

百万塔式炉机组神华煤掺烧试验研究

张 健¹, 李兴智²

(1. 神华国华徐州发电有限公司, 江苏 徐州 221166; 2. 西安热工研究院有限公司, 陕西 西安 710054)

摘要: 为了研究塔式锅炉掺烧神华煤的适应性, 采用预混和分磨2种掺烧方式, 不断提高神华煤掺烧比例, 评估锅炉运行的安全性、经济性和环保性。试验结果表明, 随着神华煤掺烧比例的升高, 灰渣含碳量降低, 锅炉效率升高。神华煤预混掺烧比例低于75%时, 锅炉汽水参数正常, 锅炉没有出现结渣现象, 锅炉对掺配煤种具有良好的适应性; 神华煤掺烧比例高于75%时, 锅炉局部出现结渣。分磨掺烧最高掺烧比例达到60%, 锅炉局部出现结渣, 并且在相同掺烧比例下, 分磨掺烧的锅炉效率高于预混掺烧。长期高比例掺烧神华煤时, 应注意加强燃烧器区域和一级过热器区域的监测, 避免形成大渣块。

关键词: 神华煤; 锅炉结渣; 锅炉效率; 预混掺烧; 分磨掺烧; 塔式锅炉

中图分类号: TK16 **文献标志码:** A **文章编号:** 1006-6772(2017)01-0065-04

Experimental research on Shenhua coal blending combustion in a 1 000 MW tower type boiler unit

ZHANG Jian¹, LI Xingzhi²

(1. Shenhua Guohua Xuzhou Power Plant Co., Ltd., Xuzhou 221166, China; 2. Thermal Power Research Institute Co., Ltd., Xi'an 710054, China)

Abstract: In order to study adaptability of Shenhua coal blending combustion in tower type boiler, the blending ratio of Shenhua coal was gradually raised by inner blended combustion and outer blended combustion. The security, economy and environmental protection of the tower type boiler were evaluated. The results showed that, with the increase of the blending ratio of Shenhua coal, the carbon content of ash decreased, the boiler efficiency increased. When the outer blending ratio of shenhua coal was less than 75% and the inner blended ratio less than 60%, the water and steam parameters is normal, no boiler slagging phenomenon, the boiler had good adaptability to the coal. When the outer blending ratio was higher than 75% and the inner blended ratio reached 60%, the local slagging appeared on the furnace waterwall, the boiler efficiency was higher than the outer blended combustion under the same coal proportion. Once the Shenhua coal was combusted for a long time, more attention should be payed to the primary superheater area and the burner area to prevent slagging.

Key words: Shenhua coal; slagging; boiler efficiency; outer blended combustion; inner blended combustion; tower type boiler

0 引 言

神华煤具有高发热量、高挥发分、低灰分、低硫的特点, 是优质的动力用煤^[1], 但煤灰分中钙、铁、钠等金属氧化物含量较高, 灰熔融性较低, 容易发生制粉系统爆炸、锅炉结渣, 影响机组安全运行^[2]。可以通过掺烧部分高灰熔融性煤的方式提高入炉煤的灰熔融性, 减轻炉内结渣^[3-4]。

徐州电厂2×1 000 MW锅炉燃用设计煤为山西、陕西以及徐州当地的混合烟煤, 属于高灰熔融性、不易结渣煤种, 燃用煤属于低灰熔融性煤, 燃用煤质较设计煤质发生较大变化。西安热工研究院有限公司对我国40个重点电厂131台大容量锅炉进行实际用煤调查, 凡是燃煤与设计煤种相符的电厂, 锅炉运行正常, 生产稳定, 技术经济指标比较好; 而煤种不符合设计煤种时, 锅炉的安全性、经济性和环保性较

收稿日期: 2016-07-18; 责任编辑: 孙淑君 DOI: 10.13226/j.issn.1006-6772.2017.01.012

作者简介: 张 健(1970—), 男, 江苏徐州人, 高级工程师, 从事火力发电厂锅炉运行管理工作。通讯作者: 李兴智, 工程师, 从事燃煤特性与锅炉清洁燃烧技术研究工作。E-mail: lixingzhi@tpri.com.cn

引用格式: 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.

