

城市排水管网智慧管控平台建设实践

王卫刚^{1,2,3}

[1.上海市市政工程设计研究总院(集团)有限公司,上海市 200092; 2.上海城市排水系统工程技术研究中心,上海市 200092; 3.超大城市基础设施韧性设计工程技术创新中心,上海市 200092]

摘要: 随着近年来数字化和智慧化的兴起,城市排水系统的智慧化升级改造也成为行业新的增长极。以南方某沿海城市的智慧排水系统的建设为案例,归纳分析了排水系统存在的共性问题及产生原因;在此基础上提出了智慧排水系统的建设原则、总体架构、网络拓扑架构及主要建设内容。最后提炼出项目创新点,例如建立了排水管网的三维数字孪生模型,为管网的智能运维提供了可视化的技术路径;建立了排水管网的水力模型,可对排水管网运行负荷超载、管网淤堵、污水冒溢等风险进行提前感知与预警。成果可为推动排水行业信息化、智慧化、一体化管理水平的提升提供实践参考与技术支撑。

关键词: 数字化;智慧排水;管控平台;数字孪生;模型

中图分类号: TU992.4

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2026)06-0038-06

Practice of Building a Smart Management Platform for Urban Drainage Networks

WANG Weigang^{1,2,3}

[1.Shanghai Municipal Engineering Design and Research Institute (Group) Co., Ltd., Shanghai 200092, China; 2.Shanghai Urban Drainage System Engineering Technology Research Center, Shanghai 200092, China; 3.Engineering Technology Innovation Center for Megacity Infrastructure Resilience Design, Shanghai 200092, China]

Abstract: With the rise of digitalization and smartization in recent years, the intelligent upgrading and transformation of urban drainage systems has also become a new growth point in the industry. Taking the construction of a smart drainage system in a coastal city in the south as a case study, this paper summarizes and analyzes the common issues in drainage systems and their underlying causes. On this basis, it proposes the construction principles, overall framework, network topology architecture, and key construction components for smart drainage systems. Finally, innovative aspects of the project are distilled, such as the establishment of a three-dimensional digital twin model for drainage pipelines, providing a visual technical pathway for intelligent operation and maintenance; and the development of a hydraulic model for drainage pipelines, enabling early detection and warning of risks like operational overload, pipeline blockages, and sewage overflows. The findings can provide practical reference and technical support for promoting the informatization, intelligence, and integrated management level of the drainage industry.

Keywords: digitization; smart drainage; control platform; digital twin; modeling

0 引言

近年来,随着我国城市现代化、智慧化水平迅猛发展,传统的排水行业业务管理模式已不能满足当下日益增加的水务业务需求,排水行业的信息收集、管理、监督、考核等工作面临较大困难,亟须推进智慧排水建设在城市水环境治理工作中的落地应用^{[1][2]}。国家“十四五”规划提出“以数字化赋能城

市治理创新,全面提升城市运行效率与宜居品质。分级分类建设新型智慧城市,统筹推进物联网感知设施、通信系统等公共基础设施一体化规划建设,探索构建数字孪生城市,推动城市治理精准化、精细化、智能化”^[3]。本项目提出建设的智慧排水管控平台,涉及雨水、污水、再生水三大网络,通过将现代信息技术(物联网、互联网、通信网、云计算、终端设备等)与排水、防汛、水文、水资源调度、城区水环境、民生服务等各个涉水环节进行深度融合,辅助排水系统的一体化管理,服务多跨应用场景,提升对社会公众的服务水平^[4]。

收稿日期: 2026-03-24

作者简介: 王卫刚(1981—),男,工学博士,高级工程师,从事给排水设计研究工作。

1 项目概况

本文项目位于南方某沿海城市,地理位置得天独厚,水系发达,陆域东西宽24.24 km,南北长23.10 km。总面积343.58 km²,内河水域面积达59.24 km²。但因建城区历史悠久,城镇雨污管网建设年代久远,老旧的管网无法支撑当下水污染防治计划,在已建成的管网中,也存在着较为严重的破损、错接、漏接等问题。这些情况极大地阻碍了水环境治理行动的开展,也使得治理成果难以维持^[5]。结合目前排水系统运行管理工作的实际需求,基于相关业务部门排水信息化现状以及未来规划,本项目建设内容主要包括物联感知系统建设、系统平台及相关软硬件、排水模型系统和管网GIS系统等。

