

烟气轮机气封片磨损转子主轴 原因分析及改进措施

杨俊, 韦正宗, 张云杰

(甘肃省渤海装备兰州石油化工机械厂, 甘肃 兰州 730060)

摘要:介绍了烟气轮机气封原理结构,分析了主轴出现磨损现象的原因,提出了防止转子轴破坏的措施。通过改进,在运行过程中,有效地保护了转子轴,延长路转子主轴的工作寿命,降低了维修成本,提高了维修效率。

关键词:烟气轮机; 主轴磨损; 原因; 改进措施

中图分类号:TK140

烟气轮机是炼厂催化裂化装置核心机组——主风机组的关键设备,其结构为轴向进气、垂直向上或向下排气,转子采用悬臂结构,通过介质为含有少量催化剂的高温烟气,高温烟气通过烟气轮机膨胀做功驱动转子输出机械能。

1 气封片磨损转子主轴原因分析

1.1 烟气轮机气封结构

由于通过烟气轮机的介质是高温烟气,因此悬臂转子前轴径前端处设有冷却密封系统,该系统的主要作用是密封壳体内流动的高温烟气,防止高温烟气泄漏,同时大量蒸汽的流动也起到冷却转子的作用,使得转子气封以后部位的温度明显低于前端,保证转子支撑部位的温度,以便支撑滑动轴承能够顺利工作。

烟气轮机气封组装的主要结构如图1所示,从进气口A通入过热蒸汽作为主密封,从进气口C通入非净化空气作为辅助密封,以增加密封效果。大部分的水蒸汽经过密封齿进入机壳,少部分蒸汽,大部分非净化空气以及少量的泄漏烟气通过抽气口B排除,少部分非净化空气从辅助密封端面漏出。在正常情况下,该密封系统有效的起到了密封烟气、冷却转子的作用。

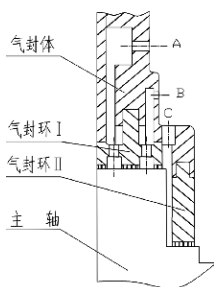


图1 气封结构

1.2 气封片磨损转子主轴的主要原因分析

烟气轮机采用悬臂转子结构,轴承箱体单独固定到底座上,起支撑转子的作用,壳体通过自身的四个支耳与底座相联接,气封组装固定在壳体上,在正常情况下,按照设计考虑,气封组装和转子的相对位置的变化都在间隙容许的范围之内,因此两者的间隙是可以保证的。在非正常状况下,如果该间隙无法保证,摩擦就会出现,如图2所示。导致间隙无法保证的原因主要有以下几点。



图2 主轴气封部位摩擦损伤

1.2.1 管道附加力超标

由于烟气轮机壳体采用铆焊结构,刚度有限,设计对于壳体所能承受的最大附加力和力矩的数值有着严格的要求,烟气轮机管道设计必须满足该要求,但是由于设计或者安装问题,机组实际运行过程中往往会出现管道附加力超标的现象,一旦管道附加力超标,壳体就会慢慢产生变形。由于气封组装是固定在壳体上的,所以壳体产生的变形必定会使转子与气封的相对间隙产生变化,严重时就会出现摩擦。

1.2.2 开机过程暖机不够充分

烟气轮机的各部设计间隙的测量都是在冷态安装时保证并测量的,烟气轮机开机过程要求严格控制温升不超过100℃/h,并且要求在温升过程中监

测膨胀状况,在实际暖机过程中,如果升温速度过快或者是对膨胀状况不加监测,就很有可能出现壳体向各个方向变形不一致,导致壳体中心线位置与转子中心线位置发生偏移。由于气封体是固定在壳体上的,壳体的不规则变形也会影响到气封体和转子主轴原来的间隙,导致部分地方发生摩擦现象,破坏气封和主轴。

1.2.3 气封体产生变形

由于气封体不是一个整体的结构,是由上下两半结构的上下气封体组成,在安装时是将上下气封体通过螺栓组装在一起。实际使用过程中由于温度变化比较容易出现收口变形的情况,如不及时处理继续使用,会使气封体和转子主轴的间隙过小,从而容易引起摩擦现象,加快气封和转子主轴的破坏。

1.2.4 转子产生“抬头”现象

当机组正常运转时,700℃的高温烟气通过壳体后,将壳体涡壳加热,如果壳体保温不好,涡壳通过热辐射对轴承箱体前端加热,从而使轴承箱体前后端温差达60~70℃,较大温差的存在,使得轴承箱体前端的热膨胀大于后端,从而使转子产生“抬头”现象。转子“抬头”的存在,使得气封与转子极易发生摩擦,更甚者造成轮盘与壳体产生碰磨,造成故障停机。

以YL6000D烟气轮机为例,可以通过计算得到转子气封部位由于箱体热膨胀升高的数值。如图3所示,0'和0''点分别表示转子前后轴承中心,0点表示气封部位(最靠近前轴径处)。

