

轿车车轮冲击性能试验机的校准及 主要项目不确定度评定

周奎武, 朱 凯, 王忠寿

(北京橡胶工业研究设计院, 北京 100143)

摘要:分析轿车车轮冲击性能试验机的校准项目, 并对主要项目进行不确定度评定。确定轿车车轮冲击性能试验机的校准项目为负荷、车轮支架角度、钢板梁变形量、冲头移动位移、冲击高度、冲头打击面边缘与轮辋缘距离和橡胶垫邵尔 A 型硬度。对影响因素较多的主要项目负荷和冲头移动位移进行不确定度评定。

关键词:轿车车轮; 冲击性能试验机; 校准项目; 不确定度

中图分类号: U463.341⁺.4; TQ330.4⁺92 **文献标志码:** B **文章编号:** 1006-8171(2014)12-0759-05

车轮冲击性能试验机用于测试车轮受到轴向(横向)路边石块冲击时的性能。试验轮胎应选用在车辆或车轮厂与该车轮相匹配的、最小公称断面宽度的无内胎轮胎, 轮胎的充气压力应符合车辆制造厂的规定。冲头质量、下落高度和冲击位置按 GB/T 15704—2012《道路车辆 轻合金车轮冲击试验方法》确定。

1 主要设备及器具

ITM-2 型轿车车轮冲击性能试验机, 天津久荣车轮技术有限公司产品, 重锤质量范围为 350~1 200 kg; 标准测力仪, 测量范围为 0.3~30 kN, 准确度等级为 0.3 级; 邵氏 A 型硬度计, 测量范围为 0~100 度, 分度值为 1 度; (25±1) mm 和 (230±2) mm 标尺。

2 校准项目和校准结果

2.1 校准项目

2.1.1 负荷

将标准测力仪安装在试验机的标定盘上, 调整其位置, 使测力仪中心与试验机冲击面中心在同一垂直线上。将所选负荷缓慢移动至距测力仪 1~2 mm 处, 然后释放。在测量范围内取大致均匀分布的 5 点进行测试。当标准测力仪达到所选

负荷值时, 读取相应示值。重复测量 3 次, 以下式计算的示值误差作为校准结果:

$$q_i = \frac{F_i - \bar{F}_{0i}}{\bar{F}_{0i}} \times 100\% \quad (1)$$
$$i = 1, 2, 3, 4, 5$$

式中 q_i ——第 i 测量点试验机负荷示值的相对误差^[1];

F_i ——第 i 测量点试验机上所选负荷值, kN;

$\bar{F}_{0i}$ ——第 i 测量点标准测力仪 3 次测量示值的平均值, kN。

2.1.2 车轮支架角度

将倾角仪放置在车轮连接盘上, 测得车轮轴线与冲头垂直下落方向的角度, 以 3 次测量的算术平均值作为测量结果。

2.1.3 钢板梁变形量

将百分表放在车轮安装轴中心线与支承座板相交点所对应支承座板下表面点处, 且垂直于下表面。首先在工作板没有受到施加负荷时, 将百分表测头与工作板接触并保持 1 mm 的预压量, 置零; 然后将 1 000 kg 的质量块缓慢移动至距装有标定盘的车轮支架安装轴中心 1~2 mm 处, 然后释放。保持 10 s 读出百分表上的示值。以 3 次测量的算术平均值作为测量结果。

2.1.4 冲头移动位移

将试验机冲头下降到距标定盘 230 mm 处, 将试验机位移清零。使丝杠驱动冲头缓慢向上移

动,在冲头移动范围内取大致均匀分布的 5 点进行测量。当试验机上的位移量达到测量值时,读取高度尺相应位移示值。重复测量 3 次,以下式计算的位移误差作为校准结果:

$$\delta_i=L_i'-L_i$$
$$i=1,2,3,4,5$$

(2)

式中 δ_i ——第 i 测量点的位移测量误差,mm;
 L_i' ——第 i 测量点的试验机位移示值,mm;
 L_i ——第 i 测量点的高度尺 3 次测量值的平均值,mm。

