

文章编号:1006-1355(2018)01-0127-03

排气系统模态影响因素研究及应用

张慧芳, 鲍金龙, 范永恒, 吕士海, 陈岳昌

(长城汽车股份有限公司技术中心 河北省汽车工程技术研究中心, 河北 保定 071000)

摘要:运用CAE仿真方法,研究排气系统上各个零部件对排气模态振型和频率的影响,分别得出影响振型及频率的关键部件,对前期如何控制排气振动和后期问题整改以及试验相关性分析具有重要指导意义。

关键词:振动与波;排气系统;车内轰鸣;模态振型;模态频率;敏感部件

中图分类号:TB53

文献标识码:A

DOI编码:10.3969/j.issn.1006-1355.2018.01.025

Research of Influencing Factors of Exhaust System Modals

ZHANG Hui-fang, BAO Jin-long, FAN Yong-heng,
LV Shi-hai, CHEN Yue-chang

(R&D Center Great Wall Motor Company, Automotive Engineering Technical Center of Hebei,
Baoding 071000, Hebei China)

Abstract: Influence of component parts of the exhaust system on its modal shapes and frequencies is analyzed using CAE simulation method. Some key parts which have large influence on the modals and frequencies are found. This work may be helpful for vibration control, structure improvement and correlation analysis of exhaust systems.

Key words: vibration and wave; exhaust system; internal booming noise; modal shape; mode frequency; sensitivity parts

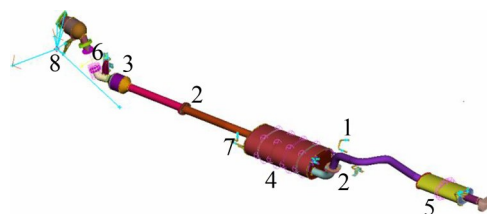
汽车NVH性能是影响乘客舒适性的重要性能之一,其中低频轰鸣问题为常见问题之一,而排气系统是引起低频轰鸣问题产生的主要系统,排气系统可以通过结构和噪声两条路径进入车内引起轰鸣,因此控制排气系统的结构振动,可以有效提高汽车NVH水平。

排气系统结构分析中,排气模态是所有排气振动分析的基础,因此保证排气模型的相对准确,才能更好地控制排气振动的产生,提高汽车NVH性能。现阶段国内外对此方面的研究较少,在文献[1]和文献[2]中,作者对排气灵敏度做了相关研究,但是大部分只是对排气吊耳、排气柔性管、排气管路进行影响分析,没有彻底分析影响排气模态零部件的灵敏度,本文借用某车型排气系统,对排气系统的所有零部件研究,找出影响模态的关键零部件,从而达到在前期有效控制排气模态,更有效地控制排气振动问

题产生的目的,并对前期预防和后期问题整改及试验相关性分析方面具有重要指导意义。

1 技术路线

图1为某车型全模态分析模型,其中软连接与橡胶吊耳以及悬置采用CBUSH单元进行模拟,隔板与消声器外壳采用CWELD进行模拟,焊缝和吊钩采用shell单元模拟,法兰采用四面体单元模拟。



1. 吊钩 2. 法兰 3. 催化器 4. 前消
5. 后消 6. 软连接 7. 橡胶吊耳 8. 动力总成

图1 排气系统模型

收稿日期:2016-11-14

作者简介:张慧芳(1985-),女,河北省保定市人,硕士,主要研究方向为动力系统NVH研究。

E-mail: xiaofangsjz@126.com

本文以某车型排气系统为例做研究,提供研究排气系统部件敏感度的思路,主要按照整车-系统-零部件的思路进行分解模型,最终得出排气系统上各个部件对排气模态振型和频率的影响大小。

