

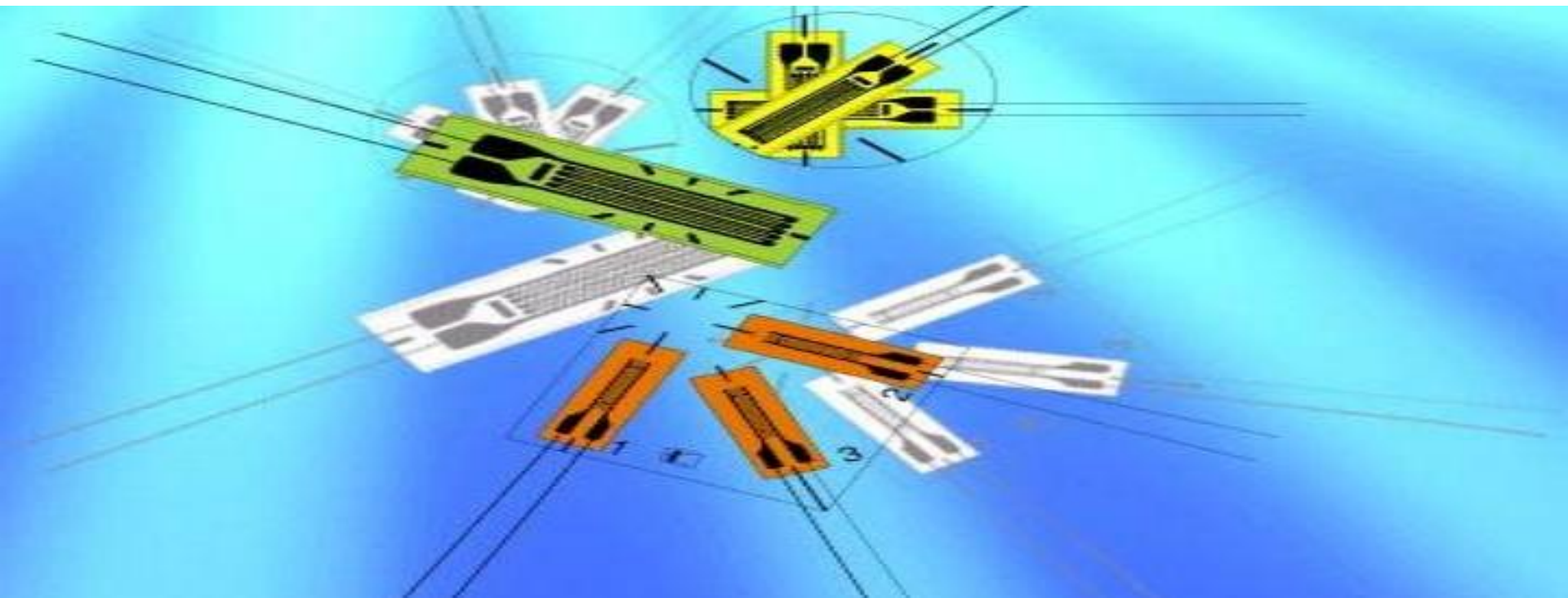
# 工程力学实验三

## 纯弯梁电测综合实验

# 一、概述：

工程上有许多构件的几何形状、所受外力非常复杂或者构件的边界条件不清楚，在这样的情况下，用材料力学理论很难求解或者是根本没有解。因此，就必须通过力学实验的方法来寻求解答——即实验应力分析。

电阻应变测量法（简称电测法）是实验应力分析中运用最为广泛的一种。



传感元件——电阻应变片



图一、大型拖车应力测试





图二、压缩机工作应力测试



图三、水坝钢闸门应力测试





图四、电测在汽车衡中的应用



图五、电测在自动生产线上的应用

## 二、实验目的：

- 1、初步掌握电测法的基本原理和测试方法；
- 2、测定梁在纯弯曲时各测点的正应变、计算出正应力，  
并与理论计算值比较以验证弯曲正应力公式；
- 3、绘出梁在纯弯曲时正应变沿梁高度的分布图。

