

300 MW 锅炉掺烧劣质煤的比例及配风方式分析

胡晓光, 单汉生

(南京华润热电有限公司, 江苏 南京 210039)

摘要:根据南京华润热电有限公司 330 MW 锅炉掺烧无烟煤、贫煤和褐煤的实践,详细分析了劣质煤掺配比例和掺配方式等对锅炉运行安全性和经济性以及机组出力的影响,提出应针对锅炉和磨煤机特性合理确定掺配比例和掺配方式,可在掺烧中通过合理调整提高经济性。

关键词:锅炉;劣质煤;掺烧

中图分类号:TK227.1

文献标志码:B

文章编号:1009-0665(2010)03-0072-03

随着国内煤炭市场的日益开放,煤炭市场竞争愈发激烈,发电成本高低已经成为各火力发电厂在电力市场竞争中求得生存和发展的决定因素。同时,随着电力市场节能调度运行的大力开展,为了降低成本、节能增效,目前大多数火力发电企业正在积极拓展多种煤炭供应渠道,用最低的发电成本参与市场竞争。电厂采煤渠道和煤炭价格的多样性,必然导致锅炉燃用煤质变化大,严重偏离锅炉设计值,给锅炉燃烧、机组出力以及电厂经济性运行带来许多不利影响^[1]。近年来,南京华润热电有限公司在劣质煤掺烧方面进行了探索,为燃煤电厂锅炉配煤和煤掺烧的工作提供参考。

1 设备简介

南京华润热电有限公司 2×300 MW 机组工程 3 号与 4 号锅炉为亚临界压力一次再热控制循环锅炉,型号为 SG-1036/17.50-M871,采用中速磨直吹式制粉系统、单炉膛倒 U 型露天布置、四角切向燃烧,炉膛面积为 14 022×12 330 mm²,宽深比 1.14:1,后烟井深度为 8 550 mm,锅炉炉顶采用全密封结构、并设大罩壳、炉膛采用密式水冷壁,炉底密封采用水封结构,摆动喷嘴调温,平衡通风,全钢架悬吊结构,固态排渣,燃用具有中等结渣性的烟煤。每角燃烧器喷嘴摆动是通过主控制杆由电动装置驱动,燃烧器喷嘴能上下摆动 20~30°。

额定工况下主要设计参数见表 1;燃料特性见表 2。

2 掺烧煤种和对锅炉燃烧影响分析

近年来,南京华润热电有限公司参考周边煤炭市场行情,针对设备特性采购了无烟煤、贫瘦煤和褐煤进行掺配,煤种数据见表 3。

2.1 无烟煤掺烧方式及燃烧调整

2.1.1 配煤比例和配煤方式

表 1 额定工况下主要设计参数

项目	B-MCR		项目	B-MCR	
	工况值	工况值		工况值	工况值
主蒸汽流量/(t·h ⁻¹)	1 036.0	891.6	再热蒸汽出口温度/°C	541.0	541.0
主蒸汽温度/°C	541.0	541.0	再热蒸汽流量/(t·h ⁻¹)	854.2	742.3
主蒸汽压力/MPa	17.47	17.24	给水温度/°C	281.0	271.3
再热蒸汽入口压力/MPa	3.73	3.23	计算热效率/%	92.8	92.8
再热蒸汽出口压力/MPa	3.53	3.07	修正前排烟温度/°C	133.9	130.0
再热蒸汽入口温度/°C	321.1	307.0	修正后排烟温度/°C	127.8	123.9

表 2 燃料特性

项目	设计煤种	校核煤种 1	校核煤种 2
收到基碳分/%	54.72	61.88	51.26
收到基氢分/%	3.42	3.4	3.08
收到基氧分/%	5.43	10.78	5.05
收到基氮分/%	0.83	0.8	0.79
收到基硫分/%	0.77	0.44	0.57
收到基水分/%	7.1	13.6	8.2
收到基灰分/%	27.73	9.1	31.05
收到基挥发分/%	20.68	26.34	17.14
收到基燃料低位发热量/(kJ·kg ⁻¹)	21 210.0	23 470.0	19 830.0
可磨性系数	79.0	54.0	71.0
变形温度/°C	1 290.0	1 100.0	1 280.0
软化温度/°C	1 500.0	1 140.0	1 500.0
流动温度/°C	1 500.0	1 220.0	1 500.0

