

汽车燃油箱油液晃动噪声测试方法研究

郑忠辉, 李旭伟, 杨东绩, 邓德军

中汽研汽车检验中心(天津)有限公司, 天津

收稿日期: 2022年9月8日; 录用日期: 2022年10月8日; 发布日期: 2022年10月13日

摘要

车内噪声是反应用户乘坐舒适性体验的关键因素, 针对其研究和测试的方法也越来越成熟。在新能源为主要动力的节能车辆上, 传统的发动机噪声已经消失或不再是噪声的主要来源, 本文根据目前市场反馈的油箱晃动噪声问题开展分析研究, 以某款车的燃油箱为研究对象, 使用台架搭载燃油箱, 模拟车辆车速发生急速变化时, 燃油因惯性原因撞击油箱内表面, 从而产生晃动噪声的情况。该台架可以研究燃油箱在不同液位不同车速下产生的晃动噪声情况, 根据实际需求在不同点位采集噪声进行对比分析研究。通过不同的试验研究表明, 该试验方法可以为燃油箱晃动噪声的研究提供可靠的试验数据, 为燃油箱设计开发和整车匹配提供测试数据支持。

关键词

燃油箱, 晃动噪声, 不同液位, 刹车程度

Research on the Test Method of Sloshing Noise of Automobile Fuel Tank

Zhonghui Zheng, Xuwei Li, Dongji Yang, Dejun Deng

CATARC Automotive Test Center (Tianjin) Co., Ltd., Tianjin

Received: Sep. 8th, 2022; accepted: Oct. 8th, 2022; published: Oct. 13th, 2022

Abstract

Vehicle noise is a key factor reflecting the user's ride comfort experience. The research and testing methods are becoming more and more mature. With new energy as the main power of energy-saving vehicles, the traditional engine noise has disappeared or is no longer the main source of the noise; this paper according to the current market feedback tank sloshing noise problem to carry out the analysis and research, to the fuel tank of a car as the research object, using the bench carry fuel tank, simulate the vehicle speed change sharply, bump because of inertia cause fuel tank inner

surface, Resulting in sloshing noise. The platform can study the sloshing noise generated by the fuel tank at different liquid levels and different vehicle speeds and collect noise at different points according to the actual needs for comparative analysis and research. Different experimental studies show that this test method can provide reliable test data for the study of fuel tank sloshing noise and provide test data support for fuel tank design and development and vehicle matching.

Keywords

Fuel Tank, Sloshing Noise, Different Fluid Levels, Braking Level

Copyright © 2022 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

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



Open Access

1. 研究背景

随着社会的进步, 汽车的普及率越来越高, 消费者对于汽车的认知也逐渐转变, 以前只是单纯的代步工具, 现在对车辆的品质也提出了更高的要求。随着发动机启停、HEV、PHEV 等技术的应用, 传统车辆中发动机或动力总成系统的噪声逐渐弱化甚至消失, 原来并不被消费者关注的噪声逐渐凸显, 成为不可忽略亟待解决的问题, 例如减振器异响、座椅调节噪声、燃油箱晃动噪声, 特别是油箱晃动噪声是近几年客户投诉较多的问题, 直接影响消费者对汽车品牌的认可。因此对油箱晃动噪声的研究尤为必要。

东风亚普技术中心祁涛等人使用计算机仿真方法研究油箱加减速过程中的晃动噪声情况, 得到油箱壁面的压力云图和各个工况下的晃动噪声[1]。上海交通大学屠翔宇等人研究乘用车油箱晃动噪声的传递特性, 建立传递路径分析模型, 提出了改进燃油晃动噪声的方法[2]。江苏大学张恩慧通过建立三维充液燃油箱有限元模型, 研究了油液晃动特性、油箱挡板作用和不同的控制技术方案[3]。泛亚技术中心宋立廷等人针对混合动力汽车刹车时产生的油箱晃动噪声, 通过仿真和试验相结合的方式研究噪声变化, 提出了防浪板进行优化的方案有效降低了油箱晃动噪声[4]。上汽集团汤靖建立了主客观评估方法, 从噪声源和传递路径同步优化, 达到了优化整车燃油箱晃动噪声的目的[5]。重庆大学于洋磊燃油箱油液晃动 CFD 模型及结构动力学 FE 模型, 并通过整车试验验证了仿真结果的准确性, 证实改进方案的有效性[6]。

本文以某车型燃油箱为例, 对燃油箱进行不同液位、不同刹车程度产生的噪声进行试验分析, 通过设计专用的可移动试验台架, 在半消音室中来实现燃油箱不同速度工况的模拟, 排除了整车状态下其他因素的干扰, 得到更加真实的晃动噪声数据。

