

DOI:10.19853/j.zgjsps.1000-4602.2020.22.030

# 基于工业互联网的一体化泵站智慧运管系统

祝雅杰<sup>1</sup>, 何智才<sup>1</sup>, 杜晓冻<sup>1</sup>, 宋旭<sup>1</sup>, 陈志平<sup>2</sup>, 郑理慎<sup>1</sup>

(1. 广东省南方环保生物科技有限公司, 广东 广州 510000; 2. 广州中洲环保科技有限公司, 广东 广州 511400)

**摘要:** 现阶段一体化泵站的应用越来越广泛,但仍普遍采用人工例行检查巡视的方式,运行管理效率低、成本高。基于工业互联网技术,开发了一套智慧云服务平台,以实现布局分散、管理不便的一体化泵站的智慧运营管理,并在广州、中山、东莞等地污水厂配套管网系统中得到应用。利用该智慧运管技术,不仅可为一体化泵站的安全稳定运行提供保障,还为实现其统筹管理、综合调度和节能增效奠定基础,对智慧水务系统建设具有一定的参考意义。

**关键词:** 一体化泵站; 工业互联网; 智慧运管; 节能增效

**中图分类号:** TU99 **文献标识码:** B **文章编号:** 1000-4602(2020)22-0164-05

## Integrated Pumping Station Intelligent Operation Management System Based on Industrial Internet

ZHU Ya-jie<sup>1</sup>, HE Zhi-cai<sup>1</sup>, DU Xiao-dong<sup>1</sup>, SONG Xu<sup>1</sup>, CHEN Zhi-ping<sup>2</sup>,  
ZHENG Li-shen<sup>1</sup>

(1. Guangdong Nanfang Environmental Protection Bio-technology Co. Ltd., Guangzhou 510000, China; 2. Guangzhou Zhongzhou Environmental Protection Technology Co. Ltd., Guangzhou 511400, China)

**Abstract:** At present, the integrated pump station is becoming more and more widely used. However, the manual routine inspection and patrol are still generally adopted, resulting in low efficiency and high cost of the operation and management. In this regard, based on Industrial Internet technology, a set of intelligent cloud service platform is developed to realize intelligent operation and management of the integrated pump stations with decentralized layout and inconvenient management. It has been applied in the supporting pipe network systems of sewage plants in Guangzhou, Zhongshan, Dongguan, etc. By using the intelligent operation management technology, it cannot only guarantee the safe and stable operation of integrated pump stations, but also lay a foundation for realizing the overall management, comprehensive dispatching, energy saving and efficiency enhancement, which has certain reference significance for the construction of intelligent water system.

**Key words:** integrated pumping station; Industrial Internet; intelligent operation management; energy saving and efficiency increase

泵站是管网系统的关键节点,在市政给水排水、 抗洪排涝、农业浇灌、跨流域调水等方面发挥着重要

作用,应用越来越广泛。相对于传统泵站,2010年开始从国外引进的一体化泵站具有占地小、土建费用低、制造施工周期短、自动化控制程度高等优势,近几年在中小型管网系统中得到快速应用发展,尤其在排水量大、汛期集中、河网发达、土地资源紧张的南方城市拥有越来越多的工程案例<sup>[1]</sup>。目前我国一体化泵站的日常运行管理与维护仍然普遍采用较为传统单一的方式,即人工例行检查巡视。然而,一体化泵站往往布局十分分散,且其安装一般采用埋地式,不便于人工管理和检修,传统巡检方式不仅工作量大、效率低、应急响应慢、人力物力成本高,而且泵站一旦因故停运但又无法及时发现和处理时,将对经济、社会造成严重影响。因此,对泵站的监测、运行、维护、管理等方面都提出了更高的要求<sup>[2]</sup>。此外,泵站能耗极大,受不同季节、不同气候、不同时段的影响,水量和水压也不断波动变化,只有通过制定科学的运行方案才能最大程度地降低运行能耗,但这也使得泵站的运行管理更加复杂化。

