

Hyperworks Application in Modal Analysis of Instrument Panel Assembly

Guang Mu*, Yinli Yang, Huanxue Feng

Changchun Faway Adient Automotive System Co. Ltd., Changchun Jilin

Email: guang.mu@adient.com

Received: Oct. 26th, 2017; accepted: Nov. 9th, 2017; published: Nov. 13th, 2017

Abstract

During the car development phase, analyzing the modal characteristics of the Instrument Panel assembly is of great significance to the product. This paper applies HyperMesh of Altair to build the finite element model of the Instrument Panel assembly, and use OptiStruct to solve the modal analysis, then do the post-processing with Hyperview. By analyzing the results, the reason why the mode 1 of the whole is low is found, then the structure is optimized. The paper provides reference to the Instrument Panel structure design with large screen configuration.

Keywords

Instrument Panel, Hyperworks, Modal Analysis, Animation

Hyperworks在汽车仪表盘总成模态分析中的应用

穆光*, 杨银丽, 冯焕学

长春富维安道拓汽车饰件系统有限公司, 吉林 长春

Email: guang.mu@adient.com

收稿日期: 2017年10月26日; 录用日期: 2017年11月9日; 发布日期: 2017年11月13日

摘要

在汽车开发阶段, 分析仪表盘总成的模态特征对于产品有重要指导意义。本文应用Altair公司强大的前

*通讯作者。

处理软件HyperMesh建立仪表板总成的有限元模型,并利用OptiStruct进行模态求解,最后使用HyperView进行后处理。通过分析结果找到了整体一阶模态偏低的原因,并对结构进行优化设计,为有大屏配置的仪表板模态结构设计提供了参考。

关键词

仪表板总成, Hyperworks, 模态分析, 有限元仿真

Copyright © 2017 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

仪表板是汽车上最主要的内饰件,集功能性,舒适性,美观性,安全性于一体。其主要结构由塑料壳体、电路控制开关、各种仪表、影音娱乐系统、副安全气囊、手套箱以及金属支撑结构组成。目前,在主流乘用车型的大部分中高端配置中,都会配置有显示大屏(如图1)。一般情况下,由于显示大屏的连接支撑主要在下部,而上端一般是自由的,因此显示大屏的重心一般较低,在这种情况下屏幕在行驶过程中容易发生晃动,引起相关部件的疲劳,从而减小其使用寿命。除此之外,高频振动也可能产生噪声问题,影响乘员的舒适度。因此,需要在开发初期就考虑到此类问题,通过必要的手段来测定并解决。

在传统开发流程中,需要进行实验来测定仪表板总成的模态。但由于实验一般在开发阶段的后期,模具已经开好,产品图纸也基本定型,此时如果出现问题,改动空间会很小,同时成本很高,还会延长开发周期。李国城等[1]使用 Nastran 作为分析工具对仪表板总成进行模态分析,发现了一阶固有频率与发动机怠速频率相近,从而优化了结构,减小了振动;刘俊红等[2]使用 ABAQUS 作为分析工具对仪表板总成进行模态分析,提取了各阶模态的结果,并根据结果优化了结构的振动特性。本文采用前处理软件 HyperMesh 对仪表板总成进行建模,并使用求解器 OptiStruct 对其进行模态分析求解,最后使用后处理软件 HyperView 进行后处理,在开发前期发现问题并解决,大大地缩短了开发周期,并节约开发成本。

