

即为杨氏模量的测量值。 πd2 b

大学物理综合实验——测量金属丝的杨氏模量及泊松比

刘元彻 PB21020505 21 级物理学院 1 班

2022 年 11 月 15 日

摘要：杨氏模量和泊松比是材料的两种重要的力学参数， 反映了材料的形变特性． 本实验对金属丝的杨氏模量和 泊松比进行测量与分析， 利用读数显微镜和非平衡电桥测量， 并向焊点哈气验证温差电动势． 实验测量计算得到 了金属丝的杨氏模量和泊松比，并观察验证了温差电压现象 [1]。

**1** 实验目的 ∆L/L 之比为常数：

利用拉伸法， 通过读数显微镜放大法来测定金属丝  = −µ (2)

的杨氏模量； (2)式中， µ 称为泊松比， 是一个用来反映泊松现象的无

利用非平衡电桥法，精确测量金属丝的泊松比； 量纲的物理量．

此外， 还通过呵气的方法， 初步研究了温差电压对

非平衡电桥测量的影响， 对高精度的测量方法有所体 **3.2** 拉伸法测量杨氏模量

会。

本实验中， 利用读数显微镜测量金属丝受到外力拉

伸时的伸长量， 并根据定义来计算。测量金属丝长度 L1

**2** 实验仪器与材料 和直径 d，并利用质量为 m 的砝码来提供拉力， 根据

杨氏模量的定义式，应该有：

金属丝(已焊接两根导线)， 铝支架(已装配电位 4mg ∆L1

器、开关、电桥盒等)，卷尺， 读数显微镜， 电阻箱， 台 πd2 = E L1 (3)

式万用表， 砝码托盘(配 10 个增砣砝码， 每个砝码约 整理，得到：

100.0g ，具体质量砝码上有标定)，导线若干。

∆L = ∆L1 (4)

**3** 实验原理与方案设计 4gL可以通过作图法的拟合求取斜率1 b，得到 E =

**3.1** 杨氏模量和泊松比的理论分析 **[**[**2]**](#_bookmark1)

**3.3** 非平衡电桥测定泊松比 **[**[**3]**](#_bookmark2)

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， 是材料的一种固有属性。弹性材料承

受应力时会产生应变， 在形变量没有超过对应材料的一

定弹性限度时， 应力 F/A 与应变 ∆L/L 满足胡克定律：

 = E  (1)

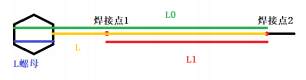
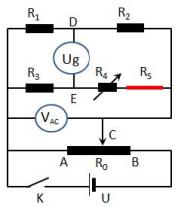
其中 E 为材料的杨氏模量．

然而(1)式中只考虑了材料的微小纵向应变， 忽略

了横向变化． 当材料在一个方向被压缩， 它会在与该方

向垂直的另外两个方向伸长， 这被称为泊松现象。实验

表明， 在一定范围内， 横向线应变 ∆d/d 与纵向线应变 图 1: 非平衡电桥电路图



非平衡电桥原理如图所示．电桥平衡时，有

 =  (5)

而当 R4 变化时， 电桥偏离平衡状态． 若认为电压 表内阻为无穷大，不难得出桥电压为

R2 R + R2 ∆R − R1 R3

(6)

Ug = (R1 + R4 )(R2 + R3 ) + ∆R (R2 + R3 ) Us

(6)式中， ∆R 表示 R4 相比平衡状态的变化量， Us 为 电桥两端电压． 本实验中 R1 = R2 = R3 = R4 = R，故

Ug = Us  (7)

其中 δ := ∆R/R 为电阻的相对变化量． 若电阻仅有微

3. 调整读数显微镜， 直至视场中能看到右侧焊点． 记 录电桥电压 Ug 和右焊点位置的初值． 将滑动变阻 器调至适当位置， 打开开关． 逐个增加砝码， 每增 加一个砝码后， 等待示数稳定， 记录变化后的桥电 压和焊点位置

4. 取下砝码， 待 Ug 示数稳定后， 分别朝金属丝上的 两个焊接点哈气， 观察桥电压 Ug 的读数变化． 实 验结束后，对数据进行分析．

Ug = Us δ (8)

小变化，即 δ << 1，则(7)中的 δ/2 可略去，即

据此， 可通过测量桥电压间接测量金属丝电阻 R4

的微小变化， 进而得到 ∆d。具体而言， 我们可以利用

电阻定律(这里已经将金属丝视作圆柱体)：

Rs = ρ  (9)

