

某 300 MW 煤粉锅炉燃烧调整试验

史海红

(江苏上电三菱集团有限公司,江苏盐城 224001)

摘要:主要介绍了锅炉燃烧调整试验的内容、方法和调整过程中的注意事项,并以徐塘发电有限公司 6 号锅炉燃烧调整试验为例,分析了运行氧量、二次风配风方式和燃尽风门开度对锅炉运行的影响。试验结果表明,通过调整运行氧量和配置二次风配风方式及燃尽风门开度,可有效实现机组运行过程中的节能减排。

关键词:煤粉锅炉;燃烧调整;节能减排

中图分类号:TK223.2

文献标志码:B

文章编号:1009-0665(2011)01-0073-04

随着电力工业的迅速发展,我国火电装机容量逐年增加,且电力负载的谷峰差很大,机组降负荷运行带来发电成本增加。因此,急需对锅炉燃烧系统进行优化调整,使其处于最佳运行状态,从而在一定范围内提高机组的安全性和经济性。运行实践表明,锅炉效率每提高 1%,标准煤耗可下降 3~4 g/(kW·h)^[1,2]。因此,通过燃烧调整试验进一步挖掘机组的节能潜力,寻求锅炉安全和经济的运行方式已愈来愈重要。文中在介绍燃烧调整试验的基本内容及注意事项的基础上,结合徐塘发电有限公司 6 号锅炉燃烧调整试验,分析了运行氧量、二次风配风方式和燃尽风量对锅炉运行的影响。

1 概述

徐塘发电有限公司 6 号锅炉为上海锅炉厂设计制造的 SG-1036/17.47-M876 型亚临界中间再热控制循环锅炉,采用单炉膛、Π 型露天布置,全钢架悬吊结构,平衡通风,固态除渣。锅炉炉膛深度 11.76 m,宽度 14.02 m。燃烧器采用四角布置,切向燃烧。锅炉采用正压直吹式制粉系统,配置 5 台 ZGM-95 型中速磨煤机。锅炉最大蒸发量(MCR)负荷 4 台磨煤机运行,1 台备用。锅炉的主要设计参数见表 1,试验煤种为烟煤,煤质特性见表 2。

2 燃烧调整的内容及方法

燃烧调整试验主要包括煤粉量的调整、风量的调整、炉膛负压及引风机的调整和燃烧器的调整与运行。

2.1 煤粉量的调整

对于采用直吹式制粉系统的锅炉,其负荷的变化将直接影响制粉系统的出力。负荷变化较小时,改变给煤机转速就能达到目的;锅炉负荷变化较大时,改变给煤机转速有时不能满足调节负荷的要

表 1 锅炉主要设计参数

项目	BMCR	ECR
过热蒸汽流量/(t·h ⁻¹)	1 036	912
过热蒸汽压力/MPa	17.44	17.26
过热蒸汽温度/°C	540.0	540.0
再热蒸汽流量/(t·h ⁻¹)	829	743
再热蒸汽进/出口压力/MPa	3.78/3.60	3.39/3.23
再热蒸汽进/出口温度/°C	327.0/540.0	317/540.0
汽包压力/MPa	18.82	18.35
给水温度/°C	280.0	273.0
排烟温度(不修正)/°C	137.0	133.0
排烟温度(修正后)/°C	129.0	124.0
锅炉效率(低位热值)/%	92.11	92.28

表 2 煤种特性

项目	设计煤种	校核煤种	试验煤种
收到基碳/%	55.00	51.93	53.13
收到基氢/%	3.24	2.36	2.95
收到基氧/%	3.33	5.88	4.02
收到基氮/%	1.13	0.42	0.92
收到基硫/%	<0.80	<0.70	1.38
收到基灰/%	28.50	30.38	27.60
全水分/%	8.00	8.33	10.0
固有水分/%	2.00	1.25	0.60
干燥无灰基挥发分/%	25.00	19.00	24.01
收到基低位热值/(kJ·kg ⁻¹)	21 610	19 464	20 510

