

纳滤膜脱盐及其在海水软化中的应用

张莉娜¹, 黄婕^{1*}, 熊丹柳¹, 杨俊和^{2*}

(1. 华东理工大学 化工学院, 上海 200237; 2. 上海理工大学 材料学院, 上海 200093)

摘要: 采用卷式纳滤膜进行了 $MgSO_4$ 、 K_2SO_4 、 $MgCl_2$ 等 5 种物质的脱盐性能研究, 考察了进料操作压力和浓度对表观截留率和膜通量的影响, 在此基础上研究了操作压力对海水脱盐性能的影响. 实验表明, 纳滤膜性能稳定, 能除去海水中 90% 以上的 SO_4^{2-} 以及 50% 以上的 Mg^{2+} 和 Ca^{2+} , 大幅度降低了海水的硬度, 可解决传统上海水淡化过程中易结垢离子对膜的污染问题; 纳滤膜软化海水可以降低海水淡化后期处理的成本和能耗; 采用纳滤膜软化海水在技术上是可行的.

关键词: 海水; 软化; 纳滤; 膜分离

中图分类号: TQ028.8 **文献标识码:** A **文章编号:** 1007-8924(2012)01-0097-05

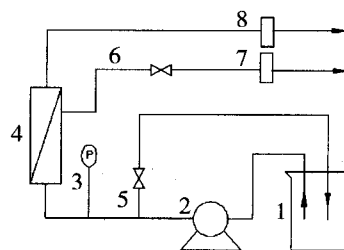
利用海水淡化技术从海水中制取淡水, 缓解日趋严重的世界性水危机, 已成为人们取得淡水资源的一种重要手段, 也成为临海国家开发新水源的战略对策^[1]. 目前海水淡化的主要方法有膜法和蒸馏法, 这两种方法遇到的共同问题是结垢, 因为传统的预处理只能去除海水中的大颗粒、部分大分子有机物和细菌, 不能有效去除小分子有机物和降低硬度, 因此不可避免地造成了膜的结垢和污染现象^[2], 这严重限制了海水淡化的应用. 纳滤(NF)技术是近年来发展起来的一种新型膜分离技术, 它以其特有的分离性能赢得了众多研究者的青睐, NF膜所具有的特点使之特别适用于去除海水中易结垢的 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 SO_4^{2-} 等易结垢无机离子, 在海水软化方面的研究与应用已经在国内外开展^[3-7].

有研究者对平板膜软化海水^[8-11]进行了较深入的研究, 但对卷式纳滤膜软化海水的报道较少. 本文分析了影响卷式纳滤膜分离性能的主要因素, 通过对单盐体系进行纳滤研究, 考察操作压力、浓度等因素对纳滤膜分离性能影响, 并对淡水(近海海域)和浓海水(太平洋海域)进行脱盐研究, 确定了膜分离的主要工作参数.

1 实验部分

1.1 实验装置流程

膜分离实验的装置流程图如图 1 所示. 原料液经输液泵把部分料液输送到膜组件, 部分料液回流进原料液储槽, 用转子流量计测定渗透液和浓缩液的流量, 每隔一定的时间取适量的渗透液和浓缩液进行化学分析, 其余的循环进入原料液储槽, 以保持原料液储槽内浓度的稳定. 纳滤膜组件是上海摩速科学器材有限公司生产的 NF-1812 卷式纳滤膜, 芳香聚酰胺材质, 截留分子量为 500~800.



1. 原料液槽; 2. 输液泵; 3. 压力表; 4. 纳滤膜组件;
5. 循环阀; 6. 控制阀; 7、8. 流量计

图 1 实验流程示意图

Fig. 1 Schematic diagram of experimental apparatus

收稿日期: 2010-12-09; 修改稿收到日期: 2011-01-14

基金项目: 国家自然科学基金(50773040); 国家 973 项目(2010CB234609)

作者简介: 张莉娜(1987-), 女, 河南濮阳市人, 硕士, 从事膜分离技术以及海水软化方面的研究. * 通讯联系人, <jieh@ecust.edu.cn>; <jhyang@usst.edu.cn>

1.2 分析方法

本文通过 DDS-11A 型数显电导率仪(上海伟业仪器厂)间接测定单一盐溶液体系水样的浓度,方法是绘制出电导率与浓度标准曲线图,然后通过曲线拟合得出待测溶液的浓度.采用容量法(EDTA 络合滴定法)测定海水中的钙镁离子,采用银量法测定氯离子,采用容量法测定硫酸根离子,用 DWS-51 钠离子浓度计测定(上海精密科学仪器有限公司)钠离子.