表 3 煤种特性

煤种	挥发分/%	发热量/(kJ·g ⁻¹)	灰分/%	水分/%
无烟煤	8~9	17~18	37~42	7~8
贫瘦煤	12~13	17~18	30~35	8~9
褐煤	27~28	18~19	15~16	30~40

无烟煤配煤比例和配煤方式见表 4。无烟煤具有着火温度高、着火距离长、燃烧与着火稳定性差、

极难燃烬、不易结焦、灰磨损倾向中等偏重的特性,根据现场实际掺烧情况发现,无烟煤的掺配比例在20%~50%时,锅炉各项指标相对稳定,锅炉着火、稳燃、燃烬、结焦均能得到保障,可保证锅炉长期安全、稳定运行;无烟煤的掺配比例在50%以上时,锅炉燃烧不稳,火检闪烁比较频繁,飞灰含碳量比较大,锅炉的运行安全性、经济性都有较大程度下降。

表4 无烟煤配煤比例和配煤方式

煤仓	煤种	比例	综合热值/(kJ·g ⁻¹)	综合挥发分/%
A	烟煤+无烟煤	1:1	19.47	17.44
B	烟煤+无烟煤	1:1	19.47	17.44
C	烟煤	1	19.82	27.32
D	烟煤	1	19.82	27.32
E	烟煤	1	19.82	27.32

2.1.2 配风方式

无烟煤配风方式见表5。针对无烟煤特性,采用AB下层掺烧无烟煤,这样可加大燃烧空间,延长了煤粉的停留时间,有利于无烟煤的燃烬。目前,该锅炉主要采取AB下层磨无烟煤和烟煤1:1的掺配方式。此外,在无烟掺配工况下要保证C层着火稳定,C仓煤质必需有所保证。燃烧调整时应适当降低一次风速,提高磨煤机出口温度,氧量控制在4.0%~4.5%,煤粉细度为16%~25%。无烟煤可磨性系数低,可适当降低磨煤机出力,在负荷较高磨煤机出力较大时,要注意磨煤机进出口差压,防止堵煤。

表5 无烟煤配风方式

项目	配风方式		
	正塔	束腰	均匀
负荷/MW	229	231	233
总风量/(t·h ⁻¹)	910	907	925
氧量/%	4.3	4.2	4.2
风煤比/ug	1.04	0.96	1.05
排烟温度/℃	123/115	130/122	125/118
炉膛出口温度/℃	645/636	666/634	621/635
飞灰/%	2.6	3.5	1.8
一次风速/(m·s ⁻¹)	30	32	35
火嘴摆角/%	50	50	50

2.2 贫瘦煤掺烧方式及燃烧调整

2.2.1 配煤比例和配煤方式

贫瘦煤挥发分低不容易着火,当煤粉进入炉膛后着火相对来说较为困难,这就影响了炉膛内煤粉的燃烬程度,对锅炉燃烧的稳定性产生较大的影响^[1]。现场实际掺烧情况表明,当掺配比例在20%~50%时,锅炉各项指标相对稳定,锅炉着火、稳燃、燃烬、结焦均能得到保障,可以保证锅炉长期安全、稳定运行。贫瘦煤的挥发分比无烟煤要高,实际掺烧过程

中可以适当加大比例,采用贫瘦煤和烟煤2:1的掺配方式。配煤比例和配煤方式见表6。

表6 贫瘦煤配煤比例和配煤方式

煤仓	煤种	比例	综合热值/(kJ·g ⁻¹)	综合挥发分/%
A	烟煤+贫瘦煤	1:1	19.47	19.91
B	烟煤+贫瘦煤	1:1	19.47	19.91
C	烟煤	1	19.82	27.32
D	烟煤	1	19.82	27.32
E	烟煤	1	19.82	27.32

