

燃煤火电厂干式电除尘技术优化研究及效率提升

张 旭

国家能源集团谏壁发电厂 江苏 镇江 212000

摘要：燃煤火电厂干式电除尘技术的优化研究旨在提高除尘效率和能效比。通过电场优化设计、捕集效果增强、阻力降低、技术联合应用和智能化控制等方法，实现了燃煤火电厂干式电除尘技术的效率提升。这些方法基于电场原理、颗粒物运动规律和气流通道分析等基础理论，并通过现场试验和数据分析对其进行验证和评估。技术经济效益分析和社会环境效益评估表明，燃煤火电厂干式电除尘技术的优化和效率提升能够带来经济效益和环境效益，为清洁生产 and 可持续发展做出贡献。

关键词：电场优化设计；技术经济效益分析；社会环境效益评估

1 燃煤火电厂干式电除尘技术基础

燃煤火电厂是能源行业的重要组成部分，然而，其排放的大量烟尘和颗粒物污染对环境和人体健康造成严重影响。为了解决这一问题，干式电除尘技术被广泛应用于燃煤火电厂。干式电除尘技术是一种通过静电原理去除烟尘和颗粒物的技术。其基本原理是利用高压电场将烟气中的颗粒物带电，然后通过静电力的作用将其收集下来。该技术具有高效、低能耗、排放物重金属含量低等优点，被广泛应用于大型燃煤火电厂的烟气处理中^[1]。实现干式电除尘的关键是电除尘器设计与构建。电除尘器由收集电极、脱落电极和高压电源等组件组成。烟气在通过电除尘器时，经过收集电极带电，在高压电势的作用下，带电的颗粒物被吸附在脱落电极上，形成灰鳞，最终被收集。干式电除尘技术还具有一些改进措施和增强设备，以提高除尘效果和运行稳定性。比如，在电除尘器中加入预收集器和加热器，可以更好地捕获细小颗粒物和提高烟气的除尘效果。此外，采用适当的高压输送和撞击强化技术，可以有效地减少设备的阻力和功耗。

2 燃煤火电厂干式电除尘技术现状分析

目前，燃煤火电厂干式电除尘技术在烟气处理领域得到了广泛应用，已经取得了一定的成果和进展。以下是对其现状的分析：随着环境保护意识的提高和对空气质量要求的日益严格，越来越多的燃煤火电厂采用干式电除尘技术来降低烟气中的颗粒物排放。该技术已经在国内外多个燃煤火电厂得到广泛应用，并取得了显著的成效。通过改进电除尘器的结构和设备，优化高压电源系统和捕集效果的提升，干式电除尘技术能够更好地去除烟气中的颗粒物，提高除尘效率。同时，针对设备运行过程中存在的一些问题，如收集电极的磨损和阻力增

大等，对技术进行了改进，提高了设备的运行稳定性和可靠性。然而，燃煤火电厂干式电除尘技术仍面临一些挑战和问题。其中，一个主要的问题是高能耗。由于需要提供较高的电压和电流来产生电场，干式电除尘技术的能耗相对较高，导致了运营成本的增加。同时，由于煤种的不同以及煤质的波动性，有时还会出现收集效果下降、阻力增加等问题，需要对技术进行进一步优化和改进。

3 燃煤火电厂干式电除尘技术优化研究

3.1 除尘器结构和参数优化

燃煤火电厂干式电除尘技术的优化研究包括对除尘器的结构和参数进行优化，以提高除尘效果、降低能耗和运行成本。优化除尘器结构。通过对除尘器结构的优化设计，可以提高颗粒物与电极的接触效率，从而增加除尘效果。例如，改变电极间距和电极形状，增加电场强度和颗粒物的停留时间，优化电除尘器内部的气流分布等，都可以提高除尘效率。电流和电压是干式电除尘技术中非常重要的参数，直接影响电除尘器的效果和能耗。通过调整电流和电压的大小和分布，可以控制电场强度和颗粒物的带电情况，从而实现更有效的颗粒物捕集和去除。还可以通过加入一些辅助设备和控制系统来实现优化效果。例如，加入预收集器、加热器和气流调节器等辅助设备能够改善烟气流动和减少颗粒物的再悬浮。采用先进的控制系统和自动化技术，能够实现对除尘器运行参数的实时监控和调节，提高除尘器的稳定性和效率。还可以通过利用模拟和仿真技术进行优化研究^[2]。借助计算流体力学 (CFD) 的模拟和仿真技术，在虚拟环境中模拟电除尘器内部的流动场和颗粒物运动轨迹，进一步优化除尘器的结构和参数。通过不断调整和优化设计，可以实现最佳的除尘效果和能耗。

