

接触过滤/磁性树脂工艺对二沉池出水的处理效能

刘 成^{1,2}, 李俊林², 陈 卫², 陈 彬², 邱 斌²

(1. 河海大学 浅水湖泊综合治理与资源开发教育部重点实验室, 江苏 南京 210098;

2. 河海大学 环境学院, 江苏 南京 210098)

摘 要: 在分析污水厂二沉池出水水质特点的基础上, 利用接触过滤/磁性树脂组合技术对其进行处理, 分析了对污染物的去除效能。研究表明, 二沉池出水存在的主要问题是总氮含量较高, 且以硝态氮为主; 组合技术对二沉池出水中的主要污染物均具有较好的去除效果, 处理出水的总氮、总磷、COD、浊度分别为 10 mg/L、0.1 mg/L、25 mg/L、2.0 NTU 左右; 组合技术的运行费用约为 0.3 元/m³。结合城市污水回用的相关水质标准, 该组合技术可作为污水处理厂升级改造或深度处理的可供选择技术。

关键词: 接触过滤; 磁性树脂; 污水深度处理; 总氮

中图分类号: X703 文献标识码: A 文章编号: 1000-4602(2011)09-0013-04

Treatment Efficiency of Secondary Effluent by Combined Process of Contact Filtration and Magnetic Ion Exchange Resin

LIU Cheng^{1,2}, LI Jun-lin², CHEN Wei², CHEN Bin², QIU Bin²

(1. Key Laboratory of Integrated Regulation and Resource Development on Shallow Lakes

<Ministry of Education>, Hohai University, Nanjing 210098, China; 2. College of Environment, Hohai University, Nanjing 210098, China)

Abstract: On the basis of characteristic analysis of secondary effluent from WWTP, the combined process of contact filtration and magnetic ion exchange resin was used to treat the effluent, and the removal efficiency of pollutants was analyzed. The results show that the main problem of the effluent is higher content of TN, which is mainly comprised of nitrate. The combined process can effectively remove the pollutants in the effluent, TN, TP, COD and turbidity in the treated effluent are 10 mg/L, 0.1 mg/L, 25 mg/L and 2.0 NTU respectively. The operation cost of the combined process is 0.3 yuan/m³. Based on the relevant standards for municipal wastewater reuse, the combined process can be used as one of technologies for upgrading and reconstructing of WWTP or advanced wastewater treatment.

Key words: contact filtration; magnetic ion exchange resin; advanced wastewater treatment; TN

2007年无锡市发生供水危机事件后, 国家对太湖流域的城镇污水处理厂的尾水排放提出了更加严格的要求。目前我国的污水处理厂大多采用活性污

泥法及其改进工艺, 虽可有效去除水中的有机污染物, 但脱氮除磷效果相对较差且不稳定, 出水水质很难达到国家排放标准。为了减少氮的排放, 需对城

基金项目: 国家水体污染控制与治理科技重大专项(2008ZX07421-002); 国家自然科学基金资助项目(50908073)

市污水处理厂出水进行后续脱氮处理^[1~4]。

笔者针对污水厂二级处理出水的水质特点及目前的排放标准,尝试采用接触过滤/磁性树脂组合工艺去除二级处理出水中残留的污染物,以期对污水的深度处理及水环境的改善提供一个新的选择。

1 试验材料与方法

1.1 材料与仪器

原水为太湖流域某污水厂的二沉池出水,通过泵输送至中试处理装置;硫酸铝及测定过程中所用药剂均为分析纯或化学纯;分析仪器有紫外可见分光光度计、便携式浊度仪等。

1.2 中试装置

中试装置见图1。

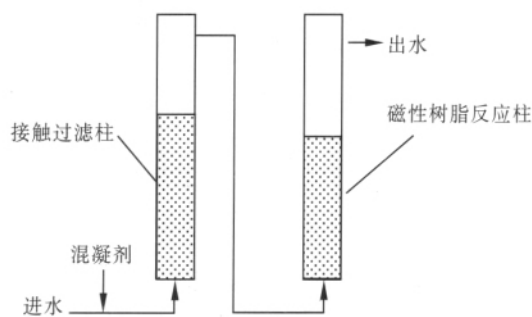


图1 接触过滤/磁性树脂工艺示意图

Fig. 1 Schematic diagram of contact filtration and magnetic ion exchange resin process

混凝剂采用硫酸铝;接触过滤柱采用上向流过滤,柱体尺寸为 $\varnothing 200\text{ mm} \times 1.8\text{ m}$,滤层高度为1.0 m,滤料采用级配石英砂;磁性树脂反应柱采用上向流过滤,柱体尺寸为 $\varnothing 200\text{ mm} \times 1.8\text{ m}$,树脂层高度为0.5 m,运行时膨胀率取100%。

