

第二部分 实验部分

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，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变形时，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：

$$\Delta R/R = K\varepsilon$$

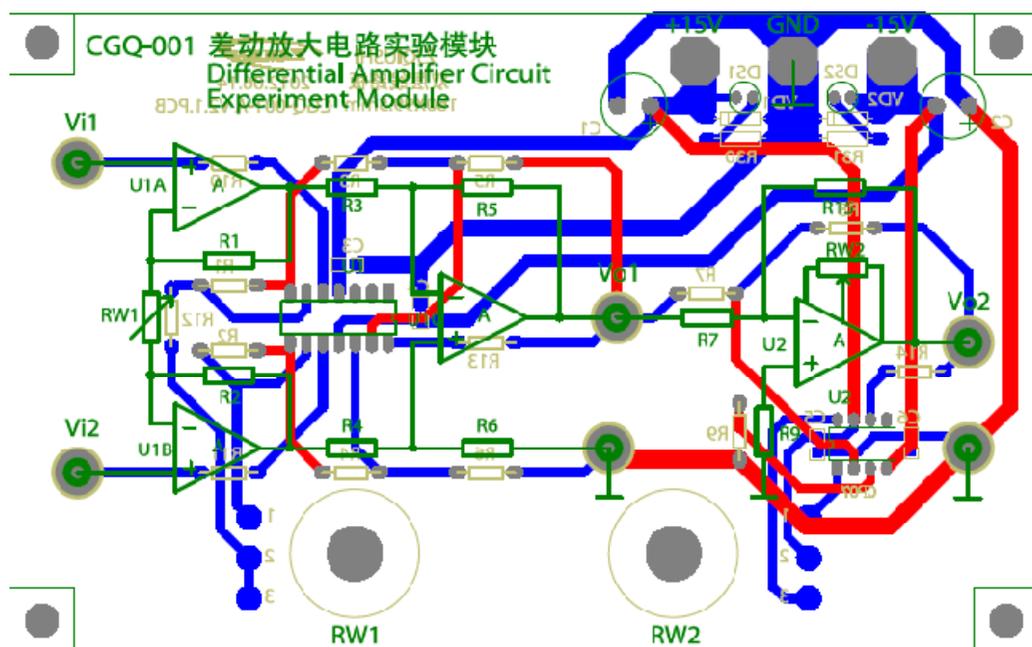
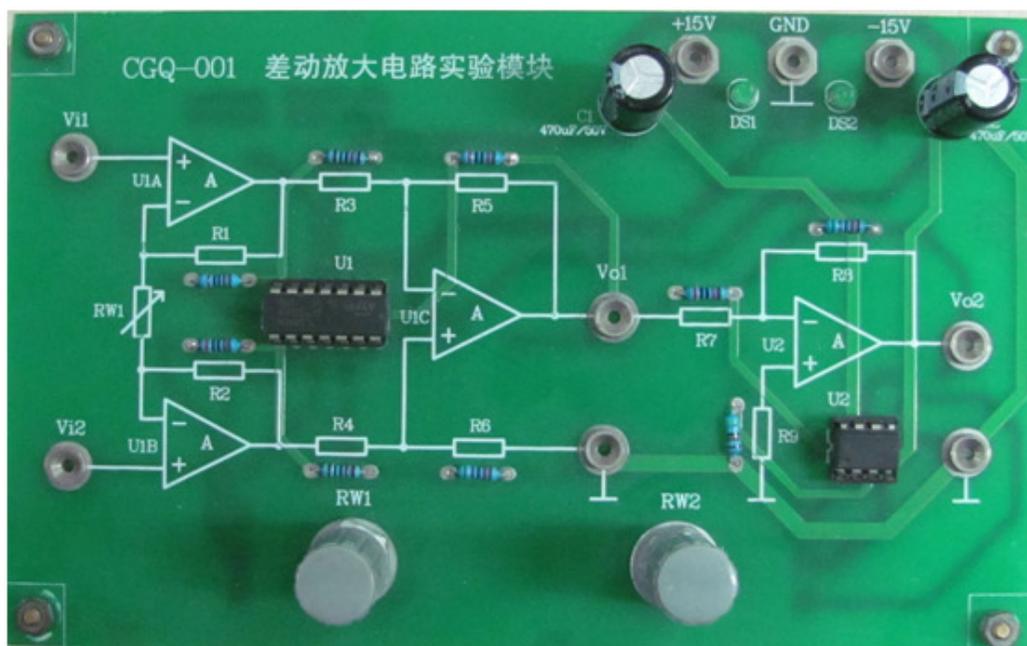
式中 $\Delta R/R$ 为电阻丝电阻的相对变化， K 为应变灵敏系数， $\varepsilon = \Delta l/l$ 为电阻丝长度相对变化，金属箔式应变片就是通过光刻、腐蚀等工艺制成的应变敏感元件，通过它转换被测部位的受力状态变化，电桥的作用是完成电阻到电压的比例变化，电桥的输出电压反映了相应的受力状态。单臂电桥输出电压 $U_{O1} = EK\varepsilon/4$ 。

三. 需用器件与单元

CGQ-001 实验模块、CGQ-013 实验模块、应变式传感器、砝码、电压表、 $\pm 15V$ 电源、 $\pm 4V$ 电源、万用表（自备）。

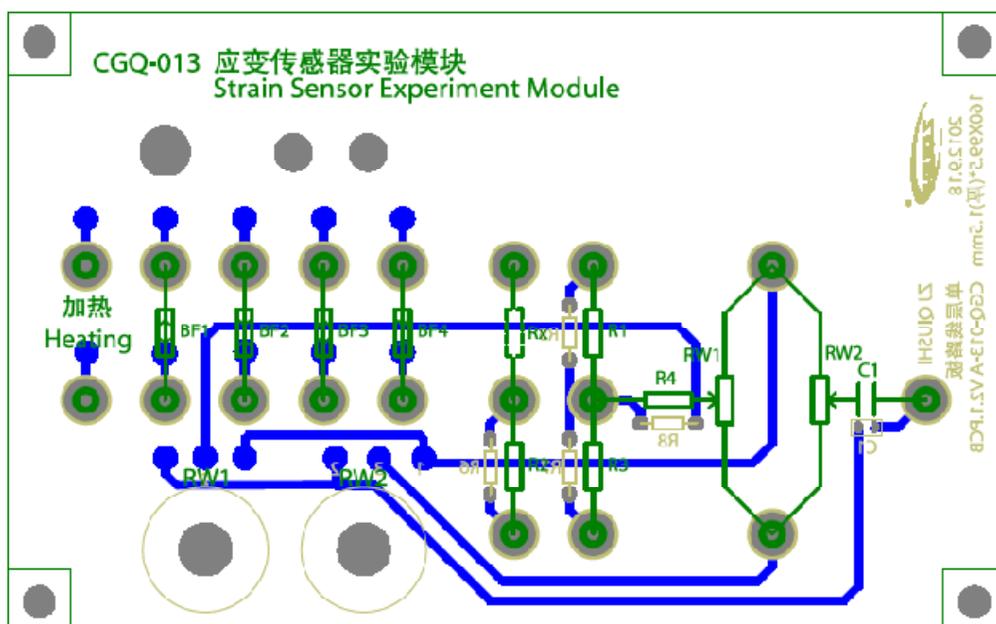
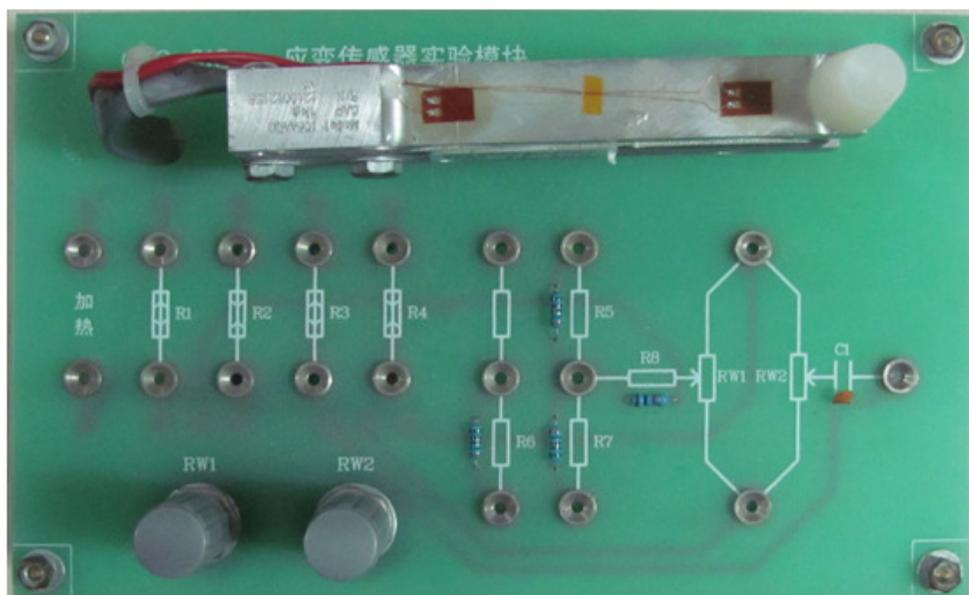
CGQ-001 差动放大电路实验模块采用高共模抑制比仪用放大

器电路，有很强的共模抑制能力和较小的输出漂移电压。配合应变传感器实验单元，完成应变片单臂、半桥、全桥实验。其面板及线路板图如下图示：

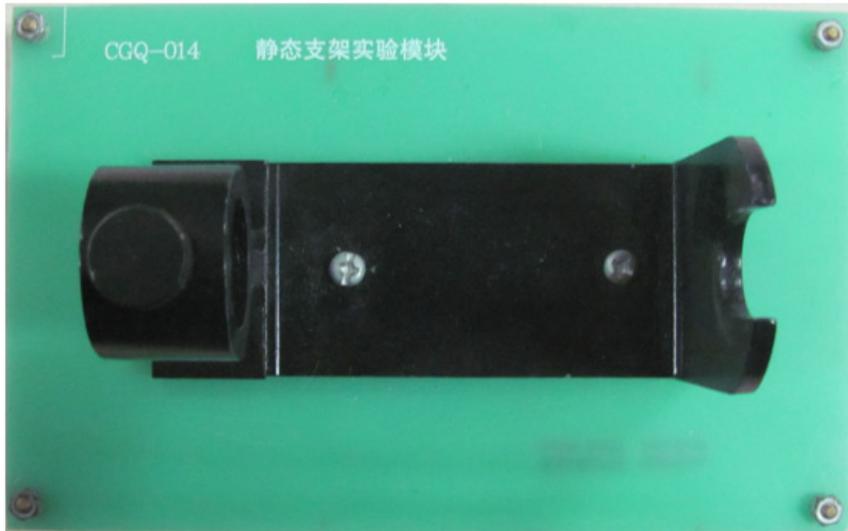


CGQ-013应变传感器实验模块上安装了带过载保护的称重传

传感器，称重传感器上的四个应变片引线全部引出，可自由组合成单臂、半桥、全桥电路。其面板及线路板图如下图示：



CGQ-014静态支架模块上的静态支架，可作为多种传感器及螺旋测微器的固定支架，完成各项实验。其外型图如下图示：



四 . 实验步骤

1. 根据图 2-1 应变式传感器已装于应变传感器模块上。传感器中各应变片已接入模块的左上方的 R_1 、 R_2 、 R_3 、 R_4 。加热丝也接于模块上，可用万用表进行测量判别， $R_1=R_2=R_3=R_4=350\Omega$ ，加热丝阻值为 50Ω 左右。

