

市政雨污管网智能监测系统构建与溢流污染管控对策

王 琳

益阳市建筑设计院有限公司 湖南 益阳 413002

【摘 要】：针对益阳市中心城区雨污管网老旧缺陷多、人工运维模式滞后、信息化监测体系还在搭建中、汛期溢流污染反复凸显等行业短板，本文结合益阳市管网现状、水环境治理攻坚需求，开展雨污管网智能监测体系前瞻性构建研究。当前益阳排水管网仍依赖人工巡查、线下台账管理，存在隐患发现滞后、溢流预判能力弱、多部门数据不通、应急处置被动等问题。本文立足益阳本地治理痛点，设计一套适配中小城市的雨污管网智能监测平台架构、软硬件布设方案、网格化运维体系与分级溢流预警机制，配套建立多部门协同处置、动态资源调度、长效管控治理对策。研究成果可为益阳市后续智慧排水建设、管网提质改造、河道溢流污染治理提供技术参考，对补齐城市水环境治理短板、推动市政排水运维数字化升级具备工程实践价值。

【关键词】：雨污管网；智能监测；溢流污染；智慧排水；市政运维；益阳水环境

DOI:10.12417/2811-0722.26.09.026

引言

城市雨污管网是保障城市排涝安全、河湖水质稳定的基础性市政设施。近年来，益阳市持续推进黑臭水体整治、老旧管网更新、雨污分流改造等民生工程，中心城区排水基础设施逐步完善，水环境质量整体稳步提升。但根据益阳市生态环保督察整改资料及市政管网普查成果显示，城区仍存在大量服役年限久、建设标准偏低、错混接未清零的老旧管网体系，部分合流制片区汛期污水溢流问题反复出现，白马山渠、南干渠、罗溪渠等渠道整治成效稳定性不足，降雨期水质反弹现象突出，是当前益阳水生态治理的重难点问题。

现阶段全域雨污管网智能化在线监测系统还在搭建过程中，还不准确，管网运维、隐患排查、溢流处置仍完全依靠传统人工模式，存在巡查覆盖有限、隐患发现滞后、汛期工况无法实时掌握、污染溯源难度大等短板。人工巡检难以捕捉短时强降雨带来的管网流量突变、井位溢流、管道淤积变化，导致汛期溢流污染处置普遍处于“事后处置、被动应对”的状态，无法实现提前预判、前置治理。

在城市智慧市政、精准治水的发展背景下，构建适配中小城市的低成本、可落地的雨污管网智能监测体系，是补齐益阳排水治理短板、巩固黑臭水体整治成效、遏制汛期溢流污染反弹的关键路径。基于此，本文结合益阳市管网现状与治理需求，开展智能监测系统架构设计、运维机制搭建、溢流污染管控对策研究，为本地后续智慧排水工程建设提供理论与技术支撑。

1 市政雨污管网智能监测与溢流污染管控概述

智慧管网监测技术通过物联网感知、云端数据存储、GIS空间建模、大数据分析等技术，实现管网液位、流量、水质、降雨工况的动态感知，是当前国内城市排水治理的主流发展方向。

从益阳本地治理现状来看，城区排水管网总长超1200公里，老旧管网占比高、局部混接问题突出，部分片区雨污分流

改造不彻底，每逢集中降雨，合流制管网、老旧管段极易出现污水外溢、入河污染问题。目前益阳管网运维主要依靠人工季度排查、汛前集中清淤、问题点位被动整改，无自动化监测终端、无统一数据平台、无标准化溢流预警机制，导致汛期管网高负荷状态、淤积变化、溢流风险无法提前预判，河道污染管控难度较大。

结合益阳市水环境攻坚要求，解决溢流污染问题不能仅依靠末端河道治理、事后保洁清污，必须从源头实现管网工况动态监测、风险提前预警、应急快速处置。智能监测系统的搭建，可填补当前益阳排水数字化治理空白，实现从“人工巡检、被动治理”向“数据预判、主动管控”的模式转变，对巩固资江、城区渠系水质稳定、提升城市排涝安全具有重要现实意义。

2 益阳市雨污管网运维及溢流污染现存问题分析

2.1 老旧管网缺陷多，基础工况稳定性差

根据益阳市管网普查及环保督察整改资料，中心城区存在大量超期服役管网，早期建设标准偏低，管线老化、淤积堵塞、局部破损、雨污错混接问题较为普遍。部分片区雨污分流改造不彻底，合流制管网体系依然承担片区排水功能，降雨期间雨水、生活污水混流叠加，管道瞬时负荷激增，极易引发井位外溢、沿河排口排污问题。老旧管道内壁结垢、淤积常态化，过水能力逐年衰减，是汛期溢流频发的核心硬件短板。

