

DOI:10.19853/j.zgjsps.1000-4602.2024.20.019

合肥市店埠河流域智慧排水管理系统建设研究

李 伟, 李金生, 肖 菲

(中建三局智能技术有限公司, 湖北 武汉 430070)

摘 要: 店埠河自北向南贯穿合肥市肥东县,经南淝河汇入巢湖,是环巢湖流域的重要组成部分,起到了构建肥东生态网络的蓝绿主脉作用。为巩固“十三五”期间环巢湖流域水环境综合治理成效,完善店埠河与巢湖水污染防治规划的协同机制,肥东县开展了智慧排水管理系统建设。该系统围绕店埠河流域智慧排水管理的目标需求,融合倾斜摄影、三维GIS、BIM、物联网、移动互联网、城市排水系统数字模型等数据及技术,形成了8大水环境业务专题和6大排水管理系统的综合运营体系,可实现排水智能感知、运营、监管及决策的全过程智能管控,为合肥市肥东县排水系统提质增效和店埠河流域水环境质量长效改善提供技术支撑,为城市流域水环境治理工程的建设和管理提供参照依据。

关键词: 智慧排水管理系统; 水环境治理; 信息化建设

中图分类号: TU992 **文献标识码:** B **文章编号:** 1000-4602(2024)20-0113-08

Research on the Construction of Intelligent Drainage Management System in Dianbu River Basin of Hefei

LI Wei, LI Jin-sheng, XIAO Fei

(China Construction Third Bureau Intelligent Technology Co. Ltd., Wuhan 430070, China)

Abstract: Dianbu River runs through Feidong County of Hefei from north to south and flows into Chaohu Lake via Nanfei River. It is an important part of the basin around Chaohu Lake and plays a role in building the blue and green main vein of Feidong ecological network. In order to consolidate the comprehensive treatment effect of water environment around Chaohu Lake basin during the “13th Five-Year Plan” period, and improve the coordination mechanism of Dianbu River and Chaohu Lake water pollution prevention plan, Feidong County has carried out the construction of intelligent drainage management system. The system focuses on the objectives and requirements of the intelligent drainage management of Dianbu River basin, and integrates data and technologies such as oblique photography, 3D GIS, BIM, Internet of Things, Mobile Internet, and digital model of urban drainage system, forming a comprehensive operation system of eight water environment business topics and six drainage management systems. It can realize the whole process intelligent control of drainage intelligent perception, operation, supervision and decision-making, and provide technical support for the quality and efficiency improvement of drainage system in Feidong County of Hefei, as well as the long-term improvement of water environmental quality in Dianbu River basin, which could provide a reference for the construction and management of water environment treatment projects in urban river basins.

通信作者: 李伟 E-mail: 920062394@qq.com

Key words: intelligent drainage management system; water environment treatment; information construction

随着我国城市化、工业化进程的迅猛发展,城市流域水质恶化、水污染事故频发、饮用水安全隐患等原生和次生涉水问题日益突出。伴随生态文明建设被提到新的高度,提高排水污染治理效率,实施流域水环境综合管理已成为实现我国经济高质量发展的重点内容^[1-2]。然而现有传统小型流域排水建设以及管理模式已难以适应城市信息化智能化的高速发展需求,面对资产管理能力薄弱、信息化系统相互孤立、功能单一、数据难以共享等诸多管理问题,相关单位或部门亟需建设一套数字化、精细化和智慧化的排水管理系统,为城市流域水环境治理工程的建设和管理提供参照依据和技术支撑。

结合“十三五”期间第一批流域水环境综合治理与可持续发展试点工作经验,合肥市肥东县开展了源头雨污分流改造、市政管道开挖修复、排水系统完善提升、智慧排水系统管理等一系列工程与非工程措施建设,旨在通过专项设施完善与管理水平提升,加快改善城乡居民生产生活环境、保障环巢湖流域水环境治理效果、高质量推动生态新肥东建设。

