

# 反渗透膜进水预处理及水质硬度过大的对策

李 剑, 龚苏俊, 张再红, 李瑞元

(中国科学院昆明动物研究所, 云南 昆明 650223)

**摘 要:**超纯水系统中的反渗透膜无法长时间在原水水质硬度过大的条件下正常运转, 本文就原水水质硬度大对反渗透膜的不良影响, 及软水剂、防垢剂除盐法和阳树脂交换除盐法这两种软化水方法的实际效果进行了探讨和比较。经过长期实践, 采用膜前树脂交换除盐法为主, 各类添加剂为辅的前处理方法成功解决了这一问题。

**关键词:**反渗透膜; 硬水; 软化水; 原水; 离子交换; 阳离子交换树脂

**中图分类号:** TQ028.8

**文献标识码:** B

**文章编号:** 1000-3770(2006)08-0083-03

本文作者采用大型超纯水系统对全所供应科研用水, 取得了很好的效果。但因所在地区水质硬度过大, 反渗透膜清洗周期短, 产水效率低, 遂对系统的膜预处理部分进行了改造, 提高了系统运行稳定性, 降低了使用成本。

## 1 反渗透膜污染原因及其影响

### 1.1 无机物污染

无机物污染包括碳酸盐污染, 硫酸盐污染, 硅垢污染, 金属污染等。在本例中主要污染为水硬度过高导致的碳酸盐污染。

高硬度原水经过反渗透膜过滤, 废水中溶解的碳酸钙和碳酸镁浓度进一步提高, 超出溶度积后, 盐垢就会在膜表面沉积下来。随着反渗透膜表面所结碳酸盐垢变多, 透水率逐步下降, 回收效率逐步降低, 所产纯水水质逐步变差<sup>[1]</sup>。

### 1.2 有机物污染

有机物污染包含原水中有有机悬浮物污染和微生物污染两种。

近年来城市需水量日渐增大, 环境污染日趋严重, 造成原水水质下降, 如反渗透前预处理不严格就极易造成有机悬浮物污染。

生活用水污染水体, 造成水体富营养化, 菌类藻类大量繁殖导致原水中微生物孢子含量大大增加, 微生物污染的几率也随之增加。情况严重的话, 产水管道会长出肉眼可见藻类。

这两类有机物污染不仅会导致反渗透膜透水率下降, 产水水质变差, 还会导致反渗透膜脱盐困难, 增大反渗透膜清洗难度。

## 2 各类针对性预处理方法及其实际效果

### 2.1 无机物污染针对性预处理及其实际效果

针对水中各种无机盐污染, 传统的做法是降低水的 pH 值, 添加软水剂, 防垢剂等。例如添加 0.1% 焦亚硫酸钠溶液, 添加 1% 防垢剂 (六偏磷酸钠等)。

通过多年的实践证明, 此方案对无机物污染反渗透膜起到了延缓的作用, 延长了反渗透膜的清洗周期, 并延长了反渗透膜的使用寿命, 但也带来了负面影响。添加的各种试剂无法彻底避免污染, 反渗透膜仍然会被无机盐污染, 只是降低了污染程度, 延长了使用时间。经过长时间的沉积, 等到反渗透膜产水量减少, 水质降低时, 反渗透膜上必然已沉积下大量的无机盐。在线清洗很难除去如此大量的盐, 非专业人士无法彻底清洗反渗透膜, 导致膜报废。

此外, 防垢剂等添加量必须严格控制, 量少了起不到作用, 量大了将直接引起膜的损坏。

针对昆明地区污染源主要为碳酸盐的情况, 本文对反渗透前处理进行了改进, 取消了完全靠添加软水剂, 防垢剂的前处理方式, 改为以阳树脂交换除盐法为主, 各类添加剂为辅的前处理方法。流程如图 1 所示。

收稿日期: 2005-06-20

作者简介: 李 剑 (1980-), 男, 从事大型仪器维护管理; 联系电话: 13888953779; E-mail: likm@yahoo.com.cn。

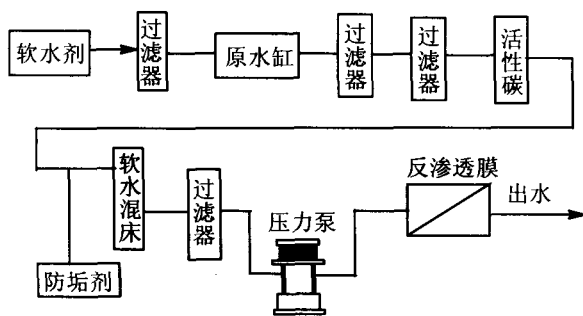


图1 流程图

Fig.1 Diagram for technological process

此方案从根本上杜绝了碳酸钙, 碳酸镁与反渗透膜接触的机会, 避免了长期使用反渗透膜结盐垢的可能性。经一年来的实践证明此方案安全可靠, 反渗透膜的通水量大大提高, 水质明显变好, 反渗透的清洗周期大幅度延长, 是一种值得推广的膜前处理方案。

