

基于 AAO 工艺脱氮调控的探究

常冠甲 李刚强 张首辉 苏俊萍 王进

郑州航空港区明港水务有限公司

DOI:10.12238/etd.v6i6.16840

[摘要] 长久以来,大多数污水处理厂都面临一个难题,就是对生物曝气池水质的预判断。当生物曝气池发生水质异常时,不能被及时发现,从而容易造成生物系统故障运行不稳定,生产运行存在迟滞性。对于进水水质COD长期偏低的污水处理厂,还存在碳源药剂用量过高的问题。本文以郑州航空港区某AAO工艺污水处理厂的生物曝气池为研究对象,采用硝氮在线仪表,针对微生物脱氮的生产调控方向进行了探究,在实际应用中取得了很好的效果,供大家参考。

[关键词] 调控方向; 脱氮; COD; 生物曝气池; 碳源药剂

中图分类号: X703 **文献标识码:** A

Study on Nitrogen Removal Regulation Based on AAO Process

Guanjia Chang Gangqiang Li Shouhui Zhang Junping Su Jin Wang

Zhengzhou Airport Zone Mingang Water Affairs Co., Ltd.

[Abstract] For a long time, most wastewater treatment plants have faced a common challenge: the pre-assessment of water quality in the biological aeration tank. When abnormal water quality occurs in the biological aeration tank, it often cannot be detected in time, which can easily lead to unstable operation of the biological system and delays in production processes. For wastewater treatment plants with long-term low COD levels in the influent water, there is also the issue of excessive carbon source chemical usage. This study focuses on the biological aeration tank of an AAO process wastewater treatment plant in Zhengzhou Airport Zone. Using an online nitrate analyzer, the research explores production control strategies for microbial denitrification, achieving significant results in practical applications. The findings are provided for reference.

[Key words] regulation direction; denitrification; COD; biological aerated basin; carbon source reagent

城市的发展带动了居民生活方式的改变,生活污水中的有机物普遍降低,造成污水中的碳源不能够满足脱氮除磷的需求,为了保障微生物的正常活动,需要在生物曝气池补充碳源。污水处理厂的进水水质呈现波动多变特点,进水水质的检测方式主要是依靠手工化验检测,取样次数少且用时较长,时效性差,不能根据进水水质及时做出调控,碳源投加量的调控难度较高,为保证出水水质,往往会采用过量投加的方法,导致药剂用量过高,不利于节约生产成本。该运行方式适合水质波动较小的情况,当进水负荷冲击较大时,应对能力较差,不能及时做出响应^[1]。

在生物曝气池的缺氧段,对于脱氮起到了关键性作用,利用ORP、DO、MLSS等在线仪表可以对微生物的浓度和氧环境进行实时观察,但是不能够监测到水样中的N含量变化,通过加装在线硝氮仪表,可以很好地做到水质监测。

1 调控现状

智慧水务概念已经提出很多年了,中国智慧水务的发展历

程有为三个大阶段,从自动化到信息化再到智能化,时间跨度很大。时至今日,很多污水处理厂均建设起了自己的智慧水务系统,具备药剂用量自动控制功能,但距离智慧化还尚有距离。对于进水水质波动较大的情况,仍需要人为判断给予调控。

调控的关键在于提前掌握数据变化,做好在线仪表的日常维护,通过在线仪表数据进行科学分析,给予工艺调整。在线硝氮仪表目前价格较为昂贵,使用和维护成本较高,考虑到经济性,适合布控在关键点,给污水处理提供重要数据,减少碳源药剂的投加量,同时增强应对冲击负荷的能力。

2 项目背景

郑州航空港区某污水处理厂进水量约在 $1.9 \times 10^4 \text{m}^3/\text{d}$,包含工业废水(约 $6000 \text{m}^3/\text{d}$)和城镇生活污水(约 $13000 \text{m}^3/\text{d}$),其进水水质COD(化学需氧量)常年含过低,需要每日投加乙酸钠进行碳源补充,可选的碳源投加位置有预缺氧、厌氧、缺氧一、缺氧二、缺氧三,进水100%进入预缺氧,内回流100%进入预缺氧,外回流100%进入预缺氧,兼氧一和兼氧二不曝气以缺氧状态

