

某履带急救车减振效率及乘卧舒适性分析*

苏 琛, 徐新喜, 高振海, 谭树林, 崔向东

(军事医学科学院卫生装备研究所 天津, 300161)

摘要 对采用两级减振措施的某履带急救车进行各种路况和车速条件下的行驶振动试验,研究两级减振效率及卧姿乘员的振动舒适性。试验结果表明,该履带车辆两级减振器均起到较好的隔振效果。一级减振效率在60%到80%之间,二级减振中卧姿乘员头部的减振效率在46%到80%之间,臀部的减振效率在37%到80%之间。乘卧舒适性较好,评价等级处于“舒适”和“基本舒适”之间。

关键词 履带急救车; 两级减振效率; 乘卧舒适性; 行驶振动

中图分类号 U467.1; TB533.2

引言

履带车是一种自铺路面车辆,履带可看作其自携的可移动道路,可以连续地在车轮前铺开,车轮通过后,再由车辆收回重新铺设到车轮前面^[1]。由于履带车辆具有对地接触面积大、接地比压小和牵引力较大等特点,因此在越野路、砂石路和起伏路等路况下具有较强的通过性能^[2]。

履带车辆主要用于无路或难以通行的较差路况条件下,振动成为影响驾驶员和乘员舒适性的重要指标。唐传茵等^[3]研究了基于烦恼率模型的振动舒适性评价方法,对振动引起的不满人数进行定量评估。白士红等^[4]通过对履带装甲车辆在不同车速和不同等级路面座椅振动信号的测试分析,进行履带装甲车辆对驾乘人员乘坐舒适性模型评价的研究。目前,履带车辆振动对人体舒适性的影响主要以3个轴向加权加速度均方根值的矢量和作为研究指标,以坐姿人员的振动舒适性为主要研究目的,对卧姿人员的振动舒适性研究较少。

笔者对某履带急救车进行各种路况条件下的行驶试验,分析其承载的卧姿乘员的减振效率及振动舒适性。

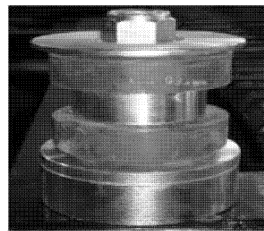
1 研究对象

如图1所示,某履带急救车采用两厢铰接履带式全地形底盘。为满足卧姿伤病员的舒适性要求,后

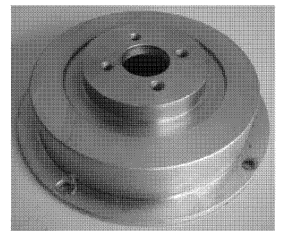
车采用两级减振措施。第1级减振是在后车底盘纵梁与车厢间安装4个橡胶阻尼减振器,第2级减振是在左、右两个担架台与车厢底板间各安装4个三自由度零刚度减振器,如图2所示。



图1 某履带急救车



(a) 橡胶隔振器



(b) 三自由度零刚度隔振器

图2 两级减振装置

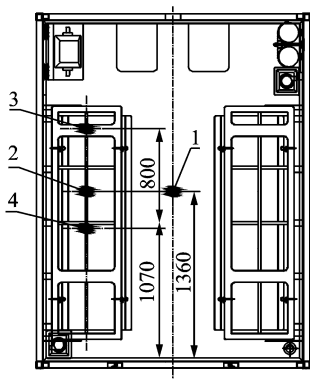
橡胶隔振器广泛应用于汽车的减振系统,其动、静态特性对汽车的平顺性起着重要作用^[5]。三自由度零刚度减振器用于担架台的隔振。工作原理是依靠线性刚度弹性器件的“零”刚度区和其与夹持器件间的摩擦力,使其示功图呈现双旗帜形状,放大在第1、第3象限内的面积,减少在第2、第4象限内的面

