



活性污泥法处理低浓度含磷废水的试验研究

Experimental Study on Phosphorus Removal by Activated Sludge Process in Treating Wastewater of Low Phosphorus Concentration

王传瑜 翟建平 聂荣 黄蕾

(南京大学环境学院污染控制和资源化研究国家重点实验室 南京 210093)

摘要 对比研究了厌氧—好氧交替条件下(AAA工艺)活性污泥对三组磷浓度不同的模拟生活废水的除磷效果。试验结果表明,活性污泥对磷浓度为6mg/L左右的废水处理效果最好,磷去除率可达97%;对磷浓度为16.66mg/L和2mg/L左右废水的磷去除率则分别为78.4%和75.3%;并探讨了活性污泥法的除磷机理。

关键词 活性污泥 AAA工艺 生物除磷 磷浓度 磷去除率

Abstract This paper compares the phosphorus removal characteristics of activated sludge in alternation of aerobic/ anaerobic(AAA process) using synthetic domestic wastewater of three different phosphorus concentrations as the feed. It is shown that the phosphorus removal efficiency of activated sludge to wastewater about 6mg/L is the best, which reaches 97%; as to the wastewater of 16.66mg/L, the phosphorus removal efficiencies reach 78.4% and 75.3% respectively. Furthermore, it discusses the phosphorus removal mechanism of activated sludge method.

Keywords Activated Sludge AAA Process Biological Phosphorus Removal Phosphorus Concentration Phosphorus Removal Rate

1 引言

在我国,磷是引起大部分水体发生富营养化的限制性因子,引起水体发生富营养化的磷浓度限值仅为0.02mg/L^[1]。对低浓度含磷废水目前多用化学沉淀法治理^[2]。然而,研究表明,化学法除磷效率对应沉淀剂剂量的曲线是指数型的,当化学沉淀剂超出一定量,曲线即达到停滞期,所以,用化学沉淀法将废水中磷的浓度降到0.1mg/L以下是较困难的^[3];并且它一般适用于处理流量不是很大的废水,而不适用于净化湖泊、水库等大型水体^[4]。

相对化学法而言,生物法除磷具有较多的优点^[5]:污泥产量少;污泥不易膨胀、沉降性能好;污泥易脱水、肥效高;在除磷的同时,可以做到对氮和有机物的去除,因此日益受到人们的重视。然而,目前的生物除磷研究多是针对高浓度含磷废水进

行的。

厌—好氧交替工艺(简称AAA工艺)也是一种生物活性污泥法,它涵盖多种不同的运行方式,实质上是SBR工艺的一种变型^[6,7],该工艺正在得到迅速发展和应用。本次试验以模拟配制的三组低浓度含磷生活废水作为进水,采用AAA工艺培养具有除磷功能的好氧活性污泥,比较该工艺对它们的除磷效果,以期对生物法处理低浓度含磷水体的探索有所帮助。

2 试验

2.1 试验装置

容积为5L的塑料桶两个(反应器),放入恒温水浴中(24℃);用多孔砂芯曝气器进行曝气,试验以8h为一个循环周期,曝气4h,停曝4h,用时间控制器控制曝气器的开关。



2.2 活性污泥的驯化

试验用的活性污泥取自南京市锁金村污水处理厂曝气池,取回后用模拟生活废水进行厌氧—好氧交替培养,以8h为一个循环周期,曝气4h,停曝4h。每隔3d用模拟生活废水换水一次。驯化7d后开始试验。

2.3 试验水质

试验采用模拟生活废水的自配水作为进水,试验水质配方如下(mg/L):葡萄糖169,蛋白胨169,NaCl63, $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 63, Na_2CO_3 94, $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 94, $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 31, $\text{FeSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 2.2。其基本水质指标为:COD300~500mg/L;TN30~40mg/L; $\text{NH}_3\text{-N}$ 10~20mg/L。磷的浓度是由加入不同的 KH_2PO_4 的量来调节的。由于小分子有机物的存在有利于聚磷菌的释磷,从而可以促进其在好氧阶段对磷的吸收,其中,乙酸盐是刺激和达到过量生物除磷的最佳底物^[8,9]。为此在每组试验中均加入了足量乙酸钠作为碳源(0.5g/L)。

