

燃气电厂烟气脱硝技术的比较研究

程弘鹏

天津陈塘热电有限公司 天津 300000

摘要：随着全球环保意识的提高和减排压力的增大，燃气电厂烟气脱硝技术成为了研究的焦点。本文对比分析了选择性催化还原（SCR）、选择性非催化还原（SNCR）及混合氧化技术三种主流的烟气脱硝技术，探讨了它们在脱硝效率、经济性、环境影响等方面的优势和不足。研究结果显示，各种技术均有其适用场景，需要根据实际情况进行选择和优化。

关键词：燃气电厂；烟气脱硝技术；比较分析

引言：燃气电厂作为清洁、高效的能源转换方式，在全球能源结构中占据重要地位。然而，其排放的烟气中含有的氮氧化物（NO_x）对环境 and 人体健康造成严重影响。因此，烟气脱硝技术成为燃气电厂必须面对的关键问题。本文旨在比较研究当前主流的烟气脱硝技术，包括选择性催化还原（SCR）、选择性非催化还原（SNCR）及混合氧化技术，以期为实际应用提供理论支撑和技术指导。

1 燃气电厂烟气脱硝技术概述

1.1 选择性催化还原（SCR）技术

1.1.1 技术原理

选择性催化还原（SCR）技术以其高效脱硝能力和广泛的应用领域而备受瞩目。这一技术的核心在于利用催化剂来促进氮氧化物（NO_x）与还原剂之间的化学反应。在SCR技术中，所选用的催化剂通常为金属氧化物，如钒氧化物、钨氧化物和钛氧化物的混合物，它们被涂覆在载体上，如陶瓷或金属蜂窝状结构上。当烟气通过催化反应器时，氨或尿素作为还原剂，在催化剂的作用下与NO_x进行反应，生成氮气和水蒸气，从而有效地去除了烟气中的NO_x。

1.1.2 应用实例

SCR技术在全球范围内已得到广泛应用，成为满足严格环保法规的重要手段。在欧洲和北美，众多燃气电厂采用了SCR技术，以确保烟气排放符合环保标准。在中国，随着环境保护意识的增强和环保法规的日益严格，SCR技术也得到了广泛应用。典型的SCR系统不仅包括催化反应器，还包含氨储存和供应系统、氨喷射系统以及反应产物处理系统等。这些系统协同工作，确保SCR技术的稳定运行和高效脱硝。

1.1.3 效果评估

SCR技术在脱硝效率方面表现出色，通常能够实现

80%以上的NO_x去除率。这主要得益于催化剂的高活性和稳定性，以及SCR技术适宜的反应温度范围。然而，SCR技术的投资成本和维护费用相对较高。催化剂的寿命和活性受多种因素影响，如烟气中的硫氧化物、飞灰等，这可能导致催化剂失活和需要定期更换。此外，SCR技术还需要消耗大量的还原剂，如氨或尿素，这在一定程度上增加了其运行成本。尽管如此，考虑到其对环境保护的积极贡献和长期运行的经济性，SCR技术仍被认为是燃气电厂烟气脱硝的有效手段。

1.2 选择性非催化还原（SNCR）技术

1.2.1 技术原理

选择性非催化还原（SNCR）技术是一种无需催化剂的脱硝方法。在SNCR技术中，还原剂（通常是氨或尿素）被直接喷入炉膛的高温区域（约为850-1100℃），与NO_x发生还原反应，生成氮气和水。由于此过程无需催化剂，因此设备投资较低，运行成本也相对较低^[1]。

1.2.2 应用实例

SNCR技术在全球范围内得到了广泛应用，尤其在中小型燃气电厂和工业锅炉中更为常见。例如，在一些发展中国家，由于环保要求和经济条件的限制，SNCR技术成为了一种更为经济实用的脱硝方法。

1.2.3 效果评估

SNCR技术的脱硝效率通常在30%-50%之间，相对较低。此外，由于SNCR技术的反应温度较高，需要严格控制还原剂的喷射量和时机，以确保反应效果。同时，SNCR技术还面临着氨逃逸率较高、易产生二次污染等问题。

1.3 混合氧化技术

1.3.1 技术原理

混合氧化技术是一种结合SCR和SNCR的脱硝方法。该技术通过在炉膛内不同温度区域分别喷入还原剂和催

化剂,实现NO_x的高效脱除。混合氧化技术结合了SCR和SNCR的优点,既提高了脱硝效率,又降低了投资成本和运行费用。

1.3.2 应用实例

混合氧化技术近年来在国内外得到了广泛关注和应用。在一些大型燃气电厂和工业锅炉中,混合氧化技术被用于提高脱硝效率和降低运行成本。例如,在某些地区,为了满足更为严格的环保要求,一些电厂对原有的SCR或SNCR系统进行了升级改造,采用了混合氧化技术。

