

空气预热器排烟温度偏差分析

Analysis of temperature deviation of exhaust flue gas in air preheater

靳军,种西虎,李广伟

JIN Jun,ZHONG Xihu,LI Guangwei

(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:针对某发电厂2台空气预热器出口排烟温度存在较大偏差的问题,通过调取分散控制系统(DCS)历史数据,并对在线数据进行标定,对空气预热器出口烟温偏差问题从烟气侧、空气侧及漏风率等方面进行分析,得出两侧烟温存在偏差的原因,提出解决方案。

关键词:空气预热器;烟温偏差;烟气;漏风率;排烟温度

中图分类号:TK 175

文献标志码:B

文章编号:1674-1951(2019)06-0053-04

Abstract:To address the large deviation of the exhaust gas temperature at outlets of two air preheater in a power plant, historical data of distributed control system(DCS) is retrieved and the online data is calibrated. Analysis on the deviation of gas temperature at outlets is made from flue gas side/air side flue gas temperature and air leakage rate. The reason for the deviation of the flue gas temperature on two sides is obtained, and a solution is proposed.

Keywords:air preheater; flue gas temperature deviation; flue gas; air leakage rate; exhaust gas temperature

0 引言

某发电厂#2机组锅炉型号为B&W B-2090/25.4-M,为超临界参数变压直流炉、一次再热、平衡通风、紧身封闭布置、固态排渣、全钢构架、前后墙对冲燃烧方式、全悬吊结构Ⅱ型锅炉。配有带循环泵的内置式启动系统。设计煤种为中国中煤能源集团有限公司的平朔东露天矿洗中煤。采用中速磨煤机直吹式制粉系统,前后墙对冲燃烧方式,配置英国B&W公司双调风旋流燃烧器及NO_x燃尽风(OFA)喷口。尾部设置分烟道,采用烟气调温挡板调节再热器出口汽温。竖井下设置2台三分仓回转式空气预热器(以下简称空预器)。

1 空预器排烟温度存在问题

#2锅炉运行过程中,#1空预器排烟温度(以下简称烟温)较#2的偏高,最高偏差达20℃左右。

通过调取该机组不同时间段的分散控制系统(DCS)数据,发现在空预器入口烟温相差不大的情况下,2台空预器出口烟温存在较大偏差,空预器烟温偏差见表1。

2 空预器烟温偏差问题诊断

为分析#2机组2台空预器烟温偏差较大的原因,在450 MW工况下对#2机组2台空预器进出口温度场进行标定,分析两侧烟温偏差较大的原因。

通过网格多点取样法测得2台空预器进出口烟温的平均值,并与DCS在线数据显示值(以下简称DCS显示值)进行对比,结果见表2。

由表2可知,2台空预器入口烟温实测值与DCS显示值基本相同。在线测点能够准确反应入口温度值。两侧出口DCS显示值与实测值存在一定偏差,但能定性地表明两侧出口烟温存在较大偏差。

GB/T 10184—2015《电站锅炉性能试验规程》空预器漏风率简化计算方法^[1],依据空取器进出口的漏风系数对#2机组空预器漏风率进行估算,计算结果见表3。

由表3可以看出,#1,#2空预器漏风率均偏大。#1,#2空预器烟气侧压降分别为2 040 Pa和2 100 Pa,远远大于设计值。

3 原因分析

3.1 烟气侧及空气侧影响

#1,#2 2台空预器前的各处烟温及锅炉主、再热

表 1 #1 和 #2 空预器烟温 DCS 在线数据显示值对比

Tab.1 Comparison of online flue gas temperature of No.1 and No.2 air preheaters indicated on DCS℃

负荷/MW	入口烟温			出口烟温		
	#1 空预器	#2 空预器	两侧偏差	#1 空预器	#2 空预器	两侧偏差
301	296.9	296.8	0.1	108.5	99.8	8.7
552	331.9	327.5	4.3	126.5	114.9	11.6
600	337.1	336.4	0.7	133.2	118.7	14.5
600	331.0	330.7	0.4	132.8	108.4	24.4

表 2 #1 和 #2 空预器进出口烟温实测值与 DCS 显示值对比

Tab.2 Comparison of flue gas temperature at outlets of No.1 and No.2 air preheater indicated on DCS℃

