

文章编号: 1007 - 8924(2007)06 - 0059 - 04

用混凝 - 超滤法处理低温低浊水

孙丽华¹, 李圭白¹, 李 星², 夏圣骥³, 吕 谋⁴

(1. 哈尔滨工业大学 市政环境工程学院, 哈尔滨 150090; 2. 北京工业大学 建筑工程学院, 北京 100022; 3. 同济大学 环境科学与工程学院, 上海 200092; 4. 青岛理工大学 环境与市政工程学院, 青岛 266033)

摘 要: 考察了采用混凝 - 超滤法处理低温低浊时期松花江水的中试试验效果, 并与水厂常规处理水质进行了比较. 试验结果表明: 混凝 - 超滤法出水浊度恒低于 0.3 NTU; 投加 20 mg/L 聚合氯化铝, 超滤膜对 COD_{Mn} 去除率达到 50% ~ 58%, 膜出水色度为 6 ~ 8 度; 此外, 投加混凝剂可以使膜渗透性能得以改善. 因此混凝 - 超滤法可以作为低温低浊水处理的有效方法.

关键词: 低温低浊水; 超滤; 混凝; 有机物; 浊度; 膜通量

中图分类号: TQ028.8 **文献标识码:** A

低温低浊水的处理一直是多年来水处理工作者重视的研究课题.

松花江春季时期的水质特点是水温和浊度均较低, 而有机物含量较高. 在该时期, 给水处理厂通常采用增加混凝剂投加量和投加高分子助凝剂的方式来改善混凝效果^[1], 但效果很差, 出厂水水质仍然难以满足国家生活饮用水卫生标准.

超滤膜用于饮用水处理作为一项新技术近年来发展迅速. 超滤技术的显著优点是处理效果优异, 能有效去除浊度、病毒、原生虫类等污染物; 处理出水水质稳定; 处理系统占地面积小; 运行维护简单, 容

易实现自动化^[2]. 而超滤膜孔径较大, 直接膜滤对有机物的去除效果较差; 采用混凝作为预处理, 由于混凝剂能够改变悬浮颗粒尺寸大小和表面电性, 从而提高对有机物的去除效率^[3]. 本试验以春季松花江水为研究对象, 探讨将混凝 - 超滤用于处理低温低浊水的可能性, 并与水厂常规处理工艺出水水质进行比较.

1 试验装置和方法

1.1 试验流程及试验方法

试验流程见图 1.

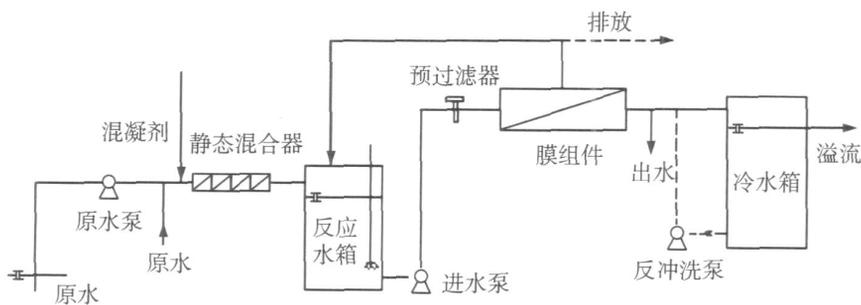


图 1 试验装置流程图

Fig. 1 Schematic diagram of the laboratory scale pilot plant

原水经计量泵投药后经混合、反应、预过滤器过

滤, 进入超滤膜进行处理 (系统处理能力为 5 m³/h). 原水投加混凝剂 (聚合氯化铝, Al₂O₃ 含量为 30%) 后, 在管式静态混合器内完成混合过程; 反应

收稿日期: 2006 - 06 - 21; 修改稿收到日期: 2006 - 08 - 10

作者简介: 孙丽华(1978 -), 女, 山东省烟台市人, 博士生, 研究方向为给水处理理论与技术. sunlihua1@163.com

由机械搅拌器搅拌得以实现,其转速为 (45 ± 5) r/min,反应时间为20 min;膜处理单元跨膜压差为0.10 MPa,运行时间为60 min,反冲洗时间为90 s,运行周期可由可编程程序控制器 PLC 控制。

