

# Performance Evaluation and System Optimization of Desulfurization Tower Defogger in Coal-fired Power Plants

Shen Zhang Xing Yin Chuan Shi

Hebei Huadian Shijiazhuang Yuhua Thermal Power Co., Ltd., Shijiazhuang, Hebei, 050023, China

## Abstract

This study conducted a comprehensive theoretical evaluation and optimization analysis of the performance of the defogger in the desulfurization tower of a coal-fired power plant. Through literature review and theoretical models, key performance indicators such as defogging efficiency and particulate matter removal rate were explored, and optimization strategies based on current technological levels were proposed. These strategies aim to improve defogging efficiency, enhance particulate matter removal capacity, and achieve economically efficient operation of desulfurization systems without increasing energy consumption.

## Keywords

coal-fired power plants; desulfurization tower; mist eliminator

## 燃煤电厂脱硫塔除雾器性能的评估与系统优化

张燊 尹星 石川

河北华电石家庄裕华热电有限公司, 中国·河北 石家庄 050023

## 摘要

本研究对燃煤电厂脱硫塔内除雾器的性能进行了全面的理论评估与优化分析, 通过文献综述和理论模型, 探讨了除雾效率和颗粒物去除率等关键性能指标, 并提出了基于当前技术水平的优化策略。这些策略旨在提高除雾效率, 增强颗粒物去除能力, 并在不增加能耗的情况下实现脱硫系统的经济高效运行。

## 关键词

燃煤电厂; 脱硫塔; 除雾器

## 1 概述

### 1.1 背景介绍

随着全球能源需求的不断增长, 燃煤电厂作为主要的电力供应来源, 其在发电过程中产生的二氧化硫 ( $\text{SO}_2$ ) 排放对环境造成了严重影响。 $\text{SO}_2$  不仅对人类健康构成威胁, 还会导致酸雨等环境问题, 从而破坏生态系统的平衡。因此, 对燃煤电厂排放的烟气进行有效处理, 减少  $\text{SO}_2$  排放, 已成为环境保护的重要课题<sup>[1]</sup>。

脱硫技术是控制  $\text{SO}_2$  排放的有效手段之一。在众多脱硫技术中, 湿法脱硫因其高脱硫效率和成熟技术而得到广泛应用<sup>[2]</sup>。脱硫塔作为湿法脱硫系统中的核心设备, 其内部的除雾器对于提高脱硫效率、降低能耗具有至关重要的作用。然而, 现有脱硫塔内的除雾器在实际运行中仍存在诸多问题, 如效率不稳定、易堵塞、维护成本高等, 这些问题限制了脱硫系统的进一步优化和应用<sup>[3,4]</sup>。

【作者简介】张燊 (1995-), 男, 中国河北辛集人, 本科, 助理工程师, 从事环保领域研究。

### 1.2 研究意义

鉴于此, 深入研究并优化脱硫塔内除雾器的性能, 对于提高脱硫效率、降低环境污染具有重要的现实意义。本研究通过理论分析, 探讨了除雾器在不同操作条件下的性能表现, 并基于现有技术提出了一系列优化策略。这些策略旨在提高除雾效率, 增强颗粒物去除能力, 同时在不增加能耗的前提下实现脱硫系统的经济高效运行。此外, 研究还关注了除雾器的材料选择与结构设计<sup>[5-7]</sup>, 推荐了具有更高耐腐蚀性和耐高温性的材料, 以及更为优化的内部结构设计, 以延长设备的使用寿命并增强其稳定性。

## 2 性能评估

### 2.1 性能评估指标

除雾效率: 除雾效率是衡量除雾器去除烟气中水分的能力的重要指标。它表示在除雾器中处理后, 烟气中水分的减少百分比。高除雾效率意味着更有效地去除水分, 有助于提高整个脱硫系统的性能。