* 收稿日期:2011-08-30;修改稿收到日期:2012-04-05

积,具有自动复位特性,利用有限的行程对连续振动实施有效耗能。

2 试验设计

笔者依据GJB《装甲车辆试验规程-野外振动试验》和QC/T677《卧铺客车平顺性随机输入行驶试验方法》进行试验,测点布置如图3所示。在后车底盘纵梁放置垂向加速度传感器,在车厢底板左侧中心位置放置垂向加速度传感器。车厢内两侧担架台对称布置,分别在下层卧姿乘员的头、臀部下方放置坐垫式三向加速度传感器。



1 为底盘纵梁;2 为左侧底板;3 为下层担架卧姿乘员头部;4 为下层担架卧姿乘员臀部

图3 传感器测点布置图

试验时,测试位置的卧姿乘员为仰卧姿势,双臂自然放于身体两侧,全身放松^[6]。试验道路包括水泥混凝土路、砂石路、起伏土路和越野路。水泥混凝土路试验车速为30,40和50 km/h,砂石路试验车速为20,30和40 km/h,起伏土路试验车速为15 km/h,越野路试验车速为18 km/h。

3 两级减振效率试验结果与分析

在随机振动中,振动的强度直接影响承载人员的舒适性程度,因此采用能反映振动信号强度的加速度均方根值计算随机振动的减振效率。计算公式为

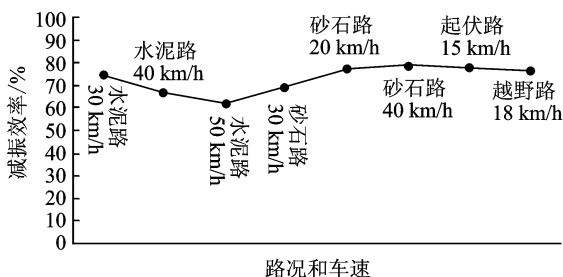
$$\eta = 1 - \frac{\psi_y}{\psi_x} \quad (1)$$

其中: ψ_x 为激励信号的加速度均方根值; ψ_y 为响应信号的加速度均方根值。

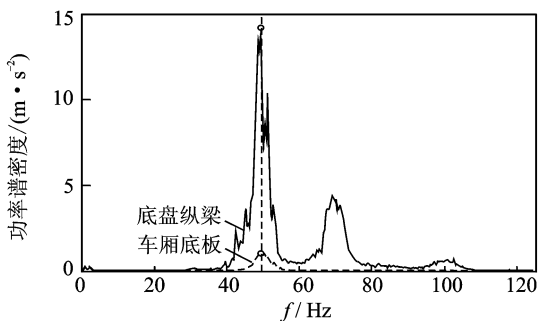
3.1 第1级减振效率结果与分析

第1级减振中,以底盘纵梁的传感器采集的振动信号作为激励信号,以车厢底板传感器采集的振

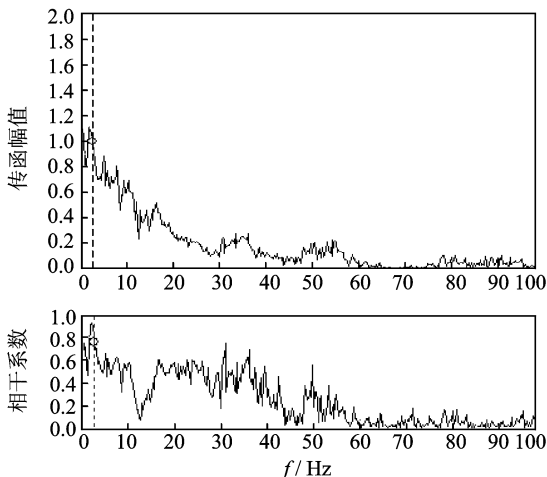
动信号作为响应信号,减振结果如图4所示。分析可知:急救车采用的两厢铰接结构及橡胶履带与轮式车辆相比,更适用于砂石路、起伏土路和越野路行驶。通过在通用平台后车底盘纵梁与车厢间加装4个橡胶阻尼减振器,车厢底部第1级减振起到较好的减振效果,使底盘传递到车厢底板的振动衰减了60%~80%,如图4(a)所示。特别是在越野路行驶(车速为18 km/h)时的减振效率能达到76%,且50,69和102 Hz的峰值得到明显抑制,如图4(b)所示。同时,在人体内脏器官共振频率4~8 Hz和对人体脊椎系统影响较大的8~12.5 Hz频率范围内^[7],传递函数幅值在0.4~0.8之间,均小于1^[8],如图4(c)所示,有效降低了振动对人体的影响程度。