1 项目概况

近年来,肥东县地方经济迅猛发展,工业企业规模不断扩大,县城人口逐步增多,导致各类生活污水、工业废水排放急剧增加,对店埠河流域水生态环境形成了巨大挑战,也将直接影响环巢湖流域的水生态治理成效。店埠河流域各级排水管理、环保部门对流域水环境的径流量、水环境容量、污水直排流入量、污水处理后流入量、天然水流入量等基础信息掌握不足,使水环境污染管理和防治难以科学、全面系统地实施,信息缺乏和信息孤岛已经成为店埠河水环境保护工作的重要瓶颈之一。

店埠河起源于肥东县众兴水库上游的江淮分水岭,是环巢湖流域重要组成部分。主河道全长59 km,流域面积593 km²,流域属北亚热带季风气候区,夏季降雨集中,时常引发洪涝灾害。作为肥东县的母亲河,店埠河水运南北贯穿全县,由众兴水库至店埠河,经过撮镇后汇入南淝河,再途经巢湖

后最终汇入长江水运系统。

项目建设范围主要为店埠河流域流经的肥东县中心城区,包括店埠镇、经开区、循环园和撮镇老镇区等区域(见图1)。

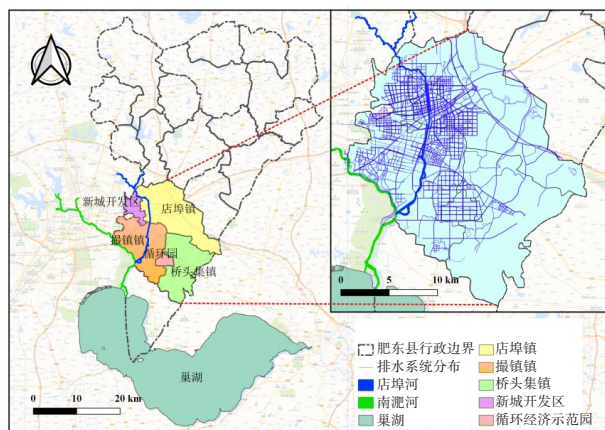


图1 项目建设范围

Fig.1 Project construction scope diagram

各类模型建模内容见表1。

表1 二、三维可视化模型建模内容

Tab.1 Two-dimensional and three-dimensional visualization model modeling content

建模内容	数量	描述
SWMM模型	概化排水节点	65 497个 窨井、雨水算子等排水设施设备概化为模型节点
	概化排水管段	831 km 建模范围内排水管网
	概化排放口	165个 建模范围内排水口
	概化泵站	12座 建模范围内排水泵站
	概化调蓄池	4座 建模范围内调蓄池
	子汇水区	1 519个 根据地表径流水文分析划分子汇水区
BIM模型	排水泵站	10座
	调蓄池	4座
	污水处理厂	18座 肥东县城和撮镇镇污水处理厂
	排水管网	160 km ² 包括486 km雨水管道以及345 km污水管道
三维实景模型	160 km ²	基于三维GIS
倾斜摄影	160 km ²	包括三维实景和BIM模型

项目建模内容主要包括SWMM模型、BIM模型、基于GIS系统的三维实景模型、建成区倾斜摄影模型。SWMM模型范围为肥东县污水处理厂、撮镇

污水处理厂、循环园污水处理厂和桥头集镇污水处理厂等服务范围,BIM 重点建模内容包括建模区域内的三维实景模型、排水管网模型以及排水泵站、调蓄池、污水处理厂等排水系统设施模型。

