

磁电式传感器实验内容和原理（必填）

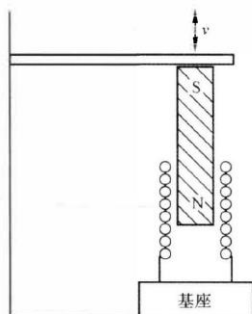


图 7.1 磁电感应式传感器的结构

磁电感应式传感器是一种能把非电量（如机械量）的变化转换为感应电动势的传感器，它也称为电动势传感器。

磁电感应式传感器的基本部件有二：一是磁路系统，由它产生恒定的直流磁场，为了减少传感器体积，一般都采用永久磁铁；另一个是线圈，线圈与磁场之间相对运动切割磁力线，在线圈中产生感应电势 E 。

$$E = -nB_0Lv$$

式中 n ——线圈在工作气隙磁场中的匝数；

B_0 ——工作气隙的磁感应强度；

L ——每匝线圈的平均长度；

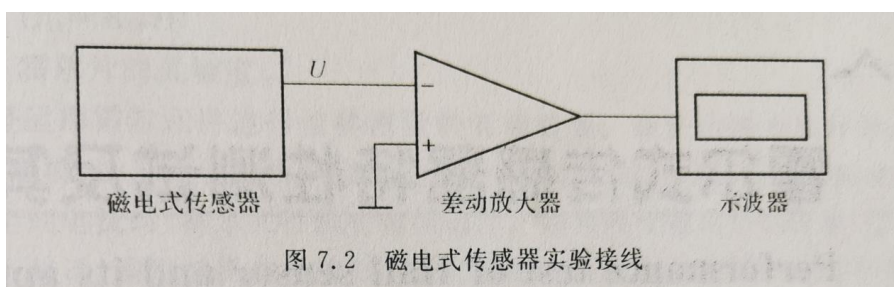
v ——线圈与磁铁之间的相对运动速度。

从公式可知感应电势 E 与线圈相对于磁场的运动速度成正比，因此必须使它们之间有一个相对运动。作为运动部件，它可以是线圈，也可以是永久磁铁；前者称为动圈式，后者称为动铁式。

操作方法与实验步骤

①观察实验仪上磁电式传感器的结构，它由空芯线圈和永久磁钢组成。属于动铁式还是动圈式？

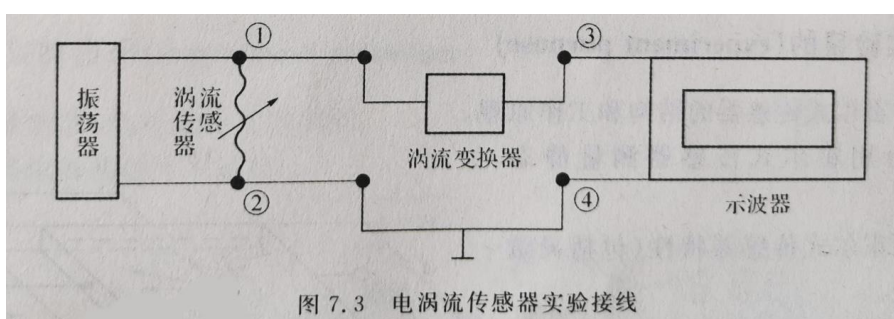
②将磁电式传感器的两端分别接到差动放大器的“+”、“-”输入端，实验接线如 7-2 所示。



③将圆盘式工作台与测微头脱离，将低频振荡器上的“转换”开关拨到左边，“激振”开关拨到 I，开启电源。

④用示波器的两个通道同时观察低频振荡器和差动放大器输出端的波形，比较两路信号的频率关系。分别改变低频振荡器的频率和输出幅值，观察输出波形的变化。

⑤关掉电源，安装好涡流传感器，适当调整初始位置，将涡流传感器的输出接到涡流变换器的输入端，实验接线如 7-3 所示。



⑥开启电源，用示波器的两个通道同时观察差动放大器和涡流变换器输出端的波形，比较两路信号的频率和相位关系，说明原因。

⑦将“激振”开关拨到中间位置，从而关闭激振器。关闭实验仪电源，将低频振荡器的输出 V_0 接到磁电式传感器，磁电式传感器的另外一端接地。

⑧开启电源，可见磁电式传感器的动铁带动圆盘式工作台振动，由涡流传感器测得振动频率，与低频振荡器的输出频率相比较。

可见，磁电式传感器可以实现激振器的功能，磁电式传感器是一种磁→电、电→磁转换的双向式传感器。

注意事项：

- ①实验过程中应控制振动台振幅，以免与涡流传感器相碰。
- ②此实验没有要求定量，因此涡流传感器的初始位置可大一些，不出现明显的波形失真即可，实验过程中还可适当改变初始位置以观察不同的振幅。

实验数据记录和处理

1. 用示波器的两个通道同时观察低频振荡器和差动放大器输出端的波形，比较两路信号的

频率关系。分别改变低频振荡器的频率和输出幅值，观察输出波形的变化。

I. 频率改变：

从图中可以看出，当低频振荡器输出频率增大时，低频振荡器和差动放大器两路的输出信号的频率都会增大，并且两者频率大小基本相同；但幅值的话，低频振荡器的输出信号幅值基本不变，而差动放大器的输出信号幅值会变化，约在 7Hz（固有频率）时达到最大，成卡方分布。

