

DOI: 10.16799/j.cnki.esdqfh.241063

MSBR 工艺调试过程中污泥问题的解决方法

朱 初

[上海市市政工程设计研究总院(集团)有限公司,上海市 200092]

摘 要: 改良式序批间歇反应器(MSBR)综合了 A²O、SBR 等工艺的的优点,具有占地面积小、运行成本低、脱氮除磷效果好和控制灵活等特点,但工艺操作难度较大,对运行管理水平要求高。采用 10 池 MSBR 工艺,在调试过程中遇到跑泥导致出水超标的问题,通过对实测数据分析研究,采取加强污泥容积指数监测、调整排泥量、控制污泥浓度等方法,有效解决了实际问题,保证了改造后全厂最终出水水质达到浙江省《城镇污水处理厂主要水污染物排放标准》(DB33/2169—2018)的相关要求。

关键词: 污水处理;MSBR;污泥;序批池

中图分类号: X703.1

文献标志码: A

文章编号: 1009-7716(2025)08-0211-04

Solution for Solving Issues of Sludge in MSBR Process Commissioning

ZHU Chu

[Shanghai Municipal Engineering Design Institute (Group) Co., Ltd., Shanghai 200092, China]

Abstract: The modified sequencing batch reactor (MSBR) combines the advantages of A²O, SBR and other processes, and has the characteristics of small floor area, low operating cost, good nitrogen and phosphorus removal effect, and flexible control. However the process operation is rather difficult and the requirements for the level of operation and management is high. There are 10 reactors for MSBR process. During the commissioning process, the problem of sludge running out caused the effluent to exceed the standard is encountered. By studying and analyzing the measured data, the methods of strengthening the monitoring of sludge volume index, adjusting the sludge discharge and controlling the sludge concentration are taken to effectively solve the practical problems, which guarantees the final effluent quality of the whole plant after being reconstructed up to the related requirements of *Discharge Standard for Main Water Pollutants of Municipal Wastewater Treatment Plant* (DB33/2169—2018) in Zhejiang Province.

Keywords: wastewater treatment; MSBR; sludge; sequencing batch reactor

0 引 言

MSBR(modified sequencing batch reactor)是20世纪80年代后期C Q Yang 等根据SBR技术特点和传统活性污泥法技术研究开发的一种污水处理系统,其属于一种较为理想的改良型序列间歇生物反应器。MSBR由A²O系统和SBR系统共同串联组成,是一种具有二者共同优点的可连续进出水的生物反应器^[1]。MSBR工艺在总装机容量、土建工程量、节能降耗和节约用地等多方面具有明显的优势,并具有自动控制管理要求高、占地省、能耗低和处理效果显著的特点。其工艺特点是无须初沉池和二沉池又能在设计水位下连续进水运行,是集约化程度显著提

高的一体化水处理新工艺。但正是由于不设置二沉池,序批池兼具二沉池功能,MSBR污泥系统与传统生物池系统并不相同,因此在调试过程中对污泥系统如何有效运行,特别是在序批池中污泥如何有效沉淀、如何保证污水处理效果的研究具有重要意义。

1 工程概况

该工程新建的MSBR生物池是嘉兴市联合污水处理厂清洁排放提标改造工程的组成部分,设计规模为平均污水处理量10万t/d,总变化系数 $K_{总}=1.5$,出水水质要求达到浙江省《城镇污水处理厂主要水污染物排放标准》(DB33/2169—2018)的相关要求,如表1所列。

该工程主体结构为矩形钢筋混凝土池1座,包含镜像对称的2组10池MSBR工艺系统,每组组成为厌氧单元+2个缺氧单元+好氧单元+泥水分离单元+预缺氧单元+2个序批单元+2个缺/好氧单元。

