

哈密大南湖矿区高钠煤燃烧应用研究

程友良,施宏波,张宁,史亚骏

(华北电力大学 电站设备状态监测与控制教育部重点实验室,河北 保定 071003)

摘要:为了优化高钠煤条件下的锅炉运行,提高锅炉安全性与经济性,降低结渣沾污的形成,以660 MW超临界机组为研究对象,通过分析国内首台燃用高钠煤的600 MW容量级塔式锅炉的设计特点与运行特性,分析660 MW机组锅炉对高钠煤的适应性,通过试验分析分离器挡板、风煤比、SOFA风、过量空气系数、周界风、配风方式、偏置风及变掺烧方式对相关参数和结渣情况的影响,考虑锅炉效率、结渣、NO_x排放量等因素选择最优值,在此基础上进行大南湖高钠煤的高比例掺烧试验,得出在75%情况下不存在严重结渣情况。

关键词:高钠煤;660 MW机组;煤种适应性;运行优化;掺烧

中图分类号:TK16

文献标志码:A

文章编号:1006-6772(2017)05-0032-08

Practical research of Dananhu high sodium coal combustion in Hami mining

CHENG Youliang, SHI Hongbo, ZHANG Ning, SHI Yajun

(MOE's Key Laboratory of Condition Monitoring and Control for Power Plant Equipment, North China Electric Power University, Baoding 071003, China)

Abstract: In order to optimize the boiler operation condition using high sodium coal and improve the safety and economy of boiler, as well as reduce the slagging formation, a 660 MW supercritical unit was used to test the adaptability of boiler to high sodium coal, and the design features and operation characteristics of 600 MW class tower type boiler that the first time to use high sodium coal was analyzed. The experiment was carried out to study the influence of separator baffle, the ratio of air to coal, the SOFA (separated over-fire air), excess air coefficient, surrounding air, air distribution mode, deviated air, variable style of blending to related parameters and slagging studied. The optimal value was determined by considering the boiler efficiency, slagging, NO_x and other factors. Accordingly, experiments with a high proportion of blending (75%) Dananhu high sodium were conducted to show that there was less severe slagging.

Key words: high sodium coal; 660 MW unit; coal adaptability; operation optimization; mix-burner

0 引 言

新疆蕴藏着大量煤炭资源,预测资源总量达2.19万亿t,占中国预测煤炭资源总量的40%。其中准噶尔盆地和吐哈-巴里坤盆地分布最多,共储有近1.5亿t的煤炭,其中很多都属于高钠煤。高钠煤中碱金属含量非常高,整体含量在2%以上,有些甚至达到了10%,远大于其他地区动力煤。煤中的Na₂O等碱金属氧化物都属于易挥发物质,遇高温燃烧后部分会形成蒸气,伴随着烟气的流程进行

流动,在流动过程中易凝结在受热面上形成烧结或黏结的灰沉积,并形成结渣源^[1]。傅勇强等^[2]对某电厂燃用准东煤时炉内各部位渣样的形貌以及矿物质的组成特征进行了研究,表明炉内各部位渣样都含有复杂的钠矿物成分;在炉内高温换热面所取渣样中含有大量的非晶组分,而在低温换热面所取渣样多为积灰和沾污样,其晶形矿物含量较多。正是由于高钠煤中的碱金属含量较高,使得在高钠煤应用的初期,部分新疆电厂在掺烧高钠煤时,出现了严重的沾污、结渣、积灰及高温腐蚀等问题^[3-4]。杨忠

收稿日期:2017-04-30;责任编辑:孙淑君 DOI:10.13226/j.issn.1006-6772.2017.05.007

基金项目:中央高校基本科研业务费专项资金资助项目(2016MS154)

作者简介:程友良(1963—),男,湖北荆州人,教授,博士生导师,从事流体动力学及流体设备与节能方面的研究。E-mail:ylcheng001@163.com。

通讯作者:施宏波, E-mail:2653534978@qq.com

引用格式:程友良,施宏波,张宁,等.哈密大南湖矿区高钠煤燃烧应用研究[J].洁净煤技术,2017,23(5):32-39.

CHENG Youliang, SHI Hongbo, ZHANG Ning, et al. Practical research of Dananhu high sodium coal combustion in Hami mining[J]. Clean Coal Technology, 2017, 23(5): 32-39.

