

Study on zero discharge process of desulfurization wastewater in thermal power plant

Libing Lei Feili Wang Xianghua Zheng Zhongchen Sun Wanku Chen

Huaneng Yunnan East Energy Co., Ltd., Qujing, Yunnan, 655000, China

Abstract

With the continuous growth of electricity demand, higher requirements are being placed on the power generation industry. As thermal power plants expand in scale and quantity, their daily production wastewater discharge has significantly increased. If desulfurization wastewater is not properly treated, it will not only harm the environment but also hinder the sustainable development of thermal power plants. Therefore, these facilities should prioritize the application of zero-process discharge technology for desulfurization wastewater, implement optimized treatment methods and environmental protection measures to achieve high-quality development. This study conducts a comprehensive analysis of desulfurization wastewater management in thermal power plants, examines pretreatment processes, explores the content and characteristics of zero-discharge technologies, and proposes optimization strategies for reference by relevant professionals.

Keywords

thermal power plant; desulfurization wastewater; zero discharge process

火电厂脱硫废水零排放工艺研究

雷犁兵 王飞丽 郑祥华 孙中臣 陈万库

华能云南滇东能源有限责任公司, 中国 · 云南 曲靖 655000

摘 要

随着社会用电需求量不断增大, 对发电行业提出了更高的要求。随着规模不断扩大, 数量增多, 火电厂日常生产废水增多。脱硫废水若得不到优化处理, 会对环境造成影响, 也不利于火电厂的进一步发展, 因此火电厂应当重视脱硫废水零工艺排放的应用, 做好优化处理和环境保护, 实现高质量发展, 鉴于此, 开展本文研究工作, 简单概述火电厂脱硫废水的情况, 分析预处理工艺, 探究零排放工艺的内容和特点, 提出优化措施, 以供相关人员参考。

关键词

火电厂; 脱硫废水; 零排放工艺

1 引言

火电厂生产运行产生了大量的烟气脱硫废水。烟气脱硫废水具有强碱强氟的特点, 含有大量的硫化物和悬浮固体。因此国家也越来越重视火电厂脱硫废水的处理, 通过应用零排放工艺, 升级传统工艺, 做好对废水的深度处理, 可以保护环境, 也能促进火电厂的高质量发展。而在具体应用中, 火电厂需要对废水进行预处理, 采取适当的浓缩 + 蒸发结晶、烟气余热蒸发浓缩等相关的工艺技术, 实现零排放的相关标准。

2 火电厂脱硫废水的概述

我国对火电厂水资源论证和环境影响批复中都有具体的要求, 火电厂需要进行废水集中处理。处理后的废水回收

利用严格依照废水零排放的要求进行设计。火电厂的脱硫废水主要来自石灰石 - 石膏法脱硫系统的浆液排水, 成分复杂, 波动大。脱硫废水具有腐蚀性强、含盐量大、硬度高的特性。腐蚀性强而指的是废水中含有较大比例的强酸弱碱盐、工业废酸, 浓度不高, 但腐蚀效果比较强, 不仅会腐蚀火电厂的仪器设备, 还会严重破坏生态环境^[1]。含盐量高主要是受化学制剂的影响, 其中含有大量的强酸弱碱盐。脱硫废水还具有较高的硬度, 十分容易结垢。其中钙镁离子的稳定性不足, 温度上升时, 钙镁离子呈现结晶态, 产生结垢。脱硫废水还具有高悬浮物, 包括石膏颗粒、粉煤灰等, 浓度可达 1000~5000mg/L。脱硫废水中含有多种重金属离子, 存在重金属污染。

3 火电厂脱硫废水的预处理

火电厂脱硫废水预处理工艺主要包括软化处理和固液分离处理。脱硫废水具有高硬度, 浓缩处理中形成碳酸钙、

【作者简介】雷犁兵 (1986-), 男, 中国云南曲靖人, 本科, 工程师, 从事火电厂化学环保工作管理研究。

硫酸钙等无机盐沉淀,使反渗透膜系统或者蒸发结晶反应器出现结垢的情况,影响到系统的正常运行^[2]。预处理的核心目标是去除90%以上的悬浮物,避免堵塞或者磨损后续的设备,降低80%以上的硬度深度去除重金属,并氧化还原性物质,降低设备的腐蚀风险。使用高级化学软化技术,添加碳酸钙颗粒,诱导结晶,提升沉淀效率,可以投加硅酸盐去除剂或者镁剂,强化除硅,可以有效降低废水的硬度和污泥量。使用膜法进行预处理。主要发挥超滤微滤和纳滤作用。超滤与微滤可以深度去除其中的胶体细菌和悬浮物。纳滤能够分离二价离子和一价离子,为分盐结晶提供条件。该方法的出水水质极佳,适合后续膜浓缩或者蒸发结晶。使用电化学预处理,可以同时去除重金属离子,有机物和胶体。

