

# 声波吹灰技术在电厂锅炉中的应用

党高峰

(中煤能源新疆煤电化有限公司, 新疆 昌吉 831799)

**摘要:**为解决声波吹灰技术在电厂锅炉中的应用问题,本文对目前电厂锅炉上使用的两种吹灰装置:有蒸汽吹灰器、声波吹灰器进行了研究,对比两种吹灰器的不同之处,提出在电厂锅炉中选择声波吹灰技术的重要依据,以期为相关人员提供积极借鉴。

**关键词:**空预器;堵灰;声波吹灰

**中图分类号:** TM621.2

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1004-7344(2022)47-0040-03

## 0 引言

长期以来,锅炉、加热器的积灰、结焦是困扰锅炉受热表面换热效率的难题,是造成工作效率降低的重要因素。如果积灰达到了一定规模,就会导致炉身腐蚀,导致意外停机,导致巨大的经济损失。为此,开发和应用了蒸汽吹灰器、高压水力吹灰器、钢珠(振动)除灰器。但是,这些装置都有一定的局限性,如清除面积小、死角大、能源消耗大、维护成本高。

锅炉积灰是由多种因素引起的,其中的燃料组成、锅炉的物理、化学性质、锅炉负荷和燃烧条件等因素都会对锅炉的积灰造成一定的影响。具体来说,有高温粘结灰、低温粘结灰、松散灰。高温粘结灰主要出现在高温区和高温对流面,尤其是在重油燃烧过程中,由于燃料中的钠、钾、硅、钙、磷等元素在燃烧过程中升华,遇到低温管壁,会产生凝结,并与烟气中的SO结合,产生不同的熔盐,捕获大量的灰烬。

低温粘结灰通常出现在气流预热器和冷却阶段,因为灰渣颗粒中含有大量的碳颗粒,将烟气中的硫酸根、亚硫酸根和水吸收,在受热面上沉积或凝结,产生强腐蚀性,如硫酸亚铁。松散灰主要分布于对流段、气流预热器、节煤器、集尘机等各个部分,占总积灰总量的60%,且容易清理,但其热阻较大,对热效率的影响尤其显著。

## 1 声波吹灰的概念

声波吹灰技术是利用声场的能量,对锅炉换热器表面积灰、结焦进行净化。该装置是将某一强度的声波送入正在运转的炉膛,利用声能作用,引起气流分子和尘埃的振动,破坏并阻碍粉末在管壁表面或颗粒间的粘附,使其始终保持悬浮状态。

声波能传遍整个空间,将炉身所有地方的灰尘全部清理干净,不会对设备造成腐蚀,也不会造成管道表面的磨损和破损<sup>[1]</sup>。

根据对气流的调节,声波的产生可以分为笛形气流声源、谐振腔和圆板哨。其中国外的声波除灰设备多为圆盘型,而我国的消音器则以低频率的旋笛型吹灰器为主。

## 2 吹灰器类型

### 2.1 蒸汽吹灰器

#### 2.1.1 工作原理

蒸汽吹灰器采用高温、高压的水蒸气经过连续改变的喷嘴,以极高的速度喷射,将受热面上的积灰吹走,并随着烟尘被吹走,使积存的灰渣破裂掉落。

#### 2.1.2 主要型式

蒸汽吹灰系统包括三大系统:吹灰管、吹灰器、程序控制系统;吹灰器有:炉膛吹灰器、长伸缩吹灰器、气流预吹灰器。蒸汽吹灰器采用电传动,气门采用机械方式打开,并设有调节蒸气压力及流量的调节,吹灰管道采用高强度的合金钢。

#### 2.1.3 技术性能特征

蒸汽吹灰器是传统的吹灰器,其高温、高压蒸汽直接吹扫受热表面,对灰渣、灰熔点高、灰渣具有良好的清洗效果。它的主要优点和不足较为明显,其中优点:①能够安装在锅炉的所有部分,能够对炉膛、水平烟道和尾井的受热表面进行直接吹灰。②对结渣、灰熔点低、粘性灰渣有良好的作用。③从锅炉直接引入蒸汽,按照设置的流程进行吹灰。④短吹灰装置工作稳定,长吹灰装置的可靠性更高。缺点:①吹灰消耗蒸汽,降低烟气露点,增加锅炉补给水;②吹灰仅可除去被吹入的受热表面,且存在死角。③伸长型吹灰器的伸缩部件容易发生变形、卡滞、受热表面被蒸汽吹伤而爆裂,维修工作量大、结构尺寸大、占地面积大。

