

纳滤膜技术在火电厂循环水排污处理中的应用

田耕 李煦良 于建忠

(天津市华能杨柳青热电有限责任公司 天津 300380)

[摘要] 简要介绍了纳滤膜技术处理火电厂循环冷却污水的情况。纳滤能有效去除循环冷却污水中的悬浮物和总硬度,降低含盐量。总溶解固体和硬度去除率达90%以上,含盐量去除率达80%以上。处理后的水质符合工业用水和循环水补充水的水质要求。用纳滤膜处理循环冷却废水在技术上是可行的。处理后的水可回用于电厂供水系统,可大大减少火电厂的用水量和工业废水排放量,达到节水和“零排放”的目的。

[关键词] 纳滤膜技术; 火电厂; 循环水排污; 应用

[DOI] 10.12252/j.issn.2096-627X.2021.12.2178

引言

火电厂是工业用水的主要消费者之一,因此在建设这些发电厂的过程中,必须优先采取节水措施,努力实现外部零排放率。在发电厂的工业使用中,水的回收利用代表了补充水的重要部分^[1]。为了补充水处理,选择合理的水回收计划对提高水的使用效率至关重要。

在水压冷却水系统中,必须补充水,以达到蒸发、风吹、泄漏和污水处理造成的水损失所造成的水平平衡。蒸发、风吹和泄漏损失与气候和设备系统结构的影响有关,一般在电站建设后不会改变。废水损失取决于回收水的处理方法,最有可能节约用水^[2]。因此,采用合理高效的循环水处理方法来补充水处理,可以有效地减少废水损失,对整个工厂的节水起到主导作用。

纳米过滤器(NF)是20世纪80年代中后期发展起来的新型薄膜分离工艺。NF膜以前叫反渗透膜。纳米过滤膜开口位于反渗透膜和超滤膜之间,分子量在200~1000之间的有机物具有较高的解调性能,对单位离子和小分子的解调性能相对较低^[3]。结果,纳米过滤器广泛应用于水软化、有机物和生物活性物质的脱盐和浓缩、去除水中三卤代物的前体、不同分子质量有机物的分类和富集、废水的漂白等领域。本设计采用滤膜处理厂的水力冷却水,为取得良好的处理结果和经济效益补充水。

一、技术背景与意义

按照国际标准,人均供水量低于1000t/a的国家属于缺水国家。因此,中国是一个缺水国家,目前缺水量超过千亿 m^3/a 以上,许多地区人均水资源量接近世界著名的缺水国以色列。节约用水已经成为中国的头等大事。为了节约用水,国家正在制定政策,实施一些具体措施,鼓励节约用水,提高水的重复利用率和污水处理的重复利用率,并将逐步实施定量供水、水价上涨、超标准用水罚款等措施。氯碱企业都是大量消耗水和能源的企业,其大量的水和水污染物排放对企业的综合经济效益有重大影响。解决耗水量大、排污量大的问题是缓解氯碱企业所在地区缺水矛盾、改善地表水环境的关键。在这种形势下,能源环境日益恶化,更需要降低能耗,改善营商环境。(1)外部环境。①地理:缺水城市,形势严峻;②社会:自来水价格上涨,生产成本逐渐增加;③政府:控制能源消耗,鼓励企业节水减排。(2)内部环境。①成本:随着油价的上涨,每吨产品的成本呈上升趋势;②

单耗:生产率的提高并不能降低用水量。考虑到内外环境,节水势在必行。另外,从2013年1-12月产量与日均用水量的曲线可以看出,单纯增加产量来降低用水量效果有限;通过分析产量变化与原水单耗的关系可以看出,增加生产负荷来降低水单耗是有限的。虽然生产技术在不断进步,但由于是多年的成熟技术,短时间内不可能有革命性的进步。即使能增加产量,通过增加产量来减少用水量的效果也不明显。因此,污水经深度处理后回用已成为企业降低耗水量、提高效率、清洁生产、节能降耗、减少环境污染的大趋势。

