

改性硅藻土的多级 A/O 工艺 除磷优化及尾水深度除磷

马翠, 何争光, 张碧晰

(郑州大学 水利与环境学院, 河南 郑州 450001)

摘要: 硅藻土经过酸洗提纯,加入聚合氯化铝、氯化铁进行表面结构改性,用改性硅藻土处理多级 A/O 工艺二沉池出水,研究了不同投加量、停留时间、搅拌转速对尾水中磷去除的影响.试验结果表明:在投加量为 $500\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$,停留时间为 1.5 h ,机械搅拌转速为 $12\text{ r}\cdot\text{min}^{-1}$ 时,出水总磷小于 $0.5\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$,达到了一级 A 的排放标准.

关键词: 改性硅藻土; 多级 A/O 工艺; 深度处理; 除磷; 尾水

中图分类号: X 703 **文献标志码:** A

水体中的氮磷是微生物的营养源,大量的含磷废水排入水体,引起水体富营养化,最终导致水体出现水华和赤潮现象^[1].目前,常用的除磷工艺有化学沉淀法、生物法、吸附法等.其中化学沉淀法产生大量难于脱水污泥,生物法除磷通常出水水质不稳定.吸附法具有较快吸附速度及较强抗干扰能力,成为近年来研究的热点^[2].吸附法主要是利用具有大比表面积的吸附材料进行磷的快速吸附.硅藻土就是具有特殊的微孔结构和较大的比表面,表面通常带负电荷^[3].加入适量的金属阳离子制成改性的硅藻土,将其定量投加到污水中后,通过脱稳絮凝、物理吸附、沉淀反应等,有效去除废水中的磷^[4].本文将改性之后的硅藻土应用于多级 A/O 工艺,探讨除磷效果,为生产实践提供帮助.

1 硅藻土的改性

1.1 实验装置

采用多级 A/O 工艺的试验装置,如图 1 所示.图 1 中:A 为缺氧区;O 为好氧区;Q 为液体流量计;A/O 工艺为 4 级,每级均有缺氧段和好氧段连接组成,其容积比为 2:3.运行参数各级进水流量均相

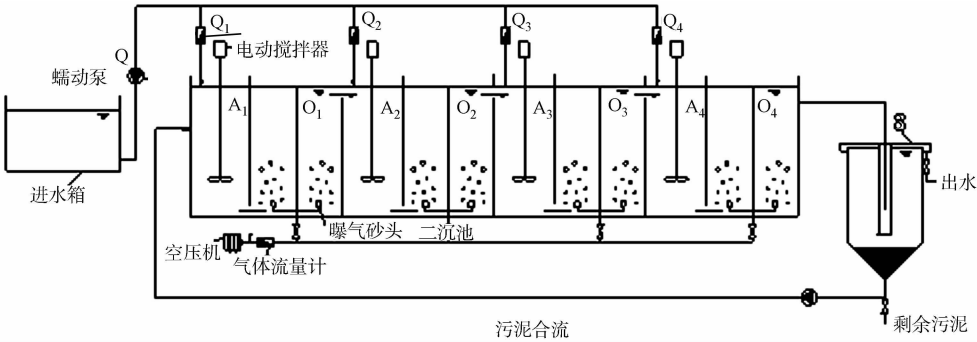


图 1 多级 A/O 工艺装置示意图
Fig. 1 Schematic diagram of multistage A/O process

同,总进水流量为 $144\text{ L}\cdot\text{d}^{-1}$;水温为 $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ 左右(用恒温加热器控制);水力停留时间平均为 12 h ;污泥回流比定为 50% ;多级 A/O 工艺的反应器中污泥质量浓度为 $3.3\text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ 左右.

机械搅拌澄清池的试验装置,如图 2 所示.图 2 中:A 为第一絮凝室;B 为第二絮凝室;C 为导流室;D 分离室.

1.2 试验方法及步骤

采用氯化铁、PAC 对硅藻土(天津光复试剂厂)改性,通过最终除磷效果确定最佳投配比及最佳实验工况.

1) 取硅藻土原土和浓盐酸($\text{pH}=0.1$)按 $1:6$ 的固液比混合并搅拌 12 h ,用蒸馏水冲洗至中性, $110\text{ }^{\circ}\text{C}$ 下干燥 2 h ,研磨过 100 目分目筛,得酸洗硅藻土.

