

# 电厂用水超滤处理中膜污染的化学清洗方法

孙正庭

(淮北矿业集团公司 杨庄煤矿, 安徽淮北 235000)

摘要: 以某煤矿矸石电厂化学除盐水处理工程为例, 阐述了超滤装置的工艺流程和运行方式, 分析了超滤处理过程中膜污染的类型及形成原因, 提出了控制膜污染的化学清洗方法及清洗控制参数, 为此类水处理工艺的日常运行管理和维护提供技术参考。

关键词: 电厂用水; 超滤; 膜污染; 化学清洗

中图分类号: X703

文献标识码: A

文章编号: 1006-8759(2010)04-0040-03

随着电厂用水对水质要求的不断提高及膜法水处理技术的发展, 超滤处理技术在电厂化学除盐水处理中的应用越来越广泛。某煤矿现有一座煤矸石电厂, 其化水车间用水采用了超滤处理工艺, 处理规模 60 t/h。在正常运行过程中, 超滤膜元件不可避免地会被无机盐垢、胶体、微生物、微粒、有机物等污染, 造成膜孔堵塞导致出水流量显著下降, 并影响出水水质, 降低使用寿命。目前, 解决此问题最有效的方法就是对膜元件定期进行化学清洗, 以保证处理水量和出水水质。

## 1 工艺流程

某煤矿矸石电厂化学除盐水处理系统的工艺流程为:

自来水 → 变频泵 → 130 $\mu\text{m}$  保安过滤器 → 超滤装置 → 清水箱 → 清水泵 → 离子交换器

该工艺中超滤膜采用法国进口的醋酸纤维中空膜, 膜孔径 0.01  $\mu\text{m}$ 。超滤装置主要由 2 组过滤单元、1 套反洗单元、1 套化学清洗单元组成。每组出水流量为 30 t/h, 反洗流量为 80 t/h。主要配备仪表有出水余氯仪、反洗余氯仪、出水氧化还原电位仪、温度计和压力表。

## 2 运行方式

超滤装置以自来水为水源, 采用全量过滤的方式(运行中不排放浓水), 进入膜管的水在压力驱动下全部透过膜表面, 以定期反洗和化学清洗

的方式去除膜面的污染物。

运行中每小时反洗 1 次。反洗项目包括: 管路冲洗、盘式过滤器反洗、加氯反洗、脱氯反洗及冲洗、加氯反洗、化学清洗。

主要监测指标有: 进出水浊度、反洗余氯、出水余氯、出水氧化还原电位、膜筒进出口压差和流量。超滤装置运行参数见表 1。

表 1 某处超滤装置运行参数

项 目	数 值
进水浊度 NTU	0.25~0.35
出水浊度 NTU	0.15~0.25
出水余氯/( $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ )	0.02
反洗余氯/( $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ )	2~5
出水氧化还原电位/mV	350~450
膜透过率/( $\text{L}\cdot\text{m}^2\cdot\text{h}^{-1}$ )	80~130
膜筒压差/kPa	15~30
过滤流量/( $\text{t}\cdot\text{h}^{-1}$ )	25~30

## 3 清洗方法

超滤装置正常运行三个月以后, 各项运行参数都有很大的变化。其中进水压力由正常情况下的 50 kPa, 升高到 80 kPa 左右; 膜筒出水压力维持正常情况下的 30 kPa; 出水流量由 30 t/h 降为 25 t/h; 膜透过率由 122  $\text{L}/(\text{m}^2\cdot\text{h})$  降为 86  $\text{L}/(\text{m}^2\cdot\text{h})$ ; 出水浊度由 0.25 NTU 升高至 0.3 NTU。此时说明超滤膜已经污染了, 必须清洗。

### 3.1 药剂选择

超滤装置常用的化学清洗剂主要有: 酸、碱、螯合剂、氧化剂。酸清洗剂主要去除氧化铁、金属

硫化物、碳酸钙和磷酸钙等。碱清洗剂主要有：磷酸盐和氢氧化物。碱清洗剂可使沉淀物松动、乳化和分散。常用的螯合剂有：EDTA、柠檬酸。EDTA 常用于去除有机物，而柠檬酸在酸性溶液中可以有效螯合铁离子。氧化剂主要是次氯酸钠，用于去除膜筒内的细菌、藻类。甲醛也可用于杀菌灭藻，但对人体有很大的刺激作用，不易操作，建议慎用。