二、火电厂循环冷却排污水的特点

在火电厂循环冷却水的过程中,钙、镁、硫酸盐等离子进入循环水,建筑物冷却过程中热量的传递和交换,增加了这些离子在悬浮物和固体中的溶解度,异物、可溶性气体和土壤等空气中的污染物可能流入水循环系统,在冷却水系统中造成水的生产、粉尘和腐蚀^[5]。此外,在水循环过程中还会引起微生物增殖,从而导致能源浪费、水流量容量减少、换热器效率降低,不仅会造成材料和财政资源的损失,还会造成设备管道的穿孔和腐蚀。

废水冷却过程通过从废水中去除钙、镁、氯等离子体、悬浮液和微生物,然后用水循环系统进行处理和补充,以清洁车辆和煤场进行喷洒,从而节约水资源,减少火电厂的水消耗和废水排放,保护资源,节约工厂成本。

三、循环冷却水排污回收现状及存在问题

循环冷却水是氯碱企业的用水大户。目前各企业都在提高循环冷却水的浓缩倍数以减少排放,但其排放量仍占企业总排放量的相当比例,因此冷却污水的循环利用效益十分可观。因此,大多数企业在建厂的同时,都建设了污水回收系统。与其他化学污水相比,循环水污水的水质更容易恢复,但也存在以下问题。

(一) 水垢

碳酸钙垢是循环水中最容易结垢的。为了保持循环水在最大浓缩倍数下运行,循环水排放的硬度很高。降低循环水排放硬度的方法如下。

1. 直接去除钙和镁离子

循环水被软化以去除 Ca^{2+} 和 Mg^{2+} 。目前常用的软化方法有两种。(1)离子交换树脂法。让水通过离子交换树脂以置换 Ca^{2+} 和 Mg^{2+} 。该方法适用于水量较小的循环水回收系统。(2)石灰软化法。即加入石灰,使水中的碳酸氢钙在澄清池中与

石灰反应，碳酸钙沉淀出来。加石灰成本低，适用于钙含量高、水量大的循环污水（特别是临时硬度大的循环污水）的回用系统。

2. 加入酸或引入CO₂气体

在循环水中加酸（一般是硫酸）或通入CO₂气体降低pH值，使下面的平衡向左移动，碳酸氢盐处于稳定状态。反应方程式如下：

$\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2 = \text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$ 。目前普遍采用加酸法，关键技术是控制加酸量。最好有自动加酸和调节pH值的设备和仪器。乐海恩泰通过向RO浓水中添加盐酸来降低反渗透系统的pH值和结垢。当引入CO₂气体时，还应该控制pH值。

3. 添加阻垢剂

添加阻垢剂的初衷是通过添加阻垢剂破坏CaCO₃的晶体生长，从而控制结垢。

（二）浊度和悬浮固体

为了控制浊度和悬浮物，有以下四方面的努力。（1）对补给水进行预处理可以降低浊度（干净的循环水不易结垢），可以降低污水的浊度，便于回收。（2）做好循环水的水质处理，加入分散剂。（3）增加旁路过滤设备。如果在系统中增加一个旁路过滤器，并控制好入口和出口旁路过滤器的旁路流量和浊度，在长期运行下，系统的浊度可以保持在控制指标之内。乐海恩泰采用以色列浅层砂滤器，已被证明特别有效。（4）通过增加沉淀池、过滤器和超滤设备，可以保证回收水的低浊度和悬浮物。

四、纳滤膜处理技术在火电厂冷却水循环过程中的应用

（一）过滤技术

利用压力驱动的半透膜分离物质的过程是反渗透和过度过滤之间的膜处理——过滤。纳米过滤器的自适应分子量在200~1000 Daltons (1Dalton=1.65×10⁻²⁴g) 之间，分子的大小最好在1nm之间，工作压力必须保持在0.5~1.5MPa之间。近年来，过滤技术不仅被广泛用于生物活性生物体和物质的富集和淡化，还被用于水的软化，反渗透工艺比反渗透工艺压力小，如果满足相同的条件，将节省更多的能量。

