

7.1 光弹性基本实验-材料条纹值测定

一、实验目的

- (1) 掌握材料条纹值 f 测定的基本方法；
- (2) 应用材料条纹值计算光弹模型中单向应力状态各点的应力；
- (3) 与固体力学中有关理论进行比较。

二、实验原理

光弹性模型的材料具有暂时双折射性能。要精确地进行应力的测试，首先应对材料的这种暂时双折射性能进行测定，它主要是材料条纹值的测定。材料条纹值 f 表示单位厚度光弹性材料产生一级等色条纹时所需的主应力差值。单位为：N/m。

(1) 圆盘对径受压模型

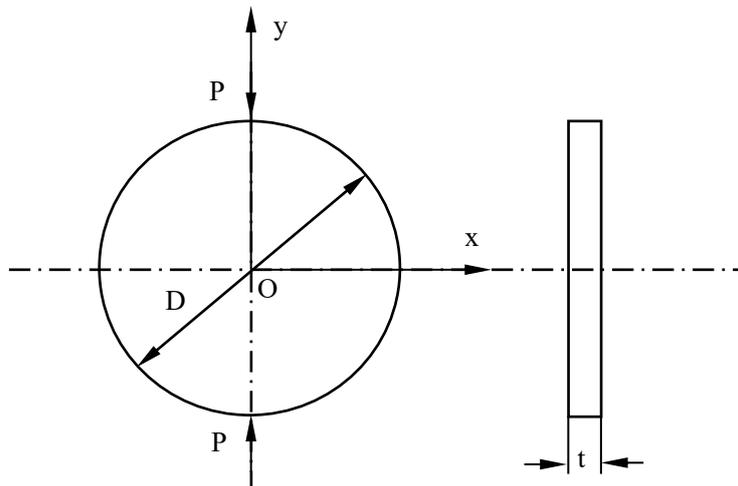


图 7.1-1 圆盘对径受压图

对于图 7.1-1 所示的对径受压圆盘，直径为 D ，厚度为 t ，载荷 P 沿 Y 轴作用，在圆盘中心 O 点处于两向应力状态，其主应力分别为：

$$\begin{aligned}\sigma_1 = \sigma_x &= \frac{P}{\pi Dt} \\ \sigma_2 = \sigma_y &= -\frac{6P}{\pi Dt}\end{aligned}\quad (7-1)$$

主应力差：

$$\sigma_1 - \sigma_2 = \frac{8P}{\pi Dt}\quad (7-2)$$

由应力—光学定律：

$$\sigma_1 - \sigma_2 = \frac{Nf}{t} \quad (7-3)$$

因此材料的条纹值:

$$f = \frac{8P}{\pi DN} \quad (7-4)$$

式中 N 为圆盘中心 O 点的条纹级数。若在加载时 O 点有初始条纹 N' 级, 则上式可写成:

$$f = \frac{8P}{\pi D(N - N')} \quad (7-5)$$

(2) 三点弯曲模型

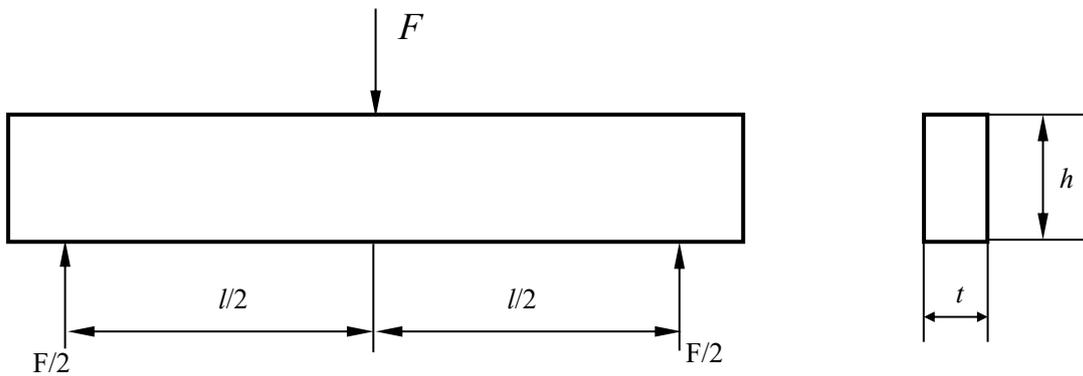


图 7.1-2 三点弯曲模型

如图 7.1-2 所示的简支梁中间受集中载荷 P 的作用, 其最大弯矩在梁的中间截面处, 最大正应力在梁的下边缘。这一点是单向应力状态:

$$\sigma_{max} = \frac{M_{max}}{W} = \frac{Pl/4}{th^2/6} = \frac{3Pl}{2th^2} \quad (7-6)$$

