

660 MW 超超临界锅炉燃烧器改造及优化调整研究

蔡泓铭

(广东红海湾发电有限公司,广东 汕尾 516600)

摘 要:某 660 MW 超超临界锅炉燃烧器运行一段时间后出现严重烧损,通过对燃烧器改造方法分析得到改善侧墙还原性气氛减少腐蚀及避免燃烧器烧损方法,并通过改造后进行热态燃烧优化调整研究,降低运行含氧量,有效降低 NO_x 质量浓度和保证燃烧完全,提高锅炉效率,对同类型锅炉燃烧调整研究有指导意义。

关键词:超超临界锅炉;燃烧器改造;燃烧;优化调整

中图分类号:TK 222 **文献标志码:**B **文章编号:**1674 - 1951(2017)06 - 0037 - 04

0 引言

某 660 MW 超超临界锅炉采用东方锅炉厂旋流燃烧器,运行一段时间后,发现燃烧器中心套筒及一次风喷口烧损严重,且锅炉两侧墙均出现较严重的高温腐蚀。同时选择性催化还原脱硝系统(SCR)入口 NO_x 质量浓度较高。经过分析,发现锅炉两侧墙含氧量较低,形成了还原性气氛,不利于锅炉水冷壁面的安全,且原来燃烧器一次风、二次风扩流锥角度较大,容易造成一次风喷口稳定环烧损。为了保证燃烧器运行的安全性和煤种适应性,以及提高燃烧效率、降低 NO_x 排放,进行了燃烧器改造,本文通过燃烧器改造后的优化调整,分析燃烧器改造的经济性。

1 燃烧器改造方法研究

此锅炉为超超临界参数变压直流炉,燃烧器采用东方锅炉厂改进设计的外浓内淡型低 NO_x 旋流煤粉燃烧器。前后墙布置 6 层燃烧器,主燃区上部一定距离处前后墙布置 1 层燃烬风(OFA)。在满负荷

时,SCR 进口 NO_x 质量浓度达到 450 mg/m^3 (标态),而且停炉检查时发现有燃烧器喷口烧损严重,如图 1 所示。

根据氮氧化物生成机理,影响氮氧化物生成量的因素主要有火焰温度、燃烧器区段含氧量、燃烧产物在高温区停留时间和煤的特性^[1-2],而降低氮氧化物生成量的途径主要有 2 方面:降低火焰温度,防止局部高温;降低过量空气系数和含氧量,使煤粉在缺氧的条件下燃烧。

但如果缺氧的话,锅炉飞灰增加,锅炉效率将会受到影响。既要低氮,又要保证降低飞灰、提高锅炉效率,这对锅炉实际运行调整增加了不小的难度。通常,有一个最佳的运行含氧量和合适的燃烬风率,使得排烟损失和气体、固体未燃烬损失之和最低,锅炉效率最高。

为了增加两侧墙的含氧量,降低 CO 质量浓度,降低还原性气氛下由于 S 离子单独存在而对锅炉两侧墙高温腐蚀的危险,同时为降低脱硝进口的 NO_x 质量浓度,降低燃烧器烧损的风险,对燃烧器进行了

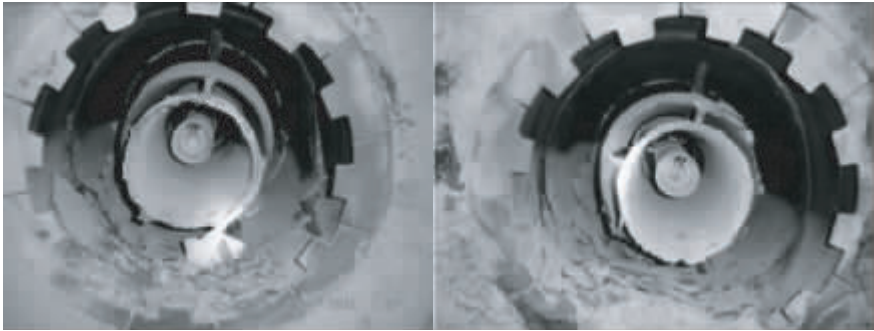


图 1 燃烧器烧损严重

结构;燃烧器一次风扩锥角度由 45° 改为 25° , 二次风扩锥角度由 45° 改为 30° ; 增加 1 层燃烬风, 提高燃烬风率; 对新设计的每只煤粉燃烧器增加空气冷却风系统, 保证燃烧器在停运状态时有可靠的冷却措施。煤粉燃烧器将燃烧用空气分为 4 部分: 即一次风、内二次风、外二次风和中心风。更换后新型 OPCC 旋流煤粉燃烧器的结构如图 2 所示。

