

Hyperworks在汽车NVH开发中的应用

张羽翼 焦天培

一汽海马汽车有限公司产品开发部

摘要: 本文主要介绍如何用Altair公司的HyperWorks软件对汽车零部件进行模态有限元分析。通过对某家用轿车空调压缩机支架进行模态分析,建立空调压缩机支架的有限元模型。采用RBE2单元来模拟空调压缩机和空调压缩机支架及发动机之间的连接。并将仿真结果与试验进行了对比。

关键词: HyperWorks, 模态分析, 空调压缩机

1 前言

车型在加速工况,发动机舱出现异响,转速范围是1500~2000r/min。经过诊断异响来源于轮系。通过分离试验,确定声响来源与空调压缩机总成有关。汽车空调压缩机通过支架安装在发动机上,由发动机曲轴驱动,激励范围覆盖整个低中频段。如果支架刚度不足,整个总成固有频率过低,在加速过程中发动机二阶频率就会激励压缩机总成共振,引起轮系异响。低的刚度必然伴随有低的固有频率,易发生结构共振和声响。因此在新车研发中应对空调压缩机支架进行模态分析以此对支架的结构及安装方式有个初步的评价。文中就是采用有限元分析的方法,对某车型的空调压缩机支架进行模态分析,为设计生产提供参考依据。

2 空调压缩机支架有限元模型的建立

2.1 分析软件说明

本次分析中采用的是HyperMesh 前处理器软件和OptiStruct 求解器。HyperMesh 是世界领先的、功能强大的独立于求解器的有限元网格划分和模型装配工具,集成于Altair HyperWorks 软件包之中。HyperWorks 是由美国Altair Engineering Inc. 公司开发,目前在世界上的应用非常广泛。

作为世界CAE 工业流行的大型通用结构有限元分析软件,OptiStruct 是一个快速、精确和稳健的有限元求解器,支持多种线性及非线性分析。通过无缝集成在HyperWorks 软件中,OptiStruct 为工程师提供了梦寐以求的灵活、快速和先进的功能,这些功能包括线性静态分析、特征值求解、屈曲,频率响应分析和瞬态响应分析以及运动学,动力学,静力学,准静力学和线性化分析等。

2.2 单元类型

压缩机支架为铸造件，采用4节点四面体单元划分；由于压缩机弹性体模态不在我们的关注范围故采用集中质量单元CONM2 单元模拟；采用RBE2单元模拟压缩机和支架及支架和发动机的螺栓连接。

2.3 材料定义

空调压缩机支架的材料通常采用镁铝合金. 其弹性模量 $E=7 \times 10^4$ Mpa, 泊松比取 $\mu=0.3$, 则密度 $\rho=2.7 \times 10^3$ kg/m³。

2.4 2.4 划分网格

左侧压缩机支架模型的网格划分是采用的HyperWorks中的HyperMesh 模块来划分的,充分考虑到硬件条件的提高,以及对网格尺寸的验证选用的网格基本尺寸为2mm。其中节点个数为27156,四面体单元总数为105285，图1为压缩机支架的有限元模型。

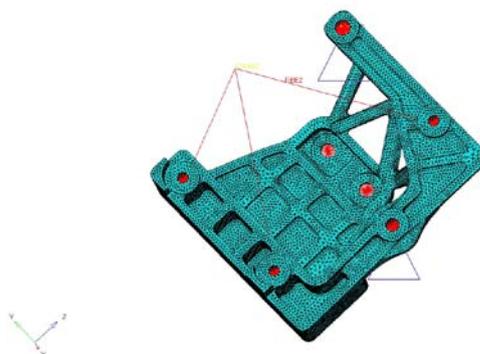
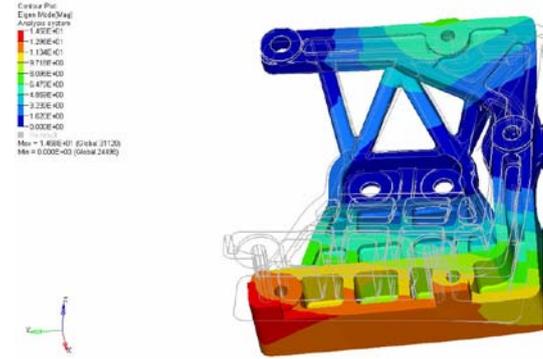
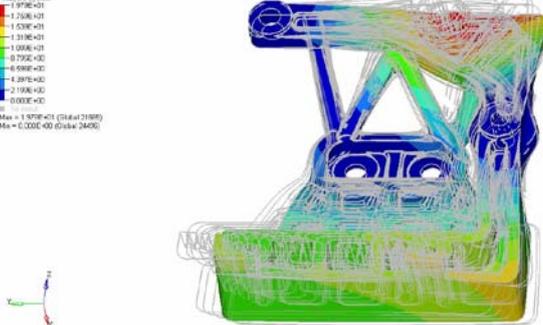


