

基于虚拟仪器的减震器橡胶衬套试验系统

孔令洋, 孙晓帮, 赵春生*

(辽宁工业大学, 辽宁 锦州 121001)

摘要:基于减震器橡胶衬套实车使用工况,利用数据采集硬件设备和LabVIEW软件,开发出基于虚拟仪器的橡胶衬套试验系统。该系统由变频电机驱动曲柄连杆滑块机构获得简谐激励,滑块通过双弹簧加载机构将简谐激励柔性施加到橡胶衬套上。橡胶衬套实例试验表明,试验系统性能稳定、使用方便、人机操作友好,能满足橡胶衬套动态性能测试和疲劳试验要求。

关键词:减震器;橡胶衬套;虚拟仪器;动态性能测试;疲劳试验

中图分类号:TP206⁺.1;TQ336.4⁺.2 **文献标志码:**A **文章编号:**1000-890X(2016)01-0047-04

橡胶衬套是由橡胶材料和金属粘接而成的金属橡胶弹簧,广泛应用于车辆悬架系统。减震器橡胶衬套(以下简称橡胶衬套)通过销轴将减震器一端与车架柔性连接在一起,具有垂直承载、衰减和吸收高频振动与噪声的作用^[1]。由于车身质量较大,因此即使汽车在非行驶状态下,橡胶衬套也要承受一定的预压作用,并且汽车在不平路面及转向等多工况行驶状态下,橡胶衬套又要承受交变的周期载荷,很容易出现疲劳失效。本工作根据橡胶衬套使用工况及疲劳试验要求,设计了一种能真实模拟橡胶衬套使用工况的试验系统,可进行橡胶衬套动态特性测试和疲劳寿命试验。

1 试验方法

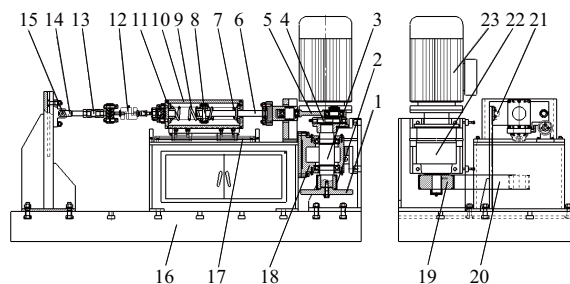
依据标准JIS K 6394—1998《硫化橡胶的动态特性试验方法》,采用非共振法^[2]对橡胶衬套施加不同激振力幅值和不同激振频率的简谐激振力,通过采集橡胶衬套所受激振力值和激振位移值等动态信号测试橡胶衬套动态特性;通过对试样循环试验,评定橡胶衬套的质量和疲劳寿命。

2 试验系统结构和工作原理

2.1 结构

试验系统结构如图1所示,系统主要由驱动机

构、曲柄连杆滑块机构、双弹簧加载机构、预紧力调整螺套、橡胶衬套U形胎具等部件构成。驱动机构主要由变频电动机、减速机、主动带轮、从动带轮、同步带和传动轴等零部件构成;曲柄连杆滑块机构由曲柄、连杆和滑块构成;双弹簧加载机构由左螺旋弹簧、右螺旋弹簧、弹簧托支架、弹簧托和移动框架构成。



1—飞轮;2—从动带轮;3—传动轴;4—曲柄;5—连杆;6—滑块;
7—右螺旋弹簧;8—弹簧托支架;9—左螺旋弹簧;10—移动
框架;11—弹簧托;12—力传感器;13—预压力调整螺套;
14—U形胎具;15—橡胶衬套;16—机座;17—直线
导轨;18—轴承座;19—主动带轮;20—同步带;
21—位移传感器;22—减速机;
23—变频电动机。

图1 试验系统总成结构

2.2 工作原理

如图1所示,橡胶衬套安装在U形胎具中,U形胎具两端支架采用螺栓紧固。试验系统由变频电动机驱动减速机带动主动带轮旋转,主动带轮通过同步带和从动带轮将动力传递给传动轴,传动

作者简介:孔令洋(1988—),男,山东曲阜人,硕士,主要从事车辆系统动力学及控制的研究,现任职于江铃汽车股份有限公司。

*通信联系人

轴驱动曲柄连杆滑块机构运动,从而将变频电动机的旋转运动转化为滑块的水平往复运动,即按简谐规律变化的滑块位移。滑块和弹簧托支架刚性连接在一起,滑块将简谐激振力施加到双弹簧加载机构,并经预压力调整螺套柔性加载到橡胶衬套上。由于双弹簧加载机构左右螺旋弹簧性能参数(刚度等)相同,且左右激振位移相等,因此试验系统对橡胶衬套施加左右对称且大小相等的激振力,进而实现橡胶衬套的恒力幅值激振。