## 三、实验设备、装置和仪器：

- 1、梁弯曲实验装置；
- 2、DH3818静态数字电阻应变仪；
- 3、CMT5105电子万能材料试验机；
- 4、0.02mm 游标卡尺、钢卷尺；

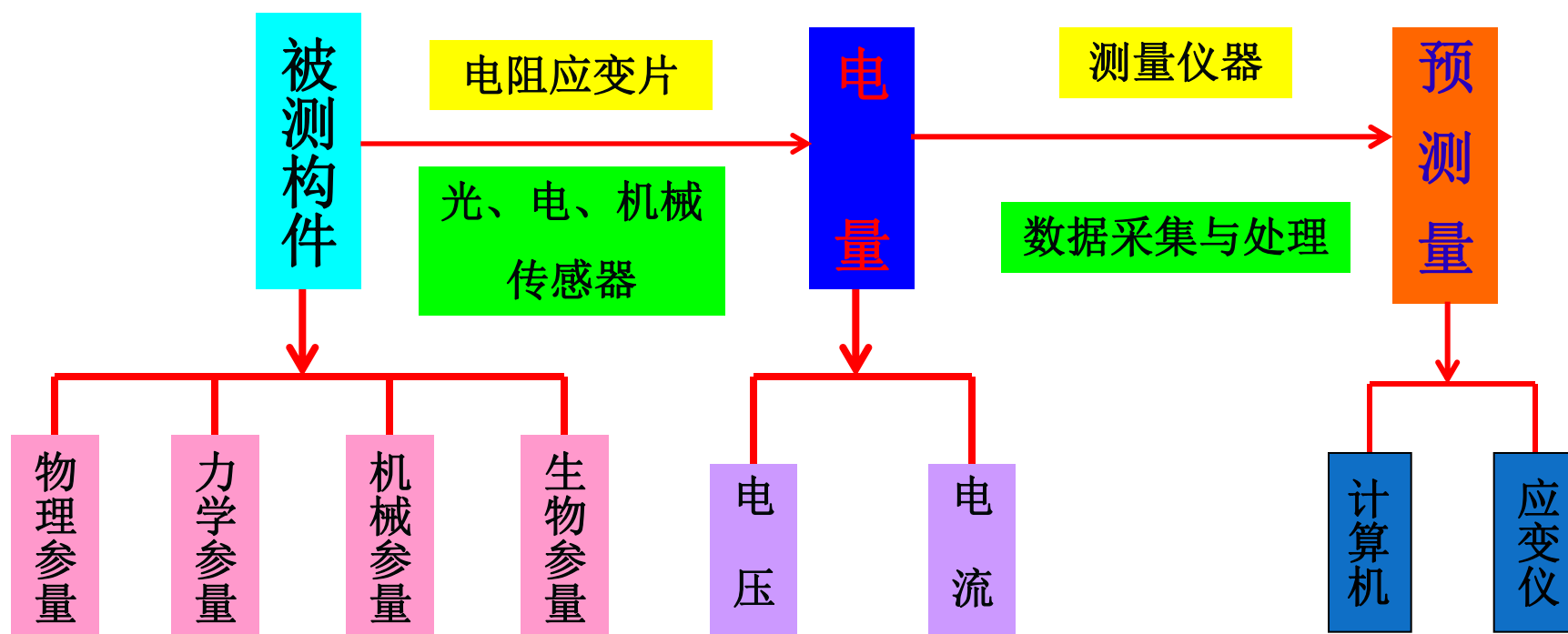


## 四、实验步骤:

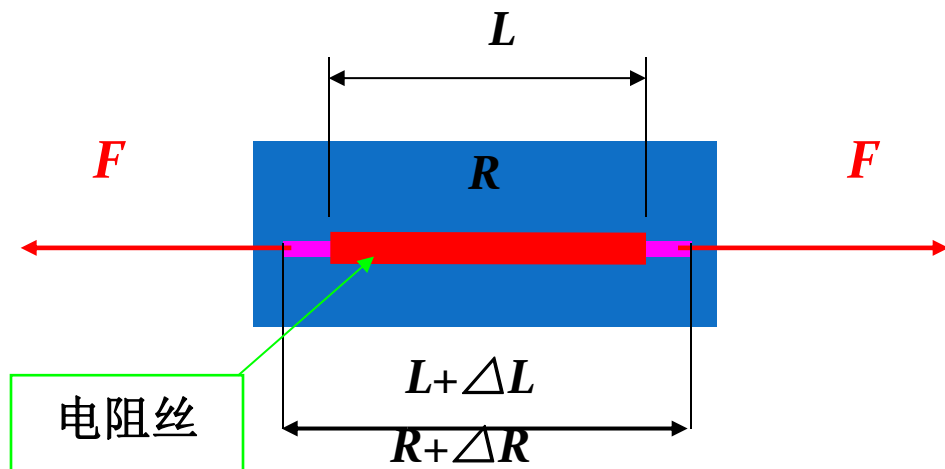
- 1、用游标卡尺和钢直尺测量梁的宽度 $b$ 和高度 $h$ , 载荷作用点到梁支点的距离 $a$ ;
- 2、采用多点半桥公共补偿测量法, 将应变片和公共温度补偿片分别接DH3818静态电阻应变仪的相邻桥臂上;
- 3、依照静态电阻应变仪的操作规程对应变仪进行检验并调整每点的电桥平衡;
- 4、启动CMT5105电子万能材料试验机, 按加载方案逐级加载, 每加一级载荷, 相应测读一次各点的应变值直至加到预计的最终载荷为止, 然后全部卸载;
- 5、实验结束, 卸载; 关闭试验机、应变仪, 清理现场。

