

活性炭—纳滤膜处理饮用水试验研究

何圣兵¹, 王宝贞¹, 王琳¹, 秦晓荃¹, 崔洪升²

(1. 哈尔滨工业大学 市政环境工程学院, 黑龙江 哈尔滨 150090; 2. 中国市政工程华北设计研究院, 天津 300074)

摘要: 以活性炭为预处理的纳滤工艺处理自来水的试验表明, 活性炭预处理能够较程度地去除原水中的污染物, 有利于保证后续纳滤膜的运行可靠性。纳滤对预处理难以去除的剩余微量有机物具有良好的去除性能。由于纳滤膜脱盐率较低, 其净化出水中可部分保留对人体有益的矿物质, 使得净化后的出水成为优质饮用水。

关键词: 饮用水; 活性炭; 纳滤膜

中图分类号: TU991.2 文献标识码: C 文章编号: 1000-4602(2003)13-0067-02

1 试验方案及工艺流程

1.1 原水水质

试验原水采自哈尔滨工业大学二校区水污染控制中心实验室的自来水, 其水质见表 1。

表 1 原水水质

项 目	数值
pH	6.9
浊度(NTU)	1.0~2.2
色度(倍)	10~15
COD_{Mn} (mg/L)	1.5~3.2
UV_{254} (cm^{-1})	0.1~0.15

1.2 主体处理工艺的选择

纳滤膜又称为“低压反渗透膜”, 所施加的过膜压差比用反渗透膜(达到同样的渗透通量)的低 0.5~3 MPa。脱盐率较低的纳滤膜不仅对水中有机物去除性能很好, 而且可保留部分水中的微量元素及矿物质。因此, 选择纳滤膜作为优质饮用水净化主体工艺。

1.3 预处理工艺的选择

纳滤的分离精度为纳米(10^{-9} m)级, 膜组件对预处理的要求较高, 只有减轻膜在运行过程中存在的污染及堵塞问题方能保证纳滤膜的正常运行。试验预处理工艺采用活性炭吸附和过滤主要是基于以下两点考虑:

① 活性炭能够去除常规处理投氯后水中残余的活性氯, 保护膜组件免受腐蚀。

② 活性炭能够吸附去除水中的有机物和浊度, 减低膜的负荷, 减缓膜堵塞的速度, 同时也减少膜的水力反冲次数。

1.4 试验工艺流程

试验工艺流程如图 1。

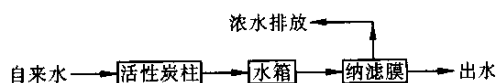


图 1 试验工艺流程

该工艺分为二级, 一级为活性炭, 二级为聚酰胺复合纳滤膜, 主要用于去除水中的有机物。

2 试验结果及讨论

2.1 活性炭预处理效果

滤速和停留时间是活性炭处理工艺中两个重要的运行参数。活性炭滤柱的滤速为 6.0 m/h, 停留时间为 20 min, 考察对水中污染物的去除效果, 结果见表 2。

由表 2 可看出, 活性炭对浊度和色度的去除率较高, 分别为 53.33% 和 75%, 对 COD_{Mn} 、 UV_{254} 和 TOC 的去除率分别为 37.5%、41.67% 和 32.31%, 而对氨氮、亚硝酸氮、硬度、碱度和电导率等基本无去除效果, 表明活性炭对小分子三氮物质去除性能较差, 且基本上没有脱盐能力。选用活性炭作为纳滤膜的预处理是合适的。

表 2 活性炭柱进、出水水质

项目	进水	出水
pH	6.9	6.9
浊度(NTU)	1.5	0.7
色度(倍)	12	3
COD_{Mn} (mg/L)	3.2	2.0
UV_{254} (cm^{-1})	0.12	0.07
TOC(mg/L)	6.5	4.4
NH_3-N (mg/L)	0.8	0.8
NO_2-N (mg/L)	0.04	0.04
硬度(mg/L)	150	150
碱度(mg/L)	106	106
电导率($\mu S/cm$)	196	192

