

# 防止超超临界锅炉受热面超温的技术措施分析

闫仕军

(江苏大唐国际吕四港发电有限责任公司,江苏 南通 226246)

**摘要:**江苏大唐国际吕四港发电有限责任公司超超临界锅炉在启动和正常运行中经常出现的锅炉受热面超温问题,超温后高温受热面材料内壁氧化皮生成速率明显加快,对锅炉安全影响很大。通过启动与运行参数分析,从多个方面查找原因,提出了防止超超临界锅炉受热面超温的控制措施。

**关键词:**超超临界;锅炉;受热面;超温

**中图分类号:**TK222

**文献标志码:**B

**文章编号:**1009-0665(2014)03-0075-03

在火电生产中,锅炉高温受热面超温爆管事故在非计划停炉中占有较大的比重,是影响机组安全稳定运行的主要因素,特别是超超临界锅炉由于采用大量新型不锈钢材料,内壁氧化皮大面积脱落的问题比较突出,解决高温受热面超温问题十分迫切。江苏大唐国际吕四港发电有限责任公司(4×660 MW)超超临界燃煤发电机组,锅炉型号为HG-2000/26.15-YM3,Π型布置、一次中间再热、单炉膛、平衡通风、固态排渣、全钢构架、全悬吊结构,采用一级大旁路。炉膛出口及水平烟道按烟气流动方向布置分隔屏过热器,后屏过热器(简称后屏),高温过热器(简称高过)以及高温再热器(简称高再),其中后屏、高过以及高再流经的蒸汽参数较高,容易出现超温现象。

## 1 受热面超温的危害

机组运行过程中,锅炉事故特别是承受部件中水冷壁、过热器、再热器和省煤器的泄漏事故在事故及非计划停运中占较大比例,是影响机组安全稳定运行的主要原因之一。其中,“四管”泄漏中由于磨损造成的约占30%,焊接质量引起的约占30%,金属过热引起的约占15%,腐蚀引起的约占10%,其他原因引起的占15%<sup>[1]</sup>。受热金属超温是运行中造成爆管的主要原因之一。对锅炉受热面高温部件,目前设计运行时间一般为100 000 h,其计算温度水平是选择材料的主要考虑指标。在相同工作压力下,工作温度越高,则运行时间越短。超超临界锅炉中金属超温的危害主要表现在材料劣化,如碳化物析出、铬流失以及组织变化等,导致金属材料力学性能下降;内壁受蒸汽氧化腐蚀,内壁氧化皮生长速度加快,氧化皮与母材结合状态变差,内壁氧化皮大面积脱落的几率显著增大。目前超超临界锅炉内壁氧化皮大面积脱落的危害程度较材料劣化更甚。为保证锅炉高温受热面运行安全,防止运行中超温是重中之重。

## 2 受热面壁温超限报警值

对于各级受热面,锅炉厂按取用材料强度值以及材料抗蒸汽氧化温度给出报警温度,表1为正常运行时各级受热面出口炉外壁温报警值。根据受热面选用材料,壁温报警值设置基本合理,受热面壁温控制在此范围,可以满足长期安全运行要求。

表1 锅炉受热面炉外壁温报警值 ℃

炉膛位置	报警值
水冷壁	500
一级过热器出口	505
分隔屏过热器出口	530
后屏过热器出口	568
高温过热器出口	625
低温再热器出口	573
高温再热器出口	648

## 3 受热面超温原因分析

### 3.1 锅炉受热面壁温测点偏少且设计存在问题

厂家规定额定主及再热汽温控制在600℃,两侧蒸汽温度偏差小于10℃。受热面金属温度不超过报警值。4台机组主热汽温累计值分别为592℃,592℃,591℃,592℃。4台机组再热汽温累计值分别为592℃,590℃,591℃,590℃。在正常运行中,在原锅炉初设的壁温测点中未发现超温情况。

锅炉厂给定的高温受热面测点共26点,且70%的壁温点加在最外圈受热面。由于最外圈管子没有加装节流圈,在整个管屏中流量最大,壁温处于最低值。由于测点加装不合理,锅炉运行存在隐性超温。

### 3.2 受热面存在较大热偏差

锅炉在正常运行中过热器和再热器存在比较明显的左右侧热偏差,后屏、未过、未再左右两侧的最大壁温差在65℃以上,呈现左低右高的特性。通过资料对比,该锅炉的末级过热器和高温再热器的壁温差在同类型

锅炉中属于比较大的。在额定汽温工况下,较大的壁温差直接导致后屏、末过和末再受热面管屏长期处于隐性超温。为保证锅炉安全稳定运行,锅炉只能被迫降温运行。

受热面左右屏间热偏差,主要是因为逆时针四角切圆在炉膛出口的残余旋转形成。随着锅炉容量的增大。炉膛出口的切向动量比锅炉容量更快地增大(炉膛出口的切向动量近似正比与锅炉容量的 1.33 次方)。因此,对于 660 MW 机组锅炉,炉膛出口的残余旋转非常明显。为了减少炉膛出口的残余旋转,锅炉厂设计了 AA 附加风,但 AA 附加风喷口燃烧器存在摆动角度不到位、摆动不灵活、甚至卡死等现象,造成机组在运行中缺少调节受热面两侧偏差的有效手段。检查发现,主要原因为长期裸露在外,活动螺丝扣等部件锈蚀严重。

