

660 MW 超临界直流锅炉大比例燃用准东煤 燃烧调整试验分析

李奇隼,吴珺斐,万 兵,宋 兵

(天富能源股份有限公司天河热电分公司,新疆维吾尔自治区 五家渠 831300)

摘 要:准东煤因其灰分低、易着火、燃尽性好等优点通常被作为优良的动力用煤,但因其煤灰中碱金属含量较高,容易出现受热面沾污、腐蚀、结渣等危害锅炉运行安全的问题。在大比例燃用准东煤的过程中,为了增大锅炉热效率、减小热偏差、降低污染物排放量、防止受热面结渣和提高锅炉燃烧经济性,首先通过摸底试验测定了某 660 MW 锅炉目前的运行情况及其特性;其次通过调整运行氧量、燃尽风风量、二次风配风方式等运行方式,对锅炉炉体进行燃烧优化调整;最终根据试验结果给出针对此 660 MW 超临界直流锅炉高负荷、大比例燃用准东煤时的最优运行方案,在保证安全性的基础上进一步提高锅炉经济效益与整体效率。

关 键 词:660 MW;超临界;直流锅炉;准东煤;混煤燃烧;燃烧优化

中图分类号:TM621.2 文献标识码:A DOI:10.16146/j.cnki.rndlgc.2022.03.020

[引用本文格式]李奇隼,吴珺斐,万 兵,等.660 MW 超临界直流锅炉大比例燃用准东煤燃烧调整试验分析[J].热能动力工程,2022,37(3):136-142. LI Qi-juan, WU Jun-fei, WAN Bing, et al. Experimental analysis on combustion adjustment in 660 MW supercritical once-through boiler fired with Zhundong coal in large proportion[J]. Journal of Engineering for Thermal Energy and Power, 2022, 37(3): 136-142.

Experimental Analysis on Combustion Adjustment in 660 MW Supercritical Once-Through Boiler Fired with Zhundong Coal in Large Proportion

LI Qi-juan, WU Jun-fei, WAN Bing, SONG Bing

(Tianfu Energy Co., Ltd., Tianhe Thermal Power Branch, Uygur Autonomous Region, China, Post Code: 831300)

Abstract: Zhundong coal is usually used as good power coal because of its low ash content, easy ignition, good combustion properties and other advantages. However, larger amount of alkali metal in its ash can cause the contamination, corrosion and slagging of heating surface, which may harm the operation safety of boilers. In order to increase the thermal efficiency, reduce the thermal deviation, reduce the emission of pollutants, prevent the slagging of heating surface and improve the combustion economy of the boiler in the process of blending a large proportion of Zhundong coal, the current operation and related characteristics of a 660 MW boiler are measured; by adjusting the operating oxygen content, the over-fire air and the secondary air distribution, the combustion of the boiler is optimized. According to the test results, the optimal operation scheme of the 660 MW supercritical once-through boiler with high load and a large proportion of Zhundong coal is proposed. On the basis of safety, the economic benefits and overall efficiency of the boiler are further improved.

Key words: 660 MW, supercritical, once-through boiler, Zhundong coal, blending combustion, combustion optimization

收稿日期:2021-04-25; 修订日期:2021-07-02

基金项目:新疆兵团科技项目(2019GY05)

Fund-supported Project: Xinjiang Science and Technology Project(2019GY05)

作者简介:李奇隼(1966-),男,甘肃张掖人,天富能源股份有限公司天河热电分公司高级工程师。

引 言

准东煤具有灰分与硫分含量低、易着火、燃尽性能优良等煤质特点,是优质的动力用煤、气化煤和民用煤种^[1-2]。但由于煤中碱金属及金属氧化物含量较高,因此在大规模燃用准东煤的电站锅炉中,炉膛受热面容易发生沾污、腐蚀、结渣等现象^[3],严重影响锅炉运行安全,进而大幅降低了燃煤电厂经济性,这也成为了阻碍准东煤集中高效利用的瓶颈之一^[4-5]。

为解决燃用准东煤引起的炉膛受热面污染、电厂经济性降低等一系列问题,目前燃煤电厂常采用两种或两种以上煤种混烧的燃烧方式^[6]。在掺烧过程中,良好的混煤方案有利于煤粉着火与燃尽,降低污染物排放量,从而提高锅炉热效率,提高燃煤经济性。对于主要燃用准东煤的电站锅炉,大多都采用掺烧其他低钠煤种的混煤方案,以降低准东煤种所带来的负面影响^[7]。与此同时,由于准东煤具有燃用成本低、热值高等优良特性,高负荷下大比例燃用准东煤已成为目前大多数设计煤种为准东煤的燃煤锅炉的主要运行方案^[8]。