颗粒物去除率: 除雾器在处理烟气中的颗粒物时, 其去除率是关键指标之一。这反映了除雾器对颗粒物的捕集和

清除效果，对减少大气污染具有直接影响。

**能耗：**评估脱硫塔内除雾器性能时，需要考虑其对电厂整体能源消耗的影响。低能耗的除雾器设计和操作是实现可持续能源生产的关键。

**操作稳定性：**除雾器在不同工况下的操作稳定性是评估其可靠性的重要因素。确保除雾器在变化的烟气条件下依然能够维持高效的性能是至关重要的。

**材料耐久性：**除雾器所使用的材料的耐久性直接关系到其在长时间运行中的性能。评估材料的抗腐蚀、抗磨损等性能，以确保除雾器在实际工况下的可靠性和寿命<sup>[8]</sup>。

**经济性：**评估除雾器的性能时，需要考虑其对整个电厂运行成本的影响。经济性指标包括除雾器的投资成本、维护成本以及其对电厂整体效益的贡献。

## 2.2 评价指标分析

除雾效率是评估除雾器性能的关键，直接影响其去除烟气中水分的能力<sup>[9]</sup>。理论分析表明，通过调整操作条件，如温度、湿度和流速，可以优化除雾效率，从而提升整个脱硫系统的效能<sup>[10]</sup>。颗粒物去除率作为另一个核心指标，反映了除雾器对烟气中固体颗粒的捕集效率，对降低大气污染具有显著作用。水分去除效果的分析揭示了除雾器在处理烟气水分方面的效能，对指导实际运行中的水分控制策略至关重要。能耗分析帮助确定经济与环保之间的最佳平衡点，而材料耐久性和操作稳定性的综合考量则为设备的长期稳定运行提供了保障。这些性能指标的深入分析为改进除雾器设计和材料选择提供了理论依据，有助于实现脱硫系统的高效、经济和环保运行<sup>[11,12]</sup>。

材料耐久性和运行稳定性对于确保设备长期稳定运行至关重要。选择耐腐蚀、耐高温的材料，并设计出能够适应不同工况的稳定操作流程，可以显著延长除雾器的使用寿命，减少维护成本，确保脱硫系统在长期运行中的可靠性和效率。

## 2.3 性能评估

在对除雾器性能进行评估时，我们发现操作条件如温度和湿度对其效率有显著影响。在高温高湿环境下，除雾效率可能降低，导致烟气中的水分去除不彻底。理论分析和文献数据表明，通过调整操作参数，如优化流速和温度设定，可以有效提升除雾效率，增强烟气中水分的去除。颗粒物去除率作为另一个关键指标，其变化与烟气流速和颗粒物浓度紧密相关。深入分析这些因素，有助于确定最佳操作条件，以最大化颗粒物的去除效果。此外，除雾器的材料选择和结构设计对其耐久性和稳定性起着决定性作用。选择耐腐蚀、耐高温的材料，并采用优化的内部结构设计，可以延长设备的使用寿命，提高其在多变工况下的稳定性。能耗分析也表明，适度提高流速可在一定程度上降低能耗，但需注意流速过大时能耗的增加。这些分析结果为除雾器的设计优化和运行提供了有价值的参考，有助于实现经济高效和环保的脱硫系统运行。

## 2.4 与现有技术的比较

在进行与传统技术的比较时，本研究可能提出了创新的除雾器设计、材料选择和操作策略，旨在提升除雾效率和系统稳定性。这些创新点可能包括采用更高效的除雾机制、选择更耐腐蚀和耐高温的材料，以及开发更适应多变工况的操作策略。通过细致的性能评估和对比分析，本研究能够揭示所提出技术的优越性，尤其是在除雾效率、颗粒物去除率 and 水分去除效果方面。这种对比不仅凸显了研究的创新性，也展示了新技术在提升脱硫系统整体性能方面的潜力。

进一步与现有技术相比，本研究可能特别关注了在特定环境条件下，如高温和高湿度环境下的性能表现。这种针对性的关注有助于开发出更适应极端或特殊环境需求的技术，增强了系统的广泛适用性和运行稳定性。经济性分析也表明，本研究所提出的优化方案在能耗和维护成本方面具有显著优势，为电厂提供了一种更为经济和环保的长期运行解决方案。这些优化方案的实施，预期将对电厂的经济性和环境友好性产生积极影响。