项目	入口烟温			出口烟温		
	#1 空预器	#2 空预器	两侧偏差	#1 空预器	#2 空预器	两侧偏差
实测值	320.4	320.2	0.2	120.6	87.1	33.5
DCS 显示值	323.5	322.5	1.0	124.6	95.9	28.7
偏差	-3.1	-2.3	—	-4.0	-8.8	—

表 3 空预器漏风率

Tab.3 Air leakage rate of air preheater

工况	#1 空预器	#2 空预器	设计值
入口氧量/%	3.82	4.12	—
出口氧量/%	5.58	5.67	—
入口过量空气系数	1.22	1.24	—
出口过量空气系数	1.36	1.37	—
漏风率/%	10.31	9.07	—
进口烟气侧压力/Pa	1290	1050	—
出口烟气侧压力/Pa	3330	3150	—
烟气侧压降/Pa	2040	2100	1400

汽温无偏差,且空预器入口烟温基本相同,两侧引风机出力基本无偏差,可消除烟气侧对空预器出口烟温偏差的影响。

空气侧产生的空预器换热烟温偏差,主要是由一次风侧和二次风侧引起。锅炉在 450 MW 负荷时一次风侧和二次风侧参数表见表 4。

由表 4 可以看出, #1, #2 空预器两侧一次风机出口风压、风机电流基本一致,证明两侧一次风不存在流量偏差,不存在一次风量不均导致空气侧换热烟温偏差。空预器两侧一次风阻力基本相等,也不存在空预器通透能力偏差问题,同时空预器出口一次风压基本相等,更证明了这点。但一次风温有 13℃ 以上的偏差,显然是空预器换热效果有问题所致,应是受到空预器本身蓄热能力及二次风侧换热影响。

由表 4 可以看出, #1, #2 空预器两侧一次风机出口风压、风机电流基本一致,证明两侧一次风不存在流量偏差,不存在一次风量不均导致空气侧换热烟温偏差。空预器一次风阻力两侧基本相等,也不存在空预器通透能力偏差问题,同时空预器出口一

表 4 450 MW 工况空预器一、二次风侧参数

Tab.4 Parameters on the primary and secondary air side of air preheater under 450 MW working condition

项目	450 MW 工况	
	#1 空预器	#2 空预器
入口一次风风温/℃	40.9	36.4
入口一次风风压/kPa	9.7	10.0
出口一次风风温/℃	288.8	275.6
出口一次风风压/kPa	7.4	7.5
一次风机电流/A	114.5	114.3
入口送风风温/℃	27.8	-3.7
入口送风风压/kPa	1.3	1.8
出口送风风温/℃	300.9	302.8
出口送风风压/kPa	0.4	0.4
送风机电流/A	76.6	80.0

次风压基本相等,更证明了这点。但一次风温有 13℃ 以上的偏差,显然是空预器换热效果有问题所致,应是受到了空预器本身蓄热能力及二次风侧换热影响。

送风机侧空预器入口风温偏差较大,这是因为 #2 空预器送风机暖风器存在设备缺陷,无法投运。#2 空预器送风侧差压为 1.4 kPa, #1 空预器送风侧差压为 0.9 kPa。2 台空预器一次风差压及烟气侧差压基本相同,空预器两侧阻力相同,对送风侧同样可认为空预器清洁度及通透能力两侧一致,但 #2 空预器送风侧差压较 #1 侧偏大 0.5 kPa。根据流体力学原理,可得 #2 空预器送风机流量大于 #1 空预器送风机流量。而且 #2 空预器送风机电流较 #1 空预器大 3.4 A,也证明了该结论。

由表 4 可以看出,2 台空预器入口一次风温偏

差不大,空预器入口送风温度偏差达到 31℃,空预器旋转方向为烟气→二次风→一次风,2 台空预器出口送风温度基本相同,而空预器出口一次风温度相差 13℃。#2 空预器入口送风温度偏低,带走了烟气中偏多的热量,一次风吸收的热量相对偏少,空预器出口一次风温相对偏低。