灿等^[5]研究发现降低炉膛热负荷参数,优化吹灰可提高锅炉对高钠煤的适应性。通过降低炉膛热负荷参数,增加燃烧器区域及水平烟道吹灰器,新疆300 MW 等级机组准东高钠煤燃用比例达到80%左右,但仍未能做到全烧高钠煤^[6]。准东地区新建600 MW 等级机组采用了更低的炉膛热负荷参数,吹灰器布置也更多,但目前还未有机组投运,其对高钠煤的适应性还有待进一步观察。王礼鹏等^[7]采集了新疆某电厂燃用75% 准东煤时锅炉各部位的灰渣样,并对灰渣样进行了系统分析。随着新疆地区煤种研究的深入,准东高钠煤已经可以作为发电用煤,但将哈密大南湖矿区的高钠煤(大高煤)作为大规模燃煤发电用煤仍处于起步阶段^[8]。本文对大南湖高钠煤与300 MW 锅炉的适应性进行了分析,并讨论了灰渣形成的机理和除渣的方法。

国能哈密电厂机组锅炉也是国内首台燃用高钠煤的600 MW 容量级并采用塔式布置的锅炉。采用国能哈密电厂机组锅炉作为原型进行大南湖高钠煤应用的论证与分析,在此基础上提出该锅炉燃用高钠煤的优化运行方式以及新建高钠煤机组锅炉设计技术方向。

1 试验装置与条件

国能哈密电厂4×660 MW 超临界压力直流锅炉为2 236 t/h 超临界参数变压运行螺旋管圈直流炉,燃烧方式为四角切向燃烧,单炉膛塔式布置、摆动喷嘴调温、一次再热、平衡通风、全钢架悬吊结构、紧身封闭布置、采用干式捞渣机固态排渣的锅炉。

炉膛宽度和深度均为21 230 mm,水冷壁下集箱标高7 000 mm,炉顶管中心标高105 950 mm,大板梁顶标高115 170 mm。炉后尾部烟道出口有2台SCR 脱硝反应装置,下部各布置1台转子直径为 $\phi 14\ 950$ mm 的三分仓容克式空气预热器。锅炉主要设计参数见表1,煤质特性见表2。

2 锅炉适应性

2.1 炉膛适应性分析

在机组运行过程中,炉膛容积热负荷、炉膛截面热负荷、燃烧器区壁面热负荷、上层燃烧器中心与屏下缘距离这4个参数与锅炉的结渣特性密切相关^[9]。随着煤的结渣特性趋于严重,上述3个热负荷参数应随之减小。而为了减缓分隔屏或大屏区结渣,最上层燃烧器中心与屏下缘距离则应随之增加。

表1 BMCR 工况及额定工况主要参数
Table 1 BMCR operating conditions and rated operating conditions of the main parameters

名称	BMCR	BRL
过热蒸汽流量/(t·h ⁻¹)	2 236	2 170
过热器出口蒸汽压力/MPa	25.40	25.33
过热器出口蒸汽温度/°C	571	571
再热蒸汽流量/(t·h ⁻¹)	1 832	1 776
再热器进口蒸汽压力/MPa	5.41	5.24
再热器出口蒸汽压力/MPa	5.21	5.05
再热器进口蒸汽温度/°C	340	336
再热器出口蒸汽温度/°C	569	569
省煤器进口给水温度/°C	293	291
省煤器进口给水压力/MPa	29.40	29.11

注:BMCR 是锅炉最大连续蒸发量;BRL 表示 ALSTOM 技术的超临界锅炉热力计算书和技术协议的额定工况。

表2 大南湖低钠煤(大低煤)与高钠煤煤质对比
Table 2 Comparison of Dananhu low sodium coal and high sodium coal

检测项目	大低煤	大高煤
$M_1/\%$	24.2	27.2
$M_{ad}/\%$	12.70	16.45
$A_{ar}/\%$	21.32	13.71
$V_{daf}/\%$	46.88	45.58
$w(C_a)/\%$	40.74	41.86
$w(H_{ar})/\%$	2.67	1.71
$w(N_{ar})/\%$	0.62	0.79
$w(O_{ar})/\%$	10.23	14.15
$w(S_{t,ar})/\%$	0.22	0.58
$Q_{gr,v,ar}/(MJ \cdot kg^{-1})$	15.87	14.35
$Q_{net,v,ar}/(MJ \cdot kg^{-1})$	14.76	13.37
HGI	56	145
DT/°C	1 160	1 090
ST/°C	1 190	1 100
HT/°C	1 210	1 110
FT/°C	1 240	1 130
$w(SiO_2)/\%$	57.75	54.80
$w(Al_2O_3)/\%$	21.38	8.78
$w(Fe_2O_3)/\%$	6.82	6.24
$w(CaO)/\%$	5.10	15.18
$w(MgO)/\%$	1.78	4.58
$w(Na_2O)/\%$	1.51	4.34
$w(K_2O)/\%$	1.59	0.92
$w(TiO_2)/\%$	0.53	0.64
$w(SO_3)/\%$	2.60	3.60
$w(MnO_2)/\%$	0.060	0.079

