

实验 5 纯弯曲梁的正应力实验

姓名：学号：同组人：

1. 实验目的（根据实验情况调整）

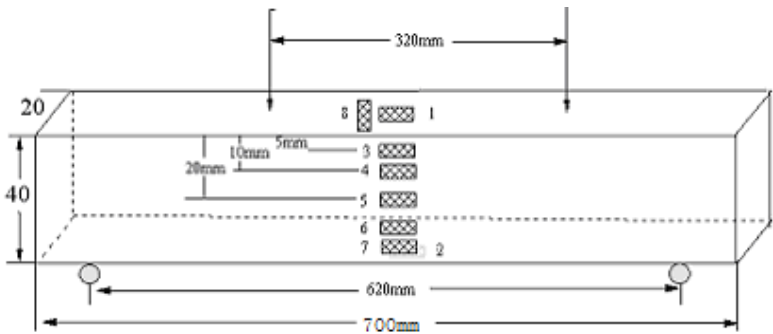
- 1) 熟悉电阻应变测量技术的基本原理和方法；
- 2) 测量纯弯曲梁矩形截面上的正应力；
- 3) 验证梁纯弯曲理论；
- 4) 熟悉平面图形的几何性质的分析方法，比较正应力分布规律。

2. 实验装置（根据实验情况调整）

- 1) 材料力学多功能实验台；
- 2) 静态应变测试仪；
- 3) 游标卡尺和钢尺等。

3. 实验原理与方法（根据实验情况调整，10 分）

纯弯曲实验件材料为 45#钢调质处理，弹性模量 $E=210\text{GPa}$ ，泊松比为 0.28。其横截面为矩形，梁的侧面沿与轴线平行的不同高度上粘贴单向应变片，如图所示。通过材料力学多功能试验装置等量逐级加载，载荷大小由数字载荷显示仪显示。



纯弯曲梁正应力实验件示意图

截面的尺寸及应变片位置参考值

应变片至中性层距离（mm）		梁的尺寸和有关参数	
Y_1	20	宽度 b	20mm
Y_2	-20	高度 h	40mm
Y_3	15	跨度 L	620mm
Y_4	10	载荷距离 a	150mm
Y_5	0	弹性模量 E	210GPa
		泊松比 μ	0.28
		惯性矩 I_z	$bh^3 / 12$

在载荷 P 的作用下梁发生弯曲变形，截面上所承受的弯矩均为：

横截面上的正应力理论推导：

（可以从实验 3 纯弯曲梁挠度验证实验报告中复制过来）

将梁上的各应变片以___桥路接入应变仪的通道中，公用一个温度补偿片。当梁在载荷 P 的作用下梁发生弯曲变形时，工作片的电阻随着梁的变形而发生变化，通过电阻应变仪可以分别测量出各对应位置的_____。根据胡克定律可计算出相应的应力值。

$$\sigma_e = E \cdot \varepsilon_e$$

实验最大加载设定为 4000N，以试验件屈服强度为限定条件，计算该情况下的安全系数（5 分）：

4. 实验步骤（根据实验情况调整，20 分）

- 1) 测量梁的截面尺寸、应变片位置参数及其它有关尺寸，见表？。预热应变仪和载荷显示仪，计算中性轴位置及截面的惯性矩 I_z 。

$$I_z =$$

表？ 试件测量

应变片至中性层距离（mm）		梁的尺寸和有关参数	
Y ₁		宽度 b	
Y ₂		高度 h	
Y ₃		跨度 L	
Y ₄		载荷距离 a	
Y ₅		弹性模量 E	
Y ₆		惯性矩 I _z	
Y ₇			
Y ₈			

- 2) 检查各种仪器是否连接好，按顺序将各个应变片按 1/4 桥接法接入应变仪的所选通道上，然后将应变仪的所选通道电桥调平衡，如图？所示。

（应变片连接方式示意图，如果没有拍可以不加）

- 3) 摇动多功能试验装置的加载机构，采用等量逐级加载（可取 $\Delta P = 500N$ ），最大加载 4000N，每加一级载荷，分别读出各相应电阻应变片的应变值。加载应保持缓慢、均匀、平稳。（根据实际情况调整）

- 4) 记录实验数据记录，见表？。

表？ 试件测量

$\begin{matrix} P(?) \\ \varepsilon_e(?) \end{matrix}$								
1-1								
2-2								
3-3								
4-4								
5-5								
6-6								
7-7								

