

文章编号: 1006-1355(2014)06-0232-04

某SUV汽车油门踏板振动原因分析与解决

王丽梅^{1,2}, 郭世辉^{1,2}, 王海涛^{1,2}, 李军帅^{1,2}

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

摘要: 汽车油门踏板是一种与驾驶员接触频繁的机构, 提高其振动舒适性有利于行车安全。针对某SUV油门踏板振脚问题, 应用道路车内振动测试、底盘测功机车内振动测试、模态测试等手段逐一排查激励源、传递路径、响应分析, 运用CAE手段分析油门踏板安装点动刚度, 发现IPI曲线上有异常峰值, 油门踏板安装支架加强后, 异常峰值消失, 油门踏板振动幅值降低 1.4 m/s^2 , 主观评价脚麻感消失, 最终通过优化油门踏板安装支架问题得以解决。

关键词: 振动与波; 油门踏板; IPI; 安装支架; 优化

中图分类号: O422.6

文献标识码: A

DOI编码: 10.3969/j.issn.1006-1355.2014.06.051

Cause Analysis of Vibration of an SUV Accelerator Pedal and Its Solution Strategy

WANG Li-mei, GUO Shi-hui, WANG Hai-tao, LI Jun-shuai

(1. R & D Center of Great Wall Motor Company, Baoding 071000, Hebei China;
2. Automotive Engineering Technical Research Center, Baoding 071000, Hebei China)

Abstract: Accelerator pedal of the vehicle is a mechanism used frequently by drivers, and its comfort is immediately related to driving safety. In this paper, the vibration of an SUV accelerator pedal was analyzed. The internal vibration test and the modal test of the vehicle on road with chassis dynamometer were conducted to analyze the excitation source, transmission path and the response. The dynamic stiffness at the installation points of the accelerator pedal was simulated by means of CAE. Some abnormal peak values were found on IPI curve, but they disappeared after strengthening the installation bracket of the pedal. The test result shows that after optimizing the bracket installation of the pedal, the vibration amplitude of the accelerator pedal is reduced by 1.4 m/s^2 , and the vibration of the pedal disappears according to subjective evaluation.

Key words: vibration and wave; accelerator pedal; IPI; installation bracket; optimization

随着汽车行业高速的发展, 人们对汽车各方面的振动也越来越关注。保持汽车振动环境的舒适性, 对确保行驶安全非常重要, 汽车油门踏板作为一种与驾驶员接触频繁的机构, 其舒适性是一项不可或缺的品质指标。

油门踏板振动大会使驾驶员感到脚麻, 不利于行车安全。本文通过测试分析油门踏板振动, 发现问题是由防火墙刚度不足局部模态共振引起, 最终通过优化油门踏板安装支架结构问题得以解决。

1 问题描述

某款新研发的四驱SUV, 在样车试制阶段, 通过主观评价发现车辆在定置升速、行车加速工况下, 踩踏油门过程中有振动现象, 主观感觉为脚麻。

2 原因分析

2.1 油门踏板振动测试

为找到振源, 先对振动特性进行分析。在油门踏板摇臂上靠近踏板处沿振动法向布置加速度传感器, 同时拾取转速信号, 测试工况为三挡部分负荷, 测试结果如图1、图2所示。

2.2 问题分析

通过分析油门踏板振动测试结果可知: 油门踏

收稿日期: 2014-03-11

作者简介: 王丽梅(1988-), 女, 山西吕梁人, 学士, 助理工程师, 主要研究方向: 汽车车身振动控制。

E-mail: meizi1204@126.com

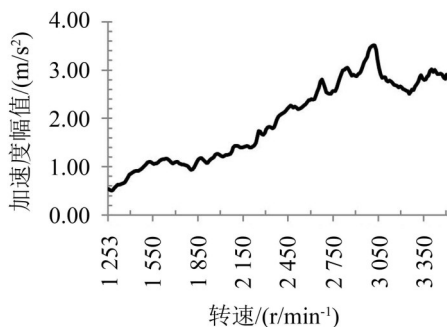


图1 油门踏板振动曲线

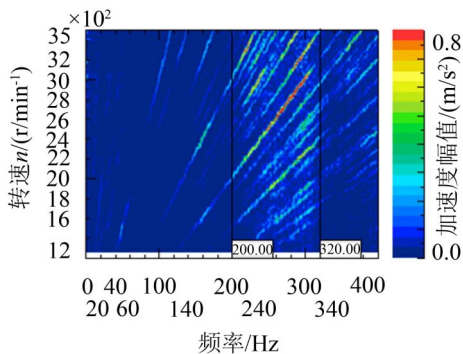


图2 油门踏板振动频谱图

板振动幅值随着转速的升高而增大,3 000 r/min时振动幅值达到最大,从频谱图分析可得在200 Hz~320 Hz区间内存在宽频能量带。NVH问题一般通过激励源-传递路径-响应依次排查,该问题跟转速相关,激励源除了发动机外还有加速过程中燃油泵工作频率,结合系统结构依次通过以下途径排查。