4 火电厂脱硫废水零排放工艺

4.1 浓缩 + 蒸发结晶

浓缩 + 蒸发结晶工艺因处理效果稳定、能实现水与盐的彻底分离,成为当前主流的脱硫废水零排放技术路线之一。核心逻辑是通过预处理降低废水危害、浓缩减少废水体积、蒸发结晶实现水盐分离,最终达到零排放目标。浓缩阶段的核心是通过物理或化学方法减少废水体积,将经预处理后的低浓度废水浓缩为高浓度浓盐水,降低后续蒸发结晶的能耗和处理量。浓缩工艺可分为膜浓缩和蒸发浓缩两类。膜浓缩利用膜的选择透过性,通过压力驱动实现水与盐的分离,水透过膜成为淡水回用,盐则保留在浓水中。蒸发浓缩通过加热使废水中的水分蒸发为蒸汽,蒸汽冷凝后回用,盐分留在浓缩液中。浓缩后废液排入MVR强制循环制盐结晶系统中,蒸发继续,浓缩液的浓度增加,产生结晶岩固液,有效分离^[3]。通过该过程有效处理脱硫废水。膜浓缩 + 蒸发结晶方法的应用,对处理提出了一定要求。

4.2 烟道雾化蒸发

烟道雾化蒸发法是火电厂脱硫废水零处理工艺中的一种处理工艺,它的核心是利用锅炉烟道中的高温烟气余热将脱硫废水雾化后蒸发,使水分转化为蒸汽,然后随烟气排放。而其中的盐分和污染物则会以固态的形式被除尘器捕获,从而实现废水的零排放。首先,脱硫废水经过预处理,通过高压雾化喷嘴喷入锅炉尾部。烟道中高温烟气作用下,雾滴迅速吸热蒸发。在这一过程中,水分快速转化为水蒸气,所以烟道进入脱硫除尘系统中,然后进行排放。而废水中的盐分,例如氯化钠、硫酸钙等^[4]。还有一些未溶解的固体颗粒,会以细小固态颗粒的形式分散在烟气中,最后被除尘器捕获,同飞灰一起处理。在具体应用中需要匹配合适的烟道位置,满足蒸发温度窗口这一特点,如果温度过高,可能会导致一些盐分熔融粘结在烟道壁上,温度过低则导致脱硫废水的蒸发并不完全。温度需要 $\geq 150^{\circ}\text{C}$,确保雾滴在烟道内完全蒸

发,流速需与雾滴运动轨迹相匹配。还要关注预处理的具体情况,若预处理不充分,废水中高浓度的钙镁离子会形成硬垢,沉积在烟道或喷嘴表面,导致传热效率下降,甚至堵塞。

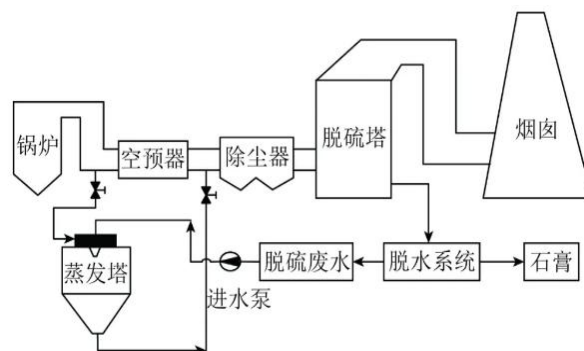


图1 烟道蒸发结晶

4.3 烟气余热蒸发浓缩

烟气余热蒸发浓缩工艺的核心是通过换热器将锅炉烟气中的中低温余热传递给脱硫废水,使废水在密闭设备中蒸发浓缩,可以减少后续末端处理所需的水量。首先,脱硫废水经过预处理之后进入蒸发浓缩器中,和换热器的烟气进行间接热交换。在烟气侧高温烟气流经换热器释放后,温度降低再进入后续的烟道或者脱硫系统中。废气侧吸收烟气热量以后,沸水温度升至 $60\sim 90^{\circ}\text{C}$,水分蒸发为二次蒸汽废水,提升废水浓度,然后进入末端处理单元^[5]。其中的核心装置有余热换热器、蒸发浓缩器、二次蒸汽处理和浓缩处理单元。余热换热器常见的油管式换热器、板式换热器和烟气余热锅炉集成式,可根据情况优化选择。蒸发浓缩器分为常压浓缩器和负压浓缩器。烟气温度决定了浓缩效率,温度越高,单位烟气量的换热量越大,浓缩速率越快。因此在处理中要关注烟气余热品质。废水浓缩的过程中,硫酸钙、碳酸钙等盐分会因过饱和在换热面吸出形成硬垢,导致传热效率降低。该技术的优势是废水与烟气间接换热,盐分不进入烟气,避免飞灰被盐分污染。密封设备中可控蒸发浓缩倍数可达3~10倍,浓缩效果稳定。蒸发产生的二次蒸汽冷凝水水质比较好,可用于脱硫系统补水,实现水资源的回收。

