

DOI:10. 3969/j. issn. 1674 - 1951. 2019. 01. 020

电站锅炉褐煤掺烧现状及其影响研究分析

Research and analysis on boilers status quo of lignite mixed burning and its effect

刘忠轩, 宁新宇, 王亚顺, 程石, 郑敏聪

LIU Zhongxuan, NING Xinyu, WANG Yashun, CHENG Shi, ZHENG Mincong

(中电华创电力技术研究有限公司, 江苏 苏州 215123)

(China Power Huachuang Electricity Technology Research Company Limited, Suzhou 215123, China)

摘要:总结了目前国内电厂褐煤掺烧的来源、掺烧能力和机组类型等情况,分析了掺烧褐煤对于机组的影响。通过试验数据说明了掺烧褐煤对于磨煤机干燥出力、锅炉效率、炉膛温度、减温水、厂用电率等参数的影响。

关键词:褐煤掺烧;干燥出力;锅炉效率;减温水

中图分类号:TK 16 **文献标志码:**A **文章编号:**1674 - 1951(2019)01 - 0077 - 04

Abstract:It summarizes the current sources of mixed burning lignite, the capacity of mixed burning and the type of boiler of domestic power plants. It analyzes the effects of lignite-mixed burning on boilers. Based on the experimental data, it explains the effects of lignite-mixed burning on pulverizer drying capacity, boiler efficiency, furnace temperature, desuperheater water, service power rate and other parameters.

Keywords: lignite mixed burning; drying capacity; boiler efficiency; desuperheating water

0 引言

由于褐煤水分大、发热量低,在动力配煤时,原则上一般烟煤中不配入褐煤^[1]。近年来随着煤炭价格的上升,燃料成本在电厂经营成本所占比例已经超过 70%^[2]。受运营成本的压力,国内部分电厂已经开始掺烧褐煤^[3-5]。掺烧褐煤对于锅炉制粉系统和燃烧系统的安全性影响较大,锅炉的运行方式也要相应有所调整。

本文通过对国内部分电厂褐煤掺烧的情况及褐煤掺烧后燃烧调整试验数据分析,总结出了一些经验及规律,为褐煤掺烧提供参考。

1 褐煤特性

褐煤发热量较低,一般在 12 000 ~ 16 000 kJ/kg 之间。挥发分在 40% ~ 50%,煤粉具有较强的自燃和爆炸倾向。除扎赉诺尔、梅河等少数矿区褐煤灰分较低外,我国绝大多数褐煤的灰分在 20% ~ 30%,其他国家的褐煤灰分一般在 10% 以下,只有俄罗斯褐煤灰分达 15% ~ 35%。我国华北区和东北区褐煤硫含量比较低,南方褐煤硫含量较高,一般

在 1% ~ 3%,云南褐煤甚至高达 3% ~ 5%^[6]。易着火、易燃尽,但灰熔融性较低,属于易结渣煤种,煤灰中碱金属含量较高,一般超过 2%,煤灰的沾污性较强。原煤磨损系数较低,磨损性能在“不强”以下。

2 国内机组褐煤掺烧现状

2.1 褐煤来源

沿海地区火电企业掺烧的褐煤大多来自印尼、澳大利亚和越南的进口煤;东北、华北、山东区域火电企业掺烧的褐煤主要来自内蒙古和东北的国产煤。

2.2 褐煤掺烧能力

东北、华北、福建、江苏、山东等区域火电企业,一些厂在 70% 负荷工况下褐煤掺烧能力达到 80% 以上,甚至 100%;安徽、江西、湖北、河南、湖南等区域火电企业由于褐煤运输成本相对高一些,掺烧能力在 20% ~ 40%;新疆、广西、贵州等区域火电企业由于煤源结构和锅炉特性几乎不掺烧褐煤。

一般情况下,通过优化制粉系统运行方式和燃烧调整,锅炉的褐煤掺烧能力能达到 15%,设计煤质为劣质烟煤、贫瘦煤的锅炉由于煤质较接近,褐煤掺烧能力较强,能达到 30% 以上。对于四角切圆布置燃烧器锅炉,可进行分层分磨掺烧褐煤,便于调整控制煤粉细度、磨出口温度等,褐煤掺烧能力较强;对冲布置燃烧器锅炉也可进行分磨掺烧褐煤,褐煤

