



# 传感器与检测技术实验指导

---

长安大学

自动化与交通控制工程实验教学中心



# 目录

---

- 仪器介绍
- 使用说明
- 实验内容



# 传感器实验仪器介绍

---

**CSY10B**



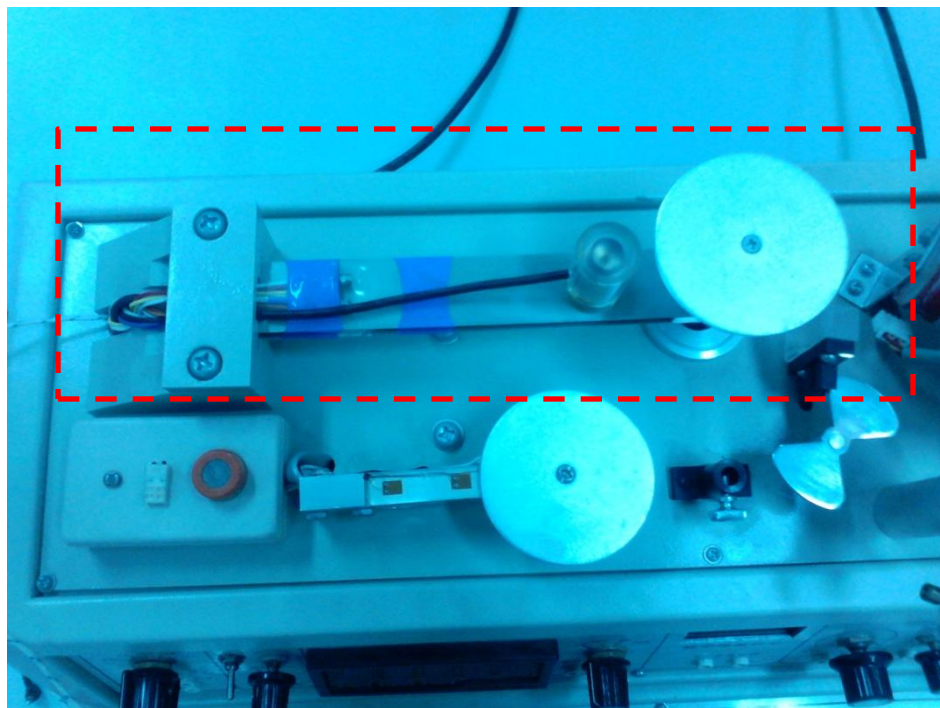
# 实验仪组成

---

- 实验工作台
- 处理电路
- 信号与显示电路

# 仪器介绍——实验工作台

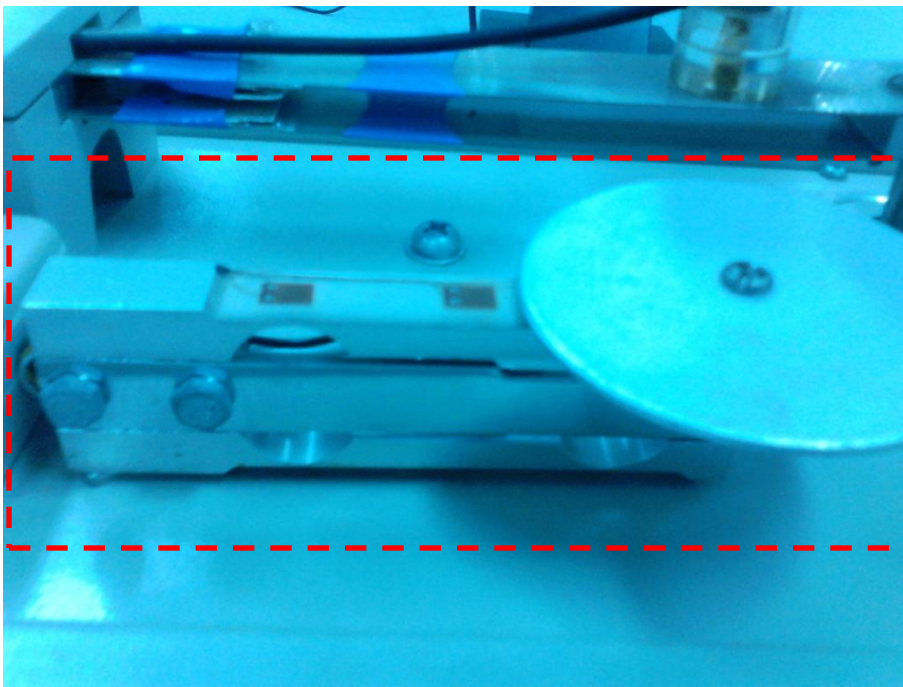
## ■ 1. 平行式悬臂梁



上梁的上表面装有应变式、热敏式、P-N结温度式、热电式和压电加速度五种传感器。平行梁上梁的上表面和下梁的下表面对应地贴有半导体式应变片

# 仪器介绍——实验工作台

## ■ 2. 双孔悬臂梁称重传感器

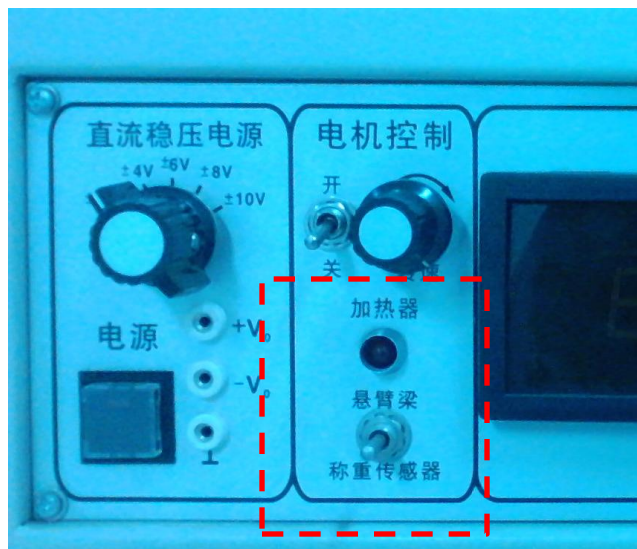


双孔称重传感器上下两面圆孔薄臂处贴有四片金属箔式应变片。中间厚臂处上下两片为温度补偿片

# 仪器介绍——实验工作台

## ■ 3. 加热器及热电偶

左边悬臂梁之间装有电加热器一组，打开加热开关即能加热，工作时能获得高于室内温度 $30^{\circ}\text{C}$ 左右的升温，达到热平衡的时间随环境温度高低而不同。



