

单体梁弯曲应力测定

一、 实验目的

- 1、了解电测法的基本原理，初步掌握多点静态应变测量的方法；
- 2、测定纯弯曲梁横截面上的正应力及其分布规律，并与理论公式进行比较；

二、 实验设备

- 1、WYS—1 材料力学实验台；
- 2、DH—3818 静态应变测试仪；
- 3、矩形截面单体梁。

三、 实验预习内容

- 1、电测法的基本原理；
- 2、WYS—1 材料力学实验台使用说明；
- 3、DH—3818 静态应变测试仪使用说明；
- 4、根据纯弯曲梁横截面上的正应力理论公式计算各测量点的理论应变数值；
- 5、明确实验目的、掌握实验原理、熟记实验注意事项。

四、 梁的布片图及实验方法

梁的尺寸、材料弹性模量 E 、贴片位置、应变片灵敏系数 K 和应变片电阻值 R 见表 2-1 和梁布片图 2-1:

表 2-1 参数表

a (mm)	c (mm)	L (mm)	b (mm)	h (mm)	E(GPa)	K	R(欧姆)
200	30	600	20	40	206	2.23	120

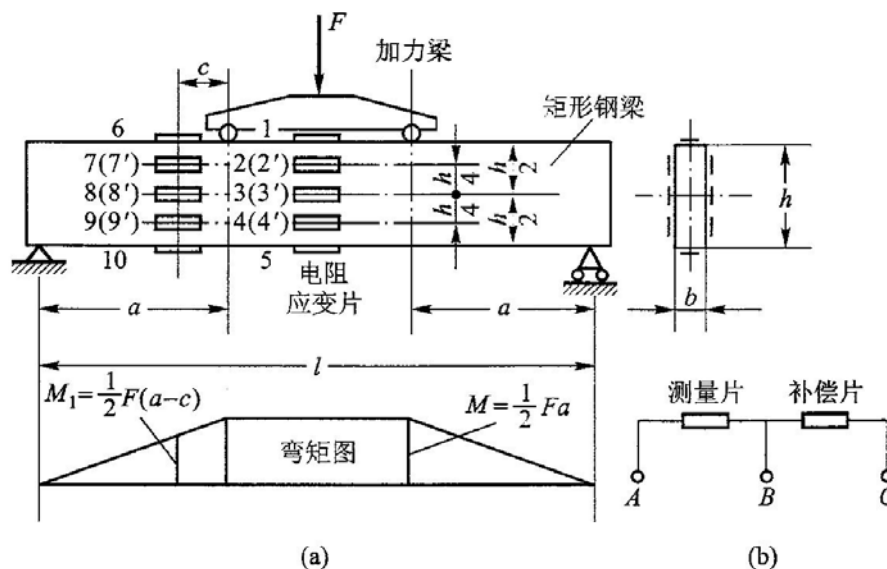


图 2-1 应变片分布图

载荷 F 通过加力梁均分成两个大小为 $F/2$ 的力作用在矩形钢梁上。梁的中部形成纯弯曲

变形，弯矩为 $M = \frac{1}{2} Fa$ 。在左右两端长为 a 的部分内为横力弯曲，弯矩为 $M = \frac{1}{2} F(a - c)$ 。

在梁中部的上、下表面及前、后两侧面沿梁的横截面高度，每隔 $h/4$ 处贴上一枚平行于梁轴线的电阻应变片，共计 8 枚，其编号分别为：上表面为“1”；前侧面的上、中、下分别为“2”、“3”、“4”；后侧面的上、中、下分别为“2'”、“3'”、“4'”；下表面为“5”。在梁中部的下表面另外加贴一片垂直于梁轴线的电阻应变片，编号为“5”。温度补偿片放置在钢梁的附近。

各枚应变片敏感栅的中心即为实验的测量点。根据各测量点的应变测量值，由胡克定律 ($\sigma = E\varepsilon$) 计算应力实测值，得到横截面上正应力沿梁高的分布规律，并与弯曲正应力公式 ($\sigma = \frac{My}{I}$ ，式中 M 是测量点处的弯矩， y 是测量点到中性轴的距离值， I 是测量点处的惯性矩) 计算的应力理论值进行比较。

五、 实验步骤

- 1、应变仪参数设定：打开应变仪的电源开关，仪器进行自检工作，依次显示 1~10 路通道号；按下【设置】键，显示当前仪器的修正系数；按下数字键改变修正系数为“0.8968”（对应应变片灵敏度 $K=2.23$ ），按下【确认】键完成修改。
- 2、接线：根据本次实验内容，将需要测量的各测量点上引出的电阻应变片导线依次按选定的 1/4 桥路接线方法接至电阻应变仪的各测量桥上。如图 2-2 所示：

