

Prevention and Control Measures of Supercritical High-moisture Lignite DC Boiler Oxidation Skin

Haifeng Li

Guoneng Inner Mongolia Hulunbuir Power Generation Co., Ltd., Hulunbuir, Inner Mongolia, 021000, China

Abstract

With the power demand in China increasing year by year, thermal power generating units are developing in the direction of supercritical coal-fired units. However, because the boiler equipment is affected by the heat surface steam side, valve, main, steam turbine main valve and other links are affected by high temperature factors, producing a large amount of oxidation skin falling off, which is easy to affect the safety of pipeline operation. Therefore, this paper stands in the boiler control, unit selection, operation maintenance, furnace water treatment and other aspects, the development of reasonable oxidation skin control measures, comprehensively improve the stability of boiler operation.

Keywords

supercritical boiler; oxidized skin; generating mechanism

超临界高水分褐煤直流锅炉氧化皮防治措施

李海峰

国能内蒙古呼伦贝尔发电有限公司, 中国 · 内蒙古 呼伦贝尔 021000

摘 要

随着中国电力需求量呈现逐年递增的形式, 火力发电机组向超临界燃煤机组方向发展。但由于锅炉设备受热面蒸汽侧、调门和主、汽轮机主汽门等环节受到高温因素影响, 产生大量氧化皮脱落, 易影响到管道运行的安全性。因此, 论文站在锅炉控制、机组选型、运行维护、炉水处理等方面, 制定合理的氧化皮防治措施, 全面提高锅炉运行的稳定性。

关键词

超临界锅炉; 氧化皮; 生成机理

1 引言

和亚临界机组性能进行对比, 超临界机组稳定性远超亚临界机组, 其巡航热效率高出亚临界机组 10%, 供电耗煤为 270g/(kW·h), 远低于亚临界机组供电耗煤。同时, 超临界机组拥有良好在减排效果, 对比相同体积的亚临界机组, 其污染物排放量降低 25%。随着机组运行数据持续上升, 氧化皮大量脱落, 导致锅炉受到高温因素影响, 出现气门卡塞、喷嘴冲蚀、超温爆管等问题, 给机组运行安全性造成严重影响。在运行锅炉时, 掉落大量蒸汽侧氧化皮, 随着这些氧化皮数量持续增加, 会产生各种问题, 缩短管材使用年限, 影响管中蒸汽流动, 大幅度提高管壁温度, 金属变长变粗, 炉管泄露问题严重。

2 实际案例

某厂共购买两台 600WM 超临界机组, 管道温度控制

在 300℃~600℃, 两台锅炉主要包括一次中间再热、四角切圆燃烧、紧身封闭布置、平衡通风、单炉膛等环节。自从其投入到正常使用后, 持续稳定性运行, 没有出现明显爆管现象。在 2021 年大修 1 号锅炉, 停炉前全面分析该锅炉运行壁温记录, 显示从 2019 年起, 末端出口管壁温度超过相邻管壁温度, 其温度值甚至提升到 25℃。在锅炉停止运行后, 要依次检查超温管壁外观, 发现这些管壁外观颜色和其他管壁外观颜色存在较强差异性, 存在过热问题。工作人员通过讨论后, 决定对其进行割管抽查, 用内窥镜进行观察, 管道内壁中覆盖大量灰黑色氧化皮, 这些氧化皮出现明显脱落现象。在检修高中压主汽门时, 要全面分析阀杆、阀芯、阀座、主汽门等环节, 查看其是否存在氧化皮; 如果主蒸汽管道、再热蒸汽管等环节出现氧化皮脱落问题, 要采用合理的解决措施, 解决相关问题^[1]。

3 氧化皮形成的主要原因

当作业温度超过 570℃时, 其会受到氢离子因素影响, 水蒸气对高温受热面管道产生较强的氧化能力, 蒸汽中的氧

【作者简介】李海峰(1987-), 满族, 中国辽宁兴城人, 本科, 工程师, 从事火电厂集控研究。

气和金属相互结合，发生氧化反应。工作人员通过测试不同材质和温度的管材，计算出氧化速度和管壁温度之间的关联，发现两者成正比，和管材抗氧化性能成反比。由于论文主要研究 SA213-T91 锅炉受热管材料，XBD 分析管道中氧化皮取样。发现当水蒸气温度为 450℃~570℃时，水蒸气和管材表面铁元素发生化学反应，自动生成氧化膜。当水蒸气温度为 570℃~700℃时，铁元素和水蒸气相互反应，不仅会生成 Fe₃O₄ 和 Fe₂O₃ 元素外，还会产生少量 FeO 元素^[2]。

