

锅炉脱硫脱硝设备运行效率提升策略

赵 恒

河北省廊坊市广阳区北旺乡大枣林村廊坊热电厂 河北 廊坊 065000

摘要：针对锅炉脱硫脱硝设备运行效率的提升，本文提出综合性策略。通过优化设备结构、选用高效吸收剂与催化剂、加强运行参数监控与自适应调整，以及实施操作与维护的规范化管理，可以有效提高设备的脱硫脱硝效率，降低能耗和成本。这些策略的实施对于实现环保与经济效益的双赢具有重要意义，为锅炉脱硫脱硝设备的稳定运行和持续优化提供有力支持。

关键词：锅炉脱硫脱硝；设备运行；效率提升

引言：随着全球环境保护意识的日益增强，锅炉脱硫脱硝设备运行效率的提升成为了工业发展中的重要课题。高效的脱硫脱硝技术不仅有助于减少大气污染物排放，保护生态环境，还能降低企业的运营成本，提升经济效益。本文旨在探讨锅炉脱硫脱硝设备运行效率提升的有效策略，通过优化设备结构、监控运行参数、规范操作与维护管理等方面，为实现绿色、高效的工业发展贡献力量。

1 锅炉脱硫脱硝设备技术原理及运行机理

1.1 锅炉脱硫技术原理

锅炉脱硫技术主要针对烟气中的二氧化硫（ SO_2 ）进行去除，以减少其对环境的污染。目前，锅炉脱硫技术中最为普遍和成熟的是钙法脱硫，其技术原理主要包括以下几个步骤：（1）吸收剂的制备：采用石灰石（主要成分为 CaCO_3 ）作为脱硫吸收剂，将其加水配制成石灰石浆液。石灰石浆液中的 CaCO_3 在吸收塔内与烟气中的 SO_2 发生化学反应。（2）化学反应过程：当烟气进入吸收塔时，其中的 SO_2 与石灰石浆液中的 CaCO_3 接触并发生反应，生成亚硫酸钙（ CaSO_3 ）。这个过程是一个气液固三相反应，需要一定的反应时间和合适的反应条件。

（3）亚硫酸钙的氧化：为了将亚硫酸钙转化为更稳定的硫酸钙（ CaSO_4 ），通常会在吸收塔内或后续的氧化系统中加入强制氧化剂（如空气），使亚硫酸钙被氧化为硫酸钙。硫酸钙的溶解度较低，易于从溶液中析出，形成固体颗粒。（4）固体颗粒的处理：从吸收塔中排出的含有硫酸钙的浆液经过固液分离设备（如旋流器、过滤器等）进行分离，得到固体硫酸钙颗粒和清液。固体硫酸钙颗粒可以作为建筑材料或进一步加工利用，而清液则返回吸收塔循环使用。（5）除了钙法脱硫外，还有以 MgO 为基础的镁法脱硫、以 Na_2SO_3 为基础的钠法脱硫等。这些脱硫方法各有特点，但基本原理都是通过吸收

剂与烟气中的 SO_2 发生化学反应，生成稳定的化合物从而去除 SO_2 。

1.2 锅炉脱硝技术原理

锅炉脱硝技术主要针对烟气中的氮氧化物（ NO_x ）进行去除。目前，常用的脱硝技术包括选择性催化还原（SCR）、非选择性催化还原（SNCR）等。选择性催化还原（SCR）：SCR技术通过在锅炉烟道系统中引入脱硝催化剂，并利用氨气（ NH_3 ）作为还原剂，将烟气中的 NO_x 在催化剂的作用下还原为氮气（ N_2 ）和水（ H_2O ）。SCR技术具有脱硝效率高、适应性强等优点，但催化剂的成本较高。非选择性催化还原（SNCR）：SNCR技术是通过在烟气管道中注入相应的脱硝剂（如尿素或氨水），在高温下使脱硝剂与烟气中的 NO_x 发生反应，将其还原为 N_2 和 H_2O 。SNCR技术不需要催化剂，成本较低，但脱硝效率相对较低。还有浓缩少氧燃烧（LNB）、燃烧排放物再循环（FGR）等脱硝技术。这些技术通过调整燃烧过程或燃烧条件来减少 NO_x 的生成^[1]。

1.3 设备运行机理分析

锅炉脱硫脱硝设备的运行机理涉及多个方面，包括吸收剂的制备与输送、化学反应的控制、固体颗粒的处理以及控制系统的调节等。吸收剂的制备与输送：吸收剂的制备和输送系统需要确保吸收剂的浓度和流量稳定，以满足脱硫脱硝的需求。同时还需要考虑吸收剂的消耗和补充问题。化学反应的控制：化学反应是脱硫脱硝的核心过程，需要控制反应条件（如温度、压力、浓度等）以优化反应效果。还需要对反应产物进行及时分离和处理。固体颗粒的处理：固体颗粒的处理系统需要确保固体颗粒的分离效率和处理效果。还需要考虑固体颗粒的再利用和处置问题。控制系统的调节：控制系统是锅炉脱硫脱硝设备的重要组成部分，需要根据烟气中的 SO_2 、 NO_x 浓度以及设备运行参数等信息，实时调节喷

