

垃圾焚烧厂烟气中氮氧化物处理技术研究

张 辉

天津滨海新区环汉固废综合处理有限公司 天津 300480

摘 要: 随着城市化进程的加快,垃圾焚烧已成为处理城市生活垃圾的重要手段。然而,垃圾焚烧过程中产生的烟气含有多种有害物质,其中氮氧化物是主要的污染物。氮氧化物的排放对环境 and 人体健康造成严重危害。因此,本文旨在探讨垃圾焚烧厂烟气中氮氧化物的处理技术及其在实际应用中的效果,以期对相关领域的研究和实践提供参考和借鉴。

关键词: 垃圾焚烧厂; 烟气氮氧化物; 处理技术; 研究

引言: 本文概述了垃圾焚烧厂烟气中氮氧化物的产生、危害及处理技术。针对恶臭气体、重金属、氮氧化物和二氧化硫以及二噁英等排放问题,并分析了其产生原因和影响。重点介绍了选择性催化还原(SCR)、选择性非催化还原(SNCR)、低氮燃烧技术、氧化吸收技术、生物处理技术及组合脱硝技术在烟气脱硝中的应用和效果。同时,指出组合脱硝技术是提高脱硝效率和降低运行成本的重要发展方向。

1 垃圾焚烧厂烟气中氮氧化物的概述

垃圾焚烧厂烟气中的氮氧化物主要是指一氧化氮(NO)和二氧化氮(NO₂),这两种气体通常被合称为NO_x。氮氧化物是垃圾焚烧过程中不可避免的产物,其形成原因主要是在高温燃烧时,空气中的氮气与氧气发生化学反应。这些氮氧化物若未经处理直接排放,会对环境和人体健康造成严重影响。氮氧化物对环境的危害主要表现在形成酸雨、光化学烟雾和臭氧层破坏等方面。酸雨会腐蚀建筑物、损害植被,对水生生态系统也产生负面影响。光化学烟雾则能刺激人的眼睛和呼吸系统,降低大气能见度^[1]。此外,氮氧化物还是臭氧层破坏的重要因素。为了控制垃圾焚烧厂烟气中氮氧化物的排放,目前普遍采用的技术包括低氮燃烧技术、选择性催化还原(SCR)技术和非选择性催化还原(SNCR)技术等。同时,垃圾焚烧厂还应加强运行管理,优化焚烧工艺,以减少氮氧化物的生成。

2 垃圾焚烧厂烟气中存在的主要问题

2.1 恶臭气体污染

恶臭气体污染在垃圾收储和转运过程中是一个普遍且严重的问题。这些气体主要由垃圾中的有机物在缺氧条件下分解产生,包括硫化氢、氨气、甲硫醇等,它们具有强烈的刺激性气味,对周边环境和居民生活造成严重影响。问题产生的原因主要有两方面。首先,垃圾收

储设施不完善,很多垃圾在收集、存放过程中未能得到有效遮盖,导致恶臭气体直接散发到空气中。特别是在高温、高湿的环境下,垃圾中的有机物更易分解,产生大量恶臭气体。其次,转运过程中垃圾暴露时间过长,也是导致恶臭气体污染的重要原因。由于转运车辆密封性能不佳或转运路线过长,垃圾在转运过程中长时间暴露在空气中,加剧了恶臭气体的扩散。此外,垃圾处理不当也会加重恶臭污染。如未能及时清理和处理积存的垃圾渗滤液,它会进一步分解产生恶臭气体。

2.2 重金属污染

重金属污染在垃圾焚烧过程中成为一个难以忽视的问题,其根本原因在于垃圾处理前的分拣和筛分环节存在不足。理论上,为确保垃圾焚烧的安全与环保,应事先对垃圾进行彻底的分拣和筛分,以识别和分离出含有重金属的物质,如废弃电池、荧光灯等。然而,在实际操作中,由于分拣技术的不完善、操作人员的专业技能不足或管理监督的缺失,这些含有重金属的有害物质往往未能被有效识别和分离。此外,部分垃圾焚烧厂可能出于成本考虑,简化了分拣和筛分流程,导致重金属物质随其他垃圾一同进入焚烧炉。在焚烧的高温环境中,重金属会被蒸发或氧化,随后随烟气排放到大气中,造成严重的空气污染。这些重金属不仅难以降解,还会通过大气沉降、雨水冲刷等途径进入土壤和水体,对生态系统造成长期危害。

2.3 氮氧化物和二氧化硫排放

氮氧化物和二氧化硫排放是垃圾焚烧过程中一个严重的环境问题。这两种气体的产生主要有两个方面的原因。首先,垃圾焚烧过程中,高温条件下空气中的氮气和氧气会发生化学反应,生成氮氧化物^[2]。这是一个不可避免的过程,因为焚烧需要高温来确保垃圾的完全燃烧。同时,如果垃圾中含有硫化物,它们在燃烧过程中

