

实验一：简谐振动幅值测量

1. 实验目的

- 1、了解振动位移、速度、加速度之间的关系。
- 2、学会用压电传感器测量简谐振动位移、速度、加速度幅值

2. 实验仪器及安装示意图

实验仪器：INV1601B 型振动教学实验仪、INV1601T 型振动教学实验台、加速度传感器、接触式激振器。软件：INV1601 型 DASP 软件。

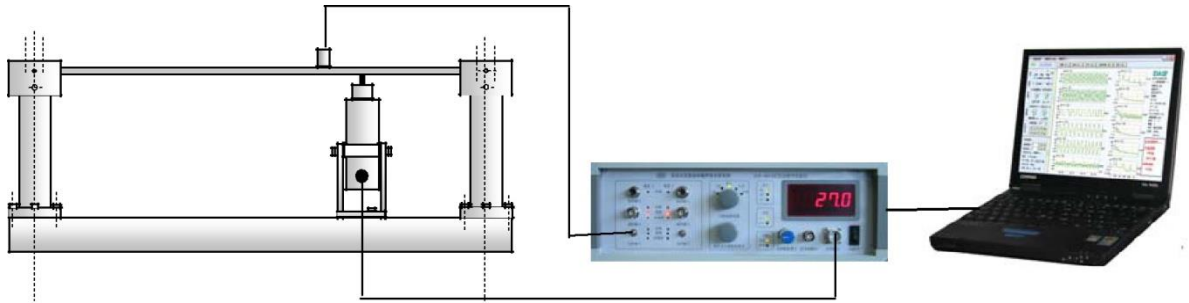


图 1 简谐振动幅值测量连接图

3. 实验原理

由简谐振动方程： $f(t) = A \sin(\omega t - \phi)$

式中： ω ——振动角频率 ϕ ——初相位

简谐振动信号基本参数包括：频率、幅值、和初始相位，幅值的测试主要有三个物理量，位移、速度和加速度，可采取相应的传感器来测量，也可通过积分和微分来测量，它们之间的关系如下：

根据简谐振动方程，设振动位移、速度、加速度分别为 x 、 v 、 a ，其幅值分别为 X 、 V 、 A ：

$$x = X \sin(\omega t - \phi)$$

$$v = x' = \omega X \cos(\omega t - \phi) = V \cos(\omega t - \phi)$$

$$a = x'' = -\omega^2 X \sin(\omega t - \phi) = A \sin(\omega t - \phi)$$

所以可以看出位移、速度和加速度幅值大小的关系是： $X = X$ ， $V = \omega X$ ， $A = \omega^2 X$ 。

振动信号的幅值可根据位移、速度、加速度的关系，用位移传感器或速度传感器、加速度传感器进行测量，还可采用具有微积分功能的放大器进行测量。

在进行振动测量时，传感器通过换能器把加速度、速度、位移信号转换成电信号，经过放大器放大，然后通过 AD 卡进行模数转换成数字信号，采集到的数字信号为电压变化量，通过软件在计算机上显示出来，这时读取的数值为电压值，通过标定值进行换算，就可计算出振动量的大小。

DASP 软件“参数设置”中的标定值设置

通过示波调整好仪器的状态（如传感器档位、是否积分以及程控放大倍数等）后，要在 DASP 参数设置表中输入各通道的工程单位和标定值。工程单位随传感器类型而定，或加速度单位，或速度单位，或位移单位等等。

标定值换算与设置参考“模拟输出电压转换成振动工程单位的方法”（P5）。

DASP 参数设置表中的标定值 K 为： $K = K_{CH} \cdot K_E (mV/U)$

4. 实验步骤

- 1、安装仪器把激振器安装在支架上，将激振器和支架固定在实验台基座上，并保证激振器顶杆对简支梁有一定的预压力（不要露出激振杆上的红线标识），用专用连接线连接激振器和 INV1601B 型实验仪的功放输出接口（实验仪上的功率幅度调节按钮应调到最小）。把带磁座的加速度传感器放在简支梁的中部（安放带磁座的传感器时，应注意不可使传感器承受过大冲击，以免传感器损坏），输出信号接到 INV1601B 型实验仪的加速度传感器输入端，功能档位拨到“加速度计”档的 a 加速度。
- 2、打开 INV1601B 型实验仪的电源开关，开机进入 INV1601 型 DASP 软件的主界面，选择单通道按钮。进入单通道示波状态进行波形示波。
- 3、在采样参数设置菜单下输入标定值 K 和工程单位 m/ss ，设置采样频率为 4000Hz，程控倍数 1 倍。
- 4、调节 INV1601B 型实验仪频率旋钮到 40Hz 左右，使梁产生共振。
- 5、在虚拟仪器库中选择高精度幅值计，可以得到单峰值、有效值、频率等信息。
- 6、改变档位 $v(mm/s)$ 、 $d(\mu m)$ 进行测试记录。
- 7、更换速度和电涡流传感器分别测量 $a(m/s^2)$ 、 $v(mm/s)$ 、 $d(\mu m)$ 。

