

燃煤电厂湿法脱硫废水零排放处理技术进展探析

刘卜玲(山西西山热电有限责任公司, 山西 太原 030023)

摘要: 目前, 燃煤电厂行业中最常见的降低烟气污染的技术和方法就是烟气湿法脱硫, 其能够使燃煤电厂烟气中含硫量有效降低, 确保其对大气造成的硫氧化物污染现象有效规避, 同时也能使酸雨形成的可能性因此降低。石灰石-石膏法是湿法脱硫的主要成熟工艺, 具有显著的脱硫效果, 但值得注意的是, 在应用湿法脱硫技术降低烟气污染的过程中, 往往会有大量废水产生, 此时需要特殊处理这些废水, 避免其污染自然水体导致二次污染现象由此产生。从湿法脱硫废水方面进行分析, 此类废水具备的显著特征体现在较大含盐量、较强腐蚀性、容易结垢等多方面, 所以燃煤电厂应予以高度重视, 针对性处理这些废水, 确保燃煤电厂废水零排放的目标有效实现。

关键词: 燃煤电厂; 湿法脱硫; 废水零排放; 处理技术; 进展

燃煤电厂生产经营过程, 一个最重要的减排工作对象就是含硫烟气, 当前石灰石-石膏湿法脱硫技术是国内外最成熟的烟气脱硫技术之一, 该种脱硫技术的脱硫效率较高, 也能够实现稳定的脱硫质量, 可为脱硫后的烟气排放质量提供保障, 使得其对大气环境造成的污染现象有效避免。但值得注意的是, 使用该种湿法脱硫技术的过程中, 会有一定量的含硫废水产生, 而在不加以处理进行直接排放的情况下, 会导致水资源面临严重污染, 所以必须要深处理湿法脱硫中产生的含硫废水, 确保在达到排放标准的情况下再进行排放。本文首先分析了湿法脱硫废水, 在此基础上探讨了脱硫废水特征和处理现状, 随后阐述了具体的燃煤电厂湿法脱硫废水零排放处理技术及其进展, 希望能为技术应用效果的最大化发挥提供参考。

1 燃煤电厂湿法脱硫废水概述

石灰石-石膏湿法脱硫技术主要是以烟气中二氧化硫、石灰石碳酸钙之间亚硫酸钙的生成反应为主要利用对象, 此时呈现出浆液状态的碳酸钙, 能使烟气中携带的二氧化硫被有效吸收, 以此达到烟气有效净化的目的。受空气作用影响, 吸收塔中的亚硫酸钙溶液会被氧化成硫酸钙, 即石膏, 而脱硫石膏经过脱水后, 可在水泥生产及土壤调节、建筑等多个领域进行回收应用。

石膏脱水过程产生的废水就是湿法脱硫废水, 此类废水具有偏酸性和较高含盐量等特征, 同时也会有大量钙、镁离子存在其中, 所以此类废水具有较高硬度, 结垢堵塞管道及其他结构的现象极易发生; 此外, 这类废水中也会有一定量的阴离子及重金属离子等包含其中, 而受此类离子存在的因素影响, 会导致湿法脱硫废水不能与排放标准相符, 所以需要进行深度处理, 确保其达到排放标准的情况下进行排放^[1]。从当下大多数燃煤电厂实际情况来看, 湿法脱硫废水处理的过程中, 通常都是以物理化学方法的应用为主, 简单来说, 就是借助氧化及中和等方式的应用, 使废水中的阴阳离子脱除, 在此基础上基于沉淀及絮凝等方式, 使废水中的悬浮物及胶状物有效脱除。但值得注意的是, 此类方式的应用很

难使废水中的盐分得到有效脱除, 导致废水处在高盐状态的同时, 直接排放的情况下会提高水体盐度, 也会因此致使流域土地盐碱化问题随之产生。

2 脱硫废水特征及其处理现状

2.1 脱硫废水特征

从我国当下九成以上的燃煤电厂实际情况来看, 烟气中二氧化硫脱除的过程中, 通常都是以石灰石-石膏湿法烟气脱硫技术的应用为主, 而这一脱硫环节必然会有废水产生, 对于此类废水来说, 火电厂吸收塔设备排放的水、燃煤后的烟气、脱硫剂与工艺水为此类废水主要来源途径, 其与其他工业废水有所不同, 此类废水中含有的杂质较多, 如悬浮物及亚硫酸盐、氟化物、硫酸盐等。脱硫废水的特征体现在以下几方面, 所以特别处理尤为重要:

