

技术专论

# 不同载荷下轮式车辆运输振动数据预测模型研究

王国军<sup>1</sup>, 朱诗顺<sup>1</sup>, 张翔<sup>2</sup>, 高岩<sup>1</sup>

(1. 军事交通学院, 天津 300161; 2. 总装备部汽车试验场, 南京 210028)

**摘要:** 目的 为便于执行GJB 150A进行车辆运输振动试验,研究了不同载荷下运输振动数据预测模型。方法 对模型的特点和适用范围进行了分析;运用该模型分析了不同载荷下运输振动试验的试验数据规律。结果 随着载荷的增加,运输振动逐渐减小,能够反映轮式车辆不同载荷下的运输振动规律,给出了运用该模型对不同载荷下车辆运输振动数据的预测方法。结论 该模型简单实用,在执行GJB 150A进行运输振动试验过程中,若直接引用标准中的数据,可以采用该模型对不同载荷下的运输振动试验数据进行预测。

**关键词:** 轮式车辆; 运输振动试验; 载荷

**DOI:** 10.7643/issn.1672-9242.2014.02.014

**中图分类号:** U294.8\*93 **文献标识码:** A

**文章编号:** 1672-9242(2014)02-0073-04

## Prediction Model for Wheel Vehicle Transportation Vibration Schedules under Different Loads

WANG Guo-jun<sup>1</sup>, ZHU Shi-shun<sup>1</sup>, ZHANG Xiang<sup>2</sup>, GAO Yan<sup>1</sup>

(1. Academy of Military Transportation, Tianjin 300161, China;

2. Automotive Proving Ground, PLA General Arment Department, Nanjing 210028, China)

**ABSTRACT: Objective** To perform vehicle transportation test properly, the prediction model for wheel vehicle transportation vibration schedules under different loads was studied. **Methods** The characteristics and scopes of the model were analyzed. **Results** The wheel vehicle transportation vibration schedules under different loads were obtained by using the model. **Conclusion** The model is simple and practical. It is a useful reference for military vehicle transportation vibration test according to GJB150A.

**KEY WORDS:** wheeled vehicle; transportation vibration test; loads

车辆是军用物资的重要运输工具。对于易损危 进行运输振动试验,以考核其包装可靠性。振动试  
险军用物资,包括弹药、电子产品、军用药品等,需要 验台是运输振动试验实施的重要手段,运输振动试

收稿日期: 2013-03-21; 修订日期: 2013-04-15

Received: 2013-03-21; Revised: 2013-04-15

作者简介: 王国军(1975-),男,辽宁省朝阳人,博士,副教授,主要研究方向车辆振动与可靠性。

**Biography:** WANG Guo-jun(1975-), Male, from Chaoyang, Liaoning, Ph.D., Associate professor, Research focus: vehicle vibration and reliability.

验数据是驱动振动试验台的基础数据。在运输振动试验数据实测过程中,一般采用典型的试验载荷进行试验,对于特定载荷下的运输振动数据需要通过实测或者相应的预测方法得到。尽管近年来我国对军用物资运输振动试验数据进行了一系列研究<sup>[1-11]</sup>,并制定了相关标准<sup>[12-13]</sup>,但缺乏系统的采集与分析。GJB 150A 制定过程中参考了 MIL-STD-810 系列标准中给出的运输振动试验数据<sup>[14-15]</sup>,该标准中给出的试验数据(这里的试验数据是指功率谱密度随频率的变化)是 75% 载荷下的运输振动试验数据,如何基于这一载荷下的运输振动试验数据,对其它载荷下的运输振动试验数据进行推测,在 GJB 150A 中并没有明确给出,然而这一问题却是试验人员关心的问题。与 MIL-STD-810 系列标准配套使用的 ITOP1-2-601 实验室振动试验规程<sup>[16]</sup>明确了不同载荷下的运输振动试验数据预测方法。笔者对不同载荷下运输振动数据换算模型进行了研究,分析了这一模型特点与适用范围,对军用车辆运输振动试验具有参考作用。

