

DOI:10.16799/j.cnki.esdqyfh.2023.03.066

智慧水务在市政排水系统效能提升中的应用

王 亮¹,李文涛¹,张海飞²,邹东豪¹

(1.广州市市政工程设计研究总院有限公司,广东 广州 510060;2.广州市增城排水有限公司,广东 广州 511300)

摘 要:以新塘镇排水系统为例,结合广州市建设国家新型智慧城市的战略目标以及实现新塘镇市政排水系统智慧化建设的需求,介绍了智慧水务在污水管网系统“挤外水、提浓度”以及在雨水系统防洪排涝预测中的应用。对污水管网系统管道水位、水质、流量和外水入侵情况进行在线实时监测,对提升污水厂运行效能有较大裨益,对雨水系统易涝点和外江水位进行实时监测和预警,构建城市内涝风险预警体系,避免灾害发生,从而实现排水管网系统的运行和管理智能化、专业化和精细化。

关键词:智慧水务;提质增效;排水系统;智能预警

中图分类号: TU992.4

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2023)03-0269-04

0 引 言

近年来,随着信息技术的飞速发展,它已融入到各行各业。智慧水务就是通过互联网技术与水务技术深度融合,使水务系统的管理和运行更加智能化、数据化、精细化。

水是生命之源,而随着城市的发展水污染问题愈发严重,城市河涌、水系受到严重污染的情况屡见不鲜,水环境、水资源监管和治理成为城市发展迫切需要解决的问题。水质监测缺失或不及时、暴雨或洪涝灾害预警不及时更是直接关系到国计民生的问题。而智慧水务能够协调并及时、准确、高效地对此类问题进行监测和预警,构建城市暴雨监测、预报、内涝风险预警、灾害评估等功能于一体的防控体系,为城市防汛减灾提供坚实的技术保证。

同时,智慧水务建设是推进城市管理智慧化、科学化的重要举措,结合广州市建设国家新型智慧城市的战略总目标,新塘镇加快智慧排水系统建设,发挥智慧水务在智慧城市建设中的示范效应。

1 工程概况

广州市增城区新塘镇镇域面积为 84.86 km²,污水系统包括新塘和永和两个系统,服务人口约 65 万,其中,新塘污水厂土建规模为 15 万 m³/d,永和污水厂土建规模为 10 万 m³/d,雨水管网总长 544 km,污水管总长 696 km,雨污合流管总长 667 km。镇域有

内涝点 13 个,污水泵站 10 个,防洪闸门 9 个。

2019 年 12 月新塘镇污水处理提质增效工程正式启动,智慧水务建设属于本工程的一个子项工程。新塘镇智慧水务平台集移动办公、在线审批、过程监控、多级河长管理和公众参与管理等多功能于一体,建设全流域管控一体、全镇域联动协作、全镇资源共享的智慧管控平台,通过“厂-网-河一体化,水务环境一体化”的建设模式^[1],实现“水质提升、防洪安全、云上护水”的建设目标。平台软件界面见图 1。

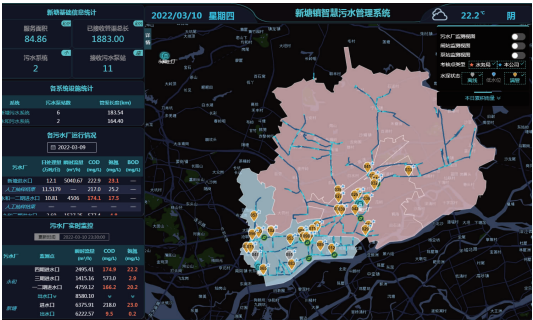


图 1 平台软件界面

2 智慧水务建设内容

硬件设备安装:本工程在污水管网各重要节点安装液位计 135 个、水质取样器 4 个和流量监测仪 1 个,实现污水系统实施监测。在雨水系统的排涝泵站、内涝点等处安装电子水尺 37 个、雨量计 5 个和摄像头 11 个、实现洪涝预警。

