

电子拉力机测试拉伸强度的不确定度评定

周奎武¹,刘世江²

(1.北京橡胶工业研究设计院,北京 100143;2.山东玲珑轮胎有限公司,山东 招远 265406)

摘要:对电子拉力机测试拉伸强度的不确定度进行评定。拉伸强度测试结果不确定度来源包括力值、宽度和厚度,计算结果表明,测试结果主要影响因素是力值方面的试验机示值误差、试验机校准和重复性以及厚度测量方面的测厚计的示值误差和读数误差。

关键词:电子拉力机;拉伸强度;不确定度

中图分类号:TQ330.7+3 **文献标志码:**B **文章编号:**1006-8171(2013)08-0498-03

测量不确定度是对测量结果可能误差的度量,也是定量说明测量结果质量的参数。一个完整的测量结果,除了应给出最佳估计值外,还应给出测量结果的不确定度。

ISO/IEC 17025:1999《检测和校准实验室能力的通用要求》规定,检测实验室和校准实验室都必须制定测量不确定度的程序,并且应该在具体的检测和校准工作中应用这些程序来进行测量不确定度的评定。

本工作进行电子拉力机测试拉伸强度的不确定度评定。

1 数学模型

电子拉力机进行拉伸强度测试的计算公式如下^[1]:

$$T_s = \frac{F}{Wt}$$

(1)

式中 T_s ——拉伸强度,MPa;
 F ——记录的最大力值,N;
 W ——裁刀狭小平行部分宽度,mm;
 t ——试验长度部分的厚度,mm。

2 试验设备及器具

T2000E 型电子拉力机,北京友深电子仪器有限公司产品,测量范围为 100~2 000 N;游标

卡尺(测量范围为 0~150 mm)和厚度计(测量范围为 0~10 mm),市售品。

3 测试结果不确定度来源分析及分量计算

本次试验由 2 名试验人员各测试 9 个样品,测试结果见表 1。

表 1 拉伸强度测试结果

组别	F/N	t/mm	T_s/MPa	$\Delta F/N$	$\Delta F^2/N^2$
人员 1					
1	328.68	2.08	26.4	-12.09	146.168 1
2	341.54	2.05	27.7	0.77	0.592 9
3	329.90	2.01	27.4	-10.87	118.156 9
4	334.18	1.98	28.1	-6.59	43.428 1
5	338.29	2.08	27.1	-2.48	6.150 4
6	355.69	2.05	28.9	14.92	222.606 4
7	363.91	2.00	30.3	23.14	535.459 6
8	316.20	2.01	26.2	-24.57	603.684 9
9	358.55	2.15	27.8	17.78	316.128 4
平均值	340.77	2.04	27.8		
人员 2					
1	336.23	2.14	26.2	-5.39	29.052 1
2	346.02	2.15	26.8	4.40	19.360 0
3	354.93	2.09	28.3	13.31	177.156 1
4	334.44	2.01	27.7	-7.18	51.552 4
5	345.42	2.03	28.3	3.80	14.440 0
6	320.52	2.07	25.8	-21.10	445.210 0
7	350.30	2.10	27.8	8.68	75.342 4
8	335.19	2.00	27.9	-6.43	41.344 9
9	351.53	2.05	28.6	9.91	98.208 1
平均值	341.62	2.07	27.5		
总平均值	341.19	2.05	27.6		

注:W 均为 6.00 mm,ΔF 为测试值与平均值之差。

作者简介:周奎武(1982—),男,青海格尔木人,北京橡胶工业研究设计院助理工程师,学士,主要从事轮胎试验设备管理工作。

测试不确定度主要来源于力、宽度和厚度测量^[2]。测量力时不确定度主要来源于拉力试验机的示值误差、试验机校准精度、试验力取舍误差、断裂时间、试验机夹具间的距离、样品装夹的同轴度、样品的不均匀性及人员操作误差等；宽度测量不确定度主要来源于游标卡尺示值误差和人员操作误差等；厚度测量不确定度主要来源于厚度计校准和读数误差。