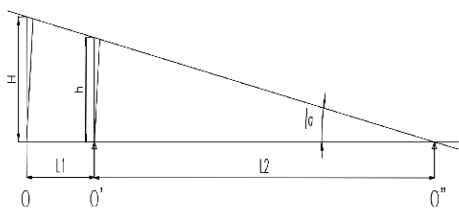


图3 轴承箱体膨胀计算

通过设计图纸知道 $L_1 = 215\text{mm}$, $L_2 = 1080\text{mm}$, 轴承箱体的高度 $M = 1020\text{mm}$ 。轴承箱体材料 ZG230-450 的热膨胀系数为 Q 取 $10.6 \sim 12.2$ ($\times 10^{-6} 1/^\circ\text{C}$) [$20 \sim 100^\circ\text{C}$], 前后轴径处温度差 $\Delta T = 50^\circ\text{C}$ 。

$$h = \Delta T M Q \quad (1)$$

$$\text{tg}\alpha = \frac{h}{L_2} = \frac{H}{L_1 + L_2} \quad (2)$$

由公式(1)(2)可知

$$H = \frac{h}{L_2} (L_1 + L_2) = \frac{\delta T M Q}{L_2} (L_1 + L_2) \quad (3)$$

分别代入 $Q = 10.6 \times 10^{-6}$ 与 $Q = 12.2 \times 10^{-6}$ 到公式(3)进行计算

$$\text{求得 } H_1 = \frac{1020 \times 10.6 \times 10^{-6} \times 50}{1080} (1080 + 215)$$

$$= 0.648\text{mm}$$

$$H_2 = \frac{1020 \times 12.2 \times 10^{-6} \times 50}{1080} (1080 + 215)$$

$$= 0.746\text{mm}$$

主轴与气封片的设计直径间隙一般在 $0.5 \pm 0.1\text{mm}$, 而热膨胀产生的半径间隙变化量就达到 0.746mm , 因此就会产生摩擦。

以上各种情况都会导致气封片和转子主轴发生摩擦,局部产生摩擦后,由于该气封结构形式缺陷所限,产生的碎屑无法排出,碎屑在气封处堆积后会加重摩擦并导致该处局部温度急剧升高,严重的伤害气封与转子主轴,如图2所示,最后甚至导致气封与转子主轴报废。

2 防止转子主轴破坏的改进措施

2.1 改变气封结构防止主轴损伤

从保护转子主轴方面换个角度来考虑,在转子主轴气封对应部位安装可方便更换的镶环,则可以有效地防止转子主轴损伤,这样就将此处的摩擦损伤转移至镶环和气封环之间,从而有效的保护了转子主轴。相对转子主轴的维护来说,气封环的更换和处理更加简单快捷、成本也比较低,因此考虑将气封片安装到镶环上。气封环使用硬度较低的材料,这样的话如果产生摩擦损伤,也只需要更换气封环,即使摩擦比较严重、损害了镶环,也只需要更换镶环而不是转子主轴。

2.1.1 转子结构改进

如图4、5所示:镶环套装在主轴上,密封齿与镶环一体加工。镶环材料选择和主轴材料相同或者膨胀系数稍小于主轴的材料,并通过热处理提高其表面硬度,镶环与主轴之间采用过盈配合,安装采用热装的方法。安装后镶环与主轴之间采用螺纹销对其进行定位。

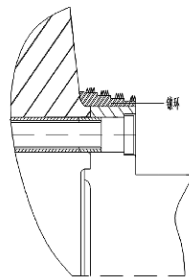


图4 新结构气封转子局部

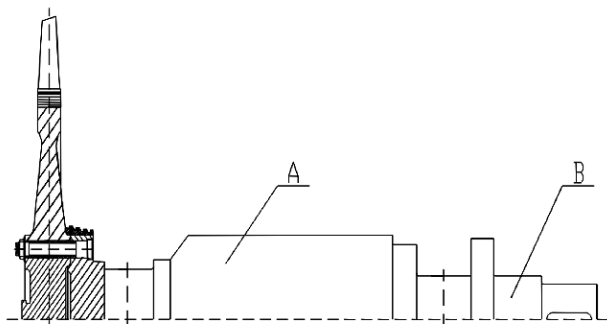


图 5 新结构气封转子

为了日后的维修更换,要能够将镶环整体从主轴的小头端套装在转子上,可以考虑将主轴和轮盘气封对应部位的直径适当增大,同时将转子中部最粗部分 A 处的轴径缩小一定尺寸,如图 5 所示,采取以上措施后为保证转子重心位置,可通过受力分析计算,在转子小头端 B 处空载部位加大其直径,确保转子重心不发生变化或适当向后移动,从而保证其在运行过程中前后轴承的载荷符合原设计条件或者更为合理。

2.1.2 气封组装结构改进

在转子采取以上改进措施后,气封体可沿用原来设计结构,但是气封环上不需要再装配气封片,同时考虑到保护主轴镶环,气封环可选用硬度较低的材料,这样即使与镶环产生轻微摩擦也不会损伤密封齿和镶环。图 6 为改进后新结构气封的装配示意图。

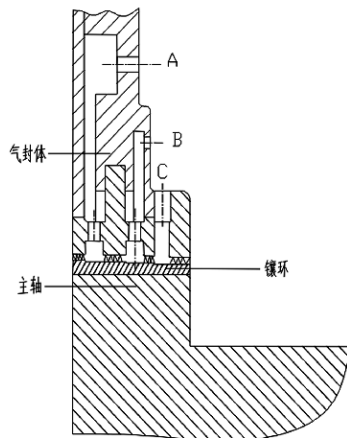


图 6 气封装配

3 总结

通过以上改进措施,不但保持了原有气封组装良好的密封、冷却作用,还增加了以下优点:

- 1) 运行过程中有效的保护转子主轴,延长主轴工作寿命;
- 2) 运行过程中即使出现磨损,一般只会发生在镶环和气封环部位,而镶环和气封环可方便更换;
- 3) 镶环和气封环可作为配件订货,现场更换方便,降低了维修成本,提高维修效率;
- 4) 提高维修后烟气轮机工作的稳定性和安全性。