求,此时应以投停磨煤机作为粗调,再以改变给煤机转速作为细调节。投停磨煤机时应尽量平稳,以免破坏整个炉内的空气动力工况。

给煤机转速的正常调节范围不宜过大,若转速过高,煤粉浓度过大,容易引起不完全燃烧,也易使给煤机过负荷发生事故;若转速过低,在炉膛温度变化不太高的情况下,由于煤粉浓度低,会影响着火的稳定性,易导致炉膛灭火。因此,徐塘发电有限公司的给煤机皮带转速一般控制在 1.2~12 m/min 范围内。此外,各台给煤机事先都要进行转速、出力试验,了解每台给煤机的特性,保持给粉均匀。给煤机调节

一定要平稳,应避免大幅度调节,任何时间的过量给粉或给粉中断,都会使炉内火焰发生跳动,着火不稳,甚至可能引起锅炉灭火。

2.2 风量的调整

锅炉负荷变化时,进入炉内的风量必需与送入炉内的燃料量相适应,同时也要对引风量进行相应的调整。进入锅炉的空气是有组织的一、二次风,其次是少量的漏风。运行人员可根据氧量来调节风量,尽可能保持炉膛内为最佳空气系数状态,以获得较高的锅炉效率。此外,判断燃烧情况还要注意分析飞灰、灰渣中的可燃物量,观察炉内火焰颜色等,综合分析炉内的燃烧工况。进入炉内的空气量可以用炉内的过量空气系数(氧量)来表示。对于各种燃料,可提前制定出相应的过量空气系数(氧量)和负荷的关系曲线。运行人员可参考此曲线来控制炉内空气量,使其尽可能保持较佳运行状况,以获得较高的锅炉热效率。

在锅炉燃烧中,风煤比对炉内的燃烧稳定有着决定性作用。燃烧处于正常稳定状态时,炉内的火焰为光亮的金黄色火焰,火焰中心应为淡灰色。如果火焰炽白刺眼,表明风量偏大,运行氧量偏高。如果火焰暗红不稳,若此时运行氧量表指示偏低,火焰末端发暗并有黑色烟气,同时烟囱冒黑烟等,表明风量偏小;若氧量表指示偏高,则可能是送风量过大或漏风严重的缘故。此外,煤粉太粗或不均匀煤的灰分高等,容易产生火焰闪动,煤水分高而挥发分低时,火焰会发黄无力^[3]。

二次风量的改变是由送风机的动叶调节来实现的。以徐塘发电有限公司 300 MW 机组为例,动叶的调节有一定的阶跃性,当指令值大于反馈值时,才能调节动叶。但这样容易导致在某一指令时,风机出力变化很大,引起炉膛负压大幅波动,所以调节动叶时需谨慎进行,不仅要注意反馈的变化,还要注意送风量和送风机电流的变化,以防止炉膛负压波动而引起燃烧不稳定。

炉膛两侧的二次风风箱为多层风室,各层风室均设有风室挡板,以合理分配燃烧器各层喷口之间的配风。根据作用的不同可以分为辅助风、燃料风和燃尽风。辅助风挡板的调节,不但影响火焰中心的位置,同时还对火焰的切圆有一定影响,有时还可能影响到火检系统^[4]。例如 2007 年徐塘发电有限公司 6 号炉,先后灭火 10 余次,其原因与炉内空气动力场有关。通常在锅炉辅助风调节中,调节风挡板的开度主要受控于炉膛的风箱差压 ΔP 。由经验得知,当负荷小于 35% 时, ΔP 为常数值;当负荷大于 75% 时, ΔP 为小于 1 000 Pa 的常数值;当负荷在 35% MCR

