

基于燃烧器功率调平系统的燃烧优化应用

Application of Combustion Optimization Based on Burner Power Leveling System

关丽娜¹ 李荣虎²

Lina Guan¹ Ronghu Li²

1. 神华国能宁夏煤电有限公司 中国·宁夏 银川 750400; 2. 北京华清茵蓝科技有限公司 中国·北京 102206

1. Shenhua State Neng Ningxia Coal and Power Co. Ltd., Yinchuan, Ningxia, 750400, China;

2. Beijing Huaqing Yinlan Technology Co. Ltd., Beijing, 102206, China

摘要: 主要介绍了燃烧器功率调平系统的组成、功能,并在燃烧器功率调平的基础上进行燃烧优化试验。试验结果表明,基于燃烧器功率调平系统经过燃烧优化试验,制粉系统风粉分布均衡;煤耗和 SCR 入口 NO_x 降低,锅炉效率提高;汽温偏差和未过金属壁温超温问题有所改善。

Abstract: This paper mainly introduces the composition and function of burner power leveling system, and carries out combustion optimization test on the basis of burner power leveling. The test results show that after the combustion optimization test based on the burner power leveling system, the pulverized coal distribution is balanced, the coal consumption and SCR inlet NO_x are reduced, and the boiler efficiency is improved, the steam temperature deviation and the over temperature of the final metal wall are improved.

关键词: 燃烧器功率;在线监测;气固两相流;燃烧优化

Keywords: burner power; on-line monitoring; gas-solid two-phase flow; combustion optimization

DOI: 10.36012/peti.v2i3.2075

1 引言

对于火电机组,锅炉的一次风粉均衡是燃烧优化和实现低 NO_x 燃烧的首要条件。均衡各燃烧器功率,合理配置燃烧器喷口的煤粉速度、浓度对锅炉安全、经济运行具有重要意义,以往因为没有精确可靠的监测和调整手段而难以实现。随着科技的不断发展,中国已经实现了煤粉参数的在线实时监测和调整。利用燃烧器功率调平系统,在煤粉参数均衡分布的基础上进行燃烧优化工作,可有效提高锅炉效率,减少氮氧化物的排放量。

传统的燃烧调整为使制粉系统煤粉分布均衡,都是在冷态下对纯风进行测量和调整,调整的可调缩孔冷态固定开度后热态一般不再调整。这种调整方法只是将冷态下的一次风速调整均衡,由于温度及介质的变化,热态风粉混合的气固两相流煤粉流速还是不平衡。因此,传统的燃烧优化大多是在不平衡的煤粉流速下进行的。

燃烧器的功率均衡、风粉的合理配比是燃烧优化的基本条件之一。理想条件下是每个燃烧器的功率都是相等的,这

样才能使燃烧效果最佳。如果各燃烧器的功率差异悬殊,即使配风均衡、过量空气系数合理,但对于其中一些燃烧器来说,也会造成燃烧效果差,锅炉效率降低,还有可能发生局部结焦、烧损喷口等。因此,机组运行可以利用燃烧器功率调平系统在线监测煤粉参数分布并进行及时调整,保持一定的燃烧器功率有助于提高锅炉效率,实现节能降耗^[1]。

2 BCS 简介

燃烧器功率调平系统 (Coal Balancing Control System, BCS) 系统的总体结构如图 1 所示。

该系统以新型非接触式全截面煤粉在线测量技术为基础,采用煤粉流速均衡调整、磨出口煤粉浓度分配调整、一次风煤粉自动调平控制等技术,实现对燃烧器出口煤粉参数在线精确测量及精细调平,使煤粉进入锅炉的分布可测可控,在煤粉调平的基础上,结合制粉系统、二次风及燃烧器配风等优化调整,从而达到锅炉燃烧均衡并提升锅炉整体燃烧性能的目标^[2]。