图 1 压缩机支架有限元模型

3 计算结果和分析

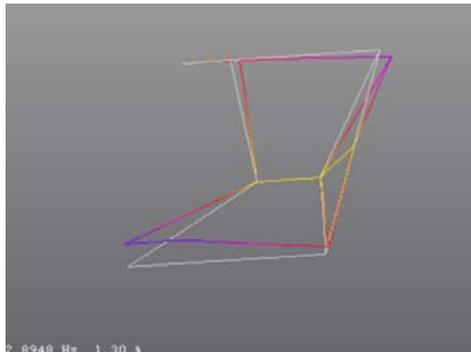
3.1 前三阶模态

	模态振形	备注
1st 170Hz		绕约束点摆动

<p>2nd 248Hz</p>		<p>绕约束点摆动</p>
<p>3rd 719Hz</p>		<p>绕约束点摆动</p>

3.2验证结果

为验证计算结果的准确性，我们用LMS数据采集系统及Test.lab 软件实测空调压缩机总成模态，一阶模态结果如下：

	模态振形	备注
<p>1st 183Hz</p>		<p>绕约束点摆动</p>

3.3 分析结论

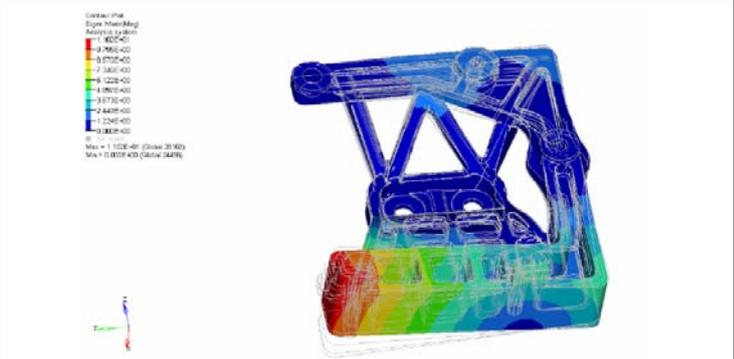
<1> 计算结果和试验结果都显示压缩机总成一阶模态为180Hz 左右，固有频率偏低。

<2>分析前三阶和试验第一阶的模态都是绕约束点的摆动。仔细观察支架结构发现支架和发动机约束的四个点过于集中于一条线上，造成两侧刚度不足以致前几阶模态类似。

<3>分析结果相比试验有7%的偏差，除去试验自身的误差外FE 模型的压缩机质心位置为假设位置，材料为查找手册获得，分析边界自由度为假设(与实际情况有微小出入)。

3.4 优化方案

根据计算结果和试验结果，压缩机总成一阶固有频率偏低，在加速工况容易被发动机的 2、4、6 阶激励频率激发共振，应设法提高总成一阶固有频率。频率与刚度及质量相关，提高刚度成为提高频率的最直接方法。为了快速验证，通过改换空调压缩机支架材料来实现提高空调压缩机支架频率，即将镁铝合金换成结构钢重新提交有限元计算。结果如下：

	模态振形	备注
1st 293Hz		绕约束点摆动

由计算结果可知结构钢空调压缩机支架固有频率提高很多，在发动机低转速段能有效避开前几阶激励频率。将结构钢空调压缩机支架安装到整车上，试车全负荷加速工况没有出现轮系异响，证实问题根源来自于空调压缩机支架刚度偏弱。

4 结语

通过搭建空调压缩机支架的有限元模型计算得出前三阶频率和模态振形，并与试验结果的对标完成了压缩机支架振动属性的提取。根据有限元计算得到更换材料后的空调压缩机支架的频率，从而为以后的优化改进提供参考。

5 参考文献

- [1] 周中坚，卢耀祖。机械与汽车结构的有限元分析。上海：同济大学出版社，1997
- [2] 美国Altair 公司上海办事处。上海：宣传资料，2007

Hyperworks Application for The Development of Automotive NVH

Abstract: This paper illustrate how to get the mode by HyperWorks. A finite element model for the bracket of air compressor is established by analyzing the the bracket of air compressor modal of a certain family sedan. The link between the engine and air compressor include the bracket of air compressor is simulated by RBE2 element. Compare simulation with physical result in the end.

Key words: HyperWorks, modal analysis, air compressor