



東南大學
SOUTHEAST UNIVERSITY

《传感器技术》

实验报告

姓名： 白丰硕

学号： 71116233

同组： 马欣宇

学号： 71116302

东南大学计算机科学与工程学院、软件学院

School of Computer Science & Engineering

College of Software Engineering

Southeast University

二〇一九年五月十六日

实验一 金属箔式应变片——单臂电桥性能实验	
一、实验目的.....	3
二、基本原理.....	3
三、实验器材.....	3
四、实验步骤.....	4
五、实验数据记录及分析.....	4
六、思考题.....	5
实验三 金属箔式应变片——全桥性能实验	6
一、实验目的.....	6
二、基本原理.....	6
三、实验器材.....	6
四、实验步骤.....	6
五、实验数据记录及分析.....	7
六、思考题.....	8
实验四 差动变压器的性能实验	9
一、实验目的.....	9
二、基本原理.....	9
三、实验器材.....	9
四、实验步骤.....	9
五、实验数据记录及分析.....	10
六、思考题.....	10
实验五 电容式传感器的位移实验	11
一、实验目的.....	11
二、基本原理.....	11
三、实验器材.....	11
四、实验步骤.....	11
五、实验数据记录及分析.....	12
六、思考题.....	12
实验六 压阻式压力传感器的压力测量实验	13
一、实验目的.....	13
二、基本原理.....	13
三、实验器材.....	13
四、实验步骤.....	13
五、实验数据记录及分析.....	14
实验十 光电转速传感器的转速测量实验	15
一、实验目的.....	15
二、基本原理.....	15
三、实验器材.....	15
四、实验步骤.....	15
五、实验数据记录及分析.....	16
六、思考题.....	16

