

《测试原理与技术》实验指导书



上海交通大学机械与动力工程学院
基础实验与创新实践教学中心

2025.10

实验一 A 基于 Labview 的热动参数测量实验

一、实验要求与目的

在本实验中，要求实验人员动手对数据采集平台进行电路连接，并通过其中的流量传感器、压力传感器、温度传感器及 NI（National Instrument）数据采集系统对传感器信号进行采集，转换，显示等操作，达到以下目的：

1. 能够画出实验平台的组成，描述各个组成部分的功能以及之间的相互关系。
2. 理解掌握数据采集平台中几种传感器的基本工作原理。
3. 能够连接和画出测量系统电路连线图，提高动手能力。
4. 熟练运用 LabVIEW 编程环境，能够利用不同控件进行数据采集及后处理。

二、实验系统简介

2.1 实验原理

通过搭建温度和流速可控的水循环系统作为本测量实验的基础平台，利用其中不同类型的传感器分别获得水温，水压及水流量的输出电压或电流信号，由数据采集模块进行采集后，通过 LabVIEW 虚拟仪器图形软件对信号进行后处理，如下图 1 所示。

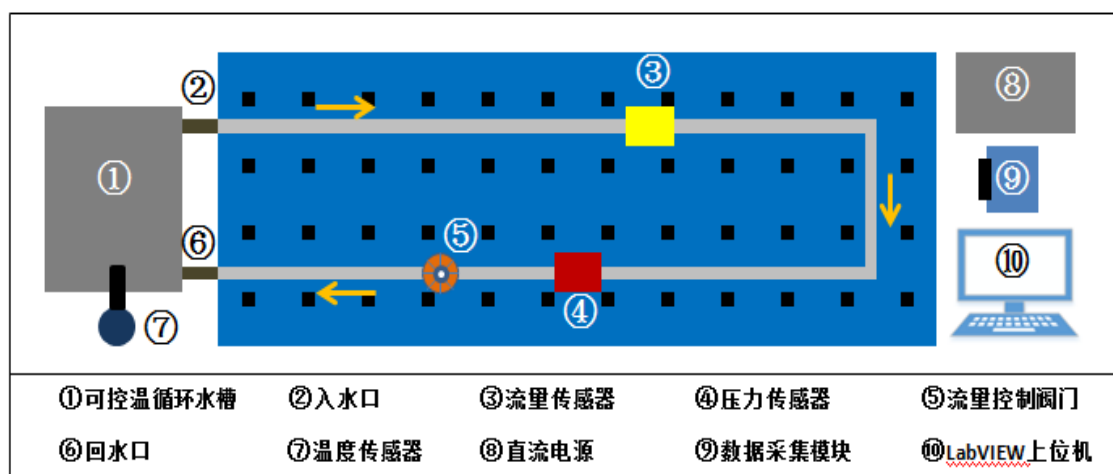


图 1 实验原理示意图

2.2 实验平台组成及作用

实验平台（热动实验测量系统）由两个部分组成：水循环平台和数据采集平台。水循环平台主要为传感器提供数据采集环境；数据采集平台主要通过获取到的原始电压或电流或脉冲信号进行转换和数据后处理。



表 2 测量系统组成列表

三、硬件说明

3.1 采集模块接线端口说明（电压采集模块 NI6211、NI9201 和电流采集模块 NI9203）

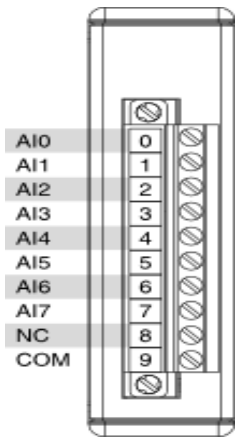
模块图片	端口名称	端口说明
	AI0~7	模拟量信号输入通道
	NC	无连接
	COM	共同参考信号地（负极）

表 3 采集模块端口详情表

3.2 等效接线电路

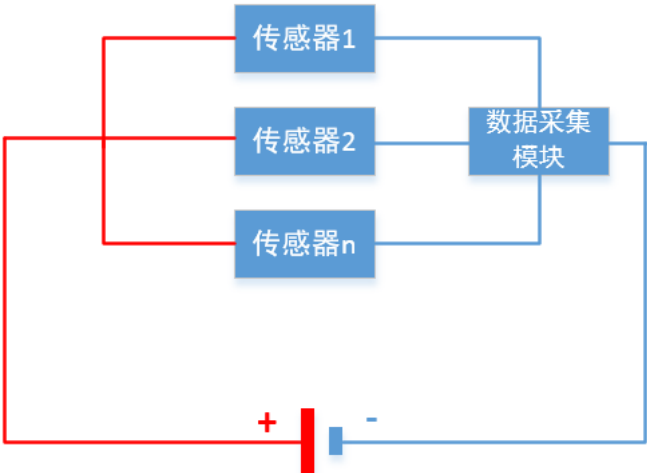


图 2 等效接线电路

3.3 传感器信息

传感器种类	输出信号	测量范围
温度传感器	4~20mA 或 0-10V	0~100℃
压力传感器	4~20mA 或 0-10V	0~20kPa
流量传感器	24VDC/3ms 脉冲	0.04-0.25 m³/h (k = 18000P/L)

