

1 000 MW 二次再热塔式锅炉塌灰原因分析及应对措施

崔晓光

(国电泰州发电有限公司,江苏 泰州 225327)

摘 要:以某 1 000 MW 超超临界二次再热塔式锅炉为例,从该炉型受热面的结构布置、烟气流速、飞灰浓度等方面入手,对影响塔式锅炉受热面积灰的主要因素进行了分析,对引发受热面塌灰的原因进行了探究,提出了应对方法,保证了锅炉的安全、稳定运行。

关键词:1 000 MW 机组;超超临界机组;二次再热;塔式锅炉;积灰;塌灰;应对措施

中图分类号:TM 621.2 **文献标志码:**B **文章编号:**1674 - 1951 (2018) 07 - 0056 - 03

0 引言

塔式锅炉因适用多种煤种、炉内烟气流场分布均衡、对流受热面易疏水可酸洗等优势^[1],在已投产和在建的大容量锅炉中占比日渐增大。但在应用过程中也发现,低负荷时,布置于炉膛正上方受热面的积灰层形成较快,受到扰动时积灰层可能大面积塌落,导致锅炉火检闪烁、丧失甚至触发锅炉主燃料跳闸(MFT)。因此,迫切需要探究影响受热面积灰的主要因素和塔式锅炉塌灰原因,并制订出应对办法。

1 系统概况

某公司二期工程 2 × 1 000 MW 机组采用 SG - 2710/33.03 - M7050 型、超超临界、二次再热、单炉膛、四角对冲切向燃烧、变压运行塔式锅炉。

该型锅炉未设计后竖井,所有过、再热器受热面均水平布置在炉膛正上方,并且由于采用二次中间再热,上部受热面布置较为紧凑。自下而上依次布置了低温过热器、组合式高温受热面(高温过热器,一次/二次高温再热器的冷段、热段)。接下来,分隔烟道隔墙将上部竖井分为前后两部分,前竖井先后布置了一次再热低温再热器和前烟道省煤器,后竖井布置了二次再热低温再热器和后烟道省煤器。竖井顶部出口烟道拐角处设置了双烟道烟气挡板,调整流经前后烟道的烟气量,以平衡一次、二次再热器汽温。各受热面布置示意图如图 1 所示。低温过热器和一次、二次再热高温再热器冷段呈半辐射半对流特性,其余受热面呈对流特性。

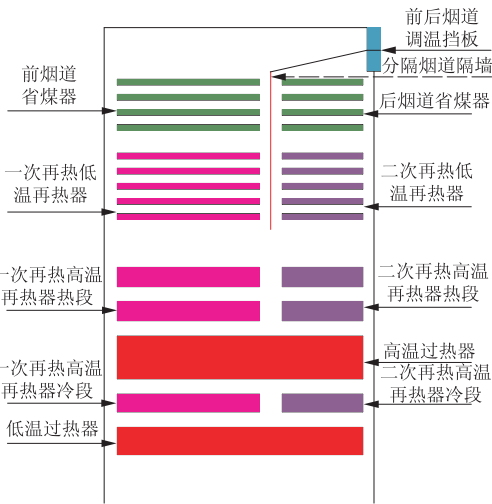


图 1 1 000 MW 二次再热塔式锅炉
对流受热面布置示意

2 影响受热面积灰的主要因素

受热面积灰指的是低于灰熔点的灰粒聚集在受热面管束的外表面,一般发生在对流受热面。按照积灰层强度,可分为黏结性积灰和松散性积灰两类。黏结性积灰的形成,是碱金属硫酸盐等活性颗粒黏附在管束外表面并与烟气中某些成分产生化学反应所致,其特性是随着烟气流速增大,质地愈发坚硬紧密,抗压强度可以达到 20 MPa,极难被清除;松散性积灰则是因为细小的中性灰粒沉积在管束外表面,其过程为物理过程,灰层疏松,机械强度低,容易被清除^[2]。因此,锅炉塌灰一般是受热面管束外表面上聚集的松散性积灰受到扰动瞬间塌落形成的。

受热面积灰过程主要受到烟气流速、飞灰浓度、管径、管束布置方式、管排数量等因素的影响。

2.1 烟气流速

管子错列布置时积灰情况如图 2 所示。根据有

关试验,烟气流速较低(5 m/s 以下)时,在受热面管子的迎风面略有积灰;在管子的背风面形成楔形积灰层,飞灰沉积较多;两侧的管壁受到飞灰冲刷作用,通常没有积灰存在^[3]。随着烟气流速的逐级增加,飞灰中粗灰颗粒的冲刷侵蚀降低了管壁迎风面和背风面的积灰层厚度。在烟气流速一定的前提下,管子背风面的涡流区内,细灰沉积形成积灰层逐级与粗大灰颗粒冲刷破坏积灰层之间形成平衡时,积灰层厚度不再无限增加,存在最大值。