2.2 运维模式传统，隐患排查覆盖率低

目前益阳市市政管网运维以人工巡查、汛前清淤、点位整改为主，巡查效率有限、覆盖面不足、数据无法系统化留存。人工巡检难以发现管道内部隐性淤积、局部渗漏、阶段性工况变化，仅能处置肉眼可见的路面积水、井口堵塞问题。短时强降雨工况下管网动态变化快、风险点位多，人工巡查无法同步跟进全域管网状态，导致溢流风险预判完全空白。

2.3 无智能监测体系，汛期处置严重滞后

现阶段益阳未布设规模化管网在线监测终端，无统一排水

大数据平台, 液位、流量、水质、降雨联动分析能力缺失。汛期管网超载、溢流发生前无预警提示, 溢流发生后无精准数据支撑, 运维调度、人力设备调配只能依靠经验判断, 导致处置响应慢、治理被动, 单次降雨极易造成渠道、河道水质短时恶化, 整治成效难以长效稳定。

2.4 部门数据分散, 缺乏协同治理机制

当前益阳管网运维、河道管护、水质监测、气象预警分属不同单位, 各部门工作独立开展、数据互不互通, 没有统一的排水数据协同体系。降雨、管网工况、河道水质数据无法联动分析, 溢流污染发生后缺少多部门快速联动处置机制, 存在信息不同步、响应不统一、治理碎片化问题, 制约溢流污染综合治理成效。

3 适配益阳市情的雨污管网智能监测系统搭建方案

结合益阳市老旧城区多、资金可控、现状无监测平台的实际情况, 本文因地制宜设计一套可分步落地、低成本扩容、适配中小城市的智能监测体系, 避免大型城市高成本、全覆盖的建设模式, 更贴合益阳现阶段建设需求。

3.1 搭建轻量化、可分步建设的管网数据协同平台

针对益阳现排水智慧平台进一步改善中, 本次设计采用轻量化云端协同平台架构, 预留后期全域扩容条件, 优先解决数据空白、预警缺失、信息孤岛问题。

平台整合四类核心基础数据: 城区管网 GIS 基础档案、重点排口及主干管监测数据、城区河道水质巡查数据、本地气象降雨预报数据。系统采用分层权限管理, 适配市政运维、城管、生态环境多级管理使用需求。平台搭建初期优先覆盖溢流高发片区、老旧管网集中片区、黑臭水体重点管控渠系, 后续根据改造进度逐步全域覆盖。

平台主要功能包括: 管网电子台账管理、实时工况监测、历史数据复盘、降雨联动分析、溢流风险预警、运维工单派发、隐患闭环管理。所有数据采用云端加密存储, 适配中小城市运维人员操作习惯, 界面轻量化、操作简洁、实用性强, 避免大型系统操作复杂、闲置率高的问题。

3.2 分层布设监测硬件, 优先重点风险区域

结合益阳管网病害分布特点、溢流频发点位现状, 采用重点区域全覆盖、一般区域逐步补点的布设原则, 优先在白马山渠、南干渠、罗溪渠沿线、老旧合流制片区、城市易涝点位布设监测终端。

1. 主干溢流风险管段: 布设液位、流量一体化监测终端, 掌握汛期管网荷载变化;

2. 沿河关键排口、截污井: 增设水质、液位监测设备, 重点监控降雨期外溢污染情况;

3. 重点低洼易涝片区: 布设简易液位监测终端, 实现积水、

管网超载预警。

设备选用低功耗、免布线、适配地下潮湿环境的工业级设备, 自带探头自动清洗功能, 适应益阳管网淤积量大、泥沙含量高的运行环境, 大幅降低后期运维频次与设备故障率。数据采用 4G、LoRa 双模式传输, 保障汛期恶劣天气数据稳定回传。

3.3 构建网格化、适配本地的人力运维体系

结合益阳市现有市政运维班组配置, 建立片区网格化管理模式, 将中心城区管网划分为若干运维网格, 落实片区专人巡检、设备专人维护、隐患专人闭环。

常态天气开展周期性巡检、管网清淤、设备点位核查; 汛期启动应急值守机制, 重点盯防历史溢流点位、老旧管段、渠系沿线排口。建立设备定期校准、故障快速处置、备品备件储备制度, 保障后期监测系统稳定运行, 形成“线上监测预警+线下快速处置”的一体化运维模式。

4 基于智能监测体系的溢流污染管控对策

针对益阳市溢流污染反复、整治稳定性不足、应急处置被动的现状, 依托本次设计的智能监测体系, 构建预警前置、快速联动、动态调度、长效治理的成套管控对策。

4.1 建立多部门协同预警处置机制

依托平台数据打通气象、市政运维、城管、生态环境、河道管理多方工作链路, 建立统一的降雨—管网—河道联动响应机制。根据降雨强度、管网荷载、溢流风险等级, 划分三级预警机制, 实现汛前预判、汛中管控、汛后复盘。明确各单位职责分工, 解决以往各部门独立作业、治理碎片化的问题, 提升汛期综合处置能力。