图1(a)~(c)为国能哈密电厂660 MW 机组锅

炉主要参数与国内已有锅炉的对比。可见国能哈密电厂锅炉的炉膛容积热负荷与断面热负荷在褐煤锅

炉中处于中等水平,燃烧器区域壁面热负荷相对偏高。锅炉属于典型褐煤锅炉,与设计煤煤质适应。

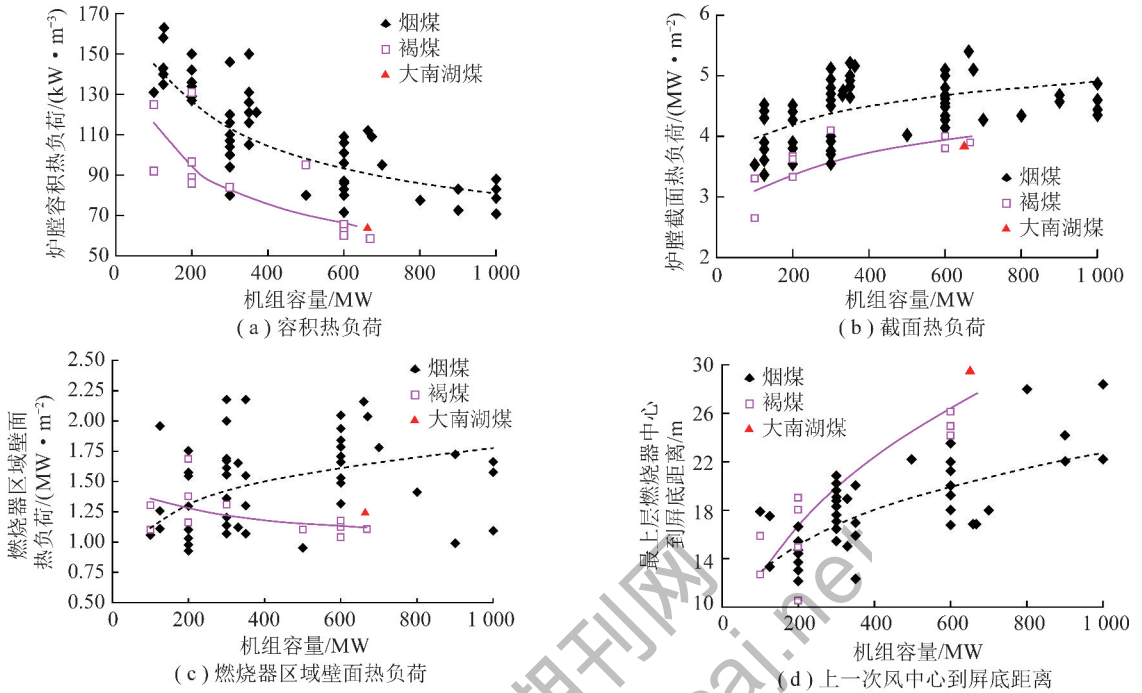


图1 锅炉主要参数对比分析

Fig. 1 Comparison analysis of main parameters of boiler

图1(d)为最上层燃烧器中心距屏底距离,该距离相对来说较大,可提高煤粉燃尽空间,对煤粉的燃尽有利,也有助于缓解屏上及对流受热面的结渣。

2.2 2号炉启炉初期严重结渣问题分析

2号炉启炉初期以低比例燃用高钠煤为主,但锅炉出现了严重的结渣,威胁锅炉的正常运行。以该电厂锅炉各参数来看,锅炉完全可适应低比例燃用大南湖高钠煤,不应出现结渣。

总体来说,国能哈密电厂锅炉的炉膛关键热负荷参数处于较低水平,且该机组采用低 NO_x 燃烧技术,降低 NO_x 排放的同时降低炉膛中心火焰温度、采用一次风对冲,偏置风形成小切圆,造成风包粉,减小煤粉刷墙风险、布置足够数量蒸汽吹灰器和水力吹灰器,炉膛基本无吹灰死角,这些对燃用易结渣煤是有利的,但对于大南湖高钠煤的适应性仍需试验确认。

故采集了炉内形成的熔融状大渣块,分析其主要组分,见表3。可见渣块的主要成分与大低矿煤灰成分基本一致,只有 Fe_2O_3 出现了少量的富集,结渣并不是碱金属造成的。渣块成分中 Fe_2O_3 的少量富集应该由于煤种变换后,炉膛火焰中心提高导致炉内温度升高,同时由于运行参数的不合理导致炉内空气动力场的分布较差从而导致局部的还原性气氛,引起 Fe_2O_3 的富集。为了减少结渣和 Fe_2O_3 的富集需要对运行参数进行研究及优化。

此外,国能哈密电厂锅炉选用了干式除渣系统,锅炉大比例燃用高钠煤时易掉大焦,且焦块不易挤碎,干式除渣对高钠煤适应性较差。

表3 2号炉大渣块成分
Table 3 Slag block composition of No. 2 furnace

样品	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	MgO	Na_2O	K_2O	TiO_2	SO_3	MnO ₂	%
大渣块	59.50	19.69	11.71	3.19	1.60	1.24	1.39	0.59	0.25	0.069	
大低煤煤灰	57.75	21.38	6.82	5.10	1.78	1.51	1.59	0.53	2.60	0.06	

3 燃烧优化调整试验

3.1 SOFA 风调整试验

为了降低 NO_x 的排放,锅炉采用分级配风燃烧技术,即 SOFA 风(分离燃尽风)^[10]。

1) SOFA 风反切层数调整试验

变反切风层数试验在 660 MW 负荷上进行,燃用大南湖高钠煤(65% 大高煤),其余风门开度不变,结果见表 4 和表 5。由结果分析得,开启 3 层反切风更易于调节各项偏差,锅炉效率相对较高。