图 2: 实验电路图

和以上泊松比的定义式联立，得到

∆Rs = ∆L (10) **4** 实验数据处理和误差分析

然后代入到(8)中，给出测量时使用的表达式：

Ug = (1 + 2µ)Rs U ∆L (11) **4.1** 基本物理量的测量

4(R4 + Rs )L 首先按照如图所示的方法， 测出所需要的各个长度

同样通过作图法的拟合求取斜率 b，得到 µ = 量：

2(R4 + Rs )Lb 1

Rs U − 2 ，即为泊松比的测量值。

**3.4** 实验步骤

1. 将待测金属丝置于铝支架上， 一端固定， 另一端

通过定滑轮与砝码盘连接。调平支架． 放置初始砝

码，以将金属丝拉直。

图 3: 长度测量

2. 按如图所示的方法连接电路， 其中 R1 = R2 = 实验首先测定了两焊接点之间的有效长度： L1 = R3 = 51.00Ω。用台式万用表监测 Ug 和分压 UAC ，91.50cm，螺母长度 L螺母 = 1.60cm，然后给出金属丝 UAC 应在 0.3 − 0.5V 范围， 调节变阻箱 R4 ，观察 总长度 L = L0 − L = 122.70cm

万用表， 当 |Ug | < 0.020mV 时， 可认为电桥平衡， 金属丝的伸长是均匀的， 实验中有效部分长度 L1 ，

记录平衡时电阻箱的阻值。 我们测得的长度变化却是 ∆L，于是我们要利用均匀伸

长关系  =  ，即可得到有效伸长量(以下实验

数据处理中， 将分别给出原始伸长量和处理后的有效伸 长量)。

实验同时测得： 实验室中电桥阻值 R1 = R2 = R3 = 51.0Ω，电桥达到平衡时， 电阻箱 R4 = 17.81Ω。 另外， 实验室还给出了金属丝直径 d = 0.2mm，和重力 加速度参考值 g = 9.795m/s2

表 1: 实验数据记录

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 砝码总质量 (g) | 伸长测量值 ∆L(mm) | 有效伸长量 ∆L1 (mm) | 电桥分压 U(V) | 万用表示数 Ug (V) |
| 0.00 | 0.000 | 0.000 | 0.3946 | 0.013 |
| 99.86 | 0.147 | 0.110 | 0.3946 | -0.008 |
| 199.78 | 0.357 | 0.266 | 0.3946 | -0.029 |
| 299.66 | 0.507 | 0.378 | 0.3946 | -0.051 |
| 400.12 | 0.757 | 0.564 | 0.3946 | -0.072 |
| 500.51 | 0.842 | 0.628 | 0.3946 | -0.099 |

然后，将这些数据拟合成图像：

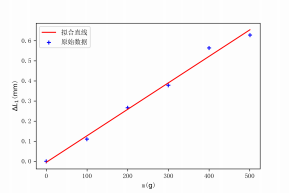


图 4: 杨氏模量拟合

杨氏模量线性拟合的表达式为：

∆L = 0.001317m − 0.0049

相关系数为 0.9952，线性关系良好。然后根据推导， 计

算出杨氏模量的测量值为：  = 2.19 × 1011 Pa

泊松比的线性拟合表达式为：

Ug = −0.1656∆L + 0.0127

相关系数为-0.9913，线性关系良好。然后根据推导， 计 算出泊松比的测量值为：  = 0.680

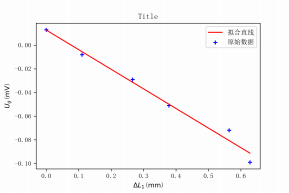


图 5: 泊松比拟合

**4.2** 呵气实验

取砝码质量为 500.51g 时，对两个焊接点分别呵气， 记录数据如下：

对左侧焊接点， 呵气前： Ug = −0.100mV，呵气后 Ug = −0.108mV ，示数(绝对值)增大，

对右侧焊接点， 呵气前： Ug = −0.108mV，呵气后 Ug = −0.102mV ，示数(绝对值)减小。

这是温差电效应的影响： 呵气使得两个触点温度不 同， 从而产生温差电压， 在非平衡电桥这种较为灵敏的 测量中， 温差造成的电压差异可能会产生较大影响， 因

此实验时要注意尽量避免靠近热源或冷源， 关闭门窗和 空调，以免温差造成测量误差。

**5** 实验讨论

本实验利用读数显微镜和非平衡电桥测量金属丝 的杨氏模量和泊松比。金属丝与导线之间通过焊锡连接，

可能存在较大的接触电阻， 使得测量不准确． 放置砝码 后若读数过早， 金属丝可能还没有完全拉伸， 造成误差。 此外， 焊点位置的测量可能存在较大偏差， 这和个人的 读数习惯也有关系。

另一方面， 本实验中， 金属丝的直径和砝码质量是 实验室给定的。若需要测量金属丝直径， 可利用螺旋测 微器直接测量，也可以利用劈尖干涉法 [2]．

参考文献

[1] 中国科学技术大学物理实验教学中心. 测量金属丝的杨氏模量及泊松比(实验讲义). Sept. 8, 2022. url:

http://pems .ustc .edu .cn/uploads/project/20220908/46927b87894a5fbf880d3103f27499aa .pdf (visited on 09/22/2022).

[2] 吴泳华, 霍剑青, and 浦其荣. 大学物理实验. 2nd ed. Vol. 第一册. 北京: 高等教育出版社, 2005, pp. 233–235. [3] 梁灿彬, 秦光戎, and 梁竹健. 普通物理学教程. 4th ed. Vol. 电磁学. 北京: 高等教育出版社, 2018, p. 123.