

福建省地方计量技术规范

JJF (闽) 1100—2020

皮革崩裂试验仪校准规范

Calibration Specification for Leather Cracking Strength Tester

2020-1-14 发布

2020-4-14 实施

福建省市场监督管理局 发布

皮革崩裂试验仪校准规范

Calibration Specification for Leather

Cracking Strength Tester

JJF (闽) 1100 —2020

本规范经福建省市场监督管理局 2020 年 1 月 14 日批准，自 2020 年 4 月 14 日起实施。

归口单位：福建省市场监督管理局

主要起草单位：宁德市计量所

参加起草单位：福鼎市质量计量检测所

昆山景新通电子科技有限公司

本规范委托宁德市计量所负责解释。

本规范主要起草人：

林原在 (宁德市计量所)

参加起草人：

陈万灵 (宁德市计量所)

刘高翔 (福鼎市质量计量检测所)

林克龙 (宁德市计量所)

张和平 (昆山景新通电子科教有限公司)

詹华挺 (宁德市计量所)

李建康 (宁德市计量所)

目 录

引言	(IV)
1 范围	(1)
2 引用文件	(1)
3 术语	(1)
3.1 术语	(1)
4 概述	(1)
4.1 用途	(1)
4.2 原理和结构	(1)
5 计量特性	(2)
5.1 顶杆轴线与下夹具固定面垂直度	(2)
5.2 上压环内径	(2)
5.3 钢球直径	(2)
5.4 伸展高度及其示值误差	(2)
5.5 伸展速度	(2)
5.6 试验力及误差	(2)
6 校准条件	(2)
6.1 环境条件	(3)
6.2 校准用测量标准和辅助设备	(3)
6.3 标准计量器具	(3)
7 校准项目和校准方法	(3)
7.1 校准前准备	(3)
7.2 校准项目	(3)
7.3 校准方法	(4)
8 校准结果表达	(7)
9 复校时间间隔	(7)
附录A 专用检具及校准装置示意图	(8)
附录 A1 垂直度检查专用圆柱棒	(8)
附录A2 垂直度检查辅助基准片	(8)

附录 A3 试验力校准装置安装示意图	(9)
附录 B 皮革崩裂强度测试仪校准原始记录(格式)	(10)
附录 C 皮革崩裂仪测量误差的不确定度评定方法	(12)
附录 C1 皮革崩裂仪力值测量不确定度分析	(12)
附录 C2 皮革崩裂仪伸展高度测量不确定度分析	(14)
附录 C3 皮革崩裂仪伸展速度测量不确定度分析	(16)

引 言

本规范按照 JJF 1071-2010《国家计量校准规范编写规则》规定的规则编写。

本校准规范在制定过程中参考了 QB/T 2712-2005《皮革 物理和机械试验 粒面强度和伸展高度的测定：球形崩裂试验》、GB/T30410-2013《制革机械 皮革崩裂强度测试仪》中的术语、符号与定义以及相关技术要求。

本规范为首次发布。

皮革崩裂试验仪校准规范

1 范围

本规范适用于各种皮革崩裂强度试验仪器（简称“皮革崩裂仪”）的校准。

2 引用文件

本规范引用了下列文件：

QB/T 2712-2005 皮革 物理和机械试验粒面强度和伸展高度的测定：球形崩裂试验

GB/T30410-2013 制革机械 皮革崩裂强度测试仪

凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本规范；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单），适用于本规范。

3 术语

3.1 术语

3.1.1 皮革崩裂试验仪 *leather cracking strength tester*

用于皮革粒面强度和伸展高度试验，并符合 QB/T 2712-2005《皮革 物理和机械试验粒面强度和伸展高度的测定：球形崩裂试验》要求的专门试验仪器。

3.1.2 伸展高度 *determination of distension*

在确保夹持装置上平整皮革试样的夹紧部分不发生相对移动，并对皮革试样中心施加垂直于其表面的试验力，使试样沿着试验力方向伸展，当试样的粒面裂纹或破裂时中心点伸展的高度，通常以顶杆相对伸展高度计算。