2.1.5 冲击高度

用游标卡尺测量 230 mm 标尺,以 3 次测量的算术平均值作为测量结果。

2.1.6 冲头打击面边缘与轮辋缘距离

用高度尺测量 25 mm 标尺,以 3 次测量的算术平均值作为测量结果。

2.1.7 橡胶垫邵尔 A 型硬度

将 4 个橡胶垫从试验机上取下,在环境温度为(23±2)℃、湿度为(50±5)%的条件下停放至少 1 h。用邵氏 A 型硬度计分别在每个橡胶垫表面不同位置进行 5 次以上测量,取中值(不同测量位置两两相距至少 6 mm,当压足与橡胶垫垂直紧密接触后,保持 3 s 进行读数)^[2]。

2.2 校准结果

负荷和位移测量结果分别见表 1 和 2,角度、变形量、标尺及硬度测量结果见表 3。

表 1 负荷测量结果

校准次数	$\bar{F}_{0i}/\text{kN}$	F_i/kN	$q_i/\%$	校准次数	$\bar{F}_{0i}/\text{kN}$	F_i/kN	$q_i/\%$
第 1 点				6	8.338	8.33	-0.10
1	4.415	4.41	-0.11	7	8.339	8.33	-0.11
2	4.415	4.41	-0.11	8	8.338	8.33	-0.10
3	4.415	4.41	-0.11	9	8.339	8.33	-0.11
4	4.416	4.41	-0.14	10	8.338	8.33	-0.10
5	4.414	4.41	-0.09	平均值	8.338	8.33	-0.10
6	4.415	4.41	-0.11	第 4 点			
7	4.416	4.41	-0.14	1	9.811	9.80	-0.11
8	4.415	4.41	-0.11	2	9.810	9.80	-0.10
9	4.416	4.41	-0.14	3	9.812	9.80	-0.12
10	4.415	4.41	-0.11	4	9.813	9.80	-0.13
平均值	4.415	4.41	-0.11	5	9.812	9.80	-0.12
第 2 点				6	9.813	9.80	-0.13
1	6.377	6.37	-0.11	7	9.811	9.80	-0.11
2	6.378	6.37	-0.13	8	9.810	9.80	-0.10
3	6.378	6.37	-0.13	9	9.812	9.80	-0.12
4	6.379	6.37	-0.14	10	9.811	9.80	-0.11
5	6.378	6.37	-0.13	平均值	9.812	9.80	-0.11
6	6.379	6.37	-0.14	第 5 点			
7	6.378	6.37	-0.13	1	10.794	10.78	-0.13
8	6.377	6.37	-0.11	2	10.795	10.78	-0.14
9	6.378	6.37	-0.13	3	10.795	10.78	-0.14
10	6.378	6.37	-0.13	4	10.795	10.78	-0.14
平均值	6.378	6.37	-0.13	5	10.794	10.78	-0.13
第 3 点				6	10.795	10.78	-0.14
1	8.337	8.33	-0.08	7	10.794	10.78	-0.13
2	8.338	8.33	-0.10	8	10.795	10.78	-0.14
3	8.339	8.33	-0.11	9	10.794	10.78	-0.13
4	8.338	8.33	-0.10	10	10.795	10.78	-0.14
5	8.339	8.33	-0.11	平均值	10.795	10.78	-0.14

