《智能仪器仪表设计》实验指导书

河南农业大学机电工程学院电气工程系

2020 年 10 月

实验室实验守则

为了培养严肃认真、实事求是的科学实验态度和善于思考、勤于动手的学习作风以及保证课程设计教学正常进行，特制定以下规则，望遵照执行：

1、 进入实验室课程设计学习的同学必须严格遵守实验室的规章制度，服从实验室管理人员的安排。

2、 学生应认真准备课程设计实验材料，准备不充分的同学不得参加实验，认真完成指定的课程设计相关任务表的填写，并交指导教师审阅。

3、 学生不得迟到、早退、无故缺席。严禁代替他人做课程设计实验，缺实验数据者，本次课程设计考核不及格。

4、 进入实验室时请衣冠整齐，保持安静，严禁吸烟、吃食物、随地吐痰和乱丢杂物等不文明行为,否则实验工作人员有权停止其实验。

5、 课程设计实验前应先检查实验所需的工具、仪器、材料等是否齐全完好。如有缺漏、损坏应及时报告指导老师处理。

6、 听从指导教师指导，硬件实验接好线路后，应先认真检查，关键处确保无误。如无把握时，须请指导教师审核后方可通电。

7、 课程设计实验时必须持严谨的科学态度，励行节约，严格按照实验步骤和正确的方法进行操作，要细心观察记录实验结果，碰到疑难故障，应冷静分析原因，积极排除，如发生意外及时报告；独立完成实验任务，不得抄袭他人实验结果。

8、 欲增加或改变课程设计内容，须征得指导教师同意。

9、 注意人身安全，爱护仪器和设备，实验时仪器、设备、工具、材料不得乱放、乱抛；不做与实验无关的事情，不动与本次课程设计实验无关的仪器设备。

10、完成课程设计实验后主动整理放好相关设备，搞好卫生，实验中的废弃固体物品、腐蚀性液体必须倒入指定的容器中，不许倒入水池中，经实验室工作人员、指导教师同意后方可离去。

11、实验室的任何物资不可擅自带走，在实验室中损坏仪器、工具等，应及时向工作人员报告，主动说明原因，并按实验室仪器设备损坏、丢失赔偿制度处理。

目　录

实验一、金属箔应变片的性能研究.....4

实验二、霍尔转速传感器测速实验.....9

实验三、压电式传感器的动态响应实验.....10

实验四　硅光电池实验.....11

传感器系统综合实验装置简介

实验台主要由试验台部分、三源板部分、处理（模块）电路部分和数据采集通讯部分组成。

1. 实验台部分

这部分设有 1k～10kHz 音频信号发生器、1～30Hz 低频信号发生器、直流稳压电源±15V、+5V、±2-±10V、2-24V 可调四种、 数字式电压表、频率/转速表、定时器以及高精度温度调节仪组成。

2. 三源板部分

热源：0~220V 交流电源加热，温度可控制在室温~120 ºC

转动源：2~24V 直流电源驱动，转速可调在 0~4500 RPM(转/分)

振动源：装有振动台 1Hz—30Hz（可调）

3. 处理（模块）电路部分

包括电桥、电压放大器、差动放大器、电荷放大器、电容放大器、低通滤波器、涡流变换器、相敏检波器、移相器、温度检测与调理、压力检测与调理等共十个模块。

4. 数据采集、分析部分

为了加深对自动检测系统的认识，本实验台增设了 USB 数据采集卡及微处理机组成的微机数据采集系统（含微机数据采集系统软件）。14 位 A/D 转换、采样速度达 300kHz，利用该系统，可对学生实验现场采集数据，对数据进行动态或静态处理和分析，并在屏幕上生成十字坐标曲线和表格数据，对数据进行求平均值、列表、作曲线图等处理，能对数据进行分析、存盘、打印等处理，实现软件为硬件服务。

实验一、 金属箔应变片的性能研究

实验 1　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、实验仪器：应变传感器实验模块、托盘、砝码、数显电压表、±15V、±4V 电源、万用表（自备）。

