

智慧排水管网系统建设

——以豫南某市中心城区为例

朱艳旭¹, 张春杰¹, 祝佳佳², 钟振兴³

(1. 中国市政工程中南设计研究总院有限公司, 湖北省 武汉 430010; 2. 桂林理工大学环境科学与工程学院, 广西省 桂林 541004;
3. 武汉纺织大学环境工程学院, 湖北省 武汉 430200)

摘要: 随着我国城市化进程的加快, 地下排水管网系统发展得越发庞大复杂, 传统的排水管理工作面临巨大挑战, 智慧排水建设应运而生。基于对豫南某市中心城区排水管网的现状分析, 结合当地实际情况及治污防涝的业务需要, 建立了该市中心城区智慧排水管网系统。除了对智慧管网平台的内容进行了细致划分及详细说明, 还创新性地提出了划分片区、轮换监测的布点措施与监测方案。最后对该智慧排水管网系统的应用效果进行了分析, 并提出了该平台今后的发展方向, 以期今后排水行业的智慧化建设提供借鉴与参考。

关键词: 排水管网; 治污防涝; 划分片区; 轮换监测; 智慧排水

中图分类号: TU992.4

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2024)08-0101-04

0 引言

地下排水管网作为城市基础设施的重要组成部分, 是城市安全稳定运行的保障。^[1] 长期以来, 由于城市的快速发展, 地下管网系统不断进化, 排水管线越发错综复杂, 逐渐加大了排水管网的管理难度。地下排水管网具有看不见、摸不着等特性, 如管理不当极易造成管道淤积、管道超负荷运行、管网错接/漏接及外水入渗等问题, 进而可能引发水体污染、城市内涝等严重灾害。^[2] 我国许多城市都在进行对智慧排水系统的探索与建设, 以期改善排水管网管理过程中面临的诸多问题, 但是目前尚没有形成统一的建设标准。智慧排水管网系统的建设需要因地制宜, 充分结合当地实际情况, 通过对各类排水数据进行深入的挖掘与分析, 以实现排水系统的精细化管理与精准化决策, 保障排水管网的安全稳定运行。

1 工程现状

1.1 管网现状

豫南某市中心城区的污水管网采用截流式合流

制与分流式相结合的排水体制。由于该地下管网埋设年代久远, 部分污水管网存在破损现象, 外水入渗现象较为严重, 加之部分雨污水管道混流, 导致地下管网超负荷运行, 对下游污水厂也造成水力冲击。雨水管道为合流管道与截流管道并存, 因地势原因基本采取沿河就近排放, 但由于部分雨水管道存在淤堵问题, 雨季积水现象较为严重, 极易引发城市内涝。

由于前期排水管网建设标准不高, 加之时间久远, 部分管网资料缺失, 给管网的运行维护带来很大的困难。并且, 目前的运维方式较为传统, 信息记录大量使用人工线下记录再上传的模式, 信息流转慢、处理效率低、整体信息化管理能力缺失, 尤其是应急反应能力严重不足, 难以预判事故的发生, 也无法及时诊断事故发生的原因, 很难迅速地找到解决方案。因此亟需对该排水管网系统进行智慧化的建设。

1.2 信息化现状

豫南某市中心城区具备较成熟的网络环境, 通过4G/5G网络覆盖能够满足部分站点的监测需求。其中部分站点, 如部分涵洞、泵站、调蓄池与积水点等, 已设置水位及视频监控点, 但整体的监测系统还不够完善, 不能满足相关业务的应用需求。并且该市还并未建立有关排水管网的数字化平台, 管网基础数据由多个部门线下采集, 难以实现信息的整合与共享, 信息技术与水务相关业务的融合度不高。