II. 调整幅值：

从图中可以看出，当低频振荡器输出增益增大时，低频振荡器和差动放大器两路的输出信号峰峰值均会增大，但差动放大器的输出信号幅值比低频振荡器的输出信号稍小一些；频率则无太大变化。

2. 用示波器的两个通道同时观察差动放大器和涡流变换器输出端的波形，比较两路信号的频率和相位关系，说明原因。

由于拍照时没打开示波器的 Measure，所以准确的测量数据没有显示在图片中，但实验时观察两者输出波形的频率大小几乎相同，只相差约 0.1Hz，而两者的相位差约为 45°

实验结果与分析（必填）

①观察实验仪上磁电式传感器的结构，它由空芯线圈和永久磁钢组成。属于动铁式还是动圈式？

是动铁式的。

②开启电源，可见磁电式传感器的动铁带动圆盘式工作台振动，由涡流传感器测得振动频率，与低频振荡器的输出频率相比较。

从前面示波器测量到的结果，对比可知，两个频率是几乎是一样的，差值只有约 0.1Hz，可以忽略。

讨论：

I. 可否用磁电式传感器测量振幅？为什么？

不能。由于感应电势只与线圈相对磁场的运动速度有关，而与其在磁场位移大小无关（ $E = -nB_0Lv$ ），因此幅值无法用磁电式传感器测量。

II. 磁电式传感器需要供电吗？为什么？

不需要，因为磁电式传感器工作原理是利用电磁感应的，也就是将物体的运动能通过磁场来转换成电能，再将该信号用合适的方式输出，因此只需要提供稳定的磁场即可，不需要供电

霍尔传感器实验内容和原理（必填）

1. 霍尔传感器的特性——直流激励

图 8.1 中，处于磁场中的载流导体，当其中的电流方向与磁场方向不一致时，导体中的载流子（电子与空穴）受到相反方向的洛仑兹力而向导体的两个不同端面聚集，从而在两个端面之间产生电场，这种现象称为霍尔效应（Hall effect），产生的电势（ U_H ）称为霍尔电势：

$$U_H = K_H IB$$

式中 K_H ——霍尔片的灵敏度。

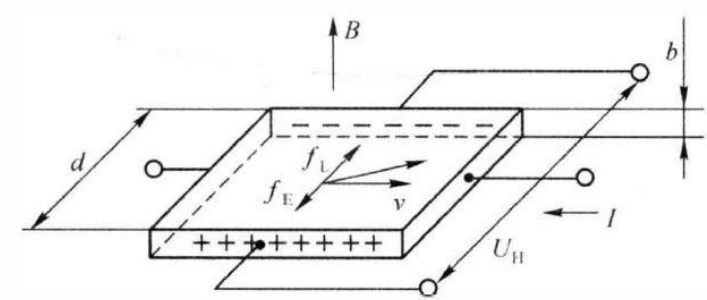


图 8.1 霍尔效应

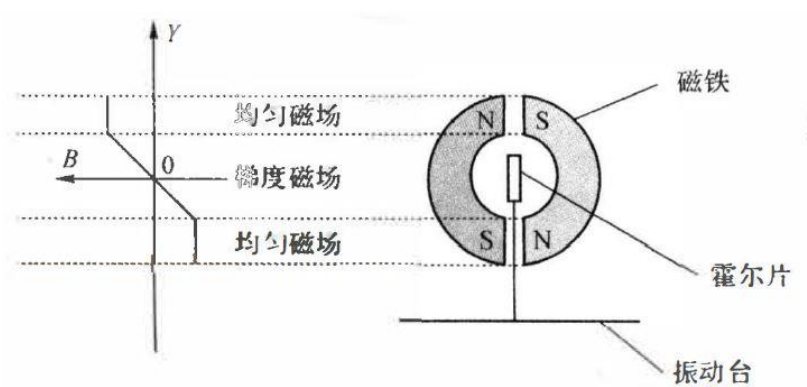


图 8.2 实验原理

图 8.2 是运用霍尔元件进行位移测量的实验装置。磁铁由两个半环形永久磁钢组成，形成梯度磁场，位于梯度磁场中的霍尔元件（霍尔片）通过底座连接在振动台上。当霍尔片通以恒定的电流时，霍尔元件就有电压输出。如果改变振动台的位置，使霍尔片在梯度磁场中上下移动，输出的霍尔电势 U_H 值就取决于霍尔片在磁场中的位移量 Y ，所以由霍尔电势的大小便可获得振动台的位移。其关系如图 8.3 所示。