# 仪器介绍—— 实验工作台

## ■ 4. 圆盘式工作台

电感式传感器（差动变压器）

电容式传感器

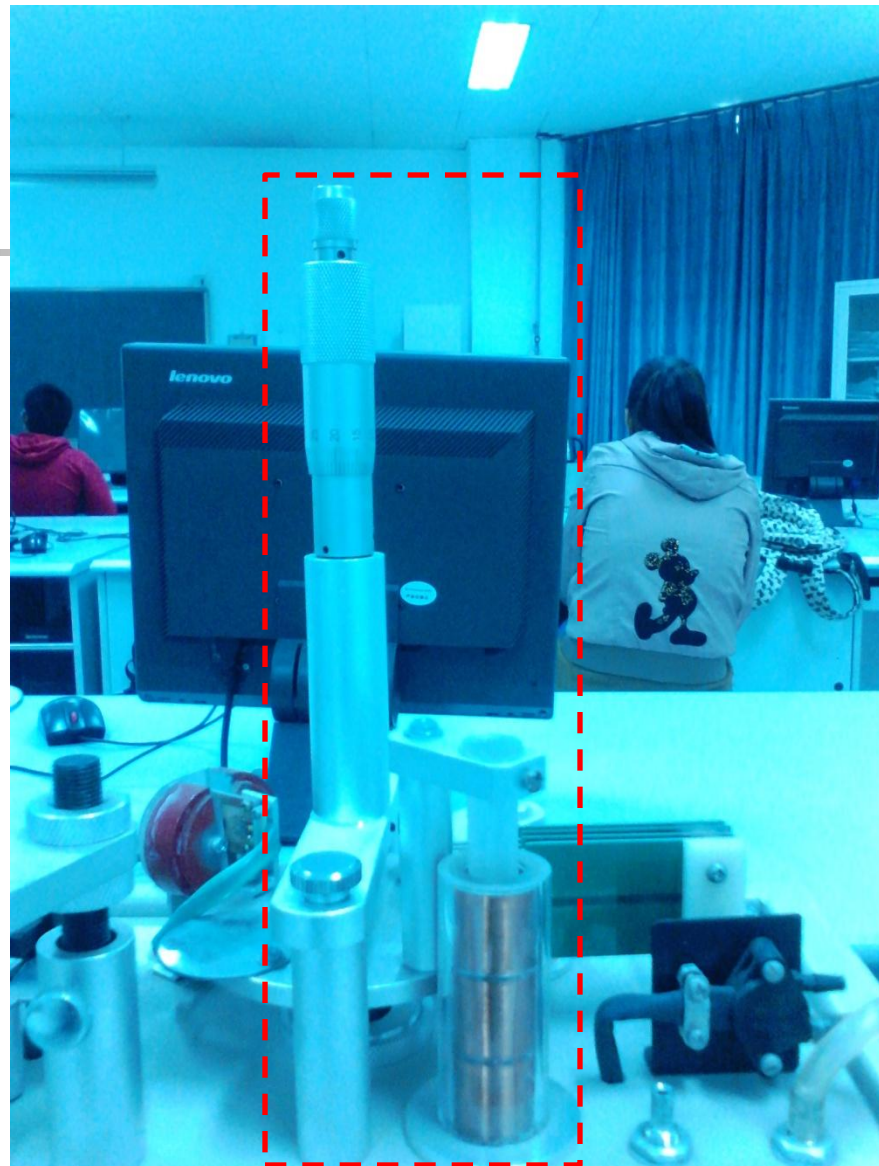
磁电式传感器

霍尔式传感器、

电涡流式传感器

压阻式传感器

测微头（振动平台测微仪）





# 仪器介绍——信号及仪表显示

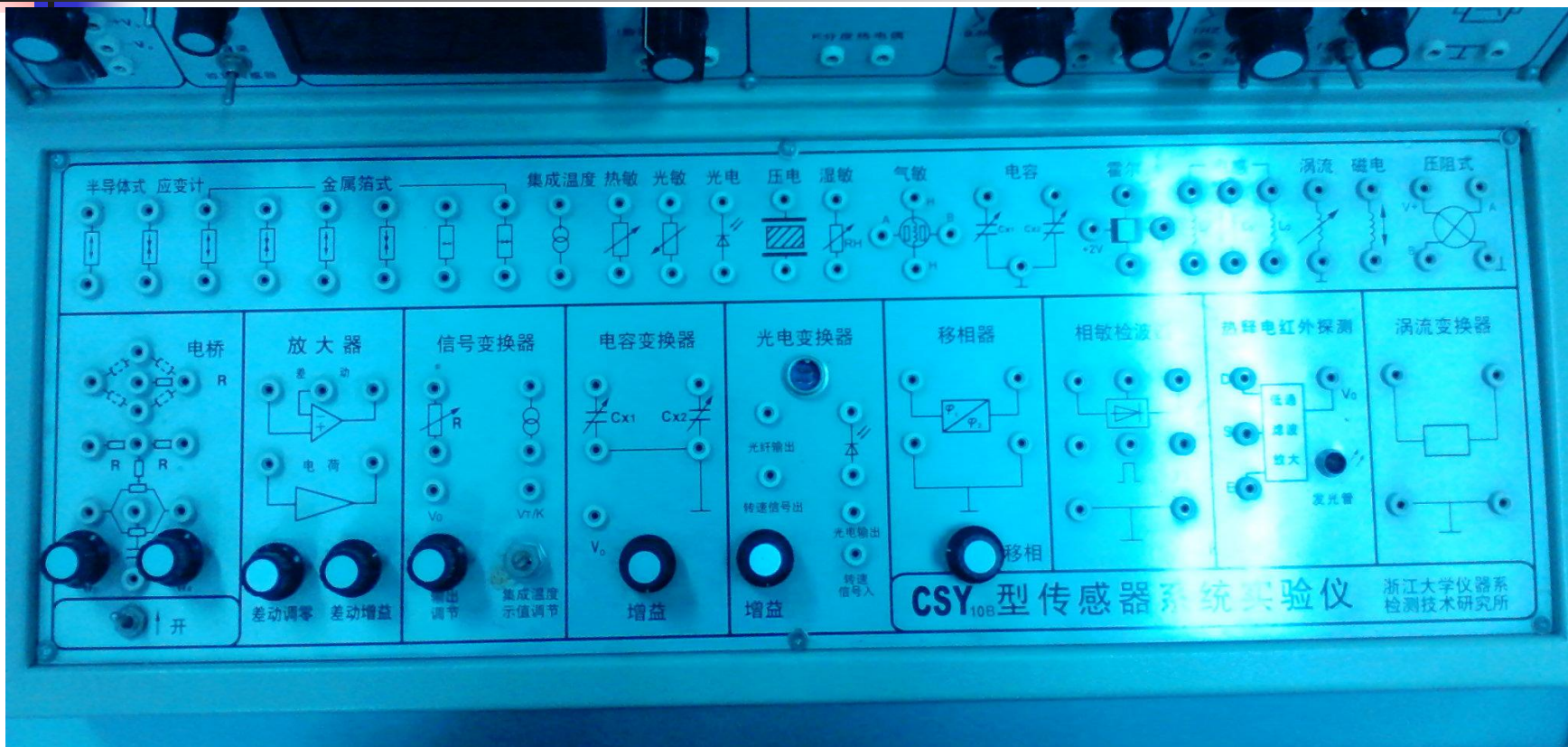


- 稳压电源 电压/频率表

# 仪器介绍——信号及仪表显示



# 仪器介绍——处理电路





# 使用说明

---

- **CSY系列(CSY.CSY10.CSY10A.CSY10B)**  
传感器系统实验仪是用于检测仪表类课程教学实验的多功能教学仪器。其特点是集被测体、各种传感器、信号激励源、处理电路和显示器于一体，可以组成一个完整的测试系统。



# 使用说明

---

- 使用仪器时打开电源开关，检查交、直流信号源及显示仪表是否正常。仪器下部面板左下角处的开关控制处理电路的工作电源，进行实验时请勿关掉。
- 请用户注意，本仪器是实验性仪器，各电路完成的实验主要目的是对各传感器测试电路做定性的验证，而非工程应用型的传感器定量测试。  
。



# 使用说明

---

- 仪器带微机接口和实验软件的，数据采集卡已装入仪器中，其中A/D转换是12位转换器，无漏码最大分辨率1/2048（即0.05%），在此范围内的电压值可视为容许误差。所以建议在做小信号实验（如应变电桥单臂实验）时选用合适的量程（如200mv），以正确选取信号,减小误差。仪器后部的RS232接口请接计算机串行口工作。所接串口须与实验软件设置一致，否则计算机将收不到信号。



# 使用说明

---

- 实验时请非常注意实验指导书中实验内容后的“注意事项”，要在确认接线无误的情况下开启电源，尽量避免电源短路情况的发生，加热时“**15V**”电源不能直接接入应变片、热敏电阻和热电偶。实验工作台上各传感器部分如相对位置不太正确可松动调节螺丝稍作调整，原则上以按下振动梁松手，周边各部分能随梁上下振动而无碰擦为宜。