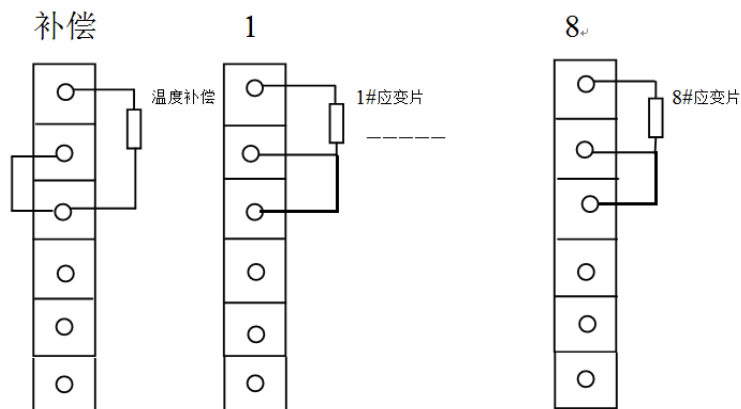


图 2-2 1/4 电桥连接图

- 3、加载调零：打开加载试验机背面的电源开关；顺时针旋转手轮，使试验机的加载头离开刚梁，确保空载；用螺丝刀调节试验机【平衡】旋钮，使载荷的显示值为“0000”。
- 4、应变仪调零：依次按下【1】→【确认】→【平衡】键调节通道 1；依次按下【2】→【确认】→【平衡】键调节通道 2，……，依次按下【8】→【确认】→【平衡】键调节通道 8，完成 8 个通道的初始空载调节。
- 5、加载测量：加载采用增量法。按一定的载荷增量（一般为 1000N）逐级加载，测量每级载荷所对应的应变值，直至最大载荷（规定为 5000 N）为止，依次记录应变仪全部 8 个通道的读数填写在表 2 中。
- 6、卸载并检查数据：完成载荷从零到最大载荷的若干级加载测量后就卸载至零。然后通过软件整理汇总采集的各级载荷所对应的各点应变数值，按要求填入相应的实验报告原始数据表内。因为在弯曲梁的线弹性变形范围内，我们测量时的载荷增量保持不变，所以各点的应变增量也应基本不变，若应变增量变化较大应查找原因。
- 7、重复测量：按上述“5”“6”两步骤进行重复测量二至三次。重复测量中出现的偏差大小，表明本次测量的可靠程度。当测量点的偏差较大时，需要查找原因后再进

行重复测量。

- 8、整理测量数据：按要求把测量的原始数据记录在实验报告的表 2-1 上，经指导老师检查并签字后完成测量。
- 9、复原：测量完成后，应该按要求将所用实验装置、仪器和工具等整理好，方可离开实验室。

六、 实验注意事项

- 1、应变测试仪平衡操作时应确认梁上未加载荷，进行应变仪平衡操作，然后检查各点的应变读数是否均为 0。若为 0，则在原始数据表中记录 0 载荷时各点应变均为 0；若输出不为零，则查找原因直至为 0；
- 2、加载时应检查加力梁和矩形钢梁的位置，尽量使力中心线通过梁的纵向轴对称平面，以保证矩形梁的中部为纯弯曲变形；
- 3、加载时，手轮应平稳转动，不易过快，待测力显示数值基本稳定在指定载荷值时（每分钟变化值小于 20N），停止转动手轮进行应变测量；
- 4、加载的初始载荷 F_0 取 1000N，最大载荷为 5000N，严禁超载，以免损坏测力传感器；
- 5、测量时，应保证接线不松动，在一个加载测量循环中不要移动和接触应变片的导线，以保证应变值测量数据的稳定可靠；
- 6、第 1 次加载过程结束，进行第 2 次加载操作之前务必重新调整应变仪的平衡。

七、 数据记录及处理

用增量法加载，以初始载荷 1000N，载荷增量 1000N，最大载荷 5000N 为例说明。

1、原始应变读数记录

- ① 载荷为 0 时，通过调节平衡使应变仪的输出为 0；
- ② 载荷增至 1000N，执行采样操作并记录各测点的原始数据；
- ③ 载荷增至 2000N，重复②步骤。以此类推直至最大载荷 5000N；

2、应变增量计算

根据各点应变读数值，计算载荷增量为 1000N 时的应变增量 $\Delta\varepsilon_j = \varepsilon_{j+1} - \varepsilon_j$ ，各点应有相应的 5 个应变增量。因为载荷增量是相同的，根据胡克定律理论上同一测点测得的 5 个应变增量也应相同，若同一测点的应变增量偏差较大，要查找原因。