### 1 不同载荷车辆运输振动数据预测模型

文献[1]给出的不同载荷下的运输振动信号换算模型,见式(1):

$$Y=A+BX+CX^2 \tag{1}$$

式中:A,B,C为回归系数;Y为功率谱密度的载荷修正系数;X为实际载荷与额定载荷之比的百分数。

对于不同方向的运输振动数据,不同种类的运输车辆,模型(1)的回归系数不同。见表1。

表1 车辆运输振动载荷换算模型中的系数

Table 1 Coefficient value in prediction model for wheeled vehicle transportation vibration schedules under different Loads

车辆类型	轴向	A	B	C
组合轮式车辆	V	2.3969	-0.029 15	0.000 130
	T	2.4428	-0.030 83	0.000 145
	L	2.5775	-0.036 12	0.000 178
双轮挂车	V	2.1520	-0.022 09	0.000 137
	T	2.4144	-0.034 88	0.000 196
	L	2.0054	-0.025 95	0.000 145

注:V表示车辆垂直方向;T表示车辆侧向;L表示车辆纵向(车辆行驶方向)。

若车辆额定载荷为4.5 t,实际载荷为2.25 t,则:

$$X=50$$

若A=2.3969,B=-0.029 15,C=0.000 130,则:

$$Y=2.3969-0.029 15X+0.000 13X^2=1.3$$

由于这一比例系数由信号整体的RMS数据回归得到,则2.25 t载荷下的功率谱密度值为标准中给出的功率谱密度值与1.3的乘积。

### 2 模型的特点与适用范围

#### 2.1 模型的特点

1) 载荷修正系数单调递减。图1给出了组合轮式车辆V,T,L三个轴向运输振动功率谱密度的修正系数与载荷之间的关系,可以看出,在载荷从空载到满载变化过程中,修正系数逐渐变小,具有单调递减的趋势。图2是采用上述模型,针对文献[2]给出的运输振动试验数据,采用式(1)计算得到不同载荷下的功率谱密度。可以看出,空载时运输振动最为剧烈,满载时运输振动最小,这一结论与实际情况相吻合。

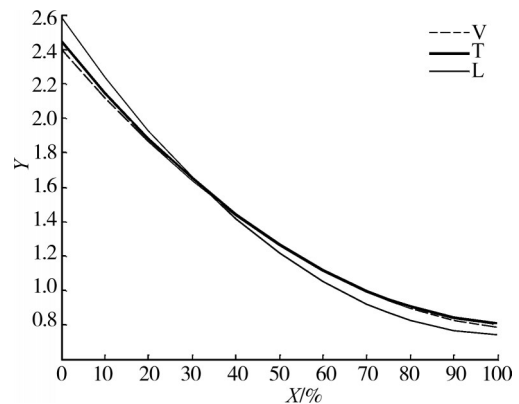


图1 功率谱密度载荷修正系数与载荷的关系

Fig.1 Load-rating factor for wheeled vehicle

2) 模型斜率的绝对值逐渐减小。从图1中可以看出,模型为二次曲线的左半支,斜率为负值,斜率的绝对值逐渐减小。反映到运输振动实际,载荷对运输振动的影响在70%~100%额定载荷范围内,变化不大,在0%(空载)~100%载荷范围内影响较大。图2给出了空载、75%和100%额定载荷下的运输振动功率谱密度,可以看出75%载荷下运输振动功率谱密度值与100%载荷下比较接近,与空载条件

下的功率谱密度值相差较大。

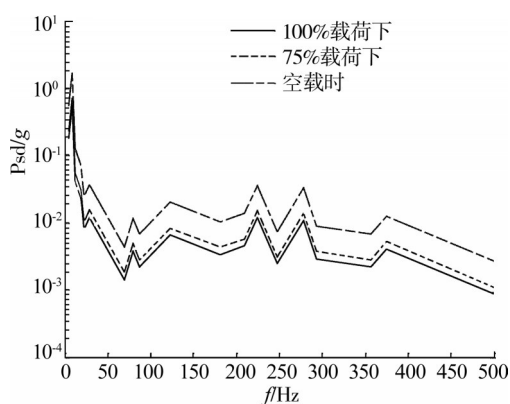


图2 组合轮式车辆不同载荷下运输振动功率谱密度(垂向)  
Fig.2 Laboratory vibration schedule of composite wheeled vehicle under different loads (vertical)