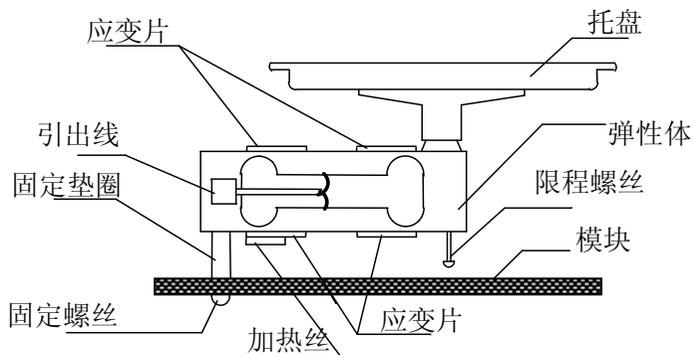


图 2-1 应变式传感器安装示意图

2. 接入模块电源 $\pm 15V$ （从 CGQ-04B 引入），检查无误后，合上 CGQ-04B 实验挂箱电源开关，将 CGQ-001 实验模块调节增益电

位器 R_{w1} 顺时针调节大致到中间位置，再进行差动放大器调零，方法为将差放的正、负输入端与地短接，输出端与主控箱面板上的电压表电压输入端 V_i 相连，调节实验模块上调零电位器 R_{w2} ，使电压表显示为零（电压表的切换开关打到 2V 档）。关闭 CGQ-04B 实验挂箱电源。

3. 将 CGQ-013 实验模块上应变式传感器的其中一个应变片 R_1 （即模块左上方的 R_1 ）接入电桥作为一个桥臂与 R_5 、 R_6 、 R_7 接成直流电桥（ R_5 、 R_6 、 R_7 模块内已连接好），接好电桥调零电位器 R_{w1} ，接上桥路电源 $\pm 4V$ （从 CGQ-04B 实验挂箱引入）如图 2-2 所示。检查接线无误后，合上 CGQ-04B 实验挂箱电源开关。调节 R_{w1} ，使电压表显示为零。

5. 根据表 2-1 计算系统灵敏度 S , $S=\Delta u/\Delta W$ (Δu 输出电压变化量; ΔW 重量变化量) 计算线性误差: $\delta_{fl}=\Delta m/y_{F.S}\times 100\%$, 式中 Δm 为输出值 (多次测量时为平均值) 与拟合直线的最大偏差: $y_{F.S}$ 满量程输出平均值, 此处为 200g。

五 . 思考题 :

单臂电桥时, 作为桥臂电阻应变片应选用: (1) 正 (受拉) 应变片 (2) 负 (受压) 应变片 (3) 正、负应变片均可。

实验二 金属箔式应变片——半桥性能实验

一 . 实验目的

比较半桥与单臂电桥的不同性能，了解其特点。

二 . 基本原理

不同受力方向的两片应变片接入电桥作为邻边，电桥输出灵敏度提高，非线性得到改善。当两片应变片阻值和应变变量相同时，其桥路输出电压 $U_{O2} = EK\varepsilon/2$ 。

三 . 需要器件与单元

同实验一。

四 . 实验步骤

1. 传感器安装同实验一。做实验（一）2 的步骤，实验模块差动放大器调零。

2. 根据图 2-3 接线。 R_1 、 R_2 为 CGQ-013 实验模块左上方的应变片，注意 R_2 应和 R_1 受力状态相反，即将传感器中两片受力相反（一片受拉、一片受压）的电阻应变片作为电桥的相邻边。接入桥路电源 $\pm 4V$ ，调节电桥调零电位器 R_{W1} 进行桥路调零，实验步骤 3、4 同实验一中 4、5 的步骤，将实验数据记入表 1-2，计算灵敏度 $S = \Delta u / \Delta W$ ，非线性误差 δ_{f2} 。若实验时无数值显示说明 R_2 与 R_1 为相同受力状态应变片，应更换另一个应变片。

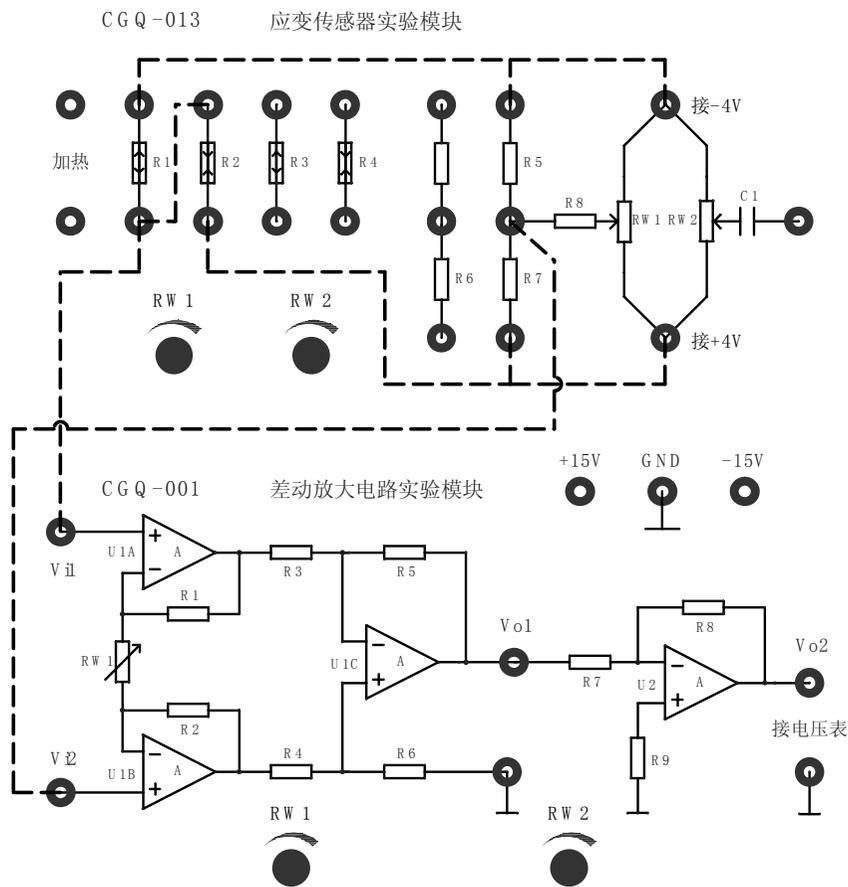


图 2-3 半桥实验接线图

表 2-2 半桥测量时，输出电压与加负载重量值

重量 (g)								
电压 (mv)								

五 . 思考题

- 半桥测量时两片不同受力状态的电阻应变片接入电桥时,应放在:(1)对边 (2)邻边。
- 桥路(差动电桥)测量时存在非线性误差,是因为:(1)电桥测量原理上存在非线性 (2)应变片应变效应是非线性的 (3)调零值不是真正为零。

五 . 思考题

1. 全桥测量中, 当两组对边 (R_1 、 R_3 为对边) 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。
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

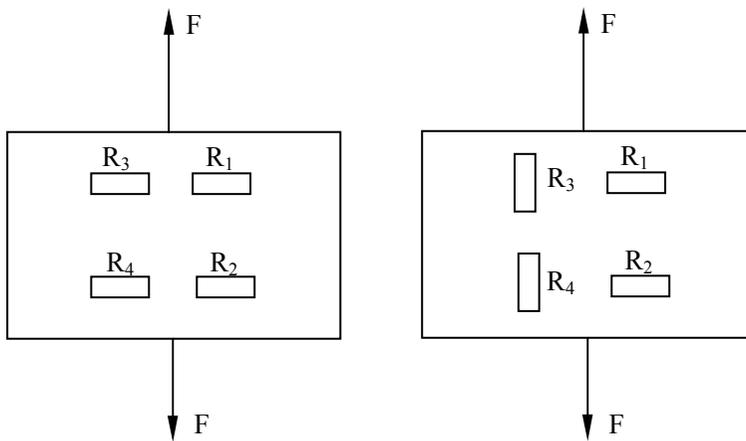


图 2-4 应变式传感器受拉时传感器圆周应变片, 如何利用这四片电阻应变片组成电桥, 是否需要外加电阻?

CGQ-013 应变传感器实验模块

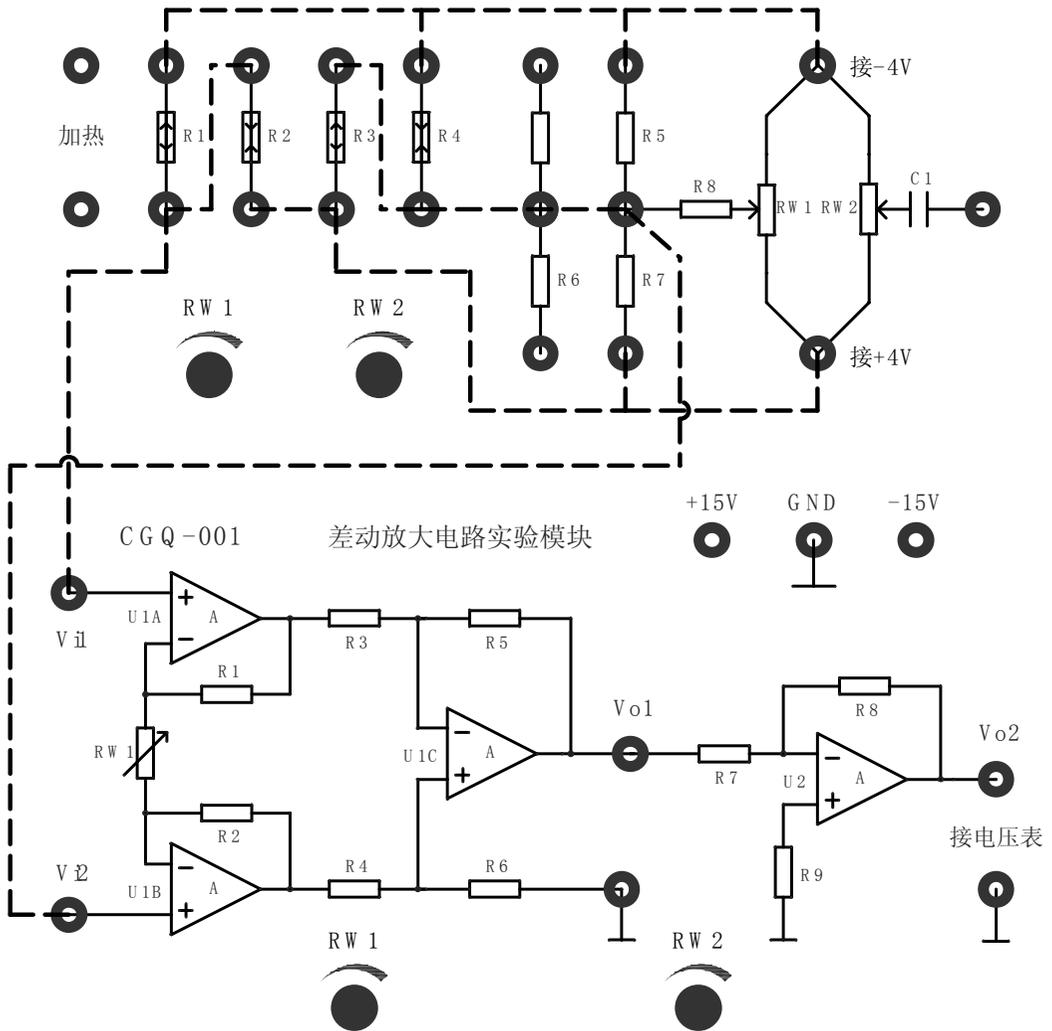


图 2-5 全桥实验接线图

实验四 金属箔式应变片单臂、半桥、全桥性能比较

一 . 实验目的

比较单臂、半桥、全桥输出时的灵敏度和非线性度，得出相应的结论。

二 . 实验步骤

根据实验一、二、三所得的单臂、半桥和全桥输出时的灵敏度和非线性度，从理论上进行分析比较。阐述理由（注意：实验一、二、三中的放大器增益必须相同）。

实验五 金属箔式应变片的温度影响实验

一 . 实验目的

了解温度对应变片测试系统的影响。

二 . 基本原理

电阻应变片的温度影响，主要来自两个方面。敏感栅丝的温度系数，应变栅线膨胀系数与弹性体（或被测试件）的线膨胀系数不一致会产生附加应变。因此当温度变化时，在被测体受力状态不变时，输出会有变化。

