

# 东南大学检测技术实验室

## 实 验 报 告

课程名称： 检测技术实验

实验名称： 第二次实验

院（系） 自动化学院 专 业： 自动化

姓 名： 邱洪彬 学 号： 08018126

实 验 室： 实验组别：

同组人员： 刘克淳 张耀辉 实验时间：

评定成绩： 审阅教师：

# 电容式传感器位移实验

## 一、实验原理

利用平板电容 $C=\epsilon S/d$ 和其它结构的关系式通过相应的结构和测量电路可以选择 $\epsilon$ 、 $s$ 、 $d$ 中三个参数中，保持两个参数不变，而只改变其中一个参数，则可以有测谷物干燥度( $\epsilon$ 变)测微小位移(变 $d$ )和测量液位(变 $s$ )等多种电容传感器。变面积型电容传感器中，平板结构对极距特别敏感，测量精度受到影响，而圆柱形结构受极板径向变化的影响很小，且理论上具有很好的线性关系，(但实际由于边缘效应的影响，会引起极板间的电场分布不均，导致非线性问题仍然存在，且灵敏度下降，但比变极距型好得多。)成为实际中最常用的结构，其中线位移单组式的电容量 $C$ 在忽略边缘效应时为：

$$C = \frac{2\pi\epsilon d}{\ln(r_2/r_1)}$$

式中 $r$ 为外圆筒与内圆柱覆盖部分的长度; $r$ 为外圆筒内半径和内圆柱外半径。当两圆筒相对移动 $\Delta l$ 时，电容变化量 $\Delta C$ 为：

$$\Delta C = \frac{2\pi\epsilon d}{\ln(r_2/r_1)} - \frac{2\pi\epsilon(l - \Delta l)}{\ln(r_2/r_1)} = \frac{2\pi\epsilon\Delta l}{\ln(r_2/r_1)} = C_0 \frac{\Delta l}{l}$$

于是可得其静态灵敏度为：

$$k\epsilon = \frac{\Delta C}{\Delta l} = \left[ \frac{2\pi\epsilon(l + \Delta l)}{\ln(r_2/r_1)} - \frac{2\pi\epsilon(l - \Delta l)}{\ln(r_2/r_1)} \right] / \Delta l = \frac{4\pi\epsilon}{\ln(r_2/r_1)}$$

可见灵敏度与 $r_2/r_1$ 有关， $r_2$ 、 $r_1$ 越接近，灵敏度越高，虽然内外极筒原始覆盖长度 $l$ 与灵敏度无关，但 $l$ 不可太小，否则边缘效应将影响到传感器的线性。

