

Application of Whole Membrane Water Treatment Process in Energy Saving and Emission Reduction in Power Plant

Jianghui Wang

Tianjin High Energy Times Water Treatment Technology Co., Ltd., Tianjin, 301725, China

Abstract

This study combines the characteristics of whole membrane water treatment process in power plant, deeply analyzes the specific application of whole membrane water treatment system in circulating sewage water reaction, and plays a role in energy saving and emission reduction in whole membrane water treatment in power plant boilers. The research shows that when the whole film method is used for water treatment, it has strong process applicability, high salinity circulating sewage can be used as water, without acid and alkali regeneration, can meet the current environmental protection requirements. In addition, in Tianjin boiler supply water Co., Ltd., for example, the traditional ion exchange water treatment system to full membrane water treatment system, through research shows that compared with the traditional ion exchange system, whole membrane treatment process covers an area is small, water treatment process is relatively simple, can realize automation control, and backup water with sea water, can save 1.5 million tons of tap water. The water treatment process is relatively simple and can achieve automatic control.

Keywords

whole membrane method of water treatment; process; power plant; energy saving and emission reduction

全膜法水处理工艺在电厂节能减排中的应用

王江辉

天津高能时代水处理科技有限公司, 中国·天津 301725

摘要

本研究结合电厂全膜法水处理工艺特点, 深入分析在循环排污反应中全膜法系统的具体应用以及在电厂锅炉全膜法水处理中节能减排发挥作用。通过研究表明, 采用全膜法进行水处理时, 其具有较强工艺适用性, 可将高盐度循环排污水作为进水, 无需进行酸、碱再生, 能够符合当前环保要求。除此之外, 以天津某热电有限公司锅炉补给水处理为例, 将其传统离子交换水处理系统改为全膜法水处理系统, 通过研究表明, 采相比传统离子交换系统, 全膜法处理工艺占地面积较小, 水处理工艺较为简单, 能够实现自动化控制, 另外备用水源用海河水替代自来水, 全年可节约150万吨自来水量。水处理工艺较为简单, 能够实现自动化控制。

关键词

全膜法水处理; 工艺; 电厂; 节能减排

1 引言

全膜法水处理工艺是通过超滤+反渗透+EDI全膜法, 可实现电厂锅炉补给水处理, 以去除污染物和实现深度脱盐效果, 能够满足电厂工艺水质要求^[1]。在本次研究中以天津某热电有限公司锅炉补给水处理为例, 该项目二期工程建设一套“二拖一”900MW级燃气—蒸汽联合循环机组, 包括2台燃气涡轮发电机组、2台余热锅炉及1台蒸汽涡轮发电机组。汽轮机采用带SSS离合器的抽凝背压机组, 余热锅炉采用三压再热, 无补燃的余热锅炉, 同步考虑设置脱硝系统。通过研究表明, 可将原有离子交换水处理系统转为全膜法水处理系统, 进而满足电厂扩建需求。

【作者简介】王江辉(1984—), 女, 本科, 工程师, 从事全膜法水处理工艺在电厂节能减排中的应用研究。

2 原有水处理系统

该电厂原有设置的水处理车间采取以下流程:

对系统来说, 进行预处理, 经机械过滤器或者多介质+活性炭过滤器, 阳离子交换器、除碳器, 经阴离子交换器, 混合离子交换器, 除盐水箱进入到主厂房中。预处理水源为海河水与天津某污水处理厂的再生水, 污水处理厂设计出水水质按GB18918—2002《城镇污水处理厂污染物排放标准》中一级标准的A标准进行控制, 出水指标如表1所示。

表1 出水指标

项目	污水生化处理设计出水水质
BOD ₅	≤10mg/L
SS	≤10mg/L
COD _{Cr}	≤50mg/L
NH ₄ -N	≤5(8)mg/L
总磷	≤1mg/L

海水在倒灌期采用自来水置换盐水，如表 2 所示为该电厂水处理系统处理情况。

表 2 水处理系统处理情况

项目	耗水量 /t · h ⁻¹
现有机组 (2×210MW ÷ 3×50MW)	50
扩建机组 (2×300MW)	80
全厂供热	160
水处理系统自用水	30
合计	320

3 全膜法水处理工艺

结合该电厂地理位置，水质和燃气机组参数以及环保要求等多个因素，采用全膜法水处理系统，应按照超滤、一级反渗透、二级反渗透、电除盐的思路进行系统设计。全膜法水处理经改造之后，由于无酸碱排放，因此可减少废水排放对外界环境产生的污染。除此之外，全膜法水处理系统，可按照周边水质进行设计，水源最高含盐量为 1740mg/L，采用周边海水河水制水，可为企业减少自来水购买量^[2]。由于考虑水质恶化以及海水倒灌等现象日趋严重，该系统可按照最差水质指标设计，允许水源中含盐量最高为 1740mg/L。除此之外，要求水处理系统出力为 4×87m³/h。其中超滤系统利用陶氏外压式超滤膜系统，单套采用 36 支超滤膜，超滤膜是外压式滤膜，由于其纳污空间大，因此可承受进水悬浮物相比内压超滤膜要高 5 倍左右。