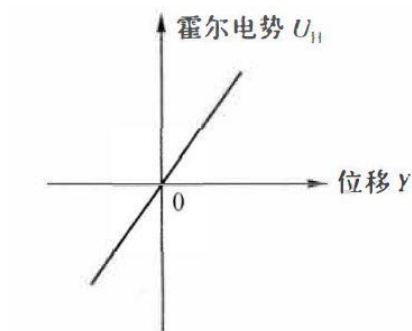


图 8.3 霍尔元件特性曲线

霍尔传感器的特性——交流激励

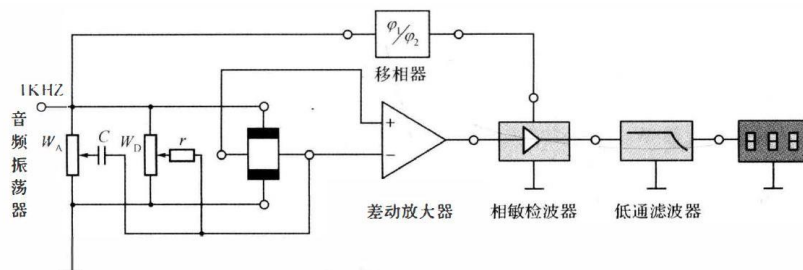


图 8.5 实验接线

图 8.5 是交流信号激励下的霍尔式传感器振动测量系统。测量电路中采用相敏检波器，以保证测量电路的输出电压能充分反映被测位移量的变化。霍尔式传感器测量小位移时，输出信号过小，所以要接入放大器。相敏检波器要求参考电压与输入电压频率相同、相位相同或相反，因此需要在音频振荡器的输出与相敏检波器的参考电压输入端之间接入移相器。相敏检波器的输出信号经低通滤波器消除高频分量后，得到与霍尔片运动一致的有用信号。图中电位器 W_D 和 W_A 用于直流不等位电势和交流不等位电势补偿：当霍尔片位于梯度磁场的中间位置时，调节 W_D 和 W_A 使电路的输出最小，实现不等位电势补偿。

操作方法与实验步骤

1. 霍尔传感器的特性——直流激励

- ①开启电源，将差动放大器调零。
- ②测量电路按图 8.4 接线。

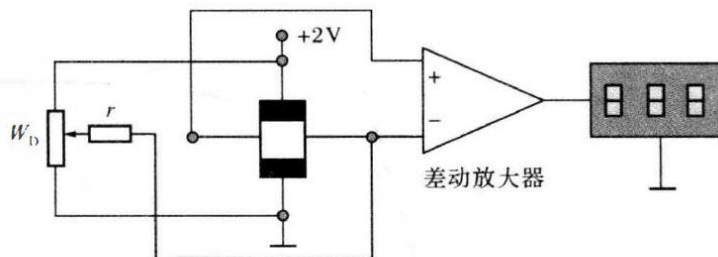


图 8.4 实验接线

③将测微头与振动台吸合,旋转测微头移动振动台,使霍尔片位于梯度磁场的中间位置。调节电位器 W_D 和差动放大器增益,使得当霍尔片位于中间位置时电压表读数为零,当振动台在 $\pm 4\text{mm}$ 位置时电压表双向指示较大,且基本对称。

④保持电位器 W_D 和差动放大器增益不变,使霍尔片回到梯度磁场的中间位置。旋动测微头在 $\pm 4\text{mm}$ 范围内作位移测量,每变化 0.2mm 读取相应的电压值,记入表格 8-1。

⑤分离测微头与振动台,将低频振荡器上的“转换”开关拨到左边,“激振”开关拨至 I,使低频振荡器的输出通过激振器带动圆盘工作台振动。用示波器的两个通道同时观察差动放大器和低频振荡器的输出波形,调节低频振荡器的输出频率和输出幅度,观察差动放大器输出波形频率和振幅的变化。

⑥作出输出电压 U_H 和位移 Y 的关系曲线,求其线性度和灵敏度。

注意事项:

①霍尔片要全部处于梯度磁场中,磁路部分的中缝必须与霍尔片平行,以提高线性度和灵敏度。

②激励电压 $+2\text{V}$ 不要随意增大,以免损坏霍尔片。

2. 霍尔传感器的特性——交流激励

①将音频振荡器(0° 或 180° 输出)调到 1kHz ,输出幅值调到适当位置(峰—峰值不要超过 5V)。将差动放大器调零。

②按图 8.5 接线。

③将测微头与振动台吸合,旋转测微头移动振动台,调节差动放大器的增益、移相器的移相旋钮和 W_A 、 W_D ,使得振动台在 $\pm 4\text{mm}$ 范围内移动时,当振动台位于上下端点处电压表双向指示较大,且基本对称。

④使霍尔片回到磁路中间位置。

⑤旋动测微头 $\pm 4\text{mm}$,每间隔 0.2mm 用数字电压表读取相应电压值,记入表格 8-2。

⑥分离测微头与振动台,将低频振荡器上的“转换”开关拨到左边“激振”开关拨至 I,使低频振荡器的输出通过激振器带动圆盘工作台振动。用示波器的两个通道同时观察差动放大器和低通滤波器的输出波形,调节低频振荡器的输出频率和输出幅度,观察两路信号的变化。试说明所观察到的波形。你能否说明在什么样的情况下要用到相敏检波器吗?

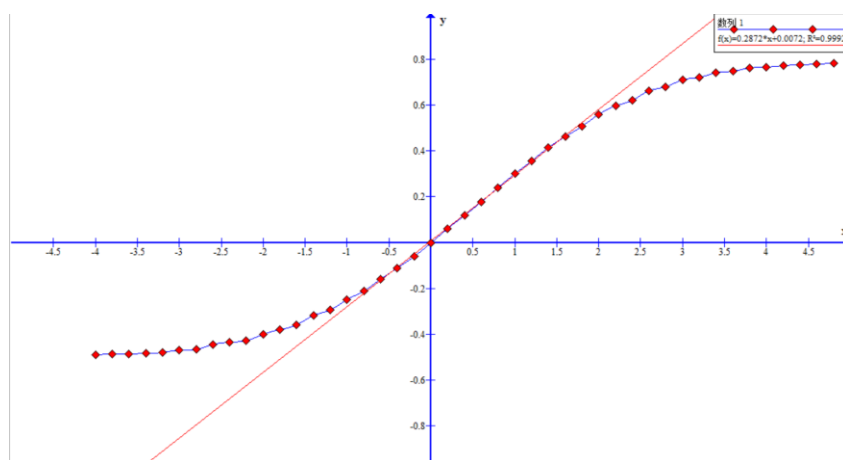
⑦根据测得的数据作出 $U_H - Y$ 特性曲线。

注意事项:

①由于 W_D 和 W_A 是代用的,因此交流不等位电势可能不能调得很小,必要时可自接电容。

②交流激励信号必须从电压输出端(0° 、 180°) 输出,幅度应限制在峰—峰值 5V 以下,以避免霍尔片产生自热现象。

实验数据记录和处理



I.