2 现状问题分析

2.1 雨水系统

(1)合流制排水系统和雨污混接现象较为严重,对整体水环境的提升产生较大的负面影响,同时对于雨污混接的溯源调查尚不完整,造成污水直接入河现象时有发生。

(2)雨水排水系统的基础性资料相对缺少,对现状管网的检测和梳理工作有待加强。

(3)整体排水防涝的能力有待加强,对于内涝的预警、应急调度建立了一定的体系,但内涝治理仍有很大的提升空间。

(4)雨水系统基本无液位计、流量计、水质监测设备等设施,主要通过人工调度,考虑到排水系统主要为隐蔽性工程,人工调度的机动性和应急性较差。

2.2 污水系统

(1)部分管网高程不匹配。根据管网普查资料,部分区域存在着上游管径大、埋深大,下游管径小、埋深小的现象,局部区块还存在排水方向相反的情况。

(2)老城区管网系统管道陈旧,已超过使用年限。城市污水管网建成早,污水管材大部分采用传统的钢筋混凝土管,已使用超过30年,管道陈旧破损,部分管道接口橡胶圈老化漏水,旱季污水进入地下水,对区域河道及地下水造成一定污染,雨季地下水进入污水管网,对污水厂运行造成一定的影响。

(3)城区老旧区域,合流现象严重。城区老旧区域众多居住小区建于20世纪70、80年代,排水体制为合流制排水体制,部分街巷也仅一根合流管。

(4)雨污分流区域阳台废水排入雨水管网,造成雨水排出口被堵后雨水进入污水系统。除合流区域外,很多雨污分流的小区存在阳台废水与屋面雨水共享一根雨水立管的现象,导致洗衣废水汇入雨水系统,并最终污染河道水质。

(5)部分污水泵站超负荷及设备陈旧。由于部分泵站建设年代早,泵站内设备陈旧,运行效率低。

(6)污水处理厂超负荷运行。污水处理厂雨季运行超负荷,这是城区管网各种问题导致的结果,老城区雨污合流、截流井的大量设置、闸门井在雨季来临时未及时开启、部分管线与雨水管的串联、农村污水管网中的雨水量等。

(7)污水系统之间缺少互连互通管道。城区各污水系统之间较为独立,连通管不足,导致污水管道事故时没有有效的应对措施。

2.3 自动化控制系统

(1)泵站设备老旧(见图1),一定程度上影响使用,且现状设备尚不具备远程控制条件,无法满足调度需要。



图1 泵站设备

(2)如图2所示,雨水、污水系统管网缺少水位、流量、水质监测设备,仅通过泵站、水厂等节点无法全面掌握排水系统运行状态,难以及时发现排水系统问题。

2.4 信息化系统

(1)现状排水信息化系统数量较多,但功能相对单一,且系统间无法联动,造成信息割裂。

(2)系统间缺少信息交互渠道,形成信息孤岛,无法总览排水系统运行全局情况。

(3)部分系统老旧,其原设计理念、标准、功能与维护情况已不能满足新时代、新形势下智慧排水建设的需求,亟须更新换代。

3 建设目标

通过本项目的建设,将实现以下5大目标。



图2 再生水河道生态补水系统

(1)排水管网数据信息化。建立基于GIS的排水行业数据信息管理系统,对排水设施的资产、运行、养护等进行电子化、线上化的统一管理。(2)排水设施运行状态全面监管。解决现有信息管理系统在基础数据感知方面存在的问题,做到对排水系统运行各项指标的透彻感知。(3)城市内涝情况预警调度。实现灾害风险智能分析预警及雨水管泵智能调度,挖掘排水系统的协同蓄排能力,提升极端强降雨应对能力。(4)污水系统运行调度管理。为污水管网的评估诊断、污水处理厂进水浓度提升、污水系统的运行调度水平提升等提供行业管理和服务。(5)排口溢流监测智能管控。整合河道闸门井系统,及时掌握管网水位、溢流量、排口水质、河道闸门井内闸门及水泵状态,通过监测、报警、分析、评估、控制等功能,实现排口溢流远程管控。

