

微滤/反渗透处理、回用循环冷却排水

李 进, 许兆义, 于海琴

(北京交通大学 市政环境工程系, 北京 100044)

摘 要: 考察了利用双膜(MF—RO)技术回收循环冷却排水的可行性。结果表明,将微滤作为反渗透的预处理工艺能够保证反渗透对进水水质的要求,反渗透出水(电导率 $<40\ \mu\text{S}/\text{cm}$)回送到冷却系统后可降低冷却水的腐蚀性,提高了冷却水的浓缩倍率。

关键词: 冷却水; 微滤; 反渗透; 回用

中图分类号: X703.1 **文献标识码:** C **文章编号:** 1000-4602(2004)09-0047-03

Microfiltration (MF) / Reverse Osmosis (RO) Process for Treatment and Reuse of Recirculating Cooling Water

LI Jin, XU Zhao-yi, YU Hai-qin

(Dept. of Municipal and Environmental Engineering, Beijing Jiaotong University, Beijing 100044, China)

Abstract: The feasibility was investigated on the use of MF/RO membrane technology for recovery of recirculating cooling water. The result shows that use of MF as pretreatment process of RO can meet the demand of RO for influent quality, and recycling of the effluent from reverse osmosis (conductivity $<40\ \mu\text{S}/\text{cm}$) to cooling system can reduce corrosivity of cooling water, and thus raising its cycle of concentration.

Key words: cooling water; MF; RO; reuse

某火力发电厂有四台机组,总装机容量为1 200 MW,每台机组带一座冷却塔,其排水总量高达 $672\ \text{m}^3/\text{h}$,因此回收利用这部分排水可取得很好的环境效益和社会效益。

1 试验材料与方法

1.1 工艺流程

处理系统由直流絮凝、微滤、反渗透等单元组成,试验分为两个阶段,第一阶段主要研究了絮凝处理对微滤的影响并确定微滤的运行参数;第二阶段确定反渗透系统的回收率和浓缩倍率的提高幅度。

絮凝剂采用聚合铝,投量为 $25\sim35\ \text{mg}/\text{L}$;阻垢剂为PTP2000,投量为 $5\ \text{mg}/\text{L}$ 。

微滤系统由高压容器、进水泵、加药泵、反洗泵及管道、阀门等组成,高压容器内安装了508根管式膜元件,膜孔径为 $0.2\ \mu\text{m}$,总有效膜面积为 $22\ \text{m}^2$,

膜通量为 $150\sim200\ \text{L}/(\text{m}^2\cdot\text{h})$,微滤系统被设计为直流过滤构造,出力为 $4\ \text{m}^3/\text{h}$ 。

反渗透系统由高压容器(2个)、 $5\ \mu\text{m}$ 过滤器及相应的泵、管道、阀门等组成,每个高压容器内装有一个卷式膜元件,两个膜元件组成两段系统。有效膜面积约 $70\ \text{m}^2$,设计流量为 $4.0\ \text{m}^3/\text{h}$,回收率为35%。

运行中通过监测浊度、污染指数(SDI)、传递膜压(TMP)等来确定絮凝和膜过滤的效果。日常分析包括:pH值、电导率、碱度、硬度、氯离子、钙和镁离子。此外,还定期进行下列项目的分析:悬浮物、氯离子、硫酸根离子、硝酸根离子、磷酸根离子、锶和钡离子以及COD等。

1.2 原水水质

冷却水水质见表1。

表1 冷却水和补给水水质

Tab. 1 Quality of cooling water and reuse water

水质指标	冷却水	补给水
浊度 (NTU)	17.8	
SDI	3.0	
pH	8.76	7.67
电导率 ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	2 450	737
总溶解固形物 (mg/L)	1 827	470
悬浮物 (mg/L)	22.0	13.0
COD (mg/L)	46.0	
Ca^{2+} (mg/L)	219.0	74.3
Mg^{2+} (mg/L)	80.7	28.6
Ba^{2+} (mg/L)	0.131	
Sr^{2+} (mg/L)	1.78	
Al^{3+} (mg/L)	0.115	0.06
Fe^{2+} (mg/L)	0.032	0.06
总硬度 (以 CaCO_3 计) (mg/L)	883	304
总碱度 (以 CaCO_3 计) (mg/L)	390	268
HCO_3^- (以 CaCO_3 计) (mg/L)	347	268
CO_3^{2-} (以 CaCO_3 计) (mg/L)	44.0	
SO_4^{2-} (mg/L)	394	67.0
Cl^- (mg/L)	133.9	36.0
PO_4^{3-} (mg/L)	2.26	0.60

