

300 M W CFB 锅炉冷态启动中爆燃原因及预防措施

孙后军, 张卫志

(安徽马鞍山发电厂, 安徽 马鞍山 243021)

摘要: 国产300 MW 循环流化床锅炉在冷态启动阶段, 因炉内外循环物料少、炉内燃烧工况不稳定, 在炉膛内各部分温度偏差较大时大量投煤易发生炉膛爆燃。通过分析其原因及危害, 从合理选用启动床料、正确控制启动过程中的相关参数和投煤时间等方面, 提出了切实可行的控制措施, 取得了较好的效果, 可供同类型机组调试运行参考。

关键词: 循环流化床锅炉; 爆燃; 预防

中图分类号: TK227

文献标识码: B

文章编号: 1007-1881(2009)03-0051-03

Analysis and Preventive Measures of 300 M W CFB Boiler Deflagration in Cold Start_{up} Phase

SUN Houjun, ZHANG Weizhi

(Ma anshan Power Plant, Ma anshan Anhui 243021, China)

Abstract: This paper analyzes the deflagration reason of Chinese 300 MW CFB boiler in cold start_{up} phase, because of less recyclable materials, boiler combustion instability condition and so on. The preventive measures are put forward from bed material selection, parameters control, coal_{toss} temperature and so on. The effect is good, and can be reference for the kind of other units.

Key words: CFB boiler; deflagration; preventive measures

循环流化床(CFB)机组以其优良的环保性能、良好的煤种适应性和高效的劣质煤燃烧等优势, 在国内外得到了迅速发展。在我国, 采用先进洁净煤燃烧技术的大型CFB锅炉, 短短几年就从试用转入了推广应用阶段。比较传统燃煤锅炉, CFB锅炉有其自身的特点, 国内在自主设计、生产、调试、运行方面的经验尚显不足。目前正在推广的300 MW容量CFB锅炉, 在冷态启动过程中, 由于炉膛点火和投煤方面控制不好易发生爆燃, 成为威胁机组安全运行的隐患之一。

以下对安徽电网首台300 MW CFB机组整组启动中的一次锅炉爆燃作一分析, 探讨同类型锅炉冷态启动中爆燃事故的预防和控制措施。

1 锅炉基本参数和物料热循环

锅炉型号为HG1025/17.4-L.MN36, 由哈尔滨锅炉厂设计制造, 亚临界参数设计、自然循环、单锅筒; 整体布置为单炉膛、双风布板; 全钢构架、露天布置; 平衡通风、一次中间再热,

主要参数见表1。

锅炉由单炉膛、高温绝热旋风分离器、回料阀、外置式换热器、尾部对流烟道、冷渣器和回转式空预器等部分组成, 基本系统见图1。单炉

表1 锅炉主要设计参数

参 数 名 称	设计值
过热蒸汽流量 $(t \cdot h^{-1})$	1025
过热蒸汽出口压力/MPa	17.4
过热蒸汽出口温度/	540
再热蒸汽入口压力/MPa	3.93
再热蒸汽入口温度/	327
再热蒸汽流量 $(t \cdot h^{-1})$	846
再热蒸汽出口压力/MPa	3.75
再热蒸汽出口温度/	540
汽包压力/MPa	18.6
排烟温度/	139.3
总风量(以下风量值均已换算到标况下) $(m^3 \cdot h^{-1})$	995000
总给煤量 $(t \cdot h^{-1})$	247.4
石灰石量 $(t \cdot h^{-1})$	5.24
锅炉效率/%	90.15

膛采用裤衩腿、双布风板结构。在炉膛上部左右两侧各布置有2个高温绝热旋风分离器。每个分离器回料腿下布置1个回料阀和1个外置式换热器。每个回料阀一侧与炉膛相连,另一侧与1个外置式换热器相连。分离器分离下来的高温物料一部分直接返回炉膛,另一部分进入外置式换热器,通过调整外置换热器入口锥型阀的开度,控制外置换热器和回料阀的循环物料分配。在炉膛两侧下部对称布置4个外置式换热器。靠近炉前的2个内置高温再热器和低温过热器,主要作用是调节再热汽温;靠近炉后的2个内置中温过热器用于调节床温。炉膛、分离器、回料阀和外置式换热器构成了CFB锅炉的核心部分——物料热循环回路。煤与石灰石在燃烧室内完成燃烧及脱硫反应,产生的烟气分别进入4个分离器,经气固分离净化后进入锅炉尾部烟道,依次经高温过热器、低温再热器、高温省煤器、低温省煤器,最后通过空气预热器排出。