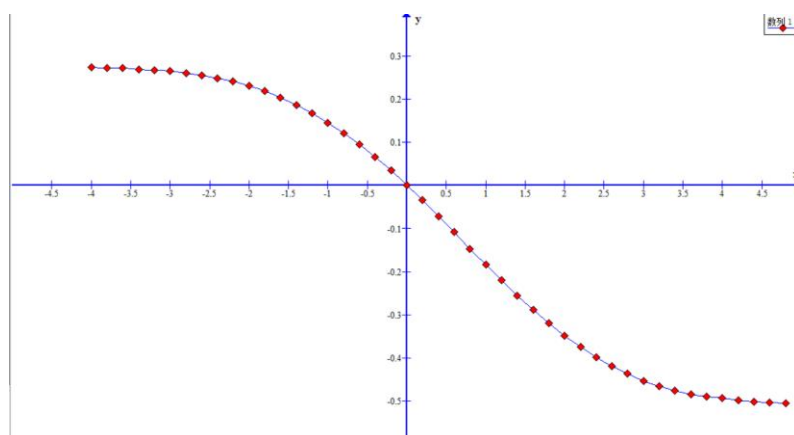
选择线性度较好的区间，即 $Y \in [-0.8, 1.6]$ ，作出拟合直线。

直线方程为 $U=0.2872Y+0.0072$ ， $R^2=0.9992$

在线性范围内，灵敏度为 $\Delta S = \frac{\Delta U}{\Delta Y} = 0.2872 \text{ V/mm}$

从表可知，非线性度 = $\frac{0.0116}{1.6 - (-0.8)} * 100\% = 0.48\%$

2.



实验结果与分析（必填）

1. 霍尔传感器——直流激励：

用示波器的两个通道同时观察差动放大器和低频振荡器的输出波形，调节低频振荡器的输出频率和输出幅度，观察差动放大器输出波形频率和振幅的变化。

（1）幅值不变，改变输出频率

由于实验时忘记拍照，所以没有示波器图像。但实验时，可以明显看到输出幅值和输出频率

近似呈卡方分布关系，即在 $7 \sim 8\text{Hz}$ （振动台的自振频率）时取得最大值，否则会越偏移自振频率，输出幅值越小。另外，差动放大器和低频振荡器的输出波形相似，且当输出频率较小时，差动放大器的波形会出现削顶失真。

（2）频率不变，改变输出幅度

实验时可以观察到，当低频振荡器幅值变大时，差动放大器的输出幅值也会随之变大。

2. 霍尔传感器——交流激励：

用示波器的两个通道同时观察差动放大器和低通滤波器的输出波形，调节低频振荡器的输出频率和输出幅度，观察两路信号的变化。试说明所观察到的波形。你能否说明在什么样的情况下要用到相敏检波器吗？

I. 幅值不变，改变输出频率

当改变低频振荡器的输出频率时，可以观察到两路信号的频率均不变，但当低频振荡器的输出频率越低时，波形的包络线逐渐趋于平缓。

II. 频率不变，改变输出幅度

当改变低频振荡器的输出幅度时，可以观察到两路信号输出频率和幅值均没有明显变化，但当低频振荡器的输出幅度越小时，包络线则会越趋于平缓。

III. 在什么样的情况下要用到相敏检波器？

相敏检波器一般是用来保证测量电路的输出电压和检测的物理矢量如位移的变化，当电压为正，则表明位移为正方向，电压为负，则表明位移为负方向。另外如果需要检测方向不同的电路时也会用到相敏检波器。

讨论：

1. 霍尔传感器——直流激励

I. 利用霍尔传感器测量位移和振动时，有何限制？

测量位移不能过大，因为霍尔传感器的线性区间较小。

精确度不高，因为磁感应强度和位移不成线性关系，会有较大的非线性误差。

振动频率不能过低，如果振动频率过低，则会导致磁感应强度的变化周期过大，超过读取脉冲信号的电路工作周期，导致计数出现错误。

II. 设计一个利用霍尔式传感器进行物体三维空间定位的系统。

由于磁场可以叠加，故可以在空间直角坐标系中，按三个坐标轴方向分别施加梯度变化的磁场，并分别连上检测电路，这样便可以分别测得三个方向上的位移量，叠加起来就是在三维空间中的运动量。