三 . 需用器件与单元

CGQ-001 实验模块、CGQ-013 实验模块、应变式传感器、砝码、电压表、 $\pm 15\text{V}$ 电源、 $\pm 4\text{V}$ 电源、 $+5\text{V}$ 电源、加热器（已贴在应变片底部）

四 . 实验步骤

1. 保持实验三实验结果。
2. 将 200g 砝码加于砝码盘上，在电压表上读取某一整数 U_{o1} 。
3. 将 5V 直流稳压电源接于实验模块的加热器插孔上，数分钟后待电压表电压显示基本稳定后，记下读数 U_{ot} ， $U_{ot}-U_{o1}$ 即为温度变化的影响。计算这一温度变化产生的相对误差

$$\delta = \frac{U_{ot} - U_{o1}}{U_{ot}} \times 100\%$$

五 . 思考题

1. 金属箔式应变片温度影响有哪些消除方法?
2. 应变式传感器可否用于测量温度?

实验六 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。当传感器随着被测体移动时, 由于初级线圈和次级线圈之间的互感发生变化, 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, 将两只次级线圈反向串接(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。

三 . 需用器件与单元

CGQ-003 差动变压器实验模块、差动变压器、测微头、双线示波器、音频振荡器、直流电源、万用表(自备)。

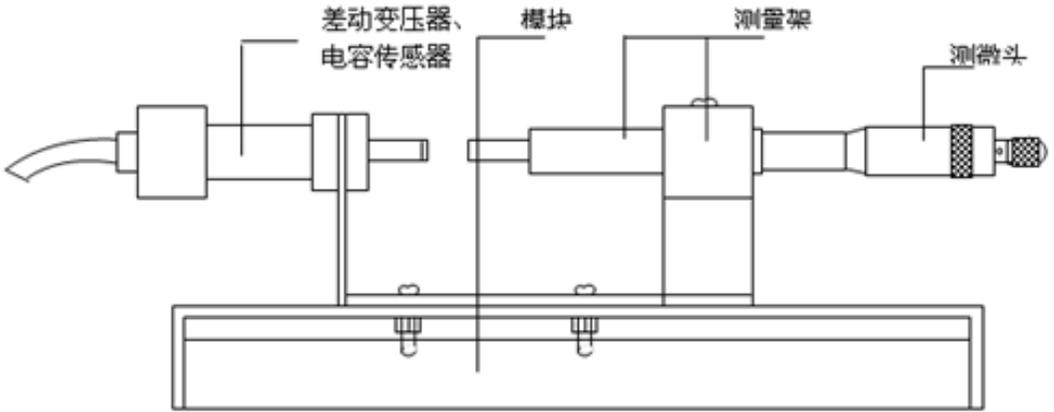
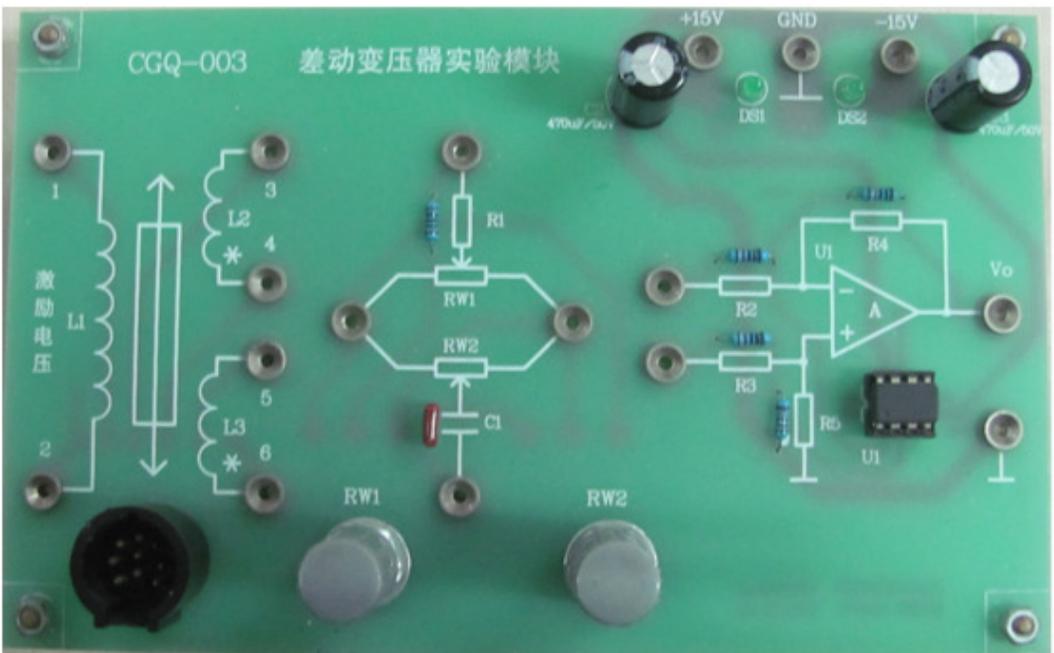


图 3-1 差动变压器电容传感器安装示意图

电感式传感器与实验模块采用航空插头连接，简单方便。由运放构成的差分放大电路实现对信号的放大功能。其面板及线路板图如下图示：



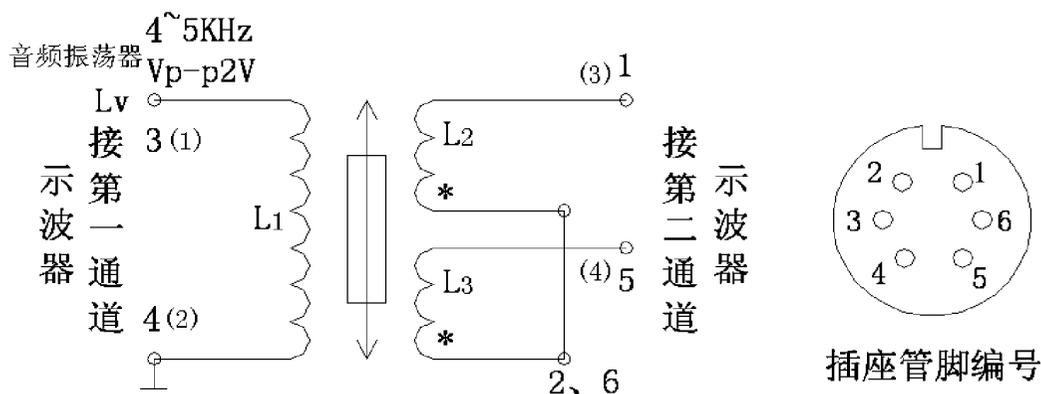
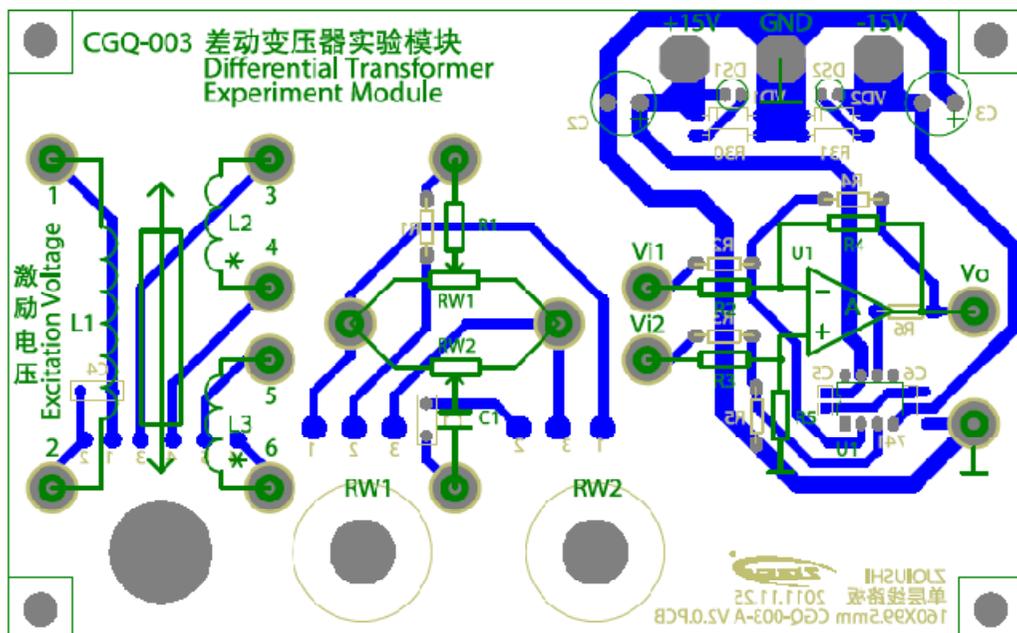


图 3-2 双线示波器与差动变压器连接示意图

四 . 实验步骤

1. 根据图 3-1，将差动变压器装在差动变压器实验模块上。
2. 在模块上按照图 3-2 接线，音频振荡器信号必须从 CGQ-02B 中的 L_v 端子输出，调节音频振荡器的频率，输出频率为 4~5KHz（可用 CGQ-04B 的频率/转速表的频率档 F_{in} 输入来监测）。调节幅度使输出幅度为峰-峰值 $V_{p-p}=2V$ （可用示波器监测：X 轴为

0.2ms/div、Y轴 CH₁ 为 1V/div、CH₂ 为 20mv/div)。判别初次级线圈及次级线圈同名端方法如下：设任一线圈为初级线圈，并设另外两个线圈的任一端为同名端，按图 3-2 接线。当铁芯左、右移动时，观察示波器中显示的初级线圈波形、次级线圈波形，当次级波形输出幅值变化很大，基本上能过零点，而且相位与初级线圈波形（L_V 音频信号 V_{p-p}=2V 波形）比较能同相和反相变化，说明已连接的初、次级线圈及同名端是正确的，否则继续改变连接再判断直到正确为止。

3. 旋动测微头，使示波器第二通道显示的波形峰-峰值 V_{p-p} 为最小。这时可以左右位移，假设其中一个方向为正位移，则另一个方向位移为负。从 V_{p-p} 最小开始旋动测微头，每隔 0.5mm 从示波器上读出输出电压 V_{p-p} 值填入表 4-1。再从 V_{p-p} 最小处反向位移做实验，在实验过程中，注意左、右位移时，初、次级波形的相位关系。

表 3-1 差动变压器位移 ΔX 值与输出电压 V_{p-p} 数据表

X (mm)					- ←	0mm	→ +				
V _{p-p} (mV)						V _{p-p} 最小					

4. 实验过程中注意差动变压器输出的最小值即为差动变压器的零点残余电压大小。根据表 3-1 画出 V_{op-p}-X 曲线，作出量程为 ±1mm、±3mm 灵敏度和非线性误差。