收稿日期: 2024-10-13

作者简介: 朱初(1979—),男,硕士,工程师,从事给排水设计与施工工作。

表 1 嘉兴联合污水处理厂清洁排放提标改造设计出水水质		
指标	设计进水水质	设计出水水质
COD _{Cr} / (mg·L ⁻¹)	400	≤40
BOD ₅ / (mg·L ⁻¹)	180	≤10
TSS / (mg·L ⁻¹)	250	≤10
TN / (mg·L ⁻¹)	40	≤12(15)
NH ₃ -N / (mg·L ⁻¹)	30	≤2.0(4.0)
TP / (mg·L ⁻¹)	8.0	≤0.3
pH	6~9	6~9

单组生物池工艺流程图如图 1 所示。

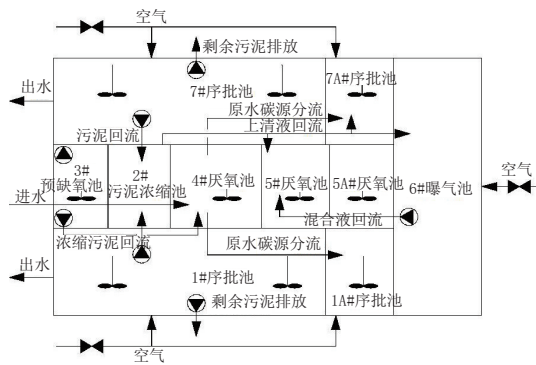


图 1 十池 MSBR 生物池平面布置图

每组生物池在曝气池(6#池)和序批池(1#池和7#池)共安装 3 台在线仪表实时检测混合液悬浮固体浓度(MLSS),该工程设计水位标高为 5.30 m,污泥浓度计探头深度为水位以下 600 mm。

单组生物池的污泥循环系统流程及污泥浓度计安装的平面位置如图 2 所示。

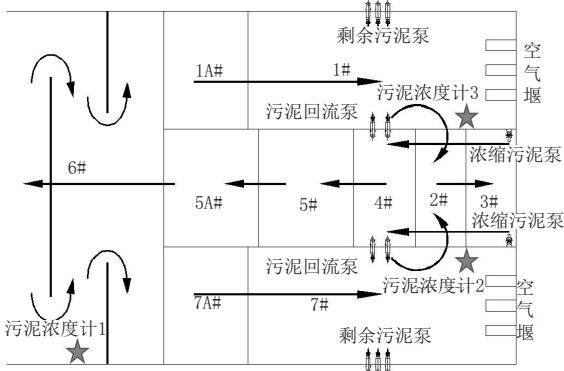


图 2 MSBR 生物池污泥循环系统流程图

2 调试过程中发现的问题

污水生物脱氮主要包括氨化、硝化和反硝化过程,因为自养硝化菌的比增长速率较低,所以较长的污泥停留时间(SRT)有利于达到更好的脱氮效果。因此为了强化生物脱氮,在生物池运行过程中适当保持活性污泥浓度在一个较高的水平,提高生物量,增强反硝化脱氮效果。此外污泥浓度高、污染物处理率高和系统产泥率下降,也可使污泥处理成本下

降。因此在 MSBR 生物池调试初期主要运行策略是参考设计模型,在短时间内使活性污泥浓度达到一个较高的水平。

该工程新建 MSBR 系统经过 2 周试运行后,好氧池污泥浓度达到 3 000~3 500 mg/L,总进水量达到设计能力开始满负荷运行,南北池出水指标正常,但 17 d 后各项出水水质指标不达标,不得不降低进水量。如图 3 所示,调试期间进水水质波动在正常范围内,而第 17 天的 TN、TP 和氨氮明显超出设计指标。