本实验为变面积式电容传感器，采用差动式圆柱形结构，因此可以很好的消除极距变化对测量精度的影响，并且可以减小非线性误差和增加传感器的灵敏度。

## 二、实验分析与思考题

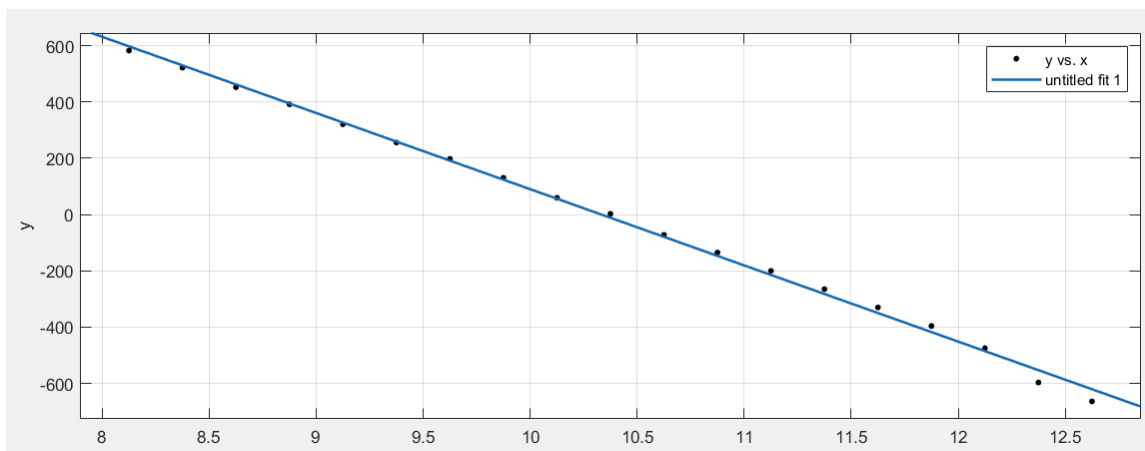
数据记录如下表所示：

X ( m m )	12 .6 25	12 .3 75	12 .1 25	11 .8 75	11 .6 25	11 .3 75	11 .1 25	10 .8 75	10 .6 25	10 .3 75	10 .1 25	9 .8 75	9 .6 25	9 .3 75	9 .1 25	8 .8 75	8 .6 25	8 .3 75	8 .1 25
V ( m v )	- 66 4	- 59 7	- 47 5	- 39 6	- 33 0	- 26 5	- 20 0	- 13 5	- 72 8	2. 8	59 .8	1 3 0 .6	1 9 8 .2	2 5 6	3 2 1	3 9 2	4 5 3	5 2 2	5 8 3

记位移为x,电压为y,由MATLAB拟合可以得到两者之间的关系为:

$$y = -270.8x + 2799$$

拟合曲线如下:



由拟合曲线可以看出误差最大点大概在 12.375, -597, 因此非线性误差为:

$$\Delta m = 0.166$$

$$yFs = 4.5$$

$$\xi = \frac{\Delta m}{yFs} * 100\% = 3.68\%$$

系统灵敏度为:

$$S = \frac{\Delta U}{\Delta W} = 270.8$$

## 压阻式压力传感器压力测量实验

# 一、实验目的

了解扩散硅压阻式压力传感器测量压力的原理和方法。

# 二、实验原理

扩散硅压阻式压力传感器在单晶硅的基片上扩散出P型或N型电阻条，接成电桥。在压力作用下根据半导体的压阻效应，基片产生应力，电阻条的电阻率产生很大变化，引起电阻的变化，我们把这一变化引入测量电路，则其输出电压的变化反映了所受到的压力变化。

# 三、实验设备

主机箱、压阻式压力传感器、压力传感器实验模板、引压胶管。

# 四、实验步骤

1、将压力传感器安装在实验模板的支架上，根据图4-1连接管路和电路（主机箱内的气源部分，压缩机、贮气箱、流量计已接好）。引压胶管一端插入主机箱面板上气源的快速接口中（注意管子拆卸时请用双指按住气源快速接口边缘往内压，则可轻松拉出），另一端口与压力传感器相连。压力传感器引线为4芯线：1端接地线，2端为U0+，3端接+4V电源，4端为U0-

