

试验场关联对汽车可靠性实验影响的研究

姬鹏¹,孙建坤^{1,2},端木琼²,杨建森²,许晟杰²

(1.河北工程大学 装备制造学院,河北 邯郸 056038;2.中国汽车技术研究中心,天津 300300)

摘要:利用 Somat eDAQ 数据采集系统采集了某国产汽车在通县汽车试验场和襄樊汽车试验场部分道路的道路载荷谱,根据统计学规律,应用 Ncode - GlyphyWorks 软件进行载荷谱数据处理,把时间序列转化为雨流矩阵,把潜在损伤数据在表格中以百分比数据的形式表现出来。采用道路相关技术和雨流计数得到两个试验场部分道路的当量关系,为汽车可靠性实验提供依据。

关键词:载荷谱;雨流计数;潜在损伤;可靠性实验

中图分类号:U467

文献标识码:A

Research of automobile proving grounds relevance effects on vehicle reliability tests

Ji Peng, SUN Jian - kun¹, DUANMU Qiong², YANG Jian - sen², XU Sheng - jie²

(1. Equipment Manufacturing College, Hebei University of Engineering, Hebei Handan 056038, China;

2. China Automotive Technology and Research Center, Tianjin 300300, China)

Abstract: Using Somat eDAQ data acquisition system acquired parts of load spectrum of a domestic car in Tong county proving ground and Xiangfan proving ground. The Ncode - GlyphyWorks software was applied for load spectrum data processing by according to statistics law, the time series were transformed into the rain flow matrix. The potential damage was showed in the form of percentage data in the form of data. The equivalent of two relations were gotten by Using road - related technologies and rain flow counting proving ground part of the road, which could provide evidence for automobile reliability test.

Key words: load spectrum; rain flow counting; potential damage; reliability test

汽车可靠性试验主要是考核汽车整车或者零部件在一定行驶里程和一定的环境下满足用户使用寿命且整车或者零部件达到一定强度的试验。按照试验方式可分为三类:道路耐久试验,台架道路模拟试验和试验场耐久性试验^[1]。需要分别对道路、试验场和实验室试验的当量关系进行研究。

为了能够达到道路试验和试验场试验相同的损伤,需要分别对道路、试验场和实验室试验之间的关联进行研究。陈孟春等测量了某越野汽车在定远汽车试验场和襄樊汽车试验场部分道路的道路载荷谱,应用道路相关技术和雨流扩展技术得到两个试验场部分道路的当量关系,为在襄樊试验场复现定远试验场越野路提供依据^[2];王万英

等利用等效损伤的原理对试验场道路与用户道路的量关系进行了研究,对已有的试车规范进行了改进,使其更符合用户道路的条件^[3]。

本文以某国产汽车为研究对象,在该车安装一定数量的应变片、位移传感器,加速度传感器和六分力传感器对通县汽车试验场和襄樊汽车试验场某些道路载荷谱进行采集;利用 Ncode - GlyphyWorks 软件分析采集到的载荷谱的优劣性,并对载荷谱进行编辑处理;利用该软件对采集到的应变和六分力传感器的数据进行损伤统计,并以表格的形式对统计结果进行汇总、数据分析和比较并得出结论。

1 载荷谱采集

1.1 试验车辆的参数

试验车辆是一台装备齐全、经过磨合期后且车况良好的国产轿车,其有关参数如下:整备质量及轴荷为前轴 798 kg,后轴 532 ka,轮胎胎压前后分别为 230 kPa。

1.2 载荷分布

(1)设计载荷

该载荷条件为模拟 T012 1.8L AT 配置的标载质量 1 505 kg (前 858 kg 后 647 kg) 下的测试工况。

(2)满载

该载荷条件为模拟 T012 1.8L AT 配置的标载质量 1 705 kg (前 903 kg 后 802 kg) 下的测试工况。

1.3 采集工况

按照现有的试验规范和试验要求,本文中试验场可靠性试验选择的主要载荷谱采集的路面和车速如下:8 字路(25 km/h)、铁轨交叉路(30 km/h)、蛇形卵石路(25 km/h)、路沿冲击(40 km/h)、18 寸坑凹路(25 km/h)、26 寸坑凹路(20 km/h)、砂石路(40 km/h)、车身扭曲路(10 km/h)和轻型比利时路(40 km/h)。以上选择的试验路面从不同的角度对试验车的可靠性进行考核。为保证信号的有效,准确和完整,由 3 位驾驶员按照试验规范的要求各跑车 3 个循环,共测得 9 组试验场道路载荷谱数据。