【作者简介】关丽娜(1986~),女,辽宁抚顺人,助理工程师,从事燃煤锅炉运行研究。

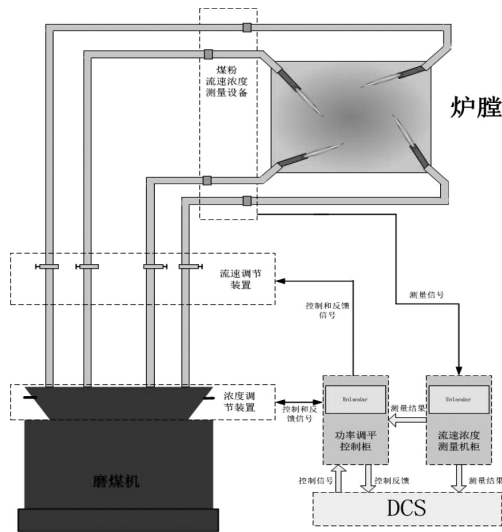


图 1 BCS 总体结构图

3 BCS 组成

BCS 主要由 3 部分组成:非接触式全截面煤粉在线测量系统;一次风煤粉均衡调整装置;燃烧器煤粉自动均衡控制系统。

3.1 非接触式全截面煤粉在线测量系统

煤粉在线测量系统采用静电阵列感应技术,实现每个一次风管道中煤粉流速、流量分配等参数的准确可靠测量。静电测量探头采用裸露式环形电极组和包裹式环形电极组相结合的阵列式静电传感器设计方案,传感器内径与一次风煤粉管道内径一致,测量探头对流体无任何扰动,且可以最大程度减少煤粉冲击的磨损。环形阵列式传感器完全包裹整个煤粉移动路径,结合电极组内部及组间的数据融合算法,实现一次风管道内煤粉流速、流量等参数的非接触、全截面的精确可靠在线监测(见图 2)。



图 2 煤粉测量传感器的现场安装效果图

3.2 一次风煤粉均衡调整装置

一次风煤粉均衡调整装置,包括煤粉流速调节阀(见图 3)和磨出口粉量分配装置两部分。风粉流速调节阀是专门为

平衡同层燃烧器一次风管道流动阻力设计,可连续、有效调整各管道间阻力偏差,平衡各一次风管道煤粉流速和流量,风粉流速调节阀采用新型结构设计,具有不积粉、不卡涩、当不需要调整时不会额外增加管路固定阻力、调节灵活、可配置电动执行器等优点。



图 3 煤粉流速调节阀现场安装效果图

磨出口粉量分配装置安装在磨煤机出口分离器上方,用于在风粉混合物进入一次风管道前进行煤粉流动的导流和分配调整。磨出口粉量分配装置现场安装效果如图 4 所示。



图 4 磨出口粉量分配装置现场安装效果图

3.3 燃烧器煤粉自动均衡控制系统

燃烧器煤粉自动均衡控制系统基于煤粉在线监测数据,自动分析不同工况下同层燃烧器煤粉偏差,根据偏差情况对煤粉分配均匀性进行调节,以达到同层燃烧器流速及流量分配的均衡,为锅炉实现均衡燃烧、改善热负荷偏差提供调节手段。图 5 为现场一次风煤粉测量和控制机柜的安装和运行画面图。

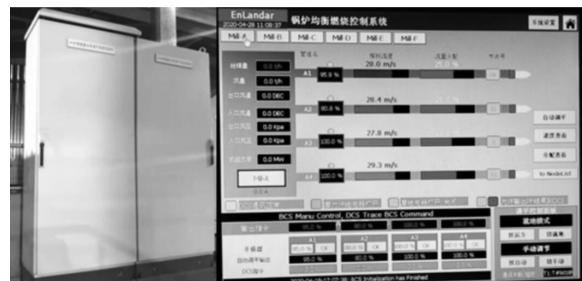


图 5 机柜安装和机柜运行画面图

4 基于煤粉均衡的燃烧优化

4.1 设备概况

神华国能宁夏煤电有限公司鸳鸯湖电厂1#机组锅炉为超临界参数变压运行螺旋管圈直流炉,单炉膛、一次中间再热、四角切圆燃烧方式、平衡通风、II型露天布置、固态排渣、全钢架悬吊结构。锅炉采用摆动式四角切圆燃烧技术,设计燃用烟煤。采用中速磨煤机一次风正压直吹式制粉系统,燃烧方式采用摆动式四角切圆燃烧技术,低 NO_x 同轴燃烧系统。燃烧器共6层布置于炉膛下部四角,煤粉和空气从四角送入,在炉膛中呈切圆燃烧方式。