表 2 位移测量结果

mm

校准次数	L_i	L_i'	δ_i	校准次数	L_i	L_i'	δ_i
第 1 点				6	80.20	80	−0.20
1	51.00	50	−1.00	7	80.60	80	−0.60
2	50.30	50	−0.30	8	80.70	80	−0.70
3	49.80	50	0.20	9	80.30	80	−0.30
4	49.70	50	0.30	10	80.30	80	−0.30
5	51.00	50	−1.00	平均值	80.40	80	−0.40
6	51.00	50	−1.00	第 4 点			
7	49.50	50	0.50	1	91.00	90	−1.00
8	50.20	50	−0.20	2	90.00	90	0.00
9	49.90	50	0.10	3	90.00	90	0.00
10	49.70	50	0.30	4	90.60	90	−0.60
平均值	50.21	50	−0.21	5	90.20	90	−0.20
第 2 点				6	90.60	90	−0.60
1	71.60	70	−1.60	7	91.00	90	−1.00
2	71.50	70	−1.50	8	90.70	90	−0.70
3	69.30	70	0.70	9	90.70	90	−0.70
4	70.50	70	−0.50	10	91.00	90	−1.00
5	70.80	70	−0.80	平均值	90.58	90	−0.58
6	70.70	70	−0.70	第 5 点			
7	70.00	70	0.00	1	100.50	100	−0.50
8	70.20	70	−0.20	2	100.30	100	−0.30
9	69.80	70	0.20	3	100.50	100	−0.50
10	70.60	70	−0.60	4	100.00	100	0.00
平均值	70.50	70	−0.50	5	100.50	100	−0.50
第 3 点				6	100.30	100	−0.30
1	80.80	80	−0.80	7	101.00	100	−1.00
2	80.10	80	−0.10	8	100.70	100	−0.70
3	80.00	80	0.00	9	100.50	100	−0.50
4	80.30	80	−0.30	10	100.60	100	−0.60
5	80.70	80	−0.70	平均值	100.49	100	−0.49

表 3 角度、变形量、标尺及硬度测量结果

校准次数	车轮支架 角度/(°)	钢板梁变形 量/mm	冲击高度/ mm	冲头打击面边缘与 轮钢缘距离/mm	邵尔 A 型硬度/度			
					1 [#]	2 [#]	3 [#]	4 [#]
1	13.02	7.80	229.60	25.20	53	52	53	51
2	13.01	7.75	229.70	24.80	54	52	53	52
3	13.03	7.68	229.70	25.20	53	51	53	52
4	13.02	7.72	228.80	25.10	53	52	52	53
5	13.01	7.58	229.80	24.90	53	52	53	52
6	13.04	7.52	229.70	25.00	52	53	53	52
7	13.02	7.80	229.80	25.00	52	53	53	51
8	13.01	7.73	229.90	24.90	52	53	53	51
9	13.03	7.52	229.80	24.90	52	54	53	52
10	13.02	7.65	229.80	25.10				
平均值	13.02	7.68	229.66	25.01	53 ¹⁾	52 ¹⁾	53 ¹⁾	52 ¹⁾

注:1)中位值。

3 校准项目不确定度的评定

对影响因素较多的主要校准项目负荷和

冲头移动位移进行不确定度评定,按照 JJF 1059.1—2012《测定不确定度评定与表示》方法执行。

3.1 负荷校准测量不确定度

3.1.1 数学模型及不确定度式

以标准测力仪为基础,用试验机显示对应的示值,计算其相对误差,校准结果的数学模型为

$$\delta = \frac{F_1 - F}{F} \times 100\%$$

式中 δ ——试验机示值相对误差;

F_1 ——试验机示值,kN;

F ——标准测力仪示值,kN。

因为各分量互不相关,由不确定度(u_δ)传播律:

$$u_\delta^2 = c_1^2 \times u_{F_1}^2 + c_2^2 \times u_F^2$$

其中

$$c_1 = \frac{\partial \delta}{\partial F_1} = \frac{1}{F}$$

$$c_2 = \frac{\partial \delta}{\partial F} = -\frac{F_1}{F^2}$$

不确定度式为

$$u_\delta^2 = \left(\frac{1}{F}\right)^2 \times u_{F_1}^2 + \left(-\frac{F_1}{F^2}\right)^2 \times u_F^2$$

3.1.2 不确定度分量的评估

(1)试验机测量重复性产生的标准不确定度(u_{δ_1})。以第3点为例,加载负荷(F_1)为8.33 kN,重复测量10次, $\bar{F}=8.338$ kN,测量试验标准差如下:

$$S_{F_1} = \sqrt{\frac{\sum_{n=1}^{10} (F_n - \bar{F})^2}{10-1}} = 0.0007 \text{ (kN)}$$