试验对比了活性污泥在高(16.66mg/L)、中(5~7mg/L)、低(2mg/L左右)三种不同进水磷浓度条件下对磷的去除效果。

2.4 废水总磷浓度的测定

总磷采用钼锑抗分光光度法测定。

2.5 活性污泥的镜检

在试验过程的曝气阶段,装置内的活性污泥呈土黄色;而在停曝阶段末期,装置底部的污泥呈黑色(表明厌氧条件的实现)。镜检观察发现污泥中没有丝状菌和原生动物的存在,絮体松散并呈无规则形状。这表明本次试验的厌氧—好氧交替生长条件阻止了丝状菌及原生动物的生长。

3. 结果和讨论

3.1 高浓度含磷废水

图1是初始磷浓度为16.66mg/L的废水在好氧—厌氧交替条件下前12h磷浓度随时间的变化趋势。曝气开始时取样,在初始曝气阶段,废水的磷浓度随时间逐渐下降。4h后停止曝气,5.5h废水的磷浓度开始上升,即污泥开始释放磷,证实此时系统已处于厌氧状态。9h磷浓度出现极大值13.425mg/L在之后的时间里,由于均是在好氧阶段(曝气结束时)取样,因此仅观察到废水中的磷浓度逐渐下降的趋势,图2反应的是整个试验过程中废水磷浓度随时间的变化趋势。整个过程中磷的

最低浓度为3.6mg/L,相应磷去除率为78.4%。

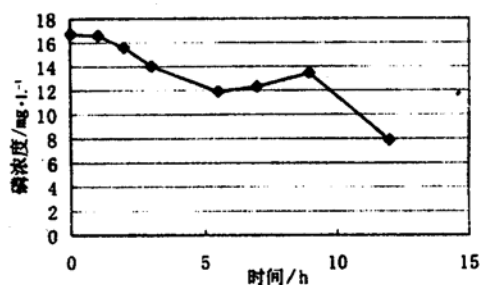


图1 AAA条件下高浓度废水磷浓度随时间变化趋势

3.2 中浓度含磷废水

试验采用两个反应装置(1#和2#)同时进行,除初始废水磷浓度分别为5.12mg/L和6.29mg/L外,其他试验条件均相同。图3是废水磷浓度随时间的变化趋势。开始不曝气,停曝2.67h时取样,可以观察到废水磷浓度一开始迅速上升,大约3.33h两个反应装置中废水的磷浓度分别达到了7.12mg/L和8.34mg/L。曝气开始后,磷浓度迅速下降,曝气0.5h两个反应装置中废水的磷浓度就分别降到了0.95mg和0.81mg/L。曝气结束时(7.8h),两个反应装置中废水的磷浓度分别降到了最低点0.19mg/L和0.17mg/L,相应的磷去除率分别为96%和97%。但在下一轮的厌氧段末时(11.8h),两个反应装置中废水的磷浓度分别为0.19mg/L和0.35mg/L,磷浓度变化不大。