## 五、电测法基本原理:

电阻应变测量法（简称电测法）的基本原理是用电阻应变片作为传感元件，将被测构件表面的物理量、力学量、机械量等**非电量**转换成**电量**来进行测量的一种实验方法。



## 六、电阻应变效应:

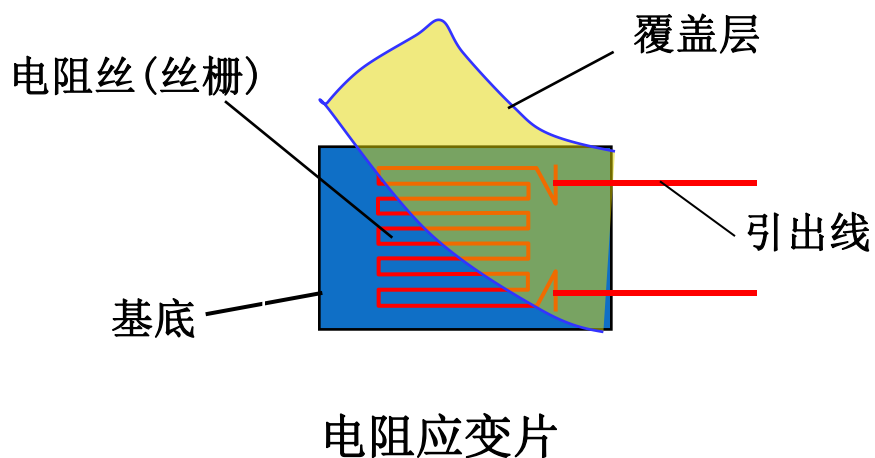


导线电阻的表达式:

$$R = \rho \frac{L}{A}$$

$$\Delta R \approx \rho \frac{\Delta L}{A} \approx K \Delta L$$

$$\frac{\Delta R}{R} = K \frac{\Delta L}{L} = K \varepsilon$$



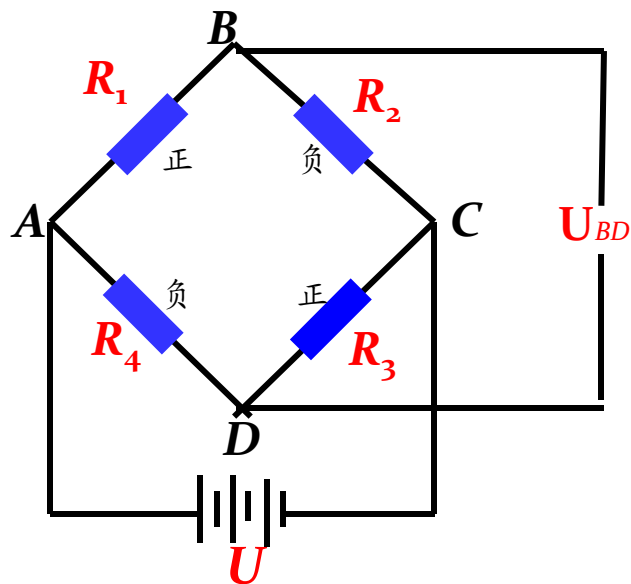
由实验知: 线应变与电阻变化率之间存在线性关系。

$K$ —电阻应变片的灵敏系数



## 七、应变测量原理:

利用电桥平衡原理测量电阻改变, 从而进一步得到被测构件表面的应变

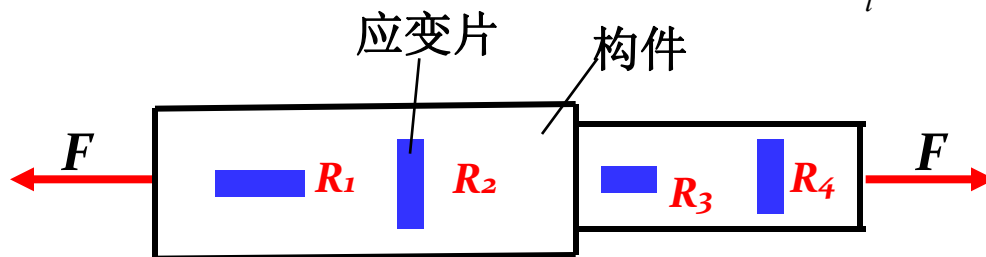


电桥平衡条件: ( $U_{BD} = 0$ ) 即  $R_1 R_3 = R_2 R_4$

构件受力后,  $BD$  间的输出电压改变为:

$$U_{BD} = \frac{U}{4} \left( \frac{\Delta R_1}{R_1} - \frac{\Delta R_2}{R_2} + \frac{\Delta R_3}{R_3} - \frac{\Delta R_4}{R_4} \right)$$
$$= \frac{U}{4} \kappa (\varepsilon_1 - \varepsilon_2 + \varepsilon_3 - \varepsilon_4)$$

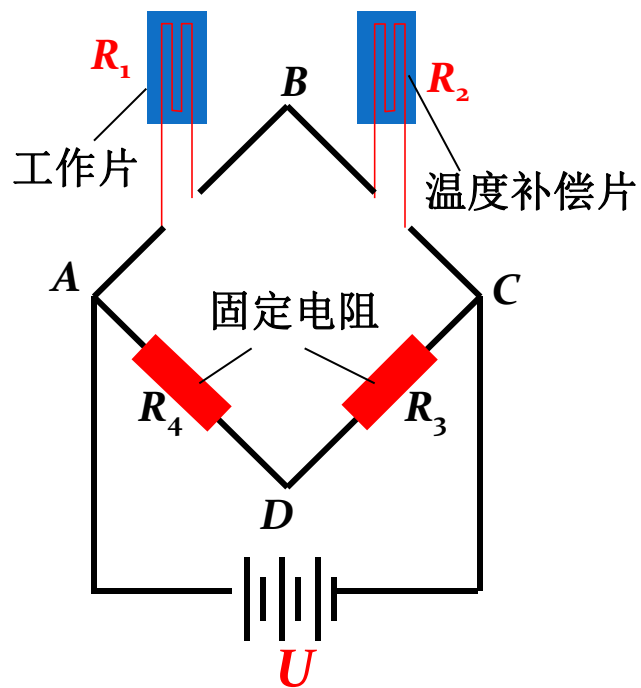
其中  $\left( \frac{\Delta R_i}{R_i} = \kappa \frac{\Delta L}{L} = \kappa \varepsilon \right)$



## 八、电阻温度补偿:

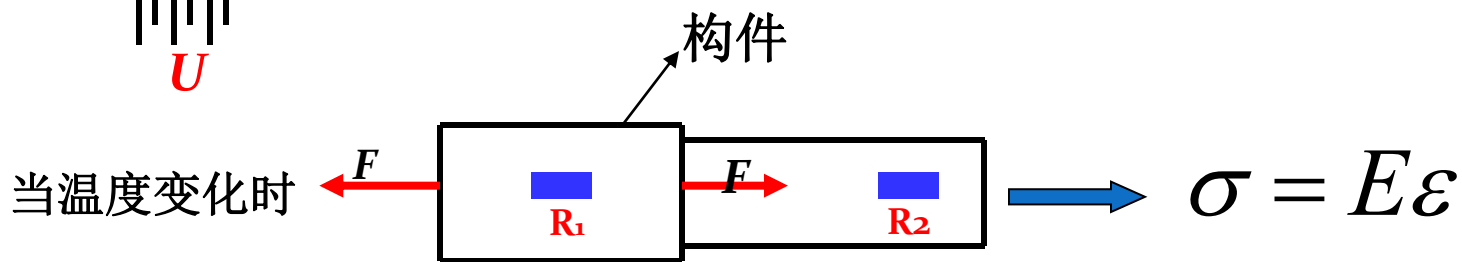
由于温度变化对电阻值影响很大, 利用电桥特性即可以消除

将  $R_1$  贴在构件受力处,  $R_2$  贴在附近不受力处, 环境温度的变化对相同应变片  $R_1$ 、 $R_2$  所引起的电阻值变化同为  $\Delta R_T$

