

火电厂烟气脱硝技术的现状与展望

项聿龙¹ 陈强² 高鹏伟¹ 周海陆¹

1. 华能新华发电有限责任公司 黑龙江 大庆 163000

2. 华能肇东生物质能发电有限公司 黑龙江 肇东 151100

摘要: 随着电力需求的不断增加,火电厂作为主要的能源供应方式,其烟气排放中的氮氧化物(NO_x)成为主要的大气污染物之一。烟气脱硝技术作为控制NO_x排放的重要手段,在火电厂中的应用日益广泛。本文旨在探讨火电厂烟气脱硝技术的具体应用现状,分析其技术原理与特点,并对未来发展趋势进行展望,以期为火电厂的清洁排放提供理论参考和技术支持。

关键词: 火电厂;烟气脱硝技术;应用现状;展望

引言

火电厂在电力生产中产生的大量烟气,若未经有效处理直接排放,将严重污染大气环境,引发酸雨、光化学烟雾等环境问题。因此,烟气脱硝技术成为火电厂实现清洁排放的关键。本文将从火电厂烟气脱硝技术的具体应用出发,详细分析现有技术的原理与特点,并展望其未来发展趋势。

1 火电厂烟气脱硝技术概述

1.1 NO_x的形成机理

NO_x是火电厂烟气中的主要污染物之一,主要包括NO和NO₂。其形成机理可分为热力型、燃料型和快速型三种。热力型NO_x在高温下由空气中的氮气氧化生成;燃料型NO_x则源于燃料中的有机氮化物在燃烧过程中的转化;快速型NO_x生成量较少,通常可忽略不计。

1.2 脱硝技术分类

火电厂烟气脱硝技术主要分为干法、半干法和湿法三大类。其中,干法以选择性催化还原(SCR)技术和选择性非催化还原(SNCR)技术为代表,具有脱硝效率高、适应性强等优点。SCR技术通过催化剂作用,在适宜温度下将氨气与NO_x反应生成氮气和水;SNCR技术则无需催化剂,直接在高温条件下完成还原反应。

2 火电厂烟气脱硝技术的应用现状分析

2.1 SCR技术的应用

SCR(Selective Catalytic Reduction)技术因其卓越的脱硝效率和长期运行的稳定性,在我国火电厂中得到了广泛的应用和推广。SCR系统的核心组成部分主要包括氨气制备系统、脱硝反应系统以及烟气再热系统,每一部分都发挥着不可或缺的作用。在氨气制备系统中,通常通过液氨蒸发或尿素热解的方式来制备所需的氨气。这一过程需要精确控制氨气的流量和浓度,以确保后续脱

硝反应的顺利进行。脱硝反应系统是SCR技术的核心,烟气在除尘处理后进入SCR反应器。反应器内部布置有催化剂层,烟气中的NO_x在催化剂的作用下与喷入的氨气发生还原反应,生成无害的氮气和水蒸气。这一反应过程需要严格控制反应温度、烟气流速以及氨气与NO_x的摩尔比,以达到最佳的脱硝效果。烟气再热系统则用于将脱硝后的烟气加热至适宜的温度,以防止烟气在排放过程中因温度过低而凝结成酸雾,对环境和设备造成损害。同时,烟气再热还有助于提高烟气的抬升高度,有利于污染物的扩散^[1]。在实际应用中,SCR技术展现出了其高效脱硝的能力。通过优化催化剂的选型和布置、精确控制反应条件以及加强系统的运行维护,火电厂能够实现NO_x排放的大幅降低,满足严格的环保要求。此外,SCR技术还具有较强的适应性和灵活性,能够应对不同工况和煤种的变化,确保脱硝效果的稳定。因此,SCR技术在我国火电厂烟气脱硝领域发挥着举足轻重的作用,为减少大气污染、保护生态环境做出了积极贡献。

2.2 SNCR技术的应用

SNCR(Selective Non-Catalytic Reduction)技术,因其较低的投资成本,在一些对NO_x排放要求不那么严格的老旧火电机组改造中得到了广泛应用。相较于SCR技术,SNCR系统的构成相对简单,其核心设备主要包括还原剂储存与供应系统、喷枪以及相关的控制系统。在实际应用中,SNCR技术通过喷枪将还原剂(如氨水、尿素溶液等)直接喷入火电厂的炉膛或烟道内。在高温条件下,还原剂迅速热解并与烟气中的NO_x发生化学反应,生成氮气和水蒸气,从而实现脱硝的目的。然而,由于SNCR技术不依赖催化剂,其反应条件相对较难精确控制。具体来说,SNCR技术的脱硝效率受到多种因素的影响,包括反应温度、还原剂的种类和浓度、烟气的流

