

某电厂锅炉燃烧器喷口烧损原因分析及防治

李戈¹, 朱海宝¹, 王军²

(1. 华电电力科学研究院材料技术部, 杭州 310030; 2. 哈尔滨热电厂生产技术部, 哈尔滨 150046)

摘 要:某电厂锅炉运行一段时间后屡次发生燃烧器喷口烧损现象,同时炉膛内部水冷壁存在挂灰、结焦、鼓包、膨胀等问题,严重影响机组的安全运行。从机组入炉煤质、燃烧器结构、燃烧及配风方式等方面进行了分析,对该机组目前存在的问题进行了汇总,并对燃烧器喷口烧损的防治提出了相关建议。

关键词:燃烧器喷口;烧损;水冷壁;原因分析

中图分类号:TK 228 **文献标志码:**B **文章编号:**1674 - 1951(2018)02 - 0021 - 04

0 前言

江苏某电厂 #3 机组检修期间,在炉膛内部进行防腐防爆检查时,发现炉膛内四角燃烧器喷口均存在不同程度的烧损现象,从喷口烧损程度来看,火焰已不能形成理想切角燃烧,燃烧器四周管壁存在吹损、过热的隐患,严重影响机组的安全运行。

通过对停炉前分散控制系统(DCS)运行数据及相关试验报告等资料的收集,并与电厂相关运行人员进行了多方面的沟通,了解机组运行期间炉膛内部燃烧情况,从多个角度分析机组燃烧器喷口烧损的原因,并对后期的防治工作提出了一些建议。

1 设备概况

江苏某电厂 #3 锅炉为 660 MW 超超临界参数变压运行 II 型直流炉,设计型号为 SG - 2024/26.15 - M621,采用定 - 滑 - 定运行方式,单炉膛、四角切向燃烧、一次再热、平衡通风、露天布置、固态排渣、全钢构架、全悬吊结构。设计煤种为淮南煤,校核煤种为淮北煤。制粉系统采用中速磨煤机直吹式制粉系统,每炉配 6 台 HP1043 型磨煤机(5 台运行,1 台备用),煤粉细度按 200 目筛通过量为 75%。空气预热器进风加热方式:热风再循环。

燃烧器摆动时,在热态运行中一、二次风均可上下摆动,最大摆角一次风为 $\pm 20^\circ$,二次风为 $\pm 30^\circ$ 。喷口的摆动由能反馈电信号的执行机构来实现。油燃烧器的总输入热量按 20% 锅炉最大连续蒸发量(B - MCR)计算。采用 2 种点火方式:(1)高能电火花点燃轻油,然后点燃煤粉;(2)微油点火,设置在最下层燃烧器上。

2 检修现状

2.1 燃烧器喷口烧损、变形

该机组自 2009 年投运,并于 2013 年大修期间更换过 D、E 层燃烧器,更换原因是燃烧器喷口变形、损坏。2015 年初检修期间发现 B、C、F 3 层燃烧器也普遍出现喷嘴及喷筒变形、烧坏严重的情况,同样进行了更换。通过调研了解,#4 机组存在同样的问题,并计划于今年大修期间对部分燃烧器进行更换。#3 机组本次更换烧坏的燃烧器如图 1 所示。



图 1 燃烧器喷口烧损

检修期间,对 #3 机组 2013 年更换的燃烧器进行检查,发现经过近两年的运行,燃烧器喷口已经发生了明显的变形,如图 2 所示。



图 2 燃烧器喷口变形

另外还发现燃烧器喷口存在堵焦、挂焦现象,而且部分二次风喷口也已经发生较大变形和断裂,如图 3 所示。



图 3 燃烧器喷口堵焦、挂焦严重

2.2 水冷壁区域挂灰、结焦

#3 机组本次检修期间,对炉内水冷壁区域进行了外观检查,发现部分区域水冷壁有挂灰、结焦现象,而且呈相对集中、对称分布。主要位置位于 4 个角的 D,E,F 上 3 层燃烧器喷口区域沿煤粉气流方向至炉墙中部,垂直方向上延伸至紧凑式燃尽风(ccofa)风层上部边缘,ccofa 风层与 sofa 风层之间挂灰结焦中断,至 sofa 风层,沿各层风门喷口气流方向至炉墙中部位置又出现挂灰结焦现象。图 4 模拟了