2 建设目标

智慧排水管理系统服务于店埠河流域整体水环境的运行管理,以肥东县城区排水系统的运维养护、提质增效管理为主^[3-4],通过建立三维可视化的地理环境模型(倾斜摄影)以及地下管网和泵站 BIM 模型(见图 2),形成涵盖“源-网-站-厂-河(湖)”的排水设施数据中心及监测体系^[5],分别对重点排水户、雨污管网、污水处理厂、泵站和地表水进行水量、液位、流量、水质、溯源等综合监测,结合排水户、排水设施及河湖之间的空间关系,完成对排水系统健康状况的动态评估,并基于排水设施数据,提供巡检养护、防汛调度、排水户管理等日常管理的应用模块。



a. 三维实景倾斜摄影模型



b. 泵站及污水处理厂 BIM 模型

图 2 展示大屏倾斜摄影和 BIM 模型示例

Fig.2 Display screen oblique photography and BIM model examples

该项目围绕构建一体化监管体系,以提高店埠河流域智慧排水管理水平为总体目标,最终形成以下建设成果:

① 实现排水系统信息的全方位采集

基于属地管理原则,结合流域降水、汇水、排水的自然过程,汇集肥东县水质、水量、水文等数据信息,整合环境监管数据,建立标准化的数据交互接口,实现与不同部门间信息系统的数据互通,为各信息系统提供基础设施信息的同时,获取各系统关于排水设施的动态管理数据,实现排水系统信息的全采集。

② 提高流域管理综合分析 & 决策能力

提升肥东县水环境监管分析能力的广度与深度,应用信息化建设的先进技术手段,支撑流域环境健康风险评估、防汛防涝评估、污染成因判断、环境政策措施制定等,通过溯源排查服务快速有效地实现流域污染源辨识与追溯,分清污染问题原因与责任,为店埠河流域水环境管理、监测与治理提供翔实的决策依据,提高流域水环境综合决策与管理水平。

③ 提升“预警-分析-应急响应”联动能力

通过集成管网运行、水质水量、泵站运行、雨量等实时数据,全面支撑肥东县水环境提质增效业务工作,建立流域水环境相关数据的更新机制,实现水环境监测信息的动态管理,提高流域水环境管理工作效率。基于大数据、物联网等技术,将店埠河流域水质、水量数据进行深度分析和可视化展示,形成可视化预警-分析-应急响应联动能力,当流域出现环境风险、水质水量异常变化等情况时,可快速追溯问题源头、落实属地责任、提供应急办法。

④ 建立污水处理提质增效的长效机制

基于排水管网运行、雨污水排放、管道缺陷及养护、管网建设、防汛指挥等动态数据,建立涵盖肥东县排水体系的综合健康评估系统。系统对动态信息进行综合分析,实时评价排水体系的健康状态,及时给出养护、改造建议,分析评估流域风险问题、水体健康、污染总量分布、污染负荷贡献等,为有效提升流域环境管理水平、长效保持流域水环境健康提供支持。

3 总体架构

采用分层架构,配合两大保障体系共同构成,如图 3 所示。

分层架构包含基础数据采集、感知层、数据汇聚中心层、应用支撑层、应用展示层和用户层,两大保障体系包括标准规范与政策法规体系、长效运营维护保障系统。

系统架构搭建依托智瓴平台,在开发的过程中主要解决以下挑战和难题:

① 设备、数据接入困难、对接效率低;

② 项目内容重复开发、可复用性低;

