

某型 SUV 制动时方向盘抖动问题研究

叶校瑛¹, 张 丹², 廖小吉¹, 祝朋飞³

(1. 唐山工业职业技术学院 汽车工程系, 河北 唐山 063299;

2. 唐山学院 机电工程系, 河北 唐山 063000; 3. 长城汽车股份有限公司, 河北 保定 071000)

摘要:对某型 SUV 制动时方向盘抖动问题进行分析, 提出了 4 种抖动控制方案, 并运用试验的方法对方案进行优化验证。结果表明, 提高大轴套损失系数和前下摆臂大轴套刚度, 对制动时方向盘抖动控制改善明显。

关键词:SUV 汽车; 方向盘抖动; 抖动控制

中图分类号:TH17; U463.4 **文献标志码:**A **文章编号:**1672-349X(2019)06-0027-04

DOI:10.16160/j.cnki.tsxyxb.2019.06.007

Research on Steering Wheel Jitter of a SUV at its Braking

YE Xiao-ying¹, ZHANG Dan², LIAO Xiao-ji¹, ZHU Peng-fei³

(1. Department of Automotive Engineering, Tangshan Polytechnic College, Tangshan 063299, China;

2. Department of Mechanical and Electrical Engineering, Tangshan University, Tangshan 063000, China;

3. Great Wall Motor Company Limited, Baoding 071000, China)

Abstract: The steering wheel jitter problem of a SUV is analyzed and four kinds of jitter control schemes are proposed. Experiments are conducted to optimize the scheme. The results show that increasing the loss coefficient of the large bushing and the stiffness of the large bushing of the front lower swing-arm could significantly improve the steering wheel jitter control at its braking.

Key Words: SUV car; steering wheel jitter; jitter control

0 引言

随着人民生活水平的不断提高和汽车技术的发展, 消费者越来越重视车辆的安全性和舒适性。汽车的振动不仅会引起乘员不适, 而且易造成驾驶员疲劳, 使误操作的机率大大增加, 容易引发交通事故, 严重影响行车安全性^[1]。由汽车转向系统引发的振动大多表现在方向盘的抖动上, 方向盘抖动比较直观, 能够直接被驾驶员感知, 因此它是评价整车振动噪声平顺性(NVH)水平的一个重要指标。对方向盘抖动的原因进行分析研究, 消除或减小抖动, 是相关

学者和汽车生产厂商共同致力解决的一大问题^[2]。方向盘抖动问题的产生机理复杂, 应根据不同的情况提出不同的控制措施。本文针对某企业生产的某型 SUV 在使用过程中方向盘严重抖动的问题, 对开发阶段的性能控制管理过程进行分析, 建立方向盘抖动主客观测试评价方法, 以期在设计初期实现对抖动的预测; 对影响方向盘抖动的激励源、主要传递路径及转向系统进行分析, 制定抖动控制策略。本研究拟为汽车开发阶段的抖动风险预测提供指导, 为后续方向盘抖动问题的解决提供经验积累,

作者简介:叶校瑛(1986—), 女, 满族, 河北保定人, 讲师, 硕士, 主要从事汽车材料性能分析研究。

同时为汽车转向系统的研发设计提供思路。

1 基本情况

一 4S 店曾接到多起消费者投诉,反映某型 SUV 在水平良好路面制动时方向盘出现抖动问题。据统计,故障车里程分布多集中在 10 000~30 000 km 之间,维修时将故障车制动盘换装到其他车上,有的能再现故障,有的不能再现。制动抖动是指由车辆行车制动引起的方向盘、制动踏板、车身等剧烈抖动现象,它影响车辆驾驶的舒适性和安全性。方向盘抖动由激励源和传递路径综合作用产生,并且当激励频率与方向盘的固有频率发生耦合时,由于共振方向盘会产生较大抖动。所以处理方向盘抖动问题,常采用降低激励源、优化传递路径及降低响应敏感度等手段^[3]。

