

渤海海水淡化反渗透法的预处理工艺

龙泽波¹, 张大群², 张万钦², 张寿生¹, 赵文喜¹, Fernando Javier³, 赵斌³, 张英峰⁴

(1. 天津市环境保护科学研究院, 天津 300191; 2. 天津水工业设备工程有限公司, 天津 300070;
3. Aqualyng 饮用水工程公司, 挪威; 4. 天津渤海化工集团, 天津 300000)

摘要:采用“消毒—混凝—澄清—砂滤”、“消毒—混凝—澄清—砂滤—超滤”以及“消毒—砂滤—超滤”三套海水淡化预处理工艺进行了试验对比。试验的目的在于获取可行的反渗透预处理工艺。表明,采用“消毒—混凝—澄清—砂滤—超滤”工艺或“消毒—砂滤—超滤”工艺是技术可行的反渗透预处理工艺,其中次氯酸钠为可选消毒剂,三氯化铁为较好的混凝剂,而超滤是不可或缺的单元处理工艺。

关键词:海水淡化; 预处理工艺; 混凝; 澄清; 砂滤; 超滤; 反渗透

中图分类号: X55

文献标识码: A

文章编号: 1002-1263(2003)06-0241-02

A Pretreatment Technology Study on Bohai Sea water Desalination with RO Method

LONG Ze-bo¹, ZHANG Da-qun², ZHANG Wan-qin², ZHANG Shou-sheng¹,
ZHAO Wen-xi¹, Fernando Javier³, ZHAO Bin³, ZHANG Ying-feng⁴

(1. Tianjin Acadeng of Engineering Svience, Tianjin 300191, China; 2. Tianjin Water Industry
Engineering & Equipment Co., Ltd, Tianjin 300070, China; 3. Aqualyng Drinking

Water Engineering Co., Ltd, Norway; 4. Tianjin Bohai Chemical Industry Group, Tianjin 300000, China)

Abstract: Three sets of pretreatment technologies, including "Disinfection + Coagulation + Precipitation + Sand filter", "Disinfection + Coagulation + Precipitation + Sand filter + UF" and "Disinfection + Sand filter + UF", are compared in this paper. The main purpose of this study is to obtain the feasible pretreatment technologies for RO. It can be seen from the results that the technology of "Disinfection + Coagulation + Precipitation + Sand filter + UF" or "Disinfection + Sand filter + UF" is the technologically feasible pretreatment technology. In addition, NaClO can be used as the disinfectant and FeCl₃ is a favorable coagulant and obviously the UF is the necessary unit technology for the whole pretreatment technology.

Key words: seawater desalinization; pretreatment technology; coagulation; precipitation; sand filter; UF; RO

筛选经济合理、技术可行的预处理工艺是反渗透法海水淡化的主要内容之一。本文结合反渗透进水水质要求,进行了一系列预处理工艺的中试试验研究,从技术的角度确定了针对渤海湾海水的反渗透法预处理工艺。

1 反渗透进水水质指标

反渗透进水水质指标主要包括 pH、浊度、SDI、总铁以及余氯等。其中 SDI₁₅ (sludge density index) 是表征反渗透系统进水水质的重要指标,也是反渗透法海水淡化预处理工艺需要重点关注的的水质指标。

2 原水水质分析

试验中,多次采集原海水进行了全分析。通过对全分析数据的综合分析,总结出渤海海水水质变化规律以及与一般海水的水质指标对比情

表 1 渤海海水与一般海水水质数据表

水质指标	变化范围 或平均值	一般海水
TSS(mg/L)	4.25 ~ 21.30	-
pH	7.9 ~ 8.4	-
浊度(度)	6.9 ~ 42.2	-
TDS(g/L)	38	34.4
COD _{Cr} (mg/L)	44.6 ~ 88.5	一般 < 20
可溶硅(mg/L)	1.14 ~ 2.24	-
Ca ²⁺ (mg/L)	427	400
Mg ²⁺ (mg/L)	1 127	1 272
K ⁺ (mg/L)	437	380
Na ⁺ (g/L)	12.838	10.56
Cl ⁻ (g/L)	22.78	18.98
SO ₄ ²⁻ (g/L)	2.975	2.560
HCO ₃ ⁻ (mg/L)	169.7	142
总硬度(g/L)	5.711	6.240
HCO ₃ ⁻ 硬度(mg/L)	存在	存在
碱度(mg/L)	169.7	142
总铁(mg/L)	0.798	0.002 ~ 0.02

由上表数据可以看出,试验用渤海海水的化学需氧量等多项指标均较一般海水要高,另外,浊度、悬浮物等指标还随着天气、季节等的变化产生较大的波动。因此,采用渤海海水进行淡化处理难度较大。

3 预处理工艺试验

3.1 混凝 + 澄清 + 砂滤预处理工艺试验

本中试试验采用三氯化铁为混凝剂,板框式搅拌,砂滤采用压力式砂滤器,砂滤反洗时间一般控制在 10 min。试验期间上述单元工艺没有出现明显异常现象,试验水质分析如表 2 所示。