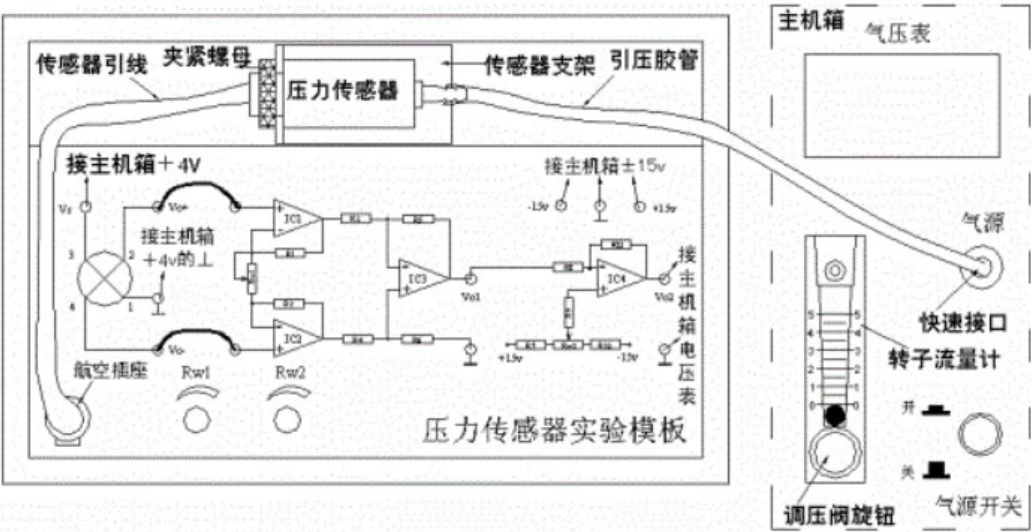


图 4-1 压阻式压力传感器测压实验安装、接线图

2、实验模板上RW2用于调节放大器零位，RW1调节放大器增益。  
按图4-1将实验模板的放大器输出V02接到主机箱电压表的Vin插孔，将主机箱中的显示选择开

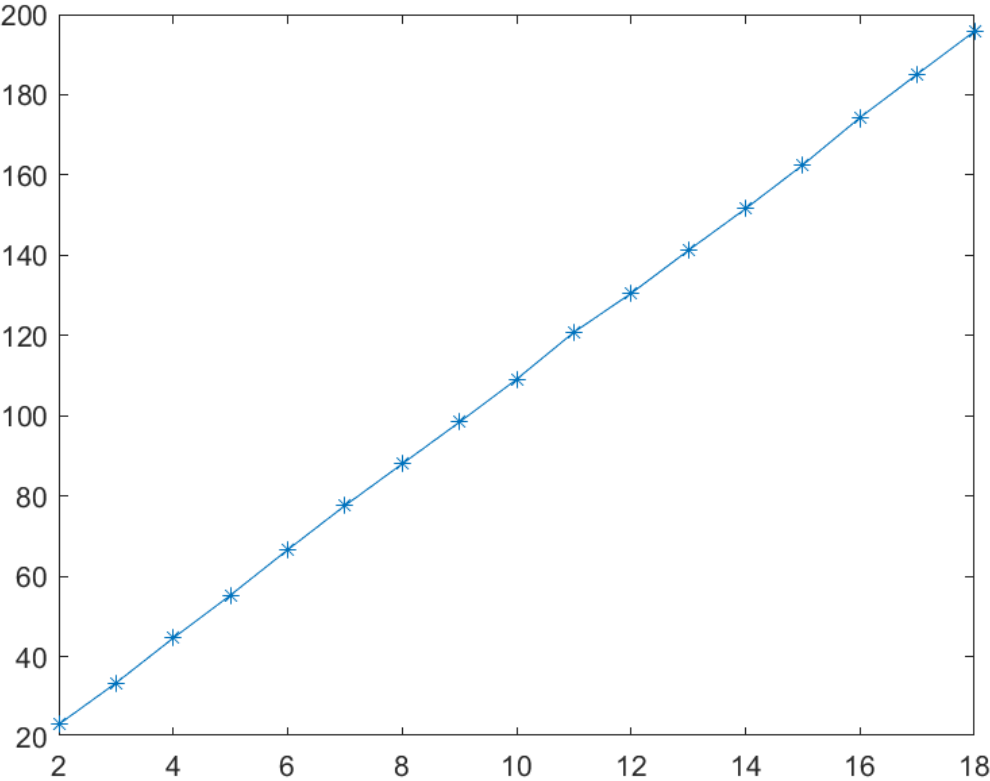
- 关拨到2V档，合上主机箱电源开关，RW1旋到满度的1/3位置（即逆时针旋到底再顺时针旋2圈），仔细调节RW2使主机箱电压表显示为零。
- 3、合上主机箱上的气源开关，启动压缩泵，逆时针旋转转子流量计下端调压阀的旋钮，此时可看到流量计中的滚珠向上浮起悬于玻璃管中，同时观察气压表和电压表的变化。
- 4、调节流量计旋钮，使气压表显示某一值，观察电压表显示的数值。
- 5、仔细地逐步调节流量计旋钮，使压力在2~18KPa之间变化，每上升1KPa气压分别读取电压表读数，将数值列于表4-1。

