

应变片测量电路特性实验

一、实验目的：

- 1、了解电阻应变片的工作原理与应用；
- 2、掌握应变片测量电路工作原理及连接方式。
- 3、比较单臂、半桥、全桥输出时的灵敏度和非线性度。

二、基本原理：

电阻应变式传感器是在弹性元件上通过特定工艺粘贴电阻应变片来组成。一种利用电阻材料的应变效应将工程结构件的内部变形转换为电阻变化的传感器，此类传感器主要是通过一定的机械装置将被测量转化成弹性元件的变形，然后由电阻应变片将变形转换成电阻的变化，再通过测量电路将电阻的变化转换成电压或电流变化信号输出。可用于能转化成变形的各种非电物理量的检测，如力、压力、加速度、力矩、重量等，在机械加工、计量、建筑测量等行业应用十分广泛。

1、应变片的电阻应变效应

所谓电阻应变效应是指具有规则外形的金属导体或半导体材料在外力作用下产生应变而其电阻值也会产生相应地改变，这一物理现象称为“电阻应变效应”。以圆柱形导体为例，根据电阻的定义式得

$$R = \rho \frac{L}{S} = \rho \frac{L}{\pi \cdot r^2}$$

式中，L为电阻丝长度（m），S为电阻丝面积（ m^2 ）， ρ 为材料电阻率（ $\Omega \cdot \text{m}$ ），r为电阻丝半径（m）。

外力变化时，L、S、 ρ 分别变化 ΔL 、 ΔS 、 $\Delta \rho$ ，则R变化 ΔR ，电阻变化率：

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

式中： $\varepsilon = \Delta L / L$ 为纵向应变效应；K为灵敏度系数。金属导体在受到应变作用时将产生电阻的变化，拉伸时电阻增大，压缩时电阻减小，且与其轴向应变成正比。金属导体的电阻应变灵敏度一般在2左右。

2、应变片的电桥测量电路

为了将电阻应变式传感器的电阻变化转换成电压或电流信号，在应用中一般采用电桥电路作为其测量电路。电桥电路具有结构简单、灵敏度高、测量范围宽、线性度好且易实现温度补偿等优点。能较好地满足各种应变测量要求，因此在应变测量中得到了广泛的应用。电桥电路按其工作方式分有单臂、双臂和全桥三种，如下图所示：

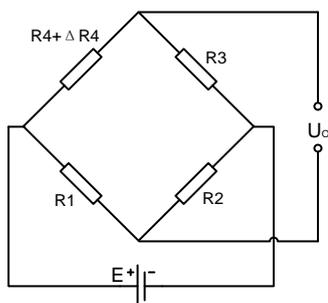


图1-1a 单臂

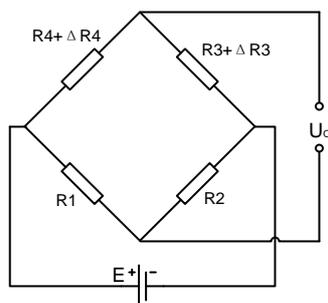


图1-1b 半桥

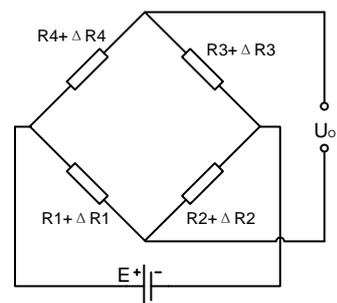


图1-1c 全桥

电桥电路是最常用的非电量电测电路中的一种,当电桥平衡时,桥路对臂电阻乘积相等,电桥输出为零。在桥臂四个电阻 R_1 、 R_2 、 R_3 、 R_4 中,设桥臂四个电阻的阻值和变化量相同,即: $R_1=R_2=R_3=R_4=R$, $\Delta R_1=\Delta R_2=\Delta R_3=\Delta R_4=\Delta R$ 。电阻的相对变化率分别为 $\Delta R_1/R_1$ 、 $\Delta R_2/R_2$ 、 $\Delta R_3/R_3$ 、 $\Delta R_4/R_4$,当使用一个应变片时,为单臂电桥,总的变化率为 $\Sigma R=\Delta R/R$;当两个应变片组成差动半桥状态工作时,总的变化率为 $\Sigma R=2\Delta R/R$;用四个应变片组成差动全桥工作时,总的变化率为 $\Sigma R=4\Delta R/R$ 。