第一, 具有较高的悬浮物浓度, 所以和其他废水之间的共通处理目标难以实现。对于脱硫废水中悬浮物来说, 其向排除系统流入的过程中, 通常都是以石膏形式为主, 加之烟气及脱硫环节会有新碳酸钙及亚硫酸钙等加入其中, 所以具有较高的悬浮物浓度。

第二, 存在较多重金属种类。脱硫废水中的主要污染物就是重金属元素, 虽然说重金属元素并未占据较高质量, 但受多样化的重金属离子种类影响, 如常见的是砷、铅、镉、汞等, 所以具有较大的浓度范围, 而此类重金属污染物的产生通常都是在灰渣系统及锅炉化学清洗等环节, 一般很难出现在其他环节, 因此处理脱硫废水时, 要注重单独处理工作的积极开展, 原因在于同其他废水共同处理的情况下, 会导致重金属离子出现易被其他废水稀释的现象, 最终会给去除效果造成影响^[2]。

第三, 并无较高 pH 值。一般来说, 源自于石膏脱水及清洗系统的脱硫废水, 4.0~5.5 为脱硫废水常见的 pH 值, 有弱酸性特征。

第四, 有较高的化学需要量。脱硫废水处理中, 需要解决的一个重点问题就是 COD 超标, 不同于其他工业废水, 脱硫废水中约含有 200~450mg/L 的原态无机离子, 在和其他废水进行混合处理的情况下, 会大幅度降

低脱硫废水中 COD 去除率。

2.2 脱硫废水处理现状

应用湿法烟气脱硫技术的过程中,要想为脱硫装置中浆液循环系统的平衡运行、石膏质量等提供充分保障,必须要注重浆液中氯离子浓度的科学合理控制,而要想为其浓度不处于较高的状态提供保障,必须要将一部分浆液排除,此时就会产生脱硫废水。这些废水中含有的杂质较多,以相关污水综合排放标准的具体规定、细则内容为参照依据,燃煤电厂脱硫废水向其他废水处理系统排除的前期,要取样监测其中所含重金属含量,确保此类废水达到排放标准的情况下,对外排放方可开展。需注意,因脱硫废水中有重金属离子存在,所以具有较大的毒性,在不能经过对应处理就向自然环境中排放的情况下,此类重金属离子因不能实现自净或生物降解,所以会富集在自然界水体中,而在达到一定数量的情况下,会严重危害自然水体中的生物,因此燃煤电厂必须要将脱硫废水处理、后期治理等工作切实做好^[3]。

目前,多数燃煤电厂针对脱硫废水进行处理的过程中,通常都是以化学沉淀法的应用为主,基于氧化及中和、沉淀等技术的应用,去除脱硫废水中的重金属与悬浮物等污染物。在应用化学沉淀法的过程中,该技术能够简单操作,运行的经济性较高,但在其运行过程需要配备较多设备,所以具有较高的建设成本,且具体运行环节经过该方法处理的废水中,仍然会有高浓度溶解性固体存在其中,如氯化物等,或者是水中 SS 和 COD 等与排放标准不符,回水利用的目标很难实现。而在直接排放的情况下,不仅会导致水资源随之浪费,同时受废水中含盐量较高这一因素影响,也会污染土壤生态及水源,所以必须要针对更先进的废水处理方法进行不断探索和改进。

3 脱硫废水零排放处理技术进展

3.1 蒸发法

湿法脱硫废水零排放处理技术中,一种最常见的技术就是蒸发法,与此同时,具备显著成效的技术之一也是蒸发法。应用蒸发法来处理湿法脱硫废水的过程,高温加热使沸水沸腾蒸发,进而实现水蒸汽的形成为主要原理,而这一过程水蒸汽凝结冷却后,就能够实现水资源的回收目标,确保循环利用目的切实达成;与此同时,废水中污染物会受高温和失水影响,逐渐从液体向晶体状态方面转化,为后续回收和处理提供便利^[4]。对比其他零排放处理技术来说,蒸发法具有较强的可操作性与实用性,能够简单操作,也不会产生较高的能源消耗,属于一种有效的处理技术,可保障湿法脱硫废水的零排放目标切实实现。

3.1.1 强制循环蒸发

湿法脱硫废水具体处理的过程中,此种废水并不能经过一次蒸发就达到零排放目标,其从原液浓缩到减量、结晶等环节往往会需要较长时间,如果选择一次蒸发的

方式应用,会使蒸发效率减缓,也会给蒸发的效果造成影响,所以实际过程更常用的技术为强制循环多次蒸发法。该种技术具体应用环节,一般会串联几个蒸发器,确保不同蒸发器中湿法脱硫废水的浓缩及减量、结晶目标有效实现,达到零排放处理的目的。为确保强制循环蒸发的预期目标更好的实现,需要先软化湿法脱硫废水,使废水中钙镁离子损伤蒸发器结构的现象有效避免。