4 建设方案

4.1 建设原则

该平台的开发涉及面广、技术难度较高,因此在系统设计过程中,需着重考虑安全可行与现有技术的合理运用,统一接口标准与设计规范,统筹规划,分步实施。为确保系统建成后能够达到预期目标,项目建设过程中,将具体遵循以下原则:经济实用原则、全面覆盖和体系完整原则、可伸缩性与开放性原则、共享与标准统一原则和安全可靠原则^[6]。

4.2 技术路线

以数字赋能,推动排水行业信息化、智慧化、一体化管理水平的提升,通过建立技术支撑体系、优化排水行业业务流程等途径,打造集在线互联、数据共享、业务协同、决策支持等多种功能于一体的高标准智慧排水管控平台。平台的建设主要遵循如图3所示的技术路线。

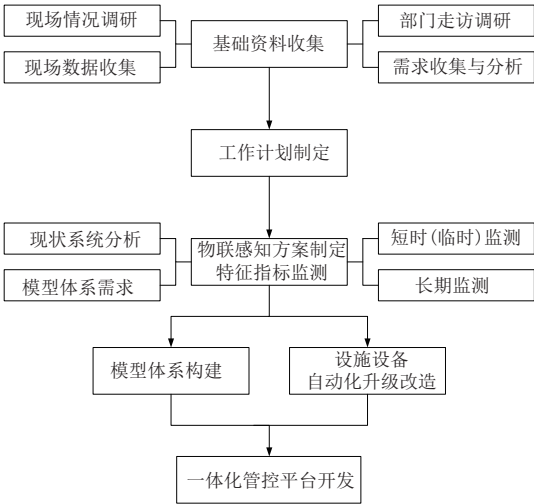


图3 技术路线

4.3 总体架构

平台主要由基础设施层、数据资源层、应用支撑层、业务应用层等组成^[7]。

4.3.1 基础设施层

基础设施层主要涵盖排水管网运行所需的各类硬件与网络支撑条件,包括用于液位、水质、流量、雨量等数据采集和控制的感知设备,公共互联网、移动网络、光纤专网、VPN 专网等网络通信设施,以及计算、存储等相关硬件设备。

4.3.2 数据资源层

数据资源层以数据为核心,围绕工单、巡检、基础设备等平台业务数据,地理环境、设备监测、指标信息等平台运行数据,以及通过公共数据平台订阅的第三方数据,开展数据治理工作。

4.3.3 应用支撑层

应用支撑层从数据资源体系中提取数据,完成相关模型的构建与验证,并对各类业务场景进行分析研判,为调度决策提供支撑。同时,该层还包含鉴权授权、流程管理、第三方服务等通用功能模块。

4.3.4 业务应用层

业务应用层依托 Web 端和移动端,搭建智慧排水平台,实现“一张图”综合调度管理,集成在线监测、综合调度、资产管理、绩效考核等应用功能,为各类用户提供统一的信息服务入口与个性化信息服务。

4.4 网络拓扑架构

本项目网络拓扑结构包括公共互联网、物联网、公有云和政务云四部分^[8]。

4.4.1 公共互联网

用户可以通过 PC 端、移动端,使用公共互联网

访问系统平台,实现信息查看、系统作业和平台运维等功能。

4.4.2 物联网网络

物联网网络,用于将本项目中部署于各点位的传感装置传递各种类型监测信息。公有云中的前置服务器接收上述监测信息后,转发至政务云应用服务器进行后续处理。

4.4.3 公有云

公有云是公共互联网、物联网网络与政务云交互的“桥梁”,为公共互联网、物联网网络环境下的设备提供统一的接入转发功能,同时通过端口映射机制为政务云提供访问安全管控功能。

4.4.4 政务云

如图 4 所示,政务云是智慧排水应用的核心服务器及数据库等硬件资源的部署之处,其并不直接与外网互联互通。同时,该区域安装了与系统等保要求相适应的安全产品,确保应用系统安全运行。