2) 采用表面结构法对硅藻土进行改性.用磷酸二氢钾水溶液调配模拟含磷污水, pH 值为中性,反应时间 30 min ,温度为室温,沉淀时间 45 min ,投加量为 $0.1\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$.取不同投加量的氯化铁、PAC 及酸洗硅藻土进行复配,分别测其对磷的去除率,以确定最佳复配比^[5].

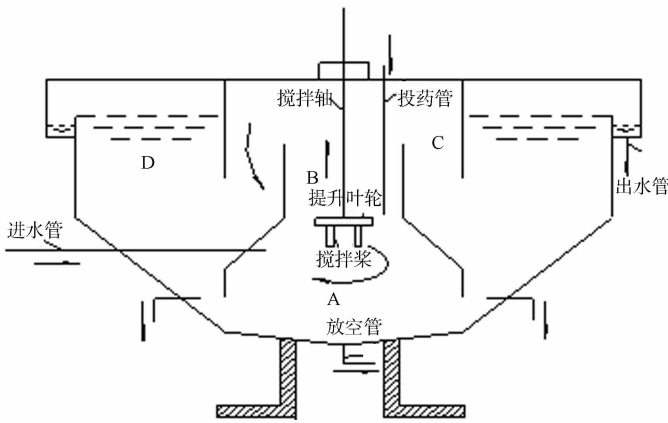


图 2 机械搅拌澄清池的装置示意图

Fig. 2 Schematic diagram of mechanical clarifier

2 多级 A/O 出水的除磷效果

2.1 曝气量对除磷效果的影响

在保证化学需氧量(chemical oxygen demand,COD)和氨氮去除效果的前提下,在一定范围内调节曝气量,研究其对除磷效果的影响^[6].在反应器运行过程中,维持进水 COD 值约为 $310\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$,总氮约为 $80\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$,总磷约为 $5.2\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$,进水 $m(\text{C})/m(\text{N})$ 约为 3.8 ,是低碳氮比污水^[7].本次试验选取的曝气量分别为 $0.7,0.5,0.3\text{ m}^3\cdot\text{h}^{-1}$,不同曝气量条件下稳定运行 15 d ,研究其对总磷去除效果的影响,结果如图 3 所示.

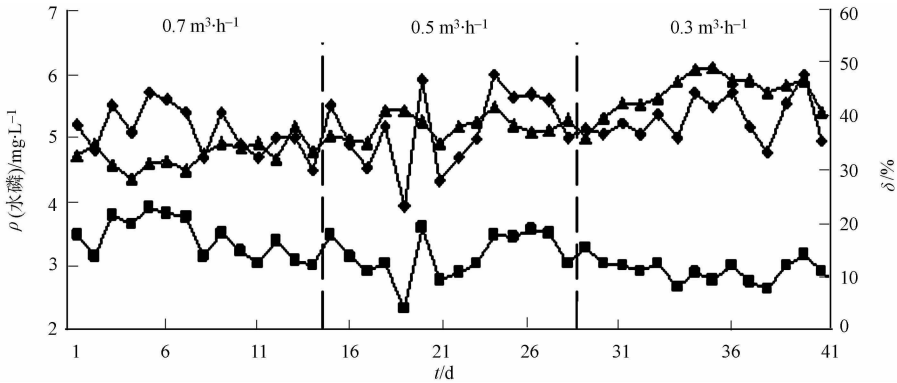


图 3 不同曝气量下的总磷去除效果

Fig. 3 Total phosphorus removal under different aeration rates

从图 3 可以知道:进水总磷质量浓度为 $4.32\sim6.11\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$,出水总磷质量浓度为 $2.33\sim3.97\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$,曝气量为 $0.7,0.5,0.3\text{ m}^3\cdot\text{h}^{-1}$ 时的平均除磷率分别为 $32.67\%,38.37\%,44.88\%$;随着曝气量的降低,除磷率略有上升,但整体来说总磷的去除率不高.