(a) 底盘纵梁-车厢底板的减振效率



(b) 越野路18 km/h时底盘纵梁及车厢底板功率谱密度

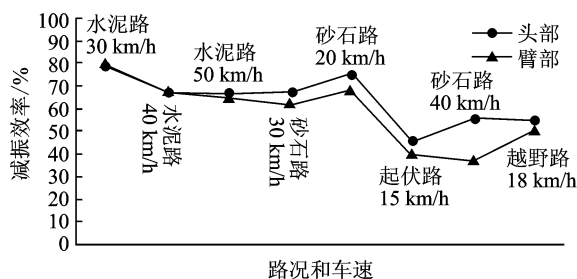


(c) 越野路18 km/h时底盘纵梁-车厢底板的传递特性频谱

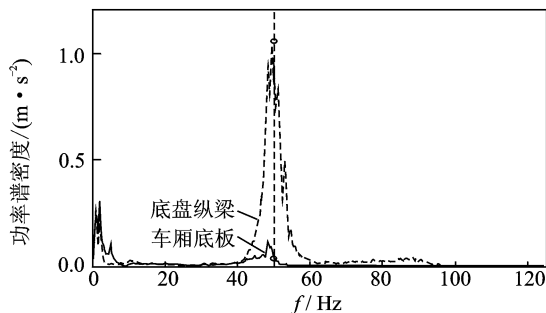
图4 第1级减振效率

3.2 第2级减振效率结果与分析

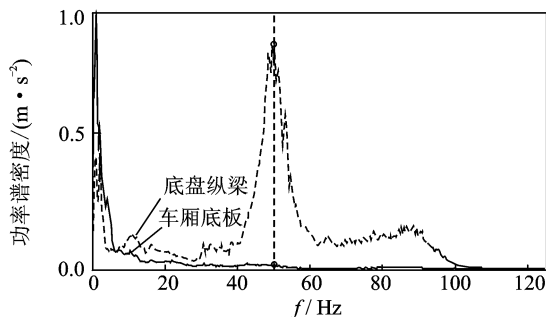
第2级减振中,以车厢底板传感器采集的振动信号作为激励信号,以卧姿乘员头部或臀部的传感器采集的振动信号作为响应信号,减振效率结果如图5(a)所示。分析可知:通过在车厢内左右两侧担架台与车厢底板间各加装4个三自由度零刚度减振器,担架台底部二级减振起到较好减振效果,使车厢