2.2.2 配风方式

贫瘦煤配风方式见表7。针对贫瘦煤特性,采用AB下层掺烧贫瘦煤,这样可以加大燃烧空间,延长煤粉的停留时间,有利于贫瘦煤的燃烬。在燃烧调整中尽量提高贫瘦煤所在的磨煤机出口温度,其出口温度一般控制在85℃左右。磨煤机出口温度提高了,煤粉流的初温随之提高,这样可以减小着火热,着火就比较容易,增加了锅炉燃烧的稳定性,同时在贫瘦煤掺配工况下要保证C层着火稳定,必需保证C仓煤质。

表7 贫瘦煤配风方式

项目	配风方式		
	正塔	束腰	均匀
负荷/MW	230	232	235
总风量/(t·h ⁻¹)	1 013	1 007	1 014
氧量/%	4.3	4.4	4.4
风煤比/ug	0.96	0.93	0.94
排烟温度/℃	120/113	128/122	122/115
炉膛出口温度/℃	660/671	710/681	672/685
飞灰/%	1.8	3.3	2.5
一次风速/(m·s ⁻¹)	33	33	35
火嘴摆角/%	50	50	50

2.3 褐煤掺烧方式及燃烧调整

2.3.1 配煤比例和配煤方式

褐煤和无烟煤掺配的配煤比例和配煤方式见表8。褐煤主要特征是水分高、挥发分高、磨煤机干燥出力下降。在掺配过程中,各掺配磨煤机的出口温度低,各磨煤机出力受出口温度影响较大,该煤粉进入炉膛后较易着火,通过和无烟煤进行2:1掺配,挥发分较为理想,锅炉燃烧情况相对稳定,锅炉着火、稳燃均能得到保障,同时可以控制结焦,保证锅炉长期安全、稳定运行。这种方式掺烧比较大,且经济性也比较好,但存在飞灰含碳量偏高的情况,锅炉效率有所下降,故不宜采用。但可以采用褐煤和烟煤掺烧的方式。褐煤和烟煤掺配的配煤方式见表9。褐煤的水分高,磨煤机出口温度较低,为避免影响机组带负荷能力,褐煤掺烧量应控制在66%以下。

表 8 褐煤和无烟煤掺配的配煤比例和配煤方式

煤仓	煤种	比例	综合热值/(kJ·g ⁻¹)	综合挥发分/%
A	无烟煤+褐煤	1:2	18.2	21.2
B	无烟煤+褐煤	1:2	18.2	21.2
C	烟煤	1	19.82	27.32
D	烟煤	1	19.82	27.32
E	烟煤	1	19.82	27.32

表 9 褐煤和烟煤掺配的配煤比例和配煤方式

煤仓	煤种	比例	综合热值/(kJ·g ⁻¹)	综合挥发分/%
A	烟煤	1	19.82	27.32
B	烟煤+褐煤	2:1	17.5	28.3
C	烟煤	1	19.82	27.32
D	烟煤+褐煤	2:1	17.5	28.3
E	烟煤	1	19.82	27.32

2.3.2 配风方式

褐煤和无烟煤掺配的配风方式见表 10。褐煤和烟煤掺配的配风方式见表 11。

表 10 褐煤和无烟煤掺配的配风方式

项目	配风方式		
	正塔	束腰	均匀
负荷/MW	230	232	235
总风量/(t·h ⁻¹)	980	956	992
氧量/%	4.4	4.4	4.4
风煤比/ug	0.99	0.92	0.97
排烟温度/℃	124/116	130/122	125/118
炉膛出口温度/℃	710/652	730/671	708/645
飞灰/%	5.2	7.8	4.9
一次风速/(m·s ⁻¹)	33	33	33
火嘴摆角/%	50	50	50

