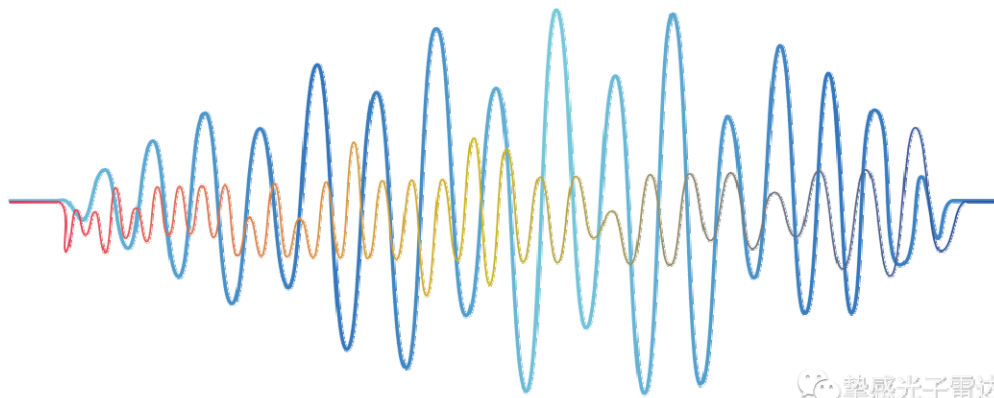
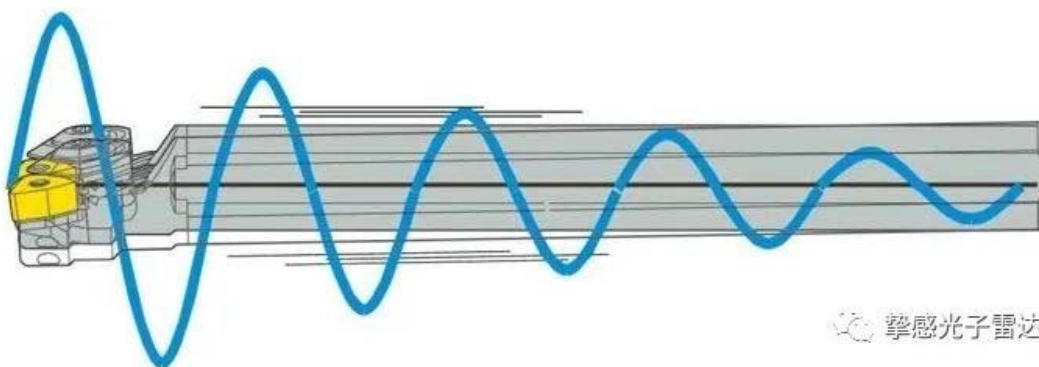


关于振动你需要了解的那些事



1 为什么会有振动，振动的机理是什么？

振动的常规定义为：机器或结构体在其平衡位置附近所作的往复运动。实际我们可以理解为振动是不同能量形式之间的相互转换，例如弹簧在受到压缩后，自由放开会产生振动，其振动为势能和动能之间的相互转换。