# 使用说明

---

- 附件中的称重平台是在实验工作台左边的悬臂梁旁的测微头取开后装于顶端的永久磁钢上方，铜质砝码做称重实验之用。实验开始前请检查实验连接线是否完好，以保证实验顺利进行。
- 本实验仪需防尘，以保证实验接触良好，仪器正常工作温度-10℃~40℃。





# 实验内容

---

实验一 电阻应变式传感器位移测量、  
温度补偿和性能比较

实验二 差动变压器的标定和振动测量

实验三 热电式传感器——热电偶



# 实验一

---

## 一、实验目地：

- 1、观察了解箔式和半导体式应变片的结构及粘贴方式。
- 2、在单臂情况下利用箔式或半导体式应变片测试应变梁变形的应变输出。
- 3、说明温度变化对应变测试系统的影响。
- 4、说明半导体应变计的灵敏度和温度效应。
- 5、通过实验比较两种应变电路的灵敏度与温度特性。
- 6、通过实验仪用A/D采集卡和实验软件对传感器测试系统测量到的电信号进行分析处理。



# 实验一

---

## 二、实验原理：

- 1、应变片是最常用的测力传感元件，要牢固地粘贴在测试体表面，当测件受力发生形变，应变片的电阻值也随之发生相应的变化。通过测量电路，转换成电信号输出显示。
- 2、电桥电路是最常用的非电量电测电路中的一种，当电桥平衡时，桥路对臂电阻乘积相等，电桥输出为零，在桥臂四个电阻使用一个、二个或四个应变片均会产生不同程度的电势差。



# 实验一

---

- 3、温度变化引起应变片阻值发生变化的原因是应变片电阻丝的温度系数及电阻丝与测试中的膨胀系数不同。由此引起测试系统输出电压发生变化。
- 4、用补偿片法是应变电桥温度补偿方法中的一种，由于补偿片所贴位置与工作片成 $90^\circ$ ，所以只感受温度变化，而不感受悬臂梁的应变。
- 5、由于材料的的不同，对于箔式应变片，主要是由形变引起电阻的变化。对于半导体应变计，主要由电阻率变化引起电阻的变化。由于半导体材料的“压阻效应”特别明显，可以反映出很微小的形变，电阻的变化灵敏度是箔式应变片的约50~80倍，但是受温度影响大。



# 实验一

---

## 三、实验所需部件：

直流稳压电源（ $\pm 4V$ 档）、电桥、差动放大器、箔式应变片、半导体应变片、测微头、（或双孔悬臂梁、称重砝码）、电压表、加热器、温度计（可用仪器中的P—N结温度传感器或热电偶作测温参考），微型计算机、打印机。



# 实验一

---

## 四、实验内容：

1. 箔式应变片性能——单臂电桥
2. 半导体应变计性能
3. 箔式应变片与半导体应变片性能比较
4. 箔式应变片的温度效应
5. 箔式应变电路的温度补偿



# 实验一

---

## 五、实验步骤（1-12）：

- 1、差动放大器调零。开启仪器电源，差动放大器增益置为**100**倍（顺时针方向旋到底），“+、-”输入端用实验线对地短路。输出端接数字电压表（档位**2V**），用“调零”电位器调整差动放大器输出电压为零，然后拔掉实验线。调零后电位器位置不要变化。
- 2、按图2将实验部件用实验线连接成测试桥路，**R**为金属箔式应变片（可任选上、下梁中的一片工作片）。

