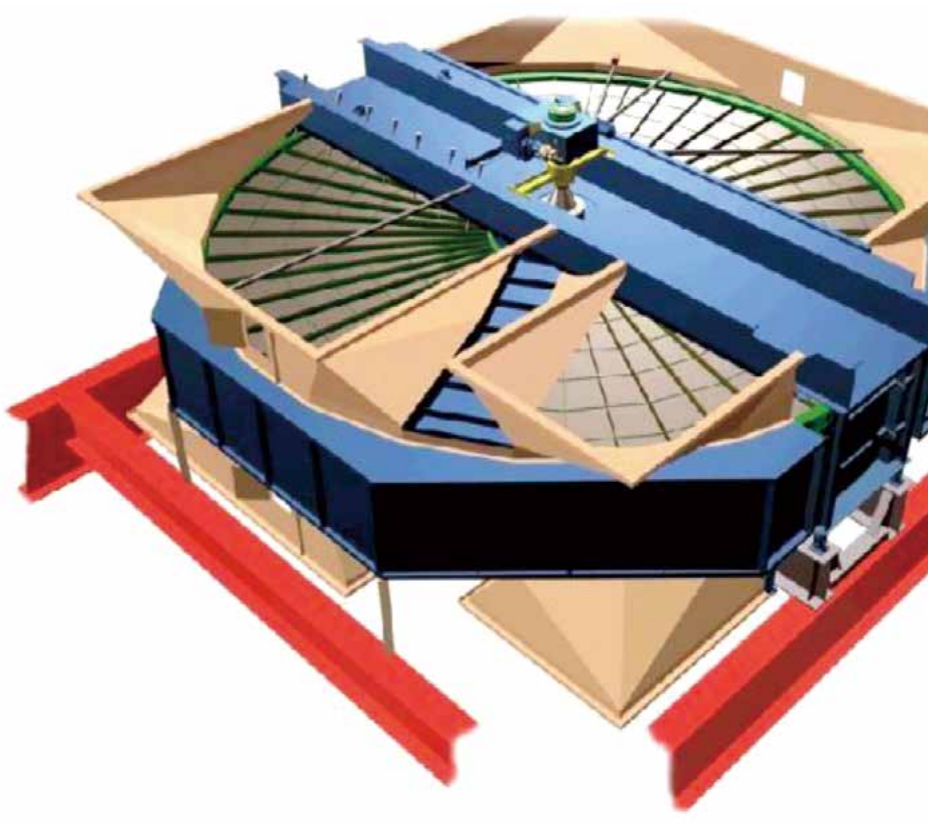
一种新型空预器漏风治理新方案

文/张建华　江苏透平电力技术有限公司



一、空预器漏风的由来

火力发电企业都会配套有空气预热器，尤其是机组大于100MW的机组，大都配套有回转式空气预热器，空气预热器是一个热交换设备，主要是利用锅炉燃烧后的高温烟气来预加热送入炉膛参与燃烧的空气，其结构是一个连续旋转的圆柱形筒体。

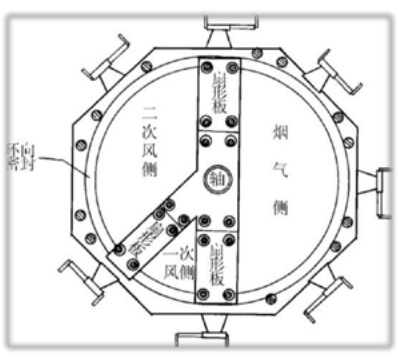


图1　空气预热器俯视图

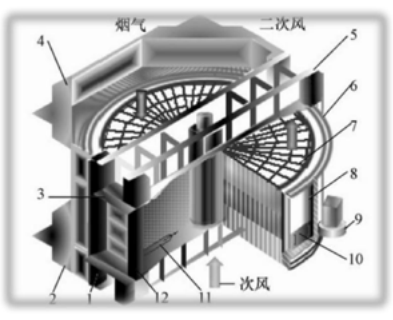
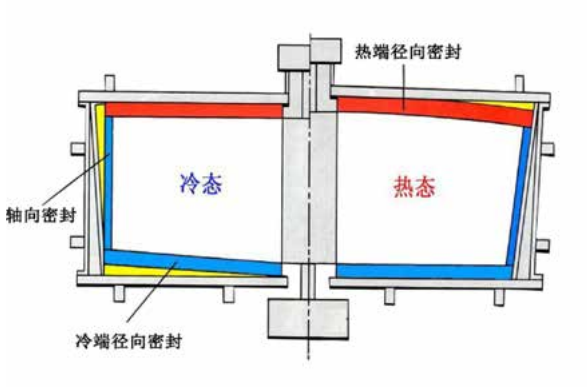