2 结果与讨论

2.1 纯水通量

纯水渗透系数 L_p 是纳滤膜的内在性能参数,是膜性能是否稳定的重要标志^[10,11]. L_p 根据方程 $J_v = L_p \Delta P$ 求得,其中, J_v 为膜通量, ΔP 为跨膜压差.图 2 为 NF-1812 纳滤膜的 L_p 与跨膜压差关系图.从图 2 可以看出, NF270-1812 纳滤膜在 0.3~0.6 MPa 的操作压力范围内有良好的稳定性,该膜可以用于实验研究.

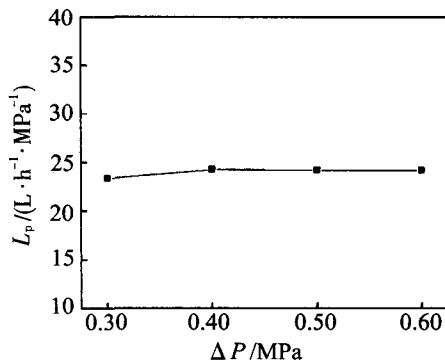


图 2 卷式纳滤膜纯水渗透系数与跨膜压差的关系图

Fig. 2 The relationship between L_p of NF-1812 membrane and pressure

2.2 操作压力对各物质截留率和膜通量的影响

纳滤膜的脱盐效果用截留率来表示,截留率反映了膜对溶质的截留程度,用 R 表示.

$$R = \frac{C_1 - C_2}{C_1} \times 100\% \quad (1)$$

式中, R 为截留率; C_1 为原料液浓度; C_2 为渗透液浓度.

选取了 $MgSO_4$ 、 K_2SO_4 、 $MgCl_2$ 、 $CaCl_2$ 、 $NaCl$ 5 种无机盐配制成为浓度为 0.02 mol/L 的单盐水溶液,考察了截留性能与操作压力的关系以及膜通量与操作压力的关系,其实验结果如图 3 和图 4 所示.

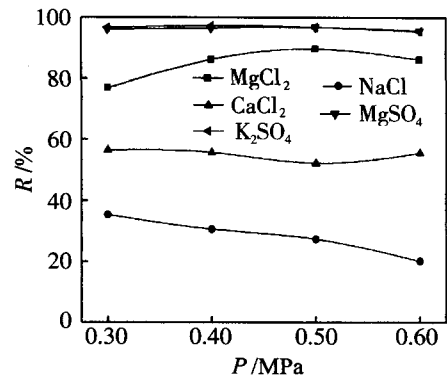


图 3 操作压力对各物质截留率的影响

Fig. 3 Effect of pressure on rejection of NF membrane

由图 3 可知,操作压力对各种无机盐溶液的截留率影响不同,从总体上看各物质的截留率由大到小为 $K_2SO_4 > MgSO_4 > MgCl_2 > CaCl_2 > NaCl$,纳滤膜对 $MgSO_4$ 和 K_2SO_4 的截留率均在 95% 以上,对 $MgCl_2$ 的截留率在 75%~90% 之间,对 $CaCl_2$ 和 $NaCl$ 的截留效果一般.根据溶解扩散模型^[12],溶质透过通量是膜两侧盐浓度的函数,与膜两侧的压差没有直接的关系,压差增大,溶剂透过通量增大,截留率增大,然而由于溶剂渗透通量增大,势必会引起渗透液浓度减小,浓度差增大,从而降低了截留率,两者的共同作用使溶液的截留率出现图 3 的趋势.

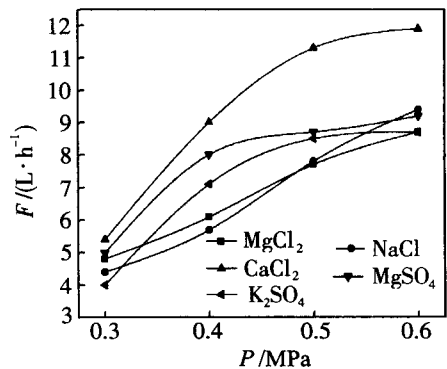


图 4 操作压力对各物质膜通量的影响

Fig. 4 Effect of pressure on permeate flux of NF membrane

图 4 为操作压力对各物质渗透液流量的影响, $MgSO_4$ 、 K_2SO_4 、 $MgCl_2$ 、 $CaCl_2$ 、 $NaCl$ 这 5 种物质的渗透液流量都是随着操作压力增大而增大,当操作压力大于 0.5 MPa 时,通量增长趋于平缓.因此系统操作压力在 0.4~0.5 MPa 时分离效果最好,截留率和膜通量都较高.

2.3 浓度对各物质截留率和膜通量的影响

在 0.5MPa 的操作压力下,选取了 $MgSO_4$ 、

本文共5页，欲获取全文，请点击链接<http://www.cqvip.com/QK/95734X/201201/40990989.html>，并在打开的页面中点击文章题目下面的“下载全文”按钮下载全文，您也可以登录维普官网（<http://www.cqvip.com>）搜索更多相关论文。