与 75% MCR 之间时, ΔP 随负荷的增大而线性增大。在保证风箱差压的前提下,可根据需要来调节各层辅助风的大小。例如,要提高蒸汽温度,可适当提高火焰中心,将下层辅助风稍开大,上层适当关小;要减小主再汽温两侧的偏差,可适当开大顶层辅助风的开度,以减小炉内烟气的旋转,同时对主再汽温的偏差调节也有一定作用。

2.3 炉膛负压及引风的调整

炉膛负压是反映燃烧工况是否正常的重要参数之一,正常的炉膛燃烧应处于微负压下进行,炉膛负压一般维持在 -40~-60 Pa 之间,既不会出现烟气外泄的现象,也不会出现漏风系数偏大的情况。负压的波动反映了炉膛排出的烟气量和燃烧产生的烟气量之间的平衡关系,两者相平衡时,炉膛负压保持稳定,当后者大于前者时炉膛负压降低,反之则负压增大。当炉膛的燃烧发生故障或异常时,最先反应在炉膛负压的变化方面。燃烧不稳定时炉内负压产生剧烈波动。实践表明,炉内负压大波动往往是炉膛灭火的先兆。

2.4 燃烧器的调整与运行

2.4.1 燃烧器出口风速和风率的调整

燃烧器保持适当的一、二次风出口风速和风率是建立正常的空气动力场、保持风粉均匀和良好着火条件所必需的条件,对于不同煤种,其相关配风条件如表 3^[5]所示。

表 3 燃烧器的配风条件

名称	无烟煤	贫煤	烟煤	褐煤
一次风出口速度 / (m·s ⁻¹)	20~30	25~30	30~35	25~40
二次风出口速度 / (m·s ⁻¹)	40~50	45~55	40~60	40~60
一次风率 / %	18~20	20~25	25~40	7~30

四角切圆燃烧器的锅炉要求四角的配风风速、风量相差较小,还需保持切圆的稳定性及切圆中心处于炉膛中心,以保证炉内良好的空气动力场,利于燃料在炉内的稳定燃烧。

2.4.2 燃烧器的运行

在负荷允许的条件下,可采用多火嘴、少燃料的运行方式,这样有利于火焰间的相互引燃,便于调节,同时风粉混合较好,火焰充满度也好,燃烧稳定充分,这样有利于燃用挥发分较高的煤种;当燃用挥发分较低的煤种时,则可以考虑采用集中火嘴和增加煤粉浓度的运行方式,使炉膛负荷较集中,有利于新燃料的着火和稳定燃烧。

3 燃烧调整试验结果分析

根据上述的理论分析,对徐塘发电有限公司 6

号锅炉进行了燃烧调整试验,燃烧调整的内容包括变氧量、变二次风配风、变燃尽风等试验,试验负荷均为 300 MW。

3.1 变氧量试验

在变氧量的试验中,进行了 3 个试验工况,运行氧量分别为 2.11%,2.63,2.94%,试验期间合理调整煤粉量的分配,保持一、二次风风速在合理范围,并密切关注炉膛负压的变化,同时保持其他运行参数基本一致。

试验结果(如表 4 所示)表明,运行氧量在 2.1%~3.0%的变化范围,锅炉热效率随氧量的升高而上升显著,NO_x 排放质量浓度(折算到 6%O₂)随氧量升高呈现先快后慢的上升趋势,送、引风机电流随氧量的上升也在不断攀升。该变氧量试验也符合文献[6,7]中锅炉热效率随氧量上升阶段的变化规律。但是,在实际中考虑到氧量升高对主、再热蒸汽减温水流量、风机电耗和 NO_x排放质量浓度带来的负面影响,运行氧量控制在 2.8%左右即可。

