

传感器选型指南

一、概述

我司主要生产压电加速度传感器，按被测量分类主要可分为三大类：振动、冲击、压力。

振动、冲击类：我司强项产品之一，目前我司测量振动、冲击（加速度，速度和位移）类的传感器产品有 3 大系列，约 100 个型号，基本能够满足各种用途对振动、冲击的测量要求。振动、冲击（加速度、速度和位移）类的传感器 3 大系列是：

1. AY 系列内装 IC 压电加速度传感器；
2. AY-D 系列压电加速度传感器；
3. AY-YD 系列石英压力传感器；
4. AY-J、AY-F 特型类传感器；

力传感器类：AY-YD 系列压电石英传感器。AY-YD 系列压电石英力传感器主要用于测量动态，短期静态的振动和冲击力，机械结构的拉伸和压缩力，量程范围：100kg-30t。

特型类：为解决用户使用中的一些特殊问题，方便用户使用，我司还生产多种特型传感器和传感器辅助产品。特型传感器如：防水密封型传感器，对地绝缘型传感器，工业双层外壳绝缘屏蔽型和力锤等；传感器辅助产品如：磁力安装座及粘结座（HS 系列）等。

二、工作原理及特点

1. 压电传感器

压电传感器是一种机电换能器，它利用压电元件——压电陶瓷，压电石英等的电效应：当压电传感器受到力 F （对于振动加速度传感器，这个力 $F=ma$ ，其中 m —加速度传感器内部质量体质量， a —振动加速度）作用后，其内部的压电元件上也受到同样大小的力 F ，根据“压电效应”原理，压电元件的两面就产生一个与这个力 F 成正比的电荷。

压电传感器特点：

- (1) 自生电荷、结构简单、坚固，安装、方便；
- (2) 尺寸小、重量轻（最轻仅为 0.2 克）、寿命长；
- (3) 频率响应范围宽（可高达 100KHz）、量程范围大（加速度计可高达 100,000g）；
- (4) 稳定性好、耐高温可达 700℃；
- (5) 不适于静态测量。

二、压电传感器的选择和安装

（一）传感器的选择

压电加速度传感器有很多种型号，每一种型号都有自己特别适用的某些用途。为了获得高保真度的测试数据，我们必须根据测试的使用要求，选择合适的压电加速度传感器。通常，选择压电加速度传感器主要权衡因素是重量，频率响应和灵敏度。

1. 重量

传感器作为被测物体的附加质量，必然会影响其运动状态。如果加

速度传感器的质量接近于被测物体的动态质量，则被测物体的振动就会受到影响而明显减弱。对于有些被测构件虽然作为一个整体质量很大，但在传感器安装的局部，例如薄壁结构，传感器的质量已经可以与结构局部质量相比拟，也将会使结构的局部运动状态受到影响。因此要求传感器的质量 m_a 远小于被测物体传感器安装点的动态质量 m 。

由于传感器质量的影响，会使被测构件的振动加速度 a 降低，其降低的加速度 $\Delta a = a [1 - m / (m_a + m)]$ 。

2. 频率响应特性

低频响应特性：传感器用户手册给出的下限频率为-10%频响。AY 系列内装 IC 压电加速度传感器的低频响应特性主要由内装 IC 电路芯片的下限频率和传感器的基座应变、热释电效应等环境特性决定。内装 IC 电路芯片和电荷放大器的下限频率取决于 RC 电路，也就是取决于放电时间常数 DTC ($DTC = R \cdot C$, 下降 3dB 低频 $f = 0.16 / DTC$, 下降 10% 频率 $f = 0.34 / DTC$, 下降 5% 低频 $f = 0.5 DTC$)。放电时间常数越大，信号衰减越慢，低频响应越好。放电时间常数不仅决定低频响应，而且决定放电时间。在实验室只测一两个点，放电时间为几秒或更长都可以，但是在工业现场进行多点测量则不一样。因此决定时间常数时必须兼顾低频响应和放电时间。基座应变，环境温度变化等环境干扰引起的输出通常在 5Hz 以下，因此，当测试信号频率在 5Hz 以上时，应将内装 IC 电路芯片和电荷放大器的下限截止频率置于 5Hz 以上，借以滤除压电传感器的热电等环境干扰引起的噪声输出，