2.2 $m(\text{C})/m(\text{N})$ 对除磷效果的影响

在保证 COD 和氨氮去除效果前提下,一定范围内调节 $m(\text{C})/m(\text{N})$,研究其对除磷效果的影响.在反应器运行过程中,将曝气量调整为 $0.6\text{ m}^3\cdot\text{h}^{-1}$,维持氨氮约为 $70\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$,总磷约为 $5.2\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$,通过改变淀粉的投加量来控制 COD 浓度,进而达到调节 $m(\text{C})/m(\text{N})$ 的目的^[9].本次试验调节 $m(\text{C})/m(\text{N})$ 分别为 $3,4,6,8$,不同 $m(\text{C})/m(\text{N})$ 下稳定运行 15 d ,研究其对总磷去除效果的影响结果,如图 4

所示。

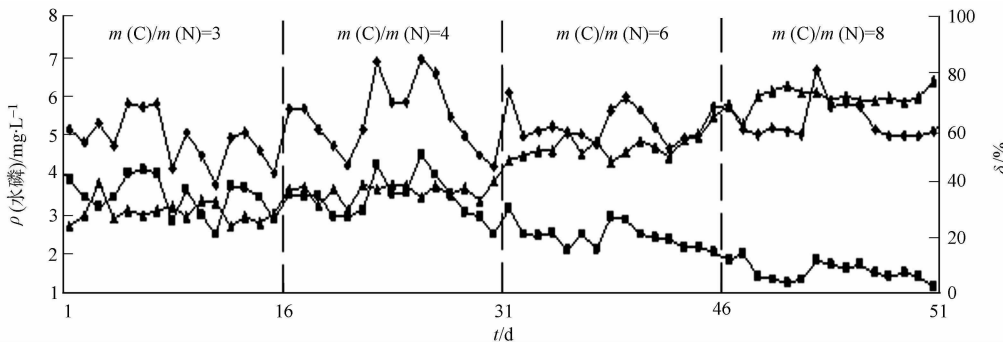


图 4 不同 $m(C)/m(N)$ 下的总磷去除效果

Fig. 4 Total phosphorus removal under different $m(C)/m(N)$ ratios

由图 4 可知:随着 $m(C)/m(N)$ 的增大,除磷率稳定上升,但在最高除磷率的情况下,出水总磷的平均质量浓度为 $1.55\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$,达不到一级 A 排放标准,因而通过深度处理来去除生化出水中的磷是十分有必要的。

3 对多级 A/O 出水的深度处理

3.1 投加量对尾水的影响

本试验选取投加量分别为 $100, 200, 300, 400, 500, 600\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$,进水流量为 $30\text{ L}\cdot\text{h}^{-1}$,搅拌速度为 $12\text{ r}\cdot\text{min}^{-1}$ 时,研究机械搅拌澄清池对多级 A/O 工艺二沉池出水的处理效果,每种投加量下稳定运行 7 d,总磷的去除效果,如图 5 所示。

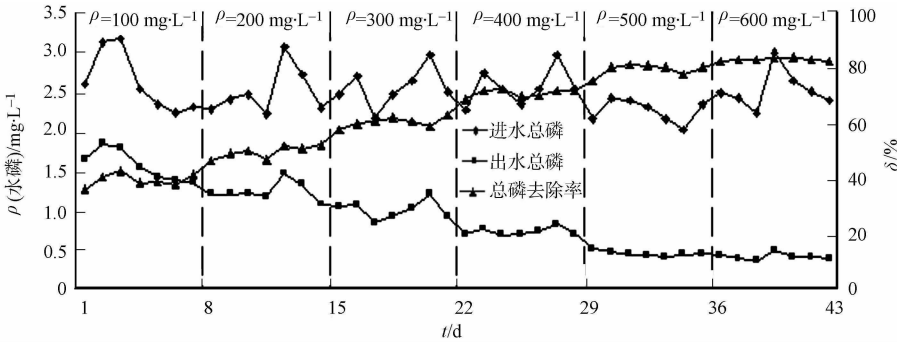


图 5 不同投加量下尾水中总磷的去除效果

Fig. 5 Removal efficiency of total phosphorus from tail water at different dosages

由图 5 可知:随着投药量的不断增加,机械搅拌澄清池对多级 A/O 工艺二沉池出水中总磷的去除率一直在升高;在投加量为 $500\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 时,出水磷的平均值为 $0.46\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$,已达到排放标准。

3.2 停留时间对尾水的去除影响

停留时间的大小决定了尾水在机械搅拌澄清池中的停留时间的长短,因而是重要的参数之一^[10]。试验选取停留时间分别为 $1.0, 1.5, 2.0, 2.5\text{ h}$,改性硅藻土的投加量均为 $500\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$,搅拌速度均为 $12\text{ r}\cdot\text{min}^{-1}$,研究机械搅拌澄清池对多级 A/O 工艺二沉池出水的处理效果,每种停留时间下稳定运行 7 d,其对总磷的去除效果,如图 6 所示。

