

DOI :10.3876/j.issn.1000-1980.2012.04.016

污水深度处理投加聚合氯化铝对微生物活性的影响

虞静静¹, 马 天¹, 刘志刚^{1, 2}, 李 轶¹

(1. 河海大学环境学院, 江苏 南京 210098; 2. 宁波市自来水总公司, 浙江 宁波 315041)

摘要:分析江苏某城市污水处理厂聚合氯化铝(PAC)的投加对污水中铝离子以及微生物活性的影响。结果表明:低浓度的铝离子会增强微生物的活性,但浓度过高会对微生物产生抑制作用,当铝离子质量浓度为 7.5 mg/L 时,对微生物的活性没有影响;当铝离子的质量浓度达到 10 mg/L 时,对微生物活性会产生抑制作用;以微絮凝-砂滤工艺作为城市污水处理厂的深度处理工艺时,投加的聚合氯化铝质量浓度不宜超过 12.5 mg/L,当质量浓度达到 15 mg/L 时,铝离子会对好氧池的微生物活性产生明显的抑制作用。

关键词:污水处理;聚合氯化铝;微生物活性;抑制作用

中图分类号:X703 文献标志码:A 文章编号:1000-1980(2012)04-0451-04

Effect on microorganism activity of adding PAC in advanced wastewater treatment

YU Jingjing¹, MA Tian¹, LIU Zhigang^{1, 2}, LI Yi¹

(1. Department of Environment, Hohai University, Nanjing 210098, China;
2. Ningbo Water Supply General Company, Ningbo 315041, China)

Abstract: The influence of polymeric aluminium chloride (PAC) on the aluminum ion and microorganism activity in wastewater was studied. A case study was conducted in a wastewater treatment plant in a city in Jiangsu Province. The results show that a low concentration of aluminum ion will improve the activity of microorganisms, while a high concentration of aluminum ion will have an inhibitory effect on microorganism activity. When the aluminum concentration was 7.5 mg/L, there was no influence on the activity of microorganisms. When the concentration reached 10 mg/L, it had an inhibitory effect on the activity of microorganisms. During the advanced wastewater treatment process using the micro-flocculation sand filtration technique, a suitable PAC concentration should be less than 12.5 mg/L. Obvious inhibition on the activity of microorganisms could be observed in the aerobic tank when the aluminum concentration reached 15 mg/L.

Key words: wastewater treatment; PAC; microorganism activity; inhibitory effect

在污水处理系统中,微生物活性是决定污水处理效率的关键因素^[1]。各种金属离子对活性污泥中微生物活性的影响,国内外已有广泛研究^[2-5],铝盐对微生物活性的影响也有所报道^[6-7]。

微絮凝-砂滤工艺是在滤池前投加絮凝剂,经过管道混合,使水中污染物颗粒在经过快速均匀混合后直接进入滤池完成沉淀和截留的过程,是一种经济高效的集成工艺^[8]。由于铝盐絮凝剂的加入,使得磷酸盐以沉淀的形式得以去除,同时对 SS 和 COD 等也具有很好的去除效果^[9]。也有研究表明,污水处理厂絮凝剂的最佳投药点应选择在二级出水处^[10],这也进一步验证了微絮凝-砂滤工艺作为污水深度处理的可行性。

然而,投加铝盐絮凝剂形成的絮凝体会被砂滤池截留,在反冲洗过程中,这些絮凝体会随着反冲洗水进

收稿日期:2011-11-01

基金项目:环境模拟与污染控制国家重点联合实验室专项基金课题(11K04ESPCT)

作者简介:虞静静(1988—),女,安徽阜阳人,硕士研究生,主要从事水污染控制与防治研究。E-mail: xiaairen1314@163.com

通讯作者:李轶(1975—),男,江苏盐城人,副教授,博士,主要从事水处理技术、污染环境修复等研究。E-mail: envly@hhu.edu.cn

入到生化系统中,而这些反冲洗水中会含有一定量的铝离子,这部分铝离子是否会对二级生物处理系统的微生物活性产生影响,目前尚未有明确结论^[11]。

1 试验条件与方法

1.1 试验条件

试验在江苏某城市污水处理厂进行,采用 A-A²O 二级处理工艺,深度处理采用微絮凝-砂滤工艺,反冲洗水直接回流到粗格栅,日处理水量为 10 万 t,深度处理工艺从 2009 年 5 月开始运行。

1.2 试验方法

在好氧条件下铝盐对微生物的抑制作用最明显^[7]。笔者通过模拟现场好氧池确定出对好氧池活性污泥中微生物产生抑制时铝离子的浓度,再通过微絮凝-砂滤工艺中絮凝剂聚合氯化铝(PAC)投加不同质量浓度时好氧池中铝离子的浓度,从而得到不会对二级处理微生物活性产生抑制作用的 PAC 质量浓度的最大投加量,并对污水处理厂整体运行效果进行了评价。