实验证明：当测试环境温度突然变化 30℃时，AY 系列（中心压缩结构）压电加速度的瞬间温度输出为 1.5g；而 AY 系列（隔离剪切结构）的瞬变温度输出仅为 0.15g。因此，当测试信号频率在 5Hz 以下时，应选择诸如隔离剪切结构等隔离基座应变、热释电效应等环境干扰性能好的加速度传感器。应变加速度传感器具有响应静态信号的特性。

高频相应特性：高频响应取决于公式 $f_0 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{k/m}$ 。式中： f_0 -谐振频率； k -敏感结构的组合刚度； m -质量块的大小。在敏感结构的组合刚度一定的前提下，质量块越大，谐振频率越低。一个大的质量块，产生高的机械增益，因此传感器的灵敏度高，噪声低。相反，一个小的质量块，产生低的机械增益，因此传感器的灵敏度低，输出小，但是频率范围宽，可测量较高的频率信号。

传感器用户手册给出的上限频率为+10%频响，大约为安装谐振频率的 1/3；如果要求上限频率误差为+5%，大约为安装谐振频率的 1/5。如果采用适当的校正系数，在更高的频率范围也能得到可靠的测试数据。

3. 灵敏度

灵敏度越高，在电路不放大的基础上，质量块越大（机械增益越大），传感器的输出越大，系统的信噪比越高，而抗干扰能力和分辨率也越强。陶瓷敏感元件有着非常高的信噪比，在没有电噪声的妨碍下，能测非常小的振动信号。但是就特定结构的传感器来讲，灵敏度越高，传感器的重量越大，量程和谐振频率也越低。

就量程来讲，对于电荷型输出的 AY-D 系列压电加速度传感器，可以通过调节电荷放大器增益来调节量程范围；但对于 AY 系列内装 IC 压电加速度传感器，满量程输出特性在传感器内已经固定，量程范围是不可调节的。目前比较流行的内装 IC 压电加速度传感器，它的激励电压为 18-30VDC 而且要求恒流供电 2-20mA，它的输出为叠加在直流偏压上的交流信号。直流偏压通常能被后接的信号调理器中的隔直电容隔掉，所以我们能直接读出它的交流信号，这个交流信号的最大输出一般为 5VDC。因此，一个直流偏压为 9.5VDC、灵敏度为 100mV/g 的 AY 系列内装 IC 加速度传感器，其量程（最大测量信号）是 50g。如果要求增大量程范围，可通过降低灵敏度来实现，如一个灵敏度为 10mV/g 的 AY 系列内装 IC 压电加速度传感器，其量程（最大测量信号）为 500g。

综上所述，灵敏度的选择受到重量、频率响应和量程的制约。一般来讲，满足频响、重量和量程要求下，尽量选择灵敏度高度的传感器，这样可以降低信号调理器的增益（采用×1 即可），提高系统的信噪比。

附 1:

内装 IC 压电加速度传感器 (AY 系列)
与压电加速度传感器 (AY-D 系列) 性能对比

传感器类型	优点	缺点
AY 系列 内装 IC 压电加速度传感器	<ul style="list-style-type: none"> (1) 低阻抗输出, 抗干扰能力强, 可以进行长电缆传输, 而不至引起噪声增加; (2) 可直接与内置恒流源的数据采集器链接; (3) 可以采用通用同轴电缆或丝线; (4) 性能价格比高, 多点测量, 总的系统价格较低; (5) 安装方便, 使用简单; 	<ul style="list-style-type: none"> (1) 量程在传感器内部已固定, 不可调节; (2) 温度范围不如电荷型 (AY-D 系列) 宽; (3) 放电时间常数 (DTC) 在传感器内部以固定; (4) 内装 IC 电路与传感器承受同样的测试环境;
AY-D 系列 压电加速度传感器	<ul style="list-style-type: none"> (1) 可通过调节电荷放大器, 调节满量程输出; (2) 结构简单, 温度范围宽, 高温可达 250℃; (3) 电荷放大器远离测试环境, 外部环境对其影响小; (4) 互转性强, 可方便的与国内、外电荷放大器和阻抗变换器配接。 	<ul style="list-style-type: none"> (1) 在安装使用时, 要特别注意对高阻输出的保护; (2) 外部必须配接电荷放大器; (3) 必须使用特殊的低噪声电缆; (4) 带长电缆 (大于 20 米时) 会引起高电容负载增加, 从而引起电荷放大器噪声增大。