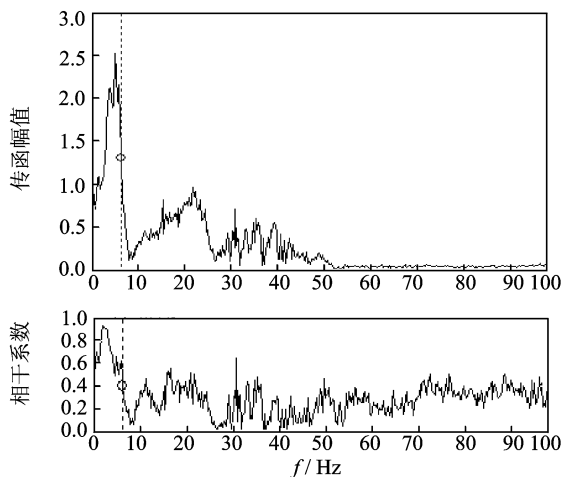
(a) 车厢底板-卧姿头(臀)部的减振效率



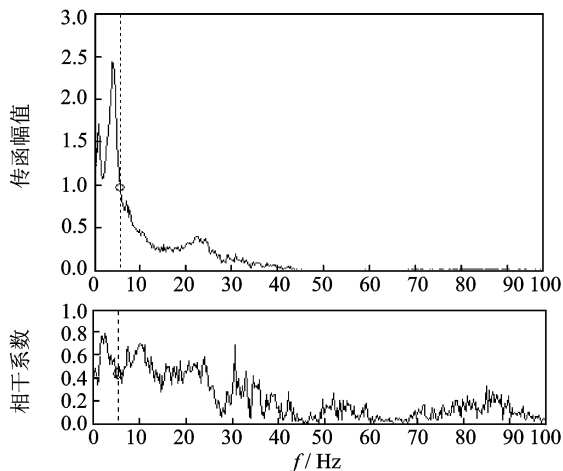
(b) 越野路18 km/h时车厢底板及卧姿头部的功率谱密度



(c) 越野路18 km/h时车厢底板及卧姿臀部的功率谱密度



(d) 越野路18 km/h时车厢底板-卧姿头部的传递特性频谱



(e) 越野路18 km/h时车厢底板-卧姿臀部的传递特性频谱

图5 第2级减振效率

底板传递到担架台上卧姿乘员头部的振动衰减了46%~80%,传递到卧姿乘员臀部的振动衰减了37%~80%。特别是在越野路行驶(车速为18 km/h)时,卧姿乘员头部和臀部的减振效率分别达到56%和50%。从振动的功率谱密度可以看出,车厢底板50 Hz的振动峰值得到明显抑制。车厢底板-卧姿头部的传递函数中,频率大于6.4 Hz时传递函数幅值小于1,且在8~12.5 Hz的传递函数幅值小于0.4,如图5(d)所示;车厢底板-卧姿臀部的传递函数中,频率大于5.6 Hz时传递函数幅值均小于1,且在8~12.5 Hz的传递函数幅值小于0.5,有效降低了振动对人体的影响程度,如图5(e)所示。

4 乘卧舒适性试验结果与分析

根据QC/T677-2001《卧铺客车平顺性随机输入行驶试验方法》,以卧姿垂向振动的臀头频率计权加速度 a_{xbhw} 值^[9]确定乘卧舒适性等级。

$$a_{xbhw} = \left[\sum_{j=1}^{23} (W_{xbhj} a_{xbhj})^2 \right]^{\frac{1}{2}} \quad (2)$$

其中: a_{xbhj} 为头、臀部位计权加速度均方根值; W_{xbhj} 为频率计权系数。

卧姿乘员臀头频率二次计权加速度均方根值 a_{xbhw} 与舒适性评价结果如表1所示。分析可知:水泥路条件下随着车速升高,二次计权加速度均方根值逐渐升高,舒适性评价处于“舒适”等级;砂石路条件下车速为20 km/h时,二次计权加速度均方根值为0.704,但当车速为30 km/h时,虽然路况条件降低,但是减振器处于较好减振状态,二次计权加速度均方根值降低到0.443,车速升高到40 km/h时路况条件降低,二次计权加速度均方根值升高到0.689;直

伏路条件下路况条件进一步降低,但减振器起到良好的减振效果,二次计权加速度均方根值为0.671,舒适性评价处于“比较舒适”等级;越野路条件下二次计权加速度均方根值为0.883,舒适性评价处于“基本舒适”等级。

表1 卧姿乘员舒适性试验结果

路况	速度/ ($\text{km} \cdot \text{h}^{-1}$)	$a_{\text{xbhw}}/(\text{m} \cdot \text{s}^{-2})$	舒适性评价等级
水泥路	30	0.322	2级:舒适
水泥路	40	0.407	2级:舒适
水泥路	50	0.448	2级:舒适
砂石路	20	0.704	3级:比较舒适
砂石路	30	0.443	2级:舒适
砂石路	40	0.689	3级:比较舒适
起伏路	15	0.671	3级:比较舒适
越野路	18	0.883	4级:基本舒适