# 实验一

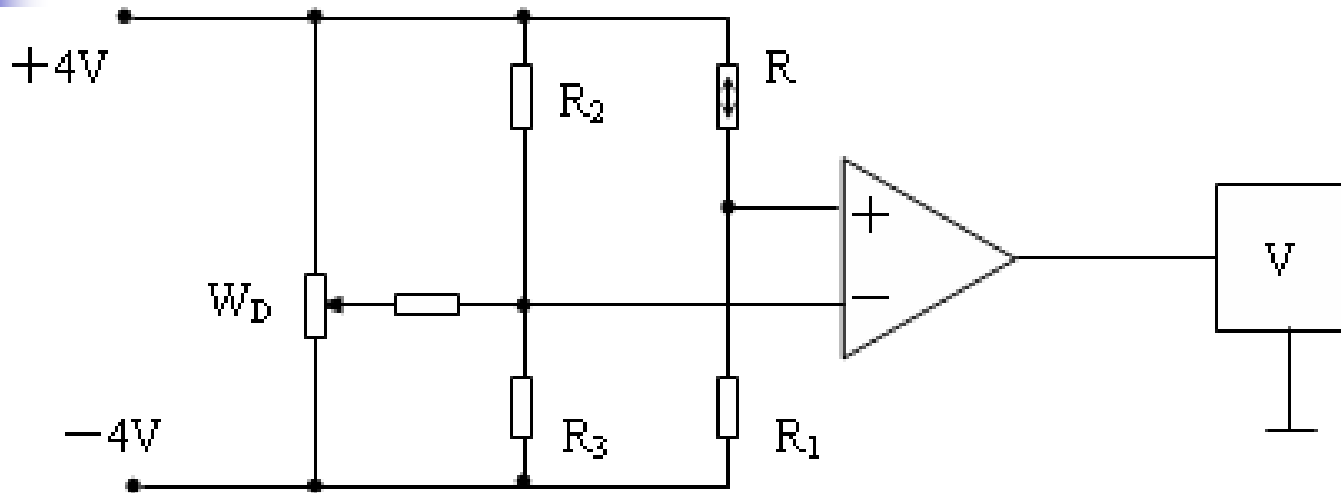


图2

- 3、系统调零。确认图2接线无误后，开启CSY10B传感器系统实验仪的电源，并预热数分钟。调整电桥  $W_D$  电位器，使测试系统输出为零。















# 实验一

---

- 11、待悬臂梁恢复常温后，重新调整测试系统输出为零。记录加温前的工作温度 $T$ 。
- 12、打开悬臂梁半导体应变片的“加热”开关，观察随温度升高系统输出电压温漂情况。待电压稳定后测得温升，求出系统的温漂 $\Delta V / \Delta T$ 。
- 13、打印实验曲线，算出灵敏度，分析各实验曲线的差异及原因，书写实验报告。



# 实验一

---

## 六、注意事项：

- 1、实验前应检查实验接插线是否完好，连接电路时应尽量使用较短的接插线，以避免引入干扰。
- 2、接插线插入插孔，以保证接触良好，切忌用力拉扯接插线尾部，以免造成线内导线断裂。
- 3、稳压电源不要对地短路。
- 4、应变片接入电桥时注意其受力方向，一定要接成差动形式。
- 5、直流激励电压不能过大，以免造成应变片自热损坏。
- 6、由于进行位移测量时加砝码容易造成零点偏移，因此计算灵敏度时可将正 $\Delta X$ 的灵敏度与负的 $\Delta X$ 的灵敏度分开计算。再求平均值，以后实验中凡需过零的实验均可采用此种方法。



# 实验一

---

7、由于本仪器中所使用的**BHF**箔式应变片具有防自蠕变性能，因此温度系数还是比较小的。

8、应正确选择补偿片。在面板的应变片接线端中，从左至右**1—8**对接线端分别是：**1**—上梁半导体应变片，**2**—下梁半导体应变片。**3、5**—上梁箔式应变工作片，**4、6**—下梁。应变工作片，**7、8**—上、下梁温度补偿片。电路中工作片与补偿片应在同一应变梁上。

9、此实验中直流激励电压只能用 **$\pm 2V$** ，以免引起半导体自热。

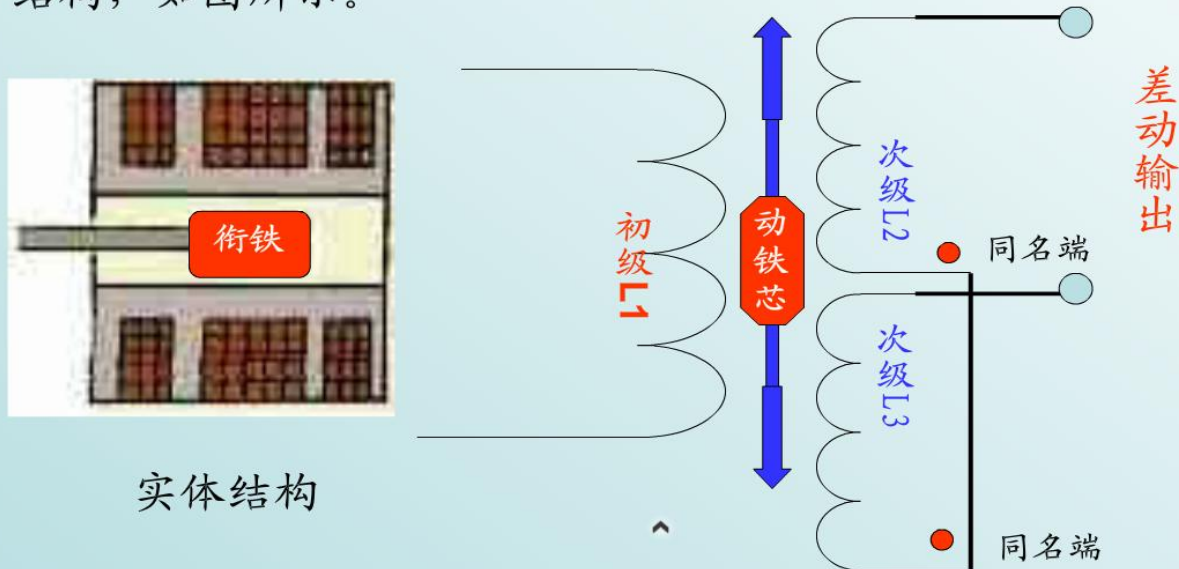
10、进行上述实验时激励电压，差动放大器增益、起始点位置等实验条件必须一致，否则就无可比性。