### 2.2 燃气脉冲激波吹灰器

#### 2.2.1 工作原理

燃气脉冲激波吹灰器的工作原理是采用气流与可

燃气体(例如:氢气、乙炔气、煤气)等;液化气体、天然气等)按一定比例混合,用专用容器搅拌,并用高温点燃,使其发生爆炸;瞬时产生的巨大声能和大量高温、高速的气体,以激波形式震荡、撞击、冲刷着受热面的管束,将其表面的灰尘吹散,并随烟尘而去。

### 2.2.2 燃气脉冲激波吹灰器的不足

然而,这种技术也有一些缺陷,首先,它适用于锅炉,因为燃烧后容易产生高温烟雾和气体泄露,所以目前它仅适用于尾烟管的下部,例如气流预热器。其次,由于工作介质是易燃易爆气体,如果设计结构不当,会造成产品质量问题;这些容易导致易燃性气体的泄露,对炉膛和周围环境产生危害。再次是比较复杂的,需要更高的控制系统。最后,无稳定的气体来源,需要经常替换。优势:①冲击波能量大,适用于疏松的泥沙和粘性的泥沙。②整个系统具有结构简单、不需要旋转的机器、操作程序、维护工作量少的特点。③体积小,占地面积少。缺点:①吹灰需要使用气体,需要定期进行气流供给。②吹灰对竖向冲击面的影响较大,且吹灰存在盲区。③长时间的吹灰会对固定的受热表面造成侵蚀,所以要注意煤气的安全。

### 2.3 声波吹灰器

工作原理,声波吹灰器有双音双频声波吹灰器和单音单频声波吹灰器两种,它们的声音原理不同,双音双频声波吹灰器是将高压气流通过一高音高频发声哨所产生的高音高频声波与一低音低频声波发生罩所形成的低音低频音波进行耦合叠加,产生一种双音双频带状频率声波;单音单频率声波吹灰器是通过金属薄膜、喇叭、发声共振腔或其他声学部件的压缩气流或蒸汽发出强烈的声响;声波在烟道或炉膛中传播,引起烟尘中的粉尘颗粒同步振动,由于声波振动,使得粉尘颗粒很难接近积灰表面,同时还能将积存在加热表面的粉尘进行分解,以实现清灰。优点:①利用声波与灰渣、灰渣产生振动、谐振,适用于疏松的粉尘。②吹灰装置结构简单、可靠、不需要旋转的机械、操作程序、维护工作量小。③声波能到达其他吹灰器所不能到达的地方,而不会留下任何盲点。④不吹损、不腐蚀、不影响受热表面的管壁,降低了操作费用。缺点是产生的声能能量有限,影响了其使用范围。

根据三种吹灰器工作原理、技术特点及实际应用情况,其主要技术性能比较如下:①蒸汽吹灰器,吹灰介质为蒸汽,每隔8h吹灰一次,设备系统较为可靠。系统复杂,吹灰有死角运行费用高。长吹灰器易受热变形卡死引起爆管,维护量大,装置占地面积大,运行费用较高。②燃气脉冲激波吹灰器,吹灰介质为乙炔或液化,每隔7~15d运行一次,一般为0.5h,设备系统简单,

功率大。运行成本高,吹灰有死角,燃气有安全问题,设备运行费用适中。③声波吹灰器,吹灰介质为压缩气流或蒸汽,每隔2~4h发声一次,每次发声30~60s,设备系统简单,使用安全,维护量较小,成本低。能量低,运行费用最低。

从三种吹灰器的技术特点看,在锅炉炉膛、屏式受热表面吹灰除焦时,蒸汽吹灰器仍然是首选,与声波吹灰器搭配使用,效果更好。三种类型的喷灰器都可以用于尾部加热(低温过热器,省煤器,管式气流预热器),对于粘性粉尘,宜选用脉冲气体吹灰器。对于旋转式气流预热器,宜选用声波吹灰和气体脉冲激波吹灰,或使用蒸汽吹灰,前者在启动阶段就能使用。