程智海等人^[7]发现现役锅炉在燃用准东煤的过程中,燃用比例一般难以突破 50%,且当运行负荷超过某一临界负荷时,准东煤掺烧能力大幅下降,因此,在锅炉大比例燃用准东煤过程中,必须进行有针对性的燃烧调整,在解决沾污、结渣等安全问题的同时,提高混煤中准东煤混合比例,以提高锅炉经济效益。李鹏等人^[9]为了降低某电厂的燃料运行成本,针对该厂大比例掺烧准东煤的实际情况进行了调研与探索,结果表明,当准东煤混合比例从 40% 提高至 60% 后,年均燃料总成本下降约 4 636.1 万元,在保证锅炉安全运行的基础上,大幅提高了全厂盈利水平与经济效益。李江浩等人^[10]根据某电厂高比例燃用准东煤的燃烧调整结果,分析并给出了一套针对该厂的燃烧运行调整思路,使准东煤混合比例可达 90% 以上,每年最高可节省 2 亿元。除此之外,郭万贵等人^[11]通过在 0.4 MW 燃烧试验台上进行的准东煤结渣特性实验发现,对于燃用准东煤田南部矿区煤种的锅炉,当掺烧 10% ~ 20% 的低钠、低钙煤种时,能够明显减缓煤灰的结渣沾污强度。

本文针对某电厂 660 MW 燃煤锅炉,进行了大比例燃用准东煤情况下的燃烧调整试验,以降低因掺混准东煤导致的锅炉受热面沾污、结渣等危害,尽可能地提高锅炉热效率与电厂经济效益。根据前期全场摸底试验结果,在本次试验中,当锅炉负荷处于 520 MW 负荷以下时,100% 纯烧准东煤,当处于 520 MW 负荷以上时,燃用 80% 的准东煤并掺烧 20% 的淮南煤。通过改变运行氧量,调整燃尽风风量与二次风配风方式,观察不同工况下锅炉汽温特性、壁温特性、炉内温度分布、烟温偏差和 NO_x 排放特性等运行指标,给出针对于该厂大比例燃用准东煤情况下的锅炉燃烧运行调整方案,为现场运行人员提供理论指导依据。

1 工程简介

1.1 锅炉概述

所有试验均在新疆天富能源股份有限公司某分公司 2 × 660 MW 机组 3 号锅炉上进行,该锅炉为上海锅炉厂有限公司生产的 SG - 2035/25.4 - M5503 型超临界参数变压运行螺旋管圈直流炉。锅炉本体采用单炉膛 π 型布置、一次中间再热、四角切圆燃烧方式、平衡通风、全钢构架、紧身封闭布置、固态排渣、全悬吊结构锅炉。锅炉主要设计参数如表 1 所示,其中 BMCR 表示最大蒸发量,TRL 表示额定蒸发量。

表 1 锅炉主要设计参数
Tab.1 Main design parameters of boiler

参数	BMCR	TRL
过热蒸汽流量/t · h ⁻¹	2 035	1 903
过热蒸汽出口压力/MPa	571	571
过热蒸汽出口温度/℃	25.4	25.24
再热蒸汽流量/t · h ⁻¹	1 702	1 593
再热蒸汽进口压力/MPa	4.64	4.34
再热蒸汽进口温度/℃	320	313
再热蒸汽出口压力/MPa	4.45	4.16
再热蒸汽出口温度/℃	569	569
给水温度/℃	282	278
锅炉热效率/%	93.69	94.00
燃料消耗量/t · h ⁻¹	310.47	299.44

1.2 锅炉准东煤适应性分析及比较

通常来说,受热面结渣性能是考察锅炉对准东

煤适应性的一个重要指标^[12]。炉膛内部受热面结渣与炉膛容积热负荷、炉膛截面热负荷、燃烧器壁面热负荷与上层燃烧器中心至屏式过热器底部(以下简称屏底)的距离密切相关。此次试验选取了两台同类型对准东煤适应性较好的燃煤锅炉与试验锅炉作为对比,主要设计参数对比如表 2 所示。

表 2 燃用准东煤的同类型锅炉主要设计参数对比

Tab.2 Comparison of main design parameters
of similar boilers burning Zhundong coal

