



用霍尔位置传感器测量杨氏模量

物理实验中心
理学院

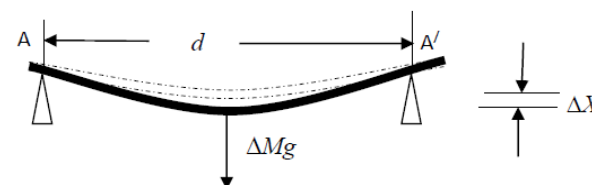
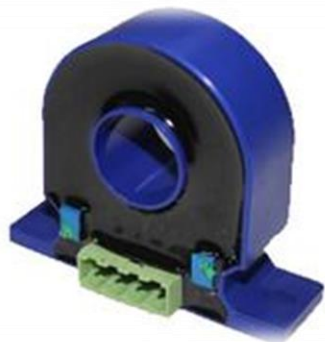
实验目的



1.了解霍尔位置传感器的原理和工作方法

2.学习用霍尔位置传感器测微小位移的方法

3.掌握用横梁弯曲法测定材料的杨氏模量



杨氏模量，由托马斯杨于1807年提出，是沿纵向的弹性模量，属于材料力学名词。1807年因物理学家托马斯·杨(Thomas Young, 1773-1829)所得到的结果而命名。

根据**胡克定律**，在物体的弹性限度内，应力与应变成正比，比值被称为材料的杨氏模量，它是表征材料性质的一个物理量。

杨氏弹性模量是选定机械零件材料的依据之一，是工程技术设计中常用的参数。杨氏模量的测定对研究金属材料、光纤材料、半导体、纳米材料、聚合物、陶瓷、橡胶等各种材料的力学性质有着重要意义，还可用于机械零部件设计、生物力学、地质等领域。

测量杨氏模量的方法一般有**拉伸法**、**梁弯曲法**、**振动法**、**内耗法等**，还出现了利用光纤位移传感器、莫尔条纹、电涡流传感器和波动传递技术（微波或超声波）等实验技术和方法测量杨氏模量。

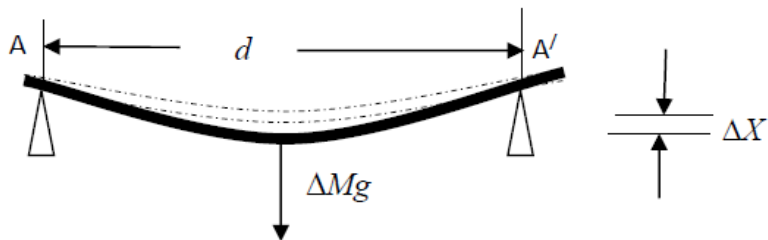
霍尔位置传感器是一种重要的电磁传感器，有线性和非线性霍尔传感器等多种分类。广泛应用于汽车、工业控制等领域。

