

电厂积灰空间声场分析与模拟研究及吹灰设备安装优化

刘佳

国能宁夏灵武发电有限公司

DOI:10.12238/hwr.v9i2.6084

[摘要] 电厂锅炉运行过程中,受热面上容易积灰,不仅会降低锅炉热效率,还会影响锅炉的安全运行。传统的吹灰方式,如蒸汽吹灰和压缩空气吹灰,可以在一定程度上清除积灰,但存在能耗高、对受热面有潜在损伤等问题。声波清灰作为一种新型清灰技术,具有不损坏设备、能耗低、清灰效果好等优点,在电站锅炉中得到了广泛应用,但是声波清灰的效果与声场的分布、声波的频率和强度等因素密切相关。因此,对电厂积灰空间的声场进行分析和模拟,优化吹灰设备的安装和配置,对提高声波除灰效果具有重要意义。

[关键词] 电厂; 积灰空间; 声场分析与模拟研究; 吹灰设备安装优化

中图分类号: TM62 **文献标识码:** A

Analysis and Simulation of Acoustic Field in Ash Storage Space of Power Plant and Optimization of Ash Blowing Equipment Installation

Jia Liu

Guoneng Ningxia Lingwu Power Generation Co., Ltd

[Abstract] During the operation of power plant boilers, ash accumulation is prone to occur on the heating surface, which not only reduces the thermal efficiency of the boiler, but also affects the safe operation of the boiler. Traditional soot blowing methods, such as steam soot blowing and compressed air soot blowing, can remove ash accumulation to a certain extent, but there are problems such as high energy consumption and potential damage to the heating surface. Acoustic cleaning, as a new type of cleaning technology, has the advantages of not damaging equipment, low energy consumption, and good cleaning effect. It has been widely used in power plant boilers. However, the effect of acoustic cleaning is closely related to factors such as the distribution of sound field, frequency and intensity of sound waves. Therefore, analyzing and simulating the sound field of the ash accumulation space in power plants, optimizing the installation and configuration of soot blowing equipment, is of great significance for improving the acoustic ash removal effect.

[Key words] Power plant; Ash accumulation space; Sound field analysis and simulation research; Optimization of installation of soot blowing equipment

引言

本文对电站锅炉积灰空间的声场特性进行了详细的分析和模拟,旨在通过优化声学除灰设备的安装和配置,提高锅炉受热面的洁净度,从而提高锅炉的热效率和运行安全性。通过有限元软件模拟、实验数据分析和实际案例应用,提出了一套基于声场特性的吹灰设备安装优化方案,为电厂粉尘治理和能效提升提供了科学依据和技术支持。

1 电厂积灰空间声场的分析与仿真

1.1 声场传播特性的多维考虑

在电厂积灰空间中,声场的传播特性不仅受声波物理性质的影响,还与积灰层的空间结构、介质特性和物理状态密切相关,

从声波的物理性质来说,需要考虑声波的频率、波长、传播速度和衰减特性。高频声波穿透能力强,但也衰减快;低频声波穿透能力弱,但衰减慢,传播距离远。在电厂积灰空间中,由于积灰层的存在,声波的传播路径会发生改变,产生反射、折射和散射,这些现象不仅影响声波的分布,还可能导致声能的损失。空间结构对声场的影响也不容忽视,电站锅炉及其附属设备复杂多样,形成许多不规则的空间结构。这些结构对声波的传播路径有着复杂的影响,比如声波在拐角处的衍射、在开阔区域的扩散以及在狭窄通道中的聚焦,这些现象使得电厂积灰空间的声场分布呈现出高度的不均匀性。^[1]再者,介质特性对声场的影响同样重要,灰层的厚度、密度、粒度分布和含水量等参数会影响声波的

传播特性。比如煤烟层越厚, 声波越难穿透; 尘埃层密度越大, 声波传播越快, 但衰减也越快, 在声场的分析和仿真中, 必须充分考虑介质特性的影响。尘埃层的物理状态对声场的影响也不容忽视, 锅炉运行中灰层的变化是动态的, 如温度变化、水分蒸发和颗粒沉降, 这些变化会影响尘埃层的声学特性, 从而影响声场的分布和传播。

