

超滤膜-活性炭用于优质饮用水生产工艺试验研究

董秉直 曹达文 刘遂庆 范瑾初 久保田英诚 朱列平

提要 就活性炭吸附和超滤膜分离联用技术生产优质饮用水进行试验。试验结果表明,工艺流程自动化程度高,运行稳定,出水水质满足饮用净水上海地方标准(DB31/197 - 1997)。东丽公司开发的 PAN 超滤膜工艺系统不仅能有效地去除细菌、浊度,对有机物也有一定的去除效果。

关键词 优质饮用水 膜分离 超滤膜 活性炭

饮用水水源污染导致了饮用水水质恶化,使我国众多城镇的供水水质受到影^[1]。随着生活水平的提高,城镇居民对饮用水水质的要求日益提高。因此,饮用纯水、蒸馏水以及深度净化水等在我国城镇兴起,成为一个巨大的商业市场。饮用纯水对人体健康的影响正引起许多专家的关注^[2],而优质饮用水在去除了自来水中对人体健康有害的物质(特别是“三致”物质)的同时保留水中对人体健康有益的微量元素,恢复洁净天然水的本色。因此,优质饮用水正日益受到人们的欢迎。

日本东丽公司的 CP 系列中空纤维超滤膜是专为给水处理设计开发的。这种中空纤维超滤膜亲水性好,透水通量大,具有优异的除浊性能。膜表面致密光滑,不易受到污染,柔软且强度高^[3]。同济大学环境科学与工程学院和日本东丽工程公司合作,采用这种膜进行了一年左右的试验研究,目的是开发新的生产优质饮用水的工艺技术。

1 试验装置与试验方法

1.1 试验装置与流程

试验流程如图 1 所示。采用 10 μ m 绕线式保安

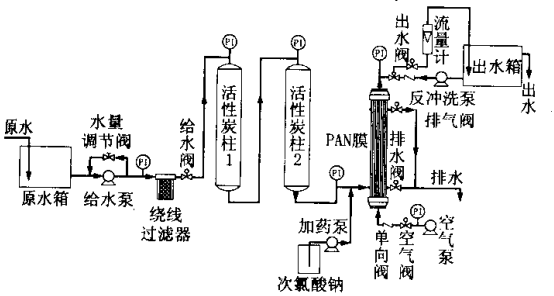


图 1 试验系统流程

过滤器,其作用为去除进水中较大的悬浮固体颗粒和胶体。颗粒活性炭为果壳炭,吸附水中的有机物。每个活性炭柱的装填容量为 0.05m³,共 2 个。超滤膜的材质为聚丙烯腈(PAN),孔径 0.01 μ m,截留分子量为 100 000 Daltons。每个组件的过滤面积为 12m²,试验采用 1 个组件。超滤膜作用是截留水中微小的悬浮颗粒胶体、细菌以及部分有机物。

试验处理水量为 12m³/d,原水为上海自来水。膜的过滤方式为终端过滤。膜的冲洗采用水力反洗加空气,每 2h 冲洗 1 次。整个系统的运行为全自动控制。

1.2 水质分析

每天测定指标为压力、流量、水温和浊度。每周测定指标为浊度、色度、pH、COD、UV₂₆₀、TOC、余氯、细菌总数以及大肠菌数等。水质标准参考上海技术监督局 1997 年 6 月发布的饮用净水地方标准(DB31/197 - 1997)。

