

图4 喷流位置固定时,脉宽随色散变化的关系曲线

脉宽的关系曲线,见图3。从图中可看出,对某一个色散量,可以找出一个适当的自相位调制量与之相匹配,使脉宽达到最小。

在DODCI喷流位置固定的条件下,测得的脉宽随色散的变化曲线如图4所示。DODCI喷流没处在最佳位置。脉宽随着色散的变化是非对称的。也就是说,负色散和正色散对脉冲的影响是不同的。

采用强度二阶相关测量法来测定脉冲宽度。由

于光脉冲是很可能带有啁啾的,当带有啁啾的脉冲通过色散介质时,会被展宽或压缩,所以在短脉冲光的测量中,应尽量使光少通过或不通过色散介质,否则会带来测量误差。因此,我们将测量装置中各个用来反射光的棱镜换成了中空棱镜,从而减小测量系统对光脉冲形状的影响。

### 参 考 文 献

- 1 E P Ippen *et al.*, *Appl. Phys. Lett.*, **21**, 348 (1972)
- 2 R L Fork *et al.*, *Appl. Phys. Lett.*, **33**, 671(1981)
- 3 Ching-yun Wang *et al.*, *Opt. Commun.* to be published
- 4 Ching-yun Wang *et al.*, *Opt. Commun.*, to be published
- 5 W Dietel *et al.*, *Opt. Commun.*, **50**, 179(1984)
- 6 王清月 *et al.*, *光学学报*, **8**, 320(1988)
- 7 R L Fork *et al.*, *Opt. Lett.*, **9**, 150(1984)

(收稿日期: 1987年9月21日)

## 旋转孔径时间平均散斑照相法

顾 杰 沈永昭

(苏州大学物理系)

### Rotating aperture time-averaged speckle photography

Gu Jie, Sheng Yongzhao

(Department of Physics, Suzhou University, Suzhou)

摘要: 本文将旋转孔径散斑照相法和时间平均散斑照相法结合,提出了适合于研究振动模式、测定试件固有频率的新方法。具有精度高、非接触式测量、全场显示、防震要求低等特点。给出了理论分析和实验证明。

关键词: 旋转孔径散斑照相, 时间平均散斑照相

### 一、引 言

测定试件的固有频率是力学的重要课题。常见的非接触式方法有实时全息、散斑干涉仪<sup>[1]</sup>和电子散斑法<sup>[2]</sup>。它们通常需要专用设备和复杂的技术,且不利于信息保存。旋转孔径时间平均散斑照相法(转孔时平法)能把随时间连续变化的信息“固化”存储在一张散斑图上,并可作“实时”分析,提取任意时刻的信息<sup>[3]</sup>。

### 二、原 理

散斑图的空间频率成份取决于照相孔径的形状和位置。图1中内部两圆表示任意时间 $t$ 双孔处于 $\theta$ 位置( $\theta_0$ 是开始曝光时的位置)。在曝光时间 $T$ 内使频率 $\nu$ 在所研究的频带内连续变化,则有

$$\nu = \nu(t), \nu(0) = \nu_i, \nu(T) = \nu_e \quad (1)$$

令时间 $T$ 内双孔旋转半圈,则有

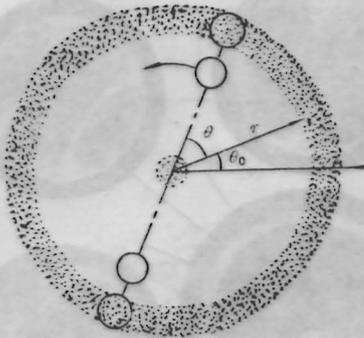


图1 旋转双孔和衍射晕

$$\theta = \frac{t}{T} \pi \quad (2)$$

试件在外力激励下作强迫振动, 激励频率和试件固有频率一致时发生共振, 这时振幅最大。振幅越大条纹越密, 共振时条纹最密, 这是寻找固有频率的根据。设试件在  $\nu_i$  和  $\nu_o$  间有一固有频率  $\nu_r$ 。随着滤波孔的移动可看到条纹由疏变密, 又由密变疏,  $\theta_r$  处条纹最密, 对应于共振。  $\theta_r$  可实测得到, 由(2)式

$$t_r = \frac{T}{\pi} \theta_r,$$

代入(1)式得固有频率

$$\nu_r = \nu(t_r) = \nu \left( \frac{T}{\pi} \theta_r \right) \quad (4)$$

旋转双孔散斑图只有一个晕环, 只能得到一个方向的振幅分布, 适合于轴对称问题。一般问题可根据需要选用合适的基本孔径<sup>[2]</sup>, 若采用直三位孔, 衍射晕有三个环, 见图6(c)。测定固有频率时应同时观察内晕和中晕上的滤波条纹, 由振幅最大可导出共振条件是  $(n_1/r_1)^2 + (n_2/r_2)^2$  取最大值。其中  $n_1$  和  $n_2$  分别是内晕和中晕条纹的最大阶数,  $r_1$  和  $r_2$  是内晕和中晕的半径。

### 三、实 验

#### 1. 扬声器振动模式分析

扬声器是宽带响应试件, 转孔时平法可用来研究其某频带内的振动模式及随频率变化的情况, 图2是实验照片, (c)是衍射晕, (a)、(b)、(d)是在指示位置上滤波得到的散斑条纹。若用普通时间平均散斑法拍摄同样频率的散斑图(每个频率拍一张散斑图), 并在相同位置滤波, 应得相同的条纹。图3就是由这样得到的照片, 图2和图3中相同频率的条纹差别很小, 证实了转孔时平法的可行性。