### 3.3 操作不当造成受热面超温和氧化皮的产生及脱落

在协调模式下,机组升负荷时,燃料量增加幅度较大,如果启磨时机把握不好,磨煤机出力过大堵塞,实际进入炉膛的煤粉量增加不大,备用磨煤机启动后,其他磨出力减少,风煤比增加,制粉系统堵塞很快吹通,导致瞬间大量煤粉进入炉膛,引起受热面大面积超温。通过对受热面超温记录的追忆,此类超温占大多数。从受热面管材取样金相分析情况看,管材光谱分析都符合原设计材质,其主要合金元素含量符合要求。硬度测试:试样布氏硬度值为:160 HB,155 HB,172 HB,175 HB,175 HB,试样的硬度值均低于正常值(180 HB 左右)。氧化皮厚度检查:经测量高再入口管内脱落氧化皮厚度在 100  $\mu\text{m}$  左右。根据相关资料对于铁素体钢管,氧化皮厚度达到 500  $\mu\text{m}$  时开始剥落;对于奥氏体钢管,Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> 氧化皮厚度达到 100~200  $\mu\text{m}$  开始剥落。根据锅炉温度场分布及受热面设计管材情况,容易产生氧化皮剥落的管圈为后屏、末级过热器及高温再热器,氧化皮剥落后沉积在底部 U 型弯头处或受热面入口的节流孔。

机组干湿态转换的负荷点选择不合适,启动流量和启动压力偏低是导致受热面启停时超温的主要原因。由于在锅炉干湿态转换过程中,汽水由两相变单相,水动力不稳定,控制不好,将导致汽水状态反复,水煤比失调,继而受热面大幅超温。

## 4 主要采取的措施

氧化皮产生的主要原因是受热面管壁长期超温,因此控制高温受热面管壁温度是防止氧化皮生成的关键。2011 年以来,4 台机组相继出现的大面积氧化皮剥落,检修被迫进行大规模割管清理氧化皮,4 台炉平均割管约 1500 根。

### 4.1 加装壁温测点

结合 4 台锅炉检修经验,按照以下原则加装测点。

#### 4.1.1 壁温测点工艺要求

(1) 安装热接点的管壁部位应严格除锈及杂物,热接点要牢固地压接或熔接在已除锈的壁面上,防止松动或脱落。

(2) 测点保温层要密实、贴牢、无裂纹,且具有足够的厚度,以尽可能减少管子向环境的散热。

(3) 按照测点温度的范围选择合适的热电偶型式,安装前逐一对热电偶进行校验和选优。

#### 4.1.2 监视高温受热面同屏热偏差

在高温受热面左、中、右各加装整屏壁温测点,监视同屏热偏差。后屏整屏(9 屏,27 屏,33 屏),每屏 19 根管。末过整屏(28 屏,44 屏,53 屏),每屏 15 根管。末再整屏(18 屏,52 屏,63 屏),每屏 11 根管。

#### 4.1.3 监视屏间热偏差和最高管壁温度区域

后屏沿炉膛宽度方向,每屏的第 10 根管进行加装。末过沿炉膛宽度方向:双数屏(2,4……56)第 7 根管进行加装。末再沿炉膛宽度方向:双数屏(2,4……70)第 6 根管进行加装。

#### 4.1.4 监视易堵区域温度

由于高温受热面集箱为端部进汽,主要为集箱中部区域。后屏集箱中部易积存异物管排 14-20 屏的下部管圈,如 6,7,8,9,10,11,12,13 根管,加装 49 点。末过集箱中部易积存异物管排 25-32 屏的第 4,5,6,7,8,9,10,11 根管,共 49 点。

### 4.2 进行热偏差调整

#### 4.2.1 对 AA 进行反切

该锅炉设计中为了减弱炉膛内空气气流的残余旋转,减少炉膛出口两侧烟温偏差,设置了 A-A 风,各喷口还可做水平摆动。A-A 风风箱分 4 个风室,每个风室设置 2 个喷口即上喷口和下喷口。A-A 风风箱外在高度方向布置 4 只手动的水平摆动机构,A-A 风每个风室内的 2 只上下喷口组成一组,绕其内部转轴由水平摆动连杆连接到外部手动的水平摆动机构,做左右 10° 的摆动。

该厂检修时,在炉内实际检查燃烧器的喷口位置,确保各个 AA 风喷口摆动到“反切”位置即向右 10° 摆动(顺时针方向)。通过反切后,壁温偏差调整取得了一定效果。但是后屏中间区域的壁温显示较低,末过、末再左侧壁温偏低,制约进一步提高汽温。末再出口汽温两侧偏差为 7℃,末再左右两侧屏间存在约 40℃ 的热偏差,需要采取其他方法进一步优化。

