

文章编号 : 1006 - 6780(2000)06 - 0066 - 04

洗浴废水超滤膜处理回用技术研究

薛 罡¹, 赵洪宾¹, 刘胜利², 袁一星¹, 高金良¹

(1. 哈尔滨建筑大学 市政环境工程学院, 黑龙江 哈尔滨 150090; 2. 哈尔滨自来水公司, 黑龙江 哈尔滨 150090)

摘 要 : 将超滤膜技术用于洗浴废水处理回用, 提出“微絮凝纤维过滤 + 超滤”组合工艺, 分别就试验工艺对原水中主要污染指标 COD_{Cr} 、浊度、阴离子洗涤剂 LAS 的去除性能进行了试验研究, 并提出了膜污染的控制措施。试验结果表明, 洗浴废水超滤组合工艺处理效果好, 流程简单, 占地面积小, 易于操作管理。

关键词 : 洗浴废水; 微絮凝; 纤维过滤; 超滤; 膜; 中水; 回用

中图分类号: TU991.2 文献标识码: A

Research on ultra - filtration membrane technology used in bathing wastewater reusing

XUE Gang¹, ZHAO Hong-bin¹, LIU Sheng-li², YUAN Yi-xing¹, GAO Jin-liang¹

(1. School of Municipal & Environmental Engineering, Harbin Univ. of Civil Eng. & Arch., Harbin 150090, China; 2. Harbin Water Company, Harbin 150090, China)

Abstract : By use of ultra - filtration membrane in bathing wastewater reusing, this paper put forward a combined treatment process, which contained slight flocculation fiber filtration and ultra - filtration. Not only were experiments on the main contamination index of original water COD_{Cr} , turbidity and the removing performance of anion detergent LAS carried out, but also control methods of membrane pollution were provided in this study. The test results showed that when the flocculant dosage of aluminum sulphate was 35 ~ 40mg/L, the fiber filter flow rate was 20m/h and the ultra - filtration flux was 40L/($\text{m}^2 \cdot \text{h}$), combined treatment had many advantages such as high organic matter removal ratio, simple process and easy operation management etc. This new process provided a new important method for dual water recycling by membrane technology. It is suitable especially for hotel bathing wastewater reusing.

Key words: bathing wastewater; slight flocculation; fiber filter; ultra - filtration; membrane; dual water; reuse

0 引言

洗浴废水是一种污染程度较轻的建筑生活污水, 有机污染物质主要为人体皮肤的分泌物、去污剂等, 处理难度相对较小; 洗浴废水水量较大(住宅占 30% 左右, 宾馆饭店占 70% 左右), 而且容易分流、便于收集, 是优先选择的中水回用原水。

国内许多中水工程采用以洗浴废水为原水的生物处理法, 生物法所需停留时间较长, 处理设施庞大, 占地面积及投资较大, 例如北京万泉公寓中水工程停留时间为 3h, 国际贸易中心中水工程则更长, 第一段为 8h, 第二段为 4.5h; 而且洗浴废水中有机物含量较低, 微生物所需营养物质不足, 微生物容易进行内源消耗, 不利于启动过程中活性污泥及生物膜的培养驯化, 给中水系统的运行管理增加了难度, 北京万泉公寓中水工程曾发生过类似情况。在实际应用中还发现阴离子洗涤剂(LAS)

收稿日期: 2000 - 08 - 21

作者简介: 薛 罡(1971 -), 男, 哈尔滨建筑大学博士生。

通过生物处理难以去除的现象。

超滤膜具有分离效率高、产水量大、过程简单等优点,可以去除水中的大分子有机物、颗粒状悬浮物等污染物质。本研究采用“微絮凝纤维过滤+超滤”洗浴废水超滤组合工艺,对原水中 COD_{Cr} 、浊度、LAS的去除取得了良好效果,而且具有停留时间短、占地面积小、操作简单,实用性强等独特优点。超滤技术的应用,实现了洗浴废水的简易物化处理法,在宾馆饭店及住宅中水回用领域有着广阔的应用前景^[1~4]。