五 . 思考题

1. 用差动变压器测量较高频率的振幅，例如 1KHz 的振动幅值，可以吗？差动变压器测量频率的上限受什么影响？
2. 试分析差动变压器与一般电源变压器的异同。

实验七 电容式传感器的位移特性实验

一 . 实验目的

了解电容式传感器结构及其特点。

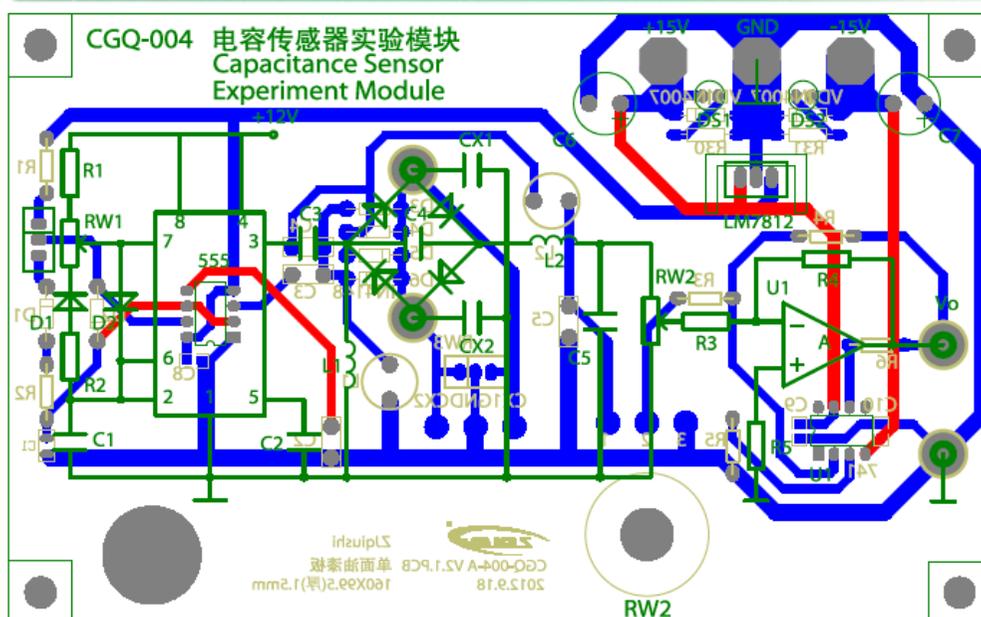
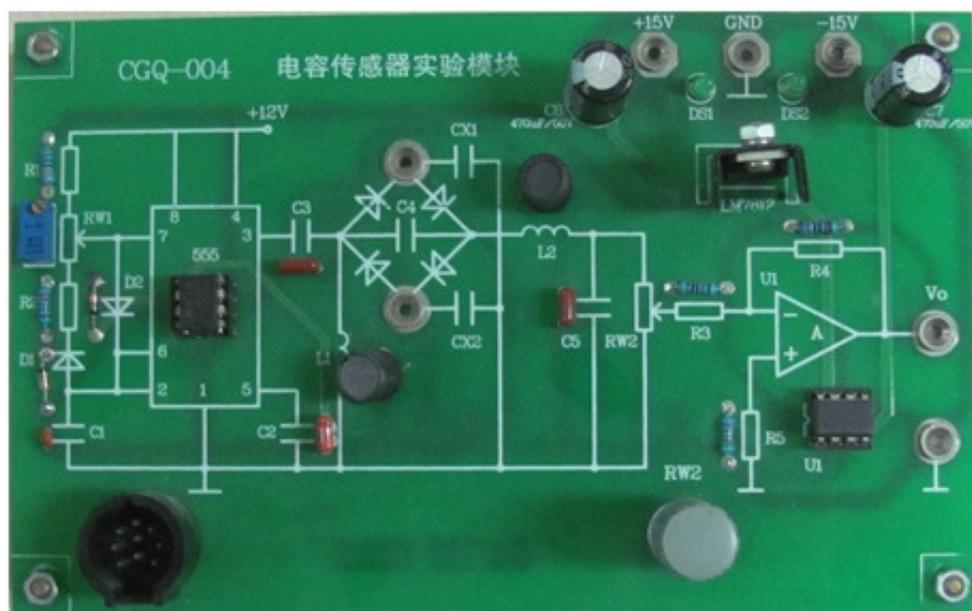
二 . 基本原理

利用平板电容 $C = \epsilon A / d$ 和其他结构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（ ϵ 变）、测微小位移（ d 变）和测量液位（ A 变）等多种电容传感器。

三 . 需用器件与单元

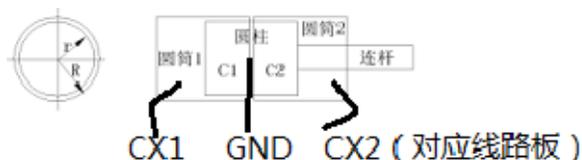
电容传感器、CGQ-004 电容传感器实验模块、测微头、电压表、直流稳压源。

CGQ-004 电容传感器实验模块由 LM555 芯片构成的多谐振荡器产生高频方波信号，通过环形二极管电桥，对被测电容进行充放电，经过处理电路输出一个与电容成正比的电压信号。其面板及线路板图如下图示：



四．实验步骤

1. 按图 3-1 将电容传感器装于电容传感器实验模块上。
2. 将电容传感器连线插入电容传感器实验模块，实验线路见图 4-1。电容传感器的 CX1、CX2 见下图。



3. 将电容传感器实验模块的输出端 V_o 与电压表单元 V_i 相接（插入主控箱 V_i 孔）， R_{w2} 调节到中间位置。

4、接上电源，将上图中圆柱（动极板）移至中心处，用电压表读出电压为零，如不然，需调节线路板 R_{w1} 与背面电位器。

5、调好零位后，将动极板移至与圆筒1 重合，记录电压值，将动极板移至与圆筒2 重合，记录电压值，这是发现记录电压值应该符号相反，绝对值相等，如不然，调节背面电位器。

6. 接入 $\pm 15V$ 电源，旋动测微头推进电容传感器动极板位置，每隔 $0.2mm$ 记下位移 X 与输出电压值，填入表 4-1。

表 4-1 电容传感器位移与输出电压值

X (mm)								
V (mv)								

7. 根据表 4-1 数据计算电容传感器的系统灵敏度 S 和非线性误差 δf 。

五 . 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？

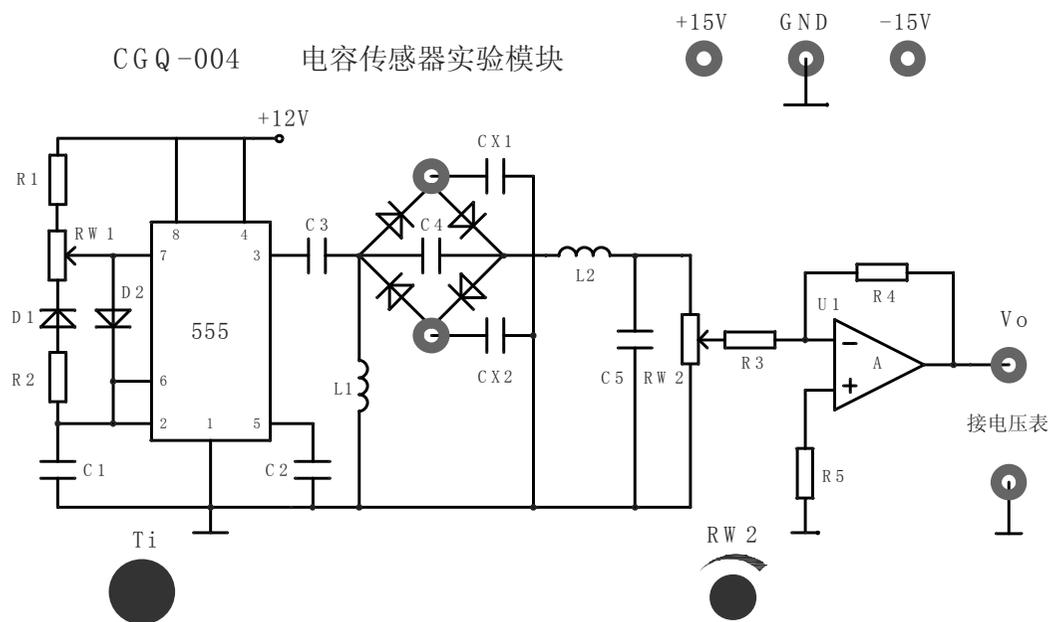


图 4-1 电容传感器位移实验接线图

实验八 直流激励时霍尔式传感器的位移特性实验

一 . 实验目的

了解霍尔式传感器原理与应用。

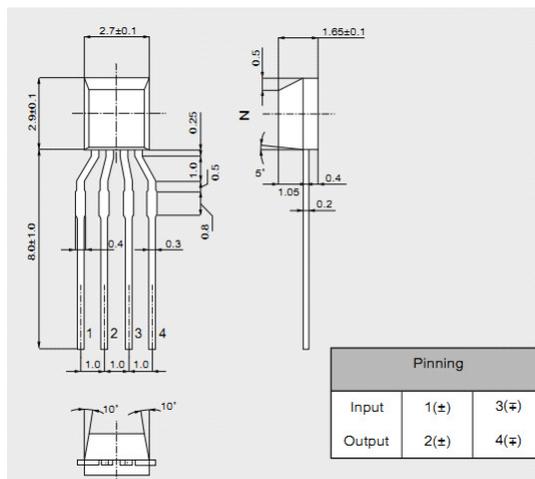
二 . 基本原理

根据霍尔效应、霍尔电势 $U_H = K_H IB$ ，当霍尔元件处在梯度磁场中运动时，它就可以进行位移测量。由上式可知,霍尔电势的大小正比于控制电流 I 和磁感应强度 B 。 K_H 称为霍尔元件的灵敏度,它与元件材料的性质与几何尺寸有关。

