

文章编号: 1004 - 6011(2006)01 - 0026 - 03

SBR法脱氮除磷的影响因素及优化控制策略

蒋富海, 汪慧贞, 张彪

(北京建筑工程学院 城市建设工程系, 北京 100044)

摘要: SBR法脱氮除磷受多种因素影响, 现就其主要制约因素(如有机负荷、DO、pH等)进行综述。同时阐述了DO、ORP、pH优化控制SBR法脱氮除磷的策略, 在实现脱氮除磷的同时, 实现节能降耗。以便为今后在工程应用中提高脱氮除磷效率及减少成本提供途径和依据。

关键词: SBR; 脱氮除磷; 影响因素; 优化控制

中图分类号: TQ085⁺.4

文献标识码: A

Affecting Factors and Optimizing Control Strategy for Nitrogen & Phosphorus Removal in SBR Process

Jiang Fuhai, Wang Huizhen, Zhang Biao

(Dept. of Urban Construction Engineering, Beijing 100044)

Abstract: The nitrogen & phosphorus removal in SBR process was affected by many factors. In this paper, the main ones (such as the organic loading, DO, pH) were summarized and the strategy of optimizing control using DO, ORP, pH was described, which aimed to attain energy saving as well as N & P removal and provide reference for the correlated project and research.

Key words: SBR; nitrogen & phosphorus removal; affecting factors; optimizing control

SBR法是近年来国内外普遍关注和研究的一种生物处理技术。随着水体富营养化的日益严重, 对N、P排放要求也日益严格。SBR法能满足去碳及脱氮除磷的要求, 在城市污水及工业废水处理等方面得到广泛的应用。

影响脱氮除磷的因素是多样的。近年来国内外学者发现溶解氧(DO)、氧化还原电位(ORP)、pH等参数与污染物的降解具有相关性, 并开展了实时控制SBR系统的研究, 受到普遍关注。本文阐述了DO、ORP、pH优化控制SBR法脱氮除磷的策略, 在实现脱氮除磷的同时, 有效地节能降耗。以便能为今后在工程应用中提高脱氮除磷效率及减少成本提供途径和依据。

1 SBR法脱氮除磷的影响因素

SBR法生物处理过程中, 由于多种菌(脱氮菌、

PAOs、DPB等)的协同作用, 不同的环境及运行条件都将会影响总体处理效果。碳源、泥龄、DO等之间存在着诸多内在矛盾, 若条件控制不好, 常常会造成脱氮效果好而除磷结果不佳; 反之亦然。为此需探求最佳影响条件, 以强化脱氮除磷的效果。近年来SBR脱氮除磷影响因素也是国内外的研究热点。

1.1 进水有机物影响

碳源影响着脱氮除磷的总体效果, 这是因为聚磷菌(PAO)和反硝化菌会竞争碳源。必要时需外加碳源以满足二者的需求, 同时还要考虑碳源能否快速转化成脂肪酸(VFA)供PAO利用。M. Merzouki^[1]等在SBR法处理屠宰废水中, 通过预发酵增加VFA, 除磷及脱氮效率大大提高, $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 及 $\text{PO}_4^{3-} - \text{P}$ 去除率分别达85%和99%, 强化了营养物的去除。D. Obaja^[2]等在屠宰废水处理中探讨了内碳源脱氮除磷的可行性, 结果显示, 利用未经消化的猪肥料为内碳源, 当进水氨氮和磷酸盐浓度分别

收稿日期: 2006 - 01 - 11

基金项目: “863”科技攻关项目, 城市污水SBR处理设备成套化研究(2004AA601020-3-01)

作者简介: 蒋富海(1983 -), 男, 在读硕士研究生, 研究方向: 废水生物处理。



为 900 mg/L 及 90 mg/L 时,可达到 99.8% 的脱氮率和 97.8% 的除磷率. 为解决碳源缺乏的矛盾提供了一种思路.

1.2 曝气及 DO 影响

DO 影响脱氮除磷效果. 如反硝化正常运行时要求 DO 低于 0.5 mg/L, 而厌氧区则要严格控制 DO, 否则会影响聚磷菌过量吸磷能力. 于晓彩^[3]等的研究结果显示: 进水时限量曝气方式脱氮除磷效果较好. 而控制曝气时间最佳 (3.5 h) 可达到较高的 TN 及 TP 去除率 (分别为 97.6%、65.6%).

1.3 泥龄影响

泥龄长短对脱氮除磷也有直接影响. 一般来说短泥龄, 排泥量大, 除磷效果好, 但泥龄小于 15 d 时硝化受抑制. 综合考虑脱氮除磷, 应根据实际情况选择最佳 SRT. 张可方^[4]等通过实验得出满足硝化和除磷的最佳 SRT (17~21 d). Fikret Kargi^[5]等研究了 SRT 对营养物去除的影响, 结果显示: SRT 为 10 d 时, 可达到最大的氨氮及磷去除率 (分别为 84% 和 70%), SRT 15 d 时营养物去除率下降.

