

图2 体系转换后混凝土时效引起的弯矩重分布
——50年后弯矩曲线 —·—弹性弯矩曲线

参 考 文 献

- [1] Z. P. Bažant, Prediction of concrete creep effects using age-adjusted effective modulus Method, *ACI Journal*, 69,4(April 1972),212—217.
[2] Bažant, Z. P., Creep and shrinkage characterization for Analyzing, Prestressed concrete structures *PCI Journal*, (May—June 1980).

(本文于1990年2月19日收到)

带裂纹板的应力强度因子测试系统¹⁾

贾有权

曹 洪

(天津大学) (广东省水电研究所)

提要 本文提出一种焦散测试系统,可以快速测取实际工程带裂纹板壳构件工作时的应力强度因子(K_I, K_{II}, K_{III}),也可用于检测内部裂纹。

关键词 应力强度因子,焦散线

1. 前言

实际工程构件的SIF对安全度可靠性的判断至关重要。而实际板壳构件(如机翼)边界复杂,载荷复杂,区域有限,计算困难;而诸多实验方法如光弹、全息、散斑、云纹等又只在实验室内进行,因此作者选用能测金属裂纹尖端奇异性的焦散线法,导出板在复杂受力状态下的焦散方程,设计一套反射式焦散仪和软件与微机组成一测试系统。可在很短时间内测出板的应力强度因子。

2. 焦散线基本方程

当光照射在带裂纹板裂纹尖端 $P(x, y)$ 点时其反射到映射面上相关点 $P'(u, v)$ 如图1所示。根据几何光学, P 与 P' 间存在以下关系:

$$\left. \begin{aligned} u &= x - 2Z_0 \frac{\partial w}{\partial x} \\ v &= y - 2Z_0 \frac{\partial w}{\partial y} \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

w 为 P 点的离面位移。形成焦散线的必要条件

是上式的Jacobian为零即

$$J = \frac{\partial(u, v)}{\partial(x, y)} = 0 \quad (2)$$

现以板受纯弯为例说明焦散线方程。复杂受力可参阅文献[1]。关于焦散线的发展参阅[2]。根据[3]可导出尖端附近离面位移 w 。

$$w = -2Ar^{\frac{3}{2}}[(1 + cr^{-2})\cos\frac{\theta}{2} - \frac{B}{3}\cos\frac{3\theta}{2} + r^2(c_6 + c_7\cos 2\theta)] + O(r^{\frac{5}{2}}) \quad (3)$$

式中

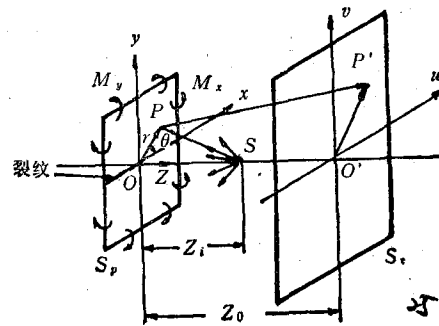


图 1

1) 本文为教委基金 8805606 中一部分。

$$A = \frac{(1-\nu)K_1}{\sqrt{2\pi h E}}; B = \frac{7+\nu}{1-\nu};$$

$$C = \frac{\nu h^2}{5(1-\nu)};$$

c_6, c_7 为常数, h 为板厚, E 为弹性模量, ν 为波松比。将(3)代入(1)及(2)可得焦散线映射式:

$$u = r \cos \theta + 2Z_0 A r^{\frac{1}{2}} \left[(1 - C r^{-2}) \cdot \cos \frac{3\theta}{2} - (B - 2) \cos \frac{\theta}{2} \right] \quad (4)$$

$$v = r \sin \theta + 2Z_0 A r^{\frac{1}{2}} \left[(1 - C r^{-2}) \cdot \sin \frac{3\theta}{2} + (B + 2) \sin \frac{\theta}{2} \right]$$

根据(4)可用计算机绘制焦散线图,如图2(a)所示。用作者提供的实验系统(见图3及5)从录相机拍摄的焦散线像片如图2(b)所示。

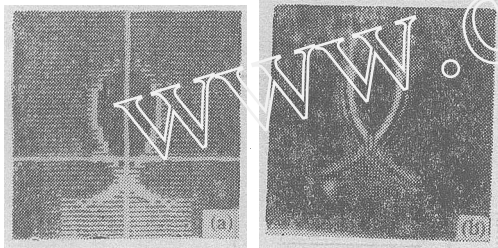
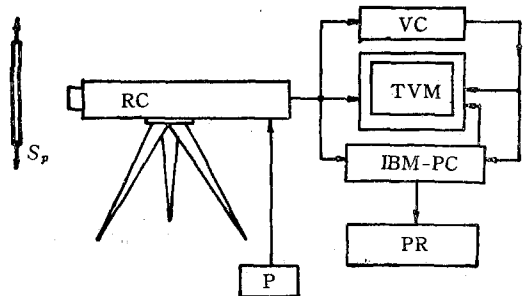


图 2

本系统在一个磁盘上存有 4000 幅焦散线图。其中包括板受拉压弯扭各种型式的 K_I, K_{II}, K_{III} 的焦散图。称为图形库。

3. 反射式焦散线测试系统

本系统由反射焦散仪、监视器、录相机、微



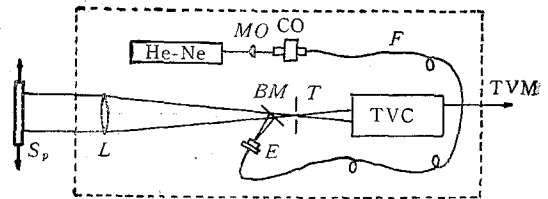
RC—反射式焦散仪 P—激光电源 VC—录相机
PR—打印机 TVM—电视监视器 S_p —被测物

