

振动宝典

整理人：翁建忠

振动信号分析的 3 个方面

- 1, 振动频率分析
- 2, 分析振幅的方向特性
- 3, 分析振幅随转速变化的关系

日本石化旭的 AMD 振动绝对标准：

A, 最好（平衡及对中最好状态）	0---1.5mm/s
B, 良好（有微小缺陷，修理不经济）	1.5---4.0mm/s
C, 注意（为了防止磨损，要考虑检修）	4.0---8.0mm/s
D, 严重（发生大缺陷，将出故障需检修）	8.0---16.0mm/s
E, 危险（要立即停机）	16mm/s 以上

不平衡的典型特征

诊断

- 具有较高的径向振动。
- 时域波形和频谱图上均具有稳定的 1XRPM 分量
- 在 1XRPM 上的幅值随转速稳定的增加
- 在 2XRPM,3XRPM 等处幅值较低
- 具有较低的轴向振动
- 不平衡对转速的变化最敏感（与转速平方成正比）。

测量

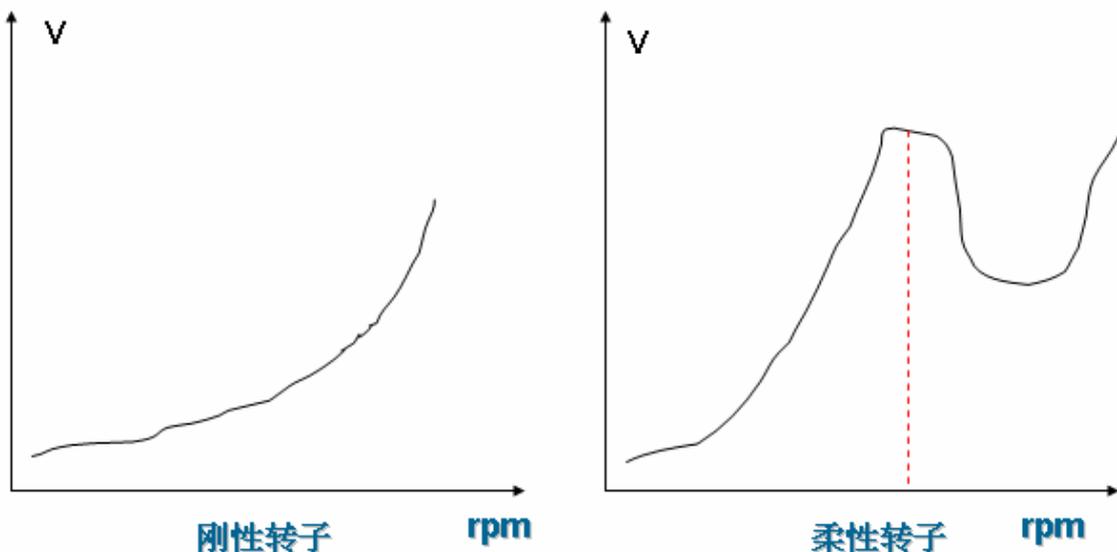
- Fmax 设置在 500HZ 以下；速度频谱图；加速度时域图
- 检查径向振动频谱图上是否有 1XRPM 峰值
- 如果出现了其他的谐波成分，请考虑其他故障

频谱分析：

- 1 倍频峰值很大，较少伴随其它倍频
- 无其它较大峰值出现
- 采用细化分析或同步平均确认 1 倍频峰值特征
- 1 倍频水平方向与垂直方向峰值比不超出 3:1
- 1 倍频轴向振动远远低于径向振动

相位分析

- 同一轴承座水平方向与垂直方向测得的相位差约为 90°
- 轴两端水平方向（垂直方向）测得的相位相同或相反
- 相位数据相对稳定： $15^\circ - 20^\circ$
- 不平衡振动在相位上保持恒定不变，与转速同步



