

PAC-UF 工艺处理沉淀池出水试验

瞿芳术¹, 梁恒^{1,2}, 王辉¹, 陈杰³, 李圭白^{1,2}

(1. 哈尔滨工业大学 城市水资源与水环境国家重点实验室, 哈尔滨 150090, qufangshu@163.com;

2. 城市水资源开发利用(北方)国家工程研究中心, 哈尔滨 150090; 3. 苏州立升膜分离科技有限公司, 苏州 215152)

摘要: 利用粉末活性炭(PAC)和浸没式超滤膜组件联合处理净水厂沉淀池出水, 并对处理前后水样的浊度、 COD_{Mn} 、 UV_{254} 、TOC 和三氯甲烷生成势进行检测. 结果表明: PAC 能够加强超滤膜对水中颗粒及胶体物质的控制, 使出水的浊度保持在 0.10 NTU 以下, 去除率在 95% 以上; PAC 能有效提高超滤工艺对有机物的去除能力, PAC 的最佳投量在 20~30 mg/L; PAC 和超滤膜联合使用还能去除三氯甲烷的前驱物, 在投量为 20~30 mg/L 时能降低 23.9%~31.4% 的三氯甲烷生成势. 通过分析 PAC 投量对膜通量下降的影响可知, PAC 投加可以降低膜污染, 同时, PAC-UF 工艺中形成的膜污染以粉末活性炭颗粒泥饼层为主, 可以通过简单的水力反冲洗实现通量恢复.

关键词: 超滤; 粉末活性炭; 膜污染

中图分类号: TU991.2

文献标志码: A

文章编号: 0367-6234(2010)11-1779-04

Purification of the effluent of sedimentation with PAC-UF process

QU Fang-shu¹, LIANG Heng^{1,2}, WANG Hui¹, CHEN Jie³, LI Gui-bai^{1,2}

(1. State Key Laboratory of Urban Water Resource and Environment, Harbin Institute of Technology, Harbin 150090, China, qufangshu@163.com; 2. National Engineering Research Center of Urban Water Resources, Harbin 150090, China;

3. Suzhou Litree Membrane Separation Technology Ltd. Co., Suzhou 215152, China)

Abstract: The effluent of sedimentation tank in water supply plant was dealt with by powdered activated carbon(PAC)-UF process, and the turbidity, COD_{Mn} , UV_{254} , TOC and the trichloromethane formation potential of influent and effluent in PAC-UF process were measured. The results showed that the addition of PAC could enhance the removal of particles and colloidal substances in water, which kept the turbidity of effluent lower than 0.1 NTU and the removal rate remaining above 95%. The addition of PAC could improve the removal of organics in PAC-UF process and reduce 23.9%–31.4% trichloromethane formation potential with the optimum PAC dosage of 20–30 mg/L. It was also found that PAC could reduce membrane fouling, and the membrane fouling in PAC-UF process was mainly consist of PAC cake layer which could be easily removed by hydraulic backwashing.

Key words: ultrafiltration(UF); powdered activated carbon(PAC); membrane fouling

目前,我国大部分的饮用水处理工艺仍是传统的混凝、沉淀、过滤工艺.随着2006年新饮用水水质国标的推出,在地表水质没有根本性好转的

情况,传统饮用水处理工艺很难实现出水水质完全达标.因此,大部分水厂在未来的几年都需要进行工艺改造,而以超滤为代表的膜分离工艺是水厂改造的理想选择^[1].超滤工艺在水处理中大规模应用的主要障碍在于膜污染和不能控制溶解性的有机物质. Sundaramoorthy 等^[2]研究发现,不同形态的 NOM 对 MF/UF 膜污染会产生不同影响,胶体状有机物最容易产生不可逆污染. Lin 等^[3]还对腐殖酸的相对分子质量、亲水性的污染程度

收稿日期: 2009-02-18.

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(50808051);

国家科技支撑计划项目(2006BAJ08B06);

国家“十一五”重大水专项(2008ZX07422-005).

作者简介: 瞿芳术(1984—),男,博士研究生;

李圭白(1931—),男,博士生导师,中国工程院院士.

