

# 高温离心风机出轴口复合型散热密封的设计研究

张立平 夏智超

(沈阳鼓风机集团通风装备科技有限公司 辽宁 沈阳 110141)

**摘要:** 大型高温离心风机在从冷态到工作温度(400℃)过程中,壳体零件以机壳地脚为基准沿高度方向热膨胀很大,可以达到毫米数量级的尺寸,而主轴在高度方向热膨胀很小,几乎可以忽略不计,两者的高度差造成密封间隙很大,所以普通密封很难保证密封效果。本文研究的是一种复合散热密封,专为高温风机出轴口的密封而开发的。依靠密封槽与密封齿在轴向间隙来保证密封效果,热膨胀引起的变化是沿着径向的,对密封效果没有影响,同时散热轮具有良好的散热功能。

**关键词:** 密封; 散热轮; 热膨胀

大型高温离心风机在从冷态到工作温度(400℃)过程中,由于热膨胀的差别,壳体零件与主轴之间会形成明显的高度差,由此引起两者支之间存在很大的密封间隙。顶部间隙过大不仅会造成高温气体的泄露,而且会引起尖锐的哨声,底部出现摩擦更是会引起电机发生制动,引起安全事故,导致不良后果。为了有效解决这一问题,本文研究的关于高温离心风机出轴口的一种复合型散热密封,不仅具有良好的散热功能,而且密封效果理想,具有良好的推广应用价值。

## 1 研究背景

某一离心高温风机在工作温度 400℃,机壳地脚距主轴中心线的距离为 1000mm,那么冷态安装到正常工作时,机壳上主轴中心线位置变化有多少?对比安装时风机工作温度为常温的 20℃,温差为 400-20=380℃,机壳距主轴中线的高度为 1000mm,按照机械手册第五版第一卷第一篇第 1 章,表 1-1-12 材料线膨胀系数  $\alpha$  查得,碳钢在 20 ~ 400℃ 线膨胀系数为  $(12.9-13.9) \times 10^{-6}$ ,这里取平均值  $13.4 \times 10^{-6}$  计算膨胀量:

$$13.4 \times 380 \times 1000 \times 10^{-6} = 5.09\text{mm}$$

考虑到实际情况和理论计算可能有一定的差别,我们假设膨胀是:

$$5.09 / \sqrt{3} = 2.94\text{mm}$$

机壳以地脚为基准沿高度方向热膨胀,在主轴中心处的高度向上涨了 3mm,安装在此位置的出轴口密封的中心向上涨了 3mm,而主轴在高度方向热膨胀是以轴承座底面为基准的,由于轴承组配有水冷、油冷等冷却措施的存在,轴承使用温度要求是低于 80℃,正常使用温度为 60℃左右,轴承组下半底座温度还要比 60℃低很多,所以主轴在高度方向的热膨胀很小,几乎可以忽略不计。两者的高度差造成密封与主轴不同心,带来顶部间隙很大,底部可能出现接触摩擦这两点危害。顶部间隙大带来的危害包括:高温气体本身泄露出来就比较危险,常常伴有一些腐蚀、有毒成份,而且这种间隙会造成尖锐的哨声。底部出现接触摩擦,主要危害有:密封体与主轴的摩擦会导致电机电流值增大,严重会导致电机制动,出现事故。在设计之初如果冷态和热态的密封间隙兼顾,那么单侧间隙值要达到 3mm 以上,通常间隙在 0.2mm,才能达到密封效果,这样传统的密封形

式在本案例中很难保证密封效果。

## 2 复合散热密封的基本结构

为了克服现有技术的不足,本文研究的一种复合散热密封,所述密封是依靠密封面与密封齿轴向间隙保证密封效果的,热膨胀对这个轴向间隙基本没有影响。所述密封为铝制并带散热片,散热效果好,可将主轴热量散去,有效避免了热量传导至轴承组中烧毁密封轴承等部件。其组成主要包括密封槽、带密封齿的散热轮两个部分,总体结构如图 1 所示。

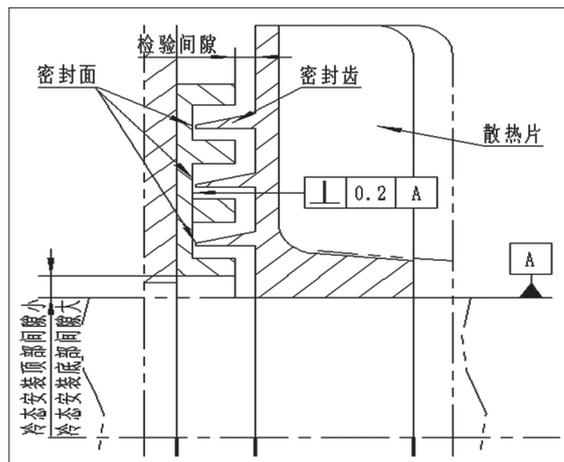


图 1 一种复合散热密封的总体结构

## 3 密封槽结构及其特点

考虑到风机检修,机壳为上、下剖分结构,密封槽安装后与机壳焊接成一体,同样需要设计成为上、下剖分结构。为了保证上下密封面处于同一平面,制造时先将材料分成上下两个部分,分别加工中分面,然后两部分合成整体,在中分面两端加工锥销孔,装入锥销,最后再加工密封面和环形槽。这样保证了所有尺寸符合设计要求,保证密封槽的密封面与理论轴线的垂直度。

密封槽的内孔直径比密封处的主轴直径大很多,这样一方面补偿了在找整进风口与叶轮间隙时造成的机壳出轴口的孔与主轴不同心,另一方面还保证了在热膨胀时定子件和转子发生间隙变化时也不会产生接触摩擦。同时,每个环形密封槽也有足够的宽度来保证上述两点,保证安装后的

