

测定材料条纹值的一个新方法

陈锦安

(中山大学应用力学与工程系, 广州 510275)

摘要 提出从全场等差条纹图中的可靠数据点上测取数据, 进而求出材料条纹值的一种新方法. 这种方法与传统方法相比, 可提高材料条纹值的精确度, 且可采用有缺陷的试件(如有气泡)进行测定, 此法同样适用于等厚材料条纹值及冻结的材料条纹值的测定.

关键词 材料条纹值, 精确度, 测定方法

分类号 O348.1

材料条纹值是光弹性测试技术首先要测定的一个重要参数, 它直接影响到结构模型及实际结构的应力计算. 传统的测定材料条纹值的方法是采用对经受压圆盘, 测出圆心处的等差条纹级数, 并与圆心处的最大剪应力的理论值进行比较, 求出材料条纹值, 然而圆心处的最大剪应力的理论值与实际值不能完全吻合^[1], 其原因是: 一方面受集中载荷作用面大小的影响, 另一方面是在圆心处也存在残余双折射. 文[1]还指出, 由于这两个原因, 圆心处最大剪应力的实际值比理论值低4%左右, 当载荷较大时, 如果再加上其他的各种误差, 结果会导致更大的误差, 甚至超过10%. 用本文方法测定材料条纹值可克服这一缺点, 并能提高其精确度.

1 基本原理

对二维光弹性问题, 模型内任一点 (x, y) 的主应力差值与通过该点的条纹级数之间有如下关系

$$N(x, y) = tG(x, y) / f \quad (1)$$

式中, $N(x, y)$ 为模型内任一点的等差条纹的级数;

$G(x, y)$ 为对应于点 (x, y) 的主应力差值理论值;

t 为模型厚度;

f 为材料条纹值.

为考虑各种因素引起的误差, 设定一误差项 $E(x, y)$, 一般地它是一个任意函数. 取 $E(x,$

收稿日期: 1993-02-20

y)为线性函数即

$$E(x, y) = k_1 x + k_2 y + k_3$$

其中, k_1, k_2, k_3 为待求参数. 这样(1)可以表示为

$$N(x, y) = \frac{1}{f} G(x, y) + E(x, y) \quad (2)$$

对于对经受压圆盘有^[2]

$$G(x, y) = \frac{4RP}{\pi t} \cdot \frac{R^2 - (x^2 + y^2)}{(x^2 + y^2 + R^2)^2 - 4R^2 y^2} \quad (3)$$

式中, P 为施加的集中作用载荷; R 为圆盘的半径.

代入(2)式可得到

$$N(x, y) = \frac{4PR}{\pi f} \cdot \frac{R^2 - (x^2 + y^2)}{(x^2 + y^2 + R^2)^2 - 4R^2 y^2} + k_1 x + k_2 y + k_3 \quad (4)$$

考察(4)式, 若把 $1/f, k_1, k_2, k_3$ 当作未知参量, 那么 $N(x, y)$ 是这 4 个未知量的线性函数, 因此可在等差条纹图中选取 M 个测点 ($M > 4$), 由(4)可组成一个超定性方程组

$$[N] = [A][K] \quad (5)$$

式中, $[N] = [N_1, N_2, \dots, N_M]^T$, $[K] = [1/f, k_1, k_2, k_3]^T$.

$$[A] = \begin{bmatrix} G_1 & x_1 & y_1 & 1 \\ G_2 & x_2 & y_2 & 1 \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ G_M & x_M & y_M & 1 \end{bmatrix} \quad (6)$$

其中, $[A]$ 为取决于测点的已知设计矩阵. N_i, G_i 为测点 (x_i, y_i) , $i = 1, 2, \dots, M$. 所对应的条纹级数及由(3)式所决定的主应力差值, 用最小二乘法可给出(5)式最小二乘准则下的解

$$[K] = [A^T A]^{-1} [A^T] [N] \quad (7)$$

显然上述讨论的基本原理同样适合于等厚条纹值 f 的测定. 此时点 (x, y) 所对应的 $G(x, y)$ 为主应力和值, 对于对经受压圆盘, 主应力和值为

$$G(x, y) = -\frac{2P}{\pi t R} \cdot \frac{R^4 - (x^2 + y^2)^2}{(x^2 + y^2 + R^2)^2 - 4R^2 y^2}$$