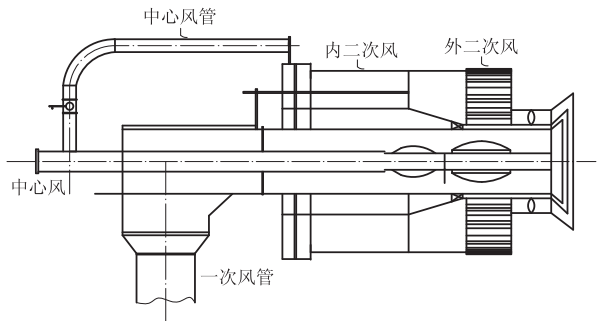


图 2 燃烧器改造后结构

2 燃烧器改造前后 NO_x 质量浓度对比

经过改造前后的实际测量, 在满负荷 660 MW 工况正常运行下, NO_x 质量浓度排放值从 450 mg/m^3 (标态) 左右降低到 250 mg/m^3 (标态) 左右, 低负荷时甚至达到了 150 mg/m^3 (标态) 的水平。这表明, 燃烧器改造后, 降低 NO_x 排放效果十分明显。

燃烧器改造后整个排放水平大幅下降, 主要是以下几方面原因。

(1) 加装 1 层 OFA 风后, 提高了燃烬风率, 强化了沿炉膛高度方向的煤粉分级燃烧, 降低了主燃区的炉温, 有效控制了热力型和燃料型 NO_x 的生成^[3]。

(2) 一、二次风扩流锥改变后, 一方面使煤粉在燃烧器出口提高浓淡分离的程度, 另一方面扩大了烟气回流区, 强化了燃烧。

3 热态试验优化调整研究

虽然更换燃烧器后, 整个 NO_x 排放呈现大幅下降。为了进一步降低 NO_x 排放及探讨更换后燃烧器各风门及层燃风对燃烧的影响特性, 选择在锅炉热态时, 进行优化调整研究。由于 NO_x 质量浓度在 50% 额定负荷工况 (660 MW) 以上基本是线性关系^[4], 因此在高负荷调试更有意义。在额定负荷 660 MW 基础上进行试验, 通过燃烧器内外二次风和含氧量的调整, 分析对 NO_x 质量浓度、飞灰含碳量等参数的影响。

3.1 基础调整分析

为了摸底分析改造后含氧量及 NO_x 、CO 排放的

情况, 进行燃烧器初步调整, 同时初步改善含氧量沿炉宽方向的分布情况, 减少锅炉侧墙的腐蚀。

(1) 调整前基础工况 (工况 1: 更换燃烧器后, 在负荷 660 MW 下, 保持风量 2 200 t/h 左右) 分析。此工况下, 上层 OFA 开度为 50%, 下层 OFA 开度为 100%, A/C/D/E/F 制粉系统运行, A/C/D/E/F 燃烧器层风门开度为 88%, B 层燃烧器层风门开度为 20%。在脱硝进口截面, 沿炉宽方向, 由炉右至炉左取等距离 10 个测点, 测量烟气成分分布, 即运行含氧量、 NO_x 质量浓度、飞灰含碳量。该工况下脱硝进口实测烟气成分如图 3 所示, 折合 NO_x 质量浓度为 254 mg/m^3 (标态)。

