

CSY 系列 传感器系统综合实验台

使 用 说 明 实 验 指 导

目 录

| | |
|----------------------------|----|
| CSY 系列传感器系统综合实验台使用说明 | 3 |
| 实验一 金属箔式应变计性能——应变电桥 | 7 |
| 实验二 金属箔式应变计三种桥路性能比较 | 9 |
| 实验三 双孔应变传感器——称重实验 | 10 |
| 实验四 金属箔式应变计的温度效应及补偿 | 11 |

| | | |
|-------|--------------------------------|-----|
| 实验五 | 半导体应变计性能 | 12 |
| 实验六 | 半导体应变计直流半桥测试 | 14 |
| 实验七 | 金属箔式应变计与半导体应变计性能比较 | 15 |
| 实验八 | 移相器实验 | 16 |
| 实验九 | 相敏检波器实验 | 18 |
| 实验十 | 金属箔式应变计组成的交流全桥 | 19 |
| 实验十一 | 交流信号激励的称重传感器实验 | 21 |
| 实验十二 | 交流激励频率对全桥的影响 | 22 |
| 实验十三 | 交流全桥振幅测量实验 | 23 |
| 实验十四 | MPX 扩散硅压阻式传感器 | 23 |
| 实验十五 | 温度传感器——热电偶测温实验 | 25 |
| 实验十六 | 温度传感器——热电偶标定 | 26 |
| 实验十七 | 温度传感器——铂热电阻 | 28 |
| 实验十八 | 温度传感器——PN 结温敏二极管 | 29 |
| 实验十九 | 温度传感器——半导体热敏电阻 | 29 |
| 实验二十 | 温度传感器——集成温度传感器 | 31 |
| 实验二十一 | 电感式传感器——差动变压器性能 | 32 |
| 实验二十二 | 差动变压器零残电压的补偿 | 34 |
| 实验二十三 | 电感式传感器——差动变压器的标定 | 35 |
| 实验二十四 | 差动变压器的振动测量 | 36 |
| 实验二十五 | 差动变压器的应用——电子秤 | 37 |
| 实验二十六 | 电感传感器——差动螺管式传感器位移测量 | 38 |
| 实验二十七 | 差动螺管式电感传感器振幅测量 | 39 |
| 实验二十八 | 激励频率对电感传感器的影响 | 40 |
| 实验二十九 | 光电传感器——光敏电阻实验 | 41 |
| 实验三十 | 光电传感器——光电开关（红外发光管与光敏三极管） | 42 |
| 实验三十一 | 光电传感器——热释电红外传感器 | 473 |
| 实验三十二 | PSD 光电位置传感器实验 | 45 |
| 实验三十三 | 光纤传感器——位移测量 | 46 |
| 实验三十四 | 光纤传感器——动态测量 | 48 |
| 实验三十五 | 光纤传感器——转速测量 | 48 |
| 实验三十六 | 霍尔式传感器——直流激励特性 | 49 |
| 实验三十七 | 霍尔传感器——交流激励特性 | 50 |

| | | |
|-------|--------------------------|----|
| 实验三十八 | 霍尔传感器——振幅测量 | 51 |
| 实验三十九 | 电涡流传感器——静态标定 | 52 |
| 实验四十 | 被测材料对电涡流传感器特性的影响 | 54 |
| 实验四十一 | 电涡流传感器——振幅测量 | 54 |
| 实验四十二 | 电涡流传感器——测转速实验 | 55 |
| 实验四十三 | 磁电式传感器性能 | 56 |
| 实验四十四 | 压电加速度传感器性能 | 57 |
| 实验四十五 | 电容式传感器性能 | 58 |
| 实验四十六 | 湿敏传感器——湿敏电容实验 | 59 |
| 实验四十七 | 湿敏传感器——湿敏电阻实验 | 61 |
| 实验四十八 | 气敏传感器演示实验 | 62 |
| 实验四十九 | 光栅传感器——衍射演示及测距实验 | 63 |
| 实验五十 | 综合传感器——力平衡式传感器实验 | 64 |
| 实验五十一 | 双平行梁的动态特性——正弦稳态影响 | 66 |
| 实验五十二 | CCD 电荷耦合传感器——测径实验 | 67 |
| 实验五十三 | CCD 摄像法的应用——莫尔条纹记数 | 68 |
| 实验五十三 | 微机检测与转换——数据采集与处理 | 69 |

使用 说 明

CSY 系列传感器系统综合实验台为完全模块式结构，分主机、实验模块和实验桌三部分。根据用户不同的需求分为基本型和增强性两种配置。主机由实验工作平台，传感器综合系统、高稳定交、直流信号源，温控电加热源，旋转源、位移机构、振动机构、仪表显示、电动气压源、数据采集处理和通信系统（RS232 接口）、实验软件等组

成。全套 12 个实验模块中均包含一种或一类传感器及实验所需的电路和执行机构（位移装置均由进口精密导轨组成，以确保纯直线性位移），实验时模块可按实验要求灵活组合，仪器性能稳定可靠，方便实用。

传感器包括：（基本型含 24 种传感器，序号 1.1-1.24。增强型含 28 种传感器，序号 1.1-1.28）

- 1.1 金属箔式应变传感器（箔式应变片 工作片 4 片；温度补偿片 2 片，应变系数：2.06，精度 2%）
- 1.2 称重传感器（标准商用双孔悬臂梁结构，量程 0~500g，精度 2%）
- 1.3 MPX 扩散硅压阻式压力传感器（差压式，量程 0~50KP，精度 3%）
- 1.4 半导体应变传感器（BY350，工作片 2 片，应变系数 120）
- 1.5 标准 K 分度热电偶，（量程 0~800℃，精度 3%）
- 1.6 标准 E 分度热电偶，（量程 0~800℃，精度 3%）
- 1.7 MF 型半导体热敏传感器（负温度系数，25℃时电阻值 10K）
- 1.8 Pt100 铂热电阻（量程 0~800℃，精度 5%）
- 1.9 半导体温敏二极管（精度 5%）
- 1.10 集成温度传感器（电流型，精度 2%）
- 1.11 光敏电阻传感器（cds 器件，光电阻 $\geq 2M\Omega$ ）
- 1.12 光电转速传感器（近红外发射-接收量程 0~2400 转/分）
- 1.13 光纤位移传感器（多模光强型，量程 $\geq 2mm$ ，在其线性工作范围内精度 5%）
- 1.14 热释电红外传感器（光谱响应 7~15 μm ，光频响应 0.5~10HZ）。
- 1.15 半导体霍尔传感器（由线性霍尔元件与梯度磁场组成。工作范围：位移 $\pm 2mm$ ，精度 5%）
- 1.16 磁电式传感器（动铁与线圈）
- 1.17 湿敏电阻传感器（高分子材料，工作范围 5~95%RH，）
- 1.18 湿敏电容传感器（高分子材料，工作范围 5~95%RH）
- 1.19 MQ3 气敏传感器（酒精气敏感，实验演示用）
- 1.20 电感式传感器（差动变压器，量程 $\pm 5mm$ ，精度 5%）
- 1.21 压电加速度传感器（PZT 压电陶瓷与质量块。工作范围 5~30HZ ）
- 1.22 电涡流传感器（线性工作范围 1mm，精度 3%）
- 1.23 电容传感器（同轴式差动变面积电容，工作范围 $\pm 3mm$ ，精度 2%）
- 1.24 力平衡传感器（综合传感器系统）
- 1.25 PSD 光电位置传感器（增强型选配单元，PSD 器件与激光器组件，采用

工业上的三角测量法，量程 25mm，精度 0.1%）

1.26 激光光栅传感器（增强型选配单元，光栅衍射及光栅莫尔条纹，莫尔条纹精密位移记数精度 0.01mm）

1.27 CCD 图象传感器（增强型选配单元，光敏面尺寸：1/3 英寸。采用计算机软件与 CCD 传感器配合，进行高精度物径及高精度光栅莫尔条纹位移自动测试。）

1.28 超声波测距传感器（增强型选配单元，量程范围 30~600mm，精度 10mm）

主机配置：

2.1 直流稳压电源：（传感器工作直流激励源与实验模块工作电源）

$\pm 2V \sim \pm 10V$ 分五档输出，最大输出电流 1.5A

$\pm 15V$ （ $\pm 12V$ ）、最大输出电流 1.5A；激光器电源。

2.2 音频信号源：（传感器工作交流激励源）

0.4KHz-10KHz 输出连续可调，最大 V_{p-p} 值 20V。

0° 、 180° 端口反相输出

0° 、LV 端口功率输出，最大输出电流 1.5A

180° 端口电压输出，最大输出功率 300mw

2.3 低频信号源：（供主机位移平台与双平行悬臂梁振动激励，实现传感器动态测试）

1Hz~30Hz 输出，连续可调，最大输出电流 1.5A，最大 V_{p-p} 值 20V，激振 I（双平行悬臂梁）、激振 II（圆形位移平台）的振动源。

转换纽子开关的作用：（请特别注意）当倒向 V_0 侧时，低频信号源正常使用， V_0 端输出低频信号，倒向 V_i 侧时，断开低频信号电路， V_0 端无低频信号输出，停止激振 I、II 的激励。 V_i 作为电流放大器的信号输入端，输出端仍为 V_0 端。激振不工作时激振选择开关应位于置中位置。

2.4 温控电加热源：（温度传感器加热源）

由 E 分度热电偶控温的 300W 电加热炉，最高控制炉温 400℃，实验控温 $\leq 200^\circ C$ 。交流 220V 插口提供电炉加热电源，作为温度传感器热源、及热电偶测温、标定和传感器温度效应的温度源等。

2.5 旋转源：（光电、电涡流传感器测转速之用）

低噪声旋转电机，转速 0-2400 转/分，连续可调。（特别注意：电机不工作时 钮子开关应置于“关”，否则直流稳压电源-2V 会无输出）。

2.6 气压源：（提供压力传感器气压源）

电动气泵，气压输出 $\leq 20\text{KP}$ ，连续可调。

手动加压气囊：可加压至满量程 40KP，通过减压阀调节气压值。

仪表显示部分：

3.1 电压/频率表：

3 1/2 位数字表、电压显示分 0~2V、0~20V 两档；

频率显示分 0~2KHz、0~20KHz 两档，灵敏度 $\leq 50\text{mv}$ 。

3.2 数字式温度表：（E 分度）

温度显示：0-800℃（用其他热电偶测温时应查对相应的热电偶分度表）。

3.3 气压表：

0-40KP（0-300mmHg）显示。

计算机通信与数据采集：

4.1 通信接口：标准 RS232 口，提供实验台与计算机通信接口。

4.2 数据采集卡：12 位 A/D 转换，采集卡信号输入端为电压/频率表的“IN”端，采集卡频率输入端为“转速信号入”口。

实验模块包含：

（基本型含 9 个模块，序号 5.1-5.9，增强型含 12 个模块，序号 5.1-5.12，每个模块包含一种或一类传感器，使用方便）

5.1 实验公共电路模块：提供所有实验中所需的电桥、差动放大器、低通滤波器、电荷放大器、移项器、相敏检波器等公用电路。

5.2 应变式传感器实验模块（包含电阻应变及压力传感器）：金属箔式标准商用称重传感器（带加热及温度补偿）、悬臂梁结构金属箔式、半导体应变、MPX 扩散硅压阻式传感器、放大电路。

5.3 电感式传感器实验模块：差动变压器、螺管式传感器、高精度位移导轨、放大电路。

5.4 电容式传感器实验模块：同轴式差动电容组成的双 T 电桥检测电路，精密位移导轨。

5.5 光电传感器实验模块：光纤位移传感器与光电耦合器、光敏电阻及信号变换电路，精密位移导轨、电机旋转装置。

5.6 霍尔传感器实验模块：霍尔传感器、梯度磁场、变换电路及日本进口高精度位移导轨。

- 5.7 温度传感器实验模块：提供 7 种温度传感器及变换电路，可控电加热炉。
- 5.8 电涡流传感器实验模块：电涡流探头、变换电路及日本进口精密位移导轨。
- 5.9 湿敏气敏传感器实验模块：高分子湿敏电阻、湿敏电容、MQ3 气敏传感器及变换电路。
- 5.10 PSD 光电位置传感器实验模块：PSD 器件及激光器组件、日本进口精密位移导轨，高倍放大器。（增强型单元）
- 5.11 CCD 图象传感器及光栅测试实验模块：CCD 传感器、光栅莫尔条纹位移传感器及计机测试软件、日本进口精密位移导轨。（增强型单元）
- 5.12 超声波传感器测距实验模块：超声波发射-接收探头、精密位移装置及时间-距离变换显示电路，直接显示探测距离（cm）及时间（ μs ）（增强型单元）

主机工作台上装置的传感器有：

磁电式、压电加速度、半导体应变（2 片）、金属箔式应变（工作片 4 片，温度补偿片 2 片）、衍射光栅（增强型）。

双平行悬臂梁旁的支柱安装有螺旋测微仪，可带动悬臂梁上下位移。

圆形位移（振动）平台旁的支架可安装电感、电容、霍尔、光纤、电涡流等传感器探头，在平台振动时进行动态实验。

实验台主机与实验模块的连接线采用了高可靠性的防脱落插座及插头。实验连接线均用灯笼状的插头及配套的插座，接触可靠，防旋防松脱，并可在使用日久断线后重新修复（特别注意：在本型仪器上请勿同时使用旧型号的可锁紧连接线，以免损坏新型连接线及造成插座松动）。

实验桌的传感器模块柜平时放置实验模块，抽屉中可放置传感器探头与配件。

实验操作须知：

- 1、 使用本仪器前，请先熟悉仪器的基本状况，对各传感器激励信号的大小、信号源、显示仪表、位移及振动机构的工作范围做到心中有数。主机面板上的纽子开关都应选择好正确的倒向。
- 2、 了解测试系统的基本组成：合适的信号激励源→传感器→处理电路（传感器状态调节机构）→仪表显示（数据采集或图象显示）
- 3、 实验操作时，在用实验连接线接好各系统并确认无误后方可打开电源，各信号源之间严禁用连接线短路，主机与实验模块的直流电源

连接线插头与插座连接时尤要注意标志端对准后插入，如开机后发现信号灯、数字表有异常状况，应立即关机，查清原因后再进行实验。

- 4、 实验连接线插头为灯笼状簧片结构，插入插孔即能保证接触良好，不须旋转锁紧，使用时应避免摇晃。为延长使用寿命，操作时请捏住插头连接叠插。
- 5、 实验指导中的“注意事项”不可忽略。传感器的激励信号不准随意加大，否则可能会造成传感器永久性的损坏。
- 6、 本实验仪为教学实验用仪器，而非测量用仪器，各传感器在其工作范围内有一定的线性和精度，但不能保证在整个信号变化范围都是呈线性变化。限于实验条件，有些实验只能做为定性演示（如湿敏、气敏传感器），能完成实验指导书中的实验内容，则整台仪器正常。
- 7、 本仪器的工作环境温度 $\leq 40^{\circ}\text{C}$ ，需防尘。

实验一 金属箔式应变计性能——应变电桥

实验目的：

- 1、观察了解箔式应变片的结构及粘贴方式。
- 2、测试应变梁变形的应变输出。
- 3、比较各桥路间的输出关系。

实验原理：

本实验说明箔式应变片及直流电桥的原理和工作情况。

应变片是最常用的测力传感元件。当用应变片测试时，应变片要牢固地粘贴在测试体表面，测件受力发生形变，应变片的敏感栅随同变形，其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。

