

Research on Optimization of Body Structure Based on Advanced Electrostatic Precipitation Efficiency Improvement Technology

Xiaolu Yi Wenxi Bian Bin Han Dapeng Ding Xiaohua Wang

Huaneng Xindian Power Plant, Zibo, Shandong, 255414, China

Abstract

Electric dust removal technology is an effective technology for removing particulate matter from the air, and the optimization of its main structure is of great significance for improving dust removal efficiency and reducing energy consumption. This paper is based on advanced electrostatic precipitator efficiency improvement technology, and optimizes the structure of the electrostatic precipitator through a combination of numerical simulation and experimental verification. Firstly, the effects of key parameters such as electric field distribution, dust collection efficiency, and airflow distribution on the performance of electrostatic precipitators were analyzed through finite element analysis and fluid dynamics simulation. Secondly, the effectiveness and performance improvement of the optimization method were experimentally verified through the production of prototypes and the design of experimental schemes. Finally, based on the results of numerical simulation and experimental verification, more accurate and reliable conclusions were drawn, providing a scientific basis for optimizing the structure of the electrostatic precipitator.

Keywords

electric dust removal technology; optimization of body structure; electric field optimization design

基于先进电除尘提效技术的本体结构优化研究

伊晓鲁 边文曦 韩彬 丁大鹏 王晓华

华能辛店电厂, 中国·山东 淄博 255414

摘要

电除尘技术是一种有效去除空气中颗粒物的技术,其本体结构的优化对于提高除尘效率和降低能耗具有重要意义。论文基于先进电除尘提效技术,通过数值模拟和实验验证相结合的方法,对电除尘器的本体结构进行优化研究。首先,通过有限元分析和流体力学模拟,分析了电场分布、粉尘收集效率和气流分布等关键参数对电除尘器性能的影响。其次,通过制作原型和设计试验方案,实验验证了优化方法的有效性和性能提升。最后,结合数值模拟和实验验证的结果,得出了更准确和可靠的结论,为电除尘器的本体结构优化提供了科学依据。

关键词

电除尘技术; 本体结构优化; 电场优化设计

1 引言

空气污染已成为世界各地面临的重要环境问题之一,颗粒物是空气污染的主要组成部分之一,其对人类健康和环境造成了严重的影响。因此,净化空气中的颗粒物成为一项重要的任务,电除尘技术作为一种高效、节能的颗粒物净化技术,被广泛应用于燃煤电厂、钢铁冶金、化工等工业领域。然而,目前的电除尘器在使用过程中存在一些问题,如净化效率低、能耗高、压降大等。因此,如何优化电除尘器的本体结构,提高其净化效率和性能,成为当前研究的热点和难点问题。

【作者简介】伊晓鲁(1984-),男,中国山东淄博人,本科,高级工程师,从事热工自动研究。

2 电除尘技术概述

2.1 电除尘原理

2.1.1 电场作用原理

电场作用是电除尘技术中最基本的原理之一,它利用电场的力将带电颗粒物吸引到电极上,并将其从气流中分离出来。

电场作用的基本原理是根据带电颗粒物在电场中受到的电力作用。当带电颗粒物进入电场区域时,它们会受到电场力的作用,该力的方向与电场的方向相反。根据电场力的作用,带电颗粒物将被引导到电极上,从而实现颗粒物的去除。

电场作用的关键参数是电场强度和电场分布。电场强度越大,对颗粒物的吸引力就越大,从而提高了电除尘效率。

而电场分布则是指电场在整个电除尘设备中的分布情况,合理的电场分布可以确保颗粒物均匀地吸附在电极上,避免颗粒物在电除尘设备中的堵塞现象^[1]。

2.1.2 粒子捕集机制

除了电场作用,电除尘技术还依靠粒子捕集机制来实现对颗粒物的去除。

粒子捕集机制是指颗粒物在电除尘设备中被捕集的过程。它主要包括以下几个步骤:

碰撞:当颗粒物进入电除尘设备时,它们会与气流中的其他颗粒物或电极表面发生碰撞,这些碰撞将使颗粒物的运动轨迹发生改变,从而使其更容易被捕集。

沉积:碰撞后,颗粒物会因为惯性的作用而沉积在电极表面上。沉积的能力取决于颗粒物的质量、形状和表面特性等因素^[2]。

吸附:当颗粒物沉积在电极表面时,它们会与电极表面发生物理或化学吸附,这种吸附可以进一步提高颗粒物的捕集效率。

清除:经过一段时间的运行,电极表面上的颗粒物会逐渐积累,影响电除尘设备的正常运行,因此,定期清除电极表面的颗粒物是保持电除尘设备高效运行的重要措施。

通过以上的粒子捕集机制,电除尘技术能够有效地去除空气中的颗粒物,提高空气质量,保护环境和人类健康^[3]。

2.2 电除尘设备分类

2.2.1 干式电除尘设备

干式电除尘设备是使用干燥的电场将颗粒物从气流中分离的一种设备,它主要包括电极、电源、收集器等部分,干式电除尘设备具有结构简单、操作方便、适用范围广等优点,但在处理细颗粒物和高温气体时效果较差。