表 4 SOFA 风反切层数对运行参数的影响

Table 4 Effect of SOFA reverse swirl layer on operating parameters

参数	数值				
上 SOFA 风开度/%	SOFA3	30(对冲)	30(对冲)	30(对冲)	30(对冲)
	SOFA2	30(对冲)	30(对冲)	30(对冲)	30(对冲)
	SOFA1	60(对冲)	60(对冲)	60(对冲)	60(反切)
下 SOFA 风开度/%	SOFA3	60(对冲)	60(对冲)	60(反切)	60(反切)
	SOFA2	60(对冲)	60(反切)	60(反切)	60(反切)
	SOFA1	60(对冲)	60(反切)	60(反切)	60(反切)
脱硝入口氧量(A/B)/%	1.9/4.5	2.8/3.7	3.3/3.5	3.8/2.9	
NO_x 生成量/($\text{mg} \cdot \text{m}^{-3}$)	205	195	201	209	
CO 生成量(A/B)/ 10^{-6}	1 300/106	515/155	267/185	195/255	
未燃尽碳损失/%	0.31	0.25	0.17	0.22	
修正锅炉效率/%	92.91	92.97	93.03	93.00	

表 5 SOFA 风反切层数对烟温及汽温的影响

Table 5 Effect of SOFA reverse swirl layer on flue gas temperature and steam temperature

项目	全部对冲	2 层反切	3 层反切	4 层反切
一过入口烟温(A/B)(偏差)	1 062/990(72)	1 035/1 003(32)	1 023/1 016(7)	1 014/1 030(16)
三过入口烟温(A/B)(偏差)	976/891(85)	947/899(48)	928/915(13)	893/925(32)
二再入口烟温(A/B)(偏差)	818/767(51)	796/782(14)	791/788(3)	784/801(17)
二过入口烟温(A/B)(偏差)	701/655(46)	683/667(16)	676/672(4)	663/686(23)
一再入口烟温(A/B)(偏差)	541/522(19)	533/530(3)	530/536(6)	521/542(21)
主蒸汽汽温(A/B)(偏差)	565/557(8)	563/560(3)	561/561(0)	561/564(3)
再热蒸汽汽温(A/B)(偏差)	568/553(15)	565/558(7)	563/563(0)	560/565(5)

2) SOFA 风门开启层数调整试验

试验期间保持在 660 MW 负荷下,燃用大南湖高钠煤(65% 大高煤)、其他二次风门开度基本不变,且 SOFA 风下 3 层为反切布置,其余为对冲布置,仅改变 SOFA 风门开启层数,以观察其对 NO_x 生成量和锅炉效率的影响,结果见表 6。

综上所述,随着 SOFA 风开启层数的增加, NO_x 生成量不断降低,锅炉效率呈先增后降趋势,而且从目前国内采用低氮燃烧的锅炉长期运行情况看,低氮燃烧也存在一定的副作用,尤其是对煤粉燃尽、水冷壁高温腐蚀影响较大,所以综合考虑优先开启下 4 层 SOFA 风较为合理,此时锅炉热效率较高且 NO_x 排放可控制在接近 $200 \text{ mg}/\text{m}^3$ 的水平。当 NO_x 生成量过高时再逐次开启后面几层 SOFA 风。

表 6 SOFA 风开启层数对运行参数的影响

Table 6 Effect of SOFA enable layer on operating parameters

参数	数值				
上 SOFA 风开度/%	SOFA3	0	0	0	0
	SOFA2	0	0	0	80
	SOFA1	0	0	80	80
下 SOFA 风开度/%	SOFA3	0	80	80	80
	SOFA2	80	80	80	80
	SOFA1	80	80	80	80
脱硝入口氧量(A/B)/%	3.2/2.6	3.1/2.9	3.3/3.0	3.4/3.2	
NO_x 生成量/($\text{mg} \cdot \text{m}^{-3}$)	251	213	204	183	
未燃尽碳损失/%	0.25	0.16	0.22	0.28	
修正锅炉效率/%	92.94	93.06	93.01	92.90	

3.2 过量空气系数调整试验

变氧量试验分别在660、300 MW负荷下进行,燃用大南湖高钠煤(65%大高煤)。满负荷氧量试验结果见表7和图2。

表7 满负荷时氧量对运行参数的影响

Table 7 Effect of oxygen at full load on operating parameters

参数	燃烧氧量/%		
	2.8	3.3	3.9
修正排烟温度/℃	132.0	131.6	128.7
排烟热损失/%	5.55	5.63	5.80
未燃碳热损失/%	0.35	0.16	0.13
NO _x 生成量/(mg·m ⁻³)	166	186	235
送风机电流/A	30.2	32.7	38.9
CO生成量/10 ⁻⁶	418	155	46
修正锅炉效率/%	92.70	92.85	92.73