5 结论

1) 总体上两级减振装置有效控制了振动的传递,起到较好的减振效果。一级减振效率在60%到80%之间。二级减振中,卧姿乘员头部的减振效率在46%到80%之间,臀部的减振效率在37%到80%之间。

2) 从振动的功率谱密度可以看到,橡胶阻尼减振器和零刚度减振器均能明显降低振动强度,有效抑制了中、高频段的振动峰值。

3) 从两级减振器的传递函数特性曲线可以看到,在人体振动敏感频率为4~8Hz和8~12.5Hz范围内,传递函数幅值总体小于1,避免了振动对人体内脏器官和脊椎系统的影响。

4) 卧姿乘员二次计权加速度均方根值介于0.322 m/s^2 至0.883 m/s^2 之间,舒适性等级分别为舒适、比较舒适和基本舒适,保障了伤病员的乘卧舒适性。

参 考 文 献

- [1] 彭学彦. 汽车家族的履带车成员[J]. 汽车运用, 2006, 17(12):17-20.
Peng Xueyan. Tracklayer member in vehicle family [J]. Auto Application, 2006, 17(2): 17-20. (in Chinese)
- [2] 李阳. 铰接式履带车辆行驶性能研究[D]. 长春: 吉林大学, 2011.
- [3] 唐传茵, 张天侠, 李华, 等. 汽车振动舒适性评价研究[J]. 振动与冲击, 2008, 27(9):158-161.

Tang Chuanyin, Zhang Tianxia, Li Hua, et al. Evaluation of ride comfort of a vehicle[J]. Journal of Vibration and Shock, 2008, 27(9):158-161. (in Chinese)

- [4] 白士红, 张春林, 李晓雷. 履带装甲车振动对驾乘人员乘坐舒适性影响的模糊评价[J]. 机械设计与制造, 2004, 2:8-10.
Bai Shihong, Zhang Chunlin, Li Xiaolei. Fuzzy evaluation of the tank crew discomfort in the vibration of the armored tracklayer[J]. Machinery Design & Manufacture, 2004, 2:8-10. (in Chinese)
- [5] 张平, 柴国钟, 潘孝勇, 等. 橡胶隔振器静态特性计算方法研究[J]. 振动、测试与诊断, 2010, 30(2):105-110.
Zhang Ping, Chai Guozhong, Pan Xiaoyong, et al. Investigation on calculation method for the static characteristics of a rubber isolator[J]. Journal of Vibration, Measurement & Diagnosis, 2010, 30(2):105-110. (in Chinese)
- [6] GJB59.15-88 装甲车辆试验规程-野外振动试验[S]. 北京:国防科学技术工业委员会, 1988.
- [7] 余志生. 汽车理论[M]. 北京:机械工业出版社, 2009: 203-206.
- [8] 段德光, 牛福, 高振海, 等. 野战救护车担架支架隔振效果对比试验研究[J]. 医疗卫生装备, 2010, 31(2):39-42.
Duan Deguang, Niu Fu, Gao Zhenhai, et al. Comparison test of vibration isolators for stretcher support frame of field ambulance[J]. Chinese Medical Equipment Journal, 2010, 31(2):39-42. (in Chinese)
- [9] QC/T677 卧铺客车平顺性随机输入行驶试验方法[S]. 北京:中国机械工业联合会, 2001.



第一作者简介:苏琛,男,1982年11月生,博士、助理研究员。主要研究方向为机动卫生装备人-机-环境系统工程。曾发表《化学防护机动卫生装备舱室空气质量与人体安全性的评价与分析》(《中国安全科学学报》(2010年第20卷第8期)等论文。

E-mail:wzssuchen@163.com

通信作者:徐新喜,男,1965年1月生,研究员、博士生导师。主要研究方向为机动卫生装备人-机-环境系统工程。曾发表《急救车担架台阻尼减振仿真分析与优化设计研究》(《振动工程学报》2009年第22卷第4期)等论文。

E-mail:xuxx1@sohu.com