表 4 传感器参数表

3.4 传感器接线图

● 压力传感器（分电流输出和电压输出两种）

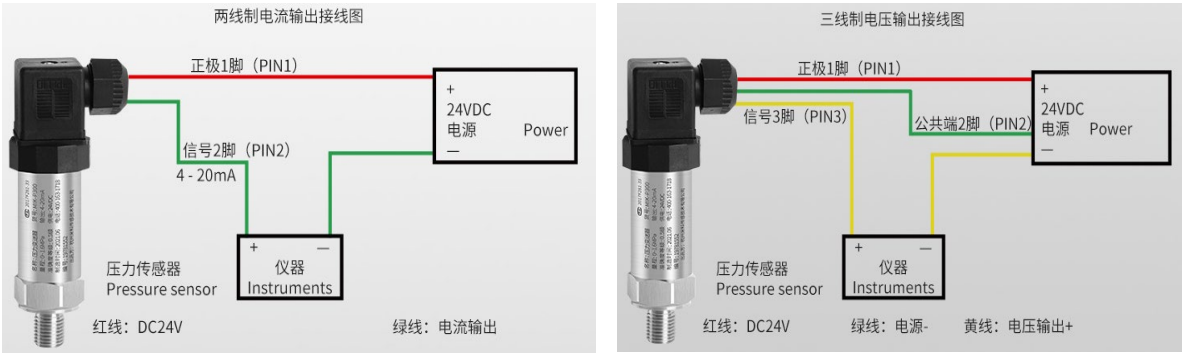


图 3 压力传感器接线图

● 流量传感器（脉冲输出）

三丝制脉冲输出：红色线（电源+，24VDC），绿色线（电源-），黄色线（脉冲输出信号）
脉冲信号经过电阻简单分压后，接到电压采集卡通道。

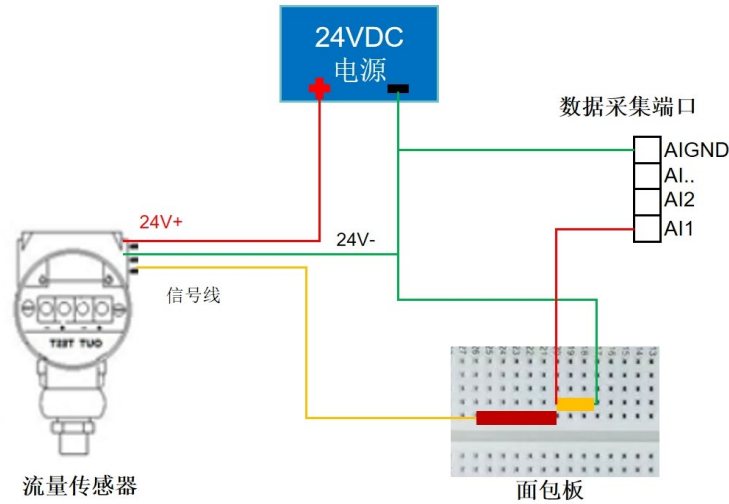


图 4 流量传感器接线图

● 温度传感器 PT100 热电阻（分电流输出和电压输出两种）：

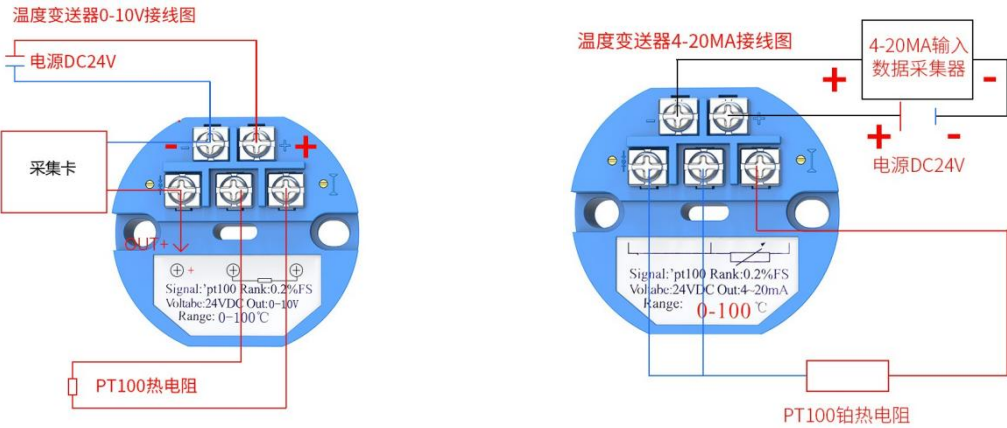


图 5 热电阻传感器接线图

四、实验步骤要求和具体操作

本次实验步骤主要有 6 项，可参考以下内容进行实验操作。

热动数据采集实验基本操作流程表			
			
序号	实验步骤	内容要求	具体操作
1	软件验证	检查电脑上的 LabVIEW 软件及 DAQ 模块是否可以正常工作	打开 LabVIEW 软件添加 DAQ 助手检查是否能够正常配置参数
2	电路连接	连接数据采集平台各组成部分的连线及确定传感器的电源及输出信号至采集模块。【注意传感器输出信号类型】	根据传感器类型及外表面的标注说明，连接各个传感器的电源及输出信号至采集模块。
3	循环设置	水温及循环设置	打开水路上流量调节阀至最大，接通潜水泵的电源，观察水路循环是否畅通
4	信号检测	上位机连接数据采集模块检测是否接收到传感器信号	通过 DAQ 助手配置硬件通道，获取传感器信号波形，验证接线是否正确
5	程序编写	使用 LabVIEW 进行数据采集及后处理图形化编程	1 获取传感器原始电压或电流数据，并要求用波形图显示； 2 将采集到的电压或电流信号对应传感器的量程范围，进行线性换算，转换后的 压力单位为 kPa，流量单位为 L/h，温度单位为℃ 。至少用两种输出控件进行数值显示（如数字，波形图等）； 3 调整阀门开度与温度设置，观察流量、压力、温度是否有相应变化； 4 分别调整采样频率、采样点数，观察采样结果并分析； 5 规整并优化前面板并添加组员信息“姓名+学号+任课老师姓名”在前面板； 6 实验指导老师查看实验完成情况。
6	整理签到	实验台整理、签到及扫码	关闭电源并将 连接过的 电线拆除。填写签到表，并扫描二维码进行课程质量评价

表 5 实验步骤列表

五、注意事项

- 1、所需要 LabVIEW 控件大部分都在 Express 模块中。
- 2、数据采集助手（DAQ Assistant）一个程序中只能使用一个，否则会发生错误，提示硬件冲突。

六、思考题

- 1、分析实验中本组使用的压力传感器、流量传感器的测量原理。
- 2、实验中使用的是三线制 PT100 热电阻，信号变送常用惠斯登电桥，请画出传感器接入电桥的电路图，并说明与二线制接法相比的优点。
- 3、根据采样频率和采样点数的不同设置采集到的流量脉冲信号的结果，结合采样定理阐述其对脉冲信号还原失真程度的影响。

七、实验报告要求

1 内容要求

1.1 实验平台组成（组成元件列举，平台组成简图等），实验目的，数据采集平台连线图（电源，传感器，数据采集模块之间的连线关系），三种传感器型号，功能和详细信息（供电电压，测试范围，输出信号）（根据本组实际情况）

1.2 测量系统搭建完毕后，根据实验过程要求，描述整个实验过程并写出温度，流量和压力由电信号转换成显示数据的具体公式。（根据本组实际情况）

1.3 提供最终的 LabVIEW 程序的前面板和后面板截图，至少要显示流量，压力和温度采集到的原始电信号曲线以及对应的实际输出信号，每种物理量至少用两种控件进行显示（如，曲线，数字）

1.4 实验结果分析（问题分析，现象分析等）

1.5 回答思考题

2 过程要求

2.1 温度测量数据至少 2 组（改变水温或改变探头空间位置）

2.2 压力测量数据至少 2 组（水阀全开时，水阀部分关闭时，压力与流量的变化）

2.3 流量测量数据至少 2 组（调节水阀开度位置）

2.4 通过改变采样频率和采样点数，观察并分析其对流量脉冲信号的采集效果和测量结果的影响。（验证采样频率和采用点数对采样结果的实际影响）

3 书写要求

3.1 报告要有封面，包括实验名称，同组成员姓名，报告编写人信息，理论授课老师。

3.2 同组报告不能互相抄袭

3.2 图片有编号、标识并且画质清晰。

实验一 B 基于 Labview 的转速及轴心轨迹测量实验

一、 实验目的

利用 Labview 平台开发虚拟测试程序，分别利用光电传感器、磁电传感器测量转子平台的转速。利用电涡流传感器测量转子平台的轴心轨迹。（磁电传感器对应齿轮有 16 齿）。要求实验人员对数据采集系统中进行连接，并且通过 NI（National Instrument）数据采集系统对传感器信号进行采集，转换，显示等系列后处理操作。

- 1、了解测试系统的运行原理，包括采集频率，信号频率，采样点数等的关系。
- 2、了解光电、磁电及电涡流传感器的基本工作原理
- 3、了解数据采集系统的组成，各个组成部分的功能以及之间的相互关系
- 4、能够利用 LabVIEW 虚拟仪器进行数据采集及后处理

二、 实验系统简介

2.1 传感器

实验中用到的电涡流传感器型号为瑞视 9000XL,可以根据距离变化输出电压信号($5\text{mV}/\mu\text{m}$)。光电传感器型号: EFA-2DNA-T5V, 输出信号: 5V (1pulse/rev)。磁电传感器为 RS9001, 峰峰值电压可达 90V 以上, 输出正弦信号。

2.2 实验设备

图 1 所示的转子平台包括光电、磁电和电涡流传感器，分别测量转轴的转速和轴心轨迹，由数据采集模块进行采集后，通过 LabVIEW 虚拟仪器图形软件对信号进行后处理。如下图 1 所示，

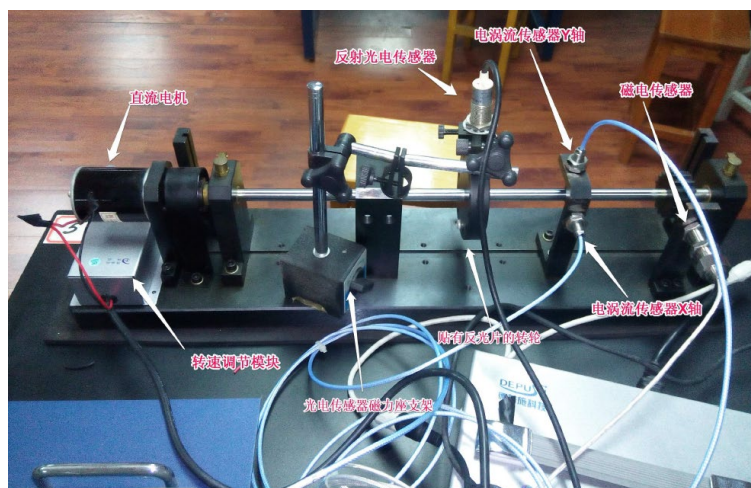
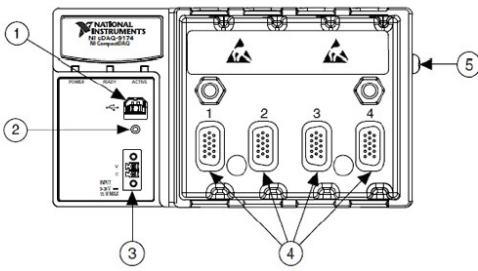
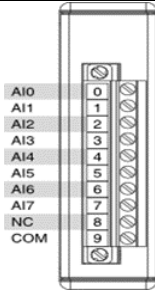
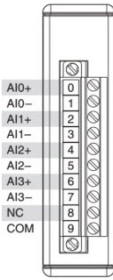


图 1 转子平台

2.3 数据采集系统组成

LabVIEW2018 中文版, DAQmax2019 驱动, NI cDAQ-9174 四槽机箱和 cDAQ-9201、9215 电压采集模块。

 (1) USB 连接器; (2) USB 线缆防应变孔; (3) 电源连接器; (4) 模块插槽; (5) 机箱接地螺丝	 AI0~7, 模拟量信号输入通道 共同参考信号地 (负极)	 4 个差分输入通道 共同参考信号地
cDAQ-9174 机箱	cDAQ-9201 引脚	cDAQ-9215 引脚

电涡流传感器 (X 轴), 电涡流传感器 (Y 轴), 磁电传感器, 光电传感器分别对应 9 针 D-sub 口的红橙黄绿四个接线端子。

三、实验步骤

3.1 传感器连接

光电传感器每圈输出 1 个脉冲信号, 磁电传感器每圈为 16 个脉冲, 已经通过转换模块转换成电压信号, 分别接 9 针 D-sub 端子的黄色和绿色端子。电涡流传感器分为 X 和 Y 两个方向的轴心轨迹, 分别对应 D-sub 端子的红色和橙色端子。如下图所示。

