

DO 和 pH 作为 SBR 硝化终点参数试验研究

姚瑞珍¹ 周国胜¹ 张 杰¹ 刘年丰²

(1 黄石理工学院环境科学与工程学院, 黄石 435003; 2 华中科技大学环境科学与工程学院, 武汉 430074)

摘要 为更好地实现 SBR 脱氮在线模糊控制, 以生活污水为研究对象, 通过改变曝气量、氨氮负荷等因素, 研究 DO 和 pH 作为好氧硝化过程终点控制参数的特点。结果表明: 曝气量过大时, DO 曲线不能明显反映出好氧硝化终点; 曝气量在 $0.16 \sim 0.8 \text{ m}^3/\text{h}$ 范围内时, SBR 好氧硝化阶段出现两次跃升, 分别指示异氧菌降解有机底物的结束和自氧菌降解氨氮的终点。pH 在 7.5~8.2 之间, 有机物降解至难降解时 pH 出现极大值, 随着硝化反应的进行直至硝化结束, pH 不断下降并出现极小值, 然后 pH 快速上升或维持不变。

关键词 序批式活性污泥法 好氧硝化 氨氮负荷 DO pH

SBR 的优点在于能够根据底物的去除情况, 灵活地改变反应时间。目前简易快速的有机物、氨氮、硝态氮的传感器尚未问世, SBR 能耗主要集中在好氧段, 过量曝气不仅浪费能量, 而且不利于微生物的生长。Yuan Z G 等^[1] 基于环境变量基础上提出拐点判断控制策略。高景峰等^[2~4] 对 SBR 去除有机物、好氧硝化、反硝化过程中 DO、pH、ORP 的变化规律做过研究, 并取得一定的效果。本文针对不同氨氮浓度、曝气量, 对比研究 DO 和 pH 作为 SBR 硝化终点的间接控制指标, 为实现在线模糊控制奠定基础。

1 试验材料与方法

1.1 试验装置与工艺流程

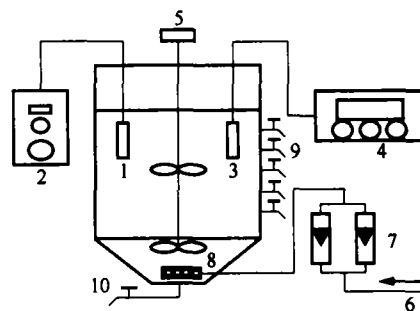
试验装置如图 1, 反应器高 28 cm, 直径 22 cm, 总有效容积 12 L, 采用鼓风曝气, 用转子流量计调节曝气量, 并根据 DO 和 pH 变化规律在一定时间间隔取样, 为了更清楚地反映好氧硝化过程同时节省外加碳源, SBR 反应器的运行方式为: 瞬间进水搅拌(反硝化)—曝气(好氧去除有机物、硝化)—静置沉淀—出水。

1.2 检测项目及分析方法

MLSS(滤纸称量法); COD(重铬酸钾法); $\text{NH}_3\text{-N}$ (纳氏试剂分光光度法); $\text{NO}_3^- \text{-N}$ (麝香草酚分光光度法); pH, DO(均采用在线监测仪)。

1.3 试验水质

试验以生活污水作为 SBR 反应器的进水, 维持此进水浓度培养驯化污泥数周后进行试验。水温在



1 DO 传感器 2 DO 测定仪 3 pH 传感器 4 pH 测定仪
5 搅拌器 6 压缩空气 7 空气转子流量计 8 曝气器
9 排水口 10 排泥口

图 1 SBR 试验装置

(23 ± 2) $^{\circ}\text{C}$, 投加 NaHCO_3 调节 pH, 投加 NH_4Cl 来调节氨氮负荷。污泥取自某城市污水处理厂二沉池回流污泥, 经过接种, 驯化后进行试验。

1.4 试验方案

维持污泥浓度 MLSS 约 4 000 mg/L, 维持 COD_Cr 浓度一定, 改变进水氨氮浓度, 分别进行了 3 种不同浓度的冲击试验, 考察 DO、pH 在 SBR 好氧硝化过程的变化规律, 并将其确定的好氧硝化终点与实际 COD_Cr 、氨氮检测比较; 在 3 种不同曝气量下, 观察 DO、pH 变化规律, 分析 DO、pH 作为好氧硝化终点参数的特点。