1.3 检测指标及方法

COD:重铬酸钾法,TN:过硫酸钾氧化—紫外分光光度法, $\text{NH}_3\text{-N}$:纳氏试剂光度法, $\text{NO}_3^- \text{-N}$:酚二磺酸光度法,TP:钼锑抗分光光度法,浊度:浊度仪。

2 结果与讨论

2.1 原水水质

试验在太湖流域某城市污水厂内进行,该厂采用Orbal氧化沟工艺。2009年二沉池的出水水质如下:pH值为7.23~7.61,COD、 BOD_5 、SS、TP、TN和氨氮分别为(34.1~71.3)、(3.1~7.3)、(4~15)、(0.14~0.60)、(11~20)、(0.56~2.71) mg/L。可知该厂的出水水质相对较好,除总氮外,其他各主要

指标基本可达到国家一级A标准的要求。针对国内其他污水处理厂的调研也有类似的结果。因此,深度处理要解决的主要问题是进一步去除二级处理出水中的总氮。对二级处理出水中氮的形态进行了测定,结果见图2。

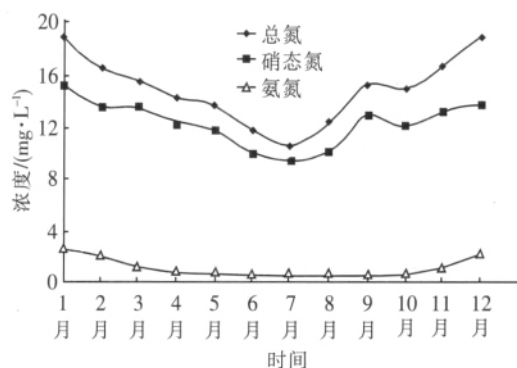


图2 二沉池出水中各形态氮的含量

Fig. 2 Distribution of nitrogen in effluent of sedimentation tank

由图2可以看出,二沉池出水中的氮以硝态氮为主,而氨氮的含量相对较低。原因是经过微生物的处理之后,原水中的有机氮、氨氮在氨化细菌、硝化细菌等微生物的作用下被转化为硝态氮。由于排放标准的限制,污水厂对氧化沟的运行工况进行了优化,以充分发挥氧化沟的净化效能。在氧化沟运行正常的情况下,有机氮、氨氮基本上全部被转化为硝态氮,而由于原水水质、氧化沟自身工艺特性等方面的原因,反硝化作用难以进行完全。同时,生物作用的大小与水温的关系密切,这导致二沉池出水中的氮浓度随季节的变化而波动,部分时段会出现总氮浓度超标,且氮的形态以硝态氮为主。目前已报道的其他污水厂的出水水质情况与此相似^[6~9]。

2.2 组合工艺对主要污染物的去除效果

根据前期试验结果,确定组合工艺的运行参数如下:硫酸铝投量为30 mg/L;接触过滤的滤速为8 m/h;磁性树脂的通水倍数采用500,沉后水与树脂的接触时间控制在5 min左右。

2.2.1 总氮

组合工艺各单元对二沉池出水中总氮的去除效果见图3。可以看出,组合工艺对二沉池出水中的总氮有一定的去除效果,去除率稳定在50%~60%之间。其中,接触过滤单元对总氮的去除效果较差,基本在5%以内;磁性树脂单元对总氮则有较好的去除效果,基本在50%左右。分析原因为:接触过

滤单元对硝态氮基本没有去除效果,其对总氮的去除主要依靠对沉后水中残留有机氮的去除;而试验所用磁性树脂为阴离子交换树脂,其对水中的各类阴离子均有一定的去除效果,且在磁性树脂的交换顺序中 NO_3^- 处于比较靠前的位置,故对二沉池出水中的硝态氮具有较好的去除效果。