三、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：$\frac{\Delta R}{R} = K \bullet \varepsilon$ ，式中 ΔR/R 为电阻丝电阻相对变化，K 为应变灵敏系数，$\frac{\Delta l}{l}$ 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组件，如图 1-1 所示，四个金属箔应变片分别贴在弹性体的上下两侧，弹性体受到压力发生形变，应变片随弹性体形变被拉伸，或被压缩。

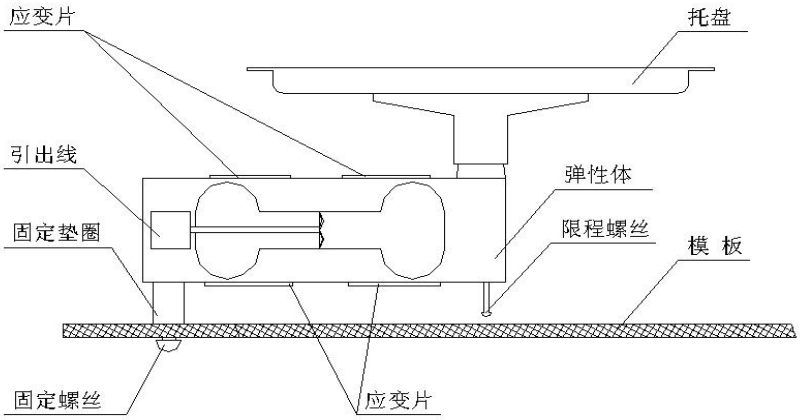

图 1-1　应变片粘贴示意图

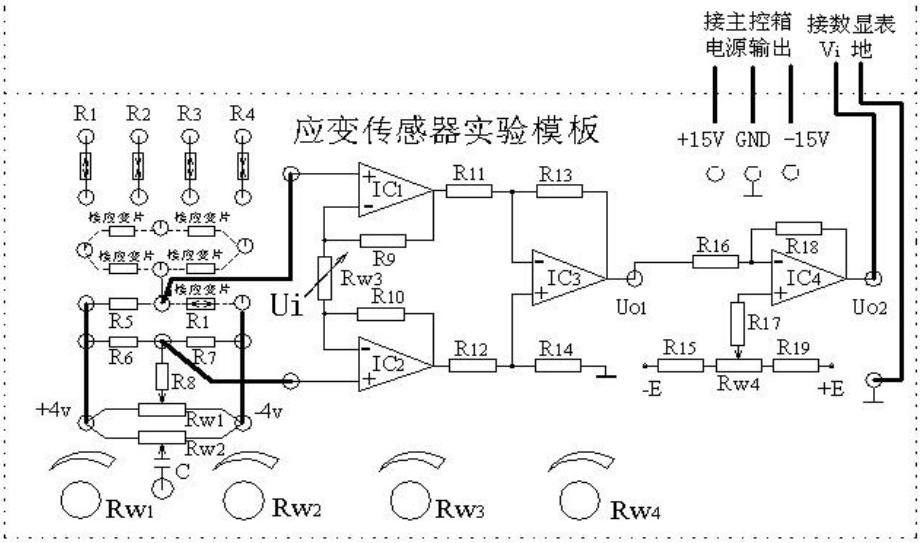

图 1-2　实验板接线图

通过这些应变片转换被测部位受力状态变化、电桥的作用完成电阻到电压的比例变化，如图 1-2 所示 R5、R6、R7 为固定电阻，与应变片一起构成一个单臂电桥，其输出电压

$$Uo=\frac{E}{4}\cdot\frac{\Delta R/R}{1+\frac{1}{2}\cdot\frac{\Delta R}{R}} \qquad (1-1)$$

E 为电桥电源电压，R 为固定电阻值，式 1-1 表明单臂电桥输出为非线性，非线性误差为 $e=-\frac{1}{2}\cdot\frac{\Delta R}{R}\cdot 100\%$。

四、实验内容与步骤

1．图 1-1 应变传感器上的各应变片已分别接到应变传感器模块左上方的 R1、R2、R3、R4 上，可用万用表测量判别，R1=R2=R3=R4=350Ω。

2．从主控台接入±15V 电源，检查无误后，合上主控台电源开关，将差动放大器的输入端 Ui 短接，输出端 Uo_2 接数显电压表（选择 2V 档），调节电位器 Rw4，使电压表显示为 0V。Rw4 的位置确定后不能改动。关闭主控台电源。