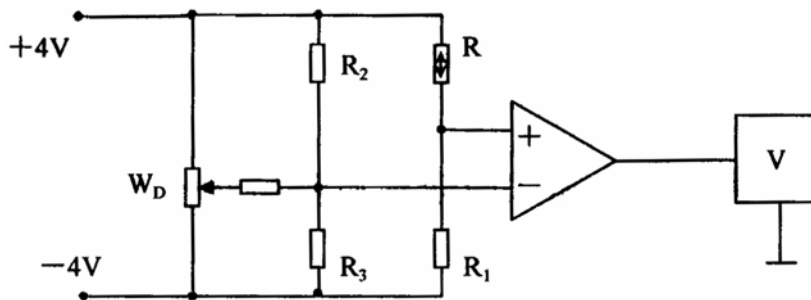
电桥电路是最常用的非电量电测电路中的一种，当电桥平衡时，桥路对臂电阻乘积相等，电桥输出为零，在桥臂四个电阻 R_1 、 R_2 、 R_3 、 R_4 中，电阻的相对变化率分别为 $\Delta R_1/R_1$ 、 $\Delta R_2/R_2$ 、 $\Delta R_3/R_3$ 、 $\Delta R_4/R_4$ ，当使用一个应变片时， $\Sigma R = \frac{\Delta R}{R}$ ；当二个应变片组成差动状态工作，则有 $\Sigma R = \frac{2\Delta R}{R}$ ；用四个应变片组成二个差动对工作，且 $R_1 = R_2 = R_3 = R_4 = R$ ， $\Sigma R = \frac{4\Delta R}{R}$ 。

实验所需部件：

直流稳压电源±4V、应变式传感器实验模块、贴于主机工作台悬臂梁上的箔式应变计、螺旋测微仪、数字电压表

实验步骤：

1、连接主机与模块电路电源连接线，差动放大器增益置于最大位置（顺时针方向旋到底），差动放大器“+”“—”输入端对地用实验线短路。输出端接电压表 2V 档。开启主机电源，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，调零后模块上的“增益、调零”电位器均不应再变动。



(图 1)

2、观察贴于悬臂梁根部的应变计的位置与方向，按图（1）将所需实验部件连接成测试桥路，图中 R_1 、 R_2 、 R_3 分别为模块上的固定标准电阻， R 为应变计（可任选上梁或下梁中的一个工作片），图中每两个节之间可理解为一根实验连接线，注意连接方式，勿使直流激励电源短路。

将螺旋测微仪装于应变悬臂梁前端永久磁钢上，并调节测微仪使悬臂梁基本处于水平位置。

3、确认接线无误后开启主机，并预热数分钟，使电路工作趋于稳定。调节模块上的 W_D 电位器，使桥路输出为零。

4、用螺旋测微仪带动悬臂梁分别向上和向下位移各 5mm，每位移 1mm 记录一个输出电压值，并记入下表：

| | | | | | | | | | | | |
|------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| 位 移 | | | | | | | | | | | |
| mm | | | | | | | | | | | |
| 电压 V | | | | | | | | | | | |

根据表中所测数据在坐标图上做出 $V-X$ 曲线，计算灵敏度 S ： $S=\Delta V/\Delta X$ 。

注意事项：

1、实验前应检查实验连接线是否完好，学会正确插拔连接线，这是顺利完成实验的基本保证。

2、由于悬臂梁弹性恢复的滞后及应变片本身的机械滞后，所以当螺旋测微仪回到初始位置后桥路电压输出值并不能马上回到零，此时可一次或几次将螺旋测微仪反方向旋转一个较大位移，使电压值回到零后再进行反向采集实验。

3、实验中实验者用螺旋测微仪进行位移后应将手离开仪器后方能读取测试系统输出电压数，否则虽然没有改变刻度值也会造成微小位移或人体感应使电压信号出现偏差。

4、因为是小信号测试，所以调零后电压表应置 2V 档。

实验二 金属箔式应变计三种桥路性能比较

实验原理：

已知单臂、半桥和全桥电路的 ΣR 分别为 $\Delta R/R$ 、 $\Delta 2R/R$ 、 $4\Delta R/R$ 。根据戴维南定理可以得出测试电桥近似等于 $\frac{1}{4} \cdot E \cdot \Sigma \cdot \Sigma R$ ，电桥灵敏度 $K_u = V/\Delta R/R$ ，于是对于单臂、半桥和全桥的电压灵敏度分别为 $1/4E$ 、 $1/2E$ 和 E 。由此可知，当 E 和电阻相对变化一定时，电桥的灵敏度与各桥臂阻值的大小无关。

实验所需部件：

直流稳压电源（+4V）、应变式传感器实验模块、贴于悬臂梁上的箔式应变计、螺旋测微仪、数字电压表。

实验步骤：

- 1、在完成实验一的基础上，依次将图（1）中的固定电阻 R_1 ，换接应变计组成半桥、将固定电阻 R_2 、 R_3 ，换接应变计组成全桥。
- 2、重复实验一中实验 3-4 步骤，完成半桥与全桥测试实验。
- 3、在同一坐标上描出 $V-X$ 曲线，比较三种桥路的灵敏度，并做出定性的结论。

注意事项：

应变计接入桥路时，要注意应变计的受力方向，一定要接成差动形式，即邻臂受力方向相反，对臂受力方向相同，如接反则电路无输出或输出很小。

实验三 双孔悬臂梁应变传感器——称重实验

实验原理：

本实验选用的是标准商用双孔悬臂梁式称重传感器，灵敏度高，性能稳定，四个特性相同的应变片贴在如图所示位置，弹性体的结构决定了 R_1 和 R_3 、 R_2 和

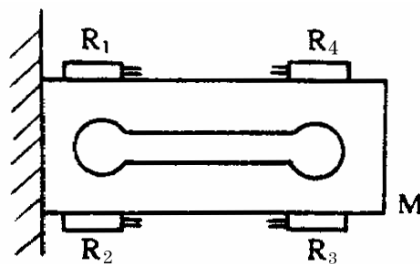
R4 的受力方向分别相同，因此将它们串接就形成差动电桥。（弹性体中间上下两片为温度补偿片）

当弹性体受力时，根据电桥的加减特性其输出电压为：

$$U = \frac{E}{4} \left(\frac{\Delta R_1}{R_1} - \frac{\Delta R_2}{R_2} + \frac{\Delta R_3}{R_3} - \frac{\Delta R_4}{R_4} \right) = 4 \times \frac{E}{4} \cdot \frac{\Delta R}{R}$$

实验所需部件：

直流稳压电源、应变式传感器实验模块、双孔悬臂梁称重传感器，称重砝码（20 克/个）、数字电压表。



双孔悬臂梁称重传感器

(图 2)

实验步骤：

1、观察称重传感器弹性体结构及贴片位置，连接主机与实验模块的电源连接线，按照实验一、二的方法连接测试系统，开启主机电源，调节电桥 Wd 调零电位器使无负载时的称重传感器输出为零。

2、逐一将砝码放上传感器称重平台，调节增益电位器，使 V0 端输出电压与所称重量成一比例关系，记录 W（克）与 V（mv）的对应值，并填入下表：

| | | | | | | | | | | |
|--------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| W(克) | | | | | | | | | | |
| V (mv) | | | | | | | | | | |

3、记录 W 与 V 值，并做出 V-W 曲线，进行灵敏度、线性度与重复性的比较。

4、与双平行悬臂梁组成的全桥进行性能比较。

注意事项：

称重传感器的激励电压请勿随意提高。

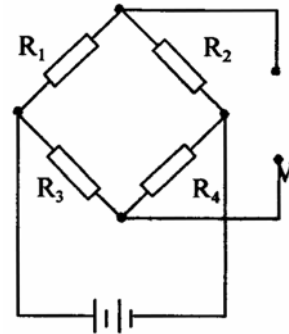
注意保护传感器的引线及应变片使之不受损伤。

实验四 箔式应变计的温度效应及补偿

实验原理：

当应变片所处环境温度发生变化时，由于其敏感栅本身的温度系数，自身的标称电阻值发生变化，而贴应变片的测试件与应变片敏感栅的热膨胀系数不同，也会引起附加形变，产生附加电阻。

为避免温度变化时引入的测量误差，在实用的测试电路中要进行温度补偿。本实验中采用的是电桥补偿法，图（3）所示。



(图 3)

实验所需部件：

贴于双平行悬臂梁（或双孔悬臂梁）上的温度补偿片（一片）、金属箔式应变片（一片）、直流稳压电源（ $\pm 4V$ ），应变式传感器实验模块、电压表、应变片加热器（双平行悬臂梁的加热开关位于主机面板的温控单元）、温度计（自备）

实验步骤：

1、按图（1）接成单臂应变电桥，开启主机电源，调整系统输出为零。记录环境温度。

2、开启“应变加热”电源，观察电桥输出电压随温度升高而发生的变化，待加热温度达到一个相对稳定值后（加热器加热温度约高于环境温度 $30^{\circ}C$ ），记录电桥输出电压值，并求出大致的温飘 $\Delta V/\Delta T$ ，然后关闭加热电源，待其冷却。

4、将电桥中接入的一个固定电阻换成一片与应变片在同一应变梁上的补偿应变片，重新调整系统输出为零。

5、开启“应变加热”电源，观察经过补偿的电桥输出电压的变化情况，求出温飘，然后与未进行补偿时的电路进行比较。

注意事项：

在箔式应变片接口中，从左至右 6 片箔式片分别是：第 1、3 工作片与第 2、4 工作片受力方向相反，第 5、6 片为上、下梁的补偿片，请注意应变片接口上

所示符号表示的相对位置。

“应变加热”源温度是不可控制的，只能达到相对的热平衡。

实验五 半导体应变计性能

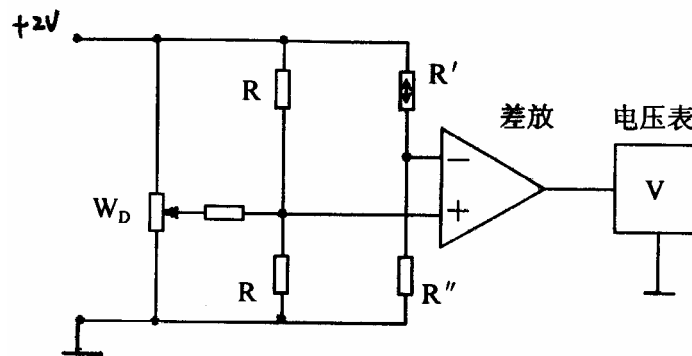
实验原理：

半导体应变计主要是根据硅半导体材料的压阻效应制成，当半导体晶体受到作用力时，晶体除产生应变外，电阻率也会发生变化。

与金属应变片相比，半导体应变计灵敏系数很高，可达 100~200，但是在稳定性及重复性方面都不如金属箔式片。实际使用时都是采用全桥工作形式以达到相对稳定。

实验所需部件：

贴于双平行悬臂梁上的半导体应变计（一片）、直流稳压电源（2V）、应变式传感器实验模块、电压表、应变加热器



(图 4)

实验步骤：

1、按图（4）将半导体应变计接入差动放大器、电桥、电压表、注意直流激励输出电压为 2V，以免因为电压过高引起半导体应变计自热。

2、连接主机与模块的电源并开启，调节电桥 W_D 电位器，使系统输出为零，此时差动放大器增益可置最大电压表可先置 20V 档。

3、用手提、压平行悬臂梁上下各约 5mm，观察电路输出电压变化范围、应变梁弹性恢复及重复性情况。

4、打开“应变加热”开关，观察半导体单臂电桥的温飘情况。（此时电压表应放 20V 档）

注意事项：

由于半导体应变计非常灵敏，当环境温度有微小变化时都会引起电桥不平衡，电路输出电压变化。随着加热温度的改变，半导体单臂电桥系统输出电压要有一个相当长的时间才能基本稳定。

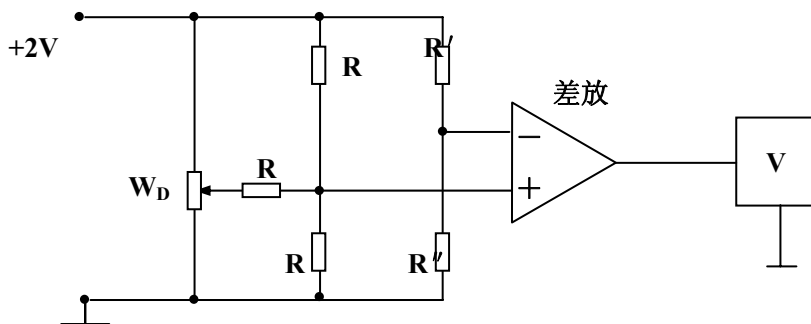
实验六 半导体应变计直流半桥测试

实验目的：

了解实际运用的半导体应变电桥的运用。

实验所需部件：

半导体应变计（二片）、直流稳压电源（2V）、应变式传感器实验模块、螺旋测微仪、电压表



(图 5)

实验步骤：

- 1、在实验五的基础上按图（5）接入二片半导体应变片和二个固定电阻，组成应变半桥。
- 2、用螺旋测微仪将悬臂梁调至水平，激励电压接 2V。
- 3、打开主机电源，调整电桥中 W_D 电位器使电路输出为零。
- 4、按实验一步骤 3-4 进行操作，测出 V-X 值，画出 V-X 曲线，计算出灵敏度。
- 5、比较半导体应变计接成半桥后与单臂电桥的稳定性。

注意事项：

由于半导体半桥灵敏度高，输出信号较大，必要时可适当减小差动放大器增益。

实验七 箔式应变计与半导体应变计性能比较

实验目的：

通过实验对两种应变电路的特性有充分的了解

实验所需部件：

直流稳压电源、箔式应变计、半导体应变计、应变式传感器实验模块、螺旋测微仪、数字电压表、应变加热器、温度计（自备）

实验步骤：

1、分别进行箔式应变单臂电桥与半导体应变单臂电桥实验，直流激励源统一为 $\pm 2V$ ，差动放大器增益置一固定位置，接线如图（1）。

调整系统，在相同的外部环境下测得两组数据并填入下表：

| 位移 Xmm | | | | | | | | | | 灵敏度 |
|---------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|-----|
| V 半导体单臂 | | | | | | | | | | |
| V 箔式单臂 | | | | | | | | | | |
| V 半导体半桥 | | | | | | | | | | |
| V 箔式半桥 | | | | | | | | | | |

2、将电桥中 R_1 固定电阻分别换成箔式片与半导体片，做半桥实验，测得的两组数据也填入上表。

3、在同一坐标上做出四条 V-X 曲线进行比较。

4、打开应变加热器，测得箔式应变电桥与半导体应变电桥的温飘，进行温度特性比较。

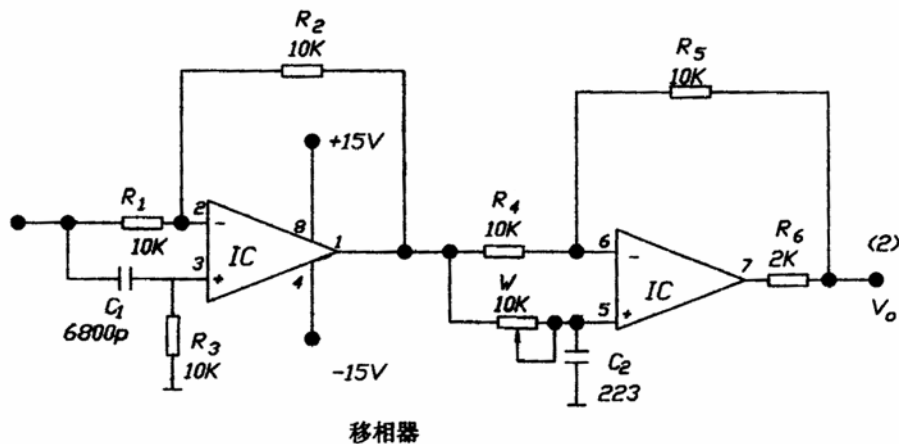
注意事项：半导体应变计加热后温飘是非常大的，即使是加热到了相对的热平衡，但只要温度不是绝对稳定，电桥输出往往还是不能稳定，这不是仪器的毛病。