砂滤池可以很大程度地提高工艺对水中颗粒及胶体物质的去除。

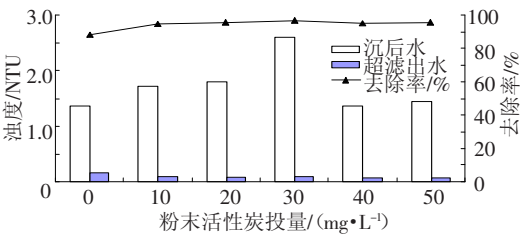


图2 粉末炭投量对 PAC-UF 工艺控制浊度的影响

2.2 PAC-UF 对有机物的控制

由图 3 可知,超滤膜直接处理沉淀池出水, COD_{Mn} 、 UV_{254} 和 TOC 的去除率分别为 16.7%, 11.0% 和 18.5%, 这说明沉淀池出水还具有部分颗粒状胶体状的有机物, 能够通过超滤膜实现分离, 但去除的量有限. 从粉末活性炭投加量对 COD_{Mn} 和 TOC 的去除率影响曲线可以看出, 粉末活性炭投量从 10 mg/L 增加到 50 mg/L, COD_{Mn} 和 TOC 的去除率仅增加 20 个百分点, 这说明粉末活性炭投加量增加对水中有机污染物去除的影响不大, 其原因可能在于连续投加方式不能充分利用粉末活性炭的吸附性能, 需要进一步考虑粉末活性炭回流或者增加接触时间等措施来解决. 从 UV_{254} 去除率曲线可知, 粉末活性炭的投加对 UV_{254} 指代的不饱和有机物的去除效果非常明显. 粉末活性炭投加量增加对水中有机物 3 个替代指标的去除率影响差异很大, 仅对 UV_{254} 去除水平影响明显, 可能有两点原因: 第一, UV_{254} 指代的有机物相对分子质量范围在粉末活性炭能高效吸附的相对分子质量范围内; 第二, UV_{254} 指代的有机物在试验用水的有机物中占的比重小. 从总体上看, PAC-UF 工艺处理沉淀池出水时, 粉末活性炭的最佳投加量为 20~30 mg/L, 投量为 20 mg/L 时, COD_{Mn} 、 UV_{254} 和 TOC 的去除率分别为 27.2%, 38.5% 和 30.7% .

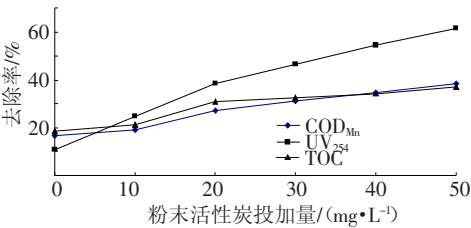


图3 粉末活性炭投量对 PAC-UF 控制水中有机污染物的影响

2.3 PAC-UF 对三氯甲烷生成势的控制

饮用水消毒后产生三氯甲烷等消毒副产物—

直是饮用水预氯化处理和液氯消毒中存在的一个问题,也是传统水处理工艺不可避免的问题之一. 由图 4 可知,沉淀池水经过超滤后,三氯甲烷的生成势仅降低 5.5%,说明超滤膜对三氯甲烷前驱物质的去除能力非常有限. 在投加粉末活性炭以后,三氯甲烷生成势大幅度降低,投量为 10 mg/L 时,去除率为 16.5%,当粉末活性炭投加量增至 50 mg/L 时,三氯甲烷生成势的去除率达到 38.1%,从整体上看,粉末活性炭最佳投量在 20~30 mg/L,三氯甲烷生成势的去除率在 23.9%~31.4% .

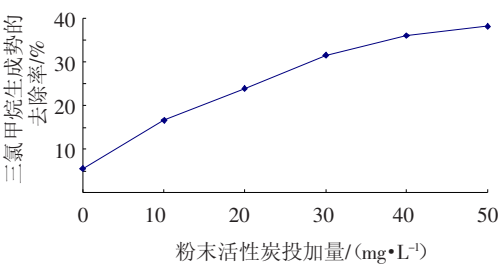


图4 粉末活性炭投加量对三氯甲烷生成势去除的影响

2.4 PAC 对超滤膜污染的控制

膜污染是超滤工艺应用的障碍之一. 超滤膜污染的方式主要有 3 种^[11-12]:小分子在膜空内吸附引起的膜孔窄化;膜表面的膜孔堵塞;被膜截留的物质在膜表面形成滤饼层. 将粉末活性炭和超滤膜联合使用,目的就在于利用粉末活性炭吸附溶解性有机物质减少膜孔窄化和膜表面的膜孔堵塞,减少不可逆污染的形成,同时在膜表面形成以粉末活性炭颗粒为主的滤饼层,阻止有机污染与膜表面的接触.

由图 5 可知,超滤膜起始通量随着粉末活性炭投量的增加而降低,但增幅逐渐减小,这是因为在膜池中投加粉末活性炭之后,粉末活性炭迅速在膜表面形成滤饼层,从而增加膜阻力降低膜通量. 试验期间,监测了 PAC-UF 工艺运行前 12 个小时通量的下降,发现通量下降基本上可以分为 3 个阶段:快速下降阶段,在装置运行的前 1 h,膜污染以膜孔窄化和膜表面的膜孔堵塞为特征;缓慢下降阶段,在运行的 1~4 h,膜污染以滤饼层变厚和变得密实为特征;稳定阶段,在 4 h 之后,以膜污染增加非常缓慢、通量稳定为特征.