#### 2. 测定圆板的固有频率

周边固定的圆板, 背面用扬声器作非接触式激

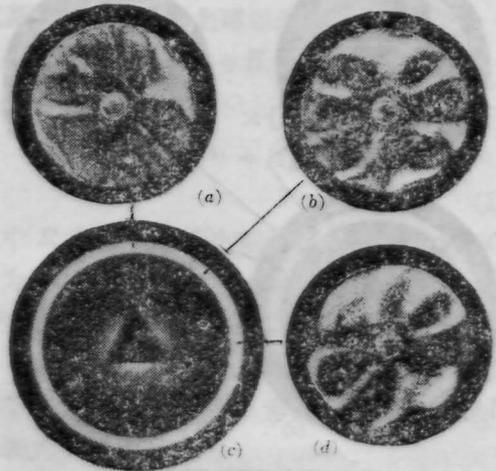


图2 双孔转孔时平法得到的扬声器, 散斑条纹  
(a)  $\nu=640.0$  Hz (b)  $\nu=630.0$  Hz  
(c) 衍射晕; (d)  $\nu=620.0$  Hz



图3 普通时间平均散斑法得到的扬声器散斑条纹  
(a)  $\nu=640.0$  Hz; (b)  $\nu=630.0$  Hz;  
(c)  $\nu=620.0$  Hz

励, 连续改变激励频率, 用旋转双孔拍摄圆板的散焦散斑图。图4是测定圆板基频( $n=0$ )<sup>[7]</sup>的散斑条纹。连续移动滤波孔, 可看到条纹由疏变密, 然后又变疏。最密的共振条纹见图4(b), 得  $\nu_{r0}=820.3$  Hz, 共振峰两侧的条纹都较稀, 见图4(a)、(d)。图5是测定圆板第一泛频( $n=1$ )的实验照片。图5(b)是共振条纹,  $\nu_{r1}=1701.0$  Hz。实验所得固有频率与理论值相比误差小于1%。

#### 3. 圆板一直三位孔实验

实验条件同前, 现改用直三位孔经。图6是衍射晕和在三个晕环上滤波得到的基频共振条纹。

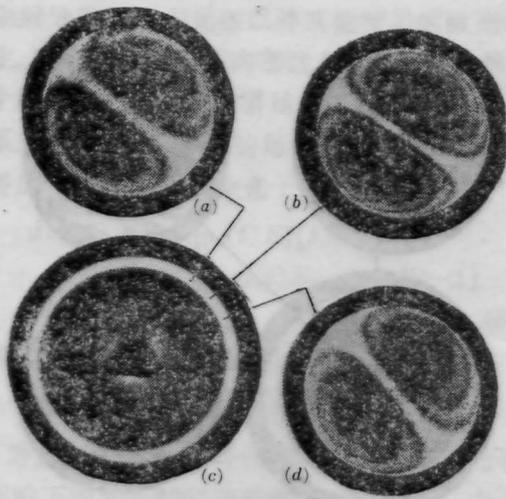


图4 固支圆板基频测定  
 (a)  $\nu=831.2\text{ Hz}$ ; (b)  $\nu=820.3\text{ Hz}$ ;  
 (c) 衍射晕; (d)  $\nu=810.5\text{ Hz}$

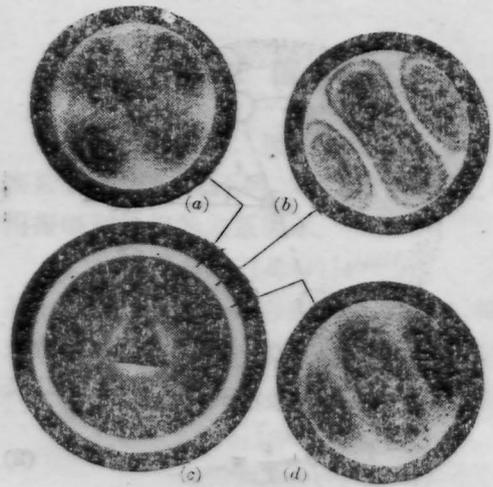


图5 固支圆板第一泛频测定  
 (a)  $\nu=1712.3\text{ Hz}$ ; (b)  $\nu=1701.0\text{ Hz}$ ;  
 (c) 衍射晕; (d)  $\nu=1690.8\text{ Hz}$

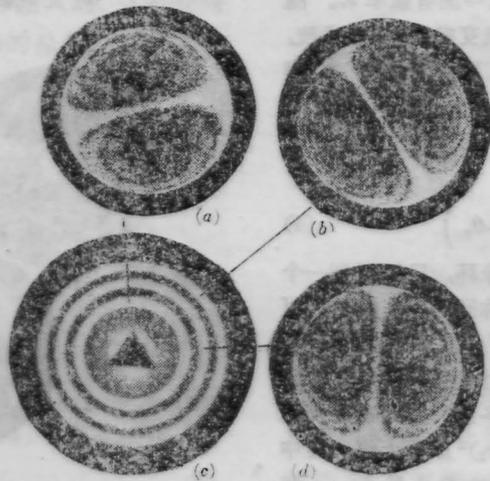


图6 圆板一直三位孔实验  
 (a) 内晕条纹; (b) 外晕条纹; (c) 衍射晕; (d) 中晕条纹

### 参 考 文 献

1 R. K. 厄尔夫, 全息摄影无损检测(中译本, 机械工业出版社, 1982), p. 207

2 Catherine Wykes, *Opt. Eng.*, 21, 400(1982)

3 顾杰 *et al.*, 光学学报, 7(5), 394(1987)

(收稿日期: 1987年9月16日)