差^[5]。掺烧可以调节入炉煤特性,合理的掺烧可以保证机组安全高效洁净运行,实现电厂节能减排^[6-8]。

本文以徐州电厂1号锅炉燃用神华煤掺烧石炭煤为例,解决神华煤对百万塔式锅炉燃烧的适应性问题,结合试验中遇到的问题,评估其对锅炉及其相关系统安全性和经济性的影响,逐步提高神华煤掺烧比例,为燃用神华煤提供技术支持^[9-10]。

1 锅炉设备及煤质分析

1.1 锅炉设备简介

徐州电厂2×1 000 MW超超临界压力燃煤机组为3 099 t/h超超临界参数变压运行螺旋管圈直流炉,单炉膛塔式布置、四角切向燃烧、摆动喷嘴调温、平衡通风、全钢架悬吊结构、露天布置、采用干式机械除渣的锅炉。锅炉上部沿着烟气流动方向依次布置有一级过热器、三级过热器、二级再热器、二级过

热器、一级再热器、省煤器。炉后尾部布置2台转子直径为 $\phi 16\ 370$ mm的三分仓容克式空气预热器。锅炉尾部空气预热器上方布置有2台选择性催化还原法(SCR)脱硝装置。

锅炉配备6台中速磨煤机,磨煤机采用弹簧加载、动态分离,设计煤粉细度 $R_{90}=17\%$ 。每台磨煤机对应提供2层燃烧器所需的煤粉。磨煤机出口的4根煤粉管道在燃烧器前通过一个1分2的分配器,分成8根煤粉管道,进入4个角燃烧器的2层煤粉喷嘴中。在主风箱上部布置包括6层可水平摆动的分离燃尽风(SOFA)喷嘴。

1.2 煤质分析

表1为设计煤种与掺烧煤种的煤质分析,设计煤属于中高挥发分、中等热值、中等灰分、低水分、低硫煤^[1]。试验煤种和设计煤全水、灰分、挥发分和灰熔融性差别较大。

表1 设计煤种与掺烧煤种的煤质分析

Table 1 Coal quality analysis of design coal and blended coal

煤种	工业分析/%				发热量 $Q_{\text{net,ar}}/$ ($\text{MJ} \cdot \text{kg}^{-1}$)	灰熔融性/ $^{\circ}\text{C}$		
	M_t	A_{ad}	V_{daf}	$S_{\text{t,ad}}$		DT	ST	FT
设计煤	6.90	29.05	31.62	0.98	20.97	>1 500	>1 500	>1 500
神华煤	16.80	15.74	36.55	0.52	21.25	1 258	1 284	1 308
石炭煤	12.80	26.8	38.40	0.98	18.94	1 269	>1 500	>1 500
$w(\text{神华煤}) : w(\text{石炭煤}) = 1 : 1$	14.70	22.36	37.35	0.70	19.85	1 296	1 463	>1 500
$w(\text{神华煤}) : w(\text{石炭煤}) = 3 : 2$	14.40	21.26	37.34	0.60	20.25	1 325	1 443	1 466
$w(\text{神华煤}) : w(\text{石炭煤}) = 2 : 1$	15.50	20.34	37.08	0.67	20.31	1 304	1 400	1 440
$w(\text{神华煤}) : w(\text{石炭煤}) = 3 : 1$	15.30	18.34	37.11	0.57	20.85	1 198	1 324	1 362

神华煤掺烧试验前对锅炉运行氧量、一次风量等进行了标定,对锅炉进行了燃烧优化调整试验,保证机组在最佳工况下运行。掺配煤种在进行现场试验前,先进行实验室煤质分析,分析结果作为掺烧试验的依据。通过现场试验评价锅炉燃用神华煤的安全性、经济性以及环保性,并提出必要的设备优化与改进建议,为电厂长期高比例燃用神华煤提供技术支撑与决策依据。

