

火电厂烟气脱硫脱硝及静电除尘运行技术分析

李 响

河北大唐国际张家口热电有限责任公司 河北 张家口 075000

摘 要: 火电厂烟气脱硫脱硝及静电除尘技术对于环境保护至关重要。脱硫技术包括活性炭吸附、湿法烟气脱硫(如石灰石-石膏法)、干法脱硫等,有效减少二氧化硫排放。脱硝技术如SCR、低氮燃烧技术能降低氮氧化物含量。静电除尘技术通过施加电荷收集颗粒物,除尘效率高。这些技术的综合应用有助于火电厂实现环保与经济双重效益。

关键词: 火电厂; 烟气脱硫; 脱硝; 静电除尘运行技术

引言: 随着工业化的快速发展,火电厂作为能源供应的主力军,其烟气排放带来的环境污染问题日益凸显。烟气脱硫脱硝及静电除尘技术作为火电厂减少大气污染物排放的关键手段,对于改善环境质量、保障人类健康具有重要意义。本文旨在深入探讨这些技术的运行原理、特点及发展趋势,以期为火电厂的环保改造和可持续发展提供技术支持和理论依据。

1 烟气脱硫技术分析

1.1 烟气脱硫技术概述

(1) 脱硫原理与目的。烟气脱硫技术的核心原理是通过化学反应或物理吸附的方式,从燃烧产生的烟气中去除硫氧化物(主要是 SO_2),以减少大气污染。这一过程旨在降低烟气中的硫氧化物含量,防止其在大气中转化为硫酸雾或硫酸盐气溶胶,进而形成酸雨或酸雾,对环境造成破坏。脱硫技术的最终目的是保护环境,减少污染物的排放,同时符合国家的环保法规和政策要求。

(2) 脱硫技术分类。烟气脱硫技术按工艺特点可分为干法、半干法和湿法三大类。干法脱硫通常利用固体吸收剂或催化剂直接吸收或催化氧化烟气中的 SO_2 ,不产生废水。半干法脱硫则是脱硫剂在干燥状态下脱硫、在湿状态下再生,或在湿状态下脱硫、在干状态下处理脱硫产物。湿法脱硫则是利用液体吸收剂在湿状态下脱硫和处理脱硫产物,反应速度快,脱硫效率高,但可能产生废水。

1.2 典型烟气脱硫技术

1.2.1 石灰石-石膏湿法脱硫

石灰石-石膏湿法脱硫技术利用石灰石浆液作为脱硫剂,在吸收塔内与烟气中的 SO_2 反应,生成亚硫酸钙,再经氧化、结晶、脱水等步骤生成石膏。该技术是目前应用最广泛的湿法脱硫技术之一,特别适用于大型燃煤锅炉。优点包括脱硫效率高、运行可靠、适应性强等;缺点则包括基建投资费用高、运行费用大、占地面积大、耗水量大及副产物石膏处理难题等。

1.2.2 海水脱硫法

海水脱硫法利用海水的天然碱度吸收烟气中的 SO_2 ,并通过强制氧化将其转化为硫酸盐溶解于海水中。该技术适用于燃煤含硫量小于1.0%的沿海电厂,且以海水作为冷却水直流供水。海水脱硫法具有脱硫率高、不添加脱硫剂、无废弃物处置问题等优点,且投资和运行费用相对较低。然而,排水处理用的中和曝气池占地面积较大,且对海水质量有一定影响^[1]。

1.2.3 双碱法脱硫

双碱法采用钠基脱硫剂进行塔内脱硫,脱硫产物被排入再生池内用氢氧化钙进行还原再生,再生出的钠基脱硫剂再被打回脱硫塔循环使用。双碱法脱硫工艺具有脱硫效率高、不会造成过饱和和结晶导致结垢堵塞问题、适用于中小型锅炉脱硫改造等优点。然而,其再生过程较为复杂,且对脱硫剂的纯度和再生效率要求较高。