嘴的雾化程度、氨水流量等参数，以确保脱硫脱硝效果达到最佳。总的来说，锅炉脱硫脱硝设备的运行机理是一个复杂的系统工程，需要各个部分协同工作才能实现高效、稳定的脱硫脱硝效果。

2 目前锅炉脱硫脱硝设备运行中存在的问题

目前锅炉脱硫脱硝设备运行中存在的问题主要体现在几个方面：设备运行稳定性问题不容忽视，脱硫脱硝设备在长时间运行过程中，由于部件磨损、腐蚀以及积灰等因素，可能导致设备性能下降，运行不稳定。这会严重影响设备的脱硫脱硝效率，增加设备的故障率和维修成本。能耗和成本问题也是当前锅炉脱硫脱硝设备运行中的一大挑战，脱硫脱硝过程需要消耗大量的能源，如电力、蒸汽等，而某些高效脱硝技术还需要使用价格昂贵的催化剂，这使得运行成本显著增加。如何在保证脱硫脱硝效果的同时降低能耗和成本，是当前亟待解决的问题。设备运行过程中产生的二次污染问题也不容忽视，脱硫脱硝过程中可能会产生废水、废渣等污染物，如果处理不当，将会对环境造成二次污染。技术更新与升级也是当前锅炉脱硫脱硝设备运行中存在的问题，随着环保标准的不断提高和技术的不断进步，传统的脱硫脱硝技术已经难以满足当前的环保要求。如何及时引进新技术、更新设备，提高脱硫脱硝效率，是当前锅炉脱硫脱硝设备运行中需要解决的重要问题。

3 锅炉脱硫脱硝设备运行效率影响因素分析

3.1 设备运行参数影响因素

锅炉脱硫脱硝设备的运行效率首先受到设备运行参数的影响。这些参数包括但不限于吸收剂的投加量、反应温度、反应时间、催化剂活性等。吸收剂的投加量：吸收剂的投加量是影响脱硫效率的关键因素，如果投加量不足，将导致烟气中的二氧化硫无法被完全吸收，从而影响脱硫效率。反之，如果投加量过多，虽然能提高脱硫效率，但会增加运行成本和固废产生量。反应温度：反应温度是影响脱硫脱硝化学反应速率的重要因素。在一定范围内，提高反应温度可以加快化学反应速率，提高脱硫脱硝效率。但是，过高的温度可能导致催化剂失活或吸收剂分解，从而降低脱硫脱硝效率^[2]。反应时间：反应时间也是影响脱硫脱硝效率的重要因素。增加反应时间可以使烟气中的二氧化硫和氮氧化物与吸收剂或催化剂充分接触并反应，从而提高脱硫脱硝效率。但是，过长的反应时间会增加设备占地面积和运行成本。催化剂活性：对于采用催化还原技术的脱硝设备来说，催化剂的活性是影响脱硝效率的关键因素。催化剂的活性受到温度、湿度、毒物等多种因素的影响。如果

催化剂活性降低或失活，将导致脱硝效率下降。

3.2 燃煤质量及燃烧情况对效率的影响

燃煤质量和燃烧情况对锅炉脱硫脱硝设备的运行效率也有着重要的影响。燃煤质量：燃煤中的硫分和氮分含量直接影响烟气中二氧化硫和氮氧化物的浓度，硫分和氮分含量越高，烟气中的二氧化硫和氮氧化物浓度就越高，从而增加了脱硫脱硝的难度和成本。燃煤中的灰分含量也会影响脱硫脱硝设备的运行效率。灰分含量高的燃煤在燃烧过程中会产生更多的固体颗粒和飞灰，这些固体颗粒和飞灰可能会覆盖在催化剂或吸收剂表面，影响其活性或反应性能。燃烧情况：燃烧情况对脱硫脱硝效率的影响主要体现在燃烧温度和燃烧方式两个方面。燃烧温度是影响二氧化硫和氮氧化物生成的重要因素。在一定范围内提高燃烧温度可以促进二氧化硫和氮氧化物的生成，从而增加脱硫脱硝的难度。燃烧方式也会影响烟气中二氧化硫和氮氧化物的浓度和分布。

3.3 其他外部因素影响分析

除了设备运行参数和燃煤质量及燃烧情况外，还有一些其他外部因素也会对锅炉脱硫脱硝设备的运行效率产生影响。烟气成分：烟气中的其他成分如氧气、水蒸气、一氧化碳等也会对脱硫脱硝效率产生影响。例如，烟气中的氧气可以促进二氧化硫的氧化反应从而有利于脱硫；而水蒸气则可能与二氧化硫反应生成硫酸蒸气从而增加脱硫难度^[3]。设备维护和管理：设备的维护和管理情况也会对脱硫脱硝效率产生影响。如果设备维护不当或管理不善可能导致设备性能下降或出现故障从而影响脱硫脱硝效率。因此加强设备的维护和管理是保证脱硫脱硝设备高效运行的重要措施。操作人员的技能和经验：操作人员的技能和经验也会对脱硫脱硝效率产生影响。熟练的操作人员可以根据实际情况灵活调整设备运行参数和处理异常情况从而保证设备的稳定运行和高效脱硫脱硝。

