

# 常规测量指南-如何进行声音与振动的测试

## 概览

美国国家仪器公司的《常规测量指南》是获取常用传感器和信号测量信息的统一资源入门指导。以下每一个文档讲到相应信号/传感器的工作原理，并且提供如何测量的指导。这些文档的目的是帮助您快速开始测量工作。

## 声音与振动以及 IEPE 传感器总述

振动是有质量的物体发生在平衡点附近的机械振荡运动。常见的振动机械系统的例子有弹簧-质量-阻尼系统，如图 1 所示。振动同样可以发生在表面，如机翼、铜锣等。振动需要消耗能量并且引起疲劳应力和噪音，所以在多数情况下是需要避免的。通常系统设计多需要减小此类振动所带来的影响。但是，振动结构也会产生压力波或者声音，如同乐器一样。

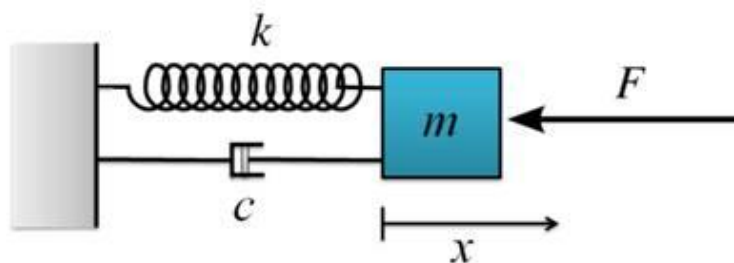


图 1.弹簧-质量-阻尼系统

声音与振动在本质上是不同的介质传播的。如同振动可以发出声音，声波在空气中传播时也会引起固体物质的振动。因为在理论层面上，两者之间是相互联系的，所以测量声音与振动在从本质来看也是相似的。

您可认为声音与振动都是振荡，最简单的振荡就是正弦波形，其表达式是以时间作为参数的公式

$F(t) = A\sin(\omega t + \varphi)$ ，其中角频率  $\omega$  和相位差  $\varphi$  为固定值。角频率  $\omega$  的单位是弧度每秒（弧度/秒），同频率  $f$  (赫兹或者秒<sup>-1</sup>) 相关，两者关系式为： $\omega = 2\pi f$ 。角频率是通常和相位差  $\varphi$  一同提起。相位差  $\varphi$  是对应起始时间  $t_0$  的波形位移，常用度 (°) 或者弧度 (rad) 表示。

## 声音振动测量分析

在实际应用中，实测的电压信号是包括多重频率成分的复杂波形。声音振动分析一般包括确认和检查这些频率成分。为了实现这步，您必须通过拉普拉斯、z 形或傅立叶变换等数学方法将信号从时域转换到频域上。特别是傅立叶分析，因为其涉及到分贝（dB）幅度，并且同信号中每个频率成分的相位差  $\varphi$ （度或弧度）都有关联。

## IEPE 传感器

用于测量声音振动的典型参数分别是加速度和声压位准。这些参数常用加速度计（震荡和振动）和扩音器（声音）来测量。

许多测量加速度和压力的传感器都是基于压电原理的。压电效应指的是陶瓷或水晶晶体经过抗压应力产生电势的特性。这些机械应力由加速度、应变或压力等引起。在使用扩音器的情况下，声音的压力波引起横隔膜或薄膜的振动，将能量传递到周围的压电晶体上。而加速度计装有震动量，其直接对震荡和振动产生反馈，将力作用在周围晶体上。产生的电压大小同晶体的内部压力成比例。

IEPE 是压电式传感器的一个特殊类别，设计中它在压电晶体后安装了一个放大器。由于压电式传感器产生的电压很小，所产生的电子信号容易受到噪音影响，所以必须使用灵敏电子器件来放大和制约信号，降低输出阻抗。因此 IEPE 将灵敏电子器件安装得离传感器越近越好，以减少噪声干扰，确保了组装的便捷。常规 IEPE 传感器使用外部直流电源来提供激励，根据压电晶体接收到的不同电量来调整输出电压。IEPE 在传感器激励（电流）和信号（电压）输出时只用一到两根线。