三点弯曲光弹性实验的等色线图, 找出最大条纹级数就在中间截面的下边缘, 由光弹性方法计算该点的应力为:

$$\sigma_{max} = N_{max} \frac{f}{t} \quad (7-7)$$

将实验值与理论值进行比较。

(3) 四点弯曲模型

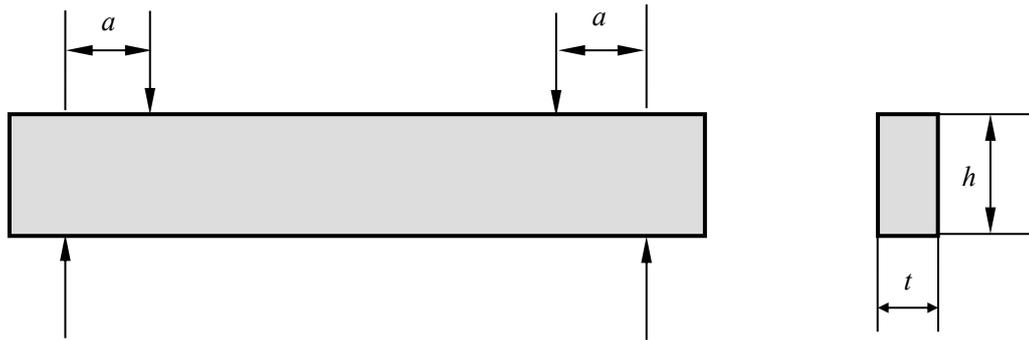


图 7.1-3 四点弯曲模型

在纯弯曲部分各点均为单向应力状态，截面上应力呈线性分布。由光弹实验可见该处等色线是平行、等间距的。在截面的中间有 $N=0$ 的中性层，最大的应力在上下边缘。由应力—光学定律计算出截面上各点的应力，再与按材料力学弯曲应力公式： $\sigma = \frac{My}{J} = \frac{6Pay}{th^3}$ 计算的结果进行比较。

三、实验步骤

- (1) 将光弹仪调整为正交圆偏振光场；
- (2) 用白光和单色光观察圆盘对径受压等色线图，掌握等色线图条纹级数读法，确定其中心条纹为 5 级时的载荷 P ；
- (3) 换上三点弯曲简支梁模型，施加载荷 P ，在单色光下确定简支梁截面下边缘条纹级数 N_{\max} ；
- (4) 将三点弯曲改成四点弯曲实验，在单色光下读出上下边缘条纹级数 $N_{\text{上}}$ 、 $N_{\text{下}}$ ，以及载荷 P ，并记录截面上整数级条纹及 0 级条纹的位置；
- (5) 关闭光源，卸下载荷，取下模型，整理记录。

四、实验报告要求

实验名称，实验目的和要求，实验日期及实验环境条件（温度、湿度），实验设备，实验记录及计算：

1. 圆盘对径受压求材料条纹值 f ：

- 1) 绘出实验加载简图，并标明模型尺寸；
- 2) 作出测点应力状态，并测定该点条纹级数；

3) 计算钠光光源下的材料条纹值。

2. 三点弯曲求得的最大应力:

1) 绘出实验加载简图, 并标明模型尺寸;

2) 叙述三点弯曲的最大应力处条纹级数测定方法, 作出危险点的应力状态, 测定该点条纹级数;

3) 计算最大应力, 并与理论计算值比较, 计算相对误差:

3. 四点弯曲测定梁横截面的应力分布:

1) 绘出实验加载装置简图, 并标明模型尺寸;

2) 叙述四点弯曲实验方法, 测定梁上、下边缘条纹级数;

3) 实验数据的处理, 计算上下表面最大应力:

$$|\sigma|_{max} = \frac{N_{上} + N_{下}}{2} \cdot \frac{f}{t}$$

4) 绘出横截面理论与实验的应力分布图, 进行比较。

五、问题讨论:

(1) 是否可以用纯弯曲实验确定材料条纹值? 怎样确定?

(2) 用圆盘对径受压确定材料条纹值有何优越性?

(3) 在等色线图上怎样识别危险点? 梁的三点弯曲和四点弯曲模型危险点在哪里?

(4) 怎样用本实验说明“力的局部作用—圣维南原理”?