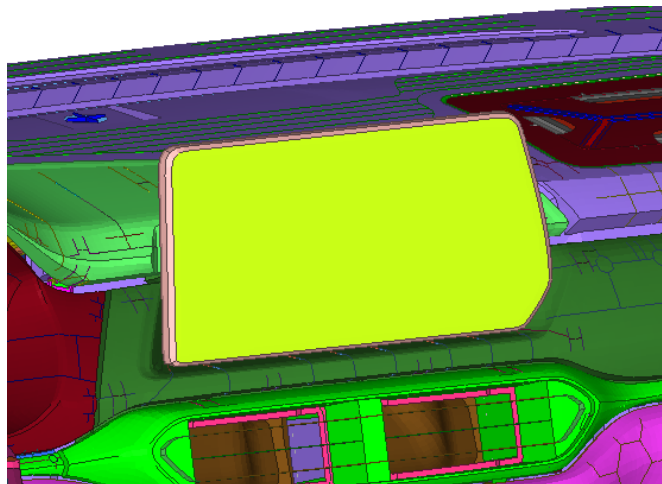


Figure 1. Instrument Panel with bigger screen

图 1. 带有显示大屏的仪表板

2. 仪表板总成有限元模型的建立

2.1. 网格划分

由于仪表板总成多为注塑成型，其几何形状复杂且厚度不一，且各面板之间多为卡扣连接，在建立有限元模型时其几何处理和网格划分会占据大量时间。建立有限元模型时可根据实际几何状况，将网格尺寸做适当调整。

内饰件中有很多自身刚度对系统影响不大的电器件，例如保险丝盒、空调控制器等，可以简化成质量点单元，忽略其刚度。必须将质量点放在其质心的位置上，并使用 rbe2 单元和其周边零件连接。特别的，线束也可以简化成质量点。

2.2. 连接关系

仪表板总成的连接关系主要有四种，分别是热熔焊连接、卡扣连接、软连接(防止穿透)和铆钉(螺栓)连接。

- 热熔焊连接：热熔焊连接一般存在于塑料骨架和塑料零件之间的连接。热熔焊的处理方法很简单，只要将连接的两个件在合适的位置共节点即可。
- 卡扣连接：卡扣连接是内饰模态分析中最重要的一种连接方式，因为其对局部刚度影响大，且卡扣连接是内饰部件之间一种主要的连接方式(如图 2)。在 OptiStruct 中，一般情况下，我们使用 CBUSH 单元(一种弹簧单元)来模拟卡扣配合，其优点是可以分别模拟各方向的刚度。
- 软连接：结构中相邻的零件之间没有连接，或者由泡棉连接的部分，依靠接触关系来相互约束。软连接一般也使用 CBUSH 单元进行模拟，在可能穿透的位置设置相对较大的刚度系数(如图 3)。
- 螺栓连接与铆钉连接：风道之间，风道与骨架之间多用铆接定位(如图 4)，使用 rbe2 单元进行连接即可。