实验一 金属箔式应变片单臂电桥性能实验

一、实验目的

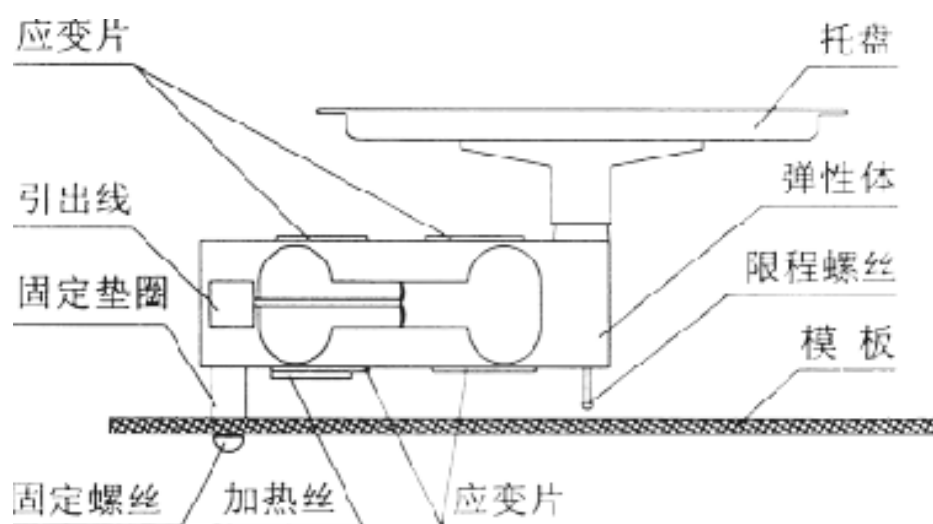
了解金属箔式应变片的应变效应及单臂电桥工作原理和性能。

二、基本原理

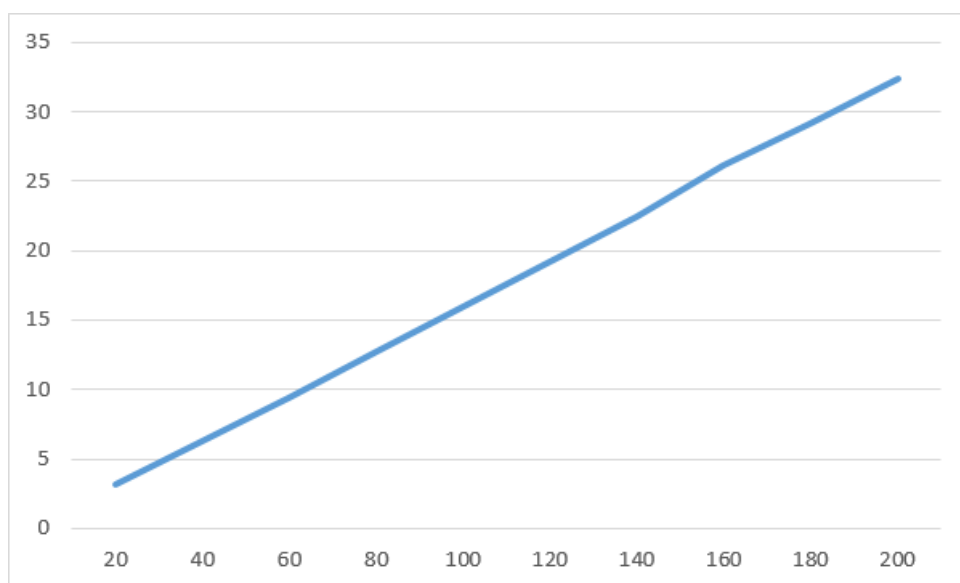
电阻丝在外力作用下发生机械形变时，其电阻值发生变化，这就是电阻应变效应。描述电阻应变效应的关系式为： $\Delta R/R = K\varepsilon$ 式中： $\Delta R/R$ 为电阻丝电阻相对变化， K 为应变灵敏系数， $\varepsilon = \Delta L/L$ 为电阻丝长度相对变化。金属箔式应变片就是通过光刻、腐蚀等工艺制成的应变敏感元件，通过它反映被测部位受力状态的变化。电桥的作用是完成电阻到电压的比例变化，电桥的输出电压反映了相应的受力状态。单臂电桥输出电压 $U_{ol} = EK\varepsilon/4$ 。

三、实验器材

主机箱、应变传感器实验模板、托盘、砝码、万用表、导线等。



实验曲线如下所示:



分析：由图可以看出，输出电压与加载的重量基本成线性关系，

根据表中数据计算系统的灵敏度 $S = \Delta U / \Delta W$ （ ΔU 为输出电压变化量，

ΔW 为重量变化量）和非线性误差 $\delta = \frac{\Delta y_{\max}}{y_{FS}} \times 100\%$ ，式中 Δy_{\max} 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} 为满量程输出值，此处为 32.4mV。

$$\Delta U = 32.4\text{mV}, \quad \Delta W = 200\text{g},$$

$$\text{所以 } S = \frac{32.4}{200} = 0.162 \text{ mV/g}$$

$$\Delta y_{\max} = 0.5023\text{mV}, \quad y_{FS} = 32.4\text{mV},$$

$$\text{所以 } \delta = \frac{0.5023}{32.4} \times 100\% = 1.55\%$$

六、思考题

单臂电桥工作时，作为桥臂电阻的应变片应选用：

- （1）正（受拉）应变片；
- （2）负（受压）应变片；
- （3）正、负应变片均可以。

应变片受拉，所以选（1）正应变片。

实验三 金属箔式应变片——全桥性能实验

一、实验目的

了解全桥测量电路的优点

二、基本原理

全桥测量电路中，将受力方向相同的两应变片接入电桥对边，相反的应变片接入电桥邻边。当应变片初始阻值 $R_1=R_2=R_3=R_4$ 、其变化值

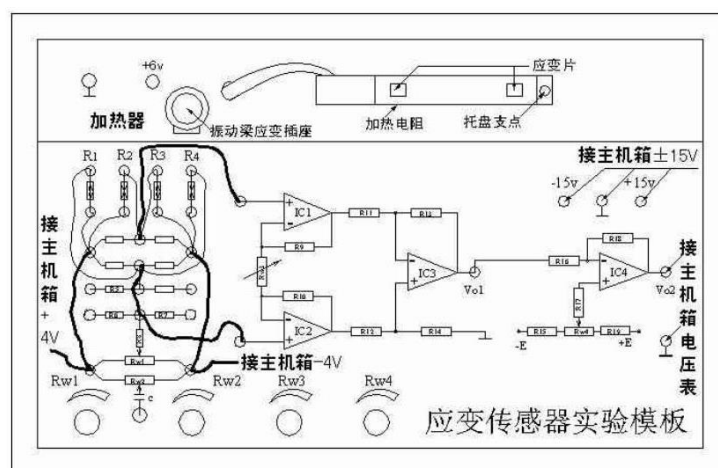
$\Delta R_1=\Delta R_2=\Delta R_3=\Delta R_4$ 时，其桥路输出电压 $U_{o3} = EK\varepsilon$ 。其输出灵敏度比半桥又提高了一倍，非线性误差和温度误差都得到了改善。