2. 试验工况和测试方法

本文研究燃油箱在不同刹车工况下液体撞击内壁面产生的晃动噪声, 以刹车速度和燃油箱容积两个参数为变量设计了如下试验工况, 见表 1, 选取了两种减速度下的刹车工况, 每个工况进行四种容积载荷的测试。

燃油箱在可移动台架上通过工装按照实车的方式进行固定约束, 一般燃油箱布置在车辆后排座椅对应的车身下方, 考虑到车内乘员的相对位置, 试验时在燃油箱行驶方向的前、左、右、上 4 个方向距离油箱几何中心 500 mm 处各布置一个声学传感器采集噪声, 传感器在工装上固定, 可以随着台架移动捕捉各方向的噪声值。

Table 1. Test conditions of fuel tank sloshing noise**表 1.** 燃油箱晃动噪声试验工况

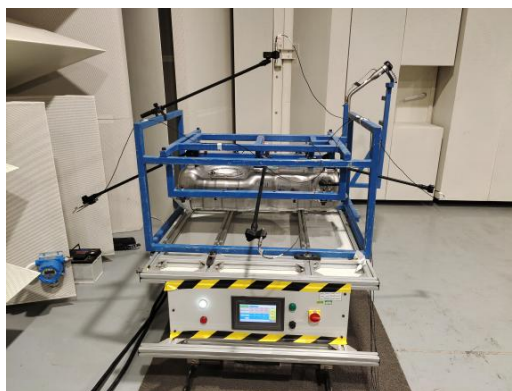
刹车工况	最大速度(m/s)	刹车减速度(m/s ²)	燃油箱容积百分比
轻度刹车	2.0 ± 0.5	-1.4 ± 0.14	25%、50%、75%、100%
中度刹车	2.0 ± 0.5	-2.7 ± 0.27	25%、50%、75%、100%

3. 试验台架搭建

试验台架在半消音室中搭建,可移动台架由移动小车、金属轨道、伺服控制机构、燃油箱工装和传感器支架组成。其中移动小车通过电机和车轮能够沿着轨道直线移动,为减少移动过程中的噪声,车轮使用橡胶轮,轨道放置在消音室地面的吸音地毯上,并且移动小车在完成刹车动作后不能再出现影响测试的干扰噪声。如图 1 所示,燃油箱工装和移动小车通过螺栓刚性连接,但能够适当调节使燃油箱、工装和移动小车重心尽量在相同的垂直面上。

本试验采用德国西门子公司的 LMS SCADAS Mobile 作为数据采集系统,轻巧紧凑,便于携带,单通道采样率最高 204.8 kHz,拥有 150 dB 动态范围。配套的 TestLab 作为数据处理软件,数据处理能力强,功能多样。声学传感器为 GRAS 46AE,灵敏度 50 mv/Pa,测量频率范围 3.5~20,000 Hz,整个采集时长约 30 秒。

试验使用的半消音室需要有足够的空间,这样移动小车就可以有足够的轨道来达到设定刹车速度,至少要在七八米左右的距离。整个台架移动小车是试验成功开展的关键,其自身的行走机构、静音效果和承载能力都要和试验需求相匹配,一般燃油箱容积在 40~60 L 范围,考虑工装和自身重量,小车承载至少为一百公斤,并且能够带动负载移动。

**Figure 1.** Sloshing noise test device**图 1.** 晃动噪音测试装置

4. 测试分析

为达到设定的刹车速度,整个试验过程移动小车运动状态为起步加速-匀速-减速刹车,因减速度的不同,整个运动行程时间也有差别。下图 2 至图 5 展示了中度刹车时燃油箱不同容积工况下的噪声采集曲线,图中第一个波峰是小车制动时发出的机械噪声,第二个波峰为液体撞击燃油箱的晃动噪声,从曲线可以看出刹车后第一次的撞击噪声为主要噪声源,之后下降明显直至晃动消失,不同容积燃油箱刹车后晃动噪声衰减略不相同,其中 50%容积燃油箱在首次晃动噪声消失后,还会产生幅值较小的几次晃动噪声直至消失,这主要与燃油箱内部的结构设计相关。

