



广东碧桂园职业学院
Guangdong Country Garden Polytechnic

实训任务指导书

【课程内实训适用】

课 程 名 称 :	机器人传感器与检测技术
课程学时/实训学时:	54/18
开 课 学 期 :	2
适 用 专 业 :	智能控制技术
编 制 人 :	苗振腾 梁荣新
审 定 人 :	
系 部 / 教 研 室 :	机器人技术系

教务科研处制

目录

实训设备介绍.....	1
实训项目一 铂热电阻温度特性测试.....	5
实训项目二 K型热电偶温度特性测试.....	8
实训项目三 热敏电阻（PTC、NTC）温度特性测试.....	13
实训项目四 金属箔式应变片——单臂桥性能测试.....	17
实训项目五 金属箔式应变片——全桥性能测试.....	22
实训项目六 扩散硅压阻式压力传感器压力测试.....	26
实训项目七 压电式传感器振动测试.....	30
实训项目八 差动电感性能测试.....	34
实训项目九 光纤传感器位移特性测试.....	38
实训项目十 霍尔传感器位移特性测试.....	43
实训项目十一 电涡流传感器位移特性测试.....	46
实训项目十二 光电转速传感器转速测量.....	50
实训项目十三 电容式传感器位移特性测试.....	53
实训项目十四 电容传感器动态特性测试.....	57
实训项目十五 气敏（酒精）传感器实训测试.....	60
实训项目十六 湿敏传感器实训测试.....	63

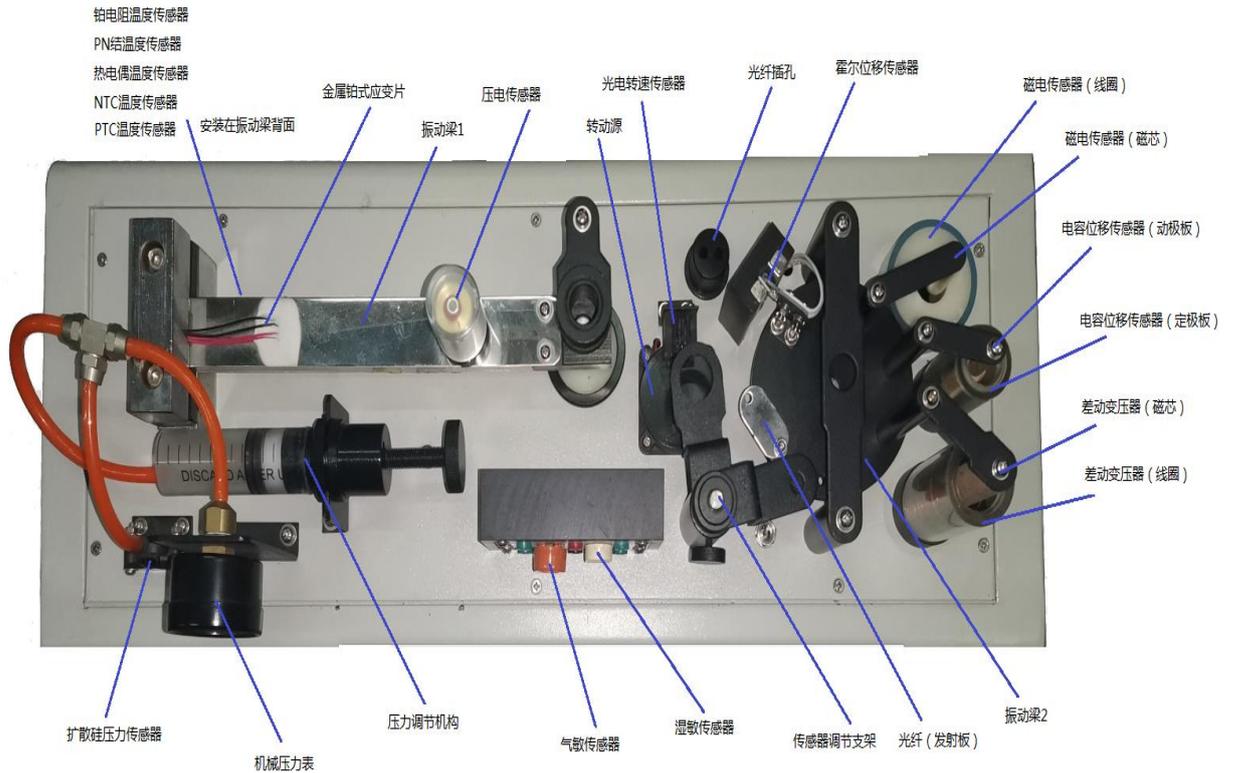


《传感器与检测技术实训装置》

THQC-2 设备说明

设备主要包括：传感器安装单元、仪表电源及信号单元、仪表电源及信号单元三部分。

(一) 传感器安装单元



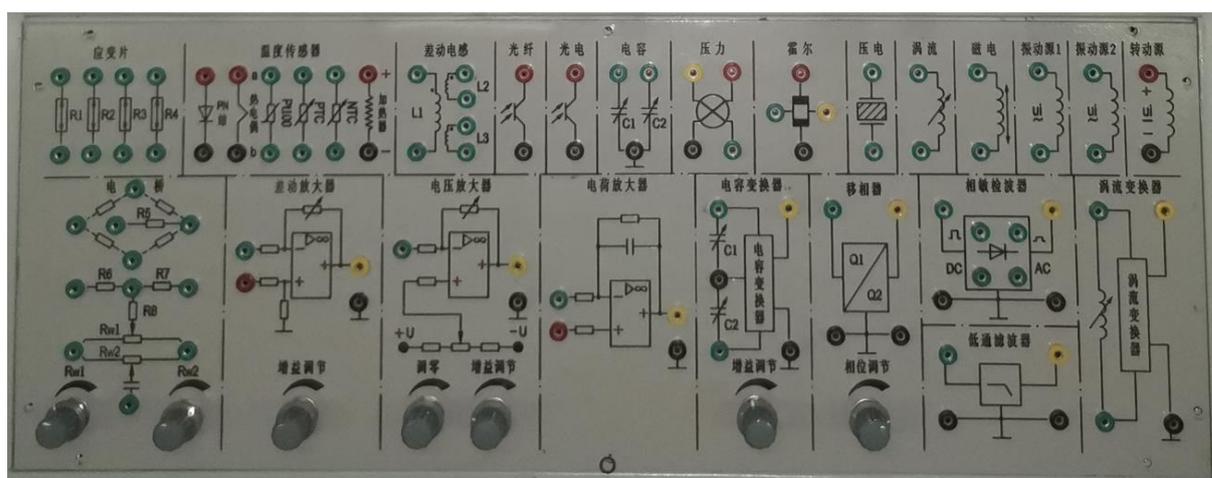
(二) 仪表电源及信号单元



1. “5A” 是设备的“保险丝”;
2. “直流电源” 开关, 是“直流稳压电源” 的开关;
3. “频率/电压/温度表” 是设备的测量仪器, “F” 为频率测量, “U” 为电压测量, “T” 是温度测量;

- “毫伏表”主要用于测量传感器信号；
- “直流稳压电源”主要为电路提供电源；
- “信号源” U_{s1} 为传感器提供激励信号， U_{s2} 为振动梁提供激励信号；

(三) 仪表电源及信号单元



- “应变片”部分，是振动梁上的四个应变片接口；
- “温度传感器”部分，是振动梁背面的温度传感器接口；
- “差动电感”部分，是差动变压器的3个线圈，其中 L_1 是激励线圈， L_2 和 L_3 是感应线圈；
- “光纤”部分，是光纤传感器的接受端；
- “光电”部分，是光电转速传感器的输出端；
- “电容”部分，是电容位移传感器的2个电容输出；
- “压力”部分，是扩散硅压力传感器的接口，其中红黑是传感器电源，绿黄是信号输出；
- “霍尔”部分，是霍尔位移传感器的接口，其中红黑是传感器电源，绿黄是信号输出；
- “压电”部分，是压电传感器的接口；
- “涡流”部分，是涡流传感器的接口；

11. “磁电”部分，是磁电传感器的接口；
12. “振动源 1”部分，是振动梁 1 的驱动线圈接口；
13. “振动源 2”部分，是振动盘下的振动梁 2 驱动线圈接口；
14. “转动源”部分，是转动源的接口；
15. “电桥”部分，可组成直流单臂电桥、半桥、全桥；
16. “差动放大器”部分，主要用于传感器的第一级放大；
17. “电压放大器”部分，主要用于传感器的第二级放大；
18. “电荷放大器”部分，配套压电传感器使用；
19. “电容变换器”部分，配套电容传感器使用；
20. “移相器”、“相敏检波器”、“滤波器”三部分，主要用于交流信号的处理；
21. “涡流变换器”部分，配套涡流传感器使用；

实训项目一 铂热电阻温度特性测试

一、实训目的

了解铂热电阻的实物及特性与应用。

二、任务要求与实训指导

1. 任务要求

(1) 正确使用数字温度计、万用表、直流稳压电源等仪器设备。

(2) 检测铂热电阻的电阻值随温度变化而变化的特性。

2. 实训指导

(1) 实训原理：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。当温度变化时，感温元件的电阻值随温度而变化，这样就可将变化的电阻值通过测量电路转换电信号，即可得到被测温度。

(2) 实训步骤：

①打开“直流电源”开关，调节“2~20V 直流稳压电源”电位器，使“直流稳压电源”输出为 5V。

②用万用表接至 PT100 两端，选择“欧姆”“200”档。

③将“2~20V 直流稳压电源”接至“加热器”。

④将温度计放至加热器表面（加热器已固定在平行梁的下悬臂梁背面），加热源温度慢慢上升。此时可用温度计测量加热源表面温度，同时观察 PT100 输出阻值的变化。

三、实训分组安排

根据实训教学需要，将教学班级分成若干个实训小组，每个小组 2 人，选定小组组长，负责组织各小组按时完成实训任务。

四、实训场地和器材

1. 实训场地

电工电子实训室（传感器与检测技术实训室）

2. 实训器材

PT100、万用表的数字温度计、万用表（自备）、直流稳压电源（2~20V）。

五、实训教学过程与学时分配

1. 教师讲解和示范

由授课教师利用 PPT 讲授实训原理与步骤，在讲授时可安排学生现场演示。

学时分配：10 分钟

2. 学生分组实训操作

各小组学生根据实训步骤，现场参与接线与测量，完成实训任务。

学时分配：30 分钟

3. 教师点评。

学时分配：5 分钟

总学时：45 分钟

六、实训作业与成果要求

1. 把实训检测数据记录在表格上，并在坐标平面上绘制出电阻温度特性曲线，对实训结果进行分析。

温度（℃）					
电阻值（欧）					

2. 完成书面实训报告。

七、考核方案

学号	姓名	考核方式	评价指标与内容			权重	评分	成绩
			出勤率	训练表现	训练效果			
			1.迟到扣 2 分/次, 旷课扣 10分/次; 2.缺课 1/3 及以上者不计学分	1.学习态度端正; 2.积极思考, 敢于实践, 实操能力强	1.按时提交成果或作品, 符合任务书的要求; 2.能结合实践灵活运用实训效果, 解决实际问题。			
		学生自评				20%		
		学生互评				20%		
		教师评价				60%		

