

锅炉燃烧稳定性分析

宋 涛

华能山东发电有限公司白杨河发电厂 山东 淄博 255200

摘要: #6、7机组2009年12月份投产以来,运行情况基本稳定,但存在煤粉管道设计偏粗、一次风率偏高、炉膛温度低,燃用低挥发分煤种时燃烧稳定性较差,以至于影响锅炉运行汽温偏低、飞灰可燃物偏高。再者,由于近年来煤炭市场价格高企,电厂采购煤质难以保证达到设计煤质要求,并且电厂内部缺乏掺配煤场及有效手段,造成锅炉实际燃用煤质起伏不定,影响锅炉安全、经济运行。

关键词: 一次风率 煤质 锅炉燃烧 稳定性 经济性

1 设备概述

华能白杨河电厂#6、7锅炉为东方锅炉厂生产的亚临界、中间一次再热、自然循环、燃煤汽包锅炉,单炉膛Ⅱ型半露天布置,四角切圆燃烧,尾部双烟道,固态排渣,平衡通风,全钢架悬吊结构。锅炉型号为DG1025/18.2-Ⅱ2。制粉系统型式为中速磨煤机冷一次风机正压直吹式制粉系统,配5台MPS212型中速磨煤机,额定负荷时4台运行,1台备用,每台磨煤机带锅炉的一层燃烧器。

2 影响锅炉燃烧稳定性因素分析

2.1 一次风率及一次风速

直吹式制粉系统,一次风主要作用为干燥煤粉外部水分并将煤粉加热到一定温度后,携带煤粉通过燃烧器进入炉膛燃烧。燃用贫煤、劣质煤的锅炉,考虑到燃烧稳定性及经济性,制粉系统在设计时一般选择一次风率为20~25%,一次风速20~24m/s,对于直吹式系统推荐选择低限。由于我厂煤粉管道内径设计为550mm,较常规贫煤锅炉煤粉管道设计偏粗,锅炉额定负荷下设计一次风率达28.31%。相对于同类型锅炉,控制相同一次风速情况下,一次风率偏大,造成锅炉燃用低挥发分煤种时,炉膛温度低,燃烧效率不高(热风温度低于设计值近40℃),低负荷稳燃性降低。

降低一次风率需限制风煤比,但磨一次风量过低,容易造成4角煤粉管道一次风速偏差增大,距离较长的煤粉管道可能出现煤粉量少,严重时将造成一次风携带煤粉能力降低,煤粉气流产生脉动现象,影响锅炉燃烧稳定。2019年进行#7炉燃烧调整试验,在D磨煤机额定出力下降风量过程中,粉管表盘一次风速降至22m/s(修正后为19m/s),D磨出现堵磨现象。过低的一次风速,进入炉膛后的一次风射流刚性降低及着火提前,往往造成烧喷燃器口及煤粉贴壁、水冷壁结焦高温腐蚀、飞灰含

碳量升高等情况发生^[1]。

一次风速过高,一次风率增大,影响煤粉气流着火热增加,着火点推迟,燃烧稳定性变差。中速直吹式制粉系统,一次风量跟随磨煤机给煤量调整,在煤质发热量降低时,同样磨煤机出力情况下,将造成实际一次风率增大,尤其低负荷情况下,往往是造成燃烧不稳甚至发生炉膛灭火事故的主要原因。

为降低一次风率,一般情况下粉管一次风速控制较低,#6炉运行中曾出现过一次风速正常情况下粉管堵塞现象。根据西安热工院研究,一次风速测量受粉管内煤粉浓度影响,冷态、热态存在一定差异,热态带粉后一次风速需在表计测量的基础进行修正,修正后一次风速低于表计测量一次风速,正常运行中监视修正后一次风速,实践表明可以反映真实运行情况,未再发生过粉管堵管现象。

2.2 一次风母管压力

从节能角度考虑,降低一次风母管压力,开大磨煤机入口一次风挡板,可减少磨入口风门节流损失,以及减少空预器一次风漏风率,对降低一次风机电耗有所帮助。另一方面,一次风母管压力降低,磨入口一次风挡板开度过大,调节线性变差。在负荷变动及给煤量波动较大工况下,造成磨一次风调整滞后,一次风抗干扰能力降低,影响磨煤机输粉稳定,锅炉汽温、汽压等参数波动幅度增大。降低一次风母管压力,应结合磨煤机一次风调节风门开度大小及调节线性,选择合理的一次风母管压力。通过燃烧监盘、调整,结合磨煤机风门开度、粉管携带能力,我厂一次风母管压力由最初设计值8.0KPa,下探至最低7.0KPa,无影响燃烧安全和制粉安全的情况发生,一次风机耗电量同比大幅降低^[2]。

2.3 磨煤机出口风粉混合物温度

磨出口最高温度控制主要受制粉系统防爆要求及煤

粉气流着火点距离影响。火力发电厂煤和制粉系统防爆设计技术规程规定,中速磨直吹式制粉系统分离器后温度根据燃料干燥无灰基挥发分 V_{daf} 控制, $V_{daf} < 40\%$, $t_{m2}=[(82-V_{daf}) \times 5/3 \pm 5]^\circ\text{C}$ 。

