

混凝 超滤去除地表水中颗粒特性

夏圣骥¹, 李圭白², 张 军³, 姚娟娟¹

(1. 同济大学 污染控制与资源化研究国家重点实验室, 上海 200092, E-mail: shengjixia@yahoo.com.cn; 2. 哈尔滨工业大学 市政环境工程学院, 哈尔滨 150090; 3. 黑龙江大学 建筑工程学院, 哈尔滨 150090)

摘 要: 为考察混凝 超滤组合工艺对水质较差的地表水处理效果, 以松花江哈尔滨段水为水源, 建造一座 120 m³/d 的超滤膜中试水厂, 进行生产饮用水的试验研究. 采用浊度仪和颗粒计数器等研究混凝 超滤组合工艺对水中悬浮物、颗粒和胶体的去除行为. 结果表明, 超滤膜出水浑浊度非常低, 并且不受进膜水浑浊度的影响; 对于地表水, 颗粒粒径大于 7 μm 的颗粒几乎被完全去除, 而对水中总颗粒数 (粒径 2~750 μm) 能有 3 个数量级的去除. 对于难处理的北方低温低浊水, 超滤膜能保证较好的水处理效果.

关键词: 地表水; 水处理; 超滤膜; 浑浊度; 颗粒

中图分类号: TU991.2 **文献标识码:** A **文章编号:** 0367-6234(2008)10-1657-04

Particles removal in coagulation/ultrafiltration of surface water

XIA Sheng-ji¹, LI Gui-bai², ZHANG Jun³, YAO Juan-juan¹

(1. State Key Laboratory of Pollution Control and Resources Reuse, Tongji University, Shanghai 200092, China, E-mail: shengjixia@yahoo.com.cn; 2. School of Municipal and Environmental Engineering, Harbin Institute of Technology, Harbin 150090, China; 3. School of Architecture and Civil Engineering, Heilongjiang University, Harbin 150080, China)

Abstract: A capacity of 120 m³/d water treatment plant was set up to produce drinking water with ultrafiltration membranes for the pilot-scale test. Songhua River water was used as the raw water. The removal of suspended matter, particles and colloids was studied with the help of turbidity meter and particle counter. The results showed that, independent of the raw water turbidity, the membrane permeate turbidity was very low. The particles larger than 7 μm were almost removed completely. The particles were eliminated from average 12000 per mL in the raw water to about 15 per mL in the permeated water, and the removal of particles about three order of magnitude was observed. The ultrafiltration membrane ensures a good quality of permeate water for the raw water with low turbidity and temperature in north China.

Key words: surface water; water treatment; ultrafiltration membranes; turbidity; particles

传统水处理方法对于耐氯性微生物处理效果不好, 制膜技术的进步使得膜法水处理技术具有越来越大的经济竞争力^[1-3]. 在地表水膜处理中, 由于超滤出水水质佳而受到更多关注^[4,5]. 要想扩大微滤和超滤的应用, 面向复杂的水源水处理, 膜技术需要和其他水处理技术组合. 混凝和粉末

活性炭 (PAC) 吸附常用做膜分离的预处理^[6-8]. 为了研究混凝 超滤组合工艺对水质较差的原水处理效果, 在前期试验的基础上^[9,10], 建造了一座 120 m³/d 的超滤处理地表水的中试水厂, 主要探讨混凝 超滤组合对水中悬浮物、颗粒和胶体的去除行为.

1 试 验

1.1 实验材料

以松花江哈尔滨段地表水为原水, 试验期间原水主要水质参数见表 1. 试验所用膜组件为深圳立升公司生产的 LH3-1060 膜组件, 膜材料为

收稿日期: 2005-12-08

基金项目: 国家高技术研究发展计划重大科技专项课题 (863-2002AA601140); 国家自然科学基金资助项目 (50808134).

作者简介: 夏圣骥 (1978—), 男, 博士, 讲师;

李圭白 (1931—), 男, 教授, 中国工程院院士.

剂投加量为 16 mg/L. 图 5 反映了中试装置在不同的混凝剂投加量下对浑浊度去除的影响. 系统运行工艺为原水混凝后经过砂滤再进行膜过滤. 从图 5 可以看出,在没有投加混凝剂时,砂滤出水浑浊度较高,但是膜过滤后浑浊度为 0.12 NTU, 浑浊度很低. 投加混凝剂时,混凝后砂滤(微絮凝过滤)出水比不投加混凝剂出水浑浊度有所改善,不同的混凝程度产生了不同的砂滤出水浑浊度,但是在膜滤后出水浑浊度变化不大,围绕在 0.15 NTU 左右. 比较图 4、5 可以看出,混凝后砂滤比混凝后烧杯静沉浑浊度低.