5. 实验结果和分析

1、 实验数据

传感器类型	频率 f (Hz)	$a(m/s^2)$ 档	$v(mm/s)$ 档	$d(\mu m)$ 档
加速度	40.0	2.13	8.33	33.2
速度	40.0	1.56	6.27	23.0

2、实验分析

根据实测位移 x ，速度 v ，加速度 a ，按公式计算出另外两个物理量。

位移、速度和加速度幅值大小的关系是： $X = X$ ， $V = \omega X$ ， $A = \omega^2 X$

其中：

$$f = 40.0 \text{ Hz}$$
$$\omega = 2\pi f = 80\pi \text{ rad/s}$$

加速度传感器测量结果

由位移 x 计算速度 v 和加速度 a

$$X = d = 33.2 \mu\text{m}$$
$$\therefore V = \omega X = 80\pi \times 33.2 \times 10^{-3} = 8.34 \text{ mm/s}$$
$$A = \omega^2 X = (80\pi)^2 \times 33.2 \times 10^{-6} = 2.10 \text{ m/s}^2$$

由速度 v 计算位移 x 和加速度 a

$$V = V = 8.33 \text{ mm/s}$$
$$\therefore X = \frac{V}{\omega} = \frac{8.33 \times 10^3}{80\pi} = 33.1 \mu\text{m}$$
$$A = \omega \cdot V = 80\pi \times 8.33 \times 10^{-3} = 2.09 \text{ m/s}^2$$

由加速度 a 计算位移 x 和速度 v

$$A = a = 2.13 \text{ m/s}^2$$
$$\therefore X = \frac{A}{\omega^2} = \frac{2.13 \times 10^6}{(80\pi)^2} = 33.7 \text{ mm}$$
$$V = \frac{A}{\omega} = \frac{2.13 \times 10^3}{80\pi} = 8.48 \text{ mm/s}$$

速度传感器测量结果

由位移 x 计算速度 v 和加速度 a

$$\begin{aligned} X &= d = 23.0\mu\text{m} \\ \therefore V &= wX = 80\pi \times 23.0 \times 10^{-3} = 5.78 \text{ mm/s} \\ A &= w^2 X = (80\pi)^2 \times 23.0 \times 10^{-6} = 1.45 \text{ m/s}^2 \end{aligned}$$

由速度 v 计算位移 x 和加速度 a

$$\begin{aligned} V &= v = 6.27 \text{ mm/s} \\ \therefore X &= \frac{V}{w} = \frac{6.27 \times 10^{-3}}{80\pi} = 24.9\mu\text{m} \\ A &= wV = 80\pi \times 6.27 \times 10^{-3} = 1.58 \text{ m/s}^2 \end{aligned}$$