通过调节变频电动机转速,调整滑块位移变化频率,实现橡胶衬套激振频率的调整;通过调节曲柄长度和滑块位移变化幅度,实现橡胶衬套激振力幅值的调整;通过双弹簧加载机构实现橡胶衬套的柔性加载;通过旋转两端设有正反旋向螺纹的调整螺套调整系统对橡胶衬套施加的预压力,从而满足不同规格橡胶衬套动态特性测试和疲劳寿命试验要求。试验过程中,通过力传感器和位移传感器监测并采集橡胶衬套受力值和位移值信号,并将信号传递给数据采集卡和工控机进行试验数据的处理与输出。

3 测试系统设计

测试系统结构如图2所示。测试系统工作原理为:数据采集卡与工控机互相通信,数据采集卡通过变频器控制变频电动机运转,变频电动机驱动曲柄连杆滑块机构获得简谐激振力,滑块通过双弹簧加载机构将简谐激振力柔性加载到橡胶衬套试样上。橡胶衬套所受激振位移值通过位移传感器转化为位移电压信号,所受激振力值通过力

传感器转化为力电压信号,力电压信号经过信号调理模块调理与放大后,同位移电压信号一并输入到数据采集卡,数据采集卡将模拟信号转化为数字信号^[3]。橡胶衬套激振次数经计数器传输到数据采集卡,数据采集卡将数字信号和激振次数输入到工控机,通过工控机的分析和计算处理后显示和输出试验结果。

3.1 数据采集系统硬件的选取

橡胶衬套动态特性测试和疲劳试验中需要对试验数据处理和存盘,试验系统工控机配置为:CPU Intel G1610,主频Duo 2.60 GHz,内存容量 4 G,硬盘容量 160 G。

试验过程中需要获取橡胶衬套试样的力值信号和位移值信号,因此测试系统数据采集模块选取力传感器和位移传感器。考虑到橡胶衬套实车使用工况下所受最大简谐激励载荷一般低于5 000 N,且橡胶衬套变形有限,位移的变化量仅为几毫米,为扩大试验系统使用范围,选用NS-WL1型电阻应变片式拉压力传感器,量程为 $\pm 8\ 000\text{ N}$,测试精度为0.05%;选用NS-WY03型差动变压器式位移传感器,量程为 $\pm 10\text{ mm}$,测试精度为0.01%,所选传感器分辨率和测试精度均能满足测试要求。

由于所选电阻应变片式力传感器内部电桥输出电压相对较小,很容易受到振动、电磁或噪声的干扰,影响测试数据的精确性,因此在力传感器输出的力电压信号输入数据采集卡前,为减轻干扰,需对信号进行调理、放大及滤波处理^[4],测试系统选用ADAM-3016型信号调理模块。

试验系统需要采集橡胶衬套的力值信号和位移值信号,因为所测信号的最大激振频率约为5 Hz,根据采样定理和传统经验确定测试系统采样频率为500 Hz,每周期采样点数不大于1 000。依据数据采集卡选用的一般原则,采集卡的模拟输入通道数应大于所测信号通道数的2倍,采样率应大于 $10\text{ kS} \cdot \text{s}^{-1}$,因此选取National Instruments (NI)公司USB-6009系列数据采集卡,完全能够满足橡胶衬套动态特性测试和疲劳试验要求。

3.2 软件设计

试验系统软件程序部分采用NI公司基于图形化语言的LabVIEW软件进行设计。程序设计采用while loop循环结构,并利用case选择结构实现

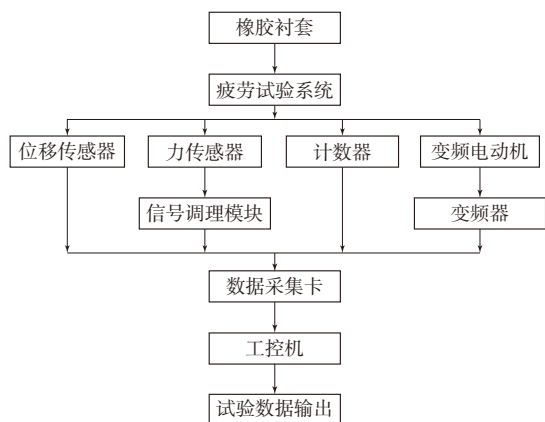


图2 测试系统结构

系统的自检、运行调整、标定、力传感器清零、滞迟环、运行和急停等功能。在LabVIEW软件中为子模块建立SubVI以供主程序随时调用,使用方便、人机交互性强^[5]。