参数	试验机组	锅炉 A	锅炉 B
机组容量/MW	660	660	660
容积热负荷/ $\text{kW} \cdot \text{m}^{-3}$	74.36	64.38	68.05
截面热负荷/ $\text{MW} \cdot \text{m}^{-2}$	4.52	3.84	4.06
壁面热负荷/ $\text{MW} \cdot \text{m}^{-2}$	1.32	1.21	1.27
上层燃烧器至屏底距离/m	23.464	28.279	25.935
炉膛出口烟温/ $^{\circ}\text{C}$	1 319	1 192	1 206

由表 2 可知,此次试验锅炉机组的炉膛容积热负荷、锅炉截面热负荷和锅炉燃烧区壁面热负荷均高于其他同类型燃煤锅炉机组;上层煤粉燃烧器中心至屏底距离相较于其他机组更小,导致试验机组的炉膛出口烟温更高。此外,试验锅炉炉膛本体部分共设有 96 只墙式吹灰器,与新疆地区其他同类型以燃用准东煤为主的锅炉相比,此锅炉的吹灰器布置数量较少。总之,从锅炉热负荷、锅炉结构、吹灰器布置等方面来看,此次试验锅炉相较于其他同类型锅炉更易结渣,对燃用准东煤的适应性偏低,因此针对此试验锅炉的燃烧优化调整十分必要。

1.3 试验煤种

试验机组设计煤种为新疆准东煤,也是目前混煤方案中占比最高的煤种,混合比例高达 80%,掺混煤种为淮南煤,掺混比例为 20%。准东煤、淮南煤、80% 准东煤 + 20% 淮南煤的混合煤种的煤质工业分析如表 3 所示。

根据煤质分析结果来看,准东煤发热量较高,固定碳含量较高,灰分、硫分、挥发分含量较低;但其水分含量高,易导致煤粉炉内燃烧过程中沾污、积灰现象的出现。在掺混 20% 淮南煤之后,混合煤种水分略微降低,挥发分含量上升,并且此时混煤发热量只是略微下降,这对煤粉在炉内着火是十分有利的。

表 3 试验煤种工业分析
Tab.3 Industrial analysis of test coal

参数	准东煤	淮南煤	80% 准东煤 + 20% 淮南煤
全水分/%	22.80	11.40	20.70
空干基水分/%	10.80	3.39	7.68
收到基灰分/%	7.87	25.18	13.41
收到基挥发分/%	17.15	22.89	21.43
干燥基固定碳/%	52.18	40.53	44.46
收到基全硫/%	0.42	0.27	0.36
高位发热量/ $\text{kJ} \cdot \text{kg}^{-1}$	23 870	21 210	23 570
低位发热量/ $\text{kJ} \cdot \text{kg}^{-1}$	19 520	18 540	19 160

1.4 制粉系统摸底试验

在试验过程中,上煤方式采用分仓上煤,A、B、C、D、E、F 6 台磨煤机中 A、B、D、E 4 台为准东煤,C、F 为淮南煤。试验期间磨煤机主要运行参数如表 4 所示。

表 4 磨煤机主要参数
Tab.4 Main parameters of coal mill

参数	A	B	C	D	E	F
磨煤机出力/ $\text{t} \cdot \text{h}^{-1}$	53.4	55.8	53.1	55.2	55.5	53.1
入口风压/kPa	6.12	6.59	6.34	6.50	6.55	6.63
入口风温/ $^{\circ}\text{C}$	324.9	327.2	276.0	291.8	287.4	247.6
出口风温/ $^{\circ}\text{C}$	78.3	75.2	78.6	78.6	75.9	81.3
磨煤机电流/A	28.7	32.0	36.3	33.6	33.6	35.2
变频开度/Hz	20	20	20	20	20	20
粒径 $R_{90}/\%$	10.86	9.68	17.23	11.30	9.63	19.27
粒径 $R_{200}/\%$	0.20	0.26	1.23	0.12	0.11	1.65
均匀性指数	1.179	1.172	1.150	1.411	1.281	1.144

根据测试结果可以看出,由于淮南煤种可磨性较差,因此在磨煤机出力相同的情况下,淮南煤种对应的磨煤机电流要高于准东煤种,如表 4 中的 A 与 C。由于准东煤挥发分更低、着火点较高,因此准东煤对应的磨煤机入口、出口风温温差明显高于淮南煤种对应的 C、F 号磨煤机。因此,A、B、D、E 号磨煤机对空气预热器的要求更高。虽然准东煤种 R_{90} 与 R_{200} 指数均低于淮南煤种,但其均匀性指数较高,说明准东煤煤粉依然偏细。仅从煤粉燃烧的角度看,偏细的煤粉进入炉内有利于煤粉的着火与燃尽,燃烧特性也会随之提升。然而,从煤粉结渣特性方面来看,过细的煤粉会导致煤粉气流着火提前,使得燃

