振动危害的最小化和共振与稳定器和减震器

作者： Willy Goellner，主席兼创始人-AME 美国高级机械工程有限公司/AMSAW

这是系列的第三部分和最后一片文章，重点关注如果将振动以及共振的危害最小化。作为团队的一部分，发明了第一台钢坯使用硬质合金锯片，AMSAW 机器的创始人，我的设计团队在过去的 50 年里，领悟了成功的硬质合金锯作业来自于四个要素的充分理解：振动，共振，阻尼和稳定化。

即使一个设计很好的合金锯片，锯片的振动仍然会发生。 这是因为几乎不可能考虑到每一个振动的原因。理解稳定化和减震是最小化在切割过程中发生的不可避免的振动最好的方法。

从一个结构动力学的立场看， 质量和硬度的主要参量被认为是守恒的。这意味着能量可以被储存。阻尼是一种浪费能量的参数，通过将机械能量转换成热的方式导致机械能量的减少。

你在哪里可以看到阻尼？

存在于结构中和材料中的阻尼: 举个例子，传统的阻尼连接金属结构部分在金属本身的磁滞现象，但主要是由于摩擦在螺栓或铆钉关节和液体（有时只是空气）泵在关节，甚至是微观滑动。

0

分散的单元，通常使用液体，如同汽车悬挂阻尼和粘弹性的阻尼层通常会添加在机械装置或结构中。

在结构中的流体：结构中的流体也可以作为阻尼。

阻尼可以通过磁场生成。移动在磁场中的导体的阻尼效应经常被用于仪器测量。移动的线圈可以产生令人惊讶的阻力。一个常见的应用就是齿轮传送中的电磁刹车。

现在我们了解了不同种类的阻尼，我们将寻找量化阻尼效果的方法：

a) 对数衰减

阻尼是能量损失，对于任何单一自由度振动可以量化的对数衰减（每周期振幅减少）。当你知道连续两个峰值的振幅和周期的数量，可以计算出对数衰减如下：

b) 强制移位图标

在强制位移图标中，你可以看到能量作为机械滞后而损失，因为在强制位移图表下面的面积与能量成正比。加载和卸载曲线不匹配如同你所设想的是理想的弹性材料，但是你得到的磁滞回路是与能量损失成正比的。应力与应变之间你会看到一个暂时的相变。张力的最终值将会达到松弛时间，这取决于发生在材料中与时间有关的过程。以相同的方式，你可以观察到剩余张力在卸载很长的一段时间后会到达零。这是由于原子会朝着有利位置而变化和提取能量。

一个磁场的对齐导致涡流的发生

消散的能量通过加载和速度被驱动，与振动的幅度和频率一同产生。此外，它也会受温度影响。

通过做功除以能量消散在谐波兴奋的结构中，特殊阻尼容量 Ψ 可以被算出。

c) 阻尼比率

阻尼比率 D 是一个无单位的参数，描述相对于临界阻尼的阻尼量。一个临界的阻尼系统在没有振动的情况下可以尽快的向零收敛。

当系统被共振频率激发，振幅 q_{max} 和共振频率 f_0 被测出。然后激发频率改变直到振幅为

$\frac{qmax}{\sqrt{2}}$(-3DB)

通过 f1 和 f2 的频率，阻尼比率可以被计算出。这就是所谓的半功率带宽法。

你在哪个机器工具中经历过阻尼？

a) 机器底座的阻尼

在大型结构中，阻力将会主导发生相对运动的地方（如耦合点，如螺栓连接和指导路线）。为了增加机器底座的摩擦力，机器制造者使用型芯砂在空心部分制造干摩擦。在刚体振动的情况中材料阻尼几乎是不存在的。

生铁的材料阻尼要好于钢铁的材料阻尼，但是钢铁结构和界面的焊接接合相比于它的缺点更有价值。

另一方面，反应树脂混凝土具有显著优势，当模式动态使材料变形，由于硬度的不足，会产生一个动力学的弱点。

b) 接合处的阻尼

接合处的阻尼和界面是大概一个到两个小数位，比材料阻尼更为重要。这种阻尼的主要驱动因素是：

- 几何形状和连接点的位置
- 表面处理
- 接触条件
- 接触压强
- 存在于表面中的物质

不同接触条件对阻尼的影响

越大的表面粗糙度，越小的压强和越高的粘度可以产生有利的阻尼条件。

由于在接合处的机械装置靠很多参数驱动，所以很难靠测量来收集。实践经历显示数据有巨大的变化倾向。在上一篇文章中所提到的共振频率可以通过质量，硬度分布精确计算，而共振振幅则会显示出比较大的偏差。

c) 压模阻尼的指导方法

压模阻尼使用与速度成正比的剪切力在粘性的液体中作为阻尼。压模阻尼器的阻尼效果基于液体在两个表面之间的位移，一个相对于表面垂直的运动。

由于振动在 Y 方向上，阻尼的计算可以通过假设缺口在任何时间完全被油填充。平行于轨道纵向方向，

油被代替或吞没。流体流动在轨道中心和外缘产生一个压强梯度。

综合压强梯度导致的阻尼力 F：

$$F=\eta.L.\dot{y}.\ (\frac{B}{h0})^3$$

阻尼因子 d 是一个被速度推导出来的力：

$$d= d\ F_y\ (\dot{y})/d\dot{y} = \eta.L.\ (\frac{B}{h0})^3$$

η= 动态粘度

公式显示**阻尼油粘度取决于表面积和缺口高度很大程度的不成比例**

如何测量一个结构的阻尼

1）没有阻尼的自然频率可以通过有限元分析来决定，在我们的实例中 SolidWorks 模拟

2）选择一个合适的悬挂对于实验模型分析，保持悬挂的影响小，接近于一个自由边界条件。对于自然频率和阻尼的影响应该都是很小。由于你总要支撑负荷，你可以大概这样做，通过使用悬绳，弹簧或者其他方法。作为一个经验法则，刚体模态的自然频率和悬挂应该是1比10的最低弹性模式。螺旋钢弹簧通常有一个可以忽略的阻尼因子，可以作为一个不错的选择。