掺烧能力次之;“W”火焰无烟煤锅炉只能混煤,褐煤掺烧能力较弱。由于混煤不可能均匀,分层分磨掺烧能力优于混煤方式。

2.3 褐煤掺烧机组类型

机组容量为 100~1 000 MW 的锅炉均进行了褐煤掺烧。设计煤质为烟煤、劣质烟煤、贫瘦煤、无烟煤的锅炉均进行了褐煤掺烧。其中设计煤质为贫瘦煤的锅炉褐煤掺烧能力最大,低负荷工况能达 100%,设计煤质为无烟煤的锅炉褐煤合理掺烧能力只能达 20% 左右,主要是由于褐煤和无烟煤特性相差甚远,掺烧量过大对锅炉运行状况及经济性影响过大。

3 掺烧褐煤的影响

掺烧褐煤后,锅炉热效率、带负荷能力、污染物排放、锅炉结焦、空预器低温腐蚀、选择性催化还原法(SCR)脱硝催化剂污染等会受到不同程度的影响。通过分析部分厂褐煤掺烧后的制粉系统调整试验和锅炉燃烧调整试验数据,总结了一些掺烧褐煤对于机组的影响。

3.1 磨煤机干燥出力不足

原煤水分对磨煤机碾磨出力影响较大。对于 MPS、ZGM、HP 型中速磨煤机及钢球磨煤机,水分每增加 10%,出力下降 11% 左右。

由于褐煤水分较多,一般设计燃用褐煤的锅炉,锅炉连续最大蒸发(BMCR)工况下的热一次风温设计为 380℃ 以上,而烟煤、贫煤设计锅炉的热一次风一般低于 330℃,尽管掺烧褐煤后烟气量增加会使一次风温增加 10~15℃,但热一次风温度仍偏低较多。某电厂 ZGM113N 型磨煤机掺烧褐煤时的干燥出力曲线如图 1 所示。

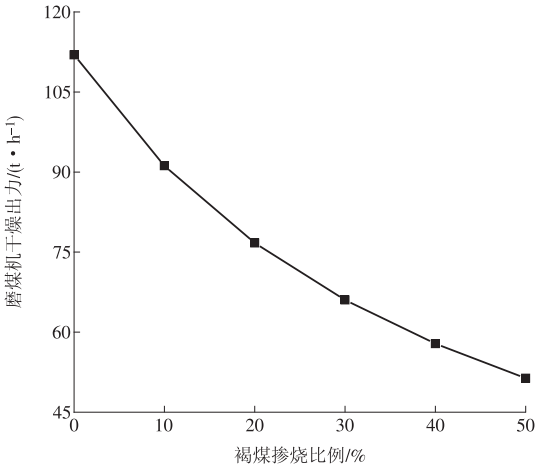


图 1 ZGM113N 型磨煤机掺烧褐煤时的干燥出力曲线
Fig. 1 Drying capacity curve of ZGM113N coal pulverizer during lignite mixed burning

随着褐煤掺烧比例的增加,磨煤机干燥出力迅速下降,掺烧 50% 褐煤时磨煤机干燥出力仅有不掺烧时的 46%。褐煤热值相对偏低煤质,而热值与燃煤量成反比,因此一般制粉系统在掺烧褐煤时要增开 1 台磨煤机。在高负荷下,机组燃煤量增加与制粉系统出力下降的矛盾较为突出。

3.2 一次风需求量增加

影响制粉系统干燥出力的因素之一为热一次风温,另一个因素为干燥剂量。燃用褐煤时,磨煤机内的风煤比≥2,因此一次风率将由 20% 增加至 30% 以上,实际运行中有的工况一次风率接近 50%。部分机组一次风机裕量较低,一次风机出力不足将限制褐煤的掺烧量。

