

实 验 讲 义

北京信息科技大学
仪器科学与光电工程学院

CSY-3000 系列传感器与检测技术实验台

说 明 书

一、实验台的组成



CSY-3000 系列传感器与检测技术实验台由主机箱、温度源、转动源、振动源、传感器、相应的实验模板等组成。实验台主机箱布局如上图所示。

- 1、主机箱：提供高稳定的 $\pm 15V$ 、 $\pm 5V$ 、 $+5V$ 、 $\pm 2V \sim \pm 10V$ （步进可调）、 $+2V \sim +24V$ （连续可调）直流稳压电源；直流恒流源 $0.6mA \sim 20mA$ 可调；音频信号源（音频振荡器） $1KHz \sim 10KHz$ （连续可调）；低频信号源（低频振荡器） $1Hz \sim 30Hz$ （连续可调）；气压源 $0 \sim 20KPa$ （可调）；温度（转速）智能调节仪（开关置内为温度调节、置外为转速调节）；计算机通信口；主机箱面板上装有电压、电流、频率转速、气压、光照度数显表；漏电保护开关等。其中，直流稳压电源、音频振荡器、低频振荡器都具有过载切断保护功能，在排除接线错误后重新开机一下才能恢复正常工作。
- 2、振动源：振动台振动频率 $1Hz \sim 30Hz$ 可调（谐振频率 $9Hz$ 左右）。
转动源：手动控制 $0 \sim 2400$ 转/分；自动控制 $300 \sim 2400$ 转/分。
温度源：常温 $\sim 150^{\circ}C$ 。
- 3、传感器：有电阻应变式传感器、扩散硅压力传感器、差动变压器、电容式位移传感器、霍尔式位移传感器、霍尔式转速传感器、磁电转速传感器、压电式传感器、电涡流传感器、光纤传感器、光电转速传感器（光电断续器）、集成温度传感器、K型热电偶、E型热电偶、Pt100铂电阻、Cu50铜电阻、湿敏传感器、气敏传感器、光照度探头、纯白高亮发光二极管、红外发光二极管、光敏电阻、光敏二极管、光敏三极管、硅光电池、反射式光电开关共二十六个（其中二个光源）。
- 4、实验模板：有应变式、压力、差动变压器、电容式、霍尔式、压电式、电涡流、光纤位移、温度、移相/相敏检波/低通滤波模板、光电器件(一)、光开关共十二块模板。

二、使用方法

- 1、开机前将电压表显示选择旋钮打到 $2V$ 档；电流表显示选择旋钮打到 $200mA$ 档；步进可调直流稳压电源旋钮打到 $\pm 2V$ 档；其余旋钮都打到中间位置。
- 2、将AC220V电源线插头插入市电插座中，合上电源开关，数显表显示0000，表示实验台已接通电源。
- 3、做每个实验前应先阅读实验指导书，每个实验均应在断开电源的状态下按实验线路接好连接线（实验中用到可调直流电源时，应在该电源调到实验值后再接到实验线路中），检查无误后方可接通电源。
- 4、合上调节仪（温度开关）电源开关，调节仪的PV显示测量值；SV显示设定值。
- 5、合上气源开关，气泵有声响，说明气泵工作正常。

三、仪器维护及故障排除

1、维护

- (1) 防止硬物撞击、划伤实验台面；防止传感器及实验模板跌落地面。
- (2) 实验完毕要将传感器、配件、实验模板及连线全部整理好。

2、故障排除

- (1) 开机后数显表都无显示，应查 AC 220V 电源有否接通；主机箱侧面 AC 220V 插座中的保险丝是否烧断。如都正常，则更换主机箱中主机电源。
- (2) 转动源不工作，则手动输入+12V 电压，如不工作，更换转动源；如工作正常，应查调节仪设置是否准确；控制输出 V_o 有无电压，如无电压，更换主机箱中的转速控制板。
- (3) 振动源不工作，检查主机箱面板上的低频振荡器有无输出，如无输出，更换信号板；如有输出，更换振动源的振荡线圈。
- (4) 温度源不工作，检查温度源电源开关有否打开；温度源的保险丝是否烧断；调节仪设置是否准确。如都正常，则更换温度源。