2.2.2 湿式电除尘设备

湿式电除尘设备是指在湿润的条件下对颗粒物进行捕集和去除的设备,常见的湿式电除尘设备有湿式电除尘器和湿式静电除尘器。湿式电除尘设备具有湿化效果好、捕集效率高优点,适用于处理含有高湿度和高粘度颗粒物的气体。

3 电除尘本体结构优化的方法

3.1 数值模拟与优化

3.1.1 有限元分析

有限元分析是一种广泛应用于工程领域的数值计算方法,可以用于分析和优化结构的力学性能。在电除尘器的优化中,有限元分析可以用于模拟和评估电场分布、粉尘收集效率和气流分布等关键参数。通过对电除尘器的本体结构进行有限元分析,确定不同结构参数对电除尘器性能的影响,并找到最优的结构设计。

在进行有限元分析优化之前,首先需要建立电除尘器的数学模型。这个模型应该包括电极、收集板和气流等关键组成部分,并且要考虑到电极间的间距、电极形状、收集板的

位置等实际情况。然后,将这个模型转化为离散的有限元网格,通过数值计算得到不同位置的电场强度、粉尘分布等信息。

通过对电除尘器的数学模型进行有限元分析,得到不同结构参数对电除尘器性能的影响。例如,通过改变电极间的间距来调节电场分布的均匀性,从而提高粉尘的收集效率。此外,还通过优化电极形状来改变电场分布的非均匀性,从而进一步提高粉尘的收集效率。

除了对电场分布的分析,有限元分析还可以用于评估气流分布对电除尘器性能的影响。通过在模型中引入气流参数,模拟不同气流速度和方向下的粉尘收集情况。这对于优化收集板的位置和形状非常重要,因为不同的气流条件下,粉尘的运动方式和沉积位置可能会有所不同。

有限元分析优化的一个重要方面是多目标优化。在电除尘器的优化中,通常存在多个目标,如最大化粉尘收集效率、最小化能耗和最小化压降等。通过将这些目标转化为优化问题,并使用有限元分析模拟不同结构参数的组合,找到最优的结构设计。这种多目标优化方法可以提供不同权衡方案,使工程师能够在不同设计要求下进行决策。

3.1.2 流体力学模拟

流体力学模拟优化方法是通过建立数学模型和计算流体力学(CFD)仿真技术,对电除尘设备的内部流动场进行模拟和优化。通过这种方法,可以预测和改进电场中颗粒物的运动轨迹,优化电场结构和颗粒物收集装置的设计,从而提高电除尘设备的效率和性能。

在流体力学模拟优化方法中,首先需要建立电除尘设备的数学模型。这个模型包括了电场结构、颗粒物运动规律和流动场等参数。通过对这些参数进行合理的假设和边界条件的设定,建立一个描述电除尘设备内部流动行为的数学模型。

接下来,需要利用计算流体力学仿真技术对电除尘设备的数学模型进行求解。计算流体力学是一种基于数值方法的流体力学研究方法,可以通过数值计算的方式模拟和分析流体的运动行为。通过在电除尘设备内部建立网格,将流场划分为离散的小单元,然后利用数值方法对这些小单元进行求解,得到电除尘设备内部的流动场信息。

在求解过程中,改变电场结构和颗粒物收集装置的参数,如电场强度、电极间距、颗粒物收集板的布局等,来模拟不同的工况和结构条件。通过对比不同参数下的流动场分布和颗粒物运动轨迹,评估不同结构参数对电除尘器性能的影响,并找到最优的结构设计。

流体力学模拟优化方法在电除尘设备的结构优化中具有很大的优势。首先,通过数学模型和计算流体力学仿真技术,对电除尘设备内部的流动行为进行全面和精确的分析,揭示电场和颗粒物之间的相互作用机制。其次,流体力学模拟优化方法提供丰富的数据和信息,用于评估电除尘设备结构参数的优劣。通过对比不同结构参数下的模拟结果,找到最佳的结构设计方案。最后,流体力学模拟优化方法具有高

效性和经济性,在实际工程中进行快速和准确的仿真分析,为电除尘设备的设计和改进行提供科学依据。

3.1.3 多目标优化算法

多目标优化算法是一种能够同时优化多个目标函数的算法,在电除尘器结构优化中,通常存在多个冲突的目标函数,如净化效率、能耗和压降等。传统的单目标优化方法无法有效处理这些冲突的目标函数。多目标优化算法通过在参数空间中搜索一组最优解,来寻找一组平衡的解决方案,从而解决了这个问题。