烧器喷口位置温度过高,不仅容易引起喷口结渣,而且会造成燃烧器的损坏。总之,在不大幅降低准东煤煤粉细度进而影响煤粉着火和燃尽特性的情况下,为保护燃烧器喷口不损毁、不结渣,炉内二次风及燃尽风配风方式均必须做出相应的优化调整^[13]。

2 燃烧优化调整

2.1 运行氧量调整

炉膛氧体积分数是锅炉运行的关键参数,氧体积分数较低时会增大煤粉未燃尽热损失,降低锅炉热效率;过高的氧体积分数虽然可以提高入炉煤粉的燃尽率,但同时排烟热损失也随之增大,造成锅炉热效率的降低^[14]。除此之外,炉膛氧体积分数变化会使炉膛温度以及烟气量发生变化,从而影响炉内辐射及尾部对流传热,进而导致烟温变化,更重要的是,大幅的炉内温度变化会对炉内结渣产生较大影响^[15]。因此,需要综合考虑锅炉热效率、汽温特性、NO_x 排放、炉内结渣等各种锅炉运行因素,以确定合适的炉膛燃烧氧体积分数。

以负荷 520 MW 锅炉为例,表 5 给出了试验锅炉在炉膛氧体积分数分别为 2.5%、2.9% 和 3.3% 时锅炉的主要运行参数以及烟气参数。其中,AB 层、CO 层、EF 层、SOFA 层燃烧器分别代表低层、中层、高层和燃尽层的燃烧器。

由表 5 可知,随炉膛内部氧气体积分数提高,空气预热器出口烟温上升,脱硝入口 NO_x 质量浓度也明显增高。此外,随着氧气体积分数由 2.5% 升至 3.3%,送风机和引风机电流明显增加,说明电耗与氧气体积分数成正比,降低炉内氧体积分数有助于降低辅机电耗,从而提升锅炉效率。对于烟气侧,氧气体积分数上升会导致炉膛出口烟温明显升高,这对于燃用易结渣的准东煤的锅炉来说是十分不利的,易加剧尾部烟道受热面的沾污与结渣。然而,在燃烧器中心截面处,炉内平均温度受氧体积分数变化影响不大;燃尽层中心截面平均温度随氧体积分数增大而显著上升。以上分析表明,在锅炉运行期间,盲目降低氧体积分数可能不仅不会减缓燃烧器喷口处的结渣现象,反倒会增大燃烧器区域局部温度,严重时甚至可能烧毁燃烧器喷口。除此之外,测试过程中还发现炉膛氧体积分数对飞灰含碳量的影响不大,这有可能与本身炉内煤粉燃烧特性良好有关。总之,合理的降低炉内燃烧氧体积分数是提高

锅炉效率、减少尾部烟道受热面结渣的有效方法之一,但在调整过程中需要时刻关注燃烧器区域的温度分布,以免损坏燃烧器喷口。

表 5 不同炉膛氧量下的锅炉主要参数
Tab.5 Main parameters of boiler with different oxygen contents in furnace

参 数	工况 1	工况 2	工况 3
炉膛氧体积分数/%	2.5	2.9	3.3
机组电负荷/MW	520	520	520
主汽流量/t·h ⁻¹	1 730	1 725	1 717
总煤量/t·h ⁻¹	272	270	270
总风量/t·h ⁻¹	1 991	2 055	2 163
过热器蒸汽压力/MPa	23.58	23.62	23.59
过热器蒸汽温度/℃	556.3	554.9	555.4
再热器蒸汽温度/℃	558.6	557.6	558.7
送风机电流/A	51.7	53.9	56.4
一次风机电流/A	99.3	99.3	98.3
引风机电流/A	195.5	197.5	199.5
飞灰含碳量/%	5.41	5.40	5.41
AB 层燃烧器截面温度/℃	1 075	1 061	1 089
CD 层燃烧器截面温度/℃	1 141	1 150	1 142
EF 层燃烧器截面温度/℃	1 175	1 212	1 203
SOFA 层中心截面温度/℃	1 199	1 228	1 250
炉膛出口烟气温度/℃	1 123	1 197	1 223
空气预热器出口氧体积分数/%	4.8	5.1	5.3
空气预热器入口烟气温度/℃	372.6	372.5	375.1
空气预热器出口烟气温度/℃	117.0	118.3	119.4
脱硝单元入口 NO _x 质量浓度/mg·m ⁻³	186	211	242