随着移动互联网、物联网、大数据、云计算、人工智能等新一代信息技术的不断发展和深入应用,智能装备和产品、新业态新模式、智能化管理、智能化服务等正在加快推进实施,更高阶段的智慧化发展已成必然趋势<sup>[3]</sup>。与此同时,工业互联网是满足工业智能化发展需求,以网络为基础、数据为核心、安全为前提,将上述新一代信息化技术与现代工业深度融合所形成的新兴业态与应用模式。将工业互联网理念引入到传统水务领域,由此智慧水务新构想应运而生。作为水务系统的子系统,若将工业互联网与一体化泵站的运营管理系统相融合,通过实现人、机、物的全面互联,构建泵站智慧运管技术体系,不仅可为其安全稳定运行提供强有力的保障,而且可为泵站的统筹管理、综合调度和节能增效奠定基础,这也必将成为未来一体化泵站运行管理的发展趋势。

## 1 一体化泵站智慧运管系统构建

基于一体化泵站的运营管理需求,通过引入工业互联网技术,开发出一套智慧云服务平台,构建适合于一体化泵站的智慧运管系统,旨在实现一体化泵站智能化监测、智能化控制、智能化管理。

### 1.1 系统架构与组成

根据工业互联网的体系结构,智慧云服务平台分为边缘层、IaaS层(基础设施层,Infrastructure as a

Service)、PaaS层(基础框架与平台层,Platform as a Service)和SaaS层(应用程序层,Software as a Service)<sup>[3]</sup>。

系统架构见图1。

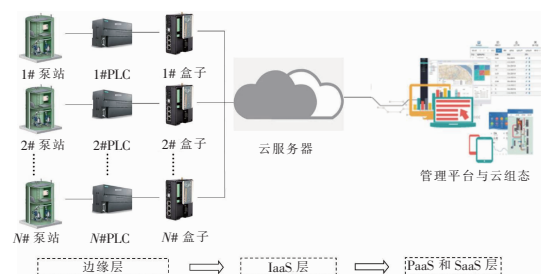


图1 系统架构

Fig.1 System framework structure

① 边缘层。主要由各类监测仪表、可编程逻辑控制器(PLC)、远程数据终端(RTU)和专用4G智能网关构成,可实现对现场设备和仪表的数据采集,是智慧运管系统的基础。每台一体化泵站配置独立的PLC,利用PLC的I/O模块,采集仪表实时数据和设备运行状态信息。仪表数据包括压差液位计的液位信号、管道压力表的压力信号等,设备运行状态信息包括水泵、格栅的电压、电流信号。4G智能网关兼容大部分主流的工业通信协议,能保证实现数据的准确、实时采集。此外,该层级还具备边缘计算的能力,可实现原始数据的现场处理整合,从而减轻云服务器的运算压力,同时也降低网络通信延时、中断带来的风险。

② IaaS层。主要利用云服务器实现数据存储和计算功能。边缘层采集的各站点监测数据,通过运营商的物联网专用网络,上传至云服务器进行计算和储存。智慧云服务平台采用阿里云提供的云服务器,可提供7×24 h的不间断服务。

③ PaaS层。提供开发和分发应用的解决方案,如操作系统和平台管理软件。智慧云服务平台采用NF\_Client平台管理软件。

④ SaaS层。智慧运管系统的最上层,主要提供场景应用型方案,如将数据及组态界面通过手机App、网页Web等进行展示和发布。云组态软件NF\_View从云服务器获取数据并进行展示,能实现百万级的数据并发、秒级的数据实时变化、7×24 h的不间断运行。

### 1.2 系统应用特色

① 运行稳定可靠。云计算中心分公有云、私

有云和混合云。智慧云服务平台部署在公有云——阿里云上,实时监测数据上传至云服务器实现数据发布,相对于传统组态软件方案(即,将服务器部署在公司机房,实时监测数据上传至数据服务器,并通过网页服务器实现数据发布)<sup>[4]</sup>,这种架构不会受到服务器的物理存储容量、网络带宽等限制,且阿里云可提供云服务器的供电和网络安全,最大程度保证平台的安全稳定可靠运行。