3.3 锅炉效率变化情况

由于褐煤热值低、水分高,掺烧褐煤会导致总煤量增大,总烟气流量大幅增加,一次风率明显升高,减温水量增大,排烟温度上升,设计煤种为烟煤的锅炉掺烧褐煤往往会导致锅炉效率降低,某设计煤种为淮南烟煤的 600 MW 机组掺烧褐煤后,修正后锅炉效率降低 0.79%^[7]。但相对于设计煤质为贫瘦煤的锅炉,由于褐煤挥发分高、灰分低、硫分低等,其特性优于贫瘦煤,有利于稳定锅炉燃烧,改善除尘、脱硫等环保指标。通过燃烧优化和制粉系统优化,可以最大限度地降低掺烧褐煤对于锅炉效率的影响。某锅炉掺烧褐煤时效率统计见表 1。

表 1 某锅炉不同褐煤掺烧比例下锅炉效率

Tab. 1 Boiler efficiency under different lignite mixed burning ratios of a boiler			
项目	试验 1	试验 2	试验 3
锅炉负荷/MW	600	600	600
褐煤比例/%	0	16	26
飞灰可燃物/%	0.31	0.67	0.60
炉渣可燃物/%	2.28	2.16	1.50
修正排烟温度/℃	129.2	128.1	122.7
未燃碳热损失/%	0.19	0.26	0.17
干烟气热损失/%	5.07	5.05	4.90
锅炉效率/%	93.84	93.73	93.98

在褐煤掺烧比例较低的情况下,锅炉效率没有发生明显的变化。

3.4 炉膛温度和结渣

某厂褐煤掺烧试验结果表明,随掺烧褐煤比例增加,煤粉燃烧器火焰长度逐渐缩短,燃烧器区域尤其是中上层燃烧器火焰温度逐渐上升,燃烧器区域的结渣趋势增加。

褐煤掺烧比例分别为 0%,16% (双磨混煤),26% (三磨混煤)时,某锅炉炉膛内不同位置的温度

分布如图 2 所示。

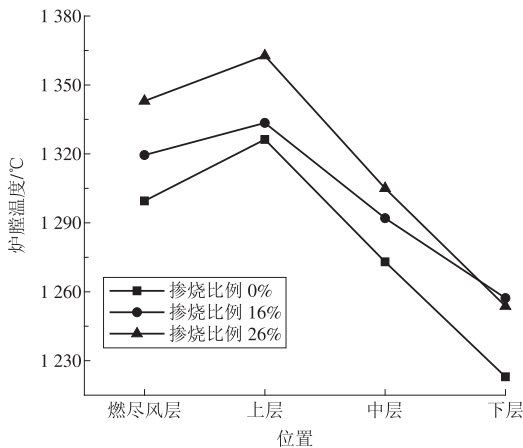


图 2 不同褐煤掺烧比例时炉膛温度分布曲线

Fig. 2 Furnace temperature distribution curve under different lignite mixed burning ratios

由图 2 可知,随着褐煤掺烧比例的增加,锅炉炉膛内不同位置温度呈上升趋势。哈尔滨锅炉厂和哈尔滨工业大学曾提出软化温度低于 1 260 ℃ 的煤灰其结渣趋向严重,在 1 260 ~ 1 330 ℃ 时其结渣趋势中等,大于 1 330 ℃ 时结渣趋势轻微^[8]。一般褐煤灰渣软化温度比较低,蒙东褐煤灰渣软化温度为 1 200 ℃ 左右,灰熔点及灰特性表征褐煤多为易结渣煤种^[9]。尤其混煤的结渣特性更加复杂,与单煤的结渣特性有很大不同,两种结渣性不强的煤组成混煤其结渣性有可能增强,结渣性不强的煤中混入结渣性较强的煤其混煤的结渣性有可能增强。因此在掺烧褐煤后要加强对锅炉结渣的重视。

3.5 过、再热器减温水

随着褐煤掺烧比例增加,对流吸热比例增加,使减温水量增加。但通过控制煤水比可使过热减温水量得到控制,再热器减温水量需要增加。在褐煤掺烧比例分别为 0, 16%, 26% 时,某锅炉减温水量对比见表 2。

表 2 某锅炉不同褐煤掺烧比例下减温水量
Tab. 2 The amount of desuperheated water of a boiler under different lignite mixed burning ratios