1.2.4 其他脱硫技术简介

利用可再生胺溶液吸收 SO_2 ,通过加热或减压等方式再生胺溶液,实现循环使用。该技术具有脱硫效率高、副产品可回收利用等优点。在循环流化床锅炉内添加脱硫剂(如石灰石),与燃料一起燃烧,实现脱硫。该技术适用于中小规模的燃煤锅炉。

1.3 烟气脱硫技术的发展趋势

(1) 高效脱硫技术的研发与应用。随着环保法规的日益严格和烟气排放标准的提高,高效脱硫技术的研发与应用成为必然趋势。通过优化脱硫剂的选择和配比、改进反应器结构和工艺流程等措施,可以显著提高脱硫效率并降低能耗。(2) 脱硫副产品的资源化利用。脱硫副产品的资源化利用是烟气脱硫技术的重要发展方向。通过将脱硫石膏等副产物用于建筑材料、土壤改良等领域,可以实现其经济价值的最大化并减少环境污染。未来,烟气脱硫技术将更加注重副产物的资源化利用和产业链的延伸。

2 烟气脱硝技术分析

2.1 烟气脱硝技术概述

(1) 脱硝原理与目的。烟气脱硝是指在烟气中去除氮氧化物(NO_x)的一种技术。 NO_x 是对大气环境有害的污染物,具有强烈的刺激性和毒性,会导致酸雨、光化学烟雾等环境问题,同时也会危害人类健康。因此,烟气脱硝的主要目的是减少 NO_x 的排放,改善空气质量,保护环境和人类健康。(2) 脱硝技术分类。脱硝技术主要分为低 NO_x 燃烧技术和烟气脱硝技术两大类。低 NO_x 燃烧技术是通过改进燃烧设备或控制燃烧条件,以减少燃烧尾气中 NO_x 的浓度。而烟气脱硝技术则是在烟气处理系统中加入适当的还原剂或催化剂,使 NO_x 还原成氮气和水,达到减少 NO_x 排放的目的。

2.2 典型烟气脱硝技术

2.2.1 选择性催化还原法(SCR)

SCR技术是目前应用最为广泛的烟气脱硝技术。其原理是在催化剂的作用下,利用还原剂(如 NH_3 、液氨、尿素)来“有选择性”地与烟气中的 NO_x 反应,生成无毒无污染的 N_2 和 H_2O 。SCR技术的催化剂多为 $\text{V}_2\text{O}_5/\text{TiO}_2$,反应温度在315~400℃。SCR技术具有 NO_x 脱除效率高、二次污染小等特点,脱硝效率可达80%~90%。然而,SCR技术也存在一些限制,如催化剂的更换费用高、还原剂消耗费用大等^[2]。

2.2.2 选择性非催化还原法(SNCR)

SNCR技术是一种不使用催化剂的烟气脱硝技术。其原理是在高温条件下,将氨或其他还原剂直接喷入烟气中,与 NO_x 反应生成氮气和水。SNCR技术的特点是工艺简单、投资少,适用于已有锅炉的脱硝改造。然而,由于SNCR技术的脱硝效率受温度、混合程度等多种因素影响,因此其脱硝效率相对较低,一般在30%~50%之间。

2.2.3 低 NO_x 燃烧技术

低 NO_x 燃烧技术是通过改进燃烧设备或控制燃烧条件来减少 NO_x 的生成。主要方法包括空气分级燃烧、燃料分级燃烧、浓淡燃烧技术等。低 NO_x 燃烧技术的特点是工艺成熟、投资和运行费用低。然而,由于降低燃烧温度、减少烟气中氧的浓度等都不利于煤燃烧过程本身,因此低 NO_x 燃烧技术减少 NO_x 排放的能力有一定限度^[3]。

