

超滤膜处理水库水研究

夏圣骥¹ 金家明² 彭剑峰¹ 李圭白¹

(1. 哈尔滨工业大学市政环境工程学院, 黑龙江 哈尔滨 150090;
2. 杭州市城市规划设计研究院, 浙江 杭州 310012)

[摘要] 超滤膜过滤哈尔滨附近 B 水库水研究显示, 超滤膜通量下降受膜进水浊度影响很大。利用混凝作为超滤的预处理能提高膜通量, 并且能减缓膜通量的下降, 混凝/超滤工艺所需混凝剂量比自来水厂常规工艺少, 并且出水水质好。对于 B 水库水质量分数 0.1% 的柠檬酸溶液是较好的膜清洗剂。

[关键词] 水库水; 超滤; 自来水; 反冲洗

[中图分类号] TU991; TQ085+.411 [文献标识码] B [文章编号] 1005-829X(2005)07-0048-02

Study on the ultrafiltration of reservoir water

Xia Shengji¹, Jin Jiaming², Peng Jianfeng¹, Li Guibai¹

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

2. Hangzhou Urban Planning and Design Research Institute, Hangzhou 310012, China)

Abstract: Ultrafiltration of B reservoir (near Harbin in China) water has been investigated. Using coagulation before UF not only increases the permeate flux, but also retards the permeability decline. Membrane filtration offers lower coagulant needed and good quality of produced water, compared to conventional water treatment. As for B reservoir water, 0.1% citric acid is a proper cleaning solution.

Key words: reservoir water; ultrafiltration; tap water; backwashing

传统的自来水生产工艺为混凝、沉淀、过滤和消毒, 可去除水中大部分悬浊物及细菌。但是, 由于水源水污染加剧, 传统工艺渐显处理效能不足, 因此迫使人们寻找新的、更加有效的自来水制造方法。此外, 人们生活水平的提高和保健意识的增强, 对水质要求越来越高。日本“21 世纪膜计划”研究了膜技术应用于市政供水, 该计划认为从水处理效率和污染物的去除率来看膜过滤(超滤和微滤)技术能用于以地表水为水源的市政供水^[1]。美国 Judith Herschell Green 等人以不同河水为水源, 用超滤方法制造饮用水, 结果显示超滤膜出水浊度不受原水浊度的影响, 超滤出水水质非常好^[2]。南非在较发达地区应用低压膜技术制造饮用水, 三处中试研究显示超滤技术是一个简单有效的饮用水生产方法^[3]。我国是发展中国家, 目前还不可能对原有自来水企业采用膜技术进行大规模的技术改造, 但作为发展方向和国际供水行业发展的趋势, 我国自来水膜处理工艺应予研究, 并在新建的小型自来水厂进行试验^[4], 以为今后大规模推广做好准备。

1 试验部分

1.1 工艺流程

超滤处理地表水生产自来水的试验装置工艺流程见图 1, 水泵 1 和水泵 2 分别为膜过滤工作泵和膜反冲洗水泵。水源水进入原水箱后, 用计量泵投加混凝剂, 然后经过滤工作泵加压后进入超滤膜组件。在膜内料液进行分离, 净水从垂直方向流出进入净水箱, 浓水回流到原水箱。膜的反冲洗用反冲洗水泵从净水箱抽水冲洗。试验分为加混凝剂和不加混凝剂两种。

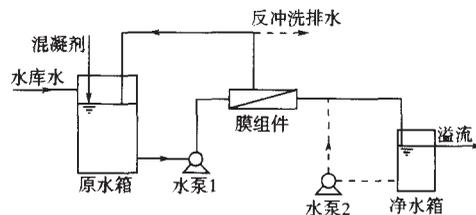


图 1 超滤净水试验装置流程

笔者在哈尔滨附近 B 县自来水厂内进行试验研究, 试验用原水从水厂原水管中接出。实验时间从 7 月 8 日到 11 月 15 日, 经历了有代表性的夏、秋、

冬三个季节当中气温和原水水质的变化。

1.2 膜组件

试验所用超滤膜为聚丙烯腈(PAN)复合膜,分子质量 50 000 u,滤芯长度为 248 mm,滤芯直径 76 mm,有效膜面积 0.56 m²,水温上下限为 2~45 ℃,中空纤维内外孔径 0.9 mm 和 1.5 mm。

2 结果和讨论

2.1 原水水质对超滤膜通量的影响

超滤直接过滤时,原水水质不同,膜通量的下降速度不同。图 2 反映了超滤膜过滤 B 水库膜通量的下降情况。从图 2 可以看出,当原水浊度为 20 NTU 时,膜通量下降较慢,膜过滤 60 min 通量降为原来的 50%左右;当原水浊度很高时,原水浊度为 450 NTU 时,用超滤膜直接过滤原水,10 min 后膜通量就迅速降为原来的 50%。