## 2.2 有机物污染针对性预处理及其实际效果

本系统所用的原水来自城市自来水, 已经过过滤和杀菌处理, 有机物及细菌含量符合饮用水标准。有机物污染相对无机物污染不占重要地位, 通过投放杀菌剂及对原水进行多次过滤可有效降低污染状况, 此外菌类藻类生长需要基质及一些必要因素如: 阳光, 氧气和一些无机元素, 可通过阻断这些因素的供给途径对其生长进行抑制。

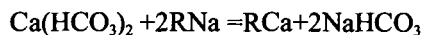
本文采用了粗过滤器→可清洗式过滤→可清洗式过滤→活性炭混床→树脂混床→精密过滤器六道程序对原水进行了过滤, 效果显著。

经过长时间的使用, 效果较好, 完全能够满足实际需要。但有有机物过滤不可能达到百分之百的效率, 仍需要定期用试剂(如10%EDTA钠盐和三聚磷酸钠混合液)冲洗系统。

## 3 阳树脂交换除盐

### 3.1 软水原理

离子交换软化水处理是利用阳离子交换树脂中可交换的阳离子(如 $\text{Na}^+$ ,  $\text{H}^+$ )把水中所含钙镁离子交换出来, 这一过程称为水的软化过程, 所得水称为软化水。钠型强酸阳树脂( $\text{RNa}$ )是最为常用的交换剂, 反应式为:



### 3.2 再生过程

在钠型软化过程中, 当水流经树脂层后出水硬度超过某一值时, 水质已不符合补给水水质标准, 树

脂此时视为失效, 为恢复其交换能力通常用8%~10%食盐水溶液对其进行再生, 即食盐水中的钠离子将树脂中吸附的钙镁离子置换出来。

## 3.3 软水装置安装及使用

### 3.3.1 安装

采用100升容量的交换器, 先加入一定高度的水层, 以免填充物直接冲击交换器的底部; 先加入10升石英沙, 除去表面飘浮颗粒; 再加入65升阳树脂, 刮去飘浮起的细碎颗粒。用10%的食盐水溶液进行处理, 再用水冲洗干净就可以投入使用了。

### 3.3.2 使用

处理好的树脂可以保证膜连续供水四十个小时出水水质在 $0.3\text{M}\Omega/\text{cm}$ , 随后水质急剧下降, 需要对混床进行再生。再生时间为2h, 程序无需人操作, 使用安全可靠, 方便快捷。

## 4 系统改造前后运行状况

### 4.1 产水水质

如图2所示, 系统运行初期产水水质保持在 $0.3\text{M}\Omega/\text{cm}$ 的高水平; 运行中期随着产水水质下降对膜进行清洗, 清洗后有一定程度的好转, 但清洗周期越来越短, 清洗效果越来越差, 水质在 $0.1\sim 0.2\text{M}\Omega/\text{cm}$ ; 改造后水质呈上升趋势, 后稳定在 $0.25\sim 0.3\text{M}\Omega/\text{cm}$ 的高水平。

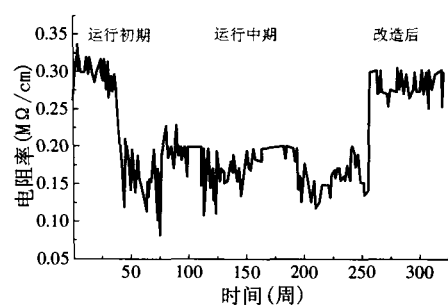


图2 系统改造前后产水水质

Fig.2 Water quality changing before and after the system reformed

### 4.2 水流量变化(操作压力 $10^6\text{Pa}$ )

如图3所示, 水流量自初期起就呈逐步下降趋势, 通过清洗初期能够基本恢复; 中期清洗周期越来越短, 清洗效果越来越差, 水流量不能恢复至初期水平; 改造后, 水流量逐步恢复至最高水平, 并且长期运行不再有下降趋势。