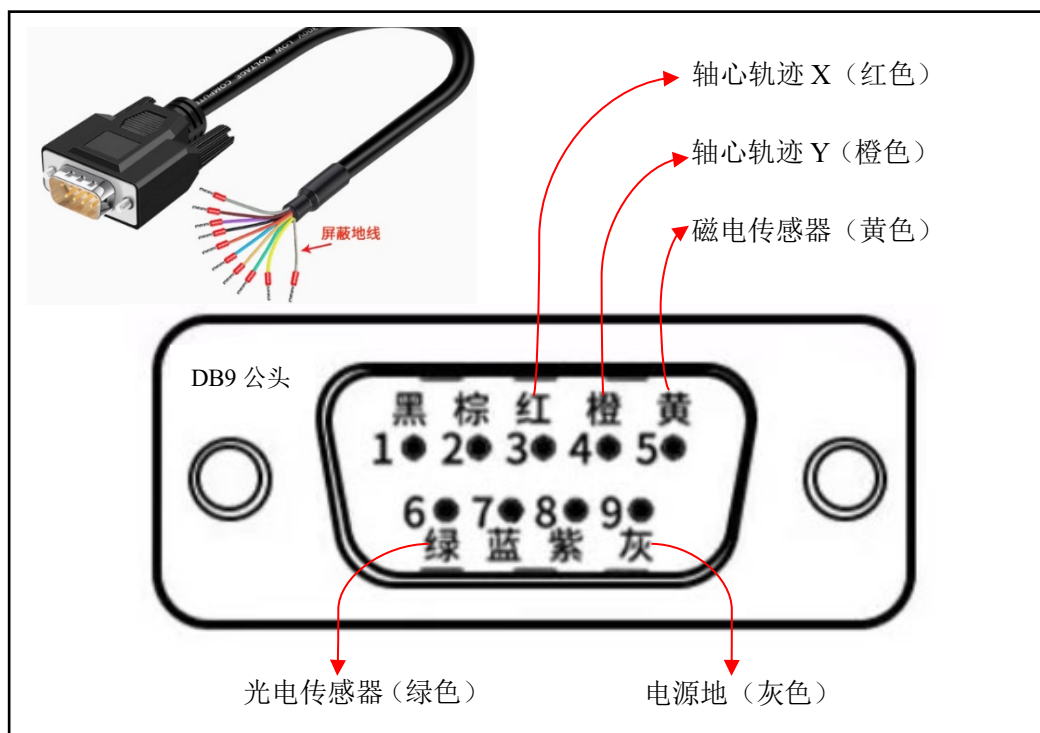


图 2 传感器接线端子

3.2 编写采集程序, 采集电涡流和转速传感器信号

- 1) 按照端口接线顺序连接各传感器信号到 cDAQ-9201 模块的 AI0-AI7 通道（选择四个通道即可，记录各通道对应传感器信号顺序）。轴心轨迹传感器信号为毫伏级，必须进行滤波处理，转子转速传感器注意区分光电和磁电传感器脉冲数量，正确计算转速。
- 2) 对采集信号进行拆分，电涡流信号拆分后进行滤波处理，再合并 X 和 Y 轴方向信号形成轴心轨迹。对光电传感器信号进行处理，单频测量，计算、显示光电传感器测得的转速。通过磁电传感器测量信号频率并计算转子转速，计算转速结果应和光电传感器转速一致。
- 3) 利用示波器，分别显示出所有传感器波形，并观察磁电、光电传感器波形的周期/频率差异，理解原因；（要求用两个示波器窗口分别显示光电和磁电波形）
- 4) 测量出光电传感器与磁电传感器波形的周期/频率，并转换成转速（单位 RPM）；
- 5) 利用电涡流传感器获得轴心轨迹。
- 6) 采集完成后前面板界面参考

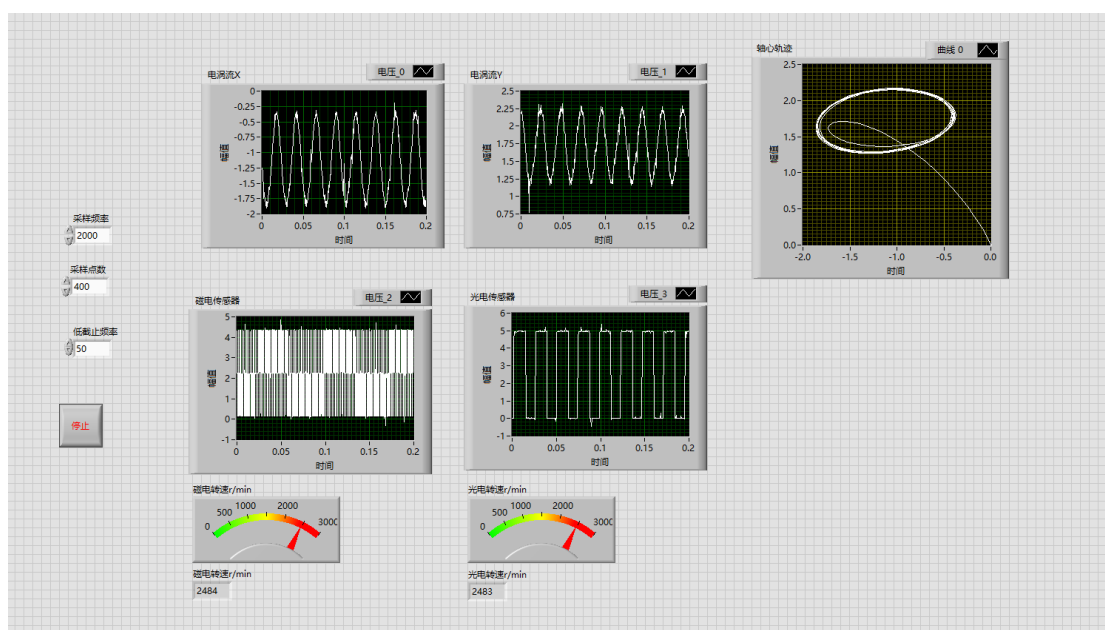


图 3 前面板界面

- 7) 在合适的采样频率和采样点数下，磁电传感器的转速量表和数值显示控件、光电传感器转速量表和数值显示控件显示的轴转速应该是一致的。截图保存程序面板和前面板。
- 8) 调节转子转速到较高的转速，降低采样频率，直到磁电传感器显示转速和光电不一致，截取前面板截图，在实验报告中分析产生上述现象的原因。
- 9) 调节转子到较低转速，减少采样点数，直到光电传感器显示转速与磁电不一致，截取前面板截图，实验报告中分析产生上述现象的原因。
- 10) 程序编写建议

数据采集助手（DAQ Assistant）一个程序中只能使用一个，否则会发生错误，提示硬件冲突。各传感器测量通道选择电压信号，可能用到的函数均在 Express 模块中——单频测量/低通滤波/波形图显示。程序结构参考如下图。

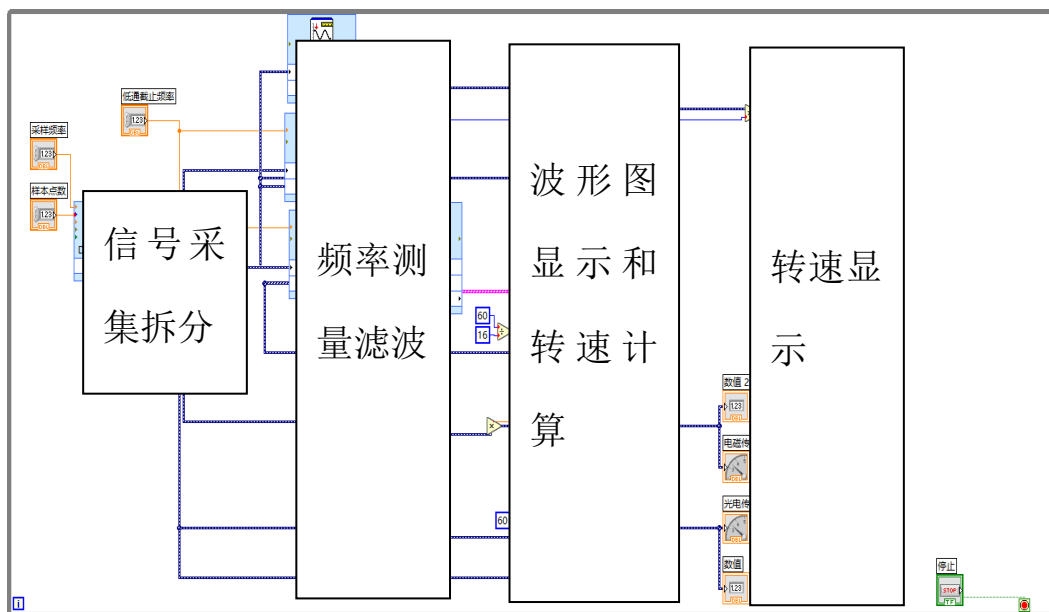


图 4 程序框图

四、 实验报告参考下面内容完成（封面参照后面的电感实验）

- 1、实验目的（简述，勿直接拷贝指导书）
- 2、传感器原理（原理叙述，勿直接拷贝指导书）
- 3、实验测试系统图（根据实际情况画图说明）
- 4、实验软件框图（包含程序面板和前面板，测试数据图像必须清晰可见，标注规范）
- 5、分析不同采用频率下，传感器失真结果（附测试结果图，并说明原因）
- 6、分析采样点数对测试结果的影响并说明（附测试结果图，并说明原因）
- 7、详细回答下面的思考题
- 8、实验讨论、体会与建议等

五、 思考题

1. 采样频率太低会有什么问题？
2. 实验中的采样点数对结果有什么影响？

差动变压器式电感传感器静态位移性能实验

一、实验目的

- 1、准确把握差动变压器式电感传感器的基本原理、测量系统组成及各单元功能，通过软件数据处理得到传感器包括线性度、灵敏度、量程、零点残余电压等静态特性指标。
- 2、分析影响该传感器各静态特性指标的关键因素、实验误差产生原因；从硬件或软件方面思考有可能提高性能指标的解决方案，为选用或自制传感器打下初步理论基础。

二、基本原理

差动变压器式电感传感器的原理类似变压器的工作原理，其测头部分的结构如图2-1所示，由1个初级线圈、2个次级线圈、1个衔铁、骨架及外壳组成。当有交流电流通过初级线圈时，在2个次级线圈两端耦合出随衔铁移动而变化的感生电动势，即绕组间的互感随被测位移的变化而变化。由于把二次绕组反相串接（同名端相接），以差动电势输出，所以称为差动变压器式电感传感器。

