

超滤在补给水处理系统中的应用

Application of Ultra Filtration in Water Treatment

于志勇¹，常 燕²，张建军²，周 臣¹

(1. 浙江省电力试验研究院, 浙江 杭州 310014 ; 2. 长兴发电有限责任公司, 浙江 湖州 313100)

摘要:超滤以其优异的处理性能, 已被广泛应用于水处理系统。文中介绍了长兴发电有限责任公司的超滤系统, 并对超滤与反渗透的联合应用进行了阐述。

关键词:超滤; 反渗透; 水处理

中图分类号: TM621 B

文献标识码: B

文章编号: 1007-1881(2006)06-0057-03

以高分子分离膜为代表的膜分离技术作为一种新型的流体分离单元操作技术, 由于具有高效率、低能耗、使用化学药剂少、设备紧凑、自动化程度高、操作运行简单和维护方便等突出的优点, 在大型火力发电企业锅炉补给水处理中得到越来越广泛的应用, 并取得了预期的效果和成熟的应用经验。

我省大型电站锅炉补给水处理中应用较多的是反渗透技术, 超滤技术应用还很少, 长兴发电有限责任公司二期扩建新增 $2 \times 115 \sim 142 \text{ m}^3/\text{A}(25^\circ\text{C})$ 超滤 + $2 \times 100 \sim 110 \text{ m}^3/\text{A}(25^\circ\text{C})$ 反渗透系统, 该超滤系统是我省大型火电厂采用的第 1 套大型超滤系统。超滤采用德国 Membrana 公司生产的中空纤维内压式膜型, 反渗透采用美国陶氏 BW30-400 膜型。与传统水处理方式相比, 以超滤处理方式作为反渗透预处理系统的工艺设计更有自己的特点: 出水水质稳定, SDI 值低, 提高了反渗透膜的透水通量, 延长了反渗透膜的使用寿命。反渗透技术作为锅炉补给水处理的预脱盐装置, 大大减少了离子交换系统再生废酸和废碱的排放量, 有利于环境保护, 同时除去了水中的微粒、有机物和胶体物质, 对减轻离子交换树脂的污染、延长离子交换树脂的使用寿命都有着良好的作用。

1 超滤处理工艺

超滤技术以机械筛分原理为基础, 以膜两

侧压差为驱动力, 将溶液进行净化、分离或浓缩。超滤的定义域为截留分子量 500 ~ 500 000 左右, 相应膜孔径大小的近似值为 $0.002 \sim 0.100 \mu\text{m}$ 。它与常规过滤不同, 其筛分孔径小, 可截留病毒细菌、胶体、大有机分子、油脂、蛋白质、悬浮物等。它的分离效果取决于膜的孔径及膜致密层表面的结构和化学性质、溶质粒子大小、溶液的化学性质等。整个分离过程在动态下进行, 无滤饼形成。它的使用压力大大低于反渗透, 和反渗透不同处是压差越大其截留率越低, 但不能分离小分子物质和无机离子。它的主要特点可归纳为:

(1) 超滤过程无相际变化, 可以在常温及低压下进行分离, 因而能耗低, 无热效应。分离后仍保持原产品的物化性质。

(2) 设备体积小, 结构简单, 故投资费用低, 易于实施。

(3) 超滤分离过程只是简单的加压输送液体, 工艺流程简单, 易于操作管理; 系统灵活, 安装维护方便, 易于实现自动化。

(4) 超滤膜是由高分子聚合物制成的均匀连续体, 在使用过程中无任何杂质的脱落, 保证被处理溶液的纯净。

常规超滤膜材料 CA, CTA, PAN, PS, PSPES, PVDF 等; 超滤的操作模型可分为全流过滤和错流过滤; 组件类型有板框式、圆管式、螺旋卷式、中空纤维式、毛细管等。

其主要特征见表 1。

表 1 不同类型组件特征对比

类型	板框式		管管式		中空纤维式	
	板框式	管管式	螺旋卷式	管式	纤维式	毛细管式
生产成本对比	20~60	10~40	6~25	1~4	2~8	
装填密度	低	低	适中	高	适中	
抗污染能力	好	很好	适中	差	好	
产生压降	低	低	适中	高	适中	
耐压性	可以	可以	适合	适合	可以	
限于专门类型膜	非	非	是	是	是	

其中中空纤维膜是超滤技术中最为成熟与先进的一种形式。中空纤维外径 0.5~2.0 mm, 内径 0.3~1.4 mm, 中空纤维管壁上布满微孔, 原水在中空纤维外侧或内腔内加压流动。超滤是动态过滤过程, 被截留物质可随浓缩水排除, 配合定期反洗及化学清洗, 可长期连续运行。

