

高水分低热值褐煤八角切圆锅炉内温度场分布特性、配风优化及火焰偏斜治理

季恩昌

国能宝清煤电化有限公司

DOI:10.32629/etd.v7i1.22214

[摘要] 高水分低热值褐煤在风扇磨八角切圆锅炉中燃烧时,炉膛温度场分布与配风方式直接影响机组运行安全性与经济性。本文以超临界八角切圆风扇磨褐煤锅炉为研究对象,依托现场燃烧调整试验数据,分析了磨煤机运行方式、运行氧量、二次风配风、燃尽风比例对炉膛温度场分布规律及屏过壁温的影响。结果表明:火焰偏斜可通过磨组合方式、氧量控制、配风优化、SOFA风开度以及磨煤机出力调整得到抑制,进一步提高锅炉效率并降低NO_x生成浓度。分隔屏超温主要位于中间偏左及靠后位置,低负荷时前后墙燃尽风适当开大可降低屏底烟温,屏过壁温得到控制,为同类锅炉运行优化提供了参考。

[关键词] 八角切圆锅炉; 风扇磨; 高水分、低热值褐煤; 温度场; 配风优化

中图分类号: TK229.2 **文献标识码:** A

Distribution Characteristics of the Temperature Field, Air Distribution Optimization, and Flame Deflection Control in an Octagonal Tangentially Fired Boiler Burning High-Moisture, Low-Calorific-Value Lignite

Enchang Ji

China Energy Investment Corporation Baoqing Coal Power Chemical Co., Ltd.

[Abstract] When high-moisture, low-calorific-value lignite is burned in a fan mill octagonal tangentially fired boiler, the temperature field distribution in the furnace and the air distribution mode directly affect the operational safety and economic performance of the generating unit. Taking a supercritical octagonal tangentially fired fan mill lignite boiler as the research subject, this paper analyzes the effects of coal mill operating modes, operating oxygen concentration, secondary air distribution, and overfire air ratio on the temperature field distribution in the furnace and the wall temperature of the platen superheater, based on data from on-site combustion adjustment tests. The results show that flame deflection can be suppressed through optimization of coal mill combinations, oxygen concentration control, air distribution, SOFA air opening, and coal mill output, thereby further improving boiler efficiency and reducing NO_x emissions. Excessive temperature of the platen superheater is mainly observed in the middle-left and rear sections. Under low-load conditions, appropriately increasing the overfire air supply on the front and rear walls can reduce the flue gas temperature at the bottom of the platen superheater and control its wall temperature, providing a reference for the operational optimization of similar boilers.

[Key words] octagonal tangentially fired boiler; fan mill; high-moisture, low-calorific-value lignite; temperature field; air distribution optimization

引言

风扇磨直吹式制粉系统配八角切圆燃烧是大型褐煤锅炉的典型技术路线,在我国高水分、低热值褐煤产区广泛应用。电厂

实际燃煤水分、热值与设计值偏低显著,使理论燃烧温度下降,水冷壁辐射吸热减少,炉膛出口烟温升高,屏过区域热负荷增加;在低负荷、升降负荷或给煤机断煤等扰动工况下出现屏底

两侧烟温、汽温偏差超限,及分隔屏壁温超限。本文基于现场试验数据,分析温度场分布特性与火焰偏斜规律,研究不同磨组合方式、配风方式对温度场均匀性和屏过壁温的影响,提出运行优化调整方案,并未设备后续改造升级提供参考。

1 试验对象与煤质特性

1.1 锅炉主要设计参数

锅炉为HG-1900/25.4-HM14型超临界直流 π 型布置锅炉。制粉系统采用风扇磨直吹式制粉系统,每炉配8台风扇磨煤机,采用高温炉烟、热风、冷烟三介质干燥。燃烧系统为八角切圆布置,每台磨带一个角5层一次风喷嘴燃烧器,每角燃烧器分上中下三组布置。假想切圆呈逆时针旋向,1、3、5、7号角切圆直径2100mm,2、4、6、8号角切圆直径1900mm,二次风与燃尽风均同向切入,燃尽风无水平摆动消旋功能,不投油最低稳燃负荷为30%BMCR。实际运行中磨煤机煤粉细度R90在25.0%至31.2%之间,满足设计要求,煤粉分离器为单流惯性式,分离器挡板已置于0°开度运行^[1]。