提高磨出口温度,既可以减少磨掺入冷风量降低锅炉排烟温度,又可缩短煤粉着火距离、稳定燃烧,延长煤粉炉内停留时间。因我厂入厂煤品种达几十种,煤质较杂,入炉煤低位发热量在3500~5000cal/g左右,灰分25~40%,干燥无灰基挥发分13~38%,为克服煤质差、变化大影响燃烧稳定,目前#6、7炉磨出口温度基本控制在90~110℃之间,较规定值偏高5~10℃。根据实际观察,喷燃器出口未出现着火点过近、喷口结焦等现象。

提高磨出口温度后,尤其是在掺烧较高挥发分煤种时,需加强磨煤机启、停工况下磨煤机及粉管通风吹扫,保证热风门关闭严密性,防止制粉系统积存煤粉自燃爆炸事故发生。运行磨保证四根粉管同时投运,保持与磨煤量相适应的一次风速,避免制粉系统煤粉局部沉积,加强石子煤排放,可以消除提高磨出口温度后给制粉系统防爆带来的隐患。

2.4 煤粉细度

忽略对磨煤单耗影响,煤粉越细,燃烧速度越快,燃烧稳定性、经济性都得到提高。单个颗粒燃烬所需时间减少,同时增加了煤粉和空气的接触面,加快了燃烧速度,提高煤粉燃尽率。

我厂磨煤机选型较大,型号为MPS212中速磨煤机,采用可变加载力调节碾磨压力,设计煤种哈氏可磨系数为58,校核煤种哈氏可磨系数为76。磨煤机选型较大,配合调整加载力大小及分离器转速,可以保证磨煤机在较宽出力范围内煤粉细度能控制在设计值 $R_{90} < 7.5\%$ 。但中速磨对于磨制硬质煤种(如山西阳泉煤)及掺有石块的劣质煤,适应性较差,磨经常出现振动,限制了加载力及分离器转速提高,影响煤粉细度超出设计值,进而影响到煤粉燃烧稳定、经济性。

2.5 燃烧器运行方式

燃烧器采用集中运行方式,有利于提高炉膛燃烧区域煤粉浓度及炉膛火焰中心温度。由于我厂锅炉设计一次风率偏高,造成炉膛燃烧区域煤粉浓度低、炉膛温度降低,燃用低挥发分煤种时燃烧稳定性较差。机组投产以来发生过的锅炉灭火事故,多数因煤质较差情况下,燃烧器隔层运行造成炉膛底部燃烧区域温度过低,底层燃烧器着火不稳发生局部灭火进而造成炉膛温度骤降发展为全炉膛灭火。因此运行中应尽量避免燃烧器隔层运行,特别是最下层燃烧器禁止隔层运行。

中速磨启、停操作伴随有磨煤机通风吹扫、二次风门调整、一次风压调整、各层燃烧器出力重新分配等操作,尤其是启停下层磨时,对炉内燃烧冲击较大。煤质不好情况下,操作不慎容易造成灭火^[3]。

2.6 配风方式

我厂燃烧器采用一、二次风均等布置型式,最上部反向布置四层燃尽风。正常运行,为克服再热汽温低及煤质复杂、多变给燃烧调整带来的不利影响,二次风配风方式采用运行燃烧器最下层二次风门开大,关小下两层一次风口之间二次风门,逐渐开大上部二次风,基本多使用均等或倒宝塔型式。

开大下二次风可托住煤粉气流。关小下两层一次风口之间二次风,相对提高炉膛下部燃烧区域煤粉浓度,从而提高炉膛下部燃烧区域温度,弥补一次风率偏大对燃烧的不利影响。逐步开大上部二次风门,一方面及时补充燃烧需要的空气,另一方面合理抬高火焰高度,保证不同负荷下汽温正常。

周界风根据煤质情况,需考虑燃烧稳定性,合理控制开度,在炉膛有结焦情况下适当开大,防止一次风气流偏斜。对于A层带微油的燃烧器,投微油期间其周界风必须开大,冷却燃烧器四周喷口筒体,防止燃烧器烧损。

燃尽风量大小,根据实际燃烧调整试验发现对燃烧经济性影响较大。燃尽风需根据 NO_x 生成量、转向室前两侧烟温偏差及汽温、金属壁温情况进行合理调整。四角切圆燃烧方式,炉膛出口烟气残余旋转容易造成两侧烟温偏差,加之运行汽温偏低,为提高汽温及控制两侧烟温偏差,配风采用束腰配风方式,同时开大燃尽风来提高火焰中心高度以及控制两侧烟温偏差。但对于燃用挥发份较高煤种,此配风方式容易造成主燃烧区域供风不足,缺氧燃烧形成炉内还原性气氛,造成炉内灰熔点降低发生结焦,同时易造成飞灰含碳量上升。我厂四层燃尽风开度经过长期使用、总结,应用效果较好:满负荷期间四层基本全开,随着负荷降低,燃尽风自上而下逐渐关小或关闭;深调期间为控制吊屏两侧壁温偏差,最下两层燃尽风保持30%以上开度,利用其反切性能消除两侧烟气偏差,避免受热面壁温超限。