1.2.1 铝离子对微生物活性的抑制性试验

采用空白对照方法,取好氧池进水,模拟好氧池的污染物去除过程,进行投加不同质量浓度铝离子的试验研究,具体试验步骤为:取好氧池进口处污泥混合液各 10 L 分别置于容器 1、2 内,经过静沉 5~8 min 后,弃去上清液,加入等量的沉砂池进水,再向容器 2 中加入一定质量浓度的铝离子标准溶液,分别对两桶污泥混合液曝气,每隔一定时间取上清液测定 COD 质量浓度。

为了能很好地反映出抑制性能,将反应时间和混合液污泥浓度考虑进去,同时考虑到量纲,取 $M = 1 \text{ mg}$,本文选用比耗碳源速率 α ,定义为:

$$\alpha = \frac{(C_1 - C_2)M}{TS}$$

式中: α ——微生物在单位污泥浓度、单位时间内消耗的碳源,mg/h; C_1 ——零时刻的化学需氧量质量浓度,mg/L; C_2 —— T 时刻的化学需氧量质量浓度,mg/L; S ——污泥质量浓度,mg/L; T ——间隔时间,h。

本文采用动态的优化方法,即每次铝离子标准溶液(以下简称铝标液)的投加量是根据前一次的试验结果来确定。首先选定投加铝标液的质量浓度为 20 mg/L,若会对微生物产生抑制作用,下次试验的铝标液投加的质量浓度调整为上次试验的 1/2(此时为 10 mg/L),否则为原来的 1.5 倍(此时为 30 mg/L),依次类推下次试验中铝标液的质量浓度,直到将铝标液的质量浓度控制在一个较小的范围内。

1.2.2 PAC 质量浓度与好氧池中铝离子的质量浓度的关系

通过改变絮凝剂加药泵的流量来控制絮凝剂 PAC 的质量浓度,1 d 后测定好氧池中铝离子的质量浓度(根据现场情况,在二级出水的 PAC 质量浓度不变的情况下,运行 1 d 后好氧池的铝离子和微生物的活性基本处于稳定状态),PAC 投加量逐次增大,直到好氧池铝离子质量浓度超过铝离子对微生物活性的抑制浓度为止。

2 结果与分析

2.1 铝离子的质量浓度对微生物活性的抑制性分析

图 1(a)、(b)分别为投加的铝标液质量浓度为 20 mg/L 和 10 mg/L 时的 α 变化曲线图。

图 1(a)、(b)中, α 持续下降,当未投加铝标液混合液的 α 持续高于投加铝标液的混合液时,可认为铝离子开始产生抑制作用,开始时段,铝标液质量浓度为 20 mg/L 的混合液中 α 高于没有投加铝标液时,说明铝标液的投加会促进微生物的活性,但是从 80~100 min 时段开始,投加的铝标液质量浓度为 20 mg/L 的 α 明显小于没有投加铝标液的混合液,主要原因是进入微生物体内的铝离子质量浓度已经超过微生物所能承受的能力,开始抑制微生物的活性。

图 1(c)、(d)分别为投加的铝标液质量浓度为 5 mg/L 和 7.5 mg/L 时的 α 变化曲线。图 1(c)和图 1(d)反映出铝标液质量浓度为 5 mg/L、7.5 mg/L 时与没有投加铝标液的情况下混合液 α 的大小关系,它们之间的关系在整个停留时间内始终在波动,可以认为是试验误差造成的,即 α 比较接近,表明质量浓度为 5 mg/L、7.5 mg/L 的铝标液不会对好氧池活性污泥产生抑制。因此,可以得出当铝标液质量浓度为 7.5 mg/L 时,对微



图 1 投加不同质量浓度铝标液时 α 变化

Fig. 1 Variation of rate of specific carbon consumption with different concentrations of aluminum ion

生物的活性没有影响,当铝标液质量浓度达到10 mg/L时,对微生物活性会产生抑制作用。由于不同污水处理厂的水质以及选择的聚合氯化铝会有一定的差异,因此研究只是将对微生物活性产生抑制作用的铝离子质量浓度控制在一定的小范围内。

2.2 PAC 质量浓度与好氧池铝离子质量浓度的关系分析

首先将投加的 PAC 质量浓度控制为 2 mg/L,再逐次增加浓度,直到测定的好氧池中铝离子质量浓度超过 10 mg/L 为止,图 2 为投加的 PAC 质量浓度与好氧池铝离子质量浓度的关系曲线。

从图 2 可以看出,随着二级出水的 PAC 质量浓度的增加,好氧池铝离子的质量浓度逐渐增加,当二级出水 PAC 质量浓度达到 12.5 mg/L 时,好氧池铝离子质量浓度为 7.6 mg/L,当二级出水的 PAC 质量浓度为 15 mg/L 时,好氧池的铝离子质量浓度达到了 10 mg/L,继续增加投加量,铝离子的质量浓度会更高,说明二级出水的 PAC 质量浓度不宜超过 12.5 mg/L,一旦超过了 15 mg/L,会对好氧池的微生物会有明显的抑制作用,此时,就需采取其他措施来辅助除磷^[12],比如在污水处理厂的二级生化池之前投加铁盐絮凝剂等。不过铝离子对微生物的影响是非急性的,且为可逆抑制作用^[6],因此,即使偶尔 PAC 质量浓度过大,及时调整也不会对微生物造成影响。