1.2 声场模拟技术的选择和优化

选择合适的模拟技术至关重要, 目前常用的声场模拟技术有有限元法、有限差分法、边界元法和射线追踪法, 这些技术各有优缺点, 适用于不同的场景和问题。有限元法是一种基于连续介质模型的数值方法, 可以模拟具有复杂几何形状和介质特性的声场分布, 但有限元法在模拟高频声波时计算量大, 耗时长, 且难以处理声波在复杂界面上的反射和散射, 有必要优化有限元法在电厂积尘空间声场模拟中的计算效率和处理能力。有限差分法是一种基于离散化思想的数值方法, 适用于模拟声波在均匀介质中的传播, 由于介质特性的不均匀性和空间结构的复杂性, 有限差分法在电厂积尘空间的适用性受到限制, 有必要探索更高效的有限差分算法和边界处理技术。边界元法是一种基于边界积分方程的数值方法, 可以有效地处理声波在复杂界面上的反射和散射, 而边界元法在模拟三维声场时, 计算量大, 内存高, 有必要优化边界元法在电厂积尘空间声场模拟中的计算效率和内存管理能力。

1.3 声场特性与粉尘分布关系的讨论

电厂积尘空间的声场特性与粉尘分布有着密切的关系, 一方面, 声场的分布特性决定了声波在粉尘层中的传播路径和能量分布, 从而影响除尘效果, 另一方面, 灰尘的分布也会影响声场的传播特性。比如灰尘层的厚度和密度会改变声波的传播速度和衰减特性。在电厂积尘空间中, 积尘往往呈现非均匀分布状态, 这种非均匀分布不仅影响声场的传播特性, 还可能导致声波在某些区域的能量集中或分散, 在声场的分析和模拟中, 需要充分考虑粉尘分布对声场的影响。为了探索声场特性与粉尘分布的关系, 可以将实验测量和数值模拟结合起来进行研究, 通过实验测量获得了电厂积尘空间中粉尘的分布和声波传播特性的数据, 利用数值模拟技术对实验数据进行处理和分析, 建立声场特性与粉尘分布之间的数学模型, 通过对数学模型的验证和优化, 揭示了声场特性与粉尘分布的内在联系和规律。

1.4 声场优化策略及实际应用

基于电厂积尘空间声场特性的分析和模拟结果, 可以提出相应的声场优化策略并应用于实践, 声场优化策略的目标是提高声波在灰层中的穿透能力和清理效果, 同时降低声波对锅炉受热面的潜在破坏。在声场优化策略上, 可以考虑以下几个方面: 一是优化声波清灰设备的配置和参数设置, 如调整声波的频率、强度和作用时间; 二是改善积尘空间的结构布局, 如增加反射面、调整声波传播路径等; 三是优化烟袋层的物理状态, 如通过改变烟袋层的厚度、密度和粒径分布来改善声波的传播特性。在实际应用中, 声场优化策略可以结合电厂的实际运行情况制

定具体的实施方案, 例如, 在电厂锅炉尾部烟道安装声波除灰设备时, 可以根据烟道的结构特点和积灰的分布状态, 优化设备的配置和参数设置, 通过定期监测和分析粉尘堆积状态和声场特性的变化, 可以评估声场优化策略的效果, 并根据需要进行调整和优化。

2 吹灰设备安装注意事项及优化方案

2.1 仔细考虑安装位置和空间布局

在电厂中, 吹灰设备的安装位置和空间布局直接关系到其运行效率和效果, 需要综合考虑锅炉的结构特点、积灰分布规律和吹灰设备的性能参数, 确定最佳安装位置, 这不仅要求吹灰设备能够覆盖积灰严重的区域, 而且要避免对锅炉的受热面和其他关键部件造成不必要的损坏。在安装过程中, 还要特别注意空间布局的合理性, 吹灰设备应安装在便于操作和维护的位置, 同时与周围设备的距离应符合安全规范, 避免运行时发生碰撞或干扰。此外, 还需要考虑吹灰设备进风口和出风口与锅炉烟道的连接方式和密封, 保证吹灰过程中烟气不会泄漏或造成其他安全隐患。为了进一步优化安装位置和空间布局, 可以采用先进的模拟技术和模拟软件来预测吹灰设备的运行效果, 通过模拟不同安装位置和空间布局的除尘情况, 可以更直观地了解吹灰设备的性能特点, 从而为其安装提供更准确的指导。