1.2 膜的工艺参数

采用海南立升公司生产的内压式中空纤维超滤膜,主要工艺参数见表1。

表1 膜的主要工艺参数

Table 1 Main membrane parameters

参数名称	超滤膜
类型	中空纤维膜
材质	聚氯乙烯 PVC
截留分子量/道尔顿	80 000
膜内径/mm	0.9
膜外径/mm	1.5
膜面积/ m^2	48

1.3 原水水质特点

试验原水取自松花江哈尔滨段。由于上游生活污水及工业废水排放,原水受到较大程度污染,其主要水质指标如表2所示。

表2 原水主要水质指标

Table 2 Water quality parameters for Songhua River inlet

水质参数	水质指标值
浊度/NTU	6.17 ~ 8.54
温度/	1.8 ~ 2.5
pH	6.9 ~ 7.1
COD _{Mn} /($mg \cdot L^{-1}$)	5.71 ~ 6.86
UV ₂₅₄ / cm^{-1}	0.166 ~ 0.176
色度/度	26 ~ 30
硬度(以CaCO ₃ 计)/($mg \cdot L^{-1}$)	84 ~ 108
碱度(以CaCO ₃ 计)/($mg \cdot L^{-1}$)	72 ~ 92

1.4 分析仪器及分析方法

静态实验在 DBJ - 621 型六联搅拌器上进行;浊度测定采用 HACH - 2100N;COD_{Mn}采用酸性高锰酸钾氧化法;UV₂₅₄采用 752 - 紫外可见分光光度计进行测定,水样测定前用 0.45 μm 滤膜过滤;色度采用目视比色法进行测定。

2 结果与讨论

2.1 静态实验对低温低浊水浊度和有机物的去除

首先做烧杯搅拌实验。取水样,测定原水浊度和 COD_{Mn} 值分别为 7.08 NTU 和 6.61 mg/L。将水样移至 7 个 1 000 mL 的烧杯中,依次投加 0, 5, 10,

15, 20, 25, 30 mg/L 聚合氯化铝, 200 r/min 的条件下快速混合 1 min, 慢速反应 18 min, 沉淀 30 min, 取沉淀出水的上清液测定浊度及 COD_{Mn}, 浊度测定结果依次为 3.12, 2.64, 2.23, 2.06, 1.82, 1.76, 1.69 NTU; COD_{Mn} 测定结果依次为 5.62, 5.46, 5.31, 5.16, 5.08, 5.03, 4.97 mg/L, 去除率则为 15.0% ~ 24.8%。然后进行中试规模实验,研究混凝-超滤对水中污染物(包括有机物和浊度)的去除情况。

2.2 混凝-超滤对水中有机物的去除

2.2.1 混凝剂投加量的确定

COD_{Mn} 是重要的水质参数。图 2 对比了不同混凝剂投量条件下原水、膜出水 COD_{Mn} 的变化规律。结果表明,投加混凝剂能在一定程度上提高 COD_{Mn} 去除率,聚合氯化铝投量由 0 mg/L 升高至 30 mg/L, COD_{Mn} 去除率相应由 22.2% 提高至 49.1%;直接膜滤出水 COD_{Mn} 为 5.14 mg/L, 当投量为 20 ~ 30 mg/L 时,膜出水 COD_{Mn} 达到国家生活饮用水水质规范要求 (< 3 mg/L)。混凝过程不仅能通过吸附、共沉降等作用机制去除水中有机物,而且能增大水中有机物胶体的粒径,使其易于被超滤分离去除^[4]。

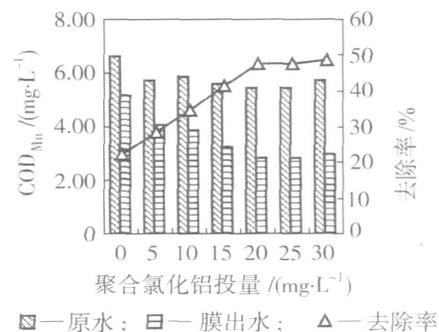


图2 混凝剂投加量对 COD_{Mn} 去除率的影响

Fig. 2 Effect of coagulant dosage on COD_{Mn} removal

UV₂₅₄ 通常用于表征水中含有羰基、苯环等不饱和官能团的有机物。有研究表明,UV₂₅₄ 与三卤甲烷等消毒副产物生成势呈正相关关系。图 3 表明投加混凝剂能显著提高超滤膜对 UV₂₅₄ 的去除率,由不投混凝剂时的 9.7% 增加至投加 20 mg/L 聚合氯化铝时的 34.3%。UV₂₅₄ 的去除主要是由混凝完成的,同时膜表面形成的滤饼层对有机物也有一定的吸附去除作用。根据混凝-超滤对水中有机物(COD_{Mn} 与 UV₂₅₄) 的去除效果,确定对比试验期间

聚合氯化铝投加量为 20 mg/L.