1.2 实际燃煤特性与设计偏差

锅炉设计煤种为宝清褐煤,收到基全水分39.7%,收到基低位发热量11.41MJ/kg;实际燃煤全水分高达50.0%,挥发分60%,发热量仅8.83MJ/kg,较设计值水分升高10.3个百分点,热值降低22.6%。

2 高水分褐煤八角切圆炉内温度场分布特性

2.1 测试方法

炉膛温度采用红外光学高温仪测量,重点监测屏底区域烟气温度。屏式过热器壁温通过DCS系统采集热电偶测点数据,分隔屏每片小屏第2、10根管及第2、5片大屏第79-88根管布置测点,后屏每片小屏第2根管及第7、18片小屏第1-17根管布置测点。

2.2 温度场分布基本特征

在530MW负荷、运行氧量3.5%条件下,屏底烟温A/B两侧分别为921℃与922℃,两侧偏差仅1℃,说明温度场在左右方向总体对称。随负荷降低,磨煤机运行台数减少,锅炉切圆方式改变,温度场呈现显著变化:415MW负荷时屏底烟温为906/927℃,偏差21℃;300MW负荷时降至762/845℃,偏差达83℃;在210MW负荷下,分别对1、3、5、7号和2、4、6、8号两种磨煤机组合方式进行炉内温度场分布进行测试,在倒塔配风下,锅炉主燃区下部AB层炉内温度最低,CD层至SOFA层的炉内温度最高,也是热负荷最集中的区域,整个主燃区炉内温度均低于1100℃,锅炉设计煤种的灰熔点为1250℃,因此锅炉发生结焦的概率较低。低负荷时因煤质变化,磨煤机运行4~5台,火焰充满度下降、热负荷分布不均程度加剧,使两侧屏底烟温偏差大于50℃,两侧汽温偏差>10℃,从屏过壁温分布来看,分隔屏壁温最高点主要位于第2~5片大屏第84-88根管(炉膛中部靠后位置),后屏壁温最高点同样位于中间第7、18片小屏上。上述分布特征表明,一是切圆煤粉炉炉膛沿高度、截面的温度、烟气流速、水冷壁热负荷曲线呈马鞍状,中间高、中心与两侧水冷壁偏低,成因为燃烧器区域火焰集中,环形区域烟气、温度最高;炉膛中心气流弱、水冷壁吸

热降温,形成“双谷一峰”马鞍曲线。二是风扇磨八角特殊布置,低负荷时不能保证对角对称布置的两台磨均运行,切圆形式改变,必然造成两侧热负荷偏斜,马鞍曲线向左或向右偏移;三是锅炉切圆呈逆时针旋向,最终使炉膛出口高温区主要位于炉膛中部偏左及靠后位置,这是八角切圆燃烧气流旋转动量在炉膛出口残余旋转所致^[2]。

2.3 屏过超温的工况特征

分隔屏过热器超温在低负荷运行时最为突出,稳定时壁温基本在560℃左右,但当负荷升高10-20MW或磨煤机断煤时,进入炉膛瞬时煤量突变,短时壁温可达585℃以上,而在小幅降低负荷过程中,因总煤量降幅比较大,壁温下降较快。这种超温特征与风煤协调性密切相关:当负荷增加时,给煤量首先快速增加,而风量增加滞后,导致运行氧量快速下降,煤量超调引发屏过壁温骤升。给煤机断煤时,为维持负荷,短时间内其他磨煤机给煤量迅速增加,送风量尚未响应,屏过同样容易出现超温。由于SOFA风无反切消旋设计,燃尽风量供给不足,无法在炉膛上部形成反向气流抵消下部上升残余旋流,在煤量、负荷变化扰动下,低负荷时分隔屏壁温变化幅值剧烈,运行调整时间余量有限,手段不足,也是锅炉初期设计未考虑深调工况所呈现出急需面临的问题。