3.1.3 伸展速度 *velocity of distension*

皮革崩裂试验时，皮革试样中心受力后沿着受力方向伸展的速度。通常以顶杆与夹具相对移动速度计算。

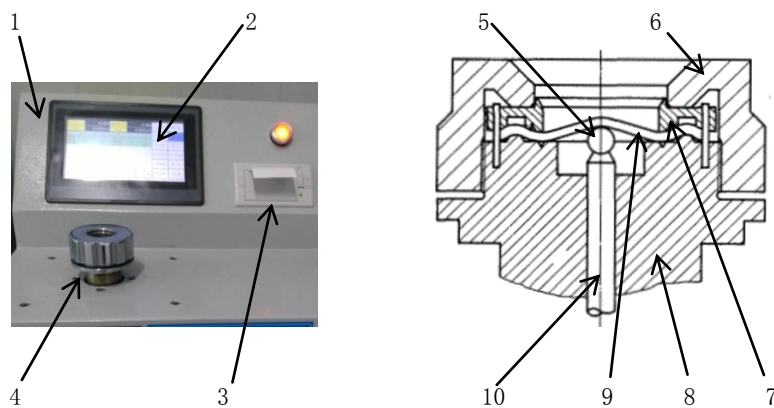
4 概述

4.1 用途

皮革崩裂仪用于皮革粒面强度和伸展高度试验，评判皮革粒面强度和伸展高度性能是否符合要求。

4.2 原理和结构

皮革崩裂仪是 QB/T 2712-2005《皮革 物理和机械试验粒面强度和伸展高度的测定：球形崩裂试验》标准中规定的测定皮革粒面强度和伸展高度的试验仪器。该试验仪器名称虽有所不同，但通常都由机体、试样夹持装置（夹具）、顶杆装置、测量装置、数字显示与记录装置和控制软件系统等组成。如图 1 为一种皮革崩裂仪及工作原理示意图。



1、机体 2、操作和显示屏 3、打印装置 4、样品夹持装置 5、钢球
6、上压盖 7、上压环 8、下夹持部件 9、皮革试样 10、顶杆

图 1 皮革崩裂试验仪和工作原理示意图

工作原理：调整夹持装置使钢球与皮革试样相切，并将试验仪示值归零。顶杆以规定的速度顶起皮革试样，当皮革试样的粒面产生裂纹或破裂时，分别记录顶杆所施加的试验力和顶杆相对上升的高度值，即为皮革粒面产生裂纹或破裂时的试验力和伸展高度值。

5 计量特性

- 5.1 顶杆轴线与下夹具固定面垂直度优于 $\pm 0.4 \text{ mm}/30 \text{ mm}$ 。
- 5.2 上压环内径： $(25 \pm 0.05) \text{ mm}$ 。
- 5.3 钢球直径： $(6.25 \pm 0.05) \text{ mm}$ 。
- 5.4 伸展高度及示值误差：夹持装置从最高位置移动至最低位置的行程不小于 20 mm，位移测量装置分度值为 0.01 mm，伸展高度的示值误差： $\pm 0.05 \text{ mm}$ 。
- 5.5 伸展速度： $(12 \pm 2) \text{ mm}/\text{min}$ 。
- 5.6 试验力及误差：最大试验力 1000 N；示值相对误差： $\pm 3\%$ ；重复性相对误差：3%。

6 校准条件

6.1 环境条件

6.1.1 环境温度：(10~35) °C；

6.1.2 相对湿度：不大于 80%；

6.1.3 周围无腐蚀性介质；

6.1.4 附近无影响实验结果的振源。

6.2 校准用测量标准和辅助设备，见表 2。

6.3 标准计量器具

a) 校准用标准计量器具应经具有资质的计量单位或经授权的技术机构检定或校准，满足校准使用要求，并在有效期内。

b) 标准计量器具参考技术指标见表 2。

表 2 校准用测量标准及辅助设备

序号	校准项目	标准器具	技术指标
1	顶杆轴线与下夹具固定面垂直度	直角尺、塞尺、专用校准棒和校准片	直角尺：一级； 塞尺：(0.02~1.00) mm； 专用校准棒和校准片：符合本规范附录 A1、A2 要求。
2	上压环内径	内测千分尺	准确度等级优于被测对象指标的 1/3
		其他符合测量要求的仪器。	
3	钢球直径	外径千分尺	准确度等级优于被测对象指标的 1/3
		其他符合测量要求的仪器。	
4	伸展高度	深度千分尺	准确度等级优于被测对象指标的 1/3
		百分表和磁性表座。	
5	伸展速度	秒表	准确度等级优于被测对象指标的 1/3
		深度千分尺	
		其他符合测量要求的仪器。	
6	试验力的示值相对误差、重复性相对误差	标准测力仪	准确度等级优于被测对象指标的 1/3
		力值砝码。	
注：依据校准工况与应用工况基本一致的原则，根据实际情况，选用标准器具。			

