切变模量的测量

(相关教材:第一册第5章,实验5.1.2)

**一、实验目的**

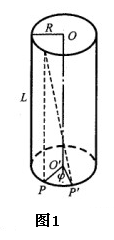
1、了解扭摆的特色和用途。

2、学习扭摆测量金属丝切变模量的原理。

3、 学习尽量避免直接测量较难测准的物理量,从而提高实验精度的设计思想。

**二、实验仪器**

扭摆(已装好待测钢丝)、 圆环、千分尺、游标卡尺、卷尺、电子天平、电子计时器.

**三、实验原理**

实验对象是一根上下均匀而细长的钢丝，几何上说是一个细长的圆柱体（图1）。使其下端面发生扭转。扭转力矩使圆柱体各截面小体积元发生切应变。在弹性限度内，切应变正比于切应力，

 （1）

比例系数*G*即为材料的切变模量。

本实验用扭摆法测量钢丝的切变模量

钢丝的扭转常数, （2）

钢丝的切变模量. (3)

*m*为圆环质量，和分别为圆环内外径，和分别为未放上圆环和放上圆环的周期，*l*为钢丝长度，*R*为钢丝的半径。

**四、实验内容**

1、用千分尺测量钢丝直径。在钢丝的不同部位测量，测3次取平均值。

2、用游标卡尺测圆环的内、外直径，用米尺测钢丝的有效长度,测3次取平均值。

3、测量横梁的转动周期。旋转上端小圆盘，使横梁绕竖直轴转动。尽量避免有非切向的力使扭摆晃动。10个周期记一次时间*t*0，即*t*0=10 *T*0, 测3次取平均值。

4、把圆环放置于横梁上，重复第4步测转动周期*t*1。

5、计算钢丝的扭转常数*D*和切变模量*G*。其中，扭转常数的单位是N.m/rad,切变模量的以GPa为单位，1GPa=109Pa。

**误差分析**

根据公式(3)可以得到切变模量*G*的相对最大不确定度为(计算方法参见教材第一册教材2.1节，第36-40页):



各待测量的不确定度如下:Δ*m*=0. 1g(电子天平最大允差)，Δ*l*=1mm（卷尺最大允差），Δ*t*=1μs（电子计时器最大允差），Δ*r*内=Δ*r*外=0.01mm（游标卡尺的最大允差为0.02mm），Δ*R*=0.002mm（千分尺的最大允差为0.004mm）.当测量*n*个周期时，。据此计算:

当*n*=10时,Δ*G*/*G*等于多少？通过具体数字说明,本实验的主要误差来源于哪里?

**思考题**

切变模量和杨氏模量同为表征物体力学性质的弹性常数,它们的物理意义有什么不同?

**注意事项**

1. 避免有非切向的力使圆盘晃动。
2. 使用游标卡尺和千分尺时，注意记录零点误差。

表1 切变模量测量数据表

千分尺零点误差: mm 游标卡尺零点误差: mm

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 测量次数  待测参数 | **1** | **2** | **3** | **平均值** |
| 钢丝直径*d*/mm |  |  |  |  |
| 钢丝长度*l*/mm |  |  |  |  |
| 圆环内径*D*内/mm |  |  |  |  |
| 圆环外径*D*外/mm |  |  |  |  |
| 圆环质量 *m*/g |  | |  | |
| 10个周期 *t*0/s |  |  |  |  |
| 10个周期 *t*1/s |  |  |  |  |

表2 各待测量的值

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| *R*=*d*/2  /mm | *r*内=*D*内/2  /mm | *r*外= *D*外/2  /mm | *T*0= *t*0/10  /s | *T*1= *t*1/10  /s |
|  |  |  |  |  |

**千分尺的读数及零点误差**

千分尺使用时注意其零点误差:

**待测对象尺寸=读数*L*-零点误差*L*0**

本实验用千分尺带有游标,其分辨率为0.001mm.读数=固定套筒+微分筒+游标,而套筒最小分度值为0.5mm,微分筒最小分度值为0.01mm,游标为0.001mm.

**读数*L*=0.5×k+0.01×m+0.001×n**

m为游标零刻线在微分筒上的位置，n为游标与微分筒对齐位置。

如下图: k=1,m=9,n=5, 则读数*L*=0.5+0.09+0.005=0.595mm



如零点误差*L*0为正值,可直接读数,方法同上. 如零点误差为负值,可用以下方法读数,零误差*L*0= -0.5 + *L*00,*L*00读数方法同上,如图,*L*00=0.483mm,零误差*L*0=-0.5+0.483mm=-0.017mm.



负值的零误差也可采用”倒过来读数”,即如图,k=0,m=48,n=3,如果倒过去读,则相当于m=1,n=7,零误差*L***0=-0.017mm**.

在你开始测量钢丝直径前,先熟练千分尺的读数及零点误差.