

大学物理实验报告

第一部分 (实验目的与原理)

学部(院) 电子信息学院 姓名 乔洪煜寒 学号 2028410073 专业 电科实验日期 2021.4.1 成绩 85

【实验名称】

杨氏模量的测量

【实验目的】

1. 用拉伸法测金属丝的杨氏模量。
2. 掌握光杠杆放大法测微小长度变化量的原理及其使用方法。
3. 学会逐差法处理数据。

【实验原理】

杨氏模量是描述固体材料抵抗形变能力的物理量,是沿纵向的弹性模量。

根据胡克定律,在物体的弹性限度内,物体的应变与其应力成正比,即 $\frac{F}{S} = E \frac{\Delta L}{L}$

则有: $E = \frac{FL}{S\Delta L}$

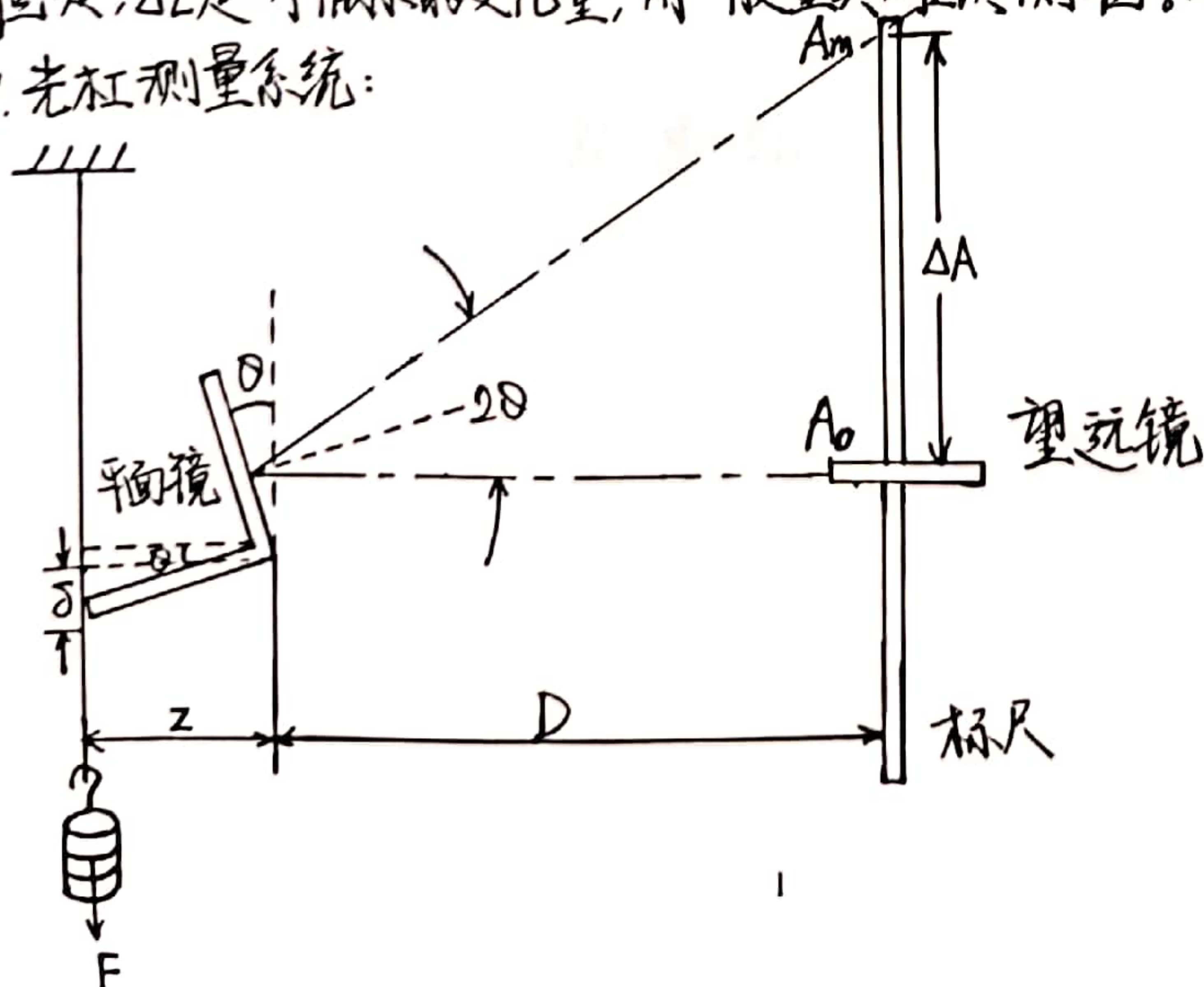
式中的比例系数 E 称为杨氏弹性模量(简称弹性模量)

