



石家莊鐵道大學
SHIJIAZHUANG TIEDAO UNIVERSITY

在线开放课程

振动测试

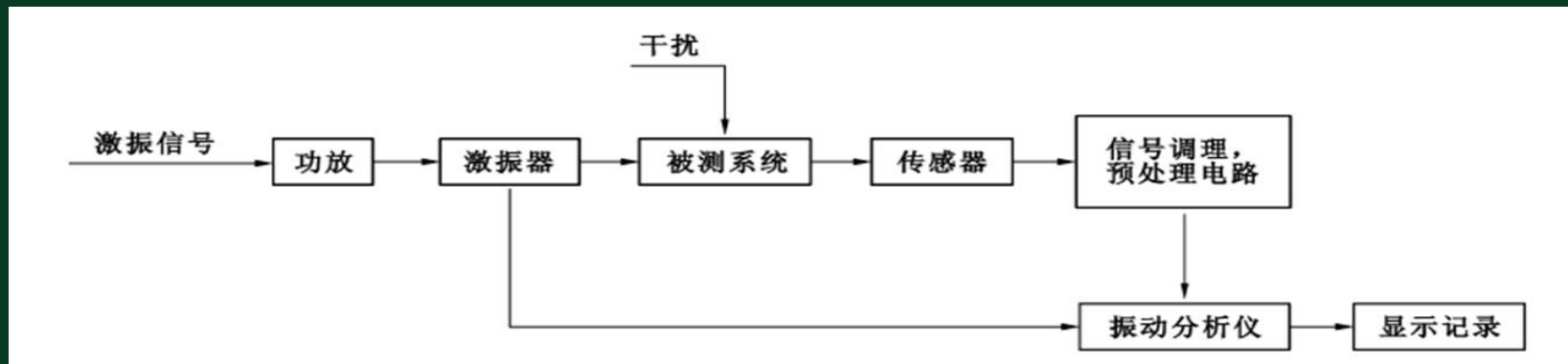
振动测试系统、标定、激振

主讲：马怀祥

振动测试系统及其标定

1、振动测试系统

由激振器、测振器、分析仪和显示记录组成



2 测振装置的校准（标定）

为了保证机械振动量值的统一和传递，为了保证振动测试及结果的可靠性与精确度，拾振器和测试系统不仅在出厂时要定度准确，而且在使用中还要定期校准。

因为拾振器使用一段时间后，灵敏度会有所改变，象压电材料的老化会使灵敏度每年降低**2%—5%**。

测试仪器修理后必须按它的技术指标进行全面严格的定度和校准。在进行重大测试工作之前常常需要做现场校准和某些特性校准，以保证测试数据的可靠性和精度。

测试仪性能的全面校准只在制造单位或科研机构进行，使用单位一般只校准其灵敏度、频率特性和动态线性范围。

由许多测试仪器组成的一套测试装置，可用两种方法来确定整个装置的灵敏度。其一，根据各个组成部分的灵敏度计算总灵敏度；其二，直接校准总灵敏度，进行重要试验时，采用后一种方法较好。

校准的方法很多，但从计量校准和基准传递的角度，可分成两类，一类时复现振动量值最高基准的绝对法；另一类是以绝对法校准的标准测振仪作为二等标准，用比较法校准工作测振仪和传感器。

振动测试系统的标定



在线开放课程

标定内容

灵敏度、幅值线性范围、横向灵敏度和频率响应特性。

1.绝对法校准

绝对法是将被校准的传感器置于精密的振动台上承受振动，通过直接测量振动的振幅、频率和传感器的输出电量来比较，确定传感器的特性参数。

典型的是用激光干涉仪的绝对校准法。

其原理是将被校准的测振装置安装在一个能产生正弦振动的标准振动台上，用激光干涉仪等手段测出振动台的振动频率和振幅。这就是测出了对被校准对象的输入量，被校准装置的输出量可用相应的电气测量系统测得。从而可计算出其灵敏度或其它特性参数。

进行频响测试时，即测曲线 $A(\omega) - \omega$ $\varphi(\omega) - \omega$ 应使信号发生器做慢速的频率扫描，同时用反馈电路使振动台的振动速度及加速度幅值保持不变，并测量拾振器的输出，便得出被校准速度拾振器或加速度拾振器的 $A(\omega) - \omega$ 、 $\varphi(\omega) - \omega$ 曲线，即得频响 $H(\omega) - \omega$ 曲线。