(二) 传感器的安装

以单轴为例，侧端输出外形如图 1 所示，顶端输出外形如图 2 所示；

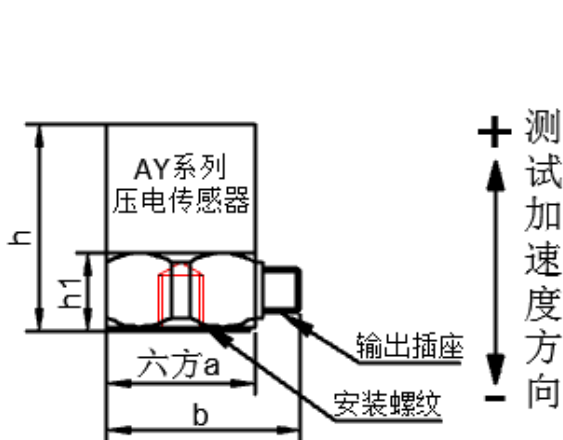


图 1

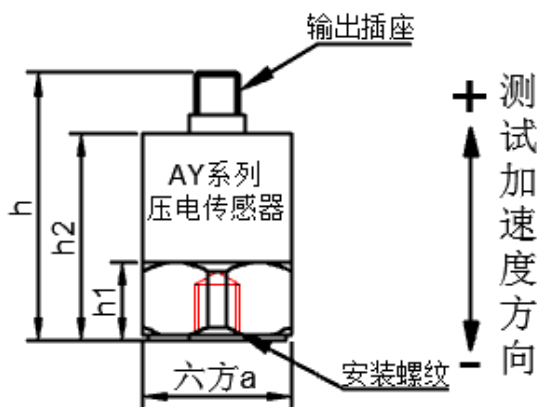


图 2

传感器的安装主要有以下几种方法：螺钉安装，磁力安装座安装，胶黏剂粘结，粘接座安装、探针安装。每种安装方式对高频都有影响。螺钉安装频率响应范围最宽，而且是四种安装方法中最安全可靠的一种。其他三种安装方式都减小了高频响应范围。通过在传感器与安装表面间接插入安装介质（如：磁力安装座、探针、胶黏剂，粘接座），一个安装谐振频率就产生了，这个安装谐振频率小于传感器的固有频率，降低了高频范围。传感器离测试点越远，安装谐振频率越低，可用的频率范围越低。

安装前应对传感器与被测试件接触到表面进行处理。表面要求清洁，平滑，不平度应小于 0.01mm，安装螺孔轴线与测试方向一致。如安装表面较粗糙时，可在接触面上涂些诸如：真空硅脂，重机械油，蜂蜜等润滑剂，以改善安装耦合从而改善高频响应。

测量冲击时，由于冲击脉冲具有很大的瞬态能量，故传感器与结构的连接必须十分可靠，最好采用钢螺钉安装。

如现场环境（如安装在电机，发动机等电气噪声较大的设备上）需要单点接地，以避免地电回路噪声对测量的影响，请采用加速度传感器与结构件绝缘的安装措施（如绝缘螺钉，绝缘磁力安装座等），或选用能满足试验要求的其本身结构对地绝缘的加速度传感器（AY-J 系列绝缘型传感器）。