三、实验器材

主机箱、应变传感器实验模板、托盘、砝码、万用表、导线等。

四、实验步骤

1.根据接线示意图安装接线。

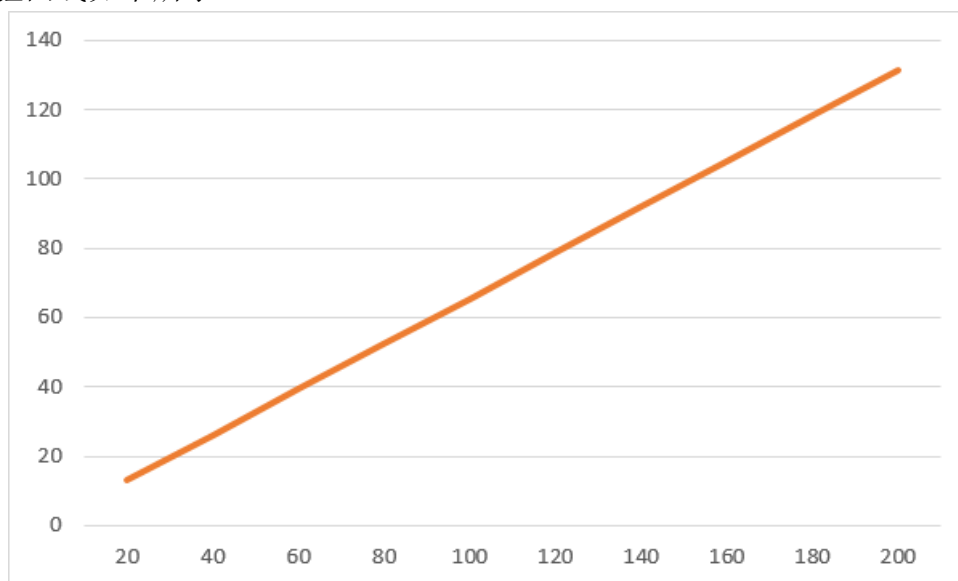


五、实验数据记录及分析

数据记录如下表所示：

重量 (g)	20	40	60	80	100	120	140	160	180	200
电压 (mv)	12.9	26.0	39.2	52.3	65.5	78.9	92.1	105.2	118.4	131.6

实验曲线如下所示：



分析：从图中可见，数据点基本在拟合曲线上，线性比半桥进一步提高。

根据表中数据计算系统的灵敏度 $S = \Delta U / \Delta W$ (ΔU 为输出电压变化量，

ΔW 为重量变化量) 和非线性误差 $\delta = \frac{\Delta y_{\max}}{y_{FS}} \times 100\%$ ，式中 Δy_{\max} 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} 为满量程输出值，此处为 131.6 mv。

$$\Delta U = 131.6 \text{ mv}, \quad \Delta W = 200 \text{ g},$$

$$\text{所以 } S = \frac{131.6}{200} = 0.658 \text{ mv/g}$$

$$\Delta y_{\max} = 0.2106 \text{ mv}, \quad y_{FS} = 131.6 \text{ mv},$$

$$\text{所以 } \delta = \frac{0.2106}{131.6} \times 100\% = 0.16\%$$

六、思考题

1.测量中，当两组对边电阻值 R 相同时，即 $R_1=R_3$ ， $R_2=R_4$ ，而 $R_1 \neq R_2$ 时，是否可以组成全桥：（1）可以；（2）不可以。

不可以。

2.某工程技术人员在进行材料拉力测试时在棒材上贴了两组应变片，能否及如何利用四组应变片组成电桥，是否需要外加电阻。

能够利用它们组成电桥。对于左边一副图，可以任意选取两个电阻接入电桥的对边，则输出为两倍的横向应变，如果已知泊松比则可知纵向应变。对于右边的一幅图，可以选取 R_3 、 R_4 接入电桥对边，则输出为两倍的纵向应变。两种情况下都需要接入与应变片阻值相等的电阻组成电桥。

3.金属箔式应变片单臂、半桥、全桥性能比较。比较单臂、全桥输出时的灵敏度和非线性度，根据实验结果和理论分析，阐述原因，得出相应的结论。

根据实验结果可知：灵敏度：全桥>单臂

非线性度：单臂>全桥

理论上：灵敏度：单臂 $S = \frac{E}{4}$ ，全桥 $S = E$ 。

非线性度：单臂 $\delta = \left| \frac{K\varepsilon}{2 + K\varepsilon} \right| \times 100\%$ ，全桥 $\delta = 0$ 。