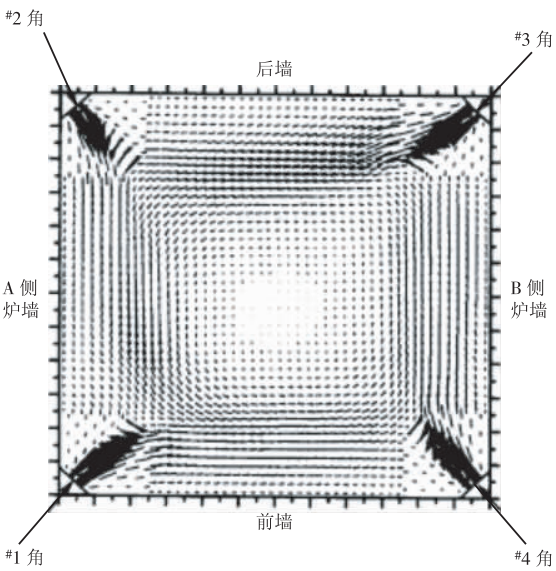


图 4 火焰燃烧模拟流场

炉膛内火焰燃烧流场效果图,结合模拟效果图,水冷壁区域挂灰、结焦具体位置见表 1。

由表 1 可见水冷壁上挂灰、结焦现象相对集中,且呈对称分布,而且每个角都发生在一侧炉墙上,另外一侧炉墙相对清洁、光滑。现场拍摄了几组水冷壁挂灰结焦图片,如图 5,图 6 所示。

2.3 水冷壁局部鼓包、膨胀

本次检修期间还发现该机组水冷壁上部区域局部发生鼓包、膨胀变形,具体位置主要位于炉膛四角区域水冷壁拐角处冷弯位置一侧,高度基本上在 D 层燃烧器以上至 sofa 风层,与上述水冷壁挂灰、结焦位置基本吻合。检修期间,电厂已对其中鼓包严重管段进行了更换,现场水冷壁鼓包部位如图 7 所示。

从图 7 中可以看出,鼓包位置分布相对一致,有

表 1 水冷壁挂灰、结焦具体位置

位置	#1 角	#2 角	#3 角	#4 角
D,E,F 层燃烧器层及 5 层 Sofa 风层	喷口区域至 A 侧炉墙水冷壁中部	喷口区域至后墙水冷壁中部	喷口区域至 B 侧炉墙水冷壁中部	喷口区域至前墙水冷壁中部



a 左侧区域水冷壁挂焦情况

b 右侧区域水冷壁挂焦情况

图 5 #2 角 sofa 风层喷口左右两侧区域水冷壁挂焦情况



图 6 #3 角 D,E 层燃烧区域 B 侧墙水冷壁挂焦情况

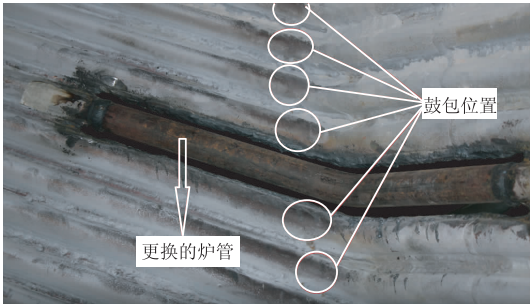


图 7 水冷壁发生鼓包的位置

一定的规律性,而且与水冷壁挂灰位置基本吻合,因此我们分析主要是由于水冷壁向火侧局部过热引起的蠕胀变形。产生局部过热的原因主要有两个方面:一方面,煤粉在燃烧器喷口区域的提前燃烧,导致燃烧器区域温度过高,进而对该区域水冷壁造成较强的热辐射,从而产生局部过热;另一方面,炉内流场的紊乱,燃烧层切圆直径的扩大以及 sofa 风层不具备反切的效果,导致了煤粉的刷墙、挂灰,进而导致水冷壁温度的升高^[1]。

可以推断目前该机组在燃烧方式及配风方式上存在一定的问题,而燃烧器喷口烧损变形会导致火焰流场发生改变,进而加剧炉墙挂灰、结焦以及管壁鼓包现象。

3 原因分析

根据检修期间发现的炉膛内部现状,从机组入炉煤质、燃烧器结构、燃烧方式及配风方式等几个方面进行原因分析^[2]。

3.1 机组入炉煤质

从电厂调取了该机组停炉前近 6 个月的入炉煤煤质分析报告,报告显示该机组燃烧煤质与设计煤质相当,燃烧煤种为淮北煤,并进行了少许掺烧,但是挥发分含量比较高,炉内燃烧时容易提前燃烧,烧损燃烧器喷口,运行中可以适当增大一次风量和燃料风量。