1 超滤膜工作原理及性能

超滤膜多数为非对称膜,由一层极薄(通常仅 $0.1 \sim 1 \mu\text{m}$)具有一定孔径的表皮层和一层较厚(通常为 $125 \mu\text{m}$)的具有海绵状或指状结构的多孔层组成。前者起筛分作用,后者主要起支撑作用。超滤膜的基本性能包括空隙率、孔结构、表面特性、机械强度和化学稳定性等,其中孔结构和表面特性对使用过程中的膜污染及分离性能有很大影响;其他物理、化学性质如膜的耐压性、耐高温性、耐清洗剂性、耐生物氧化性等,在工业应用中也非常重要。表征超滤膜性能的参数主要是膜的截留率、截留分子量。截留率是指对一定分子量的物质来说,膜所能截留的程度;通过测定具有相似化学性质的不同分子量的一系列化合物的截留率所得的曲线称为截留分子量曲线,根据该曲线求得截留率大于90%的分子量即为截留分子量。

超滤是在静压差的推动力作用下进行的液相分离过程,属筛孔分离过程,其工作原理见图1。

在一定压力作用下,当含有高分子溶质(A)和低分子溶质(B)的混合溶液流过膜表面时,溶剂和小于膜孔的低分子溶质(如无机盐)透过膜,成为渗透液被收集;大于膜孔的高分子物质(如有机胶体)被膜截留而作为浓缩液回收或排出。

本研究选用亲水性好、通量大、抗氧化性强的CA(醋酸纤维素)材质的超滤膜,其性能为:非对称结构,截留分子量30000,进水浊度 ≤ 5 度,操作压力 $0.05 \sim 0.2 \text{ MPa}$, $\text{pH} = 3 \sim 7$,温度 $\leq 60^\circ\text{C}$ 。经测定,洗浴废水水温为 $30 \sim 35^\circ\text{C}$, pH 为 $6.8 \sim 7.0$,适合于所选超滤膜的工作特性,其对洗浴废水净化性能尚待实验考察。

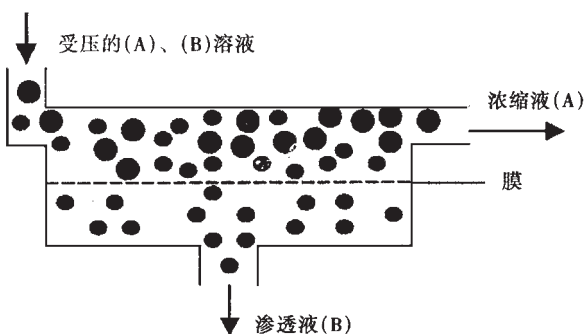


图1 超滤膜工作原理

2 试验方法

2.1 试验原水水质

试验原水为浴池排水,对原水水质长期监测, COD_{Cr} 浓度为 $120 \sim 200 \text{ mg/L}$,浊度为 $60 \sim 100$ 度,阴离子洗涤剂(LAS)为 $2 \sim 3 \text{ mg/L}$,为原水中主要污染指标。试验中主要考察 COD_{Cr} 、浊度、LAS的去除效果。

2.2 试验工艺流程

试验工艺流程为“微絮凝纤维过滤+超滤”组合工艺,见图2。纤维过滤器中填料高为 1200 mm ,纤维丝滤料直径为 $20 \mu\text{m}$,絮凝剂为 $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ 。超滤膜为中空纤维组件,膜面积为 2 m^2 。试验装置通过调节阀门,即可实现各种运行状态。

为防止膜污染及减少冲洗及化学清洗频率,在一定程度上增加膜运行周期及使用寿命,并提高整体工艺效率,超滤组合工艺预处理选用高效微絮凝纤维过滤,而不采用絮凝、沉淀及过滤复杂的老三套工艺。纤维丝滤层水头损失小,滤速高,在保证出水水质的条件下,最高滤速可达 $20 \sim 25 \text{ m/h}$;纤维丝滤料的比表面积为 $157000 \text{ m}^2/\text{m}^3$,远大于石英砂等粒状滤料,具有相当大的截污能力,非常适合于微絮凝过滤对滤料性能的要求,而且纤维过滤器的过滤、冲洗操作简易,纤维丝滤料成条束

状悬挂在过滤器内,通过挤压装置过滤时压紧,根据滤料的挤压程度可控制过滤精度;气水反冲洗时放松挤压装置滤料使滤料松动,形成滤层较强的紊动状态。

高效微絮凝纤维过滤预处理与高分离效率的超滤过程相结合,使处理工艺简洁紧凑、操作简单,如经实验证明其具有良好的处理效果,则不失为一种新型、高效、实用的中水回用处理工艺。