# 实验二

## 差动变压器实验原理：

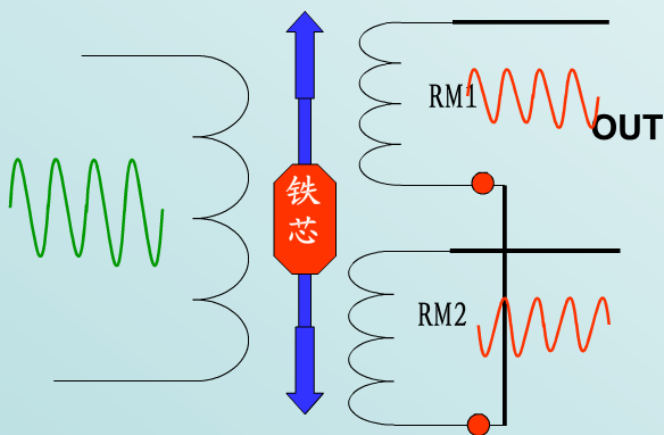
差动变压器由一只初级线圈和两只次级线圈及一个铁芯组成，根据内外层排列不同，有二段式和三段式，本实验采用三段式结构，如图所示。



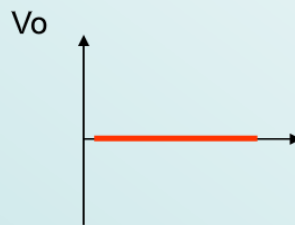
# 实验二

## 差动变压器实验原理：

当差动变压器中的铁芯随着被测体移动时，由于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，一只次级感应电势增加，另一只感应电势则减少，将两只次级反向串接（同名端连接），就引出差动输出。其输出电势反映出被测体的移动量。



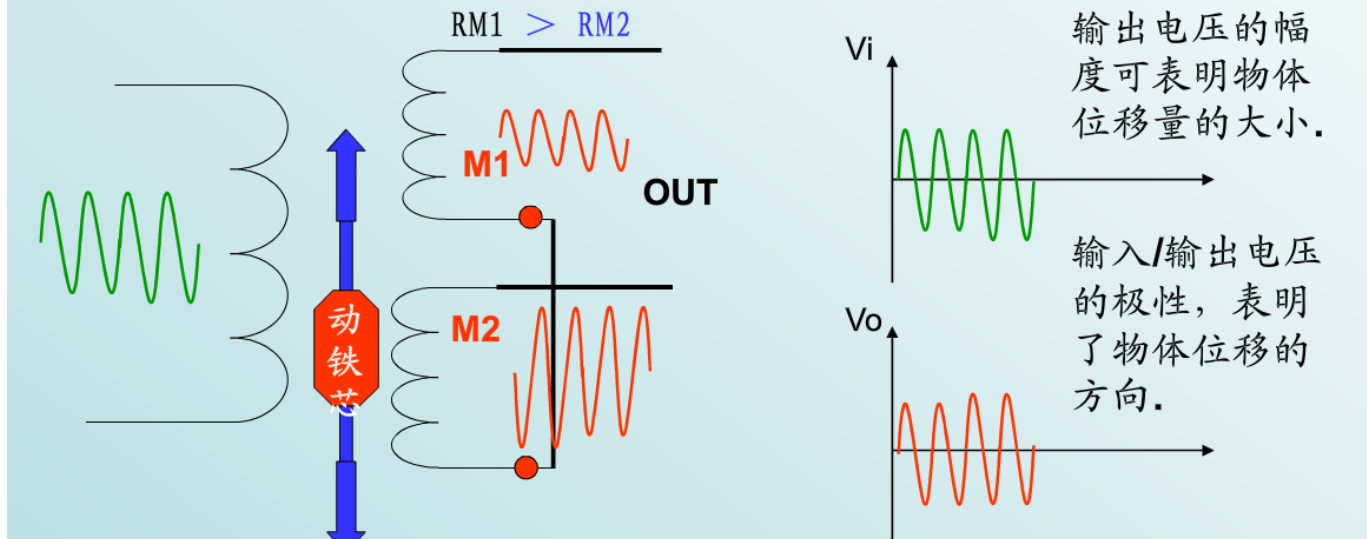
当动铁处于中间位置时，磁阻 $R_{m1}=R_{m2}$ ，即互感 $M1=M2$ ，且极性相反，因采用差动输出，故此时输出电压 $U_o = 0$ 。