散热轮密封齿在回转时与密封槽没有干涉。在使用分体结构时，密封体在两部分连接处有锥销定位，这样保证了与密封齿配合的端面是同一平面。

#### 4 散热轮结构及其特点

散热轮选用材质为铸铝，导热效果非常好。结构为上、下剖分式，与密封槽配合时可以在轴向自由调整，确保达到一个最小的间隙。散热轮的一侧为机械加工成型的环形密封齿，齿的形状如图1所示，沿着径向符合迷宫密封设计要求。散热轮的另一侧有6个散热片和中分面法兰，在旋转过程中有着很好的散热效果。

密封齿沿着径向类似迷宫密封结构，所述密封槽的每一层环形槽的直径都在增大，每一层的空间在增大，扩压能力要比轴向等空间的扩压能力好很多，根据密封原理，此种密封要较相同间隙相同齿数的径向迷宫密封效果好一些。散热轮的另一侧有6个散热片和中分面法兰，在旋转过程中有着很好的散热效果。

#### 5 装配关键点

由于所述密封结构与径向迷宫密封差别很大，无法采用径向密封的系数计算泄漏量。密封采取CFD来对其内部流场进行模拟，并通过计算得出泄露量接近0.8‰。本文研究的一种复合散热密封，基于其结构的基本特征，充分考虑

密封要求，在装配的过程中需要注意冷态安装时要保证密封内圈与主轴的间隙，底部大顶部小膨胀后达到间隙均匀。安装时保证密封槽中分面锥销起到定位作用，密封槽与机壳配焊时保证其与主轴达到一定的垂直度。配好后安装散热轮，由于散热轮的端面和密封槽的端面均为加工面，通过检验外侧的轴向距离，就可检验出每部的密封间隙。

#### 6 结语

本文提出的一种复合散热密封能够有效解决高温风机出轴难以密封的问题，不仅解决了主轴上热量传导问题，而且由于采用的复合结构，较分体结构轴向所需空间小很多，具有良好的推广应用价值。

#### 参考文献：

[1] 张平, 唐良宝. 密封式电子设备散热装置设计研究 [J]. 计算机工程与科学, 2018, 32(02).  
 [2] 潘明秋. 浅谈密封仪器仪表的散热方法 [J]. 民营科技, 2018, (09).  
 [3] 白秀茹. 典型的密封式电子设备结构热设计研究 [J]. 电子机械工程, 2019, (04).  
 [4] Adrian walker. 密封装置有效热管理的散热解决方案 [J]. 电气制造, 2017, (09).

(上接第14页)

入动力学分析软件中，其中，储烟仓单侧挡板夹角为45°，烟支通道口处增加挠动棒，由伺服电机驱动做旋转运动，驱动速度为-120d time; 拨轮机构由伺服电机驱动做旋转运动，驱动参数为if (time-0.2; 0, 0, 60d (time-0.2) )，接烟座模型β角设置为10°，烟支在运动过程中，有烟支与其它零件会发生接触，产生接触力，为更准确地仿真模型，构建相对运动部件的接触模型，采用冲击函数法，计算出接触刚度系数K=21.5N/mm，阻尼系数C=0.3N-s/mm。

#### 4.2 仿真可行性分析

调整仿真模型，对不同直径规格的烟支进行动力学仿真分析，根据仿真结果，验证结构设计的合理性及可行性，图3是以某直径规格的烟支在仿真时的下落位移曲线及与拨轮接触力曲线。

由曲线图可知，烟支的仿真位移曲线平滑下落，没有出

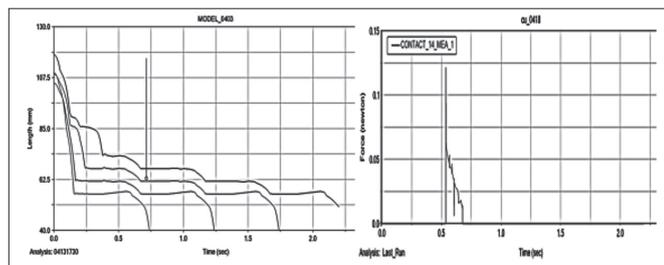


图3 位移曲线和接触力曲线

现重合，即没有出现连续输出现象，烟支与设备的接触力不大于0.15N，烟支与拨轮刚接触时的接触力小于0.05N，对烟支变形影响较小。因此在储烟仓内增加挠动棒的结构形式和计算的直线电机驱动挡板的运动轨迹、确定的接烟座倾角为10°都是可行的。

#### 5. 结语

本文对新型的全自动烟支分选装置进行了理论计算和分析，通过增加挠动棒的结构形式解决烟支在储烟仓内卡烟问题；根据烟支直径规格，自动调整烟支通道相关尺寸，经过拨轮机构旋转分选，实现多种规格烟支的分选。最后，利用动力学仿真分析软件对不同直径规格的烟支进行烟支分选的仿真分析，结果显示，不同直径规格的烟支在分选过程中，不存在卡烟现象，烟支运行平缓，变形较小，从而验证了该结构改进设计的合理性及可行性，为产品结构改进设计提供理论依据。

#### 参考文献：

[1] 张杰. 连续单支供烟装置 [P].2012.  
 [2] 徐先庆, 王鸿山, 王坤等. 一种烟支重量分选装置 [P].014.  
 [3] 李栋, 王芳, 范黎. GBT16450-2004 常规分析用吸烟机定义和标准条件 [S].2004.

作者简介：闫爱政 (1984.03-) 汉族，男，安徽淮北人，工学硕士，工程师，研究方向：产品设计与开发。