当超滤膜直接处理沉淀池出水时,通量下降非常快,在第一阶段,小分子有机物在膜空内吸附造成膜孔窄化,同时胶体物质可能在膜表面堵塞膜孔,因此膜通量迅速下降;在第二阶段,胶体和

颗粒物质在膜表面逐渐形成密实的泥饼层,使得膜通量继续下降;在第三阶段,由于泥饼层截留了大量的杂质,降低了膜表面的污染负荷,使得膜通量下降非常缓慢,进入稳定阶段.在膜池中投加粉末活性炭之后,膜通量下降的规律同沉后水直接超滤类似,但是通量下降的程度比直接超滤小,在第一阶段,由于粉末活性炭吸附了水中许多有机物分子,使得膜孔窄化现象缓和,另外粉末活性炭颗粒迅速在膜表面形成以粉末活性炭颗粒为主的滤饼层,阻止胶体和微小颗粒物质与膜表面接触,减少了膜孔堵塞的现象;在第二阶段,膜表面的粉末活性炭滤饼层随着处理水量的增加而加厚,同时大量水中的杂质在粉末活性炭滤饼层上截留,使得滤饼层变厚、膜阻力增加,因而通量还会缓慢下降;第三阶段,超滤膜纤维丝表面的泥饼层将不再增厚,原因在于泥饼层表面的粉末活性炭颗粒会在重力的作用下,脱落并沉至膜池的底部,只有部分微小颗粒物质和小分子物质会进入泥饼层,使泥饼层更为密实,因此,在稳定阶段,通量仅有微小的下降.

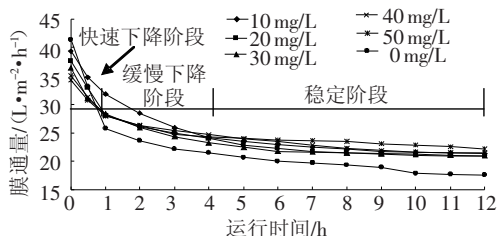


图 5 粉末活性炭投量对通量下降的影响

综上可知,PAC 投加确实能降低膜污染,减少膜通量降低的程度,投量越大,效果越明显;而且投加粉末活性炭后引起的膜污染可能是以粉末活性炭滤饼层为主的可逆污染,可通过水力反冲洗解决.有关长期运行中粉末活性炭对膜污染的具体影响后期将进一步论证.

3 结 论

1) PAC-UF 工艺处理沉淀出水,能够将出水浊度控制在 0.10 NTU 以下,对水中颗粒物质的去除率达到 95% 以上;PAC 的吸附作用和超滤膜截留作用的联合能够有效去除沉淀池出水中的有机物质,粉末活性炭的最佳投量在 20 ~ 30 mg/L,投量为 20 mg/L 时, COD_{Mn} 、 UV_{254} 和 TOC 的去除率分别为 27.2%、38.5% 和 30.7%.

2) PAC-UF 工艺能够有效降低三氯甲烷的

生成势,当粉末炭投加量为 20 ~ 30 mg/L 时,三氯甲烷生成势降低 23.9% ~ 31.4%.

3) PAC 的投加能够有效降低超滤膜污染,而且形成以粉末活性炭颗粒泥饼层为主的可逆污染,可以通过简单的水力反冲洗实现通量恢复.

参考文献:

- [1] 李圭白,杨艳玲. 超滤:第三代城市饮用水净化工艺的核心[J]. 供水技术, 2007,1(1):1-3.
- [2] SUNDARAMOORTHY K, BRUGGER A, PANGLISCH S, *et al.* Studies on the minimisation of NOM fouling of MF/UF membranee with the help of a submerged "single" capillary membrane apparatus [J]. Desalination, 2005,179:1-3.
- [3] LIN C F, LIN T Y, HAO O J. Effects of humic substance characteristics on UF performance[J]. Wat Res, 2000, 34(4):1097-1106.
- [4] 董秉直,曹达文,范瑾初. 粉末活性炭-超滤膜处理黄浦江原水研究[J]. 上海环境科学, 2003,22(11):731-733.
- [5] 郝爱玲,陈永玲,顾平. 微污染水处理中投加粉末活性炭缓解膜污染的机理研究[J]. 膜科学与技术, 2007,27(1):35-40.
- [6] SAGBO O, SUN Yaxi, HAO Ailing, *et al.* Effect of PAC addition on MBR process for drinking water treatment [J]. Separation and Purification Technology, 2008(58):320-327.
- [7] CHANG S, WAITE T D, FANE A G. A simplified model for trace organics removal by continuous flow PAC adsorption/submerged membrane process [J]. Journal of Membrane Science, 2005(253):81-87.
- [8] MOZIA S, TOMASZEWSKA M. Treatment of suiface water using hybrid processes adsorption on PAC and ultrafiltration[J]. Desalination, 2004(162):23-31.
- [9] GAI Xiangjuan, KIM Hanseung. The role of powdered activated carbon in enhancing the performance of membrane systems for water treatment [J]. Desalination, 2008,225:288-300.
- [10] 林细萍,卢益新,张德明,等. THMFP 及 HAAFP 的测定方法[J]. 中国给排水,2003,19(10):98-100.
- [11] 王北福,于水利,镇祥华,等. 超滤处理含聚污水过程中通量衰减机理的研究[J]. 环境科学学报,2007, 27(4):568-574.
- [12] MATSUI Y, YUASA A, ARIGA K. Removal of a synthetic organic chemical by PAC-UF system—I: Theory and modeling[J]. Wat Res, 2001,35(2):455-463.

(编辑 刘 彤)