实验八 移相器实验

实验目地：

说明由运算放大器构成的移相电路的工作原理。

实验原理：图（6）为移相器电路示意图。



（图 6）

由图可求得该电路的闭环增益 $G(S)$ ：

$$G(S) = \frac{1}{R_1 R_4} \left[\frac{R_4 + R_5}{W C_2 S + 1} - R_5 \right] \left[\frac{R_2 C_1 S (R_3 + R_1)}{R_2 C_1 S + 1} - R_3 \right]$$

$$\text{则 } G(j\omega) = \frac{1}{R_1 R_4} \left[\frac{R_4 + R_5}{j\omega C_2 \omega + 1} - R_5 \right] \left[\frac{jR_2 C_1 \omega (R_3 + R_1)}{jR_2 C_1 \omega + 1} - R_3 \right]$$

$$G(j\omega) = \frac{(1 - \omega^2 C_2 W^2)(R_2 C_1^2 \omega^2 - 1) + 4\omega^2 C_1 C_2 R_2 W}{(1 - \omega^2 C_2 W^2)(1 + R_2 C_1^2 \omega^2)}$$

当 $R_1 = R_2 = R_3 = R_4 = R_5 = 10K$ 时有

$$|G(j\omega)| = 1 \quad \text{tg}\psi = \frac{2 \left(\frac{1 - \omega^2 R_2 C_1 C_2 W}{\omega C_2 W + \omega C_1 R_2} \right)}{1 - \left(\frac{\omega^2 C_1 C_2 R_2 W - 1}{R_2 C_1 \omega + C_2 W \omega} \right)^2}$$

由正切三角函数半角公式可得

$$\operatorname{tg}\psi = \frac{2\operatorname{tg}\frac{\Psi}{2}}{1 - \operatorname{tg}^2\frac{\Psi}{2}} \quad \psi = 2\operatorname{arctg}\left(\frac{1 - \omega^2 R_2 C_1 C_2 W}{\omega C_2 W + \omega R_2 C_1}\right)$$

$\omega > \frac{1}{\omega^2 R_2 C_1 C_2}$ 时，输出相位滞后于输入，当 $\omega < \frac{1}{\omega^2 R_2 C_1 C_2}$ 时，输出

相位超前输入。

实验所需部件：

公共电路实验模块（移相器、相敏检波器、低通滤波器）、音频信号源、双线示波器

实验步骤：

1、连接主机与实验模块电源线，音频信号源频率幅值旋钮居中，信号输出端连接移相器输入端。

2、打开主机电源，双线示波器两探头分别接移相器输入与输出端，调整示波器，观察两路波形。

3、调节移相器“移相”电位器，观察两路波形相应变化。

4、改变音频信号源频率，观察频率不同时移相器移相范围的变化。

5、对照移相器电路图分析其工作原理。

注意事项：

因为实验仪的音频信号是由函数发生器产生，不是纯正弦信号，所以通过移相器后波形局部有失真，这并非仪器故障。

正确选择双线示波器的“触发”方式及其它设置，以保证能看到移相波形的变化。

实验九 相敏检波器实验

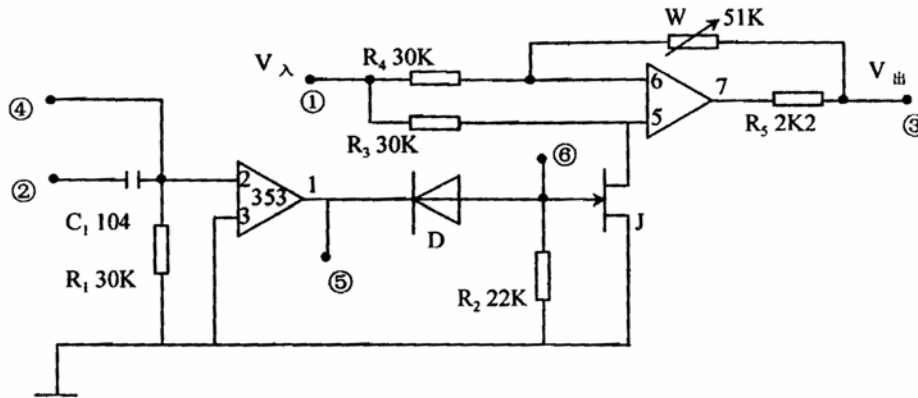
实验目的：

说明由施密特开关电路及运放组成的相敏检波器电路的原理。

实验原理：

相敏检波电路如图（7）所示：图中①为输入信号端，②为交流参考电压输入端，③为检波信号输出端，④为直流参考电压输入端。

当②、④端输入控制电压信号时，通过差动电路的作用使 D 和 J 处于开或关的状态，从而把①端输入的正弦信号转换成全波整流信号。



(图 7)

实验所需部件：

公共电路实验模块（相敏检波器、移相器、低通滤波器）、音频信号源、直流稳压电源、电压表、双线示波器

实验步骤：

- 1、连接主机与实验模块电源线，音频信号输出接相敏检波输入端①。
- 2、直流稳压电源 2V 档输出（正或负均可）接相敏检波器④端。
- 3、示波器两通道分别接相敏输入、输出端，观察输入、输出波形的相位关系和幅值关系。
- 4、改变④端参考电压的极性，观察输入、输出波形的相位和幅值关系。由此可以得出结论：当参考电压为正时，输入与输出同相，当参考电压为负时，输入与输出反相。
- 5、将音频振荡器 0° 端输出信号送入移相器输入端，移相器的输出与相敏检波器的参考输入端②连接，相敏检波器的信号输入端①接音频 0° 输出。
- 6、用示波器两通道观察附加观察插口⑤、⑥的波形。
可以看出，相敏检波器中整形电路的作用是将输入的正弦波转换成方波，使相敏检波器中的电子开关能正常工作。
- 7、将相敏检波器的输出端与低通滤波器的输入端连接，低通输出端接数字电压表 20V 档。

8、示波器两通道分别接相敏检波器输入、输出端。

9、适当调节音频振荡器幅值旋钮和移相器“移相”旋钮，观察示波器中波形变化和电压表电压值变化，然后将相敏检波器的输入端①改接至音频振荡器 180° 输出端口，观察示波器和电压表的变化。

由上可以看出，当相敏检波器的输入信号与开关信号同相时，输出为正极性的全波整流信号，电压表指示正极性方向最大值，反之，则输出负极性的全波整流波形，电压表指示负极性的最大值。

10、调节移相器“移相”旋钮，利用示波器和电压表，测出相敏检波器的输入 V_{p-p} 值与输出直流电压的关系。

11、使输入信号与参考信号的相位改变 180° ，得出实验结果。

注意事项：

相敏检波器实验插口端的序数从左至右，从上至下为①—⑥号。

实验十 箔式应变计组成的交流应变全桥

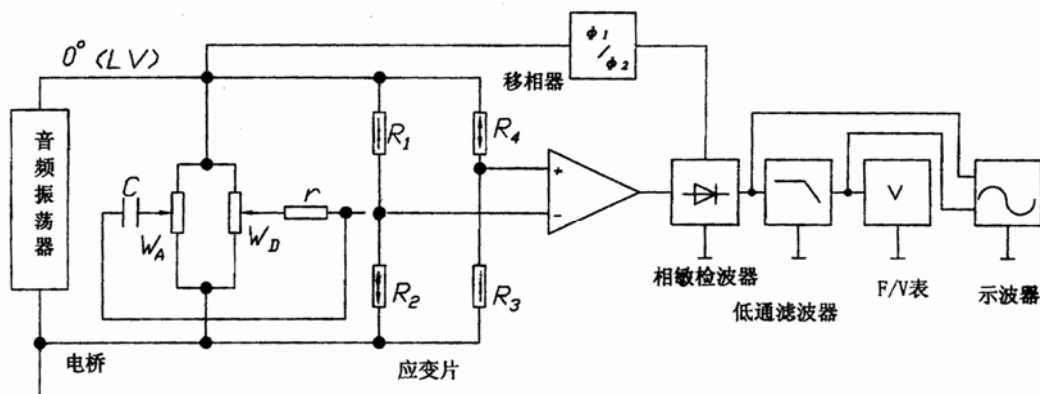
实验目的：

本实验说明交流激励的四臂应变电桥的原理及工作情况。

实验原理：

图(8)是交流全桥的一般形式。当电桥平衡时， $Z_1 Z_4 = Z_2 Z_3$ ，电桥输出为零。若桥臂阻抗相对变化为 $\Delta Z_1 / Z_1$ 、 $\Delta Z_2 / Z_2$ 、 $\Delta Z_3 / Z_3$ 、 $\Delta Z_4 / Z_4$ ，则电桥的输出与桥臂阻抗的相对变化成正比。

交流电桥工作时增大相角差可以提高灵敏度，传感器最好是纯电阻性或纯电抗性的。交流电桥只有在满足输出电压的实部和虚部均为零的条件下才会平衡。



交流全桥接线图

(图 8)

实验所需部件:

公共电路模块、音频信号源、箔式应变计（四片，双平行悬臂梁上的工作片）、螺旋测微仪，电压表、示波器

实验步骤:

1、连接主机与实验模块的电源线，按图（8）正确接线，音频信号源幅度与频率旋钮居中，开启主机电源。

2、用螺旋测微仪调节悬臂梁至水平位置，调节电桥直流调平衡电位器 W_D ，使系统输出基本为零，并用 W_A 进一步细调至零，示波器接相敏检波器③端观察波形。

3、用手将悬臂梁自由端往下压至最低，调节“移相”旋钮使相敏检波器③端波形成为首尾相接的全波整流波形。然后放手，悬臂梁恢复至水平位置，再调节电桥中 W_D 和 W_A 电位器，使系统输出电压为零，此时桥路的灵敏度最高。

4、装上螺旋测微仪，分别从水平位置将悬臂梁上移和下移 5mm，测得数据填入下表：

| | | | | | | | | | | | | |
|----------|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|
| X_{mm} | | | | | | 0 | | | | | | |
| V_{mv} | | | | | | 0 | | | | | | |

在坐标上作出 V-X 曲线，求出灵敏度。

注意事项:

以后凡用交流信号激励的传感器测试电路的实验，电桥电路调节都可以参照上述实验的调节方式，以增加相位差，系统输出达到较高的灵敏度。

实验十一 交流信号激励的称重传感器实验

实验目的:

商用称重传感器实际使用时一般都为交流激励，通过此实验验证交流激励

较之直流激励可以使传感器提高抗干扰性和稳定性。

实验所需部件：

双孔悬臂梁称重传感器、称重砝码、音频信号源、公共电路实验模块、应变式传感器实验模块、电压表、示波器

实验步骤：

1、连接主机与实验模块电源线，参照图（8）连接称重传感器与信号源、差动放大器、移相器、相敏检波器与低通滤波器、电压表，示波器探头接相敏检波器③端。

2、开启主机电源，按交流全桥实验方式调节各部电路，调节系统输出为零。

3、依次在称重盘上放上砝码，记录 W（重量）、V（电压）值，并记录下表：

| | | | | | | | | | | |
|------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| W(克) | | | | | | | | | | |
| Vmv | | | | | | | | | | |

作出 V-W 曲线，计算灵敏度，并与直流激励的称重系统进行比较。

4、取走砝码，放上未知重量的物品，根据 V-W 曲线大致确定物品重量。

注意事项：

称重传感器量程为 500 克，实验时注意不要超出量程 100%，请勿用力掀压。

实验十二 交流激励频率对全桥的影响

实验目地：

通过改变交流全桥的激励频率以提高和改善测试系统的抗干扰性和灵敏度。

实验所需部件：

音频信号源、公共电路实验模块、应变式传感器实验模块、箔式应变计（四片，任选双平行悬臂梁或双孔悬臂梁）、电压表、螺旋测微仪（或砝码）

实施步骤：

1、接线、操作均按实验十（箔式应变计）和实验十一（称重传感器）进行。

2、音频信号源输出 0⁰ 信号，频率从 2KHz-10 KHz，分别测出 V、X 值，

在同一坐标上做出 V-X 曲线，比较灵敏度，观察系统工作的稳定性，由此得出结论，此系统工作在哪个频率区段中较为合适。

注意事项：

进行上述实验时频率改变但信号幅值不变。

实验十三 交流全桥振幅测量实验

实验原理：

当双平行悬臂梁被不同频率的信号激励时，起振幅度不同，贴于应变梁表面的应变片所受应力不同，应变片组成的电桥输出信号大小也不同，若激励频率与梁的固有频率相同时则产生谐振，此时电桥输出信号最大，根据这一原理可以找出梁的固有频率。

实验所需部件：

双平行悬臂梁、箔式应变计（四片）、音频信号源、公共电路实验模块、电压表、示波器、激振器 II

实验步骤：

- 1、根据实验十接线、操作，将系统调至灵敏度最大，输出为零。
- 2、将“激振选择”倒向“激振 II”，调节低频信号源输出频率与幅值，此时悬臂梁开始振动。
- 3、用示波器观察差动放大器和低通滤波器的输出波形。注意调节示波器的扫描时间，差动放大器输出的是调幅波。
- 4、固定低频信号源的幅度旋钮不变，系统输出端接电压/频率表 2KHz 档，调节低频信号频率，当示波器中交流信号波形幅度最大时，频率表中显示的频率（当然也可用示波器读取频率），即为应变梁的固有频率。

注意事项：

进行此实验时低频信号源幅值旋钮约放在 3/4 位置为宜。

在坐标上作出 V-P 曲线，验证传感器的线性度与灵敏度。

5、气压源因功率限制输出 $\leq 20\text{kp}$ ，亦可用随机附带的手工加压气囊代替气源，使传感器工作范围扩大到压力表满量程显示。

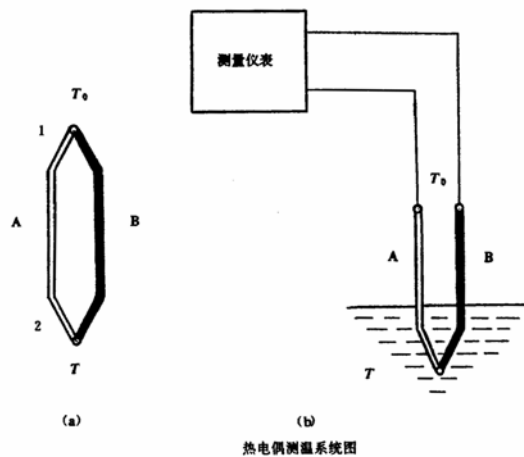
注意事项：

气源平时应关闭，以免影响其它电路工作，胶管尽量避免油污，以免造成老化破损。

实验十五 温度传感器—热电偶测温实验

实验原理：

由两根不同质的导体熔接而成的闭合回路叫做热电回路，当其两端处于不同温度时则回路中产生一定的电流，这表明电路中有电势产生，此电势即为热电势。



(图 10)

图 (10) 中 T 为热端， T_0 为冷端，热电势 $E_t = \lambda_{AB}(T) - \lambda_{AB}(T_0)$

本实验中选用两种热电偶镍铬—镍硅 (K 分度) 和镍铬—铜镍 (E 分度)。

实验所需部件：

K (也可选用其他分度号的热电偶)、E 分度热电偶、温控电加热炉、温度传感器实验模块、 $4\frac{1}{2}$ 位数字电压表 (自备)

实验步骤：

1、观察热电偶结构 (可旋开热电偶保护外套)，了解温控电加热器工作原理。

温控器：作为热源的温度指示、控制、定温之用。温度调节方式为时间比例式，绿灯亮时表示继电器吸合电炉加热，红灯亮时加热炉断电。

温度设定：拨动开关拨向“设定”位，调节设定电位器，仪表显示的温度值 $^{\circ}\text{C}$ 随之变化，调节至实验所需的温度时停止。然后将拨动开关扳向“测量”侧，（注：首次设定温度不应过高，以免热惯性造成加热炉温度过冲）。