2.2 设备选型和性能参数的精确匹配

吹灰设备的选择和性能参数的准确匹配是保证其高效运行的关键, 在选择吹灰设备时, 要综合考虑锅炉型号、容量、烟道结构和积灰性质, 确定最合适的设备类型和规格。比如, 对于高温高压的锅炉, 要选择能够承受高温高压环境的吹灰设备; 对于积尘严重、难以清除的区域, 要选择吹灰能力更强的设备。在性能参数的匹配上, 需要特别注意吹灰设备的压力、流量、频率等关键参数, 这些参数不仅直接影响吹灰效果, 还关系到设备的能耗和运行费用。因此, 在选择吹灰设备时, 必须进行详细的性能测试和评估, 以确保其性能参数与锅炉的实际需要相匹配。此外, 还需要注意吹灰设备的耐用性和可靠性, 在电厂连续运行环境下, 吹灰设备需要长期稳定运行, 因此要求具有较高的耐久性和可靠性, 在选择设备时, 可以优先考虑那些经过长期实践检验, 性能稳定可靠的品牌和型号。^[2]

2.3 操作流程和自动化控制的优化升级

在操作过程方面, 要制定详细的操作规程和安全措施, 确保操作人员操作吹灰设备时能严格遵守规范, 避免误操作或发生安全事故, 要定期对操作人员进行培训教育, 提高操作技能和安全意识。在自动控制方面, 通过引入先进的传感器、控制器和执行器, 可以实现吹灰设备的远程监控和自动控制, 这不仅可以提高设备的运行效率, 还可以降低操作人员的劳动强度和安全风险。比如可以设置压力传感器, 实时监测吹灰设备的压力变化, 一旦压力超过设定值, 会立即启动报警系统, 并采取相应的保护措施。此外, 还可以考虑将吹灰设备与电厂的DCS(分布式控制系统)集成, 实现更加智能的控制和管理, 通过DCS系统, 可以实时监控吹灰设备的运行状态和性能参数, 并根据需要进行远程调

整和优化,这不仅可以提高设备的运行效率,也为电厂能效的提高和节能减排提供了有力的支持。

2.4 维护和故障排除的系统化建设

通过制定详细的维护计划和标准,明确各项维护工作的内容和周期,要建立专门的维修队伍,负责定期检查、清洗、润滑和更换吹灰设备的易损件。在故障排查中,需要建立完善的故障排查机制和应急预案,一旦吹灰设备出现故障或异常,应立即启动故障排除程序,通过现场检查 and 数据分析,快速定位故障原因,并采取相应的修复措施,同时要对故障进行记录和分析,总结经验教训,制定相应的防范措施,避免类似故障再次发生。此外,还可以考虑引入先进的故障诊断技术和设备来辅助故障排除,例如,可以使用振动传感器和声音传感器来监测吹灰设备的运行状态和声音特征,通过数据分析识别潜在的故障点,并提前采取相应的预防措施,这不仅可以提高故障调查的准确性和效率,还可以减少故障对电厂运行的影响和损失。