此法设备复杂，操作和环境要求高，只适合计量单位和拾振仪器制造厂使用。

振动测试系统及其标定



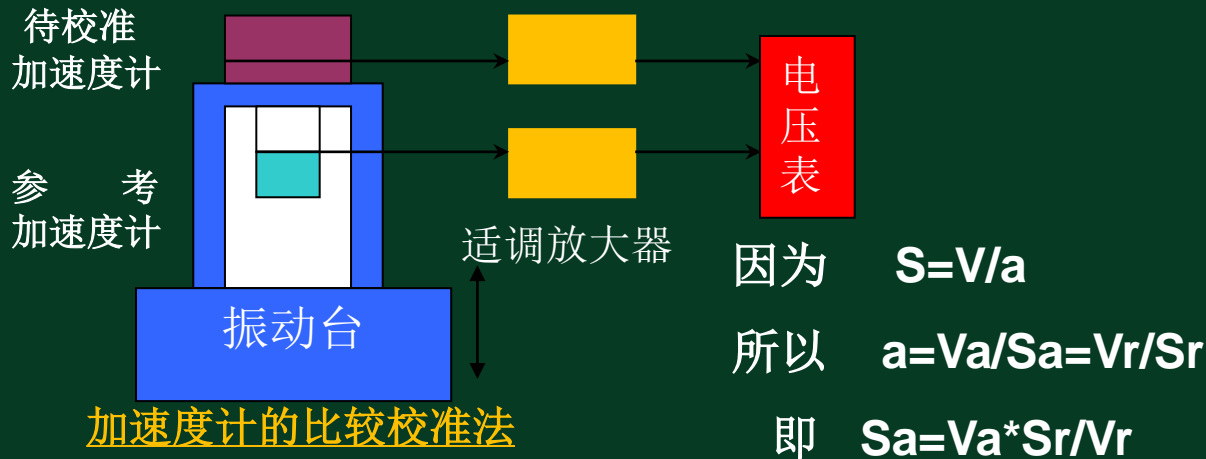
在线开放课程

2) 相对法

待标定传感器和标定过的传感器同时安装在振动试验台上，承受相同振动，将输出作比较，计算该频率点待标定传感器的灵敏度。

相对比较法又称背靠背比较校准法。

将待校准的传感器和经过国家计量等部门严格校准过的传感器背靠背地安装在振动台上承受相同的振动。精确地测量其输出电量，就可以算出待校准传感器在该频率点的灵敏度。



激振试验设备及振动信号分析



在线开放课程

在结构动态特性的测试中，首先要激励被测对象，使它按测试的要求作受迫振动或自由振动。

1、稳态正弦激振

对被测对象施加一个幅值稳定的单一频率的正弦激振力。

激振试验设备及振动信号分析

2、随机激振

一种宽带激振的方法，用白噪声或伪随机信号发生器作为信号源。可得频响函数：

$$H(f) = \frac{S_{xy}(f)}{S_x(f)}$$

激振试验设备及振动信号分析



在线开放课程

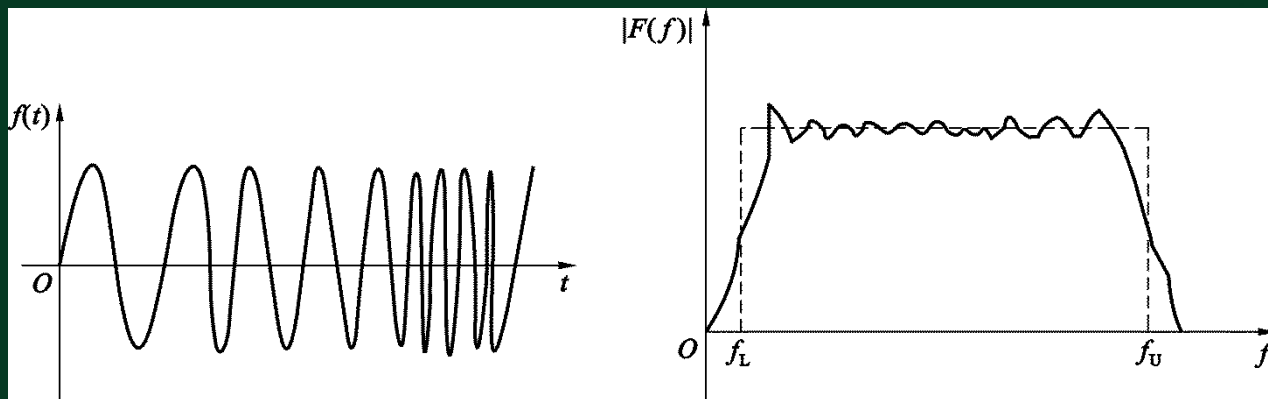
3、瞬态激振

一种宽频带激励，一次激励可同时提供给系统频带内各个频率成分的能量，使系统产生相应频带内的频率响应。一种快速测试方法。