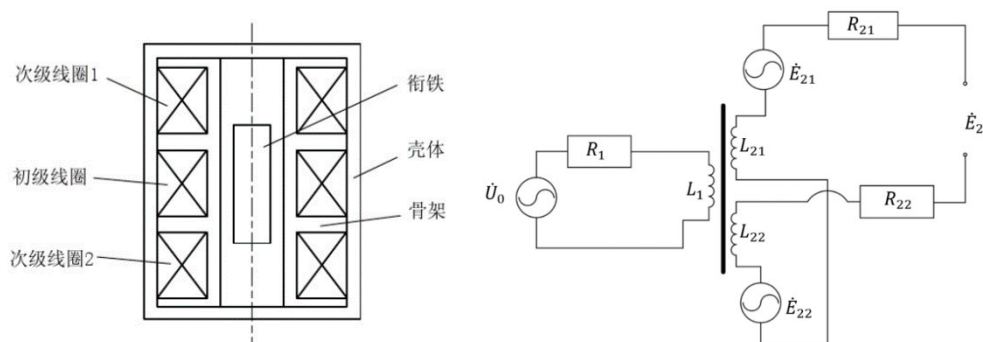


图 2-1 差动变压器式电感传感器结构 图 2-2 差动变压器式电感传感器等效电路图

当差动变压器式电感传感器在理想状态下工作时（忽略涡流损耗、磁滞损耗和分布电容等影响），其等效电路如图2-2所示。当衔铁处于中间位置，两个次级线圈的感应电动势相等，由于两个次级线圈反相串接，所以差动输出电势为零。当衔铁移向一侧，这时差动输出电动势不为零，位移越大，输出电动势越大。当衔铁移向另一侧，由于移动方向改变，所以差动输出电动势反相。因此，可以通过差动输出电动势的大小和相位可以得知衔铁位移的大小和方向。

差动变压器式电感传感器的输出特性曲线如图2-3所示。图中 E_{21} 、 E_{22} 分别为两个二次绕组的输出感应电动势， E_2 为差动输出电动势， x 表示衔铁偏离中心位置的距离。 E_2 的实线表示理想的输出特性，虚线为实际的输出特性。 E_0 为零点残余电动势。

差动输出电动势经过放大、相敏检波和移相电路处理后得到理想的全波整流信号，再通过低通滤波电路后得到直流电压信号，其大小和方向同衔铁的位移对应。

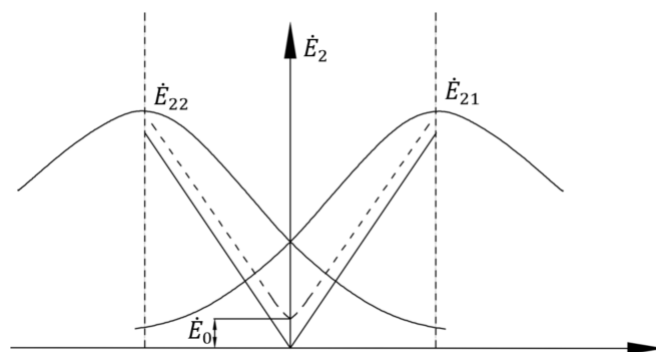


图 2-3 差动变压器式电感传感器输出特性

三、所需单元和部件

差动变压器式电感传感器、音频振荡器、电桥、差动放大器、相敏检波器、移相器、低通滤波器、V/F表、螺旋测微器、双线示波器。

四、注意事项

1. 初级线圈的励磁交流电压信号从音频振荡器的“LV”和“接地”端子输出。
2. 差动变压器的两个次级线圈必须接成差动形式。
3. 综合实验台有“主”、“副”两个电源开关键，按图2-4接线时应处于关闭状态。经同组人员检查确认后才可按下电源开关键；避免短路连接、单方向过度旋转调节旋钮、单方向过度旋转螺旋测微器。
4. 相敏检波器的输出波形不理想时（有相位差或饱和）不能开始记录数据；
5. 记录数据前应重新找电感传感器的零点，开始记录后，各调节旋钮都不要再动；
6. 螺旋测微器有反行程间隙，一个行程只向一个方向旋转，慢一点，不要转过头；
7. 实验完成后关闭电源，拆除并整理好所有连接线，注意拔线时最好稍带点旋转。

五、实验步骤

1. 获得**励磁**信号：将“LV”端子和“接地”端子接示波器，将音频振荡器的LV输出信号调成：频率4KHz，电压峰-峰值2V。

2. 差动放大电路**调零**（可以跳过不做，直接到步骤3）：首先调增益旋钮置于中间幅度（避免放大器饱和或增益倍数过小），然后将差动放大器的两个输入端接地，调节调零旋钮使差动放大器输出为零。此步骤2可以不做，当进行到步骤4时观察输出波形高低，若高低不一致则旋转调零旋钮至波形高低一致即可。

3. 按图2-4的原理图**接线**：将差动变压器式电感传感器、音频振荡器、电桥平衡网络（选接）、差动放大器、相敏检波器、移相器、低通滤波器及电压表等组成一个测量系统。

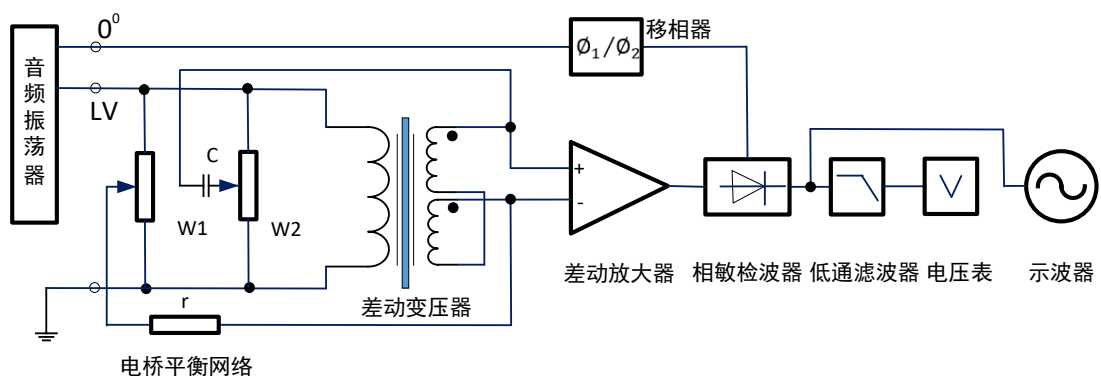


图 2-4 测量电路

4. **调波形**: 将示波器接至相敏检波器的输出端, 调节移相器的移相电位器旋钮, 使相敏检波器输出比较理想的全波整流波形。**注意避免**传感器的衔铁处于零点附近的位置 (否则输出的波形幅值低, 不便观察调整, 此时应转动螺旋测微器, 直到波形的峰值至少2V以上)。**注意**为了减小相敏检波器输出波形相邻两个半波的峰值高低差异, 可调节差动放大器的调零电位器。如果发现相敏检波器的输出波形产生饱和 (削波) 现象, 则应适当减小差动放大器的增益。若发现输出波形不理想, 呈非对称或锯齿状, 需调节移相器旋钮, 若效果还不好, 可结合调节调零电位器旋钮。调节旋钮要适度, 注意不要过度调节。

调节移相旋钮, 观察相敏检波器的输出波形, 同时观察电压表的读数有何变化?

5. **找零位**: 将示波器接至**差动放大器**的输出端, 仔细转动螺旋测微器 (其带动衔铁移动), 观察波形及幅值大小, 使差动放大器的输出电压达到最小值 (若已接入电桥平衡网络, 需继续调节电桥平衡网络的电位器 “W1” 和 “W2”, 获得更小的输出电压)。此时传感器达到零点位置 ($X=0$)。读取此时差动放大器的输出, 即**零点残余电压**大小, 将此值记录在实验报告上。

6. **找最大量程**: 以此时的传感器零点位置 ($X=0$) 为基准, 转动螺旋测微器, 使电感线圈中的衔铁向上位移5.0mm (螺旋测微器旋转10整圈) 或更多, 但注意不要超出可达机械范围。在拟设置的量程端点处, 调节放大器的增益旋钮, 使电压表输出 $\pm 10V$ 左右。

7. **重新找零位** (零点校准): 转动螺旋测微器, 观察电压表的读数, 直至电压表读数为0; 此时可用示波器再次测量放大器输出的零点残余电压; **注意**不要再转动其他任何调节旋钮, 否则会改变测量电路参数。

8. **记录数据**: 转动螺旋测微器, 返回到最大量程处, 并略微超出一点, 然后反向旋转螺旋测微器, 开始测量, 去行程位移 X 的变化范围为 $+5.0\text{mm} \sim -5.0\text{mm}$, 每移动0.5mm (螺旋测微器转1圈), 记录一次电压表读数。然后再测回程 $-5.0\text{mm} \sim +5.0\text{mm}$ 的数据。

注: 螺旋测微器在旋转过程中存在机械回程误差, 为消除这种误差, 在最高点处回来一点再开

始测量，单向移动到最低点处返回，注意不调节过量而进行回调。

9. 如果实验数据结果不理想，重复前面步骤重来一次。

10. 记录完所有数据，确认无误后，将X位置转回至3mm附近，关闭电源，拆除实验接线并整理实验台面。

数据记录表1 去行程

X (mm)							
V (V)							
X (mm)							
V (V)							
X (mm)							
V (V)							
X (mm)							
V (V)							
X (mm)							
V (V)							

数据记录表2 回行程

X (mm)							
V (V)							
X (mm)							
V (V)							
X (mm)							
V (V)							
X (mm)							
V (V)							
X (mm)							
V (V)							

