

智慧运管平台在地下污水厂数字化转型中的应用

郝 华¹, 芦汉超¹, 马建彬¹, 孙海波¹, 刘彦华¹, 郑临奥², 武宝凤²

(1. 中国市政工程华北设计研究总院有限公司, 天津 300381;

2. 上海昊沧系统控制技术有限公司, 上海 200030)

摘 要: 地下污水厂因节约用地、环境友好等方面的显著优势, 近年来得到广泛应用。以佛山城北地下污水厂项目为例, 结合数字化转型需求, 分析了地下污水厂运行管理中存在的问题, 重点论述了智慧运管平台解决方案的架构功能设计及应用成果, 并对未来建设方向进行了展望。

关键词: 运行管理平台; 地下污水处理厂; 智慧水务; 数字化; 信息化

中图分类号: TU992

文献标志码: A

DOI: 10.3969/j.issn.1671-1041.2022.05.025

文章编号: 1671-1041(2022)05-0108-05

Application of Intelligent Operation Management Platform in Digital Transformation of Underground Wastewater Treatment Plant

Hao Hua¹, Lu Hanchao¹, Ma Jianbin¹, Sun Haibo¹, Liu Yanhua¹,

Zheng Lin'ao², Wu Baofeng²

(1. North China Municipal Engineering Design and Research Institute Co., Ltd., Tianjin, 300381, China;

2. Shanghai Haocang System Control Technology Co., Ltd., Shanghai, 200030, China)

Abstract: The underground wastewater treatment plant (WWTP) has been widely used in recent years because of its remarkable advantages in land saving and environment-friendly. Operation management problems of the underground WWTP are analyzed combined with the need of digital transformation of Foshan Chengbei Underground WWTP. The architecture, function design and application results of the intelligent operation management platform solution is discussed in detail, and the future construction direction is prospected.

Key words: operation management platform; underground WWTP; smart water; digitization; information

0 引言

在经济持续增长以及人民对生态环境需要日益增长的背景下, 国内污水处理能力得到快速提高。截止 2020 年底, 国内已建城市污水处理厂 2618 座, 处理能力 19267 万 m³/d, 污水处理率达到 97.53%, 处理能力相比 2010 年增加了 84.63%^[1]。值得注意的是, 污水处理规模的快速增加与用地稀缺以及群众对污水厂选址极度敏感的矛盾越来越突出, 而地下污水厂由于在占地集约、环境友好等方面的显著优势, 在各地新建污水厂占比呈快速增长态势^[2]。地下污水厂箱体式布置在增加设计施工难度的同时^[3], 对运行管理提出了更高的要求。与此同时, 污水厂管理正逐步由“各自为政”向水务集团“集中管理、分散控制、精细化运营”模式转变, 对信息化、数字化、智能化转型需求愈加迫切^[4]。此外, 新冠肺炎疫情的冲击凸显了污水厂信息获取性差, 人员依赖性强, 组织协同效率较低等短板^[5], 也加快了污水厂转型的步伐。针对上述现状, 本文以佛山城北地下污水厂为例, 结合问题分析及用户需求, 探讨了污水厂智慧运管平台的架构、功能设计及应用

收稿日期: 2022-03-31

作者简介: 郝华 (1986-), 男, 天津人, 高级工程师, 研究方向: 市政给排水、水环境、智能化、智慧化设计与应用。

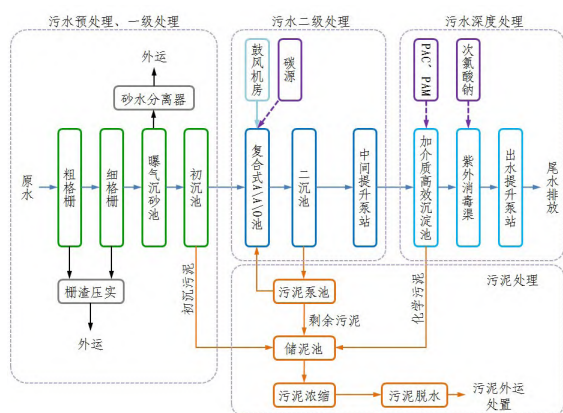


图1 工艺流程图

Fig.1 Process flow diagram of the WWTP

成果,旨在为地下污水厂数字化转型提供启示与借鉴案例。

1 项目概况及问题分析

1.1 工程概况

佛山城北污水处理厂建于2008年,设计出水水质指标为“一级B”,处理出水排放至汾江河。随着污水排放标准的不断提高,结合城市整体规划及水厂提标改造要求,对佛山城北污水厂进行全地下式改建,同时实现出水指标升级,工程建设规模为10万m³/d,总体工艺流程如图1。