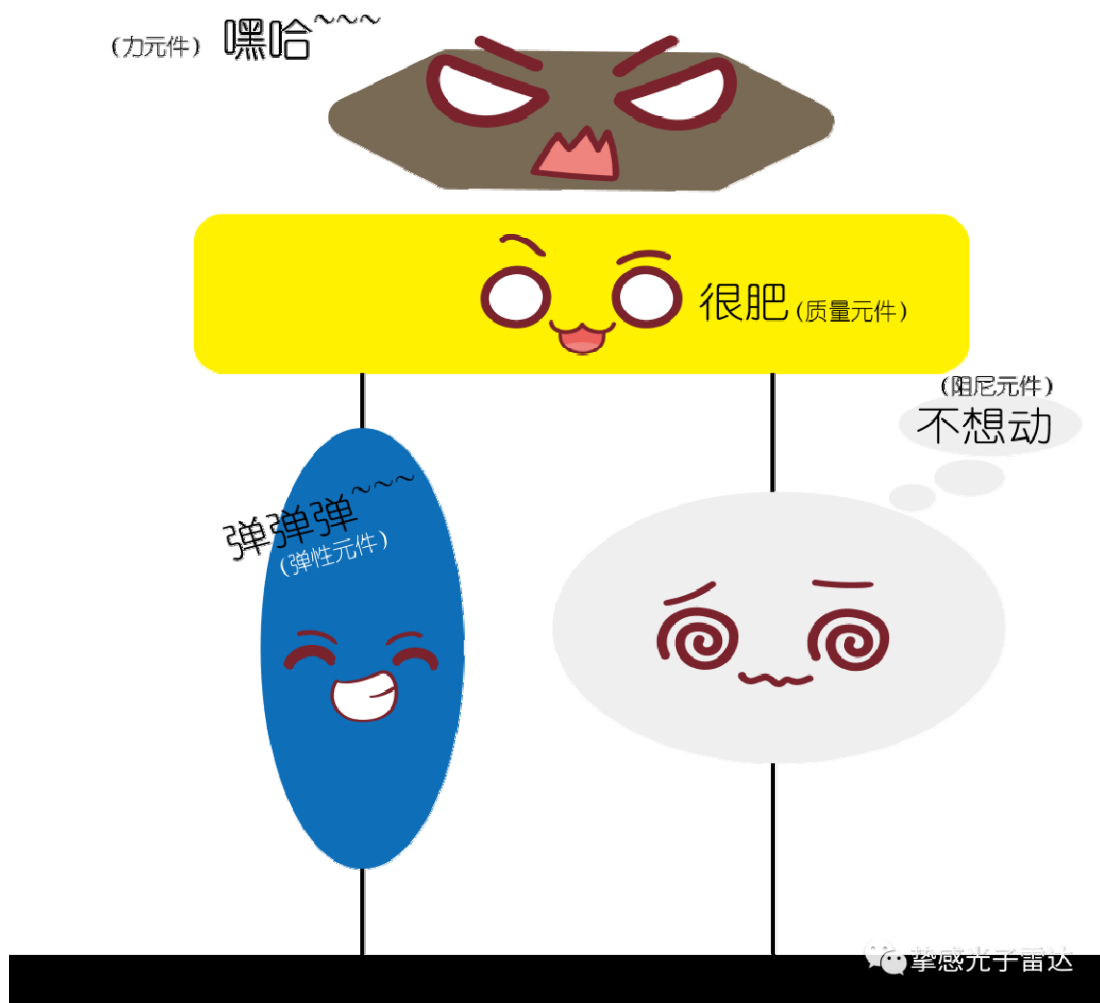


对于一个机械设备，振动是设备表壳、支撑以及内部构件能量不断相互转换的过程，当在振动中不存在阻尼或能量消耗时，它将持续振动永远不会停止。

2 如何从理论模型去理解一台设备的振动？

没有能量的赋予设备不可能开始振动，接收到初始能量或持续能量输入的设备开始振动，其振动形态是多重单元振动叠加的结果。

复杂模型的振动分析，遵循大多数科学研究的规律，从简单理想的模型入手，再慢慢由简入繁。一个简单的振动模型包含质量元件、弹性元件、阻尼元件、力元件构成。质量元件是被抽取本身力学性能的理想化刚体，弹性元件可以让系统产生振荡，阻尼元件阻止系统振荡并消耗振动过程中的能量、力学元件推动了振动模型的开始和持续。



现实设备往往是由无限个理想简单模型组合而成，它的整体振动形态，也是各类元件之间的相互叠加的结果。

理论分析中，为了得到问题的研究解决，在对系统的各因素进行全面分析的基础上，把握主要因素，忽略次要因素，建立合理力学模型，不但能方便对振动系统理解，而且能够获得我们想要的求解结果。简化方法包括：质量大弹性小的构件简化为集中质量单元（钢元件的弹性模量远高于弹簧等元件），弹性变形较大质量小的元件简化为不计质量的弹性元件（橡胶垫、隔振垫、弹簧单元），忽略小的振动方向关注大的振动方向（杆的摆振）。