③ 应用场景割裂、整体智能有限、场景体验碎片化等。

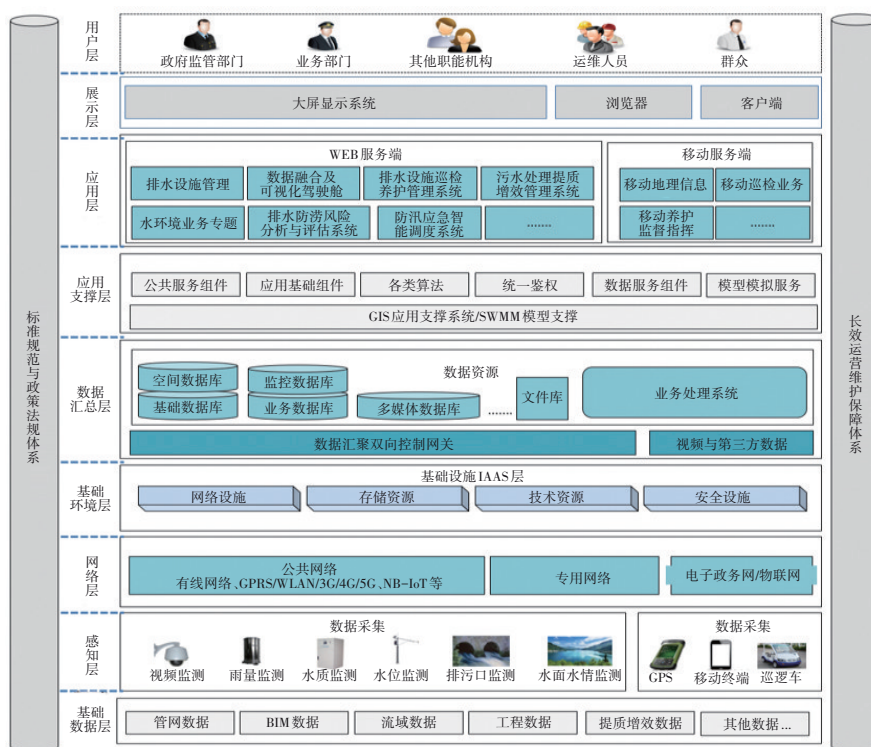


图3 系统架构

Fig.3 System architecture diagram

3.1 基础数据采集

基础数据采集主要开展店埠河流域范围内各级排水管理部门基础业务数据的调研收集工作,对排水设施基础数据、运营数据、排口、重点排水户、雨污混接调查与改造、工程进度、完成情况、污水提质增效措施与工程改造以及 SWMM 和 BIM 模型建

模等所需数据进行调查、收集、处理、校验、整编和录入,为部署在基础环境层的数据库提供 BIM、SWMM 建模等基础数据保证,为后期数据空间库的构建及模型建立与计算提供支撑。

3.2 感知层

感知层的建设内容如表 2 所示。

表2 感知层设备工程量清单

Tab.2 Engineering quantity list of sensor layer equipment

项目	设备	数量	备注
水位监测设备	超声波液位计	78 套	电池供电/无线
水质监测设备	固定站	15 台	市政供电
	固定站	4 台	太阳能供电
	初雨工程水质监测	18 套	店埠河初雨工程
视频监控设备 (水质监测站监控)	普通高清网络球型摄像机	15 套	市政供电
	低功耗高清网络球型摄像机	4 套	太阳能供电,增加太阳能供电单元安装
水量测量设备	管道式超声波流量计(多普勒法)	23 套	自带供电模块/无线
水量测量设备 (数据比对)	管道式超声波流量计(超声波法)	2 套	可充电电池供电/无线
水质全特征分析	水质全特征数据自动采集分析系统	1 套	市政供电、有线网络方式安装于肥东县城污水处理厂进水口
污水厂、泵站、调蓄 池数据采集	污水处理厂	18 座	
	排水泵站	10 座	
	调蓄池	4 座	
系统集成	光纤租赁	1 项	每个监控点(共 19 处)20 M 宽带链路(主用)/20 G、4 G 数据卡(备用),数据回传至智慧排水系统
	数据回传	1 项	水位、水量、水质数据及视频图像需上传至智慧排水系统

感知层基于物联网和移动互联网对各类传感器设备、网络以及数据采集传输系统进行安装与调试,形成系统综合实时监测能力,为上层应用提供基础数据保障。监测对象包括排水管网、泵站、管网、排口等,监测内容主要包括水位、水质、水量、视频以及溯源等。此外,在项目的后期平台另接入了合肥市店埠河初雨工程 18 套水质设备^[6]。