2 结果与分析

2.1 一个反应周期 DO、pH 变化规律

由于主要考虑好氧硝化过程中 DO、pH 的变化规律, 因此本文将 SBR 反应工序中反硝化部分的数

据绘制于图中,每次好氧时间从 40 min 开始。好氧段的反应时间是尽量使反应进行完全。选择进水氨氮浓度为 35 mg/L 的典型图见图 2,图 3 为 pH 及 dpH/dt 导数图,进水氨氮为 80 mg/L、136 mg/L 的 DO、pH 变化规律见图 4、图 5。

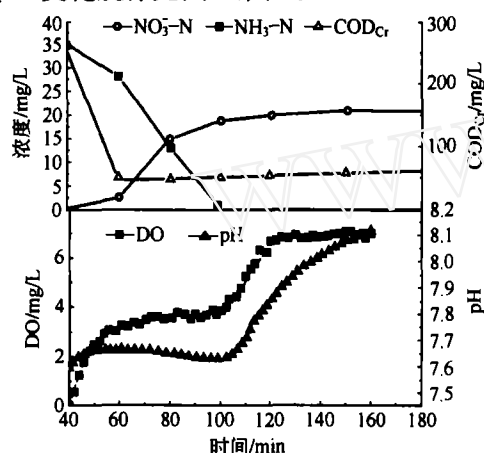


图 2 进水 $\text{NH}_3\text{-N}$ 35 mg/L,曝气量 $Q=0.3 \text{ m}^3/\text{h}$ 好氧硝化过程中 COD_{Cr} 、 $\text{NH}_3\text{-N}$ 、 $\text{NO}_3\text{-N}$ 的变化以及对应的 DO、pH 变化规律