图2　空气预热器结构图

径向方向被均分为24–48个仓格，仓格内装满了蓄热原件，高温烟气自上而下流经空预器，将内部蓄热元件加热，空气自下向上通过预热器，吸收蓄热元件表面的热能，使空气加热到350℃左右进入炉膛参与燃烧。为了防止预热后的热空气不再漏入烟气侧，造成热能损失，空预器配有三向密封片。由于空预器的漏风率是衡量设备运行性能的一个重要指标，漏风率的大小直接影响发电煤耗和燃烧效率，为了降低漏风率，都会对密封系统进行升级优化。在空预器的三向密封中，径向密封对漏风率起到70%以上的作用。传统径向密封都是采用的刚性硬密封片，在冷态检修安装时，即使将密封间隙控制在最小值，由于空预器冷、热态温差超过200℃，冷、热端钢结构膨胀量不一致，转子受热后也会发生“蘑菇状”变形，冷态安装的三向密封间隙都会发生变化，尤其是热端径向外侧会产生高度20–50mm的漏风间隙。



●热端外侧径向最大变形间隙 ◆300MW—20–30mm ◆600MW—35–45mm ◆1000MW—45–60mm

图3　热态下转子冷热端变形量

转子尺寸越大“蘑菇状”变形越大，就会产生严重的漏风，尤其空气侧压力大于10KPa，烟气侧是负压，空气就会通过变形间隙大量漏入烟气侧，造成助燃的空气量不足，影响锅炉燃烧效率低下，甚至影响机组负荷，为了维持正常燃烧，运行人员会不断增加三大风机的出力，又会造成厂用电损耗加大。

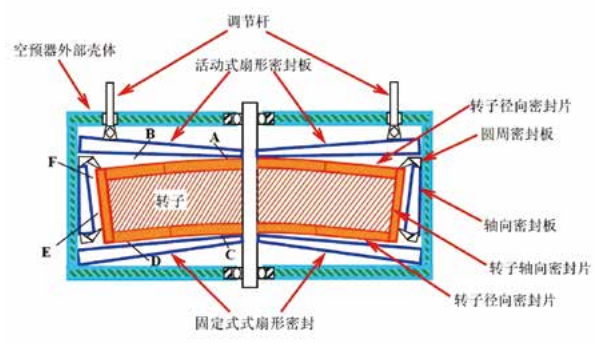


图4　空预器三向密封示意图

主机厂家也曾经设计有扇形板自动跟踪装置，但目前跟踪技术很不稳定，无法在高温烟尘较大的环境下长期稳定运行，会导致控制失灵甚至漏风更大，目前都选择甩开控制系统，将扇形板固定在某一位置。在扇形板无法跟踪的情况下，传统刚性密封片无法补偿“蘑菇状”变形后的漏风间隙，漏风率指标会处在较高的数值。

二、空预器漏风率大的坏处

1.增加发电煤耗

对于300MW机组，“空气预热器漏风率每增加（减少）1%，发电煤耗率增加（减少）0.20g/kWh。”

——出自《火力发电厂节能评价与能源审计手册》

2.增加热能损失

漏风率大，会使加热后的热空气漏入烟气侧，造成热能损失，空预器冷端漏风大，会造成“送风通道短路”造成送风量不足，降低了冷端的温度，加剧冷端堵塞，严重影响燃烧效果，降低了锅炉的热效率。

3.增加三大风机电耗

“根据电力学会对多台300MW机组工程研究表明，空气预热器漏风率每下降1%，对应使用6.3kV三相电源的三大风机总电流下降5%–8%。”