2、首先将温度设定在 50°C 左右，打开加热开关，（加热电炉电源插头插入主机加热电源插座），热电偶插入电加热炉内，K 分度热电偶为标准热电偶，冷端接“测试”端，E 分度热电偶接“温控”端，注意热电偶极性不能接反，而且不能断偶，4 $\frac{1}{2}$ 位万用表置 200mv 档，当钮子开关倒向“温控”时测 E 分度热电偶的热电势，并记录电炉温度与热电势 E 的关系。

3、因为热电偶冷端温度不为 0°C ，则需对所测的热电势值进行修正

$$E(T, T_0) = E(T, t_1) + E(T_1, T_0)$$

实际电动势 = 测量所得电势 + 温度修正电势

查阅热电偶分度表，上述测量与计算结果对照。

4、继续将炉温提高到 70°C 、 90°C 、 110°C 、 130°C 和 150°C ，重复上述实验，观察热电偶的测温性能。

注意事项：

加热炉温度请勿超过 200°C ，当加热开始，热电偶一定要插入炉内，否则炉温会失控，同样做其它温度实验时也需用热电偶来控制加热炉温度。

因为温控仪表为 E 分度，加热炉的温度就必须由 E 分度热电偶来控制，E 分度热电偶必须接在面板的“温控”端。所以当钮子开关倒向“测试”方接入 K 分度热电偶时，数字温度表显示的温度并非为加热炉内的温度。

实验十六 温度传感器——热电偶标定

实验原理：

以 K 分度热电偶作为标准热电偶来校准 E 分度热电偶，由于被校热电偶热电势与标准热电偶热电势的误差为

$$\Delta e = e_{\text{校测}} + \frac{e_{\text{标分}} - e_{\text{标测}}}{S_{\text{标}}} \cdot S_{\text{标}} - e_{\text{校分}}$$

式 $e_{\text{校测}}$ ——被校热电偶在标定点温度下测得的热电势平均值

$e_{\text{标测}}$ ——标准热电偶在标定点温度下测得的热电势平均值

$e_{\text{标分}}$ ——标准热电偶分度表上标定温度的热电势值

$e_{\text{校分}}$ ——被校热电偶标定温度下分度表上的热电势值。

$S_{\text{标}}$ ——标准热电偶的微分热电势

实验所需部件:

K、E 分度热电偶、温控电加热炉、温度传感器实验模块、4 $\frac{1}{2}$ 位数字电压表（自备）

实验步骤:

1、进行实验十五中 1-2 步骤，待设定炉温达到稳定时用 4 $\frac{1}{2}$ 位电压表 200mv 档分别测试温控（E）和测试（K）两支热电偶的热电势（需用钮子开关转换），每支热电偶至少测两次求平均值。

2、根据上述公式计算被测热电偶的误差，计算中应对冷端温度不为 0℃ 进行修正。

3、分别将炉温升高，求被校热电偶的误差 Δe ，并将结果填入下表：

| 热电偶 | | 被测量温度 | | | | |
|---------------------------|------|-------|-----|-----|------|------|
| | | 50℃ | 70℃ | 90℃ | 110℃ | 130℃ |
| 标准热电偶 (K) 热电 势 (mv) | 1 | | | | | |
| | 2 | | | | | |
| | 平均 | | | | | |
| 被校热电偶 (E) 热电 势 (mv) | 1 | | | | | |
| | 2 | | | | | |
| | 平均 | | | | | |
| | 分度表值 | | | | | |
| | 误差 | | | | | |

分别画出热电势与温度曲线，得出标定值。

附：K、E 分度热电偶分度表及热电偶微分热电动势（塞贝克系数 S）表

实验十七 温度传感器——铂热电阻

实验原理:

pt100 铂热电阻的电阻值在 0℃ 时为 100Ω，测温范围一般为 -200~650℃，铂热电阻的阻值与温度的关系近似线性，当温度在 0℃ ≤ T ≤ 650℃ 时， $R_T = R_0(1 + A_T + BT^2)$

式中 R_T ——铂热电阻 $T^\circ\text{C}$ 时的电阻值

R_0 ——铂热电阻在 0°C 时的电阻值

A——系数 ($=3.96847 \times 10^{-3} 1/^\circ\text{C}$)

B——系数 ($=-5.847 \times 10^{-7} 1/^\circ\text{C}^2$)

将铂热电阻作为桥路中的一部分在温度变化时电桥失衡便可测得相应电路的输出电压变化值。

实验所需部件:

铂热电阻 (Pt_{100})、加热炉、温控器、温度传感器实验模块、数字电压表、水银温度计或半导体点温计 (自备)

实验步骤:

1、观察已置于加热炉顶部的铂热电阻, 连接主机与实验模块的电源线及传感器与模块处理电路接口, 铂热电阻电路输出端 V_0 接电压表, 温度计置于热电阻旁感受相同的温度。

2、开启主机电源, 调节铂热电阻电路调零旋钮, 使输出电压为零, 电路增益适中, 由于铂电阻通过电流时产生自热其电阻值要发生变化, 因此电路有一个稳定过程。

3、开启加热炉, 设定加热炉温度为 $\leq 100^\circ\text{C}$, 观察随炉温上升铂电阻的阻值变化及输出电压变化, (实验时主机温度表上显示的温度值是加热炉的炉内温度, 并非是加热炉顶端传感器感受到的温度)。并记录数据填入下表:

| | | | | | | | | | | | | | | |
|------------------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| $^\circ\text{C}$ | | | | | | | | | | | | | | |
| V_0 (mV) | | | | | | | | | | | | | | |

做出 $V-T$ 曲线, 观察其工作线性范围。

注意事项:

加热器温度一定不能过高, 以免损坏传感器的包装。

实验十八 温度传感器—PN 结温敏二极管

实验原理:

半导体 PN 结具有良好的温度线性, 根据 PN 结特性表达公式 $I = I_s(\lambda^{\frac{qV}{RT}} - 1)$ 可

知，当一个PN结制成后，其反向饱和电流基本上只与温度有关，温度每升高一度，PN结正向压降就下降2mv，利用PN结的这一特性就可以测得温度的变化。

实验所需部件：

温敏二极管、温度传感器实验模块、温控加热炉、电压表、温度计（自备）

实验步骤：

1、观察已置于加热炉上的温敏二极管，连接主机与实验模块的电源及传感器探头（二极管符号对应相接），温度计置于与传感器同一感温处，模块温敏二极管输出电路 V_0 端接电压表。

2、开启加热电源，设定加热炉温度，拨动开关置“测量”档，观察随炉温上升 V_0 端电压的变化，并将结果记入下表：

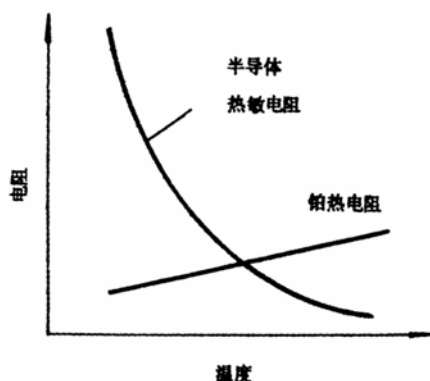
| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| ℃ | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| V_0 | | | | | | | | | | | | | | | | | |

做出 V-T 曲线，求出灵敏度 $S=\Delta V/\Delta T$ 。

实验十九 温度传感器——半导体热敏电阻

实验原理：

热敏电阻是利用半导体的电阻值随温度升高而急剧下降这一特性制成的热敏元件。它呈负温度特性，灵敏度高，可以测量小于 0.01°C 的温差变化。图（11）为金属与热敏电阻温度曲线的比较。



金属和热敏电阻的温度特性曲线

（图 11）

实验所需部件：

MF 型热敏电阻、温控电加热器、温度传感器实验模块、电压表、温度计（自

备)

实验步骤:

1、观察已置于加热炉上的热敏电阻，温度计置于与传感器相同的感温位置。连接主机与实验模块的电源线及传感器接口线，热敏电阻测温电路输出端接数字电压表。

2、打开主机电源，调节模块上的热敏转换电路电压输出电压值，使其值尽量大但不饱和。

3、设定加热炉加热温度后开启加热电源。

4、观察随温度上升时输出电压值变化，待温度稳定后将 V-T 值记入下表:

| | | | | | | | | | | | | | |
|----------------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| ℃ | | | | | | | | | | | | | |
| V _T | | | | | | | | | | | | | |

作出 V-T 曲线，(因为热敏电阻负温度特性呈非线性，所以实验时建议多采几个点)。

得出用热敏电阻测温结果的结论。

注意事项:

热敏电阻感受到的温度与温度计上的温度相同，并不是加热炉数字表上显示的温度。而且热敏电阻的阻值随温度不同变化较大，故应在温度稳定后记录数据。

实验二十 温度传感器——集成温度传感器

实验原理:

用集成工艺制成的双端电流型温度传感器，在一定的温度范围内按 $1\mu\text{A/K}$ 的恒定比值输出与温度成正比的电流，通过对电流的测量即可得知温度值 (K 氏温度)，经 K 氏-摄氏转换电路直接显示 $^{\circ}\text{C}$ 温度值。

实验所需部件:

集成温度传感器、温控电加热炉、温度传感器实验模块、电压表、温度计 (自备)

实验步骤:

1、观察置于加热炉上的集成温度传感器，温度计置于传感器同一感温处。连接主机与实验模块电源，按图标对应连接传感器接口与处理电路输入端，输出端接电压表。

2、打开主机电源，根据温度计示值调节转换电路电位器，使电压表（2V档）所示当前温度值（已设定电压显示值最后一位为 $1/10^{\circ}\text{C}$ 值，如电压表 2V 档显示 0.256 就表示 25.6°C ）。

3、开启加热开关，设定加热器温度，观察随温度上升，电路输出的电压值，并与温度计显示值比较，得出定性结论。

本实验台所用的几种温度传感器性能比较：

| 传感器 | 测温范围 | 精度 ($^{\circ}\text{C}$) | 线性 | 重复性 ($^{\circ}\text{C}$) | 灵敏度 |
|--------|-----------|---------------------------|----|----------------------------|-----|
| 热电偶 | -200-1600 | 0.5-3.0 | 较差 | 3.0-1.0 | 不高 |
| 铂热电阻 | -200-650 | 0.-1.0 | 较好 | 0.3-1.0 | 不高 |
| PN 结温敏 | -40-150 | 1.0 | 良 | 0.2-1.0 | 高 |
| 热敏电阻 | -50-300 | 0.2-2.0 | 不好 | 0.2-2.0 | 高 |
| 集成温度 | -55-155 | 1.0 | 优 | 0.3 | 高 |

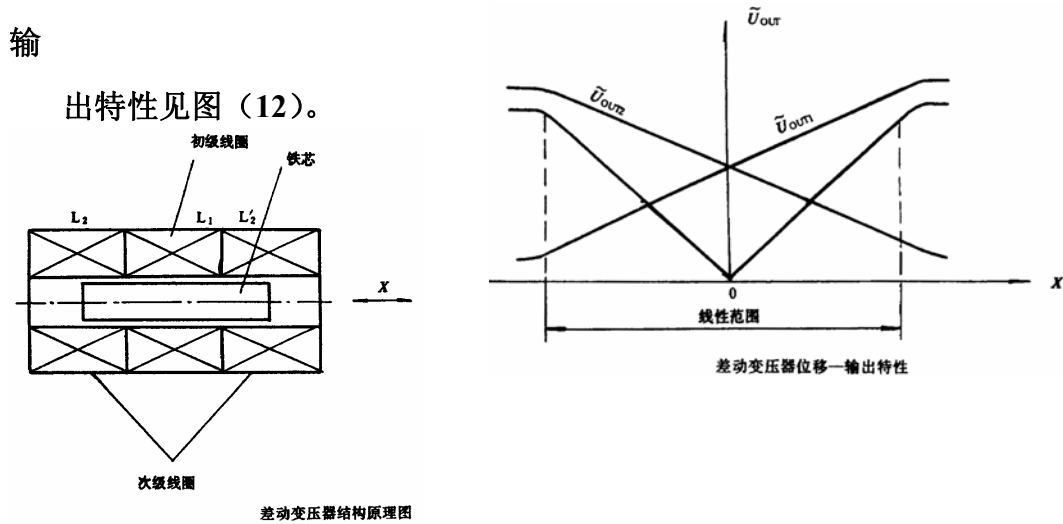
实验二十一 电感式传感器—差动变压器性能

实验目的:

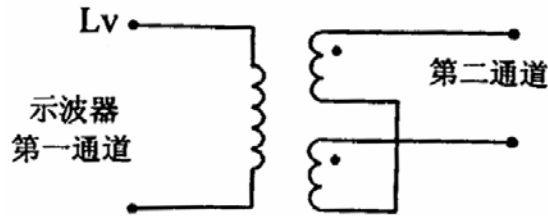
了解差动变压器的基本结构及原理，通过实验验证差动变压器的基本特性。

实验原理:

电感传感器是一种将位置量的变化转为电感量变化的传感器，差动变压器由衔铁、初级线圈和次级线圈组成，初级线圈做为差动变压器激励用，相当于变压器原边。次级线圈由两个结构尺寸和参数相同的线圈反相串接而成，相当于变压器副边。差动变压器是开磁路，工作是建立在互感基础上的，其原理及



(图 12)



(图 13)

实验所需部件:

差动变压器、电感传感器实验模块、音频信号源、螺旋测微仪、示波器

实验步骤:

1、按图 (13) 接线，差动变压器初级线圈必须从音频信号源 LV 功率输出端接入，二个次级线圈串接。双线示波器第一通道灵敏度 500mv/格，第二通道 10mv/格。

2、打开主机电源，调整音频输出信号频率，输出 V_{p-p} 值 2V，以示波器第二通道观察到的波形不失真为好。

3、前后移动改变变压器磁芯在线圈中位置，观察示波器第二通道所示波形能否过零翻转，否则改变接次级二个线圈的串接端序。

4、用螺旋测微仪带动铁芯在线圈中移动，从示波器中读出次级输出电压 V_{p-p} 值，同时注意初次级线圈波形相位。

| | | | | | | | | | | |
|--------------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| 位移 mm | | | | | | | | | | |
| 电压 V_{p-p} | | | | | | | | | | |

根据表格所列结果，作出 V-X 曲线，指出线性工作范围。

5、仔细调节测微仪使次级输出波形无法再小时，即为差动变压器零点残余电压，提高示波器第二通道灵敏度，观察残余电压波形，分析其频率成分。

注意事项：

示波器第二通道为悬浮工作状态（即示波器探头二根线都不接地）。

实验二十二 差动变压器零残电压的补偿

实验目的：

由于零残电压的存在会造成差动变压器零点附近的不灵敏区，此电压经过放大器还会使放大器未级趋向饱和，影响电路正常工作，因此必须采用适当的方法进行补偿使之减小。

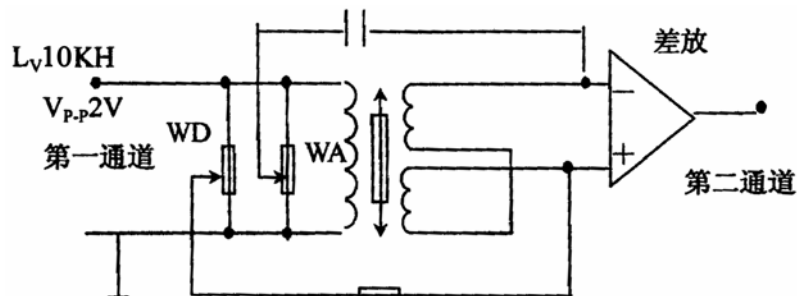
实验原理：

零残电压中主要包含两种波形成份：

1、基波分量：这是由于差动变压器二个次级绕组因材料或工艺差异造成等效电路参数（M、L、R）不同，线圈中的铜损电阻及导磁材料的铁损、线圈中线间电容的存在，都使得激励电流与所产生的磁通不同相。

