

文章编号 :1007-8924(2001)03-0053-03

城市饮用水膜处理技术

王 琳 王宝贞 杨鲁豫

(哈尔滨工业大学市政环境工程学院 , 哈尔滨 150090)

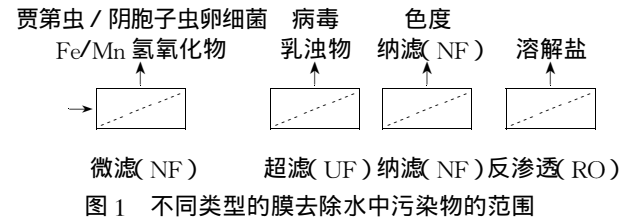
摘 要 :综述了城市饮用水膜处理技术 ,介绍了新型膜处理技术具有适应的水质范围广 ,出水水质好 ,占地面积小等优点 ,及其在国外的推广应用 .这种新型的膜处理技术不仅能有效地去除水中的浊度、病原微生物和病原寄生虫 ,纳滤膜还能有效地去除水中的有机污染物 ,包括常规工艺很难去除的农药等 .

关键词 :膜处理工艺 ; 浊度 ; 病原微生物 ; 有机污染物

中图分类号 :X52 **文献标识码 :**A

膜过滤用于饮用水处理大约有 30 年的历史 ,但前 20 年主要用于海水淡化 ,化学工业和医药工业等 .由于受膜材质的限制 ,运行费用昂贵 .近年来 ,随着膜技术的发展 ,在膜性能提高的同时 ,制膜成本大幅度下降 ,饮用水原水污染的日趋严重 ,以膜技术为核心的饮用水深度净化技术得到迅猛的发展^[1].

以膜为核心的饮用水深度净化工艺是一种新的和更有效的水处理技术 ,化学药剂的需用量很小 ,通过改变膜的孔隙尺寸 ,可以过滤截留微生物、悬浮固体 ,甚至是溶解盐 ,亦可从饮用水中分离出去 .膜的功能范围从微滤到反渗透 ,能经济有效地去除贾第虫孢囊和阴孢子虫卵囊(Oocysts)、铁和锰、THM 的前质、浊度和色度以及溶解盐等污染物 .图 1 给出了不同的膜去除污染物的类型 .



膜污染是膜应用中的主要制约因素 ,它既能引起膜通量的下降 ,也能影响处理效果^[2,3] .由于膜污染是一个物理、化学、生物因素交互作用的复杂过程 ,极难控制^[2] .在这方面国内外都进行了大量的研究 ,先后研制成功抗氧化膜、荷电膜等新型膜 ,以

及如何采用适当的化学清洗防治膜污染等^[4,5] .

1999 年在法国建成了世界上第一座处理能力为 340 000 m³/d 的饮用水水厂 .该水厂成功地解决了膜工艺中膜清洗问题 .这一示范工程的出现 ,为膜工艺在饮用水方面的应用提供了有益的参考 .

1 从地表水中去除悬浮固体、浊度、贾第虫卵和阴孢子虫卵囊的效能^[6]

微滤膜和超滤膜装置形成了悬浮固体和寄生虫卵的绝对屏障 ,在投加化学药剂的情况下 ,对地表水进行处理 ,出水能达到优质的饮用水标准 .其实际应用代表性的处理效果见表 1^[6] .

表 1 地表水处理效果

名 称	原 水	处理水
浊度/NTU	>100	<1
贾第虫卵/(个·m ⁻³)	12~84	未检出
阴孢子虫卵/(个·m ⁻³)	10~50	未检出

2 从地下水去除铁和锰的效能^[7]

加拿大 Rothesay 膜净水厂 ,处理能力为 2 270 m³/d ,工艺流程如图 2 所示 .由空气氧化使溶解的二价铁 Fe²⁺ 氧化成 Fe(OH)₃ 沉淀 .在管道中加入 KMnO₄ ,将原水中的溶解二价锰 ,氧化成水合

氧化锰 $Mn(OH)_2$ 沉淀,然后在淹没式微滤膜装置中去除.总的膜面积为 $2\,000\text{ m}^2$,其设计净通量为 $47\text{ L}/(\text{m}^2\cdot\text{h})$.

