

曲轴的有限元模态分析

唐志勇 李晓兰

内江金鸿曲轴有限公司 四川内江

DOI: 10.12238/ems.v7i11.16075

[摘要] 本文针对某四缸发动机曲轴, 利用UG软件建立三维模型, 并基于Workbench平台对其进行了约束模态分析。曲轴材料设置为42CrMo, 采用四面体网格进行离散, 并在主轴颈处施加无摩擦约束、在两端施加轴向位移约束以模拟实际轴承条件。分析获取了曲轴的前六阶固有频率及振型, 结果表明: 各阶振型主要表现为弯曲与扭转变形, 最大变形出现于第4阶模态, 且危险区域集中于前端曲柄及平衡重部位; 修改后的曲轴一阶固有频率由750.63 Hz降低至664.75 Hz, 表明该修改方案会增大系统发生共振的风险, 对曲轴动态性能产生不利影响。本研究为曲轴结构动态特性评估与抗共振设计提供了依据。

[关键词] 曲轴; Workbench; 模态分析

1. 引言

汽车发动机设计是典型的机械系统设计, 曲轴是汽车发动机关键的部件之一, 其性能直接影响着汽车发动机的可靠性和寿命, 而模态分析是计算机机构振动特性的数值技术, 是最基本的动力学分析, 利用计算机仿真技术对曲轴进行模态分析有着积极的指导作用^[1]。该曲轴如图1所示, 该曲轴有4个主轴颈, 曲轴的主要尺寸参数如下: 主轴颈长度25mm, 主轴颈直径50mm, 曲柄销直径38mm。为了避免在Workbench中建模的复杂性, 选择UG软件进行建模。

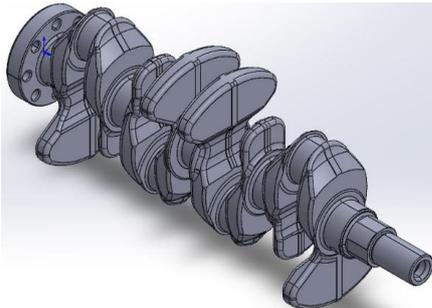


图1 曲轴三维图

2. 有限元分析

2.1 建立有限元模型

曲轴三维模型建立好后, 利用CAE分析软件Workbench对曲轴进行约束模态分析。将曲轴三维模型导入Geometry中^[2]。进行模态分析前先设置材料参数, 设置曲轴的材料为42CrMo, 弹性模量为212GPa, 泊松比为0.8, 密度为7850kg/m³。

2.2 网格划分

曲轴三维模型建立后, 对其进行网格划分, 网格疏密度

对模态分析的结果也会有一定的影响^[2], 在设置最大单元尺寸时发现, 当单元最大尺寸设置过小将会提示内存不足等错误, 无法继续进行计算, 因此设置最大单元尺寸为2mm进行自动网格划分, 有限元模型如图2所示。

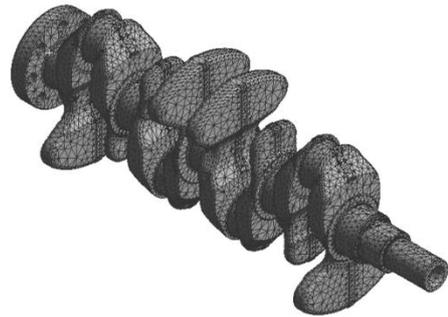


图2 曲轴四面体网格法有限元模型

2.3 约束条件建立

此时约束边界由于曲轴在工作时, 主轴颈与滑动轴承之间存在间隙, 通过压力油膜来进行润滑^[4], 因此对曲轴的主轴颈施加无摩擦约束(Frictionless Support)。为了保证活塞连杆组能够正常工作, 有效防止轴发生轴向窜动, 曲轴的两端应施加轴向位移约束来模拟曲轴轴承约束情况。如下图所示:

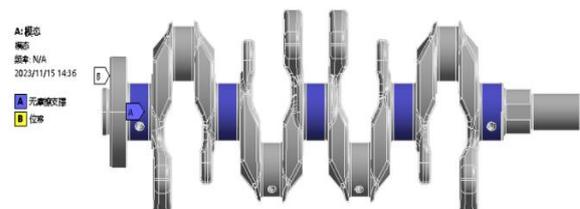
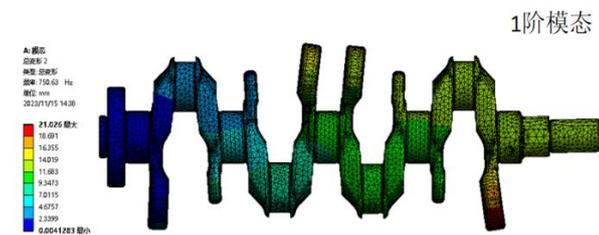


