

# Research and Application Situation of Boiler Ash Blowing Optimization in Power Plant

Wei Li

Shaanxi Deyuan Fugu Energy Co., Ltd., Yulin, Shaanxi, 719000, China

## Abstract

In order to promote the improvement and transformation of boiler ash blowing in power plants in China, and adapt to the constantly improving requirements of device operation optimization, this paper analyzes the application situation of ash blowing device from the application status of ash blowing device. At the same time, the research in this area has just begun, each power plant boiler ash blowing system work still exist many problems, especially the ash pollution monitoring is relatively weak, however, in recent years, each power plant in optimizing the boiler ash blowing made great progress, gradually shorten the distance with Europe and America and other advanced countries, and the current power plant boiler ash blowing equipment utilization rate is not high, expounds the coal-fired power plant in the process of dust detection means and the existing soot blowing optimization system, for power plant boiler ash blowing optimization in-depth study and application for reference.

## Keywords

power plant; boiler; ash blowing; soot blower

# 电厂锅炉吹灰优化的研究应用现状

李伟

陕西德源府谷能源有限公司, 中国 · 陕西 榆林 719000

## 摘 要

为推动中国电厂锅炉吹灰的改进与改造, 适应不断提高了装置运行优化要求, 论文从吹灰装置的应用现状出发, 对其应用现状进行分析。同时, 中国在这方面的研究才刚刚开始, 各个电厂锅炉吹灰系统的工作还存在很多问题, 尤其是灰污染的监控方面还比较薄弱, 但是, 最近几年, 各个电厂都在优化锅炉吹灰方面取得很大的进展, 逐渐缩短了与欧美等先进国家的距离, 并对当前电厂锅炉吹灰设备利用率不高的问题, 阐述对燃煤电厂吹灰过程中存在的积灰检测手段及已有的吹灰优化体系进行综述, 为电厂锅炉吹灰优化的深入研究与应用提供借鉴。

## 关键词

电厂; 锅炉; 吹灰; 吹灰器

## 1 引言

电厂锅炉的受热面和热交换器烟气侧积灰是一种很常见但又很难解决的问题, 尤其是在燃用低热值煤和低负荷的情况下。各受热面积灰不但增加炉内空气阻力, 降低换热效果, 增加设备的能源消耗, 还加重设备的腐蚀, 尤其是在低温段。如果不能及时清除, 将严重影响锅炉的安全、经济运行。还有炉膛及后续受热面传热效率降低, 使各受热面吸收的热量减少, 从而提高炉前和后段的烟气温度, 降低锅炉的总体效率。

## 2 电厂锅炉吹灰系统的概述

### 2.1 吹灰器的结构及工作原理

根据其结构特点, 可分为单口式、固定回旋式、伸缩

式(短伸缩式和长伸缩式)、往复式等。各类吹灰器的工作原理大体相同, 均通过吹灰介质在吹灰器喷口出口产生的高速射流, 将炉膛内的积灰、积碳等物清除干净。在空烟气(或水流)的冲击比灰粒和灰粒间的作用力大, 或者灰粒(焦炭渣)与传热表面的粘附力大的情况下, 灰粒(或焦炭渣)会掉落下来, 小的颗粒会被烟气带走, 大的残渣和灰渣会下沉到灰斗或烟道里<sup>[1]</sup>。

#### 2.1.1 炉膛吹灰器

炉膛吹灰器的结构组成: 短伸缩式吹灰器是 PS-HB 型短行程可回收式吹灰器, 用于清扫炉膛, 其螺旋导管可 360° 转动, 并设有凸轮机构, 可对预设区域进行吹扫。该吹灰器主要由六个部件构成: 鹅颈阀(由阀的起动脉、内管-供气管)构成; 由马达、蜗轮箱、齿轮轴及控制盒构成的传动装置; 包含主驱动轮的前部支承系统; 主齿圈; 引导棒和支撑板(托架设备); 波纹管、密封填料、凸轮装置。同时, 驱动系统由喷吹、旋转、伸缩三部分组成, 通过控制盒控制

