

车辆平顺性评价标准适用性分析

汤爱华¹, 康小鹏², 欧健³, 田建平¹, 刘晓叙¹

(1. 四川理工学院机械工程学院, 四川 自贡 643000; 2. 成都大学工业制造学院, 成都 610106;
3. 重庆理工大学重庆汽车学院, 重庆 400050)

摘要:针对目前国内外适用不同类别车辆及地形的平顺性评价标准空缺,介绍了轮式车辆平顺性评价体系,主要有两类:一类为ISO 2631及相似标准,一般用于评价普通车辆;另一类为基于6W平均吸收功率和垂直方向加速度峰值两个限值的评价方法,该方法一直为美军及北约组织用于评价军用战术车辆。参考国家标准GB/T 4970-1996对某国产乘用车进行了道路试验,确定了平顺性客观评价值,研究了基于限值的平顺性评价方法的适用性。该研究重要意义在于能够在各种类别车辆和不同地形中更好理解并适用平顺性评价标准。

关键词:车辆;平顺性;标准;评价方法

中图分类号:U467.1⁺1

文献标识码:A

国际上主要采用四种客观评价车辆平顺性的方法。欧洲主要采用ISO 2631标准^[1],英国采用BS 6841:1987^[2],美军及北约组织在参考移动模型中采用平均吸收功率谱AAP^[3],德国和奥地利采用了VDI 2057标准^[4]。各标准由于存在应用局限性及相互间的差别,因此,有必要根据实际车型及地形,在四个标准中确定用来评价车辆平顺性的方法。

1 车辆平顺性客观评价

普通车辆平顺性客观评价的一般方法与军用战术车辆的方法不同。车辆的平顺性客观评价应综合采用以下两种方法,即在公路行驶工况的普通车辆参照ISO 2631-1:1997及其相似标准,在越野地形行驶工况的越野车辆采用基于限值的平顺性评价方法进行平顺性客观评价。

1.1 ISO 2631及相似标准

ISO 2631是国际标准化组织制定的评价人体承受全身振动的标准。基本原理与ISO 2631大致相同的现行标准还有BS 6841及VDI 2057。

1.1.1 ISO 2631标准

1997年发布的ISO 2631修订版^[1]采用了新的经验和研究成果。该标准规定,当振动波形峰值系数 <9 (峰值系数是加权加速度时间历程的峰值与加权加速度均方根值的比值)时,用加权均方根值法来评价振动对人体舒适和健康的影响。根据测量,各种普通车辆包括全地域车在公路正常行驶工况下对这一方法适用。当峰值系数 >9 时,用均4次方根值即采用振动剂量值VDV方法来评价。在ISO 2631-1:1997标准中测量运动不舒适的频率范围处在0.1~0.5之间。

1.1.2 BS 6841标准

BS 6841:1987标准适用频率范围为0.5~80 Hz。与时域加权曲线不同,提出了基于振动剂量值VDV的评价方法。该方法将座椅垂直方向振动频率加权系数修正到更接近实验研究结果。除了确定各轴向加速度均方根值,也能够确定总加权均方根值。先对采集的加速度加权,各轴向加速度加权函数不同。平顺性加权均方根值(RMS)计算如下:

收稿日期:2011-08-01

基金项目:四川省教育厅教改项目课题(2008RCYJ11);四川理工学院人才引进项目(2010XJKRL013);四川理工学院2011年教改项目(JG-1108)

作者简介:汤爱华(1982-),男,湖北仙桃人,助教,硕士,主要从事为车辆系统动力学与控制方面的研究,(E-mail)tahme@163.com

$$RMS = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{n=1}^N a^2}$$

在原理上该标准计算方法与 ISO 2631-1:1997 标准一样,只在细节上略有不同,如图 1 和表 1 显示了 BS 6841:1987 与 ISO 2631-1:1997 在频率加权范围、频率加权函数和轴向加权系数等方面的差别。