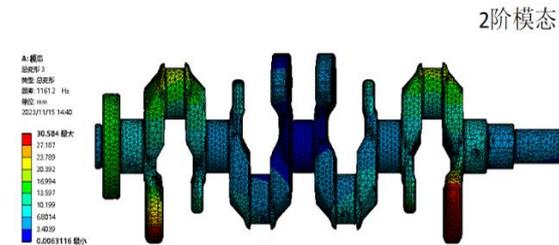
图3 42CrMo 边界条件

2.4 模态分析结果

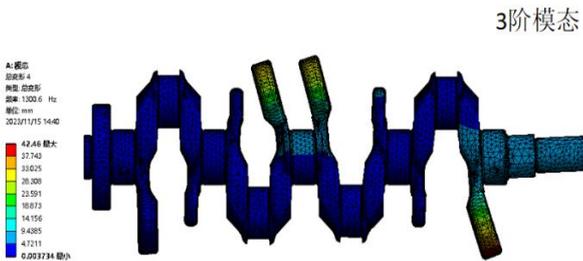
按照机械振动的理论概念, 任何系统都存在着无限阶的固有频率, 但在工程实践中影响整个系统稳定性的也只是前几阶的固有频率^[4]。扭转振动是旋转机械轴系一种特殊的振动形式, 由于曲轴较长, 扭转刚度较小, 转动惯量较大, 所以曲轴扭振的频率较低, 在发动机工作转速范围内容易产生共振, 因此对曲轴进行了振动模态分析, 得到了前 6 阶的模态振型图。计算得到了曲轴的前 6 阶固有频率 和最大变量量如下图所示如图 4 所示。



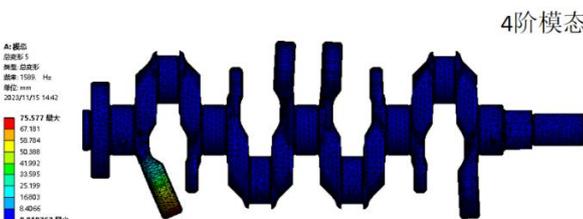
a 1 阶模态振型图



b 2 阶模态振型图

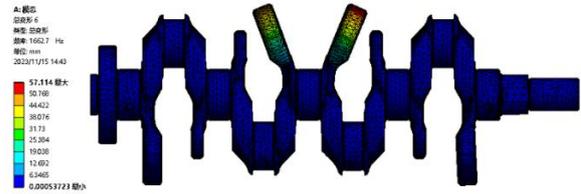


c 3 阶模态振型图



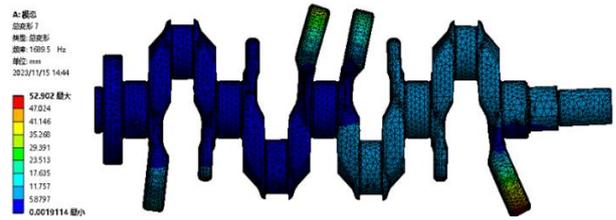
d 4 阶模态振型图

5阶模态



e 5 阶模态振型图

6阶模态



f 6 阶模态振型图

图 4 42CrMo 曲轴前 6 阶模态振型图

3. 结论

通过模态分析, 得到前 6 阶曲轴模态固有频率, 可以看出曲轴在预应力状态下的模态频率随着阶数的增加出现递增的趋势前结果表明:

1. 模态振型的变形是曲轴弯曲和扭转, 最大变形出现在第 4 阶, 因此应特别注意此处;
2. 从振型图看出, 曲轴的共振之后出现的最大变形在靠近前段轴的曲柄和平衡重;
3. 改前的曲轴最小固有频率为 750.63Hz, 改后降至 664.75Hz, 这种修改方案在一定程度上增大了系统产生共振的风险, 对提升产品性能是不利的。

[参考文献]

[1]吕端, 曾东建, 于晓洋, 等. 基于 ANSYS Workbench 的 V8 发动机曲轴有限元模态分析[J]. 机械设计与制造, 2012 (8): 11-13.

[2]曹录海, 任工昌, 翁涛. 基于 Workbench 的齿轮泵轮齿有限元分析[J]. 机床与液压, 2015, 43 (1): 127-129+148.

[3]李大磊, 代朝磊, 牛鹏辉. 基于 ANSYS Workbench 磨粉机减速器箱体动态特性分析[J]. 郑州大学学报(工学版), 2014, 35 (5): 92-95.

[4]黄志新, 刘成柱. ANSYS Workbench14.0 超级学习手