1) 燃油泵工作油管脉动通过防火墙引起油门踏板振动;

2) 发动机激励引起油门踏板本体共振;

3) 发动机激励引起防火墙局部模态共振传到油门踏板。

2.3 油管脉动影响

为验证燃油泵工作油管脉动是否为引起问题的根源,需将油管与车身地板和防火墙脱离开,相当于切断传递路径。考虑到行车安全,在底盘测功机上对样车进行道路模拟试验。传感器布置在油门踏板摇臂上靠近踏板处,对油门踏板进行振动测试,采集工况为3挡部分负荷,发动机转速从1 300 r/min升至3 500 r/min,分别采集车辆原状态和隔离油管两种状态下的振动数据,测试结果如图3所示,图中实线为车辆原状态数据,虚线为拆除油管后数据。

通过数据分析,两条曲线基本重合,由此判断油管的脉动频率对油门踏板的振动无贡献,因此排除油管的脉动频率对油门踏板振动的影响。

2.4 油门踏板约束模态测试

在SUV样车整车状态下对油门踏板进行模态

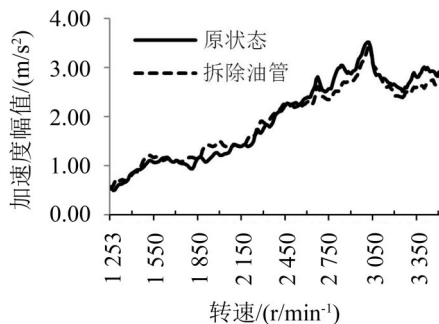


图3 拆除油管前后油门踏板振动曲线

测试,由于约束条件不同对踏板测试值影响很大,结合实际使用中油门踏板的开度,分别对0开度、1/2开度、全开三种状态进行测试。测试结果如图4所示。

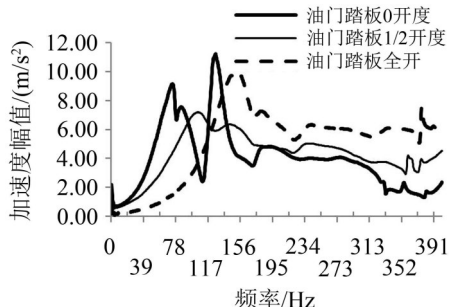


图4 油门踏板不同开度下的频响函数

由测试结果可知油门踏板0开度时1阶模态值为73 Hz、1/2开度时一阶模态值为106 Hz、全开时1阶模态值为149 Hz,对比油门踏板振动测试数据,这三种状态下的模态值均未与问题频率吻合,因此排除油门踏板本体共振。

2.5 防火墙局部模态影响

油门踏板安装支架在系统结构中起着连接防火墙和油门踏板的作用,且属于刚性连接,油门踏板直接悬挂安装在踏板安装支架上,因此车身振动通过踏板安装支架传递到踏板上的可能性较大。

由于整车状态下防火墙没有多余空间可以布置传感器,结合实际问题,只对油门踏板安装处进行防火墙局部模态测试,共布置两个测点。测试结果如图5所示。

通过数据分析发现防火墙油门踏板安装处局部模态分布较多,且在132 Hz、296 Hz处的模态与图6中油门踏板振动频谱图中的能量带频率吻合,初步判定该问题是由防火墙上油门踏板安装支架处刚度不足,局部模态共振引起油门踏板强迫振动。