7 校准项目和校准方法

7.1 校准前准备

被校设备需按产品说明书正确安装，并应排除影响安全及计量性能的因素。

7.2 校准项目

校准项目见表 3。

表 3 校准项目一览表

序号	校准项目
1	顶杆轴线与下夹具固定面垂直度
2	上压环内径
3	钢球直径
4	伸展高度
5	伸展速度
6	试验力示值相对误差
	试验力重复性误差

7.3 校准方法

7.3.1 顶杆轴线与下夹具固定面垂直度

顶杆轴线与下夹具固定面垂直度采用辅助基准片、专用校准棒直角尺和塞尺进行检查，将直角尺放置在辅助基准片上，另一边紧靠专用校准棒母线，用塞尺检查在 30 mm 范围内最大间隙。

7.3.2 上压环内径

拆下夹具上压盖，取出上压环，用内测千分尺或其他符合测量要求的仪器测量其内径，测量应分别在互相垂直的两个方向各测量一次，取其平均值作为测量结果。

7.3.3 钢球直径

用外径千分尺或其他符合测量要求的仪器在与顶杆轴线垂直的截面上测量钢球直径，测量应分别在互相垂直的两个方向各测量一次，取其平均值作为测量结果。

7.3.4 伸展高度

伸展高度的最大行程和示值误差校准可同时进行。

将夹持装置上升至最高位置后清除伸展高度的示值，以上压盖顶面为基准面，用深度千分尺测量此时钢球顶点与基准面的距离，读取深度千分尺示值 L_0 ；再将夹持装置降至二分之一行程点，记录测量系统的伸展高度示值 X_1 ，用同样方法测量此时钢球顶点与基准面的距离 L_1 ；继续将夹持装置下降至最低位置后，记录测量系统的伸展高度示值 X_2 ，并测量钢球顶点与基准面的距离 L_2 。

顶杆伸展最大行程: $L = L_0 - L_2$ (1)

伸展高度示值误差: $E_1 = | X_1 - X_0 | - (L_0 - L_1)$ (2)

$E_2 = | X_2 - X_1 | - (L_1 - L_2)$ (3)

式中:

L ——为顶杆伸展最大行程, mm;

E_1 、 E_2 ——分别为行程中点和最大行程处顶杆伸展高度的示值误差, mm;

X_0 、 L_0 ——分别为测量前皮革崩裂仪的示值和钢球顶点与上压盖顶面的距离, mm;

X_1 、 L_1 ——分别为夹持装置下降至二分之一行程时皮革崩裂仪的示值和钢球顶点与上压盖顶面的距离, mm;

X_2 、 L_2 ——分别为夹持装置下降至最低位置时皮革崩裂仪的示值和钢球顶点与上压盖顶面的距离, mm。

顶杆伸展高度示值误差至少应在夹具行程的二分之一和最大行程处进行校准, 以最大示值误差作为测量结果。

7.3.5 伸展速度

将夹持装置上升到最高位置后, 用深度千分尺测量夹具上压盖顶面与钢球顶点的距离 L_a , 然后在启动夹具下降的同时, 掀下秒表开始计时, 在秒表读数不少于 60 s 时停止下降, 再用深度千分尺测量此时夹具上压盖顶面与钢球顶点距离 L_b , 按下式计算伸展速度 v 。

$$v = \frac{60 \times (L_a - L_b)}{T} \text{ (4)}$$

式中:

v ——伸展速度, mm/min;

L_a ——夹持装置在最高位置时钢球顶点与上压盖顶面的距离, mm;

L_b ——夹持装置停止下降后钢球顶点与上压盖顶面的距离, mm;

T ——夹持装置下降时间, s。

7.3.6 试验力示值相对误差、重复相对性误差

试验力示值相对误差、重复相对性误差的校准可同时进行。

校准点选择: 按皮革崩裂仪测量范围的情况, 通常每个量程内至少校准 5 个

测量点，可选择量程上限的 20%、40%、60%、80%和 100%作为校准点，也可根据用户要求确定校准点。

校准时，如皮革崩裂仪需借助反力装置，可先将夹持装置调整到适当位置，按本规范附录 A3 安装标准测力仪后，将皮革崩裂仪的示值和标准测力仪示值清零，以消除校准装置等的重力影响。再缓慢增加试验力至第一个校准点，待示值稳定后，分别记录标准测力仪示值 F_{bi} 和皮革崩裂仪的示值 F_{ai} ；继续增加试验力，按同样方法校准其它测量点的进程示值，直至测量上限，记录每个校准点的 F_{bi} 和 F_{ai} 。每次进程校准结束，应完全卸载后间隔 30 s，再进行下一次校准，该过程连续进行 3 次。

根据读数习惯不同，各点示值相对误差、重复性相对误差按下列公式计算：
以标准测力仪为准，在皮革崩裂仪指示装置上读数时：

$$E = \frac{\bar{F}_{ai} - F_{bi}}{F_{bi}} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (5)$$

$$R = \frac{F_{ai\max} - F_{ai\min}}{F_{bi}} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (6)$$