## 3 锅炉吹灰系统的组成部分

采用不同的锅炉和不同的燃煤,设置吹灰器的数量、种类、方式和吹灰参数都是不一样的。但是,通常情况下,锅炉的吹灰器包括三个部件。吹灰介质管阀部分,主要由主汽源阀、副汽源阀、降温降压站、分支式疏水阀门组成、检测吹灰介质温度,压力,流量等检测装置。吹灰清扫设备部分,包括安装在不同型号、不同行程和不同行程的锅炉各受热表面上的吹灰器。例如湖北锅炉辅助设备厂的L型炉子、G型固定转动系列、C型长伸缩式系列等吹灰设备。吹灰系统程控装置部分,包括控制柜,电源柜。吹灰程序控制设备在锅炉吹灰系统中起着举足轻重的作用,是保证锅炉吹灰系统安全、可靠的关键。中央控制器采用PLC,实现了吹灰流程的柔性,可以根据锅炉制造商所提供的吹灰流程,实现了整个吹灰系统的协调;实现了锅炉吹灰设备的自动、远程、就地电动操作,并具有状态显示、故障报警、联锁保护等功能,可满足吹灰作业的需要。吹灰控制系统中控制箱的构成:包括可编程控制器,电源,显示板;由小型继电器、接线端子排构成,与动力箱连接,由端子排、电缆连接,维修人员可利用编程器对操作程序进行修正。吹灰控制系统的动力箱体结构,包括一组交流接触器,气流开关,中间继电器;由热继电器和接线端子构成,用于对各种类型的吹灰和各种电气阀门进行控制。

## 4 电厂声波吹灰系统改造应用方案

锅炉水平烟道改造方案。锅炉机组的水平烟管位于炉膛出口,此位置烟温高,通常(900~1300℃),烟尘中含有大量的灰分,大颗粒的灰分很容易在这个位置堆积,导致了烟道内的灰尘堆积,导致了不少问题。

案例:华能玉环电厂2号机组1000MW(机组)水平烟道改造方案

工程概况:哈尔滨锅炉厂根据三菱重工股份有限公司的技术,研制成功了1000MW超临界变压运行的

华能玉环电站。采用 II 型布置、单炉膛、反向双切式循环燃烧,炉膛采用内螺旋管竖直向上膜式水冷壁,循环泵启动系统,一次中间再热;在控制温度的同时,还采取了烟道分配挡板、燃烧器摆动和喷水等方法。采用平衡通风,露天布置,固体排渣;全钢框架,全悬挂式。每个锅炉配备 56 个 RL-SL 型长伸缩式吹灰装置,在高重区 AB 的两边分别设置 6 个长吹灰器<sup>[3]</sup>。

存在问题:在机组历次调停及检修中发现,在高过与高再之间折焰角上、水平烟道高再中间区域普遍存在积灰,高再中间区域积灰尤为严重,存在宽度约 4~5m、高度高达 3~5m 的灰堆。

改造计划:在 2 号机组进行维修或调停的时候,将原有的 2 个水口和 2 个扩张式的声波吹灰装置拆除,2 个扩张式的声波吹灰器设置在一个扩张式的音波吹灰器的上方 1m 处;原未拆卸的蒸汽吹灰器可以作为后备(此次改造以蒸汽吹灰器取代,四个尚未拆卸的蒸汽吹灰器可以临时作为备用,根据使用条件是否投入使用)。

锅炉空预器改造方案。气流预热器是电厂锅炉中的一种重要设备,其主要原因是常规烟气的低温腐蚀和氨气泄漏引起的硫酸氢铵腐蚀。在低温烟气中,气流预热器很容易出现低温腐蚀、结渣等问题。由于气流预热器阻塞,导致锅炉运行阻力增加,烟气排放超过标准;另外,还会使风机的流道阻力增大,提高风机的功率消耗。如果出现堵灰现象,就需要采取停机措施,这会导致机组的非正常停机次数,对企业的经济效益造成很大的影响<sup>[4]</sup>。