3.2 燃烧器结构

该机组燃烧器采用的低氮同轴燃烧系统

(LNCFS 技术),该系统的特点是多层布置,多层燃烧,同层可调,在控制低氮燃烧与防止高温腐蚀方面,技术比较落后,与现代流行的水平/垂直浓淡低氮燃烧器相比,该系统主要通过分层燃烧来降低 NO_x 排放,在 NO_x 排放指标上虽然达到可控,但是该燃烧系统在煤粉燃烧层上部设置了 5 层 sofa 风道和 2 层 coofa 风道,如果单纯追求 NO_x 排放指标,势必造成下层燃烧器二次风量不足,煤粉在下层欠氧燃烧,火焰中心上移,炉膛上部局域热负荷变大,进而导致壁温超温、高温腐蚀等现象的发生。

建议适当关小 sofa 风及 coofa 风门开度,适当调大下层辅助风机周界风门开度,同时建议二次风门执行机构由同层控制改为单独控制。

3.3 配风方式

3.3.1 一次风量不足

通过调研了解,该机组投运后,省电科院进行过燃烧调整试验,其中在试验报告中关于变一次风量的燃烧调整试验结论是这样的:降低一次风量,加快一、二次风掺混,同时降低一次风机电流,从而调高锅炉热效率;单纯从锅炉热效率方面考虑,这样做是可以的,但是考虑到入炉煤的品质,挥发分近 30%,燃点很低,降低一次风量势必将着火提前,缩短了燃烧距离,扩大了炉膛火焰中心,燃烧器喷口附近温度过高,从而发生热变形。喷嘴变形进一步导致喷嘴面积变大,一次风速降低,一次风量不足。从上图中可以看出,在喷筒中已有严重的结焦现象。

3.3.2 一次风速显示不准

通过与电厂运行人员沟通得知,当磨煤机一次风门开度开到 10% 左右时,一次风量即达到 140 t/h,可见一次风量调节存在很大偏差,运行人员基本处于“盲调”。另外,机组自投运以来,只是在 2009 年进行过热态一次风速标定,之后机组经过几年的长时间运行,而且于 2013 年进行过燃烧器的更换,期间并没有再对在线风速进行过标定,所以 DCS 显示在线风速及一次风量是否准确值得商榷。

建议电厂进行冷态动力厂试验,重新对一次风量及一次风速进行标定及调平。

3.3.3 燃料风不足

同样在江苏省国网电科院的燃烧调整试验报告中,关于变周界风的调整试验结论为:适当关小周界风开度,锅炉热效率将会提高,NO_x 排放浓度降低,并建议周界风门开度保持在 25% ~ 30% 之间。对于燃烧贫煤或者无烟煤的锅炉来说,适当关小甚至全关周界风门开度,可以减少一次风的刚性,扩大切圆直径,同样可以降低 NO_x 排放。但是根据该机组入炉煤质,应该适当地调大周界风门开度,用以推迟

着火。因此 25% ~ 30% 的风门开度是否较小,是否还有上调的空间,有待于热态进一步观察。

3.4 燃烧器材质变化

与电厂人员了解,更换后的燃烧器喷嘴及喷筒在结构和尺寸上没有变化,只是改变了选用材质。通过对原厂燃烧器喷嘴及 2013 年更换的喷嘴的烧坏变形情况进行对比,如图 8 所示,可以看出原厂的燃烧器喷嘴经过长时间煤粉冲刷及过烧后发生严重磨损,但是变形量小,材质具有较强的耐热性,但是耐磨性较差,而 2013 年更换的喷嘴经过近两年的运行,磨损较轻,但是已经明显在热应力作用下发生塑性变形,材质具有较强的耐磨性,但是耐热性较差。