表 4 氧量对锅炉性能的影响

项目	1	2	3
氧量 /%	2.11	2.63	2.94
过热蒸汽温度 /°C	539.7	540.4	539.5
再热蒸汽温度 /°C	538.5	540.5	539.6
过热蒸汽减温水流量 / (t·h ⁻¹)	8.2	21.2	25.8
再热蒸汽减温水流量 / (t·h ⁻¹)	0	0	3.8
A/B 送风机电流 /A	33.8/31.8	35.1/32.8	38.4/31.8
A/B 引风机电流 /A	112.4/106.8	114.5/106.1	116.5/106.9
NO _x 排放质量浓度 / (mg·m ⁻³)	639	686	696
灰 / 渣可燃物含量 /%	3.55/4.56	2.53/4.70	1.57/3.24
机械不完全燃烧热损失 /%	2.01	1.39	0.90
排烟热损失 /%	5.76	6.07	6.30
锅炉热效率 /%	92.00	92.33	92.64

3.2 变二次风配风方式试验

在变氧量试验的基础上,进行了变二次风配风方式的试验,运行氧量控制在 2.8%左右,选取的二次风配风方式为均等、倒塔和束腰。试验结果(如表 5 所示)表明,从锅炉热效率和 NO_x 排放质量浓度来看,二次风采用倒塔配风方式都是最优的,但是在该种配风方式下主、再热汽温均较难达到设计值;束腰配风与均等配风相比则互有优缺点,与均等配风相比其锅炉热效率和 NO_x 排放质量浓度均略占优,但存在主、再汽温达不到设计要求的现象。在试验煤种条件下,当只考虑锅炉热效率和 NO_x 排放质量浓度时,可采用倒塔配风;当要兼顾锅炉热效率、NO_x 排

表 5 二次风配风方式对锅炉性能的影响

项目	配风方式		
	均等	倒塔	束腰
过热蒸汽温度 /°C	540.4	528.9	533.7
再热蒸汽温度 /°C	540.5	525.8	529.8
过热蒸汽减温水流量 / (t·h ⁻¹)	29.4	7.9	8.8
再热蒸汽减温水流量 / (t·h ⁻¹)	12.4	0	0
NO _x 排放质量浓度 / (mg·m ⁻³)	686	558	623
灰 / 渣可燃物含量 /%	2.53/4.70	1.98/3.96	2.56/2.92
机械不完全燃烧热损失 /%	1.39	1.18	1.41
排烟热损失 /%	6.07	5.86	5.93
锅炉热效率 /%	92.33	92.71	92.41

放质量浓度和主、再汽温时,可采用束腰配风。

3.3 变燃尽风试验

在变燃尽风试验中,共进行了 3 个试验工况,燃尽风的开度分别为 20%,50%,100%,试验期间保持其他参数基本一致。试验结果(如表 6 所示)表明,燃尽风对过热蒸汽和再热蒸汽汽温影响不大,随着燃尽风的增大,锅炉热效率先增大后减小,NO_x 排放质量浓度呈降低趋势。其主要原因是燃尽风紧挨主燃烧区的上部,燃尽风量增加,保证了锅炉后期燃尽所需的氧气,但过度增加燃尽风量又会导致主燃烧区缺氧从而锅炉热效率下降,因此锅炉热效率会随燃尽风量的增加而呈先增大后减小的趋势,从另外一个角度考虑,燃尽风的存在加强了炉内的分级燃烧,故 NO_x 排放质量浓度随燃尽风量的增加而不断降低。综合考虑,燃尽风开度宜放置在 50%左右。

表 6 燃尽风开度对锅炉性能的影响

项目	1	2	3
燃尽风开度 /%	20	50	100
过热蒸汽温度 /°C	539.0	538.8	539.6
再热蒸汽温度 /°C	538.6	538.3	540.3
过热蒸汽减温水流量 / (t·h ⁻¹)	7.5	4.0	14.8
再热蒸汽减温水流量 / (t·h ⁻¹)	0	0	0
NO _x 排放质量浓度 / (mg·m ⁻³)	619	515	496
灰 / 渣可燃物含量 /%	4.20/3.68	2.36/2.21	4.86/4.02
机械不完全燃烧热损失 /%	1.03	0.57	1.45
排烟热损失 /%	5.75	5.81	5.59
锅炉热效率 /%	92.67	93.06	92.38

