

提高叶片振动激光全息象质的途径

玉峰* 陆志一

(哈尔滨船舶锅炉涡轮机研究所)

〔摘要〕 本文在对某型低压压气机动叶进行激光全息测振的基础上, 总结提出了提高叶片振动激光全息象质的途径。

主题词 叶片 振动 激光测量 全息摄影

一、前言

激光全息干涉度量术应用于叶片的振动测试, 可直观地、全场性地给出叶片的振动特性, 而叶片振型全息象质量的优劣将直接影响测量结果的精确性, 因此本文在对某型低压压气机动叶片振动进行激光全息测试的基础上, 总结提出了提高叶片振动激光全息象质的途径。

二、叶片振动激光全息测试简介

早在1965年R.L.Powell和K.A.Stetson就将全息干涉度量术应用于振动测试。由于全息测振具有直观性、全场性和精确性等优点, 近年来成为振动测试中很有前途的测试手段, 图1即是激光全息测振的光路布置。

利用时间平均法, 对被激振的叶片进行全息照相, 则在全息干板H上记录了叶片振动的全部信息, 干板经处理后, 用参考光再现, 便可得到叶片在某一固有频率下振动的振型图。图上具有明暗相间的条纹, 各点的光强是叶片上各点振幅的函数, 可用第一类

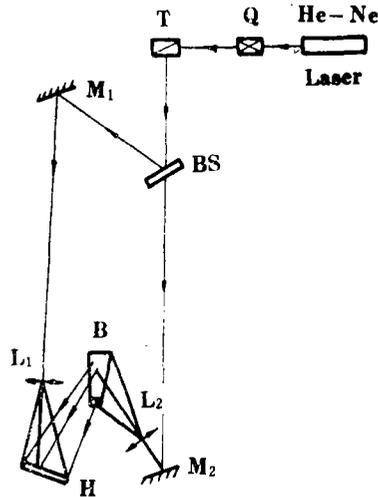


图1 激光全息测振光路布置

零阶Bessel函数来表示:

$$I_p = I_0 J_0^2(\rho)$$

式中: $\rho = \frac{2\pi}{\lambda} A_p (\cos\theta_1 + \cos\theta_2)$;

I_0 ——叶片静止时光强;

$J_0(\rho)$ —— ρ 的第一类零阶 Bessel 函数;

A_p ——叶片表面P点的振幅;

θ_1 ——入射光与振动方向的夹角;

θ_2 ——观察方向与振动方向的夹角;

收稿日期: 1989-07-29

* 该作者现工作单位: 德州师范专科学校物理系。

λ ——激光波长。

藉此可获得叶片的振动特性,如固有频率、振型和相对位移等。

三、提高叶片振动全息象质途径

叶片振型全息象是叶片振动测试中最基本的、也是最重要的资料。高质量的全息象将获得更加精确的叶片振动特性,而叶片振动全息象质又受诸多因素所制约,为此就几个主要方面提出提高叶片振动全息象质的途径。

1. 技术方面

叶片振型图上光强分布为 $I_p = I_0 J_0^2(\rho)$,这是指单曝光情况,在该情况下,往往条纹太密,且亮条纹光强随级数增加衰减太快。我们引入双曝光方法,即首先对叶片静止状态曝光一次,时间为 t_1 ,再对叶片振动状态用时间平均法曝光,时间为 t_2 ,所得全息象的再现光强将变为 $I_p = I_0 [J_0(\rho) + t_1/t_2]^2$ 。若取 $t_1/t_2 = 0.5$,则条纹级数为单纯时间平均法的一半,且亮条纹比单曝光时更亮,光强随振幅的增加衰减也较缓慢,从而有效地提高了叶片振型象的亮暗条纹对比度。

2. 工艺方面

在叶片振动的激光全息测试中,有许多工艺过程,如晶体片的粘贴、电极引线的焊接、叶片表面的处理以及干板的冲洗等,它们均对全息象质有影响。

叶片的振动是由粘贴在叶片表面上的压电陶瓷晶体片(如锆钛酸铅晶体片)来激振和拾振的。根据实验,晶体片应粘在叶片振幅较大处,一般贴在叶片外弧表面的根部。首先选择叶型表面较平坦的区域,作清洗处理,涂一层胶,如502胶或其它常温胶,贴一层薄的电容器介质纸以绝缘,然后再将晶体片粘贴上。晶体片应与叶片表面均匀接触,无悬空部位。