3.3 数据汇聚中心

数据汇聚中心包括网络层、基础环境层和数据汇总层。网络层负责将采集的数据信息准确、高效地从各个站点传输到店埠河智慧排水数据中台,为整个系统的信息畅通与远程管控提供安全可靠的通道。基础环境层负责系统软硬件运行环境、大屏监控系统、数据中心信息安全套件的安装和调试。数据汇总层负责数据库系统、数据汇聚双向控制网关和业务处理系统的建设。数据汇聚中心层通过网关系统接收网络传输远程采集的感知层数据以及基础业务层数据,为系统平台的搭建提供数据支撑。

3.4 应用支撑层

应用支撑层是系统的核心,基于 SuperMap 全组件式 GIS 软件,搭建应用支撑地理信息平台,并结合实际业务定制开发业务系统,包括排水设施监测、数据融合与可视化驾驶舱、排水设施巡查养护、应急防汛与评估等主要应用,实现智慧排水系统的核心业务功能,服务于店埠河流域治理的各项智慧化功能应用。

3.5 应用展示层

应用展示层采用 C/S 和 B/S 两种架构设计模式,对系统建设成果进行展示,C/S 客户端主要用于对外进行业务专题大屏展示,B/S 管理平台(含 APP 端)主要对内用于店埠河流域排水体系的数字化、精细化和智慧化管理。

3.6 用户层

用户层通过展示层使用店埠河智慧排水系统的主体,主要面向店埠河流域水环境治理工程智慧排水管理系统相关业务人员、政府机构及社会公众提供信息服务。

4 平台功能模块建设

4.1 业务专题大屏展示端

大屏展示端将分散于系统各处的专业数据通

过可视化的手段集中展现,通过互联网信息可视化展示手段,结合业务管理需求,提炼关键因素、重要信息,为行政领导掌握区域水环境综合治理现状、防灾减灾场景下的决策调度等提供简洁明了、清晰易控的核心信息。大屏展示了 8 大水环境业务专题。

① 排水信息一张图专题

以区域“源-网-站-厂-河(湖)”排水系统为对象,汇聚管网、污水处理厂、泵站在线监测、视频监控等数据,融合 BIM、倾斜摄影技术,实现排水数字化管理和可视化展示,为决策部门掌握区域排水状况、洞察排水内在规律提供数据支撑。

② 雨污管网专题

以雨、污水系统为视角,展示雨污系统管网等在线监测设施的综合信息,以及雨污管网检测、清淤进度图表,实时掌握雨、污水系统整体运行、管养状态,为及时排除异常,制定长效运维养护策略提供支撑。

③ 设施巡查养护专题

展示排水设施巡检养护工单完成情况,查询巡检人员位置信息和历史轨迹,实现对设施巡查养护基础数据统筹把控,助力运维单位精确评估巡检养护效率,确保工作质量。

④ 设施运行专题

以污水处理厂、泵站为对象,通过对工况、设备告警、厂站等数据的分析与整合,整体呈现区域污水处理厂关键工艺参数、泵站运行现状,为评估污水处理设施运行效能提供数据基础,加强区域污水治理设施管理水平。

⑤ 水环境监测专题

以河道断面、截流井、管网、污水处理厂进出水为要素,汇聚分析水质监测数据,通过实时监控各要素水质现状及历史数据分析,可以全面地呈现店埠河流域水环境整体状况,形成水环境质量整体掌握、各影响要素细化分解的管理模式。

⑥ 防洪排涝专题

以发挥防洪工程的整体防洪作用为导向,融合气象、台风、水情等数据及防汛指挥相关信息,整体反映防汛现状,构建防汛响应决策调度支撑体系,供防汛部门科学洞察防汛现状,进行防汛调度指挥,最大限度地减轻灾害损失。

⑦ 污水处理提质增效专题

综合展示排水管网、泵站运行健康情况、污水

处理厂系统运行健康分析及整体问题改造进度情况,整体展现提质增效工程现状和整治效果,为保障排水系统长效健康运行,为肥东县持续推进污水处理提质增效、补齐短板提供支撑。