4.4 旋转喷雾蒸发

旋转喷雾蒸发的基本原理是将脱硫废水经旋转雾化器雾化以后,喷入旁路干燥塔中。热烟器将脱硫废水完全蒸发,其中的盐类和杂质转化为固体结晶物,一部分随烟气在烟道口处被除尘器捕集,另一部分进入干燥塔底的灰斗中^[6]。旋转雾化器是旋转喷雾蒸发的关键设备,它能够将废水溶液雾化成小雾滴。小雾滴与高温热烟气充分结合,使水分迅速蒸发。该技术对废水适应性较强,且不需要对废水进行预处理。

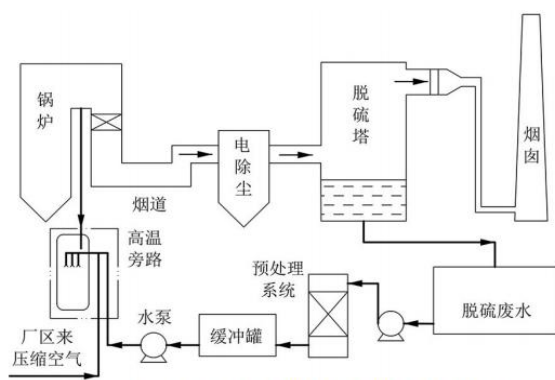


图2 烟气喷雾蒸发

4.5 浓缩 + 干渣蒸发

浓缩 + 干渣蒸发工艺核心是通过浓缩单元减少废水体积,再利用锅炉干渣的余热实现废水蒸发,最终将盐分转移至干渣中。预处理后进行浓缩处理,通过浓缩技术减少废水体积,提高盐浓度,降低干渣蒸发的水量负荷。利用干渣余热实现浓缩废水的蒸发。将浓缩后的高盐废水通过喷嘴均匀喷洒在输送中的干渣表面,或通过搅拌使废水与干渣充分混合。干渣的高温为废水提供蒸发潜热,水分快速汽化,盐分则结晶并附着在干渣颗粒表面,得到有效处理^[7]。蒸发后附着盐分的干渣需合规处置,如果干渣盐分含量较低,可直接送至灰渣填埋场。如果盐分较高,评估综合利用的情况,也可以通过固化处理后填埋,避免盐分溶出污染土壤或地下水。

5 火电厂脱硫废水零排放处理工艺的优化应用

为了充分发挥脱硫废水零排放处理工艺的优势,火电厂还应当重视技术的优化与创新。首先火电厂要加强现行的监管工作,结合国家等相关标准要求,完善规章制度,做好日常运行的监督管理工作,发挥工艺优势,达到良好的处理效果。其次,提升循环水系统的浓缩倍率,可以减少循环水排污的实际耗水量,在这一阶段合理地应用,优化废水处理

设施,分流处理雨水和污水的情况,提高废水的回用率,也能降低废水的实际排放量。第三,优化工艺,实现创新。可以使用高效药剂与协同工艺,开发复合功能药剂,例如混凝螯合一体化药剂,可以提高悬浮物和重金属的去除率。可以使用分置预处理和资源回收的方式,对废水进行预处理回收其中的资源。例如,使用碳化软化工艺,使其中的钙离子以碳酸钙的形式沉淀回收,作为脱硫系统石灰石补充量。对污泥进行减量化处理,可以使用高压板框压力,降低污泥的含水量,减少后续的处置成本。第四,引进先进技术,开展在线监测,利用 AI 算法实时调整药剂的投加量,可以优化整个过程的控制,提升处理效率。

6 结语

综上所述,火电厂脱硫废水零排放工艺的合理应用,可以提高废水处理效率,减少废水的排放量,促进火电厂的稳步发展,因此在具体应用中,火电厂需要结合水质特性,优化工艺设计。做好脱硫废水的预处理,选择合适的零排放处理工艺,实现预期目标,建设更加环保清洁的配套设施,使火电厂获得更多的经济效益和生态效益。

参考文献

- [1] 刘伟雄,范鑫帝,兰叶,等. 火电厂脱硫废水“零排放”预处理工艺探究[J]. 中国环保产业,2024(3):65-68.
- [2] 万德强. 火电厂湿法脱硫废水“零排放”处理工艺浅析[J]. 电力系统装备,2020(17):55-56,195.
- [3] 邱艺雄. 蒸发结晶工艺在火电厂脱硫废水零排放中的应用[J]. 环球市场,2021(10):184.
- [4] 王胜虎. 火电厂脱硫废水零排放研究和实施分析[J]. 仪器仪表用户,2023,30(11):82-86.
- [5] 吕庆. 火电厂脱硫废水零排放技术[J]. 数码设计,2023(1):134-136.
- [6] 刘剑桥. 关于火电厂脱硫废水零排放技术应用[J]. 中国设备工程,2022(8):174-175.
- [7] 孔凡旺. 火电厂脱硫废水零排放处理工艺介绍[J]. 百科论坛电子杂志,2021(4):1817.