### 3.2 水质分析

选择合理的清洗剂，能使超滤装置的清洗效果达到最佳程度，首先应确定造成超滤装置膜筒污垢的污染源。所以，在确定化学清洗前，应对超滤进出水和反洗水进行分析。对某煤矿矸石电厂超滤装置运行水质分析见表 2。

表 2 某矿超滤装置运行水质分析

项目	进水	出水	反洗水
pH 值	7.8	7.77	7.68
浊度 NTU	0.32	0.2	0.25
总铁 ( $\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ )	85.6	18.7	159.3
余氯 ( $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ )	0.03	0.02	3
胶体硅 ( $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ )	0.61	0.46	1.16
COD <sub>Mn</sub> ( $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ )	1.42	1.26	2.31
电导率/ $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$	90.3	89.9	121.9
硬度/ $(\text{mmol}\cdot\text{L}^{-1})$	0.85	0.82	1.16

注：在反洗水中加入次氯酸钠杀菌，可控制反洗余氯含量在 2~5 mg/L。

超滤装置运行一段时间后，在线反洗余氯仪的溢流管和电极处黏有红褐色附着物，而在线出水余氯仪的溢流管和电极处黏有绿色粘滑性附着物。经过对附着物分析，褐色沉积物定性为铁铝化合物；绿色附着物放在坩锅内燃烧有蛋白质气味，放在 10% 的盐酸溶液中不溶解，但颜色变成了灰白色，说明此绿色附着物为有机物。

一般超滤装置膜筒中主要附着物为有机物、铁、悬浮物、胶体硅。由于超滤装置膜筒材料是醋酸纤维，其耐酸碱性能不佳，不宜使用氢氧化钠碱洗。考虑清洗成本，最终采用 EDTA + 磷酸三钠碱洗，并与柠檬酸酸洗相结合，间断使用次氯酸钠清洗。

### 3.3 清洗方法

化学清洗前应冲洗干净整个系统管路和溶液箱，然后停止超滤装置运行，关闭进水气动阀和手动阀，打开化学清洗装置出口阀和回水阀。清洗过程中需监测清洗液温度、pH 值、清洗压力和颜色变化。

几种清洗剂的清洗方法如下：(1)EDTA 碱洗。按溶液箱及管路体积，用超滤装置出水配制好 1.0 % 的 EDTA 钠盐溶液，并用磷酸三钠调节 pH 值为 10.5 左右。启动化学清洗泵，调整出口压力在 0.05 MPa 左右，使清洗液在超滤膜筒内循环。化学清洗液约有 3/4 由原水端回流至化学清洗箱，另外 1/4 清洗液透过超滤膜由滤后水进入化学清洗箱。清洗液循环 1 h 后再浸泡 1 h。以动态循环与静态浸泡相结合。(2)柠檬酸酸洗。将配制好 1% 的柠檬酸溶液，用分析纯的氨水调节溶液的 pH 值为 3 左右。参照碱洗操作，也采用动态循环与静态浸泡相结合。(3)次氯酸钠清洗。将 10 % 的次氯酸钠浓溶液稀释后配制成余氯约为 50 mg/L 的次氯酸钠溶液。采用动态循环与静态浸泡相结合的方式清洗。次氯酸钠清洗可以单独进行，也可在酸洗后进行，取决于超滤装置受微生物污染程度。

### 3.4 参数控制

(1)压力控制。在清洗过程中，清洗泵出口压力控制在 50~80 kPa 之间，即与膜筒正常运行时进口压力相当，防止压力过大损坏膜筒；控制清洗流量为 20t/h。

(2)碱洗过程 pH 控制。监测清洗液的 pH 值，如降低较多，说明碱在溶解有机物，需加碱使 pH 值恢复到 10.5 左右。观察回到清洗溶液箱的清洗液，颜色发黄、变深并出现大量泡沫时，表明清洗效果较好。

(3)酸洗过程 pH 控制。若清洗液的 pH 值升高较多，说明酸被消耗，应添加柠檬酸至 pH 值恢复到 3.0 左右。清洗液颜色会出现红褐色，表明超滤膜中有铁污染，氧化铁与柠檬酸络合生成柠檬酸亚铁络合物。