由表1可知,冷却水中溶解固形物含量很高,Langelier 饱和指数达到了1.5,表明其水质属于碳酸盐结垢型。

2 结果与讨论

2.1 絮凝效果对传递膜压的影响

为改善水中悬浮物、胶体及有机物在膜表面的沉积特性,采用絮凝预处理:聚合铝投量分别为25、30、35 mg/L,将其加到清水池后由水泵打入螺旋管絮凝器,反应约4 min后进入微滤装置。运行结果表明,在聚合铝投量为25 mg/L时传递膜压上升较快;投量为30、35 mg/L时传递膜压则上升缓慢,在三种絮凝剂投量下,运行15 min后微滤出水浊度均低于0.2 NTU,但出水浊度值随聚合铝投量的增加而升高,出于经济原因,选用投量为30 mg/L较适宜。

综上所述,絮凝预处理能降低传递膜压的增加速率,获得了稳定的出流量。

2.2 反洗加酸与不加酸的比较

为了除去膜表面的污染物以恢复微滤膜的过水通量,每个运行周期结束后要对其进行反冲洗。由于该冷却排水具有很强的结垢倾向,所以进行了加酸反冲洗和不加酸反冲洗的比较,结果见图1。

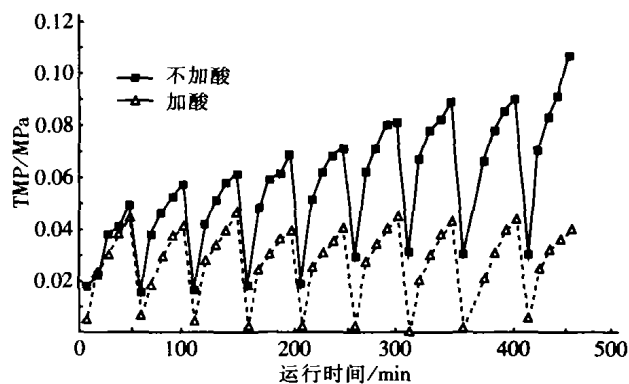


图1 反洗方法对传递膜压恢复的影响

Fig. 1 Effect of backwashing method on the recovery of TMP

由图1可知,不加酸反洗时运行周期末的传递膜压不断升高,由最初运行周期结束时的0.05 MPa上升至最终的0.11 MPa;而加酸反洗时,运行周期结束时的传递膜压基本维持在0.04~0.05 MPa。这表明,加酸反洗能有效防止结垢物质在膜表面生成。

前述结果表明,采用絮凝、加酸反冲洗处理后膜面沉积状况得以改善,可保证微滤装置的运行周期维持在45 min(传递膜压不超过预设值),其出水水质也满足反渗透的进水水质要求(浊度<0.2 NTU、SDI<3)。微滤系统的进、出水水质见表2。

表2 微滤进、出水水质

Tab. 2 Influent and effluent quality of MF

参数	进水	出水
pH	8.3~8.76	7.3~7.6
浊度 (NTU)	4.6~20.3	<0.20
SDI	3.0~4.2	1.5~2.4
电导率 ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	1 745~2 145	1 862~2 472
DS (mg/L)	1 711~1 805	1 796~1 850
SS (mg/L)	16.0~6.0	
COD (mg/L)	36.0~65.0	26.0~35.0

从表2可知,排水经微滤处理后悬浮物被全部去除,COD平均去除率为44%。出水电导率和溶解固形物的增加是由于预处理加酸和絮凝剂所致。

2.3 反渗透系统的运行

① 回收率及出水水质

提高反渗透系统的回收率会导致在膜表面发生浓差极化,进而引起结垢。试验中采取酸化和添加阻垢剂措施来防止 CaCO_3 和 BaSO_4 结垢。为避免增加水中的硫酸根离子浓度,选择了盐酸并将其加到微滤单元的入口(将pH值从8.6调到7.3~7.5),阻垢剂则投加在反渗透高压水泵的入口处。