2. 霍尔传感器——交流激励

I. 霍尔式传感器直流激励和交流激励时有何区别？

直流激励的话，霍尔传感器的输出信号是直流信号，其值直接反映位移量；

交流激励的话，霍尔传感器的输出信号是交流信号，其有效值才反映位移量。

II. 在交流激励时，测量电路中为何要使用相敏检波器？

相敏检波器可以使得输出信号和霍尔片的运动变成相对一致的变化，保证输出电压和位移量的变化是充分相互对应的。

光纤位移传感器实验内容和原理（必填）

1. 光纤位移传感器的静态特性测量

反射式光纤位移传感器如图 9.1 所示。a、b 两束光纤混合后，形成 Y 型光纤。混合方式不同就有了不同分布的光纤，如图 9.2 所示。本实验所用的光纤为半圆式结构，由数百根光导纤维组成，其中一半为传输发射光的**光源光纤**，半为传输反射光的接收光纤。

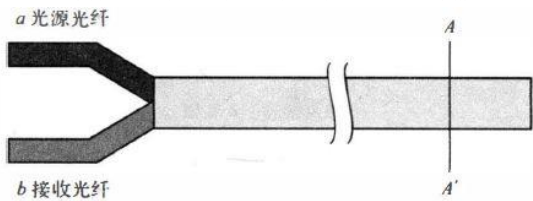


图 9.1 光纤位移传感器结构

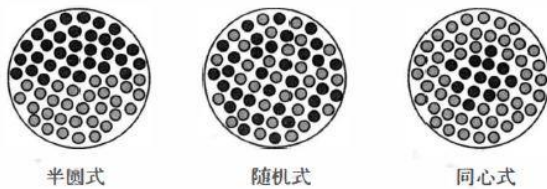


图 9.2 A-A' 截面

发光管发出的光（红外光），经光纤束 a 传送，照射到被测物表面，经反射与光纤束 b 耦合后被接收管检测到。距离 X 变化时接收管检测到的光强度不同，于是就可以测量位移。测量系统如图 9.3 所示，图 9.4 为输出电压与位移的特性曲线。

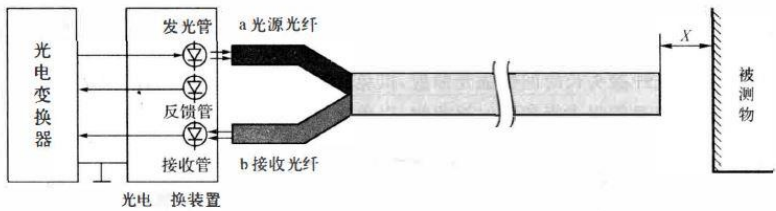


图 9.3 测量原理

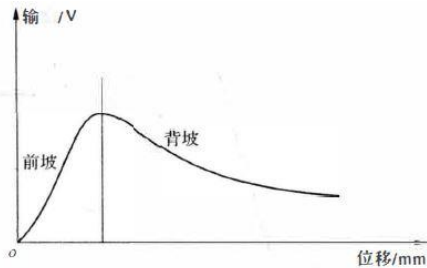


图 9.4 光纤位移传感器特性曲线

2. 光纤位移传感器的动态特性及振动和转速测量

当振动台振动时，铝测片表面与光纤之间的距离发生变化，使光纤的输出为具有振动台振动频率的正弦信号，经放大和整形后可测得振动幅值和振动频率。

操作方法与实验步骤

1. 光纤位移传感器的静态特性测量

①用电涡流传感器架子将光纤位移传感器的探头固定，探头对准圆盘式工作台上的铝测片。

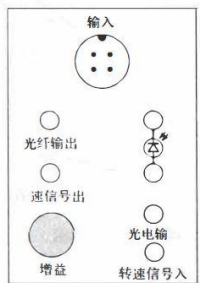


图 9.5 光电变换器面板

②将光电转换装置与光电变换器相连，光电变换器的面板如图 9.5 所示，将变换器的“光纤输出”接到电压表，变换器的增益调至适当大小，打开电源预热 5 分钟。

③旋转测微头，使光纤探头接触铝测片表面，令反射面与光纤探头之间的距离为 0，这时电压表读数最小。然后旋转测微头使铝测片逐渐离开探头，每隔 0.1mm 读出电压表的数值，填入表格 9-1。

④作出 U-X 曲线，计算灵敏度及线性范围。

注意事项：

- ①输出信号较小时，可调节光电变换器增益旋钮，但开始测试后不得再变动增益。
- ②在装拆光纤时应轻拿轻放，不能把光纤强烈弯曲，以免折断光纤，并注意保护光纤端面，不能擦毛或沾上污物。若光纤端面沾有污物时，必须用镜头纸轻轻抹除。
- ③不能让光纤探头长时间受强光照射，以免长时间输出过大烧坏有关电路。
- ④实验时应避免强光直接照射被测物，以免造成测量误差。

2. 光纤位移传感器的动态特性及振动和转速测量

①利用静态实验中得到的特性曲线，在曲线前坡的线性段选择一个静态工作点（如中点附近），如图 9.6 所示。

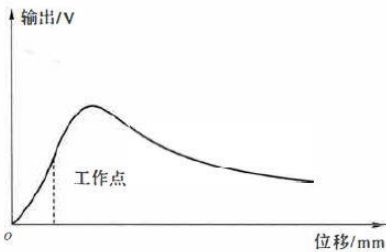


图 9.6 光纤位移传感器静态特性曲线

- ②将测微头与振动台分离。
- ③调节架子上光纤传感器探头与铝测片的距离，使其处于选好的工作点位置。

④将低频振荡器的“转换”开关拨至左边，“激振”开关拨至 I，使低频振荡器通过激振器带动圆盘工作台振动。用示波器的两个通道同时观察光电变换器和低频振荡器的输出电压波形，调节低频振荡器的输出频率和输出幅度，观察光电变换器输出电压波形的变化。