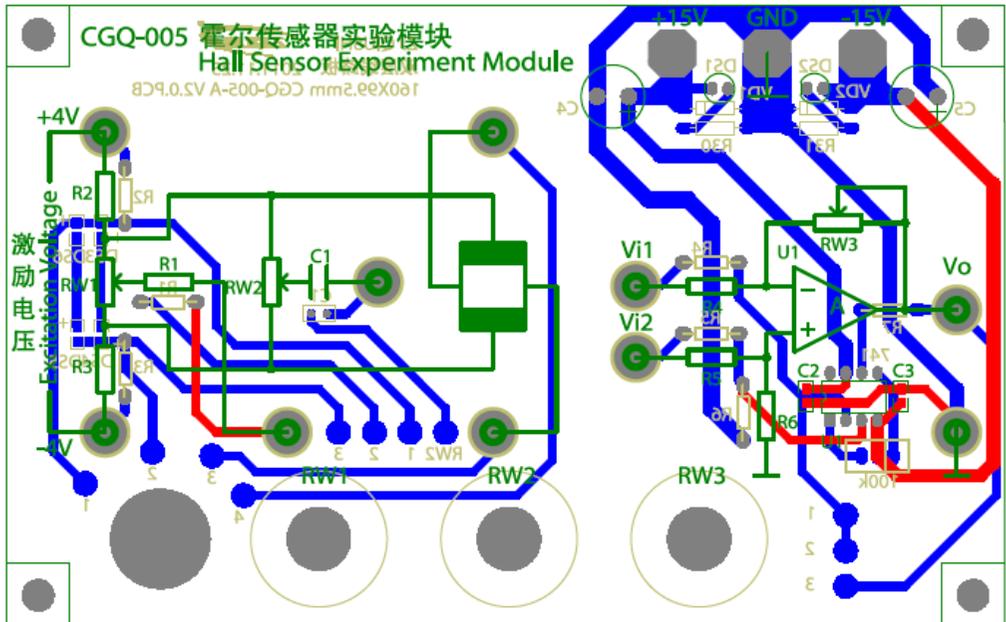
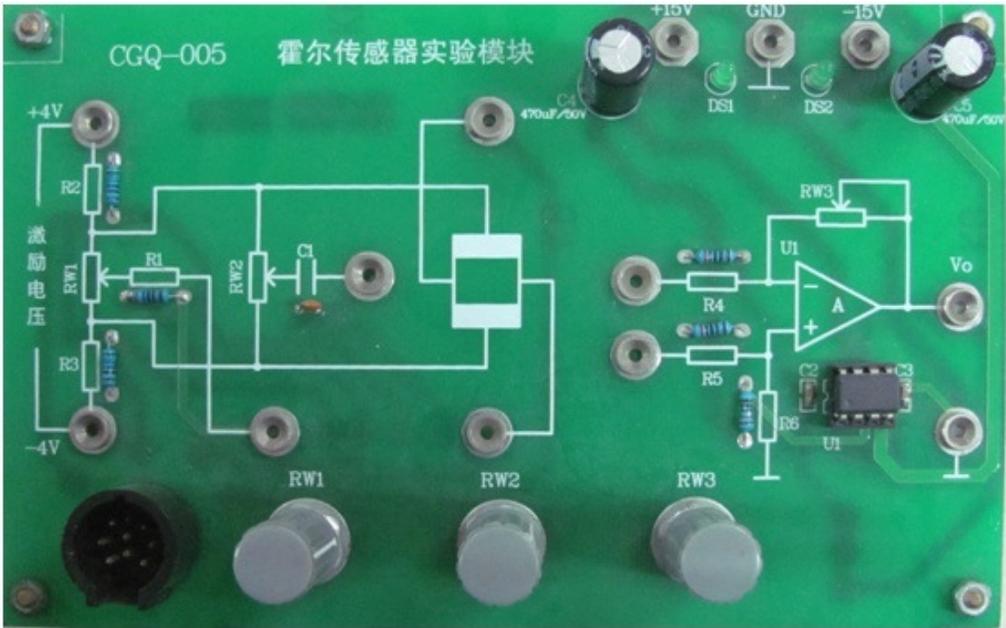
三 . 需用器件与单元

CGQ-005 霍尔传感器实验模块、霍尔传感器、直流源 $\pm 4V$ 、 $\pm 15V$ 、测微头、电压表。

霍尔传感器与实验模块采用航空插头连接，简单方便。差分放大电路及调零电路构成传感器信号处理电路，霍尔传感器的激励电压不能过高，因此线路板上还有专门的保护电路。霍尔器件HW300b 的引脚图如右图：



CGQ-005霍尔传感器实验模块面板及线路板图如下图示：



四．实验步骤

1. 将霍尔传感器按图 3-1 安装。霍尔传感器以及实验模块接线按图 5-1 进行。

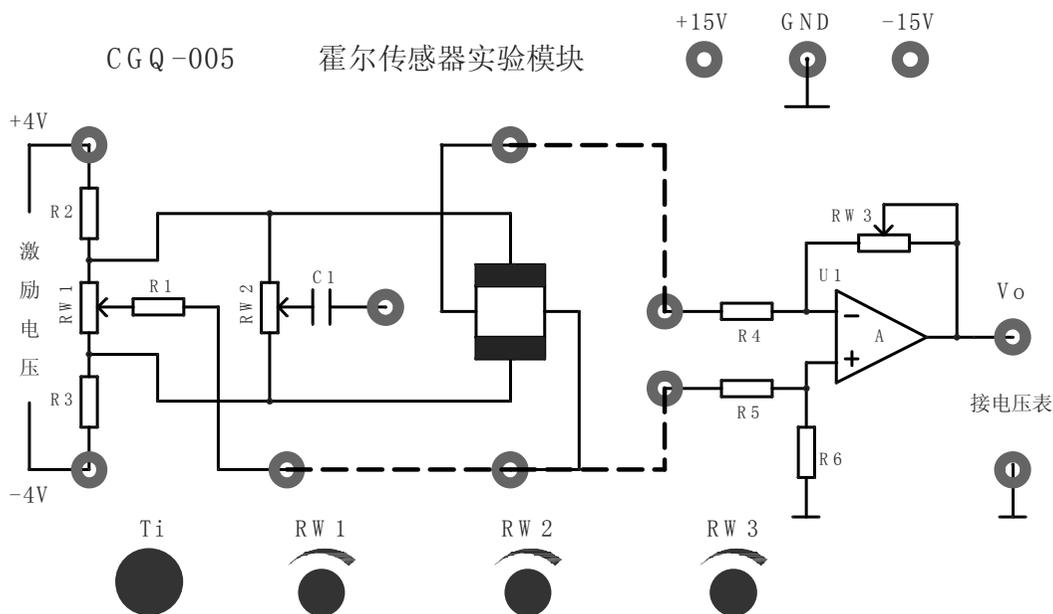


图 5-1 直流激励时霍尔传感器位移实验接线图

2. 开启电源，调节测微头使霍尔片在磁钢中间位置，再调节 RW1 使电压表指示为零，若无法调零则交换放大器两端输入接线。
3. 旋转测微头向轴向方向推进，每转动 0.5mm 记下一个读数，直到读数近似不变，将读数填入表 6-1。

表 5-1 霍尔传感器位移实验数据

X (mm)								
V (mv)								

作出 V-X 曲线，计算不同线性范围时的灵敏度和非线性误差。

五 . 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的量变化？

实验九 电涡流传感器位移特性实验

一 . 实验目的

了解电涡流传感器测量位移的工作原理和特性。

二 . 基本原理

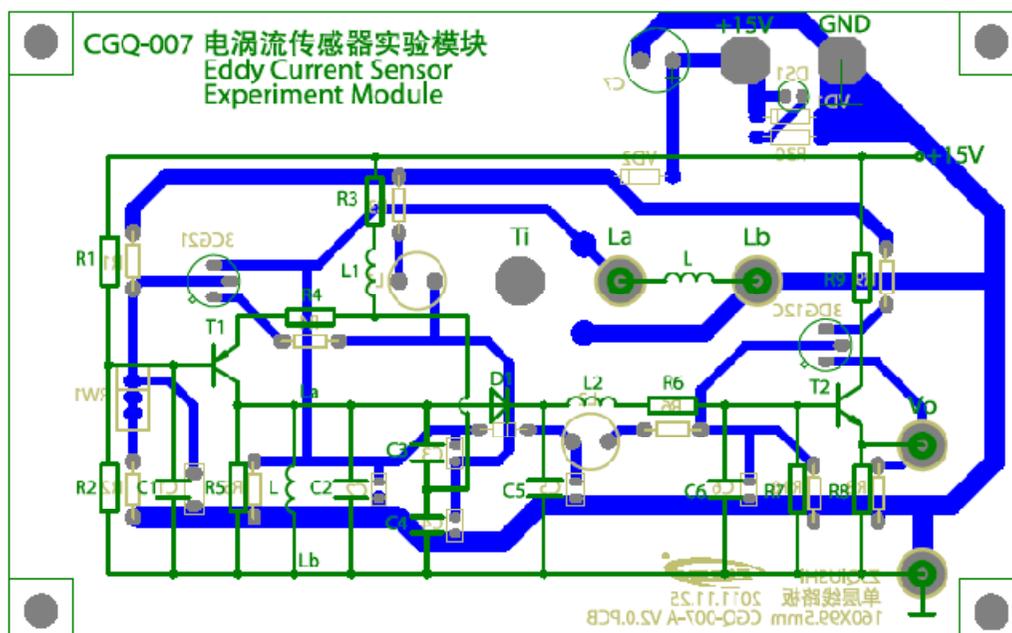
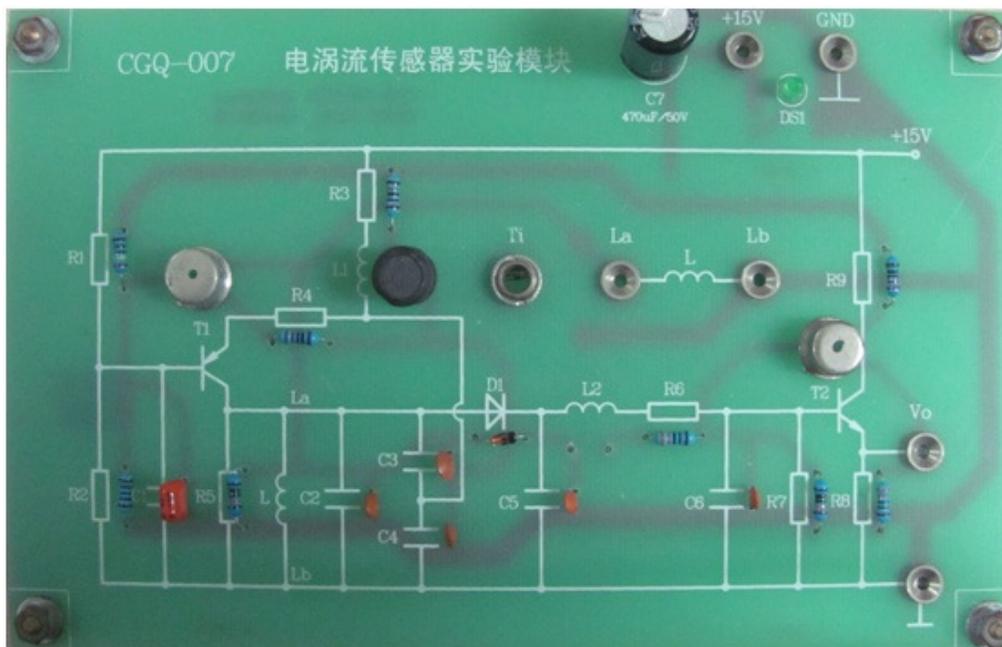
通以高频电流的线圈产生磁场，当有导电体接近时，因导电体涡流效应产生涡流损耗，而涡流损耗与导电体离线圈的距离有关，因此可以进行位移测量。

三 . 需用器件与单元

CGQ-007 电涡流传感器实验模块、电涡流传感器、直流电源、电压表、测微头、铁圆片。

电涡流传感器的线圈作为一个元件接入调频式测量电路中，当传感器与被测导体距离发生变化时，传感器电感改变，导致振荡频率变化，通过 $f-V$ 变换，可由电压表测出相应的电压变化。

