

大学物理实验《用拉伸法测金属丝的杨氏弹性模量》

各位读友大家好，此文档由网络收集而来，欢迎您下载，谢谢

篇一：大学物理设计性实验用拉伸法测定金属丝的杨氏弹性模量

用拉伸法测定金属丝的杨氏弹性模量误差分析

一、引入

杨氏弹性是描述固体材料抵抗形变的能力的物理量，它与固体材料的几何尺寸无关，与外力大小无关，只决定于金属材料的性质，它的国际单位为：牛/米² (N/m²)，它是表征固体材料性质的重要物理量，是选择固体材料的依据之一，是工程技术中常用的参数。杨氏弹性模量测量的常用方法：

1、万能试验机法：在万能试验机上做拉伸或压缩试验，自动记录应力和应

变的关系图线，从而计算出杨氏弹性模量。

2、静态拉伸法（本实验采用此法），它适用于有较大形变的固体和常温下的测量，它的缺点是：①因为载荷大，加载速度慢，含有弛豫过程。所以它不能很真实地反映出材料内部结构的变化。②对脆性材料不能用拉伸法测量；③不能测量材料在不同温度下的杨氏弹性模量。

3、动态悬挂法：将试样（圆棒或矩形棒）用两根线悬挂起来并激发它作横向振动。在一定条件下，试样振动的固有频率取决于它的几何形状、尺寸、质量以及它的杨氏弹性模量，如果我们在实验中测出了试样在不同温度下的固有频率，就可以算出试样在不同温度下的杨氏弹性模量。此法克服了静态拉伸法的缺点，具有实用价值，是国家标准规定的一种测量方法。

本实验学会用拉伸法测定金属丝的杨氏弹性模量。

二、实验原理

1、弹性形变：物体在外力作用下都要或多或少地发生形变。当形变不超过某一限度时，撤走外力之后，形变能随之消失。这种形变称为弹性形变。

2、弹性形变类型：对固体来说，弹性形变可分为四种：①伸长或压缩的形变（应变）；②切向形变（切变）；③扭转形变（扭变）；④弯曲形变。

3、基本原理（胡克定律）：一根粗细均匀的金属丝，长度为 L ，截面积为 S ，将其上端固定，下端悬挂砝码，于是，金属丝受外力 F 作用而发生形变，伸长了 ΔL ，比值 F/S 是金属丝单位面积上的作用力，称为胁强（正应力）；比值 $\Delta L/L$ 是金属丝的相对伸长，称为胁变（线应变）。根据虎克定律，金属丝在弹性限度内，它的胁强与胁变成正比，即 $F/\Delta L = 4FL/\pi D^2L = E \Delta L$ 即 $E = 2S/\pi D^2$

式中比例系数 E 就是杨氏弹性模量， D 为钢丝直径。

4、由于伸长量 ΔL 的值很小，用一

般量具不易测准。本实验采用光杠杆望远镜尺组进行放大测量（简称光杠杆放大法）。逐差法处理数据有能充分利用测量数据，减小误差。同时还可以绕过一些具有定值的未知量，而求出所需的实验结果的好处。用逐差法处理数据的应用条件：自变量等间距变化，且与因变量之间的函数关系为线性关系。

1 弹性限度之内—胡克定律；2?很小—光杠杆放 5、本实验中必须满足以下的实验条件：○○

3d 一般取—的低碳钢丝为宜—钢丝直径 d 大原理推导过程所用的近似条件；○

4 要求钢丝粗细均匀，不能有锈蚀，如果太粗，则因伸长量过小，引起?n 测量困难；○

如果钢丝过细，则易超过弹性限度发生剩余形变和增大直径 d 的相对误差。

三、实验中注意：实验测量中，发现增荷和减荷时读数相关差较大，当荷重按比例增加时，?n 不按比例增加，应

找出原因，重新测量。这种情况可能发生的原因有：

1、 金属丝不直，初始砝码太轻，没有把金属丝完全拉直。

2、 杨氏弹性模量仪支柱不垂直，使金属丝下端的夹头不能在金属框内上下自由滑动，摩擦阻力太大。

1

3、 加减砝码时动作不够平衡，导致光杠杆足尖发生移动。

4、 上下夹头未夹紧，在增荷时发生金属下滑。

5、 实验过程中地板、实验桌振动或者某种原因碰动仪器，使读数发生变化。

6、 金属丝锈蚀、粗细不匀或所加荷重已超过金属丝弹性限度发生剩余形变等。

四、误差分析

本实验中， d 和 n 的测量误差对结果影响最大，两者均应进行多次测量。

1、 镜尺之间的距离 D ，从放大倍数

考虑似乎 D 越大越好，但从误差均分原则考虑， D 不需要过大，一般取为宜。用钢卷尺测量时，应尽可能把尺放水平。只要倾角小于 5° ， D 就不会超过 1cm ，这对初学者是容易办到的。