锅炉设计燃煤为矽石、煤泥和中煤的混合燃料,固态排渣。设计和校核煤质分析情况见表2。

2 CFB 锅炉爆燃原因分析

2.1 事故经过

表2 设计和校核煤种分析

项 目	设计煤种	校核煤种
收到基低位发热量($\text{kJ} \cdot \text{kg}^{-1}$)	11960	10820
收到基碳/%	31.99	29.04
收到基氢/%	2.69	2.56
收到基氧/%	5.62	5.65
收到基氮/%	0.44	0.41
收到基硫/%	0.29	0.28
收到基水份/%	10.7	10.6
收到基灰份/%	48.28	51.46
干燥无灰基挥发份/%	41.73	43.81
最大允许粒径/mm	8	9
平均粒径/mm	1.0	1.0
粒径小于0.2mm/%	10	10

注:设计煤种的质量配比为:矽石/煤泥/中煤=45%/15%/40%;校核煤种的质量配比为:矽石/煤泥/中煤=53%/15%/32%。

当日20:00锅炉投油点火机组整组启动,14:35床温约548℃时投煤,3h后汽轮机冲转。21:00锅炉下部、中部床温部分测点显示温度降至500℃,随后锅炉跳闸,首出信号为“炉烟道顶部压力高高(4000 Pa)”,炉B侧风道燃烧器膨胀节裂开,锅炉熄火。

