

# 关于智能网联汽车震动报警信号采集系统的设计研究

张鹏程 宋官臣 张胤 李超 郎栋 张民康

湖北省襄阳市高新技术产业开发区汽车试验场 国家汽车质量检验检测中心(襄阳) 中国 441004

**【摘要】**智能网联汽车的报警信号分为音频、视频、震动三类。其中震动信号可靠性高、不影响驾驶员的注意力,而成为众多主机厂的选择。震动信号通常利用方向盘和座椅的震动传输给驾驶员信息,评价汽车方向盘预警和座椅预警功能的质量,是保障乘客安全驾驶,不可缺少的一部分。本文介绍了一种车载震动信号采集系统,主要从设备的意义、设备选型、软件设计、如何去背景噪声及如何用车载震动采集系统辅助测试汽车方向盘预警和座椅预警功能等方面进行介绍。

**【关键词】**震动信号, 预警功能, 智能座舱, 采集系统, 智能网联汽车  
中图分类号: TP242.6 文献标识码: A

## Design and Research on Intelligent Network Connected Vehicle Vibration Alarm Signal Acquisition System

Zhang Peng-Cheng, Song Guan-Chen, Zhang Yin, Li Chao\*, Lang Dong, Zhang Min-Kang

National Automobile Quality Supervision and Test Center (Xiangyang), Xiangyang High tech Industrial Development Zone Automobile Test Ground, Xiangyang, Hubei Province, 441004, PR China

**【Abstract】**The alarm signals of intelligent network connected vehicle (ICV) are divided into audio, video and vibration. Among them, the vibration signal has high reliability and does not affect the driver's attention, so it becomes the choice of many OEMs. The vibration signal is usually transmitted to the driver by the vibration of the steering wheel and seat to evaluate the quality of the steering wheel warning and seat warning functions, which is an indispensable part of ensuring the safe driving of passengers. This paper introduces a vehicle borne vibration signal acquisition system, mainly from the aspects of the significance of the equipment, equipment selection, software design, how to remove background noise, and how to use the vehicle borne vibration acquisition system to assist in testing the vehicle steering wheel early warning and seat early warning functions.

**【Keywords】**Vibration signal; Early warning function; Intelligent cabin; acquisition system; Intelligent Connected Vehicle

## 1 引言

根据交通事故的统计显示,25%以上的事故是由于驾驶员疲劳驾驶或者由于驾驶员开车时接打电话、与其他乘员交流等导致驾驶员的注意力分散造成的,其中多数事故的直接原因则是车辆偏离了原本的行驶轨迹,导致车祸。在高速公路上发生的事故中,此类事故的比例更是高达50%[1],目前很多的主动安全系统已经开始进行广泛应用,比如车道偏离预警系统、前方碰撞警告系统、前方行人制动系统[2]、带倒车警告系统和倒车自动制动系统、后方车辆通过警示系统、后方车辆通过警示系统。

如何最直接的方式警示驾驶员呢?目前车厂最为广泛的方式是使用汽车方向盘预警和座椅预警功能,此功能主要是在方向盘和座椅坐垫两侧翼处增加振动马达,当车辆报警系统识别到车辆警告时[3],会将信号传输给控制模块(ECU),然后ECU控制模块会控制振动马达进行震动提醒。

在智能座舱的测试中,评价汽车方向盘预警和座椅预警功能的质量,是保障乘客安全驾驶,不可缺少的一部分。车载震动信号采集系统可与其他ADAS标准法规测试系统配套。设备主要功能是为了实现测试人员对被测设备的震动报警提示信息进行实时检测和采集,并可以将信号通过协议方式输出[4]。

## 2 震动报警信号采集技术

车载震动信号采集系统由振动传感器和振动探测报警检测软件组成[5]。当车辆报警系统被触发时,其通过CAN通信技术传达信息,震动警告控制器接收到信息,并把信息发送给振动马达驱动,这时驾驶员应能通过触觉的形式感知到报警信息。本系统的检测流程为:车载震动信号采集系统通过将振动传感器装载在方向盘右侧(左侧),振动传感器RS-485接口接入装有“振动探测报警检测软件”的测试电脑。当振动传感器检测到震动信号时,可通过“振动探测报警检测软件”显示振动的振幅和时间信息,软件将传感器采集到的信息进行频率计算( $F = 1/T$ ),与标定频率进行对比,最后输出检测结果供检测员分析评价其质量,如图1所示。



图1 车载震动信号采集系统

### 3 采集系统设计探讨

#### 3.1 振动传感器硬件设计

本系统采用的一种无源的 RS-485 通讯接口磁电式传感器。由于在测试途中属于动态测量，磁电式传感器有较大的输出功率，零位与性能极其稳定，选择磁电式传感器作为本系统的振动传感器是再合适不过的，它不需要辅助电源，就能把被测对象的机械能转换成易于测量的电信号。传感器的具体参数为：灵敏度：50mv/mm/s，频率响应：10-1000Hz 或 5~4000（高频振动），输出电流：4~20mA，输出阻抗：< 500Ω，工作电压：DC12-24V ± 10%，使用环境：温度：-4 0℃~100℃，相对湿度<90%RH。