1.3.3 效果评估

混合氧化技术在脱硝效率上通常优于单一的SCR或SNCR技术,可达到70%-90%的NO_x去除率。此外,由于混合氧化技术结合了SCR和SNCR的优点,可以在保证脱硝效果的同时,降低投资成本和运行费用。然而,混合氧化技术也面临着催化剂选择、反应条件控制等方面的挑战,需要进一步研究和优化。

2 燃气电厂烟气脱硝技术比较分析

2.1 技术性能比较

2.1.1 脱硝效率

脱硝效率是评估烟气脱硝技术性能的核心指标之一。在这方面,选择性催化还原(SCR)技术展现出卓越的性能。通过催化剂的作用,SCR技术能够使氨或尿素等还原剂与烟气中的NO_x在较低的温度下发生高效反应,从而达到高脱硝效率。根据实际运行数据,SCR技术在理想的操作条件下通常能够实现80%至90%的NO_x去除率,甚至在某些优化条件下可以接近100%的去除率^[2]。这使得SCR技术成为大型燃气电厂和工业锅炉中实现严格环保标准的重要选择。相对而言,选择性非催化还原(SNCR)技术的脱硝效率则较低,通常在30%至50%之间。这是因为SNCR技术依赖于高温条件下的非催化反应,其反应速率和程度相对较低。尽管如此,在一些中小型电厂或工业锅炉中,SNCR技术仍然是一种经济有效的选择,因为它无需昂贵的催化剂投资,并且可以利用现有锅炉的炉膛温度进行反应。混合氧化技术作为SCR和SNCR技术的结合体,其脱硝效率介于两者之间,通常在50%至70%之间。混合氧化技术通过在不同温度区域分别应用SCR和SNCR原理,旨在实现更高的NO_x去除率。然而,由于混合氧化技术涉及更复杂的反应过程和系统配置,其脱硝效率的提升有限,需要进一步优化技术和操作条件来提高其性能。

2.1.2 氮氧化物减排效果

氮氧化物减排效果是评估烟气脱硝技术在实际应用中对环境贡献的重要指标。由于SCR技术具有高脱硝效

率,因此它在氮氧化物减排方面表现出色。通过有效去除烟气中的NO_x,SCR技术有助于减少大气中氮氧化物的浓度,降低对环境和人体健康的不良影响。相比之下,SNCR技术的氮氧化物减排效果较为有限,但其仍然能在一定程度上减少氮氧化物的排放量。这对于一些环保要求相对较低或经济条件有限的中小型电厂或工业锅炉而言,仍然是一种可行的选择。混合氧化技术通过结合SCR和SNCR的优点,在一定程度上提高了氮氧化物减排效果。然而,其减排效果受到多种因素的影响,包括系统配置、操作条件以及还原剂的种类和用量等。因此,在实际应用中,需要根据具体情况对混合氧化技术进行进一步的优化和改进,以提高其氮氧化物减排效果。

2.1.3 氨逃逸率

氨逃逸率是指烟气脱硝过程中未参与反应的氨气占总氨气投入量的比例。氨逃逸率的高低不仅影响脱硝效率,还可能造成二次污染和环境影响。在选择性催化还原(SCR)技术中,由于催化剂的作用,氨与NO_x的反应更加精确和高效,因此氨逃逸率相对较低。通常情况下,SCR技术的氨逃逸率可以控制在5ppm以下,满足严格的环保要求。相比之下,选择性非催化还原(SNCR)技术由于反应过程较为简单且缺乏催化剂的精确控制,其氨逃逸率较高。这可能导致未反应的氨气排放到大气中,增加二次污染的风险。混合氧化技术在氨逃逸率方面需要进行综合优化。通过调整反应条件、选择合适的还原剂以及优化系统配置,混合氧化技术可以降低氨逃逸率,减少对环境影响。然而,要实现低氨逃逸率的稳定运行,混合氧化技术仍需进一步的技术研发和改进^[3]。

综合考虑脱硝效率、氮氧化物减排效果以及氨逃逸率等因素,选择性催化还原(SCR)技术在技术性能方面表现卓越,是大型燃气电厂和工业锅炉中实现高效烟气脱硝的首选技术。然而,根据不同电厂的实际情况和环保要求,选择性非催化还原(SNCR)技术和混合氧化技术也具有一定的应用价值和潜力。未来,随着技术的不断创新和优化,烟气脱硝技术将继续朝着更高效率、更低污染的方向发展。