3.1.2 降膜机械蒸发

该种蒸发法应用过程需要对喷淋设备进行利用,借此使废水能够以水膜形式在加热管表面进行分布,促进蒸发效率有效提高^[5]。从理论方面进行分析,该种蒸发技术比强制循环蒸发法所消耗的蒸发热值要低,同时也具有较高的蒸发效率。但值得注意的是,要想实现有效的蒸发目标,前提是要保障喷淋设备喷淋密度及喷淋量和废水能够在加热管表面呈现出一致的蒸发速度,使废水堆积在加热管表面的现象有效避免,加之规避加热管空载的现象,如此才能确保最佳蒸发效果有些实现,而目前该方面需要进一步探究和实践。此外,在湿法脱硫废水和加热管直接接触的情况下,会提高对加热管材质的要求,此时会导致设备整体费用成本随之增加。

3.2 烟道处理法

在烟道内以喷雾蒸发形式处理湿法脱硫废水的方法之一就是烟道处理法,目前在食品及化工等领域已经广泛应用喷雾蒸发法,但很少应用到废水处理中。选择烟道蒸发法应用进行湿法脱硫废水处理的过程中,首先要选择一定喷射方式进行应用,进而在电气除尘之前的烟道内喷入雾化后的脱硫废水,此时以小滴液形式呈现的废水会先经过高温烟气加热,之后蒸发汽化的现象会迅速出现,而这一过程废水中悬浮物及可溶性固体会向细小固体颗粒方面转变,进而受气流夹带作用影响,会向电除尘器中进入,而在被电极捕捉的情况下,即能够实现良好的去除效果,确保湿法脱硫废水近零排放处理的目标有效实现^[6]。

对比现行脱硫废水处理技术来看,烟道处理法的优势十分显著,即设备简单、化学药剂无需添加、能使现有废水处理系统设备多及投资大、运营成本高等缺点有效改进,可简单操作和运行,能够以灰分形式排除废水中的污染物,污泥处置问题并存在;而因会将废水引入到烟道内,所以利于烟气湿度的适当提高,能使烟气中灰尘颗粒的比电阻有效降低,利于除尘效率的切实提高^[7]。一些研究人员基于计算流体动力学方式的应用,进行了废水液滴在烟道内运动、蒸发等过程数学模型的构建,以此为出发点研究了烟道结构及烟气温度等参数对废水蒸发的影响;还有一些人员系统化研究了液滴群蒸发质量及其关键影响因素等内容,通过计算获得了对应废水排放量的烟道中喷嘴具体布置方式及数量等。但需要注意的是,将适当化学药剂加入脱硫废水中的情况下,烟道蒸发处理操作再开展,能实现协同效应的产生,为

烟气中其他污染物的去除提供促进作用;而将聚合氯化铝及聚合硫酸铁等团聚剂加入到湿法脱硫废水中的情况下,开展烟道蒸发处理操作,不仅能够使废水零排放处理目标有效实现,同时也能够促进烟气中PM_{2.5}去除效率的有效提高,也可实现高效化的工艺除尘。

3.3 软化-烟道法

与烟道处理法不同,软化+烟道法的差别主要体现在软化技术方面,而这也是零排放处理技术的核心内容所在^[8]。目前,软化技术的使用方式主要包含两种:第一种,熟石灰+混凝澄清,此种方式能够使废水中重金属离子及悬浮物、胶状物等物质有效去除;第二种,石灰+碳酸钠+澄清,这种方式能使废水中钙镁离子及硫酸根离子等致使水质过硬的因子有效被去除,确保水质的软化效果有效实现。湿法脱硫废水经软化处理的情况下,向烟道进入并进行气化后,能使其进入大气的污染物数量及密度有效降低,与零排放处理效果更贴近。