1. 杨氏模量

杨氏模量是物体所受应力与应变的比值：

$$E = \frac{F/A}{\Delta L/L}$$

2. 横梁弯曲法测杨氏模量



$$\Delta X = \frac{\Delta M g d^3}{4 a^3 b E}$$

$$E = \frac{\Delta M g d^3}{4 a^3 b \Delta X}$$

A为梁的厚度；b为梁的宽度；d可视为梁的长度

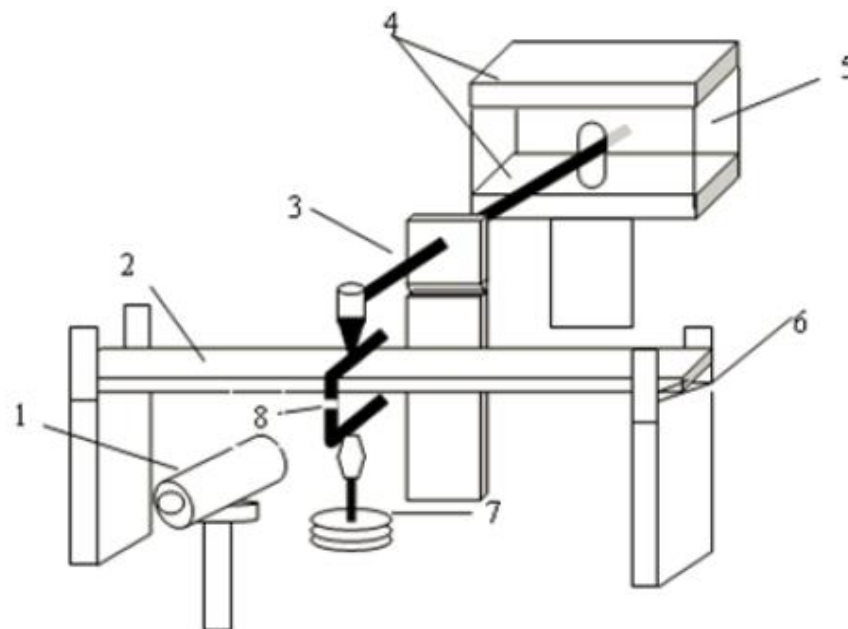
3.霍尔位移传感器原理

由霍尔效应： $U_H = K_H \bullet I_S B$

可知，当 I_S 恒定， $U_H \propto B(x)$

因此：**霍尔元件在磁场中移动时，其输出的 U_H 的变化反映了霍尔元件的位移量 Δx 。**

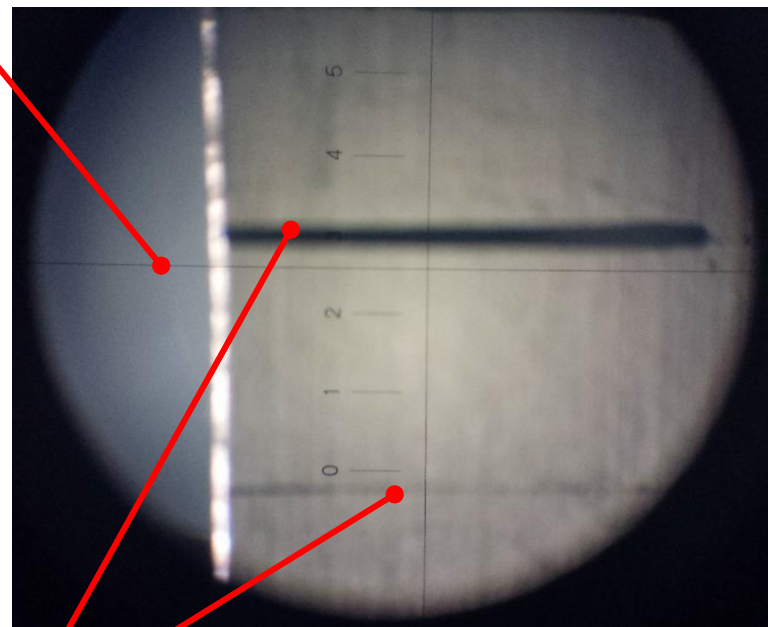
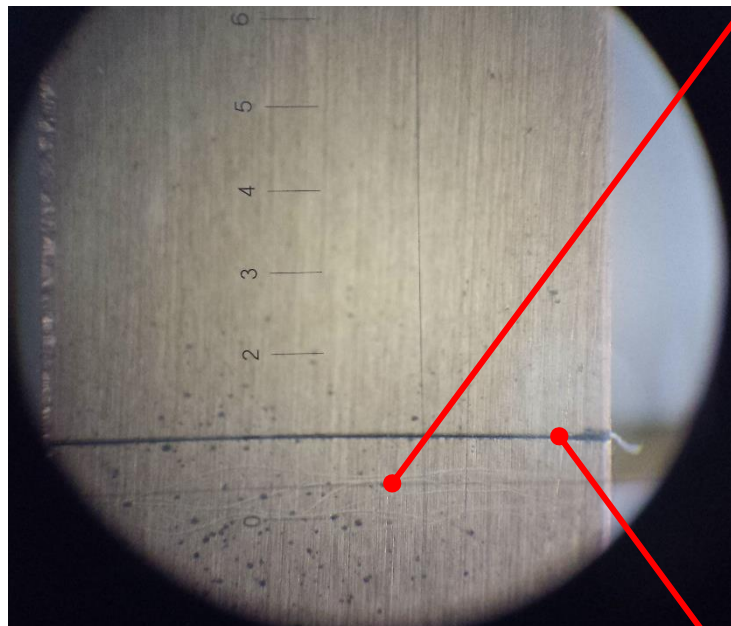
霍尔元件灵敏度高，其检测位移量程较小，适合微小位移及机械振动的测量，还可应用到压力、压差、加速度的测量。



1.读数显微镜；2.横梁；3.杠杆(顶端贴有**霍尔传感器**)；
4.磁铁；5.有机玻璃盒(内装磁铁)；6.刀口；7.砝码；8.铜刀口上刻度线

注意实验需在弹性限度内完成，测量时砝码应处于静止状态

水平可移动叉丝——位于**读数显微镜**



读数标志线——位于**铜刀口侧面**

读数：分划板主尺读数(mm)+微动鼓轮读数(0.01mm)

1.调目镜 2.调节铜刀口 3.调物镜 4.调显微镜角度/高度

实验内容及步骤



1. 调节仪器，连接线路

2. **标定霍尔传感器。**选定一种材料，测量不同质量砝码所对应的位置 X (读数显微镜的读数)，同时读取传感器信号输出电压 U ，按下表测量6组数据并记录。

表 3. 23. 1 定标测量数据记录表

M/g	20	40	60	80	100	120	Δ	k
X_i/mm								
V_i/mv								

3. **测量另一种材料，**记录每增加20g砝码时传感器信号输出电压 U ，完成6组测量并记录到下表。

表 3. 23. 2 测量输出电压与砝码质量增量的关系

M/g	20	40	60	80	100	120	ΔV
V_j/mv							

实验内容及步骤



4. **其他长度量测量**，用米尺、游标卡尺、千分尺分别测量d、b、a，各测量3次，记录到下表，并计算两种材料的杨氏模量，并与标准值比较求相对误差 ($E_{\text{铜}}=10.55 \times 10^{10} \text{N/m}^2$, $E_{\text{铁}}=18.15 \times 10^{10} \text{N/m}^2$)。

表 3. 23. 3 材料的外形结构数据测量表

	黄 铜				铸 铁			
d/cm	1	2	3	平均值	1	2	3	平均值
b/cm								
a/mm								

讨论及拓展



1. 杨氏模量作为一种重要的材料力学量，在众多领域有重要应用，同时发展出多种测量方法，比如光纤位移传感器法、光电图像传感衍射法、莫尔条纹法等，**请选一种方法，查阅资料，对测量原理、测量公式、测量方案做简要说明？**

2. 霍尔传感器作为一类重要的传感器，在工业生产中有重要应用，请查阅资料，**简述其在汽车、自动控制领域的应用及工作原理？**

3. 利用已学习的大学物理实验知识及仪器，**设计一个实验或装置**，如何使用线性霍尔传感器测量电机工作时振动的频率及振幅。

4. $E = \frac{\Delta Mgd^3}{4a^3b\Delta X}$ 依据胡克定律和微元法详细推导测量公式。

【实验拓展】

霍尔线性传感器工作原理及应用(如G1322)