在流量为 $4 \text{ m}^3/\text{h}$ 、阻垢剂投量为 5 mg/L 的条件下,通过调整淡水侧、浓水侧流量及回流量将系统回收率分别控制在 30% 和 35%,考察了回收率对给水压力的影响。结果表明,随着系统回收率的提高则给水侧压力也升高,当回收率为 30% 时,给水侧、淡水侧、浓水侧的平均压力分别为 0.631、0.627 和 0.624 MPa,进、出口压差变化范围为 0.002 ~ 0.004 MPa;当回收率为 35% 时,给水侧、淡水侧、浓水侧的平均压力分别为 0.72、0.71 和 0.70 MPa,进、出口压差变化范围为 0.004 ~ 0.015 MPa。

出现上述现象的原因是,提高回收率增加了给水侧的盐浓度,从而引起渗透压增加,若要维持原先的淡水产量,则给水侧压力势必增加。虽然 35% 回收率时的给水侧压力较回收率为 30% 的高,但它仍在允许的范围内。可见,投加 PTP2000 阻垢剂能够保证系统回收率达到较高值。

经反渗透处理后,电导率从 $2\,000 \mu\text{S}/\text{cm}$ 以上降到 $40 \mu\text{S}/\text{cm}$,脱盐率达到了 98% 以上,硬度去除率 > 98%,出水水质达到冷却补充水要求。

② 浓缩倍率

采用微滤加反渗透系统前浓缩倍率为 2.5,采用后达到了 4.65,提高了 1.86 倍,减少了排水量。处理后的水被返回到冷却系统后,可对循环水起到很好的稀释作用,减轻了对系统的腐蚀。

3 结论

① 微滤加反渗透系统能够有效处理火力发电厂冷却系统的排水。膜系统前采用絮凝处理和添加 PTP2000 阻垢剂,并调整 pH 值在 7.3 ~ 7.6,能够减缓传递膜压的上升速度并防止了在膜表面结垢,保证了系统的脱盐率 > 98%,回收率达到了 35% 的设计值(两根膜元件)。

② 微滤预处理出水的 SDI 值 < 3、浊度 < 0.2 NTU,满足反渗透对进水水质的要求。

③ 采用双膜系统后可使浓缩倍率从 2.5 ~ 2.8 提高到约 5.0,节水效果明显。

参考文献:

- [1] Okazaki M, Uraki M, Miura K, et al. Water recycling using sequential membrane treatment in electronics industry [J]. Desalination, 2000, 131(1~3): 65~73.
- [2] Galjaard G, Van Paassen J, Buijs P, et al. Enhanced pre-coat engineering (EPCE) for micro-and ultrafiltration: the solution for fouling? [J]. Wat Sci Tech, 2001, 39(5~6): 151~156.

电话: (010) 62212600

E-mail: jinli@center.njty.edu.cn

收稿日期: 2004-02-23

· 信息 ·

Ei 收录我刊 2003 年发表的部分文章(二)

· 2003, 19(10)1~5

有机负荷对 ABR 运行性能的影响

作者: 徐金兰 王志盈 高峰 刘可
(西安建筑科技大学)

· 2003, 19(10)6~9

水质远程在线监测管理系统的开发研究

作者: 田禹 张东来(哈尔滨工业大学)

· 2003, 19(10)10~13

连续流完全混合生物膜法处理硫酸盐废水

作者: 刘广民 任南琪 王旭 杜大仲 王爱杰
甄卫东(哈尔滨工业大学)

· 2003, 19(10)22~24

完全成本水价与我国的水价改革

作者: 傅平 谢华 张天柱 陈吉宁(清华大学)

· 2003, 19(10)25~27

污泥热水解技术的发展及应用

作者: 王治军 王伟(清华大学)
李芬芳(中南大学)

· 2003, 19(10)28~31

人工湿地净化污水过程中的生物作用

作者: 梁威 胡洪营(清华大学)

· 2003, 19(10)41~43

前置反硝化的碳源投加前馈-反馈控制器

作者: 马勇 彭永臻 祝贵兵(哈尔滨工业大学)
王晓莲(北京工业大学)

· 2003, 19(10)44~46

双循环两相生物处理工艺的脱氮除磷研究

作者: 黄勇 李勇 潘杨(苏州科技学院)

(本刊编辑部 供稿)