4.2 锅炉燃烧问题及优化调整工作。

4.2.1 锅炉燃烧问题

①SCR入口氮氧化物高。在615MW稳定负荷下,按照网格法在脱硝入口测量 NO_x 值,SCR入口 NO_x (折算后)为 $257.0\text{mg}/\text{m}^3$ 。

②燃烧器磨损变形严重。部分一次风管流速过慢导致燃烧器烧损严重,而另一部分风管却因风速过高而造成燃烧设备磨损严重(见图6),寿命缩短,性能变差。



图6 燃烧器喷口磨损情况

③汽温偏差较大、未过金属壁温超温。在实际运行中,由于燃烧器特别是处于同层燃烧器之间一次风粉分配不均匀,造成了该锅炉燃烧时火焰偏斜冲刷炉墙、在靠近炉墙区域还原气氛强而产生水冷壁区域结焦、热负荷不均匀、烟气侧和蒸汽侧温度偏差、无法优化低 NO_x 运行、飞灰含碳量高等问题。

④锅炉底部漏风严重。炉底围带一周有一半区域存在漏风(见图7),干渣机部分漏洞可直接看到炉渣掉落,干渣机的观火孔、人孔门也有许多漏风点,挤压头法兰有3个磨损严重,漏风较严重。

4.2.2 优化调整工作

燃烧器功率调平系统设备安装调试完成后,主要进行了



图7 锅炉漏风情况

如下优化锅炉燃烧的工作:

①基于风粉在线监测数据完成一次风煤粉的调平,实现燃烧器风粉的均衡;

②针对磨入口一次风量测量不准的问题,以准确的煤粉流速和磨出口温度为控制目标,优化磨煤机一次风量和煤粉流速;

③脱硝入口氮氧化物测量值的标定;

④配风及氧量优化试验;

⑤根据锅炉实际情况,在电厂的支持下处理干渣机漏风问题。

4.3 一次风调整试验

理论上,煤粉流速越低,燃烧提前,煤粉燃烧越完全。可是过低的煤粉流速会使煤粉管道堵塞,烧损燃烧器喷嘴。粉速过高,燃烧滞后,未燃尽损失增加,锅炉效率降低。鸳鸯湖电厂的低 NO_x 同轴燃烧器设计理念之一是建立煤粉早期着火,提高锅炉不投油稳燃能力。燃烧器喷嘴能使火焰稳定在喷嘴出口一定距离内,使挥发分在富燃料的气氛下快速着火,保持火焰稳定,从而有效降低 NO_x 的生成。因此,监测煤粉流动参数,控制适合的煤粉流速尤为重要。

鸳鸯湖电厂BCS系统安装调试完成后,投运BCS系统的自动调整功能,对每台磨煤机出口煤粉流速分布进行在线自动调整,使煤粉参数分布均衡。在机组615MW稳定负荷下降低了煤粉流速,由表1可以看出,磨煤机出口粉速由原来的 $29.5\text{m}/\text{s}$ 降低至 $25.2\text{m}/\text{s}$,整体下降了 4m 左右,同时保证磨出力,不堵磨不堵粉管,石子煤量未增加,同时粉速更接近设计一次风速 $25\text{m}/\text{s}$ 。调整前粉速最大值 $32.6\text{m}/\text{s}$,最小值 $23.3\text{m}/\text{s}$,相差 $9.3\text{m}/\text{s}$ 。调整后粉速最大值 $26.4\text{m}/\text{s}$,最小 $22.1\text{m}/\text{s}$,相差 $4.3\text{m}/\text{s}$ 。均方差调整前 3.1 下降到 1.9 ,粉速均匀性得到了改善。

表1 615MW 负荷下调整前后粉速变化

工况	粉速最高值/(m/s)	粉速最低值/(m/s)	粉速最大差值/(m/s)	粉速均值/(m/s)	均方差
调整前	32.6	23.3	9.3	29.5	3.1
调整后	26.4	22.1	4.3	25.2	1.9

一次风煤粉参数调整过程中发现大部分磨煤机入口风量测点不准,使运行人员无法按照风煤比曲线指导磨煤机运行。可利用燃烧器功率平衡系统的一次风粉速和磨出口温度指导磨煤机正常优化运行。

4.4 配风优化调整

低 NO_x 同轴燃烧器设计的主要任务是减少挥发分氮转化成 NO_x ,其主要方法是建立早期着火和使用控制氧量的燃料/空气分段燃烧技术。同时,在不同位置布置 CCOFA 和 SOFA 优化不同区域的过量空气系数,在有效降低 NO_x 排放的同时最大限度地提高燃烧效率。