取3次测量算术平均值作为测量结果,重复性标准不确定度为

$$u_{\delta_1} = S_{F_1} / \sqrt{3} = 0.0007 / \sqrt{3} = 0.0004 \text{ (kN)}$$

$$u_1 = c_1 \times u_{\delta_1} = 0.0048\%$$

自由度(v_{δ_1})为9。

(2)标准测力仪的标准不确定度(u_{δ_2})。标准测力仪准确度等级为0.3级,其极限误差为 $\pm 0.3\%$,对8.338 kN可能有 ± 0.025 kN的误差。按均匀分布,其标准不确定度为

$$u_{\delta_2} = 0.025 / \sqrt{3} = 0.014 \text{ (kN)}$$

$$u_2 = c_2 \times u_{\delta_2} = 0.17\%$$

估计标准不确定度80%可靠,故自由度(v_{δ_2})为

$$v_{\delta_2} = \frac{1}{2} \times \left[\frac{\Delta u_F}{u_F} \right]^{-2} = \frac{1}{2} \times \left(\frac{0.20}{1} \right)^{-2} = 12$$

3.1.3 合成标准不确定度的评定

由于标准不确定度分量互不相关,故

$$u_\delta = \sqrt{u_1^2 + u_2^2} = \sqrt{(0.0048\%)^2 + (0.17\%)^2} = 0.17\%$$

有效自由度(v_{eff})计算如下:

$$v_{\text{eff}} = \frac{u_\delta^4}{\sum_{j=1}^2 \frac{u_j^4}{v_{\delta_j}}} = \frac{(0.17\%)^4}{\frac{(0.0048\%)^4}{9} + \frac{(0.17\%)^4}{12}} = 12$$

3.1.4 扩展不确定度评定

按置信概率为0.95, $v_{\text{eff}}=12$,查t分布表,得 $K_{95}=2.18$ 。试验机负荷示值校准结果的扩展不确定度为

$$U_{95} = K_{95} u_\delta = 2.18 \times 0.17\% = 0.37\%$$

3.2 位移校准测量不确定度评定

3.2.1 数学模型及不确定度式

以标准高度尺为基础,用试验机显示对应的示值,计算其误差,建立校准结果的数学模型为

$$\delta' = L_1 - L$$

式中 δ' ——试验机示值误差;

L_1 ——试验机示值,mm;

L ——标准高度尺示值,mm。

因为各分量互不相关,由不确定度传播律:

$$u'^2_\delta = c'^2_1 \times u_{L_1}^2 + c'^2_2 \times u_L^2$$

其中

$$c'_1 = \frac{\partial \delta'}{\partial L_1} = 1$$

$$c'_2 = \frac{\partial \delta'}{\partial L} = -1$$

不确定度(u'_δ)式为

$$u'^2_\delta = u_{L_1}^2 + u_L^2$$

3.2.2 不确定度分量的评估

(1)试验机示值误差产生的不确定度(u'_{δ_1})。试验机的位移示值分辨力为1 mm,以等概率分布(矩形分布)落在宽度为0.5 mm的区间内。其标准不确定度为

$$u'_{\delta_1} = \frac{0.5}{\sqrt{3}} = 0.28 \text{ (mm)}$$

自由度 $v'_{\delta_1} = \infty$ 。

(2)试验机测量重复性产生的不确定度(u'_{δ_2})。以第3点为例,取位移(L_1)为80 mm,重复测量10次, $\bar{L}_1=80.40$ mm。测量试验标准差如下:

$$S_{L_1} = \sqrt{\frac{\sum_{n=1}^{10} (L_n - \bar{L})^2}{10-1}} = 0.28 \text{ (mm)}$$

取3次测量算术平均值作为测量结果,重复

性标准不确定度为

$$u'_{\delta_2} = S_{L_1} / \sqrt{3} = 0.28 / \sqrt{3} = 0.16 \text{ (mm)}$$

自由度 $v'_{\delta_2} = 9$ 。

(3)标准高度尺产生的标准不确定度(u'_{δ_3})。标准高度尺准确等级为 0.2 级,其极限误差为 $\pm 0.2\%$,对 80.40 mm 的位移,其最大误差为 ± 0.16 mm。按均匀分布考虑:

$$u'_{\delta_3} = 0.16 / \sqrt{3} = 0.09 \text{ (mm)}$$

估计其标准不确定度 80%可靠,其自由度为

$$v'_{\delta_3} = \frac{1}{2} \times \left[\frac{\Delta u_L}{u_L} \right]^{-2} = \frac{1}{2} \times \left(\frac{0.20}{1} \right)^{-2} = 12$$