1.2 运行管理问题与分析

传统污水厂运行管理水平直接关系着污水厂稳定达标和物耗人耗水平,进而影响企业经济效益、社会效益和周边生态环境效益。与主流地上式污水处理厂相比,地下污水厂除了运行管理中存在常见难题、通病外,还需面对地下相对封闭空间带来的特有挑战,具体分析如下:

1) 数据可视化与及时性不足

污水厂数据中枢为中控室,人员在中控室之外则无法获取污水厂生产运行实时数据,形成了数据的物理围墙。此外,日常运营管理中存在大量的手工报表情形,如工艺记录表、现场巡检表、化验室报表等。这些数据采用人工纸质抄录,结合手动录入电脑并逐级上报的工作形式与流程。人工抄写不但容易出现错漏,而且报表的更新速度较慢,往往以“天”或“周”为单位。管理者无法使用先进的数据分析工具,存在数据采集与监视控制系统导出历史数据时,出现卡顿甚至无响应的情况,进一步限制了数据利用。

2) 数据烟囱与数据孤岛

许多污水厂在运营过程中根据需求建设了多套信息化

系统,如巡检系统、化验室管理系统、设备管理系统等,但这些系统大多由多个不同开发厂商在不同时间,应用不同架构所建设,数据统计接口不一致,导致难以整合。分散式建设的信息化系统成为了“数据烟囱”,进而形成“数据孤岛”。如果上升到水务集团层面,所辖各污水厂更加无法统一标准,大量数据难以利用,“数据孤岛”现象愈加严重。

3) 设备全生命周期管理不到位

污水厂设备具有数量多、分布分散的特点。良好运转的设备是污水处理厂稳定运行的必要条件。地下空间相对湿度较大,需对设备管理提出更严格的要求,现状不足通常体现在:①设备维保周期制定策略不够精细,导致设备使用寿命降低;②使用过程中未严格按照操作规程,发生违章操作;③小问题积累成大问题,在使用过程中出现的异常征兆如温度抖升、螺栓脱落、机身抖动、仪表数值异常等未能及时上报排查,将有可能导致问题恶化以致突然停机、损坏;④设备、维修养护记录以纸质版形式进行存档,容易造成信息丢失,设备维修经验难以传递借鉴。

4) 人员管理体系有待完善

厂内多数岗位为专岗专用,工作过程不透明,工作量难以量化,准确考核员工工作成果具有一定难度;人员排班、考勤、假期依赖纸质文件,易发生错漏情况。

5) 工艺精细化运行提升仍有较大空间

污水厂运行策略以出水达标为核心目标,工艺参数的调节对人员依赖性极强。实际上,即使是一个经验非常丰富的工艺人员,在工艺参数设定方面也会偏保守,此外工艺人员不会24h盯着中控数据进行工艺调节,总会产生滞后性,尤其在夜间情况更甚,造成出水波动。

6) 安全管理需投入更多精力

除地上污水处理厂存在的常规风险外,地下污水处理厂因位于地下,部分风险因素大大增加,特别是防洪、池体漏水、毒害气体、火灾等,风险发生后的危害程度也大大增加^[6]。地下污水厂的安全风险防范不仅与设计施工紧密相关,后期的运行管理必须更加关注地下污水处理厂各类因素的影响。

2 智慧运管平台建设

2.1 建设原则

1) 先进性

如今技术发展日新月异,选择的方法、技术、工具、设备应具有先进性、前瞻性,技术架构合理,符合信息化发展趋向,采用面向对象的开发技术,面向服务架构分析与设计方法,实现平台在业界处于先导地位。