3．将应变式传感器的其中一个应变电阻（如 R1）接入电桥与 R5、R6、R7 构成一个单臂直流电桥，见图 1-2，接好电桥调零电位器 Rw1，直流电源±4V（从主控台接入），电桥输出接到差动放大器的输入端 Ui，检查接线无误后，合上主控台

电源开关，调节 Rw1,使电压表显示为零。

4．在应变传感器托盘上放置一只砝码，调节 Rw3，改变差动放大器的增益，使数显电压表显示 2mV，读取数显表数值，保持 Rw3 不变，依次增加砝码和读取相应的数显表值，直到 200g 砝码加完，计下实验结果，填入下表 1-1，关闭电源。

表 1－1 实验结果记录表

重量(g)										
电压(mV)										

五、实验报告

根据表 1－1 计算系统灵敏度 S＝ΔU/ΔW（ΔU 输出电压变化量，ΔW 重量变化量）和非线性误差 $\delta_{fl}=\Delta m/y_{F.S}\times 100\%$，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；$y_{F.S}$ 为满量程（200g）输出平均值。

六、注意事项

加在应变传感器上的压力不应过大，以免造成应变传感器的损坏！

实验 2 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、实验仪器：同实验一

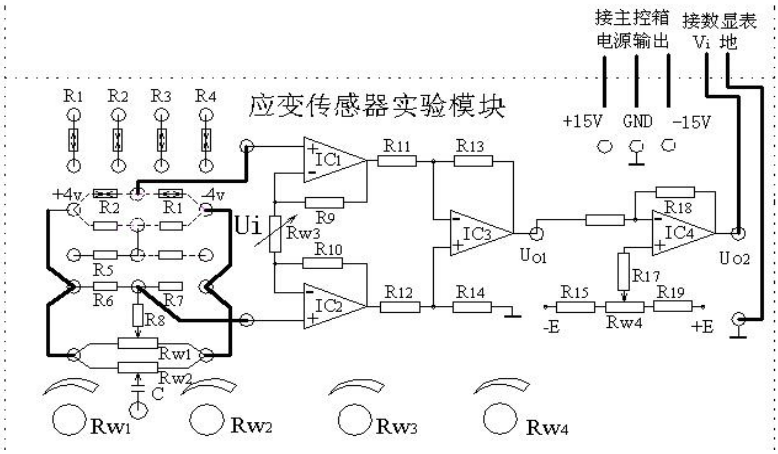

图 1-3 实验板接线图

实验 3 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、实验仪器：同实验一。

三、实验原理：

全桥测量电路中，将受力性质相同的两只应变片接到电桥的对边，不同的接入邻边，如图 1-4，当应变片初始值相等，变化量也相等时，其桥路输出：$Uo=KE\varepsilon$

其中：E 为电桥电源电压，式 3-1 表明，全桥输出灵敏度比半桥又提高了一倍，非线性误差得到进一步改善。

四、实验内容与步骤

1．应变传感器已安装在应变传感器实验模块上，可参考图 1-1。

2．放大器调零，参考实验一步骤 2。

3．按图 1-3 接线，将受力相反(一片受拉，一片受压)的两只应变片接入电桥的邻边，接入电桥调零电位器 Rw1，直流电源±4V(从主控台接入)，电桥输出接到差动放大器的输入端 Ui，检查接线无误后，合上主控台电源开关，调节 Rw1，使电压表显示为零。

4．在应变传感器托盘上放置一只砝码，调节 Rw3，改变差动放大器的增益，使数显电压

表显示 0.020V 左右，读取数显表数值，保持 Rw3 不变，依次增加砝码和读取相应的数显表值，直到 200g 砝码加完，计下实验结果，填入下表 1-2，关闭电源。

表 1-2 实验结果记录表

重量(g)										
电压(mV)										