2、高次谐波：主要是由导磁材料磁化曲线的非线性引起，由于磁滞损耗和铁磁饱和的影响，使激励电流与磁通波形不一致，产生了非正弦波（主要是三次谐波）磁通，从而在二次绕组中感应出非正弦波的电动势。

减少零残电压的办法是：（1）从设计和工艺制作上尽量保证线路和磁路的对称。（2）采用相敏检波电路。（3）选用补偿电路。



（图 14）

实验所需部件：

差动变压器、电感传感器实验模块、音频信号源、螺旋测微仪、示波器

实验步骤:

1、按图(14)接线,示波器第一通道 500mv/格,第二通道 1V/格,(根据波形大小适当调整)差动放大器增益置最大。

2、打开主机电源,调节音频输出频率,以第二通道波形不失真为好(为此音频信号频率可调至 10KHz 左右),音频幅值 $V_{p-p}2V$ 。

调节铁芯在线圈中的位置,使差动放大器输出的电压波形最小,再调节电桥中 W_D 、 W_A 电位器,使输出更趋减小。

3、提高示波器二通道灵敏度,将零残电压波形与激励电压波形作比较。

注意事项:

音频信号频率一定要调整到次级线圈输出波形基本无失真,否则由于失真波形中有谐波成分,补偿效果将不明显。

此电路中差动放大器的作用是将次级线圈的二端输出改为单端输出。

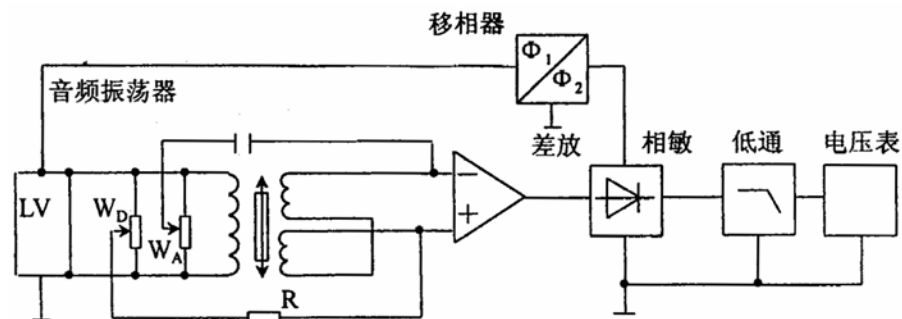
实验二十三 电感式传感器—差动变压器的标定

实验目的:

说明差动变压器测试系统的组成和标定方法。

实验所需部件:

差动变压器、音频信号源、电感传感器实验模块、公共电路实验模块、螺旋测微仪、电压表、示波器



(图 15)

实验步骤:

1、按图(15)接线,连接主机与实验模块电源,示波器接相敏检波器①、②端,电压表接低通滤波器输出端,差动放大器稍有增益(10 倍左右)即可。

2、打开主机电源，调节音频信号源输出频率，使次级线圈波形不失真，用手将中间铁芯移至最左端，然后调节移相器，当示波器两通道所示波形正好是同相或反相时，将铁心重新安装到位移装置上，用测微仪将铁芯置于线圈中部（可利用实验二十二、二十三的结果），调节电桥 W_D 、 W_A 电位器使系统输出电压为零。

3、用测微仪分别带动铁芯向左和向右位移 5mm，每位移 0.5mm 记录一电压值并填入下表：

| | | | | | | | | | | | |
|----------|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|
| 位移 mm | | | | | | 0 | | | | | |
| 电压 V | | | | | | 0 | | | | | |

作出 V-X 曲线，求出灵敏度 $S = \Delta V / \Delta X$ ，指出线性工作范围。

注意事项：

观察相敏检波器①、②端波形时示波器各功能键及“触发”选择要正确，否则可能看不到正确的波形相位的变化。

实验二十四 差动变压器的振动测量

实验目的：

了解差动变压器的实际运用情况。

实验所需部件：

差动变压器、音频信号源、电感传感器实验模块、公共电路实验模块、电压/频率表、示波器、振动平台

实验步骤：

1、将模块单元上的电感传感器拆下安装在主机振动平台旁的支架上，铁心安装在振动圆盘的固定螺丝上，仔细调节，使之能自由振荡，电感连接线不够长可串接。按实验二十三系统接线并调整输出电压为零

2、激振选择开关倒向“激振 I”，开启主机电源，调节低频信号源，使铁芯在振动台的带动下在线圈中上下振动。

3、维持低频信号源输出信号幅值不变，改变振荡频率从 5Hz~30Hz（用频率表监控低频 V_0 端），示波器观察低通滤波的输出，将各激振频率下 V_{p-p} 值记入下表：

| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| F (Hz) | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 18 | 20 | 22 | 24 | 26 | 30 |
| V_{p-p} | | | | | | | | | | | | | | | | | |

作出 V-F 曲线，指出安装平台的悬臂梁的自振频率。

注意事项：

仪器中上、下两副悬臂梁因尺寸不同，所以固有振动频率不是一样的。

电感线圈的位置可根据实验需要调节螺杆稍上下位置，以静止时铁心置于线圈中间位置为好。

实验二十五 差动变压器的应用——电子秤

实验所需部件：

差动变压器、电感传感器实验模块、公共电路实验模块、电压表、振动平台、砝码、示波器

实验步骤：

1、按实验二十四装配与接线，将系统输出电压调节为零，低通滤波器输出接电压表 2V 挡。

2、将所有砝码放上振动平台，调节差动放大器增益，使输出电压与所称重量成一比例关系。

3、分别依次取走砝码和重新堆上砝码，将所称重量与输出电压值记入下表：

| | | | | | | | | | | |
|-------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| W 克 | | | | | | | | | | |
| V_0 | | | | | | | | | | |

作出 V-W 曲，并在取走砝码后在平台放一不知重量之物品，根据曲线坐标值大致求出此物重量。

注意事项：

由于悬臂梁的机械弹性滞后，此电子秤的重复性不一定太好。

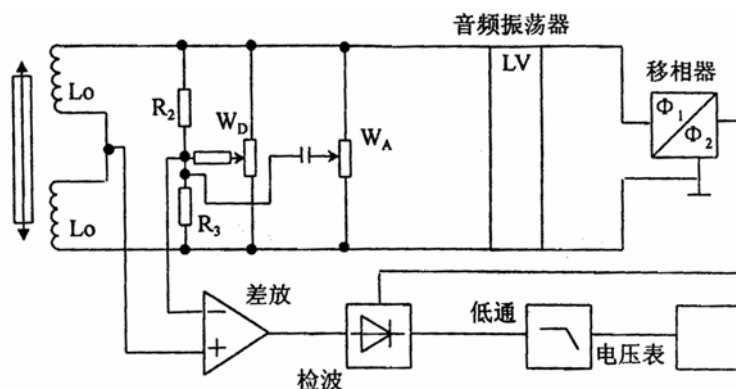
实验二十六 电感传感器—差动螺管式传感器位移测量

实验原理：

差动螺管式电感传感器由电感线圈的二个次级线圈反相串接而成，工作在自感基础上，由于衔铁在线圈中位置的变化使二个线圈的电感量发生变化，包括两个线圈在内组成的电桥电路的输出电压信号因而发生相应变化。

实验所需部件：

差动变压器二组次级线圈、音频信号源、公共电路实验模块、电感传感器实验模块、电压表、示波器、测微仪



(图 16)

实验步骤：

1、连接主机与实验模块电源线，按图（16）组成测试系统，模块上的两个次级线圈必须接成差动状态，差动放大器增益不要太大，具体调节注意点可参照实验二十三。

2、旋动测微仪使衔铁居中线圈，此时 $L_0' = L_0''$ ，系统输出为零。

3、当衔铁在线圈中前后位移时， $L_0' \neq L_0''$ ，电桥失衡，输出电压信号的大小与衔铁位移量成比例，相位则与衔铁位移方向有关，衔铁向左和向右移动时输出波形相差约 180° ，（可用示波器观察相敏检波器①、②端），因此必须经过相敏检波器才能判断电压极性。

以衔铁位置居中为起点，分别向前、后各位移 5mm，记录 V、X 值并填入下表（每位移 0.5mm 记录一个数值）：

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|----------------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| Xmm | | | | | | | | | | | | 0 | | | | | | | | | |
| V ₀ | | | | | | | | | | | | 0 | | | | | | | | | |

依此做出 V-X 曲线，求出灵敏度 S，指出线性工作范围。

实验二十七 差动螺管式电感传感器振幅测量

实验所需部件：

差动变压器二组次级线圈、音频信号源、低频信号源、公共电路实验模块、电感传感器实验模块、示波器、电压/频率表

实验步骤：

1、按实验二十四装配调整好系统各部器件及电路后，低频激振选择“激振 I”。

2、开启主机电源，保持低频信号输出幅值不变，改变振荡频率，将动态测试结果记入下表：

| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 振动频率 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 18 | 20 | 22 | 24 | 26 | 30 |
| V _{0p-p} | | | | | | | | | | | | | | | | | |

在坐标上作出 V-F 曲线

注意事项：

振动平台振动时以与周围各部件不发生碰擦为宜，否则会产生非正弦振动信号。

实验二十八 激励频率对电感传感器的影响

实验目的：

说明不同的激励信号频率对差动螺管式传感器的影响。

实验所需部件：

差动变压器二组次级线圈、音频信号源、电感传感器实验模块、公共电路实验模块、主机振动台、电压表、测微仪、示波器

实验步骤：

1、将音频信号频率从 2KHz 起每隔 2KHz 进行一次实验二十六的操作，并将结果记入下表：

| | | | | | | | | | | | |
|-------|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|
| Xmm | | | | | | 0 | | | | | |
| V | | | | | | 0 | | | | | |
| 2KHz | | | | | | 0 | | | | | |
| 4KHz | | | | | | 0 | | | | | |
| 6KHz | | | | | | 0 | | | | | |
| 8KHz | | | | | | 0 | | | | | |
| 10KHz | | | | | | 0 | | | | | |

根据所测数据在同一坐标做出 V-X 曲线，计算灵敏度，得出灵敏度与激励频率的关系。

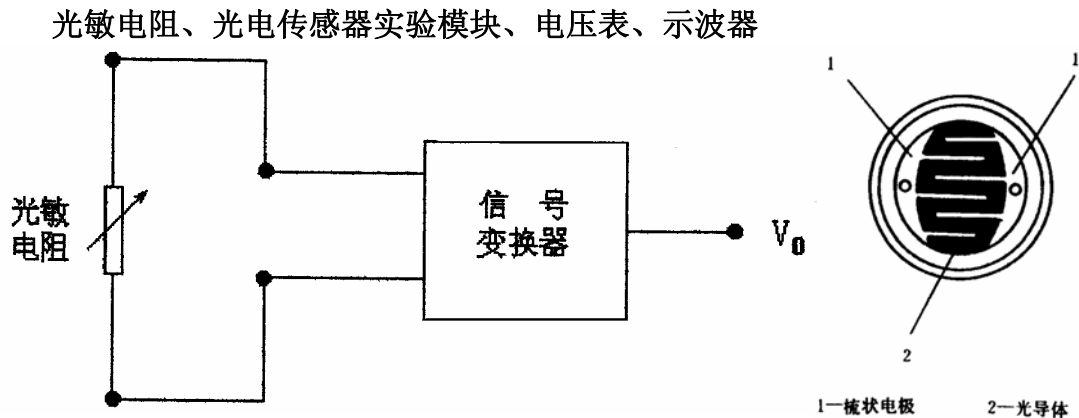
从上述实验中可以看出，电感传感器的灵敏度与频率特性密切相关，对一个系统来讲，某一特定频率时系统最为灵敏，故在测试系统中应选用这个激励频率。

实验二十九 光电传感器——光敏电阻实验

实验原理：

由半导体材料制成的光敏电阻，工作原理基于内光电效应，当掺杂的半导体薄膜表面受到光照时，其导电率就发生变化。不同的材料制成的光敏电阻有不同的光谱特性和时间常数。由于存在非线性，因此光敏电阻一般用在控制电路中，不适宜作测量元件。

实验所需部件：



实验步骤:

(图 18)

1、观察光敏电阻，分别将光敏电阻置于光亮和黑暗之处，测得其亮电阻和暗电阻，暗电阻和亮电阻之差为光电阻值。在给定工作电压下，通过亮电阻和暗电阻的电流为亮电流和暗电流，其差为光敏电阻的光电流。光电流越大，灵敏度越高。

2、连接主机与实验模块的电源线及传感器接口线，光敏电阻转换电路输出端 V_0 接电压表与示波器。

3、开启主机电源，通过改变光敏电阻的光照程度，调节控制电位器，观察输出电压的变化情况。实验电路又是一个暗光亮灯控制电路，可以设定暗光程度，依次试验环境光照不同时光敏电阻控制亮灯的情况。

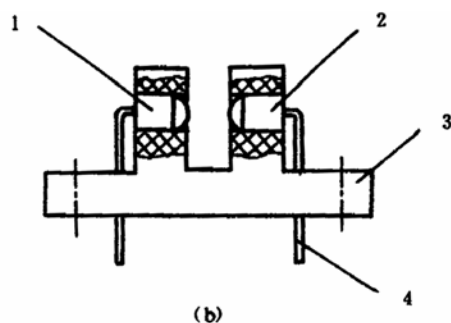
实验三十 光电传感器—光电开关（红外发光管与光敏三极管）

实验原理:

光敏三极管与半导体三极管结构类似，但通常引出线只有二个，当具有光敏特性的 PN 结受到光照时，形成光电流，不同材料制成的光敏三极管具有不同的光谱特性，光敏三极管较之光敏二极管能将光电流放大 $(1+hFE)$ 倍，因此具有很高的灵敏度。

与光敏管相似，不同材料制成的发光二极管也具有不同的光谱特性，由光谱特性相同的发光二极管与光敏三极管组成对管，安装成如图 (19) 形式，就

形成了光电开关（光耦合器或光断续器）。



1—近红外发光二极管 2—光敏三极管 3—支架 4—引脚

(图 19)

透过型光断续器的结构

实验所需部件:

光电开关、测速电机、示波器、电压/频率表、光纤光电传感器实验模块

实验步骤:

1、观察光电开关结构：传感器是一个透过型的光断续器，工作波长 $3\mu\text{m}$ 左右，可以用来检测物体的有无，物体运动方向等。

2、连接主机与实验模块电源线及传感器接口，示波器接光电输出端。

3、开启主机电源，用手转动电机叶片分别挡住与离开传感光路，观察输出端信号波形。

开启转速电机，调节转速，观察 V_0 端连续方波信号输出，并用电压/频率表 2KHz 档测转速 转速=频率表显示值 \div 2

4、如欲用数据采集卡中的转速采集功能，须将 V_0 输出端信号送入整形电路以便得到 5VTTL 电平输出的信号，整形电路输出端请接实验仪主机面板上的“转速信号入”端口，与内置的数据采集卡中的频率记数端接定。