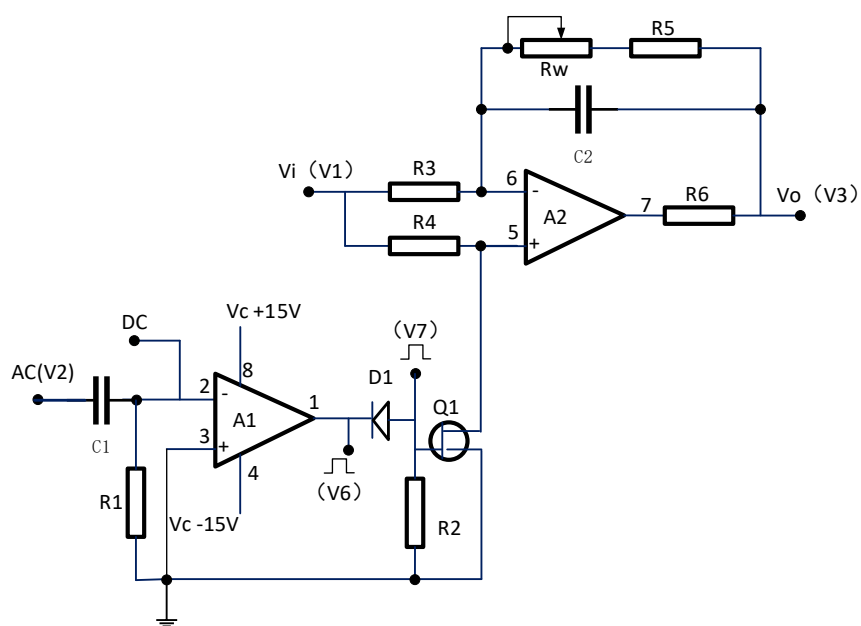


图 2-5 相敏检波器电路原理图

图中：A1- 反相过零比较器； D1- 二极管； Q1- 结型场效应管； A2- 运放

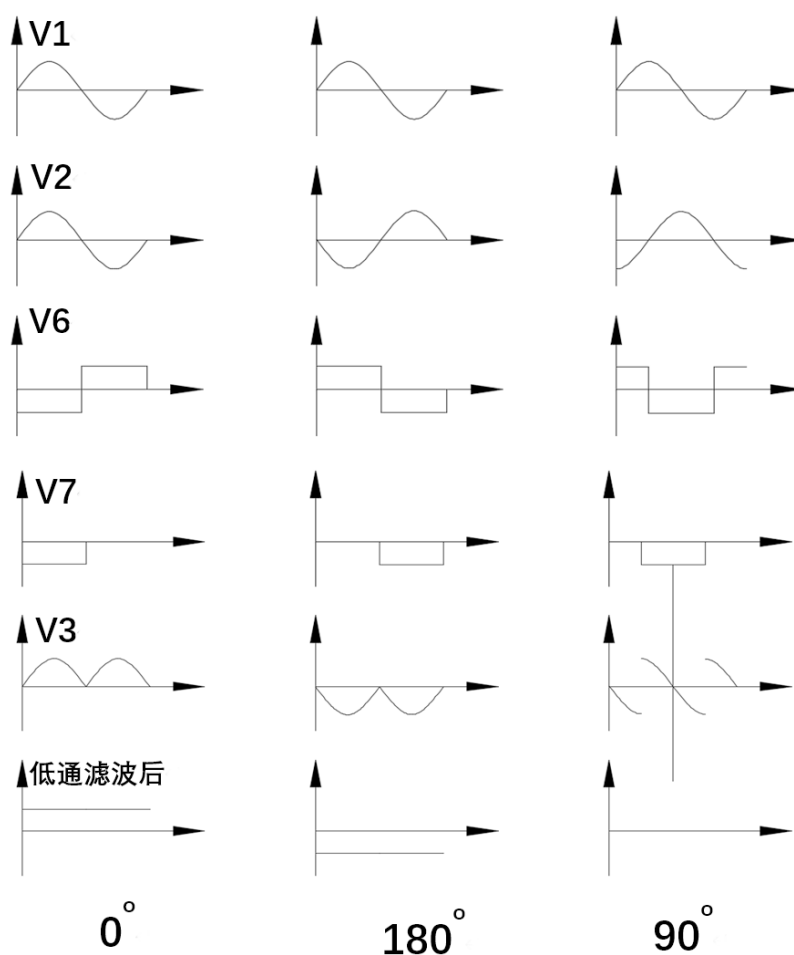


图 2-6 相敏检波器工作时序图

从上往下依次为：V1 - 输入信号； V2 - 参考信号； V6 - 过零比较器后信号；
V7 - 二极管钳位后信号； V3 - 输出信号

学生评教二维码



(实验教室门边有最新二维码)

附：ZCY—II型综合传感器实验仪简介

ZCY—II型综合传感器实验仪主要分三个部分：试验台部分、激励源及显示部分、处理电路部分。（三部分之间内部无连接，除振动梁的控制和电机转动的控制用按钮开关以及光纤、光电传感器输出已内接外，其余使用时均采用外部连接线连接。）

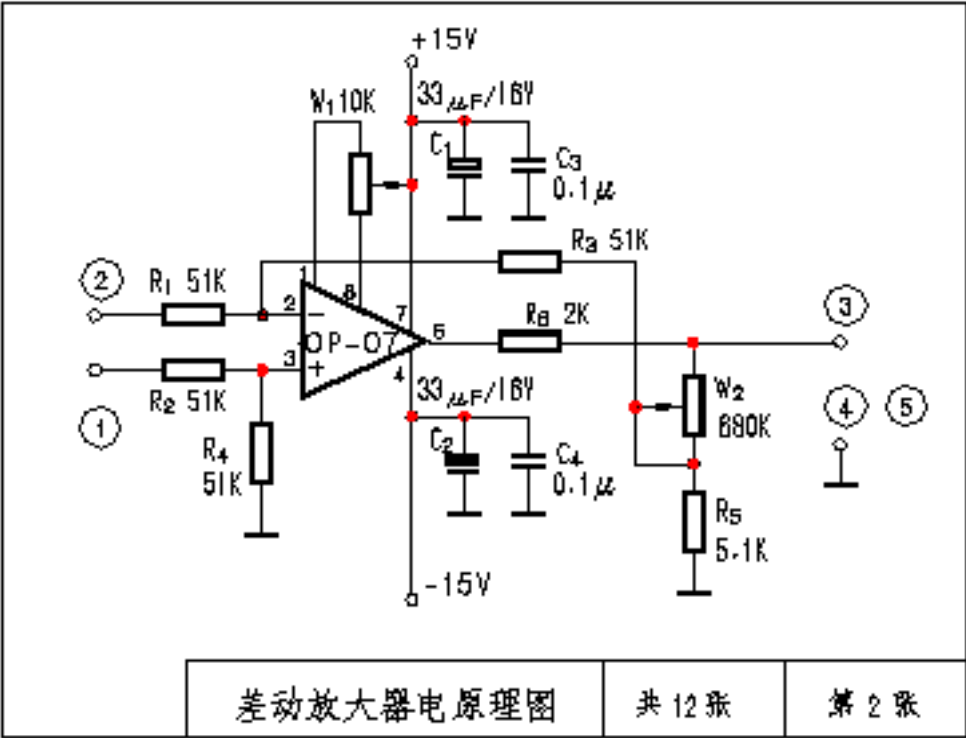
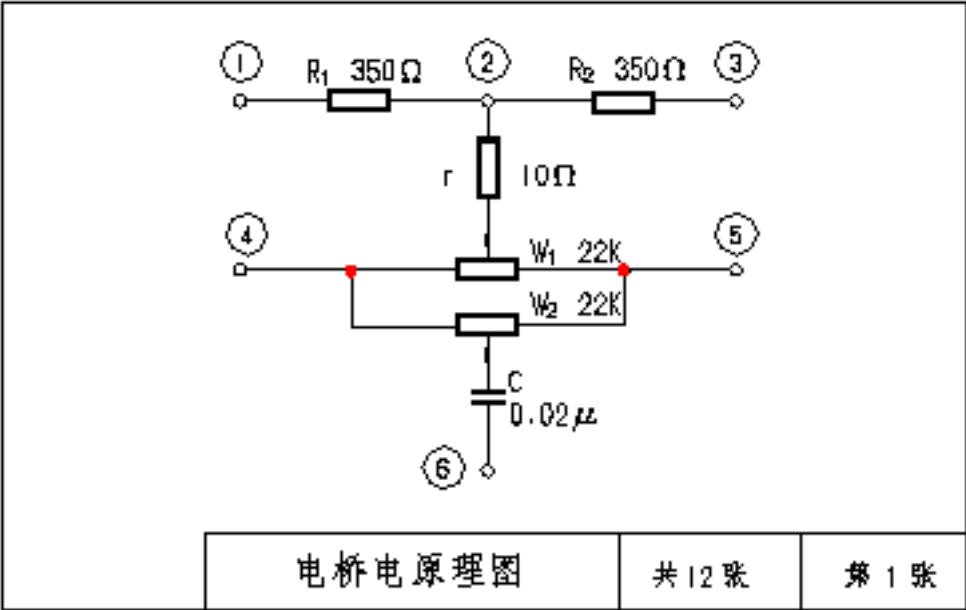
试验台部分：设有压阻式（箔式应变片、半导体应变片）、差动变面积电容式、电涡流式、差动螺管电感式（差动变压器）、半导体霍尔式、压电式、磁电式、热电偶、热敏电阻、P—N结温度传感器以及光电开关和光纤传感器等各类传感器。可通过旋动测微头产生垂直、水平位移（静态实验）和通过激振器驱动梁的振动以及通过调压器调节电机转速（动态实验）。