表 11 褐煤和烟煤掺配的配风方式

项目	配风方式		
	正塔	束腰	均匀
负荷/MW	230	232	235
总风量/(t·h ⁻¹)	970	930	982
氧量/%	4.4	4.4	4.4
风煤比/ug	0.95	0.90	0.93
排烟温度/℃	126/118	132/125	128/120
炉膛出口温度/℃	750/682	760/721	738/675
飞灰/%	2.2	3.6	1.9
一次风速/(m·s ⁻¹)	33	33	33
火嘴摆角/%	50	50	50

针对褐煤特性,采用 C 层优质煤、AD 或 BD 层褐煤与烟煤掺烧的方式,既能提高煤粉着火性,又能提高劣质煤的掺配比例。在运行调整中,控制掺配磨煤机出口温度在 60~65℃,并适当提高一次风速可推迟煤粉着火,使着火点离燃烧器更远,火焰高温

区也相应推移到炉膛中心,避免喷口附近结焦。提高一次风速还可以增加一次风射流的刚性,减少一次风的偏转,避免其直接冲刷壁面而产生结焦。运行中要保持合适的氧量,控制在 4%~4.5%之间,特别是当负荷发生大幅变化时,要及时调整风煤配比,避免锅炉因缺氧燃烧而结焦。此外,掺烧褐煤时要加强吹灰,防止锅炉积灰和结焦。

2.4 目前掺烧情况

锅炉采取煤炭掺烧,可拓宽采购煤种的渠道;能根据市场变化,及时调整采购策略,降低燃料采购成本。该公司 2006 年 12 月尝试贫瘦煤掺烧,2007 年 6 月开展无烟煤掺烧,2009 年 5 月引进褐煤进行掺烧,通过煤炭掺烧,标煤单价得到有效控制,但同时锅炉效率也有所下降。为全面分析煤炭掺烧的经济性,该公司在不断探索和实践的基础上总结出几种安全性高、经济较好、同时具备较强可操作性的掺烧方法,具体掺配方法及其经济性分析分别见表 12、表 13。

表 12 劣质煤掺配方案

磨煤机	方案 1	方案 2	方案 3	方案 4	方案 5	方案 6
A	烟煤	贫瘦煤	无烟煤、烟煤 2:1	无烟煤、烟煤 1:1	烟煤	褐煤
B	烟煤	贫瘦煤	无烟煤、烟煤 2:1	无烟煤、烟煤 1:1	褐煤	烟煤
C	烟煤	烟煤	烟煤	烟煤	烟煤	烟煤
D	烟煤	烟煤	烟煤	褐煤	褐煤	褐煤
E	烟煤	肥气、烟煤 1:1	肥气、烟煤 1:1	肥气、烟煤 1:1	烟煤	烟煤

表 13 劣质煤掺配方案的经济性分析

项目	方案 1	方案 2	方案 3	方案 4	方案 5	方案 6
发电量/(KW·h)	33 000	33 000	33 000	33 000	33 000	33 000
售电量/(KW·h)	31 284	31 284	31 284	31 251	31 218	31 218
发电煤耗/[g·(KW·h) ⁻¹]	310.0	312.0	312.0	315.0	315.0	315.0
厂用电率/%	5.2	5.2	5.2	5.3	5.4	5.4
标煤单价/(元·t ⁻¹)	645.00	631.16	638.01	632.94	638.36	639.62
掺烧占比/%	0	44	32	38	28	26
机组最大出力/(万 KW·h)	33.00	33.00	32.99	33	28.72	28.72
售电成本/[元·(KW·h) ⁻¹]	0.215 5	0.211 1	0.213 5	0.215 1	0.218 3	0.218 7

就经济性来说,与不掺烧劣质煤相比,掺烧无烟煤和贫瘦煤可以降低售电成本;而掺烧褐煤时,机组的厂用电率上升,售电成本反而有所提高。

3 结束语

近年来的掺烧试验和实践表明,只要掌握掺烧煤种特性,合理把握掺烧比例和方式,在保证机组安全运行的同时,完全可以通过掺烧劣质煤的方式降低火力发电厂的生产成本。在实际掺烧过程中,要注意以下几点。