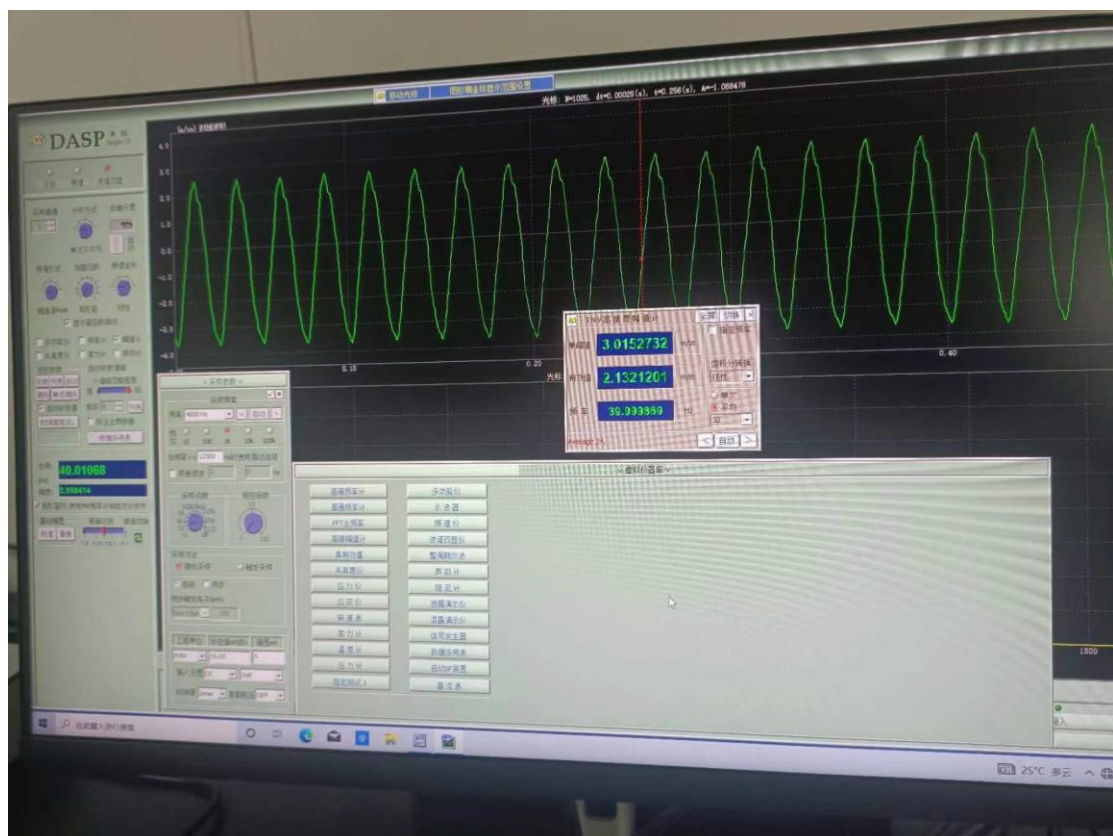
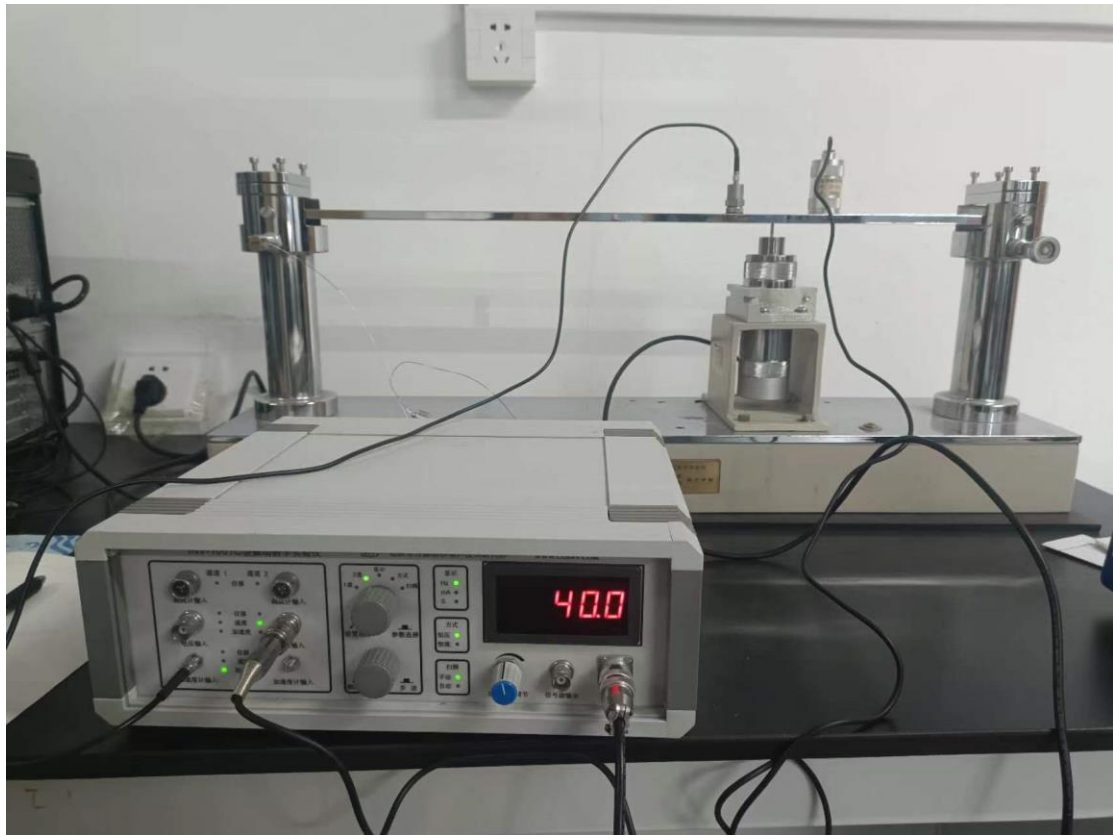
由加速度 a 计算位移 x 和速度 v