项目	试验 1	试验 2	试验 3
掺烧比例/%	0	16	26
机组负荷/MW	600	600	600
给水/燃料比	6.9	6.7	7.4
过热器一级减温水流量/(t·h ⁻¹)	0.9	0.2	0.4
过热器二级减温水流量/(t·h ⁻¹)	6.7	2.2	0.3
再热器减温水流量/(t·h ⁻¹)	9.2	10.6	15.1

从表 2 可以看出,随着锅炉褐煤掺烧比例的增加,再热器减温水量不断增加,这将影响机组的煤耗,降低机组的经济性。

3.6 制粉系统爆炸风险加大

由于褐煤挥发分较高,在制粉系统启、停及运行中断煤期间极容易发生制粉系统爆炸事故。需要根据掺烧煤质情况,调整制粉系统运行参数及制粉系统启、停方法。某厂在掺烧褐煤后多次发生制粉系统爆炸事件,经检查分析后发现是由于磨煤机依然沿用磨制烟煤时的方法,磨煤机停止后会有大量煤粉积存,在重新启动过程中造成积粉爆炸。采取重新制定适应掺烧褐煤的制粉系统启、停操作方法,确保磨煤机停止后内部无积粉,控制磨出口温度≤75 ℃ 等措施后,在年掺烧褐煤比例 31.6% 的情况下未再出现制粉系统爆炸现象^[10]。

3.7 厂用电率增加

掺烧褐煤后,由于燃煤量增加导致制粉耗电增加;一、二次风比例变化影响送、一次风机的耗电率变化;烟气量的增加、一次风压的提高造成空气预热器阻力和漏风量的增加导致引风机耗电率增加。

某厂 2 台 600 MW 机组在掺烧前后各辅机的单位蒸汽耗电量比较显示, #1 锅炉:送风机的单位蒸汽耗电从 0.43 (kW·h)/t 下降至 0.40 (kW·h)/t,降幅为 7.5%;引风机的单位蒸汽耗电从 2.03 (kW·h)/t 上升至 2.21 (kW·h)/t,增幅为 8.87%;一次风机的单位蒸汽耗电从 1.41 (kW·h)/t 上升至 1.65 (kW·h)/t,增幅为 17.02%;磨煤机的单位蒸汽耗电从 1.53 (kW·h)/t 上升至 1.60 (kW·h)/t,增幅为 4.58%。#2 锅炉:送风机的单位蒸汽耗电从 0.68 (kW·h)/t 下降至 0.63 (kW·h)/t,降幅为 7.9%;引风机的单位蒸汽耗电从 2.21 (kW·h)/t 上升至 2.33 (kW·h)/t,增幅为 5.40%;一次风机的单位蒸汽耗电从 1.49 (kW·h)/t 上升至 1.75 (kW·h)/t,增幅为 17.40%;磨煤机的单位蒸汽耗电从 1.55 (kW·h)/t 上升至 1.67 (kW·h)/t,增幅为 7.74%。

褐煤掺烧比例对于厂用电率也有影响,某厂 300 MW 机组不同褐煤掺烧比例下厂用电率增加见表 3。

从表 3 可以看出,随着褐煤掺烧比例增加,厂用电率也不断提高。

3.8 热工自动控制的影响

褐煤水分高、热值低,掺烧后燃料量大幅增加,水煤比发生变化,除影响机组高负荷出力能力外,对锅炉燃烧调节特性也产生明显影响,主要表现为热惯性大、响应迟滞。机组升降负荷时汽压、汽温波动较大,部分高比例掺烧褐煤机组主汽压力波动范围增大到 1 MPa,甚至出现主汽温度下降等情况,严重影响机组安全运行。

机组投运自动发电控制(AGC)时,负荷变化率

表 3 某厂机组不同褐煤掺烧比例下
厂用电率增加值

Tab.3 Increase in the service power rate of a power plant
under different lignite mixed burning ratios %

项目	负荷率	褐煤掺烧率	厂用电率增加
#1 机组	60	62	0.69
	70	55	0.43
	80	45	0.35
	85	40	0.30
#2 机组	60	66.6	0.38
	70	60	0.35
	80	50	0.22
	85	40	0.15