四、注意事项

- 1、在实验前务必仔细阅读实验指导书。
- 2、严禁用酒精、有机溶剂或其它具有腐蚀性溶液擦洗主机箱的面板和实验模板面板。
- 3、请勿将主机箱的电源、信号源输出端与地（ \perp ）短接，因短接时间长易造成电路故障。
- 4、请勿将主机箱的土电源引入实验模板时接错。
- 5、在更换接线时，应断开电源，只有在确保接线无误后方可接通电源。
- 6、实验完毕后，请将传感器及实验模板放回原处。
- 7、如果实验台长期未通电使用，在实验前先通电十分钟预热，再检查按一次漏电保护按钮是否有效。
- 8、实验接线时，要握住手柄插拔实验线，不能拉扯实验线。

实 验 目 录

实验一	金属箔式应变片半桥、全桥性能比较实验·····	5
实验二	压阻式压力传感器的压力测量实验·····	7
实验三	差动变压器的性能实验·····	9
实验四	电容式传感器的位移实验·····	12
实验五	直流激励时霍尔式传感器位移特性实验·····	14
实验六	磁电式转速传感器测速实验·····	16
实验七	压电式传感器测振动实验·····	17
实验八	室温自补偿测温电路设计·····	19

实验一 金属箔式应变片半桥、全桥性能比较实验

一、实验目的：

1. 了解金属箔式应变片的应变效应。
2. 掌握半桥、全桥测量电路的工作原理和性能比较。
3. 分析比较半桥、全桥测量电路的灵敏度和非线性度。

二、实验原理：

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：
$$\Delta R / R = K\varepsilon \quad (1.1)$$

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，通过它转换被测部位受力状态变化。电桥的作用是将电阻的变化转换为电压的变化，电桥的输出电压反映了相应的受力状态。

对单臂电桥输出电压：
$$U_{o1} = EK\varepsilon / 4 \quad (1.2)$$

对于半桥，不同受力方向的两只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。当应变片阻值和应变值相同时，其桥路输出电压：
$$U_{o2} = EK\varepsilon / 2 \quad (1.3)$$

对于全桥测量电路中，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：
$$U_{o3} = KE\varepsilon \quad (1.4)$$

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均得到改善。应变片电桥性能实验原理图如图 1 所示，实验装置的安装图如图 2 所示。

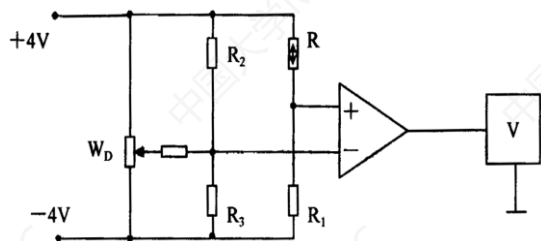


图 1 应变片单臂电桥性能实验原理图

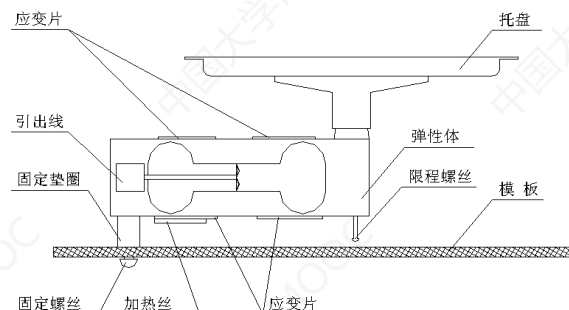


图 2 应变片单臂电桥性能实验安装图

三、实验器件：

主机箱（ $\pm 4V$ 、 $\pm 15V$ 、电压表）、应变式传感器实验模板、托盘、砝码、 $4\frac{1}{2}$ 位数显万用表（自备）。

四、实验步骤：

应变传感器实验模板说明：

实验模板结构如图 3 所示，实验模板中的 R_1 、 R_2 、 R_3 、 R_4 为应变片，没有文字标记的 5 个电阻符号下面是空的，其中 4 个组成电桥模型是为实验者组成电桥方便而设。应变式传感器（电子秤传感器）已装于应变传感器模板上。传感器中 4 片应变片已连接在实验模板左上方的 R_1 、 R_2 、 R_3 、 R_4 上。传感器左下角应变片为 R_1 ；右下角为 R_2 ；右上角为 R_3 ；左上角为 R_4 。当传感器托盘支点受压时， R_1 、 R_3 阻值增加， R_2 、 R_4 阻值减小，可用四位半数显万用进行测量判别。常态时应变片阻值为 350Ω 。）