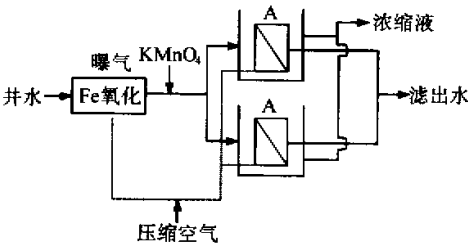


图2 Rothesay 水厂处理流程示意图
A—淹没式微滤膜装置

通过对膜装置进行优化设计,膜装置能可靠地去除悬浮固体,不发生膜的堵塞,不需要频繁的反冲洗,也不影响膜的通量.这些特性使其能够处理含较高铁和锰浓度的原水.

进水中锰的平均浓度为 0.4 mg/L ,有时高达 1.45 mg/L .淹没式微滤膜的渗透水中锰的平均含量为 0.019 mg/L .比饮用水标准 0.050 mg/L 低得多.

3 有机物的去除效果^[8]

法国 Mery-Sur-Oise 净水厂的进水取自 Oise 河水,水源水的污染较重,水中有机污染物含量较高.采用混凝沉淀,臭氧氧化,砂滤等预处理后,进入 NF 装置,产水量 $340\,000\text{ m}^3/\text{d}$,1999 年投产运行.采用 NF-70 型聚酰胺复合纳滤膜.NF-70 膜去除有机物的效果如图 3 所示.包括农药在内的所有有机污染物的去除率均在 85% 以上.

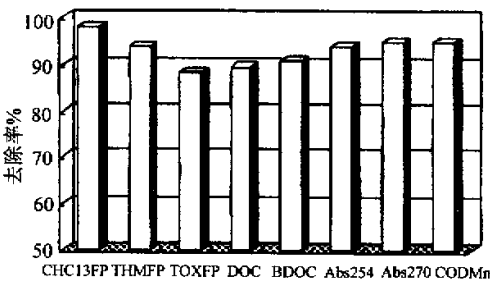


图3 NF-70 型纳滤膜装置去除有机物效果

4 去除色度和三卤甲烷前质

通过 $<0.01\text{ }\mu\text{m}$ 孔隙纳滤(NF)膜的过滤能有效地去除色度和三卤甲烷(THM)的前质.纳滤处理的代表性实际应用的效果见表 2^[8].

表 2 纳滤膜的实际应用效果

名 称	原 水	处理水
浊度/NTU	10~100	<1
色度/TCU	25~500	1~6
THMFP/($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)	50~1\,300	6.5~200

5 采用纳滤膜处理厂工艺流程和经济分析^[9]

法国 Mery-Sur-Oise 水厂为了将处理能力由原来的 35MGD ($13.3\text{ 万 m}^3/\text{d}$)增加到 90MGD ($34\text{ 万 m}^3/\text{d}$),采用纳滤膜工艺对该水厂进行扩建,于 1999 年 10 月正式投产运行.改造后的工艺流程如图 4 所示.

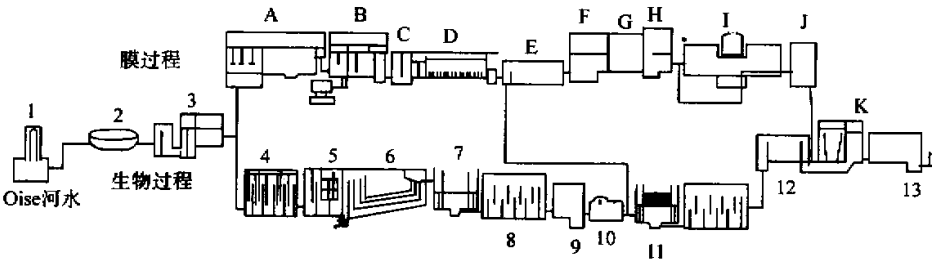


图4 法国 Mery-Sur-Oise 饮用水处理厂工艺流程图

A.Actiflo 沉淀池(微砂加重沉淀池);B.臭氧接触池;C.混凝剂混合池;D.双层滤料滤池;E.中间水池;
F.低压泵;G.微孔烧结筒式预滤器;H.高压泵;I.纳滤设备;J.UV 反应器;K.混合
1.取水口;2.原水储存池;3.进水池;4.集聚混合池;5.絮凝池;6.沉淀池;7.砂滤池;8.臭氧接触池;
9.中间水池;10.泵;11.生物活性炭滤池;12.投滤接触池;13.清水储存池-泵站

新的处理流程的原水由 Oise 河经水泵提升进入自然沉淀水库后,进入预处理单元,处理能力为 47 MGD(17.7 万 m^3/d).