1.4 其它影响因素

pH、温度等也影响脱氮除磷, 维持其适宜的范围可以提高脱氮除磷效果. 此外, 一些学者培养出了好氧颗粒污泥, 由于其特殊的自身结构, 颗粒污泥具有同时硝化反硝化 (SND) 及反硝化除磷能力, 提高了污水中营养物的去除效果. 如卢然超等^[6]对好氧颗粒污泥进行培养后发现, 其对 TP、NH₃-N 和 TN 的去除率分别达 85%、90%、80%. 近年来反硝化吸磷现象也已成为研究热点. 这是通过污泥中的反硝化聚 P 菌 (DPB) 实现的. 即在缺氧条件下, DPB 利用硝酸氮作为电子受体, 同样产生生物摄磷作用. 在生物摄磷的同时, 硝酸氮被还原为氮气, 从而使生物除磷与反硝化脱氮有机地合二为一.

2 DO、ORP、pH 优化控制

许多研究指出在脱氮过程中 pH、DO、ORP 曲线上存在指示好氧过程有机物降解及硝化终点的氨谷 (Ammonia valley)、DO 肘 (DO elbow); 缺氧反硝化结束的硝酸盐膝 (Nitrate knee)、硝酸盐峰 (Nitrate apex), 提出了 DO、ORP、pH 作为脱氮除磷过程间接控制参数的可行性及稳定性.

2.1 DO、ORP、pH 的变化规律

高景峰^[7]等在脱氮过程的控制研究中, 发现 DO、ORP、pH 的特征变化具有良好的重现性, 其典

型变化见图 1.

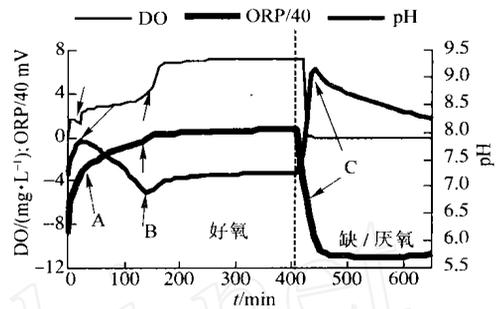


图 1 DO、ORP、pH 在一个反应周期内的典型变化 (进水混合液氨氮为 113 mg/L)

1) DO 变化曲线

在 COD 降解过程中, DO 稍有下降, 至水中有机物基本耗尽, 仅剩难降解有机物时 (图中 A 点), DO 即大幅上升. 硝化过程中, DO 不断上升, 硝化结束时出现跳跃或上升速率加快 (点 B), 随后接近饱和, 若继续曝气 DO 将基本维持不变. DO 第一次跳跃是因为 COD 降解至难降解部分时, 异养菌无法再大量摄取有机物, 造成供氧大大高于耗氧, 所以出现 DO 迅速大幅度上升. DO 出现第二次跳跃的原因是自养菌降解氨氮过程结束, 不再耗氧, 而其自养菌、异养菌的内源呼吸耗氧远远小于供氧所致. DO 在结束曝气后迅速降至零左右, 无法再给出任何过程信息.

2) ORP 变化曲线

ORP 在 COD 降解过程中维持恒定或缓慢上升, 当 COD 降至难降解部分时大幅上升. 从 ORP 与 DO 的关系式 ($ORP = a + b[\ln O_2]$) 知, ORP 主要受 DO 影响, DO 的大幅跃升相应 ORP 也大幅度上升. 硝化过程中随着硝态氮增加使 ORP 不断上升. ORP 在硝化反应的后期上升较缓且未出现类似 DO 变化的跳跃点, 原因可能是: 此时 DO 绝对值较高, 其微小变化并不会引起 ORP 的很大变化; 硝化过程中由于不断被氧化使氨氮量 (还原态物质) 减少, 相应地氧化态物质的产生量也减少.

反硝化初期, 由于 DO 耗尽导致 ORP 迅速下降, 随后硝态氮的还原, 使系统中氧化还原电位不断降低, ORP 继续下降; 至结束时, 出现拐点 (C 点). 指示出系统缺氧呼吸过程的结束, 进入厌氧状态, 放磷开始, 所以 ORP 会大幅下降.