⑧ 河道专题

以店埠河河道为对象,汇聚河道基础信息数据、河道及沿岸设备监控数据、气象数据等,综合反映河道治理信息及水环境现状和趋势,保护河道水环境健康。

4.2 智慧排水管理平台

平台以GIS作为支撑底座,深刻理解“源-网-站-厂-河(湖)”排水业务及功能,打造了排水设施信息管理、排水设施巡检养护、雨污混接调查改造、污水处理提质增效、防涝风险分析评估、防汛应急智能调度6大智慧排水管理系统,实现了流域智慧排水的全方面管理。平台界面如图4所示。



图4 智慧排水管理平台

Fig.4 Intelligent drainage management platform

① 排水设施管理系统

在一张图内集中展示排水设施分布及运行状态,多维度统计设备资产状况。系统提供排水设施一张图、道路分析、资产概览统计服务,支持排水设施资产设备地图内展示、按道路统计管网设施及设施图表可视化分析展示,构建集中化、可视化管网资产管理模式,提高运维便捷性。

② 排水设施巡检养护

为排水管理部门提供日常养护清淤进度分析、清淤计划制定、计划外工单管理等服务,构建一套全流程、精细化、标准化的巡查养护业务管理模式,保障清淤日常养护科学性、规范性和灵活性要求。

③ 雨污混接调查改造

构建雨污混接计划管理、调查管理、工程管理、成果查询、绩效考核业务应用系统,通过提供过程

性管理与查询、分析、统计应用,为相关单位规范雨污管网混接调查与治理工作,推动城镇分流制排水提供有力抓手。

④ 污水处理提质增效

通过对比模拟数据与实测数据,智能识别判断缺陷管网,对肥东县各排水系统的管道、泵站、污水处理厂进行评估,依据各类指标进行综合分析形成排水体系健康评估系统,综合诊断管网的缺陷运行状况并进行缺陷改造跟踪。建立各场景下提质增效改造方案以及相关工艺标准,对拉通污水支管、封堵外水入侵、改造雨污混接、管道维修养护等提质增效常用措施方案进行管理。

⑤ 防涝风险分析评估

基于排水管网模型,结合地理数据、在线监控设施监测数据等建立城市内涝演进模拟模型和风险评价系统,基于SWMM模型绘制重要区域内涝风险图,进行内涝风险分析和评估,为城市防汛排水监控与指挥调度提供信息服务,实现内涝风险评估智能化,助力排水系统突发问题的预防与防护。

⑥ 防汛应急智能调度

基于排水设施信息管理系统模块,汇集接入本系统的实时数据和其他部门的集成数据,实现实时数据动态监测、数据统计分析、趋势预测预警、台风路径监测、防汛应急指挥、预案管理、调度决策等功能。

5 平台应用情况

在项目建成运行的一年期间,平台运行稳定,解决了肥东县店埠河流域排水资产管理能力薄弱、数据难以共享、防汛防涝应急响应滞后等一系列问题。

① 应用场景一:排水基础设施资产数据管理

平台建立的数据资产管理系统,将原本分散的各个排水管理部门的排水资产数据、基础设备数据进行集中管理。项目建设期间在160 km²流域内的排水管网和截流井节点安装了100余套液位计、流量计、水质监测站等智能化监测设备,设备覆盖率达98%,监测数据通过5G/4G网络传达至数据中台,经测试传输速度达到秒级。在系统排水设施一张图中汇聚了流域内831 km雨污排水管网、27 824座检查井、18 403座雨水算子、183个排放口、8家重点排污企业、18座污水处理厂、10座泵站、18个初雨工

程水质的详细信息,可进行全方位排水设施信息实时监控。排水设施的分布如图 5 所示。庞大的数据、资产管理体系,打破了信息孤岛,解决了肥东县排水数据难以共享、数据查询困难等问题。