八、注意事项

实训过程中温度计示数大于 72℃时, 应马上拆掉加热电源。

实训项目二 K型热电偶温度特性测试

一、实训目的

认识K型热电偶的外形并了解其特性与应用。

二、任务要求与实训指导

1. 任务要求

(1) 正确使用数字温度计、差动放大器，电压放大器、电压温度频率表、直流稳压电源等仪器设备。

(2) 检测K型热电偶传感器的输出电压随温度变化而变化的特性。

2. 实训指导

(1) 实训原理：

① 热电偶传感器的工作原理：

热电偶是一种使用最多的温度传感器，它的原理是基于1821年发现的塞贝克效应，即两种不同的导体或半导体A或B组成一个回路，其两端相互连接，只要两节点处的温度不同，一端温度为 T ，另一端温度为 T_0 ，则回路中就有电流产生，见图2-1(a)，即回路中存在电动势，该电动势被称为热电势。

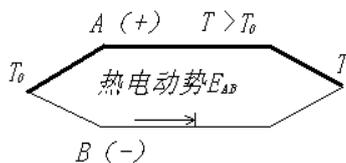


图 2-1 (a)

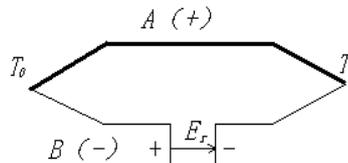


图 2-1 (b)

两种不同导体或半导体的组合被称为热电偶。

当回路断开时，在断开处 a, b 之间便有一电动势 E_T ，其极性和量值与回路中的热电势一致，见图 2-1 (b)，并规定在冷端，当电流由 A 流向 B 时，称 A 为正极，B 为负极。实验表明，当 E_T

较小时，热电势 E_T 与温度差 $(T-T_0)$ 成正比，即

$$E_T = S_{AB} (T - T_0) \quad (2-1)$$

S_{AB} 为塞贝克系数，又称为热电势率，它是热电偶的最重要的特征量，其符号和大小取决于热电极材料的相对特性。

② 热电偶的基本定律：

A. 均质导体定律：由一种均质导体组成的闭合回路，不论导体的截面积和长度如何，也不论各处的温度分布如何，都不能产生热电势。

B. 中间导体定律：用两种金属导体 A, B 组成热电偶测量时，在测温回路中必须通过连接导线接入仪表测量温差电势 $E_{AB}(T, T_0)$ ，而这些导体材料和热电偶导体 A, B 的材料往往并不相同。在这种引入了中间导体的情况下，回路中的温差电势是否发生变化呢？热电偶中间导体定律指出：在热电偶回路中，只要中间导体 C 两端温度相同，那么接入中间导体 C 对热电偶回路总热电势 $E_{AB}(T, T_0)$ 没有影响。

(3) 中间温度定律：

如图 2-2 所示，热电偶的两个结点温度为 T_1, T_2 时，热电势为 $E_{AB}(T_1, T_2)$ ；两结点温度为 T_2, T_3 时，热电势为 $E_{AB}(T_2, T_3)$ ，那么当两结点温度为 T_1, T_3 时的热电势则为：

$$E_{AB}(T_1, T_2) + E_{AB}(T_2, T_3) = E_{AB}(T_1, T_3) \quad (2-2)$$

式 (2-2) 就是中间温度定律的表达式。譬如： $T_1=100^\circ\text{C}$ ， $T_2=40^\circ\text{C}$ ， $T_3=0^\circ\text{C}$ ，则：

$$E_{AB}(100, 40) + E_{AB}(40, 0) = E_{AB}(100, 0) \quad (2-3)$$

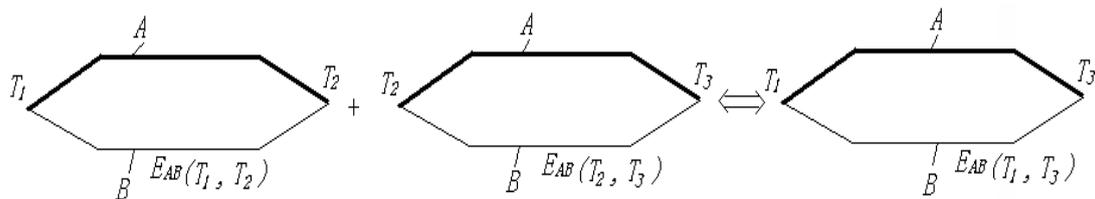


图 2-2 中间定律示意图

③ 热电偶的分度号：

热电偶的分度号是其分度表的代号（一般用大写字母 S、R、B、K、E、J、T、N 表示）。它是在热电偶的参考端为 0°C 的条件下，以列表的形式表示热电势与测量端温度的关系。

(2) 实训步骤：

① 按图 2-3 先接好“差动放大器”和“电压放大器”，将“电压放大器”的输出接至毫伏表（选择 100mV）。K 型热电偶接电压温度频率表（选择 T）两端。

② 打开“直流电源”开关，短接“差动放大器”的输入端，增益调节电位器都处于中间位置，调节调零电位器，使毫伏表显示为零。

③ 拿掉短路线，按图 2-3 接好所有连线。

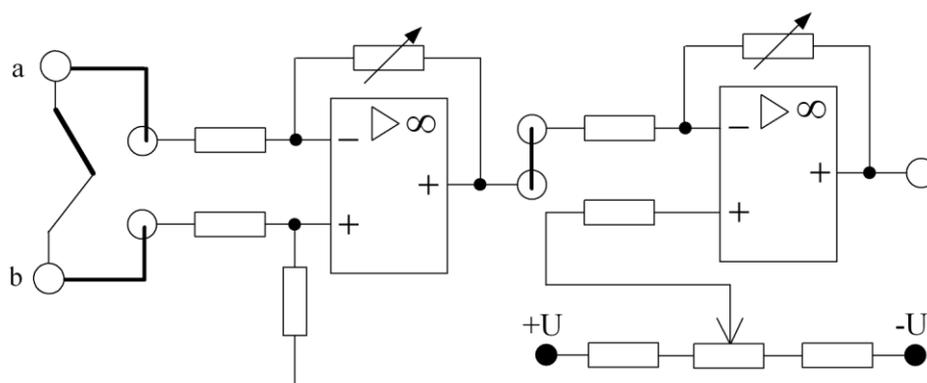


图 2-3 热电偶测温接线图

④ 调节“2~20V 直流稳压电源”为 5V，将“2~20V 直流稳压电源”输出接入“加热器”电源输入端，加热源温度慢慢上升。

⑤ 观察毫伏表电压示数随温度的变化情况。

三、实训分组安排

根据实训教学需要，将教学班级分成若干个实训小组，每个小组 2 人，选定小组组长，负责组织各小组按时完成实训任务。

四、实训场地和器材

1. 实训场地

电工电子实训室（传感器与检测技术实训室）

2. 实训器材

加热器、K 型热电偶、差动放大器，电压放大器、电压温度频率表、直流稳压电源（2~20V）。

五、实训教学过程与学时分配

1. 教师讲解和示范

由授课教师利用 PPT 讲授实训原理与步骤，在讲授时可安排学生现场演示。

学时分配：10 分钟

2. 学生分组实训操作

各小组学生根据实训步骤，现场参与接线与测量，完成实训任务。

学时分配：30 分钟

3. 教师点评。

学时分配：5 分钟

总学时：45 分钟

六、实训作业与成果要求

1. 把实训检测数据记录在表格上，并在坐标平面上绘制出电压温度特性曲线，对实训结果进行分析。

温度 (°C)					
输出电压 (毫伏)					

2. 完成书面实训报告。

七、考核方案

学号	姓名	考核方式	评价指标与内容			权重	评分	成绩
			出勤率	训练表现	训练效果			
			1.迟到扣 2 分/次,旷课扣 10分/次; 2.缺课 1/3 及以上者不计学分	1.学习态度端正; 2.积极思考,敢于实践,实操能力强	1.按时提交成果或作品,符合任务书的要求; 2.能结合实践灵活运用实训效果,解决实际问题。			
	学生自评				20%			
	学生互评				20%			
	教师评价				60%			

八、注意事项

实训过程中温度计示数大于 72°C 时，应马上拆掉加热电源。

实训项目三 热敏电阻（PTC、NTC）温度特性测试

一、实训目的

- 1、了解正、负温度系数热敏电阻基本原理；
- 2、了解正负、温度系数热敏电阻特性与应用。

二、任务要求与实训指导

1. 任务要求

(1) 正确使用数字温度计、数字万用表、电压温度频率表、直流稳压电源等仪器设备。

(2) 检测热敏电阻（PTC、NTC）的电阻随温度变化而变化的特性。

2. 实训指导

(1) 实训原理：

热敏电阻工作原理同金属热电阻一样，也是利用电阻随温度变化的特性测量温度。所不同的是热敏电阻用半导体材料作为感温元件。热敏电阻的优点是：灵敏度高、体积小、响应快、功耗低、价格低廉，但缺点是：电阻值随温度呈非线性变化、元件的稳定性及互换性差。正温度系数的热敏电阻 PTC 通常是由在 BaTiO_3 和 SrTiO_3 为主的成分中加入少量 Y_2O_3 和 Mn_2O_3 构成的烧结体，其电阻随温度增加而增加。开关型的 PTC 在居里点附近阻值发生突变，有斜率最大的曲段，即电阻值突然迅速升高。PTC 适用的温度范围为 $-50\sim 150^\circ\text{C}$ ，主要用于过热保护及作温度开关。PTC 电阻与温度的关系可近似表示为：

$$R_T = R_{T_0} \exp B (T - T_0) \quad (3-1)$$

式中， R_T ——绝对温度为 T 时热敏电阻的阻值； R_{T_0} ——绝对温度为 T_0 时热敏电阻的阻值； B ——正温度系数热敏电阻的热敏指数。

负温度系数热敏电阻 NTC 通常是一种氧化物的复合烧结体，其电

阻随温度升高而降低，具有负的温度系数，特别适合-100~300℃之间的温度测量。通常将 NTC 称为热敏电阻。负温度系数热敏电阻器的电阻—温度特性，可表示为：

$$R_T = R_{T_0} \exp B \left(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_0} \right)$$

式中， R_T ——绝对温度为 T 时热敏电阻的阻值；

R_{T_0} ——绝对温度为 T_0 时热敏电阻的阻值；

B——负温度系数热敏电阻的热敏指数。

(2) 实训步骤：

PTC 特性测试：

① 打开“直流电源”开关，调节“2~20V 直流稳压电源”为 5V，将“2~20V 直流稳压电源”输出接入“加热器”电源输入端，加热源温度慢慢上升，在温度上升过程中尽快完成温度和阻值的测量。

② 用万用表的温度计直接测量温度或通过把 PT100 接电压温度频率表（选择 T）两端间接测量温度，同时用万用表的欧姆档并选择“200”档接于 PTC 两端，测量 PTC 电阻值。