2.4 火焰偏斜及分隔屏过热器超温原因分析

现场开展冷、热态动力场实测,风扇磨煤机五层一次粉管风速最大偏差达到15.3%,风扇磨煤机五层出粉管煤粉浓度最大偏差高达25%,风粉分配均匀性严重不达标。埋刮板给煤量受煤质水分、密度、颗粒大小影响因素较多,导致磨煤机出力存在偏差,煤粉细度均匀性差,以及风扇磨耐磨件磨损等导致煤粉大颗粒多等导致锅炉切圆火焰偏斜。

分隔屏过热器超温的主要原因可归纳为以下三个方面。其一,煤质发热量低,火焰温度下降使水冷壁辐射吸热减少约30%,炉膛出口烟温升高,冷却介质蒸汽量小,屏过出口汽温达500-555℃,较设计值偏高较多。其二,蒸汽流量减少,各管屏间蒸汽流量偏差相对增大,低流量管容易出现超温。其三,进入炉膛瞬时煤量突增,风煤协调性不佳,煤量增加超前于风量增加,氧量快速下降造成燃烧滞后和热负荷集中^[3]。

3 配风方式对温度场的调控效应

3.1 运行氧量的影响

在530MW负荷下,氧量从3.5%降至2.8%时,屏底烟温从921/922℃降至906/897℃,偏差由1℃变为9℃。415MW负荷下,氧量从4.2%降至3.2%时,屏底烟温从906/927℃降至882/896℃,偏差从21℃缩至14℃。300MW负荷下,氧量从4.1%降至3.2%时,屏底烟温从762/845℃升至810/827℃,偏差略有缩小。210MW负荷下,氧量从5.2%降至4.2%时,屏底烟温从778/752℃降至771/757℃,偏差从26℃缩至14℃,但屏过壁温小幅升高。高负荷时氧量降低使屏底烟温下降、效率升高;低负荷时氧量过低会削弱屏区冷却作用。各负荷氧量为:530MW按2.8%,415MW按3.2%,300MW按3.7%,210MW按4.7%。

3.2 二次风配风方式的影响

530MW负荷下,二次风门开度从35%开大至80%,风箱压力从1.29kPa降至1.02kPa,屏底烟温从911/902℃降至902/890℃,偏差从9℃变为12℃。415MW负荷下,二次风门从65%关小至30%时,屏底烟温从882/896℃升至892/908℃,偏差从14℃扩至16℃。300MW负荷下,二次风门从30%调高至55%时,屏底烟温从782/835℃变为778/847℃,偏差从53℃变为69℃。二次风门开大后,供风量增加,燃烧提前,火焰中心下移,屏底烟温降低,风箱压力降低减少节流损失。但风压过低时二次风速下降,包裹能力减弱。各负荷二次风挡板开度为:530MW负荷以上二次风门开度为75%,415MW为65%,300MW为45%,210MW为30%。

3.3 燃尽风门开度的影响

燃尽风门开度对温度场的影响呈现负荷依赖性。530MW负荷以上,燃尽风门从两层100%开大至四层100%时,屏底烟温从906/907℃变为902/940℃,偏差从1℃扩至38℃。415MW负荷下,燃尽风门从四层100%关小至两层100%时,屏底烟温从884/896℃降至868/876℃,偏差从12℃缩至8℃。300MW负荷下,一层燃尽风门从5%开大至100%时,屏底烟温从784/797℃降至764/772℃,偏差从13℃缩至8℃。高负荷下燃尽风开大后燃烧推迟、旋转动量强化,屏底烟温偏差增大;低负荷下燃尽风开大后对屏区起冷却作用,烟温下降且偏差缩小。各负荷燃尽风开度为:530MW负荷以上燃尽风为四层100%,415MW为两层100%,300MW为一层100%,210MW为一层50%。