3.2.3 合成标准不确定度的评定

由于标准不确定度分量互不相关,故

$$u'_{\delta} = \sqrt{u'^2_{\delta_1} + u'^2_{\delta_2} + u'^2_{\delta_3}} = \sqrt{0.28^2 + 0.16^2 + 0.09^2} = 0.33 \text{ (mm)}$$

有效自由度(v'_{eff})计算如下:

$$v'_{\text{eff}} = \frac{u'^4_{\delta}}{\sum_{j=1}^3 \frac{u'^4_{\delta_j}}{v'_{\delta_j}}} = \frac{(0.33)^4}{\frac{(0.28)^4}{\infty} + \frac{(0.16)^4}{9} + \frac{(0.09)^4}{12}} = \infty$$

3.2.4 扩展不确定度评定

按置信概率为 0.95, $v'_{\text{eff}} = \infty$,查 t 分布表,得 $K'_{95} = 1.960$ 。试验机位移示值校准结果的扩展不确定度为

$$U'_{95} = K'_{95} u'_{\delta} = 1.960 \times 0.33 = 0.65 \text{ (mm)}$$

4 结语

验证工作表明该校准方法可行,能将车轮冲击试验机的精度控制在国家标准要求的范围内,保证了轿车车轮试验的可靠性和稳定性。

参考文献:

[1] JJF 1001—2011,通用计量术语及定义[S].
[2] GB/T 531.1—2008,硫化橡胶或热塑性橡胶压入硬度试验方法[S].

收稿日期:2014-07-05

第 14 届全国橡胶工业新材料技术论坛暨
2014 年橡胶助剂专业委员会会员大会
在宁波召开

中图分类号:TQ330.38 文献标志码:D

2014 年 10 月 23—26 日,由中国橡胶工业协会(简称中橡协)橡胶助剂专业委员会主办、科迈化工股份有限公司承办的第 14 届全国橡胶工业新材料技术论坛暨 2014 年橡胶助剂专业委员会会员大会在宁波召开。来自全国橡胶助剂生产企业、相关原材料和设备制造企业、高等院校、科研院所及媒体的近百名代表出席了会议。

中橡协橡胶助剂专业委员会理事长王树华致词。他介绍,2014 年前三季度橡胶助剂产量 67.71 万 t,同比增长 20%,出口量 19.85 万 t,同比增长 24.5%,实现销售收入 119 亿元,同比增长 20%。2013 年我国橡胶助剂产量突破 100 万 t,已超过世界橡胶助剂总产量的 70%;助剂行业多年推行的国际化、信息化、自动化和清洁化生产的步伐加快;绿色发展、清洁生产成为助剂行业各生产企业自我约束、健康发展的主旋律。目前轮胎行业由于受到诸多不利因素影响,开工率仅

65%左右,库存压力极大,因此助剂行业应在提升产品质量、服务质量和行业整体竞争力方面加强。

中国汽车工业协会副秘书长顾祥华介绍,2013 年我国汽车销售量为 2 198.4 万辆,同比增长 13.9%,连续 5 年世界第一,预计 2014 年我国汽车销售量的增长率将在 5%左右。中橡协橡胶助剂专业委员会秘书长高波宣读了 2014 年度高热稳定性不溶性硫黄行业自律报告,并对使用企业提出了建议:加硫混炼胶应用于轮胎半成品部件时,加工温度尽量控制在 120℃以下;对不溶性硫黄高热稳定性的测试至少重复两次以上,偏差率控制在 10%以内;105℃×15 min 的高热稳定性数据只适用于加硫混炼胶硫化前的工艺温度低于 105℃的情况。

提高自动化生产水平,向信息化、智能化发展是我国橡胶助剂行业为取得持续发展而作出的重要决策。与会有关专家介绍了橡胶工业信息化、自动化的进展及橡胶助剂生产过程自动化和产品包装至仓库的现代化管理技术,并与代表进行了广泛交流。

(本刊编辑部 储 氏)