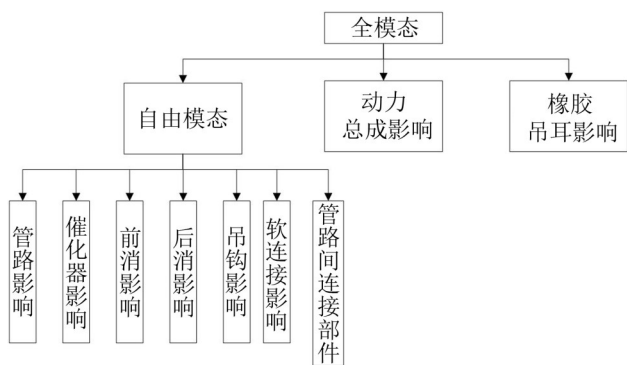


图2 技术路线

2 影响因素分析

2.1 振型影响分析

根据表1的方案对各个零部件的振型灵敏度进行分析,最终得出图3的结果。

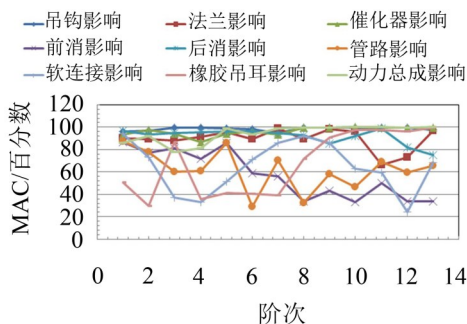


图3 各个零部件对振型的敏感度MAC值

MAC百分比越大则灵敏度越小,对振型影响也越小。吊钩、催化器、后消声器、动力总成这几个零部件的改变,MAC值在前13阶次,MAC值在80%以上,因此对振型敏感度较弱;前消声器在前6阶对振型敏感度较低,主要影响高阶次振型;橡胶吊耳对前8阶敏感度较高,管路走向和软连接刚度以对整个阶次的敏感度均较高;前消声器对5阶以上振型

敏感度较高。因此在前期布置时,应重点考虑管路走向及前消声器的位置,以及软连接刚度的选取。

2.2 频率影响分析

对以上的模型进行频率统计,研究其对频率的影响,其结果见图4。

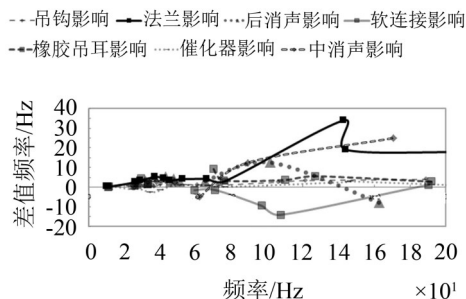


图4 排气各个零部件对模态频率影响

在60 Hz之前各个零部件对频率的敏感度影响均小于5 Hz,在60 Hz以上法兰、中消、后消及软连接刚度参数对频率影响敏感度较高,法兰影响最大,其次为中消。若后期产生60 Hz以上振动问题,可以考虑通过以上敏感件调整频率,否则,改变振型会比较有效,调频率效果不大。

3 某车型排气问题案例

3.1 问题及原因

某车型在2 500 r/min左右车内出现轰鸣,对车内噪声阶次分析,车内2 500 r/min处轰鸣主要贡献量为4阶噪声,对应频率为166 Hz左右,测试结果如图5所示。

经排查发现,在3档pot工况,车内噪声与软连接后吊钩相关性较好,脱开吊钩后,轰鸣消失。经测试发现此吊钩车身侧振动在169 Hz处有一共振带,如图6所示。

表1 相关性仿真方案

序号	相关性目的	方案	与左侧方案做相关性的模型
1	吊钩影响	10基础上去掉吊钩	与10做相关性
2	法兰影响	1基础上去掉法兰	与1做相关性
3	催化器影响	2基础上去掉催化器	与2做相关性
4	前消声器影响	3基础上去掉前消声器	与3做相关性
5	后消声器影响	4基础上去掉后消声器	与4做相关性
6	管路影响	所有零件均去掉,只剩管路	与10做相关性
7	软连接影响	调节软连接刚度	与10做相关性
8	橡胶吊耳影响	在自由模型基础上增加橡胶吊耳	与10做相关性
9	动力总成影响	8基础上增加动力总成	与8做相关性
10	排气自由模型		