由此可知,单臂、半桥、全桥电路的灵敏度依次增大。单臂工作输出信号最小、线性、稳定性较差;双臂输出是单臂的两倍,性能比单臂有所改善;全桥工作时的输出是单臂时的四倍,性能最好。因此,为了得到较大的输出电压信号一般都采用双臂或全桥工作。

三、实验步骤:

(一) 单臂电桥测量电路实验

1、**差动放大器调零点:**按下图1示意接线。将F/V表(或电压表)的量程切换开关切换到2V档,合上主、副电源开关,将差动放大器的“增益”电位器按顺时针方向轻轻转到底后**再逆向回转一点点**(放大器的增益为最大,回转一点点的目的:电位器触点在根部估计会接触不良),调节差动放大器的“**调零**”电位器,使电压表显示电压为零。差动放大器的零点调节完成,关闭主电源。

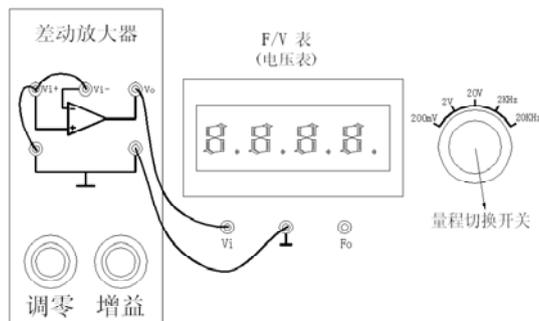


图1-2 差放调零接线图

2、**连接电桥:**将 $\pm 2V \sim \pm 10V$ 步进可调直流稳压电源切换到**4V档**,将主板上传感器输出单元中的箔式应变片 R_x (标有上下箭头的4片应变片中任意一片为工作片)与实验仪内部电阻 R_1 、 R_2 、 R_3 组成电桥电路,电桥的一对角接 $\pm 4V$ 直流电源,另一对角作为电桥的输出接差动放大器的二输入端,将 W_1 电位器、 r 电阻直流调节平衡网络接入电桥中,如图1-3所示的方法接线(粗曲线为连接线)。

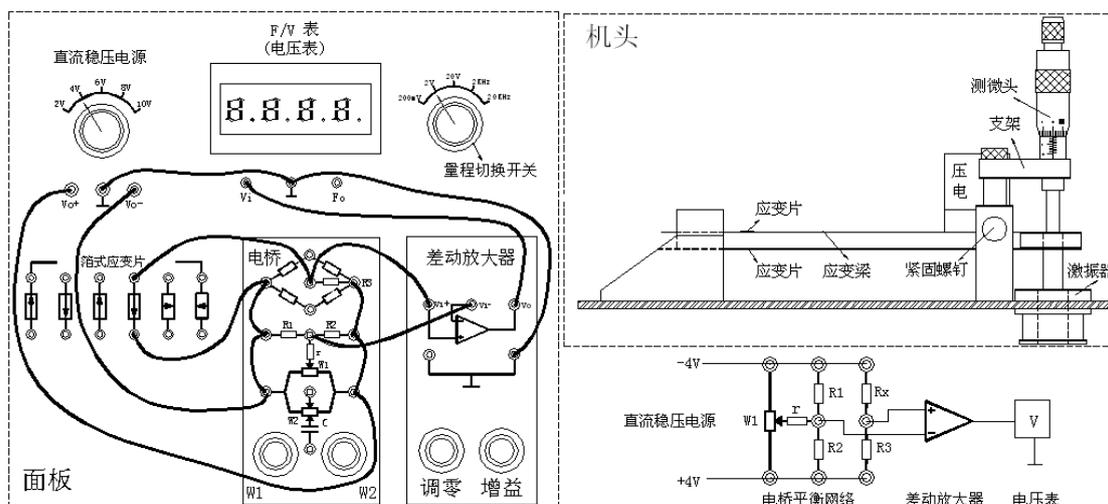


图1-3 应变片单臂电桥特性实验原理图与接线示意图

3、**设置测微头：**调节测微头的微分筒旋转手柄，将测微头的伸出刻度设定在10mm处，然后将测微头伸出杆放在应变梁自由端的圆形磁性吸和处；调节测微头固定装置的高度，目测梁处于水平位置时拧紧测微头固定装置上的紧固螺钉；检查接线无误后合上主电源开关。调节电桥的W1电位器，使电压表显示为0或接近0。

