

航空发动机高速滚子轴承的试验研究

沈阳航空发动机研究所 冯仰园 邵嘉兴 战明学

1. 探索性试验 为适应我国航空工业发展,就要提高发动机主轴的旋转速度,而主轴滚子轴承成为发展的障碍,因此提出了研究 DN (D 为轴承内径 mm, N 为转速 rpm) 值为 2.5×10^5 的滚子轴承课题。先选用某型发动机涡轮前滚子轴承 E1032932NQ 进行探索性试验。

首先将 DN 值提高到 2.2×10^5 , 分解检查,基本完好,无明显异常。然后提高到 2.5×10^5 , 按大纲试验后分解检查,在滚子端面有明显磨痕。这是滚子不稳定性引起偏扭磨损所致。

滚子偏扭主要原因,一是由于装配不当或者受外载作用使轴产生弯曲,一般称为非直线性偏扭。随着滚子端面磨损,偏扭会强烈到使滚子轴线偏转 90° ,卡在保持架中,致使保持架横梁折断,造成轴承严重破坏。

滚子的直线性直接影响着滚子的偏扭,低速轴承对滚子不作直线性要求。随着速度的提高,滚子的精度等级也相应提高, DN 值在 1×10^5 以上时,滚子一般已采用一级以上精度,滚子的直线性不作特殊要求,通常仍能满足要求。 DN 值继续提高,直线度就必须限止。

采用带凸度的滚子能减少非直线性对滚子偏扭的影响,为了获得好的调整性能,必须采取相对大凸度的滚子,当然凸度过大必然局部接触应力偏大,影响轴承的疲劳寿命。

滚子偏扭以旋转偏扭为主因素,有滚子圆角偏差,凸度径向偏差,及滚子端面轴向偏差。

2. 新试验件设计 试验件 6D2002832NW₁ 轴承滚子技术要求如下:直线度每 100mm 在 0.02mm 以下;凸度为 0.01~0.015;滚子圆角偏差不大于 0.02mm;凸度偏差不大于 0.007mm;端面轴向偏差不大于 0.003mm。此外,限制偏扭还采取了其他相应措施。将滚子在保持架兜孔内的轴向间隙,以及滚子与内套圈挡边的间隙选择在合理范围内,可限制偏扭的作用。其滚子与挡边的间隙为 0.05~0.1mm,滚子与保持架的间隙为 0.02~0.13mm。为防止挡边尖端与滚子端面接触和易于形成油膜,内挡边做成倾斜 $55' \pm 15'$ 。

高速轴承的润滑和冷却十分重要。试验后发现滚子和滚道在喷入滑油一端与另一端颜色有明显差异,说明两端温度有差别。如继续采用喷咀润滑已不适应。在这样高 DN 值下喷射滑油的穿透性受到限制,同时滑油受离心力作用向外甩出,使内圈接触处得不到适当的冷却和润滑。如果保持架选用内引导,喷咀必然对准外圈间隙处,这样对内圈更加不利。环下润滑为适应高速轴承而发展起来的,新试验件也是按这一原理设计的。

3. 对比试验 本试验在高温高速轴承试验器上进行,试验参数如下:试验轴承转速 9000~15625rpm;径向负荷 3920N;供油温度 $60 \sim 80^\circ\text{C}$;回油温度 $\geq 175^\circ\text{C}$ (短期超温 $\geq 200^\circ\text{C}$);润滑油 4109 合成润滑油。试验共进行 100 小时,20 小时后分解检查,除保持架引导面和兜孔横梁处有轻微磨痕外,其他皆正常。继续试验直至累积 100 小时后分解检查,除内套圈供油槽上两

油孔间有一条裂纹外其他都正常,滚子保持架外观质量明显优于原轴承。

试验录取了内外套圈的温度,消耗功率以及进回油温度,结果示于图1、2、3。

从图1可见,内外套圈温度随转速增加而升高,另外 DN 值相同时轴承 6D2002832NW₁ 的温度低, DN 值大于 2×10^6 差别明显扩大,这说明其高速性良好。

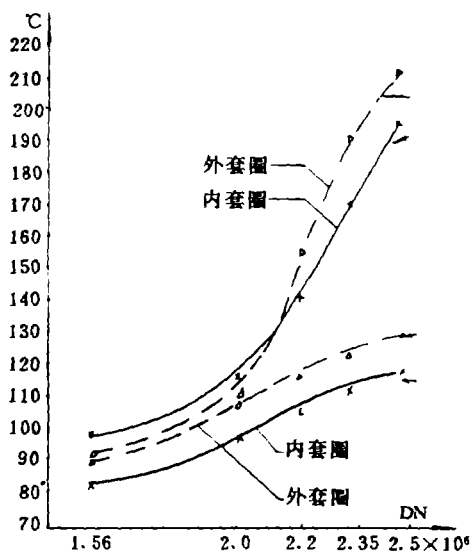


图1 轴承内外套圈温度随 DN 值变化 (进油温度 $70^{\circ}\sim 80^{\circ}\text{C}$)