图 3

机四个部分组成见图3。其中关键部件是反射

力学与实践

式焦散仪如图4所示。它打破了传统的实验合



L—镜头 MO—显微镜 CO—光纤耦合器
F—光纤 BM—70%反射镜 E—出光调节器
T—调节靶 TVC—摄像机 S_p —被测物 TVM—监视器

图 4

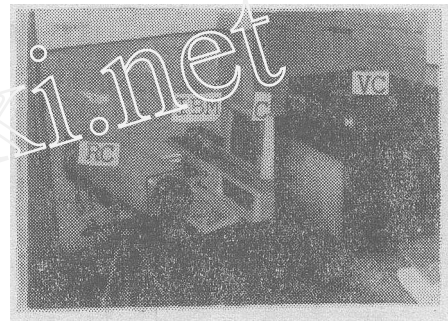


图 5

上的光路,用光纤将光学元件、激光器、摄像机连成一个整体,放在一个 $65 \times 14 \times 15$ 公分的盒内如图5中的RC。此仪携带方便,可以在现场测取裂纹尖端的焦散线图,并可将载荷变化时的焦散线图录制下来。图5中VC为录相机C为IBM微机。图象信号由录相机通过A/D转换输入微机,其流程如图6所示。计算是采用图形比较法。框图如图7。首先将所测的焦散图显示在屏幕上。然后从图形库中选择相似图形。选妥后可进一步调节,直至两个焦散线完全相合,然后即可打印出反映构件的应力强度因子。

4. 结论

本系统不要暗室,便于携带,可以在现场实测。作者曾作过多次实验,并已通过鉴定,认为这套系统是可行的。并曾定性的判断焊缝及容器内部是否存有裂纹。因此也可作无损检测之用。

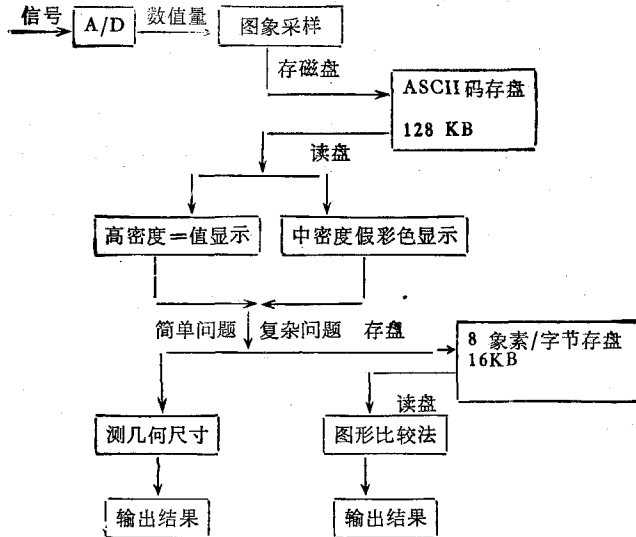


图 6 图象采集和数据处理流程

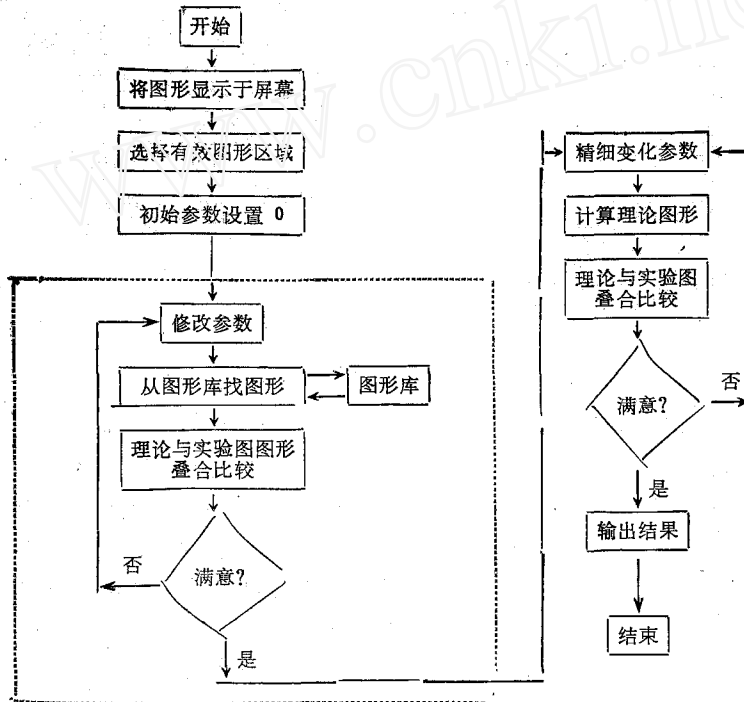


图 7 图形比较法框图

参 考 文 献

- [1] 曹 洪, 含裂纹板的实验研究和测定含裂纹板应力强度因子的焦散线法测试系统. 天津大学力学系博士论文 (1988).
- [2] 苏先基, 刘 承, 焦散线实验方法综述, 实验力学, 2, 2 (1986).
- [3] 柳春图, 承受弯曲的板在裂纹顶端附近的应力和变形, 固体力学学报, 3(1983), 441—448.

(本文 1990 年 2 月 24 日收到)