1.4 采集系统设置

采样频率 512 Hz,设置抗混叠滤波器以及 160 Hz 巴特沃茨滤波器。针对车辆前轮六分力传感器之滑环已定制固定支架,六分力传感器数据输出准确可信。

1.5 测量点分布

试验车辆安装的主要传感器包括四个位移传感器;八个加速度传感器,分别安装于试验车辆的四个轴头和四个减震器的上方;应变片以应变花的形式主要安装在左前下摆臂两个测点,副车架两个测点,扭力梁一个测点,右前转向节一个测点;六分力传感器分别采用工装的形式安装在试验车辆的轮毂处。各部分安装位置如图 1 所示。

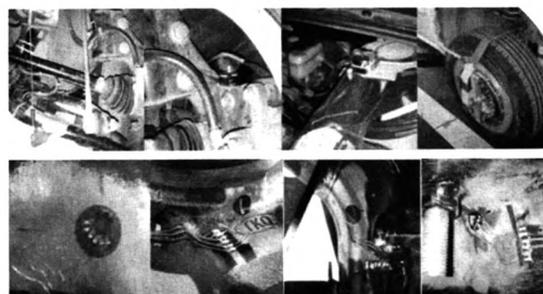


图1 传感器安装位置

Fig.1 Sensor mounting position

2 载荷谱预处理与潜在损伤统计

2.1 载荷谱预处理

载荷谱是指通过一定的数据采集设备在两个不同地域的汽车试验场分别采集的具有显著动态变化的相关结构受到载荷的作用随着时间变化而变化的数据信号。它是在现场动态测试中通过数据采集设备对测试仪器检拾到的动态模拟信号进行离散化、数字化、转换和变换后得到的一系列具有等时间间隔特征的数字信号^[4]。载荷谱的预处理是指对采集的载荷谱进行模数换算和单位转换,获得时间间隔相等的载荷谱后,需要对转换后的奇异点(野点)进行剔除、消除载荷谱中的趋势项、对载荷谱进行检验等工作。试验数据预处理是必须要进行的试验数据准备与校验工作,也是进行

表 1 设计载荷参数表

Tab.1 Table of design load parameters

	/kg						
载荷条件	左前	右前	左后	右后	前轴	后轴	整车
设计载荷	420	426	330	343	846	673	1 519

表 2 满载参数表

Tab.2 Table of full load parameters

	/kg						
载荷条件	左前	右前	左后	右后	前轴	后轴	整车 kg
满载	449	452	399	406	901	805	1 706

后续试验数据分析处理工作的前提^[5-8]。处理后的载荷谱信号时间序列如图2所示。

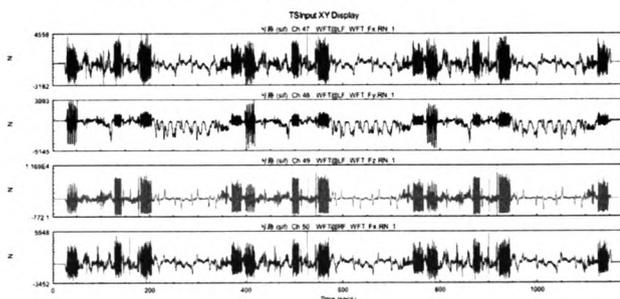


图2 载荷谱信号时间序列

Fig.2 Load spectrum signal time series

2.2 雨流计数

将处理后的载荷谱信号转化为一系列的载荷完整循环即计数法。根据参数的个数可将计数法可分为单参数计数法和双参数计数法^[9]。从统计观点上看,计数法中的单参数法只考虑载荷循环中的一个变量,而双参数法则同时考虑两个变量,即载荷的幅值与均值。由于疲劳载荷的特性,对载荷循环用两个参数表示,更能够描述载荷的循环特征,所以文中采用的是以双参数法为基础的“雨流计数法”。雨流计数法也简称雨流法,又叫塔顶法,是由 Matsuiski 和 Endo 等人共同提出的一种计数方法^[10]。雨流计数法的原理如图3所示。

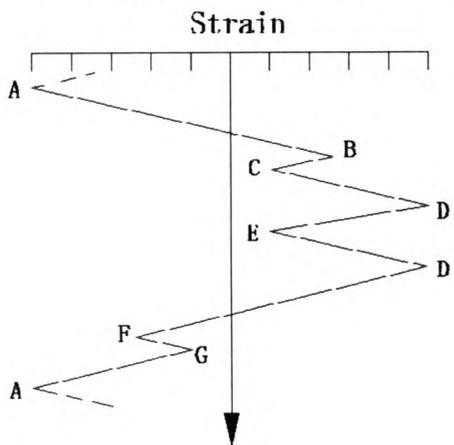


图3 雨流计数法简图

Fig.3 The rain flow counting method diagram

雨流分析是对封闭的应力循环进行计数。图3所示雨流计数法简图,应力从A点到B点,反向回到C点再到D点,AD之间BC是一个封闭的载荷循环。继续从D点到F和G点再到A点,DE,FG和AD各形成一个封闭的载荷循环。雨流算法即是统计所有封闭循环的范围、均值及其出现的