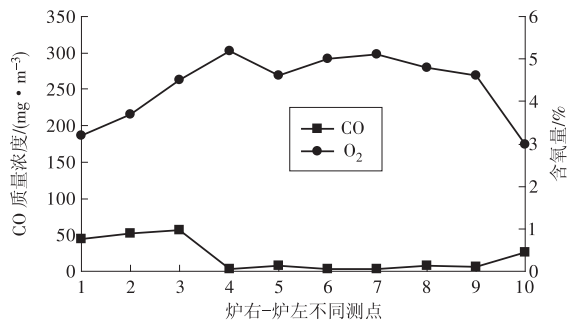


图 3 工况 1 脱硝进口烟气成分

从基础工况的测试数据看, 炉宽含氧量分布呈现出炉膛中间含氧量高、靠侧墙含氧量低的规律, 对应侧墙 CO 质量浓度较中间稍高, 在低含氧量状态下 CO 质量浓度的分布规律将更为明显。下层 OFA 挡板左右侧开度有偏差的状态下, 右侧含氧量最低为 3.00%, 左侧含氧量高为 4.60%。单从左、右侧含氧量追求平衡的角度讲, 左、右侧 OFA 开度最好一致。由于需要对汽温偏差进行修正, 下层 OFA 开度经常偏差较大。运行含氧量偏大, 平均为 4.37%, 总风量为 2 228 t/h, 排烟损失大且风机电耗大。

(2) 在工况 1 下, 将未全开的 OFA 挡板全开, 增加燃烬风率, 并调整上层 OFA 偏转角及下层 OFA 的旋流风, 上层 OFA #1 和 #2 燃烧器向左偏转 15° , 上层 OFA #5 和 #6 燃烧器向右偏转 15° , 并提高两侧下层 OFA 旋流风开度, 此工况为工况 2, 期望提升两侧烟气中含氧量。实测烟气折算 NO_x 质量浓度为 259 mg/m^3 (标态)。炉宽方向含氧量及 CO 质量浓度如图 4 所示。

调整后, 上层燃烬风偏转 15° 对侧墙的还原性气氛改善不明显, 两侧含氧量依然偏低, 虽然整体 CO 质量浓度不高, 但含氧量低的位置 CO 质量浓度较高, 存在局部燃烧不完全的问题, 飞灰也较工况 1 高, NO_x 没有明显变化。说明上层燃烬风在 50% ~ 100% 开度对 NO_x 排放的控制不敏感。

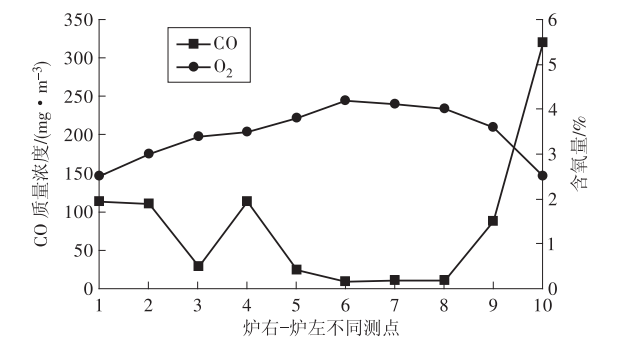


图 4 工况 2 脱硝进口烟气成分分布

(3)降低总风量工况(工况 3)分析。工况 1 和工况 2 运行含氧量偏大,为追求更好的经济效益及 NO_x 排放要求,将总风量由 2 200 t/h 降为 2 000 t/h 左右,配风方式不变,此为工况 3。降低含氧量后,虽然风机电耗下降了,而且降低总风量后 NO_x 质量浓度有所下降,折合 NO_x 质量浓度为 247 mg/m³(标态),含氧量下降后 CO 生成量明显上升,特别是在两侧墙还原性气氛下,CO 质量浓度上升幅度较大,两侧墙的 CO 质量浓度平均达到了 400 mg/m³(标态),个别测点达到 1 000 mg/m³(标态)。飞灰含量也增大了很多,对锅炉效率影响很大,明显不经济,也验证了锅炉燃烧 NO_x 排放和 CO 质量浓度之间的矛盾关系^[5]。

3.2 强化燃烧调整

本节讨论利用调整主燃烧器区域的内外二次风,进行强化燃烧,研究在减低总风量,减低风机电耗的情况下,如何进行强化燃烧调整,减低 CO 质量浓度的排放,保证经济性。

(1)调整外二次风(工况 4)。由于工况 3 的 CO 质量浓度上升幅度大,针对 CO 做了燃烧器外二次风的调整,以期降低 CO 质量浓度,为整体进一步降低总风量和配平烟量分布打基础。燃烧器外二次风调整后开度见表 1(#1 ~ #6 表示每层 6 个燃烧器,下同)。

表 1 工况 4 燃烧器外二次风旋流角度 (°)