表 2 混凝 + 澄清 + 砂滤预处理工艺试验结果

日期	浊度(度)		总铁(mg/L)		SDI ₁₅	
	原水	砂滤出水	原水	砂滤出水	原水	砂滤出水
11/03	12.26	0.86	0.941	<0.03	高	6.50
12/03	9.98	0.35	1.125	<0.03	于	6.30
13/03	13.90	0.60	1.240	<0.03	检	6.30
15/03	10.36	0.35	0.787	<0.03	测	6.25
16/03 上午	6.94	0	0.987	<0.03	限	5.98
16/03 下午	7.09	0.223	-	-	-	-

由上表数据可以看出,采用上述预处理工艺,出水浊度与总铁两项指标均可达到反渗透进水水质要求,但 SDI₁₅ 值远远高于反渗透进水水质要求,由此可见,在本中试试验条件下,采用上述工艺作为反渗透的预处理工艺,其出水达不到反渗透的进水水质要求。SDI₁₅ 值偏高的原因是多方面的,在本文中不作详细分析。

3.2 混凝 + 澄清 + 砂滤 + 超滤预处理工艺试验

混凝、澄清以及砂滤单元工艺的操作条件同上。超滤出水比例一般情况下为 9:1(净水:浓水=9:1),反洗时间为 10 min。试验出水浊度为 0,总铁低于检测限,出水的 SDI₁₅ 数据见表 3。

表 3 混凝 + 澄清 + 砂滤 + 超滤预处理工艺出水 SDI₁₅ 数据

日期	时间	超滤出水 SDI ₁₅
18/03	(13:00)	2.52
18/03	(15:40)	2.49
30/03	(11:20)	2.81
30/03	(18:00)	2.85
31/03	(14:00)	2.95
31/03	(18:00)	2.88

表 3 数据表明,在混凝、澄清、砂滤工艺后再加上超滤工艺,处理出水各项水质指标均达到反渗透进水水质要求,采用上述工艺作为反渗透进水的预处理工艺是可行的。

3.3 砂滤 + 超滤预处理工艺试验

由于混凝 + 澄清 + 砂滤 + 超滤预处理工艺流程长,如果采用该工艺作为反渗透进水的预处理工艺将直接导致实际工程的一次性投资较高,另外运行成本也可能比较高。为了在技术可行的条件下充分降低工程的一次性投资与运行成本,本中试考虑取消混凝与澄清单元工艺,并进行了相应的试验。砂滤与超滤单元工艺的操作条件基本与上相同,但对于砂滤单元工艺的反冲洗等操作条件根据

实际情况进行了适当调整。试验出水浊度为 0,总铁低于检测限,出水的 SDI₁₅ 数据见表 4:

表 4 砂滤 + 超滤处理工艺出水 SDI₁₅ 数据

日期	时间	超滤出水 SDI ₁₅
1/04	(14:00)	2.96
1/04	(18:00)	2.91
3/04	(14:00)	3.01
3/04	(17:00)	2.93
4/04	(15:00) *	2.87
5/04	(14:00) *	2.49
5/04	(18:00)	2.38
6/04	(11:00)	2.46
6/04	(15:00)	2.47
8/04		2.46

由表中数据可知,采用砂滤 + 超滤工艺作为反渗透进水的预处理工艺从技术角度来说也是基本可行的。但是,试验过程中发现砂滤器的运行存在一些问题,主要表现在以下两个方面:

- (1) 反冲洗时间增加为 20 min,且反冲洗出水中含有大量棕色絮凝物,反洗水量也相应增大;
- (2) 砂滤器上部一定厚度的砂层污染较严重,表面形成在反冲洗条件下的不可逆式沉积物,长期运行时需定期更换,否则将影响滤出水水质。

由于砂滤器的运行存在以上两方面的问题,另外在上述条件下超滤工艺的长期运行效果也不确定,因此,是否采用砂滤 + 超滤工艺作为反渗透进水的预处理工艺还需要进行进一步的试验研究与经济分析,并综合考虑后确定。

4 结论

通过分析与总结,得出以下结论:

- (1) 渤海湾海水水质较差,尤其是有机物等含量较高,处理难度较大;
- (2) 三氯化铁作为混凝剂具有效果较好、成本较低等优点,而消毒剂可选用次氯酸钠,但过高的有效氯投加量对后续处理效果的帮助并不明显;
- (3) 就目前渤海水质而言,采用“混凝 + 澄清 + 砂滤”工艺作为反渗透的预处理工艺基本不可行;
- (4) 就技术角度而言,采用“混凝 + 澄清 + 砂滤 + 超滤”工艺或“砂滤 + 超滤”工艺作为反渗透的预处理工艺是可行的。二者的取舍取决于经济上是否可行,在经济可行的基础上选用经济更为合理的工艺。

参考文献

- [1] Eykamp, W. Ultrafiltration in Membrane Separation Systems - Recent Developments and Future Directions Ed[M]. Barker, RW, Cussler, EL, Eykamp, W. Noyes Data Corporation, 1991. 132 - 178.

作者简介:龙泽波(1972 -),男,湖南岳阳人,1997年毕业于南开大学催化研究所,理学硕士,工程师,任职于天津市环境保护科学研究院,主要从事环保技术的研究与工程应用,发表论文 6 篇。