（1）螺钉安装：安装螺孔轴线与测试方向要一致，螺纹孔深度不可过浅，以免安装螺钉过分拧入传感器，造成基座弯曲而影响灵敏度。每只压电加速度传感器出厂时都会配有一只安装螺钉 M5(或 M3，或其它螺纹规格)，用它将加速度传感器和被测试物体固定即可。M5 安装螺钉推荐安装力矩 20kgf. cm，M3 安装螺钉推荐安装力矩 6kgf. cm。安装后传感器与安装面应紧密贴实，不应有缝隙。螺钉安装示意图及频响曲线图如图 3、图 4 所示：

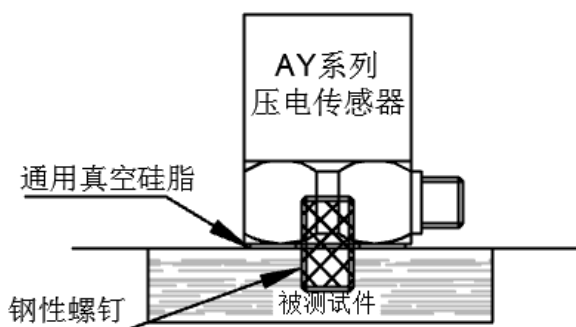


图 3 螺钉安装示意图

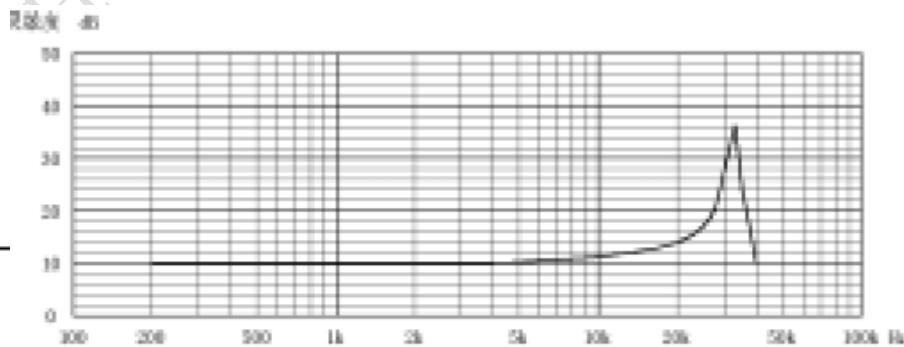


图 4 螺钉安装频响曲线图

（2）磁力安装座安装：磁力安装座分对地绝缘和对地不绝缘两种。在低频小加速度测量试验中，如被测物为不易钻安螺纹孔的试验件（如机床、发动机、管道等），磁力安装座提供了一种方便的传感器安装方法。如被测表面较为平坦且是钢铁结构时，可直接安装；如被测表面不平坦或非钢铁结构的，需在测试表面粘接或焊接一钢垫，用来吸住