收稿日期: 2023-09-22

作者简介: 朱艳旭(1990—), 男, 硕士, 工程师, 从事水污染控制及智慧水务研究工作。

通信作者: 张春杰(1995—), 女, 硕士, 工程师, 从事工业废水处理及智慧水务研究工作。电子邮箱: zhangchunjie116@163.com

2 智慧排水管网系统架构

2.1 总体架构

豫南某市中心城区的智慧排水管网系统总体架构设计分为5大层级,包括基础设施层、数据资源层、应用支撑层、业务应用层以及用户及服务层^[3-4],如图1所示。



图1 智慧排水管网系统总体架构

基础设施层由物联感知基础设施、互联网、政务外网、物联平台及豫南某市政务云组成。其中物联感知基础设施为底层监测设备设施,主要在重要节点位置布设相关在线监测仪表,包括流量计、压力计、水质分析仪表、液位计和摄像头等。物联基础设施层的数据通过互联网、政务外网、物联平台及该市政务云平台进行数据传输。

数据资源层通过构建大数据平台,提供大数据存储与计算、数据集成与加工、数据资产与治理、数据分析与利用、数据共享与交换等功能。

应用支撑层提供基础管理、系统管理、日志分析、地图服务、微服务、物联服务等功能模块,为上层应用系统功能提供支撑。

业务应用层包括可视化平台、运维管理平台和数据分析平台。该层为智慧排水平台建设的关键内容,直面用户,相关功能模块的建立须满足业务需求及用户需求。

用户服务层提供大屏端、网页端和移动端的多方面展示方式,可满足智慧排水日常管理使用需要。

2.2 网络架构

由于豫南某市已建立政务云平台,为充分利用现有资源,该智慧排水管网平台部署在当地政务云平台。外部管理接口通过政务光纤与政务云平台进行连接。底层监测点采集的数据采用5G的VPN(Virtual Private Network)网络,通过无线传输的形式连接至当地政务云平台。污水厂及泵站中的设备、

仪表通过PLC(Power Line Communication)进行数据采集,通过千兆交换机连接至SCADA(Supervisory Control and Data Acquisition)服务器,泵站中的摄像监测数据上传至当地视频服务器,最终在SCADA服务器与视频服务器通过专用光纤将数据传输至政务云平台。系统网络架构如图2所示。

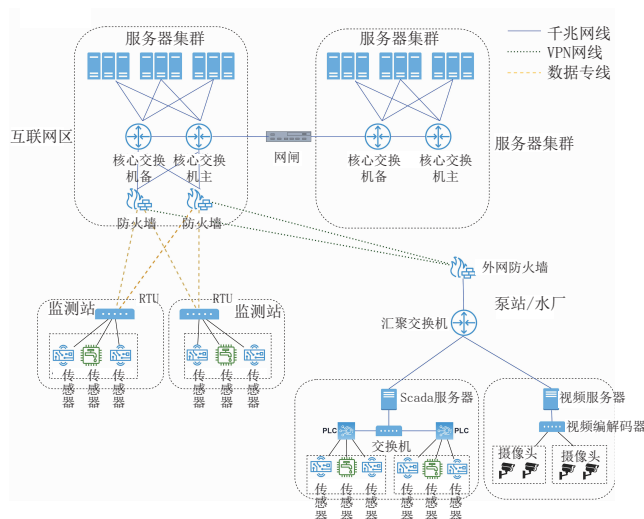


图2 智慧排水管网系统网络架构

3 物联感知系统建设

物联感知系统建设是整个系统建设的基础,监测数据的准确性与实用性直接影响到整个平台功能的应用及分析。^[5]该系统采用自动监测方式,利用智能监测设备对建设范围内的监测点流量、液位、压力、水质、视频监控及井盖等信息进行采集,并通过网络自动将数据发至市政云,以实现对数据的存储、分析与处理。

3.1 污水在线监测方案

结合地理环境、排水规划、现状管网及历史排水情况等资料,将中心城区的排水管网划分为15个片区。首先进行整体监测,布点方案如图3所示,在每个片区的污水主干管上进行污水流量及水质监测设备的布设^[6],通过3~6个月的整体监测掌握每个片区的污水情况与整体排放规律,其中监测时间须至少覆盖两场10 mm以上的降雨。整体监测完成后,根据水质水量的异常程度对15个片区进行排名。尔后再根据排名进行分区轮换监测^[7],集中水质水量监测设备在一个片区进行布设,布点方案如图4所示,主要布置在分区管网的关键节点处,每个片区轮换监测时间约为2~3个月。轮换监测完成后,可将水质水量监测设备再次按照原本整体监测的布点方案进行布设。按照“整体监测—轮换监测—整体监测”的思路,

