

# 火力发电厂烟气脱硝技术研究

张睿

中化环境科技工程有限公司 辽宁 沈阳 110000

**摘要:** 随着工业化进程的加速和能源需求的不断增长,火力发电厂作为主要的能源供应方式之一,其烟气排放问题日益受到关注。烟气中的氮氧化物( $\text{NO}_x$ )是大气污染的主要来源之一,对环境和人类健康造成了严重的影响。因此,开展火力发电厂烟气脱硝技术研究,对于减少 $\text{NO}_x$ 排放、保护生态环境和推动可持续发展具有重要意义。本文将从火力发电厂烟气脱硝的重要性、烟气脱硝的技术及未来发展进行综述和分析。

**关键词:** 火力发电厂;氮氧化物;烟气脱硝技术;未来发展方向

## 引言

火力发电厂作为能源供应的重要组成部分,在为社会提供电力资源的同时,也面临着严重的环境污染问题。其中,烟气中的 $\text{NO}_x$ 排放是火力发电厂主要的污染源之一。 $\text{NO}_x$ 不仅会导致酸雨、光化学烟雾等环境问题,还会对人类健康造成威胁。因此,如何有效控制和减少火力发电厂烟气中的 $\text{NO}_x$ 排放,已成为当前环保领域的重要课题。以下将从火力发电厂烟气脱硝技术的角度出发,探讨其研究技术及未来发展。

### 1 火力发电厂烟气脱硝技术的重要性

在当前的能源结构中,火力发电厂作为电力供应的主要来源,其运行产生的烟气排放对环境造成了显著影响。其中,氮氧化物( $\text{NO}_x$ )作为烟气中的主要有害成分之一,其对环境和人体健康的危害不容忽视。因此,火力发电厂烟气脱硝技术的研究与应用,对于保护环境、促进可持续发展具有重要意义<sup>[1]</sup>。第一,从环境保护的角度来看,火力发电厂烟气中的 $\text{NO}_x$ 是导致大气污染的主要元凶之一。 $\text{NO}_x$ 排放到大气中后,会与空气中的水分和氧气发生化学反应,形成硝酸和硝酸盐,导致酸雨现象的发生,酸雨不仅会破坏土壤和植被,还会腐蚀建筑物和文物,给社会带来巨大经济损失, $\text{NO}_x$ 还会与空气中的其他污染物相互作用,形成光化学烟雾,对人类健康造成威胁。因此,通过烟气脱硝技术降低 $\text{NO}_x$ 排放,是保护大气环境、维护生态平衡的重要举措。第二,从可持续发展的角度来看,火力发电厂烟气脱硝技术的应用有助于推动能源结构的优化和转型。随着全球气候变化和环境问题日益严重,发展清洁能源、降低化石能源的使用比例已成为全球共识。火力发电厂作为化石能源的主要消耗者之一,其烟气排放的减少将有助于降低对化石能源的依赖,推动能源结构的多元化和清洁化,促进相关产业的发展和科技创新,为经济社会的可持续发展提供有

力支撑。第三,从社会责任的角度来看,火力发电厂作为能源供应的重要支柱,其运行产生的烟气排放对社会和公众的健康安全具有重要影响。通过烟气脱硝技术降低 $\text{NO}_x$ 排放,是火力发电厂履行社会责任、保障公众利益的重要体现。这不仅有助于提升企业的社会形象和声誉,还将为企业带来更好的经济效益和社会效益。

## 2 火力发电厂烟气脱硝常见技术研究

### 2.1 催化还原法(SCR)

SCR法,即选择性催化还原法,是目前火力发电厂烟气脱硝技术中应用最为广泛的一种方法<sup>[2]</sup>。该方法的核心在于利用催化剂,使烟气中的 $\text{NO}_x$ (氮氧化物)与还原剂(如氨气、尿素等)在较低的温度下发生选择性催化还原反应,生成氮气和水蒸气,从而达到脱硝的目的。首先,SCR法的脱硝效率较高,一般可达到90%以上,且具有较高的适应性和灵活性,它可以根据不同的烟气成分和工况条件进行调整和优化,以满足不同火力发电厂的实际需求。其次,SCR法还具有良好的经济性和可靠性,因此得到了广泛的应用。随着催化剂技术的不断进步和新型催化剂的研发,SCR法的脱硝效率和稳定性得到了进一步提高。新型催化剂具有更高的催化活性和选择性,能够在更低的温度下实现高效的脱硝效果,催化剂的寿命也得到了延长,降低了运行成本和维护成本。接着,针对低负荷工况下SCR脱硝系统入口烟温较低的问题,研究者们提出了多种优化方案。例如,通过热水再循环技术,将部分热水引入SCR反应器,提高反应器内的温度,从而确保催化剂在适宜的温度范围内工作。最后,省煤器旁路方案也是一种有效的优化措施,它可以在低负荷工况下减少进入SCR反应器的烟气量,同时提高烟气温度,保证SCR脱硝系统的正常运行。实施这些优化方案,显著提升了SCR脱硝系统的运行效率和稳定性,同时有效降低了能源消耗和污染物排放,为环保事业做出了积极