#### 4.2.2 进行 AA 风摆角组合形式摆动

在距上层煤粉喷嘴上方约 5.0 m 处有 4 层附加燃尽风 AA 喷嘴,角式布置,A-A 风的设置有利于减少

NO<sub>x</sub> 排放量,调节火焰中心。每只 A-A 风燃烧器沿其高度设置了 4 个带内曲拐的外摆动机构,A-A 风风室可以做上下 30° 的摆动。通过进行 4 个角不同步摆动,增加炉膛出口位置气流扰动,缩小偏差。

采用燃烧试验的方法选择最优的燃烧方式。具体摆动试验为:选取负荷为 660 MW,分别对 AA 风单个角进行大开度摆动试验,每个工况试验稳定 1 h。对该工况下的水冷壁、后屏过热器、末级过热器和末级再热器的最高壁温及壁温偏差进行记录。最终通过定负荷、变负荷、制粉系统变化等扰动,选择了 1、2 号角开大(约 70%以上),3、4 号角关小(30%以下)的方式长期运行。

#### 4.2.3 优化吹灰方式

通过新增壁温测点分析,温度高区域主要集中在锅炉右侧。两侧的壁温偏差较大,由于一侧壁温偏高,严重影响主汽温度提高。而另一侧壁温裕量较大。开展吹灰优化工作,降低锅炉右侧后屏、末再受热面的吹灰频率。通过适当积灰,降低右侧受热面的换热效率。从而平衡左右两侧偏差。实际情况看,两侧最高点偏差从原来的 40 °C 左右,降低到 20 °C 之内。

#### 4.3 制定机组正常运行和启停受热面防止超温措施

(1) 启动制粉系统时,把握好时机,控制好锅炉加负荷的速率。避免加负荷过快,备用制粉系统启动不及时,运行制粉系统出力过大堵塞,备用制粉系统启动后,堵塞制粉系统快速吹通,大量煤粉瞬间进入炉膛,导致受热面大面积超温现象的发生。

(2) 调节一次风时,应缓慢进行,防止磨煤机风量突增使大量存粉进入炉膛内,短时间内使实际煤水比失调,造成分离器出口蒸汽温度、末再及末过温度飞升

而引起相应受热面金属超温。

(3) 调节主、再热汽温在正常范围内,防止因汽温超温导致金属壁温超温;过热器减温水装置应投入自动,防止减温水在手动时监控不到位而导致超温。

(4) 锅炉启动过程中严格按启动曲线进行升温、升压,控制各受热面管壁温度在允许范围内。锅炉燃烧器对称均匀投入,保证火焰中心适宜,不冲刷水冷壁,防止结焦,减少热偏差,同时控制好风量,避免风量过大或缺氧燃烧,防止过热器超温或锅炉尾部二次燃烧。

(5) 锅炉干湿态转换时选择在锅炉 25%~30% 负荷点,保证省煤器入口流量在 900~1000 t/h,分离器压力在 11~12 MPa。干湿态转换过程中,燃料量、给水量中选择 1 个作为变动量,以减少受热面的反复波动。

## 5 结束语

防止因氧化皮产生及脱落关键在于有效控制受热面管壁温度及温度变化速度。首先要根据炉型优化壁温测点的数量及位置,以便全面监控受热面壁温。运行锅炉要控制同屏及屏间热偏差现象。通过采取燃烧调整和吹灰优化,摸索出最佳燃烧工况和吹灰方案,通过对锅炉运行和启停过程中的经验摸索,制定出控制受热面超温的技术措施,从而实现受热面超温的可控和在控。

#### 参考文献:

[1] 崔浩,刘云燕,于森.电厂锅炉四管泄露原因分析及应对措施[J].内蒙古科技与经济,2009(20):119-120.

#### 作者简介:

闫仕军(1968),男,河北唐山人,工程师,从事安全管理工作。

## Measures for Preventing Overheating of High Temperature Heating Surfaces in Boilers of Ultra-supercritical Power Plants

YAN Shijun

(Datang Lvsigang Power Generation Co. Ltd., Nantong 226246, China)

**Abstract:** Tube overheating issues were frequently observed during the start-up and normal operation periods of the ultra-supercritical boiler of Datang Lvsigang Power Generation Co. Ltd. The undesired high tube temperature can lead to higher steam-side oxidation rate, which has significant effect on the safety of the boiler. Through thoroughly analyzing the acquired start-up and operation parameters, we proposed in this paper several prevention measures.

**Key words:** ultra-supercritical; boiler; heating surface; overheating

## 广告索引

江苏省电力公司常州供电公司	封一	《江苏电机工程》协办单位	前插 4
《江苏电机工程》十佳论文	封二	南京苏逸实业有限公司	(黑白) 文前
南京南瑞继保电气有限公司	前插 1	远东电缆有限公司	封三
《江苏电机工程》协办单位	前插 2、3	南瑞科技股份有限公司	封四