五、实验报告

根据记录表 1-2 的实验资料，计算灵敏度 $L=\Delta U/\Delta W$，非线性误差 δ_{f3}

六、思考题

比较单臂、半桥、全桥测量电路的灵敏度和非线性度，得出相应的结论。

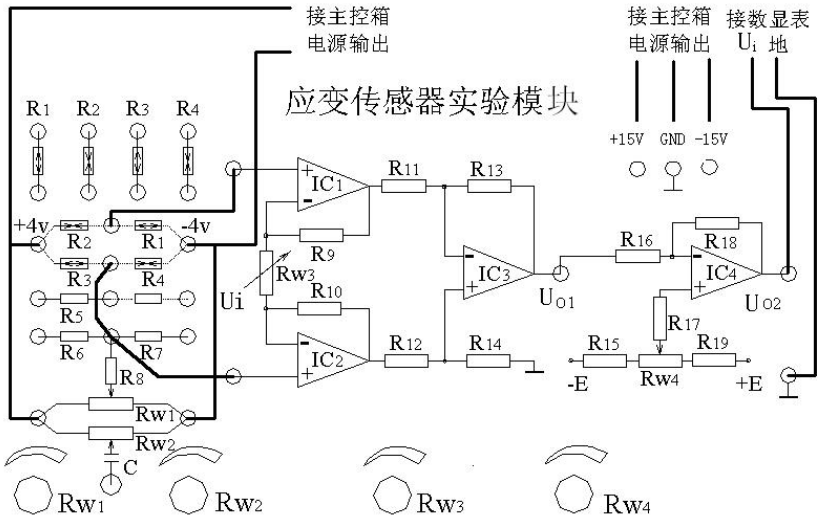

图 1-4　实验板接线图

实验 4 直流全桥的应用——电子称实验

一、实验目的：了解直流全桥的应用及电路的定标

二、实验仪器：同实验一

三、实验原理：

电子称实验原理同实验三的全桥测量原理，通过调节放大电路对电桥输出的放大倍数使电路输出电压值为重量的对应值，电压量纲（V）改为重量量纲（g）即成一台比较原始的电子称。

四、实验内容与步骤

1．按实验三的步骤 1、2、3 接好线并将电路调零

2．将 10 只砝码全部置于传感器的托盘上，调节电位器 Rw3（满量程时的增益），使数显电压表显示为 0.200V（2V 档测量）。

3．拿去托盘上所有砝码，观察数显电压表是否显示为 0.00V，若不为 0.00V，再次调节 Rw4 调零。

4．重复 2、3 步骤的定标过程，直到精确为止，把电压量纲改为重量量纲即可以称重。

5．将砝码依次放到托盘上并读取相应的数显表值，直到 200g 砝码加完，计下实验结果，填入下表，关闭电源。

表 1-3 实验结果记录表

重量(g)									
电压(mV)									

五、实验报告

根据计入表 1-3 的实验资料，计算灵敏度 S=ΔU/ΔW，非线性误差 δ_{f4}

实验二、霍尔转速传感器测速实验

一、实验目的：了解霍尔组件的应用—测量转速。

二、**实验仪器：**霍尔传感器、+5V、2-24V 直流电源、转动源、频率/转速表。

三、实验原理；

利用霍尔效应表达式：$U_H=K_HIB$，当被测圆盘上装上 N 只磁性体时，转盘每转一周磁场变化 N 次，每转一周霍尔电势就同频率相应变化，输出电势通过放大、整形和计数电路就可以测出被测旋转物的转速。

四、实验内容与步骤

1．安装根据图 2-1，霍尔传感器已安装于传感器支架上，且霍尔组件正对着转盘上的磁钢。

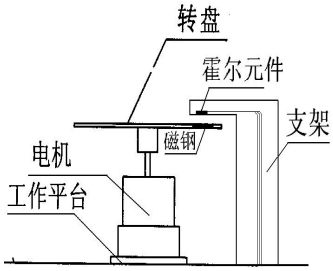

图 2-1 霍尔转速传感器安装位置图

2．将+5V 电源接到三源板上“霍尔”输出的电源端，“霍尔”输出接到频率/转速表（切换到测转速位置）。“2-24V”直流稳压电源接到“转动源”的“转动电源”输入端。

3．合上主控台电源，调节 2-24V 输出，可以观察到转动源转速的变化。也可通过通信接口的第一通道 CH1，用上位机软件观测霍尔组件输出的脉冲波形。

五、实验报告

分析霍尔组件产生脉冲的原理。

实验三、压电式传感器的动态响应实验

一、实验目的：了解压电式传感器的原理、结构及应用。

二、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）。压电传感器元件是力敏感元件，在压力、应力、加速等外力作用下，在电介质表面产生电荷，从而实验非电量的电测,如图 3 -1 所示。