2.7 干除渣炉底漏风影响

#6、7炉采用固态干式除渣方式,自然风冷却,设计最大冷却空气量不超过锅炉燃烧空气量的1%。低负荷及煤质差情况下,渣量小、渣温低,炉底漏风过大易造成炉膛底部炉温降低,火焰中心上移,燃烧不稳易发生灭火。锅炉渣量大时,增加炉底冷却风量,相对减少了燃烧区二次风量,影响煤粉与空气的混合,燃烧损失

增大,同时影响排烟温度升高。因此运行中应尽量减少炉底冷却风量,一方面做好入炉煤掺配,避免低灰熔点煤入炉,以及运行调整防止锅炉结焦,从而减少渣量降低炉底冷却风量。其次,合理调整炉底冷渣风门运行方式,即各分段冷却风门采用按输渣机运行方向逆向开启、顺向关闭,提高冷却效果,相对提高炉底漏风温度、减少炉底风量。最后,根据负荷高低、掉渣量多少,合理开关挤压头:高负荷期间六组挤压头全开;保持两组开启或相邻交错关闭,进一步减少炉底漏风,利于稳燃。

2.8 燃煤掺配

我厂入厂煤多达几十种,且煤质热值、挥发份相差较大,而因场地限制采用圆形煤场存储,无法做到按煤质一一分类存放,缺乏有效的掺配煤手段,造成入炉煤质起伏不定,运行无法采取有针对性燃烧调整,严重影响机组安全稳定经济运行,机组投产初期曾发生过因煤质波动过大锅炉灭火事故。

针对锅炉实际运行一次风率大的现状,根据燃烧调整试验分析,对比不同煤质情况下锅炉燃烧稳定性、经济性及制粉系统安全性,并通过实际运行情况证明,我厂#6、7炉较适合燃用掺配后挥发份20~35%,低位热值4600kcal/kg左右煤种。掺配煤应避免不同燃烧特性的煤种掺混(如无烟煤与烟煤等),并尽量减少掺配煤种。目前我厂圆煤场存煤根据入厂煤挥发份指标,按挥发份高低进行分类堆放,一定程度上避免了不同燃烧特性煤种的掺混,对改善锅炉燃烧稳定、经济效果明显^[4]。

现我厂根据锅炉和燃料实际情况,采取分仓掺配、分磨燃用的方式,进行经济性煤种掺配。最下层磨煤机燃用低挥发煤种(干燥无灰基挥发分15~20%,低位热值4600大卡以上),其它磨煤机燃用混煤(干燥无灰基挥发分33%左右,低位热值4600大卡左右),控制整体入炉煤干燥无灰基挥发分30%左右,低位热值4600大卡左右。

燃煤储存做到了按煤种、煤质不同,分堆存放,撒

均压实,结合燃烧要求及时烧旧存新、烧劣存优,控制热值差不大于100千卡/千克的要求。加强配煤方案制定到正确执行的过程控制,每天查看入炉煤指标,对不符合标准的及时分析原因,并采取措施进行调整。

3 总结

改善我厂#6、7炉燃烧稳定性,从运行控制方面主要需解决一次风率大、炉膛温度低以及煤质不稳定对锅炉燃烧带来的不利影响。

通过燃烧调整试验找出适合我厂锅炉燃用煤种,重新调整入厂煤结构,加大了适合锅炉燃烧的高挥发份煤种采购比例,并按挥发份高低进行分类存放,有效改善了入炉煤质的稳定性,运行燃烧调整针对不同煤质可以做到有的放矢。采用控制经热态修正后一次风速,保持低一次风速运行,提高磨出口温度、煤粉细度,优化配风方式、干除渣冷却方式,制定安全可靠的燃烧器运行方式及稳燃措施,使得近一年来锅炉燃烧稳定性、经济性得到了进一步提高。

结论

总而言之,优化锅炉燃烧技术不仅可以提高火力发电厂的发电效率,提高锅炉燃烧质量,还可以降低锅炉燃烧过程中有害气体的排放量,降低锅炉燃烧对环境的污染。因此,深入研究锅炉燃烧优化技术,对促进火力发电厂的发展和控制燃烧污染具有重要作用。

参考文献

- [1] 黄新元.电站锅炉运行与燃烧调整[M].北京:中国电力出版社,2002.
- [2] 孙学信.燃煤锅炉燃烧试验技术与方法[M].北京:中国电力出版社,2002.
- [3] DLT-5145-2002火力发电厂制粉系统设计计算技术规程.
- [4] DLT-5203-2005火力发电厂煤和制粉系统防爆设计技术规程.