NTC 特性测试：

③ PTC 特性测试结束后，关闭加热器“直流电源”开关，加热源温度慢慢下降至室温，在温度下降过程中尽快完成温度和阻值的测量。

④ 用万用表的温度计直接测量温度或通过把 PT100 接电压温度频率表（选择 T）两端间接测量温度，同时用万用表选择“欧姆”“2k”档接于 NTC 两端，测量不同温度下 NTC 电阻值。

三、实训分组安排

根据实训教学需要，将教学班级分成若干个实训小组，每个小组 2 人，选定小组组长，负责组织各小组按时完成实训任务。

四、实训场地和器材

1. 实训场地

电工电子实训室（传感器与检测技术实训室）

2. 实训器材

加热器、PTC 热敏电阻、NTC 热敏电阻、数字万用表、温度传感器、电压温度频率表、直流稳压电源（2~20V）。

五、实训教学过程与学时分配

1. 教师讲解和示范

由授课教师利用 PPT 讲授实训原理与步骤，在讲授时可安排学生现场演示。

学时分配：10 分钟

2. 学生分组实训操作

各小组学生根据实训步骤，现场参与接线与测量，完成实训任务。

学时分配：30 分钟

3. 教师点评。

学时分配：5 分钟

总学时：45 分钟

六、实训作业与成果要求

1. 把实训检测数据记录在表格上，并在坐标平面上绘制出电阻温度特性曲线，对实训结果进行分析。

(1)PTC 热敏电阻实训数据：

温度 (°C)					
阻值 (欧)					

(2) NTC 热敏电阻实训数据:

温度 (°C)					
阻值 (欧)					

2. 完成书面实训报告。

七、考核方案

学号	姓名	考核方式	评价指标与内容			权重	评分	成绩
			出勤率	训练表现	训练效果			
			1.迟到扣 2 分/次, 旷课扣 10分/次; 2.缺课 1/3 及以上者不计学分	1.学习态度端正; 2.积极思考, 敢于实践, 实操能力强	1.按时提交成果或作品, 符合任务书的要求; 2.能结合实践灵活运用实训效果, 解决实际问题。			
学生自评				20%				
学生互评				20%				
教师评价				60%				

八、注意事项

实训过程中温度高于大于 72°C 时, 应马上拆掉加热电源。

实训项目四 金属箔式应变片——单臂电桥性能测试

一、实训目的

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、任务要求与实训指导

1. 任务要求

(1) 正确使用双杆式悬臂梁应变传感器、电压温度频率表、直流稳压电源（±4V）、差动放大器、电压放大器、万用表等仪器设备。

(2) 检测金属箔式压力传感器输出电压随位移变化而变化的特性。

2. 实训指导

(1) 实训原理：

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

$$\frac{\Delta R}{R} = k \cdot \varepsilon \quad (4-1)$$

式中 $\frac{\Delta R}{R}$ 为电阻丝电阻相对变化； k 为应变系数； $\varepsilon = \frac{\Delta l}{l}$ 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元件。如图 4-1 所示，将四个金属箔应变片(R_1 、 R_2 、 R_3 、 R_4)分别贴在双杆式悬臂梁弹性体的上下两侧，弹性体受到压力发生形变，应变片随悬臂梁形变被拉伸或被压缩。

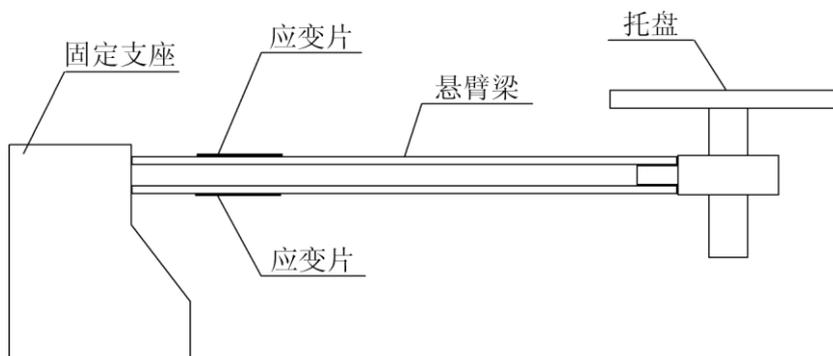


图 4-1 双杆式悬臂梁称重传感器结构图

通过这些应变片转换悬臂梁被测部位受力状态变化，可将应变片串联或并联组成电桥。如图 4-2 信号调理电路所示， $R_5=R_6=R_7=R$ 为固定电阻，与应变片一起构成一个单臂电桥，其输出电压

$$U_0 = \frac{E}{4} \cdot \frac{\Delta R/R}{1 + \frac{1}{2} \cdot \frac{\Delta R}{R}} \quad (4-2)$$

E 为电桥电源电压；式 4-2 表明单臂电桥输出为非线性，非线性误差为

$$L = -\frac{1}{2} \cdot \frac{\Delta R}{R} \cdot 100\%$$

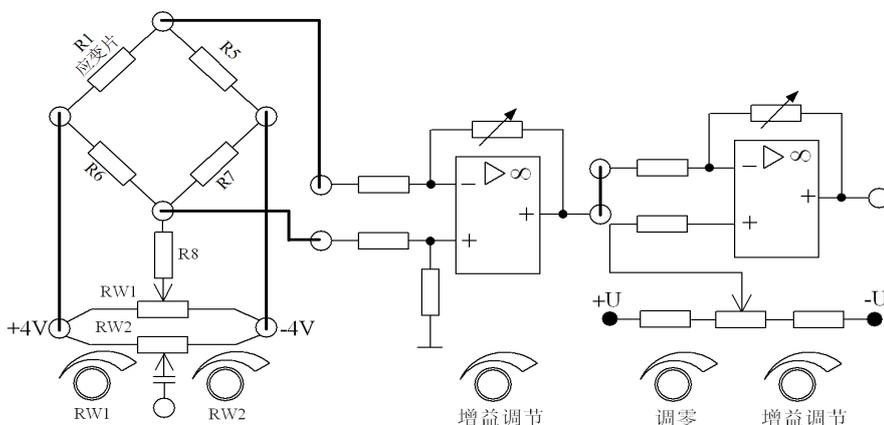


图 4-2 单臂电桥面板接线图

双杆式悬臂梁应变传感器、电压温度频率表、直流稳压电源 ($\pm 4V$)、差动放大器、电压放大器、万用表 (自备)。

(2) 实训步骤:

①悬臂梁上的各应变片已分别接到面板左上方的 R_1 、 R_2 、 R_3 、 R_4 上, 可用万用表测量判别, $R_1=R_2=R_3=R_4=350\ \Omega$ 。

②按图 4-2 接好“差动放大器”和“电压放大器”部分, 将“差动放大器”的输入端短接并与地相连, “电压放大器”输出端接电压温度频率表 (选择 U), 开启直流电源开关。将“差动放大器”的增益调节电位器与“电压放大器”的增益调节电位器调至中间位置 (顺时针旋转到底后逆时针旋转 5 圈), 调节调零电位器使电压温度频率表显示为零。关闭“直流电源”开关。(两个增益调节电位器的位置确定后不能改动)

③按图 4-2 接好所有连线, 将应变式传感器 R_1 接入“电桥”与 R_5 、 R_6 、 R_7 构成一个单臂直流电桥。“电桥”输出接到“差动放大器”的输入端, “电压放大器”的输出接电压温度频率表。预热两分钟。(直流稳压电源的 GND1 要与放大器共地)

④将千分尺向下移动, 使悬臂梁处于平直状态, 调节 R_{w1} 使电压温度频率表显示为零 (选择 U)。

⑤移动千分尺向下移 0.5mm, 读取数显表数值, 依次移动千分尺向下移 0.5mm 读取相应的数显表值, 直到向下移动 5mm, 记录实验数据填入表 4-1。

表 4-1

位移 (mm)	0.5	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5
电压 (mV)										

⑥实训结束后，将千分尺向上旋转，使悬臂梁恢复平直状态，关闭实训台电源，整理好实训设备。

三、实训分组安排

根据实训教学需要，将教学班级分成若干个实训小组，每个小组2人，选定小组组长，负责组织各小组按时完成实训任务。

四、实训场地和器材

1. 实训场地

电工电子实训室（传感器与检测技术实训室）

2. 实训器材

双杆式悬臂梁应变传感器、电压温度频率表、直流稳压电源（ $\pm 4V$ ）、差动放大器、电压放大器、万用表（自备）。

五、实训教学过程与学时分配

1. 教师讲解和示范

由授课教师利用PPT讲授实训原理与步骤，在讲授时可安排学生现场演示。

学时分配：10分钟

2. 学生分组实训操作

各小组学生根据实训步骤，现场参与接线与测量，完成实训任务。

学时分配：30分钟

3. 教师点评。

学时分配：5分钟

总学时：45 分钟

六、实训作业与成果要求

1. 把实训检测数据记录在表格上，根据实训所得数据绘制出电压一位移曲线，并计算其线性度，对实训结果进行分析。
2. 完成书面实训报告。

七、考核方案

学号	姓名	考核方式	评价指标与内容			权重	评分	成绩
			出勤率	训练表现	训练效果			
			1.迟到扣 2 分/次，旷课扣 10分/次； 2.缺课 1/3 及以上者不计学分	1.学习态度端正； 2.积极思考，敢于实践，实操能力强	1.按时提交成果或作品，符合任务书的要求； 2.能结合实践灵活运用实训效果，解决实际问题。			
	学生自评				20%			
	学生互评				20%			
	教师评价				60%			

八、注意事项

实训所采用的弹性体为双杆式悬臂梁称重传感器，量程较小。因此，加在传感器上的压力不应过大，以免造成应变传感器的损坏！

实训五 金属箔式应变片——全桥性能测试

一、实训目的

了解全桥测量电路的原理及优点。

二、任务要求与实训指导

1. 任务要求

(1) 正确使用电压温度频率表、直流稳压电源差动放大器、电压放大器、万用表等仪器设备。

(2) 检测金属箔式压力传感器全桥测量电路输出电压随位移变化而变化的特性。

2. 实训指导

(1) 实训原理：

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 5-1，当应变片初始值相等，变化量也相等时，其桥路输出

$$U_o = E \cdot \frac{\Delta R}{R} \quad (5-1)$$

式中 E 为电桥电源电压。 $\frac{\Delta R}{R}$ 为电阻丝电阻相对变化；式 (5-1) 表明，全桥输出灵敏度是单臂桥的 4 倍，非线性误差得到较大的改善。

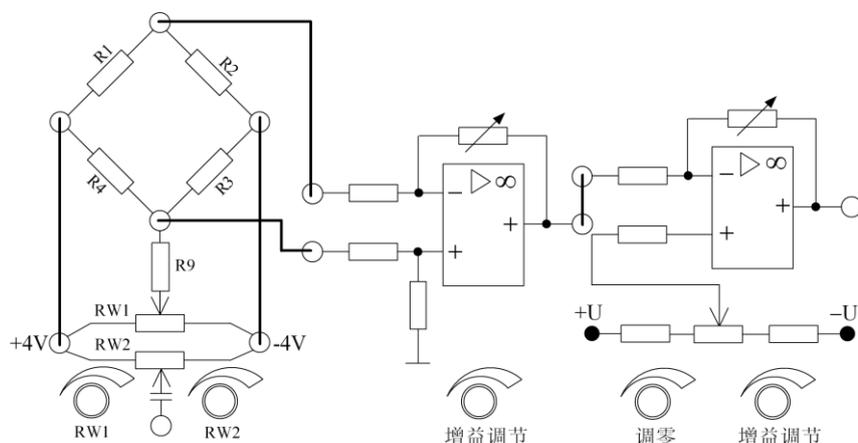


图 5-1 全桥面板接线图

(2) 实训步骤:

①应变传感器已安装在悬臂梁上, R1、R2、R3、R4 均为应变片, 可参考图 4-1。

②按图 5-1 接好“差动放大器”和“电压放大器”部分, 将“差动放大器”的输入端短接并与地相连,“电压放大器”输出端接电压温度频率表(选择 U), 开启直流电源开关。将“差动放大器”的增益调节电位器与“电压放大器”的增益调节电位器调至中间位置(顺时针旋转到底后逆时针旋转 5 圈), 调节调零电位器使电压温度频率表显示为零。关闭“直流电源”开关。(两个增益调节电位器的位置确定后不能改动)

③按图 5-1 接好所有连线, 将四个应变片接入电桥, 构成全桥测量电路。“电桥”输出接到“差动放大器”的输入端,“电压放大器”的输出接电压温度频率表。预热两分钟。(直流稳压电源的 GND1 要与放大器共地)

④将千分尺向下移动, 使悬臂梁处于平直状态, 调节 Rw1 使电压温度频率表显示为零(选择 U)。

④移动千分尺向下移 0.5mm, 读取数显表数值, 依次移动千分尺向下移 0.5mm 和读取相应的数显表值, 直到向下移动 5mm, 记录实训数据填入表 5-1。

表 5-1

位移 (mm)	0.5	1.0	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5
电压 (mV)										

⑤实训结束后, 将千分尺向上旋转, 使悬臂梁恢复平直状态, 关闭实训台电源, 整理好实训设备。

三、实训分组安排

根据实训教学需要，将教学班级分成若干个实训小组，每个小组 2 人，选定小组组长，负责组织各小组按时完成实训任务。

四、实训场地和器材

1. 实训场地

电工电子实训室（传感器与检测技术实训室）

2. 实训器材

双杆式悬臂梁应变传感器、电压温度频率表、直流稳压电源（±4V）、差动放大器、电压放大器、万用表（自备）。

五、实训教学过程与学时分配

1. 教师讲解和示范

由授课教师利用 PPT 讲授实训原理与步骤，在讲授时可安排学生现场演示。

学时分配：10 分钟

2. 学生分组实训操作

各小组学生根据实训步骤，现场参与接线与测量，完成实训任务。

学时分配：30 分钟

3. 教师点评。

学时分配：5 分钟

总学时：45 分钟

六、实训作业与成果要求

1. 把实训检测数据记录在表格上，根据实训所得数据绘制出电压—位移曲线，并计算其线性度，对实训结果进行分析。
2. 完成书面实训报告。

七、考核方案

学号	姓名	考核方式	评价指标与内容			权重	评分	成绩
			出勤率	训练表现	训练效果			
			1.迟到扣 2 分/次，旷课扣 10分/次； 2.缺课 1/3 及以上者不计学分	1.学习态度端正； 2.积极思考，敢于实践，实操能力强	1.按时提交成果或作品，符合任务书的要求； 2.能结合实践灵活运用实训效果，解决实际问题。			
		学生自评				20%		
		学生互评				20%		
		教师评价				60%		

八、注意事项

实训所采用的弹性体为双杆式悬臂梁称重传感器，量程较小。因此，加在传感器上的压力不应过大，以免造成应变传感器的损坏！

实训项目六 扩散硅压阻式压力传感器压力测试

一、实训目的

对扩散硅压阻式压力传感器实物认知，巩固压力传感器测量压力的原理与方法，了解扩散硅压阻式压力传感器的电压-压力特性。

二、任务要求与实训指导

1. 任务要求

(1) 正确使用压力传感器、气室、气压表、差动放大器、电压放大器、电压温度频率表等仪器设备。

(2) 检测扩散硅压阻式压力传感器输出电压随压力变化而变化的特性。

2. 实训指导

(1) 实训原理：

在具有压阻效应的半导体材料上用扩散或离子注入法，可以制备各种压力传感器。摩托罗拉公司设计出 X 形硅压力传感器，如图 6-1 所示，在单晶硅膜片表面形成 4 个阻值相等的电阻条。将它们连接成惠斯通电桥，电桥电源端和输出端引出，用制造集成电路的方法封装起来，制成扩散硅压阻式压力传感器。

扩散硅压力传感器的工作原理如图 6-1，在 X 形硅压力传感器的一个方向上加偏置电压形成电流 i ，当敏感芯片没有外加压力作用，内部电桥处于平衡状态，当有剪切力作用时（本实训采用改变气室内的压强的方法改变剪切力的大小），在垂直于电流方向将会产生电场变化 $E = \Delta\rho \cdot i$ ，该电场的变化引起电位变化，则在与电流方向垂直的两侧得到输出电压 U_o 。

(6-1)

$$U_o = d \cdot E = d \cdot \Delta\rho \cdot i$$

式中 d 为元件两端距离。

实训接线图如图 6-2 所示，MPX10 有 4 个引出脚，1 脚接地、2 脚为 U_{o+} 、3 脚接 +5V 电源、4 脚为 U_{o-} ；当 $P_1 > P_2$ 时，输出为正； $P_1 < P_2$ 时，输出为负（ P_1 与 P_2 为传感器的两个气压输入端所产生的压强）。

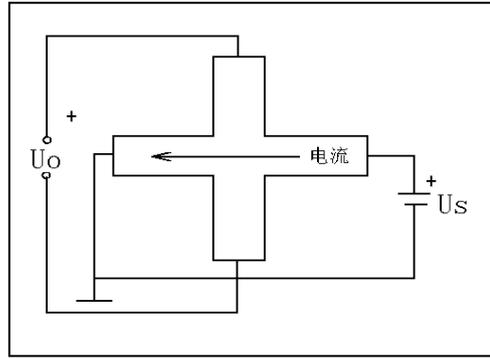


图 6-1 扩散硅压力传感器原理图

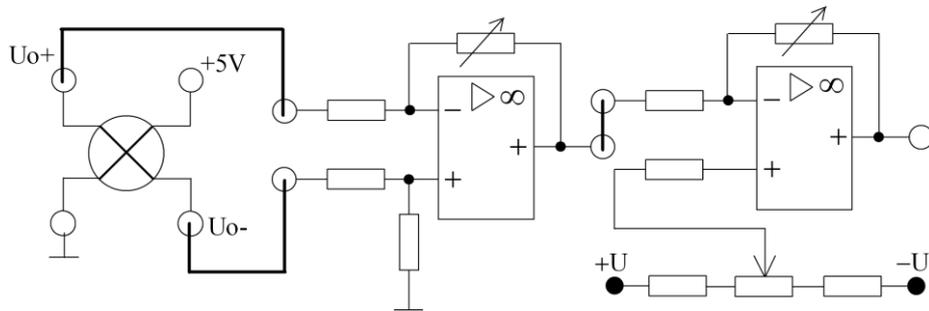


图 6-2 扩散硅压力传感器接线图

(2) 实训步骤：

①按图 6-2 接好“差动放大器”与“电压放大器”，“电压放大器”输出端接电压温度频率表（选择 U，20V 档），打开直流电源开关。（将“2~20V 直流稳压电源”输出调为 5V）

②调节“差动放大器”与“电压放大器”的增益调节电位器到中间位置并保持不动，用导线将“差动放大器”的输入端短接，然后调节调零电位器使电压温度频率表显示为零。

③取下短路导线，并按图 6-2 连接“压力传感器”。

④气室的活塞退回到刻度“17”的小孔后，使气室的压力相对大气压均为 0，气压计指在“零”刻度处，调节调零电位器使电压温度频率表显示为零。增大输入压力到 0.005MPa，每隔 0.005Mpa 记下“电压放大器”输出的电压值 U。直到压强达到 0.1Mpa；填入下表。

P(kP)	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
U (V)										
P(kP)	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
U (V)										

⑤实训结束后，关闭实训台电源，整理好实训设备。

三、实训分组安排

根据实训教学需要，将教学班级分成若干个实训小组，每个小组 2 人，选定小组组长，负责组织各小组按时完成实训任务。

四、实训场地和器材

1. 实训场地

电工电子实训室（传感器与检测技术实训室）

2. 实训器材

压力传感器、气室、气压表、差动放大器、电压放大器、电压温度频率表。

五、实训教学过程与学时分配

1. 教师讲解和示范

由授课教师利用 PPT 讲授实训原理与步骤，在讲授时可安排学生现场演示。

学时分配：10 分钟

2. 学生分组实训操作

各小组学生根据实训步骤，现场参与接线与测量，完成实训任务。

学时分配：30 分钟

3. 教师点评。

学时分配：5 分钟

总学时：45 分钟

六、实训作业与成果要求

1. 把实训检测数据记录在表格上，根据实训所得数据绘制出压力—电压（P—U）曲线，并计算其线性度，对实训结果进行分析。

2. 完成书面实训报告。

七、考核方案

学号	姓名	考核方式	评价指标与内容			权重	评分	成绩
			出勤率	训练表现	训练效果			
			1.迟到扣 2 分/次，旷课扣 10分/次； 2.缺课 1/3 及以上者不计学分	1.学习态度端正； 2.积极思考，敢于实践，实操能力强	1.按时提交成果或作品，符合任务书的要求； 2.能结合实践灵活运用实训效果，解决实际问题。			
		学生自评				20%		
		学生互评				20%		
		教师评价				60%		

八、注意事项

实训项目七 压电式传感器振动测试

一、实训目的

了解压电式传感器测量振动的原理和方法，认知压电式传感器的实物，了解压电式传感器输出电压与振动频率的关系。

二、任务要求与实训指导

1. 任务要求

(1) 正确使用振动源 2、信号源、压电传感器、低通滤波器、电荷放大器、示波器等仪器设备。

(2) 检测压电式压力传感器输出电压随振动频率变化而变化的特性。

2. 实训指导

(1) 实训原理：

压电式传感器由惯性质量块和压电陶瓷片等组成（实训用的压电式加速度计结构如图（7-1）工作时传感器与试件振动的频率相同，质量块便有正比于加速度的交变力作用在压电陶瓷片上，由于压电效应，压电陶瓷产生正比于运动加速度的表面电荷。

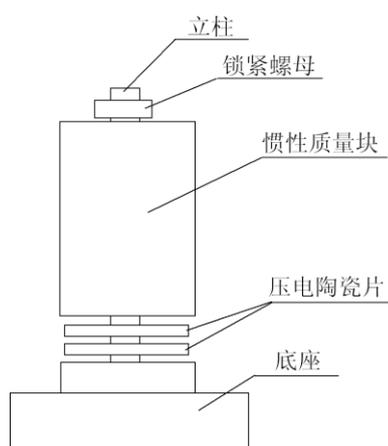


图 7-1 压电传感器结构图

(2) 实训步骤:

- ①将“振动源 2”的千分尺向上移动到 25mm 刻度处。
- ②按下图 7-2 接线,将面板上的“压电传感器”接口接到“电荷放大器”的输入端,将“电荷放大器”输出端接到“低通滤波器”输入端,将“低通滤波器”输出端接示波器,观察输出波形。
- ③将“信号源”的“ U_{S2} ”接到面板的“振动源 2”,打开“直流电源”开关,调节幅度电位器到中间位置,调节频率电位器使振动梁起振。
- ④电压频率表选择“F”,检测 U_{S2} 的频率。
- ⑤改变低频信号源输出信号的频率,用示波器观察,并记录振动源不同振动频率下压电传感器输出波形的峰—峰值 V_{P-P} 。并由此得出振动系统的共振频率。

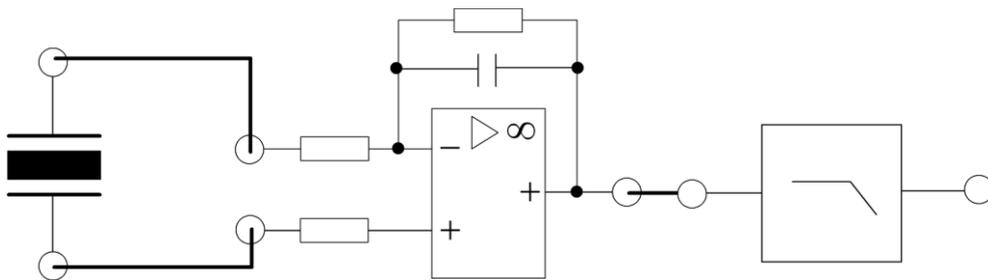


图 7-2 压电传感器振动实训接线图

振动频率 (Hz)	14.0	14.5	15.0	15.5	16.0	16.5	17.0	17.5	18.0
$V_{p-p}(mV)$									

- ⑥实训结束后,关闭实训台电源,整理好实训设备。

三、实训分组安排

根据实训教学需要,将教学班级分成若干个实训小组,每个

小组 2 人，选定小组组长，负责组织各小组按时完成实训任务。

四、实训场地和器材

1. 实训场地

电工电子实训室（传感器与检测技术实训室）

2. 实训器材

振动源 2、信号源、压电传感器、低通滤波器、电荷放大器、示波器（自备）。

五、实训教学过程与学时分配

1. 教师讲解和示范

由授课教师利用 PPT 讲授实训原理与步骤，在讲授时可安排学生现场演示。

学时分配：10 分钟

2. 学生分组实训操作

各小组学生根据实训步骤，现场参与接线与测量，完成实训任务。

学时分配：30 分钟

3. 教师点评。

学时分配：5 分钟

总学时：45 分钟

六、实训作业与成果要求

1. 把实训检测数据记录在表格上，根据实训所得数据绘制出压电传感器 $F-V_{pp}$ 曲线，找出振动源 2 的固有频率。

2. 完成书面实训报告。

七、考核方案

学号	姓名	考核方式	评价指标与内容			权重	评分	成绩
			出勤率	训练表现	训练效果			
			1.迟到扣 2 分/次, 旷课扣 10分/次; 2.缺课 1/3 及以上者不计学分	1.学习态度端正; 2.积极思考, 敢于实践, 实操能力强	1.按时提交成果或作品, 符合任务书的要求; 2.能结合实践灵活运用实训效果, 解决实际问题。			
学生自评				20%				
学生互评				20%				
教师评价				60%				

八、注意事项

当频率较小时, 振动幅度较小, 输出波形毛刺较为严重(毛刺为机械振动产生), 实训频率可从 14Hz 左右开始, 实训现象较为明显。

实训项目八 差动电感性能测试

一、实训目的

认知差动电感的结构，了解差动电感的工作原理和及位移测量特性。

二、任务要求与实训指导

1. 任务要求

(1) 正确使用差动电感、测微头、差动放大器、信号源、示波器（自备）等仪器设备。

(2) 检测差动式电感传感器输出电压随位移变化而变化的特性。

2. 实训指导

(1) 实训原理：

差动电感应由一只初级线圈和两只次级线圈及一个铁芯组成。铁芯连接被测物体。移动线圈中的铁芯，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的感应电动势发生变化，一只次级线圈的感应电动势增加，另一只次级线圈的感应电动势则减小，将两只次级线圈反向串接（同名端连接）引出差动输出，则输出的变化反映了被测物体的移动量。

(2) 实训步骤：

①差动电感已经根据图 8-1 安装在传感器固定架上。

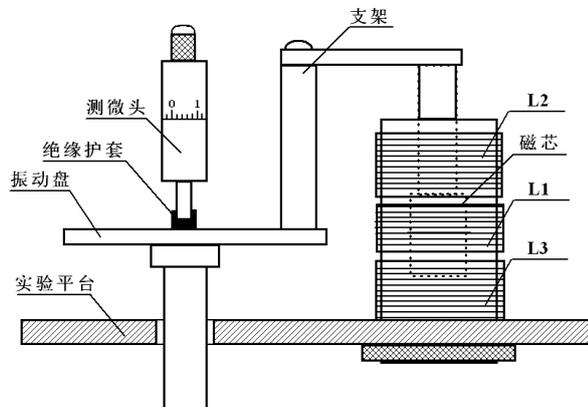


图 8-1 差动变压器安装图

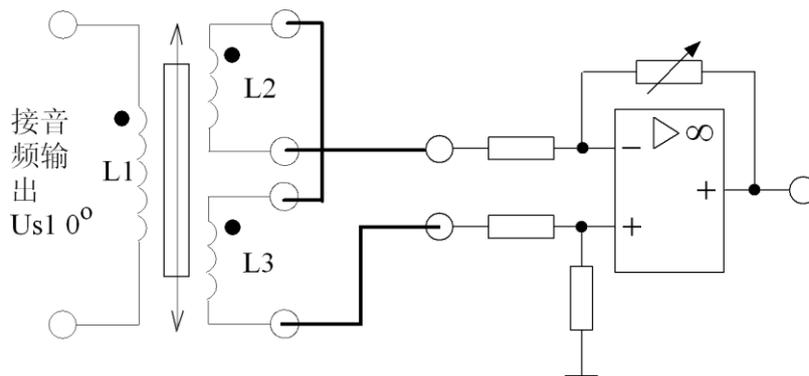


图 8-2 差动电感接线图

②将“信号源”“ $U_{s1} 0^\circ$ ”输出接至 L_1 ，打开“直流电源”开关，调节 U_{s1} 的频率和幅度（用示波器监测），使输出信号频率为 $(4-5)$ kHz，幅度为 $V_{p-p}=2V$ ，按图 8-2 接线。

③将“差动放大器”的增益调到最大（增益调节电位器顺时针旋到底）。

④用示波器观测“差动放大器”的输出，旋动实验台中右侧的千分尺，用示波器观测到的波形峰—峰值 V_{p-p} 为最小，这时可以上下位移，假设向上移动为正位移，向下移动为负，从 V_{p-p} 最小开始旋动测微头，每隔 0.2mm 从示波器上读出输出电压 V_{p-p} 值，填入表 8-1，再从 V_{p-p} 最小处反向位移做实训，在实训过程中，注意上、下位移时，初、次级波形的相位关系。

表 8-1

X(mm)	-0.8	-0.6	-0.4	-0.2	0	0.2	0.4	0.6	0.8
$V_{p-p}(V)$									

⑤实训结束后，关闭实训台电源，整理好实训设备。

三、实训分组安排

根据实训教学需要，将教学班级分成若干个实训小组，每个

小组 2 人，选定小组组长，负责组织各小组按时完成实训任务。

四、实训场地和器材

1. 实训场地：

电工电子实训室（传感器与检测技术实训室）

2. 实训器材：

差动电感、测微头、差动放大器、信号源、示波器（自备）。

五、实训教学过程与学时分配

1. 教师讲解和示范

由授课教师利用 PPT 讲授实训原理与步骤，在讲授时可安排学生现场演示。

学时分配：10 分钟

2. 学生分组实训操作

各小组学生根据实训步骤，现场参与接线与测量，完成实训任务。

学时分配：30 分钟

3. 教师点评。

学时分配：5 分钟

总学时：45 分钟

六、实训作业与成果要求

1. 实训过程中注意差动电感输出的最小值即为差动电感的零点残余电压大小，根据表 8-1 画出 $V_{p-p}-X$ 曲线。分析一下该测试电路的误差来源。

2. 完成书面实训报告。

七、考核方案

学号	姓名	考核方式	评价指标与内容			权重	评分	成绩
			出勤率	训练表现	训练效果			
			1.迟到扣 2 分/次, 旷课扣 10分/次; 2.缺课 1/3 及以上者不计学分	1.学习态度端正; 2.积极思考, 敢于实践, 实操能力强	1.按时提交成果或作品, 符合任务书的要求; 2.能结合实践灵活运用实训效果, 解决实际问题。			
		学生自评				20%		
		学生互评				20%		
		教师评价				60%		

八、注意事项

实训过程中加在差动电感原边的音频信号幅值不能过大, 以免烧毁差动电感传感器。

实训项目九 光纤传感器位移特性测试

一、实训目的

了解反射式光纤位移传感器的外形、原理与应用。

二、任务要求与实训指导

1. 任务要求

(1) 正确使用 Y 型光纤传感器、测微头、反射面、差动放大器、电压放大器、电压温度频率表等仪器设备。

(2) 检测光纤传感器位移特性（输出电压随位移变化而变化的特性）。

2. 实训指导

(1) 实训原理：

反射式光纤位移传感器是一种传输型光纤传感器。其原理如图 9-1 所示，光纤采用 Y 型结构，两束光纤一端合并在一起组成光纤探头，另一端分为两支，分别作为光源光纤和接收光纤。光从光源耦合到光源光纤，通过光纤传输，射向反射面，再被反射到接收光纤，最后由光电转换器接收，转换器接收到的光源与反射体表面的性质及反射体到光纤探头距离有关。当反射表面位置确定后，接收到的反射光光强随光纤探头到反射体的距离的变化而变化。显然，当光纤探头紧贴反射面时，接收器接收到的光强为零。随着光纤探头离反射面距离的增加，接收到的光强逐渐增加，到达最大值点后又随两者的距离增加而减小。反射式光纤位移传感器是一种非接触式测量，具有探头小，响应速度快，测量