在晶体片的两面均镀有电极,为使电极

引线方便,下电极一般也引到上电极上。激振信号和拾振信号均是通过电极引线传输的,焊接电极引线时,一方面要使焊接牢固不致于振落,又要使焊点尽量小,焊接时间尽量短,以避免晶体片的热损坏。

叶片一般为金属材料,其内弧表面的光学漫反射性能较差,致使光能损失较多,严重影响叶片振型全息象的质量。故在实验之前,须对叶片表面进行漫反射处理,以增加到达干板上的物光光强,如在叶片表面涂一层薄薄的银粉,便可起到较好的效果。

曝光后的干板,要经过显影、停影、定影和干燥等过程,在此推荐使用F-19显影液和F-5式定影液,并在冲洗过程中,认真掌握时间,最后冲掉干板上残存的药液,自然晾干,从而获得高质量的全息象。

3. 强迫振动系统

激光全息测振必须在隔振试验台上进行,其隔振效果可用迈克尔逊干涉仪来测定。

叶片的夹具应有足够的质量和刚性,一般叶片与夹具质量比至少为1/100左右,并尽量使夹持模拟实际工况下离心力对叶片根部的夹紧状态。

在强迫激振中,激振力 $F = F_0 \cos \omega t$ 的大小,引起振型图中条纹的疏密变化。通常, F_0 大,条纹密, F_0 小,条纹疏,条纹过密或过疏都不利于分析计算。因此,应适当选择激振电压信号的大小,即激振力的大小,以保证条纹的数目和密度,一般选取激振电压为200~300V。

我们知道,在强迫振动系统中,只有使叶片达到稳定共振时,才有可能获得稳定的振型图,条纹亮暗分明。也就是说,当激振信号的频率 f 与叶片某一固有频率 f_0 相等时,才能得到叶片振动的某阶振型。叶片振动信号可由示波器来检视,并通过调整音频信号发生器输出信号的频率,可使叶片振动的波形满足以下要求:

a. 振动波形的振幅在该频率附近达到最大;

b. 波形无失真;

c. 波形稳定, 不左右移动。

此时便可拍摄到叶片在该频率下的振型全息图。

在上述原则下, 拍摄了某型低压压气机动叶片的振型全息象, 如图 2 所示, 获得满意的效果。

本试验承蒙毕成武高工的竭诚指导, 在

此深表感谢。

参 考 文 献

- [1] 王永昭. 光学全息. 北京: 机械工业出版社, 1981
- [2] 胡时岳, 朱继梅. 机械振动与冲击测试技术. 北京: 科学出版社, 1983
- [3] 朱文华, 尹柏生. 燃气轮机叶片激光全息振动分析. 舰船透平锅炉, 1975, (5):43~52
- [4] 翁维熊, 毕成武. 涡轮机械叶片的振动及其测量. 舰船透平锅炉, 1976, (1):17~37

