

超滤反渗透技术在电厂化学制水中的应用

文/邓志远
陕煤电力信阳有限公司

摘要：政府对企业生产用地表水的使用要求进一步提高，使公司生产水费持续增加。且目前公司生产用地表水输送管线年久失修，每年水管线运维、抢修及赔偿费开支较大，对企业生产造成较大负担。采用城市中水超滤反渗透系统取代地表水，公司生产成本将显著降低，且可降低水资源消耗与废水排放环境污染问题，有利于公司可持续发展。

关键词：超滤；反渗透；节水

陕煤电力信阳有限公司（以下简称公司）始建于1995年，位于信阳市平桥区，总装机容量194万kW，其中，1、2号320 MW机组于2001年投产发电，3、4号660 MW机组于2009年投产发电。电厂化学锅炉补给水处理除盐设备采用中电联合体扬州化水设备厂生产的两套一级逆流再生除盐装置及混合离子交换器装置。补给水处理采用一级除盐加混床二级除盐方式，水源为距电厂14 km的南湾水库。除盐之前经过预处理。锅炉补给水制水使用南湾水库地表水，1、2号供水管线2001年投运，3号供水管线2009年投运。近几年输水管线频繁泄漏，抢修维护及赔偿费用逐年增加。另外，目前政府对工业企业生产用水要求提高，严格限制工业企业生产用地表水，加强废水排放管理，提高废水排放治理费用。采用城市中水取代南湾水库地表水，降低水资源消耗与废水排放环境污染问题，有利于区域经济发展，更有利于树立企业节水、环保形象，因此考虑对现有化学处理系统进行改造。公司锅炉补给水处理系统原设计为地表水处理工艺，因水质较好处理工艺较为简单，若采用中水作为制水的水源则不能达到水质处理标准要求。南湾水源地泵站及输水管线的日常运维、检修消缺及抢修赔偿等生产成本

比采用中水高，给公司生产经营带来一定的经济压力。综合分析，公司化学制水采用超滤反渗透技术，锅炉补给水水源由中水替代南湾水库地表水。中水超滤反渗透技术目前较为成熟，在电厂已广泛使用，可有效节约生产成本，减少废水排放及降低环境污染。根据投资估算及技经财务分析数据，系统改造后运行综合水费从1.56元/t降至0.4元/t，大大节约水费开支，同时大幅降低水源地泵站、输水管线的运维成本。

超滤反渗透系统的工作原理

本次改造工程主要对电厂现有的化学水系统进行改造，增加超滤、反渗透系统，以保障锅炉补给水水质。采用超滤反渗透系统后，除盐系统的进水水质符合要求，能使之长期稳定运行。

1. 超滤处理技术

超滤处理技术是一种筛孔分离过程，通过去除水中的悬浮物、颗粒物、生物污染物、胶体、细菌及大分子有机物，满足反渗透膜进水水质要求。超滤膜材料必须具备极好的亲水性，机械强度高，抗污染能力强，透水性强，使用寿命长，且能长期保证产水水质。另外，超滤处理技术还具有占地面积

小、出水水质好和自动化程高等特点。目前，超滤处理技术在国内外已普遍使用，按照滤膜系统形式不同分为压力超滤膜和浸没式超滤膜两类。压力式超滤膜技术在电厂化学水处理系统中应用更普遍，且运行管理更成熟、稳定，自动化程度高。而浸没式超滤膜技术主要应用于大规模的水处理项目中，如市政大型水厂等，项目规模越大，其优势越明显。因此，本工程采用压力式超滤膜技术。

2. 反渗透处理技术

反渗透装置主要承担预脱盐任务。反渗透装置包括加阻垢剂装置、加 NaHSO_3 装置、加酸装置、高压泵、反渗透膜组件、冲洗水泵及化学清洗装置等。

1) 加阻垢剂装置。反渗透装置进水中存在溶解度较低的物质，如 CaCO_3 、 CaSO_4 、 BaSO_4 、 SrSO_4 及硅酸等，它们在反渗透装置进水侧浓缩后产生沉淀，堵塞反渗透膜，使其无法正常运行。高效阻垢剂是一种有机化合物，能阻止 CO_3^{2-} 、 SO_4^{2-} 的结垢，增加水中结垢物质的溶解度，抑制碳酸钙、硫酸钙等物质的析出，同时也可以降低铁离子堵塞膜的微孔。

2) 反渗透膜组件。反渗透膜主要用来去除水中溶解性盐类、有机大分子、胶体、微生物、前一级未去除的小颗粒等。反渗透膜采用螺旋卷式结构，材质为聚酰胺复合材料（电中性），最低脱盐率为99.5%，单膜水回收率为15%，进水自由氯最高浓度 $<0.1 \times 10^{-6}$ 。反渗透停运时，自动冲洗3~5 min，以去除沉积在膜表面的污垢，使反渗透膜得到有效保养。反渗透膜长期运行后，会积聚难以冲洗的污垢，如有机物、无机盐结垢等，造成反渗透膜性能下降。这类污垢必须使用化学药品进行清洗才能去除，以恢复反渗透膜的性能。