次数。图4是在 Ncode - GlyphyWorks 软件中进行雨流计数后载荷谱的三维雨流矩阵。

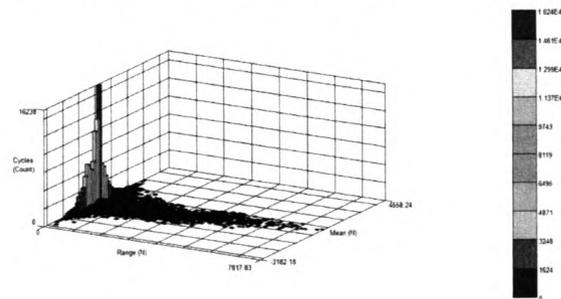


图4 载荷谱的三维雨流矩阵

Fig.4 Three dimensional rainflow matrix of load spectrum

雨流计数法是疲劳分析中现有的最好的载荷循环统计法,在对时域信号周期计数分析中广泛应用。

2.3 潜在损伤统计

在进行潜在损伤统计之前,我们必须建立一个分析载荷 - 寿命的相对损伤模型和可做参考的数据集。载荷 - 寿命模型的载荷幅度和失效周期数之间的关系可以又下面的数学公式表示。

$$L_a = AN_f^B \tag{1}$$

式中: L_a 是载荷幅值, N_f 是失效的循环数, A 是 Ncode - GlyphyWorks 潜在损伤模块(PDI)的截距, B 是潜在损伤模块(PDI)的斜率。在本文中分别定义 A 和 B 的数值为 750 和 -6.7。图5是在 Ncode - GlyphyWorks 软件中进行潜在损伤统计的流程。

2.4 潜在损伤统计结果及数据分析

从表3 潜在损伤的平均值统计结果可以看出,襄樊汽车试验场中的8字路、蛇形卵石路、轻型比利时路、铁轨交叉路和车身扭曲路对试验车辆造成的潜在损伤比通县汽车试验场相对应路面造成的潜在损伤超过30%,需要根据相应的损伤与里程换算得出的关系,减少在这五种试验路面的里程数,避免对试验车辆造成的损伤过大,以致影响试验车预期的试验结果;路沿冲击、18寸坑凹路、26寸坑凹路和砂石路(ABS制动)造成的损伤没有超过20%,根据等效损伤原理,可以认为在三种路面上造成的损伤是等效的,对试验车辆整改后再次进行可靠性试验时,可以按照原来的试验规范进行。

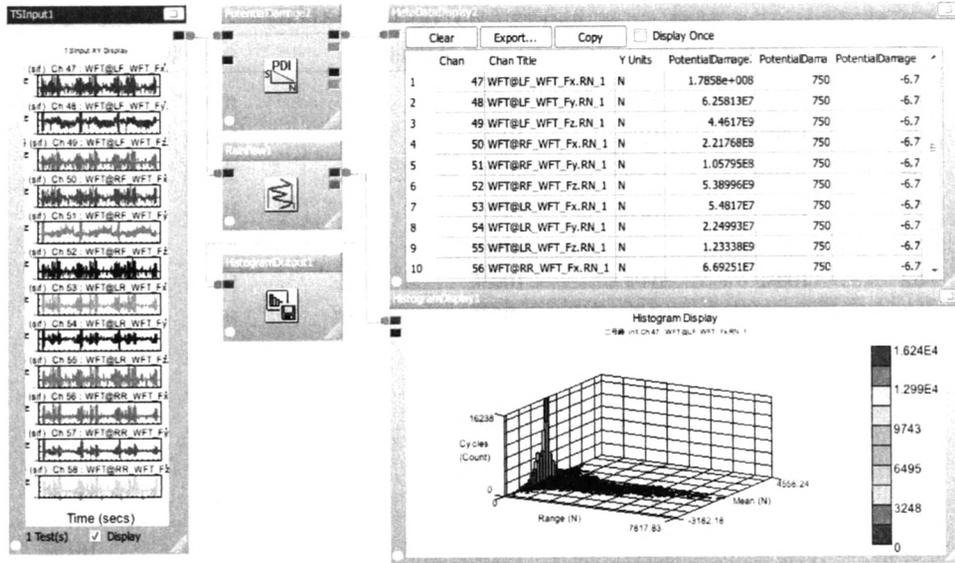


图5 潜在损伤统计流程

Fig.5 The potential damage statistical process

表3 潜在损伤百分比结果

Tab.3 The potential damage percentage results

潜在损伤百分比(TXPG/XFPG)						
通道	8 字路		铁轨交叉路		蛇形卵石路	
47	100%	89%	100%	154%	100%	64%
48	100%	94%	100%	21%	100%	104%
49	100%	156%	100%	117%	100%	232%
50	100%	218%	100%	110%	100%	468%
51	100%	108%	100%	26%	100%	97%
52	100%	259%	100%	326%	100%	205%
53	100%	239%	100%	221%	100%	197%
54	100%	85%	100%	165%	100%	105%
55	100%	115%	100%	77%	100%	243%
56	100%	407%	100%	219%	100%	81%
57	100%	135%	100%	132%	100%	92%
58	100%	389%	100%	101%	100%	220%
平均值	100%	191%	100%	139%	100%	176%