既能最大程度地节省工程投资,也能够对该市排水管网进行长期有效的监控,及时发现排水管网可能出现的问题,包括外水入渗、雨污混接或管道淤堵等。



图3 整体监测布点方案



图4 轮换监测布点方案

3.2 内涝防治监测方案

内涝防治管理监测方案主要针对雨水泵站、雨水调蓄池、隧道、涵洞、重要雨水沿河排口、常见雨水积水点及重要雨水通路等位置增设末端感知设备。雨水泵站考虑布置摄像头,在其主要进水通路上布设流量计;雨水调蓄池考虑设置摄像头、液位计,在主要进水通路设置流量计;隧道进出口考虑设置摄像头,在隧道内部设置液位计;涵洞进出口考虑设置摄像头,在内部设置液位计;重要雨水沿河排口考虑设置摄像头;常见雨水积水点考虑设置摄像头、液位计;重要的雨水通路处考虑设置液位计。此外,在易涝点及主要积水点附近将普通井盖更换为智能井盖,通过智能井盖上传的数据可随时发现井盖移位、丢失或损坏等问题,保障路上行人、车辆等的行驶安全。通过末端感知设备的布置,结合相关数据分析,可快速掌握城区内涝情况,为管理及决策人员提供支持。

4 智慧排水管网平台实现

智慧排水管网平台是智慧排水系统的重要组成部分,主要包括应用支撑平台、大数据平台、可视化平台、运维管理平台及数据分析平台5个部分,具体如图5所示。

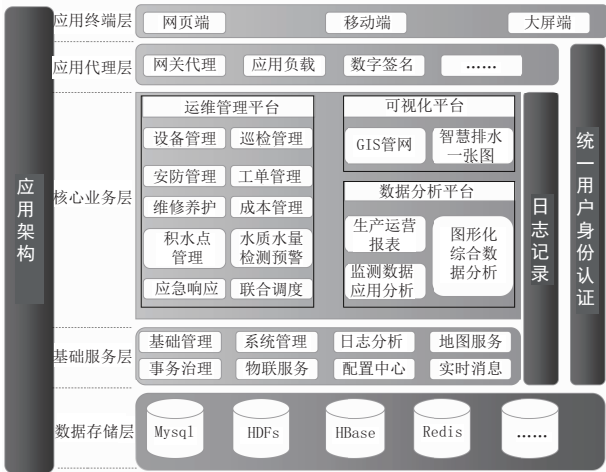


图5 平台应用架构

4.1 应用支撑平台

应用支撑平台建设的主要目的是为上层智慧排水应用提供应用的共性能力,避免每个应用的烟囱式开发模式,以减少智慧应用的开发难度,降低应用层开发工作量。通过建设提供基础管理、系统管理、日志分析、地图服务、微服务与物联服务的应用支撑平台,构建出一个技术架构先进、支撑应用快速、业务能力可复用的智慧排水管控平台支撑体系,可为智慧排水上层业务应用体系提供数据赋能、业务赋能和技术赋能。

4.2 大数据平台

大数据平台主要实现对各类数据的储存、处理、分析与共享,为后续应用系统的实现提供数据支撑。目前豫南某市已经进行了政务大数据平台的相关建设工作,为避免重复建设,智慧排水管网平台不再建设完整的大数据平台,而是针对排水管网的管理工作提供专业化的数据管理和共享交换的功能,以作为现有大数据平台在排水业务方面的补充。利用大数据平台可实现各排水数据资源的横向集成与纵向贯通,使数据在排水运维的相关业务中真正地发挥作用。如通过整合雨污水管线的空间位置数据、属性信息数据、运行监测数据、巡检养护数据及管道现状数据等多源数据,实现对雨污水管道混接情况、管道日常淤堵情况、低洼地积水情况和排水顺畅情况的筛选分析,从而为防汛部门与市政清淤部门发现并解决管道淤堵、偷排乱排、区域内涝等问题提供参考依据。

