接触过滤—活性炭吸附—超滤一体化净水装置处理长江原水的研究

蒋绍阶[1]　刘长兴[1]　郭志强[2]　郭庆彬[1]

(1 重庆大学三峡库区生态环境教育部重点实验室,重庆　400045;
2 西安长庆科技工程有限责任公司,西安　710021)

摘要　试验采用接触过滤—活性炭吸附—超滤工艺处理长江原水。结果表明,接触过滤能有效地去除较大悬浮物,活性炭能吸附水中大量有机物,有效防止膜污染。并且用0.4%的HCl和0.4%的NaOH对膜进行化学清洗,能使膜的过滤性能得到很好的恢复。当原水平均浊度为114.8 NTU、氨氮为0.35 mg/L、TOC为2.47 mg/L、COD_{Mn}为2.7 mg/L、细菌数为700 CFU/mL时,工艺出水浊度为0.07 NTU、氨氮为0.09 mg/L、TOC为0.3 mg/L、COD_{Mn}为0.88 mg/L、细菌总数为0。

关键词　长江原水　接触过滤　活性炭　超滤膜　膜压差

Study of Yangtze River raw water purification by integrated contact filtration-activated carbon adsorption-UF process

Jiang Shaojie[1], Liu Changxing[1], Guo Zhiqiang[2], Guo Qingbin[1]

(1. Key Laboratory of the Three Gorges Reservoir Region's Eco-Environment, Ministry of Education, Chongqing University, Chongqing 400045, China; 2. Xi'an Changqing Technology & Engineering Co., Ltd., Xi'an 710021, China)

Abstract: Integrated process of contact filtration-activated carbon adsorption-UF was adopted to purify the raw water from Yangtze River. The results showed that contact filtration could remove biggish suspended substance effectively and activated carbon can adsorb substantive organic substances, so the efficiency of the membrane was protected from polluting. And the filtration capability of membrane can be well recovered by 0.4% HCl and 0.4% NaOH. While the average value of influent concentration of turbidity, NH_3-N, TOC, COD_{Mn} and bacterium was 114.8 NTU, 0.35 mg/L, 2.47 mg/L, 2.7 mg/L, 700 CFU/mL, and the effluent was 0.07 NTU, 0.09mg/L, 0.3 mg/L, 0.88 mg/L and 0 respectively.

Keywords: Yangtze River raw water; Contact filtration; Activated carbon; Ultrafiltration membrane; Membrane differential pressure

由于水源污染给城市给水处理带来了极大的困难[1],传统的水处理工艺已渐显效能不足,因此迫切需要寻找新的水处理工艺。与传统水处理工艺相比,采用膜工艺处理微污染原水具有出水水质稳定可靠、不受原水水质及运行条件变化的影响、占地面积小、可实现自动化控制等优点[2]。

超滤膜可以有效去除水中悬浮物质、胶体和细菌,但不能有效去除天然有机物、合成有机物以及色度,而且超滤膜易被污染,因此需要与其他工艺联用。本试验采用接触过滤—活性炭吸附—超滤膜联用的一体化装置处理长江原水(重庆段),目的是开发一种新的适合于小城镇的水处理工艺。

国家十五攻关课题(2001BA604A01—05)。

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

1 试验装置与水质分析

1.1 试验装置与流程

试验流程见图 1。接触过滤采用陶粒滤料,粒径 0.8～1.2 mm,滤层厚度 1.6 m,滤速 6.2～6.3 m/s,其作用主要是去除原水中大部分胶体及悬浮颗粒。活性炭为果壳活性炭,粒径1～3 mm,炭层厚度 1.6 m,滤速 6.2～6.3 m/s,其作用主要是吸附水中有机物和进一步去除水中胶体及悬浮物。超滤膜材质为聚砜(PS),截留相对分子质量为 2 万～5 万。中空纤维内外孔径分别为0.8 mm和 1.2 mm,每个膜组件的过滤面积为2 m^2,采用 4 个组件。