电廊坊热电厂 2×350MW 机组空预器的技术改造。

工程概况:北京巴威公司生产的国电电廊坊热电厂 2×350MW 机组,锅炉 B&WB-1130/25.4-M。平衡通风,固体排渣,全钢结构;半开放排列的一种类型的锅炉。

问题:锅炉是一种煤粉加热炉。停炉后,现场对锅炉空预器进行了现场检查,结果表明,在烟气一侧的冷端,有较大的积灰。由于大量的积灰,导致了空预器的冷端出现了严重的低温腐蚀。

改造计划:利用机组维修或调停的时机,在炉膛 A、B 两侧烟气进口和二次风口分别设置一个涡轮声波吹风机,并在烟气进口和二次风口的壳壁处设置有声波吹灰器,采用型钢支承和螺旋式扩压器,采用 8mm 耐热、耐磨的合金钢制成。在烟气进口和二次风进口处新设一个安装孔。

## 5 改造后的经济效益分析

声波吹灰器采用全息吹灰,实时在线操作。可彻底取代常规的蒸汽吹灰器。采用声波吹灰器后,吹灰区域内不会有明显的灰尘堆积,不会发生坍塌。可以彻底地

防止由于蒸汽吹扫造成的管壁变薄而造成的局部管内爆管事故,防止非计划停电,改善设备的安全。本发明的吹灰器无须维护,长时间运行不需调整、检修、维护,可大大减少检修工作量,节约检修维护成本,并可较大幅度降低发电煤耗<sup>[5]</sup>。经济效果,①节省蒸气:采用声速吹灰装置,可取代蒸气吹灰装置,节省蒸气。②可避免粉尘堆积,减少烟气的升温,增加锅炉的效能,节约煤炭。③节能:采用超声吹灰器实现了实时在线工作,可有效地减少锅炉受热面上的灰尘,减少烟气的阻力,减少排气扇的输出功率,并能有效地降低排气扇的流量。④维修费节省:因为有受热表面的管子有吹蚀和容易卡堵的现象,所以维修成本会提高,所以要在管子的内壁处安装一个防波片,以避免管道的风蚀。⑤防止蒸汽吹灰导致的安全问题,如蒸汽吹灰、机械泄漏等。⑥节能和减排:与原来的操作模式相比,使用声速吹灰装置能够降低 CO<sub>2</sub> 和 SO<sub>2</sub> 的排放。

## 6 结语

由于气流预热器结垢的严重,会使烟气系统的阻力增大,出口的压差、漏风系数变大,锅炉的整体风量和炉膛的负压发生明显的波动,使送风机的单耗增大,排烟热耗增大,降低了锅炉的效率以及机组的安全性和经济性,严重时会造成烟气温度升高,使脱硫系统不能正常工作。所以,如何有效地解决气流预热器的堵塞问题就变得非常重要。

## 参考文献

- [1] 李洪杰,周亮.高强可变声波吹灰器在电厂中的应用[J].现代制造技术与装备,2019(10):181-182.
- [2] 周磊,张举,宋梓源,等.内置阵列式声波吹灰器应用及节能分析[J].发电技术,2020,41(6):706-714.
- [3] 谢玉豹.锅炉受热面污染监测及吹灰优化系统技术研究[C]//北京中能联创信息咨询有限公司.第四届热电联产节能降耗新技术研讨会论文集(上册).青岛:第四届热电联产节能降耗新技术研讨会,2015:103-108.
- [4] 孙迪辉,张潇元.300MW 机组锅炉受热面吹灰优化控制系统研究与实现 [C]//浙江省科学技术协会.浙江省电力学会 2012 年年会优秀论文集.杭州:浙江省电力学会 2012 年年会,2012:186-192.
- [5] 侯国忠.运用选择性吹灰提高 600MW 超临界直流锅炉运行的安全性和经济性[C]//中国电力企业联合会科技开发服务中心.上海:全国火电大机组(600MW 级)竞赛第 11 届年会,2007:187-189.

作者简介:党高峰(1977—),男,汉族,河南济源人,本科,工程师,主要从事电力生产管理工作。