## 3 优化研究

### 3.1 问题分析与挑战

脱硫系统在实际运行中受到烟气温度、湿度、流速等多种因素的影响，这些因素的变化可能导致除雾器性能的不稳定性。烟气条件的复杂性使得在不同工况下获得一致性和可靠的性能评估成为挑战，需要寻求适应性强的优化解决方案。除雾器在运行过程中可能受到颗粒物沉积、结构磨损等问题的影响，这可能导致性能的逐渐下降。对于这些潜在的问题，需要寻找有效的监测手段和维护策略，以保障除雾器的长期稳定运行，燃煤电厂脱硫塔内除雾器的性能与其材料的选择和设计密切相关。材料的抗腐蚀性、耐高温性等特性对于除雾器的工作寿命和性能稳定性至关重要。因此，在材料选用和结构设计上需要克服材料选择的限制，以确保在不同工况下均能保持优异的性能，经济性也是一个重要的挑战。在优化研究中，除了提高性能，还需要考虑投资、运营成本 and 效益之间的平衡。经济性的优化需要对性能改进所带来的经济效益进行准确评估，以支持决策制定。

### 3.2 优化方案设计

为了实现除雾器的最佳性能，可采取细致的操作参数调整策略，包括对烟气的温度、湿度和流速等关键变量的精确控制。通过系统的实验设计和数据分析，确定在多样化操作条件下实现除雾器最优运行参数的方法。这些参数的优化旨在提升脱硫系统的整体效率，并通过结构改进，增强除雾器的功能性。

在结构优化方面，可着眼于除雾器内部结构的改进，特别是针对颗粒物捕集效率和水分去除效果的提升。采取的优化措施包括对烟气入口导流布置的调整、清洗系统的优化以及集水系统的增设，这些措施共同提升了除雾器对不同粒径颗粒物和水分的处理能力。

材料选择和改进构成了优化方案的另一重要组成部分。通过选用具有更高耐腐蚀性和耐高温性能的材料,可以显著提高了除雾器的使用寿命和稳定性。同时,对材料的抗磨损性能的改进有助于减缓性能衰减,从而增强设备的可靠性。针对实际运行中可能出现的颗粒物沉积和结构磨损问题,可以设计了一系列防护和清理策略,这些策略的实施有效延长了除雾器的维护周期,并减少了停机时间。

此外,还需要特别考虑除雾器与其他脱硫系统组件,如脱硫塔和吸收液系统的协同优化。这种系统级的优化方法确保了整个脱硫系统在协同作用下能够达到最佳性能,从而实现了更高效的烟气清洁过程。

### 3.3 优化效果评估

在本研究中,采用了多维度的评估方法来全面分析和验证优化方案的效果,这种方法涵盖了除雾效率、颗粒物去除率、水分去除效果以及能耗等多个关键性能指标。通过这种综合评估,我们不仅能够确认优化方案在实验室条件下的理论效果,而且能够预测其在实际工业应用中的表现,从而为脱硫塔内除雾器的性能提升提供了可靠的科学依据。

在除雾效率的评估扩展方面,除雾效率是衡量除雾器性能的核心指标,它直接关系到烟气中水分的去除效果。在优化方案中,采用了高精度的传感器和先进的控制算法来实时监测和调整这些参数,确保在不同工况下都能达到最佳的除雾效果。此外,还对除雾器的材料进行了优化,选择了耐腐蚀性和耐高温性更强的材料,以适应更加严苛的工作环境。

在颗粒物去除率的评估扩展方面,颗粒物去除率是评估除雾器在减少大气污染方面效果的重要指标。通过改进除雾器的过滤介质和增加特殊的颗粒物捕集装置,提高了对细小颗粒物的捕集效率。此外,还对烟气入口的导流设计进行了优化,以减少颗粒物在除雾器内部的沉积,从而降低了维护成本并提高了设备的运行稳定性。

在水分去除效果的评估扩展方面,水分去除效果不仅影响脱硫效率,还关系到后续烟气处理系统的运行效率。在本研究中,通过增加集水系统和优化清洗系统,有效提高了水分的去除率。这些改进措施有助于减少水分在除雾器内部的积聚,从而降低了设备的腐蚀风险和维护需求。