2.2 纳滤膜总体处理效果

2.2.1 纳滤膜处理效果

纳滤膜进、出水水质见表 3。

表 3 纳滤膜进、出水水质

项目	进水	出水
pH	6.9	5.8
浊度(NTU)	0.7	0.1
色度(倍)	3	0
COD_{Mn} (mg/L)	2.0	1.2
UV_{254} (cm^{-1})	0.07	0.03
TOC(mg/L)	4.4	1.85
NH_3-N (mg/L)	0.8	0.5
NO_2-N (mg/L)	0.04	0.02
硬度(mg/L)	150	103
碱度(mg/L)	106	82
电导率($\mu S/cm$)	192	136

由表 3 可以看出,纳滤膜几乎完全去除了水中残余的浊度和色度、对 COD_{Mn} 、 UV_{254} 、TOC 的去除率分别为 40%、57.1% 和 42%。对氨氮和亚硝酸氮的去除率为 37.5% 和 40%,对硬度、碱度和电导率的去除率分别为 32.2%、23.3% 和 30.6%。由于纳滤膜适宜分离分子质量大于 200 u、分子大小约为 1 nm 以上的溶解组分,因此对于活性炭出水中含有的有机物组分,纳滤膜表现出了较高的截留效果。纳滤膜对分子质量较小的氨氮和亚硝酸氮也表现出了一定的去除能力,分析认为膜孔的截留对它们的去除并不起主要作用,而是由于纳滤膜本身带有的负电荷通过静电排斥作用阻碍阴离子通过。为保持溶液的电中性,阳离子的渗透也受到阻碍,从而对硬度和电导率也有相当程度的截留。另外,纳滤膜在去除有机污染物的同时,很大程度上保留了溶液中的矿物质,符合事先设想的获得优质健康水的要求。

2.2.2 纳滤膜对无机离子的处理效果

纳滤膜对无机离子的去除效果见表 4。

表 4 纳滤膜的脱盐效果 mg/L

项目	进水(mg/L)	出水(mg/L)	去除率(%)
Ca^{2+}	14.06	9.82	30.16
Mg^{2+}	8.27	5.79	29.98
SO_4^{2-}	4.463	2.35	46.95
K^+	1.27	1.09	14.17
Na^+	26.22	22.17	15.45
Cl^-	14.07	11.63	17.34
HCO_3^-	54.42	41.85	23.1

由表 4 可以看出,纳滤膜对于无机离子具有一定的去除效果。其中对于二价离子的截留率高于对一价离子的截留率,这是由于纳滤膜具有离子选择性,对二价阴离子的截留率高于对一价阴离子,这是由于盐的渗透性主要是由阴离子的价态决定,价态越高则截留率越高。

2.3 对氯仿和四氯化碳的处理效果

饮用水在加氯消毒过程中会产生以氯仿为主的三卤甲烷。我国的饮用水卫生标准中对氯仿和四氯化碳的规定指标值分别为 $\leq 60 \mu g/L$ 和 $\leq 2 \mu g/L$ 。在试验中进一步考察了活性炭—纳滤膜工艺对氯仿(见图 2)和四氯化碳的去除作用。

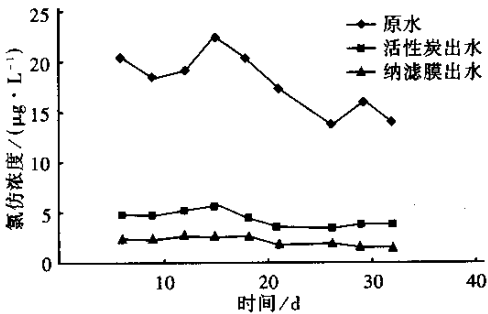


图 2 系统对氯仿的去除效果

由图 2 可以看出,活性炭对原水中的氯仿具有良好的吸附性能,去除率在 70% 以上,出水含量保持在 3.4~5.6 $\mu g/L$ 之间。再经纳滤膜处理后,残存的微量氯仿仍可去除 50%。

试验表明,活性炭—纳滤膜系统对四氯化碳基本上没有去除效果。分析这是由于原水中四氯化碳的浓度较低,含量一直保持在 1 $\mu g/L$ 以下所致。

电话 (0451) 2291754
E-mail heshengbing@0451.com
收稿日期 2003-10-15