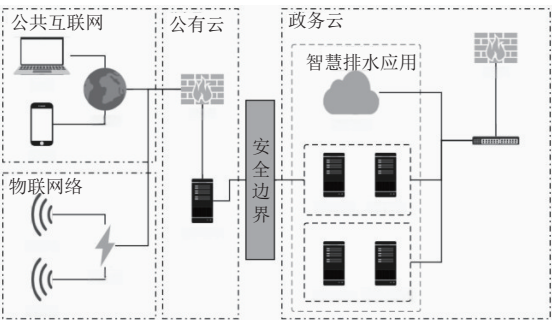


图 4 网络拓扑架构

4.5 建设内容

4.5.1 资料收集、标准化处理与录入

收集排水系统的各项基础资料,例如雨污水管网、泵站、处理厂、闸门井的设计、竣工图纸,区域人口资料,气象、水文、用地类型资料,管道物探及 CCTV 检测成果等。以上资料需采用统一标准进行电子化处理,后录入平台,以支撑 GIS、管网模型及相关应用模块的开发。

4.5.2 物联感知网络建设

针对现状排水管网系统缺乏必要监测的情况,本文着力于构建覆盖排水全过程的物联感知网络。针对雨水系统关键环节,如雨水管网关键节点、雨水泵站、闸门井、排口等,污水系统关键环节,如重点排水户、污水管网关键节点、污水泵站、污水处理厂等,布置必要的在线液位、流量、水质监测设备,对现存的监测体系查漏补缺,以提升平台对排水系统运行情况的整体把握能力,有力支撑大数据分析决策。

4.5.3 雨水、污水模型系统构建

成果可用于积水内涝预报预警、雨水泵站与闸门井联合调度决策优化辅助、水质应急事件预警,污水溢流渗漏等问题诊断分析、排水管网管道健康度评价、工程设计成效评估等,并可借助智慧排水一体化管控平台直观展示模型演算成果。

4.5.4 GIS 系统建设

建立排水管网地理信息系统,包含排水管线及其附属设施(检查井、收水井、排放口)、闸门井、泵站、污水处理厂等的空间数据和属性数据,对各项数据进行整合分层,由统一的平台进行展示与管理,从而解决排水管理部门在数据采集、更新、保存、共享等方面遇到的困难,有效提升管理水平。

4.5.5 智慧管控平台建设

在现有系统的基础上,建成 5 大综合管理系统,分别进行排水综合数据信息管理、排水设施运行监管、城市内涝预警调度、污水运行调度管理及溢流监测管控。同时,配套建设监控中心、大屏幕展示端口,提供多种平台展示与接入方式(见图 5)。借助一体化平台真正实现排水系统的智慧管理。

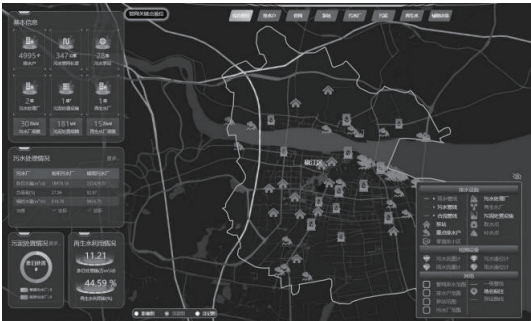


图 5 平台驾驶舱

5 项目创新点

5.1 数字孪生,智慧巡检

建立城市排水管网三维 GIS(见图 6),通过耦合倾斜摄影、人工建模等技术,建立高质量的城市排水基础设施数字三维模型示范,立体叠加展示地上、地下的厂-站-网-河基础设施及总体运行态势,形成排水综合治理“一张图”,改变地下管网黑箱管理难以感知的问题。

通过排水管网 GIS 系统、BIM 三维模型与增强现实技术融合,建立了典型区域 AR 示范应用,将排水管网的文字、图像、三维模型等信息模拟仿真应用到真实世界,通过手持终端穿透路面和建筑物查询地下管网的分布情况、属性信息和运行数据,实现