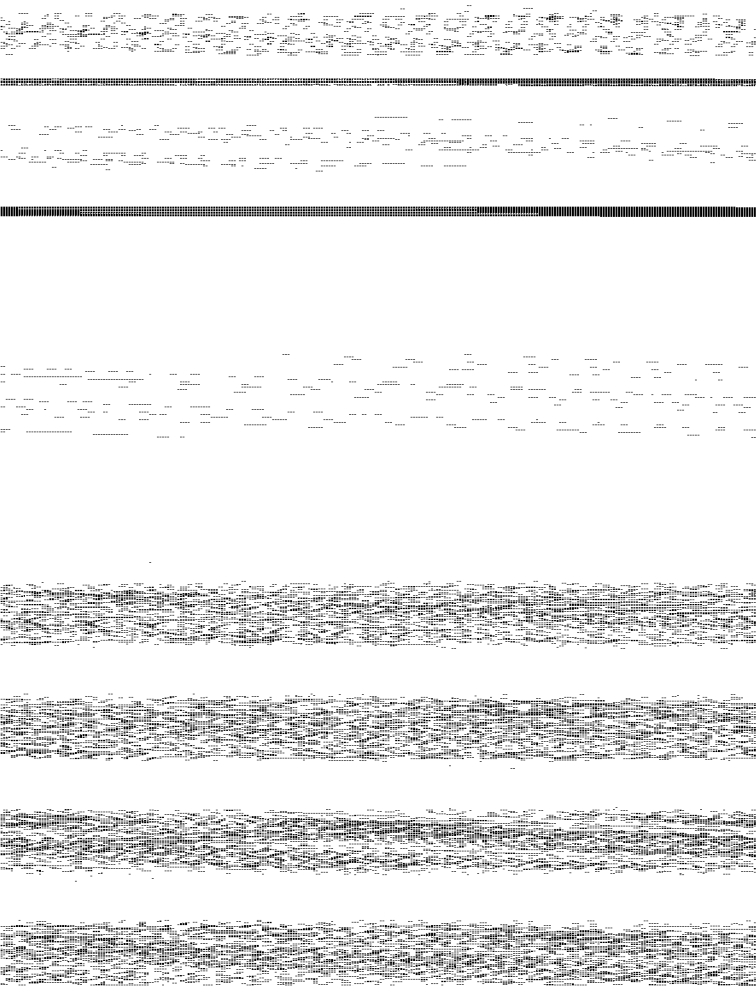
代入式(2)可得到等厚条纹级数 N , 与等厚材料条纹值 f , 及 k_1, k_2, k_3 之间的关系, 同样可用(7)式求解 f .

具体的测定方法是: 采用圆盘作试样, 并在对经受压圆盘等差条纹图中的准确可靠位置上测取条纹级数 N_i 及测点坐标 (x_i, y_i) . 圆心可以除外, 然后由(3)式求出 G_i , 由(7)式便可求出 f 值, 整个运算过程可由计算机完成, 用通常的 BASIC 语言便可编制, 程序简单, 输入方便.

2 实例

选取两种不同类型的光弹性材料加工成圆盘试样进行测定. 一种是国产的按常规配方的环氧树脂型材料. 另一种是日本产的光弹性材料^①, 对后一种材料加工成圆盘后, 人

① 此材料为日本访问学者野方文雄所送



碍 f 值的测定, 能达到节省或充分利用材料之目的. 在数据处理方面, 虽比传统的办法麻烦一些, 但在微型计算机普及的今天, 对这样一点的数据量来说是微不足道的, 此外亦可在分离主应力的同时求得 f 值^[3], 而不用预先测定 f 值, 亦达到了省时省材的目的.

参 考 文 献

- 1 Durelli A J, Mulzet A P. Large strain analysis and stresses in linear materials. *J Engineering Mechanics*, EM₃ (June 1965): 65~91
- 2 Frocht M M, 光测弹性力学 I, 黎仲鼎译. 北京: 科学出版社, 1966. 133
- 3 陈锦安, 用最小二乘法求光弹性解. *实验力学*, 1987, 2 (3): 77~81

A New Method for Measurement of Material Fringe Value

Chen Jinan *

Abstract A new method is present for measuring material fringe value from wolde—field isochromatic fringe pattern and the data can be taken at locations having full confidence. Compared with the traditional method, greater accuracy is obtained. A irregular specimen (for example having bubbles on the surface) is employed also for measurement. The method holds good also for measuring material fringe value of isopachic and frozen speciment.

Keywords material fringe value, accuracy, measurement method

* Department of Application Mechanics and Engineering, Zhongshan University, Guangzhon 510275