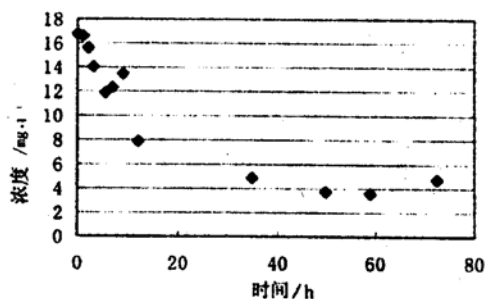


图2 AAA条件下高浓度废水磷浓度随时间变化趋势

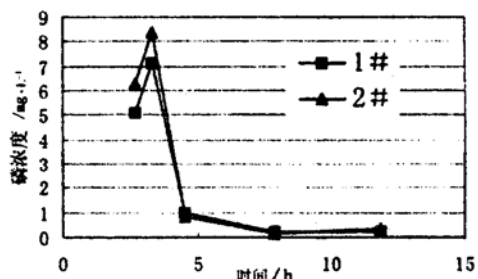


图3 AAA条件下中浓度废水磷浓度随时间变化趋势

3.3 低浓度含磷废水

此组仍用两个反应装置(1#和2#)同时进行

试验,除初始废水磷浓度分别为 1.33mg/L 和 2.26mg/L 外,其他试验条件均相同。图 4 是废水磷浓

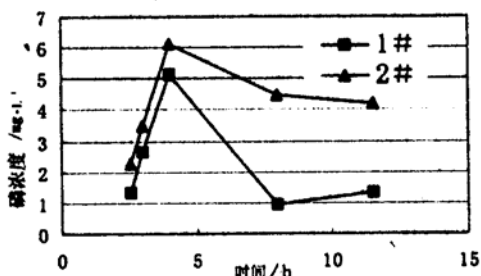


图 4 AAA 条件下低浓度废水磷浓度随时间变化趋势

度随时间的变化趋势。试验开始不曝气,停曝 2.5h 时取样,可以观察到废水磷浓度一开始逐渐上升,大约 4h 时两个反应装置中废水的磷浓度分别达到了 5.14mg/L 和 6.09mg/L。曝气结束时磷浓度分别为 0.94mg/L 和 4.44mg/L,虽然均有下降,但 1# 反应装置中磷浓度始终比其初始值高,2# 反应装置中废水的最高磷去除率也仅为 29.3%。在下一轮的厌氧段末时(11.8h),两个反应装置中废水的磷浓度分别为 1.33mg/L 和 4.21mg/L,磷浓度变化也不大。此组中两个反应装置的平行性甚是不佳,为此又做了重复试验。

重复试验:除初始废水磷浓度分别为 2.03mg/L 和 2.39mg/L 外,其他试验条件均相同。图 5 是废水磷浓度随时间的变化趋势。试验开始不曝气,停曝 2.5h 时取样,在一开始的停曝阶段两个反应装置中废水的磷浓度均逐渐升高,大约 4h 时两者最高磷浓度分别达到 9.30mg/L 和 8.92mg/L。在之后的曝气阶段,两个反应装置中废水的磷浓度下降比较明显,曝气结束时(7.8h)最低磷浓度值分别为 0.50mg/L 和 1.10mg/L,对应的磷去除率分别为 75.3% 和 54.2%。对比前组试验,此组废水在厌氧段的释磷量大,在好氧段的吸磷效果也比前组好。在下一轮的厌氧段结束时(11.67h),两者磷浓度均只有小幅度上升。

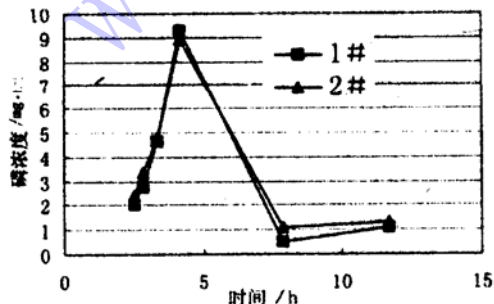


图 5 AAA 条件下低浓度废水磷浓度随时间变化趋势

3.4 讨论

在 AAA 工艺条件下,活性污泥的磷去除率随废水磷浓度的增加呈先升后降的趋势,这应该是与废水磷浓度对活性污泥生长影响趋势是相近的。当活性污泥生长旺盛时,对磷的去除能力也较强。试验中一个令人置疑的现象是中浓度含磷废水的出水磷浓度反而比低浓度含磷废水的更低,这可能是在低浓度含磷废水中磷已经成为了微生物生长的限制性因子,从而影响了其正常的生理代谢活动所致,因为活性污泥生长最佳环境的碳:氮:磷约为 100:4:0.8^[10]。

此外,活性污泥的绝对摄磷量与环境条件中的磷浓度有较大的相关性。如图 6 所示,横坐标的 1 2 3 分别代表高、中、低三种废水磷浓度,纵坐标代表活性污泥在不同磷浓度环境条件下磷的绝对去除量。试验结果表明,在较高的磷浓度环境条件下,虽然活性污泥的磷去除率随废水磷浓度的增加而降低,但其单位除磷量却反而增加了。