2 建立主客观测试评价方法

追溯车辆的设计和生产过程,发现在开发阶段无相关的标准对汽车的平顺性进行要求,无方向盘抖动量分析手段,说明在生产前期未对该指标进行控制。在对振动进行主观评价时,由于每个人的身体和心理素质不同,故对振动的敏感程度有很大差异,因此主观评价的结果会有很大的随机性。为了减小随机性,增加可信度,通常指定一组评价者,用统计的方法获得评价结果^[4]。方向盘抖动强弱以及抖动对驾驶员操作舒适性的影响大小属于主观评价,还需要找到一个客观物理量作为评价指标来进行定量研究,以衡量振动平顺性的好坏。故建立方向盘抖动主客观测试评价方法。

首先,从不同驾龄(0—5 年、5—10 年、10—15 年、大于 15 年)的驾驶员中各选出 1 名男女评价员,与 2 名专家共同组成 10 人的评价小组,到试验车进行测试。先对试验车左右前轮做动平衡,再以 5 g 为单位,增加左前轮外侧平衡块质量,每个评价人员分别对方向盘抖动进行主观打分,至不能接受为止;同时通过设备测量每次方向盘抖动的加速度。其次,将试验数据采用正太分布方法进行处理,得到图 1(其中 0 分:完全不介意;1 分:稍微有感觉;2 分:明显

感觉到,但是不会导致不愉快;3 分:稍微有不愉快的感觉;4 分:不愉快;5 分:非常不愉快)。将评分在 2~3 之间的方向盘抖动加速度作为评价基准,从打分结果可以看出,当方向盘抖动加速度为 0.2 g 时,可以接受抖动的概率为 75%,可以将其作为汽车试制阶段的评价基准,以实现生产前期对方向盘抖动控制。

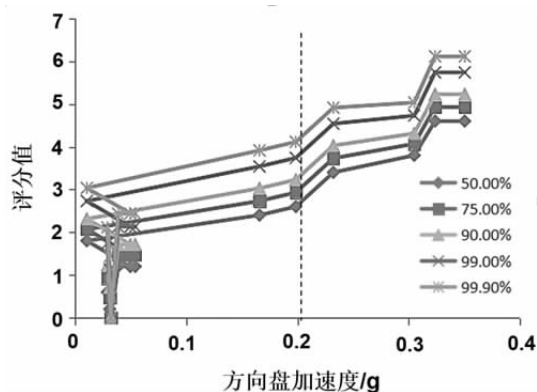


图 1 评价人员在不同参数下试车打分情况

3 方向盘抖动控制的优化方案

对于汽车方向盘抖动的研究多从激励源及影响因素展开。方向盘抖动激励源控制主要包括两个方面:一是延缓 DTV 生成;二是通过结构调整,减小制动盘的热变形。但激励源造成的方向盘抖动一般无法避免,因此本文侧重从传递路径上对方向盘抖动控制加以研究。方向盘抖动传递路径的控制主要是降低底盘系统的抖动敏感性^[5]。通过仿真分析及查阅相关资料,从某型 SUV 的悬架、转向系统结构共识别出如表 1 所示的 4 种控制方案来进行优化。

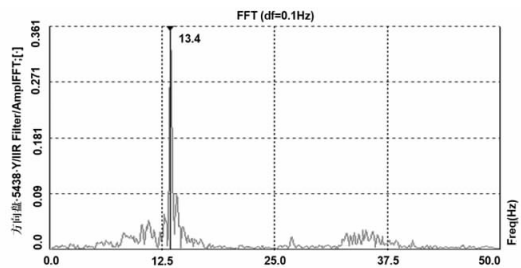
表 1 方向盘抖动控制方案

方案一	方案二	方案三	方案四
前下摆臂 轻量化	减小主销 偏移距	提高大轴套 损失系数	变更大轴套 刚度曲线

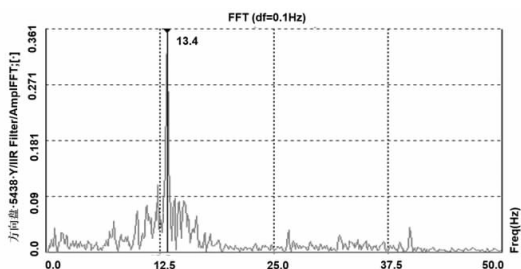
3.1 前下摆臂轻量化

将 ZG650 左前下摆臂总成更换为 ML350 铝摆臂,以实现轻量化。安装两种不同重量的下摆臂后,进行高速试车测试,测试过程中驾驶员应虚握方向盘,尽量不对方向盘进行操纵,以保证数据的一致性与可靠性,记录传感器数据,得到图 2。由图 2 可知,原始状态试驾时,方向盘

