

# 用计算机技术标定测力传感器

袁茂竹 方 新

(中国科学院力学研究所)

**摘要** 本文提出用计算机技术标定压电测力传感器的方法。提高了标定精度，方便可靠地得到传感器的动态和静态性能，迅速处理大量标定数据；适于实验室中标定压电测力传感器。

**关键词** 标定，测力传感器。

## 1 引言

测力传感器是一次转换元件，是实验力学和测力系统不可缺少的手段。准确标定测力传感器，为力的量值正确传递和测力数据精确提供保证。

尽管各种测力传感器的测力范围和结构等方面有所不同，但标定时多数都有加载—卸载过程，将计算机的功能引入测力传感器的标定过程，可以显示出标定过程，直观、取值准确，从而提高标定精度。能迅速处理大量标定点的多次标定数据；能同时得出测力传感器的静态和动态性能，完成标定曲线。下面以压电测力传感器为例阐述有关的标定方法<sup>[1,2]</sup>。

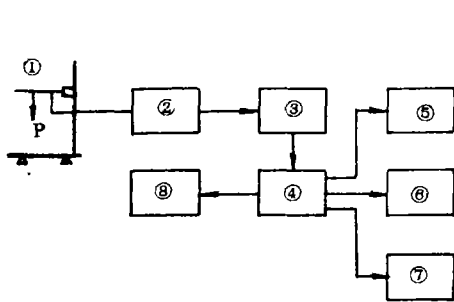
## 2 标定设备

通常标定压电测力传感器时，它与电荷放大器相连。电荷放大器输出电压用数字电压表测值。每次卸载或加载标定点，立即读取示值。取值后立即回零；重新开始下一次标定。然而传感器标定过程通常采用瞬间突然卸载或加载的方法。测力传感器内的应变部分具有弹性，因此有相应的振动产生。那么显示力值由于振动而不固定；早取值不易取准，等振动消失则时间过长，由于电荷泄漏取值亦不准。精确定出达到标定点这一时刻并定出相应力值是困难的。人为因素较大，容易给标定引入误差。

利用图1所示的计算机和设备组成的系统进行标定（其他标定条件按常规要求）。将待标定的压电测力传感器固定在标定支架上。加载重量为 $P$ ，测力传感器受力后产生的电荷经电荷放大器转换为相应电压 $V$ 。计算机对 $V$ 采样，然后突然卸载。此加载—卸载过程相应电压值 $V$ 经12bit的A/D转换给计算机提供数据（分辨约1mV）。计算机以1000Hz/s的采样频率对标定全过程采集数据。标定过程结束后在屏幕上显示出标定全过程相应的电压变化图形，示于

1990年11月16日收到

图 2. 打印出必要数据并将数据存盘。



①测力传感器及支架 ②电荷放大器 ③A/D 转换  
④计算机 ⑤打印机 ⑥绘图仪 ⑦存储器 ⑧显示屏  
图 1 标定系统

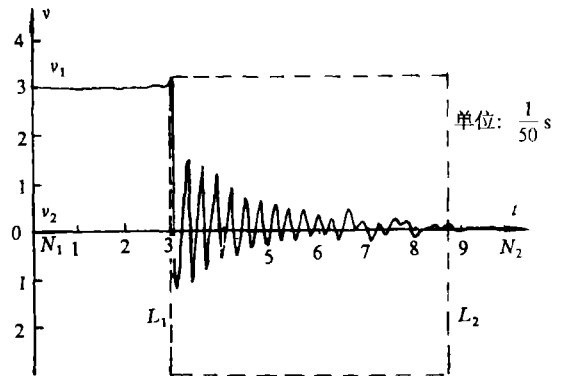


图 2 标定全过程电压波形图

### 3 标定程序所完成的功能

标定程序的框图示于图 3，实际采样数据比图 2 示出的图线部分多。采样持续期我们选择 10 秒。每次采样结束计算机自动捕捉卸载过程前后的变化曲线。同时自动在屏幕上显示卸载过程电压变化曲线。

图 2 中压电测力传感器加载  $P$  时，产生的电荷的平均电压值为  $V_1$ ，相应起始点为  $N_1$ 。突然卸载后测力传感器中力—电应变体以自身固有频率振荡。为了精确定出卸载后电压值，还可将振荡波形尾部图线放大显示于屏幕上，以提高分辨率。定出卸载后相应电荷放大器输出电压位置  $N_2$ ；在  $N_2$  点 1/16 后秒内取电压波形尾部平均值，定作  $V_2$  值。 $N_1N_2$  间反映了加载—卸载的标定全过程。若  $N_1N_2$  不合适也可以人工键入平移指令，选择  $N_1N_2$  点。并以  $V_2$  值定为图 2 中横座标轴线。由  $V_1$  和  $V_2$  值得出卸载量  $\Delta P$  相应电压变化量  $\Delta v$ ，即静态标定值。对每个标定可多次重复上述过程。经多个 ( $n$ ) 标定点则

$$\Delta V = k \Delta P$$

其中， $\Delta P$  为瞬时卸载值， $\Delta v$  为相应电压变化值， $k$  为传感器的灵敏度。由上式可定出传感器的灵敏度。

为了求出传感器的动态性能，在标定过程的图线上取压电测力传感器突然卸载其应变体振动时相应的电压变化曲线部分。在图 2 上，人工键入平移指令，选择出  $L_1, L_2$  点。将  $[L_1, L_2]$  取作 FFT 的窗口位置。将  $[L_1, L_2]$  位置内的数据作 FFT，得出测力传感器