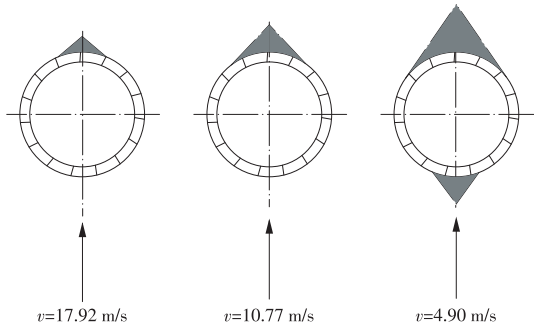


图 2 管子错列布置时积灰情况

表 1 为生产厂家提供的不同负荷时各受热面的烟气流速情况。由表 1 可以看出:一方面,沿炉内烟气流程,受热面区域的烟气流速逐级变缓,上部受热面管束上更易形成大量积灰;另一方面,随负荷降低,烟气流速也随之降低。在 50% 负荷及更低负荷时,各受热面区域的烟气流速不足 5 m/s,此时各级受热面管束上的积灰层增长较快且灰层较厚。

2.2 飞灰浓度

在受热面结构和烟气流速等条件一定的前提下,受热面飞灰沉积层的厚度存在一个最大值,而烟气中飞灰浓度的大小只是影响了达到该最大值的时间长短。因此,针对入炉煤种所含灰分的高低,需要及时调整吹灰时间间隔。

2.3 受热面布置结构

受热面管排错列布置时,管排间烟气流向受阻发生改变,管子背部受到冲刷,积灰特性减弱,若此时管束间纵向间距减小,管子背部受到的冲刷将更

强。受热面管排顺列布置时,烟气对第 1 排管子的背部和后续管排的冲刷较弱,积灰特性增强,若此时管束间纵向间距减小,管子受到的烟气冲刷将进一步减弱,飞灰更容易将管束之间的间隙填满。管排间横向间距一般设计值较大,对积灰没有太大影响。针对该锅炉而言,各受热面采用顺列布置,纵向间距设计较小(65 ~ 95 mm 不等),在入炉煤灰分较大时,低负荷时段,烟气流速下降,各受热面更易积灰。

3 受热面塌灰原因及应对方法

由上面分析可知,受热面在低负荷时更易积灰,随着时间推移和烟气飞灰浓度的增加,受热面的积灰会逐级达到峰值。根据计算,如果锅炉受热面管束间积灰形成搭桥,填满管屏内部间隙后,积灰体积可达数十立方米。和 II 型锅炉相比,塔式锅炉各受热面均布置在炉膛上部,各受热面沉积的灰层一旦塌落,将全部落至下方炉膛,对炉内的燃烧进程产生极大扰动。

3.1 受热面塌灰原因

锅炉塌灰一般是受热面管束外表面上聚集的松散性积灰受到扰动瞬间塌落形成的。促使松散性积灰积聚形成沉积层的作用力主要是热泳力、静电力和气态扩散作用等,破坏飞灰沉积的作用力主要是灰粒重力、气流的冲刷剪切力和飞灰对积灰颗粒的碰撞力^[2]。当受热面的积灰层达到一定程度,遇到机组加负荷或进行吹灰时烟气流速突然变大,促使积灰层积聚的作用力不足以对抗破坏积灰层沉积的作用力时,受热面积灰脱落。受热面管排间的大量积灰受扰瞬间向四周洒落,进一步加剧烟气流场扰动,形成雪崩式的链式反应。积灰在从上部受热面向下方滑落的过程中,动量增加,从而带动下方受热面的积灰层整体塌落,形成塌灰。当积灰大量塌落时,灰粒遮挡锅炉火焰检测器前的光线、吸收烟气热量,影响煤粉稳定燃烧,造成检测到的火焰强度闪烁,甚至火检信号失去,导致制粉系统跳闸,并可能

表 1 对流受热面不同负荷下烟气流速 m/s

项目	1 000 MW	750 MW	500 MW	300 MW
前烟道省煤器	6.4	5.5	4.5	2.7
后烟道省煤器	5.9	4.3	2.7	1.8
一次低温再热器	10.1	7.4	4.6	3.0
二次低温再热器	11.1	9.4	7.6	4.6
一次高温再热器	9.2	6.9	4.8	3.0
二次高温再热器	8.7	6.7	4.6	2.9
高温过热器	8.6	6.4	4.4	2.7
低温过热器	8.6	6.4	4.4	2.7