【作者简介】李伟(1988-), 男, 中国山西朔州人, 本科, 从事集控运行研究。

吹灰循环次数,并提供吹灰结束信号。螺旋管的凸缘上装有适当弧长的凸轮,用来控制驱动臂,当喷嘴与所需要的吹扫点相一致时,便可打开阀门。当阀门打开时,安装在螺旋管末端的喷管立即被吹扫。

### 2.1.2 烟道长伸缩型吹灰器

烟道长伸缩型吹灰器的结构组成:PS-HB型是一种适用于对锅炉进行清洗的吹灰器,其作用是清理过热器、再热器等部位的积灰结渣。长伸缩型吹灰器由跑车、吹灰器阀门等构成。

①减速机。本发明涉及一种用来带动喷吹灰枪进、出炉的排灰装置,它由电机、齿轮箱及吹灰枪与内管之间的填充密封件组成。在减速机内部,主要的减速装置为一对涡轮蜗杆副,其输出轴带动末级正位移齿轮,带动吹灰枪运动,同时带动伞齿轮转动。

②吹灰器阀门。安装在吹灰器尾部的是机械式的阀门,其工作介质可以是蒸气,也可以是压缩空气,还有一个压力调节器。采用减速机进、退两种方式,实现阀门的打开和关闭。减速机上的撞针杆操作凸轮,驱动臂机构可使阀门自动打开。撞击针的位置可以调整,确保吹灰枪在吹灰状态下,能为吹灰提供吹灰介质。

### 2.1.3 回转式空预器的吹灰器

概述:PS-HB型吹灰器是一种特殊的吹灰器,它是一种以蒸气或空气为吹灰介质,特别适用于旋转风冷机加热区域的吹灰器<sup>[2]</sup>。

回转式空预器吹灰器的工作原理:首先,暖管结束后,启动后减速箱向前移动,与之相连的吹灰枪管也随之前进。其次,吹灰器操纵杆拉起,打开吹灰阀,开始吹灰。当减速箱向前推进,接触到前冲程开关后,减速箱后退,吹灰枪后退,后退到接近终点,气门闭合,吹灰停止。在吹灰时,喷灰喷嘴以恒定的速度向前、向后移动,并在加热表面形成阿基米德螺旋线吹出的痕迹。最后,当减速箱碰到尾部的冲程开关时,吹灰停车,吹灰装置结束了一次吹灰。

## 2.2 吹灰的作用及对锅炉运行的影响

吹灰的作用:锅炉在长时间的运行中,受热面上会形成积灰结垢,导致换热性能下降,而在尾部烟道中,因为可燃物质的长期堆积,也有可能导致二次燃烧,所以在锅炉运行一段时间以后,要对受热面进行吹灰,以达到清洗受热面的目的。

吹灰对锅炉运行的影响:吹灰会使加热表面变得洁净,从而提高吸收热量,从而降低烟气的温度。吹灰时要保持一定的负压值,以免出现正压现象,并在吹灰作业过程中,要加强吹灰巡视,一旦发现吹灰异常,做好记录,及时通知维修人员进行维修。如果有吹灰器堵塞,或有漏气现象,要立即停机,并联系检修进行处理。

### 2.3 炉膛吹灰操作及影响

第一,炉内吹灰时,严禁工作人员靠近捞渣机,以免

大块渣块掉落,导致水封水打开喷溅,水封水发生氢气爆炸,伤及捞渣机周围作业人员。第二,在吹灰之前,要先确认各个参数的稳定性,然后再进行大型作业时,要先停炉。第三,炉内吹灰时各种因素的变化与调整。

汽温下降:这是由于锅炉内的水冷壁受热面被吹净后,其吸收的热量就会增大,从而使后面过、再热器的吸热量减少,从而使蒸汽温度降低;在炉内吹灰时,要根据蒸汽温度的降低趋势,适当调节减温水量,在完全关闭后,蒸汽温度急剧降低时,要停止吹灰。

汽压上升:这是由于锅炉水冷壁的受热面吸收的热量越多,其管中的蒸发量就越大,蒸气的容积也就越大,而下管和水冷壁管之间的压差也就越大,这就导致自然循环的功率变大,所以在进行大范围的吹灰时,一定要注意避免锅炉超压。