2、光杠杆前后足连线的垂直距离 b ，大约为 7cm 左右，要仔细测量。一般将光杠杆取下，在平整的纸上按下三足的印迹，然后用削尖的铅笔和直尺作垂线，用钢皮尺测量。只要保证印迹尽可能小，且仔细测量，使 Δb 控制在以内是可能的。

3、对应 Δn 的荷重变化量 F ，是 8 块砝码的质量，每块砝码质量为 1kg ，经物理天平校正其误差 $\Delta m \approx 1\text{g}$ ，重力加速度 g 的误差可以和 Δ 一样处理，即在计算时多取一位有效数字，使 $\Delta g/g$ 成为微小误差——较其它误差小一个数量级，这样就可能忽略不计。但应注意，实验过程中砝码常有生锈现象和跌落损伤等，因此要定期校验。

4、钢丝直径 d 如果太粗，则因伸长量过小，引起 Δn 测量困难；如果钢丝过

细，则易超过弹性限度发生剩余形变和增大直径 d 的相对误差。所以一般选用一的低碳钢丝为宜。要求钢丝粗细均匀，不能有锈蚀。用螺旋测微计在上、中、下不同部位相互垂直的方向各测一次，取平均值。只要钢丝粗细均匀和测量得当，相对误差可小于1%。

5、荷重变化时望远镜中读数的变化值 Δn ，因各人操作技巧的不同而有较大差别，因此要采用多次测量，并用逐差法处理数据。

由以上误差讨论可知， d 和 Δn 的测量误差对本实验原结果影响最大。以上讨论，没有涉及诸如公式近似、钢丝范性形变等引入的附加系统误差。

五、 数据据处理强调

a) 要用逐差法计算 Δn

实验中每次在金属丝下端增中一个砝码（1kg），记录望远镜中的标尺读数 n_i 增（ $i=1,2,3,?8$ ），然后再每次减去一个砝码，记录望远镜中的标尺读数 n_i 减（ $i=1,2,3,?8$ ），取两者的平均 $n_i=(n_i \text{ 增}+n_i$

减)/2 用逐差法求 \bar{x} 如下:

$$\bar{x} = \frac{1}{4} [(x_5 - x_1) + (x_6 - x_2) + (x_7 - x_3) + (x_8 - x_4)]$$
 这样做既充分利用了 4 次

测量数据, 又保持了多次测量的优点, 减小了测量误差。如果简单地计算每增加 1 个砝码标尺读数变化的平均值:

$$\bar{x} = \frac{1}{7} [(x_8 - x_7) + (x_7 - x_6) + (x_6 - x_5) + (x_5 - x_4) + (x_4 - x_3) + (x_3 - x_2) + (x_2 - x_1)]$$

2

结果只有头尾两个数据有用, 中间数据则相互抵消。这样处理数据与一次加 8 个砝码的单次测量是一样的。

b) 注意单位的统一 在利用公式 $E = \frac{8mgLD}{\Delta l}$ 计算杨氏弹性模量 E 时, 应把所有物理量的单位均化成

2 国际单位, 此时计算出来 E 的单位为国际单位: N/m 。

c) 如本实验不用逐差法, 可用作图法处理数据: 把 $E = \frac{8mgLD}{\Delta l}$ 改写成:

$$\Delta l = \frac{8LD}{E} F = KF$$

8LD

由此式作 $\Delta L/F$ 图线，应得一直线。从图线中计算出直线的斜率 K ，再由 K

即可计算出 E 。

3

篇二：大学物理实验 用拉伸法测金属丝的杨氏模量

用拉伸法测金属丝的杨氏模量

材料在外力作用下产生形变，其应力与应变的比值叫做弹性模量，它是反映材料抵抗形变能力的物理量，杨氏模量是固体材料的纵向弹性模量，是选择机械构件的依据之一，也是工程技术中研究材料性质的常用参数。测定弹性模量的方法很多，如拉伸法、振动法、弯曲法、光干涉法等，本实验采用拉伸法测定金属丝的杨氏弹性模量，研究拉伸正应力与应变之间的关系。