4 氧化皮形成的危害分析

在大修锅炉时，要利用专业设备检测 1 号炉的高温受热面，发现大量氧化皮堆积在管道中，工作人员要应用 X 射线透视技术，全面分析管道内部和弯头位置的基础情况，发现有大量氧化皮堆积在下弯头，并在汽流出口侧弯头位置堆积量高于进口位置，节流孔和焊缝位置有少量氧化皮堆积。经过试验证明，在案例管道中共堆积 15g 氧化物，堵塞 1/2 管径，30g 能完全堵塞弯头，导致其出现爆管问题。

目前，其生产会影响到机组各方面质量：①影响到受热面管束换热效果，导致管壁局部温度超过标准值，脱落大量氧化皮。在锅炉正常运行情况，压差数据较小，蒸汽流不能带走氧化皮，产生大量氧化皮堆积现象，易出现爆管、堵塞等问题。②如果氧化皮数量超过标准值，会卡塞主汽门，导致主汽门无法正常关闭，机组停止运行，威胁到机组运行安全性，堵塞细小管道、逆止门、疏水阀门等，给系统内部产生较强的安全隐患。③流动蒸汽带出氧气皮后，会有大量固体颗粒侵蚀汽轮机部件，损坏汽轮机喷嘴和叶片，降低蒸汽品质，增加蒸汽中的铁含量，导致锅炉受热面速度增加^[3]。

5 氧化皮脱落机理

氧化皮脱落是由两种条件所产生：金属基体和氧化皮之间的应力上升到临界值。对电站锅炉而言，当主、再热蒸汽温度变化速度过频时，就会引起应力的剧烈变动；而金属管材的线性膨胀系数和性质直接挂钩，线膨胀系数在金属基体和氧化皮之间的差异越大，说明氧化皮脱落的问题就越容易发生。不同的材料和氧化皮的线性膨胀系数，是通过工作人员的试验分析得出的（如表 1 所示）。

在氧化皮厚度为临界厚度时，对管内壁的氧化皮临界厚度与温度、管外壁的热流密度等有明确的直接联系，当管内温度为 540℃~600℃时，管外壁热流密度为 50~125kW/m²，管内壁温度与管外壁热流密度成正比，与氧化皮临界厚度成反比关系。通常情况下，不锈钢氧化皮厚度大于 0.1mm 时，铁素体钢氧化皮的厚度就容易脱落。其脱落时所需应力越低、管壁金属和氧化皮的温度越高、受力越大，而氧化皮的厚度越厚，其所需应力就越低；金属超温运转的临界氧化皮厚度会因热负荷和蒸汽温度越高而降低。在既有材料质量背景下，直流炉氧化皮生产和剥落很难避免，工作人员要合理设计治理氧化皮脱落要素。

表 1 不同管材和氧化皮的膨胀系数

材料	线性膨胀系数 α _l (-20℃) / (10 ⁻⁶ ℃ ⁻¹)						
	100℃	200℃	300℃	400℃	500℃	600℃	700℃
SA-	9.37-	10.25-	11.00-	11.38-	12.45-	12.80-	12.90-
213T22	10.80	12.35	12.35	13.60	14.15	14.60	14.86
SA-							
213T91	10.90	11.30	11.70	12.00	12.30	12.60	12.80
TP304	17.10	17.40	17.80	18.30	18.90	19.10	19.40
TP347H	17.30	17.50	17.70	18.20	18.60	18.90	19.30
Fe ₃ O ₄	—	—	14.30	—	9.10	16.50	—
Fe ₂ O ₃	—	—	11.90	—	14.90	12.90	—
FeO	—	—	—	—	12.20	—	—

6 超临界高水分褐煤直流锅炉氧化皮防治措施

6.1 机组选型、设计调试

一是要科学选择锅炉受热面管材的不同区域，根据金属材料的耐温和应力的变化，增加受热面管材的安全裕度。例如，使用区段管壁温度在 570℃以下，应选用 T23 管材；在使用区域管壁温度低于 600℃范围时，应尽量采用细晶粒奥氏体不锈钢 TP347HFG 型号的 T91 管材，用于锅炉高温过热器和高温再热器。二是小油枪点火方式要应用在点火方式上。通过对多家等离子点火电厂的实地考察发现，等离子点火方式在点火初期燃料用量难以控制，且在主蒸汽流量过低、锅炉升温速度过快、受热面氧化皮易出现脱落等问题情况下，需投入适量减温的水。但小油枪的点火方式可以对煤粉进行分级燃烧，对燃烧煤粉所需的能量进行合理控制。因此，工作人员要将小油枪点火温度控制在 1500℃~2000℃，小于等离子点火方式，满足烟煤和贫煤点燃要求，且携带着气化点燃、热冲等功能，实现锅炉运行要求，合理控制锅炉运行成本。三是保证管壁温度测点设置的合理性。在设计锅炉时提前分析机组运行情况，判断异常运行给锅炉管金属壁温的影响，合理布置管壁温度测点，加强检测数据的准确性。