运行, MLSS(污泥浓度)为6027mg/L, MLVSS(可挥发性污泥浓度)浓度为2672mg/L, 水温19.2℃。

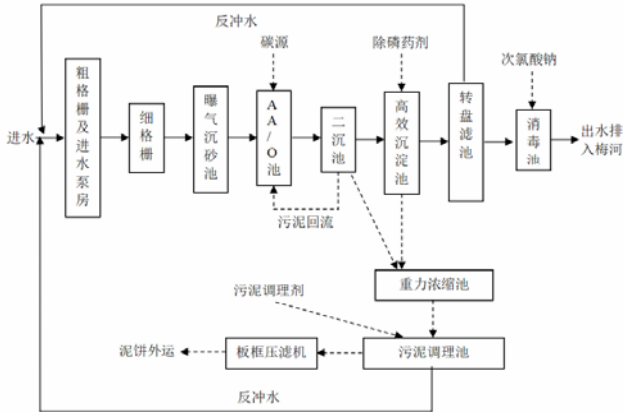


图1 工艺流程图

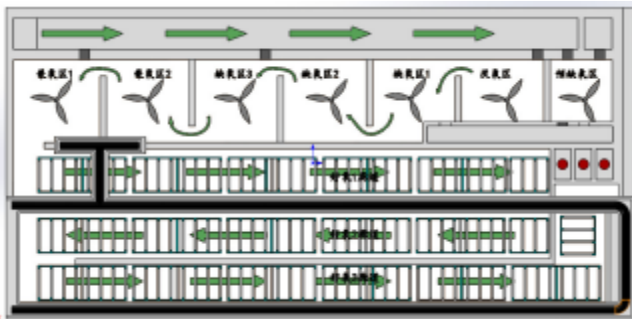


图2 生物曝气池布局图

表1 曝气池水质数据

项目	COD (mg/l)	TN (mg/l)	TP (mg/l)	NH ₃ -N (mg/L)
进水	97	28	2.77	22.5
出水	8	8.3	0.77	0.564

3 调控方案

3.1 曝气池现状

生物曝气池利用微生物对污水中的污染物进行脱氮除磷, 针对进水中C/N很低的情况, 需要补充大量碳源进入曝气池, 造成了碳源药剂费用高, 年碳源药剂费高达177万元, 占成本支出的29.5%, 不利于污水处理的运营维护, 需要根据生产数据, 针对碳源药剂用量大这一问题进行分析, 实施系列节能降耗措施。

3.2 监测仪表

在厌氧区和缺氧三安装有ORP(氧化还原点位)在线仪表, 缺氧三还装有NO₃-N在线仪表, 在好氧三安装有DO(溶解氧)、MLSS、NO₃-N在线仪表, 在线仪表数据时时上传至中控系统。每日下午2点, 采取手持DO仪对曝气池的各功能区进行DO测量。

表2 曝气池DO数据

位置	预缺氧	厌氧	缺氧一	缺氧二	缺氧三	好氧一	好氧二	好氧三
DO (mg/l)	1.32	1.15	0.15	0.14	0.11	0.20	2.00	5.54

3.3 调控方法

3.3.1 碳源投加位置选择

根据DO确定反硝化开始区域为缺氧一段, 选择从缺氧一投加碳源, 当缺氧一DO高于0.5mg/L时, 切换至缺氧二段进行投加, 缺氧二段DO长期低于0.5mg/L, 目的是为了减少投加碳源参与微生物除磷和繁殖消耗。从技术方面进行了改进, 将碳源的投加管道进行加长, 因为目前效率较高的碳源都以乙酸钠和醇类物质作为其主要成分, 从池面投加变为了池中投加, 可以有效减少碳源中部分成分的挥发, 同时使得投加的碳源分布更加均匀, 碳源利用率更加高效。

