

# 煤气发电过程中的污染物排放控制技术研究

刘建华

中冶南方都市环保工程技术股份有限公司 湖北 武汉 430205

**摘要:** 随着能源需求的持续增长和环境保护意识的加强,煤气发电作为一种相对清洁的能源转换方式受到了广泛关注。然而,煤气发电过程中产生的污染物排放问题仍然是一个亟待解决的难题。本文旨在全面而深入地探讨煤气发电过程中的污染物排放控制技术,分析其原理、应用现状、面临的挑战以及未来的发展趋势,以期为煤气发电的清洁化和可持续发展提供技术支持和理论指导。

**关键词:** 煤气发电; 污染物排放; 控制技术; 环境保护; 清洁能源

## 引言

煤气发电作为一种重要的能源转换方式,在提高能源利用效率和降低环境污染方面具有显著优势。然而,煤气发电过程中产生的二氧化硫、氮氧化物、颗粒物以及重金属等污染物排放问题仍然不容忽视。这些污染物的排放不仅对环境造成污染,还对人类健康构成严重威胁。因此,研究和开发高效、稳定的污染物排放控制技术对于实现煤气发电的清洁化和可持续发展具有重要意义。

### 1 煤气发电与污染物排放概述

煤气发电,作为一种重要的能源转换技术,是通过将煤炭经过气化处理转化为富含能量的气体燃料,进而驱动燃气轮机或内燃机来产生电能。此技术相较于直接燃煤发电具有一定的优势,比如提高了煤炭的利用率、降低了部分污染物的排放等。然而,煤气发电过程中仍然不可避免地伴随着污染物的生成和排放。煤炭中的硫分在气化过程中会转化为二氧化硫,这是一种具有腐蚀性和刺激性的有毒气体,对大气环境造成直接污染,同时也是酸雨的主要成因之一。氮元素在燃烧过程中会形成氮氧化物,这些化合物不仅对人类呼吸系统有害,还会导致光化学烟雾的形成,加剧大气污染。此外,煤气发电还会产生大量的颗粒物,这些微小的固体或液体颗粒悬浮在空气中,对空气质量造成严重影响<sup>[1]</sup>。颗粒物不仅能长时间悬浮于大气中,还能吸附其他有毒有害物质,对人体健康构成极大威胁。同时,煤气发电过程中还可能释放重金属元素,如铅、汞等,这些重金属在环境中难以降解,会通过食物链累积放大,对生态系统和人类健康造成长期危害。

### 2 煤气发电过程中污染物排放控制技术

#### 2.1 脱硫技术

在煤气发电领域,脱硫技术的研发与应用一直是环保工作的重中之重。目前,常见的脱硫技术多种多样,

其中石灰石-石膏法、氨法、海水法等技术因其各自的特点和优势而得到广泛应用。石灰石-石膏法作为最为成熟和经典的脱硫技术之一,其原理是利用石灰石作为脱硫剂,在烟气中与二氧化硫发生化学反应,生成硫酸钙(石膏)从而实现脱硫。该技术具有脱硫效率高、运行稳定、适用范围广等优点,特别是在大型煤电企业中应用广泛。然而,石灰石-石膏法也存在一些不可忽视的问题。首先,该技术需要大量的石灰石作为脱硫剂,这不仅增加了原料成本,而且在某些地区石灰石资源并不丰富,限制了其应用。其次,脱硫过程中会产生大量的石膏废渣,这些废渣的处理和处置也是一个难题,如果处理不当可能会对环境造成二次污染。此外,石灰石-石膏法的设备投资大、运行成本高,对于一些小型煤电企业或经济条件较差的地区来说,难以承受其经济压力。除了石灰石-石膏法外,氨法和海水法也是两种重要的脱硫技术。氨法是利用氨水作为脱硫剂,与烟气中的二氧化硫反应生成硫酸铵等化合物,从而实现脱硫。该技术具有脱硫效率高、不产生固体废弃物等优点,但氨水的储存和使用存在一定的安全风险。海水法则利用海水的碱性来中和烟气中的二氧化硫,适用于沿海地区的煤电企业。该技术具有原料来源广泛、运行成本低等优点,但受到地域限制和海水碱度变化的影响。

#### 2.2 脱硝技术

目前,煤气发电领域广泛采用的脱硝技术主要包括选择性催化还原(SCR)、选择性非催化还原(SNCR)以及二者的联合使用。这些技术的核心原理都是通过引入还原剂,与烟气中的氮氧化物发生化学反应,最终将其转化为无害的氮气和水蒸气,从而实现减少氮氧化物排放的目的。其中,SCR技术以其高效的脱硝效率和广泛的适用性而受到广泛关注。该技术利用特定的催化剂,在较低的温度下即可实现氮氧化物的高效还原。然而,