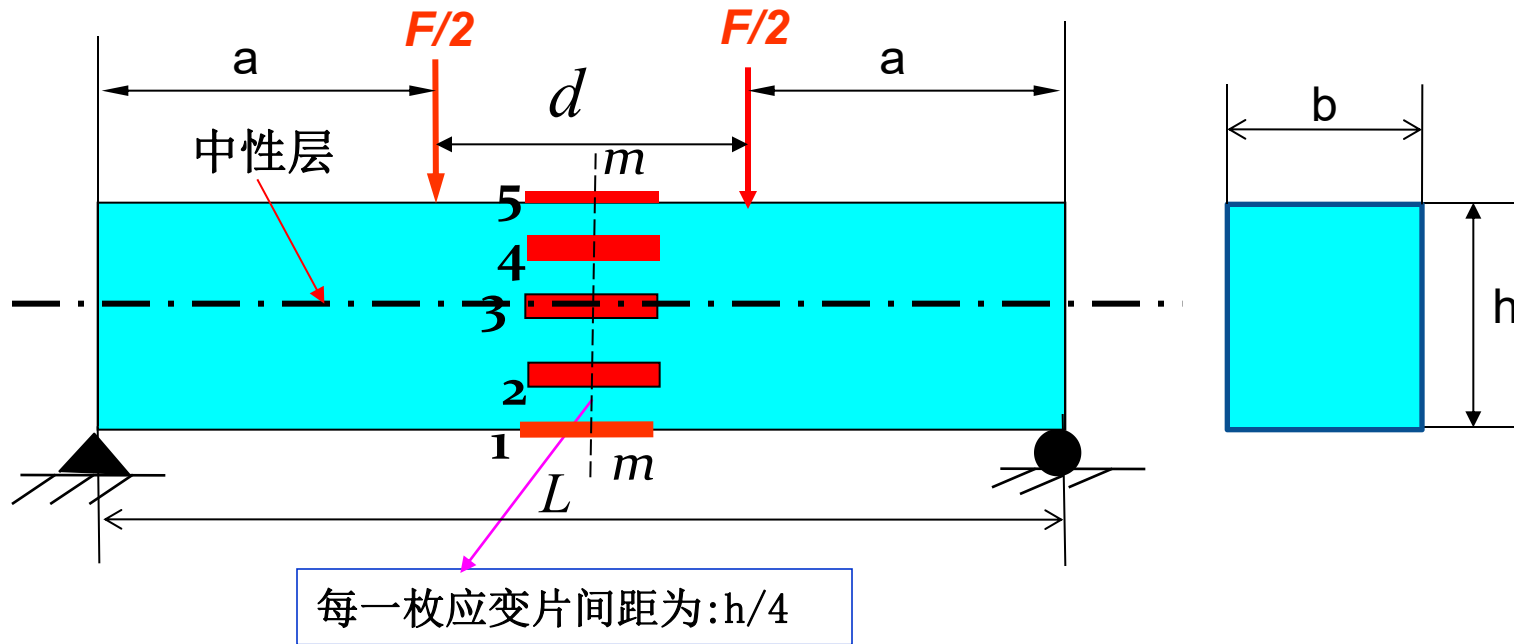


$$U_{BD} = \frac{U}{4} \left( \frac{\Delta R_1 + \Delta R_T}{R_1} - \frac{\Delta R_T}{R_2} \right)$$
$$= \frac{U}{4} \kappa (\epsilon_1 + \epsilon_T - \epsilon_T) = \frac{U}{4} \kappa \epsilon_1$$

$$\text{其中 } \left( \frac{\Delta R_i}{R_i} = \kappa \frac{\Delta L}{L} = \kappa \epsilon \right)$$