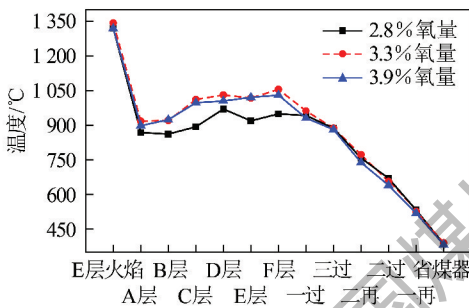


图2 满负荷时氧量对炉内温度的影响

Fig. 2 Effect of oxygen at full load on furnace temperature

满负荷变氧量试验中发现氧量降到2.5%以下时会导致排烟中CO含量超标,说明此时炉内属于缺氧状态,会导致锅炉效率显著下降,此外还可能引起水冷壁高温腐蚀等。

对于炉内损失而言,氧量由2.8%提高到3.3%时,排烟温度变化不大,但是由于烟气量的升高使得排烟热损失升高,相应的,氧量的提高使得燃烧更加充分,未燃碳热损失降低。而当氧量升高到3.9%后,未燃碳热损失变化不大,排烟热损失增大。总之,随着氧量升高,锅炉效率呈先增大后降低的趋势。

对于NO_x生成量而言,氧量由2.8%升到3.3%时,NO_x生成量增长不大,均能控制在200 mg/m³以下,同时风机电耗增长幅度不大;而当氧量升到3.9%时,NO_x生成量有较大的增长且略高于设计保证值,风机电耗也伴随着氧量的增长有较大幅度的增长,经济性降低。燃烧系统采用了低氮燃烧方式,为降低NO_x生成量而使主燃烧器区过量空气系数

小于1,形成还原性气氛抑制燃烧。图2的试验结果显示,当氧量为2.8%时,主燃烧器区域供氧不足使得燃烧温度最低,当氧量不断升高时,主燃烧器区域过剩空气系数更接近1,使得燃烧温度提高,其中氧量升到3.3%时,主燃烧器区域供氧较充足,燃烧提前,降低火焰中心。当氧量提高到3.9%时,炉内氧量过剩,多余的空气对炉内起冷却作用,所以主燃烧器区域温度有小幅下降的趋势。

综合考虑以上因素,满负荷时燃烧氧量应控制在3.3%左右,此时NO_x生成量较低,锅炉效率较高,炉膛结渣相对较少。

3.3 周界风调整试验

试验在660 MW负荷下进行且燃烧氧量维持稳定,其他二次风门开度保持一致的情况下,进行了变周界风开度试验,试验中所取的周界风开度为10%、30%、50%。试验结果显示,由于周界风量仅占二次风总量的10%左右,其开度变化对锅炉效率、汽温偏差的影响很小,主要是影响燃烧器喷口附近温度及NO_x的生成。当周界风开度为10%、30%和50%时,NO_x生成量分别为166、196、247 mg/m³。在其他条件相同的情况下,随着周界风开度的增大,可增强一次风气流的补氧,弱化分级燃烧效果,因此NO_x生成量呈显著增大趋势。

图3为周界风开度对炉内烟温的影响,随着周界风开度增大,一次风气流的着火点推迟,燃烧器喷口区域温度有降低趋势,这对防止喷口结渣和烧损是有利的。

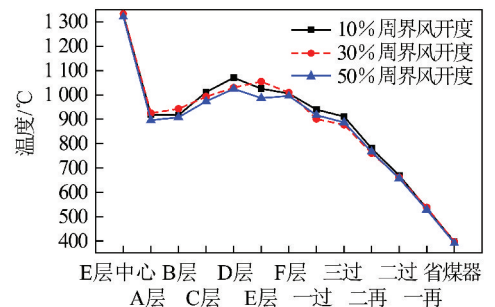


图3 周界风开度对炉内温度分布影响

Fig. 3 Effect of surrounding air openness on the temperature distribution in the furnace

周界风开大对保护喷口和防止喷口结渣是有利的^[11],但也存在NO_x生成量升高的问题。综合考虑,周界风开度应维持在30%左右,此时有利于减轻燃烧器喷口区域结渣和烧损,同时NO_x生成量不超标。

3.4 配风方式调整试验

试验研究了正塔、均等2种配风方式对运行参数的影响,试验在660 MW负荷下进行,燃用大南湖高钠煤(65%大高煤),SOFA风门仅开下3层。

表8和图4为配风方式对运行参数以及炉内温

度分布的影响。综合各种因素,正塔配风方式优于均等配风方式,此时锅炉经济性较好^[12]。若 NO_x 生成量偏高,可通过调节SOFA来降低 NO_x 生成量,若再热汽温低时也可通过开大SOFA风开度升高火焰中心高度来调节。

