



天津翔悦密封材料有限公司



弗莱希波·泰格  
金属波纹管有限公司



温州环球阀门制造有限公司



北新集团建材股份有限公司

## 微滤作为反渗透的预处理回收循环冷却水排污水的可行性

大唐国际发电股份有限公司张家口发电厂 (075133) 侯红星 赵学民

**【摘要】**研究微滤作为反渗透的预处理，回收电厂循环冷却水排污水的可行性，并确定最佳工艺条件。实验表明，微滤作为反渗透的预处理回收电厂循环冷却水排污水是完全可行的。

**【关键词】**微滤 絮凝 pH 浊度 SDI值 流量 可行性

张家口发电厂二期有4台300MW机组，循环冷却水采用加酸、加缓蚀阻垢剂处理，循环倍率控制在2.8-3.0，单台排污量250-190T/h。为了提高节水效果，拟采用微滤+反渗透对循环水系统的排污水处理，提高水的回收利用率。

### 1 实验目的

通过实验验证微滤（MF）作为反渗透的预处理，处理循环水排污水的可行性（即能否达到反渗透入口水浊度 $\leq 0.2$ NTU，SDI $\leq 3$ 的要求），并确定微滤设备运行的工艺条件。

### 2 实验基础数据

#### 2.1 电厂有关设计参数

张家口发电厂二期4台机组，循环水基本参数为：

循环水流量 $Q=30000$ t/h；

系统水容积 $V=15000$ M<sup>3</sup>；

蒸发损失率：平均 $P_1=1.4\%$ ；

自然通风冷却塔，有收水器，冷却塔风吹损失率： $P_2=0.1\%$ 。

#### 2.2 循环冷却水（排污水）水质

实验用水取自#5冷却水塔排污水，循环水循环倍率控制在 $q=3.0 \pm 0.2$ ，其水质分析见表1：

表1 张家口发电厂#5塔排污水水质

分析项目	结果	单位
PH	8.30	
全固形物	1827	mg/L
溶解固形物	1805	mg/L
悬浮固形物	22.0	mg/L
电导率(25℃)	2450	$\mu$ s/cm
耗氧量(COD)	3.70	mg/L

钙	219	mg/L
硅	19.85	mg/L
钠	135.0	mg/L
镁	80.7	mg/L
钾	9.93	mg/L
钡	0.131	mg/L
锶	1.78	mg/L
铁	0.040	mg/L
锌	0.018	mg/L
铬	0.022	mg/L
砷	0.034	mg/L
铝	0.024	mg/L
铜	0.041	mg/L
汞	0.048	mg/L
磷	0.89	mg/L
氯根	133.90	mg/L
硝酸根	132.57	mg/L
亚硝酸根	-----	mg/L
硫酸根	599.3	mg/L
磷酸根	-----	mg/L
氢氧根		mg/L
碳酸根	52.66	mg/L
重碳酸根	458	mg/L
酚酞碱度	0.87	m mol/L
全碱度	7.64	m mol/L
全硬度	8.92	m mol/L
暂硬	7.50	m mol/L
永硬	1.40	m mol/L
胶体硅	<1	m mol/L

注：样品名称：循环水排污水

采样地点：#5塔水池

采样日期：08/15/02

报告日期：08/20/02

气温：30℃

外状：无色

水温：17.5℃

从以上数据可以看出循环水水质特点：水中溶解固形物含量高，钡、锶含量高，碳酸钙处于饱和状态。这种水容易引起微滤、反渗透膜表面结垢。

### 2.3 实验装置和药品

微滤设备：出力3-4m<sup>3</sup>/h，有效膜面积22m<sup>2</sup>/支，膜孔径0.2μm，膜比通量300-400L/m<sup>2</sup>.min。



25	(Pa)	0.06	0.31	0.42	0.51	0.59	2.15	4.0	0
	浊度 (NTU)	0.19	0.14	0.14	0.14	0.14			
30	压力 (Pa)	0.025	0.19	0.29	0.36	0.40	1.53- 2.27	4.3	0
	浊度 (NTU)	0.34	0.17	0.11	0.11	0.11			
35	压力 (Pa)	0.025	0.23	0.34	0.43	0.50	1.44- 2.33	4.0	0
	浊度 (NTU)	0.25	0.16	0.14	0.13	0.13			