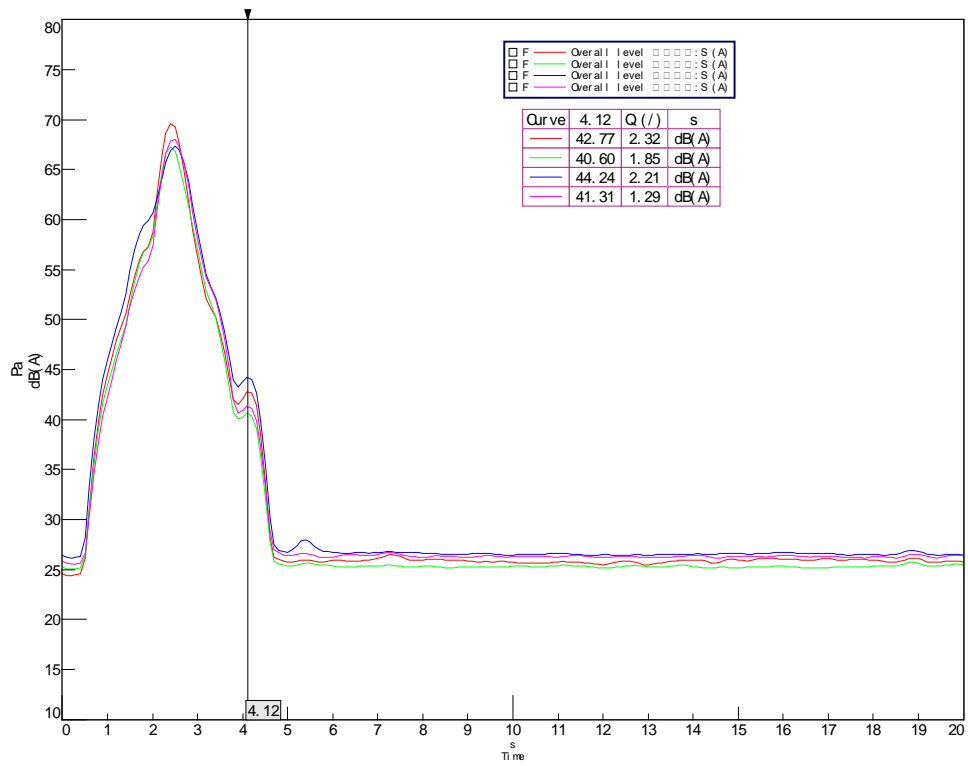


Figure 2. 25% volume sloshing noise test
图 2. 25% 容积晃动噪声测试

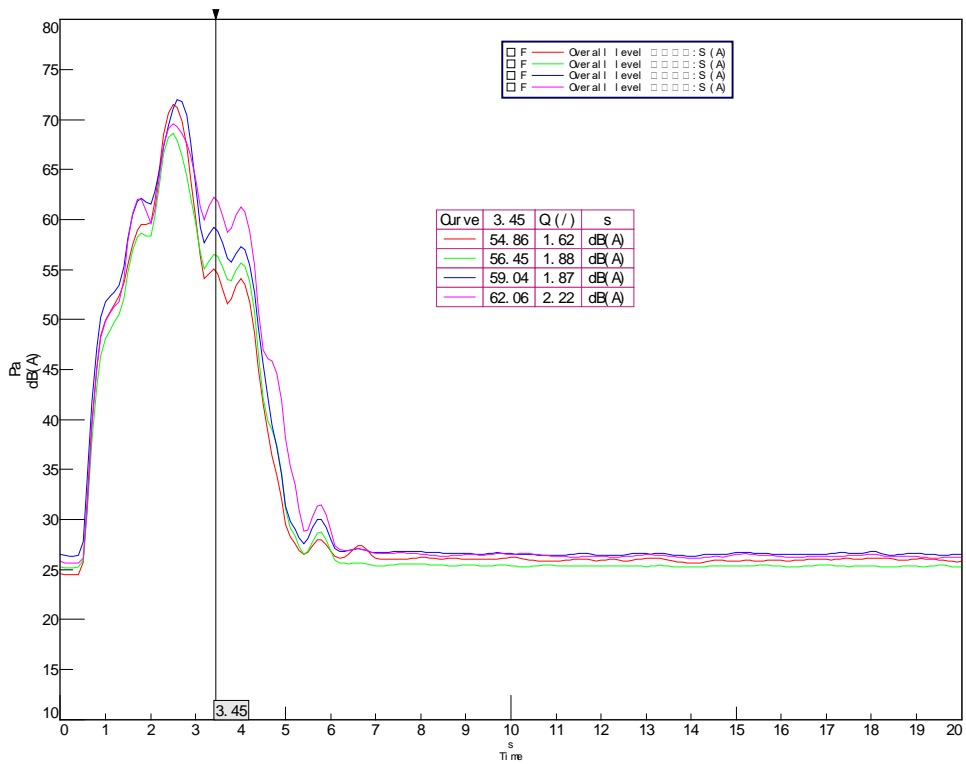


Figure 3. 50% volume sloshing noise test
图 3. 50% 容积晃动噪声测试

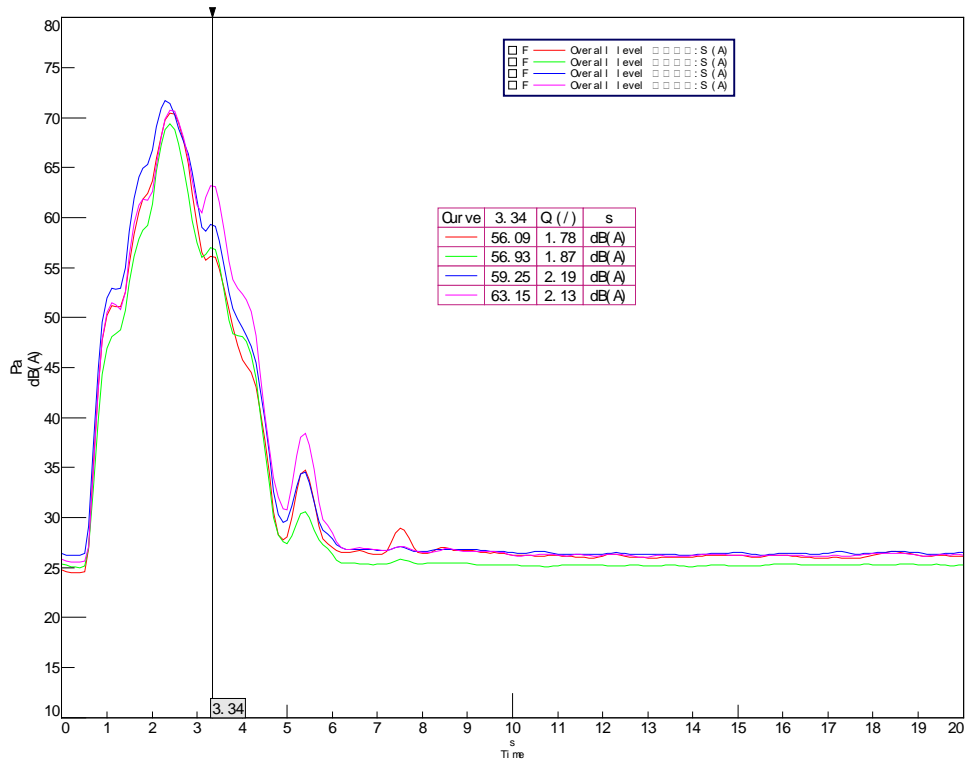


Figure 4. 75% volume sloshing noise test
图 4. 75% 容积晃动噪声测试

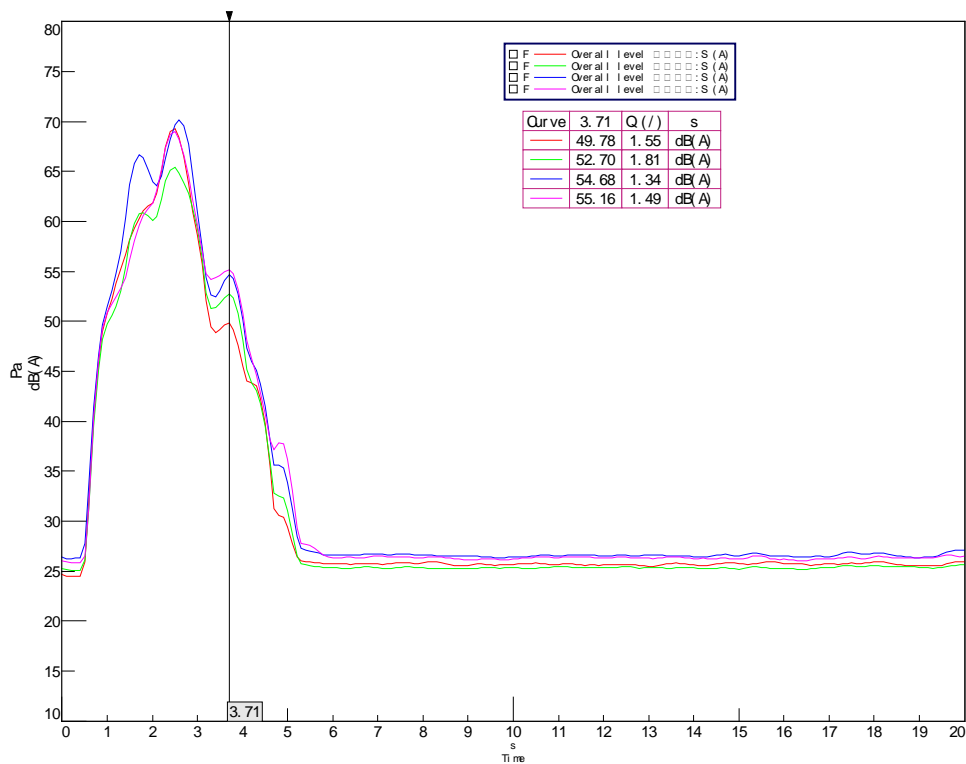


Figure 5. 100% volume sloshing noise test
图 5. 100% 容积晃动噪声测试

各工况下燃油箱晃动噪声各测点噪声值如表 2 和表 3 所示,可以看出刹车减速度越大产生的晃动噪声越大,相同的刹车减速度,50%的燃油箱容积产生的晃动噪声大于其他几个容积下的噪声,满容积下的晃动噪声最小,可见晃动噪声和油箱容积存在一定的关联,在容积为零和 100%容积之间存在一个容积使晃动噪声达到最大值,之后随着容积上升或者下降噪声会逐渐减弱。

Table 2. Sloshing noise of fuel tank under light braking condition dB(A)