表8 配风方式对运行参数的影响

Table 8 Effects of air distribution mode on operating parameters

项目	均等配风	正塔配风	项目	均等配风	正塔配风
SOFA3/%	0	0	D1D2 偏置风/%	15	15
SOFA2/%	0	0	DD 辅助风/%	15	20
SOFA1/%	0	0	CC 辅助风/%	25	25
SOFA3/%	100	90	C 层煤粉/%	35	30
SOFA2/%	100	90	C1C2 偏置风/%	20	35
SOFA1/%	100	90	BC 辅助风/%	25	30
SOFA3/%	0	0	B 层煤粉/%	30	30
SOFA2/%	0	0	B1B2 偏置风/%	20	35
SOFA1/%	0	0	AB 辅助风/%	25	50
SOFA3/%	100	90	A 层煤粉/%	35	30
SOFA2/%	100	90	A1A2 偏置风/%	20	35
SOFA1/%	100	90	AA 辅助风/%	30	70
FF 辅助风/%	30	0	脱硝进口氧量(A/B)/%	3.29/2.79	3.44/3.03
F 层煤粉/%	25	30	NO_x 生成量/($\text{mg} \cdot \text{m}^{-3}$)	176	218
F1F2 偏置风/%	20	10	修正排烟温度/°C	130.5	129.8
EF 辅助风/%	20	15	排烟热损失/%	5.76	5.65
E 层煤粉/%	30	30	未燃烧碳损失/%	0.26	0.11
E1E2 偏置风/%	20	15	修正锅炉效率/%	92.8	93.03
DE 辅助风/%	20	25	三过出口汽温(A/B)/°C	549/549	549/560
D 层煤粉/%	30	30	二再出口汽温(A/B)/°C	563/568	568/558



图4 配风方式对炉内温度分布影响

Fig. 4 Effect of air distribution mode on the temperature distribution in the furnace

3.5 偏置风调整试验

偏置风作为起旋风,其主要作用是在主燃烧器区形成切圆,避免火焰过于集中在炉膛中心形成局部高温,同时在燃烧中心周围形成“风包粉”,减小一次风刷墙的风险。但是偏置风开度过大会使主燃烧器区燃烧加强, NO_x 生成量上升,须通过试验确定合适的偏置风开度^[13]。

试验在560 MW负荷下进行,保持运行氧量在3.2%左右,其他风门开度不变,调整偏置风开度分别为0、30%、60%,考察偏置风大小对锅炉运行性能的影响。表9为不同偏置风开度下的 NO_x 生成量及炉膛上部烟温。由试验结果分析,偏置风开度

满负荷时应在30%左右。

3.6 变掺烧方式调整试验

选用分磨掺烧的方式进行高钠煤的掺烧,机组满负荷常规运行时通常运行6台磨,其中4台磨投入大南湖高钠煤,2台磨投入大南湖低钠煤以满足合适的掺烧比例。

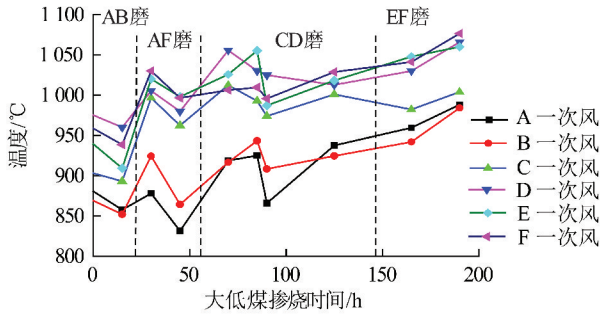
试验在660 MW负荷下进行,燃用大南湖高钠煤(65%大高煤),其他运行参数保持相对稳定。分别将大南湖低钠煤投入AB磨、AF磨、CD磨、EF磨,烟温变化趋势如图5所示。

表9 偏置风开度对运行参数的影响

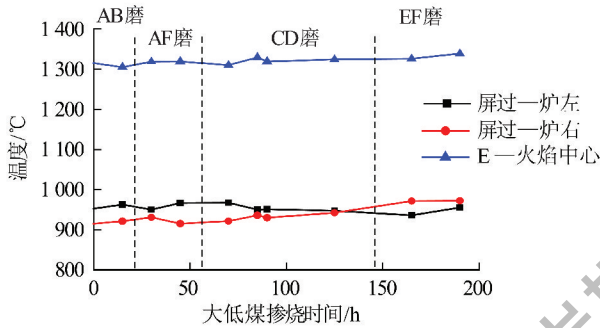
Table 9 Effect of deviated air openness on operating parameters

偏置风开度/%	NO_x 生成量/($\text{mg} \cdot \text{m}^{-3}$)	三过入口烟温/°C	二再入口烟温/°C	二过入口烟温/°C	一再入口烟温/°C
---------	---	-----------	-----------	-----------	-----------