4 结束语

根据徐塘发电有限公司 6 号锅炉燃烧调整试验结果,提出如下建议:

(1) 综合 NO_x 排放质量浓度和锅炉效率考虑,建议运行氧量控制在 2.8%附近。

(2) 只考虑锅炉热效率和 NO_x 排放质量浓度时,宜采用倒塔配风;若同时要兼顾主、再汽温时,可

采用束腰配风。

(3) 建议燃尽风门开度宜保持在 50% 左右。

(4) 进行燃烧调整试验,需要把握煤质的特性,根据实际情况,合理调整制粉系统的出力,选取合适的运行氧量、二次风配风方式及燃尽风开度,可在保证较高锅炉热效率的同时,使 NO_x 排放质量浓度在较低水平,从而实现机组在运行过程中的节能减排。

参考文献:

- [1] 李青,高山,薛彦延.火力发电厂节能技术及其应用[M].北京:中国电力出版社,2007.
- [2] 西安热工研究院.发电企业节能降耗技术[M].北京:中国电力出版社,2010.

- [3] 金维强.大型锅炉运行[M].北京:中国电力出版社,2004.
- [4] 黄新元.电站锅炉运行与燃烧调整[M].北京:中国电力出版社,2003.
- [5] 姚文达.锅炉燃烧设备[M].北京:中国电力出版社,2003.
- [6] 宁新宇,梁绍华,岳峻峰.低 NO_x 切向燃烧系统的改造及性能优化试验[J].动力工程,2010,30(7):502-507.
- [7] 岑可法,周昊,池作和.大型电站锅炉安全及优化运行技术[M].北京:中国电力出版社,2007.

作者简介:

史海红(1969-),女,江苏盐城人,工程师,从事火力发电厂技术管理工作。

Combustion Optimization Test of 300 MW Pulverized-coal Boiler

SHI Hai-hong

(Jiangsu Shanghai Power Baling Group Co.Ltd., Yancheng 224001, China)

Abstract: The content, methods of the boiler combustion adjustment test as well as the notes during the adjustment process are introduced in the paper. A series of adjusting tests have been carried out on the No. 6 boiler of Xutang power plant, and the effects of the O_2 concentration in flue gas, the secondary air distribution modes and the OFA damper position on the boiler operation performance are then analyzed. The test results show that energy-saving and emission-reducing can be achieved during the unit operation by setting reasonable operation O_2 concentration, secondary air distribution mode and OFA damper position.

Key words: pulverized-coal boiler; combustion optimization test; energy saving and emission reduction

广 告 索 引

南京供电公司	封面	《江苏电机工程》协办单位	前插 6、7
江苏泰事达电气有限公司	封二	《江苏电机工程》协办单位	前插 8
南京南瑞继保电气有限公司	前插 1	江阴胜源华电高压电器有限公司(黑白)	文前 1
江苏省电力公司江苏省电机工程学会	前插 2、3	江苏帕威尔电气有限公司	封三
江苏省电力试验研究院有限公司	前插 4、5	南京南瑞集团公司	封底

下 期 要 目

- 主变平衡绕组故障以活动差动保护动作的分析
- 计及不确定因素的梯级水电站短期优化调度
- 大型发电机检运中出现的问题分析及处理
- 基于电压比较的牵引供电系统异相短路保护
- 基于实时以太网的 MW 级风电机组电动变桨距系统
- 500 kV 进口合成绝缘子芯棒脆断原因分析及对策
- 基于原对偶解耦内点法的节能减排多目标动态优化调整研究
- 智能配电网 AVC 技术探讨
- 基于微粒群辨识算法的电力负荷综合模型的建模与仿真