

DOI:10.19853/j.zgjsps.1000-4602.2022.16.017

基于海绵城市理念的无人值守泵、闸群智慧运管

李文强^{1,2}, 何智才^{1,2}, 陈志平^{1,3,4}, 宋旭^{2,4}, 李家劲¹, 黄沃林²,
郑理慎^{2,3}

(1. 广州中洲环保科技有限公司, 广东 广州 511400; 2. 广东省南方环保生物科技有限公司, 广东 广州 510710; 3. 广东中洲环保实业有限公司, 广东 肇庆 526000; 4. 广东省工业有机废气及恶臭控制工程技术研究中心, 广东 广州 510000)

摘要: 针对大多数泵站、闸门已实现单系统无人值守,但缺少系统集中控制,暂未实现区域智能联动群控的现状,基于海绵城市理念、物联网及云计算技术,开发了一套无人值守泵、闸群智慧运管系统,旨在打通各泵站、闸门之间的信息通道,同步实现点控、群控功能。智慧运管系统包含基础功能和辅助决策两大部分,基础功能提供远程运管、远程调试、维保派单等;辅助决策部分提供故障预警、泵闸群控决策建议,利用系统预测模型算法提供辅助决策,充分实现泵、闸群协同作用,提升城市防洪排涝能力,缓解黑臭水体现象。

关键词: 海绵城市; 物联网; 无人值守泵、闸; 智慧运管

中图分类号: TU99 **文献标识码:** B **文章编号:** 1000-4602(2022)16-0101-05

Intelligent Operation and Maintenance Management System of Unattended Pumping Station and Sluice Group Based on the Concept of Sponge City

LI Wen-qiang^{1,2}, HE Zhi-cai^{1,2}, CHEN Zhi-ping^{1,3,4}, SONG Xu^{2,4}, LI Jia-jing¹,
HUANG Wo-lin², ZHENG Li-shen^{2,3}

(1. Guangzhou Zhongzhou Environmental Protection Technology Co. Ltd., Guangzhou 511400, China; 2. Guangdong Nanfang Environmental Protection Biotechnology Co. Ltd., Guangzhou 510710, China; 3. Guangdong Middle-land Environmental Protection Industry Co. Ltd., Zhaoqing 526000, China; 4. Guangdong Industrial Organic Waste Gas and Odor Control Engineering Technology Research Center, Guangzhou 510000, China)

Abstract: At present, most pumping stations and sluices have realized single system unattended, but lack of centralized control system and hardly realize regional intelligent linkage group control yet. Based on the concept of sponge city, Internet of Things and cloud computing technology, a set of intelligent operation and maintenance management system for unattended pumping stations and sluices is developed to open the information channel between pumping stations and sluices and realize the functions of point control and group control synchronously. The system includes basic functions and auxiliary decision-making. The basic functions provide remote operation management, remote debugging and maintenance dispatch, etc. The auxiliary decision-making part provides fault warning and pumping station

基金项目: 肇庆市科技计划项目(2020G1019); 第三批肇庆市引进西江创新创业领军人才项目(20190303)

通信作者: 陈志平 E-mail: chenzhiping@gdnfmb.com.cn

and sluice group control decision-making suggestions on the basis of system prediction model algorithm, to fully realize the synergy of pumping station and sluice groups, improve the urban flood control and drainage capacity, and alleviate the phenomenon of black and odorous water bodies.

Key words: sponge city; Internet of Things; unattended pumping station and sluice; intelligent operation and maintenance management

根据水利部数据,2010年—2016年我国年均180座城市受到城市内涝影响。2021年7月18日—21日河南郑州发生特大暴雨,给人民群众生命财产安全造成巨大损失。为减轻城市内涝对人民生命财产的侵害,海绵城市的建设迫在眉睫^[1]。

