

水处理超滤反渗透系统污堵原因分析及采取对策

袁东仙

(江苏南热发电有限责任公司, 江苏 南京 210035)

摘 要: 通过江苏南热发电有限责任公司两套超滤反渗透设备投运近四年的运行实践, 摸索引起超滤反渗透系统污堵的原因, 采取有效措施, 解决超滤反渗透运行中存在的问题, 为兄弟单位提供一定的经验。

关键词: 超滤反渗透; 污染; 措施

1 系统概述水质特性

江苏南热地处长江中下游, 电厂原水采用长江水, 其水质特点为浑浊, 有机物含量较低, 在正常情况下, 含盐量较低 (一般原水电导率在 250-310 us/cm 之间), 水质较好。

1.1 系统简介

江苏南热为 2×600MW 超临界中压供热机组, 水处理系统一期预除盐系统设计为: 经混凝澄清过滤处理的长江水→化学水泵→板式换热器→自清洗过滤器→2×245 m³/h UF 装置→2×250 m³超滤水箱→升压泵→保安过滤器→2×185 m³/h RO 装置→2×200 m³淡水水箱→淡水泵→阳床→阴床→混床系统。其中加药点为: 沉淀池进口加碱式氯化铝, 化学水泵出口母管加次氯酸钠, 超滤水箱进口加亚硫酸钠还原剂, 升压泵进口加阻垢剂。在线监测仪表设计点: 自清洗过滤器进口加余氯表, 超滤水箱进口加 ORP 表, 反渗透升压泵进口加余氯表、电导率表, 反渗透出口加电导率表, 超滤出口手动检测 SDI 等。

1.2 运行指标控制

运行指标控制见表 1。

表 1 运行指标控制

项 目	单 位	控制指标
超滤出水胶体硅去除率	%	≥99
超滤产水 SDI	-	≤2.0
超滤产水浊度	NTU	<0.2
超滤进口余氯	mg/L	0.5-1.0
ORP	MV	180-220
升压泵进口余氯	mg/L	0-0.05

2 运行状况及发现的问题

2.1 系统中铁腐蚀严重

超滤反渗透投运初期, 运行控制的指标主要为超滤进口余氯、超滤出口 ORP、升压泵进口余氯等。因次氯酸钠具有强氧化特性, 对反渗透膜及阳树脂的氧化具有不可逆转性的特点, 在运行过程中采取尽可能低的控制余氯含量, 一般超滤进口维持在 0.2-0.5 mg/L, 但运行不久发现, 无论次氯酸钠计量泵行程是否调整, 进口余氯量提高不明显, 而且超滤、反渗透保安过滤器、反渗透等进出口压差上升较快, 特别是夏天, 反渗透保安过滤器滤芯污堵严重, 基本运行 10 天左右必须更换滤芯, 每更换 1 台/次需费用 3.5 万元左右, 一个夏季运行费用达几十万元。超滤运行 1 个月左右进出口压差明显上升, 而且反渗透一级进出口压差持续上升, 制水量下降。

2.2 超滤膜、反渗透膜污染状况



图 1 超滤膜端口污堵情况



图 2 超滤端盖污堵情况

超滤膜、反渗透膜污染状况见图 1、2。从现场解体的超滤、反渗透设备污染情况分析，引起系统整体污染的原因是铁污染微生物污染，经过对自清洗进口碳钢管断开检查，发现进口碳钢管内壁铁腐蚀非常严重，超滤进口取水化验铁含量远远高于预处理出水，且发现自化学水泵出口至自清洗过滤器进口管均无管道防腐措施。当运行中次氯酸钠加入后，管道内壁遇次氯酸钠发生氧化反应， Fe^{3+} 铁离子进入超滤反渗透系统附着在管道内壁、压力容器内壁和膜进水侧堵了超滤膜丝、保安过滤器滤芯和反渗透膜，引起设备进出口压差升高。同时消耗了水中的余氯，因系统中无法保持一定量的余氯，系统又同时存在一定的微生物污染，此两种污染是引起超滤反渗透系统设备压差升高的主要原因。

