

# 火电厂脱硫脱硝除尘一体化技术的研究与应用

关志成<sup>1</sup> 刘旭<sup>2</sup> 郭伟<sup>3</sup>

1. 华能集团有限公司北方联合电力达拉特发电厂 内蒙古 鄂尔多斯 014300
2. 中国华能北方公司达拉特电厂 内蒙古 鄂尔多斯 014300
3. 中国华能北方公司达拉特电厂 内蒙古 鄂尔多斯 014300

**摘要:** 本文探讨火电厂锅炉脱硫脱硝系统的优化路径,重点分析水循环系统和运行体系的优化策略。水循环系统优化方面,强调水质管理、循环效率提升、废水处理与回用及自动化控制的重要性。运行体系优化则涉及运行策略调整、设备配置优化、维护管理加强及智能化升级等方面。通过这些措施,旨在提高脱硫脱硝系统的整体性能和可靠性,降低运行成本,减少环境污染。

**关键词:** 火电厂; 脱硫脱硝; 除尘一体化; 技术研究

## 1 脱硫脱硝一体化技术相关概述

脱硫脱硝一体化技术是一种先进的环保技术,旨在将烟气中的二氧化硫(SO<sub>2</sub>)和氮氧化物(NO<sub>x</sub>)等污染物同时脱除,以实现烟气排放的清洁化。该技术相较于传统的分段脱除技术,具有工艺简化、设备集成度高、运行成本较低等优势。脱硫脱硝一体化技术基于化学反应原理,通过特定的吸收剂和反应条件,将烟气中的SO<sub>2</sub>转化为石膏等无害物质,同时将NO<sub>x</sub>转化为氮气(N<sub>2</sub>)排放,从而大幅降低烟气中的污染物浓度。根据应用机理的不同,该技术可分为联合脱硫脱硝技术和同时脱硫脱硝技术。前者是将单独脱硫和脱硝技术整合后的一体化技术,而后者则是在一个过程中同时完成SO<sub>2</sub>和NO<sub>x</sub>的脱除,具有更高的技术集成度和效率。脱硫脱硝一体化技术广泛应用于火力发电、钢铁、水泥、石化等行业的烟气治理中。它不仅能有效减少大气污染物的排放,还能通过副产品的回收利用,实现资源的最大化利用。例如,该技术产生的硫酸铵等副产品可用作农业肥料,既减少污染物的排放,又促进农业的发展。

## 2 火电厂脱硫脱硝除尘一体化技术优势

火电厂脱硫脱硝除尘一体化技术具备显著的技术优势,第一、高效协同,该技术将脱硫、脱硝与除尘三个独立的环保处理过程整合为一个系统,通过优化设计与运行控制,实现了各处理单元之间的协同作用,从而显著提高了整体污染物的去除效率。这种高效协同不仅减少处理步骤,还降低了能耗和成本<sup>[1]</sup>。第二、空间与成本节约,一体化设计大幅减少占地面积,使得火电厂在有限的土地资源上能够更有效地部署环保设施。由于减少设备的重复建设和维护成本,整体投资成本也相应降低,为火电厂的可持续发展提供有力支持。第三、操

作简便与维护便利,脱硫脱硝除尘一体化技术采用集成化控制系统,实现了对整个处理过程的智能化监控和调节,大大简化了操作流程,由于设备布局紧凑、模块化设计,使得日常维护和检修工作更加便捷高效,减少了停机时间和维护成本。第四、环保效益显著,该技术能够有效降低火电厂烟气中的二氧化硫、氮氧化物和颗粒物等污染物的排放浓度,达到甚至超过国家环保标准,对改善大气环境质量、保护生态环境具有重要意义。通过副产品的回收利用,如脱硫石膏的再利用,还实现了资源的循环利用,促进了经济的绿色发展。

