

回转式空气预热器的堵灰及处理

王灿耿

(浙江镇海发电有限责任公司)

摘要: 对回转式空气预热器的堵灰现象进行分析, 从而找出造成回转式空气预热器换热元件堵灰的主要原因是积灰、低温腐蚀、吹灰器吹灰效果不佳, 针对空气预热器换热元件堵灰的原因制定出有效的技术措施并进行实施, 取得了一定的效果, 使空气预热器能安全经济的运行。

关键词: 空气预热器 堵灰 措施 效果

0 前言

镇海发电有限责任公司的#3—#6 炉为东方锅炉厂生产的 DG—670/140—8 型超高压、一次中间再热、单汽包自然循环、固态除渣煤粉炉。原锅炉配有东方锅炉厂生产的管式空气预热器, 因原管式空气预热器运行时漏风严重且检修时工作量大。于 2001 年 12 月将#4 炉管式空气预热器改造为豪顿华公司生产的 26.5VN1770 二分仓回转式空气预热器。并于 2002 年 12 月和 2003 年 12 月相继对#6 炉、#3 炉的空气预热器进行了改造。改造后的豪顿华 26.5VN1770 回转式空气预热器的主要技术参数如下:

换热面积: 15684m^2 (共分二层, 热端元件高度 1200mm, 冷端元件高度 570mm)

总重: 180 吨 (#4 炉), 195 吨 (#6 炉、#3 炉)

热端压差: 4.29kPa (#4 炉), 4.8kPa (#6 炉、#3 炉)

进口烟温/出口烟温: $333^{\circ}\text{C}/142^{\circ}\text{C}$

进口风温/出口风温: $35^{\circ}\text{C}/311^{\circ}\text{C}$ (#4 炉), $50^{\circ}\text{C}/307^{\circ}\text{C}$ (#6 炉、#3 炉)

空气预热器阻力: 烟侧 1.10kPa, 风侧 0.62kPa

空气预热器转子转速: 1.37rpm

空气预热器器水洗转速: 0.68rpm

空气预热器外壳高度: 2340mm

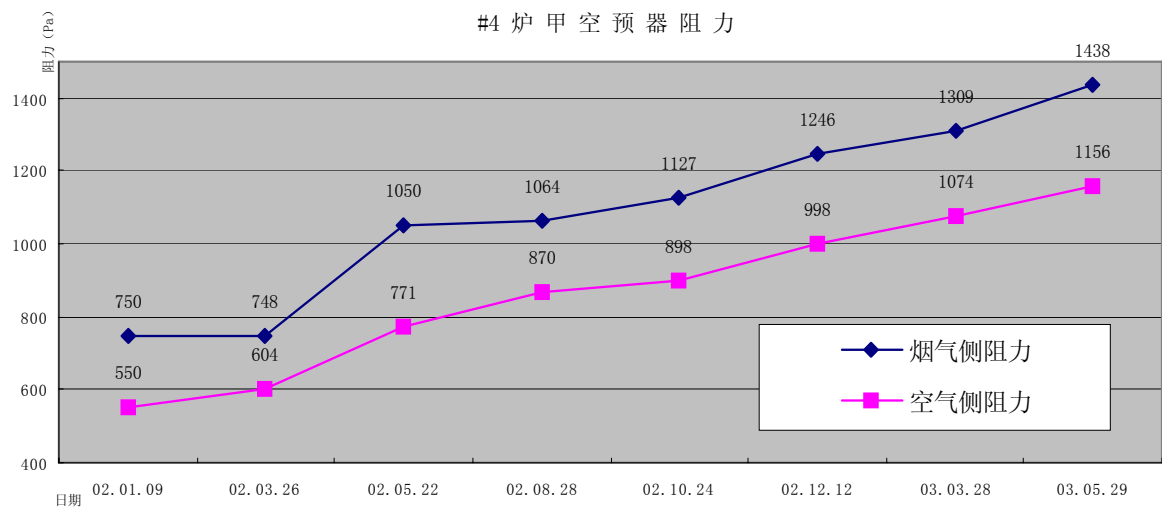
空气预热器漏风率: 小于 7.0%

经过改造后, 空气预热器总体运行情况较好, 空气预热器运行平稳, 电机电流正常, 空气预热器的漏风率有较大幅度下降 (漏风率基本保持在 7.0%以下), 取得了较好的经济效益。

