

文章编号:1000-582X(2009)01-0017-04

全地域机动平台振动定量评价

李传兵¹, 余 烽², 雷应峰¹, 张志飞², 杨 亮¹

(1. 长安汽车股份有限公司 汽车工程研究院, 重庆 400000; 2. 重庆大学 机械工程学院, 重庆 400030)

摘 要:以 ISO2631, ISO5349 等标准为依据, 建立了全地域机动平台驾驶舱内振动和平台振动定量评价的方法。并对标杆车和原型车进行了实车道路试验, 利用建立的振动定量评价方法对两款车进行了振动定量评价。结果表明标杆车驾驶舱内振动较小, 驾驶员感觉轻微不舒适, 平台处振动也不大, 装备使用良好; 而原型车则驾驶舱振动稍大, 驾驶员较不舒适, 平台处振动也较大, 影响装备使用; 并分析讨论了标杆车与原型车的差异, 为全地域车的开发提供指导。

关键词:全地域车; 振动; 评价; 机动平台; 驾驶舱

中图分类号: U461.4

文献标志码: A

Quantitative evaluation of all-terrain vehicle mobile platform vibration

LI Chuan-bing¹, YU Feng², LEI Ying-feng¹, ZHANG Zhi-fei², YANG Liang¹

(1. Changan Automotive Engineering Research Institute, Changan Auto Co., Ltd.,
Chongqing 400000, P. R. China;

2. College of Mechanical Engineering, Chongqing University, Chongqing 400030, P. R. China)

Abstract: The vibration of the cab of the all-terrain vehicle (ATV) mobile platform greatly influences driver comfort and equipment stability. A method for quantitatively evaluating vibration of the ATV mobile platform and its cab is established based on the ISO2631 and ISO5349 criteria. The method is used to evaluate the vibration of the contrast and prototype ATV mobile platforms subjected to road tests. The test results show that the contrast vehicle was superior to the prototype vehicle in several ways, including cab vibration, driver comfort, platform vibration, and proper equipment use. Analysis of the differences may guide ATV development.

Key words: all-terrain vehicle; vibrations; evaluation; mobile platform; cockpits

车辆行驶振动舒适性是重要性能之一, 振动大小直接影响到驾驶员的疲劳程度及工作效率, 也影响到乘坐人员的乘坐舒适性; 而对机动平台来说, 过大的振动会影响装备的使用, 减短装备的使用寿命, 严重的情况会导致装备的损坏。

对驾驶舱座椅, 方向盘以及地板来说, 振动讨论的对象是“路面-汽车-人”构成的系统。系统的输入是路面凹凸不平的变化, 此输入经过轮胎、悬架、座垫等减振后传到人体; 再由人的生理、心理和机械等

复杂因素的综合; 最后产生系统的输出—人对振动的反应。而对机动平台车载装备处来说, 则主要考虑振动对车载装备的影响, 而没有人的主观因素。目前对车辆驾驶室内座位等位置振动评价国内外研究较多, 因为这些位置涉及到人的主观因素, 研究的热点将振动物理量与人对这些振动物理量不同反应结合起来进行评价。国际上评价人体对振动的反应主要有两大体系: 以振动加速度均方根值为基本评价指标, 辅以振动剂量值和运行加速度均方根值等

收稿日期: 2008-09-01

基金项目: 国防科工委十一五国防基础科研资助项目

作者简介: 李传兵(1972-), 男, 高级工程师, 博士, 主要从事车辆系统动力学与控制方向研究, (Tel)13896070307;
(E-mail)licb@changan.com.cn。

指标的 ISO 国际标准体系和以人体与振动系统接触部位力和速度信号来计算吸收功率,以人体吸收的能量来评价振动强弱程度的吸收功率法^[1]。而对平台处的振动评价研究则较少。

1 评价方法建立

对于驾驶舱内座垫,方向盘,地板位置的振动定量评价,因为涉及到人对振动的差异性影响,采用 ISO2631,ISO5349 等国际标准推荐的方法,最终选用总加权振级来评价^[2-5]。而对于平台车载装备处位置来说,则采用合成加速度均方根值来定量评价。

ISO2631 标准认为人体对不同频率振动的敏感程度不同,在试验的基础上给出了 1~400 Hz 范围内各 1/3 倍频带的加权系数,而且推荐在 0.5~80 Hz 内评价振动^[6-8]。并在轿车上得到了广泛的应用。

