

# Readme

## 1、 怎么预习本实验？

认真学习讲义，必要的知识点也可以网上查询，理解测量用到的基本方法。泊松比的测试推导过程会在课堂再讲解。在规定时间内完成平台的预习测试题。

## 2、 怎么操作？

本实验的注意事项和操作技巧较多，关键的要点有：

- (1) 勿碰金属丝（一进门就将书包等物放在桌旁的地上，以免挂断细丝）；
- (2) 静下心来，边思考，边动手。

## 3、 怎么处理数据？

求金属丝的杨氏模量和泊松比

## 4、 关于实验报告。

做完本次实验写一份报告，这份报告应包含：

1 份经签字的实验原始数据、1 份实验内容的数据处理结果。实验结束下一周上课前交到 1408 实验室。

# 测量金属丝的杨氏模量和泊松比

## 一、基本原理

### 1、金属丝的杨氏模量与泊松比

杨氏模量是材料的重要力学参数，反映了材料抵抗形变能力的大小。拉力  $F$  与丝的原始横截面  $A$  之比定义为应力，伸长量  $\Delta L$  与丝的原始长度  $L$  之比定义为纵向线应变。在弹性范围内，应力与应变满足胡克定律：

$$\frac{F}{A} = E \frac{\Delta L}{L} \tag{1}$$

其中  $E$  为材料的杨氏模量，用砝码拉伸金属丝提供  $F$ ， $A$  的测量方法见附录 1。

式（1）中只考虑了材料的微小纵向应变，忽略了横向变化。横向变化量  $\Delta d$  与丝的原始横向长度  $d$  之比定义为横向线应变。在实践中，纵向拉伸应变还会导致横向收缩应变。实验表明，在材料弹性范围内，横向线应变  $\Delta d/d$  与纵向线应变  $\Delta L/L$  之比为常数：

$$\frac{\Delta d}{d} = -\mu \frac{\Delta L}{L} \tag{2}$$

(2)式中的负号表示纵向拉伸导致横向收缩， $\mu$  为横向变形系数或称泊松比。

式（2）中的  $\Delta d$  太小，因此本实验无法直接测量  $\mu$ ，但可通过非平衡电桥测量金属丝经拉伸后的微小电阻变化而间接得到。

表 1 部分常见材料的杨氏模量和泊松比

材料	弹性模量 $E$ /GPa	泊松比 $\mu$
合金钢	190~220	0.24~0.33
铜	119	0.33
铝	71	0.33
镍	207	0.29
混凝土	14~23	1/6(0.1-0.2)
橡胶	0.00784	~0.47
水		0.5
软木		~0

2、非平衡电桥

非平衡电桥与传感器配合使用，可测量温度、应力、位移等物理量。图 1 为非平衡电桥的原理图，其中电阻箱  $R_1$ 、 $R_2$ 、 $R_3$  为电桥的三个臂，电阻箱  $R_4$  与待测金属丝电阻  $R_s$  串联构成第四臂， $R_0$  为电位器，C 是滑动头。当电桥平衡时：

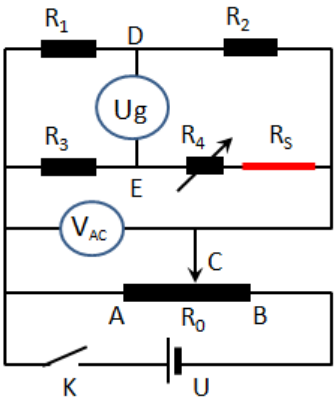


图 1 非平衡电桥

$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{R_3}{R_4 + R_s}$$

任意桥臂阻值变化时，电桥将偏离平衡位置。金属丝受到拉伸引起电阻变化  $\Delta R_s$ ，当  $R_4 + R_s$  的相对阻值变化

量小于 1% 时，桥电压  $U_g$ （即 D、E 之间的电压）与该桥臂的电阻变化量近似满足线性关系：

$$U_g \approx \frac{U_{AC}}{4} \cdot \frac{\Delta R_s}{R_4 + R_s} \tag{3}$$

即将电阻的微小变化量转化成直流电压信号进行测量。

本实验的研究对象为金属丝。

二、待研究的问题

- 1、测量金属丝的杨氏模量；
- 2、忽略拉伸过程中金属丝电阻率的变化，利用非平衡电桥测量金属丝相关物理量的变化，进而计算其泊松比。

三、实验仪器

序号	设备名称	数量
1	金属丝（已焊接两根导线）	1
2	铝支架（已装配电位器、开关、电桥盒等）	1
3	卷尺（最大允差 2.0mm）	1

4	JCD <sub>3</sub> 型读数显微镜（最大允差 0.015mm）	1
5	读数显微镜垫块	1
6	ZX38A/10 型交直流电阻箱（0.1 级）	1
7	KEITHLEY 台式万用表（使用方法见附录）	1
8	低压钠灯（双线平均波长 $\lambda=0.5893\mu\text{m}$ ）及电源（选做）	1
9	钠灯木垫块	1
10	直流稳压电源(~1.5V)	1
11	劈尖玻璃片（选做）	2
12	砝码托盘（配 10 个增砣砝码，每个砝码 100.0g。）	1
13	导线	8