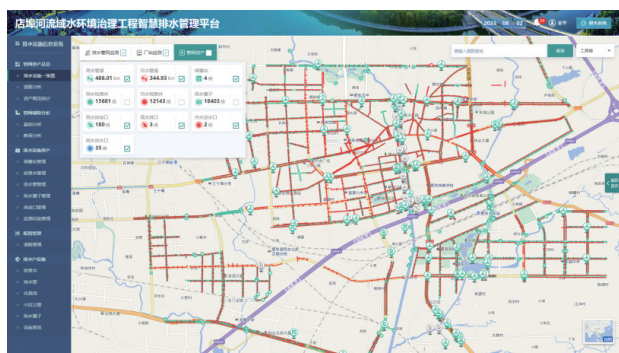


图 5 排水设施分布

Fig.5 Distribution of drainage facilities

② 应用场景二:业务专题综合管理

系统在排水设施巡检养护、雨污混接调查改造、污水处理提质增效等功能模块,通过推送的管网液位流量数据异常情况,诊断分析雨污排水管网存在的淤塞、混接、冒溢等缺陷,随后派发巡检任务,制定清淤计划和实施改造工程。系统运行期间,巡检上报统计 1 329 次,智能诊断识别问题 469 处,其中管网缺陷 60 处、混接点 301 处、冒溢点 17 处、管径异常 91 处,助力雨污混接工程改造完成 33%。系统缺陷综合诊断统计分布如图 6 所示,在系统的综合管理下,极大地节省了人力管理资源,综合管理效率提升超过 30%。



图 6 系统缺陷综合诊断统计分布

Fig.6 Comprehensive diagnosis and statistical distribution of system defects

③ 应用场景三:基于 SWMM 模型的防涝风险模拟

系统基于 SWMM 模型,利用 GIS 软件数据处理

工具对建设区域汇水范围及排水管网系统进行概化,建立子汇水区 1 519 个,概化排水节点 65 497 个、排水管段 831 km、排水口 165 个、泵站 12 座、调蓄池 4 座。将概化处理的汇水区数据和排水管网数据及其属性输入 SWMM 模型,对管网、检查井、蓄水池、排水口的水量、水位的变化进行水动力学模拟和仿真,计算出降雨过程中排水管网各部分的水力负荷情况,从而反映地区排水系统应对暴雨灾害的抗洪能力,可以实现 5~50 年一遇暴雨重现期的内涝风险模拟展示。

30 年一遇暴雨重现期 3 h 内城区内涝风险模拟如图 7 所示。



图 7 内涝风险模拟展示

Fig.7 Waterlogging risk simulation display

根据模拟结果可以分析管道可能发生堵塞或坍塌的地点,及时进行巡检和养护,提高系统的运行效率和防涝能力,降低城市内涝带来的灾害影响。通过安装的传感器设备采集实时液位流量等数据,对 SWMM 模型进行排水管网水力负荷和排水节点溢流量模拟校验,精度可达 87%。

④ 应用场景四:基于实时气象数据和物联传感设备的防汛指挥应急响应

自肥东县开展智慧排水管理系统建设以来,平台通过防汛应急智能调度模块检验了系统防汛防涝应急调度能力。系统根据台风监测和区域降雨等实时数据调整液位计等传感器设备的报警阈值,通过传感器设备上传的数据信息来触发防汛应急响应,防汛指挥部应急响应相关信息界面见图 8。系统运行一年期间,共准确监测台风 13 次,监测报警 1 026 次,启动防汛防洪应急指挥 31 次,其中Ⅳ级响应 18 次、Ⅲ级响应 7 次、Ⅱ级响应 4 次、Ⅰ级响应 2 次。通过应急响应采取应急行动和措施,累计减少经济损失超过 680 万元。