研究神华煤掺烧对锅炉运行安全性的影响,主要考虑燃用神华煤时锅炉的结渣情况。试验期间通过人工观察以及机组运行参数检测来评估锅炉结渣与积灰倾向,主要观察与检测项目如下:①炉膛火焰温度测试;②表盘汽温监视及受热面管壁温度监视;③通过看火孔观察燃烧器区水冷壁、燃烧器喷口和一级过热器区域结渣情况;④人工观察冷灰斗排

渣、捞渣机运行状态进行吹灰时掉渣情况和渣型。

通过对比锅炉燃用不同试验煤种时锅炉结渣情况、锅炉效率和污染物排放,分析神华煤掺烧对锅炉安全性、经济性和环保性的影响。

2 试验结果分析

从锅炉运行安全性和经济性考虑,试验遵循先预混后分磨,神华煤掺配比例先低后高的原则^[11],神华煤预混掺烧比例由50%逐渐增大到75%,分磨掺烧比例由40%增大到60%。

2.1 预混掺烧

1) 不同掺烧比例下锅炉安全性。

神华煤掺烧比例由50%增大到75%的过程中,锅炉汽水参数正常,主、再热蒸汽温度、压力均能达到设计值,减温水量均在设计值范围内。通过观火

孔观察喷口无结渣,且吹灰期间无大块渣掉落,干渣系统运行正常。神华煤掺烧比例达到75%以后,炉渣硬度增加,且炉渣中的碎渣减少,如图1所示,说明炉内局部出现结焦现象^[12-13]。



a) $w(\text{神华煤}) : w(\text{石炭煤}) = 1 : 1$ b) $w(\text{神华煤}) : w(\text{石炭煤}) = 3 : 1$

图1 不同掺烧比例下的炉渣

Fig. 1 Boiler slagging in different blended ratio

炉膛温度变化趋势如图2所示。从图2可以看出,神华煤掺烧比例增加以后,炉膛下部燃烧器区域温度升高,标高26 m(燃烧器下部)至标高40.5 m处,主燃烧器区烟气平均温度上升了13~32℃。神华煤着火性能比石炭煤好,煤粉进入炉膛后着火提前,使主燃烧器区域温度升高,但炉膛温度峰值和一

级过热器区域的温度基本不变。神华煤掺烧比例由50%增大到75%后,锅炉燃烧器区域出现结焦现象。若按照75%长期运行,应该加强对燃烧器区域的结焦监测。

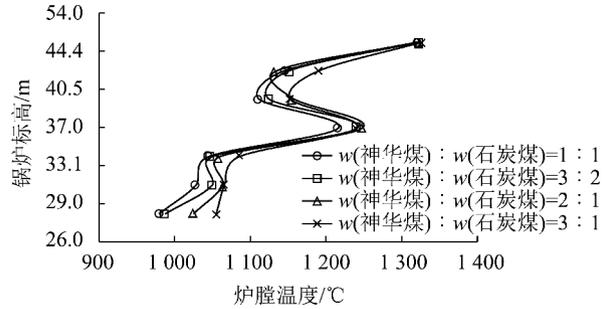


图2 炉膛温度变化趋势

Fig. 2 Change trend of furnace temperature

2) 不同掺烧比例下锅炉经济性。

神华煤不同掺烧比例下锅炉运行基本参数、锅炉效率计算结果、 NO_x 排放检测结果、灰渣含碳量等见表2。

表2 锅炉运行参数、锅炉效率及排放结果

Table 2 Operating parameters, efficiency and pollutant emission characteristics of boiler

项目	$w(\text{神华煤}) : w(\text{石炭煤})$					
	1 : 1	3 : 2	2 : 1	3 : 1	2 : 3	3 : 2
掺烧方式	预混	预混	预混	预混	分磨	分磨
电负荷/MW	980	895	900	987	869	818
给煤量/($\text{t} \cdot \text{h}^{-1}$)	395	353	358	391	345	324
表盘氧含量/%	2.8	2.8	3.0	2.8	2.9	3.1
实测氧含量/%	3.28	3.19	3.48	3.27	2.95	3.19
飞灰含碳量/%	0.94	0.77	0.72	0.59	0.79	0.52
炉渣含碳量/%	2.16	1.65	1.56	0.81	1.54	0.57
排烟温度(修正后)/℃	129	127	127	129	125	126
空预器出口 CO 含量/ 10^{-6}	397	448	402	511	578	14
实测 NO_x 含量/($\text{mg} \cdot \text{m}^{-3}$)	142	134	121	136	129	158
锅炉效率/%	93.38	93.54	93.41	93.71	93.61	93.90