五、预习和实验要求：

- 复习相关的传感器的工作原理。
- 复习电桥电路的工作原理，思考对臂和邻臂的变化量分别是相互叠加还是抵消的，依据此同学们考虑一下两个拉伸、两个压缩共四个应变片传感器应如何接入电桥的四个桥臂！（对臂的变化量是相互叠加的，邻臂的变化量是相互抵消的；对臂接同相应变片。）
- 复习电路调零概念，实际试验时如何操作，思考运算放大器如何调零。
- 实验数据要给老师看，实验数据正确即可拆除接线，并要收拾好实验台，数据不正确要重新进行测量，直到正确为止。
- 做完实验后一周交实验报告。
- 实验应注意的问题： $\pm 15V$ 电源极性不能接反；砝码要轻拿轻放，以缩短稳定时间，提高测量准确性。

六、思考题：

- 1、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、负应变片均可以。
- 2、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。
- 3、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。
- 4、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。
- 5、根据试验所得的单臂、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：单臂、半桥、全桥的放大器增益必须相同）。

实验二 压阻式压力传感器的压力测量实验

一、实验目的：

1. 理解压阻式传感器的工作原理。
2. 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，如图 4 所示。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。

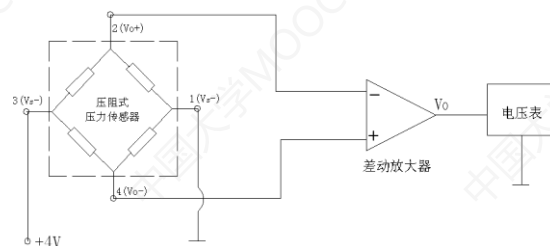


图 4 压阻式压力传感器压力测量实验原理

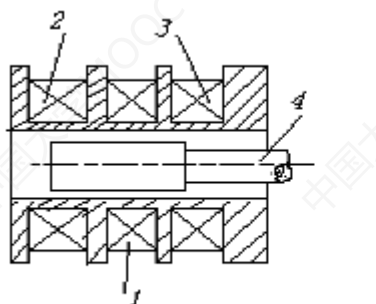
实验三 差动变压器的性能实验

一、实验目的：

1. 理解差动变压器的工作原理和特性。
2. 理解差动变压器零点残余电压产生的原因。

二、实验原理：

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，有二段式和三段式，本实验采用三段式结构。当差动变压器随着被测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，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），就引出差动电势输出。其输出电势反映出被测体的移动量。当差动变压器工作在理想情况下（忽略涡流损耗、磁滞损耗和分布电容等影响），它的等效电路如图 7 所示。图中 U_1 为一次绕组激励电压； M_1 、 M_2 分别为一次绕组与两个二次绕组间的互感； L_1 、 R_1 分别为一次绕组的电感和有效电阻； L_{21} 、 L_{22} 分别为两个二次绕组的电感； R_{21} 、 R_{22} 分别为两个二次绕组的有效电阻。对于差动变压器，当衔铁处于中间位置时，两个二次绕组互感相同，因而由一次侧激励引起的感应电动势相同。由于两个二次绕组反向串接，所以差动输出电动势为零。当衔铁移向二次绕组 L_{21} ，这时互感 M_1 大， M_2 小，因而二次绕组 L_{21} 内感应电动势大于二次绕组 L_{22} 内感应



1—一次绕组 2、3—二次绕组 4—衔铁

图 6 差动变压器的结构示意图

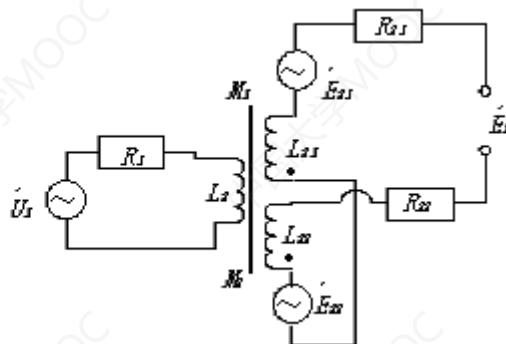


图 7 差动变压器的等效电路图

电动势，这时差动输出电动势不为零。在传感器的量程内，衔铁位移越大，差动输出电动势就越大。同样道理，当衔铁向二次绕组 L_{22} 一边移动差动输出电动势仍不为零，但由于移动方向改变，所以输出电动势反相。因此通过差动变压器输出电动势的大小和相位可以知道衔铁位移量的大小和方向。由图 7 可以看出一次绕组的电流为：