3 解决超滤反渗透系统铁污堵的措施

3.1 停止超滤进口加次氯酸钠杀菌剂

自超滤进口加次氯酸钠杀菌剂停止加药后，超滤进口铁含量大大降低，基本与预处理水中铁接近，说明管道铁氧化现象已基本不存在，超滤反渗透进出口压差上升幅度已明显减缓，保安过滤器滤芯由原来一周左右更换一次延长至每月更换一次。

3.2 优化超滤化学清洗系统，提高超滤膜的清洗效果

南热的超滤系统化学反洗设计采用在线常规反洗和加强反洗程序，常规反洗即超滤运行 40 min 后自动反洗 60 s，加强反洗分加强反洗 1 和加强反洗 2，加强反洗 1 即为加氢氧化钠清洗，加强反洗 2 即加盐酸清洗，一般清洗的频率可根据运行参数的不同和水质状况进行调整。从运行在线清洗情况来看，如果超滤系统已经明显污染，超滤进出口压差上升明显，仅靠在线化学清洗，效果不理想，而且运行中进出口压差上升越来越快，严重影响制水。

3.2.1 优化系统清洗系统，增加强制循环清洗系统

南热超滤系统一期主要由由 2 个 UF 单元。单个 UF 单元安装 92 支型号为 XIGA SXL225 FSFC PVC 0.8mm 卧式 UF 膜组件，2 个 UF 单元共安装 184 支膜组件。利用反渗透的化学清洗装置进行系统改造，形成两路超滤离线手动强制循环清洗系统，即超滤进口--进口循环系统和超滤进口--出口循环系统，根据污染特性和小型试验，确定使用 1% 草酸清洗方案。系统改进示意如图 3 所示。

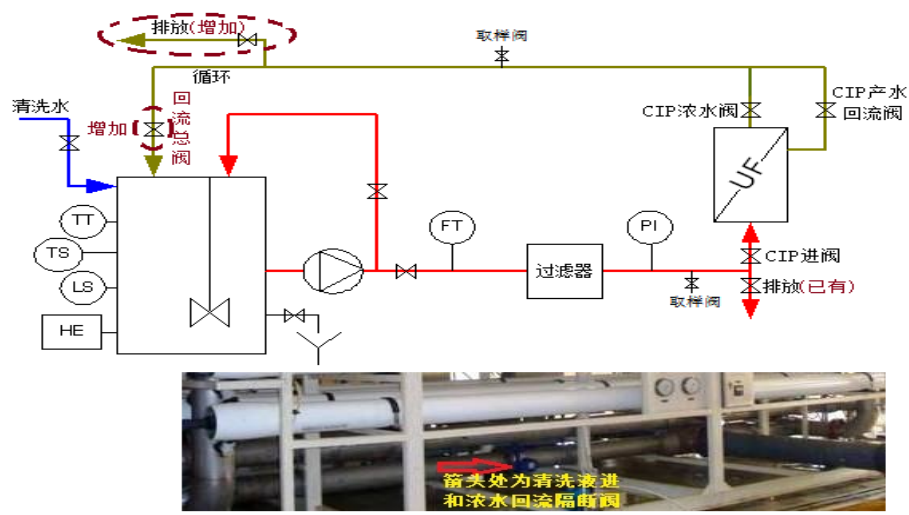


图 3 系统改进示意图

3.2.2 清洗效果

经过草酸清洗之后，#1UF和#2UF的跨膜压差和流量都得到了很好的恢复。清洗前后对比见表2。

3.2.3 超滤清洗后检查

超滤清洗后检查见图4、5。

表 2 清洗前后跨膜压差和流量对比

UF 设备	状态	流量 /(m³/h)	进水压力 /bar	出水压力 /bar	跨膜压差 /bar
#1 超滤	清洗前	170	1.50	0.60	0.9
	清洗后	245	0.75	0.58	0.2
#2 超滤	清洗前	170	1.50	0.60	0.9
	清洗后	245	0.90	0.60	0.3