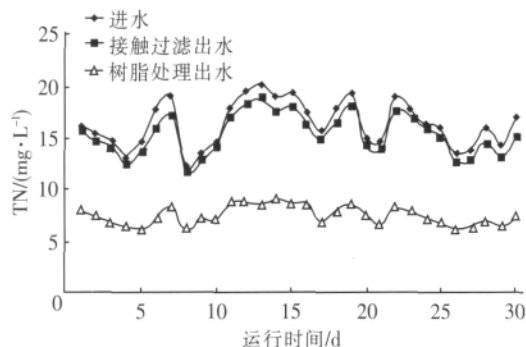


图 3 组合工艺对总氮的去除效果

Fig. 3 TN removal by combined process

2.2.2 COD

组合工艺各单元对二沉池出水中有机物的去除效果见图 4。

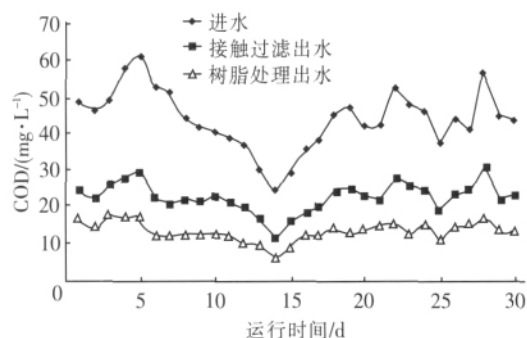


图 4 组合工艺对二沉池出水中 COD 的去除效果

Fig. 4 Removal of COD in sedimentation tank effluent by combined process

由图 4 可以看出,组合工艺对 COD 的去除率在 70%~80% 之间,且接触过滤和磁性树脂单元对有机物均有较好的去除效果,但两者的去除机理存在较大的差别。由于二沉池出水中的有机物主要为经过生物处理后残余的部分,多为难降解的有机物,包括单宁酸、木质素等,故接触过滤单元对有机物的去除主要依靠混凝剂的混凝作用。而磁性树脂则主要通过离子交换、吸附作用等途径去除水中的有机物。

2.2.3 总磷

测定显示,组合工艺出水总磷含量基本在 0.1 mg/L 左右,且对总磷的去除主要集中在接触过滤单

元。这是因为二沉池出水中的总磷主要为正磷酸盐(少量以有机磷的形态存在),在混凝过程中可与混凝剂水解产生的铝离子反应形成沉淀并在过滤过程中被去除。磁性树脂单元对总磷基本没有去除效果,原因主要有两个,一是磷酸根离子在磁性树脂的交换顺序中处于相对靠后的位置;另一个是接触过滤单元出水总磷浓度相对较低。

2.2.4 浊度

由于处理出水中的悬浮物含量较低,故采用浊度作为替代参数进行测定。结果表明,组合工艺对浊度具有较好的去除效果,且去除主要集中在接触过滤单元。分析原因是接触过滤单元集混凝、絮凝、过滤于一体,对悬浮物、胶体颗粒的去除效果好;磁性树脂采用上向流运行方式,在运行过程中树脂处于流化状态,故其对浊度基本没有去除效果。

综上所述,组合工艺的出水水质较好,接近于地表水环境质量标准中Ⅲ类水体的规定值。因此,污水厂的二沉池出水经该组合工艺处理后可以实现回用。

2.3 组合工艺的经济分析

接触过滤/磁性树脂系统的成本主要包括材料费(设备、泵等)、运行及管理费(电费、工业盐和人工费)和磁性树脂费用等。按规模为 10 000 m^3/d 、通水倍数为 1 000、硫酸铝价格为 1 000 元/t、电费为 0.6 元/($\text{kW} \cdot \text{h}$)、工业盐价格为 700 元/t、树脂损失率为 0.1% 和折旧率为 5% 进行计算,结果表明运行成本约为 0.3 元/ m^3 (见表 1)。

表 1 系统成本估算

Tab. 1 Estimation of operation cost 元· m^{-3}

项目	树脂费	混凝剂	工业盐	电费	人工费	折旧费
数值	0.10	0.03	0.035	0.003 6	0.005	0.1
注: 处理 1 000 m^3 污水的电耗和工业盐用量分别为 6 $\text{kW} \cdot \text{h}$ 、50 kg。						

3 结论

① 污水厂二级处理出水存在的主要水质问题是总氮浓度超标,且其以硝态氮为主要存在形式。

② 接触过滤/磁性树脂组合工艺可以有效去除二沉池出水中的污染物,其出水总氮、总磷、COD、浊度分别为 10 mg/L、0.1 mg/L、25 mg/L、2.0 NTU 左右;且运行费用仅约为 0.3 元/ m^3 ,因此可用于污水厂的升级改造或深度处理。

(下转第 20 页)