⑤保持低频振荡器幅值不变，改变振动频率，将测得的光电变换器输出电压频率及幅值记录到表格 9-2。作出圆盘振动台的振幅—频率特性曲线。

⑥转速测量：将光纤探头转一角度置千测速电机的旋转叶片上方，光纤探头以对准叶片中心为宜，调整探头高度使其与叶片的垂直距离为 2mm 左右。光电变换器面板上的“光纤输出”接“转速信号入”，光纤输出信号经过变换器内部的整形电路整形后，在“转速信号出”端得到方波输出。将仪器面板上的测速电机“转速”旋钮调到适当值，打开电机开关，用示波器观察“转速信号出”端的方波信号并读取频率。

$$\text{电机转速} = \text{方波频率} / 2$$

改变电机转速，读取一组频率值。

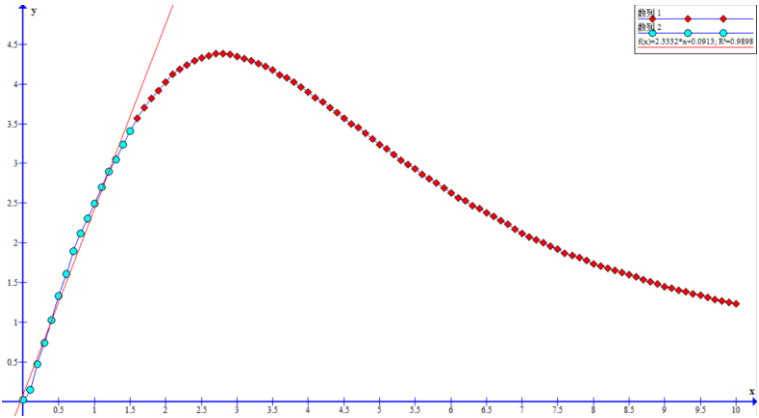
注意事项：

- ①光纤探头在支架上固定时必须保持与叶片平面平行，切不可相擦，以免光纤端面受损。
- ②测速实验完成后，关闭电机开关，以保证稳压电源正常工作。

五、实验数据记录和处理

表格 9-1：光纤探头与铝测片距离与电压的关系

由此作出对应图像：

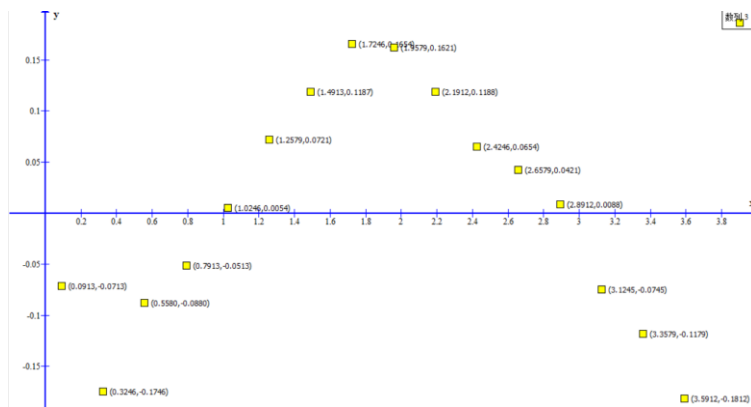


选择线性度相对高的区域 $X \in [0, 1.5]$ 来拟合直线，用蓝色点列标出，

拟合直线方程 $U = 2.3352x + 0.0913$ ， $R^2=0.9898$

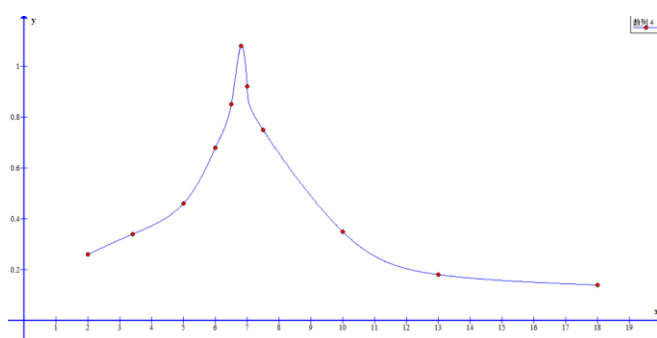
在线性范围内，灵敏度为 $\Delta S = \frac{\Delta U}{\Delta X} = \frac{3.41-0.02}{1.5-0} = 2.26 \text{ V/mm}$

选取从 $X \in [0, 1.5]$ 的点，作出残差—拟合 Y 值图为：



从图中可知，非线性度 = $\frac{0.1812}{3.5912 - 0.0913} * 100\% = 5.18\%$

表格 9-2：圆盘振动台的振幅—频率特性曲线：



实验结果与分析（必填）

用示波器的两个通道同时观察光电变换器和低频振荡器的输出电压波形，调节低频振荡器的输出频率和输出幅度，观察光电变换器输出电压波形的变化。

（1）幅度不变，改变频率

可以观察到，随着低频振荡器输出频率增大，输出电压幅度先变大后变小。

（2）频率不变，改变幅度

可以观察到，随着低频振荡器输出幅度增大，输出电压幅度逐渐增大

（3）光纤位移传感器振动和转速测量：

实验测得的方波图形为图中所示。

由图中可见，方波形状比较规则平整，并且周期恒定。不过由于实验仪器原因，导致光线探头始终无法对准电机转台中心，导致在低电平中间少了一个高电平部分（理论上对准中心，会保证在图示一个周期中得到两个高电平电位，即周期是原来的一半）。