摆振峰值振幅对应的加速度为 0.361 g(如图 2(a)所示);摆臂更换完毕后,方向盘摆振峰值振幅对应的加速度为 0.333 g(如图 2(b)所示),且车辆行驶有明显异常,对摆振现象无改善。



(a)原车 ZG650 摆臂



(b)ML350 铝摆臂

图2 方向盘摆振时域时间历程曲线

3.2 减小主销偏移距

地面对转向的阻力力矩与主销偏移距的大小成正比,主销偏移距越小,转向阻力矩也越小^[6]。所以减小主销偏移距,可以减小转向操纵力以及地面对转向系统的冲击。图3为主销偏移距减小示意图,改进方案是通过减小图3中轮辋法兰面尺寸①,实现图3中主销偏距尺寸②减小,以减小由于制动力不均匀造成的不平衡力矩。将原车和改进方案参数设置好后,进行高速制动试车测试,记录各传感器数据,得到图4。由图4可知,原车制动时方向盘加速度平均值为 1.45 g;将主销偏移距减小 2 mm 后,方向盘加速度平均值为 1.22 g;将主销偏移距减小 4 mm 后,方向盘加速度平均值为 1.62 g。从测试数据可以看出,该方案对制动时方向盘抖动控制无改善效果。

3.3 提高大轴套损失系数

轴套损失系数用于衡量轴套对能量吸收能力的大小,可以通过调整轴套材料成分,使轴套损失系数提高。本次试验向橡胶轴套材料成分

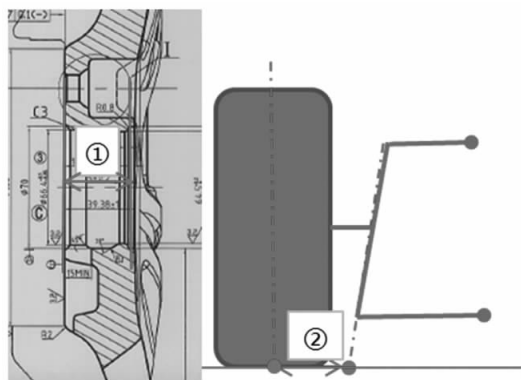


图3 主销偏移距减小示意图

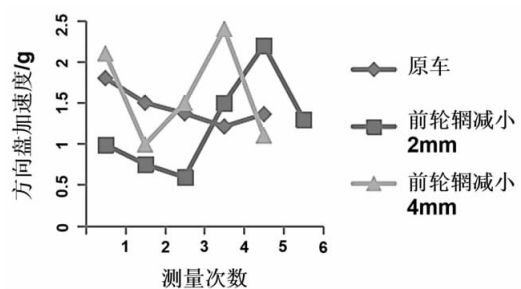


图4 减小主销偏移距方案对比

中增加炭黑后,大轴套 Y 向损失系数从 0.16 提高到 0.3。安装两种不同成分的轴套后,进行高速试车测试,记录各传感器数据,得到图5。由图5可知,原车方向盘加速度平均值为 0.361 g,轴套成分更改后方向盘加速度平均值为 0.176 g,平均降低约 53%,说明该方案对制动时方向盘抖动控制有很好的改善效果。

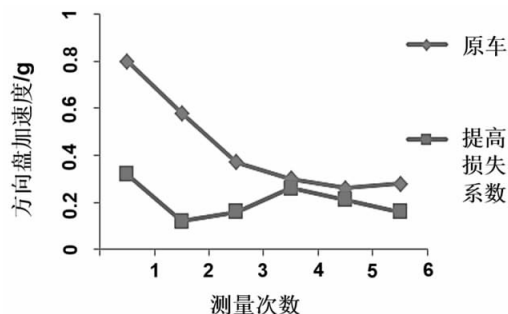


图5 提高大轴套损失系数方案对比

3.4 变更大轴套刚度曲线

按照制动减速度 0.3 g 计算,得出制动时轴套受力约为 3 000 N,此时将轴套刚度曲线增加为原状态的 3 倍左右,以抑制抖动的传递。改变摆臂大轴套结构,增加前下摆臂大轴套 Y