由图 6 可知:随着停留时间的增大,机械搅拌澄清池对多级 A/O 工艺二沉池出水中总磷的去除率不断升高,但升高的趋势在逐渐减缓,在停留时间为 1.5 h 时,出水磷已达到排放标准。

3.3 搅拌转速对尾水的去除影响

机械搅拌速度是改性硅藻土混凝反应的强度和装置内泥渣循环量的直接反映,是装置的另一个重要的参数^[11]。试验选取搅拌转速分别为 $10, 12, 15\text{ r}\cdot\text{min}^{-1}$,改性硅藻土的投加量均为 $500\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$,停留时间均为 1.5 h ,研究机械搅拌澄清池对多级 A/O 工艺二沉池出水的处理效果,不同搅拌转速下稳

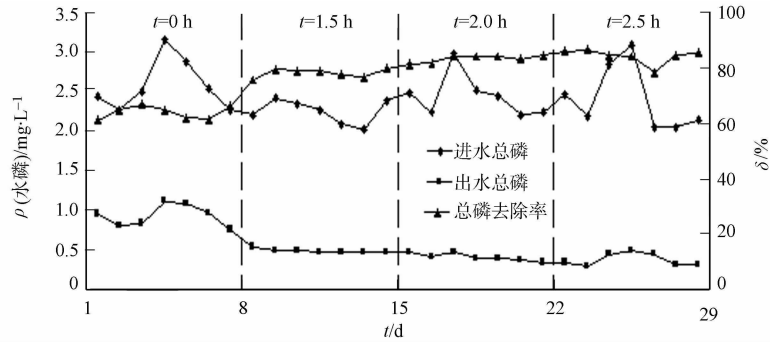


图 6 不同停留时间下尾水中总磷的去除效果

Fig. 6 Removal efficiency of total phosphorus from tail water at different hydraulic retention times

定运行 7 d,其对总磷的去除效果,如图 7 所示.

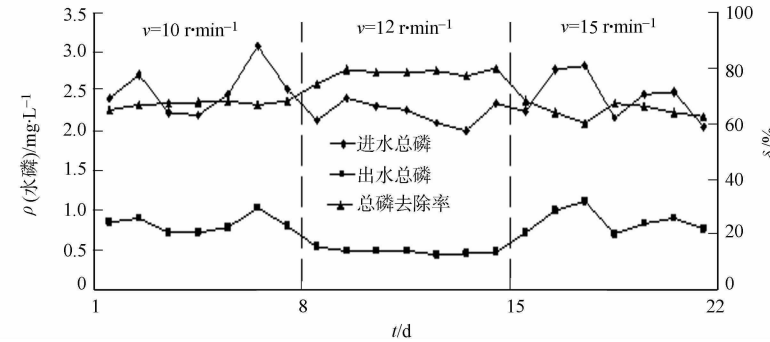


图 7 不同搅拌转速下尾水中总磷的去除效果

Fig. 7 Removal efficiency of total phosphorus from tail water at different speeds of stirring

由图 7 可知:搅拌转速对装置处理多级 A/O 工艺二沉池出水的总磷去除率的影响较大,过大或过小,都会影响除磷效果;在机械搅拌转速(v)为 $12\text{ r} \cdot \text{min}^{-1}$ 时,除磷率相对较高.

3.4 经济分析

对于污水处理,改性硅藻土药剂投加量一般为 $50\text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$,市场价格为 $2\,000\text{ 元} \cdot \text{t}^{-1}$,折合成单位污水处理的药剂费用为 $0.1\text{ 元} \cdot \text{t}^{-1}$;铁盐药剂投加量一般为 $60\text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$,市场价格为 $2\,400\text{ 元} \cdot \text{t}^{-1}$,折合成单位污水处理的药剂费用为 $0.14\text{ 元} \cdot \text{t}^{-1}$;PAM 药剂的投加量一般为 $10\text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$,市场价格为 $24\,000\text{ 元} \cdot \text{t}^{-1}$,折合成单位污水处理的药剂费用为 $0.24\text{ 元} \cdot \text{t}^{-1}$ [12].

由此可以看出:改性硅藻土较为经济;而且采用改性硅藻土最终产生的污泥与另外药剂产生的污泥相比,脱水性能较好,从而节省了污泥的处理费用;处理之后含有硅藻土的污泥也可易回收利用,前景广阔.