4 火焰偏斜特征与治理措施

4.1 火焰偏斜的表征

火焰偏斜程度用分隔屏壁温左右分布不对称性来表征。摸底试验显示,分隔屏壁温最高点主要位于中间偏左位置(第2片大屏附近),说明火焰偏斜方向为逆时针旋转气流将高温烟气带向左侧。火焰偏斜的直接危害是局部管排热负荷超设计值,分隔屏壁温在工况扰动时频繁超限。

4.2 磨煤机组合方式对火焰偏斜的调控

在210MW负荷下进行了不同磨组合方式的对比试验。投运五台磨(24683组合)时,屏过壁温为567/565℃;投运五台磨(13576组合)时,屏过壁温为558/558℃;投运四台磨(2468组合)时,屏过壁温为571/562℃;投运四台磨(1357组合)时,屏过壁温为570/562℃。结果表明,投运五台磨时热负荷更为分散均匀,屏过壁温较四台磨组合降低约4~6℃,其中13576组合壁温最低、热负荷分布最为均匀。运行中应避免单侧磨集中运行,防止热负荷过于集中。推荐磨煤机按1357+4、6或8及2468+3、5或7方式运行,同时投运运行磨的对角二次风以避免火焰偏斜。低负荷时关闭

磨煤机第五层粉管气动插板门可使火焰中心下移、屏过壁温下降约4℃,但开关过程中负压波动大且存在积粉自燃和喷口烧损风险,应谨慎使用^[4]。

4.3 火焰偏斜的综合治理策略

完成风扇磨煤机一次风速冷、热态调平,煤粉细度调整,调整各粉管调平挡板角度,将风扇磨本角五层一次风速偏差控制在7%以内,单台磨粉管煤粉浓度偏差低于10%;运行调整层面的措施包括:磨组合方式避免单侧集中,优先采用13576等热负荷分散的组合方式;低负荷时燃尽风适当开大,利用其冷却作用降低屏底烟温,300MW负荷下一层燃尽风全开可使屏底烟温下降约20℃;运行磨的对角二次风投运,防止火焰偏斜;升负荷时注意风煤协调优化,先加风后加煤,避免煤量超调。设备改进层面,建议:对温度偏低的屏过管内加装节流圈均衡流量分配;对易超温的屏过第85~88根管进行管材升级;在屏过进口设置一级减温水,增加壁温调节手段;对目前燃煤进行预干燥处理;进行提升脱硝进口烟温改造;改造煤仓清堵装置等。

5 结束语

本文针对燃用高水分低热值褐煤八角切圆风扇磨锅炉温度场不均、火焰偏斜、屏过壁温超限的难题,结合现场测温及燃烧调整数据,分析了高水分低热值褐煤八角切圆锅炉温度场分布特性、配风调控机制及火焰偏斜规律,研究表明,通过锅炉氧量的控制、二次风优化调整策略,燃尽风投入的比例,磨煤机运行方式组合对锅炉温度场不均、火焰偏斜、屏过壁温超限均得到有效治理手段。锅炉燃烧效率与机组安全稳定同步提升。温度场调控应坚持热负荷均匀分散、火焰不偏斜、风煤协同匹配的原则,运行调整与设备改进相结合,保障机组深调工况安全经济运行。

[参考文献]

- [1]王赫,赵斌,王琪霖,等.超临界煤粉锅炉炉膛出口受热面结渣特性分析[J].锅炉技术,2023,54(3):10-15.
- [2]郭宝群,岳嘉豪,丛茂展,等.600MW超临界低热值褐煤八角切圆锅炉低负荷稳燃技术[J].发电技术,2026,47(2):295-303.
- [3]牛田田,张伟强,辛胜伟,等.超临界循环流化床锅炉屏式过热器吸热量偏差特性研究[J].中国电机工程学报,2022,42(6):2227-2237,中插16.
- [4]俞胜捷,杨清生,王小华,等.切圆燃烧锅炉冷灰斗高温腐蚀与运行防控分析[J].锅炉技术,2022,53(1):58-62.

作者简介:

季恩昌(1986--),男,汉族,辽宁人,本科,中级工程师,研究方向:热能与动力工程。