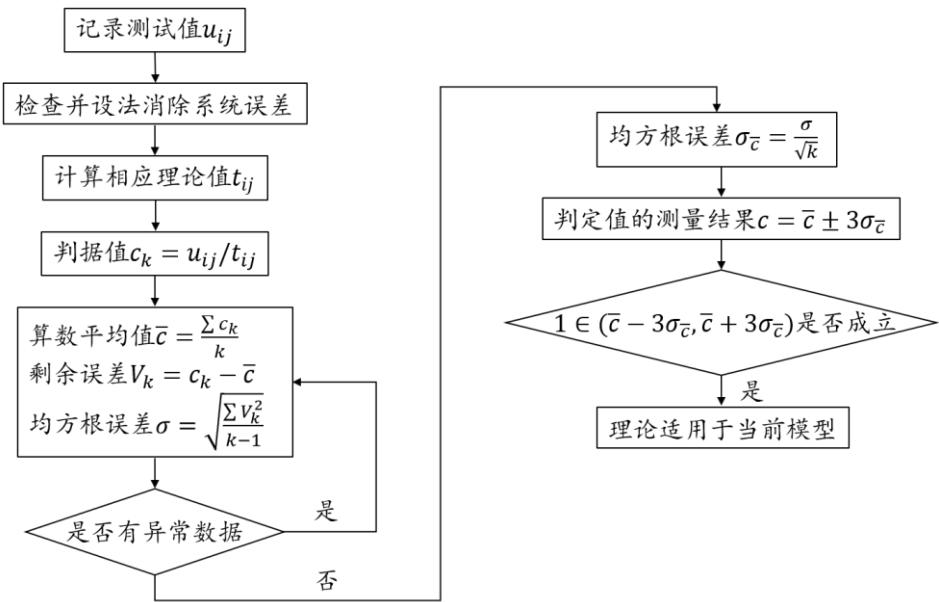
- 5) 整理仪器，结束实验。

5. 实验数据处理（数据处理图表整理、实验数据选取、参数计算等，30 分）

根据。。。。，计算实验测量的不同工况下的理论值（见表？），与实验值吻合较好如图？所示，平均偏差？，最大偏差？。为验证纯弯曲梁理论模型，使用经典误差分析方法进一步处理实验数据，如图？所示。

表（含偏差计算）：

图（使用 MATLAB 绘图，理论曲线使用实线绘制，实验值使用“O”数据点表示）：



图？ 验证性实验经典误差分析方法数据处理流程

- 1) 检查是否有系统误差，设法消除。其中，梁中性轴处（y？）应变理论值为 0，而由于零漂等系统误差，测量值一般是很小数值，应剔除该列数据；
- 2) 计算测量值 u_{ij} 对应的理论值 t_{ij} 和判据值 c_k ，以及算数平均值 \bar{c} ，剩余误差 V_k 和均方根误差 σ 等；

$$t_{ij} = \frac{M_i y_j}{EI_z} = \frac{a}{2EI_z} P_i y_j, \quad c_k = \frac{t_{ij}}{u_{ij}}$$

- 3) 使用 3S 准则发现异常数据，剔除后重复上一步，直到不存在可疑数据；
 $\bar{c} = \quad, \quad \sigma = \quad$
- 4) 计算均方根误差 $\sigma_{\bar{c}}$ ，得到 c 的测量结果；

$$\sigma_{\bar{c}} = \frac{\sigma}{\sqrt{k}}, \quad c = \bar{c} \pm 3\sigma_{\bar{c}}$$

5) 是否满足 $1 \in (\bar{c} - 3\sigma_{\bar{c}}, \bar{c} + 3\sigma_{\bar{c}})$, 从而说明能否“梁纯弯曲理论”适用于实验模型;

6) 计算材料泊松比。

6. 误差分析 (10 分)

7. 实验结论 (10 分)

8. 思考题 (10 分)

1. 梁弯曲正应力的的大小是否受材料的弹性模量 E 的影响;
2. 自重是否对本实验的影响;
3. 设计特定尺寸材料的试件, 在自重作用下, 试件在悬臂梁条件下自身破坏;
4. 对比拉伸载荷, 说明试件在弯曲载荷下的关键尺寸;

9. 附件-原始数据记录表 (10 分)