潜在损伤百分比(TXPG/XFPG)						
通道	路沿冲击		18 寸坑凹路		26 寸坑凹路	
47	100%	42%	100%	97%	100%	40%
48	100%	19%	100%	409%	100%	115%
49	100%	25%	100%	47%	100%	53%
50	100%	65%	100%	78%	100%	77%
51	100%	130%	100%	91%	100%	74%
52	100%	412%	100%	67%	100%	112%
53	100%	50%	100%	136%	100%	176%
54	100%	22%	100%	135%	100%	68%
55	100%	88%	100%	79%	100%	37%
56	100%	52%	100%	102%	100%	27%
57	100%	43%	100%	153%	100%	114%
58	100%	355%	100%	50%	100%	64%
平均值	100%	109%	100%	120%	100%	110%

通道	潜在损伤百分比(TXPG/XFPG)					
	砂石路(ABS制动)	车身扭曲路			轻型比利时路	
47	100%	32%	100%	183%	100%	37%
48	100%	12%	100%	49%	100%	118%
49	100%	73%	100%	116%	100%	15%
50	100%	78%	100%	49%	100%	233%
51	100%	47%	100%	15%	100%	48%
52	100%	64%	100%	38%	100%	295%
53	100%	497%	100%	109%	100%	32%
54	100%	20%	100%	140%	100%	401%
55	100%	128%	100%	31%	100%	169%
56	100%	167%	100%	458%	100%	68%
57	100%	161%	100%	26%	100%	263%
58	100%	83%	100%	356%	100%	251%
平均值	100%	114%	100%	131%	100%	161%

表4 试验场潜在损伤百分比结果

Tab.4 The potential damage percentage results

试验场	各通道在试验场潜在损伤百分比												平均值
	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	
TXPG	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
XFPG	82%	105%	93%	153%	71%	198%	184%	127%	107%	176%	124%	208%	136%

从表4潜在损伤的平均值统计结果可以看出,襄樊试验场的试验道路造成的潜在损伤是通县试验场对车辆造成的总损伤的1.36倍,试验结果是可以接受的。在某些通道中造成的潜在损伤却小于通县试验场造成的损伤,影响试验结果的因素可能包括车辆和驾驶人员状态的变化,采集设备的连接和传感器的安装位置有松脱现象。再次进行载荷谱采集时,采集设备和传感器的状态需要仔细检查,使对数据结果造成的影响减少到最小。

3 结论

1)根据等效损伤原理,襄樊试验场中的路沿冲击、18寸坑凹路、26寸坑凹路和砂石路(ABS制动)造成的损伤和通县试验场是等效的,当试验车辆整改后再次进行可靠性试验时,可以按照原来的试验规范进行。

2)在采集载荷谱时,车辆和驾驶人员状态的变化对试验结果造成的影响是不可避免的,可以通过对采集设备和传感器的进行反复检查,将对试验结果造成的影响降到最低。

参考文献:

[1] 明平顺,李晓霞.汽车耐久性理论[M].北京:机械工

业出版社,2003.

- [2] 陈孟春,熊恭祥.试验场道路当量关系研究[J].汽车科技.2008(增刊);62-65
- [3] 王万英,吴顺洪,唐北平,等.试验场道路与用户道路的当量关系研究[J].重庆理工大学学报:自然科学版,2010,12;15-19.
- [4] 董乐义,罗俊,程礼.雨流计数法及其在程序中的具体实现[J].航空计测技术,2004,30(3):38-40.
- [5] 刘树棠,王微洁.线性系统与信号[M].西安:西安交通大学出版社,2006.
- [6] SOPHOCLES J ORFANIDIS.信号处理导论[M].北京:清华大学出版社,2006.
- [7] 李永乐.概率论及数理统计[M].长沙:国防科技大学出版社,1998.
- [8] 罗南星.测量误差及数据处理[M].北京:计量出版社,1984.
- [9] 何秀然,谢寿生.航空发动机载荷谱雨流计数的一种改进算法[J].燃气涡轮试验与研究,1995,18(2):27-30.
- [10] 金奕山,李琳.关于航空发动机结构声疲劳寿命估算方法的探讨[J].航空动力学报,2003,18(3):373-375.

(责任编辑 马立)