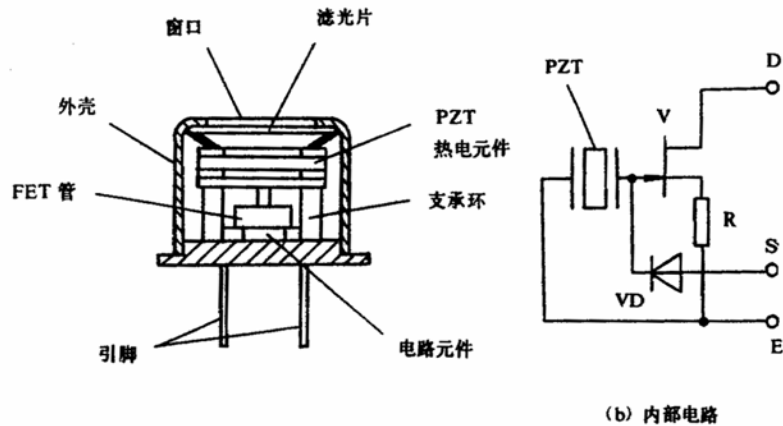
实验三十一 光电传感器——热释电红外传感器

实验原理:

热释电红外传感器是一种红外光传感器，属于热电型器件，当热电元件 PZT 受到光照时能将光能转换为热能，受热的晶体两端产生数量相等符号相反的电荷，如果带上负载就会有电流流过，输出电压信号。

实验所需部件：

热释电红外传感器、菲涅耳透镜、温控电加热炉、温度传感器实验模块、电压表、示波器



(图 20) 热释电传感器结构及电路原理

实验步骤：

1、观察传感器探头，探头表面的滤光片使传感器对 $10\ \mu\text{m}$ 左右的红外光敏感，安装在传感器前的菲涅耳透镜是一种特殊的透镜组，每个透镜单元都有一个不大的视场，相邻的两个透镜单元既不连续也不重叠，都相隔一个盲区，它的作用是将透镜前运动的发热体发出的红外光转变成一个又一个断续的红外信号，使传感器能正常工作。

2、连接主机与实验模块电源线及传感器接口，转换电路输出端接电压表。

3、开启主机电源，待传感器稳定后，人体从传感器探头前移过，观察输出信号电压变化，再用手放在探头前不动，输出信号不会变化，这说明热释电传感器的特点是只有当外界的幅射引起传感器本身的温度变化时才会输出电信号，即热释电红外传感器只对变化的温度信号敏感，这一特性就决定了它的应用范围。

4、将传感器探头对准加热炉方向，开启加热炉并将温度控制在 50°C 左右，用遮挡物断续探头前面的热源，观察传感器的反应。

5、在传感器探头前加装菲涅耳透镜，试验传感器的探测视场和距离，以验证菲涅透镜的功能。

作出 V-X 曲线，计算灵敏度，分析工作线性。

4、用遮挡物盖住观察窗口，使 PSD 器件不受背景光影响，重新进行位移测试，看结果是否有变化。

注意事项：

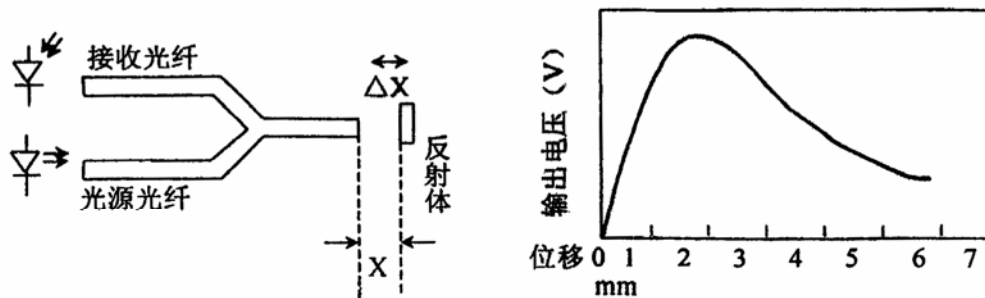
本实验仪中的固体激光器只能作为实验光源之用，严禁实验者用激光光束照射人的眼睛，否则将会造成视力不可恢复的伤害。

需注意的是由于背景光的影响及变化，会使多次实验的结果有所不同。

实验三十三 光纤传感器——位移测量

实验原理：

反射式光纤传感器工作原理如图（22）所示，光纤采用 Y 型结构，两束多模光纤合并于一端组成光纤探头，一束作为接收，另一束为光源发射，近红外二级管发出的近红外光经光源光纤照射至被测物，由被测物反射的光信号经接收光纤传输至光电转换器件转换为电信号，反射光的强弱与反射物与光纤探头的距离成一定的比例关系，通过对光强的检测就可得知位置量的变化。



反射式光纤位移传感器原理图及输出特性曲线

实验所需部件：

光纤（光电转换器）、光纤光电传感器实验模块、电压表、示波器、螺旋测微仪、反射镜片

实验步骤：

1、观察光纤结构：本实验仪所配的光纤探头为半圆型结构，由数百根导玻璃纤维组成，一半为光源光纤，一半为接收光纤。

2、连接主机与实验模块电源线及光纤变换器探头接口，光纤探头装上探头支架，探头垂直对准反射片中央（镀铬圆铁片），螺旋测微仪装上支架，以带动反射镜片位移。

3、开启主机电源，光电变换器 V_0 端接电压表，首先旋动测微仪使探头紧贴反射镜片（如两表面不平行可稍许扳动光纤探头角度使两平面吻合），此时 V_0 输出 ≈ 0 ，然后旋动测微仪，使反射镜片离开探头，每隔 0.2mm 记录一数值并记入下表：

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----|---|-----|-----|-----|-----|---|-----|-----|-----|-----|---|-----|-----|-----|-----|---|-----|-----|-----|-----|---|--|
| Xmm | 0 | 0.2 | 0.4 | 0.6 | 0.8 | 1 | 1.2 | 1.4 | 1.6 | 1.8 | 2 | 2.2 | 2.4 | 2.6 | 2.8 | 3 | 3.2 | 3.4 | 3.6 | 3.8 | 4 | |
| V | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

位移距离如再加大，就可观察到光纤传感器输出特性曲线的前坡与后坡波形，作出 V-X 曲线，通常测量用的是线性较好的前坡范围。

注意事项：

1、光纤请勿成锐角曲折，以免造成内部断裂，端面尤要注意保护，否则会使光通量衰耗加大造成灵敏度下降。

2、每台仪器的光电转换器（包括光纤）与转换电路都是单独调配的，请注意与仪器编号配对使用。

3、实验时注意增益调节，输出最大信号以 3V 左右为宜，避免过强的背景光照射。

实验三十四 光纤传感器——动态测量

实验所需部件：

光纤、光纤光电传感器实验模块、安装支架、反射镜片、转速电机、电压表、示波器、低频信号源

实验步骤：

1、利用实验三十三结果，将光纤探头装至主机振动平台旁的支架上，在圆形振动台上的安装螺丝上装好反射镜片，选择“激振 I”，调节低频信号源，反射镜片随振动台上下振动。

2、调节低频振荡信号频率与幅值，以最大振动幅度时反射镜片不碰到探头

为宜，用示波器观察振动波形，并读出振动频率。

3、将光纤探头支架旋转约 70° ，探头对准转速电机叶片，距离以光纤端面居于特性曲线前坡的中点位置为好。

4、开启电机调节转速，用示波器观察 V_0 端输出波形，调节示波器扫描时间及灵敏度，以能观察到清晰稳定的波形为好，必要时调节光纤放大器的增益。

仔细观察示波器上两个连续波形峰值的差值，根据输出特性曲线，大致判断电机叶片的平行度及振幅。

注意事项：

光纤探头在电机叶片上方安装后须用手转动叶片确认无碰擦后方可开启电机，否则极易擦伤光纤端面。

实验三十五 光纤传感器——转速测量

实验步骤：

1、紧接实验三十四，光纤端面垂直对准电机叶片，开启电机，示波器观察 V_0 端输出电压波形并用电压/频率表 2KHz 档计数，电机转速=频率表显示值 \div 2。

2、如欲用机内设置的数据采集卡采集频率，则需将 V_0 端输出信号送入 TTL 整形电路 V_i 端， F_0 端输出+5VTTL 电平须与主机面板上的“转速信号入”口连接以供数采卡计数。

注意事项：

测转速时应避免强光直接照射叶片，以免信号过强造成放大电路饱和，必要时应该减小放大器增益。

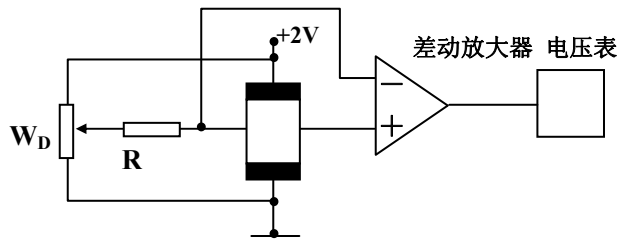
主机上的电机所用直流电源为直流稳压电源-2V~10V，实验完成后应及时将钮子开关复位以保证稳压电源（负电源）工作正常。

实验三十六 霍尔式传感器——直流激励特性

实验原理：

霍尔元件是根据霍尔效应原理制成的磁电转换元件，当霍尔元件位于由两个环形磁钢组成的梯度磁场中时就成了霍尔位移传感器。

霍尔元件通以恒定电流时，就有霍尔电势输出，霍尔电势的大小正比于磁场强度（磁场位置），当所处的磁场方向改变时，霍尔电势的方向也随之改变。



(图 23)

实验所需部件：

霍尔传感器、直流稳压电源（2V）、霍尔传感器实验模块、电压表、测微仪

实验步骤：

1、安装好模块上的梯度磁场及霍尔传感器，连接主机与实验模块电源及传感器接口，确认霍尔元件直流激励电压为 2V，霍尔元件另一激励端接地，实验接线按图（23）所示，差动放大器增益 10 倍左右。

2、用螺旋测微仪调节精密位移装置使霍尔元件置于梯度磁场中间，并调节电桥直流电位器 W_D ，使输出为零。

3、从中点开始，调节螺旋测微仪，前后移动霍尔元件各 3.5mm，每变化 0.5mm 读取相应的电压值，并记入下表：

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|----------|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|
| Xmm | | | | | | | | 0 | | | | | | | |
| V_0 mv | | | | | | | | 0 | | | | | | | |

作出 V-X 曲线，求得灵敏度和线性工作范围。如出现非线性情况，请查找原因。

注意事项：

直流激励电压只能是 2V，不能接 $\pm 2V(4V)$ 否则铟化钢霍尔元件会烧坏。

实验三十七 霍尔传感器——交流激励特性

实验目的：

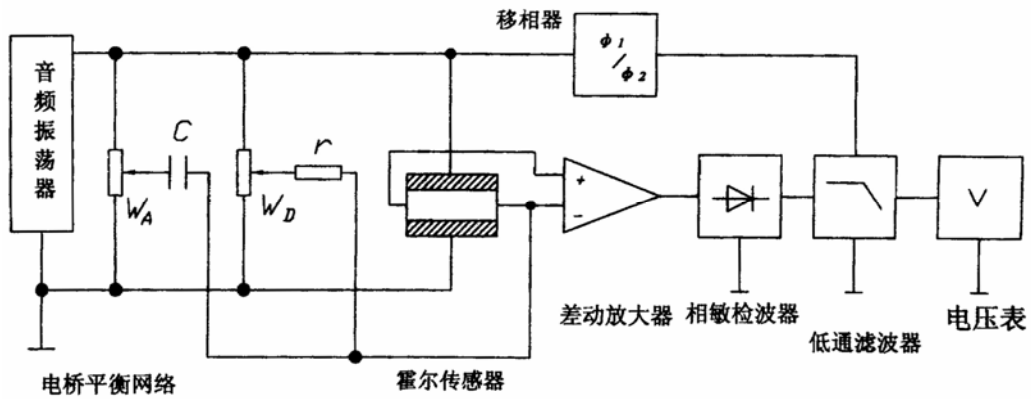
了解和掌握交流信号激励的霍尔传感器测试系统的一般形式。

实验所需部件：

霍尔传感器、音频信号源、霍尔传感器实验模块、公共电路实验模块、螺旋测微仪、电压表、示波器

实验步骤：

1、连接主机与实验模块电源线，按图（24）接好实验电路，差动放大器增益适当，音频信号输出从 180° 端口（电压输出）引出，幅度 $V_{p-p} \leq 4V$ ，示波器两个通道分别接相敏检波器①、②端。



(图 24)

2、开启主机电源，按实验十交流全桥的调节方式调节移相器及电桥，使霍尔元件位于磁场中间时输出电压为零。

3、调节测微仪，带动霍尔元件在磁场中前后各位移 3.5mm，记录电压读数并记入下表：

| | | | | | | | | | | | | | | |
|-----|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|
| Xmm | | | | | | | 0 | | | | | | | |
| Vmv | | | | | | | 0 | | | | | | | |

作出 V-X 曲线，求出灵敏度，并与直流激励测试系统进行比较。

注意事项：

交流激励信号勿从 0° 或 LV 端口输出。

实验三十八 霍尔传感器——振幅测量

实验所需部件：

霍尔传感器、音频信号源、低频信号源、激振器 (I)、直流稳压电源、霍尔传感器实验模块、公共电路实验模块、示波器

实验步骤:

1、将梯度磁场安装到主机振动平台旁的磁场安装座上，霍尔元件连加长杆插入振动平台旁的支座中，调整霍尔元件于梯度磁场中间位置。按实验三十六连接实验连接线。

2、激振器开关倒向“激振 I”侧，振动台开始起振，保持适当振幅，用示波器观察输出波形。

3、提高振幅，改变频率，使振动平台处于谐振（最大）状态，示波器可观察到削顶的正弦波，说明霍尔元件已进入均匀磁场，霍尔电势不再随位移量的增加而增加。

4、重按实验三十七接线，调节移相器、电桥，使低通滤波器输出电压波形正负对称。

5、接通“激振 I”，保持适当振幅，用示波器观察差动放大器和低通滤波器的波形，试解释激励源为交流且信号变化也是交流时需用相敏检波器的原因。

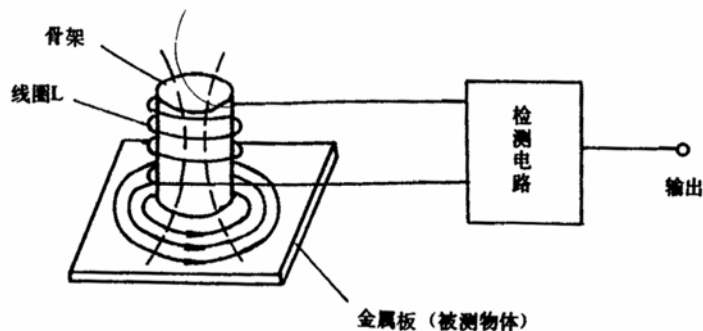
实验三十九 电涡流传感器—静态标定

实验原理:

电涡流传感器由平面线圈和金属涡流片组成，当线圈中通以高频交变电流后，在与其平行的金属片上会感应产生电涡流，电涡流的大小影响线圈的阻抗 Z ，而涡流的大小与金属涡流片的电阻率，导磁率、厚度、温度以及与线圈的距离 X 有关，当平面线圈、被测体（涡流片）、激励源确定，并保持环境温度不变，阻抗 Z 只与距离 X 有关，将阻抗变化转为电压信号 V 输出，则输出电压是距离 X 的单值函数。

实验所需部件:

电涡流传感器、电涡流传感器实验模块、螺旋测微仪、电压表、示波器



涡流式位移传感器的基本结构及工作原理图

(图 25)

实验步骤:

1、连接主机与实验模块电源及传感器接口，电涡流线圈与涡流片须保持平行，安装好测微仪，涡流变换器输出接电压表 20V 档。

2、开启主机电源，用测微仪带动涡流片移动，当涡流片完全紧贴线圈时输出电压为零（如不为零可适当改变支架中的线圈角度），然后旋动测微仪使涡流片离开线圈，从电压表有读数时每隔 0.2mm 记录一个电压值，将 V、X 数值填入下表，作出 V-X 曲线，指出线性范围，求出灵敏度。