激振试验设备及振动信号分析

1) 快速正弦扫描激振

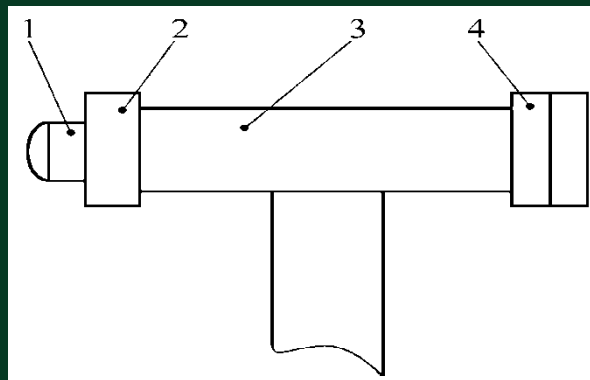
$$f(t) = F_0 \sin[2\pi(at + b)t]$$



激振试验设备及振动信号分析

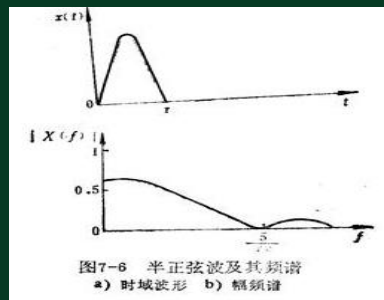
2) 脉冲激振

它是以一个力作用在被测物体上，同时测量激振和响应，又称为锤击法。它是用一只带力传感器的敲击锤—脉冲锤，对被测对象进行敲击，即可对其施加瞬态激振力。



脉冲激振

它是以一个力作用在被测物体上，同时测量激振和响应，又称为锤击法。它是用一只带力传感器的敲击锤—脉冲锤，对被测对象进行敲击，即可对其施加瞬态激振力。



它对试件的作用力，并非理想的 $\delta(t)$ 函数，而是如图所示近似半正弦波，其有效频率范围取决于脉冲持续时间。

激振试验设备及振动信号分析



在线开放课程

3) 阶跃激振

指被测试件突然受到或消除一恒力作用而产生振动的激振方法。

激振试验设备及振动信号分析

4、激振器

将所需的激振信号变为激振力施加到被测对象上的装置。

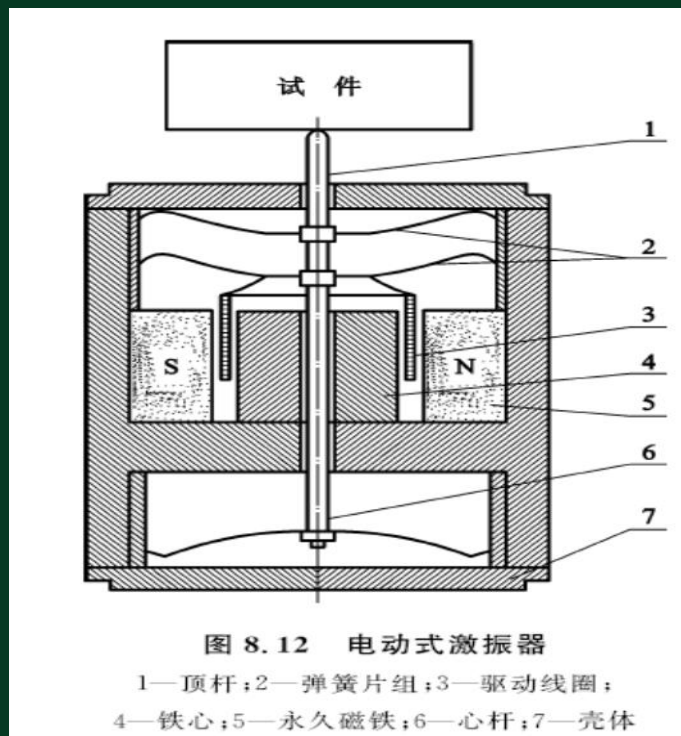
能够在要求的频率范围内提供波形良好、幅值足够和稳定的交变力。某些情况下还需要施加稳定力。