2.2 二次风配风方式调整

试验中炉膛氧气体积分数稳定为 2.5%。表 6 给出了 AB 层燃烧器 3 种不同工况下的二次风门开度,其余 CD 与 EF 层的二次风门开度同 AB 层一样。同时,表 7 给出了不同配风方式下的锅炉主要运行参数,以分析二次风配风方式对锅炉运行的影响。

由表 6 可知,本次试验二次风配风方式由局部正塔式分布逐渐转为局部束腰式分布,此时现场观测到炉膛火焰中心有上移的趋势。表 7 中各个燃烧器截面温度分布、炉膛出口烟气温度皆可以清楚地说明这一点。与此同时,随着整体炉膛温度水平的提高,脱硝入口 NO_x 质量浓度由 206 升至 224 mg/m³,说明炉内二次风配风方式对炉内 NO_x 质量浓度分

布起主导作用。这主要是因为,采用工况 4 配风方式时,炉膛内部温度整体水平较低,且温度分布较为均匀,各层燃烧器中心截面温度差较小,峰值温度更低。因此,工况 4 下脱硝入口 NO_x 质量浓度更低,且可以推测此时炉内 NO_x 质量浓度分布更加均匀。另外,较低的炉内整体温度水平有利于减轻炉内受热面的沾污与结渣。总之,综合考虑炉内温度分布、 NO_x 质量浓度及锅炉排烟温度等主要因素,工况 4 的二次风配风方式最为合理。

表 6 AB 层燃烧器二次风门开度 (%)
Tab.6 Opening of secondary air valve of layer
A and B burners(%)

参 数	工况 4	工况 5	工况 6
燃烧器摆角	50	50	50
最高层二次风挡板开度	60	50	45
高层二次风挡板开度	20	35	40
中高层二次风挡板开度	35	50	60
中层二次风挡板开度	60	50	45
中低层二次风挡板开度	20	35	40
低层二次挡板开度	35	50	60
最低层二次风挡板开度	60	50	45

表 7 二次风配风方式对锅炉参数的影响
Tab.7 Influence of secondary air distribution
mode on boiler parameters

参 数	工况 4	工况 5	工况 6
炉膛氧体积分数/%	2.5	2.5	2.5
机组电负荷/MW	520	520	520
主汽流量/ $\text{t} \cdot \text{h}^{-1}$	1 782	1 790	1 985
总煤量/ $\text{t} \cdot \text{h}^{-1}$	279	272	273
总风量/ $\text{t} \cdot \text{h}^{-1}$	2 190	2 230	2 205
过热器蒸汽压力/MPa	22.30	22.45	22.38
过热器蒸汽温度/ $^{\circ}\text{C}$	556.1	556.6	556.2
再热器蒸汽温度/ $^{\circ}\text{C}$	559.2	559.0	559.4
再热器减温水流量/ $\text{t} \cdot \text{h}^{-1}$	50	48	50
AB 层燃烧器中心截面温度/ $^{\circ}\text{C}$	1 182	1 171	1 058
CD 层燃烧器中心截面温度/ $^{\circ}\text{C}$	1 143	1 123	1 124
EF 层燃烧器中心截面温度/ $^{\circ}\text{C}$	1 209	1 201	1 238
SOFA 层中心截面温度/ $^{\circ}\text{C}$	1 237	1 229	1 241
炉膛出口烟气温度/ $^{\circ}\text{C}$	1 066	1 112	1 230
空气预热器出口氧体积分数/%	4.1	4.5	4.7
空气预热器入口烟气温度/ $^{\circ}\text{C}$	370.2	371.1	373.0
空气预热器出口烟气温度/ $^{\circ}\text{C}$	118.3	119.0	119.5
脱硝单元入口 NO_x 质量浓度/ $\text{mg} \cdot \text{m}^{-3}$	206	213	224

2.3 SOFA 风调整

试验锅炉总共有 5 层 SOFA 风,其作用是实现锅炉的分级燃烧,保证煤粉的充分燃烧与燃尽,同时降低 NO_x 排放^[16]。本次试验锅炉负荷为 520 MW,炉膛氧气体积分数控制在 2.5%,由下往上的顺序打开 1~5 层 SOFA 风门,通过打开 SOFA 风门控制 SOFA 风量大小。在不同 SOFA 风量大小下,锅炉主要运行参数如表 8 所示。其中工况 7 表示开 2 层 SOFA 风,工况 8 表示开 3 层 SOFA 风,工况 9 表示开 4 层 SOFA 风。