## 九、单梁布片示意图：

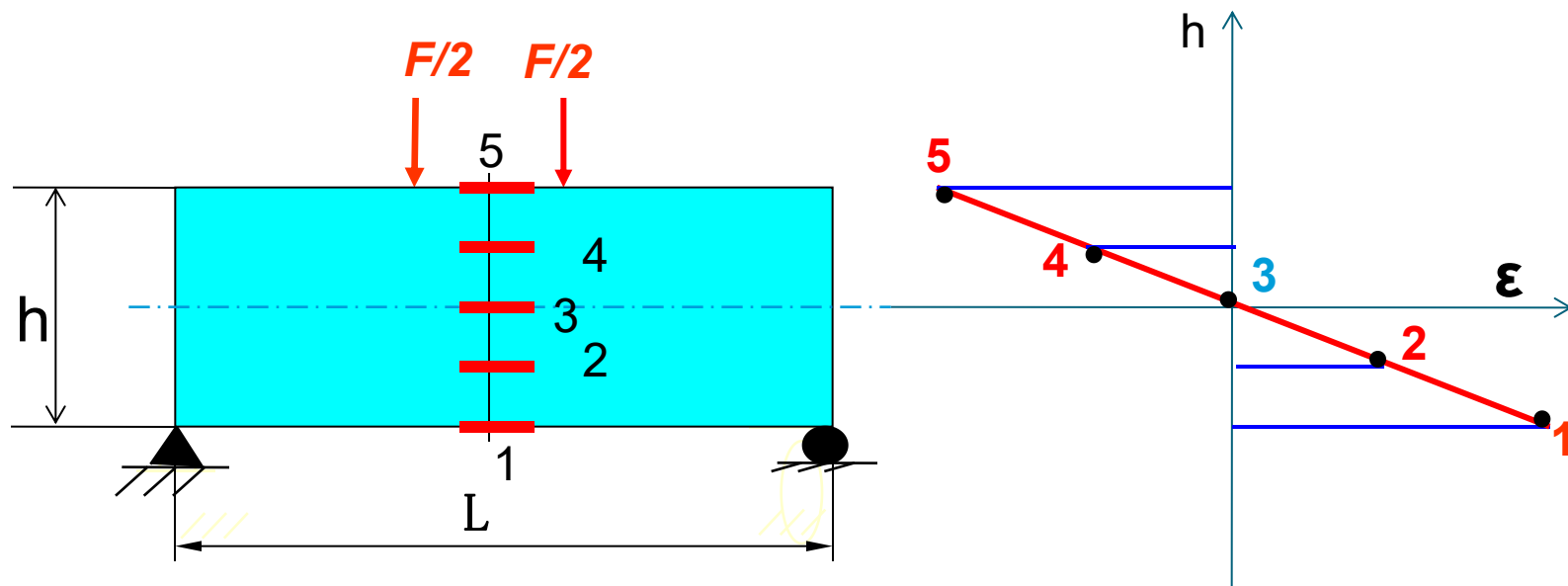


等量逐级加载法:  $\sigma_{\text{理}} = \frac{\Delta M \cdot y}{I_z}$        $\sigma_{\text{实}} = E \cdot \overline{\Delta \varepsilon}$

梁的尺寸:  $a = 200(\text{mm})$   $d = 100(\text{mm})$   $h = 30(\text{mm})$   $b = 25(\text{mm})$   $L = 500(\text{mm})$