通过以上分析可知,暖风器无法正常投运导致空预器入口风温偏低和送风风量偏差均对空预器出口烟温偏差存在影响。下面对暖风器运行状态对空预器出口烟温偏差的影响进行分析。600 MW 负荷工况下空预器,送风机暖风器不同运行状态下空预器出口烟温对比见表 5。

由表 5 可知,2 台空预器入口送风风温基本相同,一次风温基本相同的情况下, #2 空预器送风机电流较 #1 空预器送风机电流偏大 11 A, #2 空预器出口送风侧风温较 #1 空预器出口风温偏高 6.1℃,而 #2 空预器出口一次风温较 #1 空预器出口一次风温偏低 8.5℃。空预器出口烟温偏差 14.5℃。#2 空预器送风机风量偏大,吸收烟气中较多的热量,一次风侧换热量偏小,空预器出口一次风温偏低。因此,两侧送风风量的偏差引起空预器烟温偏差。

而在 #2 空预器送风机暖风器出现故障时,空预器入口送风风温只有 28.3℃,较 #1 空预器入口送风风温偏低 16.1℃, #2 空预器送风机电流较 #1 空预器送风机电流高 11.2 A,2 台空预器出口烟温偏

差达到 24.4℃。暖风器故障进一步加大了两侧空预器的出口烟温偏差。

3.2 空预器漏风率影响

表 3 中,在 450 MW 负荷下,2 台空预器漏风率分别为 10.31% 和 9.07%,漏风率均偏大。

由于漏风会改变空预器换热的条件,所以可能会影响到烟温或热风温度,但不同位置的漏风其影响方式存在区别^[2]。

第 1 种情况为空预器冷端漏风。空预器冷端漏风,此时未加热的冷风直接混入空预器出口的烟气,空预器烟温降低。随着漏风量的增加,风机必须增大出力才能满足锅炉正常燃烧的需求。当空预器冷端泄露风量较小时,冷端漏风对空预器内部的换热过程不会发生影响。当漏风量过大造成热量不足时,会导致空气带走的热量偏少,空预器换热量减小,烟温增加,但与冷风掺入引起的烟温降低值相比,烟温的增加值较小,整体来看,空预器出口的烟温还是降低的。

第 2 种情况为空预器热端漏风。空预器热端发生漏风,此时热空气混入热烟气,烟气量随之增加,流速增大,为了维持锅炉正常燃烧,进入空预器的风量亦增加,风速增大,此时换热量增加。但一部分换热量来自漏入烟气中的热空气加热冷空气。空预器最大换热能力是固定的,随着热空气加热冷空气换热量的增加,烟气加热空气的换热量随之减少,空预

表 5 暖风器不同运行状态下空预器出口烟温对比

Tab.5 Gas temperature at the outlet of air preheater under different operating conditions

项目	600 MW 工况			
	#1 空预器	#2 空预器	#1 空预器	#2 空预器
暖风器运行状态	正常	正常	正常	故障
空预器入口一次风风温/℃	40.3	36.2	41.9	38.1
空预器入口一次风风压/ kPa	11.1	11.3	11.5	11.8
空预器出口一次风风温/℃	297.6	289.1	292.0	278.5
空预器出口一次风风压/ kPa	8.5	8.5	8.6	8.8
一次风温温升/℃	257.3	252.9	250.1	240.4
一次风机电流/A	129.1	124.9	141.9	137.8
空预器入口送风风温/℃	42.8	41.8	44.4	28.3
空预器入口送风风压/ kPa	2.0	2.4	2.0	2.6
空预器出口送风风温/℃	310.3	316.4	305.5	309.7
送风风温温升/℃	267.5	274.6	261.1	281.4
空预器出口送风风压/ kPa	0.7	0.7	0.7	0.7
送风机电流/A	94.3	105.3	100.0	111.3
空预器入口烟温/℃	337.1	336.4	331.0	330.7
空预器出口烟温/℃	133.2	118.7	132.8	108.4
2 台空预器出口烟温偏差/℃	14.5		24.4	