面板及线路板图如下图示：



四 . 实验步骤

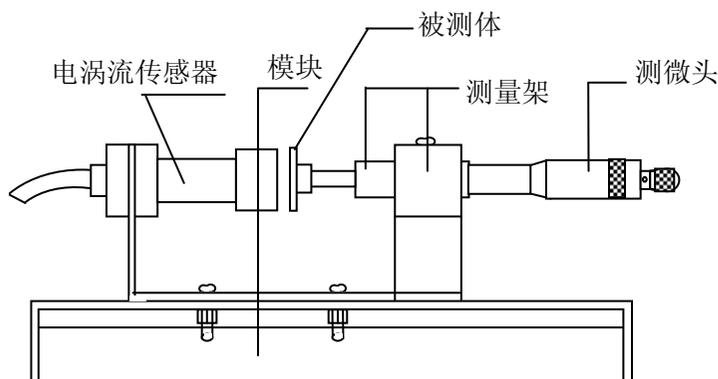


图 6-1 电涡流传感器安装示意图

1. 根据图 6-1 安装电涡流传感器。
2. 观察传感器结构，这是一个扁平绕线圈。
3. 将电涡流传感器输出耳机头接入实验模块上标有 T1 的插孔中，作为振荡器的一个元件。
4. 在测微头端部装上铁质金属圆片作为电涡流传感器被测体。
5. 将实验模块输出端 V_o 与电压表输入端 V_i 相接。数显表量程切换开关选择电压 20V 档。
6. 用连接导线从 CGQ-04B 接入+15V 直流电源到模块上标有+15V 的插孔中。
7. 使测微头与传感器线圈端部接触，开启 CGQ-04B 电源开关，记下数显表读数，然后每隔 0.5mm 读一个数，直到输出几乎不变为止。将结果列入表 6-1。

表 6-1 电涡流传感器位移 X 与输出电压数据

X (mm)								
V (v)								

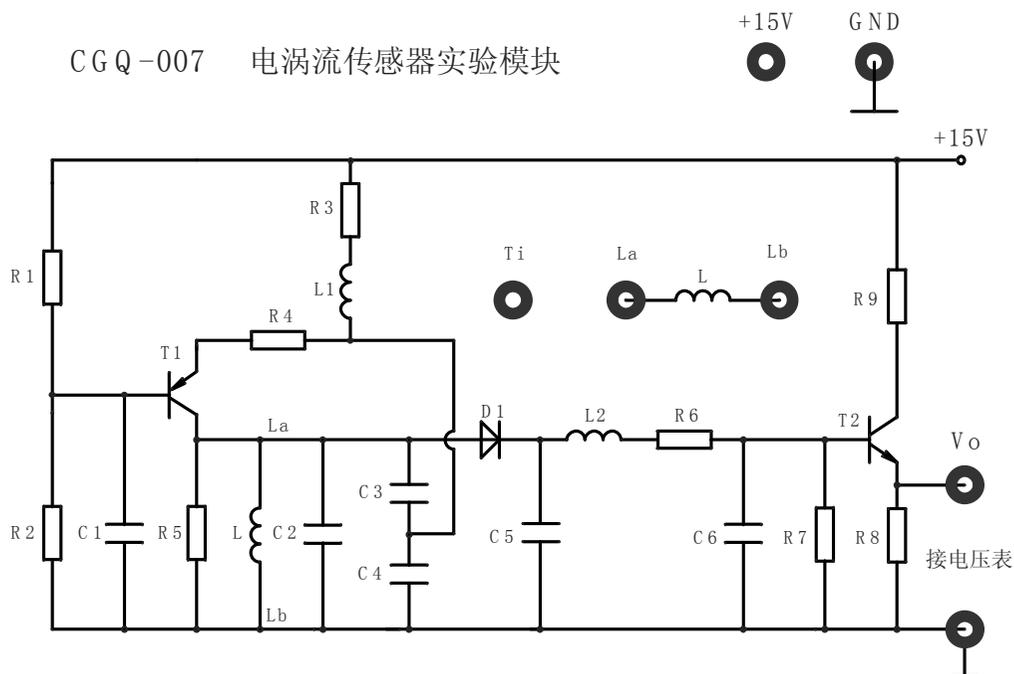


图 6-2 电涡流传感器性能实验接线图

8. 根据表 6-1 数据，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，试计算量程为 1mm、3mm、5mm 时的灵敏度和线性度（可以用端基法或其它拟合直线）。

五 . 思考题

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？
2. 用电涡流传感器进行非接触位移测量时，如何根据使用量程选用传感器？

实验十 被测体材质对电涡流传感器的特性影响实验

一. 实验目的

了解不同的被测体材料对电涡流传感器性能的影响。

二. 基本原理

涡流效应与金属导体本身的电阻率和磁导率有关，因此不同的材料就会有不同的性能。

三. 需用器件与单元

除与实验九相同外，另加铜和铝的被测体小圆片。

四. 实验步骤

1. 传感器安装与实验九相同，将原铁圆片换成铝和铜圆片。
2. 重复实验九步骤，进行被测体为铝圆片和铜圆片时的位移特性测试，分别记入表 6-2 和表 6-3。

表 6-2 被测体为铝圆片时的位移与输出电压数据

X (mm)								
V (v)								

表 6-3 被测体为铜圆片时的位移与输出电压数据

X (mm)								
V (v)								

4. 根据表 6-2 和表 6-3 分别计算量程为 1mm 和 3mm 时的灵敏度和非线性误差（线性度）。

5. 比较实验九和本实验所得的结果，并进行小结。

五 . 思考题

当被测体为非金属材料时，如何利用电涡流传感器进行测试？

实验十一 光纤传感器的位移特性实验

一 . 实验目的

了解光纤位移传感器的工作原理和性能。

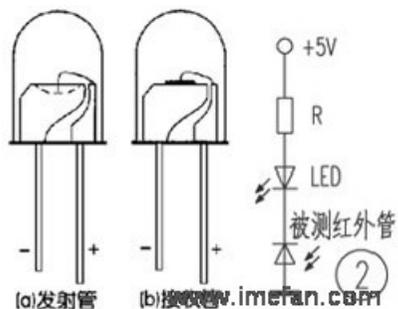
二 . 基本原理

本实验采用导光型多模光纤，它由两束光纤混合组成 Y 型光纤，探头为半圆分布，一束光纤端部与光源相接发射光束，另一束端部与光电转换器相接接收光束。两光束混合后的端部是工作端，即探头，它与被测体相距 X ，由光源发出的光通过光纤传到端部射出后再经被测体反射回来，由另一束光纤接收反射光信号再由光电转换器转换成电压量，而光电转换器转换的电压量大小与间距 X 有关，因此可用于测量位移。

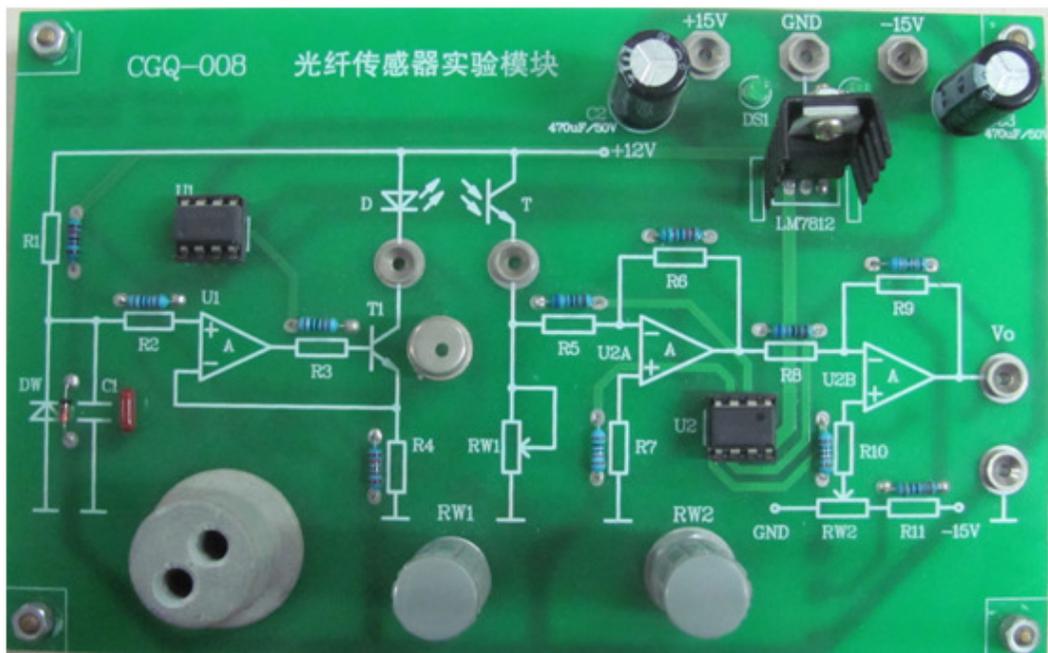
三 . 需用器件与单元

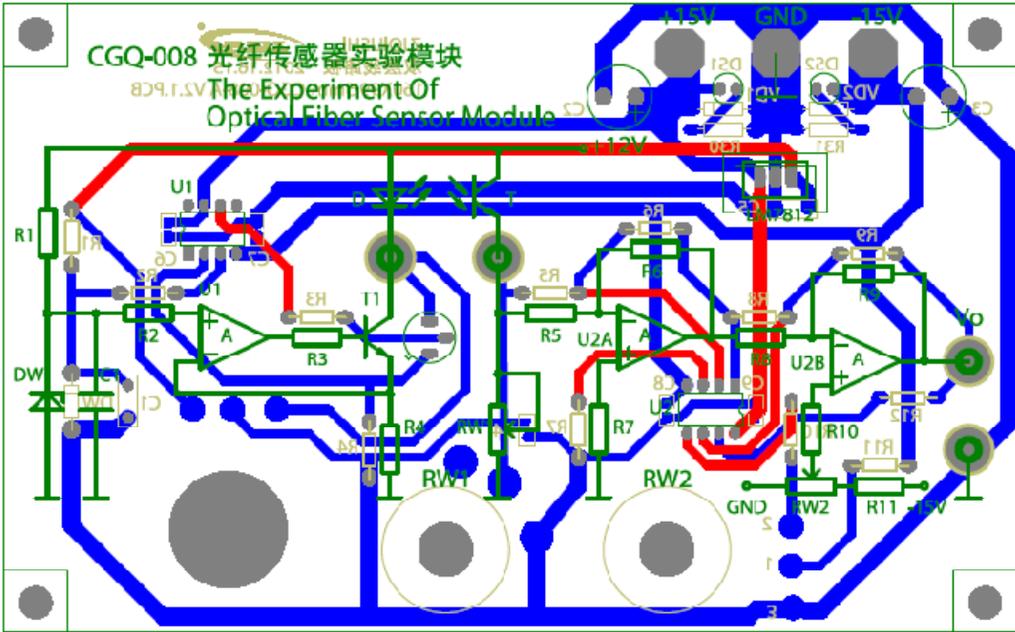
光纤传感器、CGQ-008 光纤传感器实验模块、电压表、测微头、 $\pm 15V$ 直流源、反射面。

CGQ-008光纤传感器实验模块线路板上的光纤座内封装了红外发射、接收对管并接入电路中。光纤传感器插入光纤座内，起到导光作用，当光纤探头与被测反光面距离发生改变时，红外接收管接收到的入射光发生变化，从而导致输出电压变化。光纤座内部的红外对管接线其引脚可参照右图：