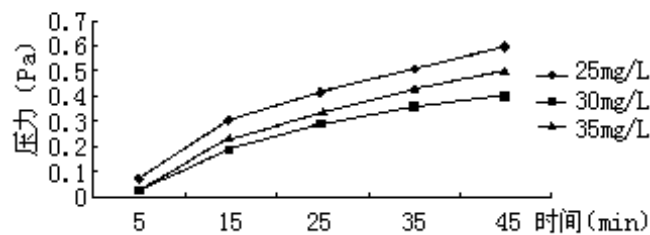


图2 不同絮凝剂用量下微滤进水压力-时间曲线

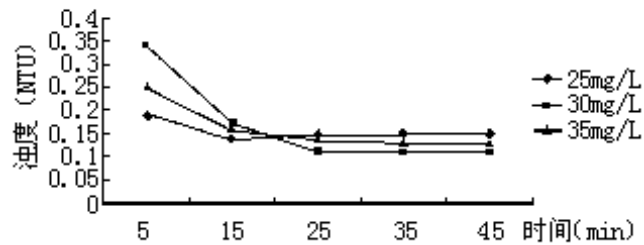


图3 不同絮凝剂用量下微滤出水浊度-时间曲线

### (3) 实验结果分析

在确定的产水量 ( $4.0\text{ m}^3/\text{h}$ ) 和运行周期 (45min) 条件下, 由出水浊度变化可看出, 运行前的5min 出水浊度较高, 大于或接近0.2NTU, 5min之后微滤出水浊度基本稳定在0.14-0.11NTU之间。浊度小于0.2NTU, SDI小于3.0。从试验记录还可看出, 加药量为25mg/L, 出水压差上升较快, 高于加药量30mg/L、35mg/L时的出水压差, 加药量为30mg/L时, 出水压差平稳上升。加药量为30mg/L时, 出水指标好于其他两个剂量。

### 3.2 产水量调节试验

#### (1) 实验方法

在一定的运行周期 (45min) 下, 控制产水量 $3.5\text{ m}^3/\text{h}$ 、 $4.0\text{ m}^3/\text{h}$ , 逐步增长到 $4.3\text{ m}^3/\text{h}$ 。产水量 $3.5\text{ m}^3/\text{h}$ 、 $4.0\text{ m}^3/\text{h}$ 时, 每一个反洗周期加酸清洗一次, 流量控制在 $4.3\text{ m}^3/\text{h}$ ; 产水量 $4.3\text{ m}^3/\text{h}$ 时, 每

隔一个反洗周期加酸清洗一次，连续监测出水浊度、SDI值和压差。每一个产水量试验不少于20周期。

(2) 实验数据

表3 不同流量时微滤进水压力和出水浊度

流量	微滤设备运行							备注	
	进水压力和出水浊度SDI值							絮凝剂量	反洗加入杀菌剂
T/h		5min	15min	25min	35min	45min	SDI	mg/L	Mg/L
3.5	压力 (Pa)	0.041	0.18	0.25	0.30	0.33	2.34-1.93	35	3
	浊度 (NTU)	0.24	0.15	0.13	0.13	0.13			
4.0	压力 (Pa)	0.034	0.24	0.35	0.42	0.48	0.26-1.60	35	3
	浊度 (NTU)	0.23	0.15	0.14	0.13	0.13			
4.3	压力 (Pa)	0.04	0.19	0.25	0.29	0.32	2.87-1.53	30	3
	浊度 (NTU)	0.19	0.10	0.09	0.09	0.09			

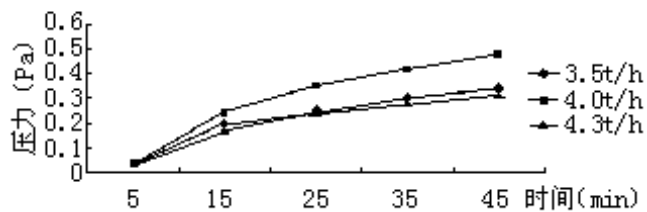


图4 不同流量下微滤进水压力-时间曲线

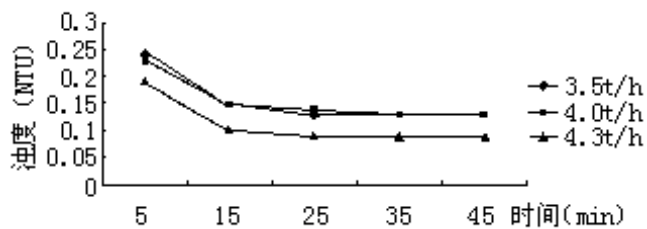


图5 不同流量下微滤进水浊度-时间曲线

(3) 实验结果分析

在流量=3.5或4.0T/h, 水质趋于稳定时, 出水浊度稳定在0.13-0.15NTU, SDI值在1.93-2.34或

2.26-1.60之间；当流量=4.3T/h，出水浊度更小，可以达到0.09 NTU，SDI值在1.53-2.87之间，浊度和SDI值均达反渗透入口要求。当流量=3.5T/h时，随着过滤时间加长，压力逐渐上升，且较流量=4.0T/h，时上升缓慢；当流量=4.3T/h，时，压力较前两个流量上升更平缓。