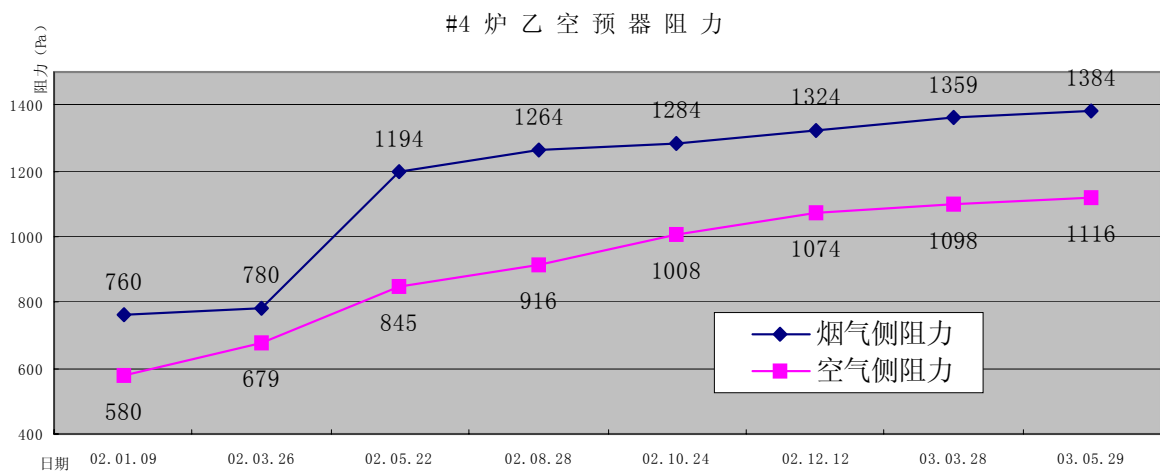
1 空气预热器的堵灰及机理

#4 炉回转式空气预热器从 2001 年 12 月大修改造后运行至 2003 年 5 月底的第一次小修, 连续运行将近 18 个月。但随着运行时间的增加, 空气预热器的烟风侧阻力慢慢上升 (见表一、表二,