排水管网智慧便捷巡检和运维,极大提升现场巡检运维效率^[9-10]。



图6 排水管网三维GIS

5.2 模型分析,智能预警

如图7所示,构建排水管网水力模型,利用在线监测的排水运行数据,结合未来24 h天气预报和实时雨情等气象数据,模拟污水输送负荷分布、低流速淤积风险分布和污水冒溢风险分布情况,对污水管网运行负荷超载、管网淤堵、污水冒溢等风险进行提前感知与预警。结合调度预案管理系统,辅助优化调度决策,跨部门发布泵站、污水厂等排水设施的调度指令,全流程在线跟踪反馈,实现城市排水运行智能化管理^[11-12]。



图7 污水系统模型

5.3 统一标准、数据集成

通过多源异构数据集成,建立统一的排水综合数据库,涵盖排水户、管网、泵站、污水厂、污泥处置、再生水厂的静态设施数据,接入集成重点排水户排放水量和水质、泵站运行、污水厂进出水、污泥运输车辆GPS、视频等各类动态监测数据,实现排水行业的数字化管理,改变传统管理信息分割、数据难以共享的问题。

5.4 实时感知、闭环管理

建立城市排水管网分级、分区监测管理体系,铺设管网流量计、液位计、水质监测站等智能感知设备,对泵站进行信息化升级改造,集成环保、农水、气象等部门的重点排水户排放水质、河道水位水质、雨

量计等感知设施,形成完善的城市排水运行态势实时感知系统,在线获取水质、流量、液位、降雨等各类信息,在一体化管控平台进行综合展示。通过大数据分析、专家知识库、模型分析等技术手段,对可能发生的超标、过载、设施故障等各类风险进行分类分级告警,使管理人员提前掌握运行风险。同时,打通移动应用,结合风险处置辅助决策系统,发出处置指令,在线跟踪反馈,形成标准化闭环管理流程^[15]。

5.5 科学调度、精准施策

如图8所示,针对污水管网冒溢等问题,基于管网流量、液位及泵站运行工况等实时监测,结合水力模型、滤波分析等技术手段,精准识别外水入侵、管网淤堵等系统问题,指导流入入渗区域的管网改造与维护,利用雨水和污水管网水力模型耦合算法,分析现状闸门井及其截流系统在不同降雨情形下的运行情况,优化污水干线、泵站及闸门井的运行调度规则,提升污水系统与雨水系统的协同运行效能,减少或消除污水冒溢和排江。



图8 智慧排水调度分析

6 结 语

本项目构建了集综合信息管理与共享、管网动态监控系统、环境评估与预测预警系统等于一体的监控平台,打造地下治污“一幅图”,初步实现地下管网运行可视化;构建运行预警“一张网”,对超标、过载、设备故障等各类风险分类分级告警,打通公共移动应用平台,形成标准化闭环管理流程;形成研判决策“一片云”,精准识别管网淤堵、外水入侵、内涝风险等系统问题,变经验调控为精准调控、变事后处置为事前预警,使城市排水运行管理更趋于系统性、整体性、有效性和协调性,增强日常管理工作的便捷性和时效性。可以全面、实时、准确掌握本市雨水、污水及再生水设施运行、调度方面的信息,监控排水设施的有效运行,保障城市排水系统的运行效果,为水环境的持续改善提供支撑。通过开展政府监管信息

系统在规划、投资、信息共享、运行维护、相互协同的机制与措施的探索,提高监管效率,进一步提升排水行业精细化管理水平。

参考文献:

[1] 罗志逢,郭聪,黄泽,等.源网厂河一体化智慧管控平台建设研究[J].智能建筑与智慧城市,2023(8):157-160.
[2] 尹海龙,张惠瑾,徐祖信.城市排水系统智慧决策技术研究综述[J].同济大学学报(自然科学版),2021,49(10):1426-1434.
[3] 国务院.中华人民共和国国民经济和社会发展第十四个五年规划和2035年远景目标纲要[EB/OL].(2021-03-13)[2021-12-23].
http://www.xinhuanet.com/2021-03/13/c_1127205564_2.htm.
[4] 余林,王宁,邹俊,等.数字赋能背景下厦门市排水智能化管理系统建设研究[J].给水排水,2022,58(12):84-88.
[5] 唐建国,王家卓,马洪涛.完善城市排水系统,巩固和提升黑臭水体整治成效[J].给水排水,2018,54(1):1-7.
[6] 尚海龙,田苡菲,朱新民.城市智慧水务总体设计研究与分析[J].水利水电技术(中英文),2022,53(增刊2):474-481.
[7] 崔昱,郁片红,吴晶.排水管网全过程信息化系统构建研究与探