原因：全桥能使相邻两臂的传感器有相同的温度特性，达到消除温度误差的效果。同时还能消除非线性误差。

结论：利用差动技术，能有效地提高灵敏度、降低非线性误差、有效地补偿温度误差。

4.金属箔式应变片的温度影响。电阻应变片的温度影响主要有两个方面：敏感栅丝的温度系数与弹性体的线膨胀系数不一致而产生的附加应变。当温度变化时，机试被测物体受力状态不变，输出也会有变化。

（4）如何消除金属箔式应变片的温度影响？

利用温度补偿片或采用全桥测量。

实验四 差动变压器的性能实验

一、实验目的

了解差动变压器的工作原理和特性。

二、基本原理

差动变压器由一只初级线圈和二只次级线圈及一个铁芯组成，根据内外层排列不同，有两段式和三段式，本实验采用三段式。当被测物体移动时差动变压器的铁芯也随着轴向位移，从而使初级线圈和次级线圈之间的互感发生变化促使次级线圈感应电势产生变化。将两只次级反向串接，引出差动电势输出。其输出电势反映出被测物体的移动量。

三、实验器材

主机箱、差动变压器、差动变压器实验模板、测微头、双踪示波器、万用表。

四、实验步骤

1.按照接线图连接线路。

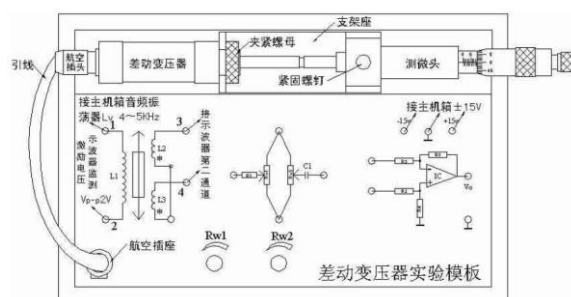


图 3-3 差动变压器性能实验模板、接线图

2.差动变压器 L1 的激励电压从主机箱中的音频振荡器的 L_v 端引入，音频振荡器的频率为 4~5KHz，输出峰峰值为 2V。

3.松开测微头的紧固螺钉，移动测微头的安装套使变压器次级输出的 V_{p-p} 较小。

然后拧紧螺钉，仔细调节测微头的微分筒使变压器的次级输出 V_{p-p} 为最小值（零点残余电压），定义为位移的相对零点。

4.从零点开始旋动测微头的微分筒，每隔 0.2mm 从示波器上读出示波器的输出电压 V_{p-p}，记入表格中。

一个方向结束后，退到零点反方向做相同的实验。

5.根据测得数据画出 V_{op-p}—X 曲线，做出位移为 ±1mm、±3mm 时的灵敏度

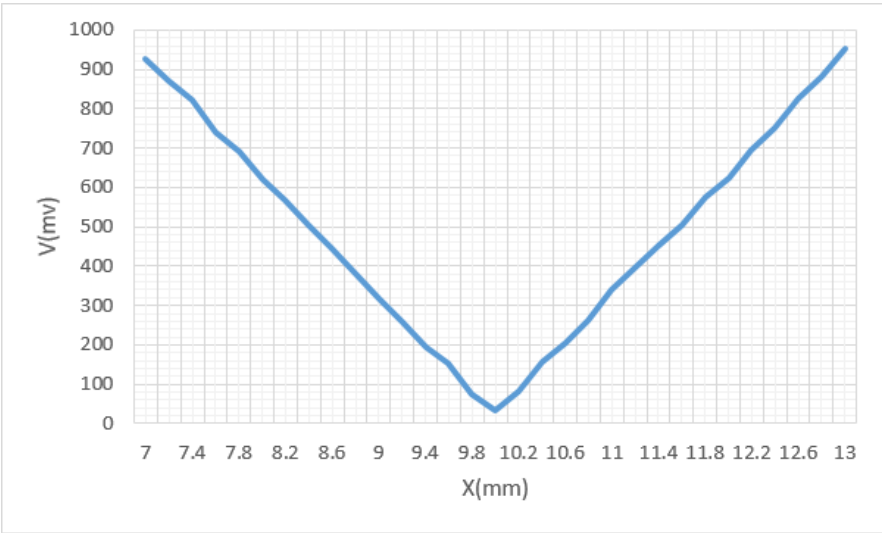
和非线性误差。

五、实验数据记录及分析

数据表格如下：

X(mm)	34	82	157	206	260	341	396	451
V(mv)	10.0	10.2	10.4	10.6	10.8	11.0	11.2	11.4
X(mm)	505	574	625	696	751	826	882	952
V(mv)	11.6	11.8	12.0	12.2	12.4	12.6	12.8	13.0
X(mm)	75	153	195	257	319	382	444	506
V(mv)	9.8	9.6	9.4	9.2	9.0	8.8	8.6	8.4
X(mm)	567	621	692	739	821	872	927	
V(mv)	8.2	8.0	7.8	7.6	7.4	7.2	7.0	