## 3 火电厂过滤系统的运行优化方案分析

### 3.1 脱硫工艺优化

火电厂的脱硫工艺优化是提升环保性能、降低排放污染的关键环节。在脱硫工艺的优化过程中,主要可以从几个方面进行考虑和实施:(1)技术选型与升级:脱硫技术的选择需根据火电厂的实际情况,如煤种条件、燃煤含硫量、场地布置等因素综合考虑。目前,海水脱硫技术因其高效、无二次污染等特点,在沿海地区的火电厂中得到广泛应用。该技术利用海水中的碱性成分吸收烟气中的SO<sub>2</sub>,达到脱硫效果。对于内陆地区的火电厂,石灰石-石膏脱硫技术则是主流选择,其工艺成熟、稳定性高,且脱硫效率能达到95%以上。同时,随着技术的发展,应关注新型脱硫技术如活性炭脱硫技术的研发与应用,以进一步提高脱硫效率和降低运行成本。(2)系统运行优化:在脱硫系统运行过程中,需关注石灰石浆液的制备、吸收塔内的反应效率以及石膏的脱水处理等环节。通过优化石灰石的粒径分布和配比,提高吸收塔内的传质效率;调整吸收塔内的pH值和液位,确保SO<sub>2</sub>的吸收效果;优化石膏脱水工艺,减少废水产生和

能耗。此外，还应加强对脱硫废水的处理，通过中和、沉淀等工艺降低废水中的污染物浓度，实现达标排放或回用。（3）设备维护与管理：定期对脱硫设备进行维护和检修，确保设备处于良好运行状态。加强对吸收塔、浆液泵、石膏脱水机等关键设备的监测和故障诊断，及时发现并处理潜在问题。

### 3.2 脱硝工艺优化

脱硝工艺的优化对于减少火电厂烟气中的NO<sub>x</sub>排放具有重要意义。在脱硝工艺的优化过程中，根据火电厂的实际情况选择合适的脱硝技术，目前，SCR（选择性催化还原）技术是应用最广泛的脱硝技术之一，其脱硝效率高、稳定性好。对于新建或改造的火电厂，应考虑采用低氮燃烧技术结合SCR技术的综合脱硝方案，以实现更低的NO<sub>x</sub>排放<sup>[2]</sup>。关注新型脱硝技术如SNCR（选择性非催化还原）与SCR联合脱硝技术的研究与应用，以进一步提高脱硝效率和降低成本。SCR技术的核心在于催化剂的选择与优化，催化剂的活性、选择性和稳定性直接影响脱硝效果。需根据火电厂的烟气成分、温度等条件选择合适的催化剂，并定期对催化剂进行更换和再生处理。加强对催化剂运行状态的监测和评估，及时调整催化剂的用量和分布，确保脱硝效果。喷氨控制是SCR技术中的关键环节之一，通过优化喷氨策略和控制逻辑，可以提高脱硝效率并降低氨逃逸率。具体措施包括：根据SCR入口NO<sub>x</sub>浓度和烟气流量实时调整喷氨量；优化喷氨格栅和混合器的设计，提高氨与烟气的混合均匀性；加强对氨逃逸的监测和控制，确保氨逃逸率在规定范围内。加强对脱硝系统的运行管理和维护保养工作，制定合理的运行规程和操作规程，确保系统稳定运行；定期对系统进行巡检和检修工作，及时发现并处理潜在问题；加强对脱硝废气的监测和处理工作，确保废气达标排放或回用。还应加强与其他环保系统的协同作用，如与除尘系统、脱硫系统的联动控制等，以实现更好的环保效果。