引发锅炉 MFT。

在该机组调试阶段,进行锅炉带压放水、热炉上水操作时曾发生过受热面塌灰。分析结果表明,锅炉带压放水前,螺旋管水冷壁温度低于该压力对应的饱和温度,工质为液态,而垂直管水冷壁温度仍较高,工质为气态,在进行锅炉放水操作时,工质发生气态向液态的转变,形成气液两相流动,导致中间联箱、三叉管等部位产生激振力,引起锅炉中间联箱附近的螺旋管和垂直管水冷壁大面积振动,传导至上部受热面,造成受热面积灰受扰塌落;而热炉上水时与之类似,锅炉上水时给水温度较低,省煤器管壁温度仍然较高,工质汽化引发水击,造成省煤器管束振动,省煤器区域的积灰受扰掉落,引起自上而下的大面积塌灰。由于当时锅炉处于闷炉状态,风烟系统挡板关闭,在这样的密闭空间内部,积灰受扰塌落,导致局部区域压力瞬间下降,形成卷吸作用,使得冷空气与灰粒一同下落。在下落过程中,冷空气被温度仍较高的受热面管束和管束间沉积的灰颗粒、渣块加热,气体体积迅速膨胀,炉膛内部压力瞬间上升,造成结构薄弱部位如烟道膨胀节等受损。

3.2 受热面塌灰的应对方法

对于燃煤锅炉,由于烟气中含有大量的飞灰颗粒,无可避免地会造成各级受热面积灰。对于预防受热面塌灰,抑制积灰层的过量和过快沉积是解决问题的优先选择。

3.2.1 及时进行吹灰

适时进行吹灰是预防受热面塌灰最实用的方法。一般在锅炉连续低负荷运行 24 h 后,应及时吹灰,如果燃用煤种灰分较高,应适当增加吹灰频率。在吹灰初期可能会有少量塌灰,造成锅炉火检闪烁,但如果因此中断吹灰,受热面积灰层会继续增长,待高负荷再吹灰时,烟气流速增加对积灰层的自吹灰效应与吹灰汽流扰动相叠加,极易引发受热面的大面积塌灰。吹灰时,可采取降低吹灰蒸汽压力、先投下层吹灰器再投上层吹灰器、先投中间吹灰器再投两侧吹灰器、吹灰器单根投入的方法减少烟气流场扰动,来防范受热面塌灰的发生。新机组调试阶段,吹灰系统首次投入时也可采用上述方法来减少受热面塌灰带来的扰动。

3.2.2 受热面积灰在线监测

锅炉受热面积灰在线监测系统通过分散控制系

统(DCS)采集、分析受热面各区域工质温升、蒸汽流量、烟气入口温度等参数,计算出各级受热面的灰污特征参数,通过这种方式实现了在线实时反映受热面积灰程度^[4-5]。在运行过程中,根据受热面灰污特征参数的变化,有针对性地投入积灰严重区域的吹灰器,并监测吹灰器投用后的效果,避免盲目投入吹灰器导致过度吹灰或吹灰效果未达预期,从而有效预防受热面塌灰的发生。

3.2.3 改善入炉煤质

受热面的积灰特性与入炉煤的煤灰性质有关,主要影响指标有灰分、煤灰软化温度、碱金属含量、硅铝比等^[2]。当发现受热面易积灰或预计节假日期间长期带低负荷时,应调整入炉煤种,降低入炉煤灰分,燃用碱金属含量低的煤种或配煤时掺加不易积灰的煤种,来改善受热面积灰状况。

4 结束语

二次再热机组具有更高的效率,因此得到越来越多的应用。本文以某二次再热塔式锅炉为研究对象,分析了塔式锅炉受热面塌灰的原因,提出了优化受热面吹灰方式、调整煤种等方法,避免受热面大面积塌灰,保证了锅炉的安全、稳定运行。

参考文献:

- [1]丁尔谋.发电厂低循环倍率塔式锅炉[M].北京:中国电力出版社,1996.
- [2]岑可法,樊建人,池作和,等.锅炉和热交换器的积灰、结渣、磨损和腐蚀的防止原理与计算[M].北京:科学出版社,1994.
- [3]车得福,庄正宁,李军,等.锅炉[M].西安:西安交通大学出版社,2008.
- [4]陈宝康,闫维平,朱予东,等.燃煤电站锅炉对流受热面灰污层增长预测模型的研究[J].华北电力大学学报,2004,31(2):32-35.
- [5]喻火明,孙保民,徐鸿,等.锅炉受热面积灰在线监测的研究[J].工程热物理学报,2006,27(3):534-536.

(本文责编:白银雷)

作者简介:

崔晓光(1981—),男,河北藁城人,运行部值长,工程师,从事火电机组运行和技术管理工作(E-mail:cuixg@gdtz.com.cn)。

作者简介:

孙海元(1977—),男,山东潍坊人,高级技师,从事运行管理方面的工作(E-mail:155106968@qq.com)。

(上接第 55 页)书:汽轮机运行与维护技术问答[M].北京:化学工业出版社,2009.

- [3]周辉,丁亮.汽轮机胀差产生的原因分析与控制[M].应用能源技术,2011(7):4-6.

(本文责编:白银雷)