3、各点实测应力计算

根据 2 步骤记录的各点应变增量，计算应变增量的平均值。每次由 F_0 到 F_n ，每一个测点 i 的应变为 $(\varepsilon_{in} - \varepsilon_{i0})$ ，求出两次加载应变的平均值。对只贴一枚应变片的测点，如测点 1、5 诸点，应变平均值为

$$(\varepsilon_{in} - \varepsilon_{i0})_{av} = \frac{1}{2} [(\varepsilon_{in} - \varepsilon_{i0})_1 + (\varepsilon_{in} - \varepsilon_{i0})_2]$$

式中，下角标 1 表示第一次加载的值，2 表示第二次加载的值。对在梁的前后各贴了 1 枚应变片的测点，如测点 2、3、4 诸点，应变平均值应为

$$(\varepsilon_{in} - \varepsilon_{i0})_{av} = \frac{1}{2} \left[\frac{(\varepsilon_{in} - \varepsilon_{i0})_1 + (\varepsilon_{in} - \varepsilon_{i0})_2}{2} + \frac{(\varepsilon_{in}' - \varepsilon_{i0}')_1 + (\varepsilon_{in}' - \varepsilon_{i0}')_2}{2} \right]$$

求得各测点的应变平均值后，根据胡克定律得到实测应力为

$$\sigma_{me} = E(\varepsilon_{in} - \varepsilon_{i0})_{av}$$

注意：静态应变仪的最小应变读数为“1”，表示 $1\mu\varepsilon$ ，即应变值为“ 1×10^{-6} ”。所以在计算实测应变增量时，最小数值也是 $1\mu\varepsilon$ 。

4、各点理论应力计算

在纯弯曲部分，载荷从 F_0 到 F_n ，弯矩的增量为 $M = \frac{1}{2}(F_n - F_0)a$ ，由弯曲正应力

公式求出个测点在载荷为 F_n 时应力的理论值为

$$\sigma_{th} = \frac{My}{I}$$

在横力弯曲部分，载荷从 F_0 到 F_n ，弯矩的增量为 $M = \frac{1}{2}(F_n - F_0)(a - c)$ ，由弯

曲正应力公式求出个测点在载荷为 F_n 时应力的理论值为

$$\sigma_{th} = \frac{M_1 y}{I}$$

其中， $I = \frac{1}{12}bh^3$ 。

5、误差计算及分析

对每一个测点求出 σ_{me} 对 σ_{th} 相对误差

$$e_{\sigma} = \frac{\sigma_{th} - \sigma_{me}}{\sigma_{th}} \times 100\%$$

注意，在梁的中性层内，因 $\sigma_{th} = 0$ ，故只需计算绝对误差即可。

6、泊松比*

梁下表面编号为“5'”的应变增量平均值（横向应变）和编号为“5”的应变增量平均值（纵向应变）的比值为恒负数，取其绝对值即为该材料的泊松比测量值，与实验前查得的低碳钢泊松比的约值作一比较。

注：有些实验单体梁上面没有编号为“5'”的应变片。

7、所有数据及计算结果填入表 2-2 中并进行分析整理。

八、思考题

- 1、实验时没有考虑梁的自重，是否会引起误差？为什么？
- 2、中性层实测应变不为零的原因可能是什么？试用相邻测量点的应变值进行分析？

- 3、对前、后等高的两测点（即两测点与中性层的距离相等），应取两点实测应变的平均值计算梁在此高度的应力。试问怎么组桥可以直接得到平均值？
- 4、载荷一定时，应变沿梁高度按什么规律分布？其理论依据是什么？
- 5、在同一测点，应变随载荷增加按什么规律变化？其理论依据是什么？
- 6、本实验若把温度补偿片直接贴在钢梁支座的外伸端是否可行？为什么？

表 2-2 单体梁弯曲应力实验数据表

测点		1		2				3				4				5	
应变		ε_{1j}	$\Delta\varepsilon_{1j}$	ε_{2j}	$\Delta\varepsilon_{2j}$	ε'_{2j}	$\Delta\varepsilon'_{2j}$	ε_{3j}	$\Delta\varepsilon_{3j}$	ε'_{3j}	$\Delta\varepsilon'_{3j}$	ε_{4j}	$\Delta\varepsilon_{4j}$	ε'_{4j}	$\Delta\varepsilon'_{4j}$	ε_{5j}	$\Delta\varepsilon_{5j}$
第一次加载	$F_0 =$																
	$F_1 =$																
	$F_2 =$																
	$F_3 =$																
	$F_4 =$																
第二次加载	$F_0 =$																
	$F_1 =$																
	$F_2 =$																
	$F_3 =$																
	$F_4 =$																
$(\varepsilon_{in} - \varepsilon_{i0})_{av}$																	
σ_{me}																	
σ_{th}																	
相对误差	$\frac{\sigma_{th} - \sigma_{me}}{\sigma_{th}}$																
	$\times 100\%$																