## 4 火电厂脱硫脱硝除尘一体化技术

### 4.1 干式同时脱硫脱硝一体化技术

干式同时脱硫脱硝一体化技术作为火电厂环保处理领域的一项重要创新，以其独特的优势在近年来逐渐受到业界的关注。第一、技术原理与特点：干式同时脱硫脱硝一体化技术通常基于吸附-催化或催化还原的原理。在吸附-催化过程中，烟气首先通过含有活性组分的吸附剂层，SO<sub>2</sub>和NO<sub>x</sub>被吸附并部分转化为易于处理的形态。随后，在催化剂的作用下，剩余的NO<sub>x</sub>通过还原反应转化为氮气（N<sub>2</sub>）排放。该技术具有处理过程无需额外水源、无废水产生、设备腐蚀小等优点，特别适用

于水资源匮乏或环保要求严格的地区。第二、应用实例与效果：目前，干式同时脱硫脱硝一体化技术已在部分火电厂得到应用。例如，某些采用活性炭或改性活性炭作为吸附剂的系统，在适宜的条件下能够同时达到较高的脱硫和脱硝效率。这些系统不仅能够有效降低烟气中的污染物浓度，还能通过回收活性炭中的有用成分实现资源的循环利用。此外，一些新型干式脱硫脱硝材料如钙基吸收剂、金属氧化物等也在研究中展现出良好的应用前景。第三、挑战与展望：尽管干式同时脱硫脱硝一体化技术具有诸多优势，但其在实际应用中仍面临一些挑战。如吸附剂的再生问题、催化剂的活性和选择性下降、以及高温条件下系统的稳定性等。未来，随着材料科学的进步和工艺技术的不断优化，干式同时脱硫脱硝一体化技术有望在火电厂环保领域发挥更大的作用。通过开发更高效的吸附剂、催化剂和再生技术，以及优化系统设计和运行参数，可以进一步提高脱硫脱硝效率、降低运行成本并减少对环境的影响。

### 4.2 湿法烟气同时脱硫脱硝技术

湿法烟气同时脱硫脱硝技术是另一种在火电厂广泛应用的高效环保技术。该技术通过向烟气中喷入含有吸收剂或催化剂的溶液，在湿态条件下同时去除SO<sub>2</sub>和NO<sub>x</sub>，实现脱硫脱硝的一体化处理。（1）技术原理与特点：湿法烟气同时脱硫脱硝技术主要包括氧化吸收法、还原吸收法和吸收-催化法等。其中，氧化吸收法通过氧化剂将NO<sub>x</sub>氧化为高价态氮氧化物后一并脱除；还原吸收法则利用还原剂将NO<sub>x</sub>还原为氮气后脱除；而吸收-催化法则结合了吸收和催化两种机制，通过催化剂加速NO<sub>x</sub>的还原或分解反应。湿法技术具有脱硫脱硝效率高、吸收剂利用率高、适应性强等优点，特别适用于处理高浓度、高湿度的烟气。（2）应用实例与效果：湿法烟气同时脱硫脱硝技术在国内外火电厂中已有大量应用实例。一些新型的湿法吸收剂如镁基吸收剂、有机胺溶液等也在研究中展现出良好的应用前景。这些系统不仅能够有效降低烟气中的污染物浓度，还能通过回收吸收液中的有用成分实现资源的循环利用<sup>[3]</sup>。（3）挑战与展望：湿法烟气同时脱硫脱硝技术也面临一些挑战，如吸收液的再生与循环利用问题、设备的腐蚀与磨损问题、以及高能耗问题等。未来，随着技术的进步和工艺的优化，湿法烟气同时脱硫脱硝技术有望在提高处理效率、降低运行成本、减少能耗和排放等方面取得更大的突破。