### 3.3 运行周期试验

#### (1) 实验方法

测试在流量=4.3T/h条件下，运行周期由45min提高到55min时，运行各项参数。条件为：流量=4.3T/h，反洗加入杀菌剂3mg/L，每隔一个反洗周期加酸清洗一次。连续监测出水浊度、SDI值和压力差。每一个产水量试验不少于20周期。

#### (2) 试验数据

表4 不同运行周期出水压力和浊度

流 量	微滤设备运行							备 注	
	进水压力和出水浊度SDI值							絮凝 剂量	反洗加 入杀菌 剂
T/h		5min	15min	25min	35min	45min	55min	mg/L	mg/L
4.3	压力 (Pa)	0.028	0.19	0.24	0.28	0.31		30	3
	浊度 (NTU)	0.17	0.09	0.09	0.09	0.09			
4.3	压力 (Pa)	0.047	0.17	0.22	0.25	0.28	0.30	30	3
	浊度 (NTU)	0.14	0.09	0.08	0.08	0.08	0.08		

#### (3) 实验分析

将周期由45min提高到55min，浊度 <0.2NTU，SDI值 <3，进水压力均缓慢上升。工业运行可在45-55min中选用周期。

### 3.4 自用水率和加酸量的确定

#### (1) 自用水率

每运行一周其反洗1min，用水240L；运行周期45min，周期制水量为 $45/60 \times 4.3 = 3.2$  (T)，自用水率 $=0.24/3.2 \times 100\% = 7.5\%$ 。

#### (2) 运行中加酸量

为防止碳酸钙在微滤和后续的反渗透表面结垢，采用加入盐酸调节pH值的做法，使pH由8.6降到7.5-7.7之间，酸用量为0.99L/h（工业盐酸）。

从实际运行状况来看，反洗时需要加入盐酸，否则运行压力上升很快 (>1.0Pa)。通过实验，确定每隔一周期加酸反洗一次，加酸量为0.62-0.70L。

### 3.5 微滤设备出水水质变化规律

在流量=4.3T/h，加药量30mg/L，运行来水加酸，调pH=7.6，反洗加杀菌剂3 mg/L，每隔一周期加酸反洗一次，加酸量0.62-0.70L条件下，取微滤出入口水分析，结果见表5：

表5 微滤出入口水水质分析

单位：mg/L

项目	微滤入口	微滤出口	项目	微滤入口	微滤出口
As	-	0.0299	pH	8.76	7.46
Hg	0.0048	0.0190	全固形物	1510	1509
P	1.09	0.816	溶解固形物	1504	1507
Zn	0.0035	0.0006	悬浮物	6.0	-
Cd	-	0.0020	COD（重铬酸钾法）	105	58
Sr	1.84	1.79	氯离子	101.78	153.57
Ba	0.133	0.139	硫酸根离子	393.63	412.5
Si	16.1	15.0	碳酸根	7.60	0
Mn	0	0.0003	重碳酸根	458.08	440.24
Fe	0.0319	0.0412	溶解性硅	19.85	18.92
Cr	0.0197	0.0231	胶体硅	<1	<1
Mg	55.1	63.3	暂硬mmol/L	7.51	
Ca	168	190	永硬mmol/L	1.68	
Cu	0	0	负硬	0	
Ti	0.0069	0.0076	F <sup>-</sup>	0.44	0.42
Al	0.115	0.281			
Na	150	110			
K	5.81	6.76			

由表5可以看出：来水经微滤处理，水中悬浮物可全部去除；化学耗氧量降低；水的电导率、溶解固形物增加，这是加酸、加絮凝剂造成的；水中酚酞碱度全部中和，重碳酸根碱度降低，是由于加酸造成的；硬度基本不变。

## 4 结 论

从上述微滤设备的调试试验可以看出，以微滤设备进水加酸，调节pH到7.5-7.7之间，并加入絮凝剂30mg/L进行絮凝处理；反洗过程加杀菌剂3mg/L，每隔一个周期加酸反洗一次，可满足运行周期在45-50min，产品水浊度≤0.2NTU，SDI≤3的技术要求。满足反渗透进水水质要求。该项技术是一项新生的水处理工艺，设备具有占地面积小，有效膜面积大，适应性强，出水浊度低，水质稳定的特点，适合作为反渗透的预处理回收本厂循环冷却水的排污水。

文章作者：侯红星

发表时间：2005-04-07 00:00:00