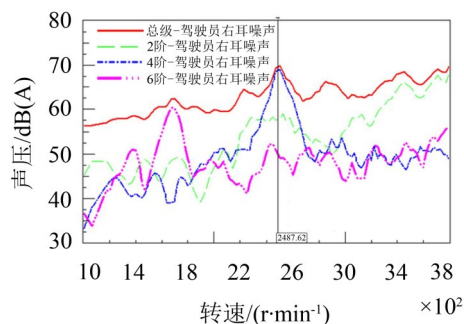


图5 驾驶员右耳噪声阶次图

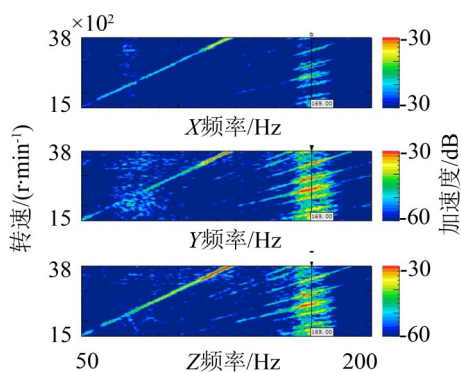


图6 三档POT工况软连接后吊钩车身侧三个方向振动

经排查排气系统模态(165 Hz)和车身纵梁(170 Hz)频率接近,存在共振。

3.2 解决方法及结论

由于后期排气系统很多部件更改起来比较困难,通过上面对排气系统敏感件的分析可以得出,在60 Hz以上要想调开排气频率,最简单的办法就是更改软连接刚度,从而避开与车身纵梁的频率。

对软连接刚度进行调整后,经测试驾驶员右耳声压级从69.7 dB降到64.9 dB,声压级降低约5 dB,结果见图7。

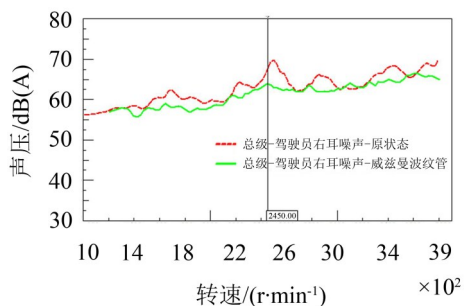


图7 更换软连接前后驾驶员右耳噪声对比

4 结语

本文通过分析排气系统零部件对排气模态振型和频率的影响,得出以下结论。

对振型的影响:

(1) 吊钩、催化器、后消声器、动力总成对振型敏感度较低;

(2) 前消声器和橡胶吊耳对低阶次敏感度较高;

(3) 软连接刚度和管路走向对整个阶段敏感度均较高;

对频率的影响:

(1) 在60 Hz之前,各个零部件对频率的敏感度影响均小于5 Hz;

(2) 在60 Hz以上法兰、中消、后消及软连接刚度参数对频率影响均较大,法兰影响最大,其次为中消。

因此在前期的布置时,应重点考虑管路走向及中间消声器的位置,若后期产生60 Hz以上振动问题,可以考虑通过以上敏感件调整频率。否则,改变振型会比较有效,调频率效果不大。

结果对指导前期设计布置以及解决后期问题具有重大意义。

参考文献:

- [1] 张维达. 汽车排气系统隔振分析与设计[D]. 南京:南京航空航天大学,2011,12.
- [2] 田静. 乘用车排气系统悬挂位置设计及隔振控制研究[D]. 武汉:武汉理工大学,2011,9.
- [3] 刑素芳,王现荣. 发动机排气系统振动分析[J]. 河北工业大学学报,2005,34(5):109-111.
- [4] 卞信涛. 排气系统模态及振动响应分析[J]. 机电技术,2012,01:110-112.
- [5] 刘敬平,邓帮林. 某轿车排气系统振动分析[J]. 振动与冲击,2011,08:237-263.
- [6] 徐献阳. 车辆排气系统的振动模态分析及优化[D]. 上海:上海交通大学,2008,6.