线性化（在小位移范围内）等优点，可在小位移范围内进行高速位移检测。

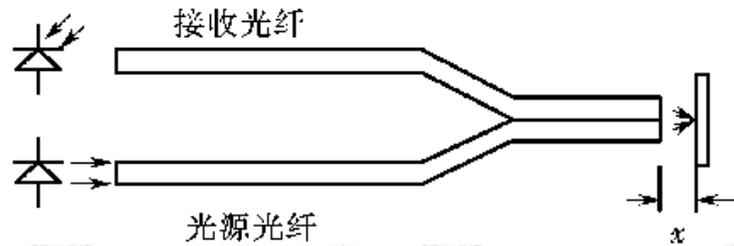


图 9-1 反射式光纤位移传感器原理

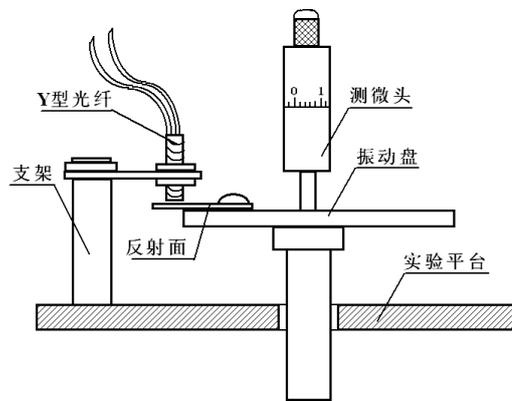


图 9-2 光纤位移传感器安装示意图

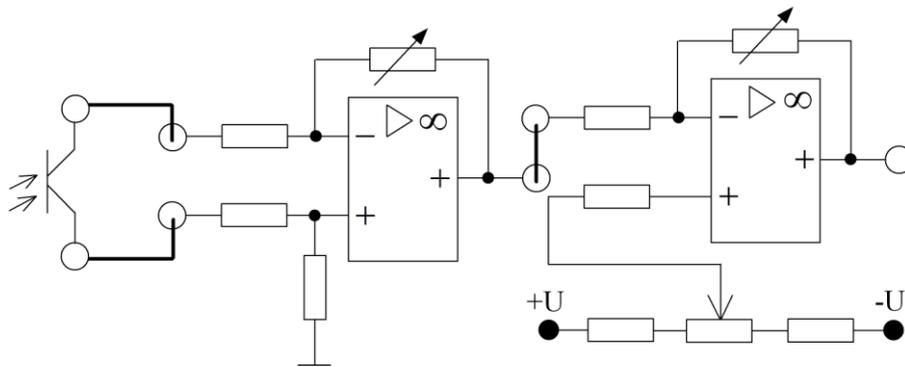


图 9-3 光纤位移传感器接线图

(2) 实训操作步骤：

①将千分尺下移，使其与托盘相接触，光纤传感器的安装如图 9-2 所示，光纤分叉两端插入“光纤插座”中。探头对准不锈

钢反射面。按图 9-3 接线。

②调节光纤传感器的高度，使反射面与光纤探头端面紧密接触，固定光纤传感器。

③将“差动变压器”与“电压放大器”的增益调节电位器调到中间位置。打开直流电源开关。

④将“电压放大器”输出端接到电压温度频率表（选择 U），仔细调节调零电位器使电压温度频率表显示为零。

⑤旋动测微头，使反射面与光纤探头端面距离增大，每隔 0.1mm 读出一组输出电压 U 值，填入下表。

X (mm)	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
U ₀ (V)											

三、实训分组安排

根据实训教学需要，将教学班级分成若干个实训小组，每个小组 2 人，选定小组组长，负责组织各小组按时完成实训任务。

四、实训场地和器材

1. 实训场地：

电工电子实训室（传感器与检测技术实训室）

2. 实训器材：

Y 型光纤传感器、测微头、反射面、差动放大器、电压放大器、电压温度频率表。

五、实训教学过程与学时分配

1. 教师讲解和示范

由授课教师利用 PPT 讲授实训原理与步骤，在讲授时可安排学生现场演示。

学时分配：10 分钟

2. 学生分组实训操作

各小组学生根据实训步骤，现场参与接线与测量，完成实训任务。

学时分配：30 分钟

3. 教师点评。

学时分配：5 分钟

总学时：45 分钟

六、实训作业与成果要求

1. 根据所得的实训数据，做出位移—电压曲线，确定光纤位移传感器大致的线性范围。

2. 试总结在光纤传感器对位移的测量应用中被测物体的约束条件有哪些？

3. 完成书面实训报告。

七、考核方案

学号	姓名	考核方式	评价指标与内容			权重	评分	成绩
			出勤率	训练表现	训练效果			
			1.迟到扣 2 分/次，旷课扣 10分/次； 2.缺课 1/3 及以上者不计学分	1.学习态度端正； 2.积极思考，敢于实践，实操能力强	1.按时提交成果或作品，符合任务书的要求； 2.能结合实践灵活运用实训效果，解决实际问题。			
		学生自评				20%		
		学生互评				20%		
		教师评价				60%		

八、注意事项

1. 实训时，请保持反射面的清洁。
2. 切勿将光纤折成锐角，保护光纤不受损伤。

实训项目十 霍尔传感器位移特性测试

一、实训目的

了解霍尔传感器的外形、原理与应用。

二、任务要求与实训指导

1. 任务要求

(1) 正确使用霍尔传感器、测微头、电桥、差动放大器、电压温度频率表、直流稳压电源（±4V）等仪器设备。

(2) 检测霍尔传感器位移特性（输出电压随位移变化而变化的特性）。

2. 实训指导

(1) 实训原理：

根据霍尔效应，霍尔电势 $U_H = K_H IB$ ，其中 K_H 为霍尔系数，由霍尔材料的物理性质决定，当通过霍尔组件的电流 I 一定，霍尔组件在一个梯度磁场中运动时，就可以用来进行位移测量。

(2) 实训操作步骤：

①将悬臂架上测微头向下移动，使测微头接触托盘。按图 10-1 接线（将直流稳压电源的 GND1 与仪表电路共地），输出 U_o 接电压温度频率表。

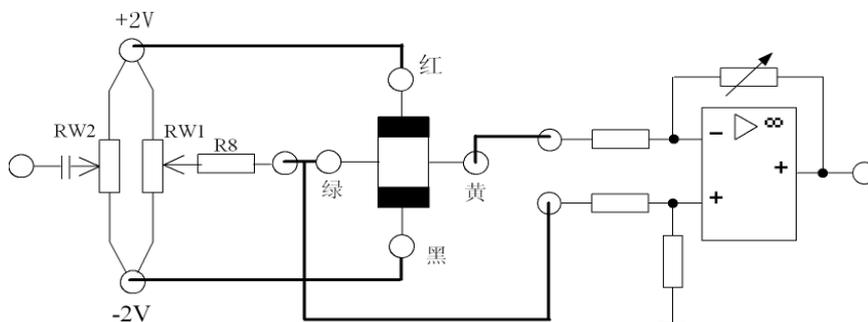


图 10-1 霍尔传感器位移接线图

②将“差动放大器”的增益调节电位器调节至中间位置。

③开启“直流电源”开关，电压温度频率表选择“V”档，

手动调节测微头的位置，先使霍尔片处于磁钢的中间位置（数显表大致为 0），再调节 R_{w1} 使数显表显示为零。

④分别向上、下不同方向旋动测微头，每隔 0.2mm 记下一个读数，直到读数近似不变，将读数填入下表。

X (mm)	1.0	0.8	0.6	0.4	0.2	0	-0.2	-0.4	-0.6	-0.8	-1.0
U(mV)											

三、实训分组安排

根据实训教学需要，将教学班级分成若干个实训小组，每个小组 2 人，选定小组组长，负责组织各小组按时完成实训任务。

四、实训场地和器材

1. 实训场地：

电工电子实训室（传感器与检测技术实训室）

2. 实训器材：

霍尔传感器、测微头、电桥、差动放大器、电压温度频率表、直流稳压电源（ $\pm 4V$ ）。

五、实训教学过程与学时分配

1. 教师讲解和示范

由授课教师利用 PPT 讲授实训原理与步骤，在讲授时可安排学生现场演示。

学时分配：10 分钟

2. 学生分组实训操作

各小组学生根据实训步骤，现场参与接线与测量，完成实训任务。

学时分配：30 分钟

3. 教师点评

学时分配：5 分钟

总学时：45 分钟

六、实训作业与成果要求

1. 根据所得的实训数据，做出电压一位移曲线。
2. 完成书面实训报告。

七、考核方案

学号	姓名	考核方式	评价指标与内容			权重	评分	成绩
			出勤率	训练表现	训练效果			
			1.迟到扣 2 分/次，旷课扣 10分/次； 2.缺课 1/3 及以上者不计学分	1.学习态度端正； 2.积极思考，敢于实践，实操能力强	1.按时提交成果或作品，符合任务书的要求； 2.能结合实践灵活运用实训效果，解决实际问题。			
		学生自评				20%		
		学生互评				20%		
		教师评价				60%		

八、注意事项

实训项目十一 电涡流传感器位移特性测试

一、实训目的

了解电涡流传感器外形及测量位移的工作原理和特性。

二、任务要求与实训指导

1. 任务要求

(1) 正确使用电涡流传感器、不锈钢反射面、涡流变换器、测微头、电压温度频率表等仪器设备。

(2) 检测电涡流传感器位移特性（输出电压随位移变化而变化的特性）。

2. 实训指导

(1) 实训原理：

通过高频电流的线圈产生磁场（高频电流产生电路可参照图 11-1），当有导电体接近时，因导电体涡流效应产生涡流损耗，从而使线圈两端电压发生变化。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。

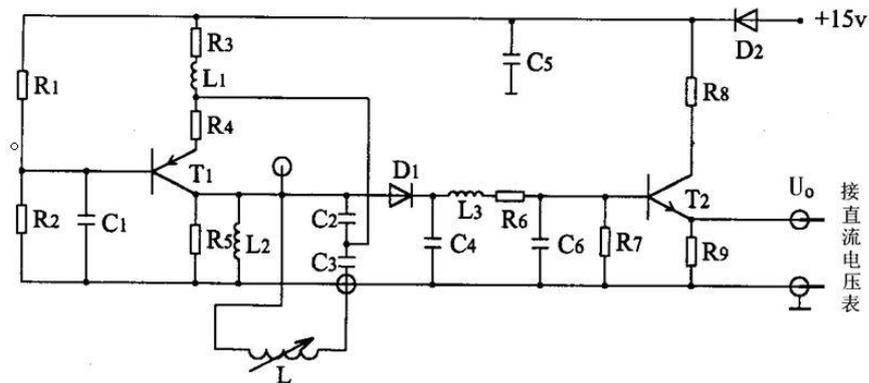


图 11-1 涡流变换器原理图

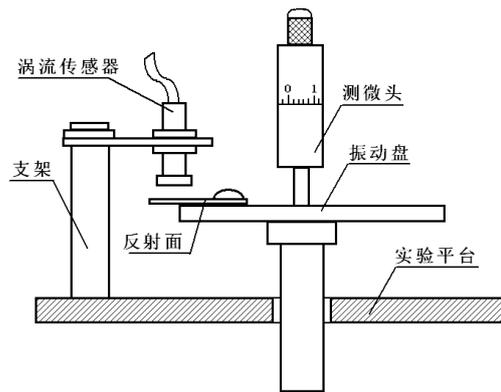


图 11-2 电涡流传感器安装示意图

(2) 实训操作步骤:

- ①按图 11-2 安装电涡流传感器。
- ②将千分尺下移，使其与托盘接触，电涡流传感器移至不锈钢反射面上方与其平贴，并将锁紧螺母锁紧。

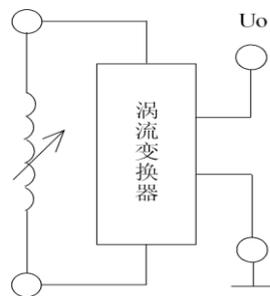


图 11-3 电涡流传感器接线图

- ③按图 11-3，将面板上电涡流传感器连接到“涡流变换器”上标有“”的两端，涡流变换器输出端接电压温度频率表（选择 U）。

- ④打开实训台“直流电源”开关，记下电压表读数，调节千分尺使其向下移动，然后每隔 0.2mm 读一个数，直到输出几乎不变为止。将结果列入下表。

X (mm)	0	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0
$U_0(V)$											

三、实训分组安排

根据实训教学需要，将教学班级分成若干个实训小组，每个小组 2 人，选定小组组长，负责组织各小组按时完成实训任务。

四、实训场地和器材

1. 实训场地：

电工电子实训室（传感器与检测技术实训室）

2. 实训器材：

电涡流传感器、不锈钢反射面、涡流变换器、测微头、电压
温度频率表。

五、实训教学过程与学时分配

1. 教师讲解和示范

由授课教师利用 PPT 讲授实训原理与步骤，在讲授时可安排学生现场演示。

学时分配：10 分钟

2. 学生分组实训操作

各小组学生根据实训步骤，现场参与接线与测量，完成实训任务。

学时分配：30 分钟

3. 教师点评

学时分配：5 分钟

总学时：45 分钟

六、实训作业与成果要求

1. 根据所得的实训数据，做出电压一位移曲线。
2. 完成书面实训报告。

七、考核方案

学号	姓名	考核方式	评价指标与内容			权重	评分	成绩
			出勤率	训练表现	训练效果			
			1.迟到扣 2 分/次，旷课扣 10分/次； 2.缺课 1/3 及以上者不计学分	1.学习态度端正； 2.积极思考，敢于实践，实操能力强	1.按时提交成果或作品，符合任务书的要求； 2.能结合实践灵活运用实训效果，解决实际问题。			
学生自评				20%				
学生互评				20%				
教师评价				60%				

八、注意事项

实训项目十二 光电转速传感器转速测量

一、实训目的

了解光电转速传感器外形及测量转速的原理及方法。

二、任务要求与实训指导

1. 任务要求

(1) 正确使用转动源、反射式光电传感器、直流稳压电源(2~20V)、电压温度频率表、示波器等仪器设备。

(2) 检测光电传感器电压-频率(速度)特性(输出电压随速度变化而变化的特性)。

2. 实训指导

(1) 实训原理:

光电式转速传感器有反射型和透射型二种,本实验装置是反射型的,传感器端有发光管和接收管,发光管发出的光被转盘上的圆孔透过,并转换成电信号。由于转盘上有1个透射孔,转动时将获得与转速有关的脉冲,用示波器观察频率即可得到转速值。

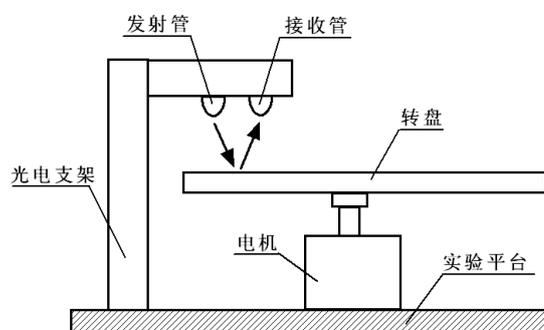


图 12-1 光电测转速安装示意图

(2) 实训操作步骤:

①如图 12-1 所示, 光电传感器已经安装在转动源上, 将直流稳压电源“U+”“U-”调至 $\pm 4V$ 并对应接至“转动源”的“+”“-”端。将“光电”传感器接至电压温度频率表(选择 F)输入。

②打开“直流电源”开关, 调节直流稳压电源, 用不同的电压驱动转动源, 待转速稳定后记录相应的转速, 填入下表。

驱动电压 V(V)	$\pm 4V$	$\pm 6V$	$\pm 8V$	$\pm 10V$
频率 (Hz)				

三、实训分组安排

根据实训教学需要, 将教学班级分成若干个实训小组, 每个小组 2 人, 选定小组组长, 负责组织各小组按时完成实训任务。

四、实训场地和器材

1. 实训场地:

电工电子实训室(传感器与检测技术实训室)

2. 实训器材:

转动源、反射式光电传感器、直流稳压电源($2\sim 20V$)、电压温度频率表、示波器。

五、实训教学过程与学时分配

1. 教师讲解和示范

由授课教师利用 PPT 讲授实训原理与步骤, 在讲授时可安排学生现场演示。

学时分配：10 分钟

2. 学生分组实训操作

各小组学生根据实训步骤，现场参与接线与测量，完成实训任务。

学时分配：30 分钟

3. 教师点评

学时分配：5 分钟

总学时：45 分钟

六、实训作业与成果要求

1. 根据所得的实训数据，做出电压—频率（速度）曲线。
2. 完成书面实训报告。

七、考核方案

学号	姓名	考核方式	评价指标与内容			权重	评分	成绩
			出勤率	训练表现	训练效果			
		1.迟到扣 2 分/次，旷课扣 10分/次； 2.缺课 1/3 及以上者不计学分	1.学习态度端正； 2.积极思考，敢于实践，实操能力强	1.按时提交成果或作品，符合任务书的要求； 2.能结合实践灵活运用实训效果，解决实际问题。				
		学生自评				20%		
		学生互评				20%		
		教师评价				60%		

八、注意事项

实训项目十三 电容式传感器位移特性测试

一、实训目的

了解电容传感器的结构、特点及应用。

二、任务要求与实训指导

1. 任务要求

(1) 正确使用电容传感器、电容变换器、测微头、电压温度频率表等仪器设备。

(2) 检测电容传感器电压-位移特性（输出电压随位移变化而变化的特性）。

2. 实训指导

(1) 实训原理：

电容式传感器是指能将被测物理量的变化转换为电容量变化的一种传感器它实质上是具有一个可变参数的电容器。利用平板电容器原理：
$$C = \frac{\epsilon S}{d} = \frac{\epsilon_0 \cdot \epsilon_r \cdot S}{d}$$

式中，S 为极板面积，d 为极板间距离， ϵ_0 为真空介电常数， ϵ_r 为介质相对介电常数，由此可以看出当被测物理量使 S、d 或 ϵ_r 发生变化时，电容量 C 随之发生改变，如果保持其中两个参数不变而仅改变另一参数，就可以将该参数的变化单值地转换为电容量的变化。所以电容传感器可以分为三种类型：改变极

间距离的变间隙式，改变极板面积的变面积式和改变介电常数的变介电常数式。这里采用变面积式，如图 13-1，两只平板电容器共享一个下极板，当下极板随被测物体移动时，两只电容器上下极板的有效面积一只增大，一只减小，将三个极板用导线

引出，形成差动电容输出。通过处理电路将电容的变化转换成电压变化，进行测量。

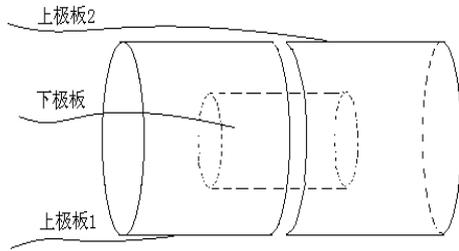


图 13-1 电容传感器内部结构示意图

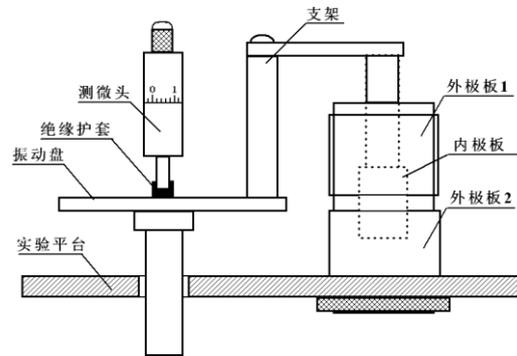


图 13-2 电容传感器安装示意图

(2) 实训操作步骤：

①电容传感器已经按图 13-2 安装在实训台。

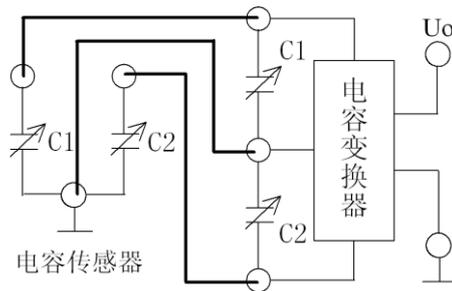


图 13-3 电容传感器接线图

②将底面板上“电容传感器”与“电容变换器”相连（如图 13-3 所示），“电容变换器”的输出接到电压温度频率表（选择 U）。（注：此处应选用三根相同长度的实验导线，而且越短越好。）

③打开“直流电源”开关。调节“电容变换器”的增益调节电位器到中间位置，调节螺旋测微器使得电压温度频率表显示为 0。（增益调节电位器确定后不能改动）

④调节螺旋测微器推进电容传感器的中间极板（内极板）

上下移动，每隔 0.2mm 将位移值与电压温度频率表的读数填入下表。

X(mm)	-0.8	-0.6	-0.4	-0.2	0	0.2	0.4	0.6	0.8
U (V)									

三、实训分组安排

根据实训教学需要，将教学班级分成若干个实训小组，每个小组 2 人，选定小组组长，负责组织各小组按时完成实训任务。

四、实训场地和器材

1. 实训场地：

电工电子实训室（传感器与检测技术实训室）

2. 实训器材：

电容传感器、电容变换器、测微头、电压温度频率表。

五、实训教学过程与学时分配

1. 教师讲解和示范

由授课教师利用 PPT 讲授实训原理与步骤，在讲授时可安排学生现场演示。

学时分配：10 分钟

2. 学生分组实训操作

各小组学生根据实训步骤，现场参与接线与测量，完成实训任务。

学时分配：30 分钟

3. 教师点评

学时分配：5 分钟

总学时：45 分钟

六、实训作业与成果要求

1. 根据所得的实训数据，做出电压一位移曲线。
2. 完成书面实训报告。

七、考核方案

学号	姓名	考核方式	评价指标与内容			权重	评分	成绩
			出勤率	训练表现	训练效果			
			1.迟到扣 2 分/次，旷课扣 10分/次； 2.缺课 1/3 及以上者不计学分	1.学习态度端正； 2.积极思考，敢于实践，实操能力强	1.按时提交成果或作品，符合任务书的要求； 2.能结合实践灵活运用实训效果，解决实际问题。			
学生自评				20%				
学生互评				20%				
教师评价				60%				