3) 模型在75%额定载荷下的修正系数约为1。从图1可以看出,75%载荷下的修正系数大约为1,这是由于模型(1)在拟合过程中,以75%载荷下的运输振动试验数据为基准,标准中给出的试验数据是以75%载荷下的运输振动为基本条件进行采集的。在对其它载荷条件下的运输振动数据预测过程中,也是以75%额定载荷下的数据为基础。

## 2.2 模型的适用范围

式(1)给出的模型以及表1给出的模型参数是对美军轮式车辆运输振动试验数据进行回归得到的结果,为经验公式,主要适用于美军810系列标准中给出的运输振动数据。我国GJB 150A对美军810系列标准中的试验数据进行了直接引用,所以在执行GJB 150A进行运输振动试验过程中可以直接采用这一模型。

随着对运输振动试验的重视,国内部分单位针对我军部分车型也进行了运输振动试验数据的采集工作<sup>[3-7]</sup>,但是针对这些数据在使用这一模型过程中需要慎重,尤其表1中的回归系数应该结合我军车型的运输振动试验数据进行回归得到。

## 3 结语

ITOP1-2-601给出的不同载荷下的运输振动数据预测模型简单实用,基本能够反映轮式车辆的运输振动规律。在执行GJB 150A进行运输振动试验

过程中,若直接引用标准中的数据,可以采用公式(1)给出的模型对不同载荷下的运输振动试验数据进行预测;否则,应根据试验数据对模型中的参数进行重新回归计算后使用。

## 参考文献:

- [1] 王国军,蒋美华,陈欣,等. SX2190越野汽车运输振动环境研究[J]. 装备环境工程,2009,6(4):43-45.  
WANG Guo-jun, JIANG Mei-hua, CHEN Xin, et al. Research on Transportation Vibration Environment for SX2190 Cross-country Vehicle [J]. Equipment Environmental Engineering, 2009, 6(4): 43-45.
- [2] WANG Guo-jun, ZHU Shi-shun, ZHU Yan. Load Spectrum Analyses of Special Vehicular Upper Equipment Influenced by Mass on Suspension [J]. Advanced Materials Research, 2011, 230(232):1000-1004.
- [3] 万军. 典型装甲车辆平台环境数据采集与数据库管理[J]. 装备环境工程, 2010, 7(6): 234-236.  
WAN Jun. Data Collection of Armored Vehicle Platform Environment and Design of the Database Management System [J]. Equipment Environmental Engineering, 2010, 7(6): 234-236.
- [4] 穆立茂, 黄海英, 张靖. 货车货厢振动环境测试与数据处理[J]. 装备环境工程, 2007, 4(4): 27-30.  
MU Li-mao, HUANG Hai-ying, ZHANG Jing, et al. Vibration Test and Data Processing of Truck Compartment [J]. Equipment Environmental Engineering, 2007, 4(4): 27-30.
- [5] 姚国年, 张卫东, 赵辉, 等. 弹药公路运输随机振动特性分析[J]. 测控技术, 2004, 23(7): 67-69.  
YAO Guo-nian, Zhang Wei-dong, Zhao Hui, et al. Random Vibration Characteristic Analysis of the Ammunition during Road Transportation [J]. Measurement & Control Technology, 2004, 23(7): 67-69.
- [6] 苏远, 吕勇, 赵德坚, 等. 公路运输环境因素的测试[J]. 包装工程, 2007, 28(9): 1-10.  
SU Yuan, LYU Yong, ZHAO De-jian, et al. Measurement of Transportation Environment on Truck [J]. Packaging Engineering, 2007, 28(9): 1-10.
- [7] 苏远, 赵德坚, 蚁顺珍, 等. 小型货车随机振动谱的测量[J]. 包装工程, 2004, 25(3): 183-185.  
SU Yuan, ZHAO De-jian, YI Shun-zhen, et al. Measurement of Random Vibration on Light Truck [J]. Packaging Engineering, 2004, 25(3): 183-185.