实验曲线如下：



分析：从图中可见，曲线基本呈线性，关于 $x=0$ 对称的，在零点时存在一个零点误差。

$$X=\pm 1\text{mm 时}, \Delta U = 307\text{mv}, \Delta X = 1\text{mm}, S = \frac{\Delta U}{\Delta X} = 307\text{mv/mm}$$

$$\Delta y_{\max} = 7.8\text{mv}, y_{FS} = 952\text{mv}, \text{ 所以 } \delta = \frac{7.8}{952} \times 100\% = 0.82\%$$

六、思考题

1.用差动变压器测量，振动频率的上限受什么影响？

受导线的集肤效应和铁损等的影响，若频率过大会导致灵敏度下降。

2.试分析差动变压器与一般电源变压器的异同？

相同点：利用电磁感应原理工作。

不同点：差动变压器为开磁路，一、二次侧间的互感随衔铁移动而变，且两个绕组按差动方式工作；一般变压器为闭合磁路，一、二次侧间的互感为常数。

实验五 电容式传感器的位移实验

一、实验目的

了解电容式传感器结构及其特点。

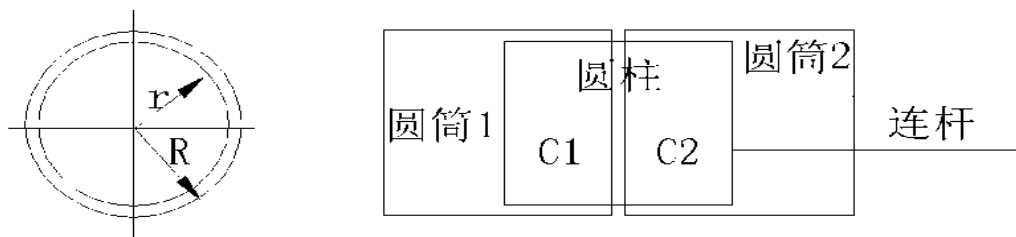
二、基本原理

利用电容 $C = \epsilon A / d$ 的关系式，通过相应的结构和测量电路，可以选择 ϵ 、 A 、 d 三个参数中保持二个参数不变，而只改变其中一个参数，就可以组成测介质的性质（ ϵ 变）、测位移（ d 变）和测距离、液位（ A 变）等多种电容传感器。本实验采用的传感器为圆筒式变面积差动结构的电容式位移传感器，如图 3-6 所示：由二个圆筒和一个圆柱组成。设圆筒的半径为 R ；圆柱的半径为 r ；圆柱的长为 x ，则电容量为 $C = \epsilon_0 x / \ln(R / r)$ 。图中 C_1 、 C_2 是差动连接，当图中的圆柱产生 X 位移时，电容量的变化量为 $C = C_1 - C_2 = \epsilon_0 2 X / \ln(R / r)$ ，式中 ϵ_0 、 $\ln(R / r)$ 为常数，说明 C 与位移 X 成正比，配上配套测量电路就能测量位移。

