

大型柔性轴承的设计及游隙的测量与计算*

顾吉丰

(南京电子技术研究所, 南京 210013)

摘要:在某些对重量要求严格控制的情况下,必须对各零、部件进行减重设计,作为转动副的轴承也不例外,经过减重设计的轴承称之为柔性轴承,文中提出了大型柔性轴承的几点设计要素及轴承游隙的测量和计算的方法。

关键词:大型柔性轴承;初期游隙;运转游隙

中图分类号:TH133.3 **文献标识码:**B **文章编号:**1008-5300(2003)04-0036-03

Design of Large Flexible Bearing and Measurement & Calculation of Clearance

GU Ji-feng

(Nanjing Research Institute of Electronics Technology, Nanjing 210013, China)

Abstract: In some situations of strictly limited weight, the parts and the components of equipment must be designed properly to minimize their weight. In this paper, we focus the design on the bearing, a kind of revolute. For the flexible, large bearing to be reduced on weight, we propose some new design methods, as well as the measurement and calculating of the clearance.

Key Words: Flexible; Large bearing; Original clearance; Running clearance

1 前言

在某些对重量严格控制的情况下,必须对各零、部件进行减重设计,减重设计带来的直接后果是使零、部件只能满足强度设计要求而不能满足刚度设计要求。作为转动副的轴承也不例外,对受装配空间限制的场合,轴承的安装采用径向过盈装配的方法来限制轴承的轴向窜动,而不采用通常的轴承盖端面压紧的安装方法。

文中把这种经过减重设计的大型轴承称为大型柔性轴承,并对该大型柔性轴承的设计及轴承游隙的测量与计算提出了一些新的思路。

2 大型柔性轴承配合形式及设计要素

2.1 轴承配合形式的选择

通常轴承的内、外圈与轴或轴承箱配合面采用过渡或小过盈量静配合,如此配合可以使轴承的薄壁内、外圈上承受的负荷均匀地分布在圆周上,使轴承的内、外圈变形均匀。

讨论采用径向大过盈将轴承的内、外圈固定在轴或轴承箱上装配的方法。这种方法既节省了空间又提高了大型柔性轴承的刚度。

当轴承受负荷时,过盈量应足以使轴承的内、外圈与轴或轴承箱配合面不发生相对运动。如果过盈量不够,一旦配合面发生相对运动,将使配合面发生磨损、摩擦腐蚀或摩擦裂纹等,以致造成轴承与轴或轴承箱配合面的损伤,进而磨损屑粒混入轴承滚道,造成轴承运转困难、发热、振动乃至咬死。

在此没有采用通常的用轴承盖端面压紧的安装方法来限制轴承的轴向窜动,如果过盈量不够,载荷使配合面发生相对运动,也会使轴承内、外圈轴向分离,后果不堪设想。

对轴承装配采用大过盈的方法,其关键是选择合理的装配过盈量。

2.2 轴承装配过盈量的选择

当轴承承受径向负荷时,为保证轴承的内、外圈与轴或轴承箱配合面之间不产生装配间隙时所必需的过

盈量可由以下公式求出:

当 $F_r \leq 0.3 C_{or}$ 时:

$$\Delta d_F = 0.08 \sqrt{\frac{dF_r}{B}}$$

当 $F_r > 0.3 C_{or}$ 时:

$$\Delta d_F = 0.08 \frac{F_r}{B}$$

式中: Δd_F ——相对负荷所必需的有效过盈量(μm);

d ——轴承内径(mm);

B ——内圈宽度(mm);

F_r ——径向负荷(N);

C_{or} ——额定基本静载荷(N)。

由以上公式计算得到的过盈量为参考,可以适当增加过盈量的值,但是采用过盈静配合安装的轴或轴承箱上的轴承,会使轴承的内圈发生拉伸而产生拉应力,轴承的外圈发生压缩而产生压应力,过大的过盈量可能造成轴承的内、外圈的破裂,缩短轴承寿命。因此,最大过盈量一般取轴径不超过千分之一。