2.3. 约束关系

根据仪表板总成在整车上的安装情况进行系统约束，螺栓连接处设置为全约束，安装挂点处需要释放非接触方向的自由度。

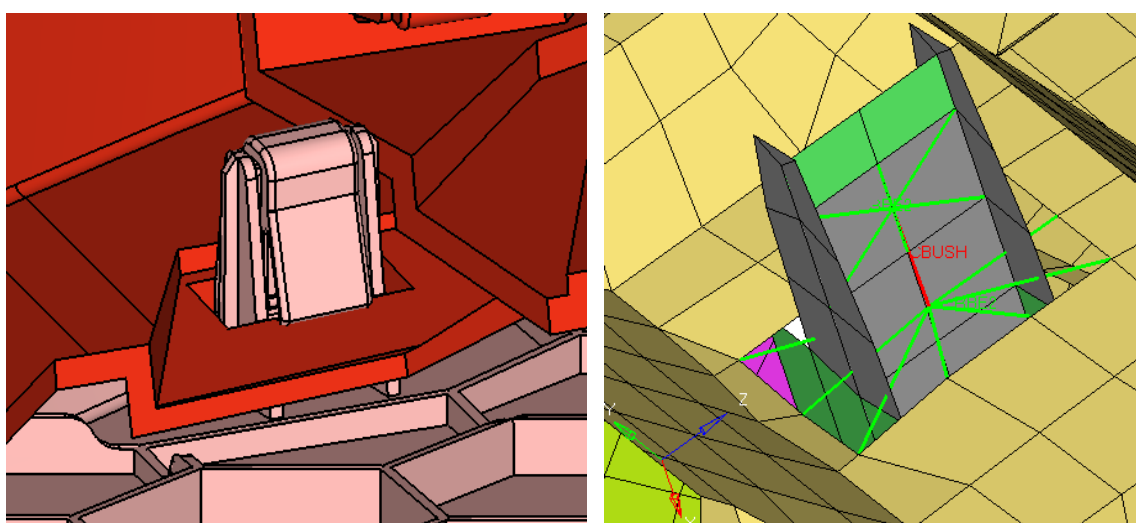


Figure 2. Snap joint
图 2. 卡扣连接

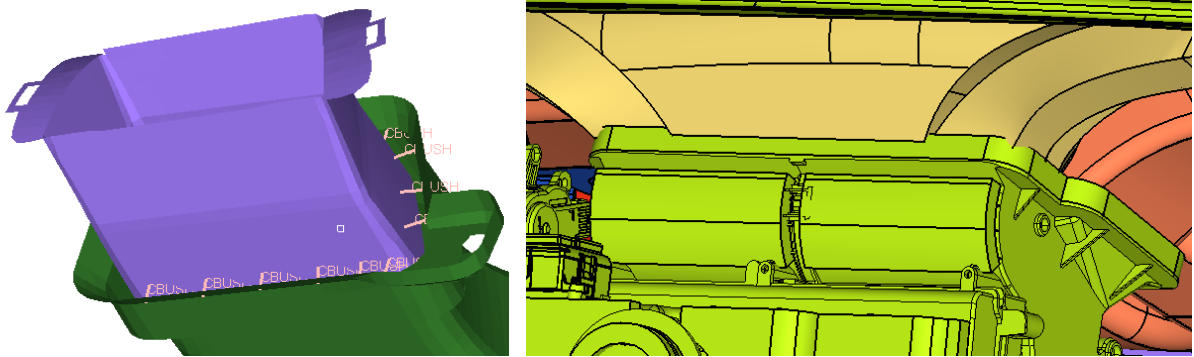


Figure 3. Soft connection
图 3. 软连接

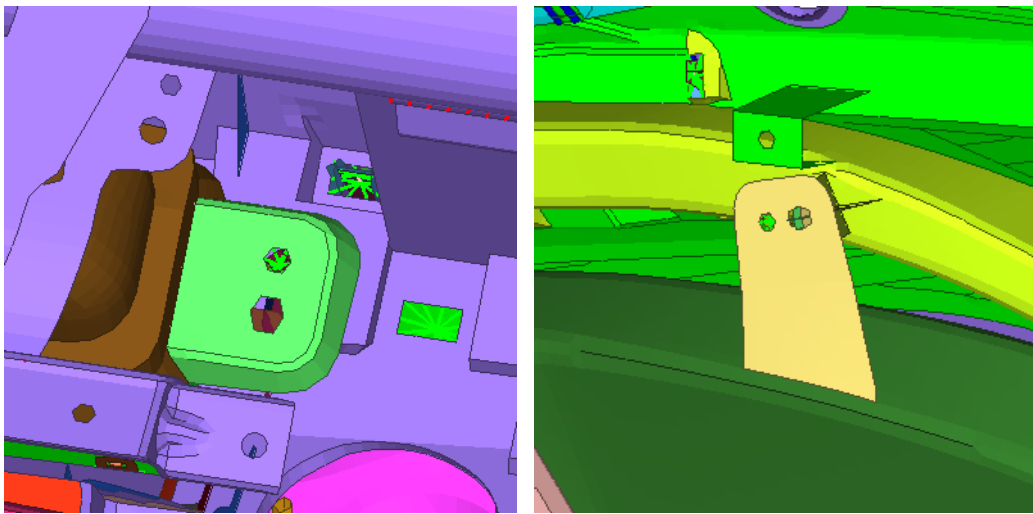


Figure 4. Rivet connection
图 4. 铆钉连接

2.4. 计算参数

使用 Lanczos 法提取前五阶模态，该方法求解精度高，计算速度相比子空间法来说更快。在卡片中设置输出各阶模态的相对位移云图及应变能密度云图。

该模型共有节点 341947 个，单元 342766 个，单元类型以 QUADS 为主，模型质量 50.36 kg。

以上参数设定完成后，使用 OptiStruct 求解器进行模态分析计算[3]。

3. 模态分析基本理论

模态分析研究机械结构的固有振动特性，每个模态具有特定的固有频率、阻尼比和模态振型。对于仪表板模型，由于系统没有外力作用，且结构阻尼对结构固有频率和振型影响很小。其动力学方程可表示为：

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

式中， $[M]$ 为结构的总质量矩阵， $[K]$ 为结构的总刚度矩阵。设其解为：

$$\{x\} = \{\phi\} e^{i\omega t}$$

特征方程：

$$([K] - \omega^2 [M])\{\phi\} = 0$$

该方程可以通过数值计算方法进行求解, 解得的 ω 值就是各阶模态的固有频率值, 特征向量 $\{\phi\}$ 就是各阶模态的振型[4]。