会与氧气反应，生成二氧化硫。其次，垃圾成分复杂也是导致氮氧化物和二氧化硫排放的重要原因。垃圾中可能含有各种含氮和含硫的有机物或无机物，这些物质在焚烧过程中会分解或氧化，进而生成氮氧化物和二氧化硫。由于垃圾来源广泛，成分多变，因此很难完全控制这些有害气体的生成。这些氮氧化物和二氧化硫若未经处理直接排放到大气中，会与水蒸气、氧气等发生一系列化学反应，形成酸雨、光化学烟雾等污染物，对环境和人体健康造成严重威胁。

2.4 二噁英排放

二噁英排放问题的根源在于垃圾焚烧过程中的不完全燃烧和复杂的化学反应，这是垃圾处理行业亟待解决的一大技术挑战。二噁英这种高毒性、难降解的有机物，因其对人体健康和生态环境的巨大潜在威胁，使得垃圾焚烧厂的排放控制显得尤为重要。垃圾焚烧炉内的温度是影响燃烧效率的关键因素。温度过低，垃圾中的有机物质无法完全燃烧，容易产生二噁英等有毒物质；而温度过高，又可能导致炉体损坏和能源消耗增加。同时，氧气供应量的控制也至关重要。氧气不足会导致燃烧不充分，而氧气过量则可能使炉温升高过快，难以控制。此外，垃圾成分的复杂性也是导致二噁英产生的重要原因。垃圾中不仅含有各种有机物质，还可能含有氯、重金属等有害物质。在高温焚烧过程中，这些物质之间会发生复杂的化学反应，生成二噁英等有毒化合物。这些化合物随后会随烟气排放到大气中，对空气、水源和土壤等环境要素造成长期污染。

3 垃圾焚烧厂烟气中氮氧化物的处理技术

3.1 选择性催化还原（SCR）技术

选择性催化还原（SCR）技术是烟气脱硝领域的明星技术，因其出色的脱硝效率和稳定性而备受推崇。在这场化学的舞蹈中，氨或尿素作为优雅的舞者——还原剂，与氮氧化物共舞，生成无害的氮气和水，从而实现了对氮氧化物的高效净化。SCR技术之所以能在众多烟气脱硝技术中脱颖而出，主要得益于其卓越的脱硝性能。它不仅能达到令人瞩目的高去除率，还能在各种复杂的烟气条件下保持稳定的运行状态，确保烟气处理的可靠性和效果。然而，如同任何先进技术一样，SCR技术也有其挑战。首先，其设备投资成本较高，运行费用也相对较大，这对一些经济条件有限的企业来说可能是一个不小的负担。其次，催化剂作为SCR技术的核心组件，需要定期更换以确保系统的长效稳定运行，这无疑增加了运营成本 and 复杂性。但尽管如此，考虑到SCR技术在减少氮氧化物排放、改善大气环境质量方面的巨大贡献，它仍

然是烟气脱硝领域不可或缺的重要力量。

3.2 选择性非催化还原（SNCR）技术

选择性非催化还原，即SNCR技术，是一种无需催化剂参与的氮氧化物处理方法。这项技术通过在炉膛内直接喷射含氨基的还原剂，如氨水或尿素溶液，利用炉内的高温条件，使还原剂与氮氧化物发生选择性化学反应。反应过程中，氮氧化物被有效还原为无害的氮气和水蒸气，从而实现了烟气的净化。SNCR技术的突出优点在于其较低的投资成本，这使得它在众多烟气脱硝技术中具有较高的性价比。同时，该技术特别适用于处理高温烟气，如垃圾焚烧、火力发电等行业的烟气处理中表现出色^[9]。然而，SNCR技术也存在一定的挑战。其脱硝效率相对较低，可能难以满足日益严格的环保排放标准。此外，SNCR技术对操作条件的要求较为苛刻，特别是还原剂的喷射条件和烟气温度的控制，这些因素都直接影响着反应的效率和效果。因此，在实际应用中，需要综合考虑各种因素，科学合理地运用SNCR技术，以确保达到最佳的环保效果。

3.3 低氮燃烧技术

低氮燃烧技术是当前环保领域关注的焦点，它主要通过调整燃烧条件来减少氮氧化物的形成。氮氧化物是大气污染的主要成分，对人体健康和环境都有不小的危害，因此降低其排放至关重要。低氮燃烧技术的核心在于优化燃烧过程。这通常涉及降低燃烧温度、减少燃烧区域中的氧气浓度，以及改变燃料的燃烧方式。分级燃烧是一种有效方法，它将燃烧过程分为多个阶段，每个阶段都精确控制燃料和空气的混合程度，从而减少氮氧化物的生成。烟气再循环则是将部分已燃烧的烟气重新引入燃烧室，这不仅降低了燃烧温度，还减少了新鲜空气的需求量，进一步抑制了氮氧化物的产生。低氧燃烧则是在保证燃烧效率的前提下，尽量降低燃烧区域中的氧含量，以减少氮氧化物形成的化学条件。然而，低氮燃烧技术的应用并非没有挑战。它可能会影响到垃圾焚烧的效率和稳定性，因为降低温度和氧气浓度都可能使燃烧变得不完全。因此，在实际应用中，需要综合考虑环保效果和焚烧效率，找到最佳的平衡点。