0	166.9	895	757	648	515
30	203.3	891	752	643	511
60	310.7	888	749	640	508



(a) 燃烧器区域烟温变化趋势



(b) 屏底及E层炉膛中心烟温变化趋势

图5 掺烧试验中烟温变化趋势

Fig. 5 Variation trend of smoke temperature during the blending test

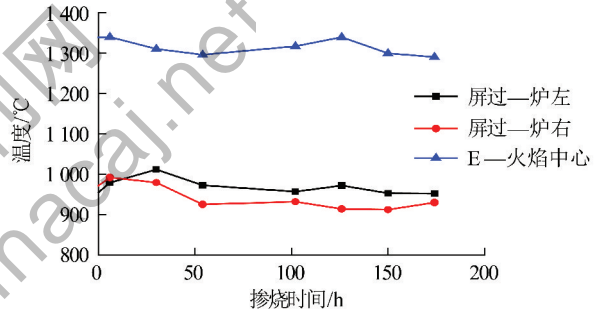
由图5可知,大南湖低钠煤不管是投入上层的EF磨还是中层的CD磨煤机,各特征截面的炉膛温度均高于其投入下层磨煤机(AB磨煤机或AF磨煤机)。由结果分析,A、B层燃烧器为等离子燃烧器,所以变负荷时不能停用AB磨。考虑到掺烧大南湖高钠煤时制粉系统调节的灵活性,将大南湖高钠煤投入上层磨煤机更为合理,这样可以做到满负荷时适当减小上层磨煤机给煤量,降低火焰中心,而低负荷时停用上层磨煤机,提高大南湖高钠煤的燃用比例。若出现了较重的锅炉结渣沾污,可考虑将大南湖低钠煤投入下层磨中以缓解结渣沾污。

4 高钠煤高比例掺烧试验

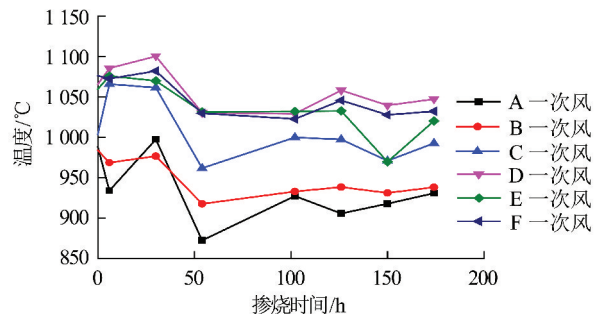
在前期的试验及常规运行中该机组一直燃用65%大南湖高钠煤,期间并未出现严重的结渣沾污。在此基础上,满负荷时将大南湖高钠煤的掺烧比例提高到75%左右,50%负荷时全烧大南湖高钠煤,

进行一周的掺烧试验,对炉内温度、运行参数及结渣情况进行观察。

图6为试验期间炉内温度的变化趋势,由各特征截面温度变化情况来看,试验50h以后各温度趋于稳定,未出现单调升高现象,说明炉内燃烧与传热达到稳态,锅炉未出现结渣持续恶化现象。对174h后炉内各受热面的结渣情况继续进行试验,可得除D层3号角有零星挂渣外,其余水冷壁区域完全干净无渣。此外,从汽水及风烟等参数来看,燃用75%比例大南湖高钠煤174h后也均正常,未出现异常变化。由试验174h后一过的结渣情况,可见一过管壁迎风面有挂渣,渣层最厚有15cm左右。对流段管束迎风面挂渣是燃用高钠煤锅炉的典型特点,渣层达到一定厚度后可自行掉落,吹灰器也可将其吹落,不影响锅炉正常运行。



(a) 屏底及E层炉膛中心烟温变化趋势



(b) 燃烧器区域烟温变化趋势

图6 掺烧试验中烟温变化趋势

Fig. 6 Trend of smoke temperature during the blending test

综合考虑实测烟温、运行参数及观察结果,可知锅炉燃用75%比例大南湖高钠煤时不存在严重的结渣问题,各参数均处于正常水平。

5 结论

1)在机组正常运行中,为了增强大南湖高钠煤对锅炉的适应性,可采取以下优化运行方式:针对该电厂的中速磨煤机而言,综合考虑炉内燃烧和经济性,分离器挡板开度设为40%为最佳,同时,在试验

范围内风煤比对煤粉细度影响不明显;在满足 NO_x 排放指标的前提下,尽量减小 SOFA 风开度,且优先开启下 4 层 SOFA 风,其中下 3 层为反切风,尽量避免开启上 2 层 SOFA 风;在满负荷运行中,推荐采用正塔配风、锅炉运行氧量控制在 3.3% 左右、周界风开度维持在 30% 左右、偏置风开度在 30% 左右。另外,对于高钠煤和低钠煤的分磨掺烧,若考虑制粉系统调节的灵活性,可将低钠煤投入上层磨中、若考虑炉内的结渣问题,可将低钠煤投入下层磨中。

2) 根据高钠煤高比例掺烧试验显示锅炉满负荷时可安全燃用 75% 比例的大南湖高钠煤,50% 负荷时可实现全烧大南湖高钠煤,炉膛基本无结渣。此外,根据燃用 75% 比例的大南湖高钠煤的情况来看,该机组在满负荷时完全有能力燃用更高比例的大南湖高钠煤。

参考文献 (References):