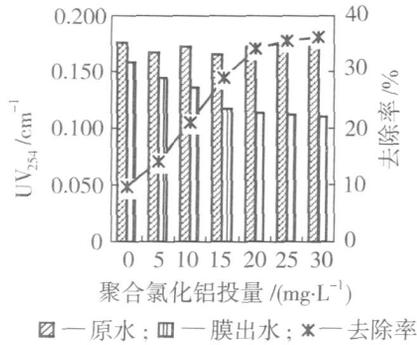


图 3 混凝剂投加量对 UV₂₅₄ 去除率的影响

Fig. 3 Effect of coagulant dosage on UV₂₅₄ removal

2.2.2 膜处理与常规处理有机物去除效果比较

试验期间松花江水有机物含量高, COD_{Mn} 为 5.71 ~ 6.86 mg/L. 由图 4 可见, 对比试验期间, 常规处理对 COD_{Mn} 去除率为 44 % ~ 50 %, 出水 COD_{Mn} 达不到国家标准; 投加 20 mg/L 聚合氯化铝, 超滤膜对 COD_{Mn} 去除率达到 50 % ~ 58 %, 膜出水为 2.78 ~ 2.94 mg/L.

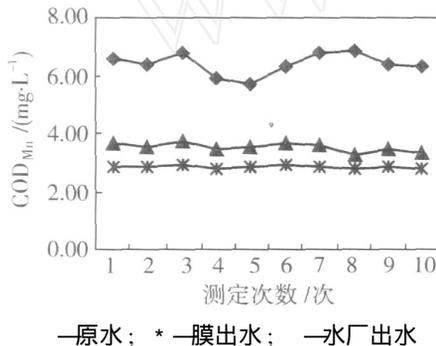


图 4 膜处理和常规处理出水的 COD_{Mn} 比较

Fig. 4 Comparison of effluent COD_{Mn} treated by UF process and traditional disposal

水的色度可能是由多种杂质造成的, 腐殖酸和富里酸是产生色度的祸首, 而水中溶解的有色有机物几乎完全是腐殖质, 因此水厂通常将色度作为溶解性有机物去除效果的指标. 试验期间松花江水的色度为 26 ~ 30 度, 常规处理出水色度为 8 ~ 12 度, 而混凝 - 超滤膜系统出水色度为 6 ~ 8 度 (见图 5). 因此, 膜处理对溶解性有机物去除较常规处理的效果好.

2.3 混凝 - 超滤对浊度的去除

超滤过程是一物理筛分过程, 能有效地截留无机颗粒物及大分子有机物等胶体杂质^[5]. 图 6 结果表明, 在不同聚合氯化铝投量条件下, 超滤过程均能保证出水浊度低于 0.3 NTU. 值得指出的是, 表现

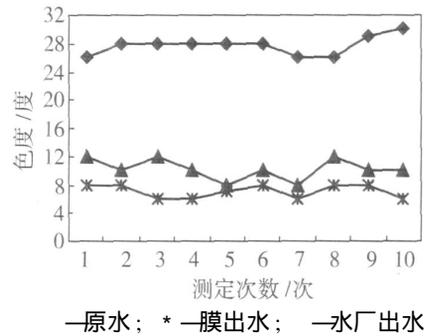


图 5 膜处理和常规处理出水的色度比较

Fig. 5 Comparison of effluent color treated by UF process and traditional disposal

为浊度的胶体本身不仅是污染物, 而且是水中细菌、病毒等微生物的重要附着载体. 超滤过程对浊度的优异去除效能同样表明其对水中细菌病毒的良好去除能力. 进一步表明, 水中浊度过高将明显降低消毒剂灭活微生物的效力, 而超滤处理出水的低浊度能有效提高后氯化消毒过程消毒剂作用效能, 确保饮用水的微生物安全性.