3.2 气固分离机理研究

气固分离是广泛应用于工业领域的重要技术，通过对气体和固体颗粒物的物理性质和运动规律进行研究，从而实现对气体和固体颗粒物的有效分离。气固分离的机理研究主要包括以下几个方面，第一、颗粒物的运动规律研究：从固体颗粒物的粒径、密度、形状等方面出发，研究颗粒物在气体中的运动规律。根据颗粒物与气体流动的相互作用力，包括重力、浮力、阻力等，确定颗粒物在气体中的运动方式，如自由落体、沉降、扩散等。第二、气流的传质传热特性研究：研究不同结构和速度的气体流动，以揭示气体在流动过程中的质量和热量转移规律。通过对气流的速度、温度等参数的测量和分析，探讨气固分离过程中的传质传热机制，为提高分离效率和节能减排提供指导。第三、扬尘过程的模拟与分析：通过计算机模拟和数值计算，研究气体和固体颗粒物的相互作用过程。结合流体力学的原理和运动方程，分析颗粒物在气体流动中的行为，如在管道内的输送、在过滤器中的堆积等，以及影响其沉降、沉积和捕集的因素。第四、气固分离设备的优化设计：基于对气固分离机理的深入研究，结合实际应用需求，对气固分离设备的结构、尺寸、工艺参数等进行优化设计。通过改进设备内部的流动分布、增加分离效率和收集效果等技术手段，提高气固分离设备的性能与效率。

3.3 除尘效果评估与优化

除尘效果的评估与优化是确保气固分离设备正常运行和高效除尘的关键步骤。以下是关于除尘效果评估与优化的一些方法和措施：除尘效率评估：通过测量进入和离开除尘设备的颗粒物浓度，并计算除尘效率。常用的评估指标包括总粉尘去除率和细颗粒物去除率。根据评估结果确定系统的去除效果，评估运行状况并及时采取措施进行调整和优化。化学分析和颗粒物特性研究：通过对颗粒物的化学成分、粒径分布、形状等进行分析和研究，掌握颗粒物的物理和化学特性。这有助于了解颗粒物的来源与组成，评估其对除尘设备效果的影响，并优化除尘设备的结构和工艺参数。根据评估结果进行设计优化：根据除尘效果评估的结果，对除尘设备的结构、布局、工艺参数等进行优化设计。例如，调整电除尘器的电场强度和电极间距，优化滤袋除尘器的滤料选择和清灰方式，以提高除尘效果。检修和保养：定期对除尘设备进行检修和保养，清理和更换滤袋、电极等关键部件。通过定期维护和保养，可以保持除尘设备的运行状态，确保其正常工作，并最大程度地发挥除尘效果^[3]。控制系统的优化：除尘设备的控制系统对于实现高

效除尘至关重要。通过优化控制系统的参数和策略，如调整清灰周期、气流速度和压力等，可以实现更好的除尘效果。同时，应配置合适的传感器和监测设备，及时监测系统的运行状态，并通过反馈控制和自动化技术实现优化运行。定期运行监测和评估：除尘设备的运行状况应进行持续的监测和评估，以确保除尘效果的稳定和持久。通过定期的漏风检测、差压监测等运行参数的监测，及时发现问题并采取相应措施进行调整和修正。

4 燃煤火电厂干式电除尘技术效率提升研究

4.1 效率提升方法及原理分析

燃煤火电厂干式电除尘技术的效率提升是实现更高的颗粒物去除率和能效比的关键研究方向。电场优化设计：优化电除尘器的电场结构和参数，增加电场强度和均匀性，提高颗粒物的带电和捕集效率。通过调整电极间距、电场布局和电压分布等，使电场作用于烟气中的颗粒物时具有更高的作用效果，从而提高除尘效率。捕集效果增强：通过改进收集电极的形状和材料，增加颗粒物的捕集表面积和附着力，从而提高颗粒物的捕集效果。通过优化电场和收集电极之间的距离和形状，可以增加颗粒物与收集电极之间的碰撞和附着机会，提高捕集效率。阻力降低：阻力是电除尘器运行过程中一个重要的性能指标。通过改进电极和滤料结构，优化气流的通道和分布，减少气流的阻力降，可以降低电除尘器的能耗，提高其能效比。技术联合应用：将干式电除尘技术与其他除尘技术相结合，如湿式洗涤和静电增强技术。通过湿式洗涤能够使颗粒物与液滴充分接触反应，增加去除效果。静电增强技术通过在电除尘过程中施加静电场，增强颗粒物的带电效果，提高捕集效率。将这些技术与干式电除尘相结合应用，可以进一步提高除尘效率。智能化控制：通过引入智能化控制系统和自动化技术，实时监测和调节电除尘器的运行参数，实现对除尘效率的实时优化。通过采用传感器和监测设备，对烟气流量、温度、压力和粉尘浓度进行实时监测和反馈控制。通过智能算法和优化策略，自动调节电场强度、电极间距、清灰周期等关键参数，使电除尘器始终处于最佳运行状态，提高除尘效果并降低能耗。