- [1] 刘敬,王智化,项飞鹏,等. 准东煤中碱金属的赋存形式及其在燃烧过程中的迁移规律试验研究[J]. 燃料化学学报,2014,42(3):316-322.
LIU Jing, WANG Zhihua, XIANG Feipeng, et al. Modes of occurrence and transformation of alkali metals in Zhundong coal during combustion[J]. Journal of Fuel Chemistry and Technology, 2014, 42(3):316-322.
- [2] 傅勇强,汪华剑,李奎,等. 燃用准东煤锅炉渣样形貌及矿物组成特征[J]. 热力发电,2015,44(7):18-22,27.
FU Yongqiang, WANG Huajian, LI Kui, et al. Experimental study on morphology and mineral composition of slag from a Zhundong coal-fired power plant[J]. Thermal Power Generation, 2015, 44(7):18-22,27.
- [3] 陈川,张守玉,施大钟,等. 准东煤脱钠提质研究[J]. 煤炭转化,2013,36(4):14-18.
CHEN Chuan, ZHANG Shouyu, SHI Dazhong, et al. Study on sodium removal for Zhundong coal upgrading[J]. Coal Conversion, 2013, 36(4):14-18.
- [4] ROBERT S D, JOHNNY R D, WAN W P, et al. Preventing ash agglomeration during gasification of high-sodium lignite[J]. Energy & Fuels, 2009, 23(1):785-793.
- [5] 杨忠灿,刘家利,何红光. 新疆准东煤特性研究及其锅炉选型[J]. 热力发电,2010,39(8):38-40,44.
YANG Zhongcan, LIU Jiali, HE Hongguang. Study on properties of Zhundong coal in Xinjiang region and type-selection for boilers burning this coal sort[J]. Thermal Power Generation, 2010, 39(8):38-40,44.
- [6] 刘家利,杨忠灿,相大光. 燃用褐煤大型电站锅炉的设计特点[J]. 热力发电,2010,39(11):8-12.
LIU Jiali, YANG Zhongcan, XIANG Daguang. Design features of lignite-coal fired largescale utilityboilers[J]. Thermal Power Generation, 2010, 39(11):8-12.
- [7] 王礼鹏,赵永椿,张军营,等. 准东煤沾污结渣特性研究[J]. 工程热物理学报,2015,36(6):1381-1385
WANG Lipeng, ZHAN Yongchun, ZHANG Junying, et al. Research on the slagging and fouling characteristics of zhundong coal[J]. Journal of Engineering Thermophysics, 2015, 36(6):1381-1385
- [8] DAVIDSSON K O, KORSGREN J G, PETERSSON J B C, et al. The effects of fuel washing techniques on alkali release from biomass[J]. Fuel, 2002, 81(2):137-142.
- [9] 狄万丰,韩继伟,杨忠灿,等. 超临界 600 MW 机组褐煤锅炉的运行特性研究[J]. 热力发电,2011,40(4):62-65,88.
DI Wanfeng, HAN Jiwei, YANG Zhongcan, et al. Study on operation characters of lignitions coal fored bolelr equipped for cupercritical 600 MW unit[J]. Thermal Power Generation, 2011, 40(4):62-65,88.
- [10] 张晓宇. 600 MW 低 NO_x 切圆炉膛燃烧优化分析[J]. 中国电机工程学报,2016,36(S1):140-146.
ZHANG Xiaoyu. Analysis of combustion optimization on 600 MW low nitrogen tangentially coal-fired boiler[J]. Proceedings of The Chinese Society for Electrical Engineering, 2016, 36(S1):140-146.
- [11] 何翔,周文台. 复合空气分级低氮燃烧器二次风门开度对煤粉燃烧的影响[J]. 锅炉技术,2016,47(5):47-50.
HE Xiang, ZHOU Wentai. Influence on combustion of pulverized coal by secondary air throttles of composite air classifier with low NO_x burner[J]. Boiler Technology, 2016, 47(5):47-50.
- [12] 吕玉坤,彭鑫. 300 MW 燃煤锅炉 NO_x 排放特性试验研究[J]. 华北电力大学学报(自然科学版),2010,37(5):78-82.
LYU Yukun, PENG Xin. Experimental study on the characteristics of NO_x emission with 300 MW coal-fired boiler[J]. Journal of North China Electric Power University (Natural Science Edition), 2010, 37(5):78-82.
- [13] 申春梅,孙锐,吴少华. 1 GW 单炉膛双切圆炉内煤粉燃烧过程的数值模拟[J]. 中国电机工程学报,2006,26(15):51-57.
SHEN Chunmei, SUN Rui, WU Shaohua. Numerical simulation of pulverized coal combustion in a 1 GW dual circle tangential firing single chamber boiler[J]. Proceedings of The Chinese Society for Electrical Engineering, 2006, 26(15):51-57.
- [14] 张健,李兴智. 百万塔式炉机组神华煤掺烧试验研究[J]. 洁净煤技术,2017,23(1):65-68.
ZHANG Jian, LI Xingzhi. Experimental research on Shenhua coal blending combustion in a 1 000 MW tower type boiler unit[J]. Clean Coal Technology, 2017, 23(1):65-68.