ISO5349:2001 是目前评价手传振动的通用标准。该标准同样认为人体对不同频率手传振动的敏感程度不同,ISO5349:2001 推荐手传振动的主要频率分析范围^[9]为 6.3~1 000 Hz。

借鉴 ISO2631 及 ISO5349,全地域机动平台振动定量评价方法如下。

1) 先计算单轴向加权加速度均方根值 a_w 。先对记录的加速度时间历程 $a(t)$ 进行频谱分析得到功率谱密度函数 $G_a(f)$ 计算 a_w 。再计算 1/3 倍频带加速度均方根谱值

$$a_i = \left[\int_{f_{li}}^{f_{hi}} G_a(f) df \right]^{1/2}, \quad (1)$$

其中: a_i 是中心频率为 f_{ci} 的第 i 个 1/3 倍频带加速度均方根值; f_{hi} , f_{li} 分别是 1/3 倍频带的中心频率为 f_{ci} 的上下限频率; $G_a(f)$ 为加速度功率谱密度函数。然后计算

$$a_w = \sqrt{\sum_i (\omega_i a_i)^2}, \quad (2)$$

其中 ω_i 为第 i 个 1/3 倍频带的加权系数,地板采用座位垂直方向的加权系数,见表 1。平台车载装备位置则不进行加权。

2) 总加权加速度均方根值。采用三轴向加权加速度均方根值的合成值评价全地域车座位处,方向盘处,地板处振动。加速度均方根值的合成值评价平台车载装备处振动,各轴向加权系数均为 1,即

$$a_v = \sqrt{a_{wx}^2 + a_{wy}^2 + a_{wz}^2}, \quad (3)$$

对全地域车座位处,方向盘处,地板处,式(3)中 a_v 为三轴向总加权加速度均方根值。而对于平台车载装备处,式(3)中 a_v 为三轴向总加速度均方根值。

3) 加权振级。为了表示方便,将驾驶室座椅,方向盘,地板位置得到的总加权加速度均方根值换算成对数形式。用加权振级表示,而车载装备处位置

则用加速度均方根值表示。用加权振级进行比较算法如下

$$L_{aw} = 20 \lg(a_w/a_0), \quad (4)$$

式中 a_0 为参考加速度均方根值, $a_0 = 10^{-6}$ m/s。

表 1 加权系数

手把各方向		座位垂直方向		座位水平方向	
f/Hz	ω_{hi}	f/Hz	ω_{ki}	f/Hz	ω_{li}
6.3	0.727 0	0.50	0.418	0.50	0.853 0
8.0	0.873 0	0.63	0.459	0.63	0.944 0
10.0	0.951 0	0.80	0.477	0.80	0.992 0
12.5	0.958 0	1.00	0.482	1.00	1.011 0
16.0	0.896 0	1.25	0.484	1.25	1.008 0
20.0	0.782 0	1.60	0.494	1.60	0.968 0
25.0	0.647 0	2.00	0.531	2.00	0.890 0
31.5	0.519 0	2.50	0.631	2.50	0.776 0
40.0	0.411 0	3.15	0.804	3.15	0.642 0
50.0	0.324 0	4.00	0.967	4.00	0.512 0
63.0	0.256 0	5.00	1.039	5.00	0.409 0
80.0	0.202 0	6.30	1.054	6.30	0.323 0
100.0	0.160 0	8.00	1.036	8.00	0.253 0
125.0	0.127 0	10.00	0.988	10.00	0.212 0
160.0	0.101 0	12.50	0.902	12.50	0.161 0
200.0	0.079 9	16.00	0.768	16.00	0.125 0
250.0	0.063 4	20.00	0.636	20.00	0.100 0
315.0	0.050 3	25.00	0.513	25.00	0.080 0
400.0	0.049 8	31.50	0.405	31.50	0.063 2
500.0	0.031 4	40.00	0.314	40.00	0.049 4
630.0	0.024 5	50.00	0.246	50.00	0.038 8
800.0	0.018 6	63.00	0.186	63.00	0.029 5
1 000.0	0.013 5	80.00	0.132	80.00	0.021 1