$$\begin{aligned} A &= a = 1.56 \text{ m/s}^2 \\ \therefore X &= \frac{A}{w^2} = \frac{1.56 \times 10^{-6}}{(80\pi)^2} = 24.7\mu\text{m} \\ V &= \frac{A}{w} = \frac{1.56 \times 10^{-6}}{80\pi} = 6.21 \text{ mm/s} \end{aligned}$$

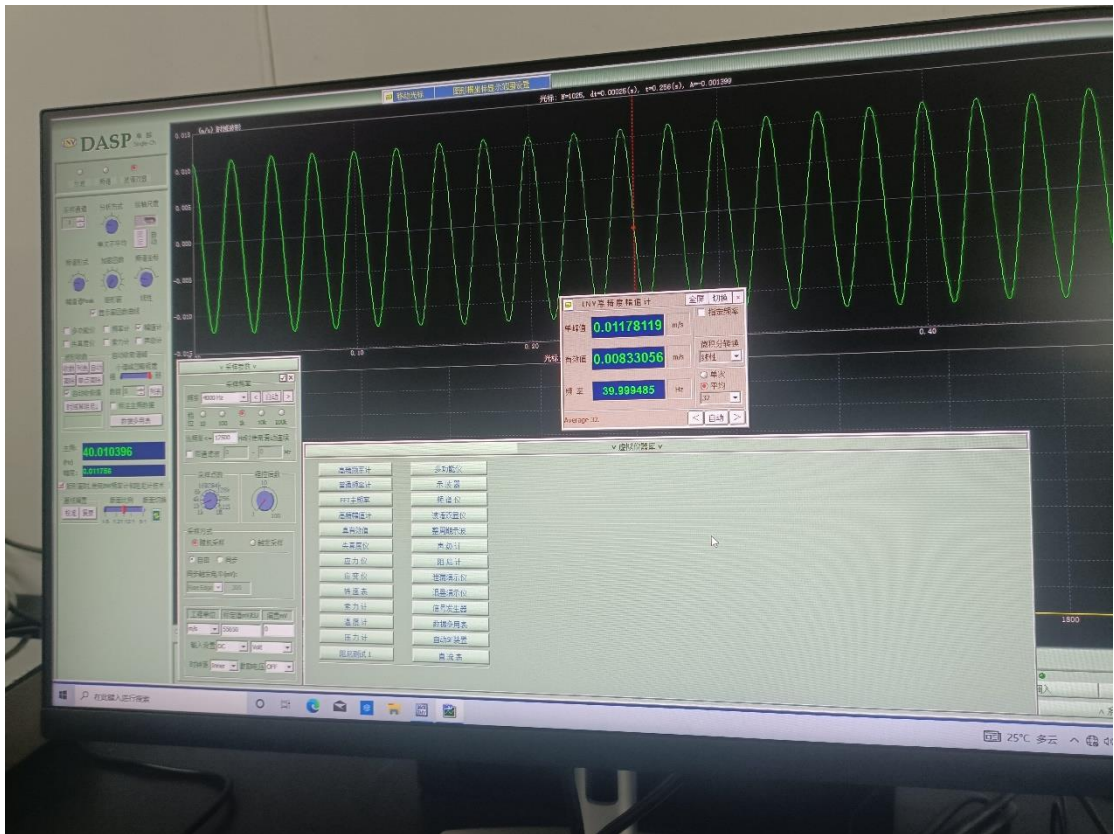
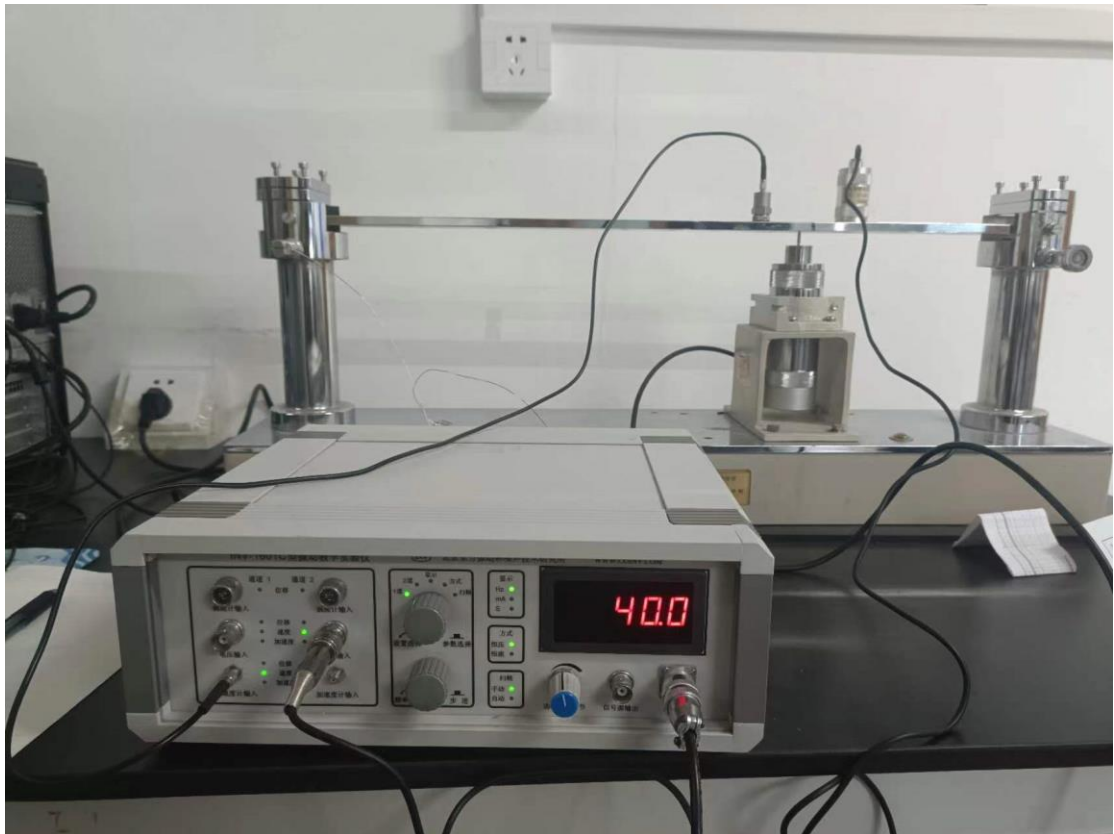
通过对比可以发现，计算所得结果与实验测量结果非常接近。