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------------------|---|-----|-----|-----|-----|---|-----|-----|-----|-----|---|-----|-----|-----|-----|---|-----|-----|-----|-----|---|--|
| Xmm | 0 | 0.2 | 0.4 | 0.6 | 0.8 | 1 | 1.2 | 1.4 | 1.6 | 1.8 | 2 | 2.2 | 2.4 | 2.6 | 2.8 | 3 | 3.2 | 3.4 | 3.6 | 3.8 | 4 | |
| V ₀ v | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

3、示波器接电涡流线圈与实验模块输入端口，观察电涡流传感器的激励信号频率，随着线圈与电涡流片距离的变化，信号幅度也发生变化，当涡流片紧贴线圈时电路停振，输出为零。

注意事项:

模块输入端接入示波器时由于一些示波器的输入阻抗不高（包括探头阻抗）以至影响线圈的阻抗，使输出 V_0 变小，并造成初始位置附近的一段死区，示波器探头不接输入端即可解决这个问题。

实验四十 被测材料对电涡流传感器特性的影响

实验所需部件:

电涡流传感器、多种金属涡流片、电涡流传感器实验模块、电压表、测微仪、示波器

实验步骤:

1、按实验三十九分别对铁、铜、铝涡流片进行测试与标定，记录数据，在同一坐标上作出 V-X 曲线。

2、分别找出不同材料被测体的线性工作范围，灵敏度，最佳工作点（双向或单向）并进行比较，并做出定性的结论。

注意事项:

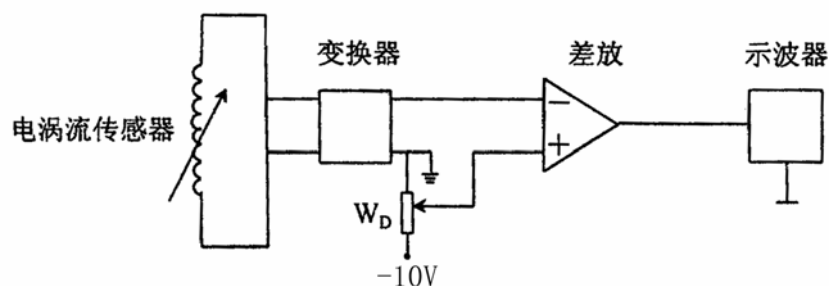
换上铜、铝和其他金属涡流片时，线圈紧贴涡流片时输出电压并不为零，这是因为电涡流线圈的尺寸是为配合铁涡流片而设计的，换了不同材料的涡流片，线圈尺寸须改变输出才能为零。

实验四十一 电涡流传感器—振幅测量

实验所需部件:

电涡流传感器、电涡流传感器实验模块、公共电路实验模块、直流稳压电源、激振器 (I)、示波器

1、连接主机与实验模块电源，并在主机上的振动圆盘旁的支架上安装好电涡流传感器，按图（26）接好实验线路，根据实验三十九结果，将线圈安装在距涡流片最佳工作位置，直流稳压电源置±10V 档（也可选用±6~8V 档，原则是接入电路的负电压值一定要高于电涡流变换电路的电压输



(图 26)

出值以便调零)，差动放大器增益调至最小（增益为 1），仅做为一个电平移动电路。

2、开启主机电源，调节电桥 W_D 电位器，使系统输出为零。

3、开启激振 I，调节低频振荡频率，使振动平台在 15~30Hz 范围内变化，用示波器观察输出波形，记下 V_{p-p} 值，利用实验三十九结果求出波形变化范围内的 X 值。

4、降低激振频率，提高振幅范围，用示波器就可以看出输出波形有失真现象，这说明电涡流传感器的振幅测量范围是很小的。

注意事项：

直流稳压电源—10V、接地端接电桥 W_D 电位器两端。

实验四十二 电涡流传感器——测转速实验

实验原理：

当电涡流线圈与金属被测体的位置周期性地接近或脱离时，电涡流传感器的输出信号也转换为相同周期的脉动信号。

实验所需部件：

电涡流传感器、电涡流传感器实验模块、测速电机、电压/频率表、示波器

实验步骤：

1、按实验四十一安装，将电涡流支架顺时针旋转约 70° ，安装于电机叶片之上，线圈尽量靠近叶片，以不碰擦为标准，线圈面与叶片保持平行。

2、开启主机电源，调节电机转速，根据示波器波形调整电涡流线圈与电机叶片的相对位置，使波形较为对称。

3、仔细观察示波器中两相邻波形的峰值，如有差异则是电机叶片不平行或是电机振动所致，可利用实验三十九特性曲线大致判断叶片的不平行度。

4、用电压/频率表 2KHz 档测得电机转速，转速=频率表显示值 \div 2。

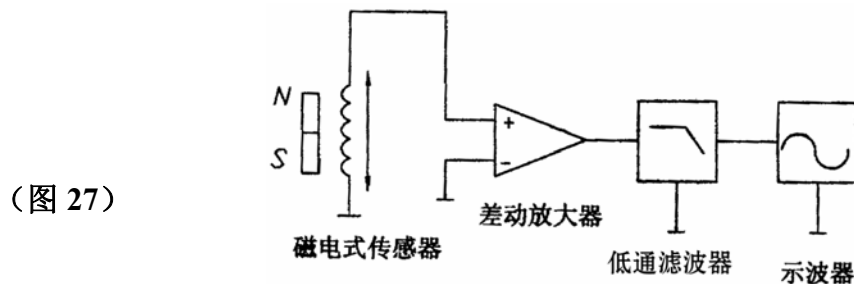
实验四十三 磁电式传感器特性

实验原理：

磁电式传感器是一种能将非电量的变化转化为感应电动势的传感器，所以也称为感应式传感器。

实验所需部件：

磁电式传感器、激振器 I、电涡流传感器、电涡流实验模块、公共电路实验模块、示波器



实验步骤：

1、按图连接主机与实验模块电源线及传感器接口，观察磁电式传感器结构：传感器由永久磁钢作为动铁，当它与感应线圈有相对运动时，线圈与磁场中的磁通交链产生感应电动势。

2、磁电传感器两端接差动放大器输入端，差动放大器增益适中，开启主机与激振 I，调节低频信号频率与幅度，观察示波器波形。

3、在振动平台旁的支架上安装好电涡流传感器与实验模块，按实验三十九接线，安装位置以平台振动时不碰到线圈为宜。

4、双线示波器两通道同时接磁电式与电涡流式传感器信号输出端，调节“激振 I” 振幅与频率，观察比较两波形，并得出两种传感器特性的结论：磁电式传感器对速度敏感，电涡流传感器对位置敏感。

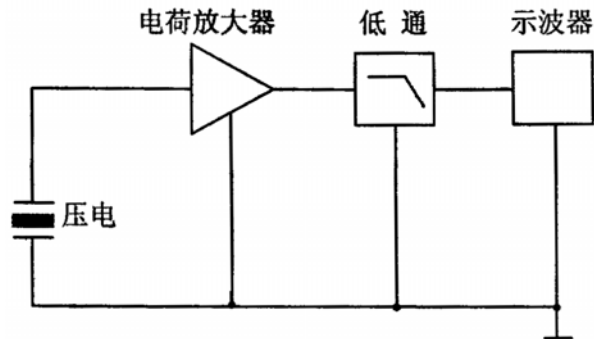
注意事项：

磁电式传感器是动态传感器，振动时一定要保证动铁与线圈无任何碰擦，否则会造成信号波形失真。

实验四十四 压电加速度传感器性能

实验原理：

压电式传感器是一种典型的有源传感器（发电型传感器），压电传感元件是力敏感元件，在压力、应力、加速度等外力作用下，在电介质表面产生电荷，从而实现非电量的电测。



(图 28)

实验所需部件：

压电加速度传感器、公共电路实验模块、激振器 II、电压/频率表、示波器

实验步骤：

1、观察位于主机双平行悬臂梁前端的压电传感器的结构，按图（28）连接主机与实验模块的电荷放大器、低通滤波器与传感器的接线。

2、开启主机电源，调节低频信号源的振幅与频率，当悬臂梁处于谐振时示波器所观察到的波形 V_{p-p} 值也最大，由此可得出结论：压电加速度传感器是一种对外力变化敏感的传感器。

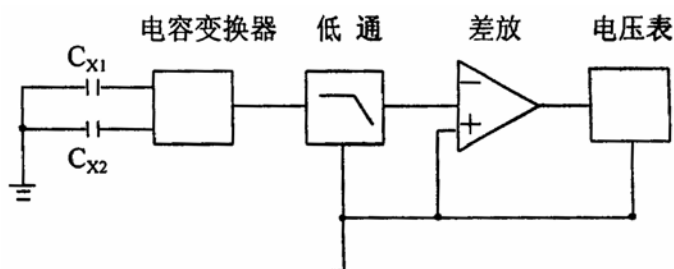
注意事项：

激振时悬臂梁振动频率不能过低（如低于 5Hz），否则传感器将无稳定输出。

实验四十五 电容式传感器性能

实验原理：

差动式同轴变面积电容的两组电容片 C_{x1} 与 C_{x2} 作为双 T 电桥的两臂，当电容量发生变化时，桥路输出电压发生变化。



(图 29)

实验所需部件:

电容传感器、电容传感器实验模块、激振器 I、测微仪

实验步骤:

1、观察电容传感器结构: 传感器由一个动极与两个定级组成, 连接主机与实验模块的电源线及传感器接口, 按图(29)接好实验线路, 增益适当。

2、打开主机电源, 用测微仪带动传感器动极位移至两组定极中间, 调整调零电位器, 此时模块电路输出为零。

3、前后位移动极, 每次 0.5mm, 直至动静极完全重合为止, 记录数据, 作出 V-X 曲线, 求出灵敏度。

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| Xmm | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| V_0 (v) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

4、移开测微仪, 在主机振动平台旁的安装支架上装上电容传感器, 在振动平台上装好传感器动极, 用手按动平台, 使平台振动时电容动极与定极不碰擦为宜。

5、开启“激振 I”开关, 振动台带动动极在定极中上下振动, 用示波器观察输出波形。

注意事项:

电容动极须位于环型定极中间, 安装时须仔细作调整, 实验时电容不能发生擦片, 否则信号会发生突变。

实验四十六 湿敏传感器—湿敏电容实验

实验原理:

湿敏电容是由以金属微孔蒸发膜为电极组成的高分子薄膜式电容, 当水分子通过两端电极被薄膜很快地吸附或释放时, 其介电系数也发生相应的变化,

通过标定，测得电容值的变化就能得知相对湿度的变化。

实验所需部件：

湿敏电容、湿敏气敏传感器实验模块、公共电路实验模块、音频信号源、电压表、湿棉球

实验步骤：

1、连接主机与实验模块电源线及传感器探头，观察湿敏电容探头，电压表接转换电路输出端 V_0 。

2、打开主机电源，调节模块调零电位器，记录湿敏电容受潮之前的输出电压，如果实验室没有现成的湿度计进行比照，则此实验只能是验证性的实验。

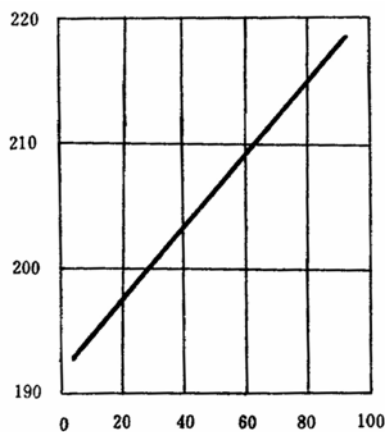
3、用棉球沾水并甩去多余水分后，轻轻抹在传感器外罩表面或用嘴对传感器吹气，为使水气饱和可来回多抹几遍，记录 V_0 端输出到达最大值后又回到初始状态时输出电压的时间（吸湿时间和脱湿时间）。

4、按照图（30）连接传感器与实验电路，重复传感器测试过程。

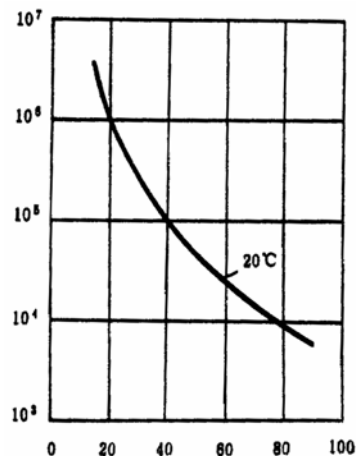
注意事项：

传感器切勿浸入水中，也不要将水直接接触及元件的感湿部分。

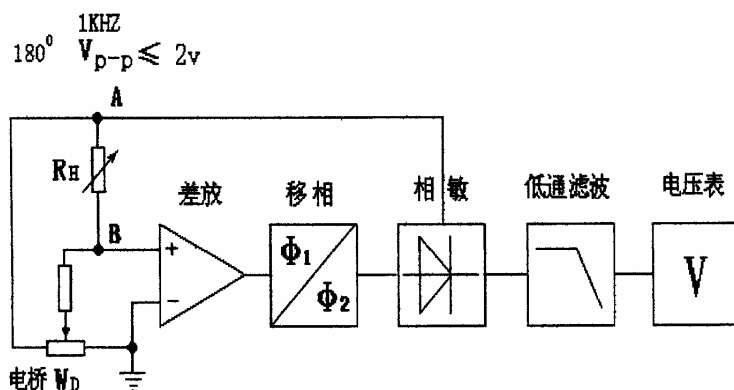
图为高分子湿敏电容和湿敏电阻的特性曲线。



高分子电容式湿度传感器电容与相对湿度的关系



高分子电阻式湿度传感器电阻与相对湿度的关系



湿敏电阻、湿敏电容实验接线（图 30）

实验四十七 湿敏传感器——湿敏电阻实验

实验原理：

高分子湿敏电阻主要是使用高分子固体电解质材料作为感湿膜，由于膜中的可动离子产生导电性，随着湿度的增加，电离作用增强，可动离子的浓度增大，电极间电阻减小，反之，电极间的电阻增大，通过测量湿敏电阻值的变化，就可得到相应的湿度值。

实验所需部件：

湿敏电阻、湿敏传感器实验模块、公共电路实验模块、音频信号源、示波器、电压表

实验步骤：

1、连接主机与实验模块的电源和传感器接口，观察湿敏电阻结构，转换电路输出 V_0 端接电压表。

2、开启主机电源，按图（30）接好测试线路，音频信号 1KHz、幅度 $\leq 2V$ ，低通滤波器输出端接电压表，示波器接相敏检波器③端。

3、调节电桥 W_D 电位器及移相器，使电压表指示为零，差动放大器增益根据系统输出大小调节。

4、轻轻用嘴对湿敏电阻吹气，观察相敏检波器③端波形及低通滤波器输出电压的变化。

5、近距离对传感器呵气，观察系统输出最大时相敏检波器③端的波形及恢复过程，由此大致判断传感器的吸湿和脱湿时间。

6、试将湿敏电阻接入湿敏电容模块做实验三十六内容，比较两种实验结果。

注意事项：

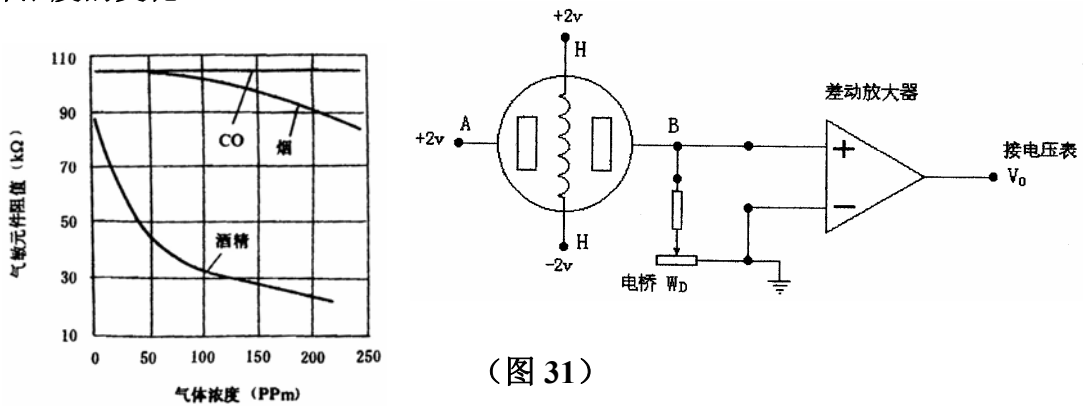
给传感器表面不能直接接触水分，不能用硬物碰擦，以免损伤感湿膜。

激励信号必须从音频 180° 端口接入，信号幅度严格限定 $\leq V_{P-P}2V$ 。避免用直流信号作为激励源，以免传感器被极化。

实验四十八 气敏传感器演示实验

实验原理：

气敏传感器的核心器件是半导体气敏元件，不同的气敏元件对不同的气体敏感度不同，当传感器暴露于使其敏感的气体之中时，电导率会发生变化，当加上激励电压且负载条件确定时，负载电压就会发生相应变化，由此可测得被测气体浓度的变化。