中空纤维超滤膜分为内压型及外压型两种。外压型原液在中空纤维外侧加压流动, 由于外部流道不均匀会造成膜束间的粘连。而内压型在中空纤维内腔中加压流动, 颗粒在膜束中心孔内流过不会堵塞, 其结构见图 1。

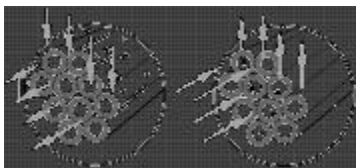


图 1 外压式与内压式结构

2 超滤系统实例

2.1 系统工艺流程

长兴发电有限责任公司二期扩建了 2 台 300 MW 机组, 成功地将超滤作为反渗透的预处理应用于锅炉补给水的制备。一期 2 台 300 MW 水处理系统改造前流程:

太湖水系陆汇港河水—机械搅拌澄清池—清水箱—清水泵—高效纤维过滤器—阳离子交换器—除碳器—中间水箱—中间水泵

—阴离子交换器—混合离子交换器—除盐水箱。

对水处理系统进行了改造, 新增 2 套超滤反渗透系统后, 流程如下:

太湖水系陆汇港河水—机械搅拌澄清池—清水箱—清水泵—板式换热器(含减温减压装置)—3 层滤料过滤器—100 μ 前置过滤器—超滤膜组—超滤水箱—5 μ 保安过滤器—变频高压泵—反渗透膜组—淡水箱—阳离子交换器—除碳器—阴离子交换器—混合离子交换器—除盐水箱。

2.2 系统介绍

2.2.1 超滤前处理系统

由于超滤装置和反渗透装置的产水量变化与进水温度有很大的关系, 适当提高进水温度, 可以降低水的粘度, 提高超滤膜和反渗透膜的透水量, 亦可降低进膜压力。如反渗透膜给水温度每升高 1 $^{\circ}$ C, 透水量约增加 3%。当系统进水温度较低时(特别是寒冷的冬季), 其透水量会减小。因此本系统设置了 1 台 250~320 m^3/h 板式换热器及蒸汽调节阀, 以调节系统进水温度。板式换热器选用德国 GEA 公司的 NT150S CD-10 产品, 由带有 EPDM 垫圈的板片构成, 板片材质为 304SS, 它具有耐高温、耐腐蚀、换热效率高等特点。

3 层滤料过滤器是以磁铁矿、石英砂和无烟煤为滤料层, 以除去原水中的胶体、悬浮物, 降低进水浊度, 满足超滤装置的进水条件。本系统设置了 4 台 DN3000 3 层滤料过滤器, 每台出力为 56~100 m^3/h , 罐体内壁衬半硬质天然橡胶。

每列超滤装置配置 1 台出力为 140 m^3/h 的 100 μ 前置过滤器, 采用 304 不锈钢外壳, 178 mm \times 813 mm 的 100 μm 滤袋, 该滤袋由聚丙烯车缝环口制成, 具有纳污量大、寿命长、容易更换等优点。前置过滤器工作原理是利用 PP 滤袋 100 μm 的孔隙进行机械过滤。水中残存有大于 100 μm 的微量悬浮颗粒、胶体等颗粒, 这种颗粒可能堵塞超滤膜孔, 随着制水时间的增长, 滤袋因截留物的增多而污染, 其运行阻力逐渐上升, 当运行

至进出口水压差达 0.10 MPa 时,应更换滤袋。

2.2.2 超滤系统

超滤采用德国 Membrana 公司生产的中空纤维内压式膜型作为反渗透系统的预处理,用全流过滤、定时频繁反洗的全自动连续运行方式,每次反洗加入次氯酸钠进行杀菌处理。中空膜具有耐压、抗污染、使用寿命长等特点,且能长期保证产水水质,对胶体、悬浮颗粒、色度、浊度、细菌、大分子有机物具有良好的分离能力。原水在中空纤维的内部从一端流向另一端,而产水则在原水流经膜的过程中逐渐由内壁向外壁透过(称为内压式),收集后从产水端排出。被截留的悬浮物、细菌、大分子有机物、胶体等就堆积在纤维内表面,此时 UF 膜的膜前与膜后的进出水压差会逐渐增加,需进行反冲洗,反冲洗水利用反渗透浓水。

3 反渗透系统

反渗透是利用半透膜透水不透盐的特性,去除水中的各种盐份。在反渗透膜的原水侧加压,使原水中的一部分纯水沿与膜垂直方向透过膜,水中的盐类和胶体物质在膜表面浓缩,剩余部分原水沿与膜平行的方向将浓缩的物质带走。透过膜的水中仅残余少量盐份,收集利用透过水,即达到了脱盐的目的。