6.2 运行维护

在冷态冲洗和热态冲洗时，要合理控制水中二氧化硅、铁、pH 值的范围。当分离器出口含铁量高于 1000 μg/L 时，最常用排放冲洗方式；如果其低于 1000 μg/L 时，要将水传输到排气装置进行循环冲洗，再传输到凝结水处理装置，解决水中的铁元素。当分离器的出水含铁量在 100 微克/升以下时，应使用冷水冲洗，直至其处理过程结束。在热水冲洗中，当启动分离器出口含铁量大于 1000 微克/升时，多余的水会被分离器自动排出；当含铁量小于 1000 μg/L 时，将水直接传回排汽装置，通过冷凝水处理工艺进行装置净化处理，直至分离器出口水含铁量小于 100 μg/L 时，全部完成热态水冲洗。同时，在汽轮冲转前，要开低压旁路，高压旁路由 30% 开到 100%，反复操作 2~3 次，然后把启动式分离器的压力控制在 3.0~4.0MPa，主再热汽温度控制在 400℃~420℃，高压旁路控制在 80%，持续时间为 10min。

在转换干、湿状态时,要合理控制分离器出口温度、煤水比,实时监督水冷壁管金属壁温,避免受热面超过标准温度。汽水分离器温度大于100℃后至冲转前,控制汽水分离器升温速率为1.2℃/min,控制主、再汽温升温速度不大于1.5℃/min,升压速率不大于0.15MPa/min。温度大于400℃时,升温速率不超过1℃/min。

6.3 炉水处理方式

在投入生产时,采用全挥发处理方式,增加水含铁量,解决炉内各种铁沉积物,采用各种精度处理设备,充分发挥其自身特征,连续监测二个月,在一号炉稳定运行半年后,发现其凝水、给水氢导率均在0.1mg/cm以下,完全符合转换为联合水处理要求,以及转换为CWT方式的要求(如表2所示)。锅炉启动点火初期,为防止喷水不能全部被蒸发而积在过热器管内,不建议采用喷水减温。一般情况下,锅炉蒸发量大于10%BMCR(按360t煤100%BMCR计算,一吨油按5t煤计算),才能投入二级减温水;蒸发量大于20%BMCR后(按360t煤100%BMCR计算,1t油按5t煤计算),才能投入一级减温水。减温水调节应采用多次、小幅度的方法进行温度的控制,同时经减温器减温后的蒸汽温度应有20℃以上过热度。10%负荷以下时,禁止投用再热器减温水,防止雾化不良形成水塞造成管壁超温。再热减温水不得大于10%再热蒸汽流量。投入减温水时,控制过热器减温器前后温差不超过50℃,且保证减温后汽温有30℃以上的过热度。机组两支油枪且煤量>62t/h时(或机组三支油枪且煤量>57t/h时),投入过热器一减;锅炉转

干态后投入过热器二减;机组负荷>60MW以后,投入再热器减温水。

表2 AVT 和 CWT 指标对比

项目	AVT	CWT
P(Fe)/(μg/L ⁻¹)	5.60	0.30
结垢速度/(g·m ⁻² ·a ⁻¹)	73.20	39.99
锅炉压差/MPa	3.20	-1.50
精处理运行周期/a	0.10	0.50~1.00

7 结语

综上所述,由于管材的抗氧化性能不断上升,氧化皮的生产速度与管壁温度直接挂钩,两者成正比,并呈现不同程度的下降趋势。容易出现氧化皮脱离问题,因为氧化皮与金属的体线性膨胀系数差异太大。为此,某站结合实际案例,制定合理的氧化皮防治措施,在锅炉控制、机组选型、运行维护、炉水处理等方面,全方位提高锅炉运行稳定性。

参考文献

- [1] 蒙玉仓,崔振涛.350MW超临界锅炉氧化皮生成、脱落机理及关键控制技术措施[J].锅炉技术,2022,53(4):57-61.
- [2] 许艳锋.超临界锅炉高温受热面蒸汽氧化皮脱落原因分析与运行控制策略[J].天津化工,2022,36(4):81-84.
- [3] 赵子斌.1000MW机组锅炉受热面奥氏体不锈钢管内壁氧化皮检测技术的研究与应用[J].电力设备管理,2022(16):222-224+232.