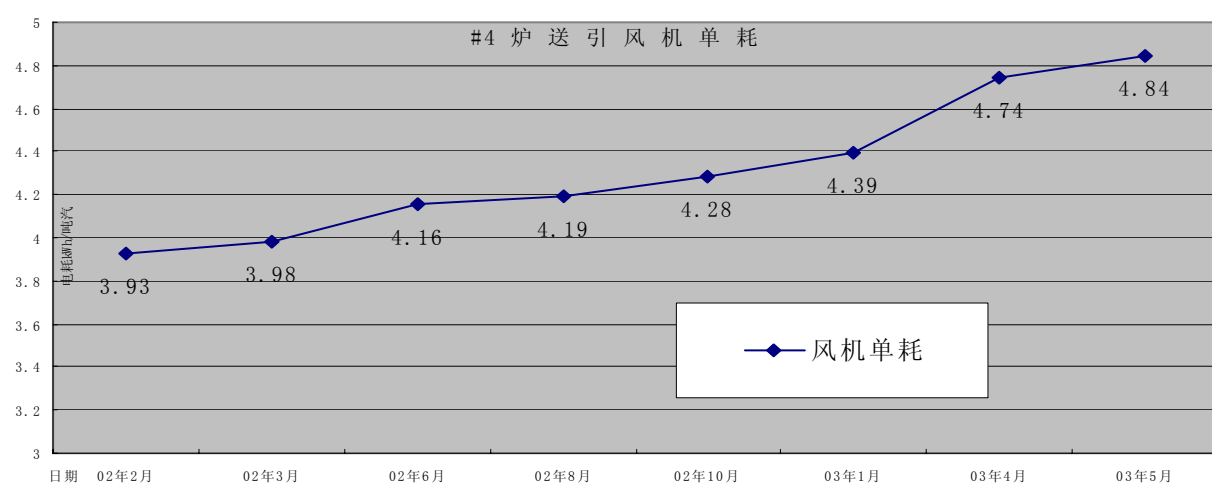
风侧阻力包括暖风器阻力)。其中空气预热器烟侧阻力从760Pa上升到1400Pa左右,上升将近100%,已超过空气预热器的设计烟侧阻力;风侧阻力从580 Pa 上升到1140Pa 左右,也上升将近100%。其间虽对回转式空气预热器吹灰器的吹灰频率进行了调整(从每班一次增加到每班二次),但效果不甚理想。对回转式空气预热器烟风侧阻力的上升情况进行分析,认为是由于空气预热器换热元件的堵灰,造成流通面积减少、流通阻力增大所致。另外,由于空气预热器烟风侧阻力的上升,为了保证锅炉正常燃烧所需的风量,必然使锅炉送风机出口风压升高,致使空气预热器的热端压差升高到4.6kPa 以上,超过了空气预热器的热端压差设计值,从而使空气预热器的漏风率有较大上升。随着空气预热器积灰的增加,不但引起空气预热器烟风侧阻力的上升,而且还使锅炉运行时送风机、引风机的风机单耗上升(见表三),送引风机的电耗从最初的3.93 千瓦时/吨汽上升到2003 年5 月份的4.83 千瓦时/吨汽,已经严重影响到回转式空气预热器及锅炉的正常经济运行。



表一



表二



表三

在 2003 年 5 月 31 日开始的#4 机组小修中，对#4 炉甲乙回转式空气预热器进行了检查，检查中发现空气预热器热端换热元件正常，无堵塞和明显磨损现象；但空气预热器冷端换热元件堵塞严重，并且有局部腐蚀现象，因而引起空气预热器运行时烟、风侧阻力大幅度上升。检查中还发现空气预热器下部径向密封压板磨损严重，密封片局部磨损，空预器转子径向隔板局部有磨损现象，产生空气预热器径向密封片及压板等磨损的主要原因是由于空气预热器换热元件堵塞，致使烟气流速大幅度提高而磨损加剧，再加上空气预热器换热元件与转子隔仓之间有一定间隙（约 7mm 左右），形成局部烟气走廊加剧了磨损。

引起空气预热器堵塞的原因比较多，但主要是有以下几个原因引起。一是积灰，因为空气预热器换热元件波形板间通道比较狭窄，因而使烟气中的飞灰比较容易沉积在换热元件中，此部分积灰一般为松散结构，其积聚情况与烟气流速有关；又因为烟气中的灰粒是一种宽筛分组成，其直径多数在 10--30μm 之间，携带有灰粒和未完全燃烧颗粒的烟气流过空气预热器换热元件时，进行撞击及切削，使原本光滑的表面出现凹坑，使得飞灰更易在换热元件上积聚。二是换热元件冷端的低温腐蚀，众所周知，煤中的硫燃烧后形成二氧化硫，在过量空气情况下其中一部分二氧化硫进一步氧化为三氧化硫，三氧化硫与烟气中的水蒸汽结合成为硫酸蒸汽，在空气预热器换热元件上凝结下来，就会对空气预热器换热元件波形板表面产生严重腐蚀作用。因理论计算烟气酸露点公式为 $t_l=t_{sl}+201\sqrt{\frac{S_{zs}^Y}{1.05}\alpha_{fh}A_{zs}^r}$ （其中 t_{sl} ：水蒸汽分压力下的结露点； S_{zs}^Y ：应用基燃料折算硫分； α_{fh} ：飞灰影响系数； A_{zs}^r ：应用基燃料折算灰分），经计算后的烟气酸露点为 73℃。而据豪顿华公司提供的参数：额定工况下空气预热器冷端换热元件的设计最低壁温为 76.7℃（此温度随着空气预热器的旋转而动态变化的），大于烟气的酸露点，但在锅炉低负荷燃烧时（130MW 左右时），空气预热器出口烟温下降至 118℃左右，使空气预热器冷端换热元件的最低壁温低于烟气酸露点，极易产生低温腐蚀，从而又使空气预热器换热元件积灰加剧。另外，在锅炉开停机投油抢助燃时，因助燃油不充分燃烧使一部分未燃尽物积附在空气预热器换热元件上，在空气预热器换热元件表面形成一层油性的粘附层，使换热元件表面极易积灰。当空气预热器换热元件积灰后，如空气预热器吹灰不及时或吹灰效果不佳，则使空气预热器换热元件堵塞日趋严重。