不同转子不平衡振形曲线

不对中的典型特征

诊断

— 具有较大的轴向和径向振动

在 1X, 2X 或 3XRPM 处会出现稳定的峰值

在 4 到 10XRPM 处谐波成分较低

时域波形中没有“g”形冲击

— 不对中振动随负荷的增加而成正比增加，但转速影响不大。

测量

— Fmax 设置在 500HZ 以下；速度频谱图；加速度时域图

— 轴向和径向振动频谱图上是否有 1X, 2X 或 3XRPM 峰值

若无明显的峰值，请考虑其他故障。

— 检查轴向和径向振动的频谱图的 4-10RPM 处的峰值，若较大，则可能是松动。

— 检查时域波形是否稳定，是否有较大的“g”形冲击

— 若时域波形不稳定或显示有冲击，则考虑其他故障

相位分析

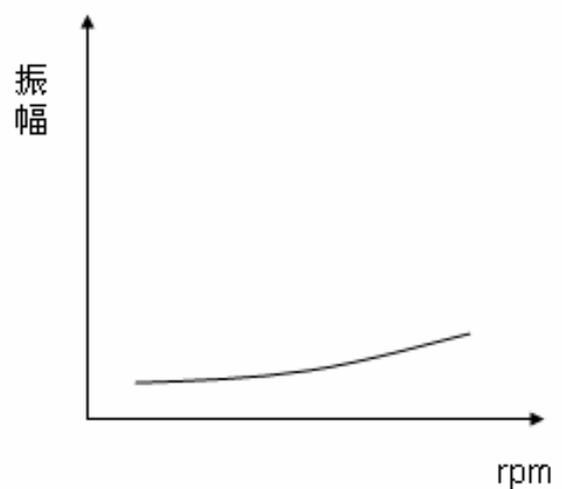
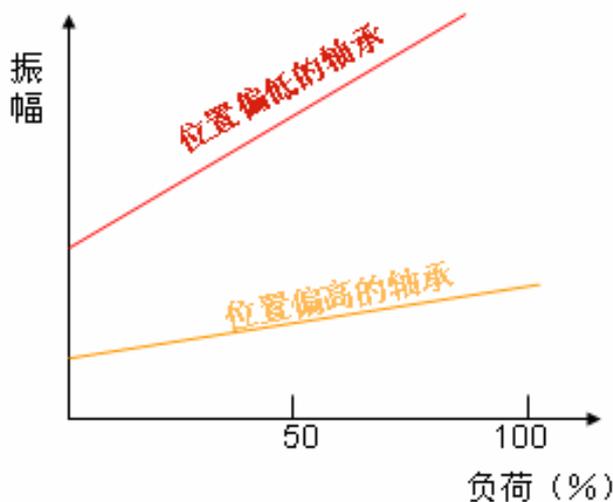
— 角度不对中时，联轴器两端轴向相位差 180° ($\pm 30^\circ$)

— 平行不对中时，联轴器两端径向相位差 180° ($\pm 30^\circ$)

— 角度不对中的轴向 1 倍频峰值非常高

— 平行不对中的径向 2 倍频峰值非常高

— 组合不对中的轴向和径向峰值都高



不对中与负荷及转速的关系

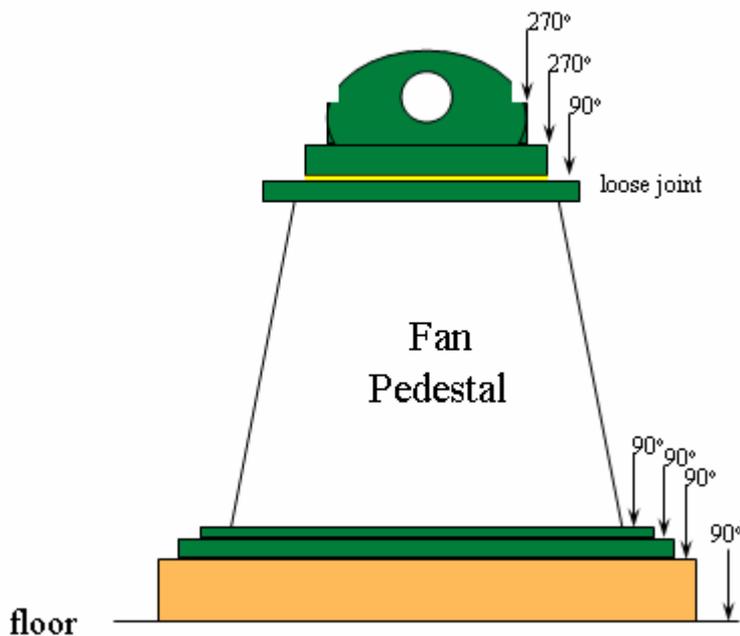
机械松动检测与确认

诊断

- 具有较大的径向（特别是垂直方向）的振动。
具有较强的谐波存在，特别是在 3-10XRPM 处。
还可能出现次谐波或混叠谐波。
时域波形显示出杂乱和冲击。
- 具有较低或正常的轴向振动，如果是止推轴承出现了松动则会出现较大的轴向振动。
- 松动引起的振动，幅值与负荷有密切关系，随负荷增加而增大；松动时设备对转速的变化也很敏感，随转速的增减而表现出无规律变化，忽大忽小。