(图 31)

实验所需部件：

气敏传感器 (MQ₃)、湿敏气敏传感器实验模块、公共电路实验模块、酒精、电压表、示波器

实验步骤：

1、连接主机与实验模块的电源线及传感器接口，观察气敏传感器探头，探头 6 个管脚中 2 个是加热电极，另四个接敏感元件，探头的红线接加热电源，黄线为信号输出端，工作时加热电极应通电二~三分钟温度稳定后传感器才能进入正常工作。模块的输出 V₀ 端接电压表或示波器，并用电桥调节到一设定值。

(必要时电桥 W_D 电位器的另一端可接稳压电源的 +2V 档或 -2V 档。)

2、开启主机电源，待稳定数分钟后记录初始输出电压值。

打开酒精瓶盖，瓶口慢慢地接近传感器，用电压表或示波器观察输出电压上升情况，当将气敏传感器最靠近瓶口时电压上升至最高点，超过告警设定电

压，电路告警红灯亮。

3、移开酒精瓶，传感器输出特性曲线立刻下降，这说明传感器的灵敏度是非常高的。

注意事项：

实验时气敏探头勿浸入酒精中，酒精气就足够了。

实验四十九 光栅传感器——衍射演示及测距实验

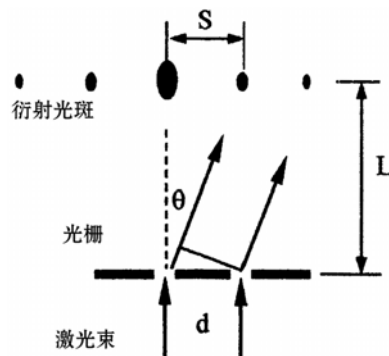
实验原理：

激光照射光栅时光栅的衍射特性可用公式：

$d = \lambda / \sin\theta = \lambda \sqrt{L^2 + S^2} / S$ 表示，根据这一公式可进行光栅距的测定，光栅至投射屏距离的测试，图（32）为光栅衍射示意图。

实验所需部件：

固体激光器、光栅、投射屏（自备）、直尺（自备）



(图 32)

实验步骤：

1、观察光栅，衍射光栅上每片有两组栅线相差 90° 的光栅，调整激光器位置，与其中的一组光栅中心对准。

2、打开主机电源，接通激光器，经一束激光照射后的光栅在前方投射屏上出现一行衍射光斑，正中为中央光斑，从中央光斑两侧向外依次为一级、二级、三级……衍射光斑，观察与分析光斑的大小及光强变化规律。

3、根据光栅衍射公式，用直尺量得一级光斑与中央光斑的距离 S ，光栅至投射屏的距离 L ，就可得光栅距 d 。反之如果已知实验所用的光栅的光栅距，则量得 S 后就可求得距离 L 。

注意事项:

激光照射光栅时注意光路勿受阻挡，实验仪上所配的衍射光栅为 50 线/mm。

实验五十 综合传感器——力平衡式传感器实验

实验目的:

掌握利用多种传感器和电路单元组成测试系统的原理。

实验原理:

图 (33) 是一个带有反馈的闭环系统传感器，它与一般传感器的区别在于它有一个“反向传感器”的反馈回路，即把系统的输出信号反馈到系统输入端进

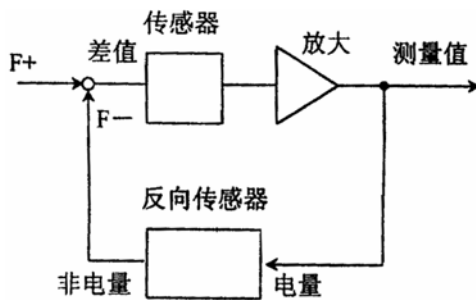


图 (33)

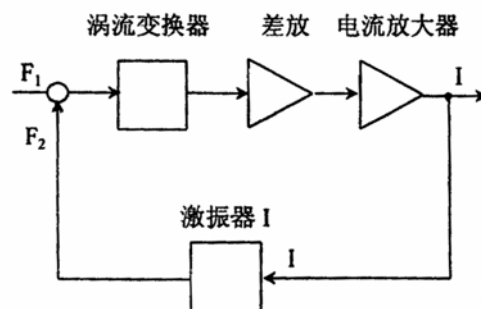


图 (34)

行比较和平衡。由于在此系统中所用的传感器主要是以力或力矩平衡的方式，所以称为力平衡传感器，力平衡传感器主要用于能将测量转换成敏感元件的微小位移的场合。

实验所需部件:

电涡流传感器实验模块、公共电路实验模块、稳压电源、低频信号源 V_i 端（作电流放大器用）、磁电传感器的线圈、电压表、砝码

实验步骤:

1、图 (34) 是系统示意图，在此系统中电涡流传感器，差动放大器，电流放大器和磁电式传感器组成一个负反馈测量系统，低频信号源转换开关倒向 V_i 侧。

2、按实验四十一的方法安装和调试好电涡流传感器，使差动放大器输出为零，差动放大器的输出电压用连接线接至低频信号源的 V_i 端口，电流放大器的输出口即低频信号源 V_o 端， V_o 端分别接电压表和“磁电”线圈的一端，“磁电线圈”的另一端接地。

3、确认接线无误后开启电源，如发现振动平台偏向一边或形成正反馈（产生抖动现象），可将“磁电”线圈两端接线对调，使其形成负反馈。

4、用手提压振动台如系统输出电压能正负两方向过零变化，说明接线正确，此时可在振动平台上加载砝码作测试实验。

5、调节系统使输出为零且正负变化对称，向上、下分别位移（以圆盘上加 5 个砝码为位置中点，每加（减）一砝码，记录一数据并填入下表。

| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------------|--|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|--|
| g 克 | | | | | | | | | 0 | | | | | | | | |
| $V_{0(v)}$ | | | | | | | | | 0 | | | | | | | | |

在坐标上作出 $V-g$ 曲线，求出灵敏度和线性度。

根据以上实验结果将力平衡式传感器与前面所熟悉的传感器进行性能比较。

注意事项：

差动放大器不能与“磁电”线圈直接相接，因为差动放大器无功率放大作用，低频信号源中转换开关倒向“ V_i ”端时，低频信号源中的功放电路做电流放大之用，输出为 V_o 端，此时低频信号被断开，故此实验结束后请将转换开关倒向 V_o 侧。

实验五十一 双平行梁的动态特性——正弦稳态影响

实验目的：

本实验说明如何用传感器测量系统的动态特性。

实验所需部件：

低频信号源、激振电路、示波器，前面实验所用过的适当的传感器系统。

实验步骤：

1、打开主机电源，接通激振器，使双平行梁振动，幅度适中，用合适的传感器测量系统，作出梁的幅频和相频特性曲线。

2、如果改变频率后双平行梁的振幅变化很大，因此为了提高测量准确性，应考虑的选择不同的传感器。

3、相位差可用双线示波器测得

4、输出电压幅值可用示波器测量，也可选用低频交流电压表。

5、比较在测量双平行梁动态特性的实验中哪些传感器系统可测振动范围比较大？哪些灵敏度比较高？

实验五十二 电荷耦合图像传感器---CCD 摄像法测径实验

实验目的：

通过本实验进一步加深对 CCD 器件工作原理和具体应用的认识。

实验原理：

电荷耦合器件（CCD）的重要应用是作为摄像器件，它将二维光学图像信号通过驱动电路转变成一维的视频信号输出。当光学镜头将被摄物体成像在 CCD 的光敏面上，每一个光敏单元（MOS 电容）的电子势阱就会收集根据光照强度而产生的光生电子，每个势阱中收集的电子数与光照强度成正比。在 CCD 电路时钟脉冲的作用下，势阱中的电荷信号会依次向相邻的单元转移，从而有序地完成载流子的运输—输出，成为视频信号。

用图像采集卡将模拟的视频信号转换成数字信号，在计算机上实时显示，用实验软件对图像进行计算处理，就可获得被测物体的轮廓信息。

实验所需部件：

CCD 摄像机、被测目标（圆形测标）、CCD 图象传感器实验模块、视频线、图像采集卡、实验软件

实验步骤:

- 1、根据图像采集卡光盘安装说明在计算机中安装好图像卡驱动程序与实验软件。
- 2、被测物前安装好摄像头，连接 12V 稳压电源，视频线连接图像卡与摄像头。
- 3、查无误后开启主机电源，进入测量程序，启动图像采集后，屏幕窗口即显示被测物的图像，适当地调节 CCD 的镜头与前后位置与光圈，使目标图像最为清晰。
- 4、尺寸标定：先取一标准直径圆形目标 ($D_0=10\text{mm}$)，根据测试程序测定其屏幕图像的直径 D_1 (单位用像素表示)，则测量常数 $K=D_1/D_0$ 。
- 5、保持 CCD 镜头与测标座距离不变，更换另一未知直径的圆形目标，利用测试程序测得其在屏幕上的直径，除以系数 K ，即得该目标的直径。

注意事项:

CCD 摄像机电源禁止乱接，以免造成损坏。

思考题:

如何利用此方法测试方形物体的尺寸。

实验五十三 CCD 摄像法的应用—莫尔条纹记数

实验原理:

传统的光栅位移传感器由光栅组、光源、光电器件组成，用光电器件记录莫尔条纹移动数目，对信号进行判向、内插细分，得出检测结果。

本实验用 CCD 摄像法实验软件记录光栅位移，简单、方便、直观。

实验所需部件:

CCD 图象传感器实验模块、CCD 摄像头、光栅组、位移平台、实验软件

实验步骤:

- 1、安装好光栅组，调节位移平台，使两片光栅完全平行重合（尽可能紧贴），调节主光栅角度，选择合适的条纹宽度，莫尔条纹要清晰可见（黑白分明）。
- 2、在光栅组前安装好 CCD 摄像头，接通电源与图像卡，启动“CCD 莫尔条纹记数”实验软件，进入程序，按“活动图像”键，屏幕上即出现条纹图象，调节 CCD 光圈及镜头与光栅距离，使条纹图像尽量清晰。
- 3、按“冻结图像”键，用鼠标在屏幕上确定莫尔条纹间隔，然后开始记数。
- 4、缓慢地转动螺旋测微仪，在屏幕上定一标记，读取条纹移动数，并将目测数、螺旋测微仪位移量与软件自动记数结果对照，得出定量的结论。
- 5、根据实验二十测得的光栅组的光栅距，求出指示光栅（位移平台）的位移量。

注意事项:

CCD 测径及莫尔条纹测试软件都是在 Windows'98 基础上开发的，视频图像卡的安装使用也是如此，请注意这一点。

实验五十四 微机检测与转换——数据采集处理

实验目的:

传感器实验课程中，数据采集和分析处理是最为主要的部分，随着现代科技的发展，微机检测与转换也成为必然的趋势，通过使用实验仪内置的数据采集卡和配套的实验软件对传感器测试系统采集到的电信号进行分析处理，可以为以后测试系统的设计与应用建立基础。

使用说明:

数据采集卡采用内置形式，与计算机通信采用串行工作方式，实验时用通信线与计算机串口 RS232 口相连。

通讯约定：波特率 2400，1 位停止位，无奇偶校验。

数据采集卡采用十二位 A/D 转换，容错率为 1/2048，量程分 200mv、1V、10V 三档，因为实验仪的输出信号电压范围较宽，为满足精度要求，所以应根据具体情况选择量程，采集模式分为单次采集与连续采集，对静态信号采用单次

采集方式，动态信号则用连续采集方式，速度选择为 1~7 档（20000 次/秒~100 次/秒）。

通信口选择：从 COM1~COM4，如不选择，默认为 COM1 口。

配套数据采集实验软件：实验软件为一份光盘，为安装盘形式，点击安装图标，即进入自动安装程序，待安装完成后，执行程序 EXP 以快捷方式置于桌面。CCD 图象传感器测径及莫尔条纹记数软件安装办法与数据采集软件安装方法相同。

实验软件使用说明：

点击 EXP 图标，进入实验软件。

首先进行系统设置，要根据实验内容设置的项目：姓名、班级、实验名称、采集方式，采集速度，X 轴坐标单位选择，（坐标间隔和坐标单位），串口选择，采集曲线色彩选择等等，选定项目后按“确认”键。

进入主界面：每帧坐标均能容纳四条曲线，每条曲线最高容纳 100 点数据，可选择是否要小圆点作为标记。

采集时请按曲线顺序从上至下的图标进行操作，单次采集须先进行正向采集，然后进行反向采集，反向采集后则不能再进行正向采集，如采集时操作有误，可按“清除上次采集数据”键，以免实验从头开始。

一条曲线完成后进行另一曲线采集，坐标自动从零开始，每一条曲线都可进行线性拟合。

因为作于同一坐标的几条曲线是为了进行特性比较，所以 X 坐标间隔必须是一致的。

连续采集只要选定了采集速度也就自动决定了坐标间隔，每次采集要求有一完整的波形周期。

一旦开始进入采集，界面上数据分析也就自动进行。

已经进行一种形式的采集后须按“完全清除”键后进行另一形式的采集。

采集到的数据可保存在数据库中。

采集卡的频率输入口已接定于主机面板上的“转速信号入”端，测试最低转速为 7.62 转/秒。

实验结果可打印，打印前务请正确设置打印机与打印纸。

“实验结论”由实验者写出后与实验结果一起打印，页面最多二页，如遇下列情况往往不是故障：

1、在桌面上有 EXP 图标的情况下，已进入主界面，但采不到数据，可检查：实验仪是否与微机串口连接好，实验仪是否开机，串口是否选择正确。

2、如以“连续”采集方式采集一个直流信号时，界面坐标上往往显示一条带有许多突变信号的曲线，细观纵坐标，如果看到曲线所示的电压中间值与曲线的峰值和谷值的差为量程的 0.05%左右，这是因为 12 位 A/D 转换的容错率为 1/2048，不是采集卡或软件的毛病。

3、如果四条实验曲线都要打印，建议都选用对比明显，较深的颜色，否则往往显示屏上能看见打印后曲线却没有有了。

4、建议打印实验报告就用与进行实验的电脑相连的打印机进行，如将实验数据拷入磁盘后在另外的打印机上打印有可能出现实验报告尺寸发生变化的情况。

5、如果计算机与实验仪通信正常，但采到的数据均为错误数据，可以进入“系统设置”进行相关的调整，直至数据采集正常为止。