

# 三油叶精密轴承油膜间隙 形状的摩擦性能分析

王建设

(中国科学院长春光学精密机械研究所, 长春 130022)

**摘要** 采用数值算法,研究了不同油膜间隙形状相应的三油叶精密轴承的摩擦性能。研究表明,瓦弧边缘的最大间隙 $b_m$ 与中央的最小间隙 $C_m$ 之差值 $\Delta r_m$ 在一定范围内增大时,有利于建立动压油膜, $\Delta r_m$ 较小时,相应的摩擦系数较大。

**关键词:**精密轴承,油膜间隙形状,摩擦性能

## 1 引言

对于精密轴泵,为了形成完全油膜动压润滑的条件,在轴系的结构设计过程中,则需要首先弄清楚结构参数与其摩擦性能之间的关系。文献[1]中图1所示为三油叶轴承的示意图。本文在文献[1]研究的基础上,着重分析了不同油膜间隙形状对该轴承摩擦性能的影响规律。

## 2 基本方程

在不可压、等粘度稳态条件下,雷诺方程的无量纲形式为

$$\frac{\partial}{\partial \Phi} \left( H^3 \frac{\partial p}{\partial \Phi} \right) + \left( \frac{d}{l} \right)^2 \frac{\partial}{\partial \lambda} \left( H^3 \frac{\partial p}{\partial \lambda} \right) = \frac{6\omega_j \eta}{\psi^2 p_0} \frac{\partial H}{\partial \Phi} \quad (1)$$

式中: $p_0 = \frac{2\omega_j \eta}{\psi^2}$ ,  $\psi = \frac{C}{R_j}$ ,  $R_j$ :轴颈半径;

$\eta$ :润滑油动力粘度; $\omega_j$ :轴颈角速度; $C = R - R_j$ ;  $R$ :瓦弧曲率半径。

## 3 摩擦特性

### 3.1 油膜的承载力特性数 $S_0$

$$S_0 = \frac{W \psi^2}{L d \omega_j \eta}$$

式中, $l$ :轴瓦长度; $d$ :轴颈直径; $W$ :外载荷

### 3.2 油膜的摩擦阻力特性数 $\bar{F}_t$

$$\bar{F}_t = \bar{F}_{t1} + \bar{F}_{t2}$$

$$\text{式中: } \bar{F}_{t1} = \frac{F_{t1}\psi}{\eta\omega R_j l}, \bar{F}_{t2} = \frac{F_{t2}\psi}{\eta\omega R_j l}$$

$F_{t1}$ : 油膜的剪切流阻力;  $F_{t2}$ : 油膜的压力流阻力

### 3.3 摩擦系数 $\mu$

$$\mu = \frac{F_t}{F} \quad (4)$$

式中:  $F_t = F_{t1} + F_{t2}$  为油膜对轴颈的摩擦阻力;  $F = W$

$$\mu \text{ 又可表示为 } \mu = \frac{\bar{F}_t}{F} \psi \quad (5)$$

## 4 计算结果与分析

计算条件为  $\frac{l}{d} = 0.5, \beta = 60^\circ$ ,

(1)  $b_m = 2.2 \mu\text{m}$ ,

$$C_m = b_m - 0.4 - 0.2j \mu\text{m}$$

$$\Delta r_m = b_m - C_m = 0.4 + 0.2j \mu\text{m}, j = 1, 2, \dots, 6$$

(2)  $C_m = 1.0 \mu\text{m}$ ,

$$b_m = C_m + 0.4 + 0.2j \mu\text{m}$$

$$\Delta r_m = b_m - C_m = 0.4 + 0.2j \mu\text{m}, j = 1, 2, \dots, 7$$

#### 4.1 $\epsilon - s_0$ 曲线

图 1 为  $C_m$  减小时的  $\epsilon - s_0$  曲线, 图 2 为  $b_m$  增大时的  $\epsilon - s_0$  曲线。结果显示,  $\Delta r_m$  值对油膜的承载能力有很大的影响。  $\Delta r_m$  增加时  $S_0$  曲线上升, 这是因为轴颈与轴瓦表面之间的楔形角增大, 引起油膜的动压效应增强;  $\Delta r_m$  值较小时, 则油膜的压力很小。随着偏心率  $\epsilon$  增加,  $S_0$  值逐渐增大。  $\Delta r_m$  值越大, 则  $S_0$  值的增长幅度亦越大。