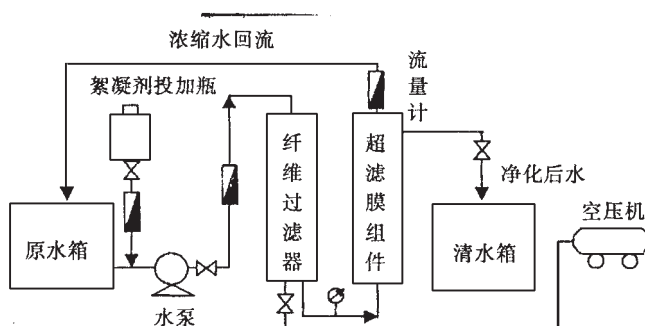


图2 试验工艺流程

3 试验结果及讨论

3.1 “微絮凝纤维过滤”预处理参数

为确定微絮凝过滤经济、合理的 $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ 投药量,在滤速 20m/h 的条件下,进行了投药量变化对出水浊度影响实验,结果见图3。

由图中试验结果可知, $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ 投药量增至 $35 \sim 45\text{mg/L}$ 时,微絮凝过滤出水浊度已降至3度以下,完全能够满足后续超滤膜浊度 ≤ 5 度的进水要求;采用 20m/h 的较高滤速,纤维过滤的水力停留时间仅 4.5min ,微絮凝纤维过滤具有效果好、效率高的独特优点。实验中还观察到,纤维过滤器运行 30h 左右,滤层水头损失明显增大,出水浊度亦有升高现象,故以 30h 作为纤维过滤器的运行周期。纤维过滤器采用气水联合反冲洗,气冲强度 $15\text{L}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$,水冲强度 $9\text{L}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$,可在 10min 左右将纤维过滤器冲洗干净。

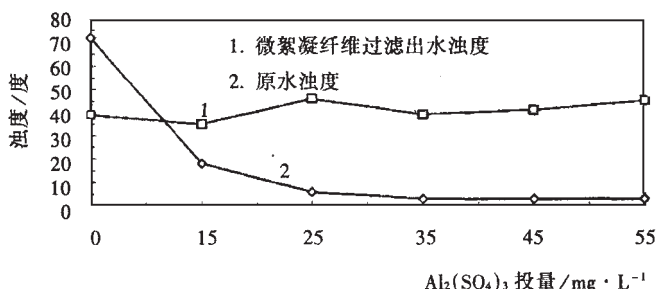


图3 微絮凝纤维过滤出水浊度随 $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ 投药量变化

3.2 超滤组合工艺处理效果

超滤组合工艺运行参数为:微絮凝纤维过滤滤速 20m/h ,投药量 35mg/L 。超滤膜通量 $40\text{L}/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$,回收率 75% ,操作压力 0.2MPa 。在此运行条件下,试验工艺对 COD 、浊度、阴离子洗涤剂 LAS 的去除效果见图4、图5、图6。

图4~图6结果表明,原水中形成浊度的悬浮物,经微絮凝纤维过滤预处理后大部分已去除,出水浊度小于3度,满足超滤膜的进水要求,正常运行时不会对超滤膜造成机械损伤及严重堵塞,并可在一定程度上防止凝胶层的形成,在两个月的连续运行期间,未发现超滤操作压力突然升高,产水量急剧下降的异常现象。经微絮凝纤维过滤后,原水中呈溶解及胶体状态的部分有机物得以去除, COD_{Cr} 去除率为 60.3% ,由此可见,洗浴废水中较多有机物可集中在预处理过程去除,有利于控制超滤膜的有机污染,以延长其运行周期及使用寿命;超滤 COD_{Cr} 去除率为 23.2% ,可去除剩余有机物中难以通过絮凝去除的部分大分子有机物,出水