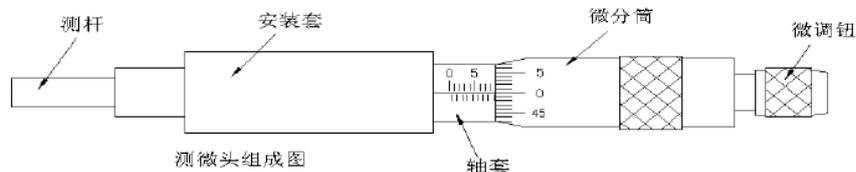


图1-4 测微头示意图

测微头组成：测微头由不可动部分中的安装套（应变梁的测微头无安装套）、轴套和可动部分中的测杆、微分筒、微调钮组成。

测微头读数与使用：测微头的安装套便于在支架座上固定安装，轴套上的主尺有两排刻度线，标有数字的是整毫米刻线（1mm / 格），另一排是半毫米刻线（0.5mm / 格）；微分筒前部圆周表面上刻有50等分的刻线（0.01mm / 格）。用手旋转微分筒或微调钮时，测杆就沿轴线方向进退。微分筒每转过1格，测杆沿轴方向移动微小位移0.01毫米，这也叫测微头的分度值。

测微头使用：测微头在实验中是用来产生位移并指示出位移量的工具。一般测微头在使用前，首先转动微分筒到10mm处（为了保留测杆轴向前、后位移的余量），再将测微头轴套上的主尺横线面向自己安装到专用支架座上，移动测微头的安装套（测微头整体移动）使测杆与被测体连接并使被测体处于合适位置（视具体实验而定）时再拧紧支架座上的紧固螺钉。当转动测微头的微分筒时，被测体就会随测杆而位移。

4、**移动测微头并记录电压：**首先确定梁的位移方向（向上为正、向下为负，顺时针旋转微分筒使测微头向下移动，逆时针旋转微分筒使测微头向上移动）。以后每转动测微头的微分筒一周产生0.5mm位移，根据表1位移数据依次增加0.5mm并读取相应的电压值填入表1-1中；然后反方向调节测微头的微分筒使电压表显示0V（这时测微头微分筒的刻度线不在原来的0位位移点位置上，是由于测微头存在机械回程差，以电压表的0V为标准作为0位位移点并取固定的相对位移 ΔX 消除了机械回程差），再根据表1位移数据依次反方向增加0.5mm并读取相应的电压值填入表1-1中。

*注：调节测微头要仔细，微分筒每转一周 $\Delta X=0.5\text{mm}$ ；如调节过量再回调，则产生回程差。

表1-1 应变片单臂电桥特性实验数据：

位移 (mm)	-0	-0.5	-1.0	-1.5	-2.0	-2.5	-3.0	-3.5	-4.0
电压 (mV)	0								
位移 (mm)	+0	+0.5	+1.0	+1.5	+2.0	+2.5	+3.0	+3.5	+4.0
电压 (mV)	0								

5、**处理数据：**根据表1-1数据画出实验曲线并计算灵敏度 $S = \Delta V / \Delta X$ ，式中 ΔV 为输出电压变化量， ΔX 为梁端位移变化量；计算非线性误差 $\delta = \Delta_m / y_{FS} \times 100\%$ ，式中 Δ_m 为输出值（多次测量时为平均值）与拟合直线的最大偏差， y_{FS} 为满量程输出平均值，此处为相对总位移量。实验完毕，关闭电源。

（二）半桥测量电路实验

实验步骤同单臂电桥实验一样，半桥测量电路的接线图如图1-5所示，即选用应变梁上梁的一片应变片 R_{x3} 和下梁的一片应变片 R_{x4} （应力方向不同）与实验仪内部两个电阻 R_1 、 R_2 组成桥路。测试数据记录在表1-2中。

