

# 双材料界面应力分析的局部杂交法<sup>1)</sup>

张继平

亢一澜 贾有权

(海军航空工程学院, 烟台 264001) (天津大学, 天津 300072)

**摘要** 本文用云纹干涉法测取双材料高梁受集中载荷时沿  $x, y$  轴的位移场  $u, v$ 。以其作为界面局部微区的边界条件, 用有限元计算此微区内界面上的应力分量。与光弹性及全梁有限元法比较, 发现局部杂交法的精度最高。

**关键词** 云纹干涉法, 光弹性, 有限元

## 1 局部杂交法基本概念

云纹干涉是一种光测法, 其精度较高, 可以获得全场实时的等位移线。沿  $x, y$  轴的位移分别用  $u, v$  表示。本文使用试件栅频率为 1200 线/mm, 参考虚光栅频率  $f_m = 2400$  线/mm, 每条的相对位移为  $0.417 \mu\text{m}/\text{条}$ 。根据文献 [1] 可知

$$u = \frac{1}{f_m} N_x, \quad v = \frac{1}{f_m} N_y \quad (1)$$

式中  $N_x, N_y$  分别表示  $x, y$  向的条纹级次。由 (1) 式可进行数值微分得  $\epsilon_x, \epsilon_y, \tau_{xy}$ 。根据胡克定律即得  $\sigma_x, \sigma_y, \tau_{xy}$ 。用此法  $x, y$  不能分得太小, 因而产生较大误差。

有限元是工程上常用的方法, 如果计算某构件内某微区的应力也会出现较大的误差。一是因为所要求的区域即使很小, 也要对整个构件进行计算, 这就会产生较大的积叠误差, 二是因为单元如划分过细, 则节点增多, 导致计算工作量大大增加。

局部杂交法将上述二种方法结合起来, 取二者之长, 补二者之短, 其优点是很明显的。利用高灵敏度的云纹干涉法提供的位移场, 可以精确地获得除加力点外的任意点的  $u, v$  值。以其作为我们感兴趣的区域边界上的位移值, 为有限元计算提供边界条件。单元数可以减少, 精度可以提高。而且可以获得微区内更多的信息和可靠的数据。

## 2 高梁实验

试件如图 1, 材料的力学性能如表 1。计算微区为  $mm \times nn$ , 即图 1 阴影部分。在该区划分单元 ( $0.5 \text{mm} \times 0.1 \text{mm}$ )。欲求截面为  $bb$ , 距界面约  $50 \mu\text{m}$ 。云纹干涉法

给出的  $u, v$  场如图 2 所示, 从该图可知  $mm \times nn$  ( $25 \text{mm} \times 1 \text{mm}$ ) 矩形区域边界上的  $u, v$  值, 用有限元计算应力, 可得  $bb$  截面上的  $\sigma_x$  及  $\tau_{xy}$  的变化规律, 如图 3、图 4 中的  $a$  线。用光弹性法<sup>[3]</sup>可获得  $bb$  截面上的  $\sigma_x, \tau_{xy}$ , 如图 3、图 4 中的  $c$  线。以梁为整体用有限元计算得到的  $\sigma_x, \tau_{xy}$  如图 3、图 4 中的  $b$  线。

表 1 材料的主要力学性能

材料	性能		
	弹性模量 $E_{1,2}$	泊松系数 $\nu_{1,2}$	剪切弹性模量 $C$
环氧树脂	3300 MPa	0.37	1204 MPa
CR-39	1700 MPa	0.4	607 MPa

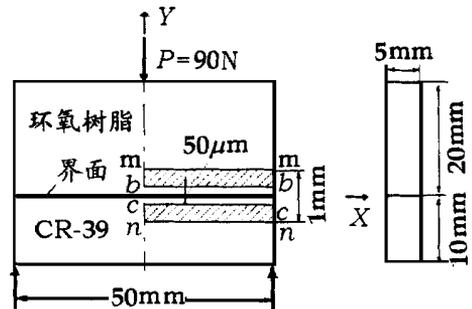
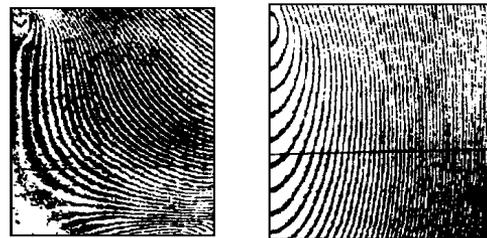