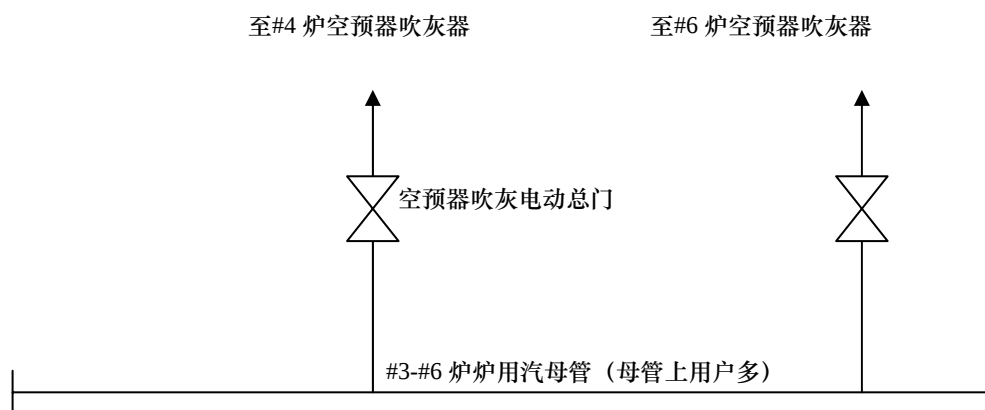
2 空气预热器堵灰采取的措施

根据#4 炉空气预热器换热元件的堵塞情况,决定对空气预热器的换热元件进行清洗。在小修中,委托北京华源公司对#4 炉空气预热器换热元件进行化学高压清洗,即首先对换热元件上的结垢进行化学浸泡疏松,然后用高压水进行清洗,最后对换热元件表面进行膜化处理。经过清洗后,换热元件上的结垢基本清理干净,冷态试验时,其烟风侧阻力值已降低到安装时的阻力值(烟气侧阻力 0.75kPa,空气侧阻力 0.62kPa)。

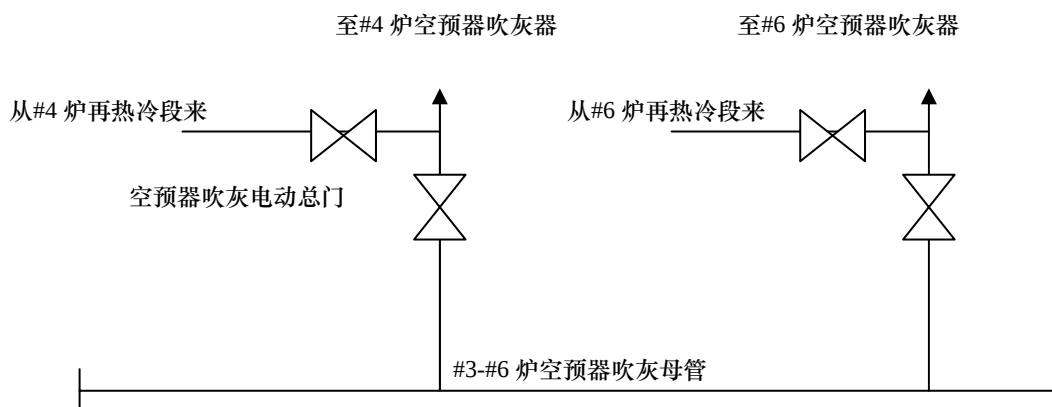
对空气预热器换热元件进行化学高压清洗后,只是暂时解决了空气预热器换热元件的堵塞现象,还必须采取其它措施以减轻或减缓空气预热器换热元件运行中的积灰速率,主要采取的措施有以下几条:

措施一:为了减轻空气预热器冷端换热元件腐蚀现象,其中一个方法是提高空气预热器冷端换热元件的壁温,而冷端换热元件的壁温与空气预热器的冷端综合温度成正比(空气预热器的进口风温+空气预热器出口烟温),采取的措施就是提高空气预热器的进口风温。因而在#6 炉空预器改造中,已将暖风器出口风温从原设计的 35℃提高到 50℃,并准备在以后的检修中,对#4 空气预热器进口暖风器加以改进,以提高暖风器的出口风温。

措施二:因原#4 炉空气预热器吹灰器的吹灰蒸汽取自炉用汽母管(图一),但炉用汽母管上用户多,再加上管路较长散热损失较大,故正常运行时吹灰蒸汽温度仅有 250℃ (1.5MPa),其蒸汽过热度只有 52℃左右,过小的吹灰蒸汽过热度对空气预热器的吹灰效果影响较大。为了提高空气预热器吹灰蒸汽温度及过热度,故单独布置一条空气预热器吹灰蒸汽母管,与原炉用汽母管分开。对空气预热器吹灰蒸汽还采用双路供汽,一路汽源取自空气预热器吹灰蒸汽母管,一路汽源取自本炉的再热蒸汽冷段(图二)。机组开停机时使用吹灰蒸汽母管汽源,正常运行时使用本炉再热蒸汽冷段汽源。经过管道改造后,现空气预热器吹灰蒸汽温度能达到 295℃ (1.9MPa),其蒸汽过热度提高到 85℃ (与理想的 130℃ 过热度还有一定的差距,有待于进一步改进)。