2.3 烟气脱硝技术的未来发展

(1) 高脱硝效率技术的研发。随着环保法规的日益严格,对烟气脱硝技术的脱硝效率要求也越来越高。因此,研发高脱硝效率的技术成为未来的发展趋势。例如,通过改进催化剂的性能、优化脱硝工艺等手段,提高SCR技术的脱硝效率;同时,也可以探索新的脱硝技

术,如电子束照射法、活性炭联合脱硫脱硝法等。(2) 脱硝技术的成本优化与环保效益提升。在保证脱硝效率的前提下,降低脱硝技术的成本也是未来的发展方向。例如,通过优化脱硝工艺、提高设备的可靠性和稳定性等手段,减少运行和维护成本;同时,也可以探索将脱硝技术与脱硫技术、除尘技术等相结合,实现多种污染物的协同治理,提高环保效益。此外,还可以考虑利用可再生能源或清洁能源进行脱硝,以减少对化石能源的依赖和减少温室气体排放。

3 静电除尘技术分析

3.1 静电除尘技术原理

(1) 电除尘器的工作原理。静电除尘器是利用高压电场产生的静电力,使含尘气流中的尘粒与气体分离的一种除尘设备。其工作原理是在电除尘器的两个曲率半径相差较大的金属阳极和阴极上,通过高压直流电维持一个足以使气体电离的静电场。空气电离后产生电子、阴离子和阳离子,这些离子在电场中吸附在通过电场的粉尘上,使粉尘获得电荷。荷电粉尘在电场力的作用下,向电极性相反的电极运动并沉积在电极上,从而实现粉尘和气体的分离。(2) 静电除尘的优缺点。静电除尘具有除尘效率高、除尘量大、收集成本低等优点。其除尘效率可高达99.99%,能有效去除微小颗粒。同时,由于没有抽送运动,不会损伤灰尘结构,适用于收集比重、折射率以及热收缩率特别低的微小颗粒。然而,静电除尘也存在一些缺点,如机械结构复杂、操作维护困难,以及使用高压电源可能带来的安全隐患。

3.2 静电除尘技术的应用

(1) 火电厂静电除尘器的配置与运行。在火电厂等燃煤工业中,静电除尘器是常用的除尘设备之一。火电厂静电除尘器通常配置有多电场结构,以提高除尘效率。在运行过程中,通过调节电场强度、气流速度等参数,可以实现对不同粒径粉尘的有效捕集。同时,火电厂静电除尘器还需要定期进行清灰和维护,以保持设备的正常运行和除尘效率^[4]。(2) 静电除尘器的除尘效率与影响因素。静电除尘器的除尘效率受多种因素影响,包括电场强度、气流速度、粉尘粒径分布、粉尘比电阻等。电场强度越高,除尘效率越高;气流速度过大或过小都会影响除尘效果;粉尘粒径越小,越难被捕集;粉尘比电阻过高或过低都会导致除尘效率下降。因此,在实际应用中需要根据具体情况选择合适的静电除尘器类型和运行参数。

3.3 静电除尘技术的改进与发展

(1) 提高除尘效率的技术措施。为了提高静电除尘

器的除尘效率,可以采取多种技术措施。例如,采用新型催化剂和电极材料,提高电晕放电效率和电子附着能力;优化电场结构和气流分布,减少电场盲区;采用湿式电除尘器技术,利用水雾对粉尘的洗涤和凝聚作用提高除尘效率等。(2)静电除尘与其他除尘技术的结合应用。静电除尘技术可以与其他除尘技术相结合应用,以实现更高效、更环保的除尘效果。例如,将静电除尘与布袋除尘相结合形成电袋复合除尘器,可以克服单一除尘技术的局限性,提高除尘效率和稳定性;将静电除尘与湿式脱硫技术相结合,可以同时去除烟气中的粉尘和二氧化硫等污染物,实现多污染物协同控制。

