

传感器与检测技术 实验指导书

李宁 杨霞 编

长安大学电控学院
自动化与交通控制工程实验教学中心

2009年6月

目 录

使 用 说 明	1
实验一 电阻应变式传感器位移测量、温度补偿和性能比较	5
实验二 差动变压器的标定和振动测量	1
实验三 热电式传感器——热电偶	2

使用说明

CSY 系列(CSY.CSY10.CSY10A.CSY10B)传感器系统实验仪是用于检测仪表类课程教学实验的多功能教学仪器。其特点是集被测体、各种传感器、信号激励源、处理电路和显示器于一体,可以组成一个完整的测试系统。通过实验指导书所提供的数十种实验举例,能完成包含光、磁、电、温度、位移、振动、转速等内容的测试实验。通过这些实验,实验者可对各种不同的传感器及测量电路原理和组成有直观的感性认识,并可在本仪器上举一反三开发出新的实验内容。

实验仪主要由实验工作台、处理电路、信号与显示电路三部分组成。各款实验仪的传感器配置及布局是:(具体布局详见各款仪器工作台布局图)

一、位于仪器顶部的实验工作台部分,

左边前方是一副平行式悬臂梁,上梁的上表面装有应变式、热敏式、P-N 结温度式、热电式和压电加速度五种传感器。平行梁上梁的上表面和下梁的下表面对应地贴有半导体应变片,灵敏系数 130。受力工作片分别用符号 \updownarrow 和 \downarrow 表示。

左边后方是一个双孔悬臂梁称重传感器:称重范围 0~500g,精度 1%。双孔称重传感器上下两面圆孔薄臂处贴有四片金属箔式应变片,用符号 \updownarrow 和 \downarrow 表示。中间厚臂处上下两片为温度补偿片,用符号 \leftrightarrow 和 \rightarrow 表示。

两种应变计实验线路与实验指导书中箔式应变计和半导体应变计的接线方法一致,可以分别进行单臂、半桥和全桥的交、直流信号激励实验。位移和称重实验均可采用在承重圆盘上增减砝码的办法。

为进行温度实验,左边悬臂梁之间装有电加热器一组,加热电源取自 15V 直流电源,打开加热开关即能加热,加热器开关向上打开时可给平行悬臂梁上布局的温度传感器和半导体应变计加热,向下扳动时则给双孔称重传感器加热,工作时能获得高于温度 30℃左右的升温,达到热平衡的时间随环境温度高低而不同。

实验工作台右边是由装于机内的另一副平行梁带动的圆盘式工作台。圆盘周围一圈安装有(依逆时针方向)电感式(差动变压器)、电容式、磁电式、霍尔式、电涡流式、压阻式等传感器。测微头(振动平台测微仪)装在右边的支架上。

两副平行式悬臂梁顶端均装有置于激振线圈内的永久磁钢,右边圆盘式工作台由“激振 I”带动,左边平行式悬臂梁由“激振 II”带动。

以上传感器以及加热器、激振线圈的引线端均位于仪器下部面板最上端一排。

二、信号及仪表显示部分:位于仪器上部面板

直流稳压电源:±15V,提供仪器电路工作电源和温度实验时的加热电源,最大输出 1.5A。±2V~±10V,档距 2V,分五档输出,提供直流信号源,最大输出电流 1.5A。

电机控制及加热器:测速电机所用的是直流稳压电源 2~10V 的负电源,电机不用时开关应置于“关”的位置,否则负电源会没有输出。加热器选择开关平时置中。

数字式电压/频率表： $3\frac{1}{2}$ 位显示，分 2V、20V、2KHz、20KHz 四档，灵敏度 $\geq 50\text{mV}$ ，频率显示 5Hz~20KHz。

数字式温度计：K 分度热电偶测温，精度 $\pm 1^\circ\text{C}$ 。

音频振荡器：0.4KHz~10KHz 输出连续可调， V_{p-p} 值 20V， 180° 、 0° 为反相输出， L_v 端最大功率输出 1.5A。

低频振荡器：1~30Hz 输出连续可调， V_{p-p} 值 20V，最大输出电流 1.5A， V_i 端插口可提供用作电流放大器。“转换”开关扳向“ V_i ”时，“低频振荡器”中的功放电路可作电流放大器之用，外接信号输入端为“ V_i ”，输出为“ V_o ”。转换开关平时请倒向左边。