速和成分等。其中，反应温度是影响脱硝效率的关键因素。如果温度过低，还原剂与NO_x的反应速率将减慢，导致脱硝效率下降；而如果温度过高，则可能导致还原剂被氧化，同样会降低脱硝效率。因此，在实际应用中，需要精确控制炉膛或烟道的温度，以确保SNCR技术能够达到最佳的脱硝效果。尽管SNCR技术具有投资成本低、改造简单等优点，但由于其脱硝效率相对较低，且反应条件难以精确控制，因此在一些对NO_x排放要求较高的场合，SNCR技术可能无法满足严格的环保要求。

2.3 联合脱硝技术的应用

联合脱硝技术是一种创新的策略，它将SCR与SNCR或其他脱硝技术相结合，旨在提高整体的脱硝效率并降低运行成本。这种技术在实际应用中已经取得了显著的效果，成为火电厂烟气脱硝领域的一种重要选择。具体来说，联合脱硝技术通常会在SCR反应器前设置SNCR装置。当烟气经过SNCR装置时，高温条件下，喷入的还原剂与烟气中的NO_x发生反应，实现初步的脱硝。这一步骤主要利用了SNCR技术的高温还原作用，能够有效降低NO_x的浓度。随后，烟气进入SCR反应器，在催化剂的作用下，剩余的NO_x与氨气进一步发生还原反应，生成无害的氮气和水蒸气。通过这两级脱硝过程，联合脱硝技术能够实现高效的NO_x去除。在实际应用中，联合脱硝技术展现出了其独特的优势。首先，通过SNCR技术的初步脱硝，可以减少SCR反应器中催化剂的用量，从而降低投资成本^[2]。其次，SNCR技术的高温还原作用能够减轻SCR反应器的负担，延长催化剂的使用寿命，进一步降低运行成本。此外，联合脱硝技术还具有较强的适应性和灵活性，能够应对不同工况和煤种的变化，确保脱硝效果的稳定。

3 应用中存在的问题

一是催化剂问题。催化剂作为SCR技术的核心部件，在实际运行中却面临着易磨损、易中毒的困境。催化剂的磨损程度与飞灰的浓度和流速成正比，飞灰浓度越高、流速越快，催化剂的磨损就越严重。而催化剂中毒则主要由烟气中的碱金属、重金属离子等引起，这些物质会与催化剂发生反应，导致催化剂活性降低甚至失效。催化剂的这些问题直接影响了脱硝效率和系统稳定性，使得火电厂烟气脱硝效果大打折扣。二是氨逃逸与空预器堵塞问题。氨逃逸是SCR技术中的常见问题之一，过量的氨气未与NO_x充分反应而直接排入烟气中，这不仅浪费了氨气资源，还与烟气中的SO₃反应生成硫酸氢铵（NH₄HSO₄）。硫酸氢铵是一种具有粘性的物质，容易在空预器上沉积并堵塞空预器。空预器堵塞不仅会影

响系统的热交换效率，降低系统性能，还可能引发安全事故，对火电厂的正常运行构成威胁。三是流场不均匀性问题。脱硝系统流场的不均匀性也是影响脱硝效率的重要因素之一。由于烟道设计、烟气流速分布不均等原因，脱硝系统的流场往往存在不均匀现象。流场不均匀会导致喷氨量分布不均，使得部分区域NO_x浓度过高或过低。这种情况不仅会影响整体的脱硝效果，还可能导致部分区域氨气过量逃逸或NO_x排放超标，给火电厂的烟气治理带来挑战。

4 未来展望

4.1 技术创新

展望未来，火电厂烟气脱硝技术将持续迈向更高效、更环保的发展道路。在这一进程中，技术创新将成为推动脱硝技术进步的关键因素。针对现有的SCR技术，研发新型催化剂将是未来的一个重要方向。新型催化剂将致力于提高催化活性、增强热稳定性和抗中毒能力，从而进一步提升SCR技术的脱硝效率和长期运行稳定性。同时，优化反应条件也将是技术创新的重点，包括调整反应温度、优化氨气与NO_x的摩尔比、改进烟气流动状态等，以实现更高效的脱硝过程。除了对现有技术的改进，新型脱硝技术的研发也将是未来的一大亮点。电子束辐照技术作为一种先进的烟气处理技术，通过高能电子束对烟气进行辐照，引发一系列复杂的物理化学反应，从而实现NO_x的高效去除。该技术具有处理效率高、无二次污染等优点，有望在火电厂烟气脱硝领域得到广泛应用^[3]。此外，脉冲电晕法也是一种具有潜力的新型脱硝技术。该技术利用高压脉冲电源在电极间产生电晕放电，使烟气中的NO_x在电场作用下发生化学反应，生成无害物质。脉冲电晕法具有设备简单、操作方便、能耗较低等优点，同样值得关注和研发。