2 实车试验评价

道路试验参照 GB4970—1996《汽车平顺性随机输入行驶试验方法》^[10] 进行,在某一工况下进行等速试验。采用常用车速,进口全地域车因为有 8 个前进档和 6 个倒退档,且可二驱和四驱;结合实际情况的需要,分别在 5、6、7、8 档位下测量从 20~70 km/h 的振动,并对四轮驱动和两轮驱动分别进行。而国产车驱动方式只能是二驱,且最高档为 5 档,因此对 4 档 30 km/h 及 5 档 40~70 km/h 这 5 种工况进行了测试。

功率谱的计算采用周期图法估计^[11],为了提高精度,对数据分段处理,按时间顺序把数据分为 18 个独立样本,再按 50% 的重叠率,即重叠 17 段,共 35 段样本^[12-13]。每段样本长度为 5 s,频率分辨率 0.2 Hz。

根据第 1 部分的评价方法,座位处和地板 z 向算到 89.6 Hz,(80 Hz 为中心频率的上限频率),方向盘算到 122 Hz(1 000 Hz 为中心频率的上限频率)。

3 试验结果分析讨论

利用建立的全地域车振动定量评价方法及试验所得到的数据,对进口全地域车和国产车进行了评

价分析,如表 2、3 所示。

3.1 实车振动定量评价

表 2、3 分别列出了进口全地域车和国产车最后计算得到的各工况下加权振级和加速度均方根值。其中 R-RMS-V 表示车载装备处合成加速度均方根值,S-V-L 表示座位合成加权振级,F-Z-L 表示地板 z 向加权振级,S-W-Z-L 表示方向盘 z 向加权振级。而工况中的 2-G5-20 则表示 2 驱 5 档 20 km/h 的情况,其它类推。

参照国际标准 ISO2631 并结合表 2、3,进口全地域车座位处在 65 km/h 以下时,保持舒适状态,高于 65 km/h 时,稍有不舒适;地板 z 向只有在高于 70 km/h 时,略大于 110 dB,其它车速均小于 110 dB,且常见车速 30~60 km/h 时,四轮驱动比二轮驱动振级稍大,高速时二轮驱动稍大;方向盘 z 向最大振级在 120 dB 左右,且发生在二轮驱动 8 档 60 km/h 的工况下,其它工况要小的多,因此该进口全地形车驾驶舱内振动不大,驾驶员保持舒适;而平台装备位置振动加速度均方根值最大不到 0.6 m/s²,振动较小,车载装备使用良好。国产车相比之下,驾驶舱内的振动较大,驾驶员较不舒适,平台处振动更是大了好几倍,较影响装备使用。

表 2 进口车加权振级及加速度均方根值

工况	R-RMS-V	S-V-L	F-Z-L	S-W-Z-L
2-G5-20	0.190	102.7	101.8	116.2
2-G5-30	0.258	101.9	101.7	117.2
2-G6-30	0.278	106.7	102.0	117.0
2-G6-40	0.327	108.1	104.4	112.5
2-G6-50	0.414	107.8	106.9	118.6
2-G7-40	0.345	104.0	104.3	114.5
2-G7-50	0.396	107.8	106.1	115.0
2-G7-60	0.409	107.9	107.5	115.2
2-G8-60	0.457	108.8	108.1	123.0
2-G8-70	0.593	111.0	110.6	115.7
4-G5-20	0.186	102.3	101.1	113.5
4-G5-30	0.294	103.9	103.7	118.0
4-G6-30	0.238	102.6	102.3	117.3
4-G6-40	0.300	106.0	105.4	112.6
4-G6-50	0.416	108.4	107.5	116.3
4-G7-40	0.311	105.9	105.3	115.3
4-G7-50	0.378	108.8	107.3	115.0
4-G7-60	0.431	109.5	108.5	116.9
4-G8-60	0.420	108.1	107.6	118.7
4-G8-70	0.589	110.9	110.5	116.5

表 3 国产车加权振级及加速度均方根值

工况	R-RMS-V	S-V-L	F-Z-L	S-W-Z-L
G4-30	1.042	114.4	114.2	117.2
G5-40	1.216	121.6	117.9	119.7
G5-50	1.945	119.8	119.9	120.6
G5-60	2.390	118.3	120.5	121.9
G6-70	2.240	116.9	120.2	123.5