表 2. 燃油箱轻度刹车工况晃动噪声值 dB(A)

燃油箱容积	前测点	左测点	右测点	上测点
25%	42.6	40.8	41.7	41.2
50%	52.4	47.5	49.8	48.9
75%	53.7	48.6	51.8	50.4
100%	50.7	45.3	49.0	48.6

Table 3. Sloshing noise of fuel tank under moderate braking condition dB(A)

表 3. 燃油箱中度刹车工况晃动噪声值 dB(A)

燃油箱容积	前测点	左测点	右测点	上测点
25%	44.2	43.6	42.8	42.3
50%	62.1	56.5	59.0	54.9
75%	63.2	56.9	59.3	56.1
100%	55.2	52.7	54.7	49.8

5. 结论

本文针对目前汽车行业关注的燃油箱晃动噪声问题进行测试方法的研究,搭建了室内试验台架并对某款燃油箱进行了不同容积下的晃动噪声测试,得出以下结论。

1) 各刹车工况下燃油箱前部的晃动噪声数值大于其他部位的噪声值,由于离乘员区较近更易传递至车内,需要在其传递路径上做隔声处理来降低影响。

2) 从测试数据分析,燃油箱内燃油量为额定容积 50%或者 75%时产生的晃动噪声最大,在低液位或者高液位时反而降低,后续可以测试对比不同结构相同容积的燃油箱产生最大噪声的液位进行分析;

3) 不同容积下的晃动噪声数值和衰减过程有所区别,甚至有反复撞击产生噪声的现象发生,不利于噪声的控制,在燃油箱设计过程中需要有针对性的处理尽量减少此现象。