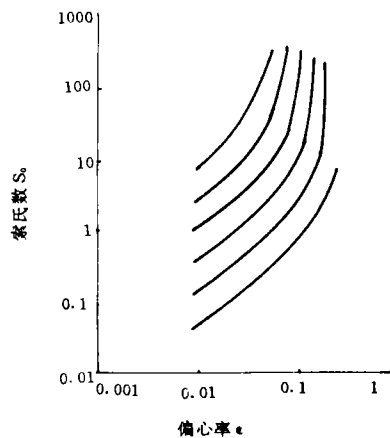


图 1  $C_m$  减小时的索氏数与偏心率的关系曲线

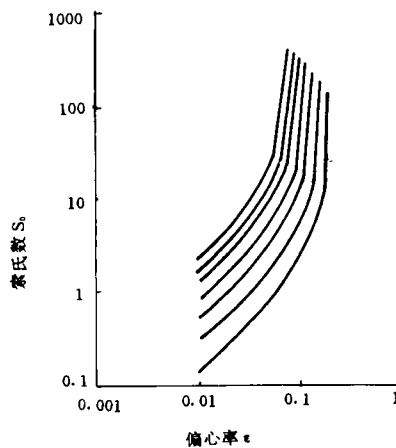


图 2  $b_m$  增大时的索氏数与偏心率的关系曲线

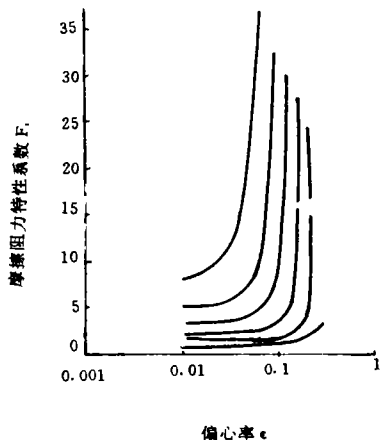


图3  $C_m$  减小时的摩擦阻力特性数与偏心率的关系曲线

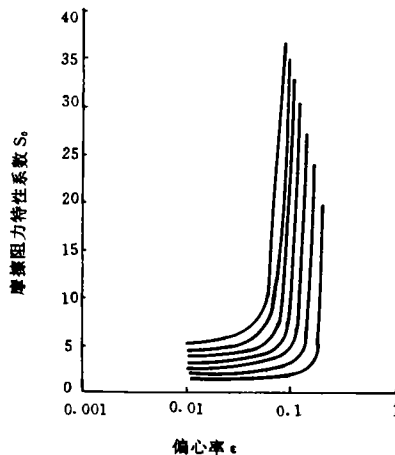


图4  $b_m$  增大时的摩擦阻力特性数与偏心率的关系曲线

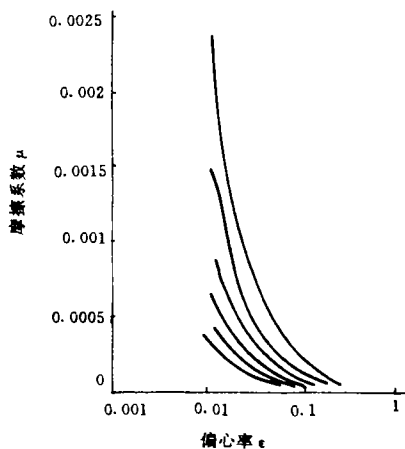


图5  $C_m$  减小时的油膜摩擦系数与偏心率的关系曲线

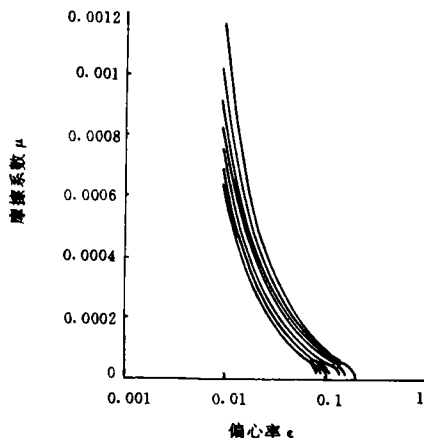


图6  $b_m$  增大时的油膜摩擦系数与偏心率的关系曲线

4.2  $\epsilon - \bar{F}_i$  曲线

图3是  $C_m$  减小时的  $\epsilon - \bar{F}_i$  曲线,图4是  $b_m$  增大时的  $\epsilon - \bar{F}_i$  曲线。 $\bar{F}_i$  曲线随着  $\Delta r_m$  值的增大而上升。随着  $\epsilon$  的增加,  $\bar{F}_i$  值逐渐增大。偏心率  $\epsilon$  越大,亦即油膜厚度越小,  $\bar{F}_i$  值的增长幅度越明显。

在确定  $C_m$ 、 $b_m$  的量值时,取较小的  $C_m$  值,虽然可以获得很大的油膜压力,但油膜对轴颈的摩擦阻力亦很大。当  $C_m$  值太小时,将会引起轴在转动过程中产生较大的晃动。由此可见,在精密轴系设计过程中,应精心选择  $\Delta r_m$  值和  $C_m$  值。

4.3  $\epsilon - \mu$  曲线

图5是  $C_m$  减小时的  $\epsilon - \mu$  曲线,图6是  $b_m$  增大时的  $\epsilon - \mu$  曲线。可见,随着  $\Delta r_m$  值增加,摩擦系数  $\mu$  曲线下降。 $C_m$  减小时的情况,  $\mu$  值均较大,这表明  $C_m$  值取得较小时将不可能保证轴

承处于完全液体摩擦状态下工作。这在精密轴系设计中是应避免的。

随着  $\epsilon$  增加,油膜厚度减小, $\mu$  值亦逐渐减少。

## 5 结束语

轴瓦结构参数的确定是精密轴系设计的关键技术,应以轴承动压润滑特性的分析和计算数据为基础,精心选择  $C_m$ 、 $b_m$  的量值。

### 参考文献

- [1]王建设,朱应时,光学 精密工程,1995,3(2):34—37
- [2]王建设,朱应时,光学 精密工程,1995,3(3):82—90
- [3]M. Malik, R. Sinhasan and Mahesh Chandra, Design Data for Three—Lobe Bearings. ASLE Transact, 1981,24(3):345—353
- [4]张直明等编,滑动轴承的流体动力润滑理论.高等教育出版社,1986

## Analysis of Friction Performance of Oil Film Clearance Form of Precision Three—Lobe Bearing

Wang Jianshe

(Changchun Institute of Optics and Fine Mechanics,  
Chinese Academy of sciences, Changchun 130022)

### Abstract

The friction performance of oil film on journal of three—lobe bearing is researched on the condition of different oil film clearance forms by means of numerical calculation method. Research results indicate that increase of difference value  $\Delta r_m$  between maximum clearance value  $b_m$  pad arc edge and minimum clearance value  $c_m$  of pad arc center favors building of hydrodynamic oil film. The friction coefficient increases with the decrease of  $\Delta r_m$ .

**Key words:** Precision bearing, Oil film clearance form, Friction performance