磁力安装座。但在加速度超过 200g，高温超过 200℃时不宜采用此方法。磁力安装座安装示意图及频响曲线图如图 5、图 6 所示；

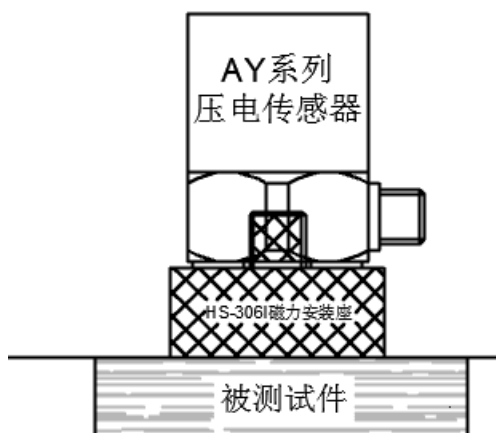


图 5 磁力安装座安装示意图

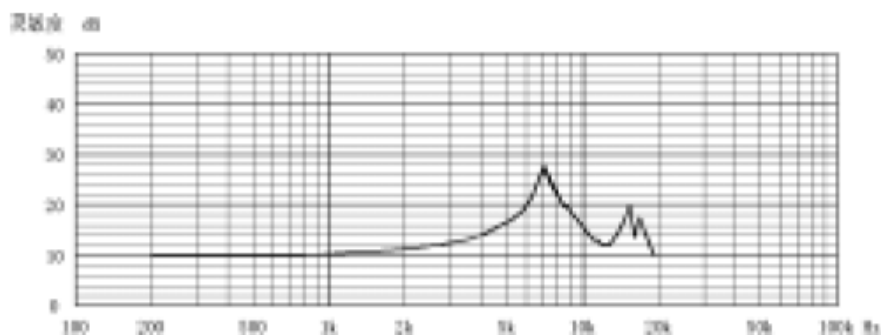


图 6 磁力安装座安装频响曲线图

(3) 粘接座安装：粘接座分对地绝缘和对地不绝缘两种。在加速度测量试验中，如被测物为不易钻安螺纹孔或无法磁力安装座安装的试验件，或需要传感器在多点位快速切换测试时（多点位切换测试时，只需测试前几分钟内，在需要测试点位安装固定即可。），只需在被测表面涂抹胶粘剂（可用多种胶粘剂粘接，胶接方法请参考：胶粘剂安装内容）或焊接在被测表面，粘接座则提供了一个方便快捷的方法。粘接座安装示意图及频响曲线图如图 7、图 8 所示；

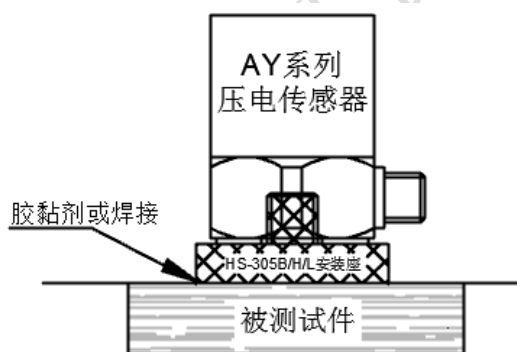


图 7 粘接座安装示意图

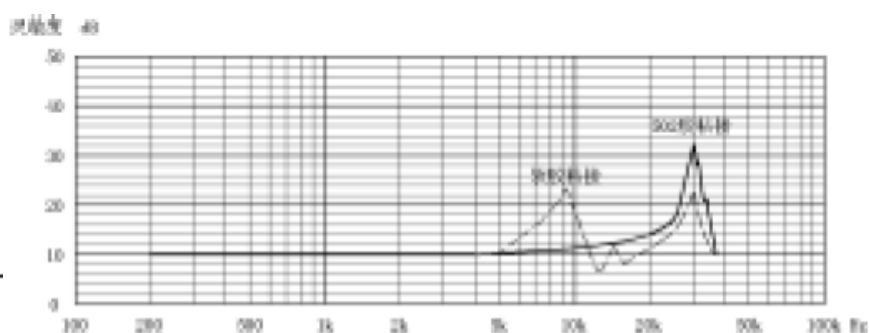


图 8 粘接座与胶黏剂安装频响曲线图

(4) 胶粘剂安装：可用多种胶黏剂粘接，胶接面要平整光洁，并需按胶接工艺清洗胶接面。目前常用的 502 胶粘接工艺如下：a. 先用 200-400#的砂纸对安装面进行打磨；b. 用丙酮或无水乙醇清洗打磨面，并彻底擦干；c. 于粘接部位表面涂抹适量的 502 快干胶，之后用手（或加压）将传感器压住十几秒钟，待胶初步固化后松开手（或去掉压力），静置几分钟，使胶彻底固化达到胶接强度（快干型环氧树脂胶的，胶接方法与其相似。）；d. 欲取下粘接在被测物体上的传感器，请先于粘合部位涂布丙酮（或除胶剂），过几分钟后用起子取下即可，注意不要用力过猛！如轻轻用力取不下时，可再涂布溶剂，待几分钟再轻轻取下。对大加速度的测量，请计算胶接强度。胶粘剂安装示意图及频响曲线图如图 9、图 10 所示：