讨论

1. 光纤位移传感器的静态特性测量

①试以半圆式光纤的结构特点和光纤数值孔径的概念，解释所测得的特性曲线。

半圆式光纤结构特点：由数百根光导纤维组成，且其中一半为传输发射光的光源光纤，另一半为传输反射光的接收光纤。

光纤数值孔径：由于全反射的存在，入射到光纤端面的光不能全部被光纤吸收，入射角必须小于一定角度的入射光才能被吸收，而这个临界角 α 的正弦值称为光纤的数值孔径，符号记

作 NA ，则 $NA = \sin \alpha$ 。又由于 NA 一般在 $0.18 \sim 0.23$ ，故可以近似 $\sin \alpha \approx \alpha$ ，得到 $NA \approx \alpha$ 。由光学知识，当反射表面位置确定后，接收到的反射光光强随着光纤探头到反射体的距离的变化而变化。

一方面，当光纤探头紧贴反射片时，接收器接收不到发射光。故一开始受光纤数值孔径影响，接收器几乎接收不到光，所以当光纤探头离反射面距离增大，接收的反射光会变多。

另一方面，当反射面距离过大时，光强度会衰减得很快，导致接收的光强又逐渐减小。

② 有哪些因素会影响特性曲线的斜率和线性范围？

光纤的结构和特性以及反射体表面的性质。

③ 影响测量稳定性的因素有哪些？

外来其他光源的干扰；

被测光线过强，会超过线性工作区间，甚至可能烧坏内部电路。

2. 光纤位移传感器的动态特性及振动和转速测量

① 测量振动时工作点为什么要选在特性曲线的前坡？

因为在前坡，特性曲线具有一块良好的线性区间，适合测量数据。

② 电机转速为什么等于方波频率除以 2？

因为电机转动时是带动两片扇叶，当光纤探头对准叶片中心时，电机旋转一圈，则两片扇叶会分别经过光纤探头产生，各产生一个方波，所以旋转次数应为方波数除以 2，即电机转速为方波频率除以 2。

热电式传感器实验内容和原理（必填）

热电偶的基本工作原理是热电效应。两种不同导体 A 和 B 组成闭合回路，如果两结点的温度不同，在回路中就会产生电动势，有电流流过，这种现象称为热电效应或塞贝克效应。这两种导体的组合称为热电偶。如图 10.1 所示，热电偶的两端是将两种导体焊在一起，其中置于被测介质中的一端称为工作端；另一端称为参比端或冷端，处于恒温条件下。当工作端被测介质温度发生变化时，热电势随之发生变化，将热电势送入显示、记录装置或用微机处理，即可得到温度值。工作端温度 T 与参考端温度 T_0 的差越大，热电偶的输出电动势就越大，因此，可用热电动势衡量温度的大小。

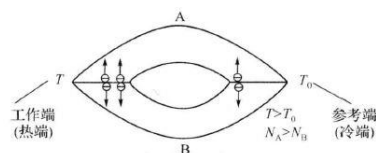


图 10.1 热电偶热电效应原理

CSY_{10B}型传感器系统实验仪上的热电偶为镍铬—镍硅热电偶(K 分度)。

操作方法与实验步骤

① 打开电源，差动放大器增益设定为 100 倍。

② 将热电偶通过引出线接入实验仪上的数字温度计，读取室温 $t_1(^{\circ}\text{C})$ 。

③差动放大器双端输入接入热电偶，输出接电压表。调节调零电位器，将差动放大器输出调零。

④打开实验仪面板上的加热开关，随着加热器温度上升，观察差动放大器输出电压的变化，待加热温度不再上升时（达到热稳定状态），记录电压表读数。

⑤热电偶的冷端温度为室温 t_1 ，放大器的增益为 100 倍，计算热电势时应考虑进去。

$$E(t, t_0) = E(t, t_1) + E(t_1, t_0)$$

式中 t ——热电偶热端温度；

t_0 ——热电偶分度表参考端温度(0°C)；

t_1 ——热电偶参考端所处的温度；

$E(t, t_0)$ ——查表电动势；

$E(t, t_1)$ ——测量所得电动势；

$E(t_1, t_0)$ ——温度修正电动势；

查阅K型热电偶分度表，求出热端温度 t 。

⑥将热电偶接入数字温度计直接读取热端温度，与以上实验所得结果相比较。

实验数据记录和处理

实验前，先读取实验仪上的数字温度计，获取室温为 24.1°C

按照实验步骤，在温度稳定后，观察电压表示数为 0.277V ，实验仪上的数字温度计示数为 68.5°C ，表明热电偶热端温度为 68.5°C 。

实验结果与分析（必填）

由于放大器增益为 100，则实际电压应为 2.7mV 。查阅 K 型热电偶分度表，得知热端温度约为 68°C ，与实验测得数据接近，说明热电偶测温的精确度较高。

讨论：

①热电偶测温 and 热电阻测温有什么不同？

将两种不同成分的导体（即热电极或热电偶丝材）两端结合形成闭合回路，当两个接合点存在温度差时，回路中就会产生电动势，这种现象称为热电效应，也就是说，热电偶是利用热电效应来进行温度测量的。