3.3.2 水质快速检测

采用国标规定的化验检测法和快速试剂检测法相结合。快速试剂检测采用多参数水质分析仪^[1]适用于突发情况, 速度快, 用时短, 可以在半小时内得出结果。人工化验检测提供日均数值, 对每日水质提供日参考值。两种方法的结合, 对于生产调控有着极大的帮助, 当水质变化较大时, 可以通过快速试剂检测获得生产水质的各项指标, 及时对工艺做出调整。每日的人工化验提供的水质日值可以很好地用于综合分析, 得出水质变化的大趋势, 指导调控的方向。

3.3.3 碳源投加控制

为了保证在线硝氮仪表的数据可靠性, 在好三廊道和缺氧三段均安装了在线硝氮仪表, 每日同一时间在在线硝氮仪表安装点进行取样化验, 取样同时记录在线硝氮仪表的数值, 通过将一个半月的手工取样化验数据和在线硝氮仪表数据比较, 发现在线硝氮仪表准确性较为可靠, 在0-10mg/L的硝氮范围内, 能够很好地反应硝氮变化趋势, 在定期维护保养下, 可以很好地监测硝氮水平。根据在线监测仪表检测到的数据确定投加的碳源量与反硝化脱氮量之间的比例值^[2], 结合智慧水务系统, 设置药剂的密度和单耗后根据进水量实时自行调整碳源的药剂投加瞬时量, 保障曝气池出水TN始终维持在10mg/L左右。

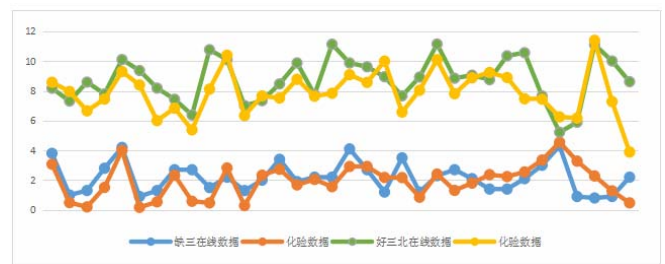


图3 硝氮在线仪表数值与手工化验数值对比

3.3.4 DO的控制

曝气池的DO水平关系到氨氮转化为硝氮的速率, 过低的DO会造成氨氮转化速率较慢, 有时会造成氨氮出水指标较高, 而过高的DO会造成缺氧环境的延后, 降低反硝化效果, 所以对曝气池的DO控制是整个生物处理系统的核心调控。对供气阀门进行调节, 好氧一廊道、好氧二廊道的DO控制在6mg/L, 好氧三廊道从前至后逐步压低空气阀门, 让水中的DO开始逐步的降低, 能够将出水氨氮保持在1mg/L以下, 同时可以实现内外回流的DO数值降低

至1.5mg/L,确保了曝气池的厌氧和缺氧环境形成,增强AAO工艺的处理效果。

3.3.5 污泥浓度的调控

从数据可看,研究调控前曝气池污泥浓度均值在6000mg/L,同工艺污水处理厂普遍污泥浓度在3000mg/L,污泥浓度较进水水质较好的污水处理厂明显偏高,造成这种情况的原因是MLVSS数值占比较低,仅占MLSS的44%,低于理论数值75%,表明进水中含砂量偏高,砂量堆积造成曝气头堵塞,形成恶性循环,增加了鼓风机的负荷。鉴于此种情况,对曝气系统进行了酸洗优化。酸清洗对恢复刚玉曝气器性能具有较好的提升效果,15%HCl溶液酸洗20min能使刚玉曝气头氧传质系数由刮泥后的 0.5min^{-1} 左右恢复到 0.7min^{-1} 左右,接近于全新曝气头氧传质系数,清洗效果良好^[3]。考虑到盐酸的危险性,可选用甲酸。酸洗前先对混凝土先开展腐蚀实验,确定其不腐蚀混凝土又能够疏通刚玉材质曝气头且对曝气池生物系统影响较低的适宜浓度,酸洗后,曝气效率明显提升,将积砂充分悬浮随出水进入后续工艺处理流程,MLSS下降至4862mg/L,MLVSS略有下降,但可以维持在2400mg/L,仍能保障生产运行稳定。