3) pH 变化曲线

pH 在 COD 降解过程中大幅上升直至结束. 硝化阶段由于碱度的消耗及 H⁺ 的产生使 pH 逐渐下降. 此阶段虽好氧吸磷也在进行, 但由于硝酸为强

酸,导致 pH 总体呈现下降趋势.硝化结束时,由于继续曝气吹脱了 CO_2 且吸磷继续进行,使得 pH 出现转折(点 B),随后的 pH 平台显示吸磷过程的结束.

反硝化过程中不断产生碱度,pH 先是持续上升,在反硝化结束时随后突然下降,出现转折(C点),指示反硝化结束.这是由于硝酸盐耗尽时,系统转入厌氧状态,一部分兼性异养菌开始产酸发酵、放磷而使 pH 曲线出现转折.

2.2 导数图形分析

为进一步验证 DO、ORP、pH 参数的控制点,对它们的导数进行了跟踪分析.如高景峰等得出导数随时间的变化曲线,见图 2~4.

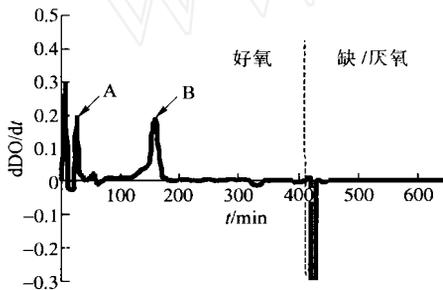


图 2 dDO/dt 曲线图

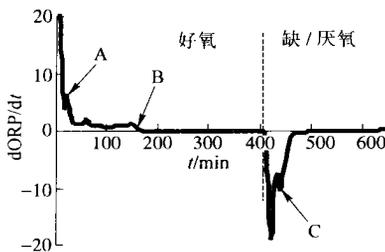


图 3 dORP/dt 曲线图

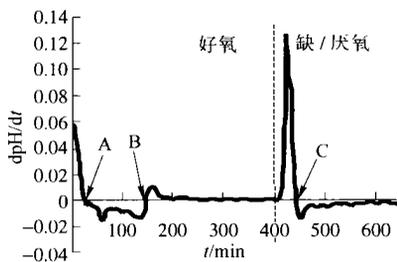


图 4 dpH/dt 曲线图

DO 导数图形中对应 COD 降解及硝化反应的终点可见两显著的突跃点. dORP/dt 图中,对应着 COD 的降解及硝化反应的结束,dORP/dt 曲线分别

出现突跃点和平台,反硝化结束的时间可由 ORP 导数的绝对值突然增加来轻松判断.而 dpH/dt 曲线上,COD 降解结束后,开始硝化对应着 pH 导数由正变负,硝化及反硝化结束分别对应着 pH 导数由负变正和由正变负.

综上,可结合 DO、ORP、pH 的特征变化实现有机物及脱氮除磷的过程控制,以便优化调节曝气及控制过程结束.

3 结语

SBR 法脱氮除磷受多种因素制约,务必寻求最佳运行条件以提高和强化处理效果.用 DO 及 ORP 在好氧过程中可优化调节曝气量,而 pH 可优化控制反硝化过程中的碳源需求量,但有时 DO、ORP、pH 单参数控制会造成误判,故应结合三者进行联合控制. DO、ORP、pH 作为脱氮过程的控制研究较为普遍,而其应用于除磷过程的优化控制研究报道甚少,对于将它们用于综合脱氮除磷控制的可行性,还有待今后进一步深入探讨.

参考文献:

- [1] Merzouki M, Bernet N, Delgenes J P, et al. Effect of prefermentation on denitrifying phosphorus removal in slaughterhouse wastewater[J]. *Bioresource Technology*, 2005, 96.
- [2] Obaja D, Mace S, Mata Alvarez J. Biological nutrient removal by a sequencing batch reactor (SBR) using an internal organic carbon source in digested piggery wastewater[J]. *Bioresource Technology*, 2005, 96.
- [3] 于晓彩、单连彬、刘长风,等. SBR 法处理城市污水的脱氮除磷功能研究[J]. *沈阳化工学院学报*, 2003, 17(2).
- [4] 张可方、张朝升、方茜,等. SBR 法处理城市污水的脱氮除磷功效[J]. *中国给水排水*, 2001, 17(11).
- [5] Fikret Kargi, Ahmet Uygur. Nutrient removal performance of a sequencing batch reactor as a function of the sludge age[J]. *Enzyme Microbial Technology*, 2002, 31.
- [6] 卢然超、张晓健、张悦,等. SBR 工艺污泥颗粒化对生物脱氮除磷特性的研究[J]. *环境科学学报*, 2001, 21(5).
- [7] 高景峰、彭永臻、王淑莹,等. 以 DO、ORP、pH 控制 SBR 法的脱氮过程[J]. *中国给水排水*, 2001, 17(4).

[编辑:一凡]