

提高 SBR 工艺中脱氮除磷处理效果的措施

杨平平 王红涛

摘 要:利用序批式反应器(SBR)试验装置对城市生活污水进行处理研究,讨论了影响 SBR 脱氮除磷的碳源、pH 值、好氧曝气等因素,并对 SBR 工艺中脱氮除磷的相互影响进行了探讨,提出了可以同时脱氮除磷的一种 SBR 的运行方式。
关键词:SBR,脱氮除磷,城市生活污水
中图分类号:X703

文献标识码:A

序批式活性污泥法(SBR—Sequencing Batch Reactor)是早在 1914 年就由英国学者 Ardern 和 Locket 发明的水处理工艺。20 世纪 70 年代初期,美国 Natre Dame 大学的 R. Irvine 教授采用实验室规模对 SBR 工艺进行了系统深入地研究,并于 1980 年在美国环保局(EPA)的资助下,在印第安那州的 Culwer 城改建并投产了世界上第一个 SBR 法污水处理厂。SBR 工艺的过程是按时序来运行的,一个操作过程分五个阶段:进水、反应、沉淀、滯水、闲置。在 SBR 法处理城市污水的实际过程中,经常出现脱氮效果好时除磷效果差,除磷效果好时脱氮效果不佳的情况,若要同时满足高效脱氮除磷的要求,就需要控制影响工艺有效运行、相互制约的各种因素,而其中主要的制约因素就是运行方式^[1]及停留时间^[2]。如果在 SBR 处理工艺中能确定一个最佳的运行方式及泥龄,同时控制好其他影响因素,使各制约因素得到统一,则脱氮除磷就会取得较好的效果。

1 生物硝化及反硝化过程环境影响因素(见表 1)

表 1 生物硝化及反硝化过程环境影响因素^[3]

影响 因素	反应 过程	生物硝化过程	生物反硝化过程
		影响作用表达式	影响作用表达式
温度		亚硝酸菌的最大比增速率与温度的关系表示: $\mu_{N,max} = 0.47e^{0.098(T-15)}$ 硝化菌的内源代谢分解系数 $b_N(T)$ 与温度的关系为: $b_N(T) = b_N(20)1.04^{(T-20)}$	温度对反硝化速率的影响遵从 Arrhenius 方程,可以用下式表示: $q_{D,T} = q_{D,20}\theta^{(T-20)}$ $q_{D,20}$ 为 20℃ 时反硝化速率 θ 为温度系数
溶解氧		硝化反应中溶解氧浓度 DO 对硝化菌 μ_N 值的影响可由下式表示: $\mu_N = \mu_{N,max} \frac{DO}{K_O + DO}$ K_O 为相对于溶解氧的饱和系数,其值在 0.15 mg/L ~ 2.0 mg/L 范围内	溶解氧浓度 DO 对反硝化速率的影响可由下式表示: $q_D = q_D(1 - S_O)$ q_D 为溶解氧的浓度为 S_O 时的反硝化速率; q_D 为溶解氧的浓度为 0 时的反硝化速率; S_O 为溶解氧浓度
pH 值		在硝化反应中 pH 的适宜范围比单纯的亚硝酸菌和硝酸菌要宽一些。pH 值在 7.0~8.0 范围内,pH 值变化对活性污泥硝化速率的影响很小,当 pH 值降到 5.0~5.5 时,硝化反应几乎停止	反硝化过程的最适宜 pH 值为 7.0~7.5,不适宜 pH 值影响反硝化菌的增值和酶的活性。当 pH 值小于 6.0 或大于 8.0 时,反硝化反应受到强烈抑制
C/N		活性污泥系统中硝化菌产量与活性微生物产生量的比值与城市污水 BOD_5/TKN 比值的关可用下式表示: $f = \frac{BOD_5 Y_H (1 + b_N + \theta_c)}{TKN Y_n (1 + b_H + \theta_c)} + 1$	一般认为,当反硝化反应器污水的 BOD_5/TKN 值大于 4~6 时,可以认为碳源充足
有毒物质		一些有机物和重金属对硝化细菌有抑制作用	反硝化细菌对有毒物质的敏感性比硝化细菌低得多,与一般好氧异养菌相同

2 生物除磷过程环境影响因素

2.1 碳源

研究表明,要实现除磷的效果,系统中 COD 与 P 的质量比的值应大于 35, BOD_5 与 P 的质量比的值应大于 20。如果原水中短链脂肪酸(VFAS)的含量较高,则有利于除磷的发生并提高除磷的效果;厌氧段废水中 VFAS 的含量应大于 25 mg[COD]/L,但是当 VFAS 的含量过大(大于 400 mg[COD]/L)时,也会导致除磷的失效;同时,碳源的不同可以导致释磷速率及 PHA 合成种类的不同。

2.2 聚磷菌与非聚磷菌竞争

一般认为,由于一些非聚磷菌也能够厌氧吸收有机物而没必要同时水解聚磷,从而形成了对聚磷菌的竞争反应,但是竞争的引发原因,却没有共同的解释。Liu^[4]等人认为,如果用葡萄糖为外碳源,容易发生聚糖菌(GAOS)与聚磷菌的竞争,但是 Che Ok Jeon^[5]等人的研究表明,SBR 系统中,用葡萄糖作为碳源,也能够达到除磷的效果,而没有产生聚糖菌的增殖。Satohl^[5]等人的理论认为,如果好氧段进入水中的氨基酸或蛋白质的含量过低,聚磷菌的生长速率就会减慢,从而导致聚糖菌占优势;如果进水中没有氨基酸,则由于聚糖菌分解无机氮和核酸产生氨基酸的速度比聚磷菌快,从而导致聚糖菌占优势。