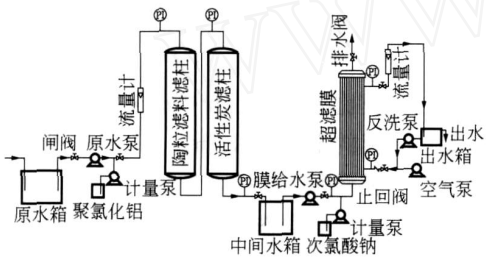

图 1 试验装置流程

试验处理水量为 24 m^3/d,陶粒滤料滤柱每 10～12 h 反洗一次,采用气水反冲洗;活性炭滤柱每星期反洗一次,采用水力反冲洗;膜过滤采用终端过滤方式,每 2 h 反洗一次,膜反洗时先正洗 1 min,再用膜渗透水反洗 2 min,最后再正洗 1 min。

表 1 滤柱反冲洗参数

滤柱	气冲洗		气水同时冲洗			水冲洗	
	强度	时间	气强度	水强度	时间	强度	时间
陶粒	14.8	1.5	14.8	3	4	5.5	10
活性炭	0	0	0	0	0	5	10

注:反冲洗强度单位为 L/(s·m^2);反冲洗时间单位为 min。

1.2 水质分析

每天测定指标为压力、流量、水温及浊度,每周测定的指标为 pH、COD_{Mn}、TOC、氨氮及细菌。水质指标参考国家《生活饮用水卫生标准》(GB 5749—2006)。

2 试验结果与讨论

2.1 对浊度的去除

试验期间原水的浊度在 73～170 NTU,平均浊度为 114.8 NTU,混凝剂(聚氯化铝)投加量为 6 mg/L。由图 2 可知,陶粒滤柱平均出水浊度为 1.49 NTU,去除率为 94.9 %～99.7 %(如未说明,去除率都是指相对于装置各部分自身进出水),炭柱平均出水浊度为 0.31 NTU,去除率为 31.4 %～94.8 %,超滤膜平均出水浊度为 0.07 NTU,去除率为 63.6 %～88.5 %,整套装置对浊度的去除率达 99.9 %。在整个处理系统中绝大部分浊度先由膜前预处理部分去除,再通过超滤膜进一步降低浊度,提高出水水质。这样既能保证超滤膜能在较高的透水通量下长期稳定运行,也能降低膜受污染的风险。

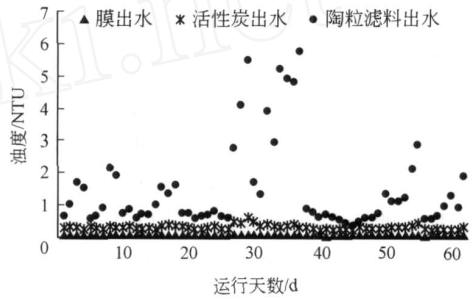

图 2 装置对浊度的去除效果

2.2 对氨氮的去除

由图 3 可知,试验期间原水氨氮为 0.15～0.62 mg/L,平均为 0.35 mg/L,陶粒滤柱平均去除率为 44.5 %,活性炭平均去除率为 35.9 %,超滤膜平均去除率为 28.7 %。装置的氨氮总平均去除率达 75.1 %,出水氨氮含量为 0.09 mg/L,远低于标准所要求的 0.5 mg/L。氨氮的去除主要靠陶粒滤料和活性炭,但超滤膜也显示了一定的去除效果。

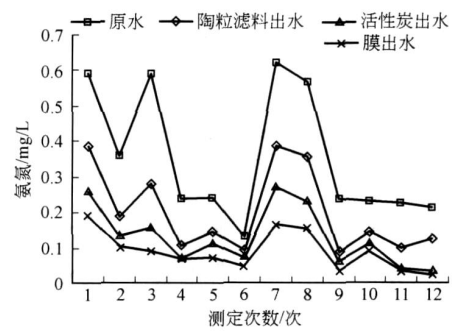

图 3 装置对氨氮的去除效果

2.3 对 TOC 的去除

由图 4 可知,原水 TOC 为 1.97～3.24 mg/L,平均为 2.47 mg/L,陶粒滤柱平均去除率为39.3 %,活性炭平均去除率为 57.6 %,超滤膜平均去除率为 54 %。装置总平均去除率为 88.2 %,出水 TOC 含量为 0.3 mg/L。