图 1 试件



(a)  $u$  场

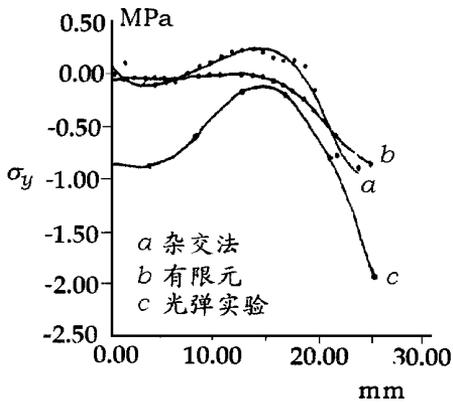
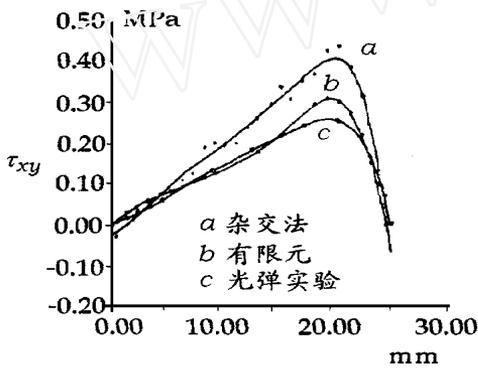
(b)  $v$  场

图 2 云纹干涉条纹图

## 3 结果分析

用 3 种方法得到的  $\sigma_x, \tau_{xy}$  的变化规律基本一致。最大剪应力均在界面外侧。此乃界面的薄弱区。用数值

1) 国家自然科学基金资助项目。  
1997-02-17 收到第 1 稿, 1997-11-18 收到修改稿

图3  $\sigma_y$ 图4  $\tau_{xy}$ 

积分法计算  $\int_0^{25} \sigma_y dx$  与外力  $P/2$  作平衡校对 其相对误差分别为: 1.8% (局部杂交法), 2.86% (有限元法), 4.93% (光弹性)。说明局部杂交法的精度较高

## 参 考 文 献

- 1 Morton J, Post D. *Exp Mech*, 1990, 30 (2)
- 2 Tsai M Y, Morton J. *Exp Mech*, 1991, 31 (4)
- 3 张继平. 天津大学硕士学位论文, 1994

## THE STRESS ANALYSIS OF THE INTERFACE OF B MATERIAL BY A LOCAL HYBRID METHOD

ZHANG Jiping<sup>+</sup> KANG Yilan JIA Youquan

+ (Nava Airforce College, Yantai 264001, China)

(Department of Mechanics, College of Mechanical Engineering, Tianjin University, Tianjin 300072, China)

**Abstract** In this paper, the local hybrid method, combining the moire interferometry experiment with FEM, is used to evaluate the experimental results in interfacial region. The results of local hybrid method is compared with photoelasticity and FEM method.

**Key Words** stress analysis for bimaterial interface, local hybrid method

## 高压容器自增强的研究

杨金来

(浙江广播电视大学, 杭州 310012)

**摘要** 本文提出自增强技术中求解最佳弹-塑性界面半径 ( $r_{jpt}$ ) 的解析式; 研究了自增强对厚壁圆筒应力分布和承载能力的影响, 并提出了自增强技术中的最佳内压

**关键词** 压力容器, 自增强, 弹塑性

### 1 引言

为了在圆筒器壁内获得理想的应力分布状态, 常

采用“自增强”处理技术。该技术的关键问题是确定最佳弹-塑性界面半径  $r_{jpt}$  (此时当量应力  $\sigma_{eq}$  达到最小值)。借助于  $r_{jpt}$ , 有关自增强的其它许多问题就很容易得到解决。文献 [4] 仅给出了自增强的概念而没有详细的结果。文献 [5, 6] 建议用反复试算的办法求解  $r_{jpt}$ , 该方法未免较繁琐且不准确, 并且仅考虑周向应力, 其实质是基于第一强度理论 (适用于脆性材料<sup>[1,3]</sup>), 而压力容器通常用韧性材料制造, 韧性材料非常适用于