目前,全国大多数泵站、闸门分散,地处偏僻位置,多采用人工巡检的方式现场启停泵站、闸门,遇洪水时人工前往逐个启泵开闸,无法及时响应,内涝风险较大^[2]。近年来,泵、闸的远程智能控制改造有不同的方案,其中多数方案仅实现对单个或几个泵站、闸门的远程控制功能,解决了人工巡检响应不及时的问题,但泵站与泵站、闸门与闸门、泵站与闸门之间的控制却是相互独立的^[3],信息没有整合,未实现智慧运管。面对城市内涝灾害,未能发挥泵、闸群之间的协同作用,对城市防洪排涝支持作用不显著。

为解决泵、闸群的智慧运管问题,由城市内涝问题结合海绵城市理念,开发了具有远程管理、数据分析处理及决策辅助等功能的无人值守泵、闸群智慧运管系统。通过智慧运管系统协调泵、闸群动作,助力海绵城市“净、排”功能的实现。

1 无人值守泵、闸群智慧运管系统的组成

智慧运管系统网络整体架构见图1。

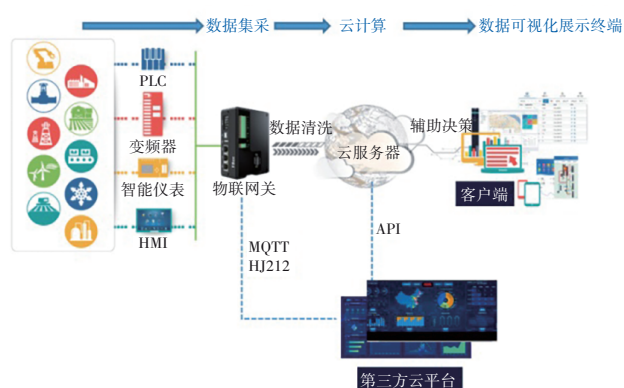


图1 系统架构

Fig.1 Architecture framework of system

智慧运管系统基于C/S、B/S混合架构搭建,底层通过物联网关集采控制器、仪表的数据,经移动网络、WIFI、以太网等广域网络上传至云平台,清除前端干扰数据。末端经云计算、数据分析,对设备实时数据、辅助决策信息进行可视化处理,并在Web、APP、微信等用户终端呈现。

1.1 数据集采

基于物联网关对控制器(PLC、变频器、智能仪表、HMI等)按设定频率进行数字量、模拟量数据集采。对重复、偏差较大的数据,网关按照系统配置规则对冗余、错误数据进行预清洗。为减少云服务器计算负荷,预清洗后的数据经网关边缘计算进行预处理,经过预处理的数据(含告警数据、历史数据、边缘计算结果等)通过广域网上传至云平台服务器。

1.2 云计算分析

云服务器配置见表1。

表1 服务器配置

Tab.1 Server configuration

服务器名称	CPU/核	内存/G	带宽/Mbps	操作系统	数据盘+系统盘/G
综合数据服务器	2	8	1	CentOS 7.6	256+40
综合信息队列服务器	2	8	1	CentOS 7.8	160+40
云组态Kudu数据库服务器	4	16	1	CentOS 7.6	200+40
云组态程序服务器	2	8	5	Windows Sever 2012	80+40
云组态查询引擎服务器	2	8	1	CentOS 7.6	80+40
NFHB程序服务器	2	8	5	CentOS 7.8	80+40

云计算通常以租赁云服务器方式搭建,包括亚马逊云、微软云、阿里云、华为云等云服务供应商。智慧运管系统以租赁阿里云6台服务器耦合搭建,具备并行处理异构数据、高容错性特点。各服务器装载AI算法程序,承担运算任务,负责对网关上传

数据进行深度清洗、自主建模、分析处理。

1.3 数据可视化终端

经云计算处理的数据支持在Web端、手机APP端可视化显示,可视化形式含图表、仿实物3D模型、实时视频等,用户通过数据可视化终端可直观掌控设备实际运行状况。

2 无人值守泵、闸群智慧运管系统功能

2.1 基础功能

2.1.1 远程运管

智慧运管系统用户通过手机APP、Web端查看现场设备实时运行状态、仪表数据,根据泵、闸实际调度情况,远程启停泵、闸。手机APP支持实地打卡,对巡检人员实行考勤管理。系统提供历史数据查询功能,用户可查询指定时段内变量的历史数据,支持Excel表导出。