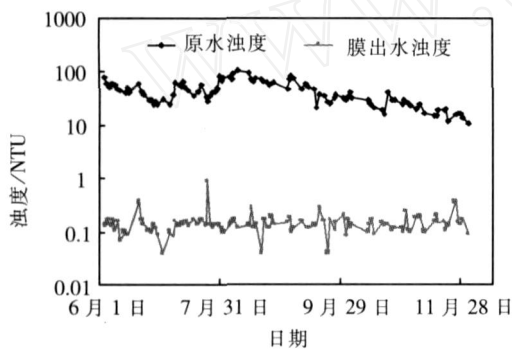


图 3 混凝/超滤系统对浑浊度的去除效果

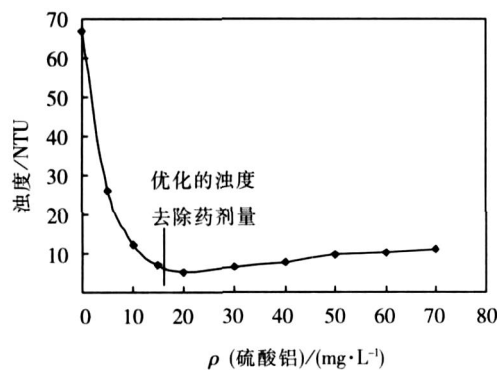


图 4 烧杯试验沉淀后水浑浊度与混凝剂投加量间关系

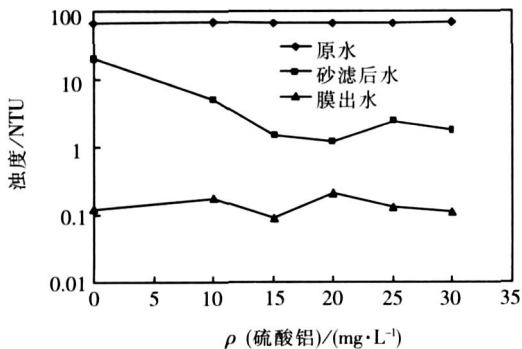


图 5 混凝/超滤系统投加不同混凝剂量时浑浊度变化

2.2 混凝/超滤系统对颗粒物的去除

试验过程中用 HACH PCX 在线颗粒计数器对原水、砂滤出水和膜出水的颗粒进行检测. 与浑浊度仪不同,颗粒计数器的测定结果直接反映了颗粒物的物理参数,即颗粒物的总量(个/mL)和

粒径分布. 实际运用中,可选择颗粒计数器检测的颗粒尺寸范围,显示每个粒径范围的计数检测情况,因而颗粒检测可以作为一种监测和控制水中病原微生物可能数量的有效方法. 该方法已经在国外得到广泛重视和应用,而在国内则刚开始开展这方面的研究与应用^[11].

颗粒计数器检测结果见图 6 随着季节的变化,原水颗粒粒径在 2~750 μm 的总颗粒数在 3000~18000 个/mL 变化,比较图 3、6 可以看出,尽管浑浊度和颗粒计数是对水中不同粒径范围的颗粒的监测,但是他们描述同一水样时有较好的相关性,浑浊度高时,水中大于 2 μm 粒径的颗粒数相应多,浑浊度低时,颗粒数少.

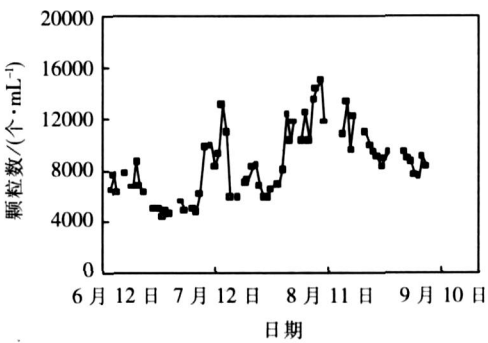


图 6 试验期间原水颗粒粒径在 2~750 μm 的颗粒数

图 7 是松花江原水和膜出水的不同粒径颗粒的分布(7月 14 日). 运行工况为原水混凝后直接超滤. 原水中超过 99.8% 的颗粒物集中在 2~8 μm 的范围. 颗粒粒径大于 2 μm 的颗粒能够得到很好的去除,从原水的 13156 个/mL,下降到膜出水的 15 个/mL. 颗粒粒径大于 7 μm 的颗粒几乎被完全去除. 膜透过的颗粒集中在 2~3 μm 的粒径范围.