2 试验结果与讨论

2.1 进水和出水的浊度变化

由图 2 可知,自来水的浊度一般为 0.3 ~

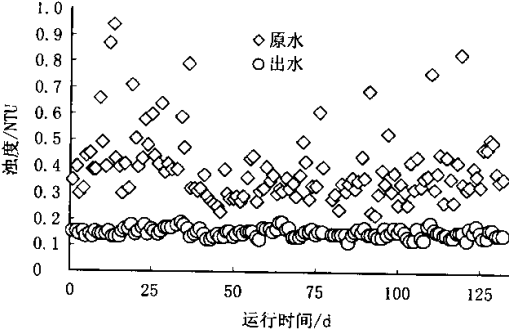


图 2 进水、出水的浊度变化

0.5NTU ,偶尔也有较高的情况 ,可能是水管锈蚀 ,引起浊度升高。但出水浊度均低于 0.2NTU ,符合饮用水净水标准的 0.5NTU。绕线过滤 + 活性炭和膜过滤各自的去除浊度的效果如表 1 所示。绕线过滤 + 活性炭去除较大尺寸的悬浮胶体颗粒 ,膜去除较小尺寸的胶体颗粒。

表 1 去除浊度效果

原水平均 浊度/NTU	绕线过滤 + 活性炭		膜 过 滤		总去除率 /%
	浊度/NTU	去除率/%	浊度/NTU	去除率/%	
0.49	0.33	31	0.15	35.5	66.5

2.2 水温 和膜压差的变化

由于试验从夏天延续到冬天 ,因此自来水水温变化较大。如图 3 所示 ,试验期间水温逐渐下降。水温变化会影响膜压差 ,当处理水量恒定时 ,水温较高 ,膜压差较低 ,而水温降低时 ,膜压差升高。图 3 显示出这种变化趋势。膜压差增加速度的快慢还可表明膜受污染的严重程度。它既与原水水质有关 ,也反映出膜的抗污染性能的优劣 ,因而是这次试验考察的重点。由图 3 可知 ,随着运行时间的延续 ,膜压差逐渐增加。在试验初期 ,膜压差增加缓慢 ,到试验的后期 ,膜压差增加速度加快。这是由于冬天水温低以及经长时间运行后 ,膜污染严重所致。

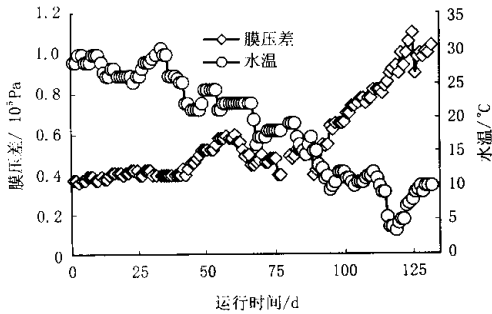


图 3 处理系统水温、膜压差变化

2.3 膜的透水通量和透水系数

本试验水量恒定 ,因此透水通量不变 ,为 1m³/(m²·d) ,如图 4 所示。透水系数为透水通量除以膜压差 ,它可反映出生产单位水量所消耗的能量。由图 4 可知 ,随着运行时间延长 ,透水系数逐渐下降。这是由于膜表面受到污染所致。

2.4 去除 TOC 的效果

由图 5 可知 ,出水的 TOC 大大低于饮用净水标

准的 4mg/L(由图 5 中的虚线表示)。表 2 表明 ,活性炭吸附去除 37.5% 的 TOC ,膜过滤去除 16%。由此可见 ,TOC 的去除主要依靠活性炭。但膜过滤也显示出较好的去除效果。本试验超滤膜的截留分子量为 100 000Daltons。上海自来水的有机物分子量分布如表 3 所示。