② 多通道并行接入。通过硬件和软件优化,平台拥有多通道并行接入能力,可同时实现上百个站点、泵站的实时数据在线监控,且可以多账户并发访问数据和管理。

③ 定制化服务。根据不同用户的应用需求,平台业务功能可采用定制化设计,也可根据情况分批分期部署所需要的应用体系。

④ 平台兼容性。新建泵站,可在设计阶段配置4G智能网关,将数据接入平台;已建泵站,可通过智能化改造,增加4G智能网关来实现。此外,平台还可兼容其他任何具备标准工业通信协议的泵站,实现统一集中管理。

## 2 一体化泵站智慧运管功能实现

### 2.1 设备档案管理

将各站点泵站接入智慧云服务平台后,管理人员将为各站点建立基础信息档案,包括各站点名称、泵站型号及序列号、泵站规模、系统配置、地理位置、操作人员、联系方式、历史数据、历史报警记录、操作记录、维保档案等,方便平台终端用户访问查看上述基础信息。

### 2.2 设备远程运维

① 远程监控。项目现场的仪表实时数据和设备运行状态信息经过采集并上传至云服务器后,管理人员可通过手机App、网页Web远程查看某个站点、某个泵站的现场实时运行工况,如水泵/格栅是否正常运行、实时液位等;同时,根据现场实际情况和实际需要,操作人员可通过平台功能界面来设置、调整设备的运行参数或控制设备的开关启停,最终实现对多个站点、多个泵站的统一监控和分布式管理。

② 故障报警。当现场发生故障时,如水泵/格栅运行故障等,现场控制柜发出声光报警,同时将报警信号传递至平台,平台自动弹出故障点详图,并将故障信息在网页Web或手机App上发布,同时按照

设定的模式(短信、手机App推送等)通知管理人员,管理人员可及时获知故障点、故障原因并制定相应对策,然后通知运维人员去现场解决故障问题;当平台自动弹出的故障点详图界面关闭后,管理人员还可利用GIS地图上的报警提示迅速找出故障点准确位置。

③ 远程诊断与升级。根据现场实际情况和需要,技术人员可通过平台的远程透传功能,与现场PLC进行连接,实现自控程序的在线诊断、修改、升级,减少了技术人员去到现场进行维护所需要花费的人力、物力成本。

### 2.3 数据分析与应用

① 数据可视化展示与分析。通过平台统计中心的报表管理界面和设备中心的设备监控界面可查看每台泵站的历史运行数据报表和曲线图,通过曲线图可以直观地看到每个泵站的运行情况并进行相应的分析。如通过液位曲线图,可判断某个泵站所接纳的区域排水是否规律,若出现不规律现象,是否与雨季、周边环境(如学校等)、泵站运行故障有关。同时,根据不同用户的需要,平台可定期对积累的数据进行分析并形成泵站运行状态报告和健康状态评价报告。

② 建模分析与运管决策。通过对多组数据进行建模分析,总结出区域排水规律,用于指导和制定运管决策,如优化水泵启停液位、水泵运行数量等;同时,根据该规律,创建适合不同季节特征或者特殊天气下(如暴雨模式)的运行模式,并设置触发运行模式切换的工况参数,结合实际情况进行必要的综合调度,如暴雨天气时对某河涌进行提前排水,防止内涝灾害等。

③ 风险预警。根据每个泵站的运行维保记录,可对泵站内部的设备和仪表进行健康状态评价。如某泵站的某台水泵频繁出现故障,那么与其相同型号、运行条件类似的水泵也很可能会出现此类故障,基于此风险预警,管理人员可提前做好维保准备,以免泵站停运时间较长而影响区域供排水。

④ 提供设备选型和程序优化依据。在大面积推广应用、积累大量数据的基础上逐步完善项目信息数据库,并进行大数据分析,为后续设备选型和程序优化提供参考依据。例如,某泵站位于高档小区围墙边,离居民楼不远。由于小区晚上非常安静,水泵在夜间启停泵的声音虽说达到国家相关标准,但