数据记录如下表所示

1) 表 4-1

P (Kpa)	2	3	4	5	6	7	8	9	10
V0 (mv)	21.9	32.1	43.1	52.4	62.8	73.6	83.6	84.1	102.3
P (Kpa)	11	12	13	14	15	16	17	18	
V0 (mv)	114.3	121.5	134.7	143.3	155.4	164.9	176.5	186.6	

2) 画出气压与输出电压关系图



(1) 计算灵敏度s

已知系统灵敏度公式为： $S = \Delta V / \Delta P$ ，其中 $\Delta V$ 为输出电压平均变化量， $\Delta P$ 为气压变化量。由实验可知：

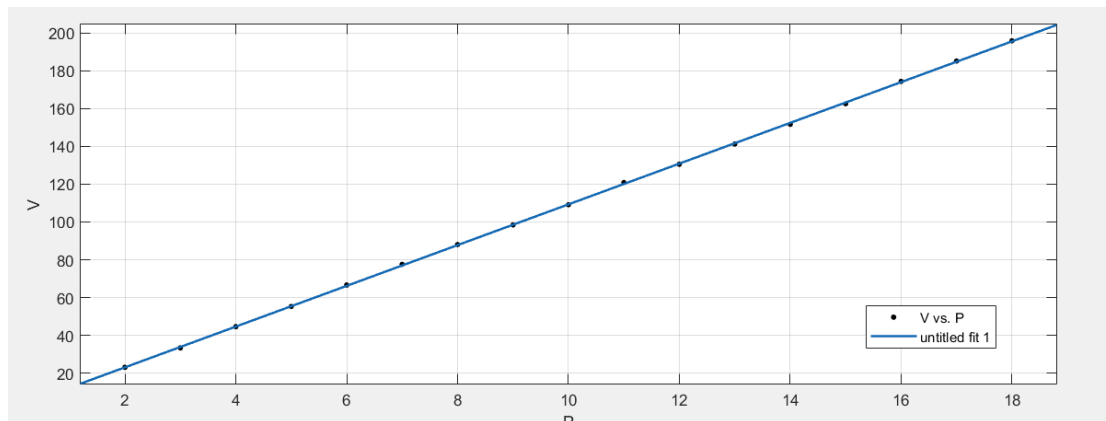
$$\Delta V = 0.1958 - 0.0231 = -0.1727V = 172.7mV$$

$$\Delta P = 18 - 2 = 16Kpa$$

$$\text{所以 } S = \Delta V / \Delta P = 10.794mV/Kpa$$

## (2) 计算非线性误差 $\delta$

由已知条件， $\delta = \Delta m / y_{FS} \times 100\%$ ，其中 $\Delta m$ 为输出值（多次测量时为平均值）与拟合直线的最大偏差， $y_{FS}$ 为满量程时电压输出拟合值。为得到系统的拟合关系式，利用matlab中的理论线性拟合得到如下：



因此求得拟合曲线的方程为： $y = 10.77 \cdot x + 1.546$

即可求得偏差值为：

表9-2实验值与拟合值的比较

P (Kpa)	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
V0 (mv)	23.1	33.4	44.6	55.3	66.6	77.6	88	98.4	109.1	120.8	130.5	141.2	151.6	162.5	174.3	185.1	195.8
拟合值	23.086	33.856	44.626	55.396	66.166	76.936	87.706	98.476	109.246	120.016	130.786	141.556	152.326	163.096	173.866	184.636	195.406
偏差	0.014	-0.456	-0.026	-0.096	0.434	0.664	0.294	-0.076	-0.146	0.784	-0.286	-0.356	-0.726	-0.596	0.434	0.464	0.394