智慧运管系统提供GIS定位服务。通过GIS地图可直观地了解泵、闸群的分布情况、具体定位、巡检人员位置。当设备出现异常故障时,故障报警信息会经微信、短信、邮箱、Web声光报警等方式推送至运管人员,运管人员根据GIS地图就近安排巡检人员前去核实报警原因,及时处理故障信息。

当运管人员遇到无法自行解决的故障问题时,通过手机APP提交工单,描述故障现象,运管系统后台会自动生成维修单。维保人员收到维修派单后前往现场或远程核查泵、闸设备故障原因,恢复设备运行,并在APP上提交售后维保报告。派单人员确认无误后,在手机APP上完成验收。售后维保流程:新建报修单(APP)→生成维修单(平台端)→派单(平台端)→接单(APP)→签到(APP)→服务(APP)→完成(APP)→报告(APP)→客户验收(APP)→客户评价(APP)→客户签名(APP)→短信提醒→运维统计。

2.1.2 远程诊断

智慧运管系统的物联网关内置VPN透传模块。运维工程师通过指定的物联网关建立虚拟IP(与泵站、闸门PLC处于同一网段),实现PC与现场控制器之间建立“类似局域网”的VPN连接,VPN透传架构见图2。通过VPN透传功能实现远程监控PLC程序,帮助运维工程师快速完成程序远程诊断,提高售后服务效率和响应度。

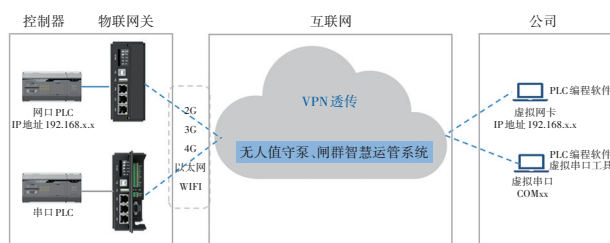


图2 VPN透传架构

Fig.2 VPN transparent transmission architecture framework

2.2 辅助决策

2.2.1 故障预警

智慧运管系统嵌有故障预测模型(见图3),基于对常见、严重故障的基本特性分析,不断更新故障关联性特征参数变量,对参数变量历史数据进行分析处理,计算故障发生时的阈值。通过将特性变量实时数据与阈值进行算法运算,得出设备健康指数,并进一步对指数进行回归分析,推断系统在将来某时段的故障概率及维保时间节点^[4],运管人员可以根据时间节点提前安排系统检修,避免因故障宕机。

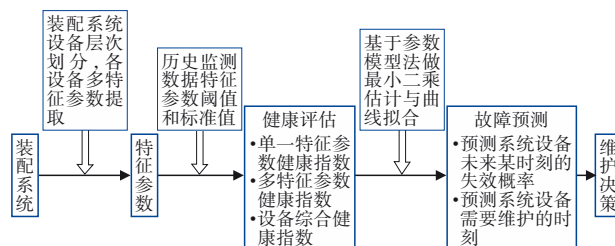


图3 故障预测模型

Fig.3 Fault prediction model

2.2.2 泵、闸群群控决策建议

智慧运管系统通过调用地图及天气预报API数据,获取泵站、闸门经纬度、降雨量信息,经云平台计算出某片泵、闸群区发生内涝灾害的概率。由系统实时分析片区水文情况,提供片区内泵站、闸门启闭群控最优决策建议。雨季时,提供最优的截污方案,同时降低因运维人员决策不及时或失误导致城市看海现象的频次;旱季时,提供解决城市黑臭水体问题的方案。