是对于敏感人群,影响还是较大。通过泵站的运行数据分析,选用静音效果较好的水泵,并且通过不同时间段的恒液位控制方式,保证了泵站的正常运行,减少夜间启停水泵的次数,甚至夜间不发生水泵启停,消除了噪声对居民的影响。

#### 2.4 用户终端浏览与权限

平台用户可分为管理人员、操作人员、售后人员、访客等,根据用户角色不同,可设置不同使用权限,如管理人员拥有所有接入泵站的档案管理、远程运维、数据分析与应用以及终端用户管理等权限,访客仅有访问查看部分数据的权限。拥有授权的用户可利用 Internet 网络,通过 PC 网页浏览器、手机 App 等终端进行登录。

### 3 工程应用实例

目前,该智慧云服务平台已成功实现广州、东莞、中山等地 10 座污水厂配套管网的 22 个一体化泵站的智慧运营管理。其中,以广州市某污水处理厂为例,该污水厂配套管网系统拥有 20 余个一体化泵站,现已将其中 9 个泵站接入智慧云服务平台,通过为每个泵站配备 PLC 及 4G 智能网关,实时采集设备运行状态和仪表监测等数据,并将数据传输至云服务器进行存储和计算,管理平台 and 组态软件可访问云服务器的数据,并通过手机 App、网页 Web 等方式进行发布,最终实现各泵站的智慧运管。项目实施后,这 9 个泵站真正实现了现场无人值守,出现故障能及时处理,整体运行安全稳定,运行管理成本显著降低。

图 2 为这 9 个泵站的地图定位以及设备运行情况,红色报警提示随着地图放大而逐渐缩小范围,最终锁定出现报警的泵站。

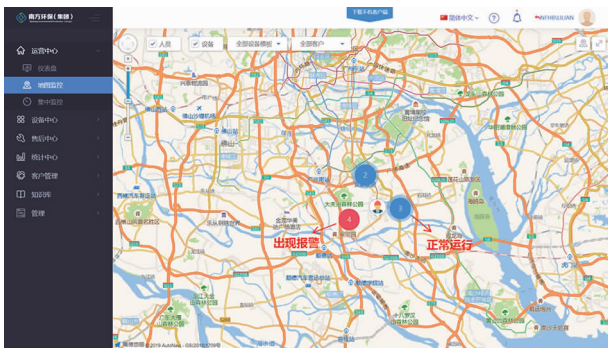


图 2 地图定位以及设备运行情况

Fig. 2 Map localization and operation status of equipment

图 3 为集中监控终端浏览图,可一览这 9 个泵

站的运行情况。可以看出,福龙路泵站出现报警,其他泵站皆运行正常。



图 3 集中监控终端浏览图

Fig. 3 Terminal browsing graph of the centralized monitoring

图 4 为福龙路泵站的监控界面,1#、2#、3#水泵启动液位分别为 2.20、3.00、5.90 m,停止液位为 1.80 m,其中 1#、2#水泵处于正常运行状态,3#水泵出现故障,格栅处于停止运行状态。3#水泵出现故障后,报警信号随即上传至平台并通过手机 App 推送通知管理人员,管理人员制定初步解决方案后将故障信息及方案下发给分派的运维人员,运维人员接受任务后去往现场解决故障问题。平台对运维人员实行定位管理,运维人员的实时位置均在 GIS 地图上体现,方便管理人员调配。运维人员到达现场后,对分派的任务单在平台上确认,填写故障处理过程,并将故障照片上传到平台,管理人员进行确认。



图 4 福龙路泵站的监控界面

Fig. 4 Monitoring interface of Fulong Road pumping station

图 5 为石岗东涌泵站和石岗西涌泵站的运行液位曲线对比。可以看出,石岗东涌泵站液位起伏较大且呈现一定的规律性,而石岗西涌泵站液位较为稳定且高于石岗东涌泵站液位。根据此液位曲线图,可将石岗东涌泵站的运行模式设置为高液位时