3.4 氧化吸收技术

氧化吸收技术是一种处理烟气中氮氧化物的方法，其原理是利用氧化剂将氮氧化物氧化成高价态，再通过碱液进行吸收。这种技术在处理含有较低浓度氮氧化物的烟气时具有一定的适用性。在实际应用中，常用的氧化剂包括臭氧、高锰酸钾等，这些氧化剂具有较强的氧化能力，能够将氮氧化物有效地转化为高价态。随后，

通过喷洒碱液,如氢氧化钠、石灰石浆液等,将高价态的氮氧化物进行吸收,从而达到净化烟气的目的。然而,氧化吸收技术在处理效率和处理成本上可能不如SCR(选择性催化还原)和SNCR(非选择性催化还原)技术。这是因为SCR和SNCR技术能够在较低的温度下实现高效的氮氧化物还原,而氧化吸收技术则需要消耗较多的氧化剂和碱液,增加了处理成本。因此,在选择烟气脱硝技术时,需要综合考虑烟气中氮氧化物的浓度、处理效率、处理成本以及环保要求等因素,选择最适合的技术方案。

3.5 生物处理技术

生物处理技术,作为烟气脱硝的新兴手段,近年来受到了广泛的关注与研究。该技术巧妙地利用特定微生物的代谢机制,将含有氮氧化物的烟气转化为无害的氮气和水蒸气,从而实现烟气的有效净化。与传统的物理、化学脱硝方法相比,生物处理技术展现出了明显的环保与节能优势。在生物处理过程中,这些微生物将烟气中的氮氧化物视为其生长所需的“食物”,通过自身的代谢活动将其吸收并转化。这一过程不仅无需额外的能源支持,而且微生物代谢产生的废弃物极少,对环境的二次污染几乎为零。此外,由于微生物繁殖迅速、培养管理简便,使得生物处理技术的运行成本相对较低^[4]。然而,尽管生物处理技术潜力巨大,但目前它仍处于研究与发展的初期阶段。在实际应用中,微生物对烟气环境的适应性、处理效率及其稳定性等方面仍面临诸多挑战。因此,在当前的烟气脱硝工程中,生物处理技术的应用相对较少,但随着研究的深入与技术的进步,相信其在未来会有更广阔的应用前景。

3.6 组合脱硝技术

在烟气脱硝领域,为了最大化地提高脱硝效率并降低运行成本,工程师们经常选择将两种或多种脱硝技术

结合起来使用,形成所谓的“组合脱硝技术”。一个常见的组合是低氮燃烧技术与选择性催化还原法(SCR)或选择性非催化还原法(SNCR)的结合。首先,低氮燃烧技术通过优化燃烧过程,从源头上减少氮氧化物的生成。这一步骤至关重要,因为它能够大幅度减轻后续脱硝处理的负担。随后,烟气进入SCR或SNCR系统进行深度脱硝。在这里,残留的氮氧化物在催化剂的作用下或与高温下的还原剂反应,被进一步转化为无害的氮气和水。由于前面的低氮燃烧技术已经大大降低了氮氧化物的含量,这一步的处理效率会更高,同时还原剂的消耗量也会减少,从而降低了运行成本。组合脱硝技术不仅提高了脱硝效率,还通过合理的流程设计降低了能源消耗和化学品的用量,是当前烟气治理领域的一个重要发展方向。

结语:垃圾焚烧厂烟气中的氮氧化物处理是当前环保领域的重要课题。本文通过分析各种处理技术的原理、应用和效果,展示了烟气脱硝技术的多样性和发展趋势。虽然目前已有多种有效的脱硝技术可供选择,但仍需根据具体情况进行综合考虑,选择最适合的技术方案。未来,随着科技的不断进步和环保标准的日益严格,相信会有更多创新、高效的烟气脱硝技术涌现,为保护环境、促进可持续发展作出更大贡献。

参考文献

- [1]何志,何珂桥,李磊,等.高浓度氮氧化物烟气资源化研究及应用[J].四川冶金,2019,041(006):P.32-35,57.
- [2]王世界,刘玉瑛,巩志伟,等.耐火材料燃气窑炉的氮氧化物减排技术研究[J].耐火材料,2019,53(02):P.71-75.
- [3]李晓静,陆继东,张忠培,等.烟气低浓度氮氧化物前置臭氧氧化工艺研究[J].现代化工,2019,39(01):P.223-227.
- [4]李娟.探析生活垃圾焚烧炉烟气处理工艺[J].企业技术开发,2018,(09):95-97.