三、处理电路：位于仪器下部面板

电桥：用于组成应变电桥，面板上虚线所示电阻为虚设，仅为组桥提供插座。 R_1 、 R_2 、 R_3 为 350Ω 标准电阻， W_D 为直流调节电位器， W_A 为交流调节电位器。

差动放大器：增益可调直流放大器，可接成同相、反相、差动结构，增益 1-100 倍。

光电变换器：提供光纤传感器红外发射、接收、稳幅、变换，输出模拟信号电压与频率变换方波信号。四芯航空插座上装有光电转换装置和两根多模光纤（一根接收，一根发射）组成的光强型光纤传感器。

电容变换器：由高频振荡、放大和双 T 电桥组成。

移相器：允许输入电压 $20V_{p-p}$ ，移相范围 $\pm 40^\circ$ （随频率不同有所变化）。

相敏检波器：集成运放极性反转电路构成，所需最小参考电压 $0.5V_{p-p}$ ，允许最大输入电压 $\leq 20V_{p-p}$ 。

电荷放大器：电容反馈式放大器，用于放大压电加速度传感器输出的电荷信号。

电压放大器：增益 5 倍的高阻放大器。

涡流变换器：变频式调幅变换电路，传感器线圈是三点式振荡电路中的一个元件。

温度变换器（信号变换器）：根据输入端热敏电阻值、光敏电阻及 P-N 结温度传感器信号变化输出电压信号相应变化的变换电路。

低通滤波器：由 50Hz 陷波器和 RC 滤波器组成，转折频率 35Hz 左右。

使用仪器时打开电源开关，检查交、直流信号源及显示仪表是否正常。**仪器下部面板左下角处的开关控制处理电路的工作电源，进行实验时请勿关掉。**

请用户注意，本仪器是实验性仪器，各电路完成的实验主要目的是对各传感器测试电路做定性的验证，而非工程应用型的传感器定量测试。

仪器带微机接口和实验软件的，数据采集卡已装入仪器中，其中 A/D 转换是 12 位转换器，无漏码最大分辨率 1/2048（即 0.05%），在此范围内的电压值可视为容许误差。所以建议在做小信号实验（如应变电桥单臂实验）时选用合适的量程（如 200mv），以正确选取信号，减小误差。仪器后部的 RS232 接口请接计算机串行口工作。所接串口须与实验软件设置一致，否则计算机将收不到信号。

实验时请非常注意实验指导书中实验内容后的“注意事项”，要在确认接线无误的情况下开启电源，尽量避免电源短路情况的发生，加热时“15V”电源不能直接接入应变片、热敏电阻和热电偶。实验工作台上各传感器部分如相对位置不太正确可松动调节螺丝稍作调整，原则上以按下振动梁松手，周边各部分能随梁上下振动而无碰擦为宜。

附件中的称重平台是在实验工作台左边的悬臂梁旁的测微头取开后装于顶端的永久磁钢上方，铜质砝码做称重实验之用。实验开始前请检查实验连接线是否完好，以保证实验顺利进行。

本实验仪需防尘，以保证实验接触良好，仪器正常工作温度-10℃~40℃。

实验一 电阻应变式传感器位移测量、温度补偿和性能比较

一、实验目的：

- 1、观察了解箔式应变片的结构及粘贴方式。
- 2、在单臂情况下，利用箔式应变片测试应变梁变形的应变输出。
- 3、说明温度变化对应变测试系统的影响。
- 4、由于温度变化引入了测量误差，因此实用测试电路中必须进行温度补偿。
- 5、说明半导体应变计的灵敏度和温度效应。
- 6、通过实验比较两种应变电路的灵敏度与温度特性。
- 7、微机检测与转换课程中，数据采集和分析处理是最重要的两部分，通过实验仪用 A/D 采集卡和实验软件对传感器测试系统测量到的电信号进行分析处理，可以得到这方面的初步知识。

二、实验原理：

1、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，当测件受力发生形变，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。

