

## 低频振动的分析和对交流配耦器的影响

### 背景:

有些振动应用需要分析频率 2 赫兹 或 120 CPM 的振动。在这种低频下进行振动分析，需要正确地选择传感器并且正确地设置测量输入值来防止可能发生的错误的振动振幅。

### 传感器的选择 – 加速度振动传感器:

如果应用项目需要透过机器的保护外套来进行测量，如图 1 所示的磁性安装的加速度振动传感器，则用户必须选择最佳低频反应的加速度传感器。



图#1 – 测量外壳振动

通常这些加速器都能提供高敏感度输出，例如 500 mV/g，来提高信噪比。

CTC 提供的振动传感器有如 AC135 系列和 AC136 系列的传感器，见图#2。



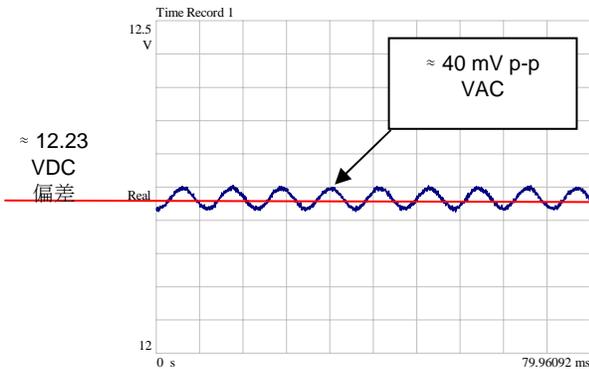
图#2– AC135 和 AC136 系列

这两种探头都提供了 500 mV/g +/- 10% 的敏感度以及 0.2 赫兹或 12 CPM 的低频响应。如图#3 的性能指标表所示。

敏感度 +/-10%	500 mV/g
动态范围	+/- 10 g peak
频率响应 +/- 3dB	0.2-3000 赫兹
频率响应 +/- 10%	0.6-1500 赫兹

图#3 – 性能指标

这些 IEPE（集成电子压电电气）加速度振动传感器用直流偏差（工作）电压和交流电压输出来表示振动级别。交流振动电压输出是叠加在直流偏差电压之上，如图#4 所示。

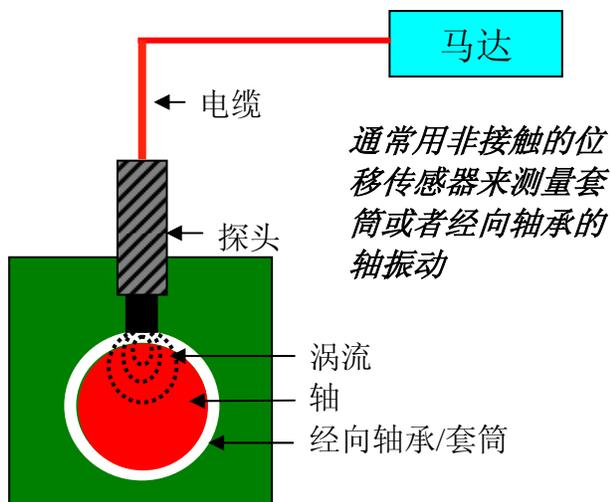


图#4 - 交流振动叠加在直流偏差上

如果你使用 500 mV/g 的加速度振动传感器来测量图#4 的这个信号, 其结果将会是 40 mV/(500 mV/g) 或 0.08 g's p-p.

### 传感器选型 – 位移:

如果应用项目需要测量机器转轴的振动, 采用如图#5 所示的位移传感器能够提供最佳结果.

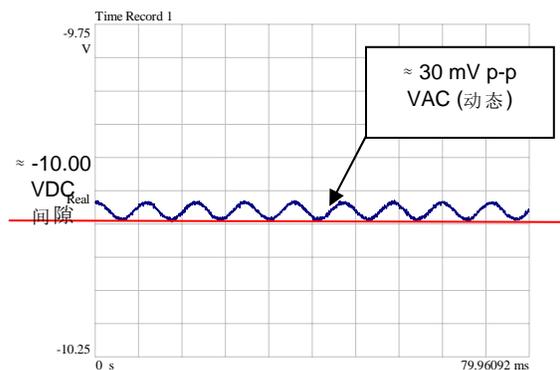


图#5 – 位移传感器

这些非接触的位移传感器能提供低频响应在 0 赫兹 or 0 CPM 的轴间隙和轴承振动测量值.

轴间隙是位移传感器表面到轴面外径的距离, 而且它是个负直流电压..

轴振动是指转轴围绕中心线的位移, 它是个产生动态交流电压的变化直流电压信号. 这个信号同交流振动电压非常相似. 它叠加在直流间隙电压上并且能被采用类似的交流信号方式进行分析. 图#6 显示了这两种位移电压.