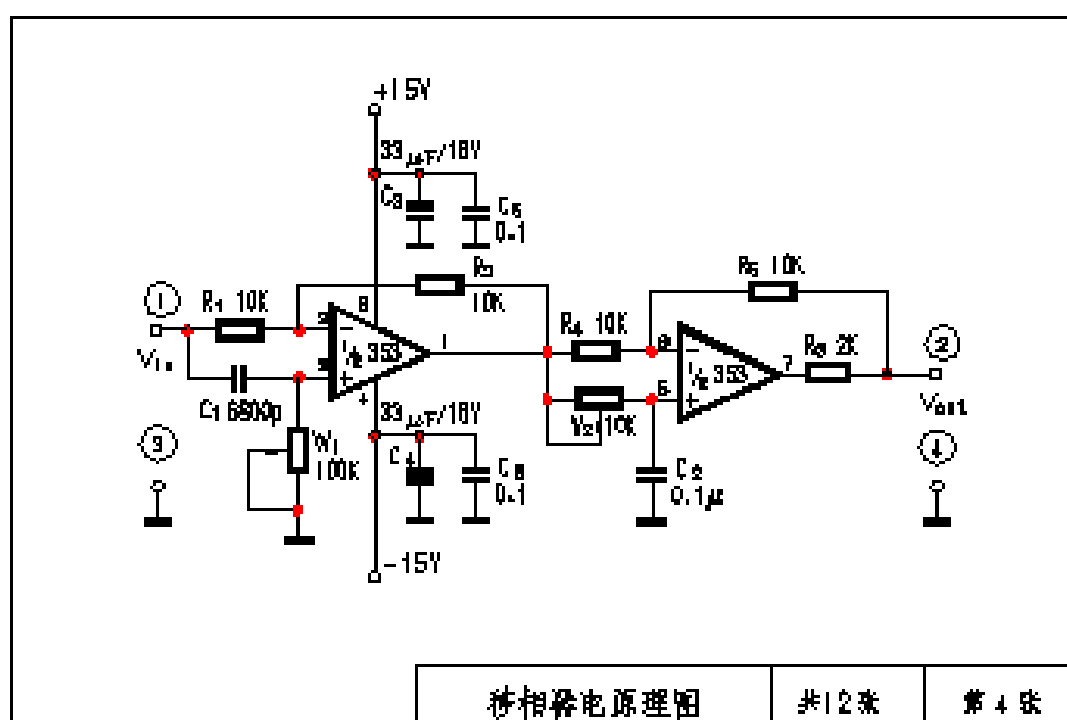
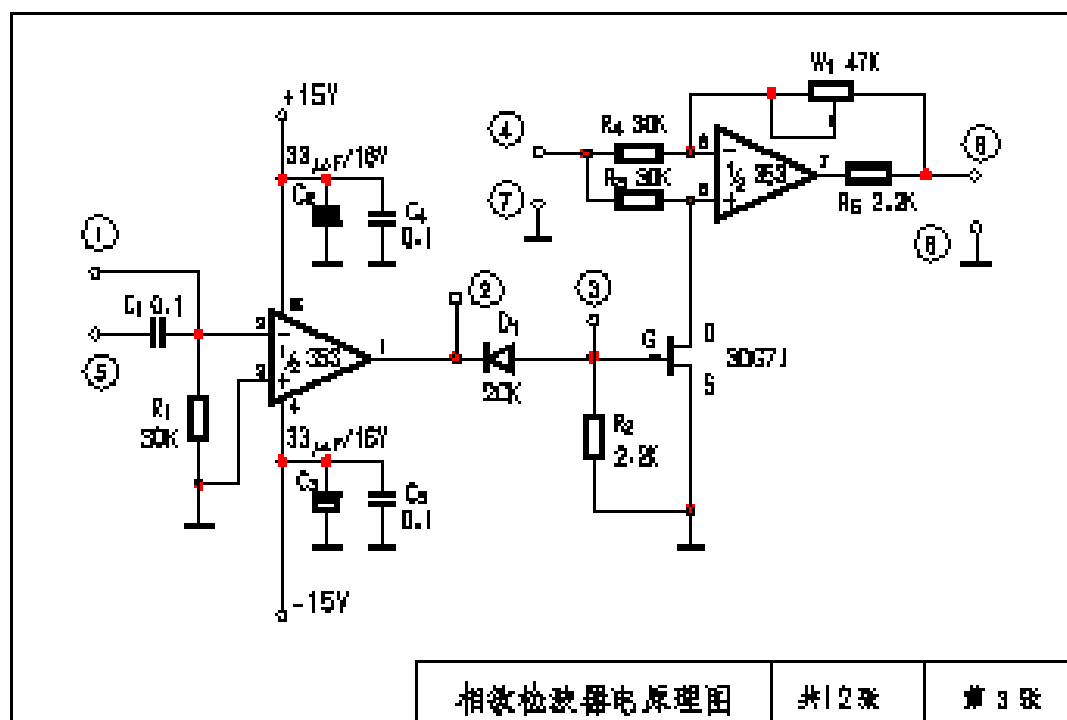
激励源及显示部分：由0.4~10KHz音频信号发生器、1~30Hz低频信号发生器、直流稳压电源及数字式电压/频率表和指针式直流毫伏表组成。

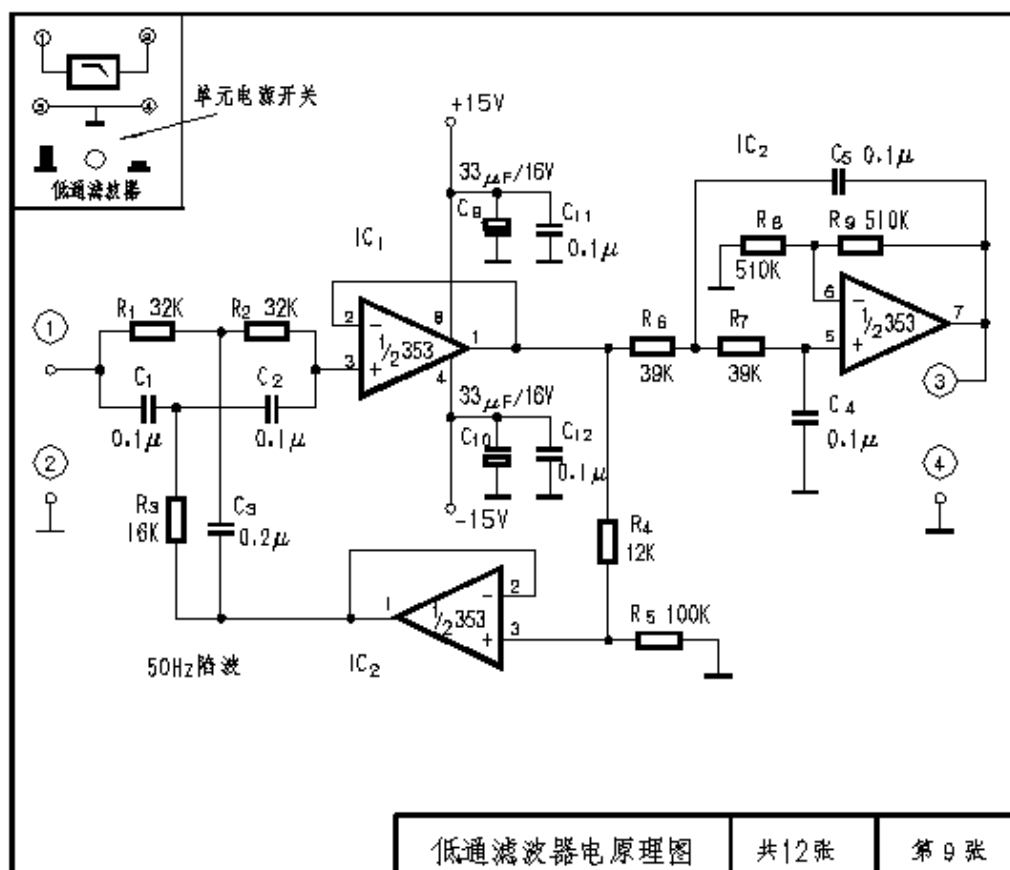
处理电路部分：包括电桥、差动放大器、电容变换器、涡流变换器、相敏检波器、移相器、电荷放大器、电压放大器、低通滤波器以及温度变换器、光纤变换器和电机控制器以及数据采集器等单元。

作为实验仪器，主要电路均有短路保护功能，许多传感器的外壳尽可能做成透明，以便学生有直观的认识，实验连接线用特制的接触电阻很小的迭插式插头连接。

部分电路原理图：







电感传感器静态位移性能实验 实验报告



学生姓名 _____

学生学号 _____

任课教师 _____

实验指导教师 _____

实验同组人 _____

实验日期 _____

- 一、 实验目的(简述，勿直接拷贝指导书)
- 二、 传感器原理(原理叙述，勿直接拷贝指导书)

三、 实验测量电路(根据实际情况画简图, 勿直接拷贝指导书)

四、 实验原始数据

五、 数据处理(规范标注图表)

根据实验数据, 用数值计算软件绘出 $V-X$ 关系实验曲线和拟合直线, 分析拟合结果, 在曲线上截取线性度较好的区域作为位移测量范围, 确定可用的量程范围, 通过最小二乘法拟合得到 $V-X$ 拟合直线得到传感器的灵敏度, 计算各行程下的线性度, 应保留具体计算过程。并提供实验中测得的零点残余电压值。

六、 根据拟合直线及数据处理结果(灵敏度、线性度等)分析该传感器性能如何、是否可用?

如果可用, 它的量程范围应限制在什么区间比较好?