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

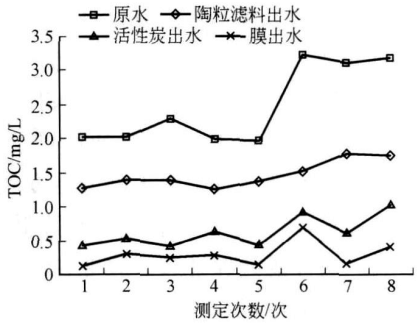

图 4　装置对 TOC 的去除效果

一些研究结果表明[3,4],高分子质量和中间分子质量的微絮凝体易被超滤膜去除,但对低分子质量部分的处理效果较差。本试验超滤膜的截留相对分子质量为 2 万～5 万,因此装置对 TOC 的去除是活性炭和超滤膜共同完成的。此外在试验过程中还发现当活性炭滤柱出水 TOC 含量增加时,超滤膜对 TOC 的去除效果就会有所增加。

2.4　对 COD_{Mn} 的去除

由图 5 可知,原水 COD_{Mn} 含量为 2.40～3.44 mg/L,平均为 2.7 mg/L,陶粒滤料滤柱平均去除率为 28.6 %,活性炭滤柱平均去除率为 42.8 %,超滤膜平均去除率为 17.8 %,装置总平均去除率为 67.3 %,出水平均 COD_{Mn} 0.88 mg/L。相对于 TOC 的去除率来说,膜去除 COD_{Mn} 的能力较差,这是因为 COD_{Mn} 反映的主要是相对分子质量小的有机物,而活性炭对相对分子质量小的有机物吸附效果要好于超滤膜的截留效果,因此装置对有机物的去除主要靠活性炭。

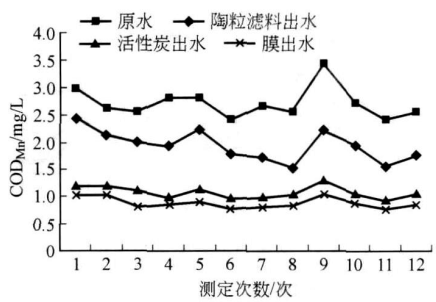

图 5　装置对 COD_{Mn} 的去除效果

2.5　对细菌的去除

原水中细菌总数为 700 CFU/mL,陶粒滤柱出水为 210 CFU/mL,炭柱出水为 1 200 CFU/mL,超滤膜出水未检测出细菌。

陶粒滤柱除菌率为 70 %,可能是由于混凝作用使细菌易于吸附在絮凝体上,从而被陶粒滤料截留。由于活性炭吸附大量有机物,使细菌在其表面繁殖,因此活性炭出水细菌数大大增加[5]。膜对水中细菌的去除主要依赖膜的孔径,超滤膜孔径一般在 0.002～0.1 μm,而一般水中最小的细菌尺寸为 0.3 μm,因此超滤膜可以完全截留细菌。

2.6　膜的清洗

随着超滤过程的进行,膜的污染在所难免,因此,必须对膜进行清洗。为了更好地考察膜污染情况,引入膜比通量的概念,它能反映出单位产水量所消耗的能量,定义为:

$$SF = Q/(A \cdot P)$$

式中 SF ——膜比通量,L/(h·m^2·kPa);

Q ——膜的出水量,L/h;

A ——膜面积,m^2;

P ——系统的操作压力,kPa。

本试验水量恒定,因此膜的出水量不变。超滤膜整个反洗时间为 3 min,图 6 反映的是某 960 min 内膜比通量随时间变化的情况。可以看出在每次反洗完后,膜比通量都会恢复到上一周期开始时的膜比通量附近,偶尔还会高一点,如第 120 min 段。

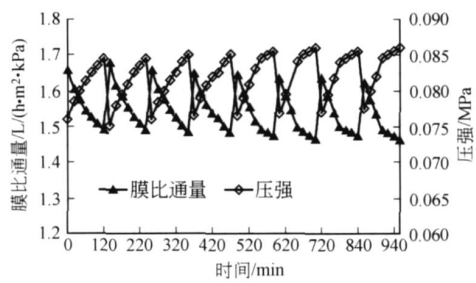

图 6　膜比通量随时间的变化

虽然物理反洗能使膜比通量恢复,但长期积累还是呈下降趋势。在超滤膜运行时间累计 1 个月后,膜压差上升了 26 %,我们对超滤膜进行了化学清洗。先采用 0.4 %的稀盐酸清洗,再采用 0.4 %的 NaOH 溶液清洗,清洗完后膜压差几乎恢复到初始状态。清洗效果见表 2。