要求 E , 则需求出 F 、 L 、 S 和 ΔL 。

外力 F 、金属丝原长 L 、截面积 $S = \pi d^2/4$ 均易测量。

但是, ΔL 是一个微小的变化量,用一般量具难以测准。故而本实验采用光杠杆法进行间接测量。

1. 光杠杆测量系统:



组成: 光杠杆反射镜、倾角调节架、标尺、望远镜

光杠杆放大原理:

当金属丝受力后,产生微小伸长,后足尖便随着测量端面一起作微小移动,并使得光杠杆绕前足尖转动一个微小角度,从而带动光杠杆反射镜转动相应的微小角度,这样标尺的像在光杠杆反射镜和调节反射镜之间反射,便把这一微小角位移放大成较大的线位移。则有:

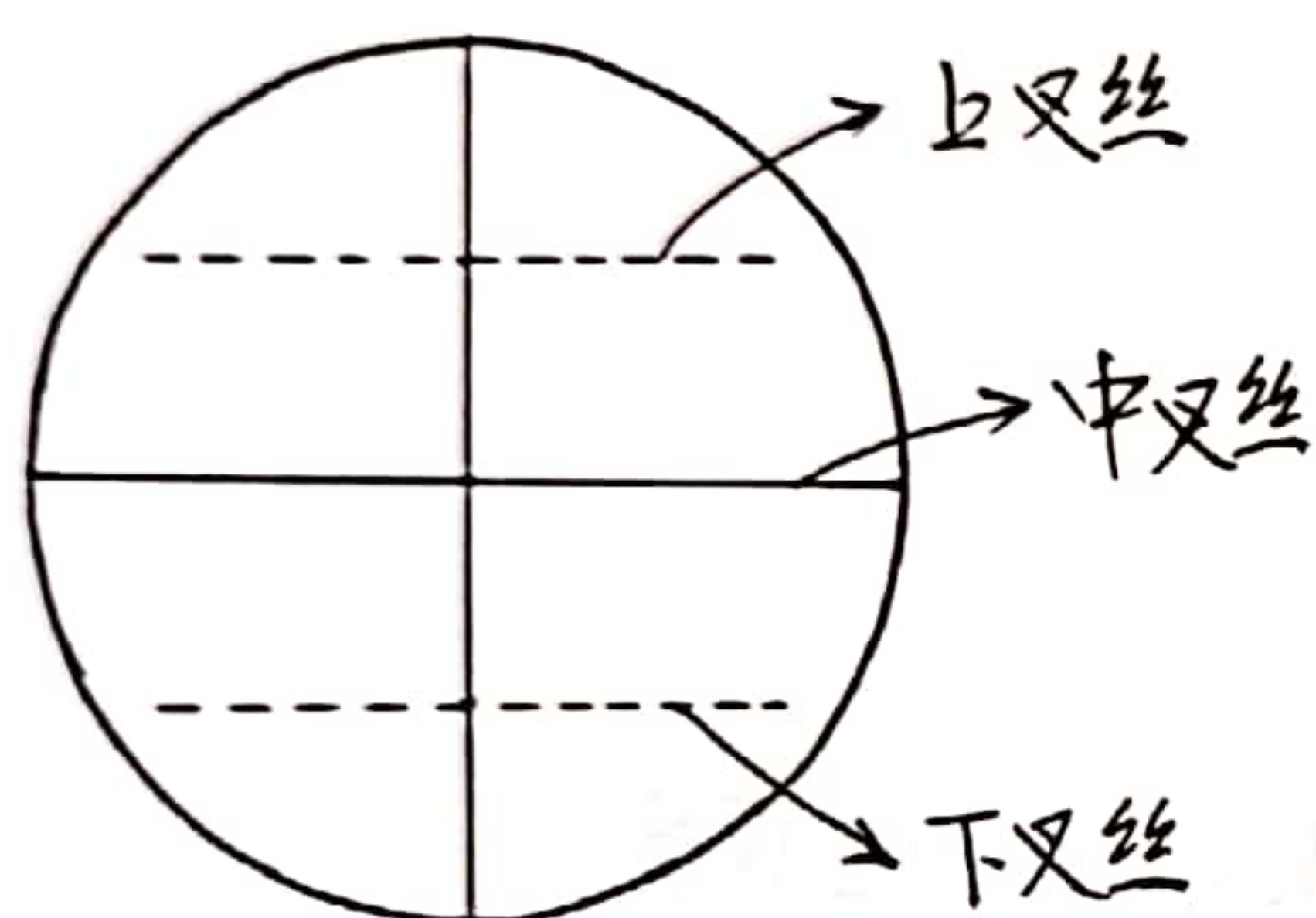
$$\begin{cases} \frac{\Delta A}{D} = \tan \alpha \\ \frac{\Delta L}{Z} = \tan \theta \end{cases} \Rightarrow \Delta L = \frac{\Delta A}{2D} Z. \quad \text{所以: } E = \frac{8mg\ell D}{\pi d^2 \Delta A Z}$$