神华煤较石炭煤,热值更高、灰分更低,燃烧燃尽特性更好。从表2可以看出,随着神华煤掺烧比例增加,灰渣含碳量降低,锅炉效率升高。神华煤掺烧比例由50%增加到75%后,飞灰含碳量和炉渣含碳量分别为0.59%、0.81%。与掺烧比例为50%相比,飞灰含碳量和炉渣含碳量分别降低了0.35%、1.35%,锅炉效率升高0.33%, NO_x 生成量基本不变。神华煤和石炭煤全硫分别为0.52%、0.98%,神华煤掺烧比例提高入炉煤全硫降低,有利于减轻炉内高温腐蚀^[14-15]。

2.2 分磨掺烧

根据神华煤和石炭煤的着火特性、燃尽特性和爆炸特性,分磨掺烧时,制粉系统按以下方式运行:

1) 神华煤磨煤机出口温度控制在70~75℃,石炭煤磨煤机出口温度控制在75~80℃。

2) 神华煤磨煤机分离器转速控制在40 r/min左右($R_{90}=20\% \sim 25\%$),石炭煤磨煤机分离器转速控制在43 r/min左右($R_{90}=15\% \sim 20\%$)。

3) 神华煤磨煤机风煤比控制在1.8~2.0,石炭煤磨煤机风煤比控制在1.7~1.8。

分磨掺烧期间,锅炉汽水参数正常,主、再热蒸汽温度、压力均能达到设计值,过热器、再热器减温水量均在设计值范围内。神华煤掺烧比例由40%提高到60%时,炉渣中的碎渣减少且炉渣有变硬的趋势。应注意加强对燃烧器区域、一级过热器区域和SOFA风区域的监测,避免形成较大渣块。

试验结果显示,飞灰含碳量和炉渣含碳量均随着神华煤掺烧比例的提高逐渐减少,锅炉效率升高。在相同的掺烧比例下,分磨掺烧的锅炉效率高于预混掺烧的锅炉效率,但需注意分磨掺烧时喷口烧损和结焦的风险较预混掺烧高,需对燃用神华煤燃烧器的风量、风温、煤粉细度等进行调整。

3 结 论

1) 掺烧部分高灰熔融性煤可以减轻锅炉结渣,神华煤预混掺烧比例低于75%,分磨掺烧比例低于60%时,锅炉汽水参数正常,锅炉对掺配煤种具有良好的适应性。

2) 塔式炉燃烧器区域和一级过热器区域属于易结渣区域,在燃用神华煤时,应加强对该区域的监测。

3) 神华煤属于低硫煤,掺烧部分神华煤后入炉煤全硫降低,有利于减轻炉内高温腐蚀。

4) 神华煤着火性能比石炭煤好,掺烧部分神华煤后,煤粉进入炉膛后着火提前,主燃烧器区烟气平均烟温度升高,使主燃烧器区域温度升高,有利于煤粉燃尽,锅炉效率升高,但炉膛温度峰值和一级过热器区域的温度基本不变。

参考文献 (References):

[1] 孙亦鹏,程亮,于洋,等.神华煤掺烧安全性和经济性试验分析[J].电站系统工程,2013,29(5):47-49.
Sun Yipeng, Cheng Liang, Yu Yang, et al. Experiment analysis of safety and economy in Shenhua coal blending combustion [J]. Power System Engineering, 2013, 29(5): 47-49.