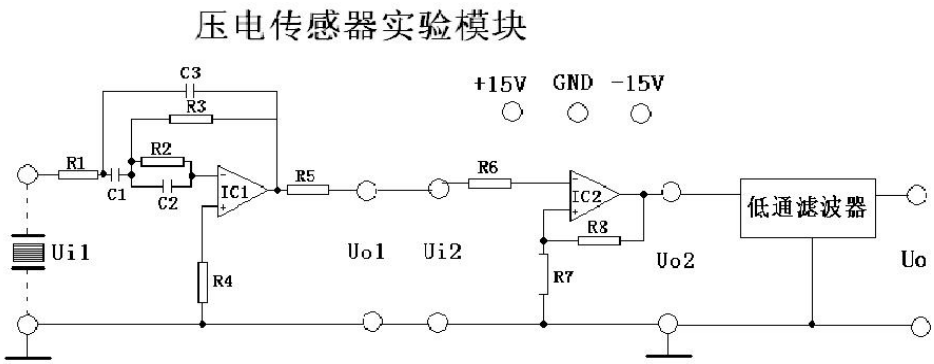

图 3 - 1　压电传感器电路

三、所需单元及设备：

低频振荡器、电荷放大器、低通滤波器、单芯屏蔽线、压电传感器、双线示波器、激振线圈、磁电传感、F/V 表、主、副电源、振动平台。

有关旋钮的初始位置：低频振荡器的幅度旋钮置于最小，F/V 表置于 2K 档。

四、实验步骤：

（1）观察压电式传感器的结构，根据图 3-2 的电路结构，将压电式传感器，电荷放大器，低通滤波器，双踪示波器连接起来，组成一个测量线路。并将低频振荡器的输出端与频率表的输入端相连。

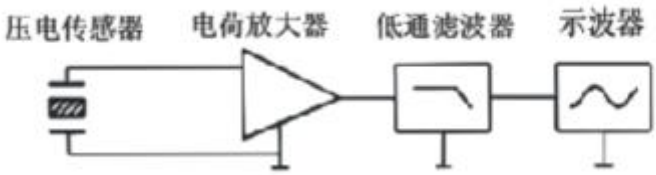

图 3 - 2　压电传感器连接

（2）将低频振荡器信号接入振动台的激振线圈。

（3）调整好示波器，低频振荡器的幅度旋钮固定至最大，调节频率，调节时用频率表监测频率，用示波器读出峰峰值填入下表。

F(Hz)	5	7	12	15	17	20	25
Vp-p							

实验四　硅光电池实验

1、实验目的：了解硅光电池的原理结构、性能。

2、实验原理：在光照作用下，由于元件内部产生的势垒作用，在结合部使光激发的电子-空穴分离，电子与空穴分别向相反方向移动而产生电势的现象，称为光伏效应。硅光电池就是利用这一效应制成的光电探测器件。

3、所需单元及元件：硅光电池、直流稳压电源、数字电压表。

4、实验过程：

（1）按图 4 接线

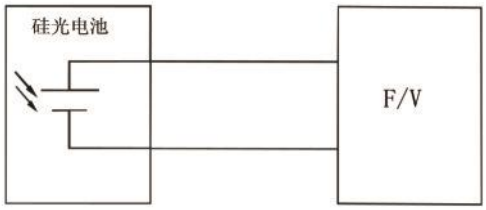

图 4　硅光电池实验连接图

（2）电压表置 2V 档，直流稳压电源±4V 档。

（3）将+4V 接入仪器顶部光敏类传感器盒+4V 端口

（4）将光强调节旋钮关至最小。记录下此时电压表读数，这是外界自然光对硅光电池的影响。

（5）慢慢调节光强旋钮，发光二极管亮度增加，注意观察电压表数字变化。

（6）电位器每旋转 20°记录一个数据。

光强	1	2	3	4	5	6	7	8	9
输出									

根据上述数据表格，作出实验曲线。