# 实验二

## 差动变压器实验原理：

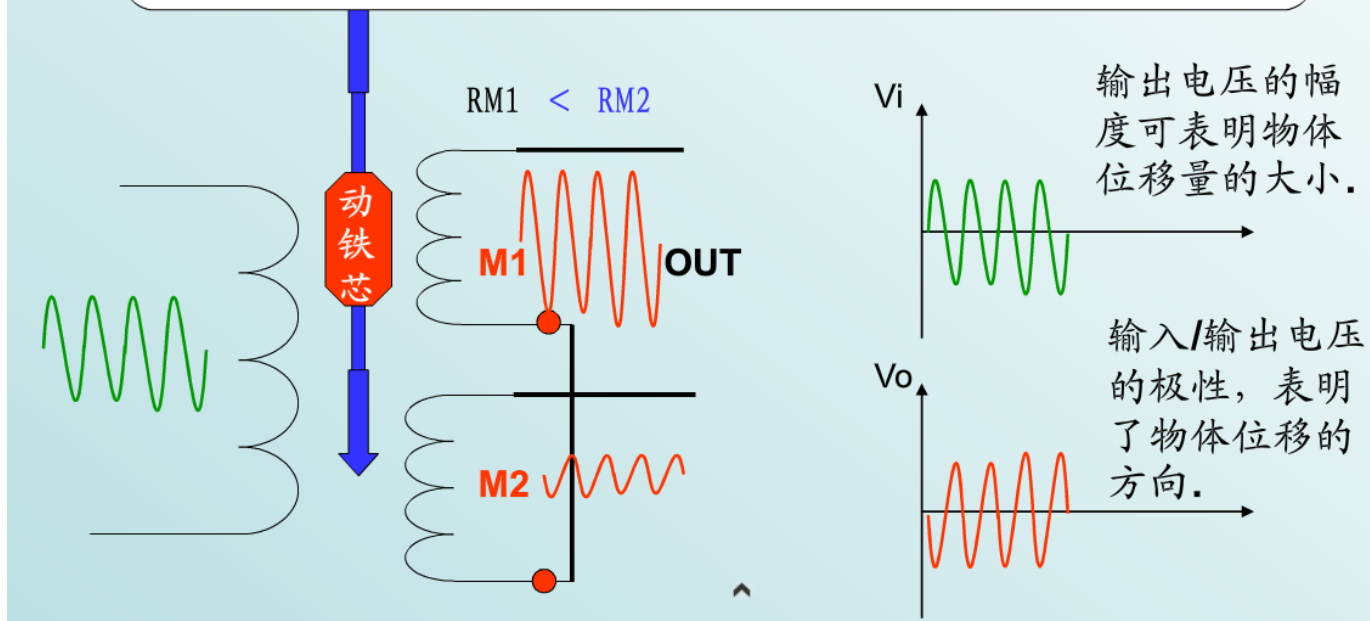
③ 当动铁下移时，磁阻  $R_{m1} > R_{m2}$ ，则  $M1 < M2$ ，  
此时输出电压  $U_o > 0$ 。输出电压与输入电压同相



# 实验二

## 差动变压器实验原理:

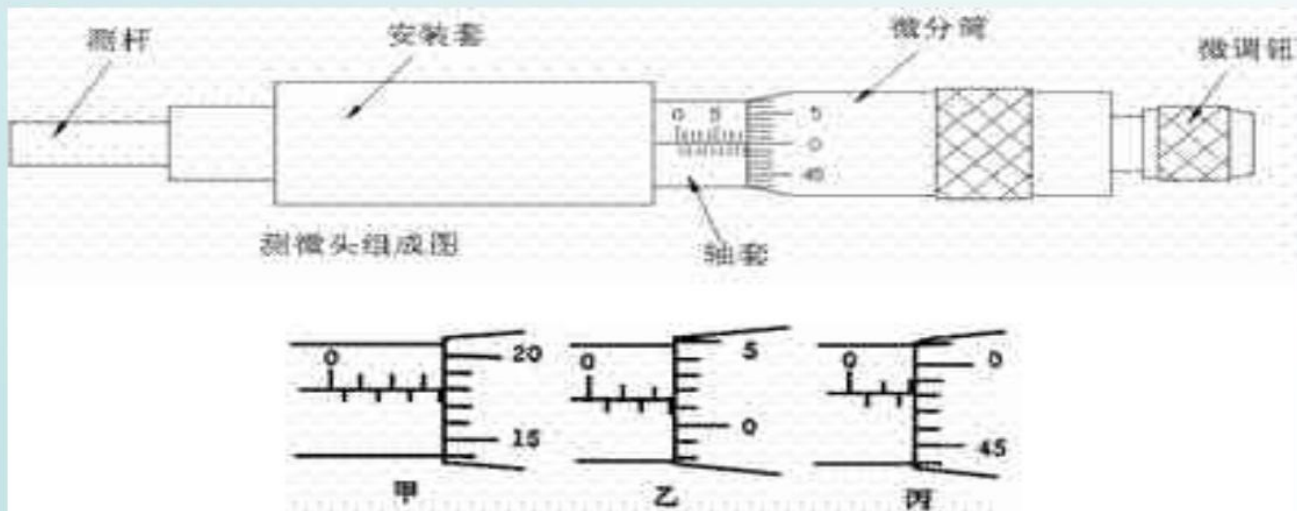
② 当动铁上移时，磁阻  $R_{m1} < R_{m2}$ ，则  $M1 > M2$ ，此时输出电压  $U_o < 0$ 。输出与输入信号反相



# 实验二

## 差动变压器实验原理:

实验用测微头的组成和读数如图所示:



轴套上的主尺有两排刻度线，标有数字的是整毫米刻线(1 mm / 格)，另一排是半毫米刻线(0.5 mm / 格)；微分筒前部圆周表面上刻有50等分的刻线(0.01 mm / 格)。