#### 3.2 振动探测报警软件设计

振动探测报警检测软件由四部分组成，如图 2 所示，分别为菜单栏、振动波形显示窗口、报警显示栏及试验栏组成。

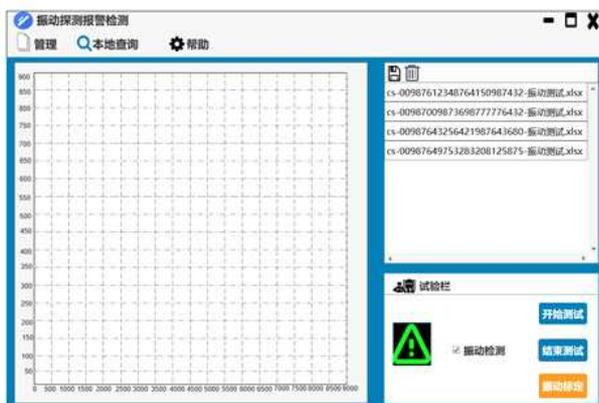


图 2 振动探测报警检测软件主页面

软件管理模块包含串口连接、用户登录功能。软件对发送端的通讯连接，有两种通讯方式，第一种是 RS-232 通讯，连接时选择对应的串口号与波特率。第二种是 CAN 通讯，设置帧 ID，默认帧 ID 为 000008A。两种发送端的波特率与接收端波特率相同。软件与发送端通讯时选择一种通讯方式即可。

软件设置有密钥功能，每台电脑所获取的密码不同。用户第一次登录软件时会提示“请先进行登录再进行测试”，需进入用户登录界面输入密码后点击登录，登录成功后方可进行实验。后期使用软件不再进行密码验证，软件会自动验证。

本地查询模块是为了查询检测到报警信息的波形及本地文档。

帮助模块是为了使用户方便查阅软件的使用方式。在帮助功能中添加了在线查阅软件说明书功能。

测试流程如下：

(1) 在“实验栏”中选中“振动检测”，点击“开始测试”。出现想要标定的振动波形后点击“结束测试”；

(2) 在振动波形图中框选标定的振动波形；框选出振动波在“标定”窗口，点击“振动标定”，进行振动标定；

(3) 在“实验栏”中勾选“振动检测”，点击“开始测试”，完成测试后，点击“结束测试”。

#### 3.3 滤波器设计

本系统的滤波方式采用的 butterworth 滤波器进行滤波

[6]，其通频带的频率响应曲线最平滑，适用于本系统的背景噪声过滤。butterworth 低通滤波器可用如下振幅的平方对频率的公式表示：

$$[H(\omega)]^2 = \frac{1}{1 + (\frac{\omega}{\omega_c})^{2n}} = \frac{1}{1 + \varepsilon^2 (\frac{\omega}{\omega_p})^{2n}}$$

其中，n 为滤波器的阶数， $\omega_c$  为截至频率，即振幅下降为 -3dB 时的频率， $\omega_p$  为通频带边缘频率。低通滤波，这里假设采样频率为 1000hz，信号本身最大的频率为 500hz，要滤除 400hz 以上频率成分，即截至频率为 400hz，则  $W_n = 2 * 400 / 1000 = 0.8$ 。

```
b, a = signal.butter(8, 0.8, 'lowpass') #配置滤波器 8 表示滤波器的阶数
filteredData = signal.filtfilt(b, a, data) #data 为带过滤的信号
```

使用 butterworth 滤波器进行滤波之后的前后对比如图 3 所示（峰值较高的地方为干扰信号）：

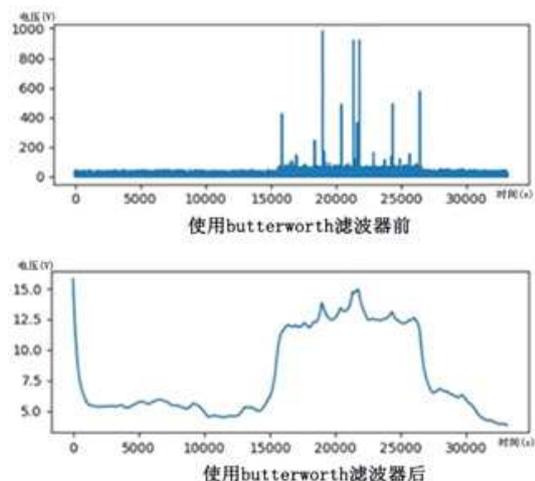


图 3 滤波之后的前后对比图

### 4 应用场景验证与分析

#### 4.1 验证方案介绍

基于文中设计的智能网联汽车震动报警信号采集系统，在汽车行业国内市场上按照 ADAS 先进驾驶辅助系统的普及率选择某品牌车型作为典型车型，对其配置的 LDW 车道偏离预警功能进行试验验证与分析，以评价测试采集系统的设计合理性和操作可行性。