3.2 讨论

显然,进口全地域车和国产车相比,无论是驾驶舱内,还是平台处,进口全地域车振动都要比国产车小。图 1、2、3 分别从座垫处功率谱图和座垫及右后悬架频响函数来分析其不同的原因^[14-15]。

图 1 中给出了进口车 2 驱 6 档 50 km/s 和国产车 5 档 50 km/s 工况下座垫 z 向的自功率谱图。而激励只能来自地面和发动机,低频为路面的激励,高频为发动机的激励。从图中可看出座垫 z 向低频占主要成分,主要决定乘坐舒适性;而国产车在人的敏感频率 4~12.5 Hz,幅值比进口车大的多。进口车发动机高频成分较离散,主要是偶次阶的频率,如 2 阶,4 阶等,且在座垫 z 向衰减较快,而国产车则衰减稍慢。

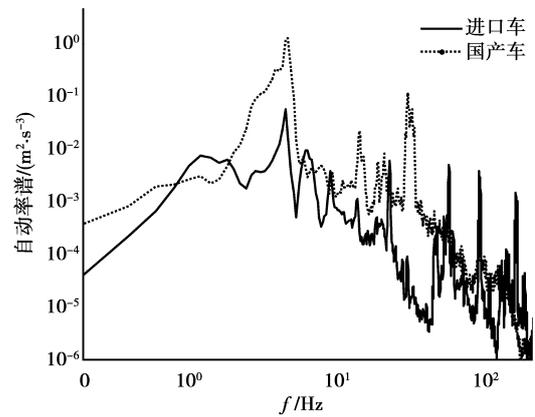


图 1 座垫 z 向自功率谱图

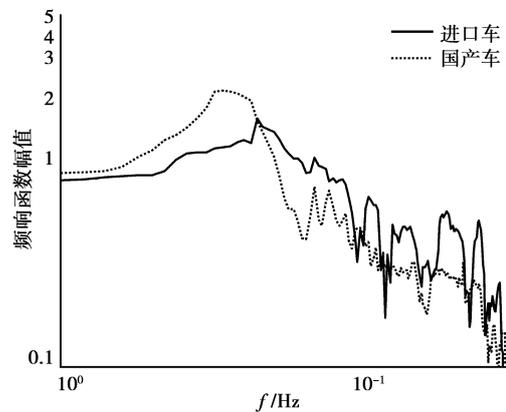


图 2 座垫处频响函数

座垫的刚度和阻尼对驾驶舱内座位处的振动影响较大,后悬架的刚度和阻尼对平台处的振动影响较大。因此分别对座垫和后悬架做了频响函数分析。图 2、3 分别列出了座位处 z 向和右后悬架 z 向某工况下的频响函数,其它工况类似。从图中可看出,进口全地域车与国产车相比,座垫的自身固有频

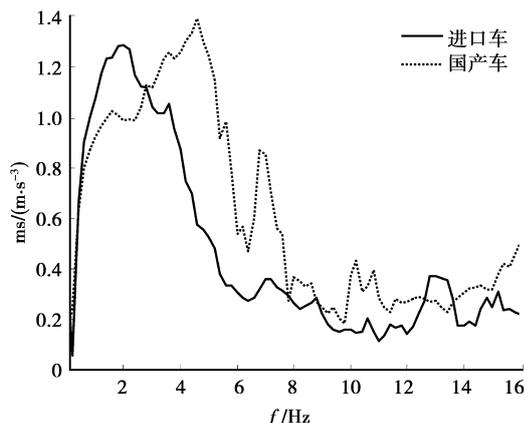


图 3 右后悬架频响函数

率稍高,但其阻尼大些,而大阻尼能有效的衰减振动大小,幅值明显要小,另外高频的振动对人体影响较小,故座垫的大阻尼是进口全地域车座位处振级保持较小的原因之一;国产原型车其座垫固有频率在 4 Hz 左右,该频率在人体敏感频率范围之内,显然是其造成座位处振级大的原因之一。从右后悬架的频响函数来看,悬架的自身固有频响比国产车小,幅值也小些,即阻尼比国产车稍大,显然 3 Hz 以上的振动能量能得到有效的衰减,因此这是进口全地域车平台处振动较小的主要原因。