软件平台:主要包含排水设施一张图、设施巡检养护、厂站网河监测一张网、防涝应急调度、数据共享与集成、安全生产信息管理、排水设施数据管理和排水管网数据更新维护等模块。

收稿日期: 2022-05-18

作者简介: 王亮(1989—),女,硕士,工程师,从事市政给排水设计和水环境整治工

排水设施一张图模块:基于GIS将排水设施数据与地理信息数据、地图数据集成,实现排水管网、污水处理厂、一体化处理设施、泵站、排水户等的可视化以及设施的基础信息查询、统计、空间分析等功能,同时可叠加监测实时数据,将静态地理数据与动态监测数据进行无缝结合,为污水厂、排水管网、泵站等监管业务提供实时数据支撑。实现研究范围内所有排水设施静态数据、动态监测数据、关键考核指标的一张图展示,主要功能模块有:地图管理、排水设施专题图、隐患点专题图、运营调度看板、管网问题智能诊断等。功能包含:排水设施图层浏览、查询、定位、追溯分析、实时定位、设施定位、地图查询、删除等功能。

设施巡检养护模块:建设设施巡检养护模块,建立对纳入养护计划的设施建立统一的台账,实现排水管网设施养护业务的信息化管理,借助移动终端了解巡检人员的巡检轨迹和巡检到位情况;通过设施状态、参数等数据可掌握、分析设施运行情况。系统建设模块包含人员管理模块、问题台账、人员出勤监测、人员轨迹播放、设施统计、工单详情等功能。

厂站网河监测一张网模块:针对城市易涝点建设易涝点水位监测与视频监控;在排水系统中布设排水管网水位、流量、水质监测仪器;在泵站及工业园区出口布设水质监测设备,实时感知排水管网运行情况,掌握易涝点水位、管网关键节点水位及流量、泵站及工业园区水质情况;支持设备基本信息、参数、位置信息管理,实现设备的动态更新管理。功能包括:监测数据查看、提质增效专题图、监测设备预报警、液位之间关联分析、液位雨量关联分析、液位河道水位关联分析、污水厂监测数据分析、易涝点液位情况分析。

防涝应急调度模块:防涝应急调度模块集成多部门数据,包括气象、国土、水利、公安等部门数据,结合排水管理要素一张图系统与排水设施运行状态监测系统的应用,实现汛期前“应急预案制定”、汛情发生时的“执行预案、应急调度”、汛情结束后的“一雨一报”、“预案优化”、“涝情回顾”等综合管理。结合移动APP与排水执法仪的配套使用,可实现防涝工作人员及车辆、物资的综合管理、结合水雨情分析提供在线快速调配的决策支持。功能包含:预警启动、应急队伍管理、值班管理、信息报送管理、事中报告、事后报告、应急预案管理和应急队伍调度等功能。

数据共享与集成模块:通过标准化接口方式实

现与外部系统进行数据共享对接集成,项目将与广州市增城区水务局对接,接入增城区已建河道水位的在线监测数据;与广州市智慧排水系统对接,实现业务数据共享交换。

安全生产模块:通过安全生产APP项目管理人员对项目安全情况进行核查,当管理人员发现安全隐患时可通过APP上传安全隐患至系统提示相关项目工作人员尽快处理。本模块功能包含:项目信息、消息推送、隐患排查治理、隐患上报、隐患处理、日常工作、培训分析、学习培训、个人中心和资料归档等功能。

摸清排水设施“家底”信息,将河涌信息、流域要素、入河排口、排水管网、实时在线水质监测等信息数据收集、整合^[2];新塘镇智慧排水管理系统的建设,集成了PLC自控系统、水质监控系统、视频监控系统、云端管理系统、防洪排涝模型等系统,同时新建中央控制室1座。

智慧水务平台以数据为核心,包括数据采集、解析和展示,汇集数量众多,品牌不一的监测设备到统一的平台系统,让管理者能够清晰直观地看到各种监测数据;以应用为目标,实现雨、污水管网信息实时在线监控,掌握全面、真实的监测信息、气象信息,通过系统制定切实有效的应急措施并能快速启动。