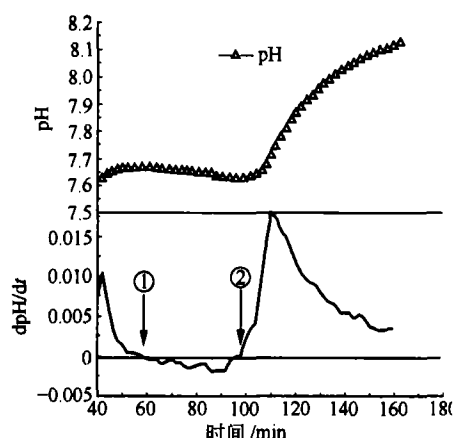


图 3 进水 $\text{NH}_3\text{-N}$ 35 mg/L 时 pH、 dpH/dt 的变化规律

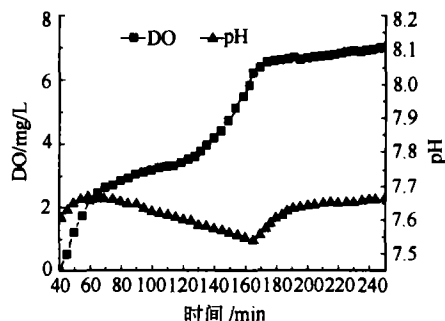


图 4 进水 $\text{NH}_3\text{-N}$ 浓度为 80 mg/L 好氧硝化过程中 DO、pH 的变化规律

2.2 进水氨氮负荷冲击 DO、pH 变化分析

恒定曝气量 $Q=0.3 \text{ m}^3/\text{h}$,好氧硝化过程中 pH

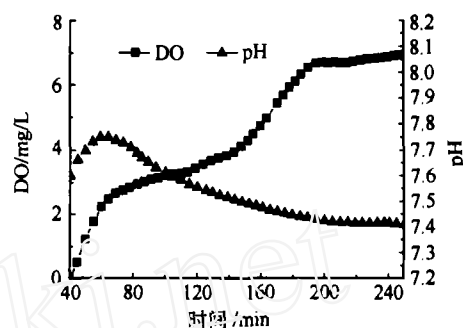


图 5 进水 $\text{NH}_3\text{-N}$ 浓度为 136 mg/L 好氧硝化过程中 DO、pH 的变化规律

曲线的变化特点是:首先在 COD_{Cr} 的去除 pH 由进水 7.57 不断上升至第 20 min 的 7.68,这是因为异氧微生物对底物的代谢并转化为 CO_2 , CO_2 溶解在水中导致 pH 下降,但曝气不断地将 CO_2 吹脱,从而导致 pH 上升。Kim 等^[5]在交替好氧—缺氧优化脱氮系统中得出 $\text{dpH}/\text{dt}=0$ 极值点可以较好地指示有机物的去除和硝化的终点。Yu 等^[6]得出利用 pH 微分曲线可较好地识别硝化终点。pH 出现转折点,见图 3 中 pH 导数的箭头①,随着曝气的不断进行, pH 开始从 7.68 不断下降,(见图 2),这是因为硝化开始不断产生 H^+ , pH 的下降一直持续至 105 min 的 7.62,此时硝化反应已经基本结束或停止,(见图 2 中 pH 曲线和图 3 中 pH 导数的箭头②)。然后, pH 迅速上升然后维持不变或在硝化结束时就维持不变。pH 迅速上升是因为碱度含量大于硝化所需,曝气吹脱 CO_2 所致。随着进水氨氮浓度的增大,无法满足硝化所需碱度(见图 5),使得反应结束时还有 23 mg/L 氨氮剩余,此时用 pH 曲线来指示硝化终点不明确。

从图 2、图 4 和图 5 可以看出,由于进水中有机物的含量一致,所以去除 COD_{Cr} 的时间大都集中在 50~65 min, pH、DO 曲线出现转折的时间与 COD_{Cr} 结束的时间十分吻合。当进水氨氮浓度分别为 35 mg/L、80 mg/L,对应着硝化结束的时间为 105 min、165 min。pH、DO 转折点出现的时间也有 105 min 增至 165 min,正确指示了硝化的结束。氨氮没有剩余,反应进行完全。当氨氮浓度为 136 mg/L 时,在第 205 min 时 pH 没有出现上升的转折点,而是保持水平基本不变,这是碱度不足所致,此时氨氮去除已经结束,但氨氮有剩余。结合 DO 曲线可以正确指示硝化反应的终点。

2.3 不同曝气量 DO、pH 变化分析

DO 曲线及其微分曲线见图 6, 在硝化反应过程中出现两次拐点, 分别指示有机底物 COD_C 的去除和硝化结束的终点^[2]。不同曝气管下 DO、pH 变化见图 7、图 8。维持氨氮浓度在 35 mg/L, 从图 7、图 2、图 8 可以看出, 随着曝气量的增加, COD_C 的去除时间不断的减少, 从 80 min 减少到 55 min; 硝化过程中 DO 浓度也在不断增加, 但曝气量 0.3 m^3/h 和 0.8 m^3/h 在硝化过程中 DO 浓度较为接近。随着曝气量的增加, 硝化反应速率不断加快, 3 种曝气量条件下的硝化速率分别为: 0.07 $\text{mg NH}_3\text{-N}/(\text{gMLSS} \cdot \text{min})$, 0.135 $\text{mg NH}_3\text{-N}/(\text{gMLSS} \cdot \text{min})$, 0.159 $\text{mg NH}_3\text{-N}/(\text{gMLSS} \cdot \text{min})$, 当曝气量为 0.8 m^3/h , 硝化速率增长较慢, 其速率为 0.16 m^3/h 和 0.3 m^3/h 的 2.27 倍和 1.18 倍。曝气量 0.16 m^3/h 、0.3 m^3/h 的硝化结束时间分别为 165 min、105 min。但曝气量达到 0.8 m^3/h , DO 曲线指示硝化终点不明确(见图 8), 因为曝气量过高, 硝化过程中 DO 就越接近饱和值, DO 上升的余地不大, 不利于终点的判断, 此时, 由于碱度适宜, 可以结合 pH 曲线来判断硝化反应的终点。