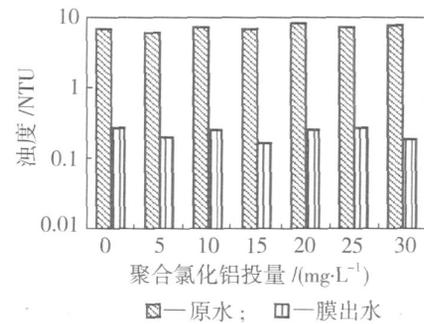


图 6 投加量对浊度去除的影响

Fig. 6 Effect of coagulant dosage on turbidity removal

对比试验期间原水温度为 1.8 ~ 2.5 °C, 浊度仅为 6.17 ~ 8.54 NTU. 由图 7 可知, 投加 20 mg/L 聚

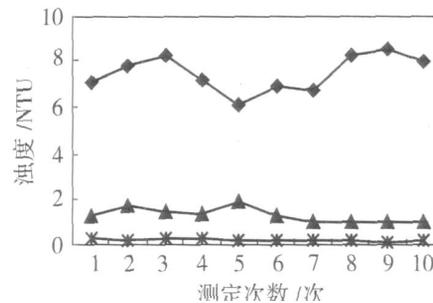


图 7 膜处理与常规处理出水浊度比较

Fig. 7 Comparison of effluent turbidity treated by UF process and traditional disposal

合氯化铝,膜出水浊度始终低于 0.3 NTU;而同期水厂出水浊度 0.95 ~ 1.86 NTU,有时甚至超出国家标准要求(1 NTU).本试验结果充分证实了膜过滤在去除浊度上的优越性.

2.4 混凝对超滤膜渗透通量的影响

膜通量为单位时间内单位膜面积上透过的渗透物的量,是决定膜性能的主要参数.试验期间,投加 0,5,20 mg/L 聚合氯化铝时连续运行 6 个周期,考察不同混凝剂投加量对膜通量随时间变化规律的影响.从图 8 可以看出,投加不同量的聚合氯化铝,膜通量在每个过滤周期内随着时间的延长而降低,经过水力反冲洗后得到一定程度的恢复,但随着过滤时间的延长总体上呈下降的趋势.原水直接膜滤,通量下降迅速,每个周期的水力反冲洗膜通量恢复效果差;低混凝剂投加量(5 mg/L),可一定程度提高膜通量,但影响不大;投加 20 mg/L 聚合氯化铝,膜通量增加,周期内通量下降速度减慢,并且水力反冲洗通量恢复效果明显改善.

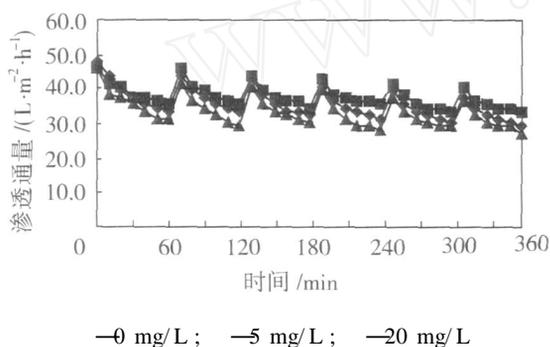


图 8 混凝剂投加量对渗透通量随时间变化的影响

Fig. 8 Effect of coagulant dosage on membrane flux with variation of time

膜通量的降低主要由膜表面所截流的污染物堵塞、压实作用所致.随着膜过滤的进行,水中的有机物和胶体会黏附或进入膜孔径内,从而使膜通量随着时间的延长而下降.混凝改善膜通量是由于混凝能有效去除水中大分子有机物,而大分子量有机物是造成通量下降的主要因素;此外,混凝形成的矾花尺

寸大小和表面电性也会对通量产生影响^[6,7].并且有研究表明,混凝絮体能在一定程度上降低膜过滤阻力进而增加膜通量^[8].不投混凝剂或投量少时,水中悬浮颗粒和胶体未形成絮凝体,膜过滤时,会沉积在膜表面,造成膜阻力增大,使通量下降.

3 结论

- 1) 混凝 - 超滤较常规工艺处理低温低浊水浊度去除效果优异,膜出水浊度恒低于 0.3 NTU;
- 2) 混凝 - 超滤较常规工艺处理低温低浊水有机物去除效果好,投加 20 mg/L 聚合氯化铝时,超滤膜对 COD_{Mn} 去除率达到 50% ~ 58%,膜出水色度为 6 ~ 8 度;
- 3) 混凝 - 超滤膜法混凝剂的投加可增加膜通量,并延缓通量下降速度;
- 4) 混凝 - 超滤处理低温低浊水获得满意试验结果,可作为低温低浊水处理的有效方法.