八、注意事项

实训项目十四 电容传感器动态特性测试

一、实训目的

了解电容传感器的动态性能的测量原理与方法。

二、任务要求与实训指导

1. 任务要求

(1) 正确使用电容传感器、电容变换器、低通滤波器、信号源、示波器、电压温度频率表、振动源等仪器设备。

(2) 检测电容传感器电压-频率特性（输出电压随振动频率变化而变化的特性）。

2. 实训指导

(1) 实训原理：

与电容传感器位移特性实训原理相同。

(2) 实训操作步骤：

①将悬臂架上的千分尺升高使其远离托盘，将底面板电容传感器对应接入电容变换器中（注：选用三根相同长度的实验导线）。将“电容变换器”的输出端接“低通滤波器”的输入端，“低通滤波器”输出端接示波器。电容变换器的“增益调节”电位器调到最大位置（顺时针旋到底）。

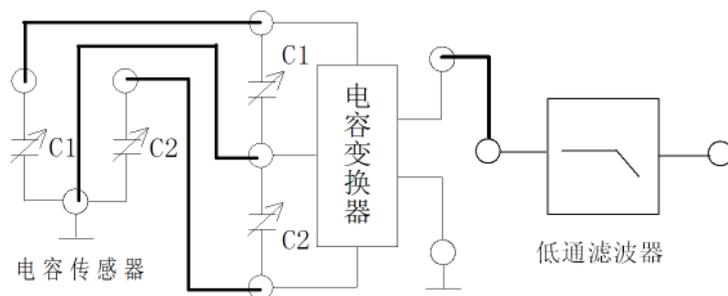


图 14-1 电容传感器动态实验接线图

②打开实训台电源，将信号源 U_{s2} 接到“振动源 1”。信号源 U_{s2} 输出信号频率调节为“10-15Hz”之间，振动幅度调到最大。

③用电压温度频率表（选择“F”）监测 U_{s2} 的频率。

④调节信号源改变输出频率，用示波器测出“低通滤波器”输出波形的峰-峰值。填入下表。

振动频率(Hz)	10	10.5	11.0	11.5	12.0	12.5	13.0	13.5	14.0
$V_{p-p}(mV)$									

三、实训分组安排

根据实训教学需要，将教学班级分成若干个实训小组，每个小组 2 人，选定小组组长，负责组织各小组按时完成实训任务。

四、实训场地和器材

1. 实训场地：

电工电子实训室（传感器与检测技术实训室）

2. 实训器材：

电容传感器、电容变换器、低通滤波器、信号源、示波器、电压温度频率表、振动源。

五、实训教学过程与学时分配

1. 教师讲解和示范

由授课教师利用 PPT 讲授实训原理与步骤，在讲授时可安排学生现场演示。

学时分配：10 分钟

2. 学生分组实训操作

各小组学生根据实训步骤，现场参与接线与测量，完成实训任务。

学时分配：30 分钟

3. 教师点评

学时分配：5 分钟

总学时：45 分钟

六、实训作业与成果要求

1. 根据所得的实训数据，做出电压—频率曲线，找出振动源的固有频率。
2. 完成书面实训报告。

七、考核方案

学号	姓名	考核方式	评价指标与内容			权重	评分	成绩
			出勤率	训练表现	训练效果			
			1.迟到扣 2 分/次，旷课扣 10分/次； 2.缺课 1/3 及以上者不计学分	1.学习态度端正； 2.积极思考，敢于实践，实操能力强	1.按时提交成果或作品，符合任务书的要求； 2.能结合实践灵活运用实训效果，解决实际问题。			
学生自评				20%				
学生互评				20%				
教师评价				60%				

八、注意事项

实训项目十五 气敏（酒精）传感器实训测试

一、实训目的

了解气敏传感器的外形、原理及应用。

二、任务要求与实训指导

1. 任务要求

(1) 正确使用直流稳压电源（2~20V）、气敏传感器、电桥、电压温度频率表等仪器设备。

(2) 用气敏传感器对酒精进行检测。

2. 实训指导

(1) 实训原理：

本实训所采用的 SnO₂（氧化锡）半导体气敏传感器属电阻型气敏元件；它是利用气体在半导体表面的氧化和还原反应导致敏感元件阻值变化。如果使传感器的温度保持在 400℃ 的高温，在清洁的空气中，氧化锡的表面吸附氧，由于氧具有电子亲和力，自由电子被俘获，在粒界间形成势垒，其结果使得传感器的电阻值增加了；当有酒精气体进入传感器时，酒精气体与处于吸附状态的氧发生反应，使得吸附的氧减少，其结果造成势垒高度的降低，电子的移动变得容易，传感器的电阻值减小。

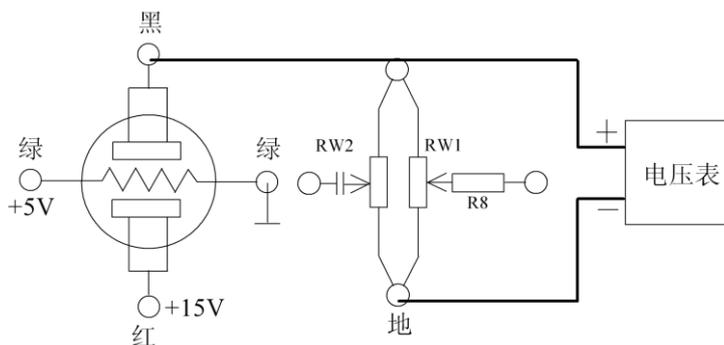


图 15-1 酒精传感器接线图

(2) 实训操作步骤:

①将气敏传感器按图 20-1 接线,两绿色接线端接 5V 电压加热(将 2~20V 可调直流稳压电源输出调为 5V),红色接线端接+15V 电压、黑色接线端接 Rw2 左端, Rw2 两端接电压温度频率表(选择 U)。

②打开实验台“直流电源”开关,预热 3 分钟。

③用浸透酒精的小棉球,靠近传感器,并吹 2 次气,使酒精挥发进入传感器金属网内,观察电压温度频率表读数变化。

三、实训分组安排

根据实训教学需要,将教学班级分成若干个实训小组,每个小组 2 人,选定小组组长,负责组织各小组按时完成实训任务。

四、实训场地和器材

1. 实训场地:

电工电子实训室(传感器与检测技术实训室)

2. 实训器材:

直流稳压电源(2~20V)、气敏传感器、酒精(自备)、棉球(自备)、电桥、电压温度频率表。

五、实训教学过程与学时分配

1. 教师讲解和示范

由授课教师利用 PPT 讲授实训原理与步骤,在讲授时可安排学生现场演示。

学时分配: 10 分钟

2. 学生分组实训操作

各小组学生根据实训步骤,现场参与接线与测量,完成实训

任务。

学时分配：30 分钟

3. 教师点评

学时分配：5 分钟

总学时：45 分钟

六、实训作业与成果要求

课外查找资料，利用气敏传感器设计一种简单的酒精浓度报警电路。

七、考核方案

学号	姓名	考核方式	评价指标与内容			权重	评分	成绩
			出勤率	训练表现	训练效果			
			1.迟到扣 2 分/次，旷课扣 10分/次； 2.缺课 1/3 及以上者不计学分	1.学习态度端正； 2.积极思考，敢于实践，实操能力强	1.按时提交成果或作品，符合任务书的要求； 2.能结合实践灵活运用实训效果，解决实际问题。			
	学生自评				20%			
	学生互评				20%			
	教师评价				60%			

八、注意事项

实训项目十六 湿敏传感器实训测试

一、实训目的

了解湿敏传感器的外形、原理及应用。

二、任务要求与实训指导

1. 任务要求

(1) 正确使用湿敏传感器、示波器、电桥、信号源等仪器设备。

(2) 用湿敏传感器对空气湿度进行检测。

2. 实训指导

(1) 实训原理：

湿度是指大气中水份的含量，通常采用绝对湿度和相对湿度两种方法表示，湿度是指单位体积中所含水蒸汽的含量或浓度，用符号 AH 表示，相对湿度是指被测气体中的水蒸汽压和该气体在相同温度下饱和水蒸汽压的百分比，用符号 %RH 表示。湿度给出大气的潮湿程度，因此它是一个无量纲的值。实验使用中多用相对湿度概念。湿敏传感器种类较多，根据水分子易于吸附在固体表面渗透到固体内部的这种特性（称水分子亲和力），湿敏传感器可以分为水分子亲和力型和非水分子亲和力型，本实验所采用的属水分子亲和力型中的高分子材料湿敏元件。高分子电阻式湿敏元件是利用元件的电阻值随湿度变化的原理。具有感湿功能的高分子聚合物，做成薄膜，来感觉空气湿度的变化。

(2) 实训操作步骤

①湿敏传感器内部元件如图 16-1 所示，应用电路如图 16-2 所示，将“信号源” U_{s1} 输出信号调节为 $f=1\text{kHz}$ ， $V_{p-p}=2\text{V}$ 接入湿敏传感器 R_x 与电位器 R_{W1} 两端，GND2 接 R_{W2} 右端用示波器观察 R_{W1} 两端的波形峰峰值。

②将湿棉球靠近湿敏传感器或用嘴对湿敏传感器轻吹一口气，观察此时示波器上显示的波形峰峰值的变化。

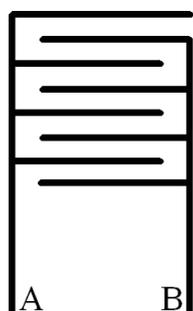


图 16-1 湿敏传感器内部结构

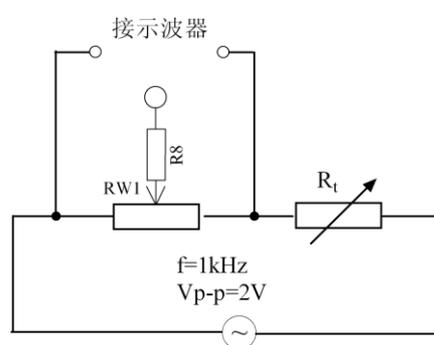


图 16-2 湿敏传感器接线图

三、实训分组安排

根据实训教学需要，将教学班级分成若干个实训小组，每个小组 2 人，选定小组组长，负责组织各小组按时完成实训任务。

四、实训场地和器材

1. 实训场地：

电工电子实训室（传感器与检测技术实训室）

2. 实训器材：

湿敏传感器、示波器、棉球（自备）、水（自备）、电桥、信号源。

五、实训教学过程与学时分配

1. 教师讲解和示范

由授课教师利用 PPT 讲授实训原理与步骤，在讲授时可安排学生现场演示。

学时分配：10 分钟

2. 学生分组实训操作

各小组学生根据实训步骤，现场参与接线与测量，完成实训任务。

学时分配：30 分钟

3. 教师点评

学时分配：5 分钟

总学时：45 分钟

六、实训作业与成果要求

课外查找资料，利用湿敏传感器设计一种简单的抽湿机控制方案。

七、考核方案

学号	姓名	考核方式	评价指标与内容			权重	评分	成绩
			出勤率	训练表现	训练效果			
			1.迟到扣 2 分/次，旷课扣 10分/次； 2.缺课 1/3 及以上者不计学分	1.学习态度端正； 2.积极思考，敢于实践，实操能力强	1.按时提交成果或作品，符合任务书的要求； 2.能结合实践灵活运用实训效果，解决实际问题。			
		学生自评				20%		
		学生互评				20%		
		教师评价				60%		

八、注意事项