3 智慧水务应用

3.1 污水系统提质增效

经过多年的建设,我国城镇污水处理设施已基本实现全覆盖,处理能力基本上可以满足城镇居民生活排水的处理需求。但排水管网不健全、不完善,管网质量差、运行不规范、养护不及时等导致出现污水收集率低下、污水处理厂进水浓度偏低等问题。为此,住房城乡建设部等部委联合印发了《城镇污水处理提质增效三年行动方案(2019~2021年)》,提出生活污水处理的重心由“数量增加”向“质量提升”转变,重点挖掘提升生活污水收集处理设施的效能,要求实现城市生活污水集中收集率、污水厂进水BOD浓度“双提高”的目标,保持和巩固水环境整治、水生态改善的工作成效。本工程的实施同样响应了“污水处理提质增效”的新要求。

本工程排水管网特点是:管网覆盖面广、长度较长,管网错综复杂;同时,由于新塘镇地处东江北岸,水系发达,河涌遍布,地下水位较高,污水管网多次下穿河涌,污水管网较复杂接入点多且分散。

污水水质、水量和水位是污水的三个重要指标,均可通过在线设备进行实时监测。监测点的布置,从经济性和可实施性角度出发,优先选取水量易发生波动节点、过河涌节点、支管接入主管等节点处设置监测设备。

东江是珠江的支流,其每天会出现高、低潮水位,选取2021年12月实测东江水位变化曲线见图2。

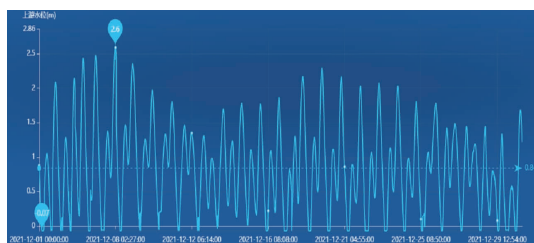


图2 实测东江水位波动曲线图

由图2智慧水务平台监测到的东江潮汐水位变化范围为 $-0.07\sim 2.6\text{ m}$ (1985国家高程系,余同)。本工程范围内东江北岸地势低洼,地面实际最低标高为 $2.81\sim 3.05\text{ m}$,不能满足50a一遇的防洪排涝标准,存在水淹风险,并且于2020年5月22日暴雨期间被水淹,水淹深度为 $50\sim 60\text{ cm}$,退水时间为 $3\sim 4\text{ h}$ 。本工程在水力计算的基础上提出新建排涝泵站的方案,最终在东江与筲箕涌、西涌和甘涌交汇口处分别新建三座排涝泵站,彻底解决了东江边地势低洼处雨季的防洪排涝问题。

根据智慧水务平台监测数据显示,随着每天东江潮汐水位的波动,沿江路污水主管的液位呈同步正相关变化,数据选自2021年10月中下旬,见图3。

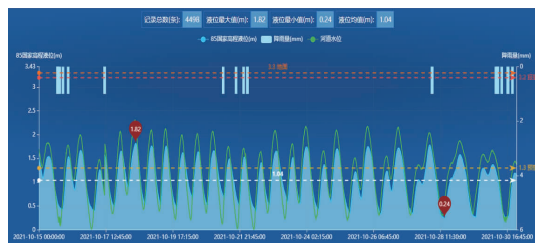


图3 东江水位与污水管液位波动曲线图

这说明有地下水入渗或江水倒灌至污水系统,同时,水质监测数据显示水质浓度与水位呈负相关变化,进一步佐证了有外水进入污水系统。

针对由于存在地下水入渗点和江水倒灌口导致污水管网“低浓度、高水位”的运行情况,采取分期实施的工程方案。近期以“挤外水”为主要目标,以截流井倒灌、雨污错混接、管道缺陷、部分雨污分流为重点整治对象开展“清污分流”;远期开展管网完善、源头雨污分流改造、溢流污染控制等,建立长效机制,推进源头治理,进一步改造优化污水收集处理系统,