4.2 动态调度运维资源, 实现前置治理

利用监测平台预判管网淤积趋势、荷载变化, 将传统“汛前集中清淤、事后应急处置”转变为常态化精准清淤、风险前置治理。对长期淤积、流量异常、多次预警的隐患管段优先安排整治, 提前消除溢流隐患; 汛期根据预警等级动态调配清淤设备、应急人员、临时抽排设备, 最大限度减少污水外溢时长与污染体量。

4.3 构建溢流污染长效闭环管控体系

依托平台积累的工况数据、溢流事件记录、隐患整改台账, 建立益阳本地溢流污染治理数据库。通过长期数据复盘, 总结城区溢流高发时段、高发片区、管网薄弱点位, 为后续老旧管网改造、雨污分流提质、调蓄设施建设、排口整治提供数据依据。

将预警响应效率、隐患整改闭环率、管网病害整治成效纳入运维考核, 形成监测—预警—处置—复盘—优化的长效治理闭环, 持续巩固益阳水环境整治成果, 解决汛期水质反弹难题。

5 系统落地保障与本地化实施路径

结合益阳市财政投入模式、市政运维管理体制与城市更新推进节奏,本文进一步提出适配本地的系统分步落地保障方案,确保智能监测体系可落地、可运维、可持续,避免大型智慧系统建成后闲置、运维脱节、实用性不足的问题。

益阳市属于中小地级城市,市政信息化建设资金有限、专业技术人员配置偏少,全域一次性搭建智慧排水平台投入大、落地难度高,因此必须采用分期建设、先重点后全域、先实用后智能的建设思路。一期优先实施溢流污染最突出、群众反映最强烈、黑臭水体治理重点渠系沿线的监测点位建设,快速实现重点片区工况可控、风险可预警;二期结合老旧管网改造、雨污分流提质工程同步增补监测点位,逐步完善主干管网感知网络;三期实现城区全域覆盖、数据完全互通、全自动智能分析预警。

在运维保障层面,依托现有市政运维班组,开展智能化设备操作、平台使用、数据研判专项培训,解决传统运维人员数字化操作能力薄弱的短板,降低后期系统运维成本。同时建立设备季度巡检、年度校准、故障快速报修机制,保障监测终端长期在线、数据真实有效。

在制度保障层面,可结合益阳市城市水环境治理工作方案,将管网智能监测、溢流预警处置、汛期应急联动纳入常态

化管理制度,明确建设推进时序、部门职责、考核标准,将数字化治理手段正式融入市政管网日常管理体系。通过循序渐进的建设模式,既避免一次性大额投资压力,又能够持续发挥智能监测对溢流污染治理的支撑作用,稳步提升益阳市排水管网精细化、数字化治理水平。

6 结论

针对益阳市当前雨污管网智能化监测空白、老旧管网病害多、汛期溢流污染反复、运维模式传统、部门协同不足等突出问题,本文构建了一套适配中小城市、可分步落地、贴合益阳治理需求的雨污管网智能监测系统与溢流污染管控体系。

通过搭建轻量化智慧监测平台、分层布设重点区域感知终端、优化网格化运维机制、建立多部门协同预警处置模式,可有效补齐当前益阳市政排水数字化治理短板,实现管网工况动态感知、溢流风险提前预警、污染问题精准治理,彻底改变传统被动运维的治理模式。

研究方案贴合益阳城市规模、管网现状与财政建设特点,具备较强的落地性与实用性,能够为益阳市后续智慧排水建设、老旧管网提质改造、河湖水质长效管控提供重要技术参考,对持续提升城市水环境质量、巩固黑臭水体整治成效具有积极意义。

参考文献:

- [1] 安子倩,乔肖翠,刘琰,卢延娜,李雪,王海燕.雨污合流制地区溢流污染影响因素及管控建议[J].环境工程技术学报,2024,14(3):986-994.
- [2] 陈鑫,蒋晨灿.基于监测数据的城市河道溢流污染计算方法[J].环境工程,2024,42(4):273-278.
- [3] 李俊奇,李小静,王文亮,王二松,蔡然.合流制溢流污染的影响及其控制技术发展[J].给水排水,2024,50(4):46-53.
- [4] 熊小玲.雨污合流制区域溢流污染智能控制策略研究[J].数码设计(电子版),2024(10):0722-0724.
- [5] 付孟雅,王凤仙.三河市燕郊合流制管网溢流污染控制研究[J].给水排水,2023,49(S2):364-369.
- [6] 益阳市人民政府.中心城区水环境治理三年攻坚实施方案[R].2026.
- [7] 益阳市生态环境局.黑臭水体整治成效巩固与溢流污染治理工作报告[R].2025.