## 如何进行声音与振动的测试

声音与振动的信号调理电路是很简单的。测量加速度和声压值的典型系统包括以下元件：

- 传感器
- 传感器激励电源
- 合适的消除噪音接地装置
- 消除系统直流偏移的交流耦合
- 使用仪器放大器来提高传感器的信号质量
- 在数据采集系统中加入抗混叠低通滤波器的同时，还能降低新好的噪声幅度
- 使用同步的采样保持电路以保证通道之间信号的同时性

如前所述，声音与振动的测试容易受到噪音的影响。您可以通过合理将系统接地的方法来减少影响，也可以对信号进行适当的调理或将传感器接地的方法，来避免环形接地现象和浮地节点的出现。如果传感器接地，连接是不同的。如果传感器是浮地的，那么就必须将信号调理系统的反相输入接地。

传感器获取的信号包括直流和交流两个部分，直流部分可将交流部分偏移零点。交流耦合可以通过连接信号的电容器，消除系统中的直流偏移。交流耦合传感器系统可消除由老化和温度效应引起的传感器长期直流漂移，从而显著地提高了分辨率，扩大了系统的可用动态范围。

在精密测量过程中，系统的采样率必须至少是被采集信号频率的两倍。为了确保频率范围采样正确，在 ADC 前安装低通滤波器。这样就能够确保您减小高频噪声的影响，也可以保证高于采样率频率二分之一的混叠信号成分不会影响到测量结果。

## 传感器同测量仪器的连接

举例：NI 9234 C 系列模块，是专门为加速度计和扩音器测量设计的。（如图 2 所示）NI 9234 能够以 51.2kS/s 的采样速率，同时采集四个模拟输入通道。并且提供软件可开关的 IEPE 信号激励、交流/直流耦合、以及抗混叠滤波功能。

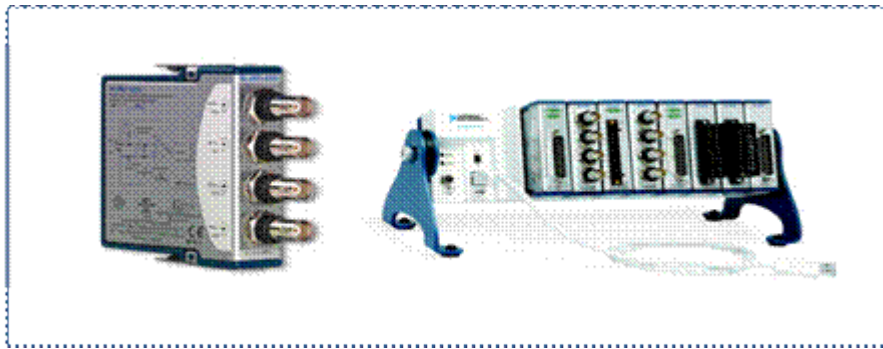


图 2. 使用 NI CompactDAQ 底板的 NI 9234 C 系列模块

该模块有四个 BNC 接头，每个都能够连接到一个 IEPE 传感器上（如图 3 所示）。接头的中心节点，AI+提供直流激励和被测交流信号连接。接头的外壳，AI-提供激励返回通路和被测交流信号地线。