3.1 不确定度分量评定

不确定度分量评定参照 JJF 1059^[3]。

3.1.1 拉力测试的不确定度

(1) 试验机的示值误差引入测量的不确定度(B类评定)。试验机的示值误差为1%，按均匀分布，包含因子(K)取 $\sqrt{3}$ ，则示值误差相对不确定度(u_{rF_1})如下：

$$u_{rF_1} = 1\% / \sqrt{3} = 0.58\%$$

不可靠程度为0，则自由度 $\nu_{F_1} = \infty$ 。

(2) 试验机校准的不确定度(B类评定)。试验机校准的不确定度为0.5% (校准证书给出不确定度)，K取2，则试验机校准相对不确定度(u_{rF_2})如下：

$$u_{rF_2} = 0.5\% / 2 = 0.25\%$$

不可靠程度可估计为10%，则自由度 $\nu_{F_2} = 50$ 。

(3) 试验力取舍误差的不确定度(B类评定)。所用试验机的力值试验数据只记录到小数点后第2位，对小数点后第3位的数值采用四舍六入五成双的原则处理，按均匀分布，K取 $\sqrt{3}$ ，则试验力取舍误差的不确定度(u_{F_3})如下：

$$u_{F_3} = 0.005 / \sqrt{3} = 0.002887$$

则其相对不确定度(u_{rF_3})如下：

$$u_{rF_3} = \frac{0.002887}{341.19} = 0.00087\%$$

不可靠程度为0，则自由度 $\nu_{F_3} = \infty$ 。

(4) 重复性的影响(A类评定)。重复性的影响是通过多次独立重复测量来评定，包括断裂时间、试验机夹具间的距离、样品装夹的同轴度、样品的不均匀性及人员的操作误差等因素。本试验由2名试验人员按国家标准要求对同一样品各测量9次^[1]。

2个样本合并的标准偏差 $[S_P(F)]$ 如下：

$$S_P(F) = \sqrt{\frac{\sum_j^m \sum_k^n (F_{jk} - \bar{F})^2}{m(n-1)}} = 13.57 \text{ (N)}$$

平均值的标准偏差 $[S_P(\bar{F})]$ 如下：

$$S_P(\bar{F}) = \frac{S_P(F)}{\sqrt{nm}} = 3.20 \text{ (N)}$$

平均值的不确定度(u_{F_4})如下：

$$u_{F_4} = S_P(\bar{F}) = 3.20 \text{ (N)}$$

平均值的相对不确定度(u_{rF_4})如下：

$$u_{rF_4} = u_{F_4} / \bar{F} = 3.20 / 341.19 = 0.94\%$$

自由度如下：

$$\nu_{F_4} = m(n-1) = 2 \times (9-1) = 16$$

拉力测量的相对不确定度(u_{rF})为以上4个分量的合成：

$$u_{rF} = (|0.58\%|^2 + |0.25\%|^2 + |0.00087\%|^2 + |0.94\%|^2)^{1/2} = 1.13\%$$

拉力测量的自由度(ν_F)如下：

$$\begin{aligned} \nu_F &= \frac{u_{rF}^4}{\sum_{i=1}^4 \frac{u_{rF_i}^4}{\nu_{F_i}}} \\ &= \frac{1.13^4}{\frac{0.58^4}{\infty} + \frac{0.25^4}{50} + \frac{0.00087^4}{\infty} + \frac{0.94^4}{16}} \\ &= 33 \end{aligned}$$

3.1.2 宽度测量的不确定度

宽度测量的不确定度即为游标卡尺示值误差导致的不确定度。游标卡尺的示值误差为 ± 0.02 mm，以均匀分布估计，K取 $\sqrt{3}$ ，则宽度测量的不确定度(u_w)如下：

$$u_w = 0.02 / \sqrt{3} = 0.01 \text{ (mm)}$$

宽度测量的相对不确定度(u_{rw})如下：

$$u_{rw} = 0.01 / 6.00 = 0.16\%$$

不可靠程度为0，则自由度 $\nu_w = \infty$ 。

3.1.3 厚度测量的不确定度

(1) 测厚计的示值误差导致的不确定度。测厚计示值误差为 ± 0.01 mm，以均匀分布估计，K取 $\sqrt{3}$ ，则测厚计示值误差的不确定度(u_{t_1})如下：

$$u_{t_1} = 0.01 / \sqrt{3} = 0.006 \text{ (mm)}$$

则其相对不确定度(u_{rt_1})如下：

$$u_{rt_1} = 0.006 / 2.05 = 0.3\%$$

不可靠程度为0,则自由度 $v_{t_1} = \infty$ 。

(2)读数误差引起的不确定度。测量时,一般估读至0.005 mm(最小分度值为0.01 mm),以均匀分布估计, K 取 $\sqrt{3}$,则读数误差的不确定度(u_{t_2})如下:

$$u_{t_2} = 0.005/\sqrt{3} = 0.003 \text{ (mm)}$$

则其相对不确定度(u_{rt_2})如下:

$$u_{rt_2} = 0.003/2.05 = 0.15\%$$

不可靠度为10%,则自由度 $v_{t_2} = 50$ 。

厚度测量的相对不确定度(u_{rt})为以上两者的合成:

$$u_{rt} = \sqrt{|0.3\%|^2 + |0.15\%|^2} = 0.34\%$$

厚度测量的自由度(v_t)如下:

$$v_t = \frac{u_{rt}^4}{\sum_{i=1}^2 \frac{u_{rt_i}^4}{v_{t_i}}} = \frac{0.34^4}{\frac{0.3^4}{\infty} + \frac{0.15^4}{50}} = 1\,320$$

3.2 合成标准不确定度

测量相对不确定度传播规律如下:

$$u_{rc}^2 = P_1^2 u_{rF}^2 + P_2^2 u_{rW}^2 + P_3^2 u_{rt}^2 \quad (2)$$

由于 $P_1 = P_2 = P_3 = 1$,则合成标准不确定度(u_{rc})如下^[3]:

$$u_{rc} = \sqrt{1.13\%^2 + 0.16\%^2 + 0.34\%^2} = 1.19\%$$

3.3 扩展不确定度

(1)合成标准不确定度的有效自由度(v_c)如下^[3]:

$$v_c = \frac{u_{rc}^4}{\frac{P_1^4 u_{rF}^4}{v_F} + \frac{P_2^4 u_{rW}^4}{v_W} + \frac{P_3^4 u_{rt}^4}{v_t}}$$

$$= \frac{1.19^4}{\frac{1^4 \times 1.13^4}{33} + \frac{1^4 \times 0.16^4}{\infty} + \frac{1^4 \times 0.34^4}{1\,320}} = 37$$

(2)包含因子。各分量中,重复性和试验机的校准不确定度为t分布,其他为均匀分布,t分布占优,测量结果接近于t分布,设置信概率为95%,则

$$K_{95} = t_{95}(v_c) = t_{95}(37) = 2.02$$

(3)95%概率下的不确定度(U_{95})和总扩展不确定度(U)如下:

$$U_{95} = K_{95} u_{rc} = 2.02 \times 1.19\% = 2.4\%$$

$$U = 27.6 \times 2.4\% = 0.66 \text{ (MPa)}$$

4 结语

通过电子拉力机测试拉伸强度不确定度计算,得出影响测试结果的主要方面是力值和厚度。力值方面主要影响因素是试验机示值误差引起的测量不确定度、试验机校准不确定度和重复性影响的不确定度;厚度测量方面主要影响因素是测厚计的示值误差导致的不确定度和读数误差的不确定度。

参考文献:

- [1] GB/T 528—2009,硫化橡胶或热塑性橡胶拉伸应力应变性能的测定[S].
- [2] 倪育才.实用测量不确定度评定(第3版)[M].北京:中国计量出版社,2009:55-95.
- [3] JJF 1059—1999,测量不确定度评定与表示[S].

收稿日期:2013-03-19

横滨为商用轮胎研发新气密层技术

中图分类号:U463.341+.3 文献标志码:D

美国《现代轮胎经销商》(www.moderntire-dealer.com)2013年4月16日报道:

横滨橡胶有限公司研发新气密层技术,以大幅改善商用轮胎(为载重汽车和公交车配套)的充气压力保持能力。

横滨声称,与传统气密层相比,新气密层能使空气渗漏率减小30%左右,有助于保持充气压力,使设计和生产质量更小的轮胎成为可能。

自2013年4月,新气密层技术被应用于日本国内工厂生产的轮胎,并将逐步被推广到海外。

气密层是覆盖于无内胎轮胎内表面的橡胶片,能减少空气从轮胎内渗漏。横滨新气密层在橡胶内埋入多层片状云母(flat talc)。横滨将片状云母描述成平面形状的微粒云母,片状云母能阻止气体透过橡胶,使从轮胎内渗出的气体量大幅减小。

由于轮胎缺气会使滚动阻力提高,从而降低燃油效率,影响耐磨性能和安全性能,因此横滨致力于研发新气密层技术以减少气体渗漏。2009年,横滨推出Airtex Advanced气密层(采用新材料生产),以改善其环保轿车轮胎的节油性能。

(赵敏摘译 吴秀兰校)