其面板及线路板图如下图示：





四 . 实验步骤

1. 根据图 7-1 安装光纤位移传感器，两束光纤插入实验板上的光电变换座孔上。其内部已和发光管 D 及光电转换管 T 相接。

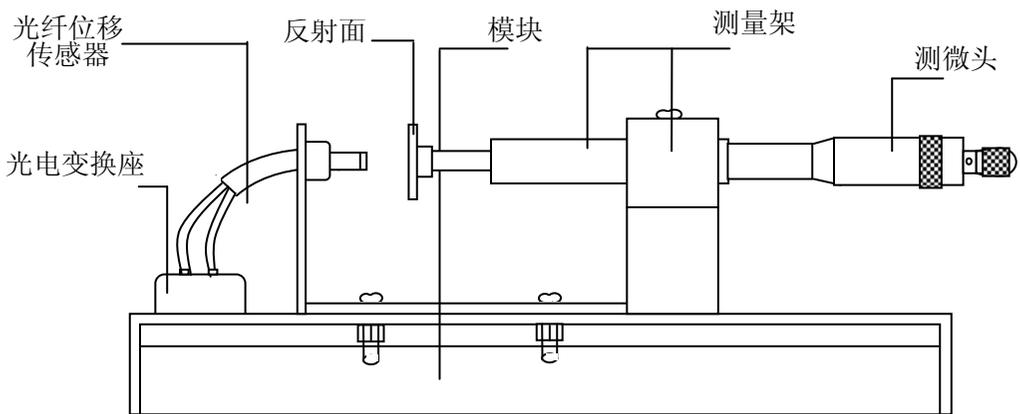


图 7-1 光纤传感器安装示意图

2. 将光纤实验模块输出端 V_o 与直流电压表相连，见图 7-2。

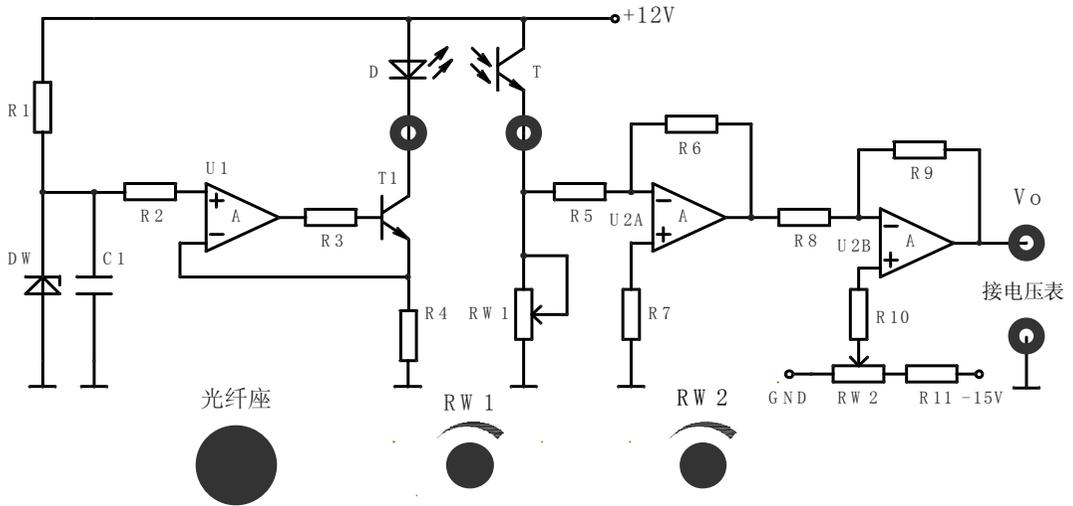


图 7-2 光纤传感器位移实验接线图

3. 调节测微头，使探头与反射平板轻微接触。
4. 实验模块接入±15V 电源，合上主控箱电源开关，将 RW1 旋至中间位置，调 Rw2 使电压表显示为零。
5. 旋转测微头，被测体离开探头，每隔 0.5mm 读出数显表值，将其填入表 7-1。

表 7-1 光纤位移传感器输出电压与位移数据

X (mm)								
V (v)								

6. 根据表 7-1 的数据，分析光纤位移传感器的位移特性，计算在量程 1mm 时的灵敏度和非线性误差。

五 . 思考题

光纤位移传感器测位移时对被测体的表面有些什么要求？

实验十二 Cu50 温度传感器的测温特性实验

一 . 实验目的

了解 Cu50 温度传感器的特性与应用。

二 . 基本原理

在一些测量精度要求不高且温度较低场合，一般采用铜电阻，可用来测量 $-50^{\circ}\text{C}\sim+150^{\circ}\text{C}$ 的温度。铜电阻有下列优点：

1. 上述温度范围内，铜的电阻与温度呈线性关系

$$R_t = R_0(1+at)$$

2. 阻温度系数高， $a = 4.25\sim 4.28 \times 10^{-3}/^{\circ}\text{C}$
3. 易提纯，价格便宜

三 . 需用器件与单元

CGQ-04 温度源、CGQ-009 温度传感器实验模块、K/E 型热电偶、Cu50 热电阻、直流源、电压表。

CGQ-009 温度传感器实验模块可对 Cu50、Pt100、K 型热电偶、E 型热电偶、AD590 的信号进行转换、放大处理，完成多种温度传感器的性能实验。

K 型热电偶调试：用万用表通断档测量 K 型热电偶两接线端，应导通。进一步检验需把热电偶接入温控仪，看温控仪显示温度

是否正确（K型对应 $S_n=0$ ）。

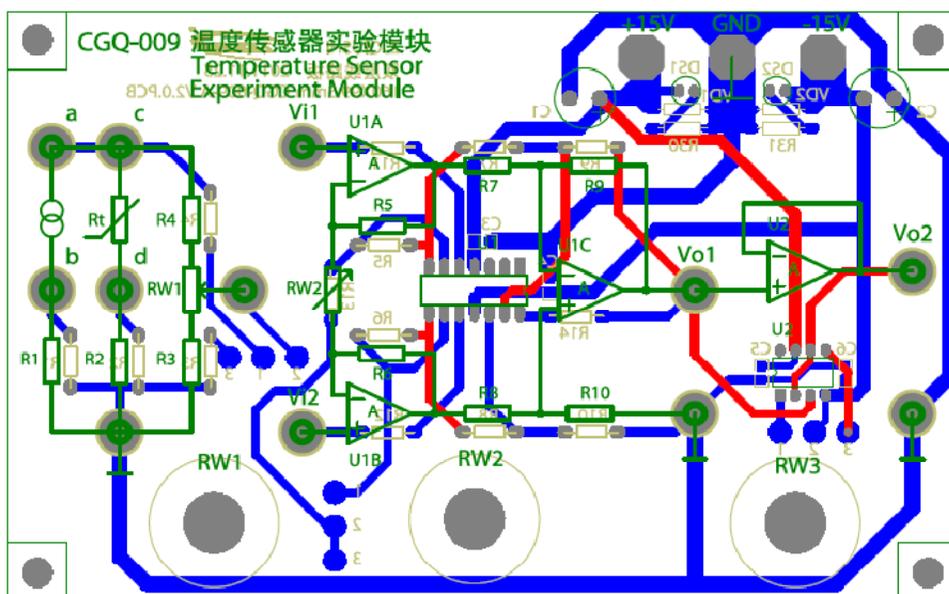
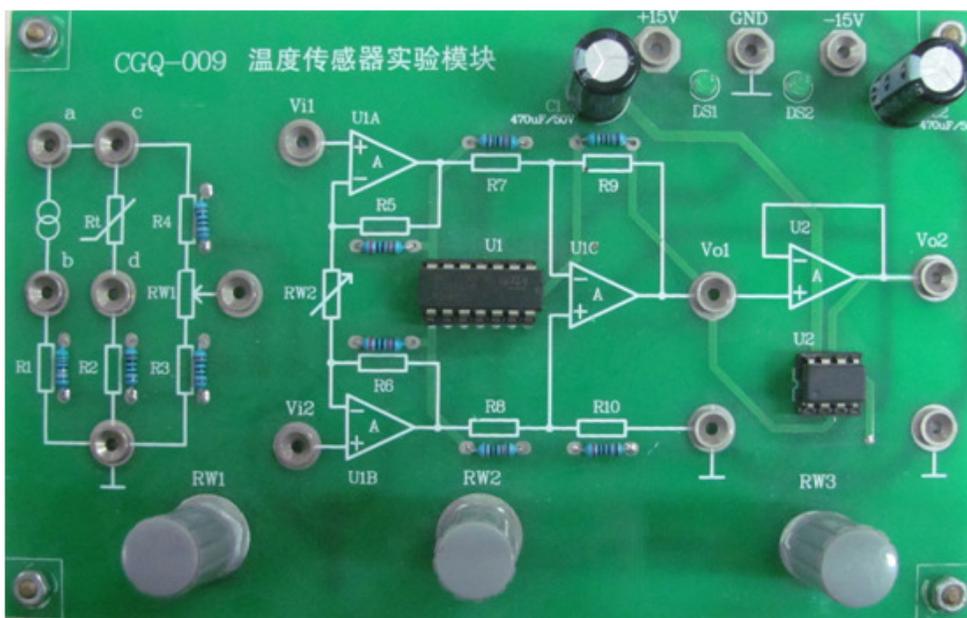
E型热电偶调试：用万用表通断档测量E型热电偶两接线端，应导通。进一步检验需把热电偶接入温控仪，看温控仪显示温度是否正确（E型对应 $S_n=4$ ）。

Cu50传感器调试：用万用表测量Cu50热电阻，35摄氏度时阻值应在54 欧姆左右，外界温度不同，阻值不同。

Pt100传感器调试：用万用表测量Pt100热电阻，其中蓝线与黑线短接，35 摄氏度时阻值应在113 欧姆左右，外界温度不同，阻值不同。

AD590传感器调试：室温25℃下，AD590传感器红线接VCC（+5V），蓝线串联一个10K电阻到电源地线，黑线连到电源地线。测量10K 电阻上电压应在3V左右（理论为2.98V）。

CGQ-009温度传感器实验模块面板及线路板图如下图示：



四．实验步骤

1. 注意：首先根据温控仪表型号，仔细阅读“温控仪表操作说明”，（见附录一）学会基本参数设定（出厂时已设定完毕）。
2. 将 CGQ-07 温度源模块上的 220V 加热输入接线柱与

CGQ-02B 面板温度控制系统中的加热输出接线柱连接。

3. 将 CGQ-07 温度源中“冷却输入”与 CGQ-02B 中“ALM1”连接，同时“风机电源”和 CGQ-02B 中“+2-+24V”电源输出连接（此时电源旋钮打到最大值位置），闭合温度源开关。

4. 将热电偶插入模块 CGQ-07 温度源的一个传感器安置孔中。将 K（对应温度控制仪表中参数 S_n 为 0，或 E 型 S_n 为 4）热电偶自由端引线插入主控箱面板 CGQ-02B 的传感器插孔中，红线为正极，琴键开关打到对应位置。

5. Cu50 热电阻加热端插入温度源的另一个插孔中，尾部红色线为正端，插入实验模块的 a 端，见图 8-1，尾部黑色线插入 b 端，a 端接电源+2V，b 端与差动运算放大器的 V_{i1} 一端相接，桥路的另一端和差动放大器的另一端 V_{i2} 相接。