2.3 pH 值

聚磷菌在厌氧段时的释磷量一般随 pH 值的升高而增加,而 pH 值是否影响聚磷菌对有机物的吸收仍有矛盾之处。当 pH<5 时,除磷现象不会发生;pH 值在 8.5~9.0 之间是除磷发生的最佳范围。

2.4 好氧曝气

好氧段曝气量过大或曝气时间过长,会使聚磷菌消耗过多的 PHA,从而影响到对磷的吸收,当处于厌氧段后,虽然聚磷菌能以最快速率释放磷,但是这些磷在后续的好氧段内却不能再被完全吸收,即过量吸磷受到破坏,除磷失效。所以,适当地使聚磷菌保留一部分 PHA,可以保持聚磷菌的过量吸磷能力。

2.5 污泥龄

缩短污泥龄,可以排放较多的污泥,从而去除较多的磷,但是会恶化出水质量和增加污泥处理费用;延长污泥龄,由于聚磷菌的衰亡速度较慢,所以可以使聚磷菌在污泥中的数量增加,同样可以使磷的去除量增加。同时,污泥龄的长短会影响到聚磷菌内聚合物的含量。

2.6 水力停留时间

由于聚磷菌对有机物的吸收在厌氧段内是很快完成的,所以



厌氧段内更重要的是污泥龄;适当延长厌氧段的水力停留时间,会提高除磷的效果,这可能是可以形成更多的 PHA 的原因。但是,如果厌氧/好氧水力停留时间比过大,也会使除磷失效。

3 SBR 工艺中脱氮与除磷之间的相互影响

SBR 工艺中脱氮与除磷之间的关系较为复杂,这主要是由于活性污泥中菌种种群的多样性而造成的,当不同的菌群占优势时,表现的规律不尽相同。

4 试验内容与方法

SBR 反应器由有机玻璃制成,反应器为圆柱形,内径为 150 mm,高为 600 mm,总有效容积为 10 L。采用鼓风曝气,以转子流量计调节曝气量;用温控仪将反应器内的水温控制在所要求的范围内;pH 计测定各反应阶段 pH 值。

试验用水采用太原市杨家堡污水厂初沉出水;污泥采用二沉池回流污泥并进行培养驯化。

5 试验处理效果及提高 SBR 处理效果的措施

5.1 试验处理效果(见表 2)

表 2 试验处理效果

项目	进水浓度/ $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$	出水浓度/ $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$	去除率/%
COD	205~497	28.96~58.38	85.9~88.4
TN	41.63~46.25	26.71~32.25	28.4~36.37
TP	3.59~5.76	0.22~1.00	76.8~95.2

注:国家城市污水综合排放一级标准 $\text{COD}\leq 60\text{ mg/L}$, $\text{TP}\leq 1.5\text{ mg/L}$

5.2 提高 SBR 处理效果的措施

一般 SBR 工艺流程当脱氮效果好时,则除磷效果较差,反之亦然,很难同时获得好的脱氮除磷效果。所以特别对 SBR 工艺提出以下改进措施,以提高该工艺的整体处理效果。

- 1)选择较大的泥龄,建议泥龄应大于 4 d~5 d;
- 2)适当延长厌氧段的水力停留时间,厌氧:缺氧:好氧水力停

留时间比为 1:1:(3~4);

3)曝气系统采用深水曝气机,利用 PLC 实现曝气一停曝自动控制;

4)当同时脱氮除磷时,SBR 反应器可采用图 1 所示流程^[1]。



图 1 工艺流程图

5)合理控制排水量及排泥量。

参考文献:

- [1]沈耀良,赵丹.强化 SBR 工艺脱氮除磷效果的若干对策[J].中国给水排水,2000,16(7):23-25.
- [2]沈耀良.SBR 工艺脱氮除磷工艺分析与优化设计[J].污染防治技术,2001,14(4):1-3.
- [3]郑兴灿,李亚新.污水除磷脱氮技术[M].北京:中国建筑工业出版社,1998.31-34.
- [4]Liu W T, Mino T, Nakamura K and Matsuo T. Role of glycogen in acetate uptake and polyhydroxyalkanoate synthesis in anaerobic-aerobic activated sludge with a minimized polyphosphate content[J]. J Ferment Bioeng, 1994, 77(5):535-539.
- [5]Che Ok jeon, Dae Sung Lee and Jong Moon Park. Enhanced biological phosphorus removal in an anaerobic-aerobic sequencing batch reactor: characteristics of carbon metabolism[J]. Water Environment Research, 2001, 73(3):295-300.
- [6]Satoh H, Mino T and Matsuo T. Deterioration of enhanced biological phosphorus by the domination of micro-organisms without polyphosphate accumulation[J]. Wat Sci Tech, 1994, 30(6):203-211.

A study on enhancing treatment effectiveness of SBR process in removing nitrogen and phosphorus

YANG Ping-ping WANG Hong-tao

Abstract: A treatment of municipal domestic wastewater with Sequential Batch Reactor(SBR) was studied. The factors such as carbon source, pH, aeration which affect nitrogen and phosphorus removal of SBR were discussed. The interaction of nitrogen and phosphorus removal was also approached. Finally, an operation way of SBR to simultaneously remove nitrogen and phosphorus was suggested.

Key words: SBR, nitrogen and phosphorus removal, municipal domestic wastewater