

传感器对后支承机匣系统 动力特性的影响

南京航空学院 温卫东 陈武杰 田淑芳

某发动机在工厂台架试车过程中,要求严格控制发动机振动量,用速度计监测整机振动水平。由于工厂实际条件限制,需改用加速度计作为测振传感器。结果发现原合格发动机的振动量,却大大超过规范要求。

发动机的振动水平及其转子动力学特性与其支承系统的动力特性密切相关。近年来,国内外都十分重视对支承系统动力特性的研究^{[1][2]}。本文在已有工作的基础上,着重考虑了机匣的影响,提出用共振频率等效法,确定当采用加速度计取代速度计测振时,所需要附加质量块的质量大小,研究了传感器质量对后支承动力特性的影响。

一、试验方法

1. 后支承——机匣系统的选取 该系统由进气、压气机——涡轮转子、自由涡轮、减速器等机匣及前、后支承等组成。整个转子支承在前、后支承上。本文根据工厂所能提供的条件,仅考虑了对后支承影响较大的压气机——涡轮转子的支承——机匣系统作为试件,如图1所示。

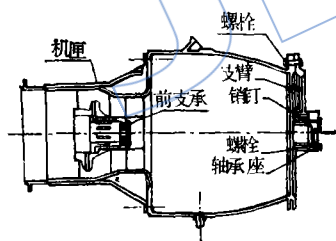


图1 后支承——机匣系统简图

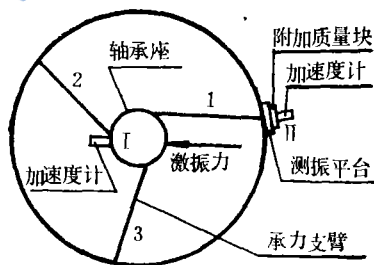


图2 后支承的B激振状态

2. 测试方法及内容 由于实际结构限制,并考虑到后轴承座本身刚性较大,故测后支承点导纳的I号加速度计安装如图2所示。在测试中,可采用水平激振,如图2的B激振状态。考虑到支承的非对称因素,也可在垂直方向激振,即A激振状态。

采用自由质量对整个测试系统综合标定,整个试验借助于STI-11/23数据采集分析系统,用快速正弦扫描信号激振及FFT数据处理技术,选取悬吊式自由——自由激振方案。

为叙述及讨论方便,采用符号 $x \times yz$ 定义试验状态。其中 x 为销钉配合,A状态配合间隙为 0.01mm ,B状态配合间隙为 0.001mm 。 y 为螺栓拧紧力矩,A状态力矩 M_1 为 $1.6\text{kg}\cdot\text{m}$, M_2

为 $2.0\text{kg}\cdot\text{m}$ (M_1 和 M_2 分别为轴承座端盖上及支臂外端上的螺栓拧紧力矩), B状态力矩 M_1 为 $1.2\text{kg}\cdot\text{m}$, M_2 为 $1.9\text{kg}\cdot\text{m}$ 。z 为激振状态。* 为附加质量块的质量 m_a (包括传感器), 分别为108, 198, 253及326克。

二、数据处理及结果讨论

1. 机匣的影响 图3是将B326AA状态的测试结果换算成位移阻抗实部的特性曲线, 与

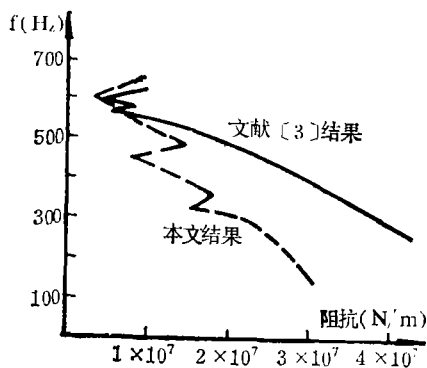


图3 后支承的阻抗实部特性曲线

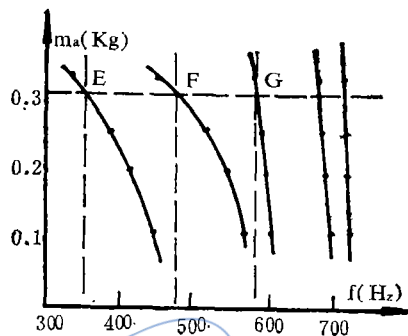


图4 附加质量与共振频率关系曲线

无机匣时的结果^[3] 相比, 其阻抗特性变复杂了。

2. 附加质量的影响 将x为A、B, y为A、B, z为A、B状态下, 所对应的第K阶 f_{cr} (共振频率) 作平均 $\bar{f}_K = \left(\sum_{i=1}^n f_{ki} \right) / n$, 其中 f_{ki} 是当 m_a 给定时, 第i种试验状态下的第K阶 f_{cr} 。

频率分散度定义为: $\delta_f = \left(\sum_{i=1}^n \left| \bar{f}_K - f_{ki} \right| \right) / (n \bar{f}_K)$ 。

图4是上述统计意义下的结果。当 m_a 分别取108~326克时, 前五阶 f_{cr} 变化量分别为117、123、23、18及10Hz且前五阶 f_{cr} 均在750Hz以下, 基本上落入或接近该发动机的工作转速范围。