本实验所涉及的微小长度变化量的测量方法??光杠杆法，其原理广泛应用在许多测量技术中。光杠杆装置还被许

多高灵敏的测量仪器（如冲击电流计和光电检流计等）所采用。实验目的

1. 掌握用拉伸法测金属丝的杨氏模量及进一步熟悉千分尺、望远镜的使用。
2. 学会用光杠杆测微小长度的变化量。
3. 学会用逐差法处理实验数据。

实验仪器

杨氏模量测定仪、尺读望远镜、千分尺、游标卡尺、钢卷尺、标尺、砝码若干。实验原理

物体在外力作用下或多或少都要发生形变，当形变不超过某一限度时，撤走外力之后形变能随之消失，这种形变叫弹性形变，发生弹性形变时物体内部将产生恢复原状的内应力。

设有一截面为 S ，长度为 L_0 的均匀棒状（或线状）材料，受拉力 F 拉伸时，伸长了 ΔL ，

$F\Delta L$

其单位面积截面所受到的拉力称为正应力，而单位长度的伸长量称为应变。根据胡

LS

克定律，在弹性形变范围内，柱状（或线状）固体正应力与它所受的应变成正比：

$$\sigma = E \epsilon$$

其比例系数 E 取决于固体材料的性质，反应了材料形变和内应力之间的关系，称为杨氏弹性模量。其单位为 N/m^2 ，是表征材料抗应变能力的一个物理量。柱状体受外力作用时的形变量 ΔL ，柱状体的长度 L ，截面积 S ，作用力 F ，满足胡克定律：

$$E = \frac{FL}{S \Delta L}$$

2

FL

$S \Delta L$

(1)

图 1

1、反射镜 2、与钢丝相连的夹套
组件 3、中托板 4、标尺 5、望远镜

由于一般 ΔL 很小，常采用光杠杆放大法进行测量，图 1 为其原理图。

初始时，镜面 M 的法线正好是水平的，假设是理想状态， n_0 是反射镜 M 的法线。当金属丝伸长 ΔL ，光杠杆镜架后尖脚随金属丝下落 ΔL ，带动 M 转一 θ 角，镜面至 n ，法线也转过一定角度。根据光的反射定律， on_0 和 on 的夹角为 2θ 。

如果反射镜面到标尺的距离为 D ，后尖脚到前两脚间连线的垂直距离为 b ，则有：

$$\tan \theta = \frac{\Delta L}{b}$$

由于 θ 很小，所以有：

$$\theta \approx \frac{\Delta L}{b}$$

$$\tan 2\theta \approx 2\theta$$

$$n - n_0 = \frac{D}{b} \Delta L$$

$$D$$

$$\Delta L$$

消去 ΔL ，得：

$$\frac{\Delta L}{b} = \frac{D}{b} \Delta L$$

$$2\theta = \frac{D}{b} \Delta L$$

$$n - n_0 = \frac{D}{b} \Delta L$$

$$D$$

$$\Delta L$$

式中， n_0 。

n_0/b

$2D$

b

$n(2) = 2D$

由于伸长量 ΔL 是难测的微小长度，但当取 D 远大于 b 后，经光杠杆转换后的量 n 却是较大的量， $2D/b$ 决定了光杠杆的放大倍数。这就是光杠杆的放大原理，它已被应用在很多精密测量仪器中。

将式 (2) 代入式 (1) 得：

E

$FL = \frac{8FD}{d^2b}n$

(3) $S = L = \frac{8FD}{d^2b}n$

本实验使钢丝伸长的力 F 是砝码作用在钢丝上的重力 mg ，因此，杨氏弹性模量的测量公式为：

$E = \frac{8mgLD}{d^2b}n$ (4)

n

式中， n 与 m 有对应关系，如果 m 是 1 个砝码的质量， n 应是荷重增（或减）1 个砝码所引起的光标偏移量；如

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/975124321331011143>