表 8 不同 SOFA 风量下的锅炉主要运行参数
Tab.8 Main operation parameters of boiler
under different air volumes of SOFA

参 数	工况 7	工况 8	工况 9
炉膛氧体积分数/%	2.8	2.8	2.8
机组电负荷/MW	520	520	520
主汽流量/ $\text{t} \cdot \text{h}^{-1}$	1 685	1 700	1 689
总煤量/ $\text{t} \cdot \text{h}^{-1}$	268	266	265
总风量/ $\text{t} \cdot \text{h}^{-1}$	1 955	1 963	1 960
AB 层燃烧器中心截面温度/ $^{\circ}\text{C}$	1 053	1 061	1 038
CD 层燃烧器中心截面温度/ $^{\circ}\text{C}$	1 101	1 145	1 126
EF 层燃烧器中心截面温度/ $^{\circ}\text{C}$	1 189	1 180	1 214
SOFA 层中心截面温度/ $^{\circ}\text{C}$	1 232	1 241	1 237
炉膛出口烟气温度/ $^{\circ}\text{C}$	1 024	1 053	1 066
空气预热器出口氧体积分数/%	4.2	4.4	4.3
空气预热器入口烟气温度/ $^{\circ}\text{C}$	370.2	371.1	370.9
空气预热器出口烟气温度/ $^{\circ}\text{C}$	118.7	119.0	119.6
炉膛/二次风箱差压/kPa	1.0	0.8	0.6
脱硝单元入口 NO_x 质量浓度/ $\text{mg} \cdot \text{m}^{-3}$	265	205	162

从表 8 可以看出,炉膛 O_2 体积分数控制在 2.5% 时,随 SOFA 风门由 2 层开大至 4 层,脱硝入口 NO_x 质量浓度从 265 降低至 162 mg/m^3 ;说明增大锅炉燃尽风可明显降低 NO_x 的排放量,从而降低脱硝成本,提高全厂经济效益。与此同时,炉膛/二次风箱差压也随之降低,这可能会造成炉内煤粉燃烧不稳定以及煤粉气流贴壁现象的出现,容易导致锅炉水冷壁区域沾污结渣情况的发生。当 SOFA 风门处于 4 层全开的情况下,上下层燃烧器中心截面温差较大,且炉膛出口烟温也随 SOFA 风门打开而略微升高,但这种变化对锅炉安全运行影响不大。因此,在保证炉内温度分布合理、相对温差不大的情

况下,尽量加大 SOFA 风门开启数量,这对于防治受热面结渣、降低 NO_x 浓度和提升锅炉热经济性十分有利。

3 燃烧优化调整建议

3.1 磨煤机上煤方式调整

准东煤与淮南煤掺烧期间建议使用分仓上煤、炉内掺混的上煤方式。具体表现为:A、B、D、E 磨煤机使用准东煤,C、F 磨煤机使用淮南煤。分仓上煤的优势在于能够根据负荷变化及时调整准东煤掺烧比例^[16]。在锅炉大比例燃用准东煤过程中,应尽力维持准东煤煤质参数稳定,防止因入炉煤质波动锅炉燃烧调整不及时导致的锅炉沾污结渣现象的出现。

3.2 一次风量调整

根据现场试验结果,当单台磨煤机煤量处于 40 ~ 55 t/h 之间,维持磨煤机入口风压在 7.5 kPa 以上;当单台磨煤机煤量在 55 t/h 以上时,磨煤机入口风压尽量维持在 8.0 kPa 以上,并且磨煤机出口温度应控制在 60 ~ 80 °C 之间。除此之外,为保证分离器的正常工作,虽然分离器变频开度对煤粉细度、磨煤机电流影响不大,但仍将磨煤机动态分离器变频开度维持在 25 Hz 左右。

3.3 二次风调整

3.3.1 二次风箱/炉膛差压控制

根据二次风调整试验表明,当锅炉负荷处于 330 ~ 400 MW 范围内时,二次风箱/炉膛差压应控制在 400 Pa 以上;当锅炉负荷在 400 ~ 500 MW 范围内时,二次风箱/炉膛差压应保持在 700 Pa 以上;在锅炉负荷处于 500 ~ 600 MW 时,二次风箱/炉膛差压需控制在 1 100 Pa 以上。

