

DOI:10.16799/j.cnki.csdqyfh.2024.01.037

多段 AAO 污水处理厂精确曝气系统设计与调试

应基光,林莉峰,汪芸芸

[上海市政工程设计研究总院(集团)有限公司,上海市 200092]

摘要:为了更好地解决污水处理过程中经常遇到的曝气不足、出水氨氮超标,曝气过量反硝化不好导致的总氮超标、能耗浪费等问题,以深圳市某污水处理厂多段 AAO 处理工艺为研究对象,介绍了在生化池中引入精确曝气系统的设计和调试情况,并结合实际运行情况对精确曝气控制系统的效用进行了分析和总结。

关键词:多段 AAO;精确曝气系统;溶解氧;自动控制

中图分类号: X52

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2024)01-0153-04

0 引言

污水处理是城市建设的重要组成部分。近年来,我国污水处理行业发展迅速,污水处理厂深度参与协同减排是建设低碳社会、发展低碳经济、实现城市可持续发展的重要支撑。在“双碳”目标下,低碳污水处理厂的理念受到了业界的关注。为了契合低碳污水处理厂的发展战略,需要对污水处理厂节能减排关键的因素进行分析研究。

国内的污水处理大部分采用活性污泥处理工艺,该处理工艺中关键的因素是需要给生化池中的微生物提供适量的氧气进行氧化反应,因此对于曝气量的控制至关重要^[1]。传统的曝气控制是通过手动开关实现的,主要取决于现场操作人员的经验,存在着很大程度的不确定性和浪费。为了实现精确曝气系统的自动控制,减少人员的干预,研究人员对曝气控制方法作了大量研究,包括模糊控制、神经网络、模糊神经网络、遗传算法、支持向量机等。本文主要以深圳某污水处理厂多段 AAO 处理工艺为研究对象,对精确曝气系统的设计、调试过程进行分析和总结,以为同类项目提供借鉴。

1 系统概述

1.1 精确曝气系统原理

生物处理是污水处理过程中最重要的一个环节,通常通过维持生物持续有效的生长,促进生物的生化过程,从而达到去除或者降低污水中需要除去

的物质之目的,满足污水排放的标准要求。传统的控制策略无法及时准确地应对现状污水处理参数的变化。一般试运行初期仅对鼓风机进行调节,或者只对末端曝气管道进行调节,而无法根据实际运行条件的改变对反应池的曝气量进行实时、按需调节,同时做到节省能耗^[2]。

溶解氧是影响生物处理过程的主要因素,溶解氧控制的好坏直接影响着污水处理效果。精确曝气系统引入“前馈+反馈+模型”组成的多参数控制方式,能有效应对污水处理厂大时滞、非线性等特性,综合考虑鼓风机、曝气管路的调节阀,以及溶解氧、水量负荷等,对生物反应过程实施精确控制,实现按需曝气,从而提高运行系统的稳定性,节约能源。

在污水处理厂中,前馈信号主要包括进水水量和水质等信号;反馈信号主要包括溶解氧、污泥浓度、生化池的液位等信号。

精确曝气系统的溶解氧控制策略通常有将控制目标设为恒定值和动态值这 2 种。

通常,在溶解氧控制目标设为恒定值的控制策略下,精确曝气系统将根据进水水质、进水水量、溶解氧设定值、生化池污泥浓度等信号,计算出各个生化池区域的需求气量和总的需求气量,从而调节鼓风机主控系统和曝气管上的电动阀,使供气量和需求气量相匹配,从而实现溶解氧目标值的控制。

采用精确曝气系统,污水处理厂可以更好地实现以下目标:

- (1)降低单位污水处理的能耗,节约成本。
- (2)提高污水处理运行整体稳定性和可靠性^[3]。
- (3)根据处理的水量负荷、污染负荷进行曝气的自动调节,真正做到按需曝气、自动控制。