图一



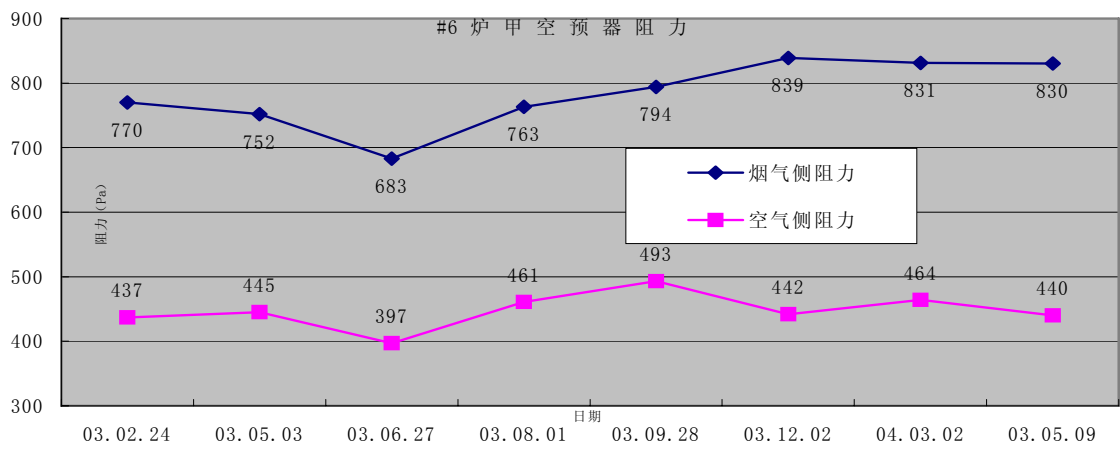
图二

措施三：分析认为原#4 炉空气预热器吹灰器吹灰效果不佳的原因，除了过低的吹灰蒸汽过热度外，还有一个重要原因是吹灰蒸汽量不足。因原#4 炉空气预热器吹灰器的蒸汽量为 68kg/min，不能有效清除空气预热器换热元件表面积灰，故将#6 炉空气预热器吹灰器的蒸汽量提高到 110kg/min(因费用及工期原因#4 炉空气预热器吹灰器将在以后检修中改进)。同时，因原空气预热器吹灰蒸汽母管疏水采用时间控制，运行中疏水时间不易掌握。如疏水时间过长浪费蒸汽，疏水时间过短则不能疏尽母管中积水，影响到吹灰的效果。故将管道疏水原采用的时间控制改为疏水温度控制，确保疏尽吹灰蒸汽母管里的存水，即控制疏水温度及疏水温度与母管进汽温度的差值二个指标，只有这二个温度均达到规定值，才可进行空预器吹灰。

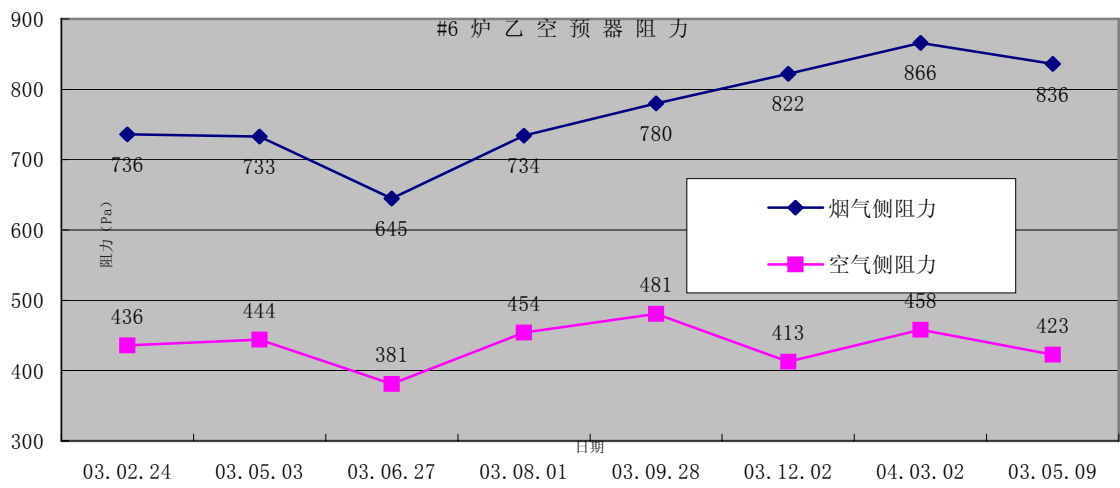
措施四：因为空气预热器换热元件表面的积灰与烟气流速有很大影响，则选择合适的烟气流速将在基本不增加磨损的情况下大为改善空气预热器换热元件表面的积灰。在#6 炉空气预热器的改造中，为了将空气预热器改为“三密封”设计，加大了扇形板等的面积（外端宽度从 1212 mm 增大到 1834 mm），因而减少了烟气的流通面积，将空气预热器的烟气流速从 11.08m/s 提高到 11.61m/s，使空气预热器换热元件表面的积灰速率减缓。

3 空气预热器改进后的效果

#6 炉空气预热器改造中，针对#4 炉空气预热器出现的情况，采取了上述的几条措施后，在#4、#6 炉空气预热器运行工况基本相同的条件下，空气预热器换热元件的积灰情况大大好转，#6 炉空气预热器从 2003 年 12 月大修改造后运行至 2004 年 4 月份，连续运行将近 16 个月后烟风侧阻力上升幅度不大（见表四、表五），证明对空气预热器的改进对减缓换热元件的积灰获得了初步成功。



表四



表五

3 结束语

回转式空气预热器是锅炉的重要组成部分，它能否正常经济的运行直接关系到锅炉的正常工作 and 经济性，而影响到回转式空气预热器正常运行的一个主要因素是空气预热器换热元件的积灰，因而必须制定出切实可行的、有效的能减轻回转式空气预热器换热元件积灰的措施，上文所述的几条措施在实际中显示出一定的成效，下一步打算在回转式空气预热器换热元件的板型及材料方面作一些改进，以防止空气预热器换热元件的积灰。