(1) 由于煤质发生变化,锅炉的热效率会有显著变化,尤其是掺配燃煤的发热量过低时,锅炉热效率下降更为明显,因此在掺烧过程中不能一味追求掺烧比,还应把握掺配煤质,以免得不偿失^[1]。

(2) 虽然燃煤的挥发分对煤粉燃烧是一个重要的指标,但发热量对锅炉经济指标和机组出力有显著的影响,在做好掺烧工作的同时,一定要兼顾燃煤的可燃性和发热量这两方面因素,否则会发生机组出力受限和制粉电耗上升的情况^[2]。

(3) 在烟煤中掺烧劣质煤将会降低锅炉热效率,其影响程度随着掺烧比例的增大而增大;对于机组掺烧的经济性,需要从发电成本、锅炉热效率、机

组的辅机电耗以及卸煤输煤电耗等方面进行综合分析计算,从而得到机组掺烧的显性成本,在运行时还需考虑机组的隐性成本。

(4) 在进行新煤种掺烧前,应采用逐渐加量的方式进行掺烧试验工作,同时加强现场火焰监视和制粉系统运行工况监视,不能一味地通过提高磨煤机出口温度和氧量的方法来加大掺烧比例,应在试验中寻求最经济的掺烧比例。

参考文献:

- [1] 高小涛. 电站锅炉燃用混煤的煤质特性分析[J]. 江苏电机工程, 2009, 28(1): 63-66.
- [2] 翁晓, 丘纪华. 煤质变化对锅炉热效率影响[J]. 华中电力, 2007, 31(2): 39-40.

作者简介:

胡晓光(1978-),男,江苏南京人,工程师,主要从事电厂运行技术工作;

单汉生(1984-),男,江苏南京人,助理工程师,主要从事电厂运行技术工作。

Analysis on the Air Distribution Methods and the Mixed Ratio of the Low-quality Coal in 300 MW Boiler

HU Xiao-guang, SHAN Han-sheng

(Nanjing Huarun Thermal Power Co. Ltd., Nanjing 210039, China)

Abstract: According to the experience of 330MW boiler mixed burning anthracite, lean coal and lignite, the effects of mixed ratio and mixed mode on the operation safety, economy and the unit output are analyzed. The view that mixed ratio and mixed mode should be determined by the characters of the boiler and coal mill is proposed in the paper, and the economy can be improved just by reasonable adjustments.

Key words: boiler; low-quality; mixed burning

(上接第 71 页)

[4] 关玉芳. AVT 工况下 600 MW 超临界机组直流炉首年结垢、积盐特征分析[J]. 电力技术, 2009(5): 31-32.

[5] MCCLOSKEY T H, DOOLEY R B, MCNAUGHTOM W P. Turbine Steam Path Damage: Theory and Practice [M]. EPRI, 1999.

[6] DL/T 805.1-2002, 火电厂汽水化学导则 第一部分: 直流锅炉给水加氧处理[S].

作者简介:

王斌(1978-),男,甘肃会宁人,助理工程师,从事火力发电厂化学监督工作。

Analysis on Characteristics of Salt Accumulation and Fouling in Supercritical Once-through Boiler under OT Condition

WANG Bin

(Changshu Huarun Power Generation Co. Ltd., Changshu 215536, China)

Abstract: The condition that fouling in boiler and salt accumulation on turbine blades occurred under OT condition after one overhaul cycle of a supercritical once-through boiler in Changshu Huarun Power Generation Co. Ltd. is introduced in the paper. Through the analysis on the fouling and salt accumulation, the causes are inferred, and the notes that should be paid attention to under OT condition are discussed. The oxide scale inside the superheater and reheater should also be paid much attention to.

Key words: OT; supercritical; once-through boiler; fouling; salt accumulation