3）结构被冲击锤体和在加速度计和锤子之间的转换方程激发，模态阻尼可以被计算出来。我们在这一阶段使用 dataphysics 的数据采集系统。模型阻尼的阻尼比 D 是一个特定的模式。

振动减少锯片的装置

今天，有效的阻尼装置或多或少的在市场中。AME 已经发展和测试了稳定器和阻尼器油在过去的五十年中；我们起始于一把扫帚，然后对刀片推动它，通过一个机器结构来完成。听起来好像很蠢，但它被证明是有效的。

除了设计锯片，使用圆形合金锯片具有最好的阻尼性质，它对于稳定刀片获得满意的表面处理和工具使用寿命非常重要。一个刀片振动 90 度到它的平面，它的振幅将会切割的更宽如果没有被控制。这已经

在第一篇文章中详细讨论过了,“合金锯切作业中振动的影响与预防”. 这将导致更大的切屑体积，将会加大锯切的扭矩，在齿轮箱中产生更大的扭转振动。扭转振动的危害非常大，对于合金锯刀片和齿轮来说，这种情况必须要避免。

a) 稳定器

为了最小化与振动相关的问题，合金锯制造商开发了小装置，这些小装置被错误的称为“阻尼装置” ,但实际上它们是以一种稳定的装置来运行。这些机械装置通常包含淬硬钢板，可以调整它们的厚度来契合刀片。这些所谓的阻尼装置实际上没有抑制刀片，仅仅通过限制刀片的振动幅度来维持稳定。事实上 ,静止的淬硬钢板没有吸收任何由振动引起的能量。真正的阻尼只是通过消散振动刀片产生的能量来完成。在旋转的刀片和静止的稳定板中的摩擦会产生热。通常为了稳定的目的 ,锯片必须正确的拉伸。在锯片中的热量减弱了刀片拉伸 ,因此 ,必须由空气冷却。为了使空气冷却锯片 ,必须有很小的空隙存在于稳定板和刀片体之间可以使空气流动，但不幸的是这样也减少了稳定。

b) 阻尼器

阻尼需要吸收产生于横向刀片振动振幅的的力的能量。这可以通过使用振动吸收材料作为阻尼器来实现，使用流体作为能量吸收者或其他方式。

基于使用数据采集仪器的诡辩的测试，激光三角测量传感器和宾利探针，我们开发并专利了一种稳定器和阻尼器的组合，它具有如下特质：

- 减磨滚柱取代了稳定板，消除了任何摩擦产生的热。滚动轴承通过空气流通转移热量。
- 一种特殊的减震环，包含与两个减磨滚柱之间。这个环由特殊的振动吸收材料所组成。
- 一种特别的装置允许从刀片两边预负荷刀片和滚筒。这样消除了稳定板和

刀片表面的间隙，从而使装置异常坚硬。

- 特殊的调整和简单的防脱落螺丝使装置非常的人性化操作，相比于其他市场上的装置，减少了更换刀片的时间。

阻尼和热的问题往往同时发生

对于由材料变形产生的阻尼力，你需要使用连续介质力学模型，这些模型很复杂因为你需要解决一个系统的偏微分方程。通常有一个存在于机械和热动力过程中的相互作用，由于材料加热，并且很多材料的性质受温度影响。

塑料是一个很好的阻尼材料，意味着高频率振动会产生很多热。塑料也是一个好的热绝缘体，从而导致一个问题，如果没有正确的大小，热量有可能摧毁阻尼材料。简单的计算显示出这个问题不能被忽略。

结论

- 如果你不能避免一个强制频率与结构的自然频率相同，你至少应该安装高阻尼装置来帮助减弱这个问题。
- 镶钢贴塑导轨更昂贵更需要保养，但具有更好的阻尼防止线性摩擦。
- 锯片的稳定器和阻尼器是截然不同的。一个稳定器限制锯片，另一方面阻尼器提取能量。
- 通常情况下有两种可能性。一种是亚临界，一种是超临界。亚临界意味着强制频率低于自然频率，超临界意味着强制频率高于自然频率。在过去的机器工具制造中，制造者总是试图让自然频率变低，所以它们增加了很多重量。通过这种方式，他们不必担心强制频率和自然频率会匹配。

根据牛顿第二定律：导致振动的力的大小不变的情况下，当你增加质量，加速度则会减小。

现今，通过增强的模拟和测量装备，你对自然频率有了更好的理解，你可以通过正确的平衡质量和精巧设计来避免这类问题。聪明的模态阻尼系统也会给予帮助。

者会有助于生产更好的，更有成本效率的

锯。