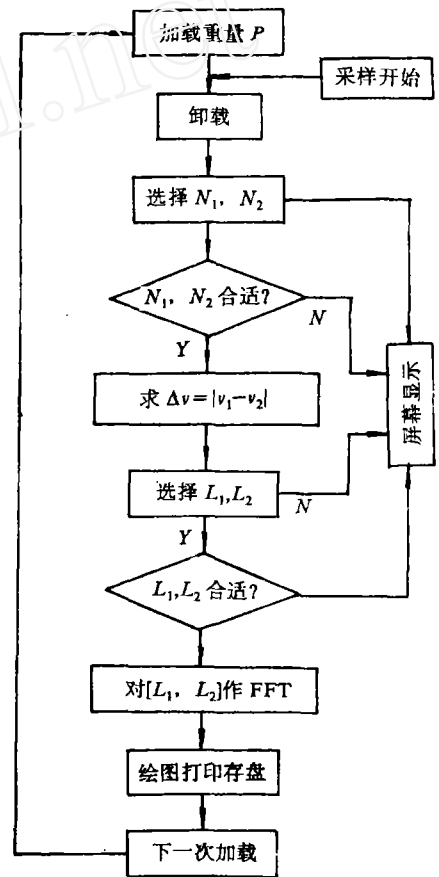


图 3 标定程序框图

的频谱特性,如图4所示。根据频谱特性曲线峰点值则定出此压电测力传感器的固有频率,得出它的动态响应性能。不同的 $L_1$ , $L_2$ 选择值,只改变图4的形状,但其峰值位置不变,输出并打印出上述所确定的特征量值。绘图仪将屏幕已选择好的图2,图4相应曲线绘出。将所得出的数据处理存盘,完成一次标定。

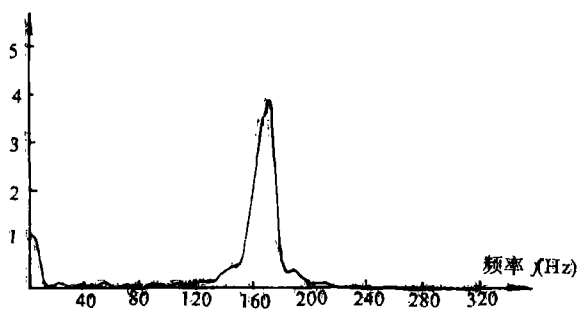


图4 测力传感器频谱特性(固有频率为170Hz)

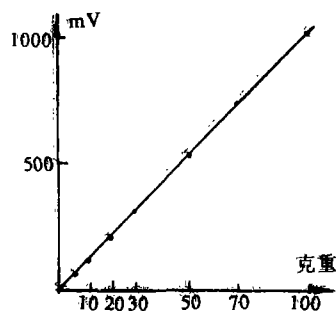


图5 测力传感器标定曲线

利用计算机的数据处理能力将各个标定点的多次重复标定数据再进行众所周知的数据处理,排除掉随机因素后得出测力传感器的固有特性曲线。如图5所示的标定曲线,这一部分不再赘述。

#### 4 结束语

对压电测力传感器的标定过程引进计算机的功能,对标定过程的数据实时采集并存储标定数据。再从计算机内存和磁盘中调用有关数据,将过程的图线显示于屏幕,较精确得出标定值。取值可靠,避免了在标定过程中同时进行人工观测,除去人为和不稳定因素,各次同一点标定数据也较集中,从而提高了静态和动态标定精度。计算机的各种功能及数据处理能力使测力传感器标定工作大大简化。此方法使用几年来证明标定可靠,精确度提高<sup>[3]</sup>。

#### 参 考 文 献

- [1] 中国计量科学研究院压力室,精密线性压力传感器静态标定方法,1982.4.
- [2] Randercat, J. Van., Setteringington, R. E., Piezoelectric Ceramics, Mullard Limited. (1974). (压电陶瓷,科学出版社1981)
- [3] 袁茂竹、高宇欣,用于振荡水流中的测力传感器,中国科学院力学研究所,力学与实践,1990, No 2.

## Calibration of Piezoelectric Force-transducer by Computer

Yuan Maozhu Fang Xin

(Institute of Mechanics, Academia Sinica)