图#6 - AC 动态在直流间隙上

如果你采用一个 200 mV/mil 的位移传感器来测量图#6 的信号, 轴承振动的结果会是 30 mV/(200 mV/mil) 或 0.15 mil's p-p. 这是个非常小的轴承振动! 然而, 这个间隙测量 (从传感器的表面到轴承外径的距离) 将会等于 10.00 V/(200 mV/mil) 或 50 mil's. 这是大部分应用中的常见间隙设定.

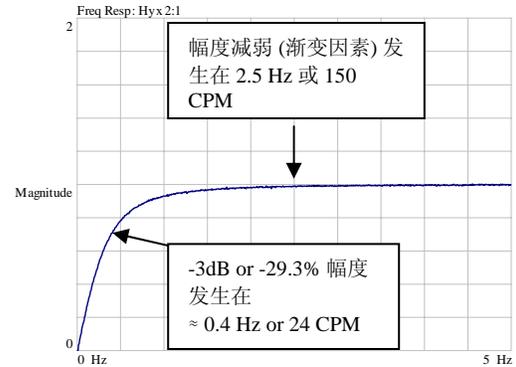
## 交流耦合:

电气术语交流耦合是指只有交流信号能被测量,而直流信号被滤除.交流耦合通常通过电容来实现,这也在工业界产生了另一个术语“退耦电容”.该电容将交流信号从直流信号中分离,使测量交流振动信号成为可能.在大约 99% 情况下,这是振动分析人员所希望发生的.分析人员只对从振动信号中得知机器故障感兴趣,利用交流耦合特性,直流偏差电压或直流间隙电压被从测量值中去除了.

请注意代表振动信号的交流电压远远小于直流偏差或直流间隙电压.通过隔离直流电压,能够利用振动信号采集器,动态信号分析仪,示波器,或其它的图形记录器的动态波幅范围来测量和放大振动信号.

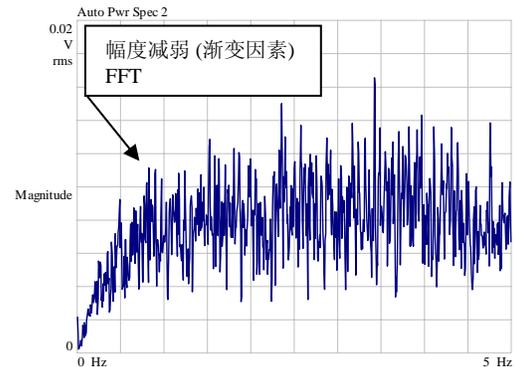
交流耦合是振动工业中经过验证的测量方法,所以大部分振动数据采集器在电源启动后都会默认到这种方式.

不幸的是,如果分析的信号是小于 2 赫兹或 120 CPM 的极低频率,交流耦合方式可能会削弱测量信号的振幅.低频振动信号有比较长的波长,而且传感器的输出电压信号也会因波长的关系输出类似直流电压响应信号.因为采用了退耦电容来区分直流偏差电压和交流振动信号,这些低频信号会给电容错误信号,当电容要隔离直流信号时,它会减弱低频振动信号.事实上,退耦电容会变成一个如图#7 所示的高通过滤的仪器.因此,测量低频振动信号振幅将会比实际值小得多.



图#7 – 频率响应  
交流耦合 (0 – 5 赫兹)

图#7 所示的频率响应是典型的交流耦合图形.然而您所用的测量方法可能会有所不同,但仍应在作低频测量前做个检查.图#8 显示了这些将被译成 FFT 值的测量结果.

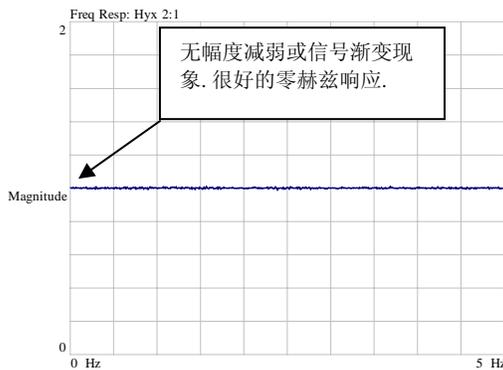


图#8 – FFT 交流耦合

## 直流耦合:

通过学习图#7 和图#8, 您可以发现交流耦合会明显地减弱低频信号振幅. 如果这个低频信号恰好在所关心的敏感区域, 那么你可能就要用到另一种检测方法的输入.

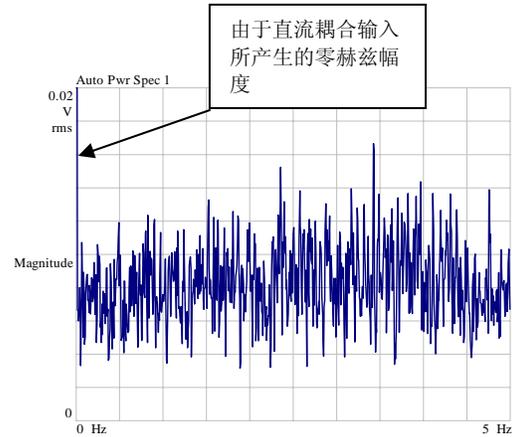
直流耦合, 有时又称为直接耦合, 允许同时测量直流和交流信号. 这意味着将会不存在低频信号减弱的问题. 图#9 显示了直流耦合信号的低频响应.