# 实验二

---

## 一、实验目的：

说明差动变压器测试系统的组成和标定方法，并了解差动变压器的实际应用。

## 二、实验所需部件：

差动变压器、音频振荡器、电桥、差动放大器、移相器、相敏检波器、低通滤波器、电压表、示波器、测微头。

# 实验二

## 三、实验步骤（1-9）：

1、连接Lv和 Li， Lo一端短路，另一端与示波器ch2端相连，调测微头，使ch2输出基本为一条直线或达到最小值。

2、按图7接线，差动放大器增益适度（约为10倍），音频振荡器LV端输出5KHz， $V_{p-p}$ 值2V。

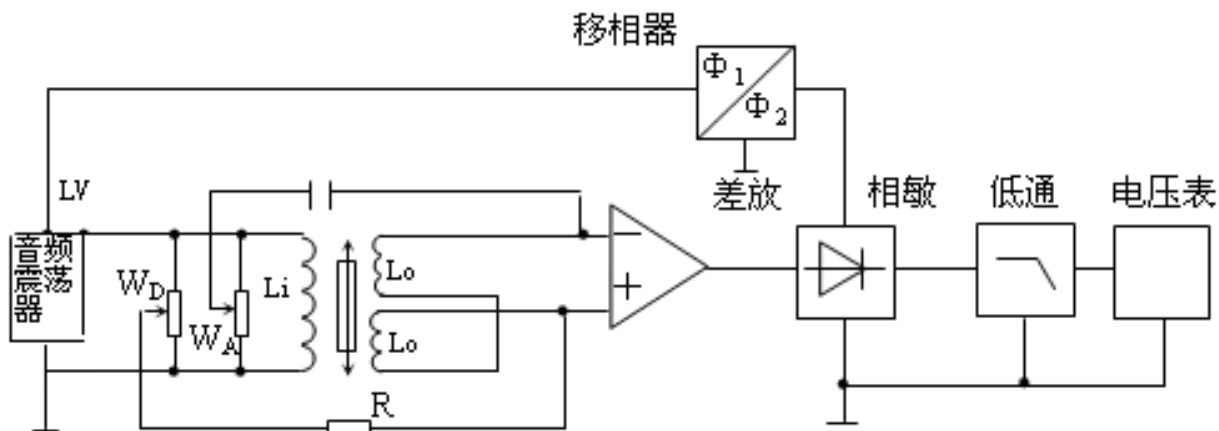


图7



## 实验二

---

3、用手将衔铁压至线圈最底部，调节移相器（移相范围 $\pm 40^\circ$ ，随频率不同有所变化），用示波器两个通道观察相敏检波器①、②端口（即差放输出端和移相器输出端），当两端口波形正好为同相或反相时恢复衔铁位置，这样才能做到系统输出灵敏度最高并正负对称。

4、调节电桥 $W_D$ 、 $W_A$ 电位器，调节测微头带动衔铁改变其在线圈中的位置，使系统输出为零或达到最小值。（要求三者联调，单一一种调节无法达到输出要求）









## 实验二

---

8、根据实验结果做出振动台的振幅——频率特性曲线，指出自振频率。

9、根据表格绘制曲线，分析差动变压器的标定方法，完成实验报告。

### 四、注意事项：

1、仪器中两副悬臂梁的固有频率因尺寸不同而不同。

2、衔铁位置可松开支架上小螺丝稍做上、下调节

。



# 实验三

---

## 实验三 热电式传感器——热电偶

### 一、实验目的：

观察了解热电偶的结构，熟悉热电偶的工作特性，学会查阅热电偶分度表。

### 二、实验所需部件：

热电偶、加热器、差动放大器、电压表、温度计（自备）



# 实验三

---

## 三、实验原理：

热电偶的基本工作原理是热电效应，当其热端和冷端的温度不同时，即产生热电动势。通过测量此电动势即可知道两端温差。如固定某一端温度（一般固定冷端为室温或 $0^{\circ}\text{C}$ ），则另一端的温度就可知，从而实现温度的测量。CSY10B型实验仪为镍铬-镍硅（K分度）。



# 实验三

CSY10B型实验仪为一支K分度热电偶，热电偶的冷端温度为室温，放大器的增益为100倍，计算热电势时均应考虑进去。用温度计读出热电偶参考端所处的室温 $t_1$ 。

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

实际电动势          测量所得电势          温度修正电动势

式中E为热电偶的电动势，t为热电偶热端温度， $t_0$ 为热电偶参考端温度为 $0^\circ\text{C}$ ， $t_1$ 为热电偶参考端所处的温度。查阅铜-康铜热电偶分度表，求出加热端温度t。

CSY10B型实验仪的K分度热电偶如插入数字式温度表端口，则直接显示 $^\circ\text{C}$ 温度值。



# 实验三

---

## 四、实验步骤：

1、打开电源，差动放大器增益放**100**倍，调节调零电位器，使差放输出为零。

2、加热前，**K**分度热电偶同室温（冷端温度），接数字式温度表端口，测得冷端温度，查热电偶分度表，得到温度修正电动势。

3、差动放大器双端输入接入热电偶，红端接差动放大器正极，黑端接差动放大器负极，打开加热开关，迅速将差动放大器输出调零。



## 实验三

---

3、随加热器温度上升，观察差动放大器的输出电压的变化，待加热温度不再上升时（达到相对的热稳定状态），记录电压表读数。读数除以差动增益即为测量所得的电动势，与修正电动势相加可获得实际电动势，查查热电偶分度表，得到当前热端温度，同时可用数字式温度表加以验证。



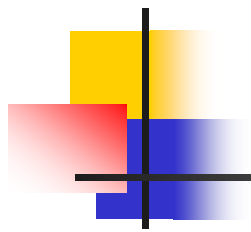


# 实验三

---

## 五、注意事项：

因为仪器中差动放大器放大倍数 $\approx 100$ 倍，所以用差动放大器放大后的热电势并非十分精确，因此查表所得到的热端温度也为近似值



---

*Thank you !*