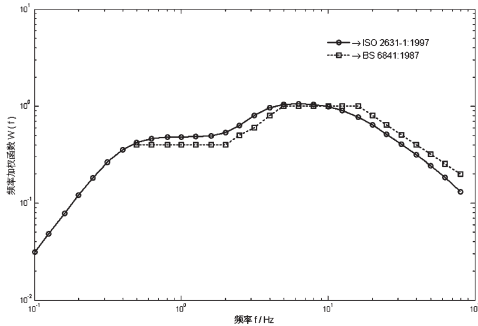


图 1 BS 6841:1987 和 ISO 2631-1:1997 垂直加速度加权函数曲线对比

表 1 BS 6841:1987 和 ISO 2631-1:1997 轴向加权系数对比

位置	方向	轴向加权系数 K_d	
		BS 6841:1987	ISO 2631-1:1997
座椅	X 向	1.0	1.4
	Y 向	1.0	1.4
	Z 向	1.0	1.0

1.1.3 VDI 2057 标准

德国工程师协会 (VDI) 于 1963 发布第一版 VDI 2057 标准,使得该协会成为首先提出计量平顺性标准的组织。大量的人被暴露于具有一定频率和强度正弦振动下,对他们反应进行分析之后,就有了该标准。在原理上 VDI 标准定义了一个与主观评价表相对比的平顺性计算指数 (K-factor),该指数可以确定人体承受振动的主观感受。在 1979 年 VDI 标准采用 ISO 2631(1978) 的承受界限曲线同时,也保持了 K 因子的人体主观感觉对比评价。对记录的加速度时间历程进行快速傅立叶变换 (FFT) 转化为频域,通过 FFT 算法确定了 1/3 倍频带的加速度均方根值,就得到了各 1/3 倍频带中心频率的加速度均方根值,对均方根值加权以及垂向 K 值计算如下^[5]:

$$\begin{aligned} 1 \leq f \leq 4\text{Hz} & \quad K_z = 10 \cdot a_z \cdot \sqrt{f} \\ 4 \leq f \leq 8\text{Hz} & \quad K_z = 20 \cdot a_z \\ 8 \leq f \leq 80\text{Hz} & \quad K_z = 160 \cdot a_z \cdot f \end{aligned}$$

绘制加权加速度均方根值与界限曲线对比,在趋势上这些曲线与 ISO 2631 (1985) 的界限曲线是相同的。频率范围在 1~80 Hz 之间。

1.2 基于限值的平顺性评价方法

美军及北约组织评价军用战术车辆平顺性包括乘坐舒适性和抗冲击性两方面内容,分别基于 6 W 平均吸收功率和 2.5g 垂直方向加速度峰值两个限值进行评价^[6]。

1.2.1 平均吸收功率评价指标

美国陆军坦克汽车司令部在 1966 年发布平均吸收功率^[3]。研究表明,人体在一定范围内是一弹性线性系统,当人体承受振动时,振动能量被人体接受并沿全身传递,这一振动能量随时间的变化率称为平均吸收功率 (AAP_t):

$$AAP_t = \sum_{i=0}^N K_{f_i} a_{f_i}$$

式中: a_{f_i} 为加速度时间历程 $a_i(t)$ 在频率上的均方根值, K_{f_i} 为频率加权系数,如 K_{f_i} 已知,则只需测量振动输入点的加速度即可算出平均吸收功率。

1.2.2 垂直方向加速度峰值

平均吸收功率是一个时间平均值,在宏观上体现振动量的强弱,但不能显示振动量的变化过程,不适用于加速度瞬时值较大的工况。因此美军采用了 2.5g 垂直方向加速度峰值限值评价军用车辆抗冲击性。

2 车辆平顺性道路试验及客观评价

2.1 平顺性道路试验

按照国家标准 GB/T 4970-1996^[7]对某国产乘用车进行道路试验,在不同档位和车速工况下,行驶在等同于 B 级路面的沥青路面上,试验车速分别为 40 km/h、50 km/h、60 km/h、70 km/h 和 80 km/h 等不同车速,试验过程中车速保持恒定地通过稳速段,并控制采集起始时间进行数据采集。两个三向座垫式加速度传感器安装在驾驶员座椅和左后排座椅上,传感器应能测量三个方向的振动,以测量垂直振动、横向振动的加速度时间历程。

