

# 拉伸法测定金属丝的杨氏模量

## 【实验目的】

1. 掌握用拉伸法测量金属丝杨氏模量的方法。
2. 学习读数显微镜配以 CCD 成像系统测量微小伸长量。
3. 学会用逐差法处理数据。

## 【实验原理】

设一根金属丝的截面积为  $S$ ，原长为  $L$ ，沿其长度方向加一拉力  $F$  后，金属丝的伸长量为  $\Delta L$ 。根据胡克定律，在弹性形变范围内，单位面积上的作用力（应力） $F/S$  与相对变形量  $\Delta L/L$ （称应变）成正比，于是有：

$$\frac{F}{S} = E \frac{\Delta L}{L} \quad (1)$$

式中的比例系数  $E$  称为该材料的杨氏模量。金属丝的截面积为  $S = \frac{\pi d^2}{4}$ ， $d$  为钢丝的直径。

因此

$$E = \frac{FL}{S\Delta L} = \frac{4FL}{\pi d^2 \Delta L} \quad (2)$$

式中  $\Delta L$  是一个很小的长度变化，可用读数显微镜配 CCD（Charge Couple Device）成像系统直接测量，把原来从显微镜中看到的图象通过 CCD 呈现监视器的屏幕上，便于观测。

与杨氏模量相关的物理量可用待测金属丝在静态拉伸实验中测得，主要是  $\Delta L$  的测量。如图 1 所示，在悬垂的金属丝下端连着十字叉丝板和砝码盘，当盘中加上质量为  $M$  的砝码时，金属丝受力增加了  $F = Mg$ ，十字叉丝随着金属丝的伸长同样下降  $\Delta L$ 。而叉丝板通过显微镜的物镜成像在分划板上，再被目镜放大，所以能够用眼睛通过显微镜对  $\Delta L$  做直接测量。

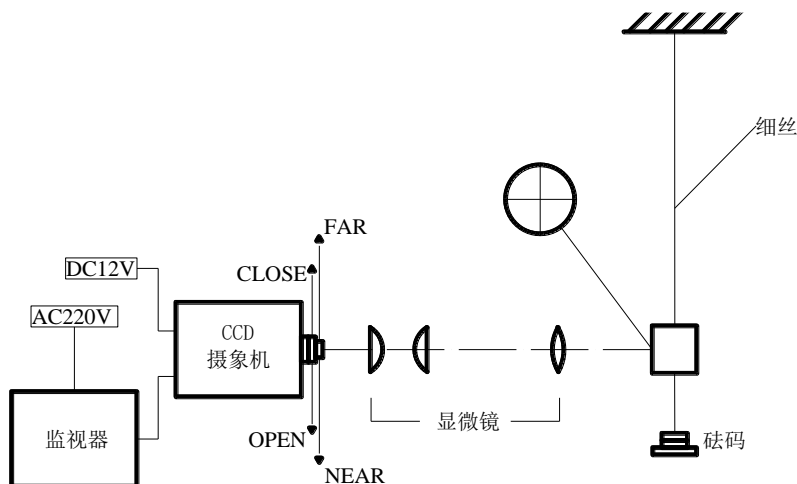


图 1

## 【实验仪器】

LY-1 型 CCD 杨氏模量测量仪各器件都在同一个底座上底座可用螺旋底脚调平。在两根立柱之

间安装上下两个横梁。金属丝一端被上梁侧面的一付夹板夹牢，另一端用小夹板夹在连接方框上，方框下旋进一个螺钉吊起砝码盘，框子的侧面固定一个十字叉丝板，下梁一侧有连接框的防摆动装置，只需将 2 个螺丝调到适当位置，就能够限制增减砝码引起的连接框的扭转和摆动。立柱旁设砝码架，附 200g 砝码 9 个，100g 砝码 1 个，可按需要组成 200 g、400 g、600g……等不同序列进行等间隔测量。

显微镜参数

物镜 放大倍数	目镜 放大倍数	显微镜 放大倍数	工作距离 mm	分划板格值 mm	有效测量范围 mm
1	14	14	76	0.05	3

CCD 黑白摄像机参数

传输制式	有效像素	水平分辨率	摄像镜头 mm	供电电压	电源功耗	直流电源 V
PAL	752(H)×582(V)	520 线	$f=12$	DC12V(9~12V)	350mA, 4.2W(MAX)	12