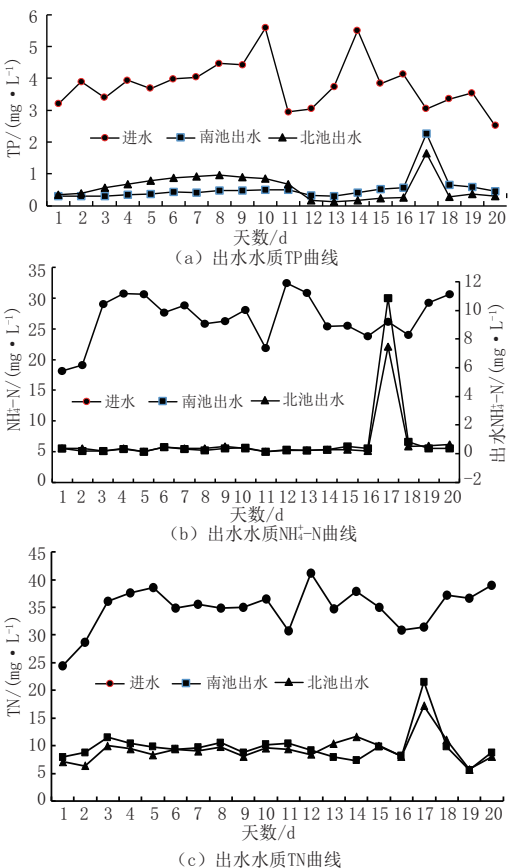


图 3 跑泥阶段出水水质曲线图

经过调查发现是由于序批池出水跑泥致使出水水质不达标。根据安装在好氧池的在线悬浮固体浓度检测仪提供的数据绘制得到好氧池 MLSS 曲线如图 4 所示,从图中可见在 20 d 的调试周期内,好氧曝气池 MLSS 浓度总体呈不断上升的趋势,随着调试的深入,从初期的 3 000 mg/L 左右逐渐增长到 3 500~4 000 mg/L,并在这一范围内小幅波动。直至第 17 天,好氧池的 MLSS 浓度快速上升突破 4 000 mg/L,同时这时各项出水水质指标超标。经过追溯分析各项运行数据后能够确定出水跑泥的主要原因是处理负荷提升到设计能力的过程中,污泥浓度不断提升但没有及时同步调整排泥策略,排泥量不足造成跑泥,从而导致出水水质超标。

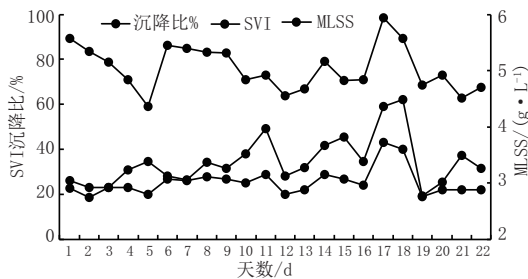


图4 好氧曝气池沉降比、MLSS和SVI曲线图

3 调试中采取的改进措施

3.1 加强污泥容积指数取样分析

在稳定的活性污泥处理系统运行管理中,大多将曝气池污泥浓度、污泥沉降比和污泥容积指数作为工艺运行的重要指导参数^[2]。该工程生物池在调试阶段运行时通过安装在曝气池(6#池)和序批池(1#池和7#池)的3台在线污泥浓度计对混合液悬浮固体浓度(MLSS)进行实时监测。同时进行曝气池混合液人工定时取样分析获得污泥沉降比的数据(这里指静止沉淀30 min的SV30数据)。由于生物池运行过程中污泥浓度是动态变化的,在取样获得SV30数据后,以及根据取样时间点的混合液悬浮固体浓度(MLSS),然后计算得到污泥容积指数SVI。

污泥指数又称污泥容积指数(SVI),是衡量活性污泥沉降性能的指标。SVI指曝气池混合液经30 min沉淀后,相应的1 g干污泥所占的容积(以mL计),单位为mL/g^[3],即SVI=SV30 / MLSS。

通过监测SVI,可以判断活性污泥系统中污泥的沉降性能以及处理系统的稳定性和效率。较好的污泥沉降性能有助于提高污水处理的悬浮物去除效率、降解有机物的能力和沉降污泥的压缩性。可以客观评价活性污泥分散程度和絮凝、沉淀性能,及时反映出是否有膨胀倾斜或已经发生污泥膨胀^[4]。

由于序批池分阶段运行的特点,在设定的沉降时间内池内活性污泥能否有效沉降是影响运行的重要因素。因此在MSBR系统中污泥沉降性能尤其需要重视污泥沉降比和污泥指数的监测,污泥容积指数数据和曲线图如图4所示,图中第17、18天数据明显偏高,这一数据可以说明污泥容积指数的变化反映了生物池内污泥系统运行状态的变化。