空预器漏风若减少，引、送、一次风机运行电流下降，尤其是一次风机、引风机电流下降较为明显，引、送、一次风机节电能力效果显著。

4.增加维护费用

空预器漏风率大，势必会造成密封片风蚀严重，每年至少需要更换一次密封片，每单台炉需要更换密封片的费用约30万元。

漏风率大还会使烟气温度降低，尤其在冷端容易引起低温结露，从而引起低温段堵灰、腐蚀，增加维修和冲洗成本，严重时还会影响设备寿命。

5.增加非计划停运次数

滚动密封不仅空预器漏风率低，对扇形板几乎没有磨损，设备就减少了腐蚀、风蚀、堵灰、扇形板维修更换等不安全因素，同时也减少了非计划停运的次数。

三、新型滚动式柔性密封的优点

1.弹性补偿范围大

现有技术中，空气预热器柔性密封的最大补偿量一般不超过25mm，不能完全弥补大型空气预热器由冷态至热态所形成的变形间隙。较现有产品，该产品在间隙补偿特性方面有了较大幅度的性能提升，最大补偿量可达70mm。

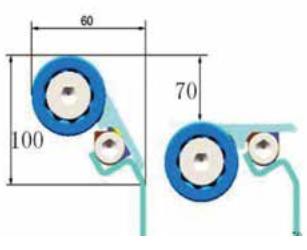


图5 柔性密封板的最大补偿量

（1）滚动接触不磨损扇形板

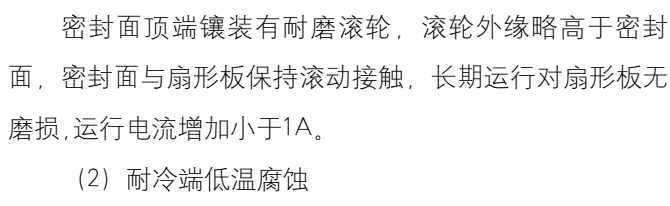


图6　滚动式柔性密封结构

密封面顶端镶装有耐磨滚轮，滚轮外缘略高于密封面，密封面与扇形板保持滚动接触，长期运行对扇形板无磨损，运行电流增加小于1A。

（2）耐冷端低温腐蚀

脱硝后空预器冷端腐蚀和堵灰都较严重，普通钢材根本无法避免低温腐蚀，过早的出现吹损和脱落现象，目前在用的密封产品存在严重的低温腐蚀、芯轴因腐蚀生锈，造成卡死现象，给机组带来安全隐患。

本产品整体采用耐腐蚀不锈钢材质，超强的耐腐蚀材质耐高温性能，可以在腐蚀性较大的环境里，长期稳定使用，产品使用寿命可达8–10年。

浸泡溶液	耐蚀材料		浸泡时间	重量损失率（腐蚀程度）
	材质	厚度		
1%硫酸溶液	考登钢	3mm	48h	3.44%
			7天	3.70%
			30天	5.70%
	不锈钢304	2mm	48h	0.00%
			7天	0.00%

（3）可以实现正反转

在扇形板侧面安装引导角，可以实现正反方向安全平稳转动，在发生卡停事故时，可以反转排除。

（4）漏风率低

目前产品已有数十台成功改造业绩，改造后漏风率小于5%，运行电流几乎无变化，应用效果成熟稳定.

四、改造后经济效益估算

1.某电厂300MW炉改造收益，设定如下条件：

（1）改造前机组漏风率9.5%，改造后降为4.5%。

（2）“空气预热器漏风率每增加（减少）1%，发电煤耗率增加（减少）0.20g/kWh。”

（3）多台300MW机组工程经验表明，空气预热器漏风率每下降1%，对应使用6kV三相电源的三大风机总电流下降8.5–11A（此处按15A计算，两台预热器按30A计算，且功率因素取 0.85）；

（4）标准煤单价：1000元/吨（标煤7000KJ）；

（5）机组年利用小时：5500小时/年；

（6）平均上网电价：0.35元/ kWh。

2．节煤＝300MW×5500h／年×（9.5－4.5）×0.2×10^{-6}t/kWh×1000元/t=165万元/年

3.节电=15A×6.3kV×$\sqrt{3}$×0.85×5500h/年×(9.5–4.5)×0.35元/kWh×2台=267.8万元/年。

300MW 机组空预器密封改造直接经济收益=节煤收益+节电收益=165+267.8=432.8万元/年

4.结论：

根据以上计算，预计半年内收回成本。本次改造直接收益按照一个大修周期6年计：共节约资金=432.8×6=2596.8万元。

图7 滚动式柔性密封安装效果图