由表 2 可知,HCl 清洗后膜压差只恢复到 0.092 MPa,NaOH 清洗后膜压差恢复到 0.079 MPa,这说明膜污染主要是由水中有机物造成的。

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

嘉兴市市区城市节水中长期规划介绍

王贤萍[1]　张　频[2]　王夏慧[1]　张　磊[1]

(1 嘉兴市规划设计研究院,嘉兴　314001; 2 嘉兴市市政公用管理处节水办,嘉兴　314001)

摘要　嘉兴是江南水乡,却是一水质型、水源型双重缺水的城市,节水对于嘉兴市而言具有特别重要的意义。为了创建节水型城市,嘉兴市人民政府结合该市的特点,组织编制了《嘉兴市市区城市节水中长期规划》。"规划"对嘉兴市创建节水型城市具有重要的指导意义。

关键词　节约　用水　规划　水资源　嘉兴

嘉兴地处江南平原河网地区,是传统的江南鱼米之乡。但是在用水需求不断增长和水环境污染的共同影响下,嘉兴市陷入了水质型、水源型双重缺水的尴尬境地。

1　水资源及其利用概况

1.1　水资源情况——量

嘉兴是一座平原河网城市,大小河湖纵横相连,四通八达,全市河道总长 13 802.3 km,分布密度达到 3.5 km/ km^2,河道水面积 311.2 km^2。嘉兴水资源在数量上的特点是:主要为过境水资源量,本地水资源量主要来自降雨量,且降水在时间和空间上的分配很不均匀。表 1 是近四年来嘉兴市域水资源状况。

表 1　2002～2005 年嘉兴市域水资源状况

项目	2002 年	2003 年	2004 年	2005 年	多年平均
降水量/亿 m^3	55.62	29.09	36.25	38.0	47.02
过境水资源/亿 m^3	55.91	46.1	42.04	49.55	60.0
本地水资源/亿 m^3	28.79	4.68	9.02	12.23	20.62
人均水资源占有量/ m^3	866.2	140.7	270.2	365.7	623.5
总用水量/亿 m^3	23.98	28.36	26.22	26.77	

据统计,浙江省多年平均水资源量 955 亿 m^3,平均降雨量 1 603 mm,人均水资源占有量为2 100 m^3。

表 2　化学清洗前后的膜压差变化

项目	初始状态	清洗前	HCl	NaOH
膜压差/ MPa	0.076	0.096	0.092	0.079

3　结论

(1) 采用接触过滤—活性炭吸附—超滤联用的一体化装置,在原水浊度为 73～170 NTU 时,出水平均浊度为 0.07 NTU,氨氮为 0.09 mg/L,TOC 为 0.3 mg/L,COD_{Mn}为 0.88 mg/L,细菌总数为 0。出水水质指标达到国家饮用水水质标准的要求。

(2) 在超滤膜前采用接触过滤和活性炭吸附预处理原水,大大延缓了超滤膜的污染,保证了系统的长期稳定运行。

(3) 由于加入了混凝剂,在水中形成了微絮凝体,使得接触过滤阶段对浊度、氨氮、TOC、COD_{Mn}和细菌都有较高的去除率。

(4) 采用 0.4%稀盐酸和 0.4%的 NaOH 对超滤膜进行化学清洗,膜比通量恢复效果明显。

参考文献

1　岳舜琳. 城市供水水质问题. 中国给水排水,1997,13(增刊):35～38

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. 给水排水,1999,25(1):28～31

3　Amy C L,Sierka R A,Bedessem J,et al. Molecular size distributions of dissolved organic matter. Journal AWWA,1922,84(6):67～75

4　Bian R,Watanabe Y,Ozawa G. Removal of humic substances by UF and NF membrane systems. Wat Sci Tech,1999,40(9):121～129

5　张捍民,王宝贞,王琳. 颗粒活性炭与淹没式中空纤维膜过滤装置联用的试验研究. 给水排水,2001,27(5):33～37

通讯处:400045 重庆大学城市建设与环境工程学院

电话:(023)60561575

E-mail:szhjzx@126.com

收稿日期:2006-10-13

修回日期:2007-03-26

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net