另外,本次试验没有做到对三种不同浓度含磷废水的时间无差异监测,因此对于活性污泥在不同浓度含磷废水中的厌氧磷释放最佳反应时间和好氧磷吸收最佳反应时间没有得出可比性结论;对于采用不同厌氧—好氧时间比时该工艺的除磷效果也有待进一步研究。

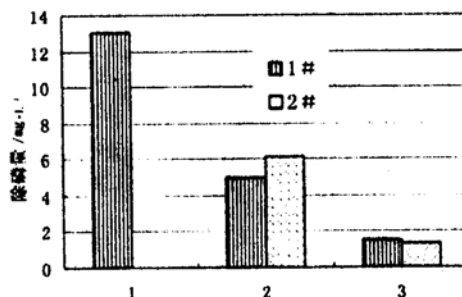


图 6 活性污泥在不同磷浓度废水中的绝对除磷量

Schleypen P 等人报道^[11],德国巴伐利亚州生活小区污水处理厂的磷去除率为 65%~90%;竺建荣等报道^[12]厌—好氧交替工艺处理模拟生活污水磷去除率能够保持在 90% 以上;张可方等也报道了^[13]用 SBR 法处理广东地区城市污水磷去除率为 85%~99%。从对这些数据的分析中可以认为,本试验在处理中浓度含磷废水时的技术指标已达到较高水平,但是还有待中试或生产性处理工程的进一步试验研究与应用。

(下转第 20 页)



(上接第6页)

4 结论

(1) 活性污泥在 AAA 工艺的第一个厌氧-好氧周期循环中, 吸放磷现象明显; 在后续的周期循环中, 磷浓度变化不大。

(2) 在 AAA 工艺厌氧-好氧交替的条件下, 用活性污泥处理三种含磷浓度不同的模拟生活污水, 试验结果表明: 进水磷浓度为 5~7mg/L 时, 磷的去除效果最好, 磷的出水指标可达到 0.17mg/L。

(3) 磷的释放量越大, 出水磷的浓度就越低, 磷的厌氧释放是磷过量吸收的前提。

(4) 在试验条件下, 活性污泥的绝对摄磷量与废水中的磷浓度呈正相关。

参 考 文 献

1. 金相灿, 刘鸿亮. 中国湖泊富营养化[M]. 中国环境科学出版社, 1990: 38~40.
2. 孟德良, 赵青荣. 污水化学法脱磷. 山东建筑工程学院院报, 1994, 9(2): 53~57.

- 3 黄瑾晖, 王继徽. 含磷废水处理方法. 污染防治技术, 1991, 10(3): 157~158.
4. 俞栋, 谢有奎, 方振东, 杨娟. 污水除磷技术的现状与发展. 重庆工业高等专科学校学报, 2004, 19(1): 9~12.
5. 徐亚同. 废水的生物除磷. 环境科学研究, 1994, 7(5): 1~6.
6. Irvine R I et al. Controlled unsteady state processes and technologies— an overview. Wat Sci Tech, 1997, 35(1): 1~10.
7. Manning J F et al. The biological removal of phosphorus in a sequencing batch reactor. J WPCF, 1985, 57(1): 87~94.
8. 许晓路, 申秀英. 活性污泥生物除磷机制及其影响因素. 农业环境与发展, 1994, (3): 25~28.
9. 江田民, 杨海光, 陈锦林, 丁富新. 污水成分的变化对生物除磷效果的影响. 环境保护, 2003, (7): 24~27.
10. 刘之慧. 碳氮磷比对菌胶团的影响与活性污泥膨胀的关系. 重庆环境科学, 1994, 16(1): 12~15.
11. Schlevden P et al. Sequencing batch reactor with continuous inflow for small communities in rural areas in Bavaria. Wat Sci Tech, 1997, 35(1): 269~276.
12. 竺建荣, 刘纯新, 何建中, 顾夏声. 厌-好氧交替工艺的生物除磷特性研究. 环境科学学报, 1999, 19(4): 394~398.
13. 张可方, 张朝升, 方茜等. SBR 法处理广东地区城市污水实验研究. 广州大学学报(综合版), 2001, 15(8): 75~79.