收稿日期: 2023-01-03

作者简介: 应基光(1984—),男,硕士,高级工程师,主要从事污水处理及污泥处理等工作。

(4)改善出水水质,提高出水水质达标率。

1.2 精确曝气系统总体设计

该污水处理厂的设计处理规模为 5 万 m³/d,采用多段 AAO 工艺,设有 2 座生化池,出水水质主要指标达到地表Ⅳ类水标准。污水处理工艺流程见图 1。

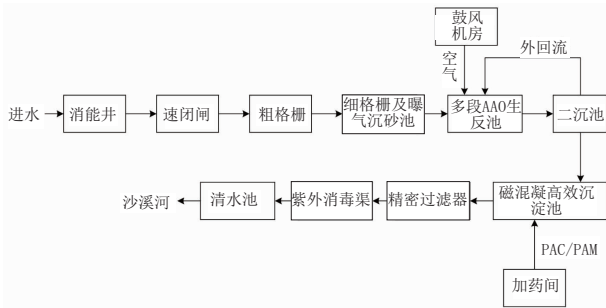


图 1 污水处理工艺流程

该项目共有 2 个生化池,每个生化池划分为 6 个溶解氧控制区,全厂生化池共划分为 12 个溶解氧控制区。其精确曝气系统设计见图 2。

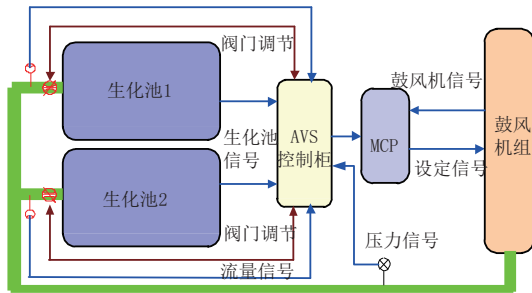


图 2 精确曝气系统设计图

为了能够实现精确曝气,需要配套完整的精确曝气系统控制网络。精确曝气系统自动化通讯拓扑图见图 3。

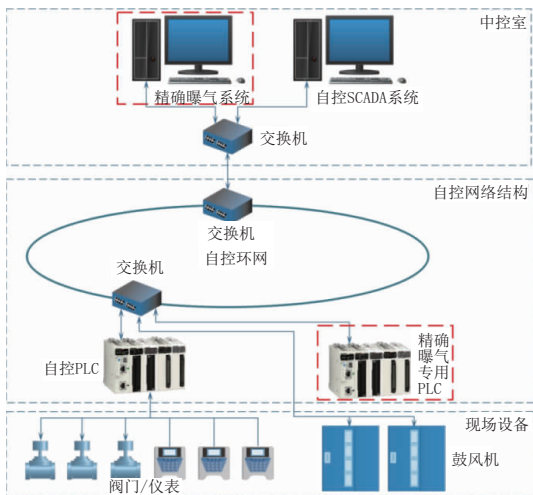


图 3 精确曝气系统自动化通讯拓扑图

精确曝气系统控制主站通过通讯直接获取曝气鼓风机的相关参数,采集现场在线监测仪表的信号,并将控制调节指令给到设备阀门和鼓风机系统,从而实现曝气环节的全自动控制以及流量调节阀与鼓

风机的联合调节。

1.3 精确曝气系统硬件组成

在每个溶解氧控制区配置 1 台在线溶解氧仪表,每个溶解氧控制区对应的曝气支管上各配置 1 台热式气体流量计和 1 台电动调节阀。在鼓风机房出口总管上分别安装 1 台热式气体流量计和 1 台压力变送器。

精确曝气系统设备及仪表配置表见表 1。

表 1 精确曝气系统设备及仪表配置表

序号	名称	所需数量 / 台	备注
1	电动活塞调节阀	6	在各溶解氧控制区对应 DN400 曝气支管上缩径安装 DN300 电动活塞调节阀
2	热式气体流量计	9	支管 6 台 DN300, 分管 2 台 DN500, 总管 1 台 DN700
3	溶解氧仪	6	在每个溶解氧控制区各安装 1 台
4	污泥浓度计	2	在每座生化池各安装 1 台
5	超声波液位计	2	在每座生化池各安装 1 台
6	压力变送器	3	2 台 DN500, 1 台 DN700
7	在线氨氮仪	2	在每座生化池后好氧区后端各安装 1 台
8	精确曝气系统 PLC 控制柜	1	位于 PLC 房间
9	精确曝气系统服务器	1	位于中控室

1.4 精确曝气系统软件组成

精确曝气系统软件安装运行在精确曝气系统工作站上,是系统的核心处理单元。该单元基于采集到的现场信号,通过模型计算生化池的生物需气量,同时向现场控制设备发出调节指令,功能上包括曝气量计算模块、配气模块、鼓风机优化给定模块等核心模块。

精确曝气系统软件主要基于以下两方面进行设计:

(1)精确曝气系统将好氧段分为数个独立的溶解氧控制区,能够适应工艺控制流程的要求,自动调整曝气的流量,满足处理单元所需要的溶解氧分布工艺工况。

(2)精确曝气系统允许用户自主设定目标溶解氧含量,而且支持 DO 动态设定。考虑方便性和可操作性,相关数据可在中控室进行查看和配置。

精确曝气的控制机制为现场优先,其次是中控上位机,主要包括阀门控制和鼓风机控制。

阀门控制有就地控制模式和远程控制模式这 2

种模式。在中控上位机上有手动和精确曝气模式 2 种选择。

鼓风机的压力控制包括:

(1)当主控柜进入就地模式时,压力设定可就地手动设置。

(2)当主控柜进入远程自动模式时,压力设置分为手动和精确曝气模式 2 种,并切换至中控室控制。

由于具有全自动控制、局部自动控制 and 手动强制控制这 3 种控制模式,且能够在现场或主控室内进行模式切换,精确曝气系统可以充分应对污水处理厂运行中遇到的各种情况。

1.5 精确曝气系统功能

1.5.1 需气量计算

精确曝气系统能够根据生化池中各因素的变化动态地计算出实际需气量,使曝气系统按需而变地进行供气。精确曝气系统需气量计算模型见图 5。

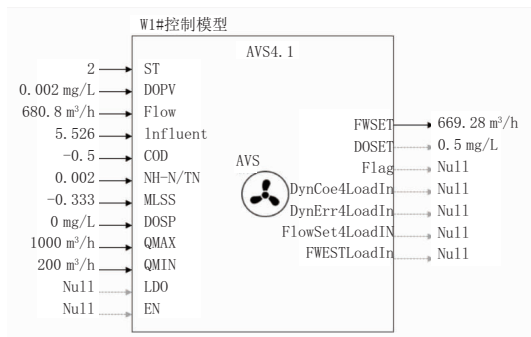


图 4 精确曝气系统需气量计算模型

在实际的污水处理厂精确曝气控制应用中,精确曝气系统可以随进水水量和水质负荷的变化而实时计算实际用气需求,保证合理曝气,既满足生化要求又可节省不必要的曝气能耗。

1.5.2 曝气量分配

精确曝气系统涉及多个曝气控制单元。精确曝气系统内置多气阀解耦控制策略,以抑制单阀调节对其他阀的干扰影响。精确曝气系统具有多阀最优开度控制策略,可实现快速、最优的阀门开度调节,实现不同曝气控制单元曝气量的快速、准确传输和分配。

1.5.3 风机优化控制

曝气环节的能耗节省是通过鼓对鼓风机运行进行优化来实现的,曝气系统的核心是根据运行参数来调节鼓风机的运行。一方面风机的调节需要结合实际的运行参数,另一方面对风机的调节还需考虑对设备的保护。总的原则就是让风机运行在最经济的工况下,同时防止风机的异常工况(比如喘振)。

精确曝气系统根据当前的工艺运行参数计算出所需气量,然后将信号给到风机控制柜。通过空气总量设定值对各鼓风机进行启停、开度调节操作,以满足生化系统对曝气量的需求,同时通过喘振保护压力对鼓风机进行喘振保护。鼓风机是污水处理厂的核心工艺设备,精确曝气系统应在防止鼓风机喘振的前提下调节鼓风机运行,满足生化池的曝气需求^[4]。

2 精确曝气系统的调试

为了保证精确曝气系统的正常投运,首先需要对系统内的单体设备逐一进行调试;其次需要对生化池曝气阀门和鼓风机进行联动调试,设置鼓风机气量并调节管道的压力监控。调试期间,所有的操作和调试均保证不影响生产。特别地,要强调一下鼓风机紧急操作时的注意事项:

(1)风机开度短时大幅波动时。该系统采用的是磁悬离心鼓风机,可实时接收精确曝气系统所发送的给定值,鼓风机根据差值调整开度和动作时间。精确曝气系统对风机波动设有安全保护机制,防止风机波动所导致的喘振^[5]。风机开度短时大幅波动的可能原因是进水水质突然变化、系统调节参数不匹配、管道压力突变、生化池仪表故障等因素,为了设备使用安全,防止管道压力波动大和风机喘振风险,此时可人工切除精确曝气系统,转换为手动模式。

(2)鼓风机喘振时。调试初期,风机喘振在所难免,可能原因是阀门和鼓风机的配合度不够完善,导致管道压力升高,出现喘振;或者因为鼓风机本身的参数不合理,开度调整得太快,致使鼓风机本身喘振。发生此故障时可人工切除精确曝气系统,转换为手动模式进行操作。

3 精确曝气系统溶解氧控制效果与节能效果

3.1 精确曝气系统溶解氧控制效果

针对该工程精确曝气系统的效果验证,主要通过精确曝气系统的介入与否来进行比对。传统控制方式无法及时准确地应对各种扰动的影响,当在线控制中的溶解氧值呈现大范围波动时,未采用精确曝气的生化池内某位置的溶解氧(DO)随时间的变化如图 5 所示。