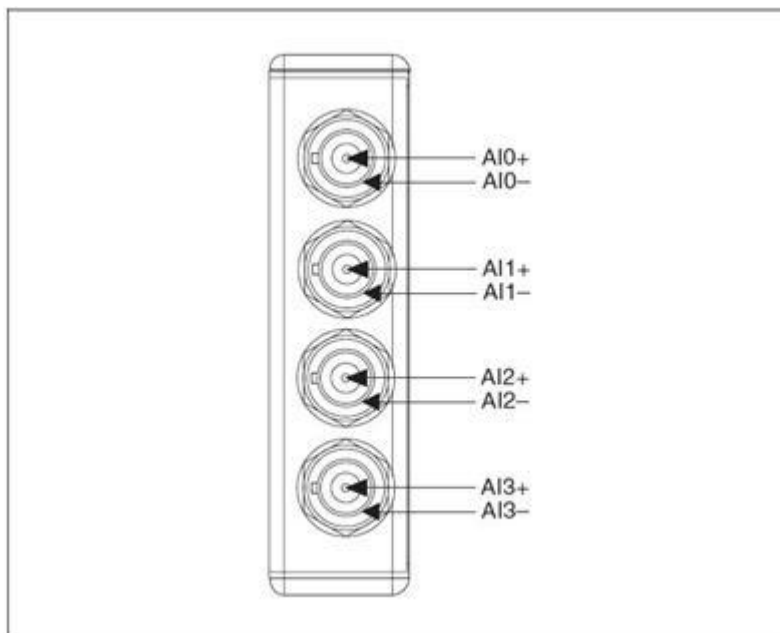


图 3. NI 9234 BNC 接头分配

IEPE 传感器需要一个合适电缆和/或接头连接到 C 系列模块的 BNC 输入端。三坐标轴加速度计有三个输出，一个坐标轴对应一个采集通道，每个都需要独立的信号激励源。

NI9234 既可以连接接地的 IEPE 传感器，也可以连接浮地的 IEPE 传感器，但是必须使用浮地连接以防止接地噪音的引入。典型的 IEPE 传感器与地之间是电气隔离的，所以 NI 9234 同传感器的连接即使在传感器接地的情况下，也是浮地连接的。

## 熟悉您的测量系统-NI LabVIEW

合理配置您的系统硬件后，就可以使用 LabVIEW 图形化编程环境采集并显示数据了。（如图 4 所示）

在软件使用中，您可以使用谱（频域）分析函数，将采集电压转换成频波形。一个简单的例子就是快速傅立叶变换 FFT 功能。您也可以从美国国家仪器公司为您提供的众多工具中选择更高级的数据软件来完成数据处理的操作，如 NI 声音与振动测试套件。

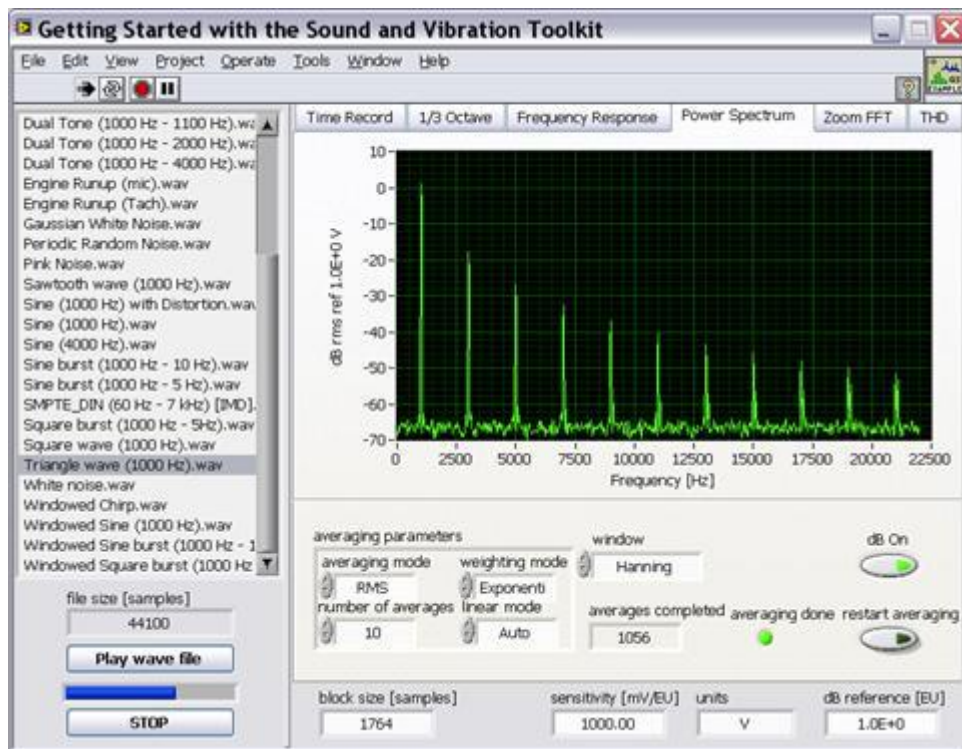


图 4. 使用 NI 声音与振动工具包计算出的功率谱