2.2 平顺性客观评价值的确定

通过测量汽车 4 个测点的加速度可以确定平顺性客观评价值,由五个不同车速、两个测点既可以得到十组数据。按照 ISO 2631,BS 6841 和 VDI2057 评价方法,结合 MATLAB 软件将测得的数据转化为驾驶员及左后排乘员的平顺性客观评价值^[8]。一个 3 档、车速为 70 km/h 的典型工况时 (基于 ISO 2631-1:1997 标准) 的测量位置及对应客观评价值见表 2。

由表 2 可以发现 x 轴向、y 轴向的加权均方根值要

小于z轴向,驾驶员座椅处z轴向加权均方根值大于左后排座椅处,而x轴向和y轴相比较小,但总加权均方根值明显高于后者,表明加速度垂直方向在平顺性评价中占主导地位。

图2为参照ISO 2631,BS 6841和VDI2057评价方法将测得的数据转化为驾驶员座椅处的平顺性客观评价价值。

表2 基于ISO 2631-1:1997、工况为3档车速为70 km/h时加权均方根值

位置	加权均方根值	总加权均方根值
驾驶员座椅 X 向	0.086	-
驾驶员座椅 Y 向	0.045	-
驾驶员座椅 Z 向	0.188	0.231
左后排座椅 X 向	0.094	-
左后排座椅 Y 向	0.048	-
左后排座椅 Z 向	0.146	0.208

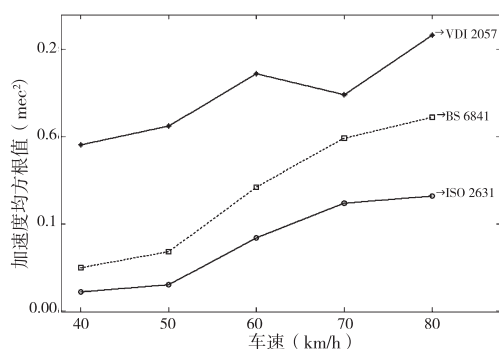


图2 驾驶员座椅处总加权加速度均方根值的车速特性

由图2可知VDI2057对应曲线与其它两条曲线差异较大,ISO 2631与BS 6841曲线比较接近,在趋势上能够较好的保持一致,且评价价值符合该国产乘用车的实际情况。

2.3 平顺性界限值

2.3.1 ISO 2631及相似标准界限值

在本研究中,ISO 2631-1:1997和BS 6841的加权加速度界限准则值与主观评价价值的比较总结见表3^[9]。

表3 基于ISO 2631-1:1997和BS 6841加权加速度界限值与主观评价价值比较

加权加速度均方根值 / $m \cdot s^{-2}$	加权振级 / dB	人的主观感觉
<0.315	110	没有不舒服
0.315~0.63	110~116	有一些不舒服
0.5~1.0	114~120	相当不舒服
0.8~1.6	118~124	不舒服
1.25~2.5	112~128	很不舒服
>2.0	126	极不舒服

2.3.2 基于6W平均吸收功率界限值

用于评价军用车辆乘坐舒适性的试验道路为一组路面不平度不同的碎石路。路面不平度均方根值的范围较宽,如美国Yuma试验场5号路和Letourneau测试站7号路的路面不平度均方根值都达到了3.4 in。

在实际试验中,一般测量座椅支承面上3个方向的振动加速度并计算平均吸收功率,3个方向平均吸收功率的代数和即为总平均吸收功率。6W平均吸收功率限值要求受试车辆在按规定车速通过规定试验道路时,驾驶员或乘员的总平均吸收功率不得超过6W。

因为试验表明,如果总平均吸收功率超过6W,乘员的注意力就只能集中在握紧扶手上了。一些研究探讨了平均吸收功率限值与加权加速度均方根值的联系,根据他们提供的经验公式,6W平均吸收功率大致相当于 $2.07 m \cdot s^{-2}$ 加权加速度均方根值。