建议电厂在燃烧器材质选择上统筹考虑耐热、耐磨性能。

3.5 炉内流场紊乱

通过对炉内水冷壁挂灰、结焦位置的分析,我们可以推断,锅炉热态运行时炉内流场紊乱;下部煤粉

层与上部 sofa 风层挂灰位置一致,说明了下部煤粉燃烧层切圆过大,而上部 sofa 风层没有起到反切消旋的作用^[3]。

同时,我们调出了机组停炉前的 DCS 数据,通过对机组 A、B 两侧过热器、再热器减温水量可以看出,A 侧过热器一级减温水量远大于 B 侧过热器一级减温水流量,A 侧再热器减温水量大于 B 侧再热器减温水量,说明机组 A、B 两侧存在较大的烟温偏差,也印证了 sofa 风层没有起到反切、调节烟温的功能。

另一方面,通过与电厂人员的了解,该机组自投运以来,甚至在 2013 年更换燃烧器以后,没有进行过动力场调整试验,这也是造成炉内流场紊乱的一个重要原因^[4-5]。

建议重新做冷态动力场调整,调整燃烧器及各二次风喷嘴摆角,适当降低下部一次风切圆,避免水冷壁挂灰、结焦。

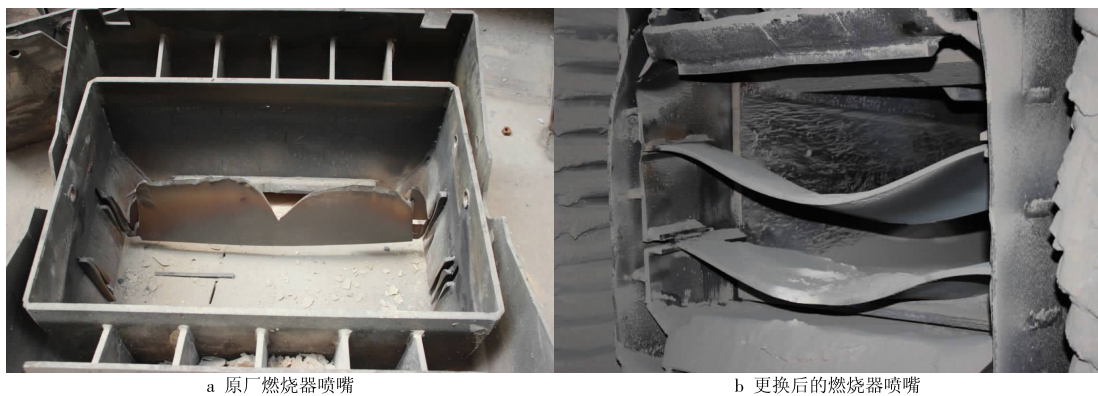


图 8 原厂燃烧器喷嘴与 2013 年更换的喷嘴烧坏变形对比

4 结论

(1) 该机组燃烧煤质挥发分含量比较高,炉内燃烧时容易提前燃烧并烧损燃烧器,可以适当增大一次风量和燃料风量。

(2) DCS 系统部分测点不准确,建议对一次风量及一次风速重新进行标定和调平。

(3) 燃烧器材质选材上不能兼顾材料的耐磨、耐热性能,建议电厂可以重新选材。

(4) 炉内流场比较紊乱,煤粉燃烧层切圆变大,sofa 风层反切效果不明显,造成煤粉刷墙、挂灰,建议进行冷态动力场试验。

(5) 水冷壁局部已发生鼓包现象,应加强运行监督,防止爆管事故的发生。

(6) 目前机组虽然不存在水冷壁高温腐蚀的问题,但是存在隐患,应加强运行监督,注意运行中氧量的控制及分配,同时加强入炉煤的管理。

参考文献:

- [1] 黄立,高小涛. 火电厂锅炉燃烧器烧损的试验研究[J]. 电力建设,2002,23(6):48-50.
- [2] 郎岩,樊伟,董建勋. 华能营口电厂锅炉燃烧器烧损的原因分析与解决措施[J]. 沈阳工程学院学报(自然科学版),2004,6(4):4-5.
- [3] 高小涛. 锅炉燃烧器烧损原因及防治对策[J]. 电力安全技术,2000(5):32-34.
- [4] 张强. 绥电燃烧器烧损原因及处理[J]. 东北电力技术,2001,22(6):11-13.
- [5] 焦伟营,雷先锋. 锅炉煤粉燃烧器烧损原因分析及防止措施[J]. 广西电业,2011(11):88-89.

(本文责编:齐琳)

作者简介:

李戈(1985—),男,山东临沂人,工程师,主要从事电厂锅炉的清洁燃烧及金属材料失效分析方面的工作(E-mail:ge-li@chder.com)。