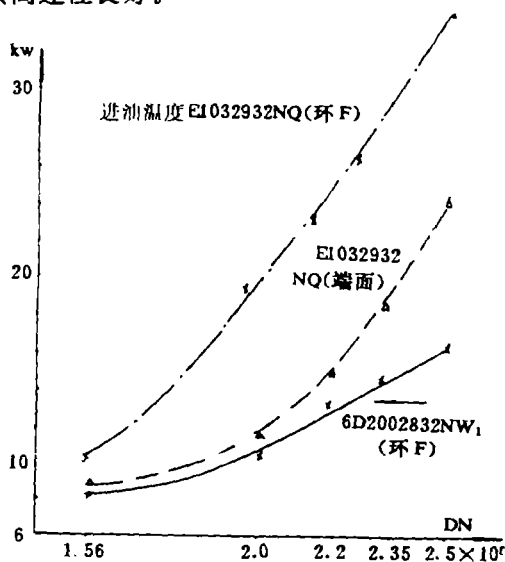


图2 消耗功率与 DN 值变化 (进油温度 $70^{\circ}\sim 80^{\circ}\text{C}$)

从图2可见随着 DN 值增加功率必然增大,但新试件在相同 DN 值所消耗功率小,这表明其动态磨阻特性良好。轴承内部结构、润滑油路对功率影响也不可忽视, EI032932NQ 轴承虽采用环下供油,但外套圈带挡边,离心力抛到外套圈的油在挡边处堆积,增加搅拌阻力。

同样从图3的进回油温差随 DN 值的变化,也可见 6D2002832NW₁ 轴承性能优越。

关于轴承内套圈出现裂纹,主要是材料的断裂韧性不能满足要求,有的报告提出 DN 值为 2.4×10^6 是 $\text{Cr}_4\text{Mo}_4\text{V}$ 断裂的门槛值^[1],当然在环下供油开的油槽和油孔,不仅削弱了强度,而且应力集力明显增加。加上该处有加工引起的烧伤,这些也是引起断裂的原因。

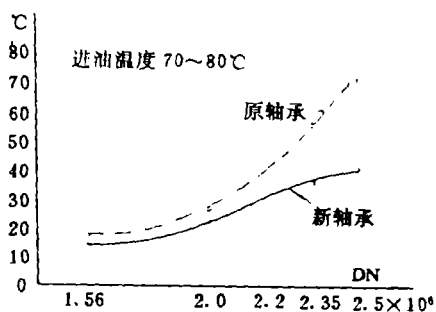


图3 滑油进回油温差随 DN 值变化 (进油温度 $70^{\circ}\sim 80^{\circ}\text{C}$)

4. 结论 本文研究了适用于航空发动机的 DN 值为 2.5×10^6 的滚子轴承,经试验证明:

- (1) 该轴承主要参数选择合理,高速性能良好,能适应中等负荷条件下工作。
- (2) 应选用环下供油润滑,并且结构也应作相应考虑。
- (3) 高速轴承的断裂应给予重视。

参 考 文 献

[1] Richard J. Parker "Present Technology of Rolling-Element Bearings" NASA-N8320121, 1982.

EXPERIMENTAL INVESTIGATION OF AEROENGINE HIGH-SPEED ROLLER BEARING

Feng Yangyuan, Shao Jiaxing, Zhan Mingxue

(*Shenyang Aeroengine Research Institute*)

ABSTRACT A research work for developing aeroengine high-speed roller bearings with 2.5×10^6 DN has been completed. At first, a front roller bearing of a turbine rotor on an existing engine was tested to expose its defects as its DN was enhanced. Then, a new bearing 5D2002832NW has been designed to eliminate the these defects, the comparative tests have been carried out. The results show that the new bearing can meet the requirements of the roller bearing working at 2.5×10^6 DN, when its design parameters are chosen reasonably.

PRIMARY EXPERIMENTAL INVESTIGATION ON EROSION BURNING IN A NOZZLELESS SOLID PROPELLANT ROCKET MOTOR

Zhang Chaocai, Sun Xuquan, Lu Zhenzhang

(*National University of Defence Technology*)

ABSTRACT A new apparatus for investigating the erosive characteristics of the nozzleless solid propellant rocket motor by interruption of burning is presented. The erosive characteristics of HTPB composite propellant are obtained. The curves $p-t$ computed with the erosive characteristics are compared with the experimental data. The experimental results show that the erosive characteristics of nozzleless rocket motors are similar to those of the rocket motor with a nozzle.