讨[J].给水排水,2022,58(增刊2):537-541.
[8] 孙云鹏,洪昌直,鲍俊杰.浙江台州椒江区城市智慧排水体系构建“三步法”研究[J].城市道桥与防洪,2022(1):129-131,19.
[9] 洪德法,李艳秋.城市三维排水管线数字化平台建设与应用[J].水利技术监督,2025(7):61-65.
[10] 郑雯倩.BIM+AR技术在城市地下排水管网改造工程中的应用研究[J].建设科技,2025(8):53-55.
[11] 何佳,张英,徐晓梅,等.基于SWMM的滇池环湖截污干渠系统运行效能分析[J].环境工程,2017,35(5):25-29.
[12] 王蓉,秦华鹏,赵智杰.基于SWMM模拟的快速城市化地区洪峰径流和非点源污染控制研究[J].北京大学学报(自然科学版),2015,51(1):141-150.
[13] 孙志康,李翠梅,程桂,等.基于SWMM的LID组合措施水文水质模拟效果研究[J].中国农村水利水电,2017(12):109-114.
[14] 马箐,沙晓军,徐向阳,等.基于SWMM模型的低影响开发对城市住宅区非点源污染负荷的控制效果模拟[J].水电能源科学,2015,33(9):53-57.
[15] 王欢欢.“智慧排水”信息化运营管理实践[J].中国建设信息化,2017(3):26-28.

(上接第37页)

系统性设计将排水工程隐形化、景观化,使其与游憩、生态、文化功能无缝衔接,避免了基础设施的突兀感与二次改造对公园的功能造成影响。

精细化实施分期分区的施工组织方案,最大限度地保障了公共服务的连续性,体现了以人为本的治理理念。C公园更新改造纳入雨洪管理为其他城市老旧公园的更新改造提供了可资借鉴的范式,即通过绿色基础设施的赋能,使传统公园转型为保障城市安全、提升生态品质、服务美好生活的综合性公共空间。

在实际应用中,需综合考虑实时降雨、泵站调度及雨水主管的水位,以此判断哪根调蓄引入管先投入工作,进而有目标、有重点地进行街区节点调蓄。

参考文献:

[1] 刘广奇,孔彦鸿,周广宇,等.城市低影响开发与水系联调系统治涝研究及应用[J].中国给水排水,2022,38(12):107-112.

[2] De Urbanisten.Water square benthemplein in Rotterdam, the Netherlands [J].Landscape Architecture Frontiers, 2013, 1(4): 136-143.
[3] 姜娟.公园城市视角下老公园水体生态修复的协同探索[J].水利规划与设计,2026(8):21-27.
[4] 莫祖澜,张辰,吕永鹏,等.城市绿地平急两用内涝调蓄设施研究[J].给水排水,2025,61(9):64-69.
[5] 孟德娟,王强,宋万祯,等.基于平急功能复合的城市防涝系统韧性提升规划策略[J].给水排水,2024,50(10):52-57.
[6] 葛晓光,李子阳,张建良,等.基于“蓄排平衡”的城市市政-水利综合排涝探究与实践[J].净水技术,2024,43(11):141-147.
[7] 张辰.基于海绵城市建设理念的排水工程设计[J].给水排水,2019,55(6):1-5.
[8] Kändler N, Annus I, Vassiljev A. Vassiljev. Controlling peak runoff from plots by coupling street storage with distributed real time control [J]. Urban WaterJournal, 2022, 19(1): 97-108.
[9] Zhou H, Li R, Liu H, et al. Real-time control enhanced blue-green infrastructure towards torrential events: A smart predictive solutionn[J]. UrbanClimate, 2023, 49: 101439.
[10] 王威,朱峻佚,郭小东,等.“平急两用”公共基础设施体系及其机制建设[J].城市发展研究,2024,31(6):54-61.