容易看出最大偏差值为 $\Delta m = |0.784| = 0.784\text{mV}$ 。

所以： $y_{FS} = 195.4\text{mV}$

$$\delta = \Delta m / y_{FS} \times 100\% = 0.40\%$$

## 五、实验分析与思考题

如果本实验装置要成为一个压力计，则必须对电路进行标定。

方法采用逼近法：输入4KPa气压，调节Rw2（低限调节），使电压表显示0.25V（有意偏小），输入16KPa气压，调节Rw1（高限调节），使电压表显示1.2V（有意偏小）；再调气压为4KPa，调节Rw2（低限调节），使电压表显示0.3V（有意偏小），调气压为16KPa，调节Rw1（高限调节）使电压表显示1.3V（有意偏小）：这个过程反复调节，直到逼近自己的要求

（4KPa~0.4V，16KPa~1.6V），满足足够的精度即可。

## 电涡流传感器位移实验

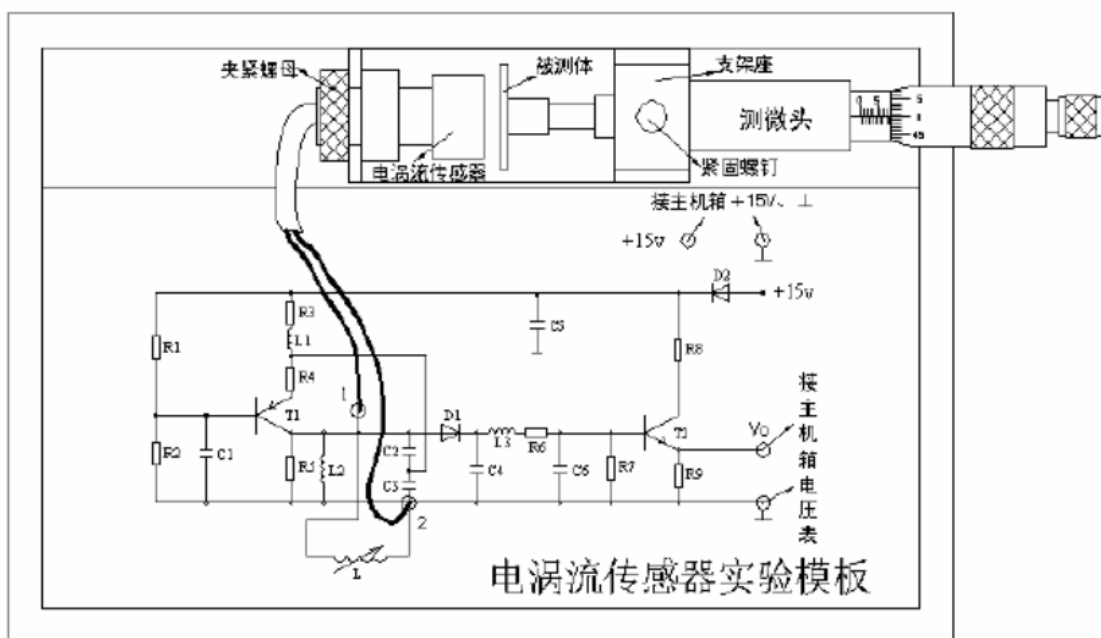
## 一、实验原理

交变电流的线圈产生交变磁场，当金属体处在交变磁场时，根据电磁感应原理，金属体内产生电流，该电流在金属体内自行闭合，并呈旋涡状，故称为涡流。涡流的大小与金属导体的电阻率、导磁率、厚度、线圈激磁电流频率及线圈与金属体表面的距离 $x$ 等参数有关。电涡流的产生必然要消耗一部分磁场能量，从而改变激磁线圈阻抗，涡流传感器就是基于这种涡流效应制成的。电涡流工作在非接触状态（线圈与金属体表面不接触），当线圈与金属体表面的距离 $x$ 以外的所有参数一定时可以进行位移测量。