$$I_1 = \frac{U_1}{R_1 + j\omega L_1} \quad (3.1)$$

二次绕组的感应电动势为：

$$\dot{E}_{21} = -j\omega M_1 I_1 \quad (3.2)$$

$$\dot{E}_{22} = -j\omega M_2 I_1 \quad (3.3)$$

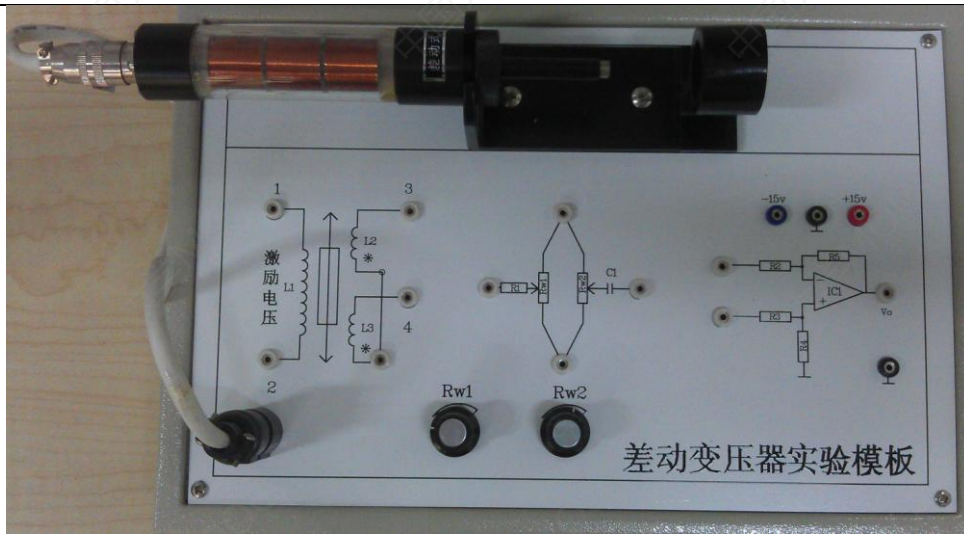


图 8 差动变压器

附：测微头的组成与使用： 测微头组成和读数如图 9

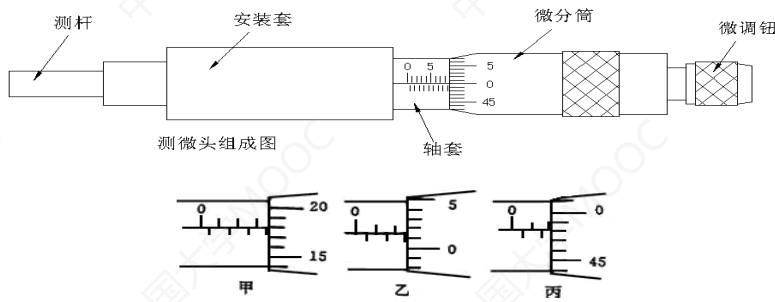


图 9 测位头组成与读数

测微头组成： 测微头由不可动部分安装套、轴套和可动部分测杆、微分筒、微调钮组成。

测微头读数与使用： 测微头的安装套便于在支架座上固定安装，轴套上的主尺有两排刻度线，标有数字的是整毫米刻线(1mm / 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)。

用手旋转微分筒或微调钮时，测杆就沿轴线方向进退。微分筒每转过 1 格，测杆沿轴方向移动微小位移 0.01 毫米，这也叫测微头的分度值。

测微头的读数方法是先读轴套主尺上露出的刻度数值，注意半毫米刻线；再读与主尺横线对准微分筒上的数值、可以估读 1 / 10 分度，如图 10 甲读数为 3.678 mm，不是 3.178 mm；遇到微分筒边缘前端与主尺上某条刻线重合时，应看微分筒的示值是否过零，如图 10 乙已过零则读 2.514 mm；如图 10 丙未过零，则不应读为 2 mm，读数应为 1.980 mm。

测微头使用： 测微头在实验中是用来产生位移并指示出位移量的工具。一般测微头在使用前，首先转动微分筒到 10 mm 处(为了保留测杆轴向前、后位移的余量)，再将测微头轴套上的主尺横线面向自己安装到专用支架座上，移动测微头的安装套(测微头整体移动)使测杆与被测体连接并使被测体处于合适位置(视具体实验而定)时再拧紧支架座上的紧固螺钉。当转动测微头的微分筒时，被测体就会随测杆而位移。

五、思考题：

- 1、试分析差动变压器与一般电源变压器的异同？
- 2、如何理解差动变压器的零点残余电压？
- 3、用什么方法可以减小零点残余电压？

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/758050003001006074>