用有限元的方法对过盈静配合情况下的轴承的内、外圈进行应力计算,选择适当过盈量,使装配应力不超过材料强度许用应力的10%。

2.3 轴承的设计要点

大型轴承通常在轴承内圈上开一个装球孔,通过内圈上的装球孔装入滚球,对内圈上的装球孔边缘应作相应工艺处理,降低装球孔边缘的硬度,以免将来大型柔性轴承装配时产生应力集中,以致出现裂纹扩展,影响寿命。

滚球装入滚道后,在装球孔处装入球塞,对一般满足刚度设计要求的大型轴承,球塞在轴承径向没有定位台阶且球塞为软球塞。

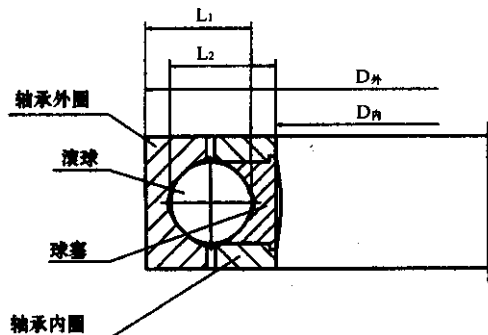


图1 大型柔性轴承的球塞设计

对大型柔性轴承的球塞在轴承径向要设计有定位台阶(见图1),并且在轴向有两个 $\phi 5$ 的锥销孔,以防止球塞与轴承内圈一起配磨滚道及内径时偏转及径向

松动,也防止轴承内圈装配(过盈配合)时把球塞朝滚道方向挤出滚道,致使滚道在球塞处有凸台,影响轴承寿命。

3 轴承初期游隙的测量

3.1 测量轴承初期游隙的意义

正确的游隙是保证轴承正常运转的必要条件。轴承的游隙直接影响到轴承的载荷分布、振动、噪声、摩擦、使用寿命和机械传动精度等技术性能。游隙增大,会引起轴承内部承载区域减小,滚动接触面压力增大,轴承的运动精度及轴系误差下降,振动和噪声增大,轴承的使用寿命缩短;游隙减小,引起发热温升,摩擦力矩增大,甚至导致轴承在运转中发生咬死。

轴承的游隙受许多因素的影响;因过盈配合使游隙减小;因温度影响使游隙减小或增大;因负荷的作用使游隙增大。

根据设备的受载情况及精度要求,在不同的场合对轴承的游隙有不同的要求,应综合考虑负荷、转速、温度等工作条件和对轴承旋转精度、摩擦力矩、振动、噪声等使用要求。

轴承的游隙分为初期游隙、有效游隙和运转游隙。初期游隙是指轴承未安装前的游隙,有效游隙是指轴承安装后无载荷运转时的游隙,运转游隙是指在有载荷状态运转条件下游隙。

准确地测得轴承的初期游隙,从而可以得到轴承装配后的有效游隙及受载状态下的运转游隙,对精度的控制和驱动力的选择有指导作用。

对于大型柔性轴承的初期游隙的测量,由于其轴承内、外圈刚度很差,不能用一般的方法去正确地测得其内部游隙,此时往往需要使用分体的测量方法进行间接测量,并通过计算得到可靠的游隙。

3.2 用轴承外圈夹球厚度及轴承内圈夹球厚度间接测量轴承径向初期游隙

由外圈夹球厚度及内圈夹球厚度间接测量轴承游隙时,计算公式如下:

$$\text{轴承游隙} = D_{外} - D_{内} + 2\phi - 2L_1 - 2L_2$$

式中: $D_{外}$ ——轴承外径;

$D_{内}$ ——轴承内径;

ϕ ——滚球直径;

L_1 ——外圈夹球厚度的平均值;