### 4.3 回收效率变化

不考虑其他因素的情况下, 回收效率与产水水质是两个矛盾的参数, 一方提高则另一方就要相应

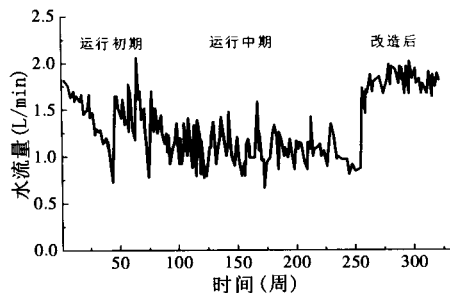


图3 系统改造前后, 产水流量情况

Fig.3 Product water flow changing before and after the system reformed

降低, 只能依据实际需要取一个平衡点。在实际情况中, 回收效率还受原水水质, 硬度等因素影响。在运行初期, 随着对设备的了解, 我们逐步提高了过滤效率, 产水量与排放量达到了 2/1, 运行一段时间后降至 1/1, 对其进行清洗能够完全恢复; 运行中期这个比例降到了 1/1 以下, 最低达 1/2, 每次清洗有好转但无法恢复至初期水平; 对系统改造后, 在产水水质保持高水平的条件下, 产水量与排放量的也有所提高, 达到 1.5/1。图 4 表示系统回收率的变化情况。

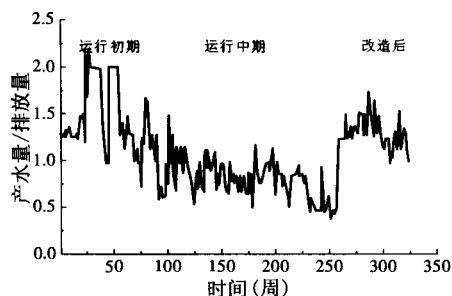


图4 系统回收率的变化

Fig4 Recovery rate changing in operating course

#### 4.4 分析

系统运行初期, 膜没有被污染, 运行状况良好; 当运行状态开始变差, 即膜有轻微污染时, 对其进行清洗, 可恢复至初期较高水平; 随着运行时间的延长, 清洗效果越来越差, 清洗周期越来越短, 推断其原因为: 污染物沉积过厚, 每次清洗不能彻底清除, 多次以后清洗只能除去盐垢表面层, 而膜上仍有厚厚一层碳酸盐, 导致恶性循环; 系统改造后, 碳酸盐在膜前即被除去, 避免了与膜的接触, 从根本上避免了碳酸盐污染膜的可能性, 因为水的硬度很低, 在系统正常运行时, 已污染膜上的盐垢逐步溶于水中, 被冲走, 膜的运行状况越来越好, 并且没有下降的趋势。

由此可知, 膜的工作状况与水的硬度有很大关系。低的水硬度才能保证膜长期高效稳定的工作。

#### 5 结论

此方案针对原水硬度过大采取针对性措施, 在没有引入任何污染的情况下, 膜前处理去除了绝大多数的碳酸盐, 从根本上避免了碳酸盐在膜上沉积, 并对已污染的反渗透膜有清洁作用, 还降低了维护反渗透系统的工作量。在保证产水量的情况下, 系统运行压力降低, 减轻了系统负担, 提高了运行的安全性。系统改造后, 反渗透膜的寿命被大幅度延长, 回收效率提高, 软水剂不再使用, 消耗品主要为工业盐, 系统运行成本大大降低。此方案简便易行, 使用方便, 成本低廉, 适合于所有需要使用软水的行业。

#### 参考文献:

- [1] 王恩哲. 反渗透膜污染原因分析及其对策[J]. 水处理技术, 2004, 30(4):244.

### PRETREATMENT FOR REVERSE OSMOSIS MEMBRANES AND THE COUNTERMEASURE AGAINST HARD-WATER

Li Jian, Gong Su-jun, Zhang Zai-hong, Li Rui-yuan

(The Kunming Institute of Zoology, Chinese Academy of Sciences, Kunming 650223, China)

**Abstract:** The Reverse Osmosis membranes in ultra-pure water system can not work well in hard water. This paper discusses the harm of hard-water to Reverse Osmosis membranes and the effect of different way on softening of the water. This study presents a good method to solve this problem.

**Key words:** reverse osmosis membranes; hard-water; softened water; raw water; ion exchange; cation exchange resin

以水资源的可持续利用,  
保证经济社会的可持续发展