4 数据分析

4.1 碳源单耗和投加点位

通过长期观察,碳源单耗与硝氮数值之间并无线性关系,硝氮的去除效率更多和碳源的投加点位DO情况关联更大,通过每日监测DO变化,选择适当的碳源投加点,碳源药剂用量明显下降,日均碳源单耗由调整前的200mg/L降低至150mg/L,曝气池出水TN稳定达标。

4.2 曝气池氨氮、硝氮、总氮的构成

曝气池进水氨氮稀释后的数据可以判断其在缺氧段的分布水平,结合缺氧段硝氮仪表数据,可以估算曝气池的整体总氮数值,其与曝气池的实际总氮水平较为接近,可以控制总氮水平在排放限值水平内。长期数据统计发现,当进水中 $\text{NH}_3\text{-N}$ 占TN的70%时,缺三在线硝氮需要控制在1-2mg/L之间,可以将曝气池出水TN控制在10mg/L左右。当进水中 $\text{NH}_3\text{-N}$ 占TN的80%时,缺三在线硝氮控制在3-4mg/L之间,可以将曝气池出水TN控制到10mg/L左右。若进水中 $\text{NH}_3\text{-N}$ 占TN的90%以上,缺三硝氮可以控制在7-8mg/L之间,同样能保证曝气池出水TN控制在10mg/L左右,其规律也符合公式化推导。进水氨氮占比例愈高,表明其进水硝氮较低, $\text{NH}_3\text{-N}$ 经内外回流流量稀释后其数值在进水混匀后降为原浓度

的1/3,而进水硝氮较低,经内外回流混匀后会浓度会略有更加。

$$\text{曝气池进水 } \text{NH}_3\text{-N} = \frac{\text{进水流量} \times \text{进水 } \text{NH}_3\text{-N} + \text{外回流流量} \times \text{外回流 } \text{NH}_3\text{-N} + \text{内回流流量} \times \text{内回流 } \text{NH}_3\text{-N}}{\text{进水流量} + \text{外回流流量} + \text{内回流流量}}$$

注:流量单位 m^3/h

$\text{NH}_3\text{-N}$ 单位 mg/L

式1 进水 $\text{NH}_3\text{-N}$ 估算公式

4.3 脱氮和除磷的侧重

通过数据计算,曝气池自身的除磷效果基本能维持在80%的去除率,而硝氮的去除率则在70%,根据这一数据,可以将曝气池的碳源向脱氮倾斜,减少除磷对碳源的消耗,将除磷放在三级处理阶段即高效沉淀池进行补充去除。三级处理对于N的处理能力有限,但是对于P的处理效果能力则较强,这样可以把生物处理的重心放在反硝化脱氮上,减少碳源药剂的消耗。从成本分析,碳源药剂的单耗和单价均较高,除磷药剂的单耗和单价较低,曝气池主要使用碳源,高效沉淀池主要使用除磷药剂,能够在药剂成本上实现节能降耗。

5 结论

(1)微生物处理污水中的污染物需要合理的C、N、P比例。实际上,很多污水处理厂的进水中的N和P占比不同,脱氮除磷的侧重点不一致,通过侧重调控,可以实现碳源利用效率的最大化。(2)污水检测可以用快速试剂检测法提供一手数据,对于把控生物处理有着极好的参考作用,通过与在线仪表的结合,可以提前对水质异常进行诊断,做出正确的调控措施,保障生产的稳定运行^[2]。(3)当进水中TN水平无较大波动时,进水中 $\text{NH}_3\text{-N}$ 占TN比值直接影响了曝气池前端的硝氮水平,可以按照比值的多少,确定前端硝氮的控制水平,精准碳源药剂的投加。(4)碳源投加要选择合适的点位,DO值可以用于判断反硝化的最佳点位,防止碳源过早投加先被微生物氧化分解,未参与到反硝化过程中^[3]。

[参考文献]

- [1]王壮壮.多参数水质分析仪[P].山东省:CN201930064800.3,2019-07-30.
- [2]陈明飞,王小东,王燕,等.污水处理厂刚玉曝气器堵塞原因及清洗效果研究[J].环境工程,2020,38(07):127-131.
- [3]胡卫军,卢奕,虞康.碳源的智能投加方法、装置及控制系统[P].湖北省:CN202311335942.0,2024-01-05.