燃烧 器层	旋流角					
	#1	#2	#3	#4	#5	#6
A	75	75	75	75	75	75
B	75	40	40	40	40	75
C	75	40	40	40	40	75
D	75	40	40	40	40	75
E	75	40	40	40	40	75
F	75	40	40	40	40	75

调整中间 4 只燃烧器外二次风后 CO 质量浓度明显下降,由 1 000 mg/m³(标态)降低为 100 mg/m³(标态)左右,表明旋流强度增大后卷吸增强,煤粉燃烧速度和强度更大,NO_x 质量浓度有上升趋势,折算 NO_x 质量浓度为 276 mg/m³(标态),脱硝进口烟

气成分如图 5 所示。研究表明,调整外二次风后 CO 质量浓度较工况 3 明显下降,但 NO_x 质量浓度上升明显,而且对侧墙含氧量分布有所改善,但左侧墙含氧量偏低,CO 质量浓度较大,外二次风调小后强化了燃烧但不利于控制 NO_x,飞灰较工况 3 没有明显变化。

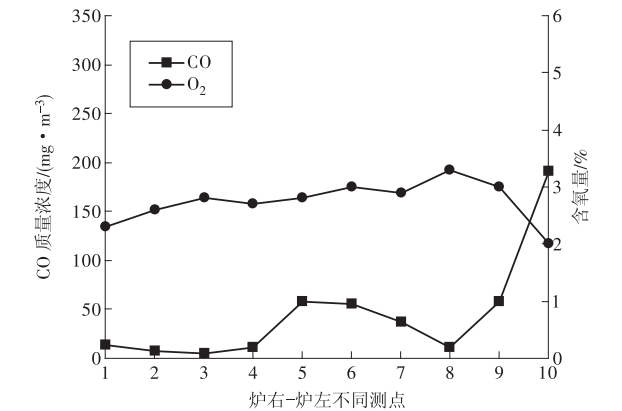


图 5 工况 4 脱硝进口烟气成分

(2)调整燃烧器内二次风工况(工况 5)分析。将燃烧器内二次风门调小以期望弱化初期燃烧降低 NO_x,本文通过调整内二次风拉杆长度来调节内二次风门开度,具体数据见表 2,调整后 CO 质量浓度回升,实测烟气成分如图 6 所示。

表 2 调整内二次风拉杆长度 mm

燃烧 器层	拉杆长度					
	#1	#2	#3	#4	#5	#6
A	100	100	100	100	100	100
B	100	50	50	50	50	100
C	100	50	50	50	50	100
D	100	50	50	50	50	100
E	100	50	50	50	50	100
F	100	50	50	50	50	100

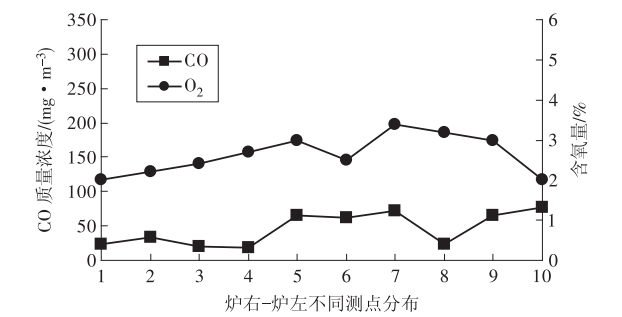


图 6 工况 5 脱硝进口烟气成分

调整燃烧器内二次风后折合 NO_x 质量浓度回升到工况 3 水平,为 249 mg/m³(标态)。从变化趋势看,CO 质量浓度有所上升,但幅度较小,且能保持工况 3 的锅炉两侧含氧量及 CO 质量浓度分布较均匀的效果。关小内二次风门后风机出口压力约上升

30 Pa,表明有一定的节流效果。

关小了中间 4 个燃烧器的内二次风后,降低了直流二次风对火焰的穿透力,降低了火焰温度,减少了热力型 NO_x 的生成,而且更进一步提高了旋流外二次风量,保持燃烧的强化,CO 质量浓度提高幅度可忽略不计,飞灰含碳有所降低。

4 结论

(1)改造后 NO_x 质量浓度下降明显,可以控制在 240 ~ 260 mg/m³ (标态)之间,飞灰含碳量低(低于 1.5%)。说明燃烧器的扩流锥改变,在增加回流区强化燃烧、提高燃烧效率的情况下,能进一步促进煤粉的浓淡分离和降低主燃区温度,有效地抑制了 NO_x 的生成。