负荷:吹灰对负荷有两种作用,一是将加热面吹净后,吸收的热量增大,从而提高锅炉的热经济性;二是在吹灰过程中,会消耗大量的过热蒸汽,从而导致热经济性下降。但是,从整体来看,特别是在受热面积灰较重的情况下,前者要比后者大得多,这一点在吹灰时更为显著,且负荷增长较快。所以,要掌握好吹灰的时间,通常在降温量较大的时候,在负荷迅速升高的情况下,要适当地降低一些燃料量保持负荷的平稳。

## 3 吹灰器使用效果和现况

不管是在炉膛内,还是在对流受热面上,都会给锅炉带来严重的危害,吹灰是一种行之有效的方法。吹灰器是通过特定的吹灰介质(水蒸气、声波气体等)对受热面进行清理,将其表面污物去除,使其达到洁净状态。一般情况下,与不吹灰相比,烟气温度可降低约15℃,且可使锅炉的效率提高1%~2%。

2021年,全球吹灰器市场规模将达到几十亿美元,并有望在2028年实现数倍的增长。今后数年内,吹灰器行业存在着许多的不确定因素,因此论文根据近几年的发展情况,结合业内专家的意见,结合论文分析师的观点,对2022—2028年的预测进行了综合的预测。通过对中国近几年来锅炉吹灰器产业的消费量和年均增长率的分析,来判定其市场前景和发展前景,并预测今后几年内的消费量的发展趋势。同时,从不同的视角、不同类型、不同档次、不同地区、不同应用领域的锅炉吹灰器产品的消费量和所占的比重进行详细的调查,同时对各个细分产品的市场容量、需求特点、主要竞争厂商等进行全面的了解。这样就可以让顾客对锅炉吹灰器产业的产品结构和各种细分产品的市场需求有一个总体的了解。

当前,广泛使用的吹灰器有多种形式,如蒸汽吹灰器、压缩空气吹灰器等。在这些设备中,蒸汽吹灰器是最主要的设备,因为它具有价格低廉、价格低廉的特点。其他几种方

式都有各自的优点和缺点,但是并不是很普遍。针对蒸汽吹灰器,目前的研究主要集中在喷嘴设计上,以减少蒸汽消耗为目标,达到较好的除灰效果<sup>[3]</sup>。

## 4 吹灰装置的优化分析

在电厂锅炉中,使用最为广泛的是采用高速蒸气作为介质的蒸汽吹灰器。该吹灰器能够达到良好的吹灰效果,适合各全炉的受热面使用。然而,在吹灰时,受热面会受到不同程度的侵蚀,吹灰时还容易出现吹灰管卡涩,吹灰器枪管变形,电动机过载等问题,同时还会增加设备投资和运行费用。为此,很多学者都在对其进行优化改造,以减少其能量消耗,增强其安全经济。一种比较可行的研究方法就是通过改变气源,传统的锅炉吹灰器采用的是自低温再热器排出的蒸汽,这部分蒸汽必须通过绝热节流以大幅降压,消耗巨大。同时,有的学者建议采用涡轮一次排气作为蒸汽源,该方法的节能效果比屏式过热器排出的蒸汽要低。由于一次抽汽量的增大,势必影响机组的安全运行,因此有必要对特定抽汽量与机组工作状态之间的关系进行深入研究。

## 5 灰污染监测的理论模型

### 5.1 灰污热阻

灰污热阻是指受热面金属表面积灰的热阻,为了研究结垢表面温度,我们假设结垢在管壁圆周上呈均匀分布,即结垢的导热系数等沿圆周方向保持恒定;在圆周轴线方向上,热流密度 $q$ 是恒定的,即当假设成立,且两个管段之间的温差较小时,在圆周方向和轴线方向上,污垢面积均为常数;管内和管外的液体均为常物性性质,当液体的温度发生较小的改变时,可容许此种情况发生。