2.3.3 基于2.5g垂直方向加速度峰值界限值

用于评价抗冲击性的试验道路为一组设有不同高度凸块障碍物的铺装路。2.5g垂直方向加速度峰值限值要求受试车辆在按规定车速通过规定凸块障碍物时,垂直方向加速度峰值不得超过2.5g^[5]。美军在军用战术车辆平顺性试验中,使用专用的吸收功率计测量并计算平均吸收功率,同时测量垂直方向加速度峰值。

3 结论

(1)对于不同类型及用途的汽车(如普通车辆和军用战术车辆等),其常用的行驶车速范围和使用路面是不同的,进行道路试验时应考虑这一点,因此应根据不同类型汽车及主要使用路面来选用评价标准。

(2)基于6W平均吸收功率和2.5g垂直加速度峰值两个限值的评价方法是针对军用战术车辆提出并经过大量试验验证的。

(3)普通车辆及军用战术车辆在公路行驶工况可采用ISO 2631及其相似标准进行平顺性客观评价,军用战术车辆在越野地形行驶工况可采用基于平均吸收功率和垂直方向加速度峰值限值的平顺性评价方法进行平顺性客观评价。

参考文献:

- [1] ISO 2631, Mechanical vibration and shock-Evaluation of human exposure to whole-body vibration, The International Organization for Standardisation[S].1997-07-15.
- [2] BS 6841, British Standard Guide to measurement and e-

- valuation of human exposure to whole body mechanical vibration and repeated shock, British Standards Institution [S]. 1987.
- [3] Pradko F, Lee RA. Vibration comfort criteria[J]. Society of Automotive Engineers, 1966.
- [4] Hohl G H. Ride comfort of off-road vehicles[C]. In: Proceedings of the 8th international conference of the ISTVS, vol. I of III, Cambridge, England, August 5-11; 1984.
- [5] Els S P. The applicability of ride comfort standards to off-road vehicles[J]. Journal of Terramechanics, 2004, 42: 47-64.
- [6] 吴志成, 陈思忠, 杨林, 等. 越野车辆平顺性评价方法研究[J]. 兵工学报, 2007, 28(11): 1393-1396.
- [7] GB/T 4970-1996, 汽车平顺性随机输入行驶试验方法[S].
- [8] 郭翠霞, 谢文玲, 田建平, 等. 基于 MATLAB 乘用车离合器优化设计[J]. 四川理工学院学报: 自然科学版, 2010, 23(6): 727-729.
- [9] 余志生. 汽车理论[M]. 5版. 北京: 机械工业出版社, 2009.

Analysis on Applicability of Ride Comfort Standards to Vehicles

TANG Ai-hua¹, KANG Xiao-peng², OU Jian³, TIAN Jian-ping³, LIU Xiao-xu¹

(1. School of Mechanical Engineering, Sichuan University of Science & Engineering, Zigong 643000, China;

2. School of Industrial Manufacturing, Chengdu University, Chengdu 610106, China;

3. Chongqing Automobile Institute, Chongqing University of Technology, Chongqing 400050, China)

Abstract: Aiming at the shortage of ride comfort standards applied to various vehicles and different terrains at present, the ride comfort standard systems were introduced, which include two categories. One system, which includes ISO 2631 and other similar standards, is generally used to evaluate ordinary vehicles. The other system based on two limits, such as 6 W average absorbed power and vertical acceleration peak, is used by the United States of America and by North Atlantic Treaty Organisation (NATO) to evaluate the NATO Reference Mobility Model (NRMM). A passenger car test was carried out according to the national criteria: GB/T 4970-1996 and the objective ride comfort values were obtained. The applicability of ride comfort evaluation methods based on limits was researched. The significance of this research is better to understand and apply of the ride comfort standards to various vehicles and different terrains.

Key words: vehicle; ride comfort; criteria; evaluation method