- 41.
- [3] Ricordel C ,Darchen A ,Hadjiev D. Electrocoagulation – electroflotation as a surface water treatment for industrial uses [J]. Sep Purif Technol ,2010 ,74(3) : 342 – 347.
- [4] Gao Shanshan ,Yang Jixian ,Tian Jiayu *et al.* Electro-coagulation-flotation process for algae removal [J]. J Hazard Mater ,2010 ,177(1/3) : 336 – 343.
- [5] Zuo Qianhai ,Chen Xueming ,Li Wei *et al.* Combined electrocoagulation and electroflotation for removal of fluoride from drinking water [J]. J Hazard Mater ,2008 ,159(2/3) : 452 – 457.
- [6] FENG Qi-yan ,LI Xiang-dong ,CHENG Yu-jie *et al.* Removal of humic acid from groundwater by electrocoagulation [J]. Journal of China University of Mining and Technology ,2007 ,17(4) : 513 – 515 ,520.
- [7] Poon C P C. Electroflotation for groundwater decontamination [J]. J Hazard Mater ,1997 ,55(1/3) : 159 – 170.
- [8] 罗亚田 ,曾勇辉 ,张列宇 ,等. 电凝聚过程中消除电极钝化方法的研究进展 [J]. 能源环境保护 ,2006 ,20(3) : 4 – 6.
- [9] 陈彬 ,朱又春 ,李彦旭 ,等. 废水脉冲电解处理节能高效的原因分析 [J]. 环境工程学报 ,2008 ,2(1) : 23 – 26.
- [10] 陈宇炜 ,陈开宁 ,胡耀辉. 浮游植物叶绿素 a 测定的“热乙醇法”及其测定误差的探讨 [J]. 湖泊科学 ,2006 ,18(5) : 550 – 552.
- [11] 蒋绍阶 ,刘宗源. UV_{254} 作为水处理中有机物控制指标的意义 [J]. 重庆建筑大学学报 ,2002 ,24(2) : 61 – 65.
- [12] Ghernaout D ,Badis A ,Kellil A *et al.* Application of electrocoagulation in *Escherichia coli* culture and two surface waters [J]. Desalination ,2008 ,219(1/3) : 118 – 125.
- [13] 张惠灵 ,李良华 ,伊江明. 电凝聚除磷及动力学分析 [J]. 环境科学与技术 ,2005 ,28(3) : 57 – 59.
- [14] 吕秀平 ,胡晗华 ,张栩 ,等. Fe^{3+} 对浮游颤藻生长和光合作用的影响 [J]. 水生生物学报 ,2005 ,29(3) : 318 – 322.
- [15] 黄振芳 ,刘昌明 ,刘波 ,等. 铁锰微量元素对淡水藻类的生长影响研究 [J]. 北京师范大学学报 ,2009 ,45(5/6) : 607 – 611.
- [16] Khosla N K ,Venkatachalam S ,Somasundaran P. Pulsed electrogeneration of bubbles for electroflotation [J]. J Appl Electrochem ,1991 ,21(11) : 986 – 990.
- [17] 胡敏 ,何湘宁. 脉冲电源印染污水处理的双电层电容效应分析 [J]. 电工技术学报 ,2007 ,22(11) : 130 – 134.
- [18] 石淑云. 周期换向脉冲电絮凝法处理屠宰场废水 [J]. 水处理技术 ,2010 ,36(4) : 104 – 107.
- 作者简介:汝旋(1986 –),女,广西桂林人,硕士研究生,研究方向为水污染控制。
E-mail: xxxz7514@yahoo.com.cn
通讯作者: 喻泽斌
收稿日期: 2010 – 12 – 13

(上接第15页)

参考文献:

- [1] 汪恩. 亚铁盐化学除磷在昆山港东污水处理厂的应用 [J]. 中国给水排水 ,2008 ,24(4) : 31 – 33.
- [2] 刘科军 ,张丹 ,朱迪 ,等. 戚墅堰污水厂提标改造工程 [J]. 中国给水排水 ,2010 ,26(16) : 36 – 40.
- [3] 李俊生. 活性砂过滤器在城镇污水厂节能减排中的应用 [J]. 中国给水排水 ,2010 ,26(1) : 57 – 59.
- [4] 李学强 ,武道吉 ,孙伟 ,等. 臭氧/过滤/活性炭工艺深度处理污水厂二级出水 [J]. 中国给水排水 ,2009 ,25(15) : 73 – 75.
- [5] 国家环境保护总局. 水和废水监测分析方法(第4版) [M]. 北京: 中国环境科学出版社 ,2002.
- [6] 林清秀. 海沧污水处理厂升级改造的思路及工程实施 [J]. 中国给水排水 ,2008 ,24(24) : 20 – 22.
- [7] 陈凌霞 ,魏峰 ,徐志伟. $A + A^2O$ 工艺在泰安市污水处理厂的应用 [J]. 中国给水排水 ,2005 ,21(12) : 83 – 85.
- [8] 房安富 ,王旭 ,王文光. CAST 工艺在大连老虎滩污水处理厂的应用 [J]. 中国给水排水 ,2007 ,23(4) : 61 – 64.
- [9] 叶锋 ,杨小丽 ,王阿华 ,等. 水温对太湖流域城镇污水厂除污效果影响的调研 [J]. 中国给水排水 ,2010 ,26(2) : 28 – 30.
- 作者简介:刘成(1977 –),男,山东济南人,博士,讲师,主要研究方向为饮用水安全保障技术。
电话:(025) 83787984
E-mail: liucheng8791@sina.com
收稿日期: 2010 – 12 – 13