图4 超滤膜端口清洗后情况



图5 超滤端口清洗后情况

4 解决超滤反渗透系统微生物污染措施



图6 反渗透膜一段进口微生物污染情况

自从发现化学水泵出口至自清洗过滤器进口碳钢管段内未做防腐层后，停止了超滤反渗透系统加次氯酸钠杀菌剂和亚硫酸钠还原剂的工作，冬季设备运行时因气温低，水中微生物繁殖较慢，系统污染不太明显，保安过滤器滤芯一个月左右更换一次。春天随气温升高后，反渗透一级压差明显上升，反渗透化学清洗后，压差降低不明显，经打开端盖检查，微生物污染较严重（如图6），已经形成较严重的生物膜。公司反渗透膜系统微生物污染的主要特征为产水量下降、一段进出口压差上升，经综合考虑，决定采用定期投加非氧化性杀菌剂的方案。

4.1 非氧化性杀菌剂的特点

1) 与膜兼容；2) 能发挥较快的消毒作用；3) 可

生物降解；4) 易于运输，储存和操作及稳定；5) 加药系统腐蚀性小；

4.2 加药系统的优化

考虑到加药系统的简便性和兼容性，以及能将杀菌剂覆盖到整个超滤和反渗透系统，决定采用原来的次氯酸钠加药点，即将非氧化性杀菌剂加至化学水泵出口的混合器内，这样无需增加加药点，原杀菌剂泵出力过大，经计算增加2台出力与阻垢剂泵相当的隔膜计量泵，加药系统基本无大改动。

4.3 加药方式的选择与加药效果

通常超滤反渗透系统运行在高微生物的水中时，在接触各种微生物之后的3-5天就会出生物膜，因此在生物活动旺盛期（夏季），最常规的消毒频率为3-5天一次，在生物活动非旺盛（冬季），一般每7天左右一次，杀菌方式有短暂或连续加药，该厂选择定期短暂杀菌。

经现场小试，加药量夏季为 15 ppm，连续加3小时，每周杀菌一次；冬季药量 10 ppm，连续加2小时，每两周一次，经半年多的时间运行，最明显的效果：1) 保安过滤器进出压差3个月基本无上升现象。2) 超滤反渗透进出口压差上升明显减缓，超滤化学清洗由2个月延长至半年左右，反渗透化学清洗由2个月延长至4至5个月。3) 超滤反渗透系统的制水量明显增加，设备的运行安全可靠性及经济效益明显，1年仅保安过滤器滤芯的成本节约超过40-50万元。

4.4 非氧化性杀菌剂加药过程中需关注的几个问题

(1) 由于非氧化性杀菌剂可以被还原剂分解（如亚硫酸氢钠），水中含有还原剂时，需投加更高浓度的非氧化性杀菌剂，每 1 ppm 残留还原剂许添加 1ppm的有效非氧化性杀菌剂。

(2) 有的厂虽然也采用系统加非氧化性杀菌剂，但效果不好，需检查还原剂的加药点是否靠前，如该公司还原剂加药点在超滤水箱的进口，在加杀菌剂时，水中的有效杀菌剂过早被还原剂消耗，这样特别是夏季，超滤水箱后的系统仍会很快生成微生物，保安过滤器滤芯仍会很快污堵，反渗透生成生物膜。因为这个原因，该公司在加非氧化性杀菌剂时，系统不加还原剂，实践证明，加药效果很好。

(3) 运行发现，在加非氧化性杀菌剂时（浓度大于10 ppm以上），除盐水箱出水DD有微小上升，因该公司机组为600 MW 超临界中压供热机组，正常补水量在300 t/h 左右，加药期间，省煤器入口CC、主蒸