3 工程应用实例

泵、闸群智慧运管系统已成功用于水务公司配套管网系统。其中,广州某净水公司管网系统已有50余个PPS泵站及一体化闸门接入智慧运管系统。

以某排水片区15个泵、闸群为例,运维人员通过手机APP、微信端、网页端查看设备运行状态,远程控制泵闸群启停。系统通过报警消息推送实时通知运维人员,避免因设备故障导致管网节点宕机而影响运营。通过项目实施,泵站、闸门已实现智慧运管,污水厂运维成本显著降低。此外,辅助决策模块的应用,降低了排水片区内涝风险,缓解了片区水体黑臭现象。

从某排水片区15个泵、闸群GIS地图可以看到各个泵站、闸门分布情况及设备状态,通过鼠标滚轮可缩放地图大小,蓝色光标代表设备运行正常,红色警示光标代表存在设备故障报警,点击对应光标,可弹出该点位设备信息(如设备类型、设备序列号等)。

图4为某排水片区泵、闸群集中监控一览图。一览图体现了闸开闭、泵启停状态、故障报警条数。运维管理人员通过一览图能直观掌握各泵站、闸门的整体运行情况。

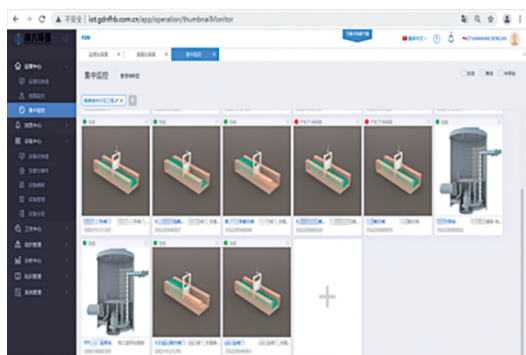


图4 集中监控

Fig.4 Centralized monitoring

图5为某截污闸Web端监控界面。3D模型实时显示现场闸门的开度,现场人员通过视频监控能直观判断闸门开度情况。系统自带视觉处理模块,通过解析现场回传的视频,识别目标区域人像、闸口堵塞,生成报警并发送至运维人员。

图6为某泵站手机APP端监控界面。由APP端监控画面可知:浮球液位正常,泵坑实时液位为0.55 m,单台潜污泵启动液位为0.6 m,第二台潜污泵启动液位为0.75 m,停止一台泵液位为0.52 m,停止两台泵液位为0.51 m。运管人员通过点击历史数据查看近一周的泵坑历史液位,液位波动范围为0.5~0.6 m。

通过网关采集数据(如潜污泵电流、振动值、流

量等),经系统辅助决策模块——故障预警模型分析处理,得出设备健康状况及维保时间,健康状况包含5个等级:健康、良好、一般、较差、差。

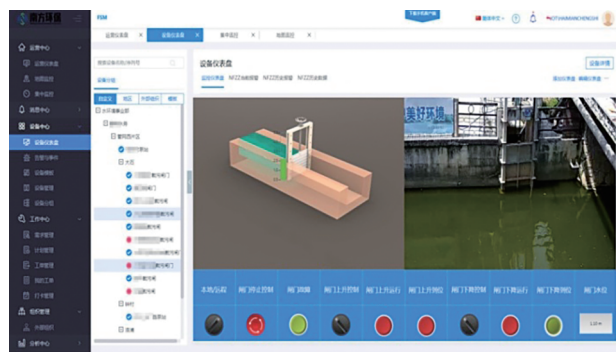


图5 Web端监控界面

Fig.5 Web monitoring interface



图6 APP端监控主界面

Fig.6 Main interface of APP monitoring

水文复杂的南方城市饱受黑臭水体困扰,城市管网复杂、暗渠众多,黑臭水体治理较困难。为缓解黑臭水体问题,智慧运管系统提供了泵、闸联动平台。根据片区市政管网及水文图,在污水点源处设置截污闸,防止污水直排河涌,通过运管系统精准群控各个截污闸、污水提升泵、补水泵的启停,令污水沿特定路线循环流动,让污水“活”起来。通过“闸截污、泵活水”的方式,一定程度上缓解了片区黑臭水体问题。