4 结论

1) 试验选取的曝气量为 $0.7, 0.5, 0.3\text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$,研究不同曝气量对总磷去除效果的影响,进水总磷质量浓度为 $4.30 \sim 6.11\text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$,出水总磷质量浓度为 $2.33 \sim 3.97\text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$.随着曝气量的降低,除磷率略有上升,但总的说来总磷的去除率较低.

2) 试验调节 $m(\text{C})/m(\text{N})$ 分别为 $3, 4, 6, 8$,随着 $m(\text{C})/m(\text{N})$ 的增大,除磷率稳定上升,但在最高除磷率的情况下,出水总磷的平均质量浓度为 $1.55\text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$,不能达标排放,因此,通过深度处理是十分有必要的.

3) 采用机械搅拌澄清池,深度处理尾水时,改性硅藻土的投加量、进水流量、搅拌转速都会影响装置的去磷效果.在兼顾经济的原则下,在投加量为 $500\text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$,停留时间为 1.5 h ,机械搅拌转速为 $12\text{ r} \cdot \text{min}^{-1}$ 时为最佳工况.此时,对总磷的去除率分别为 79.06% ,出水总磷小于 $0.5\text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$,达到了一级 A 的排放标准.

参考文献:

[1] 杜勤,赵保全,朱家义. 水体富营养化控制手段及防治实例[J]. 工业水处理,2005,25(9):20-22.

[2] 孙梦,张培玉,张晨. 城市污水的除磷技术分析[J]. 水处理技术,2010,36(8):16-20.

[3] 潘红霞,杨义,肖传山. 污水处理中硅藻土的应用[J]. 科技资讯,2010(14):150-151.

[4] 王玉芬,时艳,王英杰. 复合硅藻土絮凝剂的制备与处理污水试验研究[J]. 吉林地质,2004,23(3):90-93.

[5] 张丽芳. 表面改性硅藻土吸附水中活性艳红的研究[J]. 电镀与精饰,2010,32(9):41-43.

[6] 孙月鹏,王火青,孙广垠,等. 不同污泥龄条件下多级 AO 工艺强化生物脱氮性能研究[J]. 水处理技术,2014,10(10):47-52.

[7] 李常留,张兴文,徐鹏飞. 阶段流入式多级 A/O 生物脱氮工艺设计及应用[J]. 环境工程,2010,28(2):45-48.

[8] 彭峰,彭永臻,马勇. A/O 工艺曝气量控制及 pH 和 DO 的变化规律[J]. 环境工程,2007,25(4):31-37.

[9] 楼海婷,高航,高俊发. 多段多级 AO 工艺在污水处理技术中的探讨[J]. 水处理技术,2013,9(12):36-38.

[10] 邱慎初,丁堂堂. 分段进水的生物除磷脱氮工艺[J]. 中国给水排水,2003,19(4):32-36.

[11] 葛士建,彭永臻. 连续流分段进水工艺生物脱氮除磷技术分析及优化控制[J]. 环境科学学报,2009,29(12):2465-2470.

[12] 赵崇山,田欣,潘红霞. A/O+硅藻强化新工艺在中小型城镇污水处理中的应用总结[J]. 环境科学与管理,2010,35(3):91-95.

Optimization of Phosphorus Removal from Multistage A/O Process
with Modified Diatomite and Advanced Treatment
of Phosphorus Removal in Tail Water

MA Cui, HE Zheng-guang, ZHANG Bi-xi

(School of Water Conservancy and Environment, Zhengzhou University, Zhengzhou 450001, China)

Abstract: After acid purification, the diatomite was modified with the mixture of PAC and ferric chloride by surface structure method. The effects of modified diatomite dosage, retention time, and the mechanical stirring speed on the phosphorus removal from tail water were investigated using the modified diatomite to treat the effluent after multistage A/O process. The results showed that the optimal dosage was $500\text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$, the hydraulic retention time was 1.5 h, and the optimum mechanical stirring speed was $12\text{ r} \cdot \text{min}^{-1}$. In this case, the total phosphorus in the effluent was less than $0.5\text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$, and reached the emission standard of A.

Keywords: modified diatomite; multistage A/O process; advanced treatment; phosphorus removal; tail water

(责任编辑: 陈志贤 英文审校: 刘源岗)