

膜与臭氧化生物活性炭组合系统的运行效能

王琳¹,王宝贞²,聂梅生²,曾祥荣¹,马文铁³,李冰³ (1.哈尔滨工业大学环境工程系,黑龙江 哈尔滨 150006; 2.哈尔滨建筑大学环境工程系,黑龙江 哈尔滨 150008; 3.大庆油田设计研究院,黑龙江 大庆 160000)

摘要: 将膜与臭氧化-生物活性炭工艺组合,在臭氧化-生物活性炭 O₃+BAC 工艺前,先经 MF 过滤,去除能被 O₃ 氧化的固体颗粒状有机物,减轻 BAC 的有机负荷,再对 BAC 出水进行 UF 过滤,能有效地防止由 BAC 表面脱落的微生物进入水中,有效地去除水中的有机污染物,去除率为 60%~85%,COD_{Mn} 值全部在 1.2~1.7mg/L 之间,平均为 1.3mg/L,能确保出水水质。

关键词: 膜; 饮用水; 深度净化; 臭氧化; 生物活性炭

中图分类号: X143 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-6923(1999)06-0566-03

Operational performance of combination system of membranes and O₃+BAC processes. WANG Lin¹,WANG Bao-zhen²,NIE Mei-sheng²,ZENG Xiang-rong¹,MA Wentie³,LI Bing³ (1.Harbin University of Technology, Environmental Engineering,Helongjiang 150006, China; 2.Harbin University of Architecture & Civil Engineering, Environmental Engineering, Helongjiang 150008, China; 3.Daqing Design and Research Institute of Oilfield Construction, 16000, China). *China Environmental Science*. 1999,19(6): 566~568

Abstract: O₃+BAC process is most popularly employed in advanced water treatment system. In recent years, with the development of membrane separation especially micro-filtration (MF) and ultra-filtration (UF), the MF membrane is used in O₃+BAC processes as pretreatment to remove the particles that can be ozonated by ozonation, by which the organic load is decreased and lifetime of BAC is prolonged. The effluent from BAC is further treated by UF to remove the fallen Biofilm from BAC, and hence remove organic pollutants in suspension as well, with COD_{Mn} removal of 60%~85%. The final effluent COD_{Mn} of 1.2~1.7mg/L.

Key words: membrane; drinking water; advanced purification; ozonation; BAC

臭氧化-生物活性炭(O₃+BAC)工艺在饮用水深度净化方面应用最广泛^[1,2]。但如果水源中含有颗粒状物质或大分子难降解的有机物时,需进行臭氧化,臭氧能将难生物降解的有机物部分转化为可生物降解的有机物,还能将颗粒状有机物转化为可生物降解的有机物,这样会使臭氧的投量增加,而且也将增加溶解性有机碳(DOC)的量,并使其中部分 DOC 转化为可生物降解的有机碳(BDOC)^[3],这样就增加了后续处理设备—生物活性炭(BAC)滤池的负荷。因此在臭氧化之前先进行膜过滤,不仅去除了颗粒状有机碳和部分难降解的大分子有机物的 DOC,而且大大减少了 BAC 的有机负荷,延长了 BAC 的使用寿命。经 MF 膜和臭氧化处理后,进水 ADOC(可吸附但不能生物降解的组份)的去除率分别为 20%和

37%^[4]。在 O₃+BAC 工艺中,活性炭表面形成了生物膜,少量老化的生物膜脱落后,大部分下沉不会随水流流出,少量细菌则会随水流流出^[5]。为了保证良好的出水水质,在 O₃+BAC 后再加设超滤膜,这样能进一步提高出水水质。孔径为 0.03μm 的超滤膜,可有效地去除个体最小的 E-coli 大肠杆菌噬菌体以及与其结构和尺寸相近的肠道病毒,尤其是过滤形成堆积层后,更能有效地去除噬菌体和病毒^[6]。