尽管如此，很多设备振动分析往往比简单模型的搭建更加复杂，例如设备中存在非线性元件（阻尼力与弹簧力为非线性），或是一个不确定系统，是随机振动系统，这些模型可以从统计学的角度上进行研究。

科学的抽象对于分析与研究振动问题，了解振动特性是十分重要的，但在实际应用中振动测试更能直接反映问题，理论分析的结果也往往需要试验的验证，在获取振动模型的参数时，通过与试验测试结果的结合更能得到想要的结果。



激光传感器振动测量

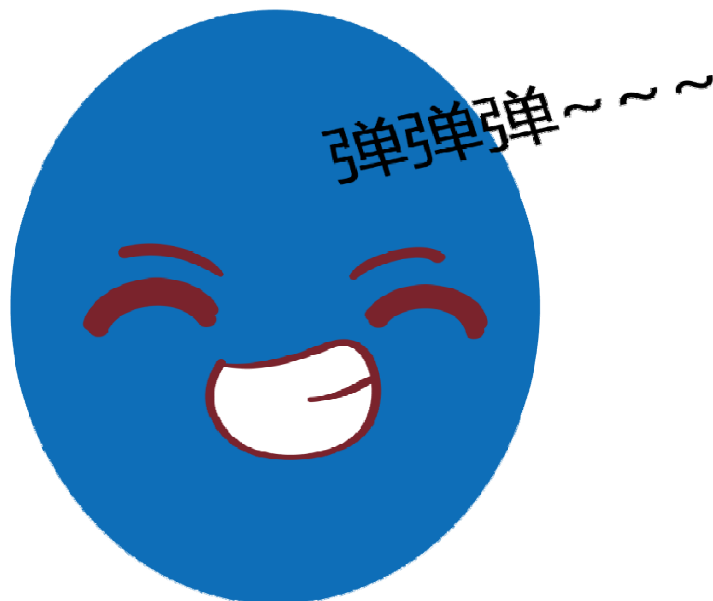
3 设备振动评价参数有哪些？

振动频率：

单位时间内振动次数称之为频率，设备的振动可以是单频振动，也可以是多个振动频率的叠加；

振动幅值：

振动物体离开平衡位置最大的位移值，对于线性系统，恢复力（弹性元件）是幅值的线性函数；



弹性元件

振动速度：

描述振动位移快慢的物理量，通常用速度的均方根值来评价振动的烈度，对于线性系统，阻尼力是振动速度的线性函数。



阻尼元件

挚感光子雷达

振动加速度：

描述振动速度变化快慢的物理量，对于线性系统，惯性力是振动加速度的线性函数；



质量元件

挚感光子雷达

固有频率：

固有频率是系统固有属性，与系统弹性元件、质量元件、阻尼元件相关，与初始扰动无关。对于理想的单自由度无阻尼系统，固有频率：

$$f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{m}}$$

降低弹性系数、增大系统质量能够降低系统固有频率，反之则增大系统固有频率。

对于单自由度具有粘性阻尼自由振动系统固有频率：

$$f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{w_n^2 - n^2} \text{ 其中 } w_n^2 = \frac{k}{m}, \frac{c}{m} = 2n$$

当 $n < w_n$ 时

即阻尼元件比较弱时，系统进行自由振动，振幅逐渐衰减并最终消失；

当 $n \geq w_n$ 时

即阻尼元件处于临界值或者比较大时，系统不产生振动，而是由初始位置慢慢蠕动到平衡位置。

振型与模态分析：

系统具有 n 自由度系统，即具有 n 个固有频率，相应有 n 个振型。分析特定振动系统的固有频率、阻尼比和模态振型的过程叫做模态分析。

设备自由振动时，振动频率为设备固有频率，振幅在激振力驱动下伴随阻尼消耗振幅逐渐降低，直至最后振动消失。

自由振动的设备若施加外部驱动力，振动频率将逐步靠近并最终和驱动力频率一致。其受迫振动频率和设备固有频率没有关系，但当驱动力频率接近设备固有频率时，设备振幅将大大增加。对于一个有 n 个自由度系统，它的固有频率也有 n 个，同时固有频率的倍频也存在共振现象的发生。