[2] 程志强,姚伟,刘家利.神华石炭-侏罗纪煤掺烧的结渣性能[J].洁净煤技术,2007,13(5):66-68,89.
Cheng Zhiqiang, Yao Wei, Liu Jiali. Study on property of shenhua carboniferous and jurassic period blending combustion [J]. Clean Coal Technology, 2007, 13(5): 66-68, 89.

[3] 顾大钊,陈振龙,顾小愚.掺烧方式对神华煤结渣趋势的影响[J].洁净煤技术,2011,17(1):62-64.
Gu Dazhao, Chen Zhenlong, Gu Xiaoyu. Impact on Shenhua coal's slagging tendency by mixed burning methods [J]. Clean Coal Technology, 2011, 17(1): 62-64.

[4] 王祥薇,张红飞,宋振梁.1150 t/h 锅炉掺烧褐煤的性能试验研究[J].动力工程,2009,29(12):1088-1092.
Wang Xiangwei, Zhang Hongfei, Song Zhenliang. Experimental research on performance of lignite blended combustion in a 1150 t/h boiler [J]. Journal of Power Engineering, 2009, 29(12): 1088-1092.

[5] 杨忠灿,姚伟.电厂锅炉变煤种掺烧问题研究[J].中国电力,2010,43(11):42-45.
Yang Zhongcan, Yao Wei. Study on burning blending coals in coal-fired boilers of power plants [J]. Electric Power, 2010, 43(11): 42-45.

[6] 韩立芳,王桂芳,薛宁.不同煤种掺烧可行性及对锅炉运行性能的影响[J].热力发电,2005,24(4):24-27,64.
Han Lifang, Wang Guifang, Xue Ning. Feasibility of admix-burning different coal sorts and its influence upon operation behavior of the boiler [J]. Thermal Power Generation, 2005, 24(4): 24-27, 64.

[7] 燕辰凯.防止锅炉燃用神华煤结焦的对策:全国火电大机组(600 MW级)竞赛第11届年会论文集[C].北京:全国发电机组技术协会,2007:233-236.

[8] 潘国辉.浅谈某电厂锅炉因燃烧神华煤结焦的现象及处理[J].科技创业家,2013(5):93-94.

[9] 段学农,朱光明,焦庆丰,等.电厂锅炉混煤掺烧技术研究与实践[J].中国电力,2008,41(6):51-54.
Duan Xuenong, Zhu Guangming, Jiao Qingfeng, et al. Research and practice of blended coal combustion technology in power plant boiler [J]. Electric Power, 2008, 41(6): 51-54.

[10] 段学农,朱光明,宾谊沅,等.湖南省电厂锅炉混煤掺烧技术应用[J].中国电力,2010,43(2):48-51.
Duan Xuenong, Zhu Guangming, Bin Yiyuan, et al. Application and development of coal-blended combustion technology in boiler in Hunan power plant [J]. Electric Power, 2010, 43(2): 48-51.

[11] 夏季,彭鹏,华志刚,等.燃煤电厂分磨掺烧方式下磨煤机组合优化模型及应用[J].中国电机工程学报,2011,31(29):1-8.
Xia Ji, Peng Peng, Hua Zhigang, et al. Optimization of pulverizers combination for power plant based on blended coal combustion [J]. Proceedings of the Chinese Society for Electrical Engineering, 2011, 31(29): 1-8.

[12] 张建中.锅炉炉膛及烟气系统防爆设计压力取值标准的分析[J].电力建设,2012,33(10):13-18.
Zhang Jianzhong. Analysis on value standard of design explosion-proof pressure for boiler furnace and flue gas system [J]. Electric Power Construction, 2012, 33(10): 13-18.

[13] 范从振.锅炉原理[M].北京:中国电力出版社,1985.

[14] 车得福,庄正宁,李军,等.锅炉[M].2版.西安:西安交通大学出版社,2008.

[15] 孙志宏,柳晓,束文亮,等.燃煤掺配掺烧技术探讨[J].华电技术,2008(8):27-29.
Sun Zhihong, Liu Xiao, Shu Wenliang, et al. Approach to blended coal combustion technology [J]. Huadian Technology, 2008(8): 27-29.