外压式超滤膜具有良好的抗污染性，其对原水适应性较强。结合厂家推荐，要求该电厂进水浊度应低于 20 NTU。根据进水水质相关要求，反渗透系统采用的是两级膜处理方式。这种膜具有较高脱盐率和抗污染性，由于膜长度大，因此可有效减少膜件数目，以提高膜有效面积，膜流道较宽，膜件压差相对较低。其中，一级反渗透膜采用 DOW 抗污染性膜元件，为一级二段排列方式，单位面积水膜通量 17.48L/m²，设备出力 65t/h。反渗透膜，采用 DOWBW30 400 膜元件，采用一级二段排列方式，单位面积水通量 33.95L/m²/h，设备出力 53m³/h。反渗透膜分离技术是通过压力驱动的方式，以去除水中固体溶解物、微生物、有机物、胶体等杂质，联合使用前置超滤系统，其操作方法较为简单，运行成本低，且对环境无污染，便于维护。电除盐利用西门子 LXM45Z 32 个模块，单套出力可达 48m³/h。这种电除盐装置无需向系统中加入盐分，也无需进行浓水循环，或单独积水排放，整体系统设置简单，运行可靠，由于积水及浓水均需经一级反渗透，因此水利用率可达到 100%。膜堆两进两出的设计方式，使整个系统运行简单且维护便捷，对于加盐型膜堆可直接开启系统运行。如表 3 所示为经处理后水质情况。

表 3 处理后水质情况

二氧化硅 (SiO ₂)	μg/L	≤20
电导率 (25℃)	μS/cm	≤0.2
硬度	mmol/L	0
钠	μg/L	≤5.0

4 循环水系统运行

该电厂循环水系统采用的是单元制供水系统，其中汽机循环冷却水采用自来水，冷却水量可达到 17500t/h，有三台机组共同配置 4 台循环水泵。此外，还需一条回水管、供水管、4 座机力通风冷却塔。平板设置滤网之后，需搭设辅助循环水泵，将其作为停机前辅机冷却使用。供水系统须经一系列环节运行，具体包括经冷却塔后，循环水进入排水沟，循泵进水间，循环水泵房、循环水进入管道，经凝汽器，使循环水回水管冷却。为能够防止凝气集中，出现微生物滋长，同时防止冷却管或相关设备出现腐蚀堵塞，应确保凝汽器保持较高真空度和传热效率，可采用缓释阻垢剂或次氯酸钠，及时处理双循环水，以消灭细菌污垢。再循环过程中，循环冷却水多次蒸发浓缩，因此使循环水硬度、电导率强度提高，甚至高于水质排放标准，这种情况下，要求及时补充新鲜水，及排放高盐度循环水，保持水质平衡，在运行循环冷却水系统过程中，合理控制循环水浓缩倍数，可通过动态模拟的方式来确定该数值^[3]。

5 循环水系统运行问题分析

循环冷却水在补充新鲜水源时，应采取自来水，但这种情况下，会使电厂输入成本较高，同时排污量较大，进而使水资源浪费，整体运行经济性较差^[4]。循环水系统采取无底部排放口的方式设计，导致在具体运行过程中，循环水浓缩倍数超标，无法及时排污，仅能够通过溢流或水泵泵吸的方式进行控制，该方法耗时、耗力，同时无法对循环水进行浓缩倍率控制，导致系统在运行中，容易出现结垢现象。国家近年来实施水污染防治行动计划，严格控制废水排放，循环水经与水排污系统后，存在一定环保合规问题。经凝汽器冷却后，循环水回水温度为 35℃，温水排放会从一定程度上导致电厂能源消耗和资源浪费问题发生。基于上述问题，应寻找具有较高经济性、安全性的运行方式，进行循环水回用。

6 全膜法水处理工艺在循环水回用项目应用情况

第一，分析循环水的水质。如表 4 所示为该电厂全年循环水水质情况。根据该结果可以发现，该循环水水质中浓缩倍率与硬度频繁出现超标，在运行过程中，可通过溢流法，以降低水质中浓缩倍率和硬度指标，确保循环水系统凝汽器管道不会出现结垢现象，影响机组安全运行。但整体来看，循环水水质指标是符合全膜法水处理系统进水水质要求的。因此，基于循环水水质分析的基础上，该电厂采取循环水回用项目。

