

Application and Operation Management Strategy of Intelligent Dosing System in Sewage Treatment Plant

Shan Liu¹ Guolin Zhang² Jianxin Sun³ Ying Wang³ Yongchen Li³

1. Qingcheng Bairuikang Environmental Engineering Co., Ltd., Qingyang, Gansu, 745100, China

2. Gansu Bairuikang Intelligent Technology Co., Ltd., Qingyang, Gansu, 745100, China

3. Beijing Bairuikang Environmental Engineering Co., Ltd., Beijing, 100000, China

Abstract

The implementation of intelligent dosing systems in wastewater treatment plants significantly enhances treatment appropriateness and precision, thereby improving overall treatment quality and efficiency. To maximize system benefits, these systems should be designed according to actual operational requirements and integrated with effective maintenance management practices. Relevant organizations can optimize intelligent dosing configurations through human-like intelligent control technologies, meeting critical treatment needs such as phosphorus removal, nitrogen removal, disinfection, and flocculation. Furthermore, continuous equipment maintenance, parameter optimization, and data management should be implemented to strengthen operational management capabilities, ensuring stable system performance.

Keywords

Wastewater treatment plant; Intelligent dosing system; Application; Operation and maintenance management

智能加药系统在污水处理厂中的应用与运维管理策略

刘山¹ 张国林² 孙建鑫³ 王颖³ 李永臣³

1. 庆城县柏瑞康环境工程有限公司, 中国·甘肃 庆阳 745100

2. 甘肃柏瑞康智慧科技有限公司, 中国·甘肃 庆阳 745100

3. 北京柏瑞康环境工程有限公司, 中国·北京 100000

摘要

在污水处理厂运行期间智能加药系统的应用可以更好地保证污水处理的适切性、精准性,提高污水处理质量和处理效果。需要根据污水处理的实际需求合理设计智能加药系统,配合运维管理工作的有效落实更好地发挥智能加药系统的系统优势,提高污水处理效能。相关单位可通过仿人智能控制技术的有效应用对智能加药系统构成作出适当优化,满足污水处理厂除磷脱氮、消毒、絮凝的需求。在此基础之上通过设备维护、控制参数优化、数据管理等相应工作提高运维管理能力,保障设备系统能够正常运转。

关键词

污水处理厂; 智能加药系统; 应用; 运维管理

1 引言

污水处理是保障水环境质量、推进社会生态文明建设的重要保障,而在污水处理厂中药剂投加是不可或缺的一环。传统加药模式依赖人工经验,存在诸多弊端,难以保障污水处理质量。物联网、人工智能、大数据等相应现代化技术的应用可以为智能加药系统的构建及其功能优化提供更多帮助,可从如下几点着手优化智能加药系统。

【作者简介】刘山(1987—),男,中国河北保定人,硕士,工程师,从事污水处理技术,污水处理设备,污水处理智慧化等研究。

2 智能加药系统在污水处理厂中的应用

2.1 核心技术原理

想要更好地提高智能加药系统的应用效果,使其集数据采集、智能计算、精准投加、远程监控于一体,为污水处理提供更多帮助,就需要做好智能控制算法的研发与应用。可借助仿人智能控制技术来对智能加药系统做出优化。相较于模糊控制和ASM模型,仿人智能控制并不需要复杂的工艺理论和大量的底层传感器数据,可以通过运维经验转化规则表,降低实施难度^[1]。在此基础之上可将安全控制与PI控制结合生成二层级控制结构,建立HSIC加药模型^[2]。此外,在系统构建过程中还可以融合前馈-反馈协同控制策略,通过前馈控制消除输入端扰动,如进水流量、水质变化的影响,

然后通过反馈控制来修正输出偏差,保证系统抗干扰能力与控制的稳定性。以除磷药剂为例,若进水为工业污水,这时污水处理可以磷酸盐浓度为控制指标,建立控制系统。在测量预处理环节做好流量 Q 与磷酸盐浓度的测量,根据 HSIC 加药模型确定除磷剂的投加量,并根据生化系统出水中的磷酸盐浓度对除磷剂的投加量进行修正。总磷仪表监测会得出水中总磷含量,针对性地修正除磷剂的投加量,如图 1 为智能加药模型。