1 生产工艺流程

水处理工艺流程为:臭氧氧化→微滤→生物活性炭→超滤→O₃消毒→供水管网

收稿日期: 1999-03-29

饮用水深度净化工艺流程如图 1 所示。

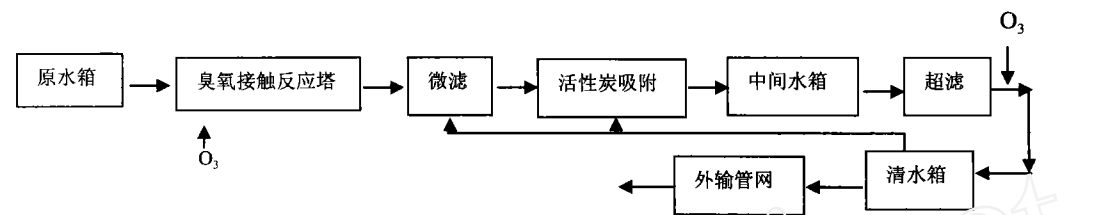


图 1 饮用水深度处理工艺流程

Fig.1 Schematic diagram of advance drinking water treatment system

2 主要设备及工艺参数

2.1 微滤器

过滤面积 22m²;渗透水通量 250L/(m²·h);(水温 25℃),130L/(m²·h)(水温 8℃);反洗时间 30~ 60min;反洗失水率 4%;微滤进水量 1.48m³/h;微滤器数目 MF1(2 套);膜的材质为 PE 管式烧结膜;孔隙率 48%;孔径 0.1~1.0μm;失水率<4%.

2.2 生物活性炭滤罐

罐体尺寸直径φ 800m×高 3800mm;填料 BAC 炭层高 2.0m;石英砂高 0.4m;滤速≤5m/h;停留时间 30min.

2.3 超滤器

膜类型为中空纤维管式膜;材质为醋酸纤维,孔径 0.01μm;截留分子量 5000Dalton;失水率≤5%,设计温度 8℃;设计温度下的透水通量

108L/(m²·h);运行压差 0.5bar;微滤膜过滤通量为 250L/(m²·h)(水温 25℃),该值随水温下降而下降,并按指数形式衰减,水温 8℃时的透过率为 130L/(m²·h),设计时按最差条件,过滤通量不超过 130L/(m²·h).

2.4 臭氧接触反应塔

进水量/套为 1.48m³/h;罐体尺寸φ 600m×5100mm;有效水深 4.8m;接触时间 14min.

2.5 管道外输

采用双管路系统,外输管为不锈钢管,由于是小区供水,为了防止二次污染,采用恒压变频调速供水方式供水,K 值为 3.2.供水水压为 6~7kg/cm²,外输泵采用 2 台,1 用 1 备,外输泵型号 CR8-80,流量扬程 80~50m.

表 1 水质分析结果

Table 1 Analytic results of water quality

项目	国家标准	WHO 标准	常规出水	BAC 出水	UF 出水	后O ₃ 出水
色度 TCU	15	15	10	5~6	3	<2
浊度 NTU	3	5	6.5	1.14	0.6	0.4
嗅味	ND	ND	ND	ND	ND	ND
肉眼可见物	ND	ND	ND	ND	ND	ND
pH 值	6.5~8.5	6.5~8.5	7.65	7.5	7.61	7.6
总硬度*	450	500	375.3	335.26	301.52	300.20
Ca ²⁺ *			102.2	88.17	86.12	86.00
Mg ²⁺ *			29.184	27.968	25.36	24.96
总碱度*			692.57	649.86	631.21	622.06
亚硝酸盐*			0.025	0.002	<0.001	0
硝酸盐*	20	10	0.45	0.55	0.36	0.37
挥发酚*	0.002		0.002	ND	ND	ND
氰化物*	0.05	0.1	ND	ND	ND	ND
ABS*	0.02		ND	ND	ND	ND
COD _{Mn} *	(2.5)**		4.93	2.14	1.5	1.2
总铁	0.3	0.3	0.07	0.02	0.02	0.02

注:* 表示单位为 mg/L ** 为日本标准

3 运行结果

该处理厂于 1997 年 7 月投产,设备运行效果良好,能有效地去除水源中的有机污染物的浊度、色度.由于加设了膜系统,使出水中的有机物、细菌、病毒均能达到国家饮用水标准.采用投加臭氧消毒,避免了形成氯仿等三致物质,有效地杀灭病原菌和病毒.对水中有代表性的结果进行分析,结果见表 1.