3.3.2 SOFA 风门控制

通过调整 SOFA 风门开启数量,需保证炉膛脱硝入口 NO_x 质量浓度维持在 200 ~ 250 mg/m^3 之间。一旦脱硝入口 NO_x 质量浓度超过 250 mg/m^3 ,为了更好地实现炉内的分级燃烧与温度场控制,SOFA 风门按顺序开启:SOFA - 1 层→SOFA - 3 层→SOFA - 5 层→SOFA - 2 层→SOFA - 4 层,在上层燃尽风风门开度达到最大时,再开启下一层燃尽风门。也就是说,当 SOFA - 1 层风门开启至 100% 之后,再

逐步从 0 开启 SOFA - 3 层风门,保证炉内燃尽风量逐步增长。

3.3.3 炉内二次风风门开度控制

根据二次风风门调整试验,综合考虑 NO_x 排放情况、炉内温度分布、锅炉排烟温度等相关运行参数等因素,建议采用工况 4 作为大比例燃用准东煤时的配风方式。

4 燃烧调整结果

按照上述燃烧优化调整建议,结合现场运行情况,试验期间维持锅炉负荷为 520 MW 左右,准东煤燃用比例为 80%,淮南煤掺烧比例为 20%。在稳定运行 168 h 以后,并未发现大规模受热面结渣现象,且炉膛负压一直在 50 ~ -350 Pa 范围内波动。经分析,炉膛压力呈周期性波动,且与空气预热器转动周期一致。此外,磨煤机入口一次风量、进出口一次风压均以相同的周期发生波动。相同负荷下,空气预热器左侧烟气侧进出口差压维持在 3.0 kPa 左右,空气预热器右侧烟气侧进出口差压在 1.0 kPa 左右。经查询历史趋势,左侧空气预热器堵灰情况在大比例准东煤混烧试验开始前一直存在。由以上现象判断,锅炉炉膛压力、风量波动是由于空气预热器堵灰造成的。因此,及时清理空气预热器是提高锅炉安全性的必要手段之一。

5 结 论

综上所述,针对大比例(80%以上)燃用准东煤的燃煤电站锅炉,结合制粉系统摸底试验、运行氧量调整试验、二次风配风方式调整试验和 SOFA 风调整试验,给出合理的磨煤机上煤方式,提出调整一、二次风风量、锅炉运行氧量、SOFA 风门开度等一系列优化措施。在保证锅炉的安全运行的基础上提高了全厂经济效益。根据燃烧优化调整意见,试验锅炉连续运行了 168 h,期间并未出现大面积结渣现象,说明本文提出的燃烧优化调整方案适合于此试验锅炉,能够为现场运行人员的燃烧调整提供一定的理论支持与指导。

参考文献:

- [1] 姚 斌,胡文博,余亚成,等.高岭土对准东煤中不同赋存形态钠释放的影响[J].电力科技与环保,2019,35(4):14-18.