参 考 文 献

- [1] 严熙世,范瑾初. 给水工程[M]. 北京:中国建筑工业出版社,1995.
- [2] 董秉直,曹达文,范瑾初. 膜技术应用于净水处理的研究和现状[J]. 给水排水,1999,25(1):28-31.
- [3] 王晓昌,王锦. 混凝 - 超滤去除腐殖酸的试验研究[J]. 中国给水排水,2002,18(3):18-22.
- [4] Park Y K, Lee C H, Lee S H, *et al.* Combination of coagulation and ultrafiltration for advanced water treatment [J]. Desalination, 2002, 145(6):237-245.
- [5] 许振良. 膜法水处理技术[M]. 北京:化学工业出版社,2001.
- [6] 董秉直,曹达文,李伟英. 硫酸铝混凝条件的变化对膜分离特性的影响[J]. 膜科学与技术,2003,23(6):4-7.
- [7] 董秉直,曹达文,管晓涛. 混凝对膜过滤的影响[J]. 中国给水排水,2002,18(12):34-36.
- [8] Guigui C, Rouch J C, Durand - Bourlier L, *et al.* Impact of coagulation conditions on the in - line coagulation/ UF process for drinking water production [J]. Desalination, 2002,147(5):95-100.

(下转第 67 页)

欢迎订阅 2008 年《化学工业与工程技术》(双月刊)

CN 32 - 1445/ TQ ISSN 1006 - 7906

《化学工业与工程技术》是由中国石化集团南化公司技术中心主办的化工技术性刊物,1980 年创刊,国内外公开发行. 主要栏目有专论与综述、研究与开发、工厂实践、材料与设备、调研报告、检测与分析、仪表与自动化、工程设计等. 全年定价 54 元(含邮费),自办发行.

地址:南京大厂葛关路 699 号(南化集团研究院内)

邮编:210048

电话/传真:025 - 57057410/57795064

E-mail: hxgygcjs@sohu.com

Oily wastewater treatment and reuse by integrated membrane process

ZUO Wenrui¹, ZHANG Guoliang¹, MENG Qin², ZHANG Hongzi²

(1. College of Biology & Environmental Engineering, Zhejiang University of Technology, Hangzhou 310014, China;

2. College of Material & Chemical Engineering, Zhejiang University, Hangzhou 310027, China)

Abstract: The treatment and reuse of high salinity oily wastewater by integrated membrane process of electro-dialysis (ED), ultrafiltration (UF), and microfiltration (MF) were studied. The relationships between the operating parameters and separation effects of the ED desalination process were discussed. In order to improve the purified water quality, UF and MF membrane with different membrane materials were evaluated for their COD_{Cr} removal efficiencies.

Key words: high salinity oily wastewater; integrated membrane process; electro-dialysis; ultrafiltration; microfiltration

(上接第 58 页)

Separation of DL - phenylglycine by chiral selective cation - exchange membrane

WANG Jingshi, PENG Yong, YU Lixin

(Department of Chemical Engineering, Tsinghua University, Beijing 100084, China)

Abstract: Chiral selective cation - exchange membrane for the separation of DL - phenylglycine by electro-dialysis is prepared by blending poly(vinyl alcohol) as basic material, - cyclodextrin as chiral selector and polyacrylic acid as ion - exchange material. The result of single - stage electro-dialysis indicates that D - phenylglycine is preferentially transported through the membrane in acidic medium and the separation factor is about 1.05, which basically does not change with the ratio between D - phenylglycine and L - phenylglycine in the feed. Two - stage electro-dialysis can be used to increase the separation factor up to 1.10.

Key words: chiral selectivity; cation - exchange membrane; electro-dialysis; split; phenylglycine

(上接第 62 页)

Treatment of low temperature and low turbidity water by coagulation - ultrafiltration process

SUN Lihua¹, LI Guibai¹, LI Xing², XIA Shengji³, L Ü Mou⁴

(1. School of Municipal & Environmental Engineering, Harbin Institute of Technology, Harbin 150090, China;

2. School of Architecture & Civil Engineering, Beijing University of Technology, Beijing 100022, China;

3. School of Environmental Science & Engineering, Tongji University, Shanghai 200092, China;

4. School of Environmental & Municipal Engineering, Qingdao Technological University, Qingdao 266033, China)

Abstract: The water treatment of Songhua River in the period of low temperature and low turbidity water was investigated by coagulation - UF process in pilot equipment, and the water quality treated by the process was compared with the traditional disposal water. The experimental results showed that in coagulation - UF process, the turbidity of outlet effluent was below 0.3 NTU; the removal rate of COD_{Mn} was 50% ~ 58% and the outlet effluent color was 6 ~ 8 by using coagulant concentration of 20 mg/L polyaluminium chloride. Furthermore, membrane permeability was improved with the addition of coagulant. Therefore, coagulation - UF process is an effective technique for treating low temperature water with low turbidity.

Key words: low temperature and low turbidity water; ultrafiltration; coagulation; organics; turbidity; membrane flux