七、 实验误差分析

八、 思考题:

1. 相敏检波器的作用是什么? 在实验步骤 4 中, 用示波器观察到的相敏检波器输出波形是什么波形?
2. 为何需要加入移相电路? 为什么不可以将音频振荡器的 0° 或 180° 输出直接作为相敏检波器参考电压使用?
3. 在实验步骤 5 已经找过一次零位, 那么实验步骤 7(零点校准)的目的是什么? 能消除零点残余电压对测量精度的影响吗?
4. 传感器的线性度不好就不能用于精度要求较高的场合, 如从传感器系统的硬件方面着手主要应在哪些方面进行改进? 若传感器的线性度较差, 从测量软件 and 数据处理方面着手提高传感器测量精度是否可行? 若可行请提出具体条件和解决方案。

九、 实验讨论、体会与建议等

实验三 基于 Labview 的悬臂梁振动测量实验

一、实验目的

- 1) 选择传感器，掌握相关传感器的测量原理、安装及使用方法。
- 2) 设计一个测试悬臂梁固有频率的自动测试系统，测出悬臂梁的固有频率和结构阻尼比，熟悉基本的数据处理方法。
- 3) 理解调制解调原理，能使用常用载波正弦波进行调制解调。

二、实验系统

2.1 实验设备

悬臂梁：梁的一端为不产生轴向、垂直位移和转动的固定支座，另一端为自由端。在工程力学受力分析中，比较典型的简化模型。在实际工程分析中，大部分实际工程受力部件都可以简化为悬臂梁。

测量悬臂梁振动频率可采用的方法有很多，如应变片，位移传感器，加速度传感器等。以加速度传感器和应变片为例，所需实验设备有：

- 1) 悬臂梁实验台
- 2) 加速度传感器、应变片
- 3) 数据采集卡 NI-9237, NI-9230
- 4) 电脑

2.2 实验原理

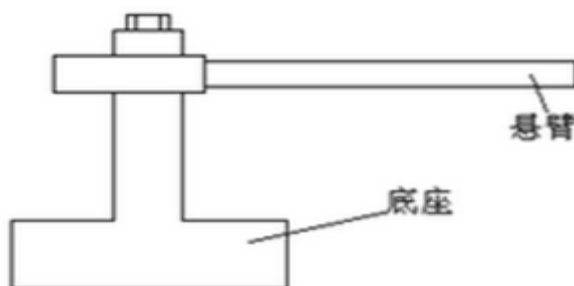


图 1 悬臂梁

固有频率：固有频率也称为自然频率(natural frequency)。物体做自由振动时，其位移随时间按正弦或余弦规律变化，振动的频率与初始条件无关，而仅与系统的固有特性有关（如质量、形状、材质等），称为固有频率，其对应周期称为固有周期。

阻尼：阻尼是指任何振动系统在振动中，由于外界作用或系统本身固有的原因引起的振动幅度逐渐下降的特性，以及此一特性的量化表征。

2.3 测试原理

- 1) 瞬态信号可以用三种方式产生，有脉冲激振，阶跃激振，快速正弦扫描激振。
- 2) 脉冲激励

用脉冲锤敲击试件，产生近似于半正弦的脉冲信号。信号的有效频率取决于脉冲持续时间 τ ， τ 越小则频率范围越大。

3) 幅值：幅值是振动强度的标志，它可以用峰值、有效值、平均值等方法来表示。
频率：不同的频率成分反映系统内不同的振源。通过频谱分析可以确定主要频率成分及其幅值大小，可以看到共振时的频率，也就可以得到悬臂梁的固有频率

4) 阻尼比的测定

自由衰减法：在结构被激起自由振动时，由于存在阻尼，其振幅呈指数衰减波形，可算出阻尼比。

5) 调制解调

测量的物理量经过传感器变换后得到的信号如果是一些低频信号，利用直流放大常会带来零漂和级间耦合等问题，造成信号失真。通常设法将这些低频信号进行调制后变成高频信号，然后用简单的交流放大器进行放大，避免直流放大带来的问题。在无线电中，为了防止发射信号的串扰，也需要将声频信号移到各自分配的高频、超高频频段上进行传输与接收，这中间也用到调制解调。

三、实验步骤

(1) 加速度传感器连接

以加速度传感器靠磁力吸在悬臂梁上，与传感器链接的 BNC 线接在动态采集模块 NI-9230 上。

(2) 应变片连接

实验测量的应变片采用半桥的电路连接方式（应变片已贴在悬臂梁上），实验用的采集设备为 DSUB 接口的 NI-9237，半桥连接方式如图 2 所示，需要连接的引脚已用红色圈出。

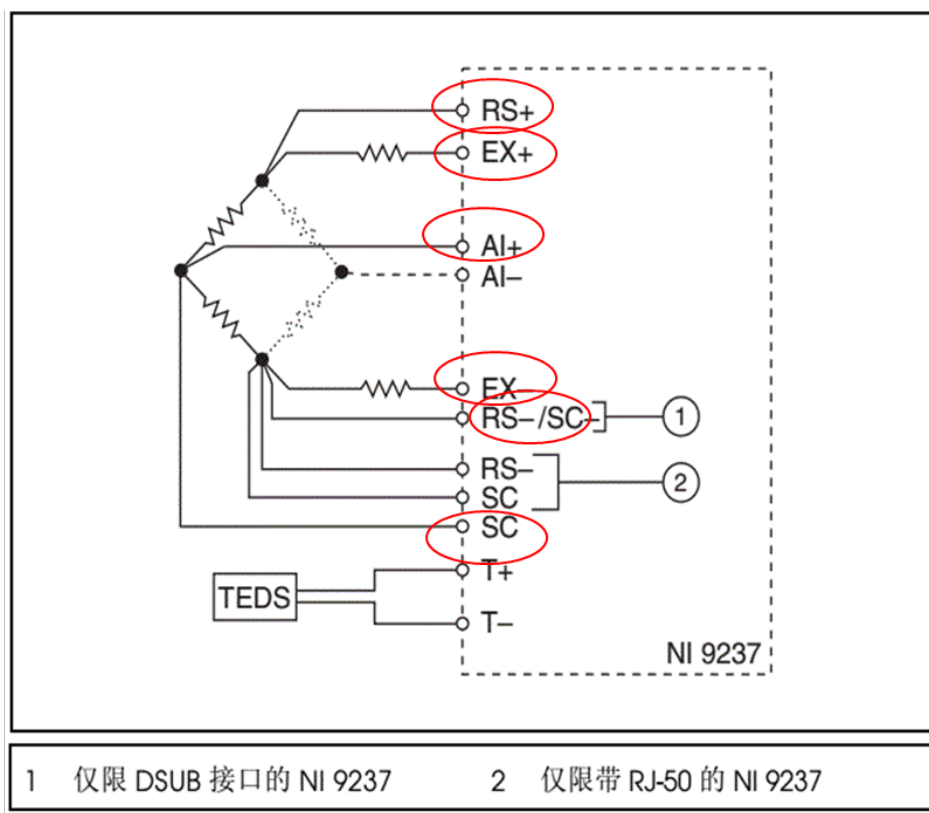


图 2 NI-9237 半桥连接方式

由于 NI-9237 引脚过多，需要使用 NI-9923 接线盒进行转接，接线盒及引脚对应编号如图 3 所

示。

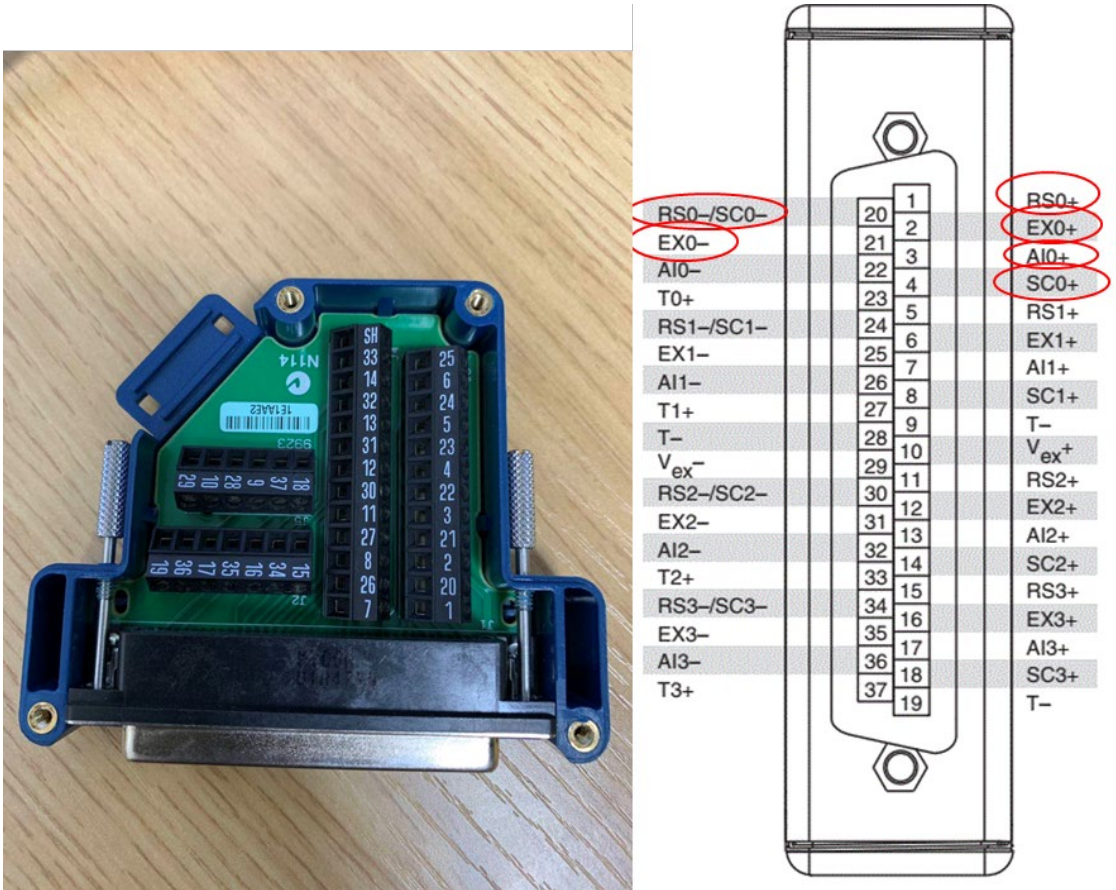


图 3 电桥引脚对应编号

(3) 编写采集程序采集自由振动信号

- ①连接传感器的信号线和电源线到采集模块，注意传感器类型，输出信号类型及范围，其中加速度传感器为电压信号；9237 板卡已将模拟量信号换算成应变变量，故应变信号输出直接选择应变。
- ②程序中需要设置触发，当敲击悬臂梁时开始采集，采集时间为 1-2s，将数据保存至 txt 文档。