三、实验器材

主机箱、电容传感器、电容传感器实验模板、测微头。

四、实验步骤



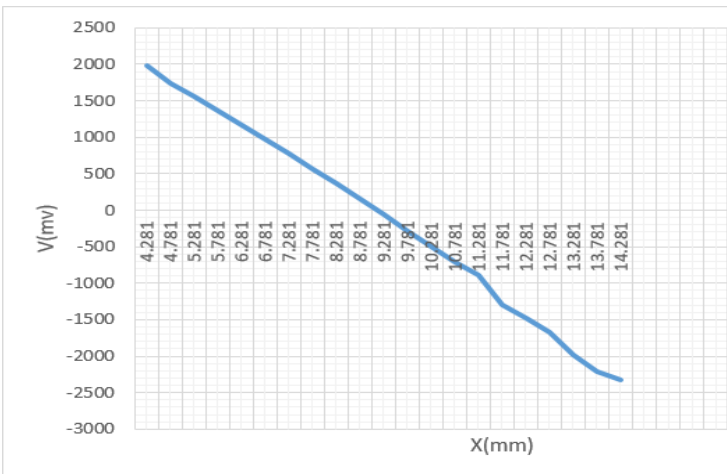
1. 按图将电容传感器装于电容传感器实验模板上，实验模板的输出 V_{o1} 接主机箱电压表的 V_{in} 。
2. 将实验模板上的 R_w 调节到中间（方法：逆时针转到底再顺时针转 3 圈）。
3. 将主机箱上的电压表量程（显示选择）开关打到 2 v 档，合上主机箱电源开关；旋转测微头改变电容传感器的动极板位置使电压表显示 0，再转动测微头 5 圈，记录此时测微头读数和电压表显示值，此点为实验起点值；
4. 反方向每转动测微头 1 圈即 $\Delta X = 0.5 \text{ mm}$ 位移读取电压表读数，共转 10 圈读取相应的电压表读数（单行程位移方向做实验可以消除回差）；

五、实验数据记录及分析

实验数据如下：

X(mm)	4.281	4.781	5.281	5.781	6.281	6.781	7.281	7.781	8.281	8.781	9.281
V(mv)	1988	1741	1553	1370	1169	966	772	569	361	155	-50
X(mm)	9.781	10.281	10.781	11.281	11.781	12.281	12.781	13.281	13.781	14.281	
V(mv)	-281	-498	-702	-884	-1290	-1473	-1670	-1980	-2210	-2331	

实验曲线如下



计算电容传感器的系统灵敏度 S 和非线性误差 δ

$$\Delta U = 4319 \text{mv}, \Delta X = 10 \text{mm}, S = \frac{\Delta U}{\Delta X} = 431.9 \text{mv/mm}$$

$$\Delta x = 100 \text{mm}, y_{FS} = 4319 \text{mm}, \delta = \frac{\Delta x}{\Delta y_{FS}} \times 100\% = 2.3\%$$

六、思考题

试设计利用 ϵ 的变化测谷物湿度的传感器原理及结构？能否叙述一下在设计中应考虑哪些因素？

由于是测谷物的湿度的，当此传感器放在谷物里面时，根据谷物的呼吸作用，用传感器检测呼吸作用的水分程度，从而判断出谷物的湿度，当电容的 S 与 D 为恒定值时 $C=f(\epsilon)$ ，稻谷的含水率不同，介电常数也不同，可确定谷物含水率，传感器为两个板，谷物从传感器之间穿过。在设计过程中应考虑：感应器是否于谷物接触的充分、谷物是否均匀的从传感器之间穿过，而且要注意直板传感器的边缘效应。

实验六 压阻式压力传感器的压力测量实验

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、基本原理

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、实验器材

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，根据图二连接管路和电路（主机箱内的气源部分，压缩泵、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 U_0+ ，3 端接 +4V 电源，4 端为 U_0- ，接线见图 9-2。