- neering, 2004,25(3):183—185.
- [8] 于治会. 汽车与火车的运输振动状况[J].实用测试技术, 1998,24(4):29—31.
- YU Zhi-hui. Vehicle and Train Transportation Vibration Condition [J]. Practical Measurement Technology, 1998,24(4): 29—31.
- [9] 韩保红, 齐京礼, 闫庆华, 等. 弹药运输车辆随机振动的测试及理论分析[J]. 机床与液压, 2012,40(1):78—82.
- HAN Bao-hong, QI Jing-li, YAN Qing-hua, et al. Random Vibration Test of Vehicle in Ammunition Transportation and Theoretical Analysis [J]. Machine Tool & Hydraulics, 2012,40(1):78—82.
- [10] 穆立茂, 黄海英, 张靖, 等. 车载物资振动环境谱的数据处理与归纳[J]. 装备环境工程, 2010,7(1):75—77.
- MU Li-mao, HUANG Hai-ying, ZHANG Jing, et al. Data Processing and Induction of Vibration Environmental Spectrum for Commodity Carried on Truck [J]. Equipment Environmental Engineering, 2010, 1(4):75—77.
- [11] 姚国年, 张卫东, 赵辉, 等. 弹药公路运输随机振动特性分析[J]. 测控技术, 2004, 23(7):67—69.
- YAO Guo-nian, ZHANG Wei-dong, ZHAO Hui, et al. Random Vibration Analysis of Vehicle in Ammunition Transportation [J]. Measurement & Control Technology, 2004,23(7): 67—69.
- [12] GJB 3493—1998, 军用物资运输环境条件[S].
- GJB 3493—1998, Transport Environmental Conditions for Military Materials[S].
- [13] GJB 150A.16—2009, 军用装备实验室环境试验方法[S].
- GJB 150A.16—2009, Laboratory Environmental Test Methods for Military Materiel[S].
- [14] MIL-STD-810G, Environmental Engineering Considerations and Laboratory Tests[S].
- [15] COMMON William H. The Origin of the Composite Wheeled Vehicle, Two-Wheeled Trailer and Tracked Vehicle in Mil-Std-810D/E[J]. Journal of the Institute of Environmental Sciences, 1997(3):31—37.
- [16] ITOP-1-2-601, International Test Operation Organization Procedure, Laboratory Vibration Schedules[S].

(上接第58页)

- Hull Integrity under Blast Loading [J]. International Journal of Impact Engineering, 2009, 36: 1070—1078.
- [45] KIM J H, SHIN H C. Application of the ALE Technique for Underwater Explosion Analysis of a Submarine Liquefied Oxygen Tank [J]. Ocean Engineering, 2008, 35: 812—822.
- [46] DHUA S K, SEN S K. Effect of Direct Quenching on the Microstructure and Mechanical Properties of the Lean-chemistry HSLA-100 Steel Plate [J]. Materials Science and Engineering A, 2011, 528: 6356—6365.
- [47] VENKATESWARA Rao N, MADHUSUDHAN Reddy G, NAGARJUNA S. Weld Overlay Cladding of High Strength Low Alloy Steel with Austenitic Stainless Steel—structure and Properties [J]. Materials and Design, 2011, 32: 2496—2506.
- [48] 虞毅, 许可望, 蔡文刚, 等. 海洋工程用TMCP钢焊接接头的海水腐蚀研究[J]. 结构钢, 2011, 12(26):68—70.
- YU Yi, XU Ke-wang, CAI Wen-gang, et al. Study on Corrosion in Seawater of Welded Joint of TMCP Steel [J]. Steel Construction, 2011, 12(26):68—70.
- [49] 孙有辉, 杨炳发, 曹军, 等. 海洋石油平台建造美标钢材国产焊材焊接工艺研究[J]. 中国海上油气, 2009, 21(6):424—426.
- SUN You-hui, YANG Bing-fa, CAO Jun, et al. Research on Welding Process of the American Standard Steel for Off Shore Platform Structure [J]. China Offshore Oil and Gas, 2009, 21(6):424—426.
- [50] 徐玉强, 李凡, 刘伯胜. 海洋钢结构的焊接质量控制 [C]// 2007年度海洋工程学术会议论文集. 2007:698—707.
- XU Yu-qiang, LI Fan, LIU Bo-sheng. Welding Quality Control of Offshore Steel Structures [C]// 2007 Ocean Engineering Academic Conference Proceedings. 2007: 698—707.