智慧运管系统提供洪汛预警调度模块,模块通过嵌入地方极端降雨量模型、历史降雨平均值、排涝能力模型,结合系统自学习算法提供雨洪预警和

泵闸优化调度功能。通过API端调用天气预报数据,获得实时降雨量及未来某一时段降雨量。

当系统发出洪汛预警时,运管人员通过智慧运管平台群控各泵闸启停,提前排空管网,控制内河水位,提高管网调蓄能力。强降雨来临时,系统通过分析比对各片区实时降雨量与在线监测的实时水位,给出泵闸联动方案,辅助运维管理人员提出最优排汛调度方案。当外河水位高于内河时,自动关闭闸门,防止河水倒灌;强降雨时,截污闸关闭,截断点源污水,防止雨污合流,同时开启污水提升泵,将污水提升至污水厂污水管网,经重力流入或泵送至污水厂处理;片区内调蓄达到峰值时,可通过改变泵、闸群控策略向有富余调蓄能力的其他片区管网排涝,避免出现局部内涝现象,充分发挥城市管网调蓄能力。

4 结论与展望

无人值守泵、闸群智慧运管系统提供稳定可靠的运行环境,边缘计算脚本的使用提升了数据处理的时效性,减轻了云服务器运算负荷。丰富的组态功能在较大程度上还原了现场实况,有利于运管人员进行设备管理,减少现场巡检次数,降低人工成本。系统辅助决策功能可有效缓解排水片区内涝,辅助黑臭水体治理,对海绵城市的建设有一定借鉴意义。

目前无人值守泵、闸群智慧运管系统仅在某一支流、某一片区采集数据,数据较为片面,无法反映城市整体内涝及黑臭水体状况,辅助决策模块算法有待优化,对城市防洪抗涝、缓解黑臭水体现象作用有限,后续应从整个城市角度出发,对一条干流、众多支流一同进行数据采集,优化升级智慧运管系统,进一步打破数据孤岛局面,对数据进行集中分析处理,协调整个城市的泵、闸群系统联动,助力海绵城市建设。

参考文献:

- [1] 袁业飞. “绿”与“灰”的抉择 海绵城市的理念探索[J]. 中华建设, 2016(12): 6-10.
YUAN Yefei. The choice between “green” and “gray”—exploration on the concept of sponge city [J]. China Construction, 2016(12): 6-10(in Chinese).
- [2] 祝雅杰, 何智才, 杜晓冻, 等. 基于工业互联网的一体化泵站智慧运管系统[J]. 中国给水排水, 2020, 36(22): 164-168.
ZHU Yajie, HE Zhicai, DU Xiaodong, et al. Integrated pumping station intelligent operation management system based on industrial internet [J]. China Water & Wastewater, 2020, 36(22): 164-168(in Chinese).
- [3] 谭琼, 张建频, 徐贵泉, 等. 河道泵闸与市政泵站应对内涝联动运行优化调度[J]. 中国给水排水, 2018, 34(19): 124-128.
TAN Qiong, ZHANG Jianpin, XU Guiquan, et al. Optimal combined operation of municipal pumping stations and river pump gates for flooding control [J]. China Water & Wastewater, 2018, 34(19): 124-128(in Chinese).
- [4] 张彦如, 耿梦晓. 基于健康指数的设备运行状态评价与预测[J]. 合肥工业大学学报(自然科学版), 2015, 38(10): 1318-1323.
ZHANG Yanru, GENG Mengxiao. Equipment comprehensive health status evaluation and prediction based on health index [J]. Journal of Hefei University of Technology (Natural Science), 2015, 38(10): 1318-1323(in Chinese).

作者简介: 李文强(1995-), 男, 湖南宁远人, 本科, 助理工程师, 主要从事电气、自动化、智慧环保等方向的研究与设计工作。

E-mail: chenziping@gdnfhhb.com.cn

收稿日期: 2021-11-18

修回日期: 2022-04-24

(编辑: 衣春敏)

深入实施乡村振兴战略, 促进人水和谐