3 实际案例应用及分析

3.1 智能激光吹灰系统的创新实践

在北京一个繁忙的垃圾焚烧发电厂,垃圾焚烧产生的飞灰对锅炉受热面提出了严峻的挑战,传统的清灰方法效果有限,维护成本高。为了解决这一问题,电厂引进了智能激光吹灰系统,给锅炉受热面的清洗带来了革命性的变化。智能激光吹灰系统通过激光束的非接触式清洗,实现对锅炉受热面的精确打击,系统内置的传感器可以实时监测受热面积灰情况,智能算法可以根据监测数据自动调整激光束的发射位置、能量强度和扫描路径,这种智能化的运行方式不仅提高了清灰效率,也大大减轻了运维人员的工作量。该系统投入运行以来,垃圾焚烧发电厂锅炉热效率明显提高,因积灰而导致的停机维护次数减少,锅炉使用寿命延长。同时,智能激光吹灰系统的远程监控和故障诊断功能使运维人员能够及时发现和解决潜在问题,从而保证电厂的稳定运行,该案例的成功实施为其他垃圾焚烧发电厂提供了宝贵的经验和启示。

3.2 声波与蒸汽吹灰技术的协调运行

以广东省某燃煤电厂为例,锅炉受热面积灰问题一直困扰着运行维护人员,传统的蒸汽吹灰器虽然能清除部分积灰,但能耗高,维护复杂,对锅炉受热面有一定磨损,为了找到更高效环保的清灰方式,电厂决定尝试声波和蒸汽吹灰技术的联合应用。声波吹灰器是利用声波振动来抖落受热面上的积灰,而蒸汽吹灰器是在声波吹灰器不能完全清除积灰时,通过喷射高压蒸汽来进一步清除积灰的辅助手段,这种联合应用方式不仅提高了

清灰效率,而且降低了能耗和维护费用。在实施过程中,电厂对声波吹灰器和蒸汽吹灰器进行了精心的选择和布置,确保两者相互配合,发挥最大的清灰效果,电厂还引进先进的控制系统,实现两种吹灰设备的智能控制,该联合应用方案的成功实施,有效解决了锅炉受热面积灰问题,提高了锅炉热效率和运行稳定性。

3.3 高温脉冲吹灰器在江苏某钢铁企业烧结机余热回收中的突破性应用

在江苏省某大型钢铁企业,烧结机余热回收系统是实现节能减排和资源循环利用的关键环节,换热设备上的高温粉尘已成为制约余热回收效果的瓶颈,为了突破这一瓶颈,钢铁企业引进了高温脉冲吹灰器。高温脉冲吹灰器以压缩空气为动力源,通过瞬间释放高压气体产生的脉冲波,吹走换热设备上的高温灰尘,这种吹灰方式不仅耐高温、吹灰效率高,而且维护简单、成本低。^[3]在烧结机余热回收系统中,高温脉冲吹灰器安装在换热设备的关键部位,实现了高温粉尘的有效去除。高温脉冲吹灰器投入运行以来,钢铁企业烧结机余热回收系统换热效率显著提高,余热回收量大幅增加,这一突破性的应用不仅为企业带来了可观的经济效益,也为钢铁行业的节能减排和资源循环利用提供了新的思路 and 方向,高温脉冲吹灰器的成功应用也显示了其在高温恶劣工况下的较强适应性和可靠性。

4 结语

综上所述,电厂积灰是一个复杂的问题,受到多种因素的影响。为了解决这一问题,需要从多个方面入手,其中主要包括:设备选型和性能参数的精确匹配、维护和故障排除的系统化建设等。通过这些措施的实施,将有助于提高焚烧效率、减少空气污染物的排放、提高设备的热效率以及降低设备故障的概率等。只有这样,才能有效减少电厂积灰问题的发生,提高电厂效率和设备性能,实现电厂的可持续发展。

[参考文献]

[1]罗秋梅.电厂锅炉结焦原因与预防性措施分析[J].中国科技期刊数据库工业A,2023(4):0032-0035.

[2]张锐.浅谈延缓垃圾焚烧锅炉结焦积灰的技术[J].清洗世界,2022,38(6):26-27+96.

[3]胡杰,王勋,陈磊.垃圾焚烧锅炉积灰结焦的影响因素研究[J].清洗世界,2021,37(12):37-38+40.

作者简介:

刘佳(1991—),男,汉族,宁夏吴忠人,本科,助理工程师,研究方向:电力,声场分析与模拟研究。