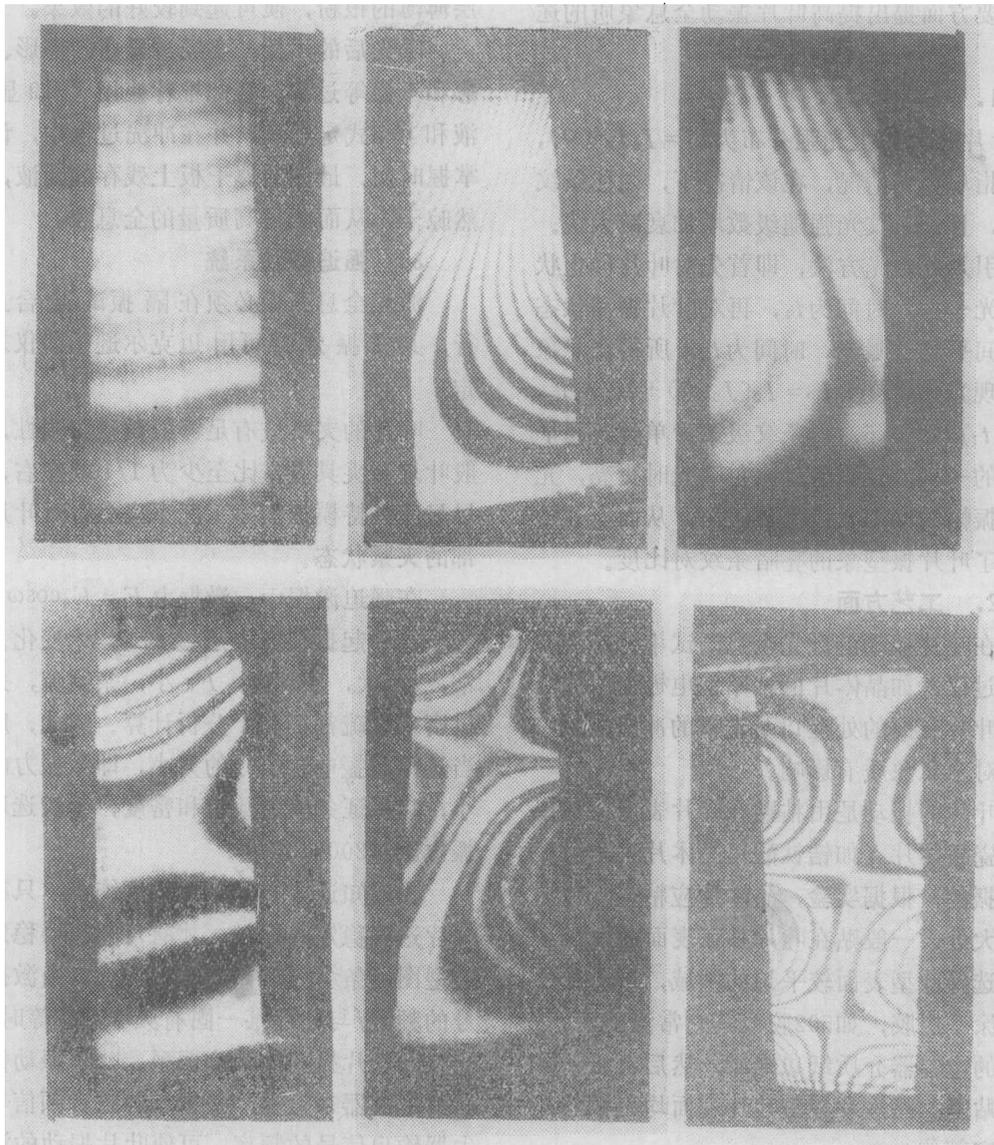


图 2 第四级动叶片振型图 (下转第24页)

In-Service Checking for the Heat Exchange and Flow Resistance of Screw tubes and the Influence of Inlet Flue Gas Temperature on the Heat Exchange

Li Zhiqiang, Liu Dianbiao, Wang Jinguang, et al

(Beijing Electrical Engineering & Economy Research Institute)

Abstract

Presented in this paper are formulas for calculating flow resistance and heat exchange coefficient of screw tubes, which have proved to be accurate and reliable in a proof test on an in-service boiler. It is pointed out that variations of flue gas temperature at the inlet of a screw tube have little influence on the heat exchange and total flow resistance of the boiler, and suggested to raise the inlet flue gas temperature as high as possible in the design of a boiler.

Key Words: *shell boiler, screw tube, flue gas tube, heat transfer, resistance, optimum design*

(上接第32页)

A Way to Improve Blade Vibration Mode Laser Holographic Image Quality

Wang Feng, Lu Zhiyi

(Harbin Marine Boiler & Turbine Research Institute)

Abstracts

The authors propose a method of improving blade vibration mode laser holographic image quality on the basis of the laser holographic vibration measurements on rotor blades of a low pressure compressor.

Key Words: *laser measurement, blade, vibration, holography*