#### 四、 实验内容

##### 1. 基础内容（必做）

利用读数显微镜，测量金属丝的杨氏模量

##### 2. 提升内容（必做）

利用非平衡电桥，测量金属丝的泊松比；

对两个焊点进行哈气，观察  $U_g$  的变化并进行解释分析。

##### 3. 进阶内容（选作）

设计利用等厚干涉法或者读数显微镜测量橡皮丝的直径，通过加载砝码，测量橡皮是直径和长度的变化，并计算其杨氏模量和泊松比。

##### 4. 高阶内容（选作）

测量钨丝的泊松比，设计并自己动手焊接。

# 实验内容具体步骤

- 1、自己设计方案，测量金属丝的有效长度。
- 2、测量金属丝的杨氏模量  $E$  和泊松比  $\mu$ 
  - 1) 设计实验方案，给出相关公式；
  - 2) 按图 1 连接电路，其中  $R_1=R_2=R_3=51.00\Omega$ ，用 KEITHLEY 台式万用表（操作说明见附录）监测  $U_g$  和分压  $U_{AC}$ ，其中  $U_{AC}$  取  $\sim 0.5V$ ；（W 点）
  - 3) 调节变阻箱  $R_4$ ，使电桥平衡；（W 点）
  - 4) 调整读数显微镜观察右侧焊点的位置（W 点），根据设计方案进行实验测量；
  - 5) 求金属丝的杨氏模量  $E$ （合肥地区重力加速度  $g = 9.795 \text{ m/s}^2$ ）。♥
  - 6) 求金属丝的泊松比  $\mu$ 。♥

## 注意：

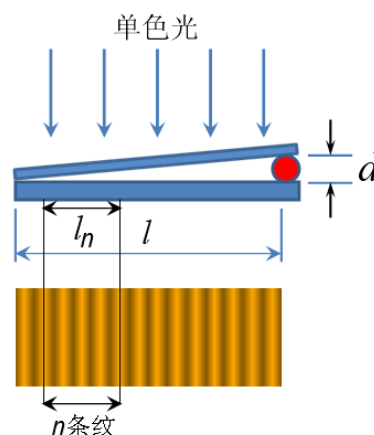
- （1） 尽量减小焊接的导线对金属丝的应力作用，以免影响测量；
  - （2） 接通开关后，仪器设备需要预热 5 分钟以使读数稳定；
  - （3） 加砝码时要轻，以免拉断金属丝；
  - （4） 每次加砝码后，等 1 分钟再读数，以使读数相对稳定；
  - （5） 读数时操作者应位于两焊点的中间区域，以免干扰  $U_g$ ；
  - （6） 本实验中  $|U_g| < 0.020mV$  即可视为电桥平衡。
- 3、待  $U_g$  示数稳定后，分别朝金属丝上的两个焊接点哈气，并观察桥电压  $U_g$  的读数变化。
    - 1) 描述哈气时桥电压  $U_g$  的变化，是增大还是减少？
    - 2) 上述现象由什么效应产生？♥
  - 4、整理仪器，整齐摆放设备，将两端的高度调节螺栓调乱。

## 附录 1：干涉法测细丝直径

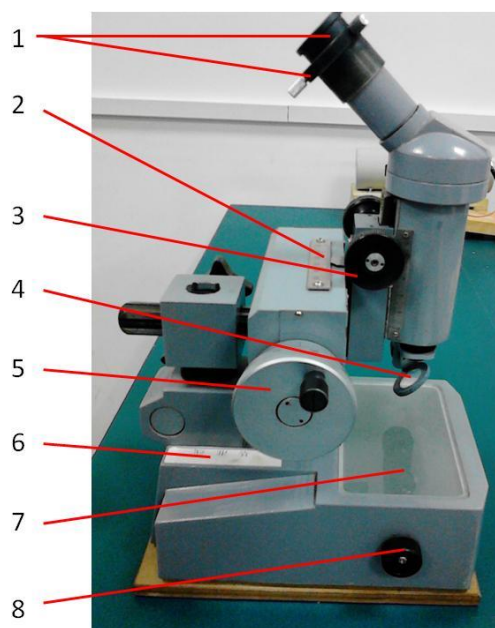
参见右图，设劈尖长度为  $l$ ，康铜丝直径为  $d$ 。  
当单色光垂直照射劈尖时，会产生等厚干涉现象，当扫描  $n$  条亮纹（或暗纹）时读数显微镜移动  $l_n$ ，则由几何关系有：

$$\frac{d}{l} = \frac{n \cdot \frac{\lambda}{2}}{l_n}$$

$$\Rightarrow d = \frac{n \cdot l \cdot \lambda}{2l_n}$$



## 附录 2：读数显微镜操作说明



- 1、目镜及锁紧螺钉
- 2、标尺
- 3、调焦手轮
- 4、45° 半反镜
- 5、测微鼓轮
- 6、基线
- 7、工作台
- 8、反光镜旋轮

### 附录 3：KEITHLEY 台式万用表的操作说明

将表笔香蕉插头插入 1000V 电压输入端，开启左下角的电源按钮后，KEITHLEY 台式万用表通常就能正常工作，按几次“Digit”按钮，使测量精度切换到 0.001mV 即可。如果窗口未显示“mV DC”字样，请按照以下步骤操作：

- 1、按图 1 接好电路；
- 2、按“DCV”按钮以显示直流电压；
- 3、按“AUTO”按钮自动选择量程；
- 4、若要测“ $\mu\text{V}$ ”直流信号，按“Digits”按钮，使测量精度切换到 0.001mV。



KEITHLEY 台式万用表面板参数

### 附录 4：电源操作说明

1. 打开左下角电源，将导线接入到正负极；
2. 按 V-SET 设置电压值，在本实验为 0.5V，之后按 Enter；
3. 按 On/Off（相当于是开关）输出电压，正常工作的时候面板会显示 CV 说明工作在恒压模式。



电压源面板参数