第二，循环水回用项目。经 DN150 管道化学水池补水管道与循环水回水母管进行有效联通，在系统运行过程中，可利用循环水泵产生的压力，将循环水部分回用至化学水

表 4 电厂全年循环水水质情况

项目	浊度 /NTU	电导 /(μS·cm ⁻¹)	ρ/(mg·L ⁻¹)				浓缩倍率
			硬度(碳酸钙)	总磷	余氯	氯离子	
数值	2.6~10.8	718~1 526	80~480	1.51~5.76	0.3~3	89~196	4~7
均值	6.7	990.4	300.4	3.63	0.96	126	4.63
标准	≤10	-	≤400	≥3	≥0.3	≤250	≤6
超标次数	0	-	5	0	0	0	5

池，可将其作为全膜法水处理系统的进水来源，有效起到排污目的。在整个机组进行过程中，循环水母的回水温度为35℃，尤其在冬季运行过程中，可适当提高全膜法水处理系统的进水温度，进而减少全膜法处理系统加热进水蒸气体量，以起到节能减耗效果。经管道排污之后，部分循环水能够实现旁流过滤，以降低循环水的浊度，减少管道堵塞或污垢。

第三，分析全膜法运行系统。该机组经过一年时间运行之后，根据统计每日回水量可达到500t。实施循环时回用项目之后，超滤系统能够实现正常运行，产水浊度达0.045~0.090NTU，出口和进口压差为90kPa，压差升高40kPa，其上限值为150kPa，产水浊度是符合水质要求的。反渗透系统一段压差和二段压差分别为149kPa和89kPa，压差数值正常。产水电导率为9.1到10.0us/cm，产水量及脱盐率符合相关要求。对于系统出水水质来看，电厂锅炉补给计水电导率为0.18us/cm，钠离子浓度为1.5μg/L，硅酸根浓度为10μg/L。通过分析电厂循环水指标年报数据可以发现，在实施循环水回用项目之后，其不会影响电厂全膜法水系统处理情况以及出水水质，全年水厂循环水浊度降低至3.8NTU，其余水质指标均有所下降，全年水质超标次数显著降低。

7 项目评估

在运行该机组时，电厂每日回用循环水量可达到500t，其可通过回用循环冷却水，将浓缩倍率控制在6以上，以防止凝汽器出现结垢和堵塞，减少自来水使用量，同时有效避免循环冷水，使系统排污进入到雨污排水系统中，起到保护环境的目的。自运行该机组之后，运行天数为130天，有效减少循环水，污排量达365000t，按照目前自来水水费，全年该企业节约水费约29万元。在冬季运行机组过程中，通过循环水回用加热锅炉补给水处理系统，摒弃原有蒸汽加热系统，每日能够为企业节约蒸汽约10t。采用循环水回用项

目之后，能够起到良好的旁流过滤效果，同时降低循环水浊度，浓缩倍数等指标，以降低凝汽器污堵概率，循环时采用氧化性杀菌的方式，回用循环水能够确保膜处理系统，实现安全运行，同时有效降低全膜法处理系统中微生物污染概率。

8 结语

总之，在本研究中针对电厂采用全膜法水处理工艺条件下循环排污水回用项目。目前，在该公司已运营一年，在机组单独运行过程中，每日所使用的回用循环水达500t，其可通过回用循环冷却水，将循环水中的浓缩倍率控制在六以下，防止凝汽器出现结垢，进而减少自来水使用量以及蒸汽使用量，有效防止循环冷水系统排污水直接进入雨污排水系统中符合环保要求。通过研究表明，电厂采用全膜法水处理工艺，具有较强源水适应性，其可将高盐度循环排污水作为电厂进水，以减少污水直接排放，满足当前环保要求，同时也能够为电厂实现节能减。随社会经济建设发展，火电企业当前面临相对严峻的环保压力，尤其对于发电企业来说，普遍存在无煤厂、占地面积小等问题。相比传统燃煤火电企业来说，缺乏良好的废水处理能力。基于此，本研究提出，应解决循环水排污问题。同时，应提高水处理的安全性和经济性，可采用全膜治水处理系统，其具有较广应用价值。

参考文献

[1] 陈晨.全膜法水处理技术在电厂中的应用[J].企业技术开发:下旬刊,2014,33(12):2.

[2] 程金仓,杨蕾.陶瓷超滤和全膜法工艺在火电厂中的应用[J].热力发电,2021,50(4):4.

[3] 冯帅.电厂锅炉补给水处理中全膜法处理工艺的应用研究[J].工业加热,2020,49(4):3.

[4] 廖昆.探讨全膜法水处理在农村环境保护中的应用措施[J].生态环境与保护,2021,4(1):103-104.