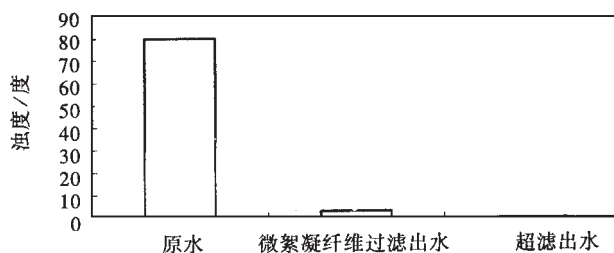


图4 试验工艺浊度变化

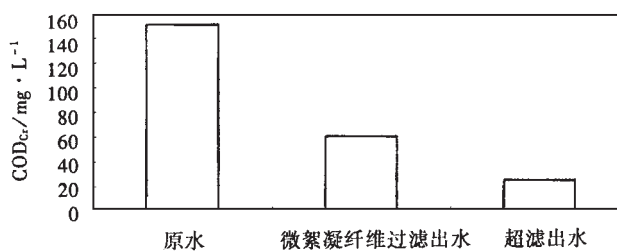


图5 试验工艺 COD_{Cr} 变化

COD_{Cr} 为 25mg/L 左右,水质得以进一步改善。洗浴废水中阴离子洗涤剂(LAS)的组成为直链烷基苯酸盐,是难以通过物化、生物处理去除的物质,在洗浴废水中浓度较低(一般小于 5mg/L),分子难以聚集而形成胶束,微絮凝过滤去除率仅为 10.8%,去除效果不明显。但其分子量较大,通过超滤膜孔的筛分截留,去除率为 71.4%,出水含量低于 0.5mg/L。

3.3 超滤膜污染的控制

洗浴废水仅经微絮凝纤维过滤预处理后,对于控制超滤膜污染、膜堵塞及运行周期、使用寿命衰减是远远不够的。洗浴废水经预处理后,COD_{Cr} 浓度为 50mg/L 左右,膜进水中仍含有一定量的有机物,对膜有污染作用;超滤进水阴离子洗涤剂(LAS)浓度尽管较低(1.9mg/L 左右),但因其属表面活性剂,亲水基团可附着在亲水性的膜面上或膜孔中,长期运行极有可能造成膜的不可逆污染。试验中超滤膜累计运行 100h 左右时,通量下降了 15%,试验中采用了如下膜污染的控制措施:

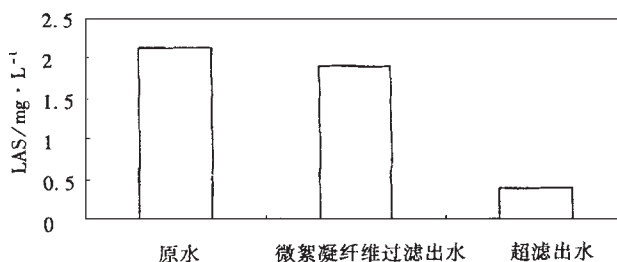


图6 试验工艺 LAS 变化

1. 运行时使膜管内流态为紊流。调节膜组件回收率,在一定程度上增大膜面冲刷流速,在中空纤维管内形成紊流,在一定程度上能减轻浓差极化层、凝胶层的形成。实验中超滤膜回收率为 75%,以膜管内水流平均流速计算,雷诺数 Re 为 2900,流动状态为紊流。

2. 水力反冲洗。用净化后水通过加压泵对超滤膜进行水力反冲洗,通过水力剪切作用以清除膜孔内附着的大颗粒悬浮物。

3. 化学清洗。超滤对无机盐类截留率很低,在进料液侧因浓缩导致溶液过饱和而在膜上析出、沉淀的现象不明显。因此,为简化清洗程序、节省药耗,不以无机盐类的清除为重点,只采用了适合去除有机物、细菌的 1% 磷酸三钠溶液,进行循环清洗。

经上述三种措施,超滤膜的水通量可恢复至新膜的 95% 左右,说明试验中针对洗浴废水,所采用的膜污染控制措施是有效的。

4 结论

1. 洗浴废水经“微絮凝纤维过滤+超滤”组合工艺处理后,原水中超标的 COD_{Cr}、浊度、LAS 得到有效降低,而且工艺流程简单、占地面积小、运行操作简易,实现了洗浴废水的简易物化处理法,克服了生物处理法的部分不足。

2. 超滤膜不仅对洗浴废水中悬浮物、大分子有机物有较好的去除效果,而且对预处理难以通过絮凝、过滤去除的阴离子洗涤剂(LAS)有较好的截留作用。

3. 试验中根据洗浴废水水质特点,分别采取了控制膜管中流体状态、水力反冲、化学清洗三种膜污染控制措施,使膜通量得以有效恢复。

参 考 文 献:

- [1] 刘茉娥. 膜分离技术[M]. 北京:化学工业出版社,1998.
- [2] 邵刚. 膜法水处理技术[M]. 北京:冶金工业出版社,1992.
- [3] 刘文琪. 中水回用试验研究[J]. 给水排水,1986,(3):3-5.
- [4] 国家环保局. 城市污水资源化研究[M]. 北京:科学出版社,1992.