3.2 调整排泥量

进水水质中的悬浮固体浓度(SS)是影响污泥产量的一个重要影响因素,在调试和运行阶段可以参考进水SS值从而动态调整排泥量,使污泥浓度控制

在适合范围内,主要方法如下。

3.2.1 污泥产量

MSBR生物反应池系统剩余污泥(干泥)产量公式如式(1):

剩余污泥(干泥)产量 =
$$Q \times (A \times VSS + B \times 0.7 \times VSS + C \times BOD_5)$$
 (1)

式中:Q为平均处理量,10万t/d;A为VSS中无机物系数,一般可取0.3;B为VSS中不可降解的系数,一般可取0.3;C为BOD所产生的污泥系数,一般可取0.4。

例如根据取样检测数据进水水质VSS取250 mg/L,BOD₅取180 mg/L,则剩余污泥(干泥)产量=19 950 kg/d。

一般来说生物池产出污泥的含水率约为99%,因此计算可知总产泥量约为2 000 m³/d。

3.2.2 计算通过剩余污泥泵排出的污泥量

例如设置剩余污泥泵的排泥频率为每周期9次,每台泵每次运行2 min,则单组MSBR池2个序批池共6台泵每天的总排泥时长为:

2(序批池)×3(剩余污泥泵)×9(一个周期内的排泥次数)×6(运行周期)×2(min,每次的设定时间)=648 min/d;

则单组MSBR池排泥量=排泥时长×泵流量=648 min/d×2 m³/min=1 296 m³/d;

因此每日MSBR系统南北2组生物池的总排泥量为1 296 m³/d×2=2 592 m³/d。

3.2.3 设置和调整排泥量

根据以上计算可知运行时剩余污泥泵每天的总排泥量为2 592 m³,大于每天的总产泥量2 000 m³,因此可以保证污泥系统平衡,从而使系统正常运行。

以此类推,根据进水水质计算得到的理论值,设置适合的排泥频率和每次剩余污泥泵的运行时间,如进水SS浓度上升,则需要增加排泥频率;如进水SS浓度降低,则可以减少排泥频率。

3.3 控制污泥浓度

根据污泥容积指数取样数据、在线仪表数据,可计算得出理论污泥产量和相应需要的排泥量,通过调整剩余污泥泵的运行频率和运行时间将污泥浓度控制在3 000~3 500 mg/L,既可满足生物反硝化脱氮,又能在进水水量或水质剧烈波动的情况下提供一定的抗负荷冲击能力,从而保证生物池稳定运行。当发现污泥浓度趋势上升时需要及时调整运行参数,将上升趋势转变为稳定的趋势;当污泥浓度超过

4 000 mg/L 时,首先必须立即采取措施,增大排泥量降低浓度,同时对整个生物池系统进行检查,排除异常。

后期建议通过在序批池合适位置增加在线污泥界面仪,实时监测池内上清液和沉降污泥分界线数据及其变化趋势。可设置污泥界面仪和排泥泵的连锁控制,通过界面仪的监测数据调整排泥泵的排泥量,始终控制污泥浓度和泥层厚度在安全范围内。

3.4 保证关键设备运行

该工程 MSBR 生物池中配备的污泥回流泵、混合液回流泵,以及搅拌机(特别是 1 和 7 单元靠近出水堰的搅拌机)、排泥泵是生物池运行中的关键设备,一旦这些设备运行不正常将在短时间内直接导致整个系统紊乱,因此必须加强设备管理。在调试开始之前,必须对生物池进行全面仔细的清扫,将主体结构施工过程中遗留在池内的杂物,如模板碎片、包装材料、螺丝螺母配件等,全部清理干净,防止这些杂物造成设备故障。同时在调试前制定关

键设备清单和维保计划,保证设备正常运行的专业检修方案,提供技术保证。调试开始后实行专人或班组负责制,加强巡检,发现设备故障及时排除,同时要求设备供应商专业技术人员驻场提供及时的技术指导。