## 二、实验设备

主机箱、电涡流传感器实验模板、电涡流传感器、测微头、被测体（铁圆片）。

## 三、实验步骤

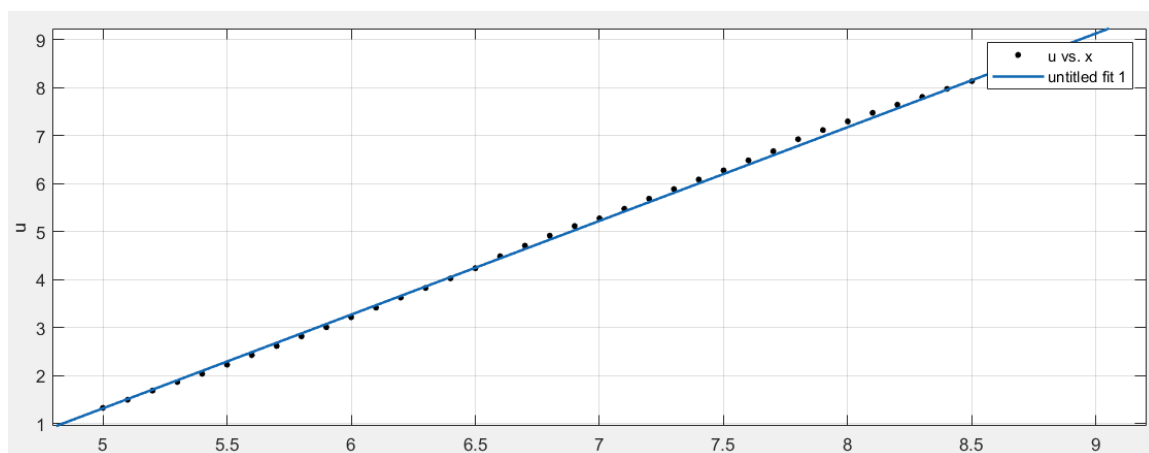


- 1、观察传感器结构，这是一个平绕线圈。根据图安装测微头、被测体、电涡流传感器并接线。
- 2、调节测微头使被测体与传感器端部接触，将电压表显示选择开关切换到20V档，检查接线无误后开启主机箱电源开关，记下电压表读数，然后每隔0.1mm 读一个数，直到输出几乎不变为止。将数据列入表。
- 3、画出 $V-x$ 曲线，根据曲线找出线性区域及进行正、负位移测量时的最佳工作点（即曲线线

性段的中点)。试计算测量范围为1mm与3 mm时的灵敏度和线性度(可以用端基法或其它拟合直线)。实验完毕, 关闭电源。

X (mm)	5	5.1	5.2	5.3	5.4	5.5	5.6	5.7	5.8	5.9
V (v)	1.33	1.5	1.69	1.87	2.04	2.23	2.43	2.62	2.82	3.01
X (mm)	6	6.1	6.2	6.3	6.4	6.5	6.6	6.7	6.8	6.9
V (v)	3.22	3.42	3.63	3.83	4.03	4.24	4.49	4.71	4.92	5.12
X (mm)	7	7.1	7.2	7.3	7.4	7.5	7.6	7.7	7.8	7.9
V (v)	5.28	5.48	5.69	5.89	6.09	6.28	6.49	6.68	6.93	7.12
X (mm)	8	8.1	8.2	8.3	8.4	8.5	8.6	8.7	8.8	8.9
V (v)	7.3	7.48	7.65	7.81	7.98	8.14	8.29	8.44	8.58	8.72
X (mm)	9	9.1	9.2	9.3	9.4	9.5	9.6	9.7	9.8	9.9
V (v)	8.86	8.99	9.11	9.23	9.34	9.45	9.57	9.67	9.77	9.87
X (mm)	10	10.1	10.2	10.3	10.4	10.5	10.6	10.7	10.8	10.9
V (v)	9.96	10.4	10.13	10.21	10.28	10.35	10.42	10.5	10.56	10.62
X (mm)	11	11.1	11.2	11.3	11.4	11.5	11.6	11.7	11.8	11.9
V (v)	10.67	10.73	10.78	10.84	10.89	10.94	10.98	11.02	11.06	11.08
X (mm)	12	12.1	12.2	12.3	12.4	12.5	12.6	12.7	12.8	12.9
V (v)	11.12	11.14	11.16	11.18	11.2	11.21	11.22	11.23	11.23	11.24