### 4.3 等离子体技术

等离子体技术在火电厂脱硫脱硝除尘一体化处理中展现出独特的优势和潜力。该技术利用高能电子束、射

频放电或脉冲电晕等方式产生非平衡等离子体,通过等离子体中的活性粒子与烟气中的SO<sub>2</sub>、NO<sub>x</sub>和颗粒物等污染物发生化学反应,实现污染物的去除和转化。其一、技术原理与特点:等离子体技术具有处理效率高、反应速度快、适用范围广等特点。在脱硫过程中,等离子体中的活性粒子能够将SO<sub>2</sub>氧化为硫酸或硫酸盐;在脱硝过程中,则通过还原反应将NO<sub>x</sub>转化为氮气。等离子体还能促进烟气中颗粒物的凝聚和沉降,提高除尘效率。等离子体技术还具有操作灵活、易于与其他环保技术集成等优点。其二、应用实例与效果:虽然等离子体技术在火电厂脱硫脱硝除尘一体化处理中的应用仍处于研究和示范阶段,但已有一些成功的案例表明其具有良好的应用前景。

## 5 火电厂锅炉脱硫脱硝系统优化路径

### 5.1 水循环系统优化

在火电厂锅炉脱硫脱硝系统中,水循环系统扮演着至关重要的角色,其优化对于提升整个系统的效率和稳定性具有重要意义。首先,应加强对原水的水质监测与管理,确保进入系统的水质符合工艺要求。通过预处理措施如沉淀、过滤等,去除水中的悬浮物、杂质等,减少对系统设备的磨损和堵塞。优化循环水泵的选型与配置,确保水流在系统中的分布均匀,减少能耗和泵送损失,采用高效的热交换器或冷却设备,提高水循环过程中的热回收效率,降低能耗。加强对脱硫脱硝过程中产生的废水处理,通过化学沉淀、生物处理等方法去除废水中的有害物质,实现废水的达标排放或回用。回用水可用于系统内部的冲洗、冷却等环节,减少新鲜水的消耗。引入先进的自动化控制系统,对水循环系统的各项参数进行实时监测与调节,通过PID控制、模糊控制等算法,实现水量的精确控制和系统的稳定运行,提高水资源的利用率和系统的整体性能。

### 5.2 系统运行体系的优化

火电厂锅炉脱硫脱硝系统的运行体系优化涉及多个方面,旨在通过调整运行策略、优化设备配置和加强维

护管理,提高系统的整体性能和可靠性。根据火电厂的实际运行情况和环保要求,合理调整脱硫脱硝系统的运行策略,同时,加强与其他环保系统的协同作用,如与除尘系统、脱汞系统等联动控制,实现污染物的综合治理。对脱硫脱硝系统中的关键设备进行优化配置和升级换代,选用高效、低耗、耐腐蚀的设备材料,提高设备的运行可靠性和使用寿命<sup>[4]</sup>。对老旧设备进行改造升级,如更换高效催化剂、优化吸收塔结构等,以提升系统的处理能力和效率。建立完善的设备维护管理制度,定期对脱硫脱硝系统进行检查、维护和保养。加强对关键设备的监测和故障诊断,及时发现并处理潜在问题,加强人员培训和技术交流,提高维护人员的专业技能和应急处理能力。推动脱硫脱硝系统的智能化升级,引入大数据、云计算、人工智能等先进技术,通过构建智能化运维平台,实现系统的远程监控、故障诊断和预测性维护。

### 结束语

火电厂锅炉脱硫脱硝系统的优化是提升环保性能、实现可持续发展的关键。通过水循环系统和运行体系的综合优化,不仅能有效提高脱硫脱硝效率,还能降低能耗和排放,为火电厂的绿色发展提供有力支撑。未来,随着技术的不断进步和环保要求的日益严格,火电厂应持续探索和优化脱硫脱硝技术,为构建生态文明社会贡献力量。

### 参考文献

- [1]范薇薇.火电厂烟气脱硫脱硝一体化技术分析[J].工程建设与设计,2020(20):116-117.
- [2]石利银.火电厂烟气脱硫脱硝一体化技术研究[J].应用能源技术,2020(08):36-38.
- [3]高峰.电厂锅炉脱硫脱硝及烟气除尘技术[J].资源节约与环保,2020(10):5-6.
- [4]张宏伟.简析锅炉脱硫脱硝及烟气除尘技术[J].低碳世界,2020,10(10):17-18.