事故前运行工况为引风机单台(B侧)、高压流化风机3台、一次风机2台、二次风机1台运行;风道燃烧器共3支油枪运行,锅炉燃

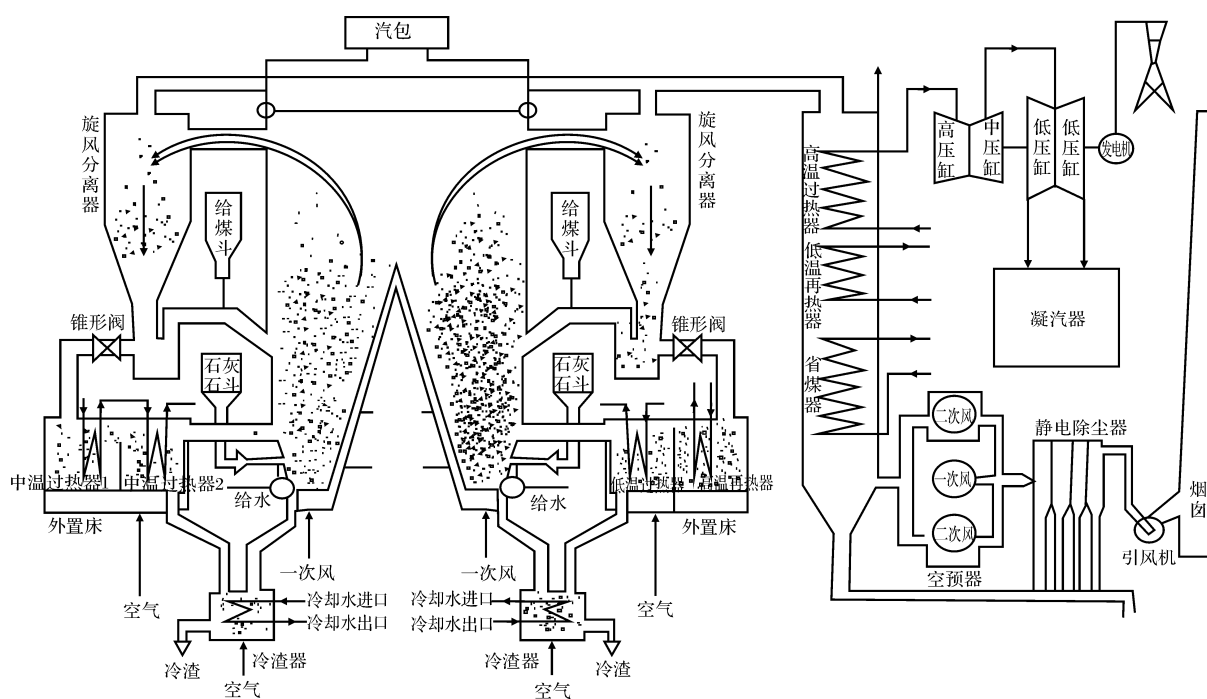


图1 CFB 锅炉基本系统

煤量约为 18 t/h ;左、右裤衩腿一次风量分别为 150000 和 $190000\text{ m}^3/\text{h}$,氧量约 17% ;由于运行中给煤线频繁故障,锅炉整体床温一直不高,下部约在 600 ,中部略高于 500 ,上部约 460 。但从给煤线跳闸测点信号中反映,投煤期间上部床温有一点经常超过 1000 ,各部床温特别是上部床温温差较大。事故发生在给煤线断煤后突然恢复给煤不久。

2.2 事故原因分析

(1)发生爆燃前,由于密相区上部温度偏高,右侧个别测点温度显示达 1000 以上,为避免该点温度继续上升,调试中采用了加大二次风量的办法控制温度。

点火时,炉膛一次风量A为 $140000\text{ m}^3/\text{h}$ 、B侧 $170000\text{ m}^3/\text{h}$,二次总风量 $139000\text{ m}^3/\text{h}$ 。随着负荷增加,一次风量A侧增加至 $150000\text{ m}^3/\text{h}$ 、B侧 $180000\text{ m}^3/\text{h}$,二次总风量 $250000\text{ m}^3/\text{h}$ 。大风量运行造成炉内平均温度偏低,遇有突然大量煤粒入炉后,未经充分燃烧即被烟气携带离开炉膛,在旋风分离器出口水平烟道处积聚,到达爆炸极限浓度值后在一定温度下发生了爆燃。

(2)由于启动中仅启用了引风机B,在锅炉烟气流截面宽大的情况下,单侧引风机运行使烟气携带量不均匀,造成部分未燃尽的煤粒沉积在烟气流动相对较缓的右侧烟道内壁,加剧了烟道内煤粒积聚现象。

可见炉膛温度维持在 $500\sim 700$ 之间时,在给煤线频繁发生断煤和跳闸故障的情况下,选择大量投煤的时机不适宜,未燃烧的煤粉在炉内积聚导致了炉内爆燃。

2.3 事故危害分析

CFB锅炉炉膛内爆燃,容易造成炉膛内该区域温度升高很快,超过灰分的熔化温度,产生低温结焦,造成炉内流化不良。若低温结焦发生在炉膛的一次风风帽及二次风进炉膛的风管上,将进一步恶化炉膛内床料的流化情况,严重影响锅炉设备及整个汽轮机组的安全运行。

这次事故后经停炉冷却检查,发现膨胀节右上角破裂,部分床枪点火装置等设备被吹损;左右侧旋风分离器出口水平段到尾部烟道膨胀节破损,其中右侧膨胀节上部保温层材料飞出挂到了钢梁上;左、右侧旋风分离器出口水平段烟道分

别向外侧发生位移 30 和 50 mm ,并压坏了膨胀限位;尾部烟道至空预器入口段一小部保温层松散;4个回料阀内床料含碳量较大,其中靠近膨胀裂开一侧的2只回料阀内床料太少,已接近风帽;1只埋刮板给煤机上部盖板掀走;锅炉右侧裤衩腿内发现有大量焦块。

3 预防措施

(1)冷态启动前,在炉膛4个回料阀和4个外置床内添加足够的启动床料,尽可能使用锅炉正常运行中排放出来的循环灰,以便锅炉启动后尽快建立物料内循环及外循环。在第一次启动床料时可以用砂,以后也可以用底渣作为床料。如果选用砂子做启动床料,要控制砂子中的钠、钾含量,以免引起床料结焦。一般 Na_2O 为 $1.0\%\sim 2.0\%$, K_2O 为 $2.0\%\sim 3.0\%$ 。启动床料粒度应根据CFB锅炉运行说明书中提供的粒度曲线进行控制,99%砂子粒径应小于 1 mm ,50%砂子粒径应小于 $200\text{ }\mu\text{m}$,尤其采用底渣时,应尽量满足粒度分布要求。