附 实验设置与原始数据

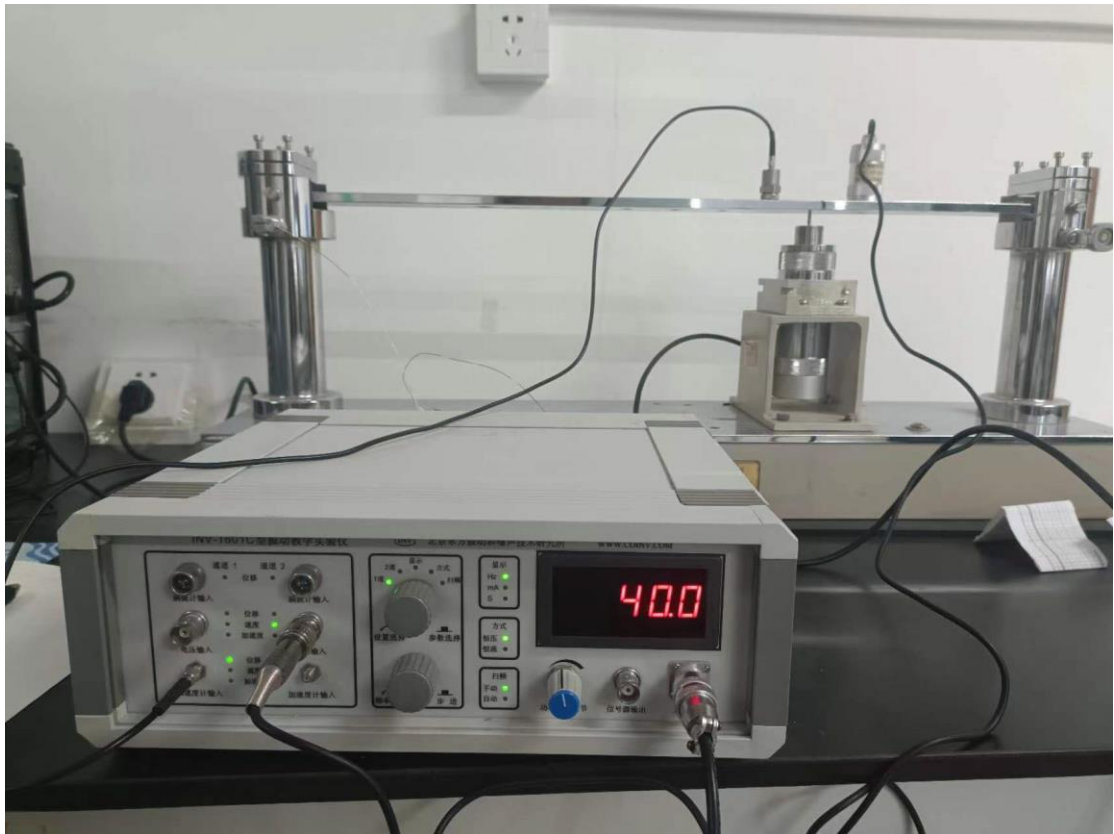
加速度传感器测量加速度结果