4 结 论

1)建立了全地域机动平台振动定量评价方法。利用总加权振级来定量评价驾驶室内坐垫处、方向盘、地板振动大小;用加速度均方根值来定量评价平台振动大小。

2)利用建立的评价方法,完成了实车道路试验分析及评价,并对进口全地域车和国产车进行了对比。结果表明进口全地域车振动不大,驾驶员稍有不舒适,车载装备使用良好;而国产车则驾驶舱振动较大,驾驶员较不舒适,平台处振动也较大,影响装备使用。

3)通过对进口全地域车和国产原型车的实车实验数据结果对比,分析了座垫 z 向自功率谱以及座垫和右后悬架的频响函数,找出了影响进口全地域车和国产原型车振动定量大小不同的主要因素,为全地域机动平台原型车的研发提供参考。

参考文献:

- [1] LUNDSTROM R, HOLMLUND P. Absorption of energy during whole-body vibration exposure [J]. Journal of Sound and Vibration, 1998, 215(4): 789-799.
- [2] PADDAN G S, GRIFFIN M J. Evaluation of whole-body vibration in vehicles[J]. Journal of Sound and Vibration, 2002, 253(1):195-213.
- [3] 徐中明,张志飞,黄泽好,等. 摩托车平顺性评价研究[J]. 汽车工程,2007, 29(2): 160-164.
XU ZHONG-MING, ZHANG ZHI-FEI, HUANG ZE-HAO, et al. A research on evaluation on ride comfort of motorcycles [J]. Automotive Engineering, 2007, 29(2): 160-164.
- [4] 徐中明,陈雪梅,张志飞,等. 全地域车振动舒适性测试系统开发与应用[J]. 重庆大学学报:自然科学版, 2007, 30(12): 12-15.
XU ZHONG-MING, CHEN XUE-MEI, ZHANG ZHI-FEI, et al. Development and application of test system for vibration comfort of all terrain vehicle[J]. Journal of Chongqing University: Nature Science Edition, 2007, 30(12): 12-15.
- [5] 徐中明,谭海伟,张志飞,等. 全地形车平顺性客观评价[J]. 重庆大学学报, 2008, 31(2): 119-122.
XU ZHONG-MING, TAN HAI-WEI, ZHANG ZHI-FEI, et al. Objective evaluation methods for ATV ride[J]. Journal of Chongqing University, 2008, 31(2): 119-122.
- [6] International Organization for Standardization. ISO 2631—1997 mechanical vibration and shock-evaluation of human exposure to whole-body vibration —part1: general requirements[S]. 北京:中国标准出版社,1997.
- [7] 余志生. 汽车理论[M]. 北京:机械工业出版社, 2000.
- [8] 赵六奇,刘峰. 参照国际标准 ISO2631 的新草案修订汽车平顺性的评价方法[J]. 汽车工程,1993, 15(6): 371-377.
ZHAO LIU-QING, LIU FENG. Revise the evaluation method of vehicles ride performance with reference to the new ISO 2631 draft[J]. Automotive Engineering, 1993,15(6): 371-377.
- [9] International Organization for Standardization. ISO 5349—1 mechanical vibration measurement and evaluation of human exposure to Hand2transmitted vibration—Part1: general requirements[S]. 北京:中国标准出版社,2001.
- [10] 长春汽车研究所. GB4970 《汽车平顺性随机输入行驶试验方法》[S]. 长春:长春汽车研究所,1996.
- [11] DUANE H, BRUCE L. 精通 Matlab 7[M]. 北京:清华大学出版社, 2006.
- [12] 黄长艺,严普强. 机械工程测试技术基础(第二版)[M]. 北京:机械工业出版社, 2001.
- [13] 李方泽,刘馥清,王正. 工程振动测试与分析[M]. 北京:高等教育出版社, 1992.
- [14] 徐中明,张志飞,贺岩松,等. 重型卡车驾驶室乘坐舒适性研究[J]. 中国机械工程, 2004, 15(17): 1584-1586.
XU ZHONG-MING, ZHANH ZHI-FEI, HE YAN-SONG, et al. Research on improving the ride comfort of cab for heary-duty truck [J]. China Mechanical Engineering, 2004, 15(17): 1584-1586.
- [15] 秦树人,张明洪,罗德杨. 机械工程测试原理与技术[M]. 重庆:重庆大学出版社,2002.

(编辑 侯 湘)