的数据标准，对多源数据进行格式转换与标准化处理，剔除异常监测数据，补全缺失信息，构建城市排水系统动态数据库。依托云存储技术实现数据的分布式存储，保障数据访问效率与存储安全性，同时搭建数据共享接口，实现排水管理部门与气象部门、应急管理部门、城管部门的数据互联互通，为应急调度提供全方位数据支撑。

（三）预警层：风险预判与预警推送

基于实时监测数据与历史灾害数据，构建城市内涝风险预警模型，结合气象部门发布的降雨预报数据，对不同降雨强度下的管网负荷、易涝点积水情况进行动态模拟，提前预判内涝风险等级。风险预警采用分级机制，根据降雨强度、管网水位、预测积水深度划分为蓝色、黄色、橙色、红色四个预警等级，对应不同的响应措施。预警信息通过城市应急信息平台、移动终端、公共显示屏等多种渠道推送给管理部门与社会公众，便于管理部门提前部署应急力量，也便于公众提前规避风险区域。

三、智能化应急调度体系的运行机制

（一）动态模拟与决策生成

当发生强降雨或突发排水故障时，智能化应急调度体系依托大数据分析与水力模型，实时模拟不同调度方案下的排水系统运行状态，自动生成最优调度方案。调度模型整合了管网拓扑结构、地形数据、实时水位流量数据，能够快速计算不同泵站启停方案、管网阀门调节方案下的内涝点积水变化，对比不同方案的风险降低效果，优先选择风险最小、成本最低的调度方案，替代传统依赖人工经验的决策模式，提升决策的精准性与响应速度。

（二）多部门协同调度

城市排水应急处置涉及排水管理、应急管理、城管、交通、气象等多个部门，智能化调度平台搭建统一的协同指挥界面，实现各部门信息共享与指令同步。调度指令通过平台直接下发到一线应急处置单元，如泵站运维班组、排涝抢险队伍、交通管理部门，各个单位可以实时反馈处置进度，指挥中心根据现场情况动态调整调度方案，解决传统应急调度中信息传递滞后、协同效率低的问题。

（三）灾后评估与优化迭代

应急处置完成后，智能化系统自动汇总本次降雨过程中的所有监测数据、调度记录、灾害损失数据，开展内涝灾害评估，分析排水系统存在的薄弱环节，如管网淤积位置、排水能力不足管段、易涝点形成原因，为后续管网改造与系统优化提供依据。同时将本次灾害数据与调度方案输入模型进行训练，优化预警模型与调度模型的参数，提升模型后续预测与决策的准确性，形成"监测-调度-评估-优化"的闭环迭代机制，推动排水系统智能化水平持续提升。

四、城市排水智能化建设的优化策略

当前我国城市排水智能化建设仍面临一些瓶颈，包括部分老城区管网基础数据不完善、监测设备建设成本较高、数据共享机制不健全等。针对这些问题，首先需要推进老城区管网基础信息普查，运用管道机器人探测等技术摸清地下管网的实际走向与结构参数，完善基础数据库，为智能化改造提供基础。其次，创新建设运营模式，采用政府和社会资本合作模式吸引社会资本参与智能化监控体系建设，降低政府财政压力，同时分层推进建设，优先完成核心区域与高风险区域的监测覆盖，逐步扩展到全区域。

五、结论

城市排水系统的智能化监控与应急调度是新一代信息技术与城市基础设施融合的重要方向，也是提升城市内涝治理能力、保障城市运行安全的关键举措。通过构建多源感知、数据整合、分级预警的智能化监控体系，结合动态模拟、协同调度、闭环优化的应急调度机制，能够有效解决传统排水管理模式中信息滞后、决策低效的问题，显著提升城市排水系统的应急响应能力。未来随着技术的不断成熟与推广，智能化排水管理将成为海绵城市建设与城市安全治理的重要支撑，为提升城市韧性提供保障。

参考文献

- [1] 张建云, 王银堂, 贺瑞敏, 等. 中国城市内涝研究进展与展望[J]. 水科学进展, 2021, 32(01): 1-11.
- [2] 任心欣, 汤伟忠. 城市排水管网智能化管理技术与应用[J]. 中国给水排水, 2020, 36(10): 24-29.
- [3] 程晓陶, 张沈毛. 我国城市排水系统应对极端暴雨的挑战与对策[J]. 水利学报, 2021, 52(06): 647-658.