3 优化方案制定及实施

若车身防火墙刚度不足,尤其在踏板安装处,这

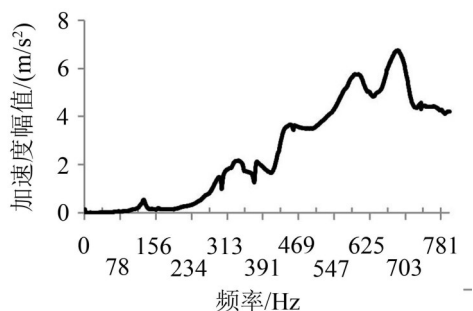


图5 防火墙局部频响函数

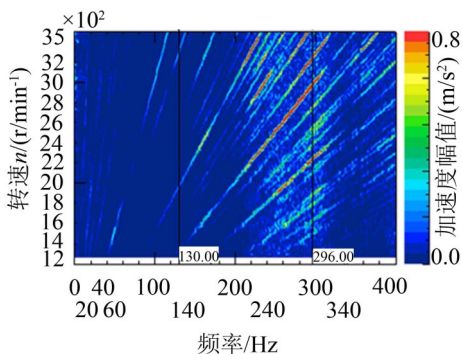


图6 油门踏板振动测试频谱

些局部模态很容易被激起能量放大产生共振,所以优化方案方向为提高油门踏板安装点处的动刚度。

动刚度分析是评价车身安装点NVH性能的重要方法。动刚度是结构产生单位振幅所需要的动态力,表征了结构在动态载荷下抵抗变形的能力。动刚度并不是一个常数,其对频率的改变而变化,是频率的函数。

对车身进行动刚度分析时,输入为源点单位力,输出为源点加速度响应,源点加速度曲线则称为IPI (Input Point Inertance) 曲线, IPI 分析是评价车身安装点NVH性能的重要方法,用于考察车身各连接点的局部刚度。IPI的计算公式为^[3]

$$I_{PI} = \frac{a}{F} = \frac{\omega^2 \chi}{F} = \frac{\omega^2}{K_a} = \frac{(2\pi f)^2}{K_a}$$

式中 F 为质量块安装点所受载荷; $K_a = \frac{F}{\chi}$ 为质量块安装点动刚度; $a = \omega^2 \chi$ 为加速度; $\omega = 2\pi f$ 为圆频率。

由IPI分析得到一个连接点某方向的响应曲线,根据前面的公式可得到该点的动刚度 K_a ,如果该点在某个频率的动刚度太低, IPI 曲线在此处就会有一突显峰值。

3.1 优化油门踏板安装支架结构,提高安装点动刚度

油门踏板安装支架通过点焊刚性连接到防火墙

上,支架的结构形状、厚度及焊点分布都会影响三个安装点处的动刚度。

基于上述,针对油门踏板安装支架提出优化方案,结构上加宽顶端、加长下端,将厚度由原来的0.8 mm增加至1.5 mm,增加并合理布置相应的焊点,综合考虑防火墙整体空间布置后优化结构如图7所示。图中三角形区域为油门踏板安装点,分别命名为左上安装点、右上安装点、下安装点,圆点代表焊点位置。

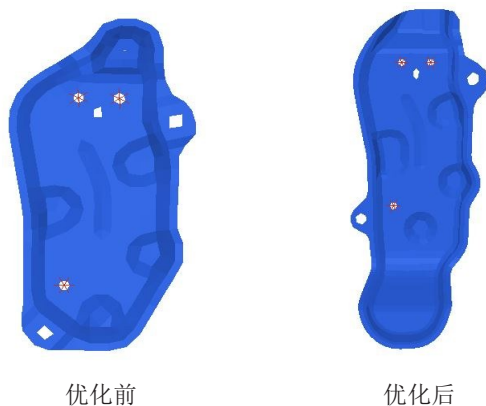


图7 油门踏板支架结构优化

3.2 优化方案CAE分析

为了缩短方案验证周期,先运用CAE分析软件进行计算,运用LMS Virtual Lab软件对三个安装点进行IPI分析计算,将每个连接点的每个方向(X 、 Y 、 Z)的激励载荷定义为一个载荷工况,载荷为1 N的集中力,频率范围为所关注的中低频率,同时将激励点定义为响应点,且响应自由度与激励自由度相同。由于油门踏板振动法向在整车坐标系中表现为 X ,所以我们只关注 X 方向的IPI曲线特征,计算结果如图8所示,图中实线为原始方案计算结果,虚线为优化方案实施后计算结果。

由以上数据分析可知,优化前两个上安装点在134.2 Hz处、下端安装点在296 Hz处存在明显的峰值,与防火墙局部模态频率132 Hz、296 Hz吻合,进一步验证了问题是由安装点刚度不足引起,安装支架优化后三个安装点 X 方向的IPI曲线峰值均得到削减,下端安装点效果最明显。