(4) 计算悬臂梁固有频率

- ①将保存的数据生成波形，注意采样频率
- ②计算波形频谱，获得固有频率。

(5) 对测量的悬臂梁振动信号进行调制解调

选取应变或者加速度计测得的信号进行调幅调制解调。使用正弦波作为载波，对测量的物理信号进行幅值调制，分别显示载波信号，调制波信号，并使用同步解调和包络检波进行信号解调。调制前要注意信号频率、采样频率大小，选择合适载波频率，使用包络检波前要注意对调制前信号进行偏置。分别显示同步解调和包络检波后信号的波形，并显示调制后的频谱。

(6) 界面参考

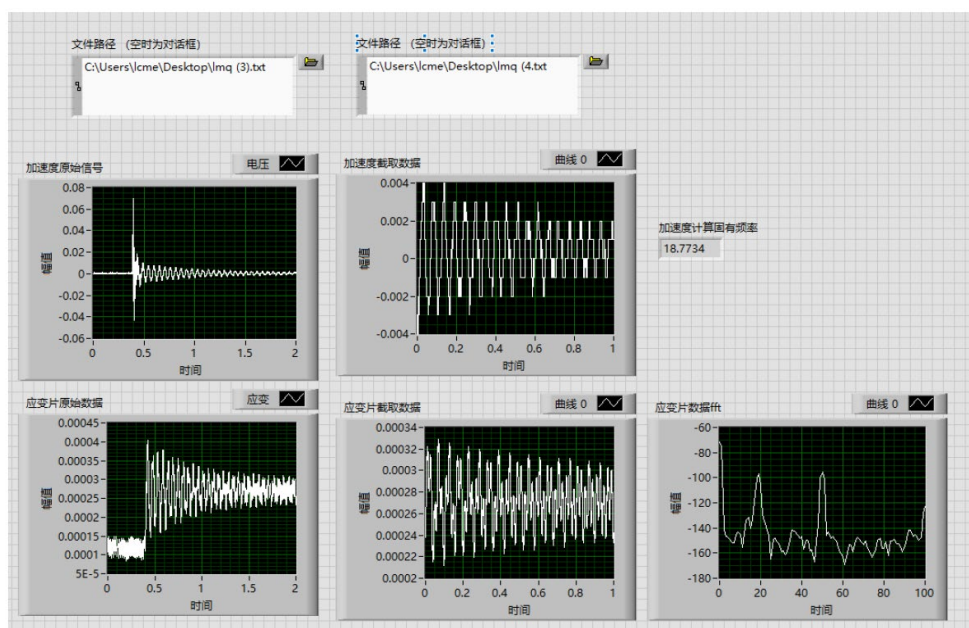


图 4 程序完成后界面（仅供参考）

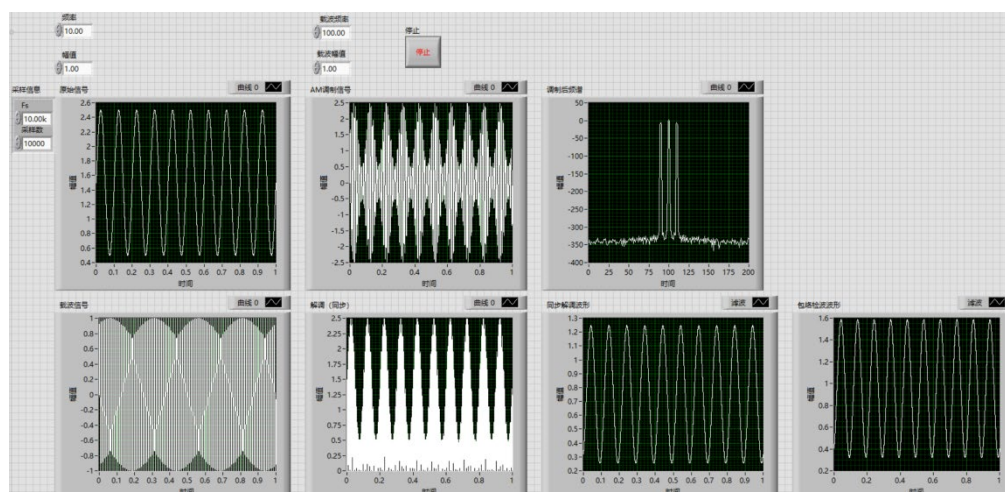


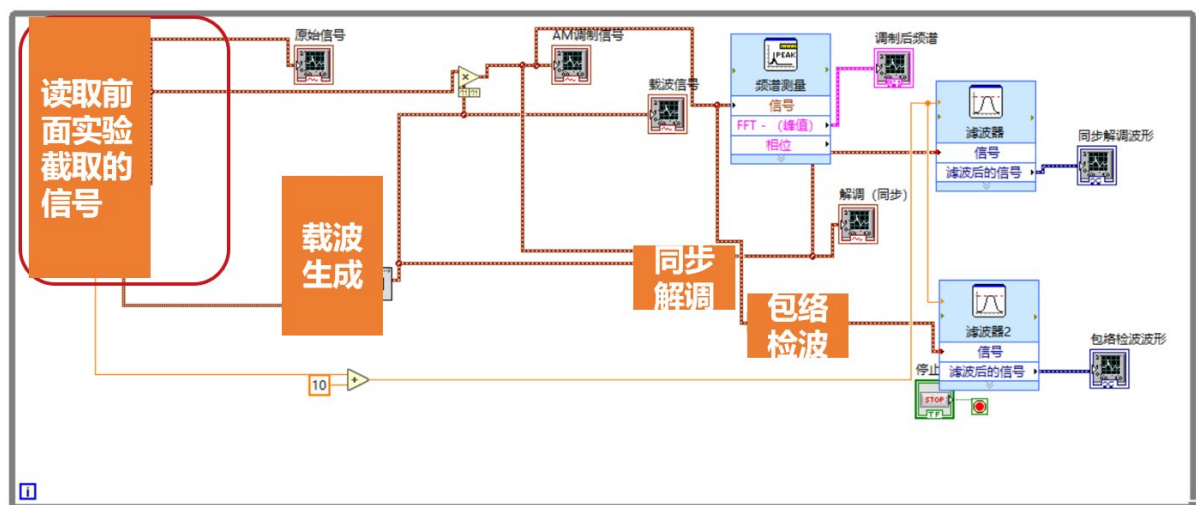
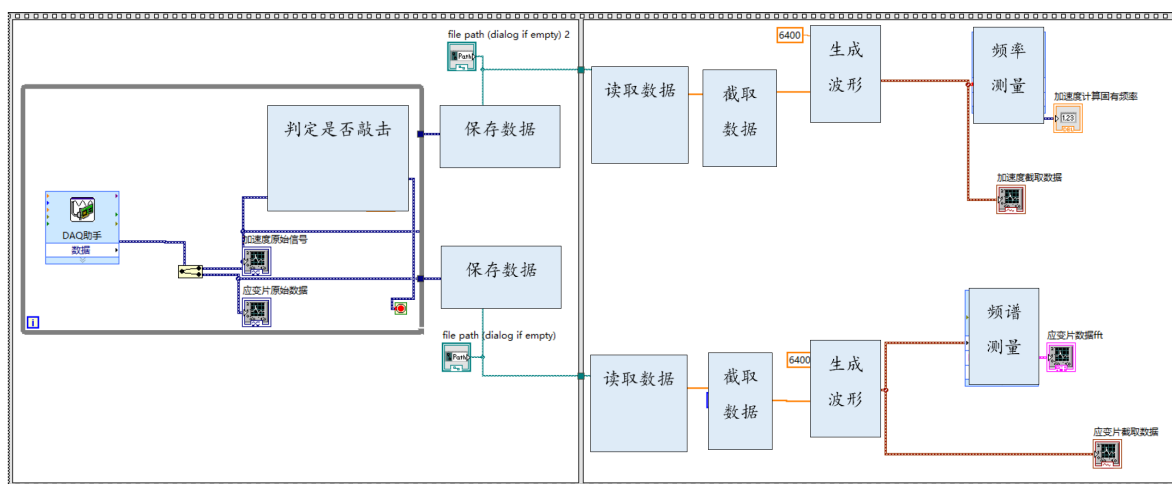
图 5 调制解调前面板（仅供参考，图中原始信号请使用实际测量的信号替代）

(7) 程序编写建议

①加速度传感器测量通道选择电压信号，应变片测量通道选择应变信号并在设置中设置成半桥模式。

②可能用到的函数 Express——单频测量/频谱测量/峰值测量，写入/读取电子表格（注意设置数据格式为保留 6 位小数），创建波形，拆分一维数组等。

(8) 程序结构参考



四、实验要求

- 1) 现场完成程序编写，分别通过加速度信号和应变信号计算梁的固有频率。选取其中一个信号进行调制解调。
- 2) 计算阻尼比。
- 3) 对测量信号进行调制解调，分别显示原始测量信号波形、调制后频谱、同步检波和包络检波后的波形。