(2)从工况 1 与工况 3 的对比看,含氧量对 NO_x 的影响符合热力型 NO_x 生成规律,降低含氧量后 NO_x 质量浓度下降。

(3)根据工况 4 的结果看,燃烧器外二次风的旋流强度对 NO_x 和 CO 的质量浓度影响明显,燃烧器外二次风角度减小,旋流强度增大,强化燃烧,CO 质量浓度趋于好转,而 NO_x 质量浓度上升。

(4)从飞灰及 CO 测试结果看,日常运行含氧量稍大,660 MW 时总风量控制在 2 100 t/h (含氧量 3.0% 左右)较合适,可减小排烟损失 0.4%,且降低厂用电率。



(上接第 16 页)

3.3 #12, #13, #17, #21 机组偏航系统正常

主要表现:错风角处于 -10° ~ +10° 之间,平均值基本均为 0°,标准差在 6° ~ 8° 内,偏航对风性能基本正常。

4 结论

为解决风电场在实际风电机组出质保验收或运行过程中,基于功率曲线的考核评估较难准确实现的问题,提出了一种利用激光雷达测风仪测风数据,并结合风电机组 SCADA 系统运行数据进行 SCADA 系统风速校正,实现全场风电机组功率曲线考核的方法。利用此方法可以快速查找出全场机组运行功率曲线较差的机组,并进一步针对其运行性能重点分析,挖掘问题存在的原因。采用该方法对某风电场 22 台机组的功率曲线及运行性能进行了评估,结果表明:22 台机组中, #12, #13, #17, #21 等机组功率曲线较差,机组运行性能表现异常,存在一定的性能优化提升空间。该方法评估准确、简单、实用,为

(5)由于上层直流 OFA 偏转角度以及主燃区外二次风的调整,可以有效改善两侧墙的还原性气氛,可以有效抑制侧墙的腐蚀,但因为受上层 OFA 偏转角度以及外二次风调整幅度限制,难以做到使两侧墙保持与中心一致的含氧量分布,下一步可以考虑增加侧墙燃烬风。

参考文献:

[1]袁镇福. 电站锅炉原理[M]. 北京:中国电力出版社, 1997.

[2]高小涛,黄磊,张恩先,等. 1 000 MW 机组锅炉氮氧化物排放影响的试验研究[J]. 热能动力工程,2010,25(2): 221 - 225.

[3]胡志宏,杨兴森,王军,等. 1 000 MW 超超临界锅炉燃烧优化调整[J]. 锅炉技术,2008,39(4):42 - 46.

[4]高继录,邹天舒,李志山,等. 1 000 MW 机组神华煤掺烧霍林河褐煤的试验研究[J]. 动力工程学报,2012,32(6):430 - 434,475.

[5]王学栋,梁涛,程林,等. 锅炉燃烧调整对 NO_x 排放和锅炉效率影响的试验研究[J]. 动力工程,2008,28(1):19 - 23.

(本文责编:刘炳锋)

作者简介:

蔡泓铭(1984—),男,广东潮州人,工程师,工学硕士,主要从事电厂热力设备优化运行研究(E-mail: caihm01@163.com)。

风电机组运行性能考核评估提供了一种客观、便捷的考核方法。

参考文献:

[1]罗茂辉,苏迎彬. 风力发电机组运行安全分析与控制措施[J]. 华东科技(学术版),2016(5):193 - 193.

[2]刘靖武. 关于风电机组运行维护技术的探讨[J]. 引文版:工程技术,2016(6):30 - 31.

[3]尹子栋,付德义. 激光雷达测风仪在风电机组功率曲线测试中的应用研究[J]. 可再生能源,2013,31(4):100 - 106.

[4]Wind turbines - Part12 - 1: power performance measurements of electricity producing wind turbines: IEC 61400 - 12 - 1—2005[S].

[5]风力发电机组 功率特性测试:GB/T 18451.2—2012[S].

(本文责编:白银雷)

作者简介:

付立(1988—),男,河南永城人,工程师,工学硕士,从事新能源发电研究、评估等方面的工作(E-mail: li - fu@chder.com)。