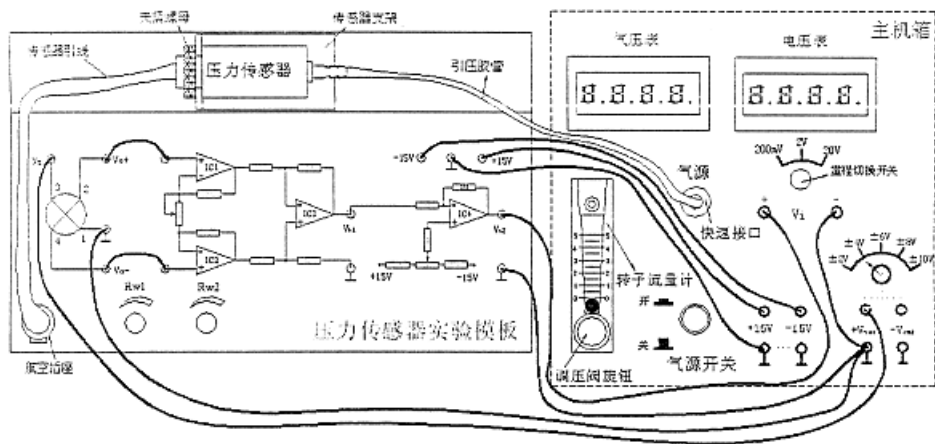


图 9—2 压阻式压力传感器测压实验安装、接线示意图

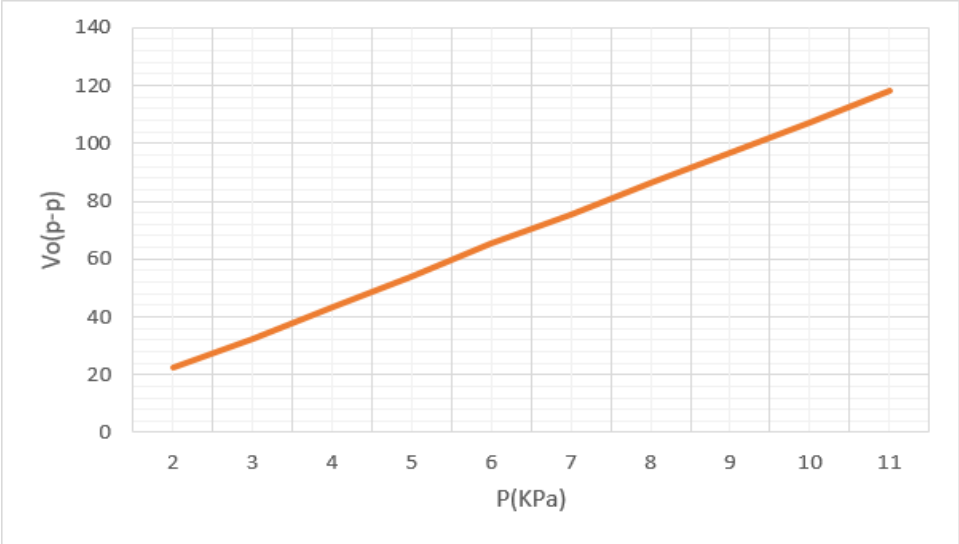
- 2、实验模板上 RW2 用于调节放大器零位，RW1 调节放大器增益。按图 9-2 将实验模板的放大器输出 V02 接到主机箱(电压表)的 Vin 插孔，将主机箱中的显示选择开关拨到 2V 档，合上主机箱电源开关，RW1 旋到满度的 1 / 3 位置(即逆时针旋到底再顺时针旋 2 圈)，仔细调节 RW2 使主机箱电压表显示为零。
- 3、输入气压，压力上升到 4Kpa 左右时调节调节 Rw2（低限调节），，使电压表显示为相应的 0.4V 左右。再仔细地反复调节旋钮使压力上升到 19Kpa 左右时调节差动放大器的增益电位器 Rw1（高限调节），使电压表相应显示 1.9V 左右。
- 4、再使压力慢慢下降到 4Kpa，调节差动放大器的调零电位器，使电压表显示为相应的 0.400V。再仔细地反复调节汽源使压力上升到 19Kpa 时调节差动放大器的增益电位器，使电压表相应显示 1.900V。
- 5、重复步骤 4 过程，直到认为已足够精度时仔细地逐步调节流量计旋钮，使压力在 4—19KPa 之间变化，每上升 3KPa 气压分别读取电压表读数。

五、实验数据记录及分析

数据记录如下表所示：

P (KPa)	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Vo(p-p)	22.3	32.4	43.4	54.1	65.5	75.3	86.4	96.7	107.3	118.2