持续推进污水处理提质增效。

12月8日外水点整治实施完毕后,沿江路污水主管的液位保持平稳,不再随东江水位波动,实现了污水系统的良性平稳运行,见图4。

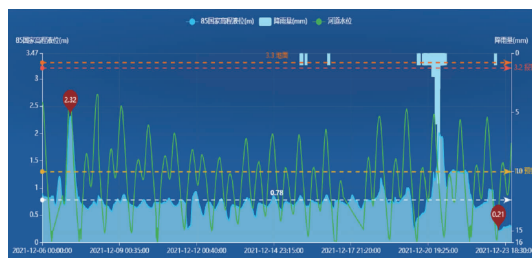


图4 外水点整改后东江水位与污水管液位波动曲线图

但12月21日降雨后,沿江路污水管液位快速上升甚至超过警戒及报警水位,说明沿江路污水管上游存在错混接点,导致雨季大量雨水进入污水系统,需进一步向上游溯源并进行错混接改造。

通过智慧水务设置的液位计在外江潮汐水位变化时监测到污水管液位的变化,发现大量的外水点,对新塘污水系统所有发现的江水倒灌点或入侵点进行整改,累计挤出外水量 $3.7\text{ 万 m}^3/\text{d}$,成效显著,表现为新塘污水厂进厂污水水质浓度有明显的提升,见图5。

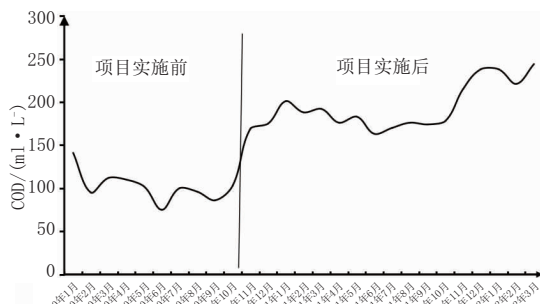


图5 新塘污水厂进厂COD浓度变化曲线图

由图5可知,项目实施后(2020年11月~2022年3月)新塘污水厂水质浓度有较为显著的提升,各月COD均值为 193.6 mg/L ;与项目实施前相比(2020年1月~2020年10月)各月COD均值为 102 mg/L ,进厂COD浓度提升 89.8% 。在挤出外水的同时,污水浓度进一步提升,真正实现了污水系统提质增效——“挤外水、提浓度”的建设目标。

3.2 雨水系统内涝风险预警

内涝是指由于强降水或连续性降水超过城市排水能力致使城市内产生积水灾害的现象。随着城市化的快速发展,城市下垫面硬化面积逐年增加,下渗量减少,导致地表径流量增加,大幅增加了城市的内涝风险,会造成严重的经济损失,广州市每年由于内涝造成的经济损失可达数亿元。

为解决洪涝灾害采取了一系列措施,其中一项便是建设智慧水务内涝监测预警系统,该系统能够实现对城区易涝及重要节点进行监测预警,采用多个雨量计,提高测雨的准确性,对可能或即将产生洪水灾害的暴雨进行预警;对内涝现况和趋势进行展示和渲染,当出现超标洪水时,即进行预警并自动联系布防人员现场处置。

2021年5月雨季,通过设置于新塘污水厂的雨量计监测,得到5月累计降雨为332 mm,共15场雨,其中大雨5场,小雨10场,具体情况见图6。

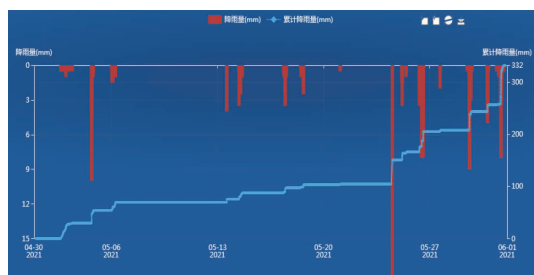


图6 新塘镇污水处理厂降雨累计曲线图

对于下沉隧道等重点监测的易涝点,通过监控视频、电子水尺等实现实时监测,一旦积水深度超过设定数值即联动LED显示屏发布雨洪信息,并关闭道闸阻止行人及车辆进入,且可以联动现场排水设备进行及时排水,避免和延缓城市内涝的发生。