5 振动有哪些测量方法？

振动测试主要依赖可以对振动参数进行精确感知的各类传感器，不同传感器按所获得的物理量分类，可以分为位移传感器、速度传感器、加速度传感器，按传感器原理的不同可分为：机械法、电学法、光学法。

机械法振动测量：

作为最原始的测量方法、其测量频率较低、精度比较差，主要应用在测量频率、精度要求不高且方便使用的场合；

电学法测量传感器种类繁多：

- (1) **惯性位移传感器**利用质量块加弹簧的简谐振动单元，与被测物体保持一致的运动趋势，根据传感器相对位移信号获取振动信息。该传感器设计需要质量块大、弹性系数足够小；这就导致传感器的尺寸偏大，频率范围非常有限。使用时需要稳定固定在被测物体上，固定的安装方式以及拖曳的线缆会影响被测物振动响应，同时在不同方向上振动测量使用差异性比较大。
- (2) **电磁式速度传感器**与惯性位移传感器有着类似的设计方式和设计需求，其利用电磁感应原理中磁感应电动势与振动速度成正比的原理。在使用上同样需要固定在被测物表面，可测频率范围小，使用范围较小。
- (3) **压电式加速度传感器**，没有运动部件，采用质量块压装在压电元件上的设计方式，当振动发生时惯性力可以转化为输出电荷。除了需要固定安装的缺陷外，该传感器有较高谐振频率，易受音频影响，同时压电信号较弱易受电学环境噪声干扰。
- (4) **电涡流位移传感器**，采用非接触式测量方法，传感器以通有高频交流电的线圈为主要测量元件，当载流线圈靠近被测导体时，磁通量产生变化从而感应出电涡流，被广泛应用在大型旋转机械轴径向振动和轴向振动测量领域。

电涡流传感器需要被测物体必须是金属材料；同时被测物体尺寸要数倍于传感器探头，对不同材质材料需要反复校正；传感器探头与被测物体距离要求较高；对于一些高精度测量场合、被测物内部材料不均匀性、裂纹缺陷、轴加工缺陷等都会被包含在测量信号中而无法分辨。

(5) **电感、电容振动传感器**，属于相对式传感器，是传统机械式传感器的变种，采用跟随式测量原理。设计时需要测量触杆弹簧预压力产生的加速度大于振动部件最大加速度，且被测物体振动频率不能太高，否则将不能满足跟随条件，出现顶杆与被测物体之间的碰撞。因此相对式电感、电容振动传感器只能在一定的频率和振幅范围内工作。

光学法振动传感器：

FMCW 调频连续波激光传感器，属于光学传感器，是最先进的振动测量技术。其利用光学相干原理，既具有非接触式测量的优势，也具有相干光检测独有的特点：它在测量距离上没有具体要求，可以任意位置摆放，使用灵活方便；能够对任意测量频率范围进行有效测量；测量精度可以达到纳米级别；相干检测依赖于光的波长，数据准确可靠；使用时在不同角度和位置上都能够有良好的适应性。

调频连续波激光传感器缺点主要表现在价格昂贵、对使用者素质要求比较高，不适用于光学环境不佳场合。

6 振动的源头都来自哪里？

许多设备的振动源直观可见，例如冲击带来的振动、碰撞振动、电机旋转等等。也有很多振动源无法直观地感受到，例如轴承旋转振动、转轴动不平衡带来的振动、建筑物晃动、齿轮啮合振动、高压气流带来的振动、液压管路振动、润滑不当造成的摩擦振动等等。

对于高精密光学设备、半导体制造、精密机械制造以及高精度测量仪器等，环

境振动对设备的使用影响很大，需要考虑的振动来源也更加繁琐。振动来源包括建筑本身振动、楼层间传导振动、空调等设备振动、电脑机箱振动、说话、行走、外部交通道路等等。为了保证一个好的振动环境，需要采取各类被动或者主动隔振方法来实现。