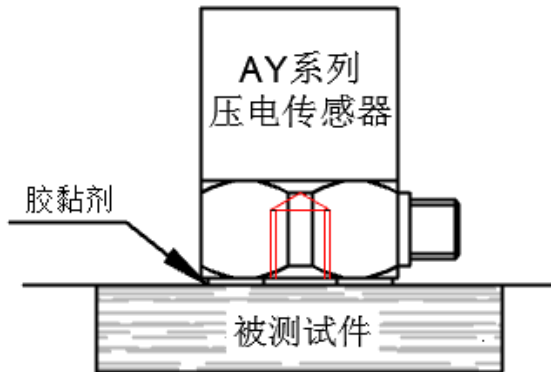


图 9 胶粘剂安装示意图

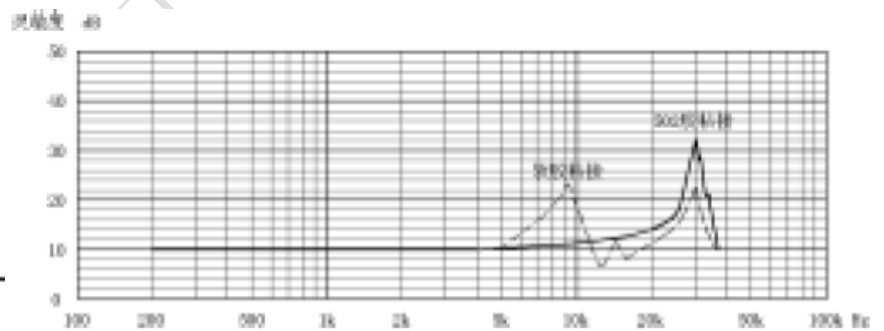


图 10 粘接座与胶黏剂安装频响曲线图

(5) 探针安装：当因测试表面狭小等，不能采用以上较为可靠的安装方法时或对设备进行快速巡检时，手持探针安装是一种方便的安装方法。由于这种安装方法安装谐振频率低，所以，仅能用于低于 1000Hz 的测试。探针安装示意图及频响曲线图如图 11、图 12 所示：

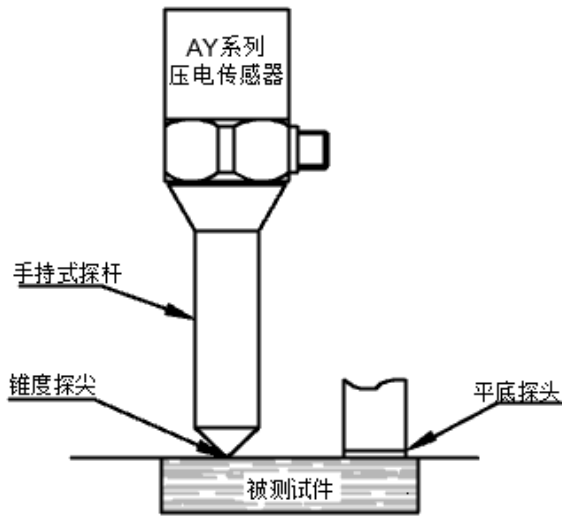


图 11 探针安装示意图

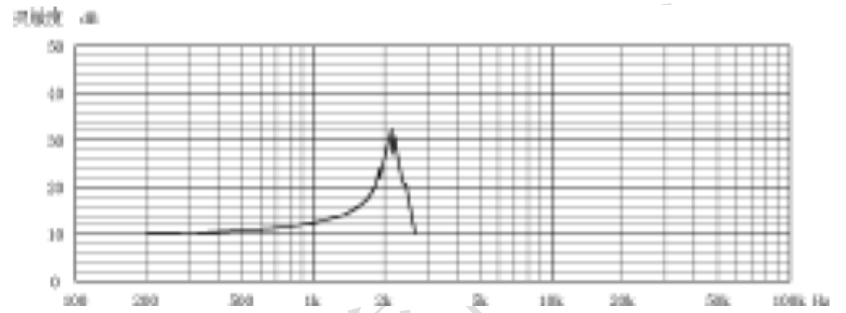


图 12 探针安装频响曲线图

青岛昂扬电子科技有限公司