4 锅炉脱硫脱硝设备运行效率提升策略

4.1 设备优化调整方案

为提升锅炉脱硫脱硝设备的运行效率，首先需要对设备进行全面的优化调整。吸收剂与催化剂的选用：选用高效、低耗、环保的吸收剂和催化剂是提升脱硫脱硝效率的关键。对于脱硫设备，应选择具有高活性、高比表面积和良好耐磨性的石灰石作为吸收剂；对于脱硝设备，则应选用催化效率高、寿命长、抗毒性能好的催化剂。设备结构改进：针对设备运行过程中存在的阻力大、能耗高等问题，可以通过改进设备结构来降低阻力、减少能耗。例如，优化吸收塔内部结构，增加喷嘴

数量和布置密度,以提高吸收剂的分布均匀性和反应效率;在脱硝设备中增加催化剂的装载量,提高脱硝反应的有效区域。烟气预处理:在脱硫脱硝设备前增设烟气预处理系统,如除尘器、脱硫剂等,以去除烟气中的粉尘、二氧化硫等污染物,降低对脱硫脱硝设备的负荷,提高设备运行效率。自动化控制系统升级:通过升级自动化控制系统,实现对设备运行参数的实时监控和自动调节。利用先进的传感器、执行机构和控制系统,实现设备的智能化运行,提高运行效率和稳定性。

4.2 运行参数监控与调整策略

运行参数的监控与调整是提升锅炉脱硫脱硝设备运行效率的重要手段。实时监控运行参数:通过安装在线监测仪表和传感器,实时监控设备的运行参数,如烟气流量、二氧化硫浓度、氮氧化物浓度、反应温度等。这些参数的变化可以反映设备的运行状况和脱硫脱硝效率。数据分析与优化:对实时监测到的数据进行分析,找出影响脱硫脱硝效率的关键因素。根据分析结果,优化调整设备运行参数,如吸收剂投加量、反应温度、反应时间等,以提高脱硫脱硝效率^[4]。自适应调整策略:根据实时监测到的数据和设备运行状况,采用自适应调整策略,自动调整设备运行参数。例如,当烟气中二氧化硫浓度升高时,自动增加吸收剂投加量;当反应温度降低时,自动提高加热装置的温度。建立预警机制:通过设定设备运行参数的阈值,建立预警机制。当运行参数超出阈值时,自动发出预警信号,提醒操作人员及时采取措施,防止设备故障或运行效率下降。

4.3 操作与维护规范化管理

操作与维护的规范化管理是确保锅炉脱硫脱硝设备高效运行的基础。制定操作规程:制定详细的操作规程,明确设备的操作流程、注意事项和应急处理措施。确保操作人员能够按照规程进行操作,减少误操作和设

备故障的发生。加强培训与教育:对操作人员进行定期培训和教育,提高其操作技能和安全意识。使操作人员能够熟练掌握设备的操作方法、运行参数调整方法和故障处理技巧。建立巡检制度:定期对设备进行巡检,检查设备的运行状态、安全性能和排放情况。发现问题及时处理,确保设备处于良好的运行状态。维护保养与检修:定期对设备进行维护保养和检修,清理设备内部的积灰、积垢等杂质,更换磨损或老化的零部件。确保设备的性能稳定和运行效率。建立台账与档案管理:建立设备的台账和档案管理制度,记录设备的运行数据、维护记录、检修记录等信息。便于对设备的使用情况和性能进行分析和评估,为设备的优化调整提供依据。通过上述措施的实施,可以有效提升锅炉脱硫脱硝设备的运行效率,降低能耗和成本,实现环保与经济效益的双赢。

结束语

随着环保要求的日益严格,提升锅炉脱硫脱硝设备运行效率已成为行业发展的必然趋势。本文提出的策略不仅有助于解决当前设备运行中存在的问题,还能为未来设备的升级和改造提供有益参考。期待通过不断的技术创新和管理优化,推动锅炉脱硫脱硝技术向更高效、更环保的方向发展。

参考文献

- [1]朱健.锅炉脱硫脱硝设备运行效率提升策略[J].工程技术研究,2024,6(2):69-71.DOI:10.12346/etr.v6i2.9021.
- [2]路辉.分析火电厂脱硝技术及脱硫脱硝发展的研究[J].科技创新与应用,2019(31):114-115.
- [3]赵新莹.雷华.对火电厂大气污染物烟气脱硫脱硝的技术研究[J].山东工业技术,2019(04):196.
- [4]刘可可.火电厂烟气脱硫喷淋吸收塔设计[J].南方农机,2021,50(20):127-89.