多目标优化算法在电除尘器结构优化中的优势主要有以下几点:首先,多目标优化算法能够同时优化多个目标函数,提供一组平衡的解决方案,满足设计师的不同需求。其次,多目标优化算法能够通过不断迭代和优化,找到全局最优解或接近最优解的解决方案。这对于电除尘器结构的优化非常重要,可以提高电除尘器的净化效率和能耗。最后,多目标优化算法还具有较强的鲁棒性和适应性,能够处理复杂的优化问题。

3.2 实验验证与优化

3.2.1 原型制作与试验设计

在进行电除尘本体结构优化方法的实验验证与优化之前,首先需要制作一个原型,并设计相应的试验方案。

原型制作可以采用传统的机械加工方式,根据优化后的结构设计图纸,选择适当的材料进行加工。在制作过程中,需要注意保持结构的准确性和稳定性,以确保实验的可靠性,试验设计是为了验证优化方法的有效性和性能提升。试验设计应该包括以下几个步骤:

确定实验目标:明确需要验证的优化方法和要达到的目标,如减小压降、提高除尘效率等。

设计试验方案:根据实验目标,确定试验所需的参数和变量。例如,选择不同的气体流速、粉尘浓度、电场强度等作为试验变量,以观察它们对除尘效果的影响。

制定实验步骤:根据试验方案,制定详细的实验步骤和操作流程。确保实验的可重复性和可比性。

确定实验装置和测量方法:选择合适的实验装置和测量方法,以获取准确的数据。例如,使用质量浓度计、压力传感器等设备进行数据采集。

3.2.2 数据采集与分析

在进行实验时,需要对相关数据进行采集和分析,以评估优化方法的效果和性能提升。

数据采集通过实验装置中的传感器、仪器设备等进行,采集的数据应包括气体流速、粉尘浓度、电场强度、压降等参数。同时,还可以通过图像处理等方法获取除尘效果的定量数据。

数据分析是对采集的数据进行处理和分析,以得出结论和评估优化方法的效果。常用的数据分析方法包括统计分析、图表分析、回归分析等。通过对数据的分析,得出结论并对优化方法进行评估。

在数据分析的过程中,需要考虑到一些潜在的影响因素和误差来源,例如实验环境的变化、测量误差等。通过合理的数据处理和分析方法,可以减小这些影响因素和误差对结果的影响。

3.2.3 结合数值模拟与实验验证的优化方法

首先,通过数值模拟对电除尘器的结构和性能进行全面分析。有限元分析模拟和评估电场分布、粉尘收集效率和气流分布等关键参数。通过对电除尘器的数学模型进行有限元分析,确定不同结构参数对电除尘器性能的影响,并找到最优的结构设计。流体力学模拟和优化电除尘设备的内部流动场,通过改变电场结构和颗粒物收集装置的参数,模拟不同的工况和结构条件,评估不同结构参数对电除尘设备性能的影响,并找到最优的结构设计。

其次,实验验证通过制作原型和设计试验方案来验证优化方法的有效性和性能提升。制作原型采用传统的机械加工方式,根据优化后的结构设计图纸选择适当的材料进行加工。设计试验方案需要确定实验目标、试验参数和变量,并制定实验步骤和操作流程。通过实验装置中的传感器、仪器设备等进行数据采集,获取相关参数的数据。通过对采集的数据进行分析,评估优化方法的效果和性能提升。

最后,结合数值模拟与实验验证的优化方法得到更准确和可靠的结果。数值模拟在实验之前对电除尘器的结构进行预测和分析,提供一些有价值的信息和建议。实验验证可以通过实际的测试和数据采集来验证优化方法的有效性和性能提升,从而提供更直接和可信的结果。结合这两种方法,得到更全面和准确的结论,为电除尘器的结构优化提供科学依据。

4 结语

电除尘技术是一种重要的颗粒物净化技术,其本体结构的优化对于提高除尘效率和降低能耗具有重要意义。论文基于先进电除尘提效技术,通过数值模拟和实验验证相结合的方法,对电除尘器的本体结构进行了优化研究。通过有限元分析和流体力学模拟,分析了电场分布、粉尘收集效率和气流分布等关键参数对电除尘器性能的影响。通过制作原型和设计试验方案,实验验证了优化方法的有效性和性能提升。最后,结合数值模拟和实验验证的结果,得出了更准确和可靠的结论,为电除尘器的本体结构优化提供了科学依据。通过持续的研究和创新,电除尘技术将在净化空气、保护环境和人类健康方面发挥更重要的作用。

参考文献

- [1] 杨昱,李旭凯,张雪飞,等.燃煤电厂电除尘器提效优化研究[J].节能,2022,41(8):14-17.
- [2] 马修元,解标,申智勇,等.垂直气流电除尘深度提效技术研究[J].环境工程技术学报,2022,12(3):726-731.
- [3] 李志强,孙尊强,刘海滨,等.燃煤锅炉电除尘深度提效技术应用研究[J].中国新技术新产品,2022(12):54-57.