5.1 预处理

预处理的单元构成,混凝与絮凝,两级 Activiflo 斜板沉淀池(加重絮凝沉淀池),臭氧氧化,双层滤料滤池(共有 10 座).预处理之后澄清水储存在中间水池中,根据水温将滤出水加压到 0.8~1.2 MPa 进入纳滤设备.

纳滤:在加压水通过纳滤之前,澄清水先进行微滤过滤以去除全部悬浮颗粒.纳滤车间,由 8 个独立的处理线组成,每个处理线由 3 个处理单元组成,每个处理单元的处理能力为进水量 50%.每条线的 3 个单元分别装有 108/54/28 压力管,每条线由 190 根压滤管组成,整个处理系统共有压力管 1 520 根.每根压力管装有 6 个卷式膜件,每个膜件长 40" (1.25 m),每条处理线有 1 140 个膜件,全车间共有 9 120 个膜件.每个膜件由 29 个双层纳滤膜片卷成螺旋状,其有效过滤面积约为 37.16 m^2 (400 平方英尺),每个处理线有 4.05 万 m^2 (10 英亩)的有效过滤面积.纳滤车间共有 34 万 m^2 (84 英亩)的过滤面积,相当于 70 个足球场的过滤面积,全部纳滤设备安装在 3 300 m^2 的建筑物中.该水厂使用的纳滤膜及其装置是由美国 Dow 化学公司的分公司 EilmTec 提供的.

5.2 后处理

由于该处理厂的工艺流程是由两部分组成的,即:使用纳滤工艺的流程和使用臭氧-生物活性炭工艺,该臭氧氧化段工艺出水的 20% 提升到纳滤工艺,与纳滤预处理工艺的出水混合后一起进行纳滤处理.处理后的水再与剩余的 80% 的生物活性炭工艺处理出水混合,以保证出水中有足够的硬度.

5.3 费用

基建投资(包括生物处理流程)为 1.35 亿美元,基建单价为 3.14 美元/ m^3 ,采用纳滤增加的运行费用为 12 法郎/ m^3 ,约合 0.15 元/ m^3 .新增加的费用可由其他方面节省的费用补偿.因此该水厂采用纳滤扩建后,没有使用户增加水费.

6 膜技术应用前景与建议

膜技术的开发,通过膜与其他工艺的连用,可以

生产出高品质的饮用水.膜法饮用水处理系统可将微滤(MF)与氧化除铁、锰和其它重金属联用;MF 与活性炭除农药联用;MF 与混凝除有机物联用,以及与其它工艺过程联用以获得高质量的出水.以膜为主体的处理工艺已经证明它们比被取代的常规处理工艺要更加可靠和容易操作.

在我国地表水普遍污染严重,不仅含有大量的有机污染物,而且由于农业中大量的使用化肥和农药,致使水源水农药的含量较高,对于这类用常规工艺难于处理的水源水,如能采用纳滤或其他膜处理工艺,不仅能大幅度地提高出水水质,保障居民的饮水健康,而且能极大的节省占地面积和相应的争地费,减少了基建投资.从法国应用的示例,并未增加运行费用和用户的经济负担.膜法饮用水处理工艺有广泛的应用前景.

参 考 文 献

- [1] 王琳,王宝贞,王新泽.新型膜在饮用水深度净化中的应用[J].哈尔滨建筑大学学报,1999,32(6):1~4.
- [2] Amy G, Cho J. Interactions between natural organic matter and membrane: Rejection and fouling[J]. Wat Sci Tech, 1999, 40(9):105~112.
- [3] William J C, Kamalesh H, Sirkar K, et al. Membrane softening: A treatment process comes of age[J]. J AWWA, 1989, 81(11):47~51.
- [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(10):117~124.
- [5] Magara Y, Kunikane S, Itoh M. Advanced membrane technology for application to water treatment[J]. Wat Sci Tech, 1998, 37(10):91~97.
- [6] Agbekoo K, Legube B, Cote P, et al. Nanofiltration performance for the removal of natural organic matter, the Mery-Sur-Oise case[J]. Sci Eau, 1994, 7:183~200.
- [7] Kunikane S, Magara Y, Itoh M, et al. Water production performance of thirty-five different microfiltration/ultra-filtration systems[A]. Proc of IWSA Specialized Conference on Advanced Treatment and Integrated Water System Management into 21st Century[C]. 1995, 2:280~285.
- [8] Adham S A, Jacangelo J G, Laine J M. Characteristics and costs of MF and UF plants[J]. AWWA, 1996, 88(5):22~31.