图4中的曲线规律, 主要由于后支承的特殊结构所致。后支承视为弹性支承, m_a 与其质量相比为5.47~16.52%, m_a 变化引起后支承质量的变化相当大, 不能略去不计。此外, 在三个支臂中, 2、3号支臂结构形式及质量均相同, 而1号支臂上有测振平台、传感器安装架等, 连同支臂等质量, 是其余两支臂的2.97倍。因此, 尽管三个支臂在结构安装上成等角度分布, 但其质量分布的非对称性, 必然加剧其动力特性的复杂性。

m_a 对上述相应的共振位移导纳峰值 H_{cr} 的影响也很显著。图5是相应于图4意义下在I测点获得的结果。

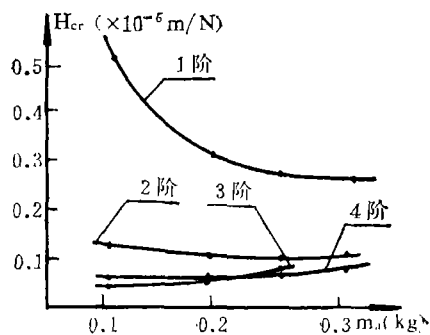


图5 附加质量与共振导纳峰值关系曲线

应当指出,图4中曲线的 δ_f 为0.4~2.3%,表明当 m_a 给定时,在规范要求的范围内,销钉配合间隙,螺栓拧紧力矩等安装条件对 f_{cr} 的影响很小。

3. 附加质量大小的确定 由于 m_a 对前几阶 f_{cr} 及 H_{cr} 影响十分显著,因此,当分别采用加速计及速度计测振时,由于其灵敏度及频响特性的差异,特别是质量差异较大,必然导致测振结果的很大差异。根据工厂要求,在不改变原技术规范的前提下,要使采用两种传感器的测振效果等效,最简便的方法之一,可在安装加速度计的同时,增加一些附加质量块,其质量大小可用下述 f_{cr} 等效法求得:

- (1) 用速度计测得支承——机匣系统的各阶 f_{cr} ,
- (2) 改用加速计,配以不同的质量块测得支承——机匣系统的 f_{cr} 与 m_a 关系曲线,
- (3) 求(1)中的 f_{cr} 直线与(2)中曲线的交点,该点对应的质量即为所求。

文中具体采用CEC-4-126型速度计,测得前三阶 f_{cr} 为354、480及590Hz,在图4中表示为虚线对应的频率,则交点E、F、G三点基本上对应相同的质量 m_a 。本试验得到的 m_a 为303克左右。根据已有的工作,前三阶共振频率可认为是后支承振动为主的三个共振频率,因此,试验较易得到前三阶 f_{cr} 交点基本上对应于相同的 m_a 。

三、结 论

对某发动机的后支承——机匣系统的动力特性研究,可得到如下几个结论:

1. 采用加速度计取代速度计作为测振传感器,可使后支承——机匣系统的前几阶共振频率在一个很大的范围内变化,其相应的前几阶导纳峰值也有较大变化,但随共振阶次提高,变化量均逐渐减小。其主要原因是两种传感器质量差别较大,加剧后支承质量的非对称分布。

2. 当采用加速度计取代速度计测振,且不改变测振规范时,采用本文提出的共振频率等效法,确定附加质量块质量大小,可以满足当前该发动机台架试车的测振要求。文中提供的附加质量大小,可供工厂换装测振加速度计时参考。

3. 考虑机匣时,后支承的阻抗普遍下降,共振频率更丰富。

参 考 文 献

- [1] 龚汉声等,“大型汽轮发电机组基础——轴系联合振动试验研究”,动力工程,1982年第4期。
- [2] 黄太平、田淑芳,“弹性阻尼支承动态特性分析与试验”,南京航空学院学报,1983年第3期。
- [3] 黄太平等,“WZb联合转子后支承动态特性测试报告”,1985年。

(责任编辑 李其汉)

EXPERIMENTAL INVESTIGATION ON FLOW IN INTERNAL COOLING STRUCTURE OF TURBINE BLADE LEADING EDGE

Kang Ying, Qiu Xuguang, Guan Leiyang

(Beijing Institute of Aeronautics and Astronautics)

Abstract

The flow in the internal cooling structure of the leading edge of certain real turbine blade was simulated experimentally. It is found that about more than one third of the area of each impingement hole is actually useless, and the flow distribution of the film-cooling holes is remarkably affected by the relative location between the film-cooling holes and the impingement holes.

APPLICATION OF FFT TEST TECHNIQUE TO DYNAMIC CHARACTERISIC ANALYSIS OF STRUCTURE FATIGUE TESTING MACHINE

Gao Jinghai

(Harbin Engine Manufacture Company)

Li Hongren and Fu Peichen

(Harbin Polytechnical University)

Abstract

In application of the FFT test technique, the wide band and sine exciting methods are used for dynamic characteristic analysis and modelling of electro-hydraulic Servo-System in the structure fatigue testing machine. As a result, it is very useful for optimum design, combined regulation and adjustment of the entire system.

EFFECT OF TRANSDUCER MASS ON DYNAMIC CHARACTERISTICS OF A REAR BEARING-CASE SYSTEM

Wen Weidong, Chen Wujie, Tian Shufang

(Nanjing Aeronautical Institute)

Abstract

An equivalent method of resonant frequency is provided to determine the magnitude of the required extra mass when an acceleration transducer is applied to measuring the vibrations of an engine instead of velocity transducer without changing the original technical specifications. The effect of the transducer mass on the dynamic characteristics of the rear bearing-case system is investigated. The experiments show that the first several orders of the resonant frequencies and displacement mobility peak values vary to a great extent because of great difference between two transducer masses when the velocity transducer is replaced by the acceleration transducer in measuring the vibrations of the system.