4) 试验台架能够很好的复现刹车时燃油箱晃动现象,避免了在整车上进行此类试验干扰因素多,测点不方便布置等缺点,能够提供真实可靠的晃动噪声数据。

燃油箱晃动噪声问题的解决一是要从油箱设计结构着手进行优化改进,另外还可以从噪声的传递路径分析,减少噪声向车内的辐射。后续还可以监测燃油箱晃动过程中的振动信号,对其进行频域分析,还可以对新能源车量的高压燃油箱进行此类研究,找出其与传统燃油箱的区别,为燃油箱和车辆的开发提供试验手段和数据支持。

参考文献

- [1] 祁涛,朱天楷,朱植永,熊杰,杨柳,邓娜. 轿车油箱油液晃动噪声的仿真研究[J]. 机械制造, 2018, 56(7): 11-13.

-
- [2] 屠翔宇, 蒋伟康, 朱志勇, 杨文华. 乘用车油箱的燃油晃动噪声工况传递路径分析[J]. 振动与冲击, 2017, 36(18): 184-188.
 - [3] 张恩慧. 不同工况下汽车燃油箱中油液晃动特性及其控制研究[D]: [博士学位论文]. 镇江: 江苏大学, 2020.
 - [4] 宋立廷, 霍建杰, 丁一. 混合动力汽车油箱晃动噪声分析与试验验证[J]. 机电产品开发与创新, 2021, 34(3): 103-105.
 - [5] 汤靖, 郭栋杰, 张启迪. 某车型燃油箱晃动噪音问题分析[J]. 汽车实用技术, 2017(14): 144-146.
 - [6] 于洋磊. 燃油箱晃动及其噪声控制研究[D]: [硕士学位论文]. 重庆: 重庆大学, 2018.