快,负荷频繁升降,掺烧比例高时,因磨煤机磨制褐煤,干燥出粉速度慢,粉温度低,锅炉燃烧跟不上负荷变化,影响 AGC 速率响应及品质要求,造成考核。

3.9 空预器低温腐蚀及脱硝催化剂污染

褐煤水分高,燃烧后烟量大,烟气中的水蒸气含量增加,导致空预器的低温腐蚀几率增加,同时由于烟气中的水蒸气对 SCR 催化剂产生污染,影响 SCR 效率。

4 结论

(1)国内诸多电厂的实践表明,不同容量、类型、设计煤种的锅炉均可以掺烧褐煤,通过燃烧调整优化运行,部分机组可以达到较高比例的褐煤掺烧量。

(2)掺烧褐煤后对于机组的影响是多方面的,磨煤机干燥出力、一次风机出力对于掺烧后的机组出力有影响,锅炉效率、厂用电率、减温水量对于掺烧后机组的经济性有影响,炉膛温度、结渣、制粉系统爆炸风险、热工控制、空预器低温腐蚀及 SCR 催

化剂污染等对掺烧后机组的安全稳定运行有影响。

(3)为了保证掺烧褐煤后机组能够安全、经济、稳定的运行,需要综合考虑各方面的因素并制定周密的规划。

参考文献:

[1] MT/T 1009—2006:动力配煤导则[S].
[2] 张振杰,赵玉刚. 褐煤价格对掺烧褐煤机组“盈利临界点”的计算方法[J]. 东北电力技术,2011(4):18-19.
[3] 王春昌,阮士周,宋太纪,等. 烟煤锅炉两种方式掺烧褐煤的工程应用[J]. 中国电力,2010(10):35-38.
[4] 宁新宇,梁绍华,张希光,等. 1025 t/h 烟煤锅炉掺烧褐煤的可行性试验研究[J]. 热力发电,2010(12):53-55.
[5] 张国平. 火力发电厂劣质煤掺烧技术探讨及应用[J]. 陕西电力,2013,41(3):83-85.
[6] 石文秀,张玉财,金管会. 浅谈褐煤研究的必要性及褐煤的性质[J]. 化工进展,2012(31):203-207.
[7] 刘岗,张瑜. 褐煤掺烧对 600 MW 机组经济性影响分析及控制措施[J]. 湖南电力,2011,31(2):48-50.
[8] 张晓杰,聂其红,孙绍增,等. 褐煤混煤结渣和 NO_x 排放特性试验研究[J]. 热能动力工程,2000,15(5):488-491.
[9] 辛曲珍,康达,姜森. 烟煤锅炉掺烧褐煤技术要点分析[J]. 锅炉制造,2011(1):31-33.
[10] 孙冰,张亚军,李江鹏. 某锅炉掺烧褐煤原煤斗篷煤及积粉爆炸问题的解决方法[J]. 热力发电,2009(12):48-50.

(本文责编:齐琳)

作者简介:

刘忠轩(1987—),男,江苏徐州人,工程师,工学硕士,从事电站锅炉性能试验及运行优化方面的工作(E-mail: zhongxuanliu@foxmail.com)。

广告索引

山东华建仓储装备科技有限公司 (封面)
精准扶贫——实施乡村振兴战略(公益广告) (封二)
郑州科润机电工程有限公司 (封三)
武汉德威工程技术有限公司 (封底)
无锡沃得旋转雾化科技有限公司 (前插 1)
深圳鹏锐智合科技有限公司 (前插 2)
湖南正明环保股份有限公司 (前插 3)
南京三埃工控有限公司 (前插 4)
上海三荣电梯有限公司 (前插 5)
天津市洪浩保温管有限公司 (前插 6)

浙江浙能催化剂技术有限公司 (前插 7)
华电郑州机械设计研究院有限公司(跨版) ... (前插 8,9)
郑州科源耐磨防腐工程有限公司(跨版)..... (前插 10,11)
华电重工股份有限公司(跨版)..... (前插 12,13)
华电重工股份有限公司 (目次页右)
隔而固(青岛)振动控制有限公司 (中插 1)
华电水务控股有限公司(跨版) (中插 2,3)
华电环保系统工程有限公司(跨版) (中插 4,5)
南通高欣耐磨科技股份有限公司 (中插 6)