2、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， $\varepsilon R = \frac{\Delta R}{R}$ ；当二个应变片组成差动状态工作，

则有 $\varepsilon R = \frac{2\Delta R}{R}$ ；用四个应变片组成二个差动对工作，且 $R_1=R_2=R_3=R_4=R$ ， $\varepsilon R = \frac{4\Delta R}{R}$ 。

3、温度变化引起应变片阻值发生变化的原因是应变片电阻丝的温度系数及电阻丝与测试中的膨胀系数不同。由此引起测试系统输出电压发生变化。

4、用补偿片法是应变电桥温度补偿方法中的一种，如图 1 所示。在电桥中， R_1 为工作片， R_2 为补偿片， $R_1=R_2$ 。当温度变化时两应变片的电阻变化 ΔR_1 与 ΔR_2 符号相同，数量相等，桥路如原来是平衡的，则温度变化后 $R_1R_4=R_2R_3$ ，电桥仍满足平衡条件，无漂移电压输出，由于补偿片所贴位置与工作片成 90° ，所以只感受温度变化，而不感受悬臂梁的应变。

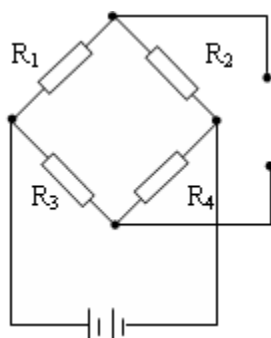


图 1

5、由于材料的阻值 $R = \rho \frac{l}{s}$ ，则 $\frac{dR}{R} = \frac{d\rho}{\rho} + \frac{dl}{l} - \frac{ds}{s} = \frac{d\rho}{\rho} + \frac{dl}{l}(1+2\mu)$ ，当应变 $\varepsilon = \frac{\Delta l}{l}$ ，灵敏度 $K = \frac{\Delta R/R}{\varepsilon} = (1+2\mu) + \frac{\Delta\rho/\rho}{\varepsilon}$ ；对于箔式应变片， $K_{\text{箔}} \approx 1+2\mu$ ，主要是由形变引起。对

于半导体应变计, $K_{\#} \approx (\Delta \rho / \rho) / \varepsilon$, 主要由电阻率变化引起。由于半导体材料的“压阻效应”特别明显, 可以反映出很微小的形变, 所以 $K_{\#}$ 要大于 $K_{\#}$, 约为 50~80 倍, 但是受温度影响大。

三、实验所需部件:

直流稳压电源 ($\pm 4V$ 档)、电桥、差动放大器、箔式应变片、半导体应变片、测微头、(或双孔悬臂梁、称重砝码)、电压表、加热器、温度计 (可用仪器中的 P-N 结温度传感器或热电偶作测温参考), 微型计算机、打印机。

将计算机与仪器的串行口 RS232 连接进行通讯。启动 CSY10B 传感器系统实验仪的数据采集软件 (实验前, 实验软件已经安装成功, 快捷方式放与桌面上)。在“参数设置”界面中。选择电压量程为 1V 或 10V, 采集模式选为单次; 输入实验者姓名、班级和实验项目名称, 否则实验结果将不被承认; 其它设置为默认。在“系统设置”界面中, 将计算机与仪器的串行口 RS232 连接进行通讯, 设置串口为: 波特率 2400, 1 位停止位, 无奇偶校验; 其它设置为默认。以保证数据采集的正确进行。

在电阻应变式传感器位移测量数据采集实验中, 只针对箔式应变片和半导体应变片单臂电桥采集数据, 每放置一个砝码, 点击一次“单次采集”按钮, 单次采每次最多采 100 个点在坐标上显示, 直到实验结束, 坐标上最多可同时容纳四条曲线 (对于其它数据采集实验, 根据实际需要, 在“参数设置”界面中选择采集模式选为连续或单次, 点击“连续采集”或“单次采集”按钮进入数据采集, 直到实验结束)。

四、实验内容:

1. 箔式应变片性能——单臂电桥
2. 箔式应变片的温度效应
3. 箔式应变电路的温度补偿
4. 半导体应变计性能
5. 箔式应变片与半导体应变片性能比较

五、实验步骤:

1、调零。开启仪器电源, 差动放大器增益置为 100 倍 (顺时针方向旋到底), “+、-”输入端用实验线对地短路。输出端接数字电压表 (档位 2V), 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。调零后电位器位置不要变化。

2、按图 2 将实验部件用实验线连接成测试桥路。桥路中 R_1 、 R_2 、 R_3 、和 W_D 为电桥中的固定电阻和直流调平衡电位器, R 为金属箔式应变片 (可任选上、下梁中的一片工作片)。直流激励电源为 $\pm 4V$ 。

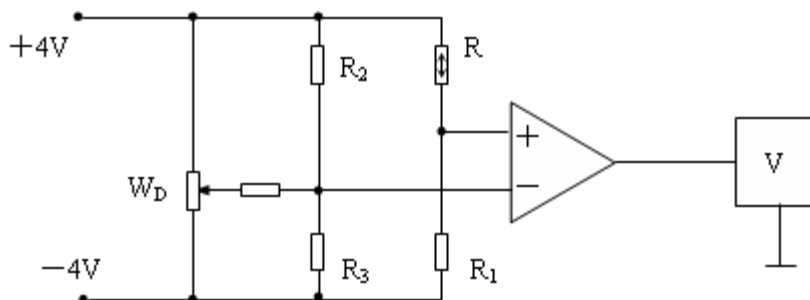


图 2

3、确认接线无误后，开启 CSY10B 传感器系统实验仪的电源，并预热数分钟。调整电桥 W_D 电位器，使测试系统输出为零。

4、放置砝码，带动称重台向下运动，以称重台水平状态下电路输出电压为零为起点，每放置一个砝码，记录一个差动放大器输出电压值，并记录于表 1 中。同时，启动 CSY10B 传感器系统实验仪的数据采集软件，设置参数为采样模式为单次，采样间隔为重量 10g，量程选择为 200mV 或 1V，记录箔式应变片性能曲线 1。

5、根据表 1 中所测数据计算灵敏度 S ， $S = \Delta V / \Delta X$ 。

6、不变动差动放大器增益和调零电位器，开启称重台箔式应变片的“加热”电源，放置砝码，带动称重台向下运动，以称重台水平状态下电路输出电压为零为起点，每 20 秒放置一个砝码，记录一个差动放大器输出电压值，并记录于表 2 中，同时记录箔式应变片的温度效应曲线 2。

7、根据表 2 中所测数据计算灵敏度 S ， $S = \Delta V / \Delta X$ 。观察测试系统输出电压随温度升高而发生的变化。

8、按图 3 接好线路，图 3 中 R' 和 R'' 分别为箔式工作片和补偿片。

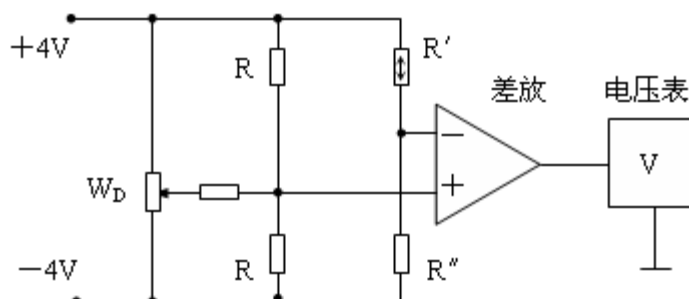


图 3

9、重复步骤 6—7，测出接入补偿片后系统的温度漂移，并记录于表 3 中，与表 2 的结果进行比较。同时记录箔式应变电路的温度补偿曲线 3

10、根据表 3 中所测数据计算灵敏度 S ， $S = \Delta V / \Delta X$ 。观察温度补偿后测试系统输出电压随温度升高而发生的变化。

11、按图 4 接线，电源电压 $\pm 2V$ ，为 R' 是半导体应变计，另一臂电阻是电桥上固定电阻。开启 CSY10B 传感器系统实验仪的电源后预热数分钟。