### 5.2 传热有效度比

传热效能,也就是换热器的换热效能,它是换热材料实际吸收的热量与理想换热器能传输的最大热交换量的比值。 $Th_i$ 为烟气入口, $T_i$ 、 $T$ 为工作介质入口温度。受热面沾污后,出口温度和换热效率都会下降。因此,采用热传递有效度比率来描述受热面的污染状况<sup>[4]</sup>。

### 5.3 清洁因子

在工业中,通常采用清洁系数来表征传热表面的污垢状况,即换热表面的实际吸收热量与被清洗表面吸收的热量之比。这里, $Q$ 为换热表面的实际换热量,而 $Q_0$ 为当换热面清洁时的换热量。在加热表面是洁净的情况下, $CF=1$ ;反之, $CF$ 小于1,采用清洁系数 $CF$ 来表征换热器表面的污垢状况,能够直观地反映污垢对换热器传热过程的影响程度。然而,能否准确地反映污染状况,关键是如何选取与计算 $Q_0$ 。目前已有许多获取 $Q_0$ 的方法,或者利用洁净的热通量测量法,或者利用历史数据拟合得到 $Q_0$ 。

## 6 灰污染监测的实际应用

### 6.1 热流计法

热流计法用于测量局部热流,在不同的灰污染条件下,局部热通量的变化是不同的。灰污染程度愈高,则热流愈低。它是一种清洁热流计,是用来测定清洗壁面温度与实际受污染情况下的热流。但是,在长时间的工作中,很难保证喷头的清洗,这是检测方法的一个重要缺点。另外,现有的检测系统并未使用清洁热流计,而仅根据炉膛最大热流值进行统计估算,并综合考虑煤负荷、单炉负荷燃烧器倾角等多种操作参数的影响。基于热流测量技术的锅炉结渣检测方法,需要设置若干个热流计传感器,而每一个热流计传感器只对某一部分进行检测,而整个热流计网络可以反映整个炉膛内的污染状况。

### 6.2 热力计算法

热力计算法是一种常用的在线检测方法,也可用来代替传统的热流计传感器网络来监控炉内的积灰,其理论模型主要为清洗系数 $CF$ 的确定。相对于热流计,这种方法的精度和实时性都较低,但是它的优势在于没有附加的设备,安装也比较容易,并且在实际应用中进行调试,满足实际需求。同时,以真实换热系数与理想换热系数比值为清洁系数,以锅炉总热量平衡为依据,从省煤器出口分段逆烟气流分段换热,实现对受热面积灰状况的实时监控,并在电厂300MW机组锅炉上进行验证。另外,高准确度的检测可以从高品质的烟气一侧获得,通常需要额外增加一些设备。其中最显著的改进就是利用传统的热电偶网格排布和烟气朵对烟气进行分析与测试。此外,采用热不平衡计算出的烟气温度在辐射区域存在误差。因此,应将测点设置在锅炉的高温区域<sup>[5]</sup>。

## 7 结语

一套完备的吹灰优化体系是一项十分复杂的系统工程,应由积灰检测电厂热效率计算、锅炉计算等内容组成。通过研究吹灰过程中的积灰因素对结垢的影响;研究结垢对燃烧过程中的传热及安全性的作用。目前,国际上学者对吹灰锅炉及电厂热效率的研究已取得长足的进步,但在经济性分析与优化等方面的研究还比较薄弱,灰污染监测还需进一步完善与完善。

### 参考文献

- [1] 史元浩,李强,曾建潮,等.基于增量分布的燃煤电厂锅炉受热面吹灰优化研究[J].动力工程学报,2019,39(10):777-783.
- [2] 朱昌厚,周燕弟,朱立新,等.电厂锅炉水冷壁蒸汽吹灰过程中低汽温的防控[J].冶金动力,2017(7):31-34.
- [3] 李春鹏.关于某电厂锅炉吹灰器优化运行的探讨[J].科技展望,2016,26(29):113+115.
- [4] 杨双华.PLC在电厂锅炉吹灰系统中的应用[D].成都:电子科技大学,2012.
- [5] 张洪波.弱爆炸波吹灰器在电厂锅炉中的应用[J].设备管理与维修,2010(5):39-40.