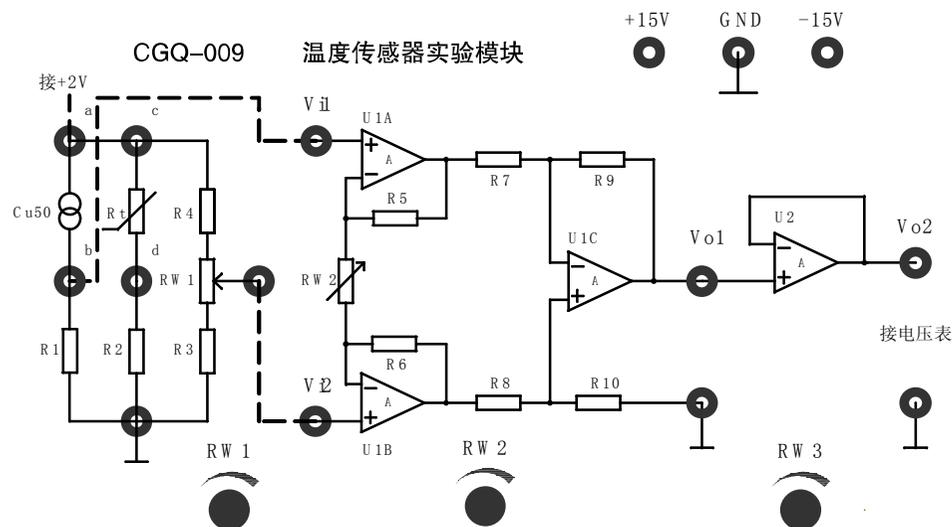


图 8-1 Cu50 热电阻测温特性实验

6. 打开 CGQ-02B 实验挂箱及 CGQ-04 温度源电源开关，设定温度控制值为 40°C ，当温度控制在 40°C 时开始记录电压表读数，重新设定温度值为 $40^{\circ}\text{C}+n \cdot \Delta t$ ，建议 $\Delta t=5^{\circ}\text{C}$ ， $n=1\cdots\cdots 10$ ，每隔 $1n$ 读出数显表输出电压与温度值。记下数显表上的读数，填入表 8-1。

表 8-1 Cu50 热电阻测温特性实验数据

T ($^{\circ}\text{C}$)								
V (mv)								

五 . 思考题

在一定的电流模式下，PN 结的正向电压与温度之间具有较好的线性关系，因此就有温敏二极管，若有兴趣可以利用开关二极管或其它温敏二极管在 $40^{\circ}\text{C}\sim 100^{\circ}\text{C}$ 之间，作温度特性，然后与集成温度传感器相同区间的温度特性进行比较，从线性看温度传感器线性优于温敏二极管，请阐述理由。

实验十三 Pt100 热电阻测温特性实验

一 . 实验目的

了解 Pt100 温度传感器的特性与应用。

二 . 基本原理

利用导体电阻随温度变化的特性。热电阻用于测量时，要求其材料电阻温度系数大，稳定性好，电阻率高，电阻与温度之间最好有线性关系。常用铂电阻和铜电阻，铂电阻在 0-630.74° C 以内，电阻 R_t 与温度 t 的关系为：

$$R_t = R_0(1 + At + Bt^2)$$

R_0 系温度为 0° C 时的铂热电阻的电阻值。本实验 $R_0=100^\circ \text{C}$ ，
 $A=3.90802 \times 10^{-3} \text{ }^\circ \text{C}^{-1}$

$B=-5.080195 \times 10^{-7} \text{ }^\circ \text{C}^{-2}$ ，铂电阻现是三线连接，其中一端接两根引线主要是为了消除引线电阻对测量的影响。

三 . 需用器件与单元

CGQ-04 温度源、CGQ-009 温度传感器实验模块、K/E 型热电偶、Pt100 热电阻、直流源、电压表。

四. 实验步骤

1. 同实验十二①、②、③、④步操作。

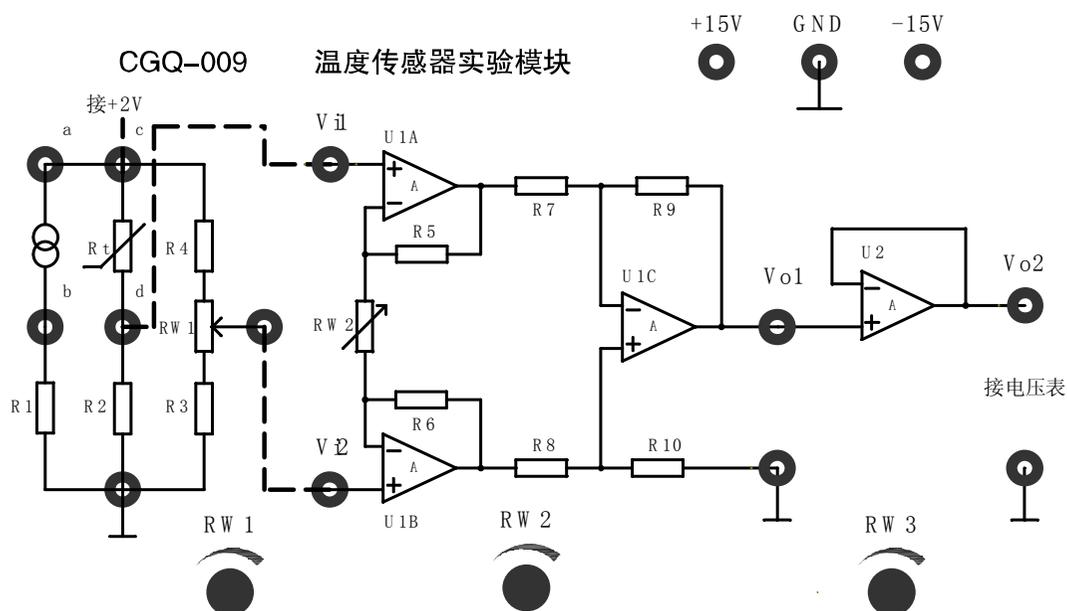


图 8-2 Pt100 热电阻测温特性实验

2. 加±15V 电源，调节 Rw2 在某一位置，将 Vi1 和 Vi2 短接并接地，调节 Rw3 使 Vo2 输出电压为零。

3. 将 Pt100 铂电阻三根引线引入“Rt”输入的 c、d 上：用万用表欧姆档测出 Pt100 三根引线中短接的两根线接 d 端。这样 Rt 与 R2、R3、R4、Rw1 组成直流电桥，是一种单臂电桥工作形式。

4. 在端点 c 与地之间加直流源+2V，合上主控箱电源开关，调 Rw1 使电桥平衡，即桥路输出端 d 和中心活动点之间在室温下输出为零。

5. 将 d 点接到 Vi1，RW1 中心点接到 Vi2，见图 8-2。

6. 设定温度值 40°C , 将 Pt100 探头插入温度源的一个插孔中, 开启电源, 待温度控制在 40°C 时记录下电压表读数, 重新设定温度值为 $40^{\circ}\text{C} + n \cdot \Delta t$, 建议 $\Delta t = 5^{\circ}\text{C}$, $n = 1 \cdots \cdots 10$, 每隔 $1n$ 读出数显表输出电压与温度值。将结果填入表 8-2。

表 8-2 Pt100 热电阻测温特性实验数据

t ($^{\circ}\text{C}$)								
V (mv)								

6. 根据表 8-2 值计算其非线性误差。

五 . 思考题

如何根据测温范围和精度要求选用热电阻?

附: 分度表

温度 ($^{\circ}\text{C}$) 测量元件		-50	0	50	100	150	200	300	400	500	600	800	1200	1400	1600
		热 电 偶	E (mv)		0	3.04	6.3	9.78	13.41	21.03	28.94	36.99	45.08	61.06	
K (mv)			0	2.02	4.0	6.13	8.13	12.02	3.261	4.234	5.237	7.345	11.94	14.36	16.77
热 电 阻	Cu50 (Ω)	39.2	50	60.7	71.4	82.13									
	Pt100 (Ω)	80.3	100	119.	138	157.3	175.8	212.0	247.0	280.9	313.5	375.5			

实验十四 集成温度传感器的测温特性实验

一、实验目的：

了解集成温度传感器 AD590 的特性与应用。

二、基本原理：

集成温度传感器将温敏晶体管与相应的辅助电路集成在同一芯片上，它能直接给出正比于绝对温度的理想线性输出，一般用于 -50°C — $+150^{\circ}\text{C}$ 之间温度测量，温敏晶体管是利用管子的集电极电流恒定时，晶体管的基极—发射极电压与温度成线性关系。为克服温敏晶体管 U_b 电压产生的离散性，均采用了特殊的差分电路。集成温度传感器有电压型和电流型二种，电流输出型集成温度传感器，在一定温度下，它相当于一个恒流源。因此它具有不易受接触电阻、引线电阻、电压噪声的干扰。具有很好的线性特性。本实验采用的是国产的 AD590。它只需要一种电源（ $+4\text{V}$ — $+30\text{V}$ ）。即可实现温度到电流的线性变换，然后在终端使用一只取样电阻（本实验中为 R_1 见图 8—3）即可实现电流到电压的转换。它使用方便且电流型比电压型的测量精度更高。

三、需用器件与单元：

CGQ-04 温度源、CGQ-009 温度传感器实验模块、K/E 型热电

偶、AD590、直流源、电压表。

四、实验步骤：

1. 同实验十二①、②、③、④步操作。

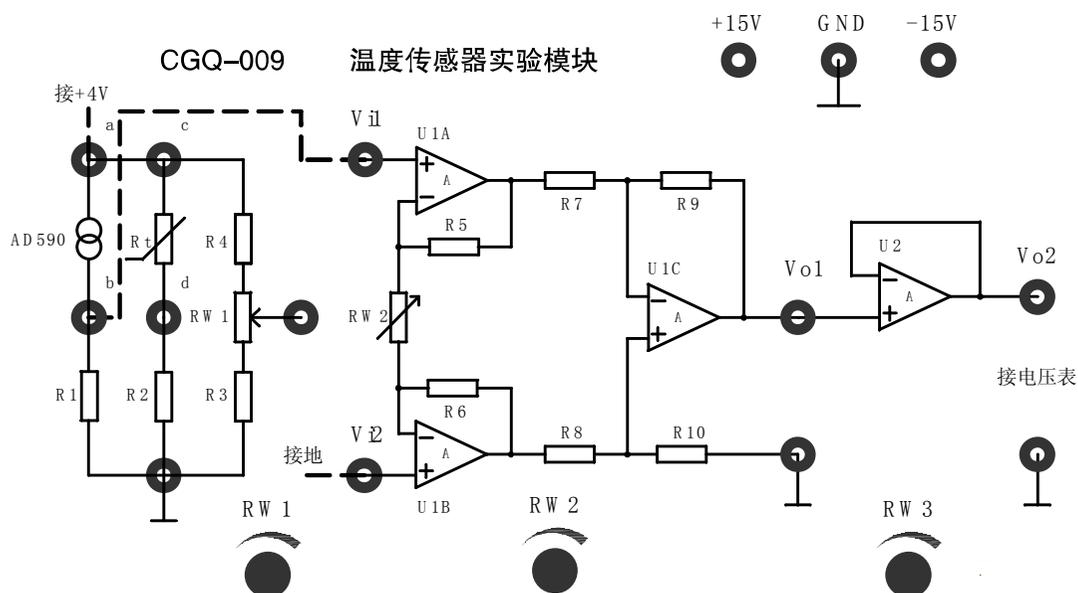


图 8-3 AD590 测温特性实验

2. 加±15V 电源，将 CGQ-009 温度传感器实验模块上的 Vi1 和 Vi2 短接并接地，RW2 旋至中间位置，调节 RW3，使 Vo2 输出等于零。

3. 将 AD590 加热端插入温度源另一插孔中，尾部红色线为正端，插入实验模块的 a 端，见图 8-3，尾部黑色线插入 b 端，在 a 端加+4V 电源并将 b 端接到 Vi1，将 Vi2 接地。

4. 设定温度值 40°C，开启电源，待温度控制在 40°C 时记录下电压表读数值，重新设定温度值为 40°C+n·Δt，建议 Δt=5°C，

n=1……10, 每隔 1n 读出数显表输出电压与温度值。将结果填入表 8-2。

表 8-2 AD590 测温特性实验数据

t (°C)								
V (mv)								

6. 根据表 8-3 值计算其非线性误差。