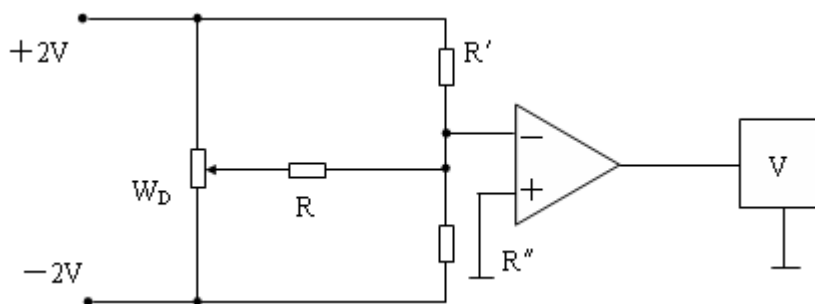


图 4

12、放置砝码，带动悬臂梁向下运动，以悬臂梁水平状态下电路输出电压为零为起点，每放置一个砝码，记录一个差动放大器输出电压值（电压档为 20V），并记录于表 4 中。同时，启动 CSY10B 传感器系统实验仪的数据采集软件，设置参数为采样模式为单次，采样间隔为重量 10g，量程选择为 10V，记录半导体应变计称重性能曲线 1，求出灵敏度。

13、重新调整测试系统输出为零。记录加温前的工作温度 T 。

14、打开悬臂梁半导体应变片的“加热”开关，观察随温度升高系统输出电压温漂情况。待

电压稳定后测得温升，求出系统的温漂 $\Delta V / \Delta T$ 。

15、分别做箔式单臂电桥和半导体式单臂电桥实验，接线如图 5 所示，直流激励源为 $\pm 2V$ ，差动放大器增益为 100 倍。调整系统，在相同的实验条件下分别测得两组数据填入表 5，求出灵敏度。

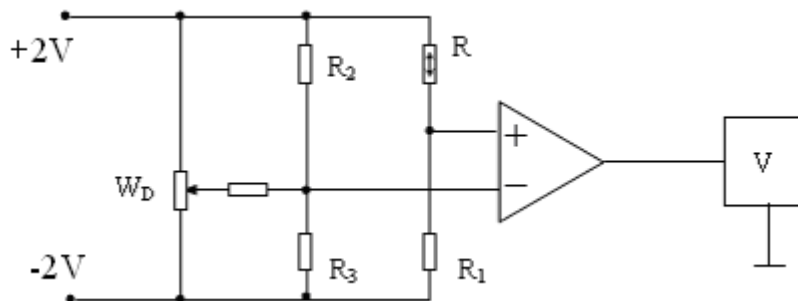


图 5

16、将电桥中固定电阻 R_1 换成应变片，做箔式应变片和半导体应变片半桥实验，注意电路中 R 和 R_1 必须成对出现，半导体的 1 和 2 配对，箔式的 3、5 和 4、6 配对，将测得的两组数据分别填入表 5，同时，启动 CSY10B 传感器系统实验仪的数据采集软件，设置参数为采样模式为单次，采样间隔为重量 10g，量程选择为 1V 或 10V，在同一坐标上画出四条 $V-X$ 曲线以作比较，求出灵敏度。

17、“打印”实验曲线。在此之前应保证计算机中打印机的正确设置，打印纸的设置应和用户使用的打印纸一致（在“属性”选项中）。

五、注意事项：

1、实验前应检查实验接插线是否完好，连接电路时应尽量使用较短的接插线，以避免引入干扰。

2、接插线插入插孔，以保证接触良好，切忌用力拉扯接插线尾部，以免造成线内导线断裂。

3、稳压电源不要对地短路。

4、应变片接入电桥时注意其受力方向，一定要接成差动形式。

5、直流激励电压不能过大，以免造成应变片自热损坏。

6、由于进行位移测量时加砝码要从 1→8 的最大值，又回复到零，再 1→负的最大值，因此容易造成零点偏移，因此计算灵敏度时可将正 ΔX 的灵敏度与负的 ΔX 的灵敏度分开计算。再求平均值，以后实验中凡需过零的实验均可采用此种方法。

7、由于本仪器中所使用的 BHF 箔式应变片具有防自蠕变性能，因此温度系数还是比较小的。

8、应正确选择补偿片。在面板的应变片接线端中，从左至右 1—8 对接线端分别是：1—上梁半导体应变片，2—下梁半导体应变片。3、5—上梁箔式应变工作片，4、6—下梁。应变工作片，7、8—上、下梁温度补偿片。电路中工作片与补偿片应在同一应变梁上。