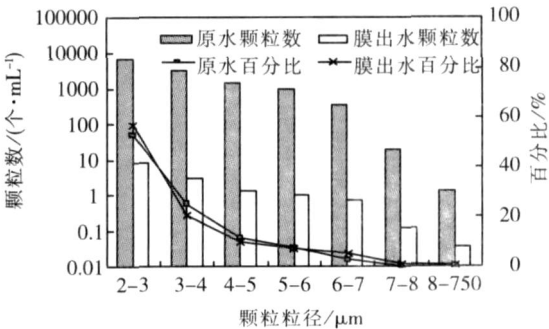


图 7 松花江原水和膜出水的不同粒径颗粒的分布

图 8 表示了膜过滤两个工作周期的微粒特性(粒径大于 2 μm),超滤膜反冲洗后颗粒数会升高,可能是反冲洗时产生的扰动所致. 不过很快就会降为 10~20 个/mL,这一数值也表示膜组件并没有受到破损. 图 9 表示了混凝/砂滤/超滤工艺在不同的混凝剂投量时颗粒粒径变化. 混凝反应

对砂滤出水颗粒数有所影响,膜出水颗粒数没有大的变化,一般在 20 个 /mL 以下。

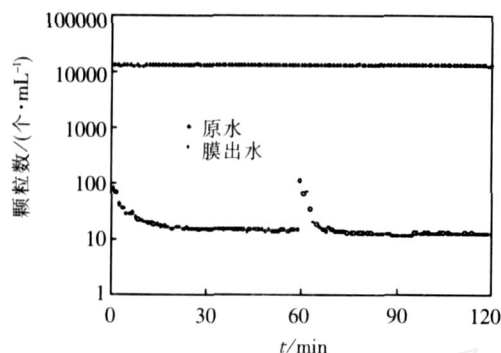


图 8 反冲洗前后水中颗粒变化

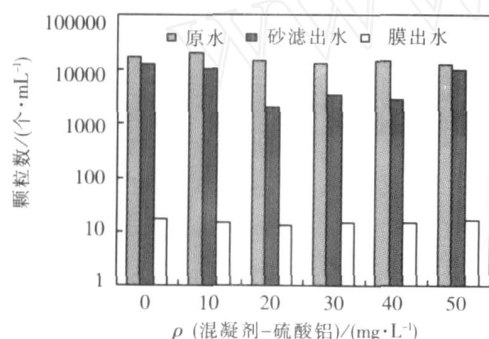


图 9 投加不同混凝剂量时颗粒数变化

3 结 论

1)超滤膜出水浑浊度受进膜水浑浊度影响不大,主要是膜的筛分效应,超滤膜出水浑浊度低,在 0.15 NTU 左右。

2)尽管浑浊度表征的是胶体小粒径范围,水中颗粒数(粒径 2~750 μm 的总数)与浑浊度还是有一定的相关性。

3)超滤膜过滤地表水,将原水中的颗粒数(粒径 2~750 μm 的总数)从 10000 个 /mL 左右处理至 10 个 /mL,降低几个数量级左右。

参考文献:

[1] LEE S H, PARK P K, KM J H, *et al* Analysis of filtration characteristics in submerged microfiltration for drinking water treatment[J]. Water Research, 2008, 42 (12): 3109 - 3121.

[2] 刘晓飞,杜茂安,马军,等. 低压膜直接过滤处理低温低浊水性能研究[J]. 哈尔滨工业大学学报, 2003, 35 (8): 982 - 985.

[3] YAMAMURA H, KMURA K, WATANABE Y. Mechanism involved in the evolution of physically irreversible fouling in microfiltration and ultrafiltration membranes used for drinking water treatment[J]. Environmental Science & Technology, 2007, 41 (19): 6789 - 6794.

[4] PARK P K, LEE C H, CHO I S J, *et al* Effect of the removal of DOMs on the performance of a coagulation - UF membrane system for drinking water production[J]. Desalination, 2002, 145 (1): 237 - 245.

[5] HA T W, CHOO K H, CHO I S J. Effect of chlorine on adsorption/ultrafiltration treatment for removing natural organic matter in drinking water[J]. Journal of Colloid and Interface Science, 2004, 274 (2): 587 - 593.

[6] HERAN M, ELMALAH S. Prediction of cross - flow microfiltration through an inorganic tubular membrane with high frequency retrotiltration[J]. Chem Eng Sci, 2001, 56: 3075 - 3082.

[7] GU IGU IC, BONNEL Y E V, DURAND - BOURLIER L, *et al* Combination of coagulation and uf for drinking water production: Impact of process configuration and module design[J]. Water Science and Technology: Water Supply, 2001, 1 (5/6): 107 - 118.

[8] JACAUGEL O J G, A IETA E M, CAMS K E, *et al* Assessing hollow fiber ultrafiltration for particulate removal in drinking water[J]. Journal of American Water Works Association, 1989, 81 (11): 68 - 75.

[9] XIA Shengji, LI Xing, LU Ruiping, *et al* Pilot study of drinking water production with ultrafiltration of water from the Songhua Jiang River (China) [J]. Desalination, 2005, 179: 369 - 374.

[10] XIA Shengji, LI Xing, LU Ruiping, *et al* Study of reservoir water treatment by ultrafiltration for drinking water production[J]. Desalination, 2004, 167: 23 - 26.

[11] 李星. 脉动颗粒检测技术在水处理领域的应用研究[D]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学, 2000.

(编辑 刘 彤)