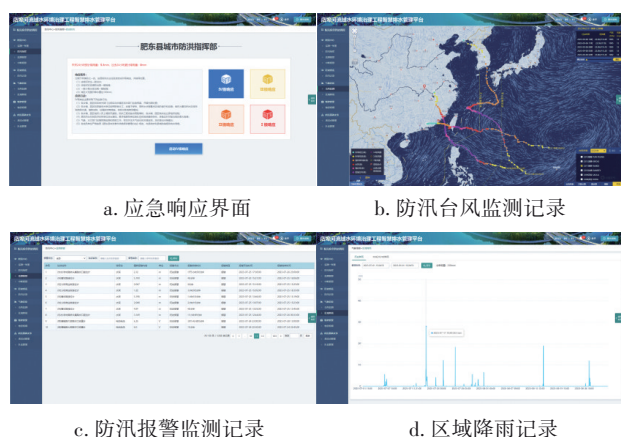


图8 防汛指挥应急响应

Fig.8 Flood control command emergency response

6 结语

合肥市店埠河流域智慧排水管理系统是一个综合功能面向较广的平台,拥有国内领先、具有高可扩展性的现代一体化智慧排水信息化系统及配套的长效运行机制,可为城市流域水环境治理工程的建设和管理提供参照依据和技术支撑。该系统从建设实施到成功落地运行得益于打通了市政水务数据和排水设备信息数据,夯实了数据支撑底座。另外,物联感知层的建设也十分关键,它保障了数据信息畅通传输和系统功能快速响应。在后续建设中,需增加物联传感器设备的安装数量,在保障设备覆盖率的同时,全面满足设备覆盖密度的要求,使排水管理系统一体化的监测更加细化和完善。

参考文献:

- [1] 张万顺,王浩.流域水环境水生态智慧化管理云平台及应用[J].水利学报,2021,52(2):142-149.
ZHANG Wanshun, WANG Hao. Cloud platform and application of watershed water environment and aquatic ecology intelligent management [J]. Journal of Hydraulic Engineering, 2021, 52 (2): 142-149 (in Chinese).
- [2] 褚俊英,王浩,周祖昊,等.流域综合治理方案制定的基本理论及技术框架[J].水资源保护,2020,36(1):18-24.
CHU Junying, WANG Hao, ZHOU Zuhao, *et al.* Basic theory and technical framework for formulation of integrated watershed management plan [J]. Water Resources Protection, 2020, 36 (1): 18-24 (in Chinese).
- [3] 张旭东,马振华,王海玲,等.基于排水系统提质增效的集约治滇探索与实践[J].中国给水排水,2022,38(4):125-132.
ZHANG Xudong, MA Zhenhua, WANG Hailing, *et al.* Exploration and practice of integrative management of Dianchi Lake based on the quality and efficiency improvement of drainage system [J]. China Water & Wastewater, 2022, 38(4): 125-132 (in Chinese).
- [4] 陆露,高峰,郭娟,等.排水管网运维管理问题分析与对策研究[J].中国给水排水,2022,38(2):8-13.
LU Lu, GAO Feng, GUO Juan, *et al.* Problem analysis and countermeasure research for sewer operation and maintenance management [J]. China Water & Wastewater, 2022, 38(2): 8-13 (in Chinese).
- [5] 鄢琳,荣宏伟,谭锦欣,等.“源-网-厂-河”一体化智慧排水系统的构建设计[J].给水排水,2021,47(3):150-154.
YAN Lin, RONG Hongwei, TAN Jinxin, *et al.* Construction and design of pollution source-drainage pipe network-sewage treatment plant-urban river integrated intelligent drainage system [J]. Water & Wastewater Engineering, 2021, 47 (3): 150-154 (in Chinese).
- [6] 孙艳涛,杨敏,陈奇良.合肥市店埠河初期雨水面源污染治理案例分析[J].中国给水排水,2020,36(10):30-34.
SUN Yantao, YANG Min, CHEN Qiliang. Case study on non-point source pollution control of initial rainwater in Hefei Dianbu River [J]. China Water & Wastewater, 2020, 36(10): 30-34 (in Chinese).

作者简介:李伟(1997-),男,湖北咸宁人,硕士,工程师,主要从事智慧城市、智慧水务研究工作。

E-mail:920062394@qq.com

收稿日期:2023-07-03

修回日期:2023-09-12

(编辑:衣春敏)