而热电阻测温是依据所测导体（或半导体）电阻值和温度存在一一映射关系，从而根据电阻值的变化来测得温度。

②说明热电偶冷端温度补偿原理。

热电偶测量温度时，测量端为热端，而通过引线与测量电路连接的一端为冷端。冷端需要保证温度不变，这样产生的热电势大小才能和测量温度成线性关系。如果冷端温度发生变化，线性性将会被破坏，使得测量结果不准确。因此，需要对冷端温度进行补偿，使得其温

度始终为一个恒定值。一般实验中将冷端放入冰水混合物，使得其温度稳定在 0℃。

酒精气体检测实验内容和原理（必填）

当加热到一定温度的半导体氧化物暴露在大气中,如果大气中存在某种特定的氧化性或还原性气体并接触到半导体氧化物的表面时,它会与吸附的氧气反应,从而使氧化物内的电子数发生改变,导致氧化物的电阻发生变化,由此可测得被测气体的浓度。

对于不同类型的半导体传感器(N 型或 P 型),在检测不同气体时的反应原理如下所示:

还原性气体+N 型半导体→空穴↑→电阻值↓

还原性气体+P 型半导体→空穴↓→电阻值↑

氧化性气体+N 型半导体→空穴↓→电阻值↑

氧化性气体+P 型半导体→空穴↑→电阻值↓

酒精 (C_2H_5OH) 为还原性气体,当遇到 N 型半导体气敏传感器 MQ_3 表面的敏感膜时,会消耗其表面的氧负离子,使半导体的空穴数量增加,从而导致其电阻值下降。

MQ_3 气敏传感器所使用的气敏材料是在清洁空气中电导率较低的二氧化锡 (SnO_2)。当传感器所处环境中存在酒精蒸汽时,传感器的电导率随空气中酒精气体浓度的增加而增大。使用简单的电路即可将电导率的变化转换为与该空气浓度相对应的输出信号。 MQ_3 气敏传感器对酒精的灵敏度高,可以抵抗汽油、烟雾、水蒸气的干扰。这种传感器可监测多种浓度酒精气体,是一款适合多种应用的低成本传感器。

MQ_3 由微型氧化铝陶瓷管、氧化锌敏感层,测量电极和加热器构成,敏感元件固定在塑料或不锈钢制成的腔体内,加热器为气敏元件提供了必要的工作条件。封装好的气敏元件有 6 个管脚,其中 4 个用于信号取出,2 个用于提供加热电流。其中 H-H 表示加热极,A-A, B-B 是传感器敏感元件的 2 个极。

MQ_3 的特性曲线如图 11. 1 所示。图 11.2 为实验接线图。

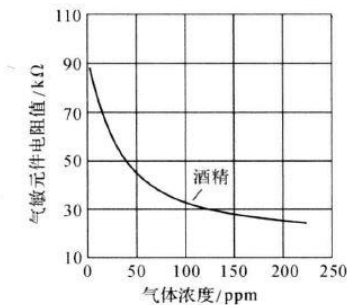


图 11.1 气敏传感器 MQ_3 特性曲线

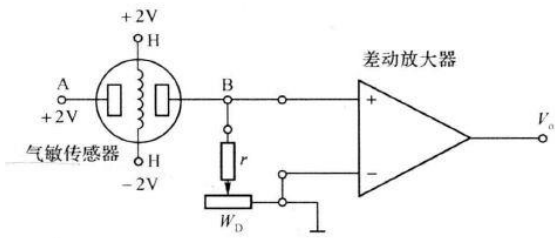


图 11.2 实验接线

操作方法与实验步骤

①按图 11.2 接线。观察传感器试验仪上的气敏传感器探头，探头四个管脚中两个是加热电极，另两个接敏感元件。加热电极应先通电 2—3 分钟，待温度稳定后，气敏传感器才能正常工作。

②开启电源，稳定数分钟。

打开酒精瓶盖，瓶口慢慢接近气敏传感器，传感器的电阻值相应逐渐减小，引起测置电路输出电压逐渐增大。用电压表或示波器观察输出电压的上升情况，当瓶口最接近气敏传感器时电压上升至最高点。可将输出电压接报警电路，当超过预设阈值时，电路报警。

③移开酒精瓶，传感器的电阻值随之增大，观察测量电路输出电压变化。

注意事项：

实验时勿将酒精泼洒在气敏探头上，探头只要能接收到酒精气体就足够了。

实验结果与分析（必填）

从两张示波器图像中可以得出，当酒精瓶距离传感器越近时，传感器电阻值越小，从而使得测试电路输出电压越大；反之亦然，当酒精瓶距离传感器越远时，传感器电阻值越大，从而使得测试电路输出电压越小，这和气敏传感器的工作原理是一致的。

讨论：

① 气敏传感器工作时为什么要加热？

根据气敏传感器的工作原理，气敏传感器中的半导体氧化物，只有在加热到一定温度时才会暴露在大气中，此时，当大气中含有特定还原性气体，或氧化性气体，它们会和半导体氧化物接触，并与表面吸附的氧气反应，进而改变氧化物中电子数，由此改变氧化物的电阻值，通过电信号可以测得反应物的浓度。所以气敏传感器工作时必须要加热。

② MQ₃ 气敏传感器能用来测量汽油气体浓度吗？

理论上是可以的，但由于 MQ₃ 对汽油选择性不强，干扰因素多，测量灵敏度和精度比较差。