4 火电厂烟气脱硫脱硝及静电除尘技术的综合应用

4.1 综合应用案例分析

4.1.1 我国典型火电厂的烟气处理系统

我国某大型火电厂采用了一系列先进的烟气处理技术,构建了完善的烟气处理系统。该系统主要包括预除尘、湿法脱硫、SCR脱硝和高效静电除尘等关键环节。预除尘环节通过初步过滤,减少进入后续环节的烟尘量;湿法脱硫利用石灰石浆液与烟气中的二氧化硫反应,生成石膏副产品;SCR脱硝则利用催化剂将烟气中的氮氧化物转化为氮气和水蒸气;最后,高效静电除尘器进一步去除微小颗粒,确保烟气达到排放标准。

4.1.2 烟气处理流程与效果评估

烟气处理流程紧凑且高效。烟气首先经过预热器降温后,进入预除尘器,去除大部分烟尘。随后,烟气进入脱硫塔,与石灰石浆液充分接触,二氧化硫被高效去除。脱硫后的烟气再进入SCR反应器,在催化剂的作用下,氮氧化物被还原为无害物质。最后,经过高效静电除尘器的进一步净化,烟气中的颗粒物浓度大幅降低,最终排放的烟气符合国家环保标准。评估显示,该系统脱硫效率可达95%以上,脱硝效率超过80%,颗粒物去除率超过99%。

4.2 技术整合与优化

4.2.1 脱硫、脱硝、除尘技术的协同作用

脱硫、脱硝和除尘技术之间存在显著的协同作用。脱硫过程中,石灰石浆液在去除二氧化硫的同时,也能吸附部分颗粒物,降低后续除尘器的负担。脱硝过程中,SCR催化剂不仅促进氮氧化物的分解,还对烟尘颗粒具有一定的捕集作用。静电除尘器则作为最后一道防

线,确保烟气中的颗粒物被彻底去除。这种协同作用提高了整体处理效率,降低了运营成本。

4.2.2 技术整合中的关键问题与解决方案

技术整合中的关键问题主要包括设备选型、工艺匹配、催化剂性能和副产品处理。为解决这些问题,火电厂需根据烟气成分、处理规模和环保要求,选择合适的脱硫、脱硝和除尘设备;同时,优化工艺流程,确保各环节顺畅衔接;选用高性能的催化剂,提高脱硝效率;并妥善处理副产品,如石膏等,实现资源的综合利用。

4.3 环保效益与经济性分析

4.3.1 烟气处理技术的环保效益

烟气处理技术的实施显著减少了火电厂的大气污染物排放,对改善空气质量、保护生态环境具有积极作用。同时,减少了酸雨和光化学烟雾等二次污染的形成,提高了公众的生活质量。

4.3.2 烟气处理技术的经济成本与投资回报

虽然烟气处理技术的初期投资较大,但长期来看,其环保效益和经济效益显著。通过减少污染物排放,火电厂避免了因环保不达标而面临的罚款和停产风险;同时,副产品如石膏等的销售也为火电厂带来了一定的经济收益。

结束语

综上所述,火电厂烟气脱硫脱硝及静电除尘技术的运用对于减少大气污染、保护环境起到了至关重要的作用。随着环保法规的日益严格和技术的不断进步,这些技术也在不断创新和完善。未来,我们应继续加强技术研发,提高处理效率,降低运行成本,同时注重资源的综合利用和产业链的延伸,以实现火电厂的绿色发展。通过全社会的共同努力,我们定能构建更加清洁、高效的能源体系。

参考文献

- [1]王学勇,张华.电厂锅炉烟气除尘技术的研究进展[J].机械工程,2022,(07):71-72.
- [2]刘翔宇.电厂脱硝技术的优化设计与应用[J].环境科学与技术,2023,(10):110-111.
- [3]高峰,朱俊杰.脱硫脱硝除尘一体化技术的研究现状[J].清洁能源,2024,(02):22-23.
- [4]张志军.火电厂锅炉脱硫脱硝及烟气除尘技术研究[J].能源与化学,2021,(12):126-127.