测试系统软件部分包括自检、运行调整、标定、力传感器清零、激振力调整、滞迟环、运行、急停和停止模块。

通过测试系统自检模块,根据力-时间曲线和位移-时间曲线、传感器标定参数和接近开关状态显示,可以检测试验系统、力和位移传感器以及接近开关等能否正常工作。若传感器标定参数显示为Nan,说明传感器标定中所得回归曲线的斜率和截距在标定文件中不存在,需要对传感器重新进行标定。

运行调整模块可以检测变频电动机能否按预设要求正常运转。变频电动机驱动曲柄连杆滑块机构运转过程中,通过力传感器和位移传感器采集的力曲线和位移曲线可以判断试验系统对橡胶衬套施加的激振力和激振位移是否满足橡胶衬套试验要求,如不满足,必须通过激振力调整模块进行橡胶衬套激振力的调整。

通过标定模块可以实现力传感器、位移传感器和试验系统激振频率的标定,传感器标定须在其线性工作范围内进行。工控机将力传感器和位移传感器采集到的已知力值点和位移值点的输出电压值进行线性回归,并将回归曲线的斜率和截距保存在标定文件中。工控机对传感器采集的试验数据处理分析时,根据回归曲线将采集的力电压信号和位移电压信号转换成力值和位移值信号。试验系统通过改变变频器输入电压值控制变频电动机的转速,调整曲柄连杆滑块机构的运动速度,从而改变橡胶衬套所受激振频率。激振频率标定过程中,对变频器输入不同的已知电压值,通过工控机对所测橡胶衬套激振频率进行线性回归,将斜率和截距保存在标定文件中,以备后续数据处理调用。

通过力传感器清零模块可以对力传感器清零,从而消除传感器连接部件质量和传感器零点漂移对橡胶衬套试验结果的影响^[6]。

激振力调整模块用于调整试验系统对橡胶衬套施加的激振力幅值和预压力,进而满足不同

规格橡胶衬套不同激振力幅值和预压力的试验要求。当激振力幅值和预压力调整到满足橡胶衬套试验要求时,方可进行试验。激振力幅值的调整通过调节曲柄长度实现,预压力的调整通过调节预压力调整螺套实现。

通过滞迟环模块,可以得到不同激振频率下橡胶衬套的变形能、滞后角和转化率等动态参数,进而用于测试橡胶衬套的动态特性。

急停模块起保护试验系统和变频电动机的作用。橡胶衬套试验过程中,若系统出现异常(如变频电动机运转异常),通过急停模块可立即切断变频使能开关,变频电动机即可停止运转。

4 橡胶衬套动态特性测试和疲劳试验结果

完成橡胶衬套试验系统软硬件搭建后,选取某轻型汽车减震器橡胶衬套进行动态特性测试和疲劳寿命试验。根据所选橡胶衬套实车使用工况进行参数设置:激振频率 3 Hz,激振力幅值 1 270 N,预压力 810 N。试验系统选用LabVIEW软件Filters子模板中Inverse Chebyshev Filter进行滤波。橡胶衬套动态特性试验中,通过测试橡胶衬套滞迟环,所得橡胶衬套动态力-时间曲线和位移-时间曲线如图3所示,橡胶衬套滞迟环曲线如图4所示。由图4中变形能、滞后角和转化率等动态参数,通过计算分析即可获得橡胶衬套动态特性数据。橡胶衬套疲劳寿命试验过程中,橡胶衬套所受力-时间曲线和位移-时间曲线分别如图5和6所示。由图5和6可以看出,试验系统运行平稳后,力-时间曲线和位移-时间曲线均