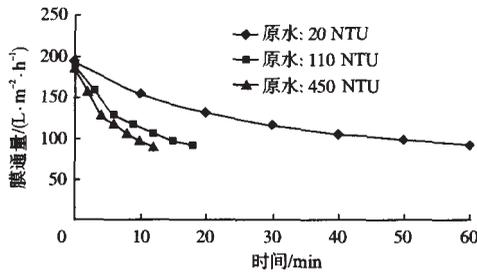


图 2 原水水质对膜通量变化的影响

2.2 混凝对膜通量的影响

混凝常作为超滤的预处理。Porntip Choksuechart 等认为,投加混凝剂可以大大降低膜过滤的阻力,混凝/超滤组合工艺可以用来处理原水水质不好的地表水,膜出水水质会得以加强,同时膜的污染能有所降低^[5]。图 3 反映了 B 水库原水(23 NTU)直接超滤和混凝后超滤膜通量的变化情况。实验所用的混凝剂是聚合氯化铝,其投加质量浓度为 3 mg/L,跨膜压差 0.1 MPa。从图 3 可以看出,原水混凝后再膜过滤,膜通量较直接过滤有所增加,而且通量的下降缓慢。分析原因主要是由于混凝剂的加入,使天然水中胶体物质脱稳,在超滤膜表面形成了一层疏松的附着层,它阻止了原水中小粒子对超滤膜孔径的堵塞,所以原水混凝后超滤,膜的透过性能更好。

表 1 比较了本试验装置所在的水厂常规水处理工艺混凝剂的投加量与本试验模型的混凝剂投加量的不同,并且比较了它们的出水浊度。从表 1 可以看出,超滤工艺较常规工艺混凝剂用量降低,出水水质稳定,水质好。

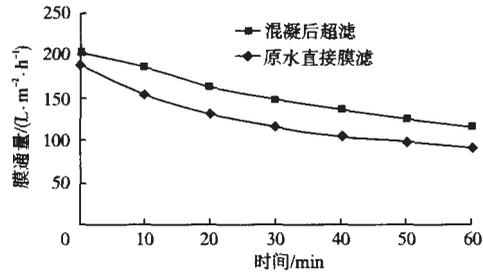


图 3 直接膜滤时膜通量随时间的变化

表 1 水厂常规工艺与超滤水处理工艺投药量和处理效果比较

原水浊度/ NTU	混凝剂投加质量浓度(mg·L ⁻¹)		浊度/NTU	
	水厂传统工艺	超滤预处理	水厂出厂水	超滤膜滤水
23	10	3	1.3	0.1
240	23	8	2.0	0.1
1 350	40	15	2.8	0.1

2.3 超滤膜通量恢复

2.3.1 反冲洗

在超滤膜的应用过程中产生膜的污染是很难完全避免的,随着超滤过程的进行,膜的通量必然会下降。必须对膜进行反冲洗。反冲洗就是从膜的透过物一侧用气体或液体,将膜面的堆积物除去的方法。对于超滤膜,反冲洗是稳定其产水量的必要手段。图 4 是截取的本试验过程中某 490 min 超滤膜滤水工作段,膜工作周期为 70 min,清水反冲洗 30 s。图 4 中反映的是膜通量随时间变化的曲线。从图 4 可以看出,在每次反冲洗后,膜的通量都恢复到上一周期膜滤水通量左右,偶尔会比上一周期更高。如第 350 min 段,但是长期累积效果,膜的通量呈下降趋势。

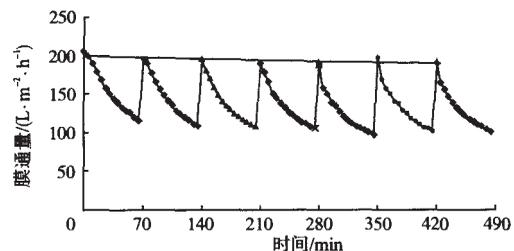


图 4 反冲洗后膜通量随时间变化的关系

2.3.2 超滤膜反冲洗控制模式

本研究中膜的反冲洗是通过可变程序控制器(PLC)来自动控制的。对膜的反冲洗程序设置了两套控制模式。一种是以时间为控制因子,超滤膜每过

(下转第 68 页)

搅拌机搅拌防止污泥沉淀,能保证该池连续长期运转。

(3)工程运转实践证明,该工艺能适应高浓度退浆废水和其他废水的混合处理,避免了废水分质的麻烦。

(4)调节池进行穿孔曝气可以起到去除对后续生化处理有毒性的物质并解决防止悬浮物沉积发臭等问题。

(5)该工程在车间大量使用大红活性染料时,总排口废水呈现一定的红色,建议在今后的设计中增加深度处理单元,如进行臭氧氧化脱色等。该废水经适当的深度处理,可以达到回用要求,这在目前发达地区工业用水普遍紧缺的形势下,具有重要的意义。