SCR技术也面临着一些挑战。首先,催化剂的活性是SCR技术的关键,但催化剂在运行过程中容易受到烟气中其他成分的影响而失活,从而影响脱硝效率。其次,SCR技术的运行成本相对较高,包括催化剂的更换和维护、还原剂的消耗以及设备的运行能耗等。与SCR技术相比,SNCR技术无需使用催化剂,而是在高温下直接将还原剂喷入烟气中与氮氧化物反应。这种技术的优点是设备简单、投资较少。然而,由于SNCR技术需要在高温下进行,因此其脱硝效率相对较低,且还原剂的消耗量较大<sup>[2]</sup>。为了结合SCR和SNCR技术的优点,实际应用中常常采用SCR与SNCR联合使用的方案。这种方案可以在较低的温度下实现较高的脱硝效率,同时降低还原剂的消耗量。然而,联合使用方案也增加了系统的复杂性和运行成本,需要综合考虑各种因素来确定最佳的技术路线。

### 2.3 除尘技术

除尘技术是煤气发电环保工艺中的关键环节,主要负责捕集和处理煤气发电过程中产生的颗粒物。这些颗粒物不仅会对大气环境造成污染,还会对人体健康产生严重危害。因此,高效、稳定的除尘技术对煤气发电的可持续发展至关重要。目前,煤气发电行业广泛应用的除尘技术主要包括静电除尘器、布袋除尘器和电袋复合除尘器等。这些除尘设备采用不同的工作原理,将颗粒物从烟气中有效分离,以实现减少颗粒物排放的目标。静电除尘器是利用高压电场使烟气中的颗粒物带电,然后在电场力的作用下被收集到集尘板上。这种除尘器具有处理烟气量大、除尘效率高等显著优点,因此在大型煤电企业中得到广泛应用。然而,静电除尘器对细颗粒物的捕集效率相对较低,这在一定程度上限制了其除尘效果。布袋除尘器和电袋复合除尘器则通过滤袋的过滤作用来捕集颗粒物。布袋除尘器利用滤袋的纤维结构对颗粒物进行拦截和吸附,而电袋复合除尘器则在布袋除尘器的基础上增加了静电除尘的功能,以提高对细颗粒物的捕集效率。这两种除尘器对细颗粒物具有较好的捕集效果,因此在颗粒物排放要求严格的地区得到广泛应用。然而,布袋除尘器和电袋复合除尘器的运行阻力较大,滤袋易损坏,需要定期更换和维护,这在一定程度上增加了运行成本和维护工作量。

### 2.4 重金属脱除技术

重金属脱除技术在煤气发电环保领域中扮演着举足轻重的角色。由于煤炭中含有一定量的重金属元素,如汞、铅、镉等,在煤气化及燃烧过程中,这些重金属可能会以气态或固态的形式释放到环境中,对生态系统和人体健康构成潜在威胁。因此,发展高效的

重金属脱除技术对于煤气发电的清洁生产至关重要。目前,针对煤气发电过程中的重金属排放问题,科研人员已开发出多种脱除技术,包括吸附法、化学沉淀法以及生物法等。这些技术各具特色,适用于不同的工况和排放要求。吸附法是一种常用的重金属脱除技术,其原理是利用具有高比表面积和丰富孔结构的吸附剂来吸附煤气中的重金属元素。这种方法操作简单、适用范围广,且吸附剂可再生重复使用。然而,吸附法也存在一定的局限性,如吸附剂的饱和容量有限,需要定期更换或再生,以及在高浓度重金属环境下吸附效率可能会下降等。化学沉淀法则是通过向煤气或废水中加入特定的化学试剂,使重金属元素与之反应生成难溶的化合物,进而通过沉淀分离的方式将其去除。这种方法具有处理效率高、适用范围广等优点。但化学沉淀法也可能产生大量的沉淀物,需要进一步处理处置,以防止对环境造成二次污染<sup>[3]</sup>。生物法是一种新兴的重金属脱除技术,它利用微生物的代谢作用来转化或去除煤气中的重金属元素。这种方法具有环保、可持续等优点,但需要较长的处理时间和严格的运行条件。此外,生物法的应用还受到微生物种类和活性、重金属形态和浓度等因素的影响。

### 2.5 二氧化碳捕集与封存技术(CCS)

二氧化碳,作为一种主要的温室气体,虽然其本身并不具备毒性,但其对全球气候变化的推动作用不容忽视。随着工业化进程的加速,大量二氧化碳被排放到大气中,加剧了全球温室效应,导致海平面上升、极端气候事件频发等严重后果。因此,在煤气发电等能源生产领域,控制二氧化碳的排放已成为一项紧迫的任务。二氧化碳捕集与封存技术(CCS)应运而生,为减少二氧化碳排放提供了一条有效途径。CCS技术包括三个主要环节:二氧化碳捕集、运输和封存。在煤气发电过程中,通过特定的捕集装置,可以将二氧化碳从烟气中高效分离出来。随后,经过压缩处理,二氧化碳被运输到合适的封存地点,如深海、地下岩层等,以实现长期稳定的存储。然而,尽管CCS技术在理论上具有显著的减排效果,但在实际应用中仍面临诸多挑战。首先,二氧化碳捕集的成本较高,涉及复杂的工艺和设备,增加了煤电企业的经济负担。其次,封存地点的选择和安全性问题也是制约CCS技术推广的关键因素。合适的封存地点需要满足地质条件稳定、存储容量大等要求,同时还需要确保封存过程中不会发生泄漏等安全事故。此外,公众对CCS技术的认知度和接受度也是影响其推广的重要因素。需要加强科普宣传,提高公众对气候变化和温室气体排放的认识,以增强对CCS技术的支持和理解<sup>[4]</sup>。二氧化碳