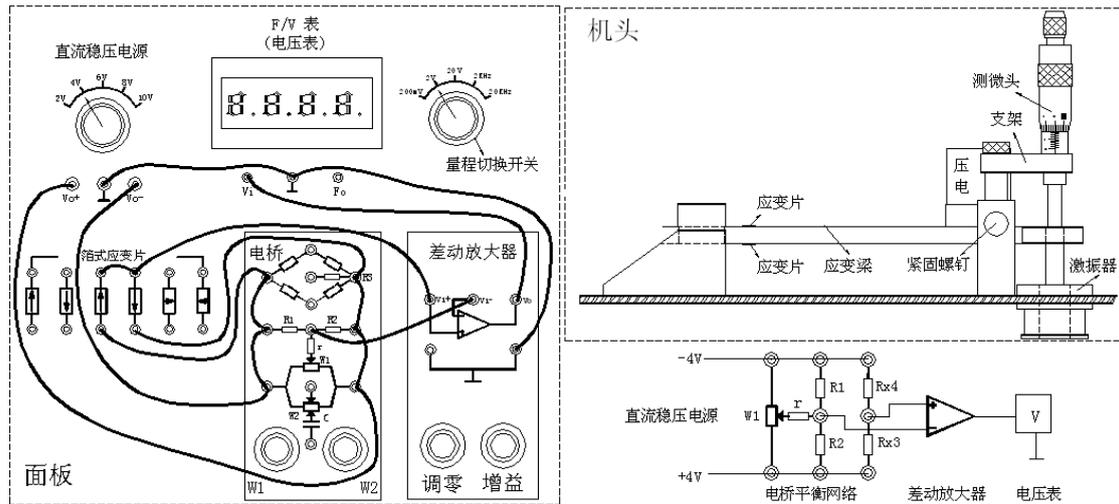


图1-5 应变片半桥特性实验原理图与接线示意图

表1-2 应变片半桥特性实验数据：

位移 (mm)	-0	-0.5	-1.0	-1.5	-2.0	-2.5	-3.0	-3.5	-4.0
电压 (mV)	0								
位移 (mm)	+0	+0.5	+1.0	+1.5	+2.0	+2.5	+3.0	+3.5	+4.0
电压 (mV)	0								

(三) 全桥测量电路实验

实验步骤同单臂电桥实验一样，全桥测量电路的接线图如图1-6所示，即选用应变梁上梁的两片应变片Rx1、Rx3和下梁的两片应变片Rx2、Rx4组成桥路，其中Rx1、Rx2受力方向相同，Rx2、Rx4受力方向相同并与Rx1、Rx3相反。测试数据记录在表1-3中。

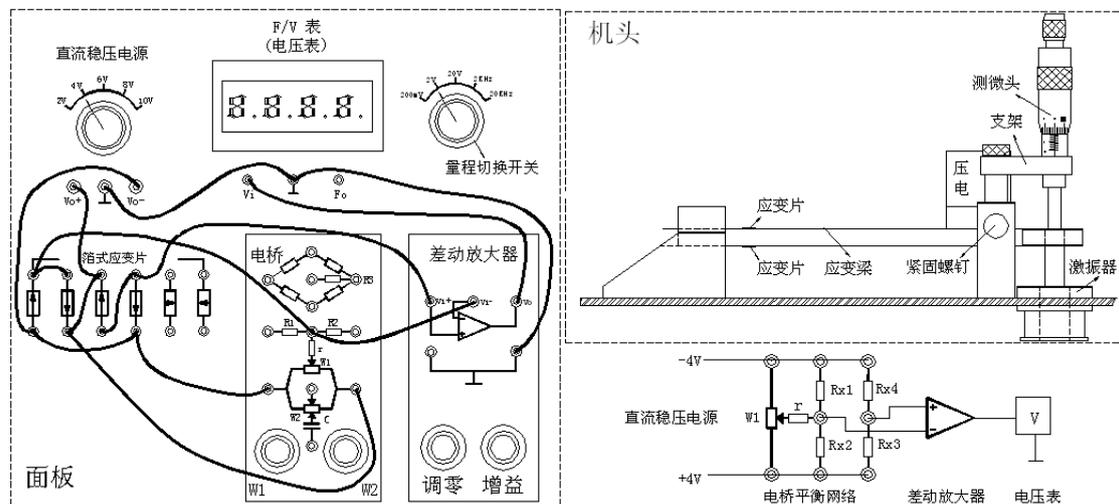


图1-6 应变片全桥特性实验原理图与接线示意图

表1-3 应变片全桥特性实验数据：

位移 (mm)	-0	-0.5	-1.0	-1.5	-2.0	-2.5	-3.0	-3.5	-4.0
电压 (mV)	0								
位移 (mm)	+0	+0.5	+1.0	+1.5	+2.0	+2.5	+3.0	+3.5	+4.0
电压 (mV)	0								

四、思考题

- 1、做三个桥路的实验时，放大器的增益必须相同，如果不同会有什么结果？

2、半桥、全桥测量时相邻的两片应变片必须是不同受力状态，如果这两片应变片受力相同会有什么结果？绘制全桥测量电路并说明4个应变片的受力情况。

3、比较三种桥路的灵敏度和线性度。