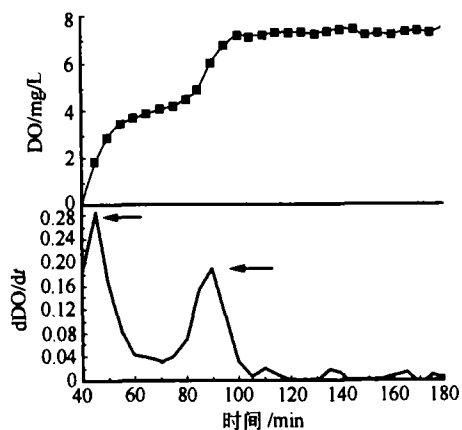


图 6 好氧硝化过程中 DO、dDO/dt 的变化规律

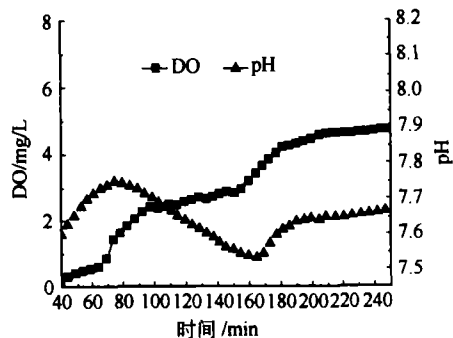


图 7 曝气量 $Q=0.16\text{m}^3/\text{h}$ 好氧硝化过程中 DO、pH 的变化规律

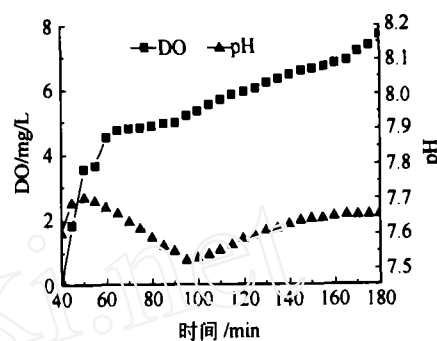


图 8 曝气量 $Q=0.8\text{m}^3/\text{h}$ 好氧硝化过程中 DO、pH 的变化规律

3 结论

(1) 在碱度适宜的范围内 pH 曲线可以正确指示 COD_C 的去除和硝化反应的终点; 在碱度不足时, 应结合 DO 曲线来综合判断硝化反应的终点。通过 pH 曲线还可判断体系的碱度条件是否适宜。

(2) DO 在好氧硝化过程中出现两个拐点, 可以正确指示有机物的去除和硝化的结束; 但曝气量过大时, DO 跃升的现象不明显, 不利于终点的判断, 此时应结合 pH 曲线来综合判断。

(3) 在碱度、曝气量适宜的条件下, pH 和 DO 及其微分曲线均能可靠判定好氧硝化的终点。

参考文献

- 1 Yuan Z G, Kelle J, Lant P. Optimization and Control of Nitrogen Removal Activated Sludge Process: A Review of Recent Development. IWA-ICA Preliminary Draft of STR part2. 2001; 0~14
- 2 高景峰, 彭永臻, 王淑莹. DO 和 ORP 与 SBR 法硝化反硝化的关系. 哈尔滨建筑大学学报, 2002, 35(1): 61~65
- 3 高景峰, 彭永臻, 王淑莹. SBR 法去除有机物、硝化和反硝化过程中的 pH 变化规律. 环境工程, 2001, 19(5): 21~24
- 4 高景峰, 彭永臻, 王淑莹. 以 pH 作为 SBR 法硝化过程模糊控制参数的基础研究. 应用与环境生物学报, 2003, 9(5): 549~553
- 5 Kim H, Hao O J. pH and Oxidation-Reduction Potential Control Strategy for Optimization of Nitrogen Removal in Alternating Aerobic-Anoxic System. Water Environment Research, 2001, 73(1): 95~101
- 6 Yu R F, Liaw S L, Chang C N, et al. Applying Real-Time Control to Enhance the Performance of Nitrogen Removal in the Continuous-Flow SBR System. Wat Sci Tech, 1998, 38(3): 271~280

电话: (0714) 6367636

E-mail: ruizhen_yao@163.com

收稿日期: 2006-08-15

修回日期: 2007-03-16