

# 模态分析简介

模态分析是动力学分析中的基础内容，工程上进行模态分析主要用于：

- 1, 在产品的设计之前可以预先避免可能引起的共振。
- 2, 有助于在其他动力学分析中估算求解控制参数（如时间步长）等。因为结构的振动特性决定了结构对于各种动力载荷的响应情况，所以建议在准备进行其他动力学分析之前，首先进行模态分析。
- 3, 假定为自由振动并忽略阻尼时，其方程为：

$$[M]\{\ddot{u}\} + [K]\{u\} = \{0\}$$

当发生谐振动时，即  $u = U \sin(\omega t)$  时，则方程为：

$$([K] - \omega_i^2 [M])\{\phi_i\} = 0$$

对于一个结构的模态分析，其固有圆周频率  $\omega_i$  和阵型  $\phi_i$  都能从上面的矩阵方程式里得到，

这个方程的根是  $\omega_i^2$ ，即特征值；i 的范围是从 1 到自由度的数目，相应的向量是  $\{u\}_i$ ，即

特征向量，特征值的平方根是  $\omega_i$ ，它就是结构的自然圆频率，进而可以得到自然频率

$f_i = \omega_i / 2\pi$ ，特征向量  $\{u\}_i$  表示阵型，即假定结构以频率  $f_i$  振动时的形状，。模态提取只是

用来描述特征值和特征向量的计算术语而已，但是在 Mechanical 模块中求解上述方程式是在一定的假设条件下求解的，即  $[k]$  和  $[M]$  都是常量，且

- 假设材料为线弹性材料
- 使用小扰度理论，还不包含非线性特性
- 由于  $[C]$  不存在，因此不包含阻尼
- 由于  $[F]$  不存在，因此假设结构没有激励

另外，在进行模态分析时一点要注意  $\{\phi\}$  只是一个相对值，而非绝对值。

模态分析中支持各类几何体，如实体，面体，线体和质量点，但是对于线体，只能得振型和位移结果。至于质量点，实际是在自由振动分析中添加质量，由于不改变结构的刚度，因此使用质量点就会降低结构自由振动的频率。如果模型是装配体，就会出现接触对。但是，由于模态分析是纯粹的线性分析，所以模态分析中接触对不同于非线性分析中的接触类型，二者比较如下图

接触类型	静态分析	模态分析		
		初始接触	Pinball 区域	Pinball 区域外
绑定	绑定	绑定	绑定	自由无约束
不分离	不分离	不分离	不分离	自由无约束
粗糙	粗糙	粗糙	自由无约束	自由无约束
无摩擦	无摩擦	无摩擦	自由无约束	自由无约束

在模态分析中定义接触时，两个非线性的接触行为（即粗糙和无摩擦类型的接触）由于只能为线性模式，因此它们会转化为绑定或者无间隙接触方式来替代原来接触；假如有间隙

存在，则非线性的接触行为将是自由无约束的，也就是说好像与没有接触时一样，至于究竟是属于绑定还是无间隙接触，将取决于 **pinball** 区域的大小。

在 **Mechanical** 中模态分析过程和线性静态分析非常相似，具体步骤为：

- 1, 建模
- 2, 设定材料属性
- 3, 加入存在接触，则要定义接触对
- 4, 划分网格
- 5, 加入存在载荷，则要施加载荷
- 6, 采用 **Frequency Finder** 设置要得到的结果
- 7, 求解
- 8, 查看结果