测量

- Fmax 设置 500HZ 以下；速度频谱图；加速度时域图
- 检查径向振动 3-10XRPM 处是否出现了峰值。
- 检查轴向振动是否较低或正常。
- 检查时域波形是否杂乱或存在冲击。
- 检查是否有次谐波或混叠谐波。
- 松动时设备上各个点的相位读数会发生漂移。
- 一般地脚与基座之间有相位差，而且通常相位差大于 90°
- 有机械松动的波形非常明显，随机和不具有重复性。



滚动轴承

滚动轴承频谱图具有下列特点

- 明显的具有不同峰值的谐波成分
- 能量上会出现宽带波峰
- 时域波形可以看出明显的冲击波形
- 早期的故障表现为低幅值的振动

诊断

- 径向振动（如果轴向有负载需要查看轴向振动）
- 可能会出现轴承故障频率的谐波，边带。

测量

- 频谱图和时域波形图（加速度）。
- 设置 F_{min} 为 $25XRPM$
- 对小轴（小于 4-6 英寸）设置 F_{max} 为 $50XRPM$ ；
- 对大于 4-6 英寸的轴设置 F_{max} 为 $70XRPM$
- 采集高频加速度波形图（ $70XRPM$ ）
- 检查轴承故障频率谐波
- 若怀疑内圈故障，检查 $1XRPM$ 的边带
- 若怀疑滚动体故障，检查 $1XFTF$ 边带
- 检查时域波形的冲击，峰-峰值大于 $4g$ 。

齿轮故障

诊断

- 在啮合频率处有较高的径向振动，并带有调制边带。
- 具有较大的轴向振动，对螺旋齿轮，斜齿轮或人字形齿轮轴向振动的频率和径向相同。

测量

- 把最大分析频率设置为 $3.5XGMF$ 。
- F_{max} 小于等于 $2000HZ$ ，使用 1600 线分辨率。 F_{max} 大于等于 $2000HZ$ ，使用 3200 线分辨率。
- 检查轴向和径向的 $1X, 2X, 3XGMF$ 处的峰值。
- 检查齿轮啮合频率处的边带

共振

回转体的临界转速

定义：

回转体的临界转速是指某些特定的转速，当回转体在这些转速或其附件运转时，本身将出现很大变形并作弓形回旋，引起支承及整个机械的剧烈振动，甚至造成轴承和回转体的破坏，而当转速在这些特定转速的一定范围之外时，运转即趋于平稳，这些引起剧烈振动的特定转速称为回转体的临界转速。

回转体的平衡原理

任何一个回转体旋转时，其体内无数个微小质点都将产生离心惯性力，这些无数的离心惯性力，组成了一个惯性力系，作用在回转体上，使其产生弯曲变形。弯曲变形改变了质点至旋转轴线的距离，使离心惯性力大小产生变化，又使回转体产生新的变形，如此反复，直至抵抗变形的弹性恢复力与离心惯性力平衡为止。工程中，若回转体在离心惯性力系的作用下，只产生微小变形，则称其为刚性回转体，并忽略其变形。这样做，能简化惯性力系的分析与处理。反之，则作为柔性回转体处理。

一般来说，工作转速低于其一阶临界转速 0.5 倍的回转体，可视为刚性回转体；

工作转速超过其一阶临界转速 0.7 倍的回转体，则应按柔性回转体处理。

固有频率

大多数设备和结构都有多个固有频率。

如果系统中某一部件受到激振力的作用，会导致该部件在其固有频率振动。

临界转速

当转子的转速恰好与其固有频率一致时，称其转速为临界转速。

共振

如果强迫振动的频率正好是系统的固有频率，那么此时系统会发生共振。而这一频率称为共振频率。

共振是系统的基本属性之一，其相关因素为系统的质量 刚度 阻尼

强迫振动越接近系统的固有频率，振动放大就越显著。

跨过共振区后，系统振动回到一般水平。

低于共振频率到高于共振频率有 180° 相位差。共振频率处为 90° 的相位差。

共振的检测

若 $1x\text{rpm}$ 处出现了峰值或其谐波较大，特别是在幅值受转速微小变化影响时很可能是共振现象。

在设备停机时快速测试设备结构共振的方法是使用力锤等工具进行快速敲击同时测量其频谱图，共振频率在频谱图上会以一个峰值的形式显示出来。

如果采用加速度传感器测量，只需显示加速度或使用数字积分的方式转化为速度。

无需平均，触发采集。