4. 模态分析计算结果

使用 Hyperview 软件[5]对分析结果进行后处理, 一阶整体模态结果如图 5 所示, 其对应的固有频率值为 33.9 Hz, 不满足客户不小于 36 Hz 的要求, 需要对不满足要求的区域进行设计优化。

从相对位移云图(如图 5)容易看出, 在一阶整体模态下, 主要的振动区域在显示大屏处。查看显示大屏区域的应变能密度分布图(如图 6), 可以发现大屏支架的应变能密度较大, 且较为集中。结合固有频率的公式 $\omega = 1/2\pi\sqrt{k/m}$ 可知, 如需提高此区域的固有频率, 有提升刚度和降低质量两种角度来实现:

1) 降低质量可以通过减薄壁厚来实现, 但这同时也降低了刚度, 对固有频率的影响不大。因此在本案中, 质量不是影响固有频率的主要因素。

2) 提升刚度可以通过在局部增加筋, 或增加壁厚来实现。塑料件质量很小, 局部操作在质量上对结构的影响可以忽略不计, 所以此方法对局部模态的改善效果明显。

5. 优化分析方案

结合模态分析结果, 提出了如下的优化分析方案:

方案一: 将显示屏支架上部进行加强(图中灰色部分), 与显示屏支架一体注塑成型, 增加显示屏支架区域的刚度(如图 7)。

方案二: 在整体一阶应变能密度图中可以看出, 显示屏支架所在的仪表板骨架区域刚度不足。因此考虑在刚度不足区域布置加强筋, 筋的厚度为 2.5 mm, 以提高局部刚度(图中蓝色部分, 如图 8)。

综合上述两种改进方案, 再次进行模态分析, 仪表板总成的一阶整体模态提升到 36.5 Hz, 大于不小于 36 Hz 的固有频率的目标, 符合要求。从应变能密度的角度看(如图 9), 最大应变能密度也从优化前的 106 J/mm^3 下降到了 80.4 J/mm^3 , 有效地提高了区域的刚度, 从而提升了一阶整体模态。