实验曲线如下所示：



实验十 光电转速传感器的转速测量实验

一、实验目的

了解光电转速传感器测量转速的原理和方法。

二、基本原理

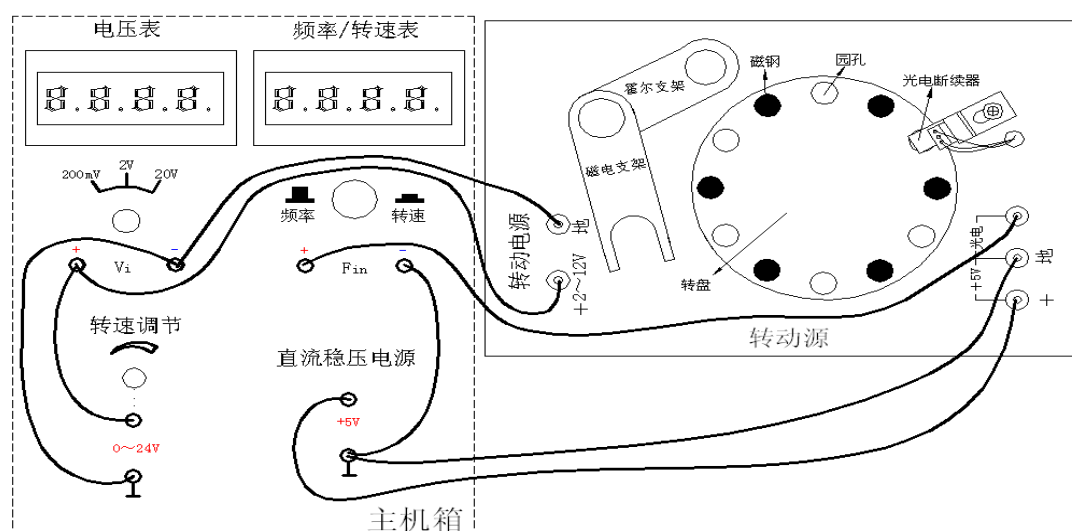
光电式转速传感器有反射型和透射型两种。

本实验装置是透射型的（光电断续器），传感器端部二内侧分别装有发光管和光电管，发光管发出的光源透过转盘上通孔后由光电管接收转换成电信号，由于转盘上有均匀间隔的 6 个孔，转动时将获得与转速有关的脉冲数，将脉冲计数处理即可得到转速值。

三、实验器材

主机箱、转动源、光电转速传感器——光电断续器（已装在转动源上）。

四、实验步骤



- 1、将主机箱中的转速调节 0~24V 旋钮扭到最小（逆时针旋到底）并接上电压表；再按图所示接线。将主机箱中频率/转速表的切换开关切换到转速处。
- 2、检查接线无误后，合上主机箱电源开关。
在小于 12V 的范围内（电压表监测），调节主机箱的转速调节电源（即调节

电机电枢电压)，观察电机转动及转速表的显示情况。

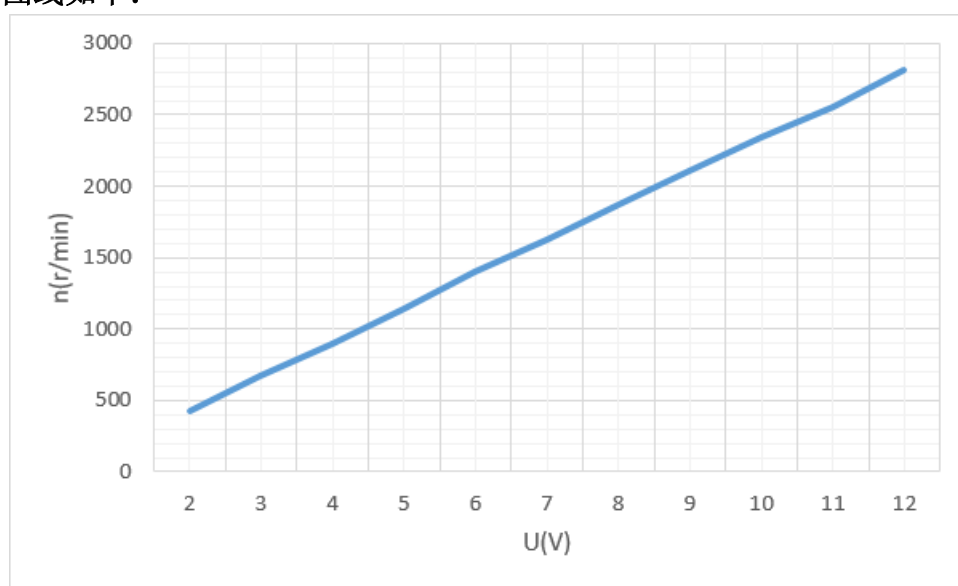
3、从 2v 开始每增加 1v 记录相应电机转速的数据（待转速表显示比较稳定后读取数据）。

五、实验数据记录及分析

实验数据如下：

电压(v)	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
转速(RPM)	430	670	900	1140	1400	1620	1870	2110	2340	2560	2810

实验图线如下：



六、思考题

1. 已进行的实验中用了多种传感器测量转速，试分析比较一下哪种方法最简单、方便。

开关式霍尔传感器是线性霍尔元件的输出信号经放大器放大，再经施密特电路整形成矩形波输出的传感器；磁电传感器是一种将被测物理量转换为感应电动势的有源传感器，与开关式霍尔传感器一样，磁电传感器测速也要求齿轮上装磁体，且测量很低的转速是都会很低；本实验装置是透射型的光电传感器，传感器内侧分别装有发光管和光电管，发光管发出的光源透过转盘上的通孔后又光电管接收转换为电信号，由于转盘上有均匀的孔，转动时将获得与转速有关的脉冲数，脉冲经过处理由频率表显示 f ，即可得到转速 $n=10f$ ，该方法比较简单方便。