7 振动的传播速度是多少？

振动作为力的一种表现形式，和力的传递速度有关，理想刚体内部力的传播速度无限大，但是理想的刚体是不存在的，振动波在不同的介质中传播速度不同：

应力波在钢材中的传播速度大约 5000m/s；

地震波横波在花岗岩中传播速度大约 3000m/s，纵波大约 5500m/s；

声波在空气中传播速度大约 340m/s；

声波在水中传播速度大约 1500m/s；

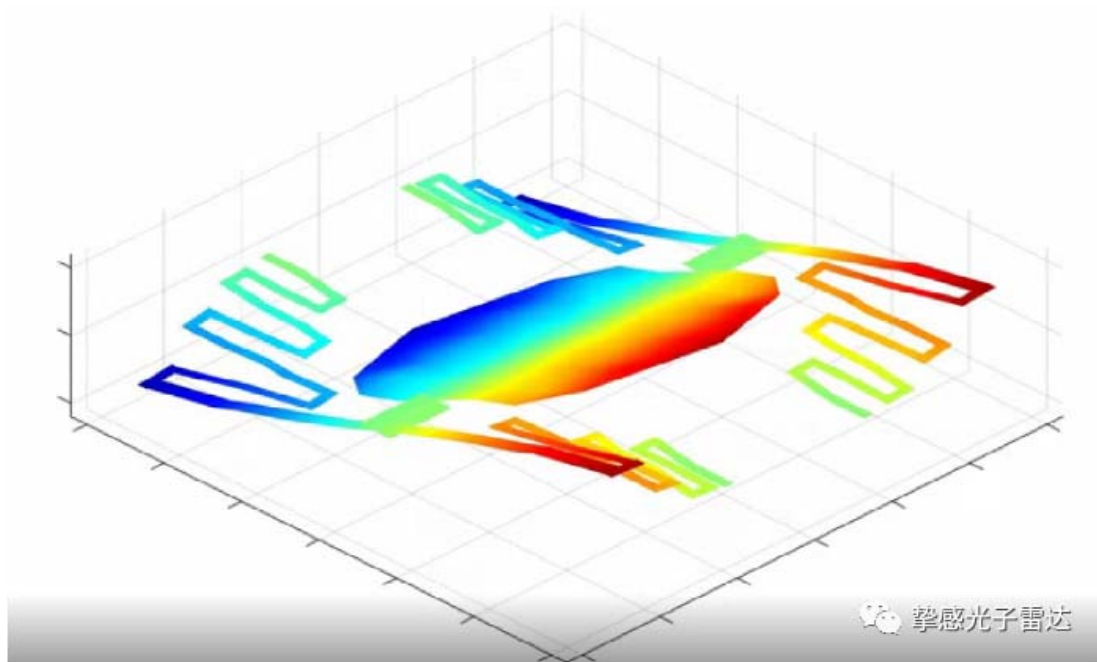
不是所有的振动都能够得到传递，振动能量可能在传播过程中逐步衰减消失殆尽，也可能在不同介质的分割面无法传导进入或者引起的振动很小很快消失。



8 振动的危害及应用

振动对设备的危害主要表现在，反复振荡引起金属疲劳，降低零部件使用寿命；降低设备精度；产生裂纹等不可见缺陷；振动噪声影响环境；共振造成破坏性损伤等等。

振动的应用也有很多，例如超声波检测、焊接、清洗；振动筛上料、分选、研磨；振动破碎、打桩、夯土；振动还可在微电子领域发挥巨大作用。



挚感光子简介

挚感（苏州）光子科技有限公司成立于 2018 年。公司基于核心团队在光电通信领域的深厚技术积累，致力于研发基于集成光学和相干通信的高端激光传感技术，以期颠覆传统的工业高精度传感技术，成为全球领先的集成相干光学传感器企业。目前开发的各类高性能、小型化、低成本、低功耗的激光传感器，正逐步应用于航空航天、精密制造、半导体、机器视觉、自动驾驶等新兴领域。公司拥有完整的自主知识产权，实现了对产品从芯片到模组、算法、软件和产品应用的垂直整合。

我司各类激光传感器还在快速的技术迭代中，欲了解详情，请登录我们的网页（www.osphotonics.com），或联系我司市场部（sales@osphotonics.com），联系电话：4006-899-870，感谢您的关注。