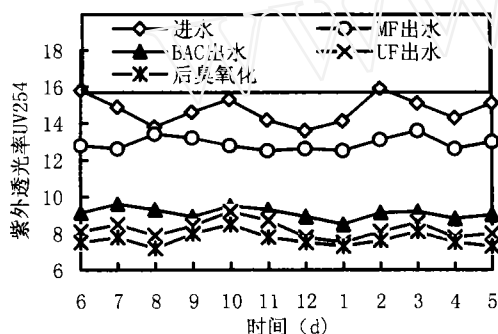


图2 紫外透光率

Fig.2 UV254 transparency

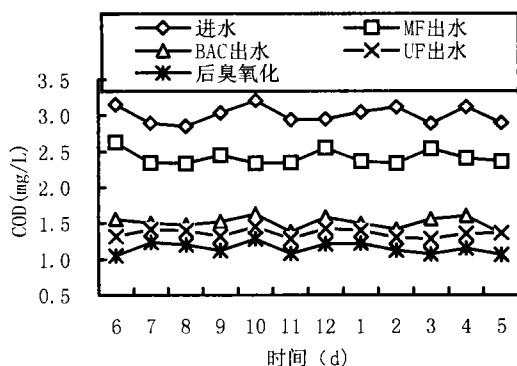


图3 COD变化曲线

Fig.3 Variation of COD

由于该工艺采用 O_3 +BAC 及膜技术,当臭氧化和生物活性炭去除了大部分有机物时,剩余的有机物主要是较难降解的大分子有机物和生物活性炭表面细菌分泌的酶等大分子有机物,而选用的超滤膜主要是去除分子量大于 500Dalton 的大分子有机物.故能有效地去除水中有机污染

物,去除率达到 60%~85%. COD_{Mn} 值为 1.7~1.2mg/L,平均为 1.3mg/L.图 2,图 3 为工艺中不同处理单元去除 UV 吸光率和 COD_{Mn} 的情况.

4 结论

在 O_3 +BAC 工艺之前进行过滤,不仅能去除 POC(颗粒状有机物)、部分难降解大分子有机物的 DOC,而且能防止在臭氧化过程中 POC 的溶解或难降解的大分子有机物,从而大大减少了 BAC 的有机负荷,延长了 BAC 的使用寿命.然后过滤选择截留分子量大于 500Dalton 的超滤膜,即膜的孔径为 0.01 μm ,能有效地截留由活性炭表面脱落的生物膜、难以被活性炭吸附降解的大分子有机物以及生物活性炭表面分泌的酶等大分子有机物,还能去除体积最小的病毒(如直径为 28nm 脊髓灰质病毒),使出水 COD 去除率达 60%~85%,符合《供水行业 2000 年技术进步发展规划》中规定的一类水质的 88 项标准^[7].

参考文献:

- [1] 王琳,王宝贞,马放等.臭氧化-生物活性炭净化水厂的运行效能[J].中国环境科学,1998,18(6):552-556.
- [2] Malley J P Jr, Eighmy T T, Collins M R, et al. The Performance and Microbiology of ozone-enhance biological filtration [J]. Journal AWWA, 1993, 85:47-57.
- [3] Adham S S, Jacangdo J G, Laine J M. Characteristics and cost of MF and UF plants [J]. Journal AWWA, 1996, 88:22-31.
- [4] Wataru Nishijima, Mitsumasa Okada. Particle separation as a pretreatment of an advanced drinking water treatment process by ozonation and biological activated carbon [J]. Wat. Sci. Tech., 1998, 37(1):117-124.
- [5] 王宝贞,田金质,尹军等.臭氧活性炭处理污染原水的研究[J].给水排水,1982,5:8-13.
- [6] Silver D O. Enterovirus detection by membrane chromatography in Berg. G.(Ed.) transmission of viruses by the water route [M]. New York: Inter Science Publisher, 1976. 139-141.
- [7] 王光涛.城市供水行业 2000 年技术进步发展规划 [M]. 北京:中国环境科学出版社,1993.

作者简介:王琳(1966-),女,黑龙江哈尔滨人,哈尔滨建筑大学博士,副教授,现在哈尔滨工业大学读博士后,主要从事饮用水深度净化方面的研究.发表论文 20 余篇.