2) 可靠性

平台在基于硬件备份、冗余、负载均衡等可靠性技术的基础上,采用相关的软件技术提供较强的管理机制和控制手段,以提高整个系统和数据的可靠性。



图2 智慧运管平台架构

Fig.2 Architecture of the intelligent operation management platform

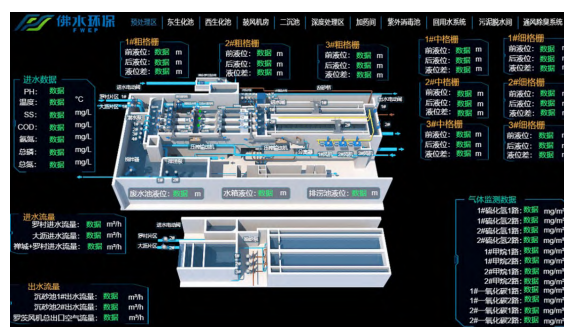


图3 生产运行监控

Fig.3 Production operation monitoring

3) 可扩展性

系统建成后在实现当前需求的基础上，能够满足污水厂未来持续创新的需要，具备扩展系统容量、处理能力和支持新应用上线的能力。系统能够根据业务发展进行灵活、快速的调整，实现快速部署。

4) 可维护性

采用可视化的开发工具，保障产品代码完整度，重要业务流程可通过配置进行灵活设定和调整。系统具有良好的用户操作界面、全面的帮助信息、完备的运行监视系统，易于管理人员对其进行管理和维护。

5) 安全性

通过多种安全技术和防护手段，保证系统自身的安全性。如登录、密码等关键功能有较好的安全策略，支持对配置文件中的账号、密码等敏感数据进行加密，支持完善的日志功能等。支持数据传输加密机制，监管系统、生产运营等，提高系统安全性。

2.2 平台架构

数据是平台运行的基础，以数据流向为导向搭建智慧管理平台架构，涵盖数据产生、感知、采集、传输、存储、分析、应用等各个环节，平台架构依次为：数据感知层、基础设施层、数据服务层、业务平台层、用户交互层，以及配套的标准规范和安全体系。

1) 数据感知层

感知层解决的是数据获取的问题，利用基于物联网的传感技术及设备，对接入污水厂 SCADA/DCS 的水质仪表、过程仪表、传感器等产生的运行数据按照工业物联网接入标准进行采集并上传，其他数据可通过人工录入或污水厂现有系统开放端口接入方式予以补充，形成全面的数据流。

2) 基础设施层

基础设施层在硬件载体方面需配备水务数据中心，并具有对应的计算资源、存储资源、网络资源，高性能的服务器配置、高速传输的 5G 网络、千兆光纤，共同构成了坚实的污水厂 ICT 基础设施底座。

3) 数据处理层

数据处理层包括业务中台、数据中台和技术中台。业务中台着眼于污水厂业务顶层设计，根据整体规划和标准体系，细分业务场景，建立业务模型，构建业务抽象模型和可复用的能力。数据中台是大数据阶段的衍生与扩展，数据存在不再依赖于某个厂家的某个业务系统，而是经过汇集、清洗、加工、提纯，形成企业数据资产。技术中台包括流计算、分布式存储、分布式数据库、消息、分布式服务、负载均衡、应用容器、软负载、配置中心和分布式链路跟踪、基础数据等。数据处理层将分布式实时计算引擎与微服务相结合，微服务架构将单体应用和服务分解成更小的、松散耦合的组件，更加容易升级和扩展，用来解决污水厂业务快速发展与创新时面临的系统弹性可扩展、敏捷迭代开发等难题，分布式计算在协议解析、实时报警、数据质量检测、单位换算、平滑处理等数据量大、实时性要求高的场景，扮演重要角色。

4) 业务应用层

业务应用层根据不同角色用户按不同场景划分，提供多种应用及服务，包括生产运行监控、数据分析、设备管理、安全生产、人员管理等功能，提升企业运营管理能力。在生产运行、业务数据的大量累积基础上，深入挖掘各类数据间的关系，合理利用数据，发掘数据潜在的利用价值。

5) 用户交互层

平台为用户提供多渠道的展现方式，可使用计算机登陆 Web 网站，移动端安装 APP 方式使用系统。用户包括污水厂各级人员及水务集团管理人员，同时在现场安装智能交互屏，供员工和参观人员分别使用。