向刚度,对原车和结构变更后的轴套做刚度测试,结果如图 6 所示。安装两种不同刚度曲线的轴套后,进行高速制动试车测试,记录各传感器数据,得到图 7。由图 7 可知,原车制动时方向盘加速度平均值为 1.45 g,变更大轴套刚度曲线后方向盘加速度平均值为 0.87 g,降低约 45%,说明该方案对制动时方向盘抖动控制有很好的改善效果。

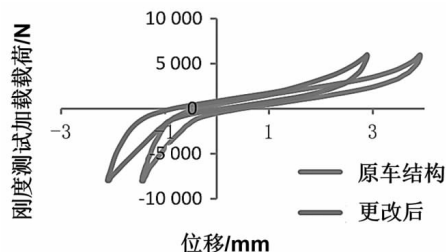


图 6 前下摆臂大轴套 Y 向刚度曲线

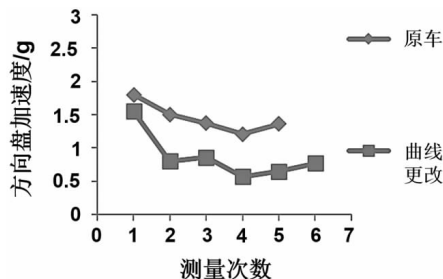


图 7 变更大轴套刚度曲线方案对比

4 结论

(1)汽车在开发阶段需要建立方向盘抖动主客观测试评价方法,确定评价标准。方向盘抖动加速度 0.2 g 可作为评价标准,在汽车生产前期依此标准对方向盘抖动进行控制。

(2)提高大轴套损失系数和前下摆臂大轴套刚度,对改善制动时方向盘抖动效果明显。

参考文献:

- [1] 胡朝辉,邵慧,何智成,等. 基于底盘激励的汽车高速行驶方向盘抖动研究[J]. 中国机械工程,2014,25(19):2686-2691.
- [2] 陈书明,王登峰,苏丽俐,等. 转向系统 NVH 研究综述[J]. 汽车工程学报,2011,1(5):429-441.
- [3] 张哲恺,胡朝辉,何智成,等. 汽车高速行驶时方向盘摆振控制方法研究[J]. 机械科学与技术,2015,34(7):1099-1103.
- [4] 宗长富,郭孔辉. 汽车操纵稳定性的主观评价[J]. 汽车工程,2000,22(5):289-292.
- [5] 宋桂霞. 某型车方向盘高速抖动分析研究[J]. 农业装备与车辆工程,2017,55(6):97-100.
- [6] 韩建荣. 汽车制动抖动分析的研究[D]. 南京:南京航空航天大学,2008.

(责任编辑:夏玉玲)

(上接第 21 页)

- [4] 丁康,谢明,杨志坚. 离散频谱分析校正理论与技术[M]. 北京:科学出版社,2008.
- [5] XIE M, DING K. Correction for frequency, amplitude and phase in FFT of harmonic signal [J]. Mechanical System and Signal Processing,1996,10(2):211-221.
- [6] 张翔,胡飞,沈长青,等. 基于能量重心法的列车轴承多普勒畸变故障声信号校正诊断研究[J]. 振动与冲击,2014,33(5):1-7.
- [7] 吴超凡,陈隆道. 应用于电力谐波分析的改进相位差校正法[J]. 电工技术学报,2017,32(7):158-164.
- [8] 陈明徕,罗秀娟,张羽,等. 基于全相位谱分析的剪切光束成像目标重构[J]. 物理学报,2017,66(2):145-150.

- [9] LEI C, MA D H, ZHANG H Q. Optimal strategy selection for moving target defense based on Markov game [J]. IEEE Access,2017(5):156-169.
- [10] 杨劲秋. 智能优化算法评价模型研究[D]. 杭州:浙江大学,2011.
- [11] 孙钢灿,安建平,杨杰,等. 非协作通信中的信噪比估计算法[J]. 北京理工大学学报,2009,29(8):708-712.
- [12] 祝俊,唐斌,杜正聪,等. 基于高阶近似核和傅里叶系数内插的快速频率估计算法[J]. 数据采集与处理,2009,24(6):797-801.
- [13] 杨鉴,梁虹. 随机信号处理原理与实践[M]. 北京:科学出版社,2010.

(责任编辑:夏玉玲)