3.4 膜分离技术

湿法脱硫废水中有很多物质可以进行回收再利用,如水资源及盐分、重金属离子等,都能够应用到工业生产的其他环节。在现代工业中常见的物质回收技术之一就是膜分离技术,其能够从水体中有效分离污染物,确保水净化目标有效实现的同时,为技术人员开展物质回收工作提供辅助作用^[9]。微滤及超滤、反渗透等为常见的膜分离技术,在面对直径不同的分离对象时,如微滤膜能将0.1~10 μm直径之间的物质截留住;而超滤膜能使2~1.0 μm直径之间的胶体及大分子等物质被截留住;选择膜孔径更小的纳滤膜应用的情况下,能使1~3 Nm直径之间的分子被截留,确保盐分截留和去除目标有效实现,也利于废水中含盐量的切实降低,能够使零排放处理的基础有效夯实。

4 湿法脱硫废水零排放处理技术展望

为了使高含盐废水给环境造成污染的现象有效避免,同时达到水资源回收的目标,社会各界开始越来越重视湿法脱硫废水的零排放处理。而从当下实际情况来看,此种废水零排放处理技术的发展展望主要体现在以下两方面:

4.1 蒸发结晶法

通过此种方法的应用,能使水资源及结晶盐得到有效回收,但该种方法大规模应用的主要限制性因素是能量过高^[10]。除此之外,要想为蒸发结晶器的正常运行、结晶盐品质等提供保障,必须要严格预处理湿法脱硫废水,将废水中硬度及有机物、重金属等去除。所以为确保蒸发结晶法的大规模应用目标有效实现,要在废水减量化预处理技术研发方面提高重视程度,使蒸发工段建设及运行成本有效降低;与此同时,也应针对高效化湿法脱硫废水预处理技术进行积极研发。

4.2 烟道蒸发处理法

该种处理方法具有简单的工艺操作优势,且运行成

本也较低,但值得注意的是,烟道处理法应用的过程中,水资源回收目标不能实现,同时也会有大量潜在的影响因素难以切实确定,如可能会影响后续除尘等工艺,也可能导致烟道腐蚀问题等由此引发。所以,湿法脱硫废水处理中应用烟道蒸发处理法时,要在废水进入烟道后对烟气排放、烟气处理系统的影响等方面加强研究力度。

5 结束语

在我国不断提高综合实力的背景下,经济建设开始得到稳步发展,与此同时,人们也日益提高着对水资源的需求,但在此背景下,也随之加剧了污水排放量。对于燃煤电厂污水排放来说,尤为重要的就是湿法脱硫废水零排放处理技术,其密切关系着生态环境,所以必须要探讨废水零排放中应用的各种处理技术,进而与不同技术应用中的优缺点相结合进行优化和改进,确保我国污水处理技术水平能够不断提高,使水资源循环利用目标切实实现,逐步推进美丽中国的建设。

参考文献:

- [1] 孙继华. 解读燃煤电厂湿法脱硫废水零排放处理技术进展[J]. 科技创新导报, 2020,17(14):71,73.
- [2] 付岚. 燃煤电厂湿法脱硫废水零排放处理技术进展[J]. 中国资源综合利用, 2018,36(4):44-45,48.
- [3] 刘海洋, 江澄宇, 谷小兵, 等. 燃煤电厂湿法脱硫废水零排放处理技术进展[J]. 环境工程, 2016,34(4):33-36,41.
- [4] 胡亚威. 燃煤电厂湿法脱硫废水零排放处理技术分析[J]. 中国战略新兴产业(理论版), 2019(2):0226.
- [5] 李令刚, 蒋琬. 燃煤电厂脱硫废水的零排放处理技术[J]. 百科论坛电子杂志, 2020(15):1965.
- [6] 聂向欣, 郑宗明, 崔孝洋, 等. 燃煤电厂湿法烟气脱硫废水处理技术研究进展[J]. 中国电力, 2018,51(12):175-179.
- [7] 张山山, 王仁雷, 晋银佳, 等. 燃煤电厂脱硫废水零排放处理技术研究应用及进展[J]. 华电技术, 2019,41(12):25-30.
- [8] 夏明洋. 燃煤电厂脱硫废水零排放处理技术与应用[J]. 建材发展导向(上), 2020,18(1):158.
- [9] 冯红利, 赵梦月, 丁舒喆. 燃煤电厂脱硫废水零排放处理技术与应用[J]. 煤炭加工与综合利用, 2019(9):71-77.
- [10] 余晓利, 潘卫国, 郭士义, 等. 燃煤电厂湿法烟气脱硫废水零排放技术进展[J]. 应用化工, 2018,47(1):160-164.

作者简介:

刘卜玲(1970-),女,山西永济人,中级职称,2004年7月取得第二学历,太原理工大学工商管理,本科,毕业后一直从事电厂化学工作,历任电厂化验员、化学专工、发电部副部长、生产技术部副部长、安全环保部副部长等职务。