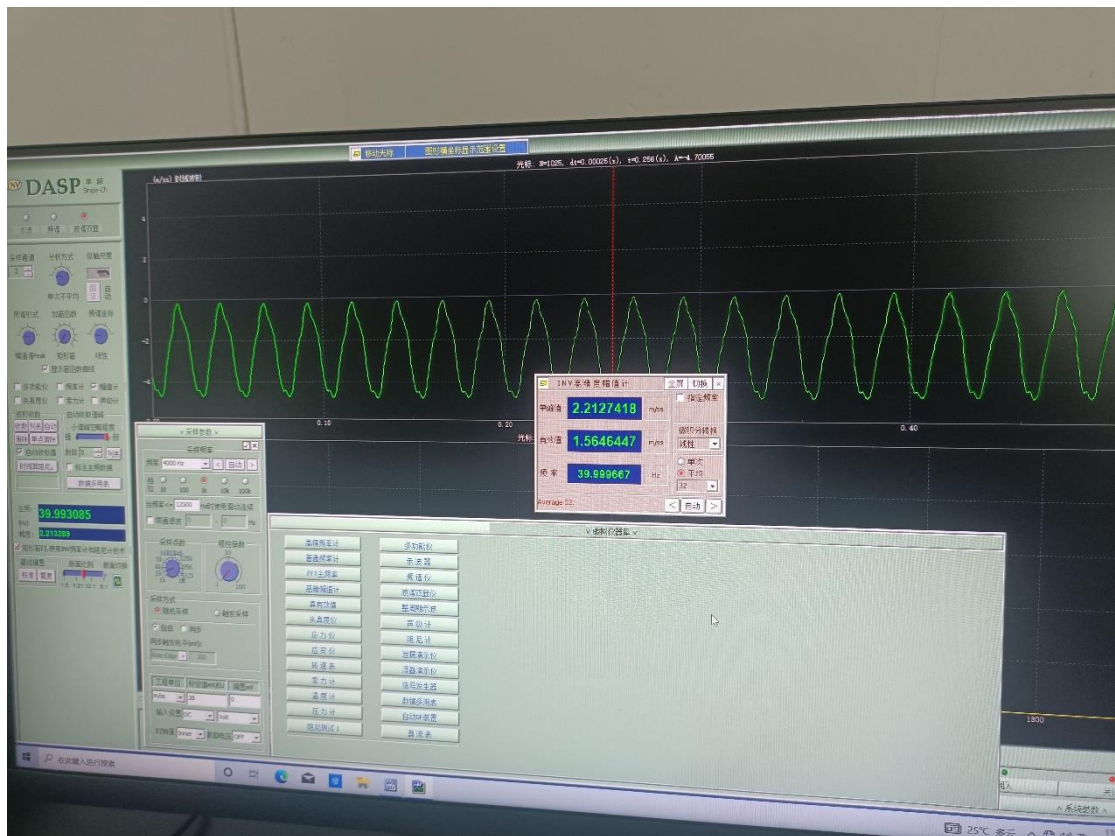
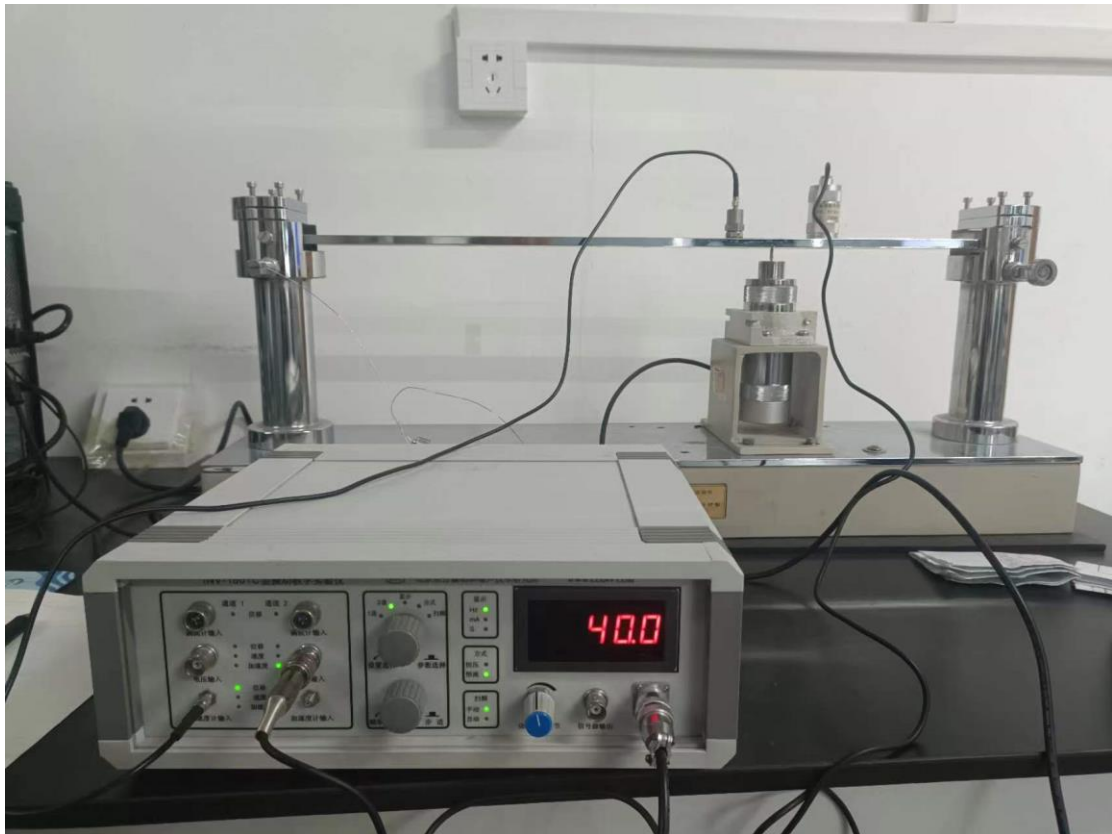
加速度传感器测量速度结果



