

某型航空发动机摇臂关节轴承性能试验设计分析

张少轩 陆超 何家鑫

(上海市轴承技术研究所有限公司 上海 201801)

摘要: 随着现代发动机技术的快速发展,对发动机上的零件的性能相应有了更高的要求。整个操纵机构由联动环、机匣壳体及摇臂类零件组成,其安装在高压压气机前机匣外侧,用于调整整流叶片。摇臂类零件用于连接联动环与可调静子叶片,实现静子叶片角度的调整。为保证发动机性能的可靠性,需对摇臂关节轴承的静力学及动力学性能进行相关试验分析。本文将对某型航空发动机摇臂关节轴承进行位移、脱出力及 25000 次常温、低温、高温磨损性能试验,用以保证在发动机操作组件中可正常运作,为摇臂关节轴承可装机试飞提供依据。

关键词: 摇臂关节轴承;静力学;动力学;性能分析

0 引言

带摇臂的关节轴承是一种滑动轴承,由内圈、外圈和摇臂组成^[1]。该类轴承主要用于连接联动环与可调静子叶片,实现静子叶片角度的调整,且有一定耐冲击和耐磨性能,在航空航天、水利机械和自动化设备等领域中广泛被应用^[2-4]。联动环、机匣壳体及摇臂间形成平面四连杆机构运动单元,摇臂类零件轴间距尺寸作为其中一个运动边,对发动操纵系统整体联动起着至关重要的作用。摇臂类零件作为操纵机构重要组成部分,对其进行静力学及动力学试验分析就显得尤为重要^[5-6]。本文将对某型航空发动机摇臂关节轴承进行位移、脱出力及 25000 次常温、低温、高温磨损性能试验,用以保证在发动机操作组件中可正常运作,为摇臂关节轴承可装机试飞提供依据。

1 试验设计

1.1 试验对象

GE2.5/YB 轴承外形尺寸见表 1,

结构示意图见图 1。

表 1 GE2.5/YB 轴承技术参数

序号	参数	参数名称	数值
1	d/mm	内径	2.5
2	D/mm	外径	9
3	B/mm	内圈宽	4
4	C/mm	外圈宽	3
5	SΦ/mm	球径	5

轴承材料:内圈—耐腐蚀钢;外圈—尼龙;摇臂—高温合金。

被试轴承为取自 22-06/1 批次 30 套合格产品,轴承编号为 301#~330#。

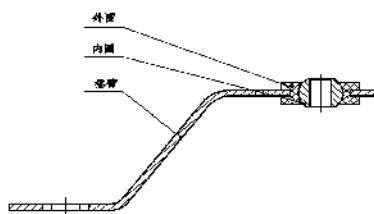


图 1 摇臂关节轴承结构

Fig. 1 Structure of rocker joint bearing

1.2 试验类别

静力学性能试验:

位移 (30 套, 非破坏性试验)

脱出力 (10 套, 破坏性试验)

动力学性能试验:

常温磨损 (3 套, 破坏性试验)

高温磨损 (3 套, 破坏性试验)

低温磨损 (3 套, 破坏性试验)

1.3 试验要求

1.3.1 位移试验

试验方式:如图 2、图 3 所示,正反面分别施加轴向载荷 50N 时,内圈位移量不超过 0.07mm;

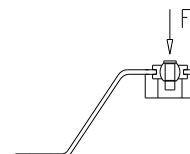


图 2 正面测量结构

Fig. 2 Front measuring structure

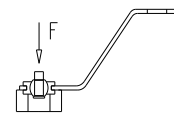


图 3 反面测量结构

Fig. 3 reverse measuring structure

1.3.2 脱出力试验

试验方式:摇臂轴承应安装在如图 4 所示的刚性支座上,只有尼龙外圈受到支承。以每秒 5%轴向推出力的速率加载到内圈端面,直至达到 270N 时轴承内圈应不脱出。持续加载直到内圈脱出,记录最大脱出力。

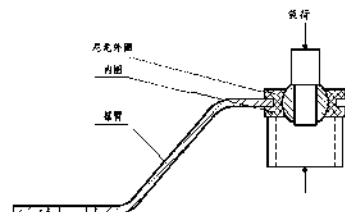


图 4 脱出力测量结构

Fig. 4 measuring structure of detachment force

1.3.3 摆动磨损试验

试验方式：根据 AS 81820 《低速摆动自动调心自润滑关节轴承通用规范》要求安装，并在轴承外圈端面上记号(记录轴承与座孔的相对安装位置)。安装调试结束后，(高温等待环境箱温度升至 163℃，低温等待环境箱温度降至-40℃，并达到恒定状态，保持两小时后)，施加大小 50N 径向试验载荷，并保持恒压 15 分钟，然后测量装置调“零”，随后开始按摆动频率 0.2HZ、摆角 ± 25° 进行摆动试验，试验过程中观察运行情况，直至完成 25000 次摆动试验。