2. D的测量方法:

传统的方法用米尺去直接测量,但这样做误差较大,现用长春第一光学仪器厂生产的尺读望远镜,

D的测量可用公式: $2D = |x_F - x_B| \times 100 \text{ (cm)}$

式中 x_B , x_F 分别为望远镜的上叉丝和下叉丝相应的读数,100是尺常数,由厂家设计所为。



【实验仪器】

杨氏模量测定仪、游标卡尺、米尺、光杠杆与尺读望远镜、螺旋测微计

50分度游标卡, 最小分度值: 0.02 mm

螺旋测微计, 最小分度值: 0.01 mm

钢卷尺, 最小分度值: 1 mm

大学物理实验报告

第二部分 (实验记录)

学部(院) 电子信息学院 姓名 乔洪煜寒 学号 2028410073 专业 电科

实验日期 2021.4.1 成绩 85

【原始实验数据及实验现象记录】

i	砝码/kg	增量过程A'/cm	减量过程A''/cm	平均 \bar{A} /cm
0	0.320	1.35	1.29	1.32
1	0.640	2.00	1.90	1.95
2	0.960	2.68	2.56	2.62
3	1.280	3.31	3.22	3.27
4	1.600	3.90	3.82	3.86
5	1.920	4.40	4.41	4.41
6	2.240	5.02	5.02	5.02

千分尺初始读数 $d_0 = -0.010\text{mm}$

d/mm
0.758
0.760
0.761
0.755
0.762

$$D = \frac{175}{\text{cm}}$$

$$L = \frac{39.60}{\text{cm}}$$

$$Z = \frac{86.78}{\text{mm}}$$

大学物理实验报告

第三部分（实验方法与结果讨论）

学部（院）电子信息学院 姓名乔洪煜寒 学号2028410073 专业电科

实验日期_____ 成绩_____

【实验方法及步骤】

系统调整：

- ① 使仪器架垂直地面，加初始砝码将线材拉直。
- ② 调整光杠杆平面镜使镜面垂直于平台。
- ③ 调节望远镜筒水平且与平面镜等高。
- ④ 用眼睛沿望远镜上侧缺口，准星瞄准平面镜，并适当左右移动望远镜，直到在平面镜中央能看到标尺的像，此时望远镜——光杠杆小镜——标尺三者成物——镜——像入射与反射关系。
- ⑤ 稍微调整目镜，使其出现清晰叉丝。调物镜聚焦旋钮以出现标尺像。
- ⑥ 微调平面镜的倾斜度和望远镜筒高度旋钮，使标尺0刻度线处于中叉丝附近。

望远镜读数：

- ① 读出望远镜中上叉丝和下叉丝的读数，求出 D
- ② 读出 A_i 的数据组。逐个加砝码读出相应 A_i' ，再逐个减砝码读出 A_i''