3.3 优化方案实施验证

最终针对优化方案制作样件装车,对标杆车及优化方案实施后车辆进行油门踏板振动测试,测试结果对比如图9所示,图中粗实线为原始状态油门踏板振动曲线,虚线为标杆车油门踏板振动曲线,细实线为优化方案实施后油门踏板振动曲线。

同时对优化方案进行主观评价,验证方案的可行性及优化效果,主观感觉行车加速过程中脚麻感

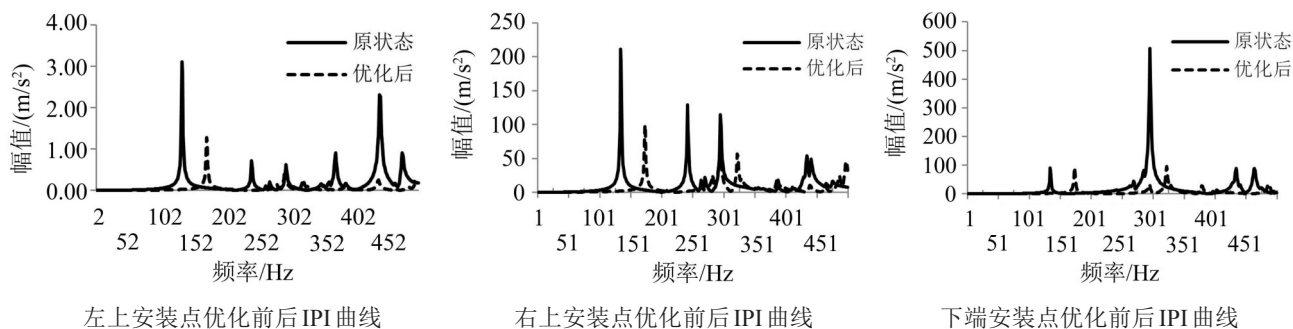


图8 IPI计算结果

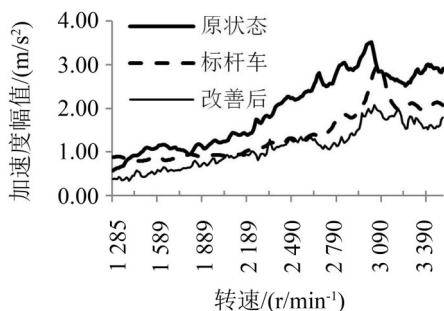


图9 优化前后油门踏板振动数据

消失,结合测试数据,充分验证了优化方案的改善效果。

4 结 语

通过“源-路径-响应”的思路,排查到油门踏板的振脚现象是由防火墙上油门踏板安装处刚度不足引起局部模态共振,通过优化油门踏板安装支架问题得以解决。

优化过程中运用到了CAE分析手段,结合车身安装点动刚度分析,利用LMS Virtual Lab软件对车

身防火墙上油门踏板三个安装点进行IPI分析,结构优化后IPI曲线上突出峰值频率处幅值得以削减,然后对优化后的方案进行试验验证,油门踏板振动法向上振动幅值有了明显的降低,主观评价脚麻感消失,最终验证了优化方案的有效性及其可行性。

参考文献:

- [1] Kim K, Choi I. Design optimization analysis of body attachment for NVH performance improvements[J]. **SAE Paper**, 2003-01-1604.
- [2] 庞剑, 湛刚, 何华. 汽车噪声与振动[M]. 北京: 北京理工大学出版社, 2006. 309-323.
- [3] 王志亮, 刘波, 桑建兵, 等. 动刚度分析在汽车车身结构设计中的应用[J]. **机械设计与制造**, 2008(2): 30-31.
- [4] 高云凯. 汽车车身结构分析[M]. 北京: 北京理工大学出版社, 2006.
- [5] 闻邦椿. 机械设计手册[M]. 北京: 机械工业出版社, 2010.
- [6] 张猛, 陈剑, 陈勇敢. 基于频率响应灵敏度的车身结构的优化设计[J]. **噪声与振动控制**, 2011(6): 135-138.
- [7] 张守元, 张义民. 动力总成—车身系统的导纳与振动传递的特性[J]. **噪声与振动控制**, 2012(1): 69-71.