(2)在冷态点火启动期间,应启用2台引风机同时运行,尽量保证烟气携带量均匀。等燃烧工况稳定后,再根据需要选择引风机台数。另外应加强对锅炉尾部烟道吹灰,防止可燃物沉积。

(3)冷态启动时,当锅炉中床温达到投煤允许温度 350 时,则以最低转速对称投入2条给煤线,约 60 s 后观察床温的变化,如床温有所升高,同时氧量有所减小时,证明煤已开始燃烧。床温将继续以 $5\sim 8\text{ }^\circ\text{C}/\text{min}$ 速率上升,氧量持续减小,可以较小的给煤量连续给煤。当给煤线故障停运时,必须查明原因,消除故障后方能恢复投煤,避免可燃物在未燃尽的情况下大量积聚。

(4)点火后应根据床温分布情况对给煤线前后下煤量及时调整,以消除床温分布不均现象。300 MW CFB锅炉在 $500\sim 700$ 之间时不宜大量投煤,床温达 500 时,应按两侧对称方式逐一启动床枪,避免炉膛内在点火后长时间处于平均温度较低的情况出现。

(5)在床温达到 600 左右时,可对称启动2台高温再热器外置床和内置低温过热器、中温过热器的2个外置床流化,其对应的锥形阀开度为

(下转第83页)

(上接第53页)

10%左右,以加热床料。确保外置床风量入口 $500\text{ m}^3/\text{h}$,空室 $1850\text{ m}^3/\text{h}$,高温再热器室 $7600\text{ m}^3/\text{h}$;低温过热器室 $7600\text{ m}^3/\text{h}$ 。逐步开大锥形阀开度,提高过、再热汽温度。床温控制在 $650\sim 700$ 之间,逐渐停止床下启动燃烧器,同时增加给煤量。在锅炉床温等参数满足要求的情况下,尽早向炉膛投煤助燃。在提高床温的同时,煤中所含灰分也向炉膛添加循环灰,有助于建立锅炉的热物料内外循环。

(6)一旦发现床温偏差大,或某测点显示温度超过 1000 时,应立即检查确认该测点显示是否正确。当确认该点温度正确时,在采用加大一次风量,调整上、下二次风量比例的同时,应降低该侧的燃油量和给煤量,而不是单纯加大风量。

(7)当发现炉膛内某个区域的温度变化率迅速上升时,应结合氧量、炉膛压力、主汽压力等参数进行判断,如果出现与爆燃现象相吻合的迹象,即可判断为炉膛爆燃。此时,应当迅速采取措施,适当减少给煤量和燃油量,密切监视炉膛压力自动,当炉膛压力偏离正常值较大时,应立即撤除炉膛压力自动,手动调节2台引风机静叶开度。如机组处于运行中,还应同时开大汽轮机调速汽门,通过增加机组负荷来降低主汽压力,同时要密切监视主汽温度的过热度,防止因主汽温度过热度偏低而威胁汽轮机的安全运行。

4 结语

300 MW 循环流化床锅炉冷态启动过程较长,造成炉膛内床料越来越少,床压越来越低,且回料阀和外置床内的物料也很少,还没有建立正常的锅炉内外循环,由于炉膛内各处的温度偏差较大,投煤进入炉膛后,容易造成燃烧不良。炉膛内的部分区域积聚一定量的煤粒及煤的挥发分后,容易造成急剧燃烧,即发生炉膛爆燃。但只要在调试和运行中加以调整,采取正确的措施,就能降低爆燃发生的机率,保证机组安全运行。

参考文献:

- [1] 卢啸风.大型循环流化床锅炉设备与运行[M].北京:中国电力出版社,2006.
- [2] 哈尔滨锅炉厂有限责任公司.300 MW 循环流化床锅炉运行说明书[G].2007.

收稿日期:2009-03-24

作者简介:孙后军(1975-),男,安徽和县人,注册安全工程师,从事火力发电厂生产运行管理工作。

(本文编辑:陆莹)