Membrane technologies for supply water treatment system

WANG Lin , WANG Baozhen , YANG Luyu

(Harbin Institute of Technology , Institute of Civil and Environmental Engineering , Harbin 150090 , China)

Abstract : Membrane technologies for supply water treatment system was reviewed in this paper. The advantages of membrane technologies were discussed , such as they can effectively remove turbidity , pathogenic bacteria and parasite cycts , and NF and RO also can remove organic pollutants including pesticides with high removal efficiency. Further more , the membrane facility is very compact and occupies small space comparing to conventional treatment system , and reduce the capital cost significantly.

Key words : membrane treatment processes ; turbidity ; pathogenic bacteria ; organic pollutants

2001 年国际膜技术应用研讨会将在上海召开

中国膜工业协会在 2000 年成功举办“ 21 世纪膜科学技术与环境保护国际研讨会 ”的基础上 ,将于 2001 年 9 月 17~20 日在中国的经济金融中心——上海举办“ 2001 年国际膜技术应用研讨会 ”。

会议将为从事膜分离技术研究及应用的专家、学者、企业提供一次很好的交流、学习与合作的机会 ,为增进学科间的相互渗透和了解提供一个大舞台。届时 ,来自世界各国的科学家、学者和企业家将共聚一堂 ,共同研讨 21 世纪膜分离技术在冶金、食品、环保、医药、石油化工、气体分离等领域中的应用及所面临的重大问题和我们的对策。大会组委会诚挚邀请国内外业内人士就膜分离技术在上述领域中的应用撰写论文并参会。

截稿日期 :2001 年 8 月 15 日 论文文字 :中文 附 1000 字英文摘要 版面费 :50 元/页

论文格式 :Word 文档 ,A4 复印纸 ,版心 23.5 cm×16 cm ,标题二号字 ,正文小四号字

递交方式 :①通过电子邮件 (E-mail 2000@membranes.com.cn) ;②邮寄 3.5 寸软盘和两份打印稿。

地 址 :北京市朝阳区北三环东路 17 号 ,中国膜工业协会 邮编 :100029

联 系 人 :郭有智 王 波 杨 彦 电话 :(010) 62376672/62376651/64433466 传真 :(010) 62376651

电子信箱 :2000@membranes.com.cn 网址 :http://www.membranes.com.cn (中国膜工业协会 供稿)

我国膜工业发展总体目标及工作设想

我国膜科学和膜技术的发展目标是 整体水平在 2010 年达到国外 90 年代初的水平 ,2020 年 ,争取整体达到国际先进水平并有所创新。为此 ,膜工业将在以下领域加快发展 :

(1) 继续把以处理水为主的反渗透、超滤、微滤等膜过程及相关膜材质的研究作为分离膜研究中心 ,加快纳滤膜的研究和开发工作。

(2) 继续把气体分离、无机膜、渗透汽化膜及相关膜过程作为研究、开发的重点 ,并确立其在重大膜过程中的产业地位。

(3) 把膜反应和膜催化反应器及一些新膜过程作为膜科学研究和技术开拓的重点 ,并处于世界前列。

(4) 尝试用一种膜实现两种或两种以上膜过程 (如利用微滤膜实现气/液分离等) ,为膜过程的多样化和开拓新工艺过程奠定理论基础。

(5) 加快集成膜过程和杂化膜过程 (膜过程与其它非膜分离过程的结合) 的工艺开发工作 ,使其成为解决分离任务的最好办法 ,并日益得到推广应用。

(6) 不断更新膜材料和制膜技术 ,特别要加快无机膜的研究和开发工作。

(7) 加快进行分子水平微结构对高性能膜影响的研究。

(8) 采用模型模拟、动力学研究等理论处理方法 ,代替以往的经验分析 ,加快对膜的传质机制等研究。 (本刊编辑部)