4.2 系统优化

针对烟气脱硝系统，进行优化设计和改造是提升其性能和效益的关键途径。通过一系列的技术手段和管理措施，可以有效提高系统的稳定性和可靠性，同时降低能耗和运行成本。首先，优化浆液循环系统是系统优化的重要环节。通过对浆液循环泵、管道和喷嘴等关键部件进行优化设计，可以改善浆液的流动状态和分布均匀性，从而提高脱硝效率和减少浆液浪费。此外，采用先进的控制系统对浆液循环过程进行精确控制，可以进一步降低能耗和减少维护成本。其次，改进烟气再热系统也是降低能耗和提高系统效率的有效手段。通过对烟气再热器的结构和热交换方式进行优化，可以提高热交换效率，减少能源浪费。同时，采用先进的热回收技术，

可以将烟气中的余热进行回收利用,进一步提高系统的能源利用效率。除了对系统本身的优化,加强副产物的资源化利用也是实现烟气脱硝系统可持续发展的重要方向。例如,对脱硝过程中产生的废液和废渣进行资源化利用,可以将其转化为有价值的资源或能源,从而实现废物的减量化、资源化和无害化。这不仅可以降低系统的运行成本,还可以减少对环境的影响。

4.3 政策推动与标准提升

在环保意识日益增强的背景下,火电厂烟气脱硝技术的应用受到了政策层面的强力推动。随着国家环保政策的日益严格和排放标准的不断提升,火电厂面临着更加紧迫的减排压力,这也为烟气脱硝技术的发展提供了强大的驱动力。具体而言,政府将出台一系列激励措施和政策支持,以鼓励火电厂积极采用先进的烟气脱硝技术。这些政策可能包括财政补贴、税收优惠、绿色信贷等多种形式,旨在降低火电厂采用新技术的经济负担,提高其减排的积极性。同时,政府还将加强对火电厂烟气排放的监管力度,确保所有火电厂都能够严格按照排放标准进行排放。对于未能达标排放的火电厂,将依法依规进行处罚,以形成有效的震慑力。在标准提升方面,国家将不断完善和更新火电厂烟气排放标准,以适应日益严格的环保要求。新标准将更加严格地限制NO_x等污染物的排放浓度,推动火电厂不断提升烟气脱硝技术的效率和稳定性。此外,政府还将加强对烟气脱硝技术的评估和认证工作,确保所采用的技术能够达到预期的减排效果。

4.4 智能化与自动化发展

展望未来,火电厂烟气脱硝技术将显著地向智能化和自动化方向迈进。这一趋势将深刻改变脱硝系统的运行与管理模式,带来前所未有的效率与稳定性提升。核心在于引入先进的监测系统和控制技术。这些系统能够

实时、准确地监测烟气中的NO_x浓度、温度、压力等关键参数,为脱硝过程提供精确的数据支持。与此同时,先进的控制技术将基于这些实时数据,对脱硝系统的各个组成部分进行精准调控,确保其在最优状态下运行。这不仅提高了脱硝效率,还有效降低了系统的能耗和维护成本。此外,大数据分析技术的运用也将为火电厂烟气脱硝带来革命性的变化。通过对海量运行数据的深度挖掘和分析,可以揭示出脱硝过程的内在规律和潜在优化空间。基于这些分析结果,技术人员可以对脱硝策略进行有针对性的调整和优化,进一步提升脱硝效果。大数据分析还能够帮助预测系统的未来运行状态,提前发现潜在问题,从而有效避免非计划停机和维护^[4]。智能化与自动化的发展还将带来火电厂烟气脱硝系统管理模式的革新。传统的人工监控和操作将被高度自动化的系统所取代,大大降低人力成本,同时提高系统的响应速度和准确性。

结语

火电厂烟气脱硝技术在实现清洁排放方面发挥着重要作用。本文详细分析了现有技术的原理与特点,并展望了其未来发展趋势。随着技术的不断创新和政策的持续推动,火电厂烟气脱硝技术将朝着更高效、更环保的方向发展,为环境保护和可持续发展做出更大贡献。

参考文献

- [1]许方园.火电厂烟气脱硝脱硝技术研究进展[J].绿色环保建材,2021,(11):32-33.
- [2]刘光华.火电厂烟气脱硝工艺方案技术经济比较研究[J].矿业装备,2021,(02):50-51.
- [3]许晟源.火电厂烟气脱硝脱硝技术应用与节能环保研究[J].中国设备工程,2023,(13):213-215.
- [4]刘欢.火电厂烟气脱硝脱硝技术的应用[J].化工管理,2021,(25):45-46.