

某型飞机螺旋桨配重卡箍断裂分析

刘滨春¹, 宋秋红²

(1. 空军航空大学航理系, 吉林 长春 130022; 2. 上海海洋大学, 上海 201306)

摘要:从试验和理论二个视角探讨了某型飞机螺旋桨配重卡箍裂纹产生的机理及相关影响因素, 为采取行之有效的预防措施提供了理论依据。

关键词:螺旋桨配重卡箍; 裂纹损伤; 断裂故障

中图分类号: V228.5

文献标识码: B

doi: 10.3969/j.issn.1674-3407.2011.03.008

Analysis on the Fracture Failure of Airplane Propeller Counterweight Hoop

Liu Binchun¹, Song Qiuhong²

(1. Aviation University of Air Force, Changchun 130022, Jilin, China;

2. Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China)

Abstract: According to analyzing the crack and fracture of airplane propeller counterweight hoop, the mechanism and the influence factors of the crack and fracture are discussed from the side of laboratory test and theoretical analysis, which provides some theoretical evidence for taking prevention measures.

Keywords: propeller counterweight hoop; crack damage; fracture failure

1 引言

某型飞机螺旋桨配重卡箍多次发生裂纹、断裂故障, 发生断裂时, 轻则卡箍断裂飞脱引起强烈振动, 导致飞机迫降, 严重时造成事故。

配重卡箍断裂后残骸特点: 卡箍断裂部位基本相同, 均在配重卡箍左侧距键槽左侧边缘弦长约 45mm 处。

观察与未断配重卡箍相配的桨套: 其宏观磨痕仅在销子附近, 占卡箍宽一半, 圆周约占 60°, 呈三角形, 配重卡箍上磨痕与其一致。

观察与断裂配重卡箍相配的桨套: 其宏观磨痕在销子附近, 占卡箍整个宽度, 圆周约 130°, 呈带状。配重卡箍已断, 磨痕不明显^[1]。在薄壁环形部分没有任何磨痕, 表面处理的镀锌层完好无损。

2 受力分析与静力实测

配重卡箍结构上呈支架状, 一端安装配重, 用来产生变大距的力矩, 另一端呈开口薄壁环形, 以便于安装到桨套上, 在环形开口处安装卡箍螺栓, 用 80—90N·m 力矩将卡箍固定在桨套上, 同时又起到夹紧桨叶防止其在桨套中转动的作用(见图 1)。

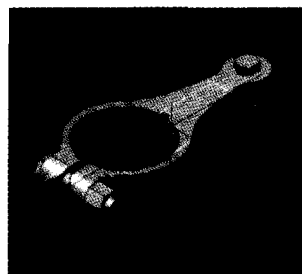


图 1 螺旋桨配重卡箍

〔收稿日期〕 2011-06-16

〔作者简介〕 刘滨春(1961—), 女, 副教授, 主要从事航空发动机和热力学的教学研究工作。

螺旋桨工作时,配重产生离心力 P ,其值可达 8420N,此力可分解为平行和垂直于桨叶轴线的分力 F_I 和 F_{II} ,见图 2。

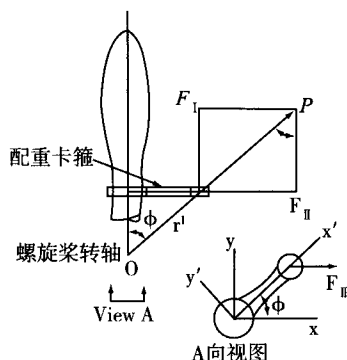


图 2 螺旋桨工作时配重产生离心力示意图

F_I 对配重卡箍结构构成弯曲力矩,使其一侧受拉; F_{II} 使配重卡箍受到一个向桨叶后缘的弯曲力矩,使前缘一侧受拉。经分析,配重产生的力矩为:

$$M = 1/2 \cdot (2\pi n_s)^2 (J_{\max} - J_{\min}) \sin 2\varphi$$

其中: φ —配重装置角,从它的惯性主轴量起;
 J_{\max} 、 J_{\min} —桨叶相应截面最大和最小转动惯量;
 n_s —螺旋桨的转速。

这两个力矩作用的结果使配重卡箍断裂处总是处于拉应力状态,而且二力矩产生的拉应力在该处是叠加的。

用电测法实测断裂处应力^[2]的大小,贴片位置及应力大小见图 3 和表 1。由表 1 可知,配重卡箍的静强度是足够的。

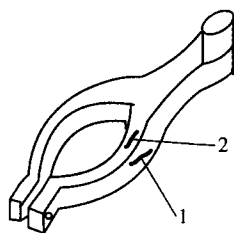


图 3 贴片位置

表 1 贴片位置与应力

测量点位置	应力 (kPa)	安全系数
1	1680	5.06
2	1490	5.7

3 试验结果分析

根据计算的外力进行试验,试验在 30t 万能试

验机上进行,在卡箍质量中心施加相当于配重旋转的离心力(9000N)的载荷时,用 0.03mm 的塞尺可以塞进,说明螺旋桨旋转时,在离心力作用下,桨套与配重卡箍之间有间隙和贴合不良,存在微动摩擦的条件。

设计规定:桨套尺寸为 $\varphi 108_{-0.07}$,而配重卡箍相应尺寸为 $\varphi 108^{+0.07}$ 。卡箍本身结构决定与配重连接处,刚度极大,外力作用下,难以变形,因此,桨套与配重卡箍的贴合紧密程度就取决于它们尺寸的大小。即,磨痕的大小与桨套和配重卡箍配合处本身的尺寸及装配间隙有关。

当零件符合图纸要求,正常装配情况下,虽有摩擦但因为其贴合较好,配重卡箍与桨套的摩擦痕不超过销子的位置,且角向的幅度只有 60° 左右。把配重卡箍视为悬臂梁,无摩擦痕部位起始处相当于悬臂梁的固定端。此时,惯性力对它的力臂较短而且该处断面较大,所以应力较小,不致引起微动摩擦腐蚀的疲劳断裂。

当零件超差,再加上装配时用尺寸过大的配重卡箍和尺寸过小的桨套组合在一起,由于贴合不紧密,形成大面积的摩擦痕,角向幅度加大到 130° ,这样,配重卡箍固定于桨套上时,无摩擦痕部位起始处相当于悬臂梁的固定端,此时惯性力对它的力臂较长,且该处断面面积较小,导致断裂处应力加大。长期作用下,微动引起零件表面层的附加机械应力、冷热应力、组织应力等加工硬化,微动所造成的磨痕与应力方向垂直,显著降低了零件的疲劳强度,加上较大的交变应力,势必明显地降低零件的疲劳寿命,造成断裂故障。

4 结束语

配重卡箍与桨套组装后,当零件制造超差,或尺寸大的配重卡箍和尺寸小的桨套组合在一起,使之靠配重一端贴合不紧密,甚至形成较大范围的间隙,因而配重卡箍与桨套之间产生微动摩擦疲劳,同时在交变载荷与零件表面摩擦损伤的联合作用下导致疲劳,造成断裂。

参考文献

- [1] 范强,等. 结构疲劳强度设计与失效分析[J]. 飞行事故和失效分析, 2010, (1).
- [2] 张宝诚. 航空发动机实验和测试技术[M]. 北京: 航空航天大学出版社, 2005.