9、此实验中直流激励电压只能用 $\pm 2V$ ，以免引起半导体自热。

10、进行上述实验时激励电压，差动放大器增益、起始点位置等实验条件必须一致，否则就无可比性。

电阻应变式传感器实验数据记录用表（16K 页面）

表 1 箔式应变片性能

砝码数量 ΔX (个)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	灵敏度
电 压 (mV)										

表 2 箔式应变片的温度效应

砝码数量 ΔX (个)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	灵敏度
电 压 (mV)										

表 3 箔式应变电路的温度补偿

砝码数量 ΔX (个)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	灵敏度
电 压 (mV)										

表 4 半导体应变计性能

砝码数量 ΔX (个)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	灵敏度
电 压 (mV)										

表 5 箔式应变片与半导体应变片性能比较

砝码数量 ΔX (个)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	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										

实验二 差动变压器的标定和振动测量

一、实验目的：

说明差动变压器测试系统的组成和标定方法，并了解差动变压器的实际应用。

二、实验所需部件：

差动变压器、音频振荡器、电桥、差动放大器、移相器、相敏检波器、低通滤波器、电压表、示波器、测微头。

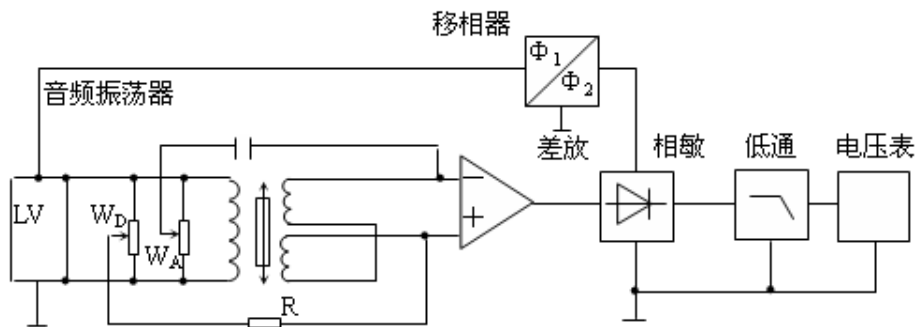


图 7

三、实验步骤：

1、连接 L_v 和 L_i , L_o 一端短路，另一端与示波器 ch2 端相连，调测微头，使 ch2 输出基本为一条直线。

2、按图 7 接线，差动放大器增益适度（约为 10 倍），音频振荡器 LV 端输出 5KHz, V_{p-p} 值 2V。

3、用手将衔铁压至线圈最底部，调节移相器（移相范围 $\pm 40^\circ$ ，随频率不同有所变化），用示波器两个通道观察相敏检波器①、②端口（即差放输出端和移相器输出端），当两端口波形正好为同相或反相时恢复衔铁位置，这样才能做到系统输出灵敏度最高并正负对称。

4、调节电桥 W_D 、 W_A 电位器，调节测微头带动衔铁改变其在线圈中的位置，使系统输出为零。（要求三者联调，单一一种调节无法达到输出要求）

5、记录测微头当前位置，旋动测微头，带动衔铁向上 2.5mm，向下 2.5mm 位移，每旋一周（0.5mm）记录一电压值并填入表 7。同时，启动 CSY10B 传感器系统实验仪的数据采集软件，设置参数为采样模式为单次，采样间隔为位移 0.5mm，量程选择为 10V，记录输出电压值曲线。为使波形连续直观，一般先把测微头旋转 5 圈，使衔铁先达到最上或最下 2.5mm，然后再连续下依或上移。

表 7 输出电压随衔铁位移变化

位移 mm	-2.5	-2	-1.5	-1	-0.5	0	0.5	1	1.5	2	2.5
电压 V											

6、低频振荡器接入“激振 I”，使振动圆盘保持适当振幅。

7、维持低频振荡器输出幅度不变，用示波器观察低通滤波器的输出，电压 / 频率表作为频率显示使用，档位为 2KHz，频率输入（IN）端接低频输出（Vo）端（转换开关拨向 Vo），改变振荡频率从 5Hz~30Hz，读出 V_{op-p} 值，填入下表 8：