鸳鸯湖电厂 1# 炉未使用燃烧器功率调平系统前,各磨煤机出口一次风煤粉参数不均衡,但二次风及燃尽风配风仍然按照四角燃烧器功率均衡的情况配风,从而使锅炉汽温存在一定的偏差,末级过热器金属壁温经常超温。在燃烧器功率调平系统调整完成后,各磨煤机出口煤粉流速在热态下达到均衡的基础上,结合锅炉燃烧方式结构特点,在 615MW 负荷下配风优化试验 AA 层二次风开度由 50%开到 100%,偏折二次风 AI、BI、CI、DI、EI、FI 由 10%关至 5%,CCOFA 由 50%关至 20%,OFA 上两层开度维持不变 100%,下三层关至 20%,氧量保持 3%左右不变。

经过配风调整分离器出口温度偏差由 5.2℃降低到 0.2℃。一减前汽温偏差由 28.6℃降低到 20.3℃,二减前汽温偏差由 22.1℃降低到 12.7℃。排烟温度和脱硝入口 NO_x 也有所下降。

4.5 改造前后性能测试

BCS 系统改造前后由电科院对锅炉进行性能测试(见表 2),锅炉热效率计算遵循 GB/T 10184—2015《电站锅炉性能试验规程》计算方法,并依据标准对试验燃料特性偏差、进风温度偏差和给水温度偏差进行修正。

改造前,615MW 负荷下实测锅炉热效率为 93.42%,修正后的锅炉热效率为 93.76%,改造后,615MW 负荷下实测锅炉热效率为 94.03%,修正后的锅炉热效率为 94.33%,锅炉热效率提升了 0.57 个百分点。615MW 高负荷下,按发电煤耗 286g/(kW·h)估算,改造后由于锅炉热效率的提升,煤耗降低

了 1.63g/(kW·h)。SCR 入口 NO_x (折算后)由 257.0mg/m³降低到 223.2mg/m³,降低了 33.8mg/m³(降低了 13.2%)。

表2 改造前后性能测试结果

项目	改造前 615MW 负荷下	改造后 615MW 负荷下
SCR 入口平均 NO_x (折算后)/(mg/m ³)	257.0	223.2
锅炉热效率/%	93.42	94.03
修正后的锅炉热效率/%	93.76	94.33

与改造前相比,锅炉热效率有一定提高,主要原因是飞灰可燃物含量略有降低,排烟温度下降导致的干烟气热损失降低。系统改造后,对锅炉底部干渣机漏风进行了封堵,锅炉底部干渣机漏风量减少,锅炉无组织风量减少是飞灰可燃物含量和排烟温度下降的一个主要原因;燃烧器功率调平系统调节煤粉均衡后降低了煤粉流速,磨煤机冷风量减小,同时二次风比例增大,是锅炉排烟温度下降的另一个重要原因,同时也是 NO_x 排放量降低的主要原因。

5 结论与建议

5.1 结论

①燃烧器功率调平系统能有效调节风粉分布不均,经过调整改善了磨煤机出口风粉流速偏大的问题,实现了制粉系统风粉分布均衡。

②经过调整,615MW 负荷下 SCR 入口 NO_x (折算后)降低了 33.8mg/m³(降低了 13.2%),锅炉效率提高了 0.57 个百分点,煤耗降低了 1.63g/(kW·h)。

③通过调整,汽温偏差和末过金属壁温超温问题有所好转。

5.2 建议

①在磨煤机入口风量无法参考时,可利用燃烧器功率调平系统的一次风粉速和磨出口温度指导磨煤机正常优化运行。

②在冷态下,对一次风混合风门做特性试验,同时标定磨煤机入口一次风量。

③下次大修时,对锅炉底部漏风进行彻底的治理工作。

参考文献

- [1] 韩小岗,魏坤,李海尚,等.直吹式制粉系统的一次风煤粉浓度和风速测量方法的研究[J].能源研究与利用,2008(3):34-39.
- [2] 吕宏彪,聂涛,黄孝彬,等.基于新型风粉在线监测的锅炉精细调平及优化技术[J].华电技术,2016(11):35-37.