2.3 主要功能

1) 多维信息展示

搭建污水厂 3D 模型，按照地下污水厂层级结构将构筑物、管线、设备与采集的数据、视频监控整合，实现实体水厂的虚拟呈现。包括三维电子沙盘展示（地面层、地下一层、地下二层）、参观虚拟导游、生产运行设备等多主

题核心指标展示、视频画面联动等功能。

2) 管理驾驶舱

管理驾驶舱根据角色职责分为综合看板、设备看板、能耗看板、安全看板,用户在权限内可自定义编辑看板及内部内容模块,充分发挥个性化定制优势。

3) 生产运行监控

①实时监管。通过画面配置与数据加载,实时监控各工艺段参数以及有害气体浓度,方便人员远程掌握污水厂运行情况,实时监控模块基于组态方式开发,可自定义展示画面、图文说明、测点链接,在工艺调整时能够非常方便地进行二次开发,扩展灵活。

②数据管理。支持按照天、周、月、年周期展示单项指标或者组合指标的历史数据,对于每分钟采集一次的仪表绘制全年历史曲线的时间不超过 30s。曲线可显示平均线、报警线、最大值和最小值,支持同比环比分析、自动采集数据与化验数据对比分析。

③报警管理。对主要设备和工艺参数设置异常状态报警规则,提供所有报警信息,如报警位置、警报值、发生时间、持续时间,是否解除等。在警报发生时,根据不同的警报等级,通过平台消息和手机短信方式推送给相应人员,可与工单系统联动派遣人员处理处置,实现报警全闭环。

④视频管理。平台能查看现场的实时视频监控,方便管理和运维人员远程掌握现场实时情况,同时设置定时抓拍和报警抓拍。

4) 综合生产管理

①值班管理。可将人员编组进行班次排班,设定循环周期后自动生成视图版排班计划,对于班组人员的管理更加直观与方便,各班次在交接班时需线上填写标准流程模板的记录表,部分数据可一键采集,剩余数据如 SV30 需手动录入。

②巡检管理。设置巡检执行班组或执行人、循环时间频率即可完成巡检计划任务的建立。值班人员扫描现场二维码或 NFC 标签进行巡检,现场发现的异常问题可通过文字、语音、图片、视频等多种表达形式进行上报。平台支持巡检任务统计分析,方便追溯巡检任务的状态、巡检时间、巡检人以及巡检耗时等信息,支持对不同的时间段、巡检任务状态进行筛选。

③报表管理。报表管理以实时的生产数据和历史数据集合为基础,通过汇总计算生成各类系统管理报表,如水质水量报表、能耗报表、设备情况报表等。支持模板自定义、报表定制自动生成、报表历史修改记录批注、报表全格式导出等功能,降低报表制作的人工投入和误差。

④库存管理。库存管理功能模块支持水厂库存管理要求,规范仓库、物料管理流程,对物料全生命周期信息进行科学管理,包括查询、入库、出库、调拨、盘点等功能组成。

5) 设备管理

①设备档案。设备档案用于管理设备台账信息和状态信息,其中前者包括台账基本信息、附属设备、原厂附件、相关资料、上级设备等信息,设备状态支持查看设备设施的状态详情、相关测点、相关报警、缺陷历史、维修历史、保养历史。设备状态支持定制输出二维码,利用移动端 APP 进行扫描即可快速获取信息。

②设备维修。运行人员在巡检中发现的缺陷通过工单交由维修组负责,维修工单显示在任务区,通过任务分派给指定用户。对已生成的维修工单,系统可跟踪工单的处理进度与完成情况,并将维修工单进行自动统计,为形成设备选型库提供丰富的真实样本数据。

③设备保养。设备在安装调试完成之后,根据设备厂家要求和后期实际经验制定保养标准,包括保养内容、保养步骤、保养级别和触发条件等,并以此形成保养计划。保养任务由保养计划生成,或根据客户需要可创建临时保养任务。指定了执行人的保养任务会以待办任务的形式出现在执行人的任务列表中,在保养人员执行保养任务后,平台会对保养任务进行记录,在保养统计中可以进行相关信息查询。