贡献。

## 2.2 非催化还原法 (SNCR)

SNCR法是一种无需催化剂参与的脱硝技术,其工作原理是在烟气中直接喷入还原剂(如尿素、氨水等),使还原剂与烟气中的 $\text{NO}_x$ 在高温条件下(通常在 $900^\circ\text{C}$ 至 $1100^\circ\text{C}$ 之间)发生化学反应,生成氮气和水蒸气,从而达到脱硝的目的。相比SCR法,SNCR法的投资成本相对较低,因为其不需要昂贵的催化剂。然而,SNCR法的脱硝效率也相对较低,一般仅能达到30%~50%左右。但是,SNCR法的脱硝效果受到多种因素的影响,如烟气温度、还原剂种类和浓度、烟气成分等。所以在实际应用中,需要根据火力发电厂的具体工况条件进行调整和优化。随着环保要求的不断提高和技术的不断进步,研究者们对SNCR法进行了深入的研究和改进。一方面,通过优化还原剂的喷入方式和喷入量,提高还原剂与 $\text{NO}_x$ 的混合均匀性,从而提高脱硝效率;另一方面,通过引入先进的控制技术和自动化系统,实现对SNCR脱硝系统的精确控制和优化运行。此外,研究者们还积极探索将SNCR法与SCR法相结合,形成SNCR-SCR联合脱硝技术。这种技术可以在较低的温度下实现高效的脱硝效果,同时降低投资和运行成本,具有良好的应用前景。

## 2.3 吸收剂法

吸收剂法在火力发电厂烟气脱硝技术主要依赖于氨碱溶液对烟气中 $\text{NO}_x$ 的吸收作用。这种方法的核心在于利用化学吸收的原理,将 $\text{NO}_x$ 从烟气中转移到液相中,进而实现其脱除。在吸收过程中,常用的吸收剂有氨水和尿素溶液。这些吸收剂能够与 $\text{NO}_x$ 发生化学反应,生成相应的硝酸盐。例如,当使用氨水作为吸收剂时, $\text{NO}_x$ 会与氨水中的 $\text{NH}_3$ 反应生成硝酸铵( $\text{NH}_4\text{NO}_3$ )或亚硝酸铵( $\text{NH}_4\text{NO}_2$ )。这些生成的硝酸盐在后续的工艺中可以通过进一步的处理,如脱水和脱硫等,转化为氮气( $\text{N}_2$ ),从而达到脱硝的目的。吸收剂法具有一些明显的优点。第一,它可以在较低的温度下运行,这使得其在某些特定的工况下具有更高的适用性。第二,吸收剂法对于 $\text{NO}_x$ 的去除效率较高,且能够同时去除烟气中的其他污染物,如二氧化硫( $\text{SO}_2$ )等。第三,该方法还具有较高的可靠性和稳定性,能够在较长时间内保持较高的脱硝效率。但是,吸收剂法也存在一些挑战和限制。首先,吸收剂的消耗量和成本是一个需要考虑的问题,在吸收过程中,吸收剂会与 $\text{NO}_x$ 发生反应而被消耗,因此需要定期补充,吸收剂的成本也会影响到整个脱硝系统的经济性。在选择和配置吸收剂时,需充分考虑烟气中的 $\text{NO}_x$ 浓度、温度、压力等参数,氨水和尿素溶液等常见吸

收剂各有优劣,氨水吸收能力强但易挥发,尿素溶液则相对稳定但成本较高。因此,需根据电厂实际情况综合评估,选出最合适的吸收剂。

## 2.4 其他脱硝技术

在火力发电厂烟气脱硝技术的领域中,除了广泛应用的SCR法(选择性催化还原法)和SNCR法(选择性非催化还原法)外,研究者们还不断探索和开发其他脱硝技术,以期找到更高效、更经济的解决方案<sup>[1]</sup>。(1)电子束照射法是一种利用电子束对烟气中的 $\text{NO}_x$ 进行辐射处理的技术。它通过电子束的能量使烟气中的 $\text{NO}_x$ 分子发生电离和激发,进而与烟气中的其他成分发生化学反应,最终生成氮气和水蒸气。然而,电子束照射法需要消耗大量的电能,设备复杂,且运行成本较高,因此在实际应用中受到一定的限制。(2)活性炭吸附法则是利用活性炭的吸附性能来去除烟气中的 $\text{NO}_x$ 。活性炭具有丰富的孔隙结构和较大的比表面积,能够有效吸附烟气中的 $\text{NO}_x$ 分子。但是活性炭吸附法存在吸附饱和的问题,一旦达到饱和就需要进行再生处理,而再生过程既复杂又耗能,因此在实际应用中需要综合考虑各种因素。(3)臭氧氧化法、光催化氧化法等。这些技术各有特点,但在实际应用中均存在一定的局限性。例如,臭氧氧化法虽然能够高效去除 $\text{NO}_x$ ,但臭氧的生产和储存都存在一定的安全风险;光催化氧化法则需要光源的照射才能发挥作用,且光催化剂的制备和再生也是技术难题之一。