按照 GB/T 26773-2011、GB/T 39323-2020、GB/T 41796-2022 等国家标准中关于车道偏离预警功能的技术要求，报警形式应是易被感知的触觉报警和（或）听觉报警。根据该典型车型 LDW 备案资料，其设计的震动报警信号位于方向盘，因此在本文的验证方案中将震动报警探测器采用螺栓安装在方向盘的 12 点钟位置，以便于震动报警信号的检测。考虑到方向盘在实际震动过程中的横向分量占优，在传感器布置时设计了专门的安装夹具来提高震动信号的幅值。

#### 4.2 应用场景

在测试车辆处于车道偏移预警功能开启的情况下，在某城市内环高速进行路试，测试里程大约 40 公里。在测试期间，保证两侧车道后方无车辆的情况下，不打转向灯进行车辆变道，触发车道偏离警告，警告表现为方向盘振动提醒。

来回触发次数不低于 30 次。为测试振动报警探测器的振动探测功能,将振动传感器固定在测试车辆的方向盘上,当触发车道偏离警告时,车辆显示屏车道位置图标颜色将变化,本次测试是白色变为橙色,如图 4 所示。



图 4 触发车道偏离警告

此时观察振动报警探测器的测试界面,观察振动频率变动,数据结果如图 5 所示。

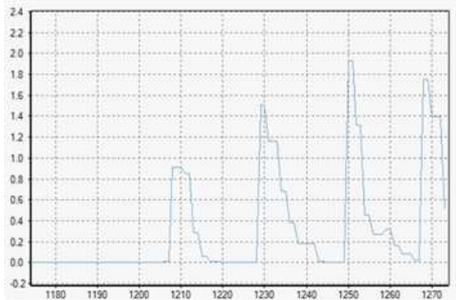


图 5 验证测试振动波形显示

### 4.3 验证结果分析

振动传感器变换了垂直和横向两个测试角度,在方向盘抖动时,都探测到方向盘的振动波形。测试表明,车载震动采集系统能够采集到震动数据并从软件上直观的看到振动信号跟随时间变化的情况。

## 5 结束语

本文介绍了一种智能网联汽车用的震动信号获取装置。当无法通过车载系统获取报警信息时,通过本装置可以对车辆的座椅、方向盘震动报警信号进行采集。通过 butterworth 滤波器对报警信号进行了滤波处理,提高了装置实用化的能力。望本系统能够应用于更多关于智能座舱中的设备功能及性能评价中。

## 参考文献

- [1]舒恺,郭高鹏,张洁,余萃卓,胡杰.基于 LabVIEW 的变压器振动信号数据采集系统[J/OL].测控技术: 1-7[2022-11-22].DOI: 10.19708/j.ckjs.2022.04.252.
- [2]李舜酩,郭海东,李殿荣.振动信号处理方法综述[J].仪器仪表学报, 2013, 34 (08): 1907-1915.DOI: 10.19650/j.cnki.cjsi.2013.08.031.
- [3]赵晓群,张洁.巴特沃斯低通滤波器的实现方法研究[J].大连民族学院学报, 2013, 15 (01): 72-75.DOI: 10.13744/j.cnki.cn21-1431/g4.2013.01.019.
- [4]杨宏伟.振动加速度传感器选型方法研究[C]//2020 中国航空工业技术装备工程协会年会论文集.[出版者不详], 2020: 585-587.DOI: 10.26914/c.cnkihy.2020.036318.
- [5]李建其,朱杰,郭涛.振动传感器智能化的研究与实现[J].计算机测量与控制, 2015, 23 (01): 317-319+323.DOI: 10.16526/j.cnki.11-4762/tp.2015.01.100.
- [6]李径定,方卓毅,元广杰,罗永革.汽车车内结构噪声新型控制方法实验研究[J].汽车工程, 2001 (04): 262-265.DOI: 10.19562/j.chinasae.qcgc.2001.04.013.

**作者简介:**张鹏程,毕业于吉林大学,硕士研究生,高级工程师,现就职于国家汽车质量检验检测中心(襄阳),主要从事智能网联整车性能测试研究。

宋官臣,2011年毕业于吉林大学车辆工程专业,工程师,现就职于国家汽车质量检验检测中心(襄阳),主要从事智能网联整车性能测试研究。

张胤,毕业于哈尔滨工业大学,工程师,现就职于国家汽车质量检验检测中心(襄阳),主要从事智能网联整车性能测试研究。

李超,毕业于大连理工大学,高级工程师,现就职于国家汽车质量检验检测中心(襄阳),主要从事智能网联整车性能测试研究。

郎栋,毕业于韩国国民大学,硕士研究生,工程师,现就职于国家汽车质量检验检测中心(襄阳),主要从事汽车产品认证研究。

张民康,毕业于吉林大学,硕士研究生,现就职于国家汽车质量检验检测中心(襄阳),主要从事智能网联整车性能测试研究。

**致谢:**本项目获得国家汽车质量检验检测中心(襄阳)课题 ZJ039《驾驶员注意力监测系统检测能力建设》