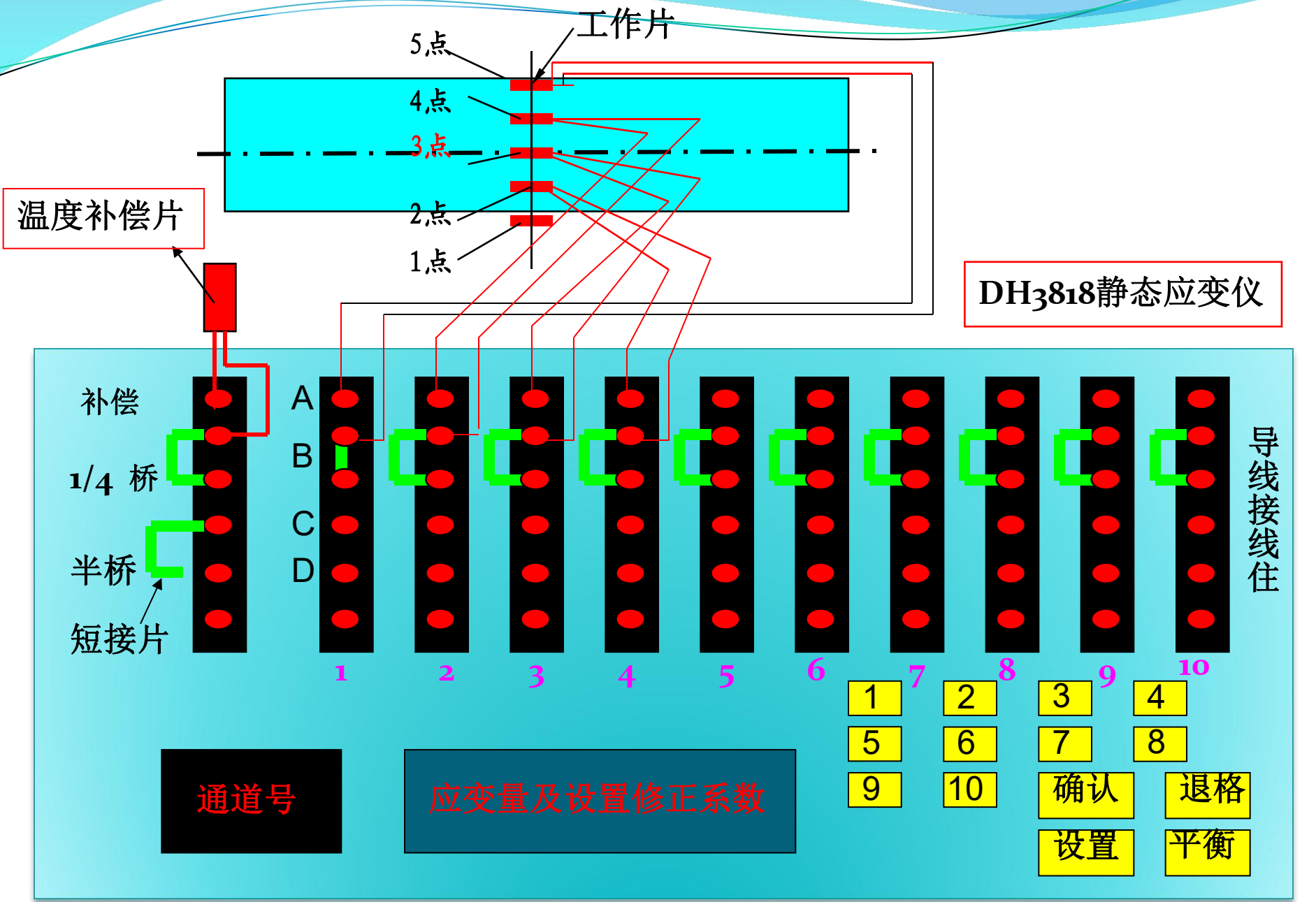


## 十、应变沿梁高度的分布图：



应变沿梁高度的分布图

十一、接线示意图:



## 十二、实验数据表:

梁的材料：弹簧钢  $1\mu\varepsilon = \varepsilon \times 10^{-6}$ ;  $E = 210 \text{ GPa}$ ;  $I_z = \frac{bh^3}{12}$ ;  $W_z = \frac{bh^2}{6}$ ;  $M = a \times \frac{F}{2}$

测点 载荷 (N)		1 ( $\mu \varepsilon$ )		2 ( $\mu \varepsilon$ )		3 ( $\mu \varepsilon$ )		4 ( $\mu \varepsilon$ )		5 ( $\mu \varepsilon$ )	
载荷值	增量	应变值	增量	应变值	增量	应变值	增量	应变值	增量	应变值	增量
1000	1000										
2000	1000										
3000	1000										
4000	1000										
5000	1000										
应变增量平均值 $\varepsilon_p$											
实测应力 $\sigma_{实}$ (MPa)											
理论应力 $\sigma_{理}$ (MPa)											
$\frac{ \sigma_{理} - \sigma_{实} }{ \sigma_{理} } \times 100\%$											



### 十三、实验报告要求：

- 1、书写端正、整洁；
- 2、图表规范、可自行设计；
- 3、标注正确、全面；
- 4、实验原理既要有文字叙述，又要有图示；
- 5、仪器设备既要有文字叙述，又要有系统框图；
- 6、既要有结论，又要有误差分析；
- 7、根据实验结果绘出应变沿梁高度的分布图；
- 8、是否有好的建议和要求可以提出。