L_2 ——内圈夹球厚度的平均值。

对外圈夹球厚度及内圈夹球厚度沿周向均布各测量出十个数据,然后各取平均值即可计算出轴承径向

初期游隙。

3.3 用夹钳直接测出组装好的轴承的径向初期游隙

把轴承内、外圈及滚球装配好后平放于平板上,如图 2 所示,在 A-A 面把轴承内、外圈卡紧,使轴承在 A-A 截面上内、外圈没有径向游隙,千分表固定在 B-B 截面的外圈上,调节千分表表头,使表头打到内圈内径最低点,此时表盘调到零点,然后拆去 A-A 面的夹钳,用手扳紧或用夹钳使轴承 B-B 面的内、外圈没有径向游隙,此时再调节千分表头,打到内圈内径最低点,这时表盘的读数可认为是轴承的径向初期游隙。

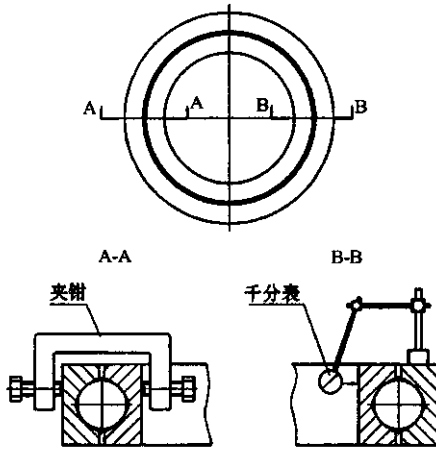


图 2 夹钳测量方法

4 轴承的运转游隙的计算

轴承一旦经过安装,通过不同的安装形式会造成游隙的变化。此时的轴承游隙称之为有效游隙。下面讨论对轴承安装采用过盈配合的场合。过盈静配合使轴承内圈膨胀,外圈收缩,因此过盈量会造成游隙的减少。

通常取:

$$\delta_f = (0.7 \sim 0.9) \cdot \Delta_{\text{def}}$$

式中: δ_f ——过盈量造成的游隙的减少;

Δ_{def} ——过盈量。

运转游隙可以从轴承的初期游隙和因为过盈所造成的游隙减少量,以及因内、外圈温度差而产生的游隙变化量求出。

$$\delta_{\text{eff}} = \delta_0 - (\delta_f + \delta_t)$$

式中: δ_{eff} ——运转游隙;

δ_0 ——轴承初期游隙;

δ_f ——过盈量造成的游隙的减少;

δ_t ——轴承内、外圈温度差引起的游隙的减少。

如果已经由前述初期游隙测量方法测得轴承初期游隙:

$$\delta_0 = 0.2\text{mm}$$

并由设计选定轴承装配过盈: $\Delta_{\text{def}} = 0.2\text{mm}$

可得:轴承有效游隙为 $\delta_y = \delta_0 - \delta_f = 0.02\text{mm} \sim 0.06\text{mm}$ 。

再根据使用载荷的大小及轴承的润滑条件,考虑轴承内、外圈温度差引起游隙的减少,以及载荷状态下运转时轴承的滚动体与滚道接触处会发生弹性变形,会导致轴承游隙的增大,可认为运转游隙稍许小于有效游隙。

轴承在正常运转时,稍带负的运转游隙则轴承的寿命最大。但要保持这一最佳状态是非常困难的,一旦某种使用条件(如载荷、温度)变化,则负游隙增大,从而导致轴承寿命显著下降或发热,因此,通常选择初期游隙时,要求运转游隙取为仅稍大于零。

5 结束语

实践证明上述两种大型柔性轴承的初期径向游隙的测试方法都能准确地测得轴承的初期游隙。

准确地测得轴承的初期游隙,选择合理的轴承内、外圈与轴或轴承箱配合面的过盈量,可以保证大型柔性轴承的精度、寿命以及可靠地工作。

根据不同的设计要求,通过选配滚球尺寸来选择适当的轴承初期游隙;通过选择合理的装配过盈量得到适当的轴承有效游隙,从而得到满足设计要求的运转游隙(大于零或小于零)。

参考文献:

- [1] 王振华. 实用轴承手册[M],北京:机械工业出版社,1996.
- [2] 沈 鸿. 机械工程手册[M],上海:科学技术文献出版社,1986.

作者简介:顾吉丰(1964-),女,高级工程师,从事雷达结构设计。