3) 反渗透系统性能。一级RO系统脱盐率 $\geq 98\%$ （运行第一年）； $\geq 95\%$ （运行三年后）。一级RO系统水的回收率 $\geq 75\%$ （运行三年后）。应注意由于水的过度浓缩而可能引起的在膜表面上发生的 CaCO_3 、 CaSO_4 、 BaSO_4 、 SrSO_4 、 CaF_2 和 SiO_2 等盐类的结垢现象。

超滤反渗透系统改造施工方案

1. 工艺专业设计范围

本次工程设计范围：增加超滤反渗透车间及超滤反渗透系统设备，对超滤反渗透系统与化学系统

原预处理系统的连接管道系统进行合理设计，厂内中水管线至超滤反渗透系统连接管道设计。

2. 设计出力

目前电厂锅炉补给水处理系统的设计出力为 $3 \times 100 \text{ t/h}$ ，正常情况下两用一备运行。为保证与后续除盐系统的出力相匹配，本工程新增的反渗透系统设计净出力为 $2 \times 120 \text{ t/h}$ ，净产水率为75%，超滤系统设计净出力为 $2 \times 162 \text{ t/h}$ ，净产水率为90%。

3. 工艺流程

化学锅炉补给水原制水系统：南湾来水→机械搅拌池→澄清池→清水池→化学制水车间（阴阳床）→除盐水箱→除盐水泵→主厂房。

增加超滤反渗透系统后的系统制水流程：中水来水→机械搅拌池→澄清池→清水箱→清水泵→前置过滤器→超滤→反渗透→清水池→化学制水车间（阴阳床）→除盐水箱→除盐水泵→主厂房。

4. 公用设施说明

新增系统的仪用及工艺用压缩空气引自本期新增压缩空气储罐出口母管，酸碱及氧化剂等药剂的储罐可利用已有设施。超滤浓水经收集后输送至机械加速澄清池进口进行循环处理，化学清洗废水排至现有化学系统再生废水处理池，与再生废水一起处理，无须新建工业废水处理设施。

5. 工业废水处理

本次改造工程新增的废水量约为85 t/h，其中超滤浓水及冲洗废水约为30 t/h，经收集后排至废水站备用废水池，经统一收集后，由露天设置的超滤浓水输送泵输送至厂区源水预处理机械加速澄清池进口进行循环处理；反渗透系统的浓水约为45 t/h，经收集后排至循环水前池进行再利用。超滤反渗透系统的化学清洗水约为10 t/h，该废水随排水沟排至现有化学水处理系统的再生废水处理池，与离子交换树脂的再生废水一起进行处理，合格后回用。因此本次工程无须新增工业废水处理设施。

6. 平面布置

本次工程需新增200 m³中水水箱1座，水箱露天布置，设置于现有化学车间外除盐水箱西侧；新增的超滤反渗透组架及相应的配套设备拟布置在新建超滤反渗透车间。

7. 新增系统的控制

本次工程新增系统的运行、反洗及化学清洗等

均采用DCS自动控制，可保证系统的稳定性和可靠性，减轻劳动强度，在原化水车间控制室新增1个操作员站，实现对新增系统的监控，超滤反渗透车间可设就地控制站实现就地控制。

结束语

通过增加超滤反渗透系统改造运行后，锅炉补给水采用中水取代南湾地表水，中水水费0.4元/t，南湾水取水费0.6元/t，综合污水处理费0.56元/t，用水税0.4元/t，合计1.56元/t，综合价格相差1.16元/t，则年节约综合水费约640万元，南湾水源泵站、南湾水管线年度维护费用约150万元，由于水管线投运超20年，沿线泄漏较多，目前平均每年的抢修、赔偿等费用及沿途泄漏导致的水量损失已逾100万元。改造后可大大降低水源泵站、水管线的运维成本，有利于公司今后的生产经营，更有利于树立企业节水、环保形象。综合各方指标分析，公司化学制水采用超滤反渗透技术，锅炉补给水水源由中

水替代南湾水后，年节约费用约850万元，经济效益显著。EA

参考文献

- [1] 夏元敏. 反渗透技术在电厂水处理系统中的应用[J]. 山东工业技术, 2019(14): 181.
- [2] 陈胜喜, 刘小亮. 多介质过滤器、超滤和反渗透技术在中水回用中的应用探讨[J]. 节能, 2014(7): 37-40.
- [3] 宋卉卉, 薛强, 藏斌, 等. 膜技术在城市中水回用于火电厂的应用研究[J]. 电力科技与环保, 2013, 29(2): 19-22.
- [4] 高红. 超滤及反渗透技术在电厂锅炉补给水处理系统中的应用[J]. 工程建设与设计, 2015(4): 93-95.
- [5] 余冬贞. 超滤和反渗透技术在电厂中水回用中的应用[J]. 工业水处理, 2017, 37(11): 101-105.