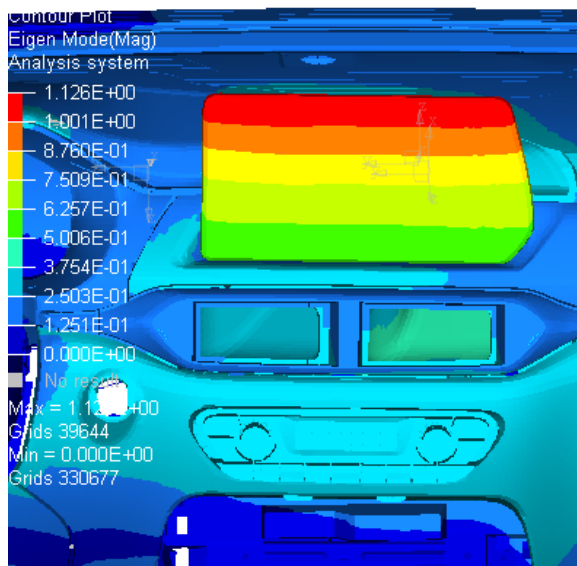


Figure 5. The 1st overall mode of vibration

图 5. 整体一阶振型图

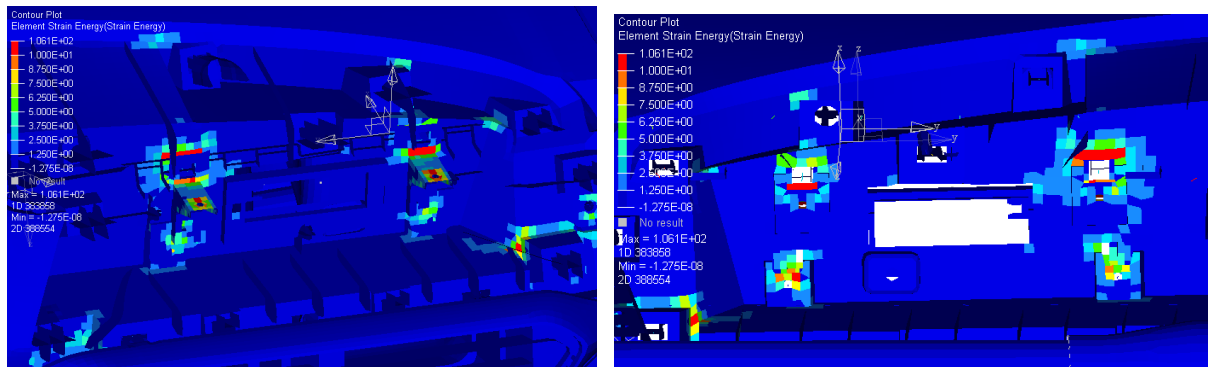


Figure 6. The 1st overall mode of strain energy density
图 6. 整体一阶应变能密度图

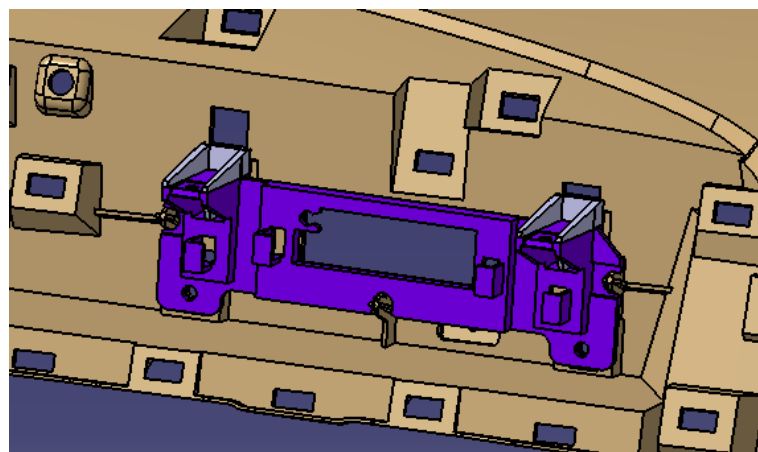


Figure 7. Optimization plan 1
图 7. 优化方案 1

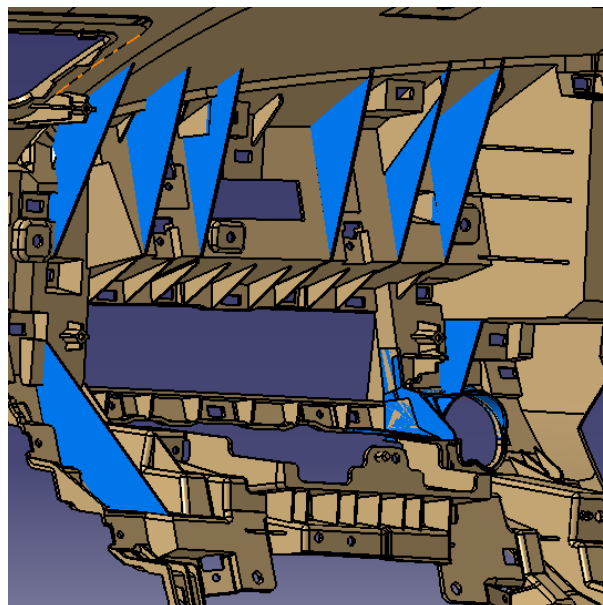


Figure 8. Optimization plan 2
图 8. 优化方案 2

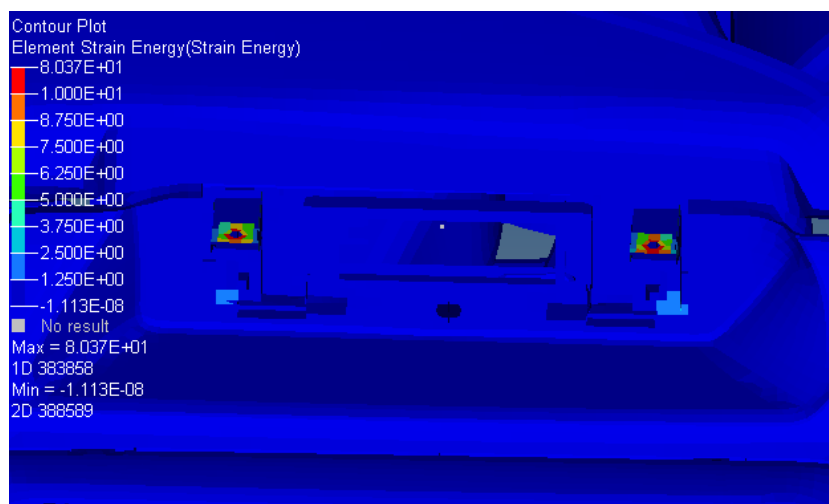


Figure 9. The 1st overall mode of strain energy density after optimization
图 9. 优化后的整体一阶应变能密度图

6. 结论

本文使用 HyperMesh 软件进行汽车仪表盘总成的建模，并对其进行了模态分析。通过研究分析结果的应变能密度云图及相对位移云图，对仪表盘大屏支架附近结构进行了优化，经过重新计算验证了优化方案的可行性。本算例为配有大屏配置的仪表盘模态结构设计提供了参考。

参考文献 (References)

- [1] 李国城, 邓涛, 卢任之. 汽车仪表盘模态分析及结构优化[J]. 汽车实用技术, 2016(5): 32-34.
- [2] 刘俊红, 陶其铭, 傅薇. 基于 ABAQUS 的某轿车仪表盘模态分析[C]//中国汽车工程学会年会. 中国汽车工程学会年会论文集: 2009 年卷.
- [3] 洪清泉, 赵康, 张攀, 等. OptiStruct & HyperStudy 理论基础与工程应用[M]. 北京: 机械工业出版社, 2013: 45-55.
- [4] 靳晓熊, 张立军, 江浩, 等. 汽车振动分析[M]. 上海: 同济大学出版社, 2002: 23-25.
- [5] 王钰栋, 金磊, 洪清泉, 等. HyperMesh & HyperView 应用技巧与高级实例[M]. 北京: 机械工业出版社, 2012: 20-30.

知网检索的两种方式:

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>
下拉列表框选择: [ISSN], 输入期刊 ISSN: 2324-8696, 即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>
左侧“国际文献总库”进入, 输入文章标题, 即可查询

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱: mos@hanspub.org