## 3 火力发电厂烟气脱硝技术未来发展方向

### 3.1 技术创新与效率提升

随着全球对于环境保护意识的不断提高,火力发电厂作为重要的能源供应基地,其烟气排放问题也日益受到关注。因此,如何通过技术创新提升脱硝效率,减少污染物排放,成为了未来发展的重要方向。目前,选择性催化还原(SCR)技术已经在火力发电厂烟气脱硝领域占据了主导地位。然而,该技术在实际应用中仍存在一些挑战,如催化剂成本高、操作温度高等问题。为了解决这些问题,未来的研发工作将更加注重催化剂的创新,通过研发新型催化剂,提高催化剂的活性,降低操作温度,不仅可以降低脱硝成本,还能提高脱硝效率。此外,非选择性催化还原(SNCR)技术也将得到进一步的研究和发展。与SCR技术相比,SNCR技术具有操作温度低、无需催化剂等优点,但其脱硝效率相对较低。所以,未来的研发工作将致力于提高SNCR技术的脱硝效率,降低其运行成本,使其成为一种更加经济、实用的脱硝技术。除了催化剂和技术的创新外,未来的研发工作还将关注反应条件的优化,通过优化反应温度、反应时间等参

数,可以进一步提高脱硝效率,降低能源消耗。

### 3.2 智能化与自动化

随着物联网、大数据、人工智能等现代信息技术的迅猛发展,火力发电厂烟气脱硝技术正朝着智能化和自动化的方向迈进。这一变革不仅将极大地提升脱硝效率,还能确保系统运行的稳定性和安全性,为火力发电厂的绿色转型提供强有力的技术支撑。(1)智能化技术的应用使得烟气脱硝过程能够实现精准控制。通过在脱硝系统中安装各种传感器和监测设备,可以实时收集和分析烟气排放数据,包括温度、压力、浓度等关键参数,这些数据将传输到中央控制系统,通过智能算法进行处理和分析,实现对脱硝过程的精确控制。这不仅可以确保脱硝效率的最大化,还能减少不必要的能源消耗和污染物排放。(2)自动化技术的应用将进一步提高烟气脱硝系统的运行效率。通过引入自动化控制系统,可以实现脱硝设备的自动启停、自动调节等功能,系统能够根据实时数据自动调整运行状态,确保脱硝过程的高效运行的同时,自动化控制系统还能实时监测设备的运行状态和故障风险,一旦发现问题,将自动触发报警机制,提醒工作人员及时处理,从而避免事故的发生。

(3)大数据技术的应用将为烟气脱硝系统的优化提供有力支持。通过收集和分析大量的历史数据,可以挖掘出系统的运行规律和潜在问题,这些数据将用于指导系统的优化和改造,进一步提高脱硝效率和运行稳定性,还能帮助预测系统的未来运行趋势,为火力发电厂提供决策支持。

### 3.3 发展联合脱硝技术

在火力发电厂烟气治理领域,发展联合脱硝技术不仅符合环保政策的趋势,也是技术进步的必然结果。随着排放标准的日益严格和烟气成分的复杂性增加,单一的脱硝技术往往难以应对各种挑战<sup>[4]</sup>。因此,联合脱硝技术凭借其独特的优势,成为了解决这一问题的有效途

径。第一,联合脱硝技术的核心在于将多种脱硝技术有机结合,形成优势互补的脱硝系统。这种技术模式可以根据不同的烟气成分和工况条件,灵活调整脱硝策略,以达到最佳的脱硝效果。例如,将SCR技术与SNCR技术相结合,可以实现在不同温度区间内的高效脱硝,既保证了脱硝效率,又降低了运行成本。第二,联合脱硝技术还可以与烟气脱硫、除尘等其他环保技术相结合,形成一体化的环保处理系统,这种系统不仅可以实现多种污染物的协同治理,还可以减少设备投资和运行成本,提高整体处理效率。第三,跨领域的合作与交流,研究者们需要不断探索新的技术和方法,并与其他领域的专家进行深入交流和合作,以充分利用各自的专业知识和经验,共同推动联合脱硝技术的发展。

### 结语

在火力发电厂烟气治理的领域中,烟气脱硝技术的研究与应用显得尤为关键,随着环保意识的提升和排放标准的日益严格,催化还原法和非催化还原法等常见技术已在火力发电厂中得到了广泛应用,但仍需不断优化和创新。未来技术创新与效率提升、智能化与自动化、发展联合脱硝技术将是火力发电厂烟气脱硝技术发展的重要方向。这些措施的实施,将有助于提升火力发电厂的环保水平,促进可持续发展,共同构建绿色、低碳的能源未来。

### 参考文献

- [1]王健,于超,张玉娟.燃煤锅炉的烟气治理和脱硫脱硝技术探究[J].冶金管理,2021(13):153-154.
- [2]秦艳,李军东.烟气脱硝技术现状及发展[J].硫磷设计与粉体工程,2021(2):37-39,42+6.
- [3]王喜军.燃煤电厂烟气治理策略及脱硫脱硝技术[J].科技传播,2019(14):151-151
- [4]张志军.火电厂锅炉脱硫脱硝及烟气除尘技术研究[J].河南科技,2021,40(09):125-127