表 8 振幅——频率特性

f(HZ)	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	18	20	30
Vop-p														

7、根据实验结果做出振动台的振幅——频率特性曲线，指出自振频率。

四、注意事项：

- 1、仪器中两副悬臂梁的固有频率因尺寸不同而不同。
- 2、衔铁位置可松开支架上小螺丝稍做上、下调节。

实验三 热电式传感器——热电偶

一、实验目的：

观察了解热电偶的结构，熟悉热电偶的工作特性，学会查阅热电偶分度表。

二、实验原理：

热电偶的基本工作原理是热电效应，当其热端和冷端的温度不同时，即产生热电动势。通过测量此电动势即可知道两端温差。如固定某一端温度（一般固定冷端为室温或 0°C ），则另一端的温度就可知，从而实现温度的测量。CSY10B型实验仪为镍铬-镍硅（K分度）。

CSY10B型实验仪为一支K分度热电偶，热电偶的冷端温度为室温，放大器的增益为100倍，计算热电势时均应考虑进去。用温度计读出热电偶参考端所处的室温 t_1 。

$$E(t, t_0) = E(t, t_1) + E(t_1, t_0)$$

实际电动势 测量所得电势 温度修正电动势

式中 E 为热电偶的电动势， t 为热电偶热端温度， t_0 为热电偶参考端温度为 0°C ， t_1 为热电偶参考端所处的温度。查阅铜—康铜热电偶分度表，求出加热端温度 t 。

CSY10B型实验仪的K分度热电偶如插入数字式温度表端口，则直接显示 $^{\circ}\text{C}$ 温度值。

三、实验所需部件：

热电偶、加热器、差动放大器、电压表、温度计（自备）

四、实验步骤：

- 1、打开电源，差动放大器增益放100倍，调节调零电位器，使差放输出为零。
- 2、加热前，K分度热电偶同室温（冷端温度），接数字式温度表端口，测得冷端温度，查热电偶分度表，得到温度修正电动势。
- 2、差动放大器双端输入接入热电偶，红端接差动放大器正极，黑端接差动放大器负极，打开加热开关，迅速将差动放大器输出调零。
- 3、随加热器温度上升，观察差动放大器的输出电压的变化，待加热温度不再上升时（达到相对的热稳定状态），记录电压表读数。读数除以差动增益即为测量所得的电动势，与修正电动势相加可获得实际电动势，查查热电偶分度表，得到当前热端温度，同时可用数字式温度表加以验证。

五、注意事项：

因为仪器中差动放大器放大倍数 ≈ 100 倍，所以用差动放大器放大后的热电势并非十分精确，因此查表所得到的热端温度也为近似值。

铜—康热电偶分度 (自由端温度 0°C)

(单位: mV)

工作端 温 度	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	de/dt (μ V)
0	0.0000	0.039	0.078	0.116	0.155	0.194	0.234	0.273	0.312	0.352	38.6
10	0.391	0.431	0.471	0.510	0.550	0.590	0.630	0.671	0.711	0.751	39.5
20	0.792	0.832	0.873	0.914	0.954	0.995	1.036	1.077	1.118	1.159	40.4
30	1.201	1.242	1.284	1.325	1.367	1.408	1.450	1.492	1.534	1.576	41.3
40	1.618	1.661	1.703	1.745	1.788	1.830	1.873	1.916	1.958	2.001	42.4
50	2.044	2.087	2.130	2.174	2.217	2.260	2.304	2.347	2.391	2.435	43.0
60	2.478	2.522	2.566	2.610	2.654	2.698	2.743	2.787	2.831	2.876	49.8
70	2.920	2.965	3.010	3.054	3.099	3.144	3.189	3.234	3.279	3.325	44.5
80	3.370	3.415	3.491	3.506	3.552	3.597	3.643	3.689	3.735	3.781	45.3
90	3.827	3.873	3.919	3.965	4.012	4.058	4.105	4.151	4.198	4.244	46.0
100	4.291	4.338	4.385	4.432	4.479	4.529	4.573	4.621	4.668	4.715	46.8