【实验内容】

1. 支架的调节，调节底脚螺丝，使仪器底座水平。
2. 读数显微镜的调节。将装有显微镜的磁性座紧靠定位板直边；按显微镜工作距离大致确定物镜与被测十字叉丝屏的距离之后，用眼睛对准镜筒，转动目镜，对分划板调焦，然后沿定位板微移磁性座，在分划板上找到十字叉丝像，经磁性座升降微调，使微尺分划板的零线（或 0-1mm 之间的其他位置）对准十字叉丝的横线，并微调目镜，尽量消除视差，最后锁住磁性底座。（判断无视差的方法是当左右或上下稍微改变视线方向时，两个像之间没有相对移动，这是读数显微镜已调节好的标志。只有无视差的调焦，才能保证测量精度。）
3. CCD 摄像机的调节。镜头对准显微镜，与目镜相距约 1cm。适当调节摄像头聚焦，顺时针方向为远（FAR），逆时针方向为近（NEAR），以便获得清晰图像。
4. 观测金属丝伸缩变化。记下待测细丝下的砝码盘未加砝码时监视屏上显示的毫米尺在十字叉丝横丝上的读数  $l_0$ ，以后在砝码盘上每增加一个  $M = 200\text{g}$  的砝码，从屏上读取一次数据  $l_i (i = 1, 2, \cdots, 8)$ 。然后逐一减掉砝码，又从屏上读取  $l_1', l_2', \cdots, l_8'$  一组数据，两组数据逐一取

平均，得  $\overline{l_i'} = \frac{l_i + l_i'}{2}$ 。

5. 用直尺测量金属丝长度  $L$ ；用外径千分尺测量金属丝直径  $d$ （测 10 次），注意记下外径千分尺的零读数。
6. 用逐差法对  $\overline{l_i} (i=1,2,\cdots,8)$  进行处理，计算  $\overline{\Delta L}$  及  $E$  的值

$$\overline{\Delta L} = \frac{(\overline{l_5} - \overline{l_1}) + (\overline{l_6} - \overline{l_2}) + (\overline{l_7} - \overline{l_3}) + (\overline{l_8} - \overline{l_4})}{4 \times 4}$$

由公式（2）及  $F=Mg$  ( $\Delta M$  为砝码质量，由于采用逐差法，此处  $\Delta M = 200\text{g}$ ， $S = \frac{1}{4}\pi d^2$ ，可得：

$$E = \frac{4\Delta MgL}{\pi d^2 \Delta L}$$

### 【实验数据】

表 1 金属丝的程度和直径测量

长度 $L/m$			直径 $d/mm$		
1	2	3	1	2	3
长度平均值 $\bar{L}/m$			直径平均值 $\bar{d}/mm$		

表 2 受力后金属丝伸长量测量

长度位置 砝码 $m/g$	$l_i / mm$	$l'_i / mm$	$\bar{l}_i / mm$	逐差法计算 $\Delta L$
200				$\bar{l}_5 - \bar{l}_1 = \underline{\hspace{2cm}} mm$ $\bar{l}_6 - \bar{l}_2 = \underline{\hspace{2cm}} mm$ $\bar{l}_7 - \bar{l}_3 = \underline{\hspace{2cm}} mm$ $\bar{l}_8 - \bar{l}_4 = \underline{\hspace{2cm}} mm$ $\Delta L = \underline{\hspace{2cm}} mm$
400				
600				
800				
1000				
1200				
1400				
1600				

### 【注意事项】

1. CCD 器件不可正对太阳、激光或其他强光源；避免 CCD 过热，还要注意保护镜头，防潮、防尘、防污染。
2. 监视器屏幕无自动保护功能，应避免长时间高亮度工作，屏幕也应避免各种污染。
3. 钼丝或其他待测金属丝都必须保持直线形态。测直径时要特别谨慎，避免由于扭转、拉扯、牵挂导致细丝折弯变形。
4. 完成实验后及时关闭仪器，整理台面。