具体步骤描述：

- (1) 调节光杠杆镜位置
- (2) 望远镜调节
- (3) 观测伸长变化
- (4) 测量光杠杆镜前后脚距离 z
- (5) 测量钢丝直径 d
- (6) 测量钢丝原长 L

【实验数据处理及实验结果】

(1) 钢丝直径 d

$$A \text{ 类: } S_{\bar{d}} = \sqrt{\frac{\sum (d_i - \bar{d})^2}{n(n-1)}} = 1.24 \times 10^{-3} \text{ mm}$$

$$B \text{ 类: } \sigma_d = \frac{\Delta d_{\text{仪}}}{\sqrt{3}} = \frac{0.004 \text{ mm}}{\sqrt{3}} = 2.31 \times 10^{-3} \text{ mm}$$

$$U_{C,d} = \sqrt{S_{\bar{d}}^2 + \sigma_d^2} = 2.62 \times 10^{-3} \text{ mm}$$

(2) 拉伸长度 ΔA

$$\Delta A_1 = A_1 - A_0, \Delta A_2 = A_2 - A_1, \Delta A_3 = A_3 - A_2, \Delta A_4 = A_4 - A_3, \Delta A_5 = A_5 - A_4$$

$$\Delta \bar{A} = \frac{1}{4} [(\Delta A_5 - \Delta A_2) + (\Delta A_4 - \Delta A_1) + (\Delta A_3 - \Delta A_0)]$$

$$A \text{ 类: } S_{\Delta \bar{A}} = \sqrt{\frac{\sum (\Delta A_i - \Delta \bar{A})^2}{5 \times (5-1)}} = 1.22 \times 10^{-9} \text{ cm}$$

$$B \text{ 类: } \sigma_{\Delta A} = \frac{\Delta \Delta A_{\text{仪}}}{\sqrt{3}} = \frac{0.1}{\sqrt{3}} \text{ cm} = 0.0577 \text{ cm}$$

$$U_{C,\Delta A} = \sqrt{S_{\Delta \bar{A}}^2 + \sigma_{\Delta A}^2} = 0.0577 \text{ cm}$$

(3) 金属丝长度 L 、平面镜到标尺的距离 D 、光杠杆前后足距离 Z 都只测一次，只有 B 类不确定度

$$U_{C,L} = \frac{\Delta L_{\text{仪}}}{\sqrt{3}} = \frac{0.3 \text{ mm}}{\sqrt{3}} = 0.173 \text{ mm}$$

$$U_{C,D} = \frac{\Delta D_{\text{仪}}}{\sqrt{3}} = \frac{0.10 \text{ mm}}{\sqrt{3}} = 0.0577 \text{ mm}$$

$$U_{C,Z} = \frac{\Delta Z_{\text{仪}}}{\sqrt{3}} = \frac{0.02 \text{ mm}}{\sqrt{3}} = 0.0115 \text{ mm}$$

综上所述，得

$$\frac{U(E)}{E} = \sqrt{\left(\frac{U_{C,L}}{L}\right)^2 + \left(\frac{U_{C,D}}{D}\right)^2 + \left(\frac{U_{C,Z}}{Z}\right)^2 + \left(\frac{2U_{C,d}}{d}\right)^2 + \left(\frac{U_{C,\Delta A}}{\Delta A}\right)^2} = 0.011$$

$$U(E) = 4 \times 10^9 \text{ N/m}^2$$

$$E = \bar{E} \pm U(E) = (3.227 \times 10^{11} \pm 4.000 \times 10^9) \text{ (N/m}^2\text{)}$$

【问题讨论】

1. 用逐差法处理数据有什么好处？

答：充分利用了测量数据，又保持了多次测量的优点，减少了测量误差

2. 在测量钢丝的伸长量时，先是逐步增重，然后又逐步减重，最后求 \bar{A} ，为什么？

答：鉴于金属受外力时存在着弹性滞后效应，即钢丝受到拉伸力作用时，并不能立即伸长到应有的长度，同样，当钢丝受到的拉伸力减小时，也不能马上缩短到应有的长度。因此，为了消除弹性滞后效应引起的系统误差，测量中应包括增加拉伸力以及对应地减少拉伸力这一对称测量过程，因为只要将相应的增、减测量值取平均，就可以消除滞后量的影响。