每列反渗透装置配置1台出力为 $140\text{ m}^3/\text{h}$ 的 $5\text{ }\mu\text{m}$ 保安过滤器,内装76根 $5\text{ }\mu\text{m}$ 滤芯。其工作原理是利用 PP 滤芯 $5\text{ }\mu\text{m}$ 的孔隙进行机械过滤。水中残存大于 $5\text{ }\mu\text{m}$ 的微量悬浮颗粒、胶体、微生物等颗粒,这种颗粒经高压泵加速后可能击穿反渗透膜组件,造成大量漏盐的情况,或堵塞膜孔,同时划伤高压泵的叶轮。随着制水时间的增长,滤芯因截留物的增多而污染,其运行阻力逐渐上升,当运行至进出口水压差达 0.05 MPa 时,应更换滤芯。

反渗透膜采用美国陶氏 BW30-400 复合膜元件,一级三段处理,每套装置有18根压力容器按 $10\text{ }^5\text{ }^3$ 方式排列,使用膜元件

108支。BW30-400 复合膜元件具有低压、高通量、高脱盐率的优点,从而可降低系统的运行压力、降低了运行能耗、维持长期高产水量,延长了膜元件的使用寿命。

4 超滤系统应用问题探讨

(1)采用超滤反渗透技术作为离子交换预处理后,离子交换床体再生周期延长,出水水质明显好转。水质分析见表2。

表2 水质分析数据

名称	阳床 (Na^+) ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)	阴床 (电导) ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$)	混床 (电导) ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$)	UF (浊度) (NTU)	RO (电导) ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$)
改造前水质	30	1.56	0.08		
改造后水质	4.2	0.41	0.06	0.02	15.9

(2)定期灭菌。超滤膜可以截留细菌,但不可以杀死细菌,截留率再好的超滤膜也不能长期保证不长细菌,有细菌就可能大量繁殖,直接影响透过水质。因此,必须进行定期对过滤系统进行定期灭菌,灭菌的操作周期因供给原水的水质情况而定。

(3)渗透通量的变化。在总反冲洗水量相等的条件下,随着反冲洗频度的增高则通量的下降速率减缓,膜污染累积程度减小,并且延长了通量达到最终平衡的时间。这是因为周期反冲洗使部分可能在膜表面沉积的污染物被及时洗脱,从而避免了污染物在膜表面的大量累积,因此进一步缩短过滤时间以增大反冲洗频度是必要的。

(4)安装存在泄露问题,影响设备的正常运行。安装后进行了水压试验,采用超滤淡水泵升压,找出漏点进行处理。在超滤运行中关闭所有手动阀门后有水不断流进化学清洗箱,查明是由于清洗进口阀门问题,无法严密关闭所致,更换阀门后运行正常。

(5)初期运行时在保安过滤器出口测SDI,发现白色的 $0.45\text{ }\mu\text{m}$ 膜片上呈现微灰色,经过查找,发现加药系统的配药进水采用超滤出水,并且管道是碳钢管路。现更改为反渗透出水进行配药,并改为使用不锈钢

(下转第63页)

(上接第59页)

管路后运行正常。

(6)在超滤制水过程中需要反洗时,清水泵存在憋压现象,调试初期临时采用开启3层滤料过滤器排气阀来泄压。但是存在滤料过滤器憋压现象,现在超滤制水过程中反洗时采用停清水泵来保证系统的正常运行。以后可以考虑采用变频器启动清水泵,以保护设备,延长设备的使用寿命。

5 结语

和多介质过滤器、活性炭过滤器等传统预处理技术相比,超滤作为反渗透预处理具有多方面的优势,随着超滤技术的不断推广,膜产品的性能进一步提高,成本继续下降,为RO运行不正常的用户提供了一条新的解决问题的途径,超滤将逐渐取代传统预处

理工艺而成为常用的处理手段。

参考文献:

- [1] 高从楷.膜分离技术在水处理中的应用与发展[J].水处理信息报道,2004(5)5-7.
- [2] Mores W D, Bowman C N, Davis D H. Theoretical and experimental flux maximization by optimization of back pulsing[J]. J Membr Sci, 2000, 165: 225-236.
- [3] 李培元.火力发电厂水处理及水质控制[M].北京:中国电力出版社,2000.

收稿日期:2006-06-12

作者简介:于志勇(1976-),男,河南郑州人,从事电力生产、建设、调试中的电厂化学试验研究工作。