## 四、实验分析与思考题



由实验散点图可知, 线性区域可取5-9mm部分拟合, 记位移为x, 电压为y, 由MATLAB拟合可以得到两者之间的关系为:

$$y = 1.954x - 8.452$$

由拟合曲线可以看出误差最大点大概在 7, 5.28, 因此非线性误差为:



$$\Delta m = 0.028$$

$$yFs = 4$$

$$\xi = \frac{\Delta m}{yFs} * 100\% = 0.69\%$$

系统灵敏度为：

$$S = \frac{\Delta U}{\Delta W} = 1.954$$

1、电涡流传感器的量程与哪些因素有关，如果需要测量 $\pm 5\text{mm}$  的量程应如何设计传感器？

一般来说金属导体的电阻率  $c$ ，厚度  $t$ ，线圈的励磁电流角频率  $w$  以及线圈与金属块之间的距离  $x$  等参数会影响传感器的量程。

## 霍尔传感器位移实验

### 一、实验目的

了解霍尔式传感器的结构、工作原理，学会用霍尔传感器做静态位移测试。

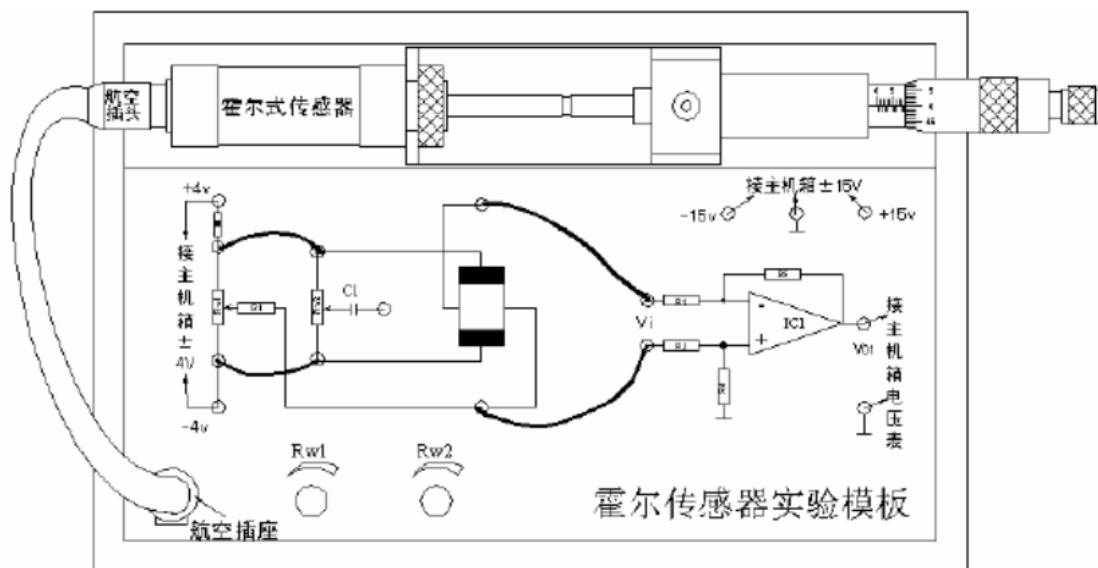
### 二、实验原理

霍尔式传感器是由工作在两个环形磁钢组成的梯度磁场和位于磁场中的霍尔元件组成。当霍尔元件通以恒定电流时，霍尔元件就有电势输出。霍尔元件在梯度磁场中上、下移动时，输出的霍尔电势  $V$  取决于其在磁场中的位移量  $x$ ，所以测得霍尔电势的大小便可获知霍尔元件的静位移。