汽CC有明显的上升现象，鉴于此现象，在加药时，将反渗透出口水排放。如果是汽包炉或纯凝机组，因补水量小或炉水有排污手段，建议加药期间制水可不排放。

加药期间#1机相关指标如图7、8所示。

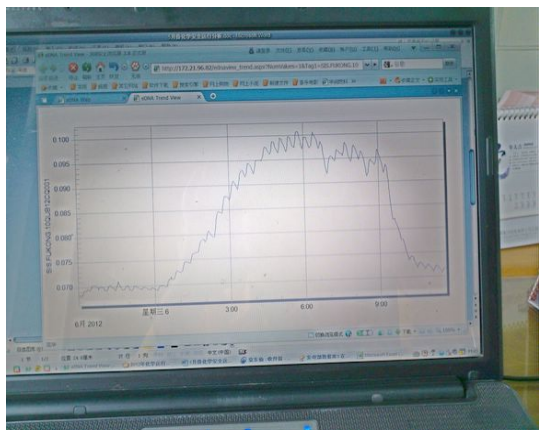


图 7 #1 机主蒸汽 CC 趋势图

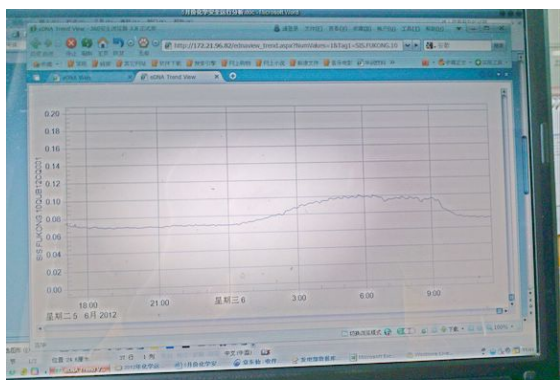


图 8 #1 机省煤器 CC 趋势图



图 9 加药时超滤水箱进口 ORP 上升趋势

(4) 加药后需对系统进行彻底冲洗，因为加药期间水中ORP有明显上升现象（如图9），通常以ORP下降至一定值为冲洗终点，一般ORP至250-280 mV 以下结束（与加杀菌剂前基本一致）。冲洗包括超滤系统、超滤水箱、反渗透系统。

(5) 也可采用连续加药方式，连续加药非氧化性杀菌剂浓度控制应较低，至于防止超滤反渗透系统微

生物污染效果及对水汽系统指标影响如何还待进一步试验观察。

4.5 非氧化性杀菌剂加药系统优化建议

(1) 将还原剂泵加药点移至反渗透出口淡水箱进口管路，ORP表移至还原剂泵加药点后。

(2) 将超滤水箱运行至低液位后启动杀菌剂泵，然后启动还原剂泵，控制ORP为一定值，这样经过超滤反渗透系统剩余的微量非氧化性杀菌剂和一定的还原剂反应，通过对ORP指标的监视来确保无非氧化性杀菌剂进入除盐系统，加药期间反渗透产水就无需排放，既可节约水又保证水汽系统指标不受影响。虽然非氧化性杀菌剂成本较高，但加药量很小，运行总费用不高，而且加药系统基本无腐蚀问题，检修维修量很小。

5 结束语

该公司超滤反渗透系统自采用加非氧化性杀菌剂以来，经过夏天和冬天的考验，设备的污堵现象从根本上好转，加上合理的运行管理和监督，超滤反渗透设备的运行状态良好，超滤的运行压差基本接近刚投运后的状态，保安过滤器滤芯运行3个月进出口压差不超过 0.04 MPa，反渗透脱盐率与刚投产接近。自超滤反渗透投运以来，虽然遇到方方面面的问题，有设计中不合理的问题，有运行过程新产生的问题，经过不断摸索，不断总结优化，已形成了自己一套行之有效的办法。

虽然在设计中采用加氧化性很强的次氯酸钠杀菌剂来进行系统杀菌，但鉴于次氯酸钠对反渗透膜及阳树脂的不可逆转的氧化性，加上在线余氯表的准确性的影响，其他电厂也相继出现反渗透膜和阳树脂被氧化的现象，反渗透的脱盐率下降至50%以下，阳树脂氧化裂解产生低分子聚合物，低分子聚合物进入水汽系统分解产生低分子有机酸，所以对于大型直流机组建议尽量不采用加强氧化性杀菌剂的杀菌方式。

参考文献：

- [1] 陶氏化学（中国）投资有限公司.陶氏膜技术手册[Z].
- [2] 江苏南热发电有限公司.江苏南热化学运行规程[Z].

作者简介：

袁东仙，江苏南热发电有限公司技术支持部，从事化学环保技术管理工作，E-mail: 1120560010@QQ.com。