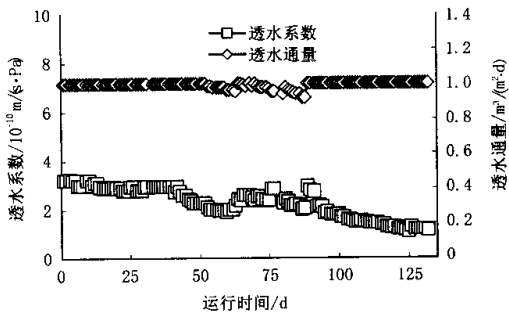


图 4 处理系统膜的透水量、透水系数变化

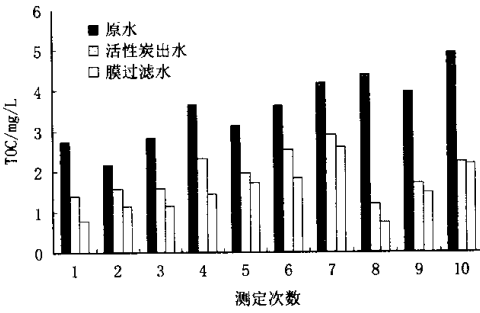


图 5 处理系统去除 TOC 的效果

表 2 去除 TOC 效果

原水平均 TOC/mg/L	绕线过滤 + 活性炭		膜 过 滤		总去除率 /%
	TOC/mg/L	去除率/%	TOC/mg/L	去除率/%	
3.95	2.47	37.5	1.84	16	54

表 3 上海自来水的有机物分子量分布

项 目	自来水	30 000	10 000	4 000	1 000
TOC/mg/L	4.95	3.9	2.77	2.76	2.51
UV ₂₆₀ /1/cm	0.064	0.06	0.035	0.035	0.032

由表 3 可知 ,原水中分子量大于 30 000的 TOC 占总量的 20% ,这就解释了膜过滤还能去除一部分 TOC 的原因。因此 ,在某种程度上 ,本试验系统去除有机物是由活性炭和膜共同承担的 ,两者之间存在互补作用。在试验中也发现 ,当原水中的 TOC 增加或活性炭吸附能力下降时 ,膜去除 TOC 的效果增

加。

2.5 去除 COD_{Mn}的效果

由图 6 可知 ,原水中的 COD_{Mn} 较高 ,大部分情况下高于饮用净水标准中所规定的 2mg/L 标准。

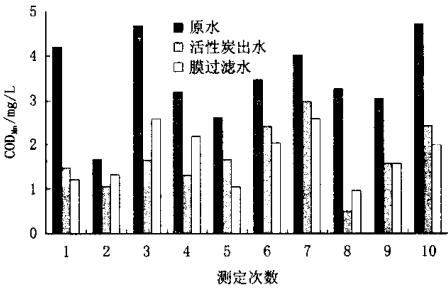


图 6 处理系统去除 COD_{Mn}的效果

表 4 去除 COD_{Mn}效果

原水平均 COD _{Mn} /mg/L	绕线过滤 + 活性炭		膜 过 滤		总去除率 /%
	COD _{Mn} /mg/L	去除率 /%	COD _{Mn} /mg/L	去除率 /%	
4.5	2.78	38.7	2.4	8.48	47.3

表 4 表明 ,大部分的 COD_{Mn} 由活性炭吸附去除 ,膜过滤只能去除很少部分的 COD_{Mn} ,仅为 8% 左右。将这结果与表 2 比较 ,可知膜过滤去除 COD_{Mn} 的效果较 TOC 差。这种差异可解释为 COD_{Mn} 和 TOC 所代表的有机物类型不同的缘故。COD_{Mn} 反映较小分子量的有机物 ,因而活性炭吸附效果好而膜过滤截留效果差。图 6 可以看出 ,多次出现膜出水的 COD_{Mn} 高于活性炭柱出水的 COD_{Mn} 现象。其原因是 ,膜消毒的次氯酸钠进入出水箱中 ,将有机物氧化为小分子量的有机物 ,造成出水的 COD_{Mn} 高于活性炭柱的 COD_{Mn} 现象。

2.6 细菌总数和余氯

自来水中的余氯含量很高 ,经常超过 2mg/L ,因此原水中的细菌总数很少。经过活性炭吸附后 ,细菌总数增加(如图 7 ,图 8)。这是由于生长在活性炭表面的细菌依靠有机物繁殖而增多的缘故。本试验的 PAN 膜的孔径为 0.01μm ,而最小细菌的尺寸约为 0.3μm 左右 ,因此膜能 100% 地截留去除细菌。由图 8 可知 ,经膜过滤后出水的细菌总数极少甚至为零 ,表明 PAN 膜能有效地去除细菌。试验中 ,有时出水细菌较多 ,经分析发现是出水的软管没有注