常用的激振器有电动式、电磁式和电液式三种。

激振试验设备及振动信号分析

1) 电动式激振器

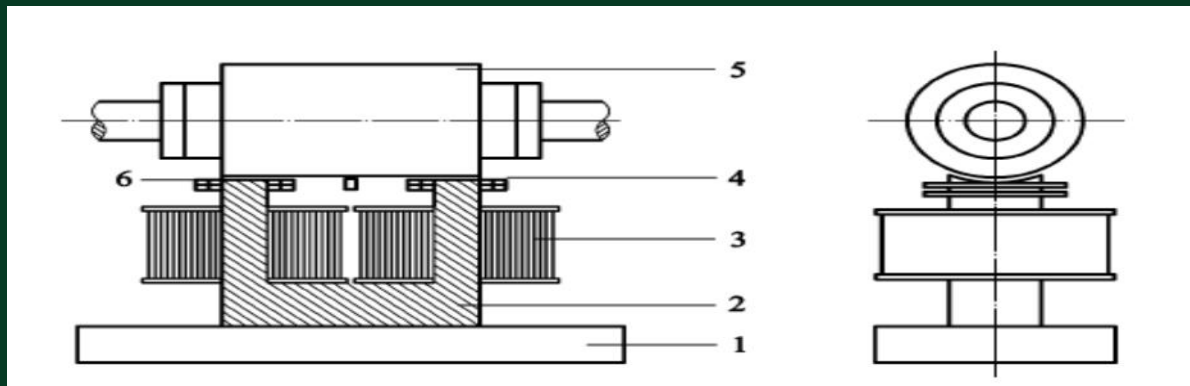
主要用来对试件进行绝对激振
应保持激振器壳体在空间静止，
使激振器的能量尽量用在对试
件的激振上。



激振试验设备及振动信号分析

2) 电磁式激振器

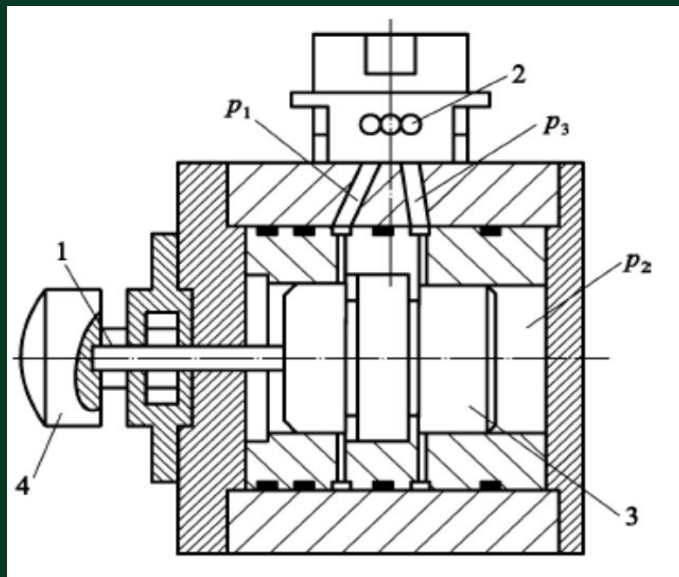
直接利用电磁力作为激振力，体积小、质量轻、
激振力大、非接触式。



激振试验设备及振动信号分析

3) 电液式激振器

激振力大、行程大、结构紧凑，但是高频特性差，适用于较低频率范围。



激振试验设备及振动信号分析



在线开放课程

5、振动信号分析

- 1) 振动计——积分电路、微分电路、放大器、电压检波器
- 2) 频率分析仪——振动信号的时间历程转换为频域描述
- 3) 频率特性与传递函数分析仪
- 4) 数字信号处理系统——波形采样、模数转换、加窗、FFT

小结

掌握测振系统的组成、标定方法、激振方法