

实验一 振动测试系统的搭建

和简谐振动振幅、频率测量

一、实验目的

- 1、掌握压电加速度传感器和电荷放大器的性能与使用方法。
- 2、掌握基于虚拟仪器技术的振动测量方法。
- 3、掌握测试信号的频率域分析方法。

二、实验设备

Labview8.2 软件、NI CompactDAQ 数据采集系统、普通计算机、加速度压电式传感器、电荷放大仪、等强度悬臂实验梁、振动电机，电机调速装置和导线若干。

三、实验原理

1.1 振动测试简介

机械振动是各种机器工作过程中经常发生的现象，振动问题是机械工程领域一个十分重要的研究课题。但工程实践中复杂的振动现象并非都能通过理论分析得出可靠结果，此时往往需要求助于实验手段。而且理论分析结果的正确性也需要通过实践来验证，这就使振动测试在振动研究中占有重要地位。

一般振动测试分为两类：一类是测量存在振动的对象某些点的位移、速度和加速度，在时域中得出振动的强度。通过频谱分析估计振动的根源，用于故障诊断与分析。这类测试本身相对并不复杂，但后续的处理涉及到更多的理论问题，不属于本次实验的内容；另一类是对结构施加激励使其振动，通过振动测试研究结构的力学动态特性。本次实验进行这一类测试。

1.2 振动测试系统硬件结构

振动测试实验系统硬件结构如图 1-1 所示。

我们用可调速的振动电机使被测悬臂梁产生受迫振动。被测梁的振动信

号经压电晶体加速度传感器拾振、电荷放大器将电荷转变为电压并放大后传递到数据采集卡。同时振动信号还可以通过交替变化的应变信号测得。

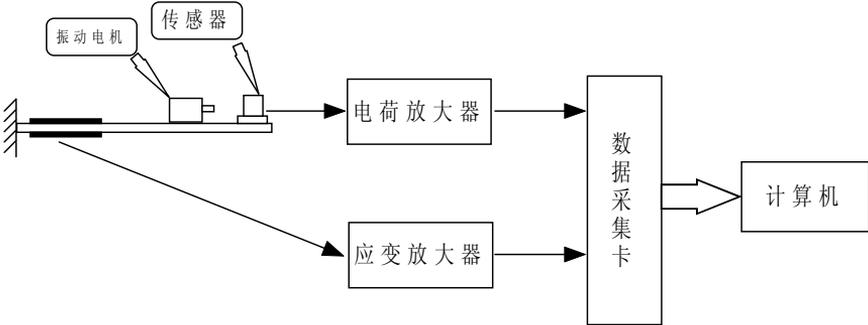


图 1-1 振动测试实验系统

1.3 振动测试系统软件结构

系统软件结构如图 1-2 所示。

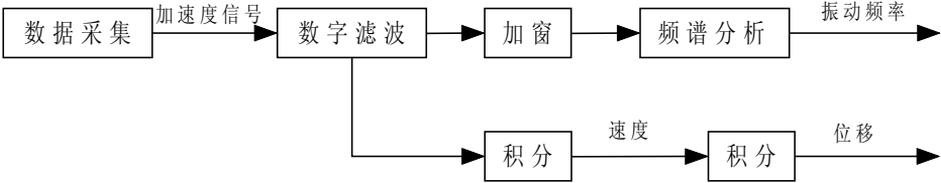


图 1-2 虚拟仪器振动测试实验系统软件结构

数字滤波部分采用 Analyze→Signal Processing→filters 函数子模板的巴特沃斯滤波函数 Butterworth Filter，设置为低通滤波，滤除信号中的噪声和不需要的频率成分。根据本次实验条件选择滤波器截止频率 400Hz。

积分模块用 Analyze→Signal Processing Time→Domain 函数子面板中的 Integral x(t) 函数。它的算法是：

$$y_i = \frac{1}{6} \sum_{i=1}^n (x_{i-1} + 4x_i + x_{i+1}) dt \quad i = 1, 2, \dots, n-1 \quad (1-1)$$

式中 n 为数组长度。

积分函数进行加速度变化率的累加，求得当前速度。再进行速度变化率的累加，求得当前位移。

为了减小或抑制频率泄露，采用汉宁窗函数对时域信号进行加权处理。

频谱分析模块选用了 Analyze→Signal Processing Time→Frequency Domain 函数子模板中的三个函数。Auto Power spectrum 函数用快速傅里叶变换计算出时域信号的自功率谱；Spectrum Unit Conversion 函数将自功率谱转换为需要的格式；Power& Frequency Estimate 函数计算出自功率谱中的频率峰值。

1.4 固有频率与阻尼比测试

梁的固有频率的理论计算公式为

$$f_n = \frac{A}{2\pi} \sqrt{\frac{EI}{\rho SL^4}} \quad (1-2)$$

式中:E—梁的材料弹性模量;

I—梁的截面惯性矩(参考值:梁截面宽 30mm,高 7mm);

L—梁的长度(参考值:570mm);

ρ —梁的材料密度;

S—梁的截面面积;

A—振型常数:一阶 3.52,二阶 22.40。

实验中用共振频率近似代替被测系统的固有频率。在激振过程中记录被测梁的振动频率与对应的位移振幅,得到其幅频特性曲线。幅频特性曲线峰值处就是实际测量的共振频率,如图 1-3 所示中的 f_0 。实验中可以求出 3 阶固有频率。

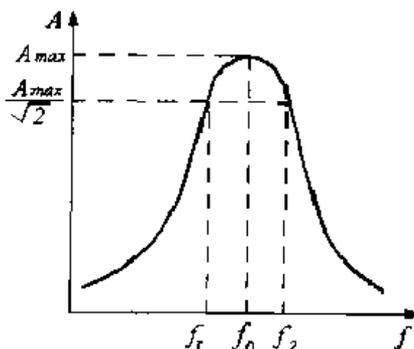


图 1-3 幅频特性曲线

用幅频特性曲线可以近似求出被测梁的阻尼比。

$$\xi = \frac{f_2 - f_1}{2f_0} \quad (1-3)$$

式中： f_0 —系统固有频率：

f_1 f_2 —幅值为系统固有频率对应幅值 $1/\sqrt{2}$ 的频率。

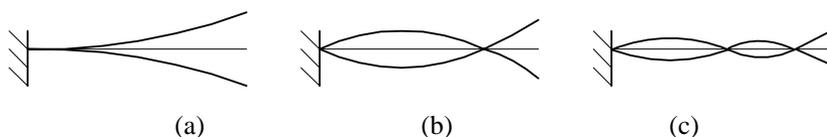


图 1-4 等强度梁横向振动的一阶主振型(a)、二阶主振型(b)和三阶主振型(c)

四、实验内容和要求

运行振动测试程序，从测试前面板上读出被测对象的振动加速度、速度和位移量以及频率值。在共振频率附近记录频率和振幅值。共振频段参考值：一阶(约 10Hz)，二阶(约 40Hz)。每段记录最多 15 对数据

- 1、画出振动测试实验的虚拟仪器软件结构。
- 2、说明电荷放大器在振动测试中的作用。
- 3、绘制梁的幅频特性曲线。
- 4、根据幅频特性曲线求出梁的一、二阶固有频率，按公式计算梁的固有频率与测试结果进行比较。
- 5、根据公式求出梁的阻尼比。