图 2 PAC 质量浓度与好氧池铝离子质量浓度的关系
Fig. 2 Relationship between concentrations of PAC and aluminum ion in aerobic tank

3 结 语

通过对江苏某城市污水处理厂铝离子对微生物活性的抑制性分析和 PAC 质量浓度与好氧池铝离子质量浓度的关系得出以下结论:

- a. 低质量浓度的铝离子会对微生物的活性起到促进作用,但是过量的铝离子会对微生物活性产生抑制

作用,当铝离子的质量浓度为 7.5 mg/L 时,对微生物的活性没有影响,当铝离子的质量浓度达到 10 mg/L 时,对微生物活性会产生抑制作用。

b. 以微絮凝-砂滤工艺作为污水深度处理工艺时,向二级出水中投加的 PAC 质量浓度不宜超过 12.5 mg/L,当超过 15 mg/L 时,反冲洗水中的铝离子再次进入二级处理好氧池中会对好氧池的微生物活性产生抑制作用,此时宜采取其他辅助除磷措施。

参考文献:

- [1] 孟雪征,赖震宏,龙腾锐. 金属离子对好氧活性污泥活性的影响[J]. 安全与环境学报, 2004, 4(6):43-45.(MENG Xuezheng, LAI Zhenhong, LONG Tengrui. Effects of metal ions on aerobic activated sludge activity[J]. Journal of Safety and Environment, 2004, 4(6):43-45.(in Chinese))
- [2] MADONI P, DAVOLI D, GORBI G, et al. Toxic effect of heavy metals on the activated sludge protozoan community[J]. Water Research, 1996, 30(1):135-141.
- [3] GHEEWALA S, POLE R, ANNACHHATRE A. Nitrification modelling in biofilms under inhibitory conditions[J]. Water Research, 2004, 38(14/15):3179-3188.
- [4] PRINCIPI P, VILLA F, BERNASCONI M, et al. Metal toxicity in municipal wastewater activated sludge investigated by multivariate analysis and in situ hybridization[J]. Water Research, 2006, 40(1):99-106.
- [5] YOU S, TSAI Y, HUANG R. Effect of heavy metals on nitrification performance in different activated sludge processes[J]. Journal of Hazardous Materials, 2009, 165(1/3):987-994.
- [6] 赵春禄,张明明,马文林,等. 铝絮凝剂对活性污泥中微生物活性影响研究[J]. 环境工程, 2000, 18(5):28-38.(ZHAO Chunlu, ZHANG Mingming, MA Wenlin, et al. Effect of aluminum flocculant on activity of microbe in activated sludge[J]. Environmental Engineering, 2000, 18(5):28-38.(in Chinese))
- [7] 崔涛,钟镭,鲁海峰. 水中铝盐对微生物活性影响的研究现状[J]. 山西建筑, 2008, 34(9):225-226.(CUI Tao, ZHONG Lei, LU Haifeng. The research status of the influence of aluminum compounds on microbe activity in water[J]. Shanxi Architecture, 2008, 34(9):225-226.(in Chinese))
- [8] LENA J, ELZBIETA P. Experiences of nitrogen and phosphorus removal in deep-bed filters in the stockholm area[J]. Water Science and Technology, 1997, 36(1):193-190.
- [9] 李桂平,栾兆坤. 微絮凝-直接过滤工艺在城市污水深度处理中的应用研究[J]. 环境污染治理技术与设备, 2002, 3(4):65-68.(LI Guiping, LUAN Zhaokun. The study of phosphorus removal for secondary effluent in advanced municipal wastewater treatment using microflocculation-direct filtration[J]. Techniques and Equipment for Environmental Pollution Control, 2002, 3(4):65-68.(in Chinese))
- [10] 刘志刚,虞静静,李轶,等. 城市污水处理厂磷的形态变化规律研究[J]. 给水排水, 2011, 37(2):50-53.(LIU Zhigang, YU Jingjing, LI Yi, et al. Research on change of phosphorus forms in municipal wastewater treatment plant[J]. Water & Wastewater Engineering, 2011, 37(2):50-53.(in Chinese))
- [11] 程海静. 絮凝剂对活性污泥的作用:“抑制”或“非抑制”?[EB/OL].[2011-05-06]. http://news.h2o-china.com/html/2011/05/1071304653232_1.shtml. (CHENG Haijing. Influence of flocculant on activated sludge: "suppression" or "non-suppression"? [EB/OL]. [2011-05-06]. http://news.h2o-china.com/html/2011/05/1071304653232_1.shtml.(in Chinese))
- [12] 王秀衡,任南琪,王爱杰,等. 铁锰离子对硝化反应的影响效应研究[J]. 哈尔滨工业大学学报, 2003, 35(1):122-125.(WANG Xiuheng, REN Nanqi, WANG Aijie, et al. Effect of ferrous and manganese ion on nitrification[J]. Journal of Harbin Institute of Technology, 2003, 35(1):122-125.(in Chinese))