### 三、实验设备

主机箱、霍尔传感器实验模板、霍尔传感器、测微头。

#### 四、实验步骤



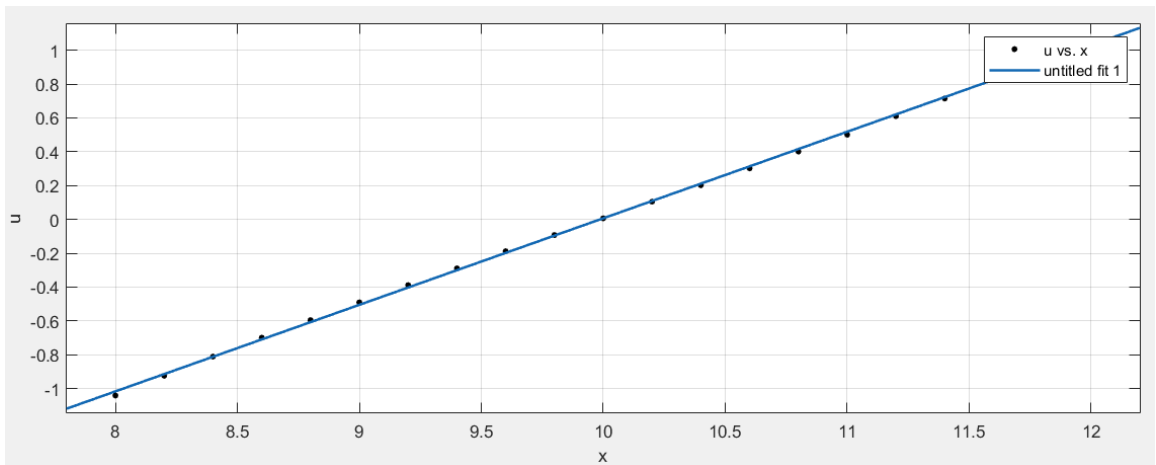
- 1、按图示意图接线(实验模板的输出Vo1接主机箱电压表的Vin)，将主机箱上的电压表量程(显示选择)开关打到2v档。
- 2、检查接线无误后，开启电源，调节测微头使霍尔片处在两磁钢的中间位置，再调节Rw1使数显表指示为零。
- 3、向某个方向调节测微头2mm位移，记录电压表读数作为实验起始点;再反方向调节测微头，每增加0.2mm记下一个读数（建议做4mm位移），将读数填入表中  
起始位置为5mm处，先右移到7mm处，然后依次左移到3mm处

X (mm)	12	11.8	11.6	11.4	11.2	11	10.8	10.6	10.4	10.2
V (mv)	1.055	0.937	0.825	0.715	0.61	0.501	0.401	0.302	0.202	0.105
X (mm)	9.8	9.6	9.4	9.2	9	8.8	8.6	8.4	8.2	8
V (mv)	— 0.092	— 0.188	— 0.289	— 0.388	— 0.49	— 0.595	— 0.699	— 0.811	— 0.924	— 1.041

记位移为 $x$ ,电压为 $y$ ,由MATLAB拟合可以得到两者之间的关系为:

$$y = 0.5116x - 5.109$$

由拟合曲线可以看出误差最大点大概在 9.2, -0.388, 因此



非线性误差为：

$$\Delta m = 0.0279$$

$$yFs = 4$$

$$\xi = \frac{\Delta m}{yFs} * 100\% = 0.698\%$$

系统灵敏度为：

$$S = \frac{\Delta U}{\Delta W} = 0.5116$$

## 五、实验分析与思考题

本实验中霍尔元件位移的线性度实际上反映的是什么量的变化？

由霍尔传感器的工作原理  $U=KIB$  知, 霍尔元件实际感应的是所在位置的磁场强度  $B$  的大小。实验中, 霍尔元件的线性实际上反映了空间磁场的线性分布, 揭示了元件测量处磁场的线性分布。