(4)脱氯反洗。不论酸洗、碱洗还是用次氯酸钠清洗，后都要将超滤装置设置为“脱氯反洗”状态，启动超滤装置反洗泵对膜筒进行反冲洗，从反洗排水管中排出大量积存在膜筒中的清洗液和清洗出的污染物。当冲洗出水的 pH 值在 7 左右，水样中无可见悬浮颗粒杂质，才可停。反冲洗时间应不少于 10min。膜筒冲洗干净后，用超滤出水冲洗干净溶液箱后再继续用另一种药剂清洗或备用。

(5)清洗效果检测。清洗后的超滤装置压差、出水流量、膜透过率都应恢复正常范围。此时出水水质得到提高，出水浊度为 0.17 NTU，总铁为

14.3μg/L,膜透过率恢复至正常情况下的110 L/(m<sup>2</sup>·h),就达到了化学清洗的目的。

### 3.5 清洗周期确定

膜筒生产厂一般要求膜筒进出水压差超过规定值时对膜筒进行清洗。采用全量过滤的方式,为了尽可能提高超滤膜的清洁度,可将超滤装置的清洗改为定期清洗。同时,采用了逐渐缩短清洗间隔的方法确定最小清洗周期,由开始的3个月清洗1次缩短为2个月清洗1次,最后根据实际运行情况确定1个月清洗1次,另外,根据超滤装置被微生物污堵情况,不定期用次氯酸钠进行清洗。此外,根据不同季节水源特点,考虑超滤装置前后水处理设备情况,结合进出水水质中铁、有机物等含量,并注意观察在线仪表溢流管上的附着物,适当调整清洗药品和清洗周期。

## 4 结论

(1)超滤装置膜筒内污染物,用碱洗与酸洗结合,并定期用次氯酸钠清洗效果较好,单一的酸洗、碱洗效果不好。无论膜两侧压差大小如何,应定期进行化学清洗,以保证透水质度的安全。

\* \* \* \* \*

(上接第35页)

芽率和长势尚可,说明两者互配可形成人造土壤;H1~H11,使用的塘泥,含一定的沙粒,可改善土壤透气性,养分含量也较丰富,因此种植效果较好。结合华丰矿区退化土地的特征,确定H11及H7为使用配方。

## 4 种植效果

华丰煤矿通过对矿区退化土地、粉煤灰、污泥等进行土质分析,改善土壤结构和理化性质,将退化严重土地改良为养分充足、物性良好、脱盐降碱的优质土壤,并在大田进行了黑杨种植,经过二年生长,试验田所种植树木已逐步成材,原木直径达

(2)水污染严重的地表水,含有机物较高,因超滤装置只能去除大分子有机物,不宜作水源,必要时要做好预处理后的水质监督,尽可能降低有机物含量,保证后续设备的安全运行。

(3)磷酸三钠是一种碱性清洗剂,因此用EDTA碱洗时,加入磷酸三钠既可调节pH值,也可达到清洗的作用。

(4)静态浸泡与动态循环的交替清洗效果好。清洗结束,要用清水彻底冲洗清洗系统管道和溶液箱,防止腐蚀。

(5)超滤膜筒材质种类繁多,耐酸碱、抗氧化性、化学稳定性不同,清洗时还必须结合膜的材料和膜生产厂意见,对清洗药剂进行选取及工艺调整。

## 参考文献

[1] 张玲玲,顾平.微滤和超滤膜技术处理微污染水源水的研究进展[J].膜科学与技术,2008,28(5):103~109.  
 [2] 薛罡,王燕群.超滤处理微污染地表水的膜污染化学清洗研究[J].水处理信息报导,2008(6):55~55.  
 [3] 邱运仁,张启修.超滤过程膜污染控制技术研究进展[J].现代化工,2002,22(2):18~21.

20~30 cm,成材后市价200元/棵。共改良土地2.67 hm<sup>2</sup>,改良总投资34.8万元,种植密度为1650棵/hm<sup>2</sup>,改良土土壤种植木材产出效益为88万元;将开采沉陷形成积水的土地进行复退,复垦新增土地1.33 hm<sup>2</sup>,新增土地价值60万元,每年减少支付农民赔偿金10万元。因此,华丰矿区土地改良试验研究综合经济效益为123.2万元。在改良过程中将粉煤灰、污泥等固体废物作为改良的原料进行利用,实现固体废物综合利用,减少废物堆存占地,改善了矿区生态环境,具有显著的社会效益。