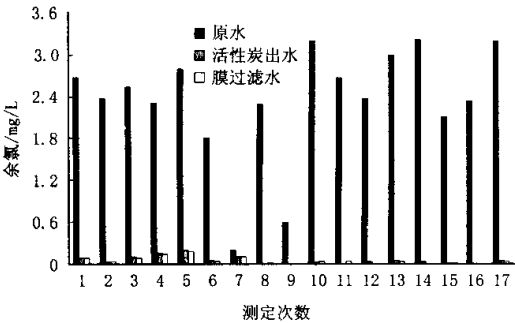


图 7 处理系统余氯变化

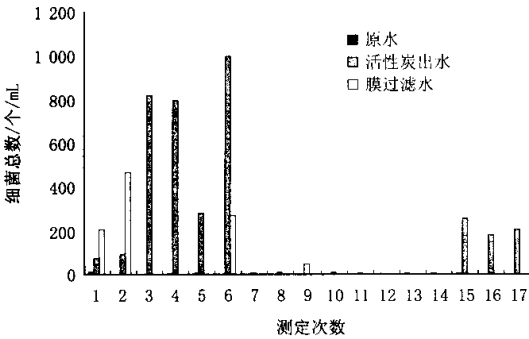


图 8 处理系统去除细菌的效果

意消毒导致出水中细菌再度繁殖。

2.7 药剂清洗效果

随着半年的运行 ,膜压差逐渐增大 ,达到运行初期的 1 倍。需进行药剂清洗。先用草酸和盐酸循环 2h ,清洗累积在膜内的无机离子 ,再用次氯酸钠循环 1h ,清洗累积在膜内的有机物。清洗效果见表 5。

表 5 药剂清洗前后各处理单元压力变化

项 目	泵前 /MPa	活性炭塔 1 /MPa	活性炭塔 2 /MPa	膜压差 /MPa
药剂清洗前	0.33	0.263	0.219	0.083
盐酸 + 草酸清洗后	0.315	0.25	0.207	0.076
次氯酸钠清洗后	0.28	0.218	0.175	0.048

注 运行初期膜压差为 0.048MPa。

由表 5 可知 ,经盐酸和草酸清洗后 ,膜压差仅从 0.083MPa 恢复到 0.076MPa ,而经次氯酸钠清洗后 ,膜压差恢复到 0.048MPa。膜压差几乎恢复到运行初期的压差值 ,表明清洗效果非常好。其结果也表明 ,造成膜污染的主要是水中的有机物。

3 结语

采用活性炭吸附和超滤膜分离联用技术生产优

质饮用水的试验结果表明,工艺流程自动化程度高,运行稳定,出水水质满足饮用净水上海地方标准(DB31/197-1997)。东丽公司开发的PAN超滤膜工艺系统不仅能有效地去除细菌、浊度,对有机物也有一定的去除效果。

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 钟淳昌,等.饮用水与健康专家谈.给水排水,1997,23(9):5~7

3 山村弘之,藤并能成.外压全ろ过型.除浊用中空系膜モジュール.膜(Membrane),1995,20(5):309~315

○作者通讯处:200092 上海同济大学环境科学与工程学院

久保田英诚 朱列平 日本东丽工程株式会社

修回日期:2000-9-8

Research on High Quality Drinking Water Preparation by Ultra-Filtration and Activated Carbon Process

..... *Dong Bingzhi et al*(15)

Abstract : Experiment of a combined process of ultra-filtration membrane and activated carbon adsorption was conducted for high quality drinking water preparation. The experiment results show that the performance of this highly automatic process is stable ; and the prepared water is quite good to meet the requirement of the local standards of high quality drinking water DB31/197-1997 issued by Shanghai municipality. The PAN UF membrane component developed by Toryo Co. was adopted. This system not only can remove bacteria and decrease turbidity effectively , but also can remove the organic compounds.