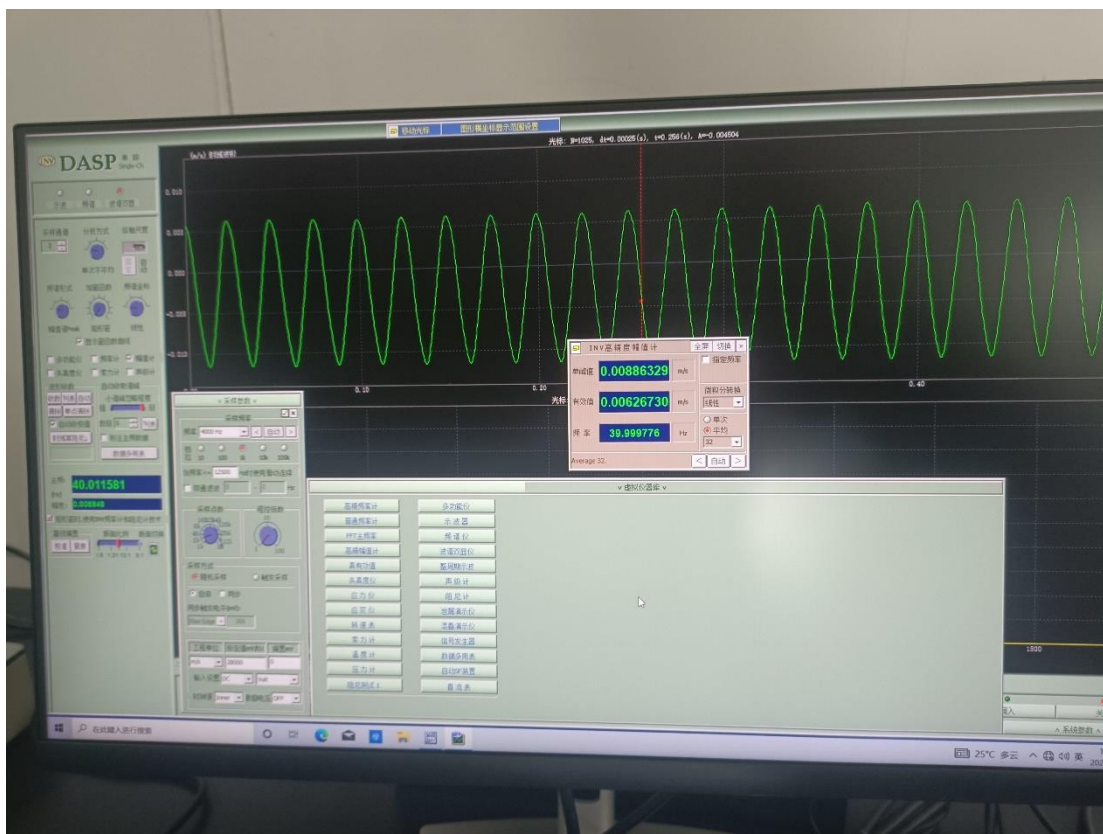
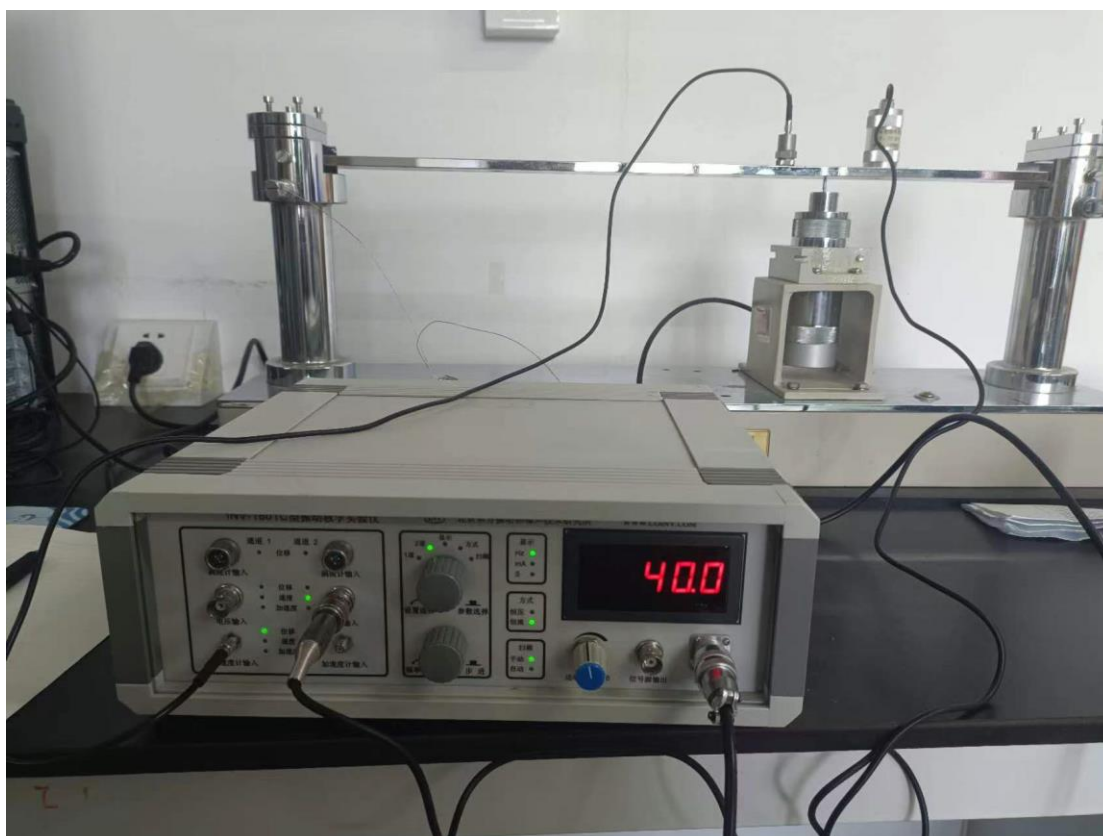
加速度传感器测量位移结果



速度传感器测量加速度结果



速度传感器测量速度结果



速度传感器测量位移结果