[参考文献]

[1] 彭继伟,邵云海,王军波.改良厌氧—生物接触氧化处理纺织印染废水[J].工业水处理,2002,22(7):46-48
 [2] 雷乐成,光助 Fenton 氧化 PVA 退浆废水的研究[J].环境科学学报,2000,20(2):140-144
 [3] 刘刚,雷乐成,岑沛霖.纺织印染废水的湿式空气氧化处理[J].浙江大学学报(工学版),2001,35(1):37-40
 [4] 高东,雷乐成.用兼氧、好氧生物接触氧化—气浮工艺处理高浓度印染废水[J].环境污染与防治,2000,22(4):20-22
 [5] 盛季陶.PVA 退浆废水预处理研究[J].东华大学学报(自然科学版),2002,28(1):102-104
 [作者简介]孙群荣(1971—),1994年毕业于浙江农业大学环境保护系,工程师。
 [收稿日期]2004-12-02(修改稿)

(上接第 49 页)

滤—固定时间就进行反冲洗,然后再过滤,再反冲洗,如此循环往复。另一种是以流量比为控制因子,膜进水端($Q_{进}$)和渗透物端($Q_{净}$)都设置了流量计,系统运行时这两个流量计同时向 PLC 传递流量信号,PLC 对这两个数据进行处理,计算出 $Q_{净}/Q_{进}$ 的值(H),其值再与事先输入 PLC 的一个数值(K)进行比较,如果 $H \geq K$,则继续过滤,相反,如果 $H < K$,那么 PLC 会发出反冲洗信号,关闭原水泵,开启反冲洗泵进行反冲洗。

研究中,对这两种方式进行评价,发现以时间为控制因子的方式显得简单易行,而且较为可靠。第二种方式过于复杂,因为 H 的值受很多因素影响,它不仅是膜污染的函数,还受温度、投药量等另外参数的影响,所以其效果不甚理想。

2.3.3 化学清洗

超滤过程中,尽管频繁的(超滤工作时间 30~70 min)给膜进行反冲洗,能使通量暂时得以恢复,但是长期还是产生了一些反冲洗无法去除的膜污染,比如造成膜孔径堵塞的污染,结果膜的通量还是逐渐的下降。图 5 反映了膜长期运行通量的变化。从图 5 可以看出,尽管膜通量有时在波动,但长期的趋势是通量呈下降趋势。这种通量的恢复,必须对膜进行化学清洗。图 5 显示了试验过程中(2002 年 11 月 5 日)对超滤膜的一次化学清洗,考虑到 B 水库流域没有工业生产,水体污染不甚严重,选用的化学清洗剂是质量分数 0.1%的柠檬酸。从图 5 可以看出,化学清洗后超滤膜通量得以恢复。

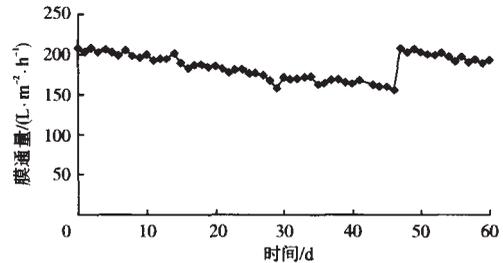


图 5 超滤膜通量随时间的变化情况

3 结论

超滤处理地表水生产自来水是水处理领域的革新。本研究用超滤膜过滤 B 水库水显示:相对于水厂常规工艺,超滤所需混凝剂量少,出水水质好且稳定。对于 B 水库原水,柠檬酸是较好的化学清洗剂。

[参考文献]

[1] Kumikane S, et al. A comparative study on the application of membrane technology to the public water supply[J]. Journal of Membrane Science, 1995, 102(1):149-154
 [2] Judith Herschell Green, et al. A comparison of ultrafiltration on various river waters[J]. Desalination, 1998, 119(1-3):79-84
 [3] Pryor M J, et al. A low pressure ultrafiltration membrane system for potable water supply to developing communities in South Africa[J]. Desalination, 1998, 119(1-3):103-111
 [4] 徐振良.膜法水处理技术[M].北京:化学工业出版社,2001.74-89
 [5] Pornpip Choksuchart, et al. Ultrafiltration enhanced by coagulation in an immersed membrane system[J]. Desalination, 2002, 145:265-272
 [作者简介]夏圣骥(1978—),2000年毕业于哈尔滨工业大学,现为在读博士研究生。电话:13134506490 E-mail:xiashengji@yahoo.com
 [收稿日期]2005-01-10(修改稿)