图#9 - 直流耦合 (0 - 5 赫兹) 频率响应

同样良好的测量结果可以从 FFT 中看出. 图#10 演示了 FFT 的响应, 我们在交流耦合中观察到的振幅损失或渐变现象不会在 FFT 中出现.

FFT 在 0 赫兹频率下, 其中有很大一部分是振幅成分. FFT 第一个箱型或清晰度的格包含由于直流耦合输入信号所产生的直流信号的振幅能量.



图#10 - FFT 直流耦合

如果你有能力添加一个直流偏差电压的话, 这个 0 零赫兹振幅可能被去除. 产生这个偏差电压, 你需要采用特殊硬件或固件来将一个幅值相同但极性相反的直流信号同传感器的信号相叠加. 偏差电压会负值化直流电压信号, 并围绕零直流幅值平衡交流信号.

直流耦合伴直流偏差组合在测量低频振动中非常有效. 这样能准确地测量振幅, 并且 FFT 中的 0 赫兹箱型不会被破坏.

## 告诫:

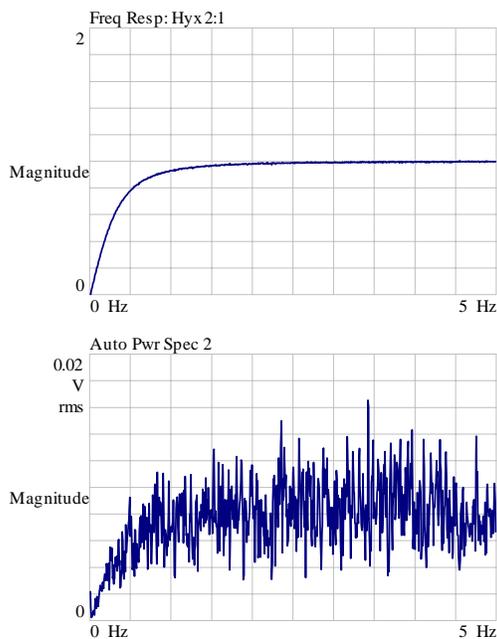
许多数据采集器提供了特殊程序来鉴定高频共振的低频调制, 或应力波分析. 这些程序能鉴别同加速度传感器, 轴承, 齿轮或机器固有频率相关的共振, 并能分析调制频率干扰或撞击产生的应力波. 测量结果并不总是绝对的振幅信号, 但通常能从频率看出设备的故障或者失效现象. 一些常用的特殊检测程序名字有如:

- Demodulation
- Acceleration Envelope
- g's Spike Energy™
- PeakVue™
- Shock Pulse Method™
- Envelope Demodulation
- High Frequency Enveloping

尽管这些技术可以提供轴承和齿轮很好的早期故障报警能力,但是它们不能测量真实的运行速度或机器的低序谐波.

### 总结:

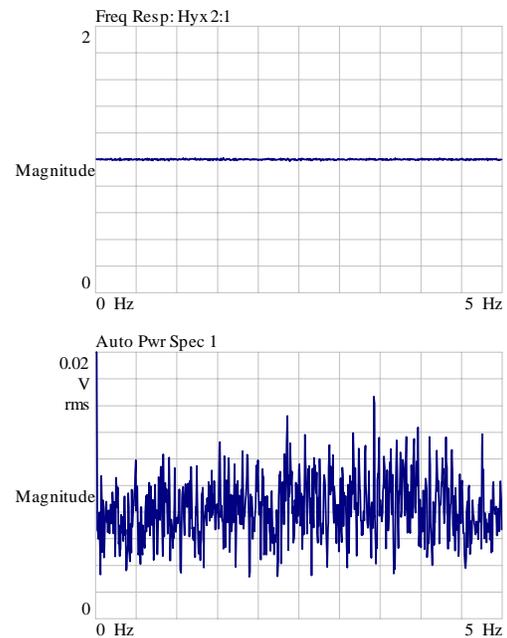
如果测量和分析有涉及频率低于 2 赫兹 或 120 CPM, 那么你对传感器的选型及输入耦合必须进行谨慎考虑.



图#11 - 交流耦合

尽管**交流耦合**是通用振动分析的一种常用并且方便的方法,它的退耦电容却使低频测量有缺陷.退耦电容会产生高通滤波并衰减低频测得的振幅.图#11演示了交流耦合的结果.

**直流耦合**可以允许在不损失幅值情况下进行低频测量.但是直流耦合需要丰富的动态范围或偏差能力,这样才能以较大直流信号的方式分析较小的交流变量.图 #12 演示了直流耦合的结果.



图#12 - 直流耦合