捕集与封存技术在减少煤气发电过程中二氧化碳排放方面具有重要作用,但仍需克服成本、安全性和公众认知等方面的挑战。未来,随着技术的不断创新和成本的降低,CCS技术有望在煤电行业实现更广泛的应用,为全球应对气候变化作出积极贡献。

### 2.6 联合循环与热电联产技术

在煤气发电领域,联合循环与热电联产技术虽然不是直接针对某种特定污染物的排放控制技术,但它们通过优化能源利用流程、提升能源转化效率,间接地降低了污染物的排放强度,对环保和可持续发展具有重要意义。联合循环技术是一种将煤气化产生的合成气与燃气轮机相结合的高效发电方式。在这一技术中,合成气先在燃气轮机中燃烧做功,产生高温高压的燃气推动涡轮转动发电。随后,燃气轮机排出的高温废气被引入余热锅炉,进一步回收利用其热能,产生蒸汽推动蒸汽轮机再次发电。通过这样的联合循环,能够大幅提高发电效率,降低单位发电量所产生的污染物排放。热电联产技术则是一种更为综合的能源利用方式。它不仅在发电过程中产生电能,还同时利用发电过程中产生的余热进行供热。这种技术将原本在单独发电或供热过程中可能损失的热能进行了有效回收利用,实现了能源的梯级利用和最大化效益。在煤气发电中,热电联产技术可以显著降低能源消耗和污染物排放,提高能源利用效率。然而,这两种技术在实际应用中也面临一些技术挑战。例如,在联合循环技术中,需要解决合成气的净化问题,以确保燃气轮机的稳定运行和延长使用寿命。同时,在热电联产技术中,如何有效回收利用和分配余热,以满足不同用户的供热需求,也是一个需要解决的关键问题<sup>[5]</sup>。联合循环与热电联产技术通过提高能源利用效率,间接减少了煤气发电过程中的污染物排放。随着技术的不断进步和应用的深入推广,这些技术有望在煤气发电领域发挥更大的作用,为环保和可持续发展做出更大的贡献。

### 3 污染物排放控制技术应用与挑战

尽管污染物排放控制技术在理论上展现出了显著的减排效果,但在将其从理论推向实际应用的过程中,却常常遭遇多重挑战。以脱硫技术为例,处理过程中产

生的废水含有高浓度的污染物,其处理难度极大,且成本高昂。在脱硝领域,虽然催化剂的使用显著提升了脱硝效率,但这些催化剂不仅价格昂贵,而且易失活,需要频繁更换,这无疑增加了企业的运营负担。除尘技术方面,虽然设备可以有效捕集颗粒物,但长时间的运行会导致设备磨损严重,维护成本随之上升。至于重金属脱除技术,其在实际应用中的效果往往难以达到理论预期,稳定性有待提高。面对这些挑战,研究者们正致力于优化现有技术,提升其经济性、稳定性和适用性。他们希望通过创新材料、改进工艺和引入智能化管理等手段,降低污染物排放控制技术的运营成本,同时提高其减排效率。然而,技术的研发和应用工作并非一蹴而就,还需要得到政策的大力支持和资金的持续投入。只有这样,我们才能确保这些先进的污染物排放控制技术能够在煤气发电等关键领域得到广泛应用,从而为我们的环境保护和可持续发展做出积极贡献。

### 结语

煤气发电过程中的污染物排放控制技术研究对于实现煤炭的清洁利用和环境保护具有重要意义。现有的控制技术虽已取得一定成果,但仍需不断优化和完善。未来研究应关注新型高效脱硫脱硝技术的开发、除尘设备的性能提升以及重金属脱除技术的创新等方面。同时,还应加强多种技术之间的协同作用研究,以实现煤气发电过程中污染物的全面控制和减排。

### 参考文献

- [1]王化海.电厂锅炉热效率提升对策与运行维护方法[J].现代工业经济和信息化,2021(1):133-134.
- [2]胡佳琳.火力电厂锅炉燃烧运行优化策略[J].智能城市,2020(24):61-62.
- [3]郝美.火电厂锅炉燃烧优化关键技术研究[J].现代工业经济和信息化,2020(9):16-17+73.
- [4]郑凯.燃煤工业锅炉大气污染物控制措施分析[J].科技经济导刊,2019,27(19):115.
- [5]曾庆猛.工业锅炉大气污染物控制技术的研究进展[J].科技经济导刊,2019,27(19):120.