

■ 湖南天雁机械有限责任公司/田 生 杨国旗 杨 迪 李庆斌 朱光前

水冷轴承体的温度场分布

汽油机增压器的快速发展,使得涡轮增压器工作在更高温、高速、高压的环境中。高温会导致润滑油结焦,密封环发生积炭而失去弹性。为保证浮动轴承和密封环的正常使用,一般希望涡轮端浮动轴承部位的温度不超过150℃,密封环处的温度不超过230℃。对某型号水冷轴承体进行流固耦合分析和稳态热分析,得到轴承体的温度场分布,以此来评估冷却液腔体的设计好坏,验证冷却液进口流量的大小是否合适,为轴承体设计开发提供研究方法。

基本原理

1. 计算模型分析

计算中的流体包括发动机冷却液和润滑油,固体为轴承体,两种流体没有相互接触或融合,并且流体的运动不会造成轴承体发生大的变形,而影响流体的运动轨迹,因此属于两项流体单向耦合问题,流体与轴承体之间存在热量交换。流体和固体壁面存在相互制约的关系,无法预先给定热边界条件,属于典型的弱耦合问题,即只在边界上存在热量交换,边界上的温度、换热系数,都应该作为计算结果的一部分,而非已知条件。解决这一类问题比较好的方法是将腔内的流体与轴承体相结合,进行流固耦合计算,实现流体与固体壁面之间的热量传递。

2. 传热学理论

流体在轴承体腔内流动时,在贴近壁面的位置会形成边界层,液体在该处的流速很低,几乎为零,

所以该处流体与壁面进行热量交换的形式主要是热传导,而该处以外区域的热量传递形式主要是流体间的热对流。由热传导所引起的热量传递 q 可按傅里叶导热定律确定:

$$q = -\lambda \frac{\partial T}{\partial n}$$

通常情况下,单位时间内单位面积上流体与壁面的对流换热热量 q 可用牛顿换热定律来确定:

$$q = h(T_w - T_f)$$

由能量守恒知,在流体与固体边界面处,流体放出的热量等于固体吸收的热量,可采用描述方程:

$$-\lambda \frac{\partial T}{\partial n} = h(T_w - T_f)$$

式中 λ ——导热系数, $W/(m \cdot K)$;

h ——换热系数, $W/(m^2 \cdot K)$;

T_w ——壁面温度, K ;

T_f ——流体温度, K 。

计算模型的建立

本研究主要关心轴承体在冷却液和润滑油的作用下,轴承体的温度场分布。为了节省计算时间和计算机资源,计算模型中并没有包括这两部分。考虑到实际的工作过程中,这两部分中的高温气体会对轴承体的温度产生很大的影响,通过实验测试和计算得到这两部分与轴承体接触处的温度,作为边界条件加载到轴承体的两端。涡轮箱和蜗壳与轴承体的接触部位,是以热传导的形式进行热量交换的,同时还考虑了轴

承体的外表面与外界空气的热量交换。

1.几何模型的处理

本研究选择了一款我公司自行研制开发的汽油机增压器，轴承体的冷却形式为水循环冷却，润滑油除了起到润滑浮动轴承的作用外，还会带走轴承体的部分热量，因此本分析的三维模型应当包括轴承体、冷却水体和润滑油体三部分。首先，在UG中构建了轴承体的三维模型，并且对一些对流固耦合分析不产生影响的功能结构做简化处理（如部分倒角、定位孔等）。再由轴承体的三维模型构建冷却水体和润滑油体的三维模型，并对两个流体模型做了简化处理。

2.计算模型网格划分

对于轴承体网格，本文采用四面体网格，用ANSYS自带的结构网格划分技术进行处理，对于局部需要关注的区域做细化处理；而对于冷却水和润滑油两个流体部分的网格，则是进行CFD网格的划分，并对两个流体的边界层做特殊处理，网格模型如图1~图3所示。

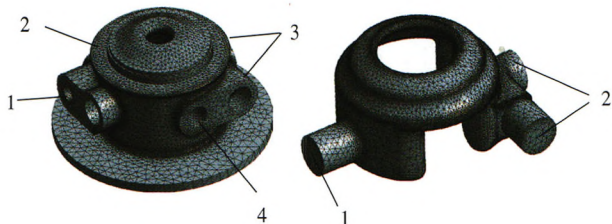


图1 轴承体的网格模型

1.进水口 2.回油口 3.出水口 4.进油口

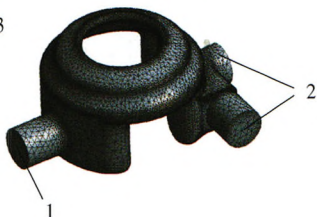


图2 水体的网格模型

1.进水口 2.出水口

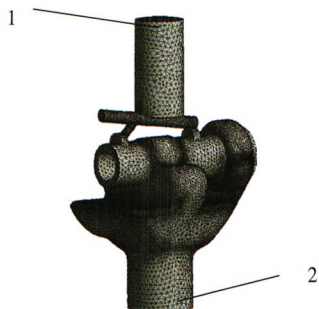


图3 润滑油体的网格模型

1.进油口 2.回油口

计算结果

在CFX中，用两部分流体分别与轴承体做流固耦合计算，得到流体的表面温度和热对流系数，再将本部分计算的热对流系数，以载荷的形式加载到与各部

分对应的轴承体表面上，做稳态的热分析，得到整个轴承体的温度分布。计算得到的两部分流体的温度场分别如图4和图5所示。经过稳态热分析得到的轴承体的温度分布如图6所示。

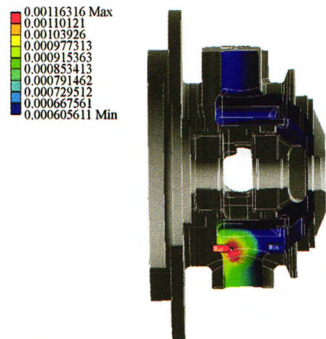


图4 冷却水体计算得到热对流系数

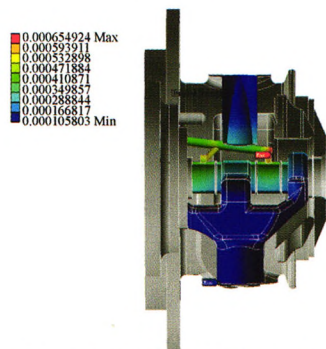


图5 润滑油体计算得到的热对流系数

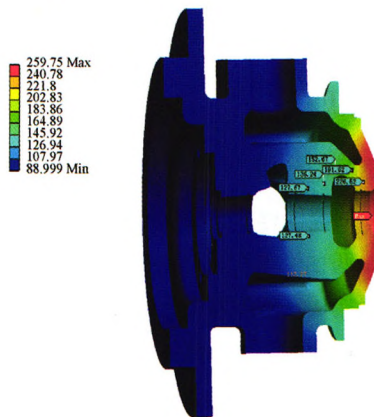


图6 轴承体的温度场分布

结语

计算得到温度分布趋势与试验的结果相符，证明本文采用的分析方法可行。从计算云图数据看出，浮动轴承和密封环附近的温度低于允许极限温度，证明此轴承体冷却设计可行。

关键词：

轴承体 流固耦合分析 温度场

(收稿日期20121016)