器烟温随之增加。此外,在空预器的热端,热风温度低于热烟气温度,热风混入后,热烟气温度降低,影响传热系数及传热温差,减小传热量,也会引起烟温的增加。

还有一种情况为空预器中间漏风,此时对空预器排烟温度的影响与空预器冷端漏风类似。

#1, #2 2 台空预器漏风率均偏大,但空预器出口烟温存在较大偏差,可能与空预器漏风位置有关,待停机检修时对空预器内部进行检查确认。

4 结论

综上所述,引起空预器两侧出口烟温偏差的主要原因有以下几点。

- (1) #2 空预器送风机出力较 #1 送风机出力大。
- (2) #2 空预器送风机侧暖风器故障,引起空预器两侧烟温偏差进一步加大。
- (3) 空预器漏风率偏大,漏风位置的不同也会引起出口烟温存在偏差。

针对目前空预器的运行状况,建议电厂制定相关的运行及检修措施,具体如下。

- (1) 尽快对故障暖风器进行检修,及时投运,当前环境温度最低可达 -20℃,空预器出口温度已远

(上接第 52 页)

由表 3 可以看出,在拆除一级低温省煤器后,单台引风机电耗下降 250 kW,凝结水泵电耗下降 180 kW,总电耗下降 680 kW,以年利用小时数 4 200 计算,节约成本共 114 万元。

改造后,二级低温省煤器后烟气温度升高 3℃,影响锅炉效率约 0.15 百分点,考虑到由于一级省煤器推出的影响,折算供电煤耗下降约 0.5 g/(kW·h)。每年将增加成本 136.5 万元。

脱硫吸收塔入口温度上升 3℃,补水量稍有增加,但新水的补充也有利于保证石膏的品质,总体而言对成本无明显影响。

综上所述,一级低温省煤器算上维护检修费用 50.0 万元/年(不包含因停炉造成的电量损失),在拆除后每年带来的收益约 27.5 万元。

6 结束语

低温省煤器具有降低烟温,节约能耗的优势,近年来在各电厂的普遍应用。但在应用过程中,低温省煤器的可靠性仍存在较大的限制,甚至造成机组利用率的降低,给机组带来不必要的经济损失。因

远偏离最低空预器冷端综合温度,极易加剧空预器冷端腐蚀,对空预器造成更大的影响。

- (2) 后期停机检修时,可将暖风器更改为旋转式暖风器,提高设备可靠性。

- (3) 暖风器无法正常投运时,在保障机组安全运行的前提下,应尽量降低该侧送风机出力,减少低温风量,增大另一侧送风机出力,进而提高该侧空预器出口烟温。

- (4) 增加在线烟温测点,均匀布置,每侧不少于 3 个测点,提高 DCS 显示值的真实性。

- (5) 停机检修时,应针对当前空预器漏风率偏大的问题进行检修,提高设备可靠性。

参考文献:

[1] 电站锅炉性能试验规程:GB/T 10184—2015. [S].
[2] 张清峰,赵振宁,付俊杰. 变负荷时排烟温度偏差异常增大的分析[J]. 电站系统工程,2013(1):30-32.
(本文责编:齐琳)

作者简介:

靳军(1989—),男,河南南阳人,工程师,从事锅炉节能及诊断方面的工作(E-mail:junj@cpibj.com.cn)。

此,各厂在烟气余热利用中,需结合实际,优化系统设计,做好低温省煤器的设备选型,做好运行优化和防护措施,以保障烟气余热利用设备的可靠性,充分发挥其技术优势,真正起到节能减耗、提高效益的作用。

参考文献:

[1] 刘鹤忠,连正权. 低温省煤器在火力发电厂中的运用探讨[J]. 电力勘测设计,2010(4):32-38.
[2] 王金旺. 火电厂锅炉排烟温度升高对静电除尘器效率影响的探讨[J]. 节能,2013,32(12):30-34.
[3] 刘宇钢,罗志忠,陈刚,等. 低温省煤器及 MGGH 运行中存在典型问题分析及对策[J]. 东方电气评论,2016,30(2):31-35.
(本文责编:齐琳)

作者简介:

叶罗(1988—),男,江西上饶人,工程师,从事火力发电厂集控运行工作(E-mail:yeluo073@126.com)。
吴俊东(1988—),男,江苏泰州人,助理工程师,从事火力发电厂集控运行工作(E-mail:wujd@gdtz.com.cn)。