- YAO Bin, HU Wen-bo, YU Ya-cheng, et al. The effect of kaolin on the release of sodium in Zhundong coal[J]. Electric Power Technology and Environmental Protection, 2019, 35(4): 14 – 18.
- [2] 唐 诗, 傅培舫, 刘 洋, 等. 准东煤及配煤的矿物相变及熔融机理[J]. 燃烧科学与技术, 2019, 25(4): 324 – 330.
- TANG Shi, FU Pei-fang, LIU Yang, et al. Mineral transformation and melting mechanism of Zhundong coal and its blending[J]. Combustion Science and Technology, 2019, 25(4): 324 – 330.
- [3] 王静杰, 于 强, 于景泽, 等. 燃用高钠煤 350 MW 超临界锅炉概述[J]. 锅炉制造, 2016(4): 5 – 7.
- WANG Jing-jie, YU Qiang, YU Jing-ze, et al. Summary of 350 MW supercritical boiler burning high sodium coal[J]. Boiler Manufacturing, 2016(4): 5 – 7.
- [4] 田 超. 350 MW 超临界直流炉的燃烧优化调整[J]. 世界有色金属, 2020(2): 168 – 169.
- TIAN Chao. Combustion optimization of 350 MW supercritical once through boiler [J]. World Nonferrous Metals, 2020 (2): 168 – 169.
- [5] 伍思权, 林松品. 350 MW 超临界机组直流锅炉的燃烧优化调整[J]. 科技创新与应用, 2020(7): 111 – 112.
- WU Si-quan, LIN Song-pin. Combustion optimization adjustment of once through boiler of 350 MW supercritical unit [J]. Innovation and Application of Science and Technology, 2020(7): 111 – 112.
- [6] 岳 爽, 王春波, 司 桐, 等. 基于煤质参数的恒温下混煤燃烧特性的新判定方法 [J]. 动力工程学报, 2018, 38 (5): 353 – 359.
- YUE Shuang, WANG Chun-bo, SI Tong, et al. A new method for determining combustion characteristics of blended coal at constant temperature based on coal quality parameters[J]. Journal of Power Engineering, 2018, 38(5): 353 – 359.
- [7] 程智海, 王 义, 李学兵, 等. 现役锅炉纯烧准东煤技术研究 [C]//中国动力工程学会锅炉专业委员会 2012 年学术研讨会, 中国新疆昌吉, 2012.
- CHENG Zhi-hai, WANG Yi, LI Xue-bing, et al. Technical research on pure burning of Zhundong coal for active boilers [C]//2012 Academic Seminar of Boiler Professional Committee of China Society of Power Engineering, Changji, Xinjiang, China, 2012.
- [8] 初泰青. 全烧准东煤 660 MW 机组锅炉燃烧模拟[D]. 沈阳: 沈阳工程学院, 2019.
- CHU Tai-qing. Combustion simulation of 660 MW boiler with fully fired Zhundong coal [D]. Shenyang: Shenyang Institute of Engineering, 2019.
- [9] 李 鹏, 曾 琦, 张大德. 大比例掺烧准东煤试验与探索[J]. 华电技术, 2014, 36(10): 15 – 18.
- LI Peng, ZENG Qi, ZHANG Da-de. Experiment and exploration on burning Zhundong coal in large proportion[J]. Huadian Technology, 2014, 36(10): 15 – 18.
- [10] 李江浩. 电站锅炉高比例掺烧准东煤的运行与调整[J]. 锅炉制造, 2016(2): 1 – 3.
- LI Jiang-hao. Operation and adjustment of high proportion blending of Zhundong coal in utility boiler[J]. Boiler Manufacturing, 2016(2): 1 – 3.
- [11] 郭万贵. 准东煤混烧过程中结渣沾污特性研究[J]. 锅炉技术, 2019, 50(2): 11 – 15.
- GUO Wan-gui. Study on the fouling characteristics of slags in Zhundong coal cofiring process [J]. Boiler Technology, 2019, 50 (2): 11 – 15.
- [12] 史修立. 145 MW 循环流化床锅炉降低飞灰可燃物含量的燃烧调整试验分析[J]. 山东电力技术, 2020, 47(3): 77 – 80.
- SHI Xiu-li. Combustion adjustment test analysis of 145 MW CFB boiler to reduce the combustible content of fly ash[J]. Shandong Electric Power Technology, 2020, 47(3): 77 – 80.
- [13] 陈厚钊. 循环流化床锅炉效率偏低原因分析与燃烧调整[J]. 低碳世界, 2020, 10(2): 77 – 79.
- CHEN Hou-chai. Cause analysis of low efficiency of CFB boiler and combustion adjustment [J]. Low Carbon World, 2020, 10 (2): 77 – 79.
- [14] 汪沪军. 准东煤混煤热解特性实验研究[D]. 安徽工业大学, 2019.
- WANG Hu-jun. Experimental study on pyrolysis characteristics of Zhundong coal blend[D]. Zhengzhou: Anhui University of Technology, 2019.
- [15] 吕俊复, 史 航, 吴玉新, 等. 燃用准东煤过程中碱/碱土金属迁移规律及锅炉结渣沾污研究进展[J]. 煤炭学报, 2020, 45 (1): 377 – 385.
- LYU Jun-fu, SHI Hang, WU Yu-xin, et al. Research progress in migration of alkali / alkaline earth metals and boiler slagging contamination in the process of burning Zhundong coal[J]. Journal of China Coal Society, 2020, 45(1): 377 – 385.
- [16] 王 岩, 高继录, 陈晓利, 等. 新疆准东煤结渣沾污特性研究[J]. 东北电力技术, 2018, 39(10): 23 – 25.
- WANG Yan, GAO Ji-lu, CHEN Xiao-li, et al. Study on the fouling characteristics of coal slagging in Zhundong, Xinjiang[J]. North-east Electric Power Technology, 2018, 39(10): 23 – 25.

(姜雪梅 编辑)