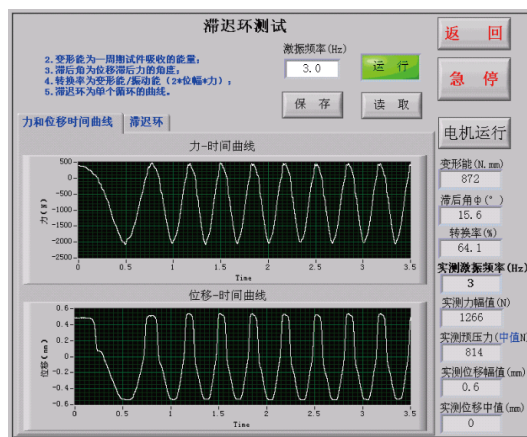


图3 动态力-时间曲线和位移-时间曲线

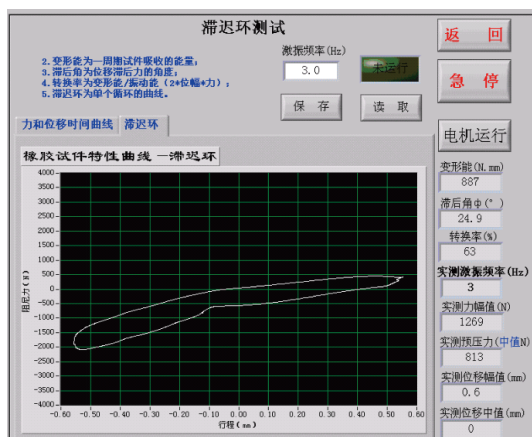


图4 滞迟环曲线

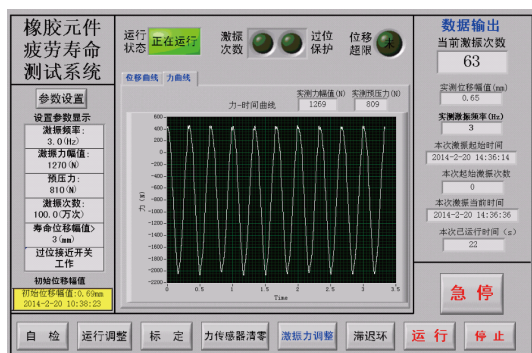


图5 力-时间曲线

较为平滑,说明所选滤波效果较好。

橡胶衬套实例试验结果表明,试验系统人机操作友好、可控性强,能够满足橡胶衬套恒力幅值条件下的试验要求。

5 结语

基于橡胶衬套实车使用工况开发出橡胶衬套

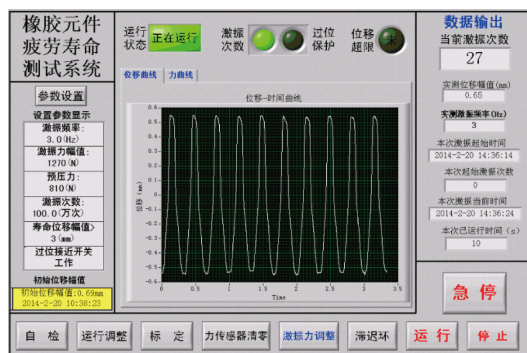


图6 位移-时间曲线

试验系统,系统可实现对橡胶衬套施加的激振力幅值、预压力和激振频率自由调节,能满足不同规格橡胶衬套的动态特性测试和疲劳寿命试验要求。

橡胶衬套实例试验表明,试验系统人机操作友好、可控性强,能够应用于橡胶衬套动态特性测试和疲劳寿命试验领域。

参考文献:

- [1] 王伟,上官文斌. 悬架筒式减振器橡胶衬套刚度和拉脱力试验与计算分析[J]. 橡胶工业,2013,60(3):169-170.
- [2] 薛宇. 基于虚拟仪器技术的车用橡胶元件测试系统的研究[D]. 锦州:辽宁工学院,2004.
- [3] 孙晓帮,王天利,张忠洋,等. 基于虚拟仪器的减振器活塞杆侧向弯曲疲劳试验系统[J]. 机械设计与制造,2011(3):111-112.
- [4] 孙晓帮. 橡胶元件动、静态特性试验方法研究[D]. 锦州:辽宁工学院,2007.
- [5] 王天利,孙晓帮,王永顺,等. 基于虚拟仪器的气弹簧测试系统[J]. 机床与液压,2007,35(7):170-172.
- [6] 郑利民,王天利,王磊,等. 基于虚拟仪器的双工位减振器性能测试系统[J]. 液压与气动,2012(2):53-55.

收稿日期:2015-07-23

Test System of Damper Rubber Bush Based on Virtual Instrument

KONG Lingyang, SUN Xiaobang, ZHAO Chunsheng

(Liaoning University of Technology, Jinzhou 121001, China)

Abstract: According to the actual working conditions of damper rubber bush, the rubber bush test system based on virtual instrument was developed by using data acquisition hardware devices and LabVIEW software. The harmonic excitation was acquired through crank slider mechanism driven by frequency conversion motor of system and applied to the rubber bush by slider through double spring mechanism. The system was stable, offering simple operation and friendly man-machine interface. It met the requirements of dynamic performance test and fatigue test of rubber bushing.

Key words: damper; rubber bush; virtual instrument; dynamic property test; fatigue test