以皮革崩裂仪指示装置示值为准，在标准测力仪上读数时：

$$E = \frac{F_{ai} - \bar{F}_{bi}}{\bar{F}_{bi}} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (7)$$

$$R = \frac{F_{bi\max} - F_{bi\min}}{\bar{F}_{bi}} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (8)$$

式中： E —— 示值相对误差，%； R —— 重复性相对误差，%；

F_{ai} —— 某一校准点皮革崩裂仪的进程示值，N；

\bar{F}_{ai} —— 多次测量同一校准点皮革崩裂仪进程示值的算术平均值，N；

$F_{ai\max}$ —— 多次测量同一校准点皮革崩裂仪进程示值的最大值，N；

$F_{ai\min}$ —— 多次测量同一校准点皮革崩裂仪进程示值的最小值，N；

F_{bi} —— 某一校准点标准测力仪的示值，N；

\bar{F}_{bi} —— 多次测量同一校准点时标准测力仪示值的算术平均值，N；

$F_{b_{\max}}$ ——多次测量同一校准点标准测力仪进程示值的最大值，N；

$F_{b_{\min}}$ ——多次测量同一校准点标准测力仪进程示值的最小值，N。

如使用力值专用砝码进行校准时，应保证专用砝码加载方向与顶杆轴线一致，加载力点为钢球顶点，操作步骤和误差计算按照上述要求。

8 校准结果表达

校准结果应在校准证书或校准报告上反映。校准证书或校准报告应至少包括以下信息：

- 1) 标题，“校准证书”；
- 2) 实验室名称和地址；
- 3) 证书或报告的唯一性标识（如编号），每页及总页数的标识；
- 4) 送校单位的名称和地址；
- 5) 被校对象的描述和明确标识；
- 6) 进行校准的日期，如果与校准结果的有效性和应用有关时，应说明被校对象的接收日期；
- 7) 对校准所依据的技术规范的标识，包括名称及代号；
- 8) 本次校准所用测量标准的溯源性及有效性说明；
- 9) 校准环境的描述；
- 10) 校准结果及其测量不确定度；
- 11) 校准证书签发人的签名、职务或等效标识，以及签发日期。

9 复校时间间隔

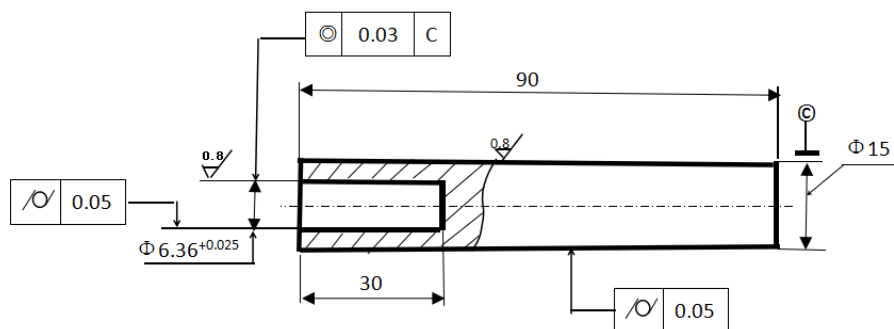
复校时间间隔建议为 12 个月。

由于复校时间间隔的长短是由仪器的使用情况、使用者、仪器本身质量等诸多因素所决定的，因此，送校单位可根据实际使用情况自主决定复校时间间隔。

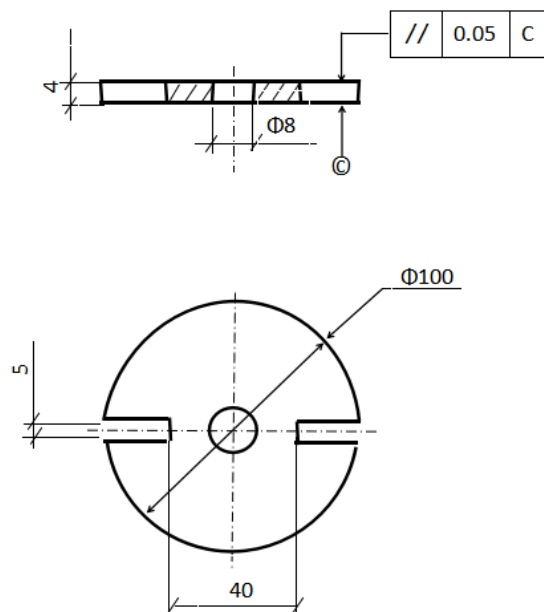
附录 A

专用检具及校准装置示意图