2 台水泵同时运行,低液位时 1 台水泵运行;将石岗西涌泵站的运行模式设置为 2 台水泵同时运行。

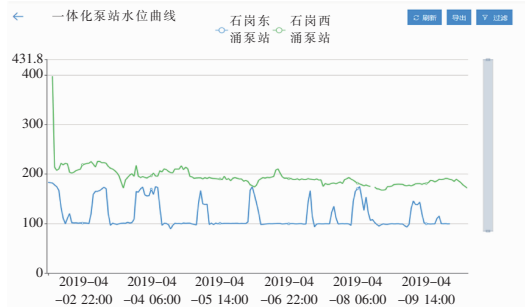


图5 运行液位曲线对比

Fig.5 Comparison diagram of the running liquid level curves

通过分析泵站每天、每周、每月的历史液位曲线,可以掌握该泵站的排水运行情况。例如,石岗东涌泵站长期处于低液位状态,水泵启动后,液位迅速下降,可以排查泵站的进水管道路是否有堵塞不通畅的情况;如果泵站长期处于高液位运行,水泵长时间运行,根据泵站的出水流量可推算泵站收纳水量是否超出设计范围,从而为管网的整体规划建设提供数据支持。

#### 4 结语

针对一体化泵站运行管理过程中存在的问题,通过融入工业互联网技术,构建一体化泵站智慧运管系统,实现现场运行工况数据实时采集、设备远程监控、故障报警、远程诊断与升级,通过数据分析来支持运管决策、风险预警、设备选型。利用手机 App、PC 网页浏览器,管理人员和授权用户可分别进行泵站管理和访问查看,最终实现对多个站点、多个一体化泵站的智慧运营管理。对于泵站管理企业来说,这种智慧运管模式不仅可以有效提高运营维护效率、延长设备使用寿命,还能极大降低能耗和维护管理成本;对于泵站供应商而言,可以提高售后服务响应速度和质量,并为产品增值服务提供契机;长期来看,通过平台数据共享将有利于政府对水务系统管理的整体把控和决策指导。

#### 参考文献:

- [1] 贾博,张卫萍,王志红. 一体化污水泵站的研究与应用[J]. 广东化工,2017,44(4):103-104.

Jia Bo, Zhang Weiping, Wang Zhihong. Application and research of the integrated sewage pump stations [J]. Guangdong Chemical Industry, 2017, 44 (4): 103 - 104 (in Chinese).

- [2] 吕东芳,宋雷震. 物联网在城市泵站排水系统中的应用[J]. 湖南理工学院学报:自然科学版,2013,26(3):49-52.

Lü Dongfang, Song Leizhen. Application of the Internet of Things in the city drainage system [J]. Journal of Hunan Institute of Science and Technology: Natural Sciences, 2013, 26(3): 49 - 52 (in Chinese).

- [3] 谢善斌,袁杰,侯金霞. 智慧水务信息化系统建设与实践[J]. 给水排水,2018,44(4):134-140.

Xie Shanbin, Yuan Jie, Hou Jinxia. Construction and practice of intelligent water information system [J]. Water & Wastewater Engineering, 2018, 44 (4): 134 - 140 (in Chinese).

- [4] 陈志平,祝雅杰,何智才,等. 基于恶臭及有机废气生物处理工程的智慧运管技术研究[J]. 中国给水排水,2018,34(12):20-23.

Chen Zhiping, Zhu Yajie, He Zhicai, et al. Research on the intelligent operation management technology used for odor gas and VOCs biological treatment project [J]. China Water & Wastewater, 2018, 34 (12): 20 - 23 (in Chinese).



作者简介:祝雅杰(1991-),女,湖北黄石人,硕士,中级工程师,主要从事水环境治理、恶臭与 VOCs 治理等技术研发及工程设计工作。

E-mail: 1317038406@qq.com

收稿日期:2019-07-12