6) 人员管理

①考勤管理。员工可进行加班申请、请假申请、个人假期余额查询,管理者可查看员工能加班情况及假期情况,合理安排员工工作与休息。

②绩效管理。绩效模块是对全厂及各部门的人员进行绩效评估考核,对预先设定好的考核标准每个月自动生成绩效考核数据到人员系统中,由领导对下方的人员进行每个月的绩效评估,支持绩效结果排名展示及多维度统计分析。

7) 安全管理

安全管理包括安全文档、安全检查、安全培训、安全会议、应急事件、作业票,安全报表,为用户提供一套完整的安全管理体系。

8) 移动 APP

移动端可实现智慧运营管控平台的大部分功能,保证各级管理和操控人员在第一时间及时掌握运行状态。与电脑端平台相比,APP 端特有功能如下:

①远程协助。利用视频通话+增强现实(Augmented Reality, AR)标记的方式,生产人员在 APP 端即可连线专家,请求技术支持。可使用冻屏增加稳定性并用标注功能快速定位细节,求助过程可截图、录屏,以便后期学习复盘。

②AR 交互。采用图像识别和 AR 技术对水厂的关键设备和工艺位置的图像识别,并将数据和信息叠加到实物物体上,如:设备的基本信息、报警详情、测点、缺陷工单和维修情况。

③混合现实(Mixed Reality, MR)展示。应用 MR



图4 手机APP功能
Fig.4 APP Function

技术,合并现实和虚拟世界,在新的可视化环境里实现区域、位置、设备等模型与数字化信息的实时互动。

2.4 应用效果

1) 平台能够直观展示污水厂的运行情况,打破数据围墙与数据孤岛壁垒,实现了全面信息感知,异常快速响应,大幅提高管理者决策的及时性和科学性,使用期间出水稳定达标,无安全生产事故。

2) 通过设备全生命周期管理体系的构建,设备管理模式实现了由应急抢修到预防性维护转变。及时的巡检维护使设备故障率相比之前降低 20%,从报警到处理的时间降低 30%,减少了运行风险及设备维修采购的经济成本。

3) 通过线上无纸化办公,将人员从日常简单反复的工

作中解放出来,释放更多的劳动力到其他岗位,将“专岗专用”变成“一岗多用”,实现人员价值和综合素质的双重提升。

4) 数字化转型改变了污水厂工作方式,实现从凭认知工作向凭数据工作,从凭经验指挥向凭数据指挥,从凭感觉决策向凭数据决策的转变,提高企业管理水平,为集团业务向更高层次的信息化、智慧化发展奠定基础 and 案例支撑。

5) 打造成为对外展示窗口,扭转了市民对污水厂“脏乱差”的误区。数字化赋能结合全地下综合布置,使群众更易接受,实现了污水厂的社会经济与生态价值。

3 结论

针对佛山城北地下污水厂运行管理中存在的问题,及时代、政策背景下水务行业数字化转型的迫切需求,依托物联网、云计算、大数据、移动互联等新一代 ICT 技术,基于先进性、可靠性、可拓展性、可维护性、安全性原则,建设了污水厂智慧运营管理平台。平台的投用不仅显著地提高了运营单位信息获取与决策制定能力,实现了污水厂安全生产与增效降耗,还实现了数字化管理模式的革新,提升了企业形象,具有良好的区域乃至行业示范意义。

参考文献:

- [1] 中华人民共和国住房和城乡建设部.中国城乡建设统计年鉴 2020[M].北京:中国统计出版社,2021.
- [2] 邱维.地下污水处理厂的适应性探讨[J].中国给水排水,2017,33(08):6.
- [3] 邱维.地下污水处理厂设计探讨[J].中国给水排水,2017,33(10):6.
- [4] 张金松,李旭,张炜博,等.智慧水务视角下水务数字化转型的挑战与实践[J].给水排水,2021,47(06):8.
- [5] 邱文心,刘向荣,李先成,等.新冠肺炎疫情期间武汉市水务集团应急保障措施及思考:排水篇[J].给水排水,2020,46(05):5.

《仪器仪表用户》
欢迎投稿, 欢迎订阅, 欢迎刊登广告。