表 2 试验设备表

名称	型号/规格	编号
微小关节轴承三轴试验机	BZ-BM5-3	430-030
电子万能试验机	D2-20-N	562-001

2 试验结果

2.1 位移试验结果

根据 1.3.1 的试验要求，对 30 件摇臂关节轴承进行位移全检，绘制如下曲线；

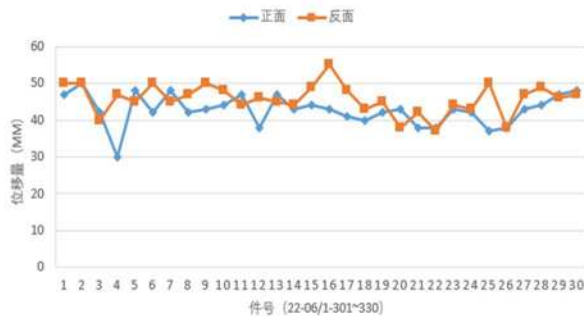


图 5 位移测量结果

Fig. 5 Displacement measurement results

由图 5 可知：摇臂关节轴承正面位移量平均趋于 40μm，反面位移量平均趋于 45μm，位移量均小于要求值。

2.2 脱出力试验结果

根据 1.3.2 的试验要求，对 10 件摇臂关节轴承进行脱出力检验，绘制如下曲线；

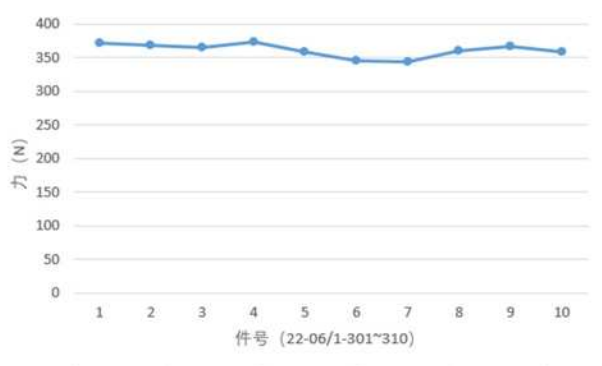


图 6 脱出力测量结果

Fig. 6 Measurement results of stripping force

由图 6 可知，10 件脱出力大小基本稳定在 350N 左右，脱出力均大于要求值。

2.3 磨损试验结果

根据 1.3.3 的试验要求，对 9 件摇臂关节轴承进行常温（3 件）、高温（3 件），低温（3 件），绘制如下曲线；

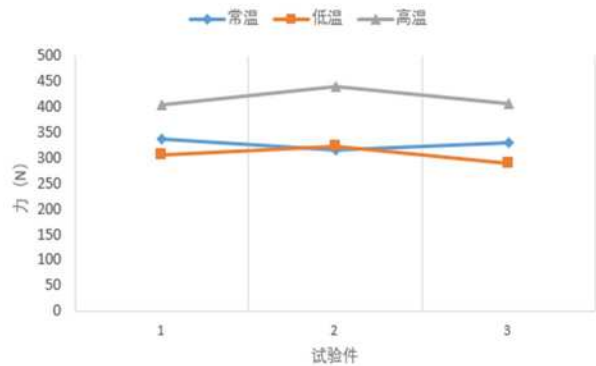


图 7 磨损试验后脱出力测量结果

Fig. 7 Measurement results of pull-out force after wear test

由图 7 可知，经动载荷试验后，摇臂轴承的脱出力大小在常温 and 低温磨损试验后基本稳定在 300N 左右，经高温磨损试验后脱出力更高，平均为 410N，磨损试验后脱出力均大于要求值。

3 工程意义

位移量的大小对摇臂关节轴承使用时的振动、寿命等性能都有影响，关乎轴承能否正常工作的重要参数。

脱出力的试验可验证摇臂轴承强度是否满足一定的指标要求，可防止摇臂轴承因承载不足而导致失效。

动力学性能试验可验证该轴承在常温、低温、高温经过 25000 次磨损作用后产品状态是否可达到相关的寿命要求。

摇臂关节轴承现在广泛应用在航空发动机的操作组件上，这就需要其具有较高的可靠性，而位移、脱出力就是影响轴承可靠性的重要参数。例如某发动机操作组件处的关节轴承要求位移量、脱出力控制在一定范围，如果相关参数不达标，摇臂关节轴承可靠性得不到保证，可能会面临灾难性的后果。所以对其进行试验研究分析对于在工程实际应用有重要价值。

参考文献：

[1]王建新, 吕泉. 摇臂零件的加工工艺方法研究[J]. 科技创新导报, 2013(26)
[2]高星. 摇臂零件数控加工工艺分析[J]. 橡塑技术与装备, 2016(12)
[3]张延, 陈栋权, 欧阳醒. 航空发动机可调叶片角度校准工装设计方法 [J]. 航空精密制造技术, 2019(05)
[4]周杨娜. 某航空发动机摇臂动应力测试技术研究[C]中国航空结构动力学学术交流会. 2008.
[5]刘大响, 程荣辉. 世界航空动力技术的现状及发展动向 [J]. 《北京航空航天大学学报》, 2002
[6]王涛, 杜立峰, 韩冰等. 高压前机匣操纵机构连杆断裂故障分析[J]. 科技创新与应用, 2013(13): 82-83

作者简介：张少轩（1996 年——），男，汉族，河南省开封市人，本科学历，工程师，研究方向：轴承设计与应用。