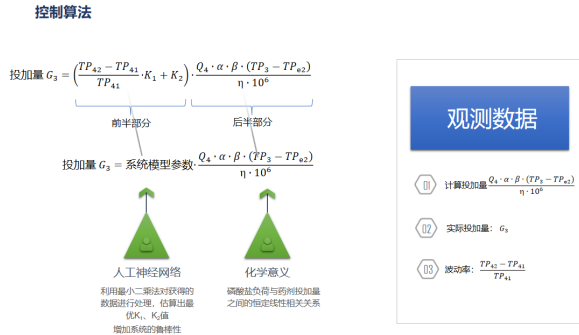


图 1 智能加药模型

2.2 系统构成

智能加药系统的硬件部分主要包含智能加药工作站、智能加药控制柜、在线监测设备、执行机构及移动端。智能加药工作站是系统的大脑,可通过搭载英伟达 Jetson Xavier NX 边缘服务器、智能网关及显示设备为数据存储、运行、人机交互提供必要的物质支撑,配合网络连接为数据的远程传输提供更多帮助。操作人员可通过人机交互界面来实时查看对应的数据信息并下达控制指令。

智能加药控制柜则是执行中枢,需要配置 PLC、加药泵、变频器、电磁流量计、压力变送器、UPS 电源等相应设备。这其中 PLC 是核心控制单元,会接收控制指令和在线监测数据,然后对加药泵的启停与变频运行进行控制^[3]。在线监测设备是收集数据信息的重要保障,可通过在线监测设备完成进水氨氮、流量、总氮、总磷、生化池硝氮、出水总氮、总磷的监测,为算法分析提供数据支撑。在线监测设备在选择上需要确保其精度和稳定性,例如在电磁流量计选择中需确保其计量精度达到 $\pm 0.5\%$ 。再例如,在压力变送器选择中需确保其精度达到 $\pm 0.25\%$ 。

执行机构主要包含加药泵、电动调节阀等,需要通过 PLC 下达控制指令,然后执行加药任务,实现加药的动态调节。移动端则是借助物联网技术开发的在线平台,用户可通过手机、电脑等相应智能终端设备实时查看设备运行状态等相应数据信息,并下达控制指令,这可以为设备管理、运维工作的开展提供更多的便捷。软件部分主要包含用户首页、系统首页、模型计算等相应功能模块,可以为数据采集、模型建构与分析、参数设置、报表生成提供更多的帮助,如图 2 为移动端应用界面。

2.3 案例分析

以庆阳市某污水处理厂为例,该污水处理厂采用 A²O/MBR 膜工艺,日处理量达 0.2 万吨。生化池后缺氧末端为除磷剂和碳源加药点,在安装了相关智能加药环保设备以后实现了除磷和碳源加药系统的自动运行和智能控制。经实践研究发现智能加药系统的应用使出水总磷和总氮波动幅度可以控制在 $\pm 0.08\text{mg/L}$,相较于传统的加药方式大幅节约了除磷剂和碳源药剂的使用,同时也保障了污水处理效果。

3 智能加药系统的运维管理策略

做好设备运维管理是确保设备能够正常运转的重要基石,而在智能加药系统运维管理中需从如下几点着手对管理策略作出有效优化和调整。

3.1 设备维护

设施设备是系统运行的重要物质支撑,对于系统运行的稳定性会起到至关重要的影响。而在设备维护的过程中首先需要抓住重点核心,明确加药系统的核心设备,如加药泵、在线监测仪表、PLC、智能网关、交换机、UPS 电源等,需根据不同核心设备的运行需求来确定维护重点。例如,加药泵作为关键执行机构,在维护的过程中需着重关注其密封性能是否达标、流量稳定性是否达标,同时需要关注是否存在运行噪声问题。在此基础之上确定加药泵的维修周期,例如,每周进行一次巡检工作,分析加药泵是否存在渗漏、异响等相应问题,若发现加药泵老化要及时更换。每月进行拆解清洗,去除其泵内的沉积物和杂质,避免堵塞。每季度需通过流量精度校准确保加药泵投加药剂剂量达标^[4]。智能环保设备系统平台如图 2 所示。



图 2 智能环保设备系统平台

其次需要做好管道和阀门的维护,在污水处理厂加药系统运行期间加药管道很容易会出现沉积物导致管道堵塞,因此需要定期进行维护,每月落实管道清理工作,去除沉积物。每季度需对管道连接部位和阀门部位进行检测,分析是否存在渗漏问题,若存在则需要更换密封件。阀门也需每月进行检测,通过手动操作分析开关是否流畅、是否卡滞,确保其流量调节功能能够有效发挥。每季度需进行密封性检测,及时发现渗漏问题。每年需要进行拆解维护,去除其内

部的杂质和沉积物,并且涂抹润滑油确保阀门能够正常运行。在设备维护期间可通过建立台账的方式明确不同设备的型号、安装时间、维护时间、维护内容、发现的故障问题及处理方法,一方面为后续维修养护计划的调节与优化提供更多的参考,若出现设备故障,则可通过台账分析故障原因并确定解决方法。另一方面也可通过台账建立为设备维护的规范化、系统化开展奠定良好的基础,确保各项维护工作能够切实落实于实践当中。