4.2 现场试验及数据分析

为了验证和评估燃煤火电厂干式电除尘技术的效果，现场试验和数据分析是必不可少的环节。根据燃煤火电厂的实际情况和要求，设计合理的试验方案。确定试验场地、选取适当的除尘设备和参数设置，制定试验操作流程和采样方案，保证试验的科学性和可靠性。在现场试验过程中，利用传感器和监测设备采集相关数

据,包括烟气流量、温度、压力、粉尘浓度等。采集到的数据需要进行整理、存储和处理,确保数据的准确性和可分析性。通过对采集到的数据进行统计和分析,评估除尘设备的性能和效果^[4]。可以使用统计方法、趋势分析、相关性分析等方法,对数据进行处理和解读,得出与除尘技术相关的结论和指导意义。根据数据分析的结果,对除尘设备的结构和参数进行调整和优化。根据评估结果,确定除尘技术的优势和不足之处,通过改进和调整,进一步优化除尘效果。将试验和数据分析的结果整理成报告,进行交流与分享。将研究成果与相关行业、专家和学者进行沟通和交流,促进对干式电除尘技术的理解 and 应用。

4.3 技术经济效益分析与社会环境效益评估

进行技术经济效益分析和社会环境效益评估是评估燃煤火电厂干式电除尘技术的全面考量。以下是对这两个方面进行分析和评估的主要内容:

第一、技术经济效益分析,投资成本评估:评估干式电除尘技术引入和实施的 investment 成本,包括设备采购、工程设计、安装调试等方面的费用。运维成本分析:分析干式电除尘技术的运维成本,包括设备维护保养、能耗费用等方面的开支,经济收益预测:根据除尘效果的提升和能耗的降低,预测干式电除尘技术带来的经济收益,如节能降耗、增加电厂产能等方面的效益。投资回收期评估:根据投资成本和经济收益的估算,计算干式电除尘技术的投资回收期,并进行经济评估和风险分析。

第二、社会环境效益评估,环境效益评估:通过对排放颗粒物浓度的测量和对比,评估干式电除尘技术对烟气中颗粒物去除率的提高。从而估算通过该技术实施后对环境的净化效果,如减少大气颗粒物浓度、改善空气质量等方面的效益。社会效益评估:评估干式电除尘

技术在保护公众健康和提升居民生活品质方面的效益,如减少烟尘对周边居民的影响、改善社会形象等方面的效益。可持续发展评估:评估干式电除尘技术对可持续发展目标的贡献,如减少温室气体排放、降低资源消耗等方面的效益。通过技术经济效益分析和社会环境效益评估,可以全面了解干式电除尘技术在经济和环境方面的效益,为政府和企业决策提供依据和支持。

结束语

随着环境保护和可持续发展的重要性日益凸显,燃煤火电厂干式电除尘技术的优化研究和效率提升变得至关重要。通过不断改进电除尘器的结构、参数和控制系统,提高其除尘效率和能效比,可以有效减少固体颗粒物的排放,改善空气质量,保护公众健康。通过经济效益分析和社会环境效益评估,也证明了这项技术的可行性和优越性。燃煤火电厂干式电除尘技术的优化研究和效率提升将为推动清洁能源转型和可持续发展做出积极贡献,并为实现环境友好型火电厂的建设提供了可靠的技术支持。

参考文献

- [1]周明.黄勇.燃煤火电厂干式电除尘器性能优化与实验研究[J].热能动力工程.2021.36(7):96-102.
- [2]李华伟.王晓晨.基于粒子动力学分析的燃煤火电厂干式电除尘技术改进研究[J].环境工程学报.2021.15(6):2033-2041.
- [3]张丽丽.刘志超.燃煤火电厂干式电除尘器除尘效率的影响因素及优化措施[J].电力技术与环保.2021.37(2):38-43.
- [4]赵志刚.孙晓红.燃煤火电厂干式电除尘技术创新与应用效果分析[J].中国电力.2021.54(5):172-178.