滤膜由于滤膜的表层非常松散，膜内有氨基和羧基两个正、负碱基团。滤网膜具有离子选择性，具有一价离子的盐可以部分地透过膜，但并不是无阻挡的。部门研究表明^[8]，部分物质的流动随着工作压力而增加，但物质的淡化速度与压力无关，在实际生产过程中必须严格控制控制流动，否则控制膜会受到严重污染，缩短使用寿命。此外，膜对两种价格离子和高价离子有更大的阻隔能力，过滤膜对高价离子的作用很明显：可以控制水中机器的存在，从而消除污染物的浊度、颜色和硬度，使污染物的硬度降低80%。可以把污染物的颜色减少90%，浊度去除度视为100%。根据相关信息，相同材料的阻隔速度取决于滤膜，可以好好利用。

（二）滤膜加工技术的工艺设计

经过澄清池处理过的冷却排污水，在去除水中的大颗粒后仍然不能满足水过滤要求后，应进行多阶段过滤，并根据物质的特性使用特殊的方法（例如碳酸钙可以用酸调节pH，

然后添加防垢剂）。可以有效地防止碳酸钙饱和和滤膜在25℃时的凝结，使操作过程更加困难。

中国、丽水市、长岛、山东过滤示范项目是中国第一个大规模过滤胶片处理系统。使用海水过滤技术来软化非常坚硬的海水。海水经过一级过滤技术处理后，已达到国家饮用水标准，可以满足补充火电厂水的水质要求^[9]。

工厂的经验表明，纳滤膜的总脱盐性能够保持稳定，对二价离子的脱除性比一价离子稳定，但过滤过程的问题也出现了，流动增加，滤膜受到越来越多的污染，在实际操作过程中必须严格控制膜的流动。

五、结语

本文着重研究过滤技术，以有效去除循环冷却水的悬浮液和总硬度，减少盐量，回收过滤后的水资源，回收火电厂冷却水排水废水，特别是在我国水资源不足的情况下，可以降低成本。回收和使用再生冷却水尤为重要。这篇文章告诉我们应用过滤技术的过程和面临的问题。火电厂解决循环冷却废水的回收和使用问题，不仅可以节省工厂的很大一部分成本，而且有助于环境保护和环境发展的可持续发展。除过滤技术外，在中国循环使用冷却水排水废水还有很多措施。在具体实施过程中，要根据当地水质进行系统分析研究，制定合理的回收利用方案，按照当地政策和科学发展观的要求，循环冷却水的沟渠废水进行回收利用。

参考文献

- [1] 李乐, 马志环, 翟绍晶, 李亚娟, 王正江, 翟佳明, 降晓艳. 纳滤处理火电厂循环水补充水提高浓缩倍率试验研究[J]. 中国电力, 2017, 50(07): 133-137+142.
- [2] 李瑞瑞, 毛进, 李乐, 李文涛. 中水水源循环水排污水高回收率回用工艺应用研究[J]. 水处理技术, 2016, 42(05): 100-105.
- [3] 刘秋生. 超滤-反渗透组合技术处理电厂循环冷却排污水可行性研究[J]. 神华科技, 2014, 12(03): 54-56.
- [4] 文晓翠. 真空膜蒸馏处理循环冷却排污水的试验研究[J]. 河北工程大学, 2013.
- [5] 王善舒. 火电厂循环冷却水排污水回用工艺研究[J]. 企业技术开发, 2012, 31(11): 101-102.
- [6] 周婷婷. 热力电厂用水优化调度以及膜处理其排污水的模型和仿真研究[J]. 华北电力大学, 2012.
- [7] 李景义. 纳滤和反渗透技术用于盐化工废水回用的研究[J]. 天津科技大学, 2011.
- [8] 曾惠明. 循环冷却水软化微碱化协同防垢防腐防污研究[J]. 武汉大学, 2009.
- [9] 安鹏. 纳滤-厌氧氨氧化-高级氧化工艺深度处理干法腈纶废水研究[J]. 大连理工大学, 2013.

作者简介:

田耕(1992—), 男, 汉族, 天津市人, 本科, 毕业于华北电力大学(保定), 助理工程师, 研究方向为电厂化学。