3.2 控制参数优化

智能加药系统的控制参数并非一成不变的,需要根据污水处理厂的污水处理需求来做出动态化调整。尤其是部分地区污水处理厂可能会因为该地区产业结构调整导致进水水质特性和进水体量发生明显变化,因此必须通过控制参数调整,确保系统能够正常运转,发挥其应有的作用和影响。而在控制参数调整中需要从基础参数优化、动态参数调整以及模型算法优化三个维度来展开分析。基础参数包含安全控制参数、比例系数、积分系数、摩尔比、相对分子质量等,可通过实验室实验、现场实验等多种方式来对比分析不同基础参数下的出水水质和药耗情况,在此基础之上对参数组合作出适当调节,在降低污水处理成本的同时保障污水处理质量。而在动态参数调整的过程中则需要根据进水水质、流量变化来对控制参数作出动态调整,可通过传感器技术收集整合系统数据,例如进水水质数据、流量数据等,并根据数据分析结果对参数进行动态调整。例如通过数据分析发现进水负荷升高,这时则可通过适当增加加药模型的比例系数,增加加药量,保障污水治理效果。还可根据出水水质波动对反馈控制参数做出调节,若出水水质波动相对较大则可通过增大积分系数快速修正误差。若在系统运行期间出现超调现象则可通过缩小比例系数,保障系统稳定性。在系数动态调节的过程中还需要考量污水处理厂的进水水质及水量可能会受季节变化影响,此外,季节的变化意味着环境温度、湿度的变化,在污水处理厂中药剂添加后生化反应也可能会因温湿度变化产生较大的差异,因此也需要根据季节变化调节控制参数。例如夏季气温相对较高,这时生化反应速率则相对较快,可以通过降低药量减少药剂消耗。而冬季气温相对较低,会大幅缩减生化反应速率,可通过提高加药量来保障污水处理效果^[5]。

在模型算法优化中需定期对加药模型算法进行升级,通过分析系统运行数据判断模型的控制效果是否达到标准

要求,若发现系统抗干扰能力较弱、预测精度下降,则需根据运维数据和运行数据对模型规则及控制逻辑做出优化,始终保障模型的适应性和控制精度。

3.3 数据管理

在智能加药系统运行期间做好数据管理可以为决策制定、系统优化、工艺改进提供数据支撑。而想要发挥数据的功能和作用首先就需要做好数据的采集与存储,可通过传感器设备等相应的仪器设备收集更加完整的数据信息,例如进水量、水质、加药量、出水水质、设备运行参数等,配合分布式存储架构将数据信息实时共享至本地和云端,保障数据的安全性、完整性。在此之后,则可每周对系统运行数据进行分析和汇总,优化投加策略。在该环节可借助人工智能技术以及数据报表功能快速完成数据的收集、整合和分析,生成可视化的报表,为决策制定提供依据。最后需要加强报警数据管理,完善报警机制,借助人工智能技术实时分析监测数据,若数据超过安全阈值范围系统则会自动触发警报,明确报警类型及处置流程,为各类问题的快速处理提供更多帮助^[6]。

4 结语

在污水处理厂运行期间智能加药系统的应用既可以减少资源损耗,降低污水处理成本,同时也可以更好地保障污水处理效果,应当引起关注和重视。可结合污水处理厂的处理需求对智能加药系统做出有效优化,发挥仿人智能控制等相应现代化技术的技术优势优化系统构成,在此基础之上通过设备维护、控制参数优化及数据管理工作的开展提高智能加药系统的应用成效,保障污水处理效果。

参考文献

- [1] 冯东良,王斌,杨晓毓,等. 选煤厂智能化煤泥水加药系统建设 [J]. 洁净煤技术, 2025, 31 (S2): 878-883.
- [2] 吴杰,程鹏,赵宇明,等. 智能控制技术在净水厂加药系统中的应用 [J]. 城镇供水, 2025, (04): 49-53.
- [3] 张慧. 基于随机森林算法及大数据分析的农村自来水厂智能加药系统研究 [J]. 自动化应用, 2025, 66 (S1): 136-138.
- [4] 郑垒,马贤衫,曾现维,等. 智能除磷加药系统在水处理中的长期应用研究 [J]. 山西化工, 2024, 44 (12): 140-141+149.
- [5] 胡啸,郑鹏凯,赵鑫,等. 污泥连续深度脱水智能加药系统的设计和应用 [J]. 节能, 2024, 43 (12): 114-117.
- [6] 梁玥,曲泰安,孙阳,等. 基于机器视觉的自适应智能加药系统在工业水处理中的应用研究 [J]. 鞍钢技术, 2024, (05): 33-40+53.