4.3 可视化平台

可视化平台借助大数据分析技术,结合豫南某市自然资源和规划局排水管网的普查数据,对全市中心城区排水管网的空间数据及业务数据进行逻辑

梳理与分析展示,实现排水管网 GIS (Geographic Information System) 基础数据“一张图”。数据展示内容包括在线监测数据、雨污混流数据、隐患数据、污染源分布情况、CCTV 检测数据与排水流向等。

4.4 运维管理平台

结合排水管网日常运维的业务需求,建立运维管理平台,将所有流程线上化、标准化,最终实现对排水管网的精细化管理。运维管理内容包括设备管理、巡检管理、安防管理、工单管理、维修养护管理、成本管理、积水点管理、水质水量监测预警以及应急管理。

4.5 数据分析平台

数据分析平台主要对数据进行标准化管理,并对数据进行综合利用与分析,主要业务包括产生运营报表、图形化综合数据分析及监测数据应用分析。通过对排水相关数据的深入挖掘与分析,找出管网运维过程中存在的问题,科学指导管网运维工作。

5 应用成效分析

(1)通过对智慧排水管网系统的建设,实现了地下排水管网检测数据的摸查可视化,为彻底厘清排水管网的资产底数打下了坚实的基础。目前该平台数据库已纳入部分地区污水管线 157.18 km,雨水管线 39.71 km,合流管线 19.26 km,污水井 1 659 个,雨水井 405 个,合流井 166 个。结合 CCTV 的检测数据,共计发现结构性缺陷管道 849 处,功能性缺陷管道 1 138 处。这为后续开展地下排水管网的养护与修复计划提供了强有力的数据支撑。

(2)结合 GIS 技术,将该市中心城区的排水管网、泵站、污水厂、雨污排口、雨污水井与暗井等基础信息放置在同一张底图上,实现了智慧排水“一张图”。这对于管理人员整体掌握地下排水系统的运行状态具有重要意义。

(3)通过建立完善的污水在线监测与内涝防治监测体系,实现了对各排水设施运行信息的实时把控。目前发现部分管道旱季流量偏高,COD (Chemical

Oxygen Demand) 低于平均水平,推断为外水入渗所致。后续还将对重点问题管道进行进一步地排查与整治,以保证排水设施的正常运行。

(4)最后,通过数字化运维管理平台,可实现对排水管网的精细化管理,极大地提高了人员利用率及运营效率,最大程度地保障了城市排水管网的安全运行。

6 结 语

本项目构建的豫南某市中心城区智慧排水管网系统,充分融合了高效、高质量发展的理念,利用物联网、大数据、云计算等技术,整合各类排水设施基础数据、业务生产运行数据等,形成了覆盖中心城区排水管网实时的、在线的、主动的、全流程监管的智慧排水解决方案。此外,在设计上充分结合了当地排水管网实际情况,提出了划分片区、轮换监测的设计方案,解决了城区面积大、智慧化管网无法全面覆盖的瓶颈问题,最大程度节约了项目资金,为后续智慧水务项目的实施提供了借鉴经验。然而目前该系统还缺乏对排水管网水动力模型及城市内涝模型的建设研究,后续需要充分拓展平台功能,进行相关模型的建设与分析,以实现智慧排水管网系统更加精准的调度与决策。

参考文献:

- [1] 孙雪梅,刘全海,冉慧敏,等.城市排水管网设施智能管理解决方案研究[J].城市勘测,2022(3):48-52.
- [2] 徐科威.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.
- [3] 宫强.我国水务企业信息化建设主要问题分析与建议[J].净水技术,2021,40(增刊1):363-366.
- [4] 陈俊良,蔡潇.网络背景下“互联网+政务服务”平台建设[J].电子技术与软件工程,2021(5):27-28.
- [5] 薛敏,李大成,沈晓铃.基于物联网技术的智慧排水系统构建[J].中国给水排水,2012,28(6):62-64.
- [6] 杨婷婷,李萌,李志一,等.系统化监测方法在污水处理提质增效中的应用[J].环境工程,2022,40(12):239-243.
- [7] 郭效琛,李萌,杜鹏飞,等.排水管网在线监测布点数量的确定[J].中国给水排水,2022,38(2):122-131.