2.2 经济性比较

在经济性方面对燃气电厂的烟气脱硝技术进行比较时,需要考虑投资成本、运行成本以及维护费用等多个方面。

2.2.1 投资成本

对于投资成本,选择性催化还原(SCR)技术由于其高度复杂的系统配置和先进的技术要求,通常涉及高昂的设备采购、安装和调试费用。此外,SCR技术还需要

使用昂贵的催化剂,这进一步增加了投资成本。相对而言,选择性非催化还原(SNCR)技术的投资成本较低。其系统配置相对简单,不需要昂贵的催化剂,因此在初始投资上更具优势。中小型电厂或预算有限的电厂可能会更倾向于选择SNCR技术。混合氧化技术作为SCR和SNCR的结合体,在投资成本上可能介于两者之间。虽然混合氧化技术具有更高的脱硝效率,但其系统配置也相对复杂,可能需要额外的设备投资。

2.2.2 运行成本

在运行成本方面,尽管SCR技术的初始投资较高,但由于其高效的脱硝效果和较长的使用寿命,其运行成本可能会相对较低。高效的脱硝效果可以减少燃料消耗和废物处理费用,从而降低长期运营成本。SNCR技术的运行成本通常较低,因为其系统配置简单,维护要求较少。此外,SNCR技术无需使用昂贵的催化剂,这也有助于降低运行成本。混合氧化技术的运行成本取决于具体的系统配置和操作条件。通过优化反应条件和系统配置,混合氧化技术有可能在降低运行成本方面实现较好的平衡^[4]。

2.2.3 维护费用

对于维护费用,选择性催化还原(SCR)技术由于其复杂的系统和较多的设备,通常需要更多的维护和维修工作,因此维护费用相对较高。此外,催化剂的更换和再生也可能增加维护成本。相对而言,选择性非催化还原(SNCR)技术的维护费用较低。其系统配置简单,设备较少,因此维护和维修工作相对较少。混合氧化技术的维护费用取决于系统的复杂性和设备选择。通过合理的设计和选择,可以降低混合氧化技术的维护费用。

2.3 环境影响比较

在评估燃气电厂烟气脱硝技术的环境影响时,我们需要考虑副产品的处理、二次污染的风险以及温室气体的排放。

2.3.1 副产品处理

选择性催化还原(SCR)技术的主要副产品是硫酸铵或硫酸氢铵。这些副产品可以通过进一步的处理或回收利用,从而降低其对环境的影响。在某些情况下,这些副产品甚至可以用作肥料或其他工业用途。相对而言,选择性非催化还原(SNCR)技术具有较高的氨逃逸率。这意味着有更多的氨气未被反应掉,而是直接排放到大气中。因此,SNCR技术产生的氨气需要得到妥善处理,以避免对环境造成二次污染。这可能需要额外的处理设施,从而增加了成本和环境负担。对于混合氧化技术,

其副产品的处理方法会根据具体的技术而定。可能需要综合考虑环保要求和经济效益,以确定最佳的副产品处理方案。

2.3.2 二次污染风险

由于选择性催化还原(SCR)技术的氨逃逸率较低,因此其二次污染的风险相对较小。这意味着使用SCR技术的电厂通常可以更好地满足环保要求,减少对环境的不良影响。相比之下,选择性非催化还原(SNCR)技术的二次污染风险较高。由于氨逃逸率较高,如果未妥善处理,可能会对周边环境造成不良影响。因此,使用SNCR技术的电厂需要特别关注废气处理措施,确保氨气的排放量在允许范围内。对于混合氧化技术,其二次污染风险取决于氨逃逸率和废气处理措施的有效性。通过优化反应条件和选择适当的还原剂,可以降低氨逃逸率,从而降低二次污染的风险。

2.3.3 温室气体排放

在选择性催化还原(SCR)技术和选择性非催化还原(SNCR)技术中,都使用氨作为还原剂。因此,这两种技术在温室气体排放方面的表现相近。尽管使用氨作为还原剂可能会产生少量的氮气氧化物,但总体来说,这两种技术的温室气体排放量相对较低。对于混合氧化技术,其温室气体排放取决于具体的反应条件和使用的还原剂类型。通过优化反应条件和选择低排放的还原剂,可以降低混合氧化技术的温室气体排放量。

结束语

本文深入探讨了燃气电厂烟气脱硝技术的不同方法,从工作原理到实际应用,从效果评估到环境影响,均进行了详细分析。通过比较各种技术的优劣,为燃气电厂选择最合适的烟气脱硝技术提供了参考。展望未来,随着技术的不断创新和发展,我们有信心能够找到更加高效、环保和经济的烟气脱硝方案,为燃气电厂的可持续发展提供有力支撑。

参考文献

- [1]罗志刚.燃气电厂烟气脱硝技术的比较分析[J].环境科学与技术杂志,2020,(6):112-118.
- [2]韩文晓.不同燃气电厂脱硝技术的性能比较与分析[J].环境工程学报,2019,(4):56-63.
- [3]郑平平.燃气电厂烟气脱硝技术的应用效果比较研究[J].烟气净化与环境保护,2020,(2):78-85.
- [4]赵全中,田雁冰.燃气电厂脱硝技术的现状及比较分析[J].能源与环境保护,2021,(3):45-52.