相对传统的生化池控制方式,精确曝气控制方式可以更精确地控制生化池内的溶解氧,适应性更强,从而可以更好地实现曝气和节能。采用精确曝气的生化池内某位置的溶解氧(DO)趋势图见图 6。

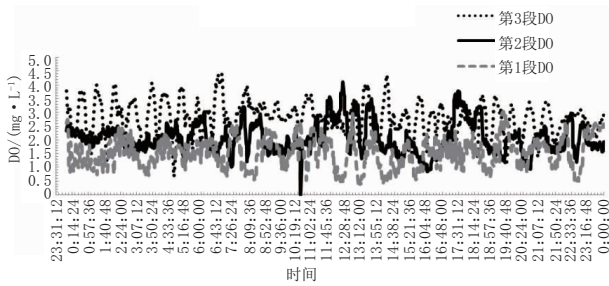


图5 传统控制方式下生化池内溶解氧(DO)变化趋势图

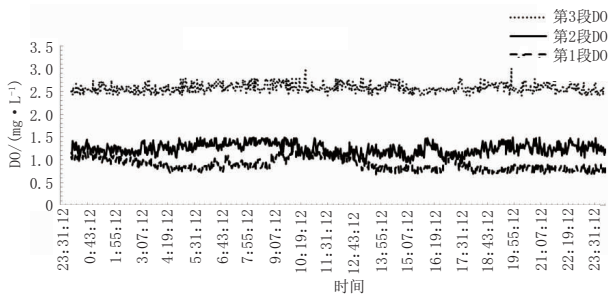


图6 精确曝气控制方式下生化池内溶解氧(DO)变化趋势图

根据本工程精确控制系统试运行结果,溶解氧 DO 值分布在目标设定值 ± 0.5 mg/L 以内的概率为 90%;溶解氧 DO 值分布在目标设定值 ± 0.3 mg/L 以内的概率为 30%;分布在 DO 目标设定值 ± 0.2 mg/L 以内的概率为 20%,满足设计要求和实际运行需要。

3.2 精确曝气系统溶解氧控制的节能效果

多段 AAO 污水处理厂精确曝气系统在对鼓风机的控制过程中,根据当前进水流量、进水负荷实时计算出所需空气总量,然后将空气总需求设定值传输至鼓风机主控制柜,主控制柜再按照设定目标对所属鼓风机进行调节,以确保高低负荷工况下,曝气

量都能满足实际需求,同时又能降低不必要的曝气能耗。而在传统方式控制下,鼓风机会一直以某个较大功率运行。通过精确曝气系统对鼓风机的控制,实现了运行功率的实时调节,达到了节省能耗的目的。

多段 AAO 污水处理厂采用精确曝气系统后,有助于其处理设备正常运行、仪表数据准确、进水水量和水质稳定(不超过设计值 $\pm 20\%$)、鼓风机运行压力足够、风量连续可调、主控制柜自动恒压运行。

4 结 语

精确曝气系统在多段 AAO 污水处理厂的应用,旨在为污水处理过程的曝气环节提供精细化运行解决方案。精确曝气系统方案能够完全匹配该厂的运行工况,实现精确曝气控制。在此基础上,微生物生化环境保持稳定,从而帮助污水处理厂实现了曝气系统精细化、节能化、自动化运行,进而提高了出水水质的稳定性。

参考文献:

- [1] 任争光,张景炳,王浩宇,等. 污水处理中曝气控制研究进展[J]. 环境卫生工程,2018,26(2):67-72.
- [2] 赵雅然,李媛,张飞凤. 曝气精确控制系统(AVS)在污水生化处理系统中的应用[J]. 环境工程设计,2019,5(2):127-128.
- [3] 万春萌. 污水处理精确曝气控制系统研究及应用[D]. 山东:青岛科技大学,2019.
- [4] 杨岸明,常江,孟春霖,等. DO 精确控制技术在 A_2O 工艺中的应用研究[J]. 中国给水排水,2013,29(23):5-13.
- [5] 徐敏,白小平,姜乔,等. 曝气精确分配与控制系统在临平地理式污水处理厂的应用案例分析[J]. 天津科技,2020,47(12):52-57.

《城市道桥与防洪》杂志

是您合作的伙伴,为您提供平台,携手共同发展!

欢迎新老读者订阅期刊 欢迎新老客户刊登广告

投稿网站: <http://www.csdqyfh.com> 电话:021-55008850 联系邮箱:cdq@smedi.com