(上接第224页)

参考文献:

- [1] 王永利, 汪友国, 郭树宝. 冷轧板振动痕缺陷原因分析[J]. **宝钢技术**, 2007, 3: 24-28.
- [2] 潘泉, 孟晋丽, 张磊. 小波滤波方法及应用[J]. **电子与信息学报**, 2007, 29: 236-242.
- [3] 王誉蓉, 张波, 朱学军, 等. 基于谐波小波滤波的旋转机械故障诊断新方法[J]. **噪声与振动控制**, 2009, 5: 62-65.
- [4] 韩芳芳, 段发阶, 张宝峰. 偶长有理数对称紧支双正交小波滤波器设计[J]. **计算机工程与应用**, 2010, 46: 11-13.
- [5] 王小华, 何怡刚. 神经网络在4型FIR高阶多通带滤波器的自适应优化设计研究[J]. **湖南大学学报**, 2004, 31: 66-69.
- [6] 王永山, 石晓梅, 赵立臻. FIR数字带通滤波器的

MATLAB设计与DSP实现[J]. **车辆与动力技术**, 2010, 119: 45-48.

- [7] 黄翔, 候力, 谭永健, 等, 周清华. 机械故障诊断中的声发射信号处理方法研究[J]. **噪声与振动控制**, 2006, 3: 39-41.
- [8] 奥本海姆, 谢弗, 巴克. 离散时间信号处理[M]. 西安: 西安交通大学出版社, 刘树棠, 2001.
- [9] 王泽济, 陈培林, 汪晨. 冷轧平整过程振动纹产生机理研究[J]. **冶金设备**, 2003, 137: 18-21.
- [10] 宋寿鹏. 数字滤波器设计及工程应用[M]. 镇江: 江苏大学出版社, 2009.
- [11] 张学敏. FIR低通和带通滤波器的关系分析与仿真[J]. **现代电子技术**, 2008, 282(19): 57-59.

(简讯)

上海章奎生声学工程顾问有限公司 近日在沪揭牌成立

2014年11月19日在上海大连路1619号骏丰国际财富广场23楼隆重举行上海章奎生声学工程顾问有限公司揭牌开业聚会。公司新办公室阳光明媚,专家朋友济济一堂,热烈祝贺上海章奎生声学工程顾问有限公司开业。到场祝贺的有上海市声学学会秘书长龚农斌教授级高工、上海市演出行业协会副会长蔡健勇博士、上海交通大学博导陈端石教授、上海第九设计研究院刘利民教授级高工、上海戏剧学院柳得安教授、安恒利扩声技术工程有限公司项珏总经理及陈永坚副总、上海电影制片厂国家一级录音师任大铭先生和吴国强先生、上海市舞台研究所周建国所长、上海歌舞团著名调音师及国家一级录音师史汇荣先生以及上海演艺设备行业、灯光音响界、舞台美术界的众多专家、企业界的朋友石敏先生、曹益群先生、马为民先生、严雷先生、谢咏冰先生、池文忠先生,还有沪上声学装备行业的许多专家和企业家张明发先生、蒋彩荣先生也都到场祝贺上海章奎生声学工程顾问有限公司的成立和开业。

回顾十四年前的2000年7月在上海现代建筑设计集团有限公司有关领导的支持和指导下,年届六十多岁的章奎生教授级高工领衔并主持成立了章奎生声学设计研究所。当时是集团单位内的一个名人设计所。十多年来既经历了市场的考验,也遇到了我国文化演艺建筑大发展的黄金年代。十多年来章奎生声学设计研究所的业务稳步上涨,技术不断发展,效益逐年提高。十余年间承担并完成了大量剧院和音乐厅、大会堂及体育馆、广电广播大楼、录音棚及电影院工程等,取得了显著的业绩。项目遍及我国二十多个省、区及四十多个大中城市,并改变了九十年代境外声学工程师占领我国大多演艺建筑工程建声专业设计市场的不正常现象。章奎生声学设计研究所凭借先进的声学专业设计技术、众多的声学工程业绩、优良的音质效果和周到的配合服务,取得了业主的信任,才占领了我国演艺建筑声学设计的大半市场份额。如2013年国内评出十大优秀剧院中由章所承担建声专业设计或建声顾问的剧院就达六座之多。

今年10月起年近八旬的章奎生教授再次牵头领衔与具有近十年建声设计和科研经验的宋拥民博士和冯善勇博士及已在章所工作多年的余斌硕士联手创建成立上海章奎生声学工程顾问有限公司。这是一个新的起点,是一个由老中青专业技术人员组建的有业绩、有实力、有技术和知名度的小型高科技民营企业,并已通过工商管理局的注册批准。相信新公司一定会取得新的业绩和新的发展,创建出一片新的事业。