4 改进后的效果

调试初期发现跑泥问题后,通过对生物处理工艺系统内污泥系统特点的研究,及时采取加强污泥容积指数取样分析、调整排泥量、增加污泥层容积监测和制定关键设备管理制度等各项改进措施,目的是对污泥系统进行整体管理和控制。经过调整后生物池再未发生跑泥问题,南北池系统出水正常清澈,水质稳定达标。整个系统运行稳定,污水处理负荷达到设计能力,出水水质、经济性等各个指标达到考核要求,顺利通过为期 14 d 性能考核。出水 COD、SS、总氮、总磷和氨氮 5 项主要指标的 30 d 曲线如图 5 所示。

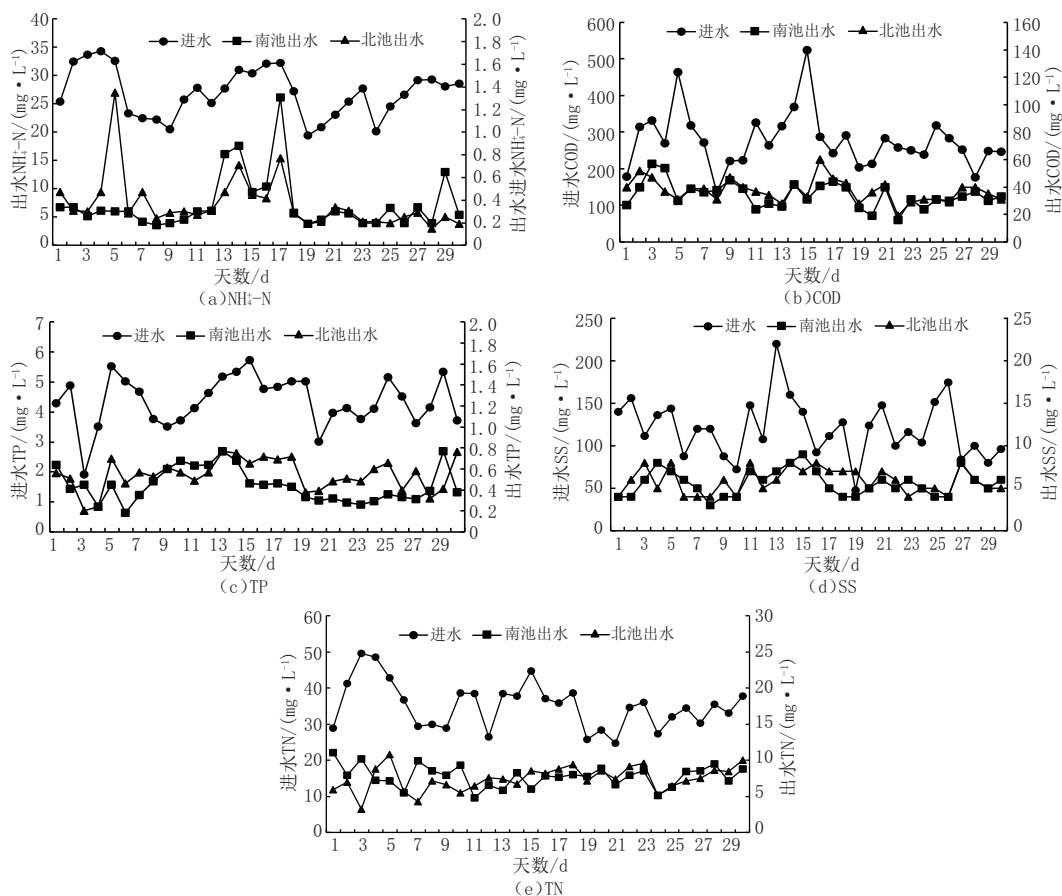


图 5 30 d 出水水质曲线图

5 结 语

(1) 在 MSBR 生物池调试阶段需加强对各污泥指

标的监测,通过在线仪表结合定期现场取样检测获取准确反映生物池运行状态的污泥浓度等数据,将好氧曝气池污泥浓度控制在 3 000 ~ 3 500 mg/L 的水

(下转第 219 页)