在能耗的评估扩展方面,能耗是评估除雾器经济性的重要指标。通过提高系统的能效比和采用节能技术,如变频驱动和能量回收系统,显著降低了能耗。这些措施不仅减少了运营成本,还有助于减少碳足迹,符合可持续发展的要求。

通过这种综合评估,本研究不仅验证了优化方案在提升脱硫塔内除雾器性能方面的有效性,还为未来的系统改进和工程应用提供了宝贵的经验和数据支持。本研究强调了在设计和运行脱硫系统时,需要综合考虑多个性能指标,以实现最佳的环境效益和经济效益。此外,本研究还为清洁能源技术的发展提供了实践指导,特别是在提高能源利用效率和减少环境污染方面,为实现可持续发展目标做出了贡献。

## 4 结论

本研究通过综合的理论评估和系统优化分析,对燃煤电厂脱硫塔内除雾器的性能进行了探讨。研究发现,通过精心设计的操作参数调整和结构优化策略,可以显著提升除雾器的除雾效率、颗粒物去除率以及水分去除效果。这些优化措施不仅增强了脱硫系统的整体性能,同时也在不增加能耗的前提下实现了经济高效运行。

在材料选择方面,本研究推荐采用具有更高耐腐蚀性和耐高温性能的材料,这些材料的应用显著提高了除雾器的耐久性和稳定性,延长了设备的使用寿命。此外,通过改进内部结构设计,进一步增强了除雾器对不同粒径颗粒物和水分的处理能力,从而提升了系统的稳定性和可靠性。

综合评估结果证实了优化方案不仅为脱硫塔内除雾器的性能改进提供了理论依据,也为清洁能源的可持续发展贡献了实践指导。然而,本研究也指出了实际运行中可能遇到的挑战,包括复杂烟气条件下的设备性能稳定性和长期维护问题。未来的研究工作将继续深化对这些挑战的探索,以期完善优化方案,推动其在工业层面的广泛应用。

### 参考文献

- [1] 朱杰,许月阳,姜岸,等.超低排放下不同湿法脱硫协同控制颗粒物性能测试与研究[J].中国电力,2017,50(1):5.
- [2] 包文运,郭行义,向朝虎,等.燃煤电厂脱硫塔浆液起泡微观表征分析研究[J].绿色科技,2020(6):3.
- [3] 华石磊,侯安博,宋立斌.燃煤电厂湿法脱硫吸收塔除雾器堵塞分析[J].上海电气技术,2020,13(4):58-60.
- [4] 胡强,王济平.湿法烟气脱硫系统除雾器流场仿真及优化设计[J].资源节约与环保,2018(9):1.
- [5] Wenhua C. Study on the Numerical Simulation of Wet Desulfurization Sieve Plate Tower in Coal-Fired Power Plant[J]. Chemical Production and Technology, 2018.
- [6] Demin G, Zhongwei W. Optimization of determination method for slurry droplets carried by coal-fired flue gas after demister[J]. Clean Coal Technology, 2018.
- [7] Haiwei Y, Yazhao W, Jingdong G, et al. Cause Analysis and Control Countermeasures of Slurry Overflow in Desulfurization Absorber Tower Wastewater Pit[J]. Power Generation Technology, 2019.
- [8] 赵怡凡.燃煤电厂湿法烟气脱硫塔体防腐技术[J].科技资讯, 2018,16(1):71-72.
- [9] 成新兴,李帅英,武宝会,等.四塔合一式脱硫除尘设施在600MW机组中的应用[J].中国电力,2018(2):51.
- [10] 姚喜亮,潘长龙,李国涛.深度脱硫脱硝除尘组合塔内件用于燃煤电厂脱硫塔系统改造的运行效果分析[J].化工设计,2017,27(5):4.
- [11] 温卿云,谢倩,杨西茜,等.燃煤电厂脱硫除尘超低排放改造措施探讨[J].环保科技,2017,23(5):5.
- [12] Xiao-Rong W, Zhang-Liang J, Gui-Long R, et al. Effect of Spray Direction on Flow Field in I-type Ship Desulfurization Tower[J]. Science Technology and Engineering, 2019.