同时,对泵站、闸门和污水厂进行信息化、智慧化改造和赋能,建成智慧泵站、智慧闸门和智慧污水厂,使其像人类一样具有“智慧”,能够“思考”,针对不同的运行工况和突发状况能够采取智慧化的应对措施。

新塘镇太阳城内涝点是新塘镇长期以来存在的内涝黑点,其地势较低,地形坡度较大,现状雨水口少难以满足地面雨水收集的需要,且上游汇水面积较大为0.61 km²。经水力计算复核,现状d1650的雨水管仅能满足重现期 $P=1$ a的排水需求。内涝情况表现为:小雨积水、大雨内涝,严重困扰了附近居民的日常生活,2021年5月31日暴雨期间,此处最大水深为68 cm(见图7),历时2 h才完全退水。

针对太阳城内涝点,采取的工程措施如下:对太阳城上、下游雨水管网进行清淤、清障;现状雨水管网存在较多结构病害,如异物穿入、变形和塌陷等,进行病害修复;新建横截式雨水沟和雨水口,加强对雨季地面漫流雨水的收集;新建2×d1000雨水分流

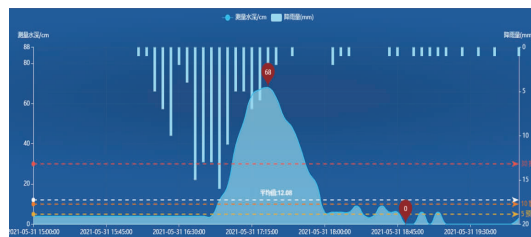


图7 太阳城内涝点改造前降雨曲线

管对太阳城上、下游雨水进行分流。改造实施完毕后,太阳城可满足重现期 $P=5$ a的排水标准。

在实施工程措施的同时,进行智慧化改造,安装智慧排水监测和预警设备,现场安装有电子水尺、雨量计、摄像头和LED雨情预警显示屏。

内涝点改造实施前,降雨重现期大于1 a便会发生内涝,图7降雨曲线所示,积水最深为68 cm。

内涝点改造实施完毕后,消除了太阳城的内涝隐患,在暴雨期间积水最深为6 cm,并未发生内涝,见图8。

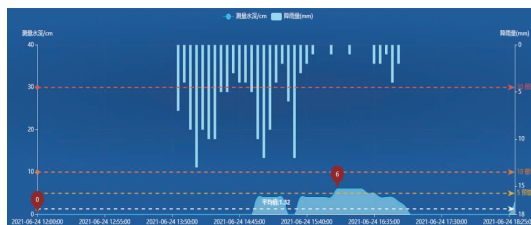


图8 太阳城内涝点改造后降雨曲线

4 结 论

智慧水务在污水系统提质增效和雨水系统内涝风险预警方面有较大的应用空间。

随着信息技术在水务行业的渗透与发展,其在水务行业的影响日趋显著,利用自控、感知、智能等技术手段提升城市排水系统管理水平受到越来越多的关注^[3]。智慧水务是智慧城市的重要组成部分,它使排水管网系统的运行和管理更加智能化、专业化和精细化,在信息技术的加持下,大量的管网数据经收集和归纳被应用,对城市管网的规划、建设和智慧城市的构建具有重要的指导意义。

参考文献:

- [1] 王冠,孔宇.沙坪河河道流域智慧水务建设方案研究[J].给水排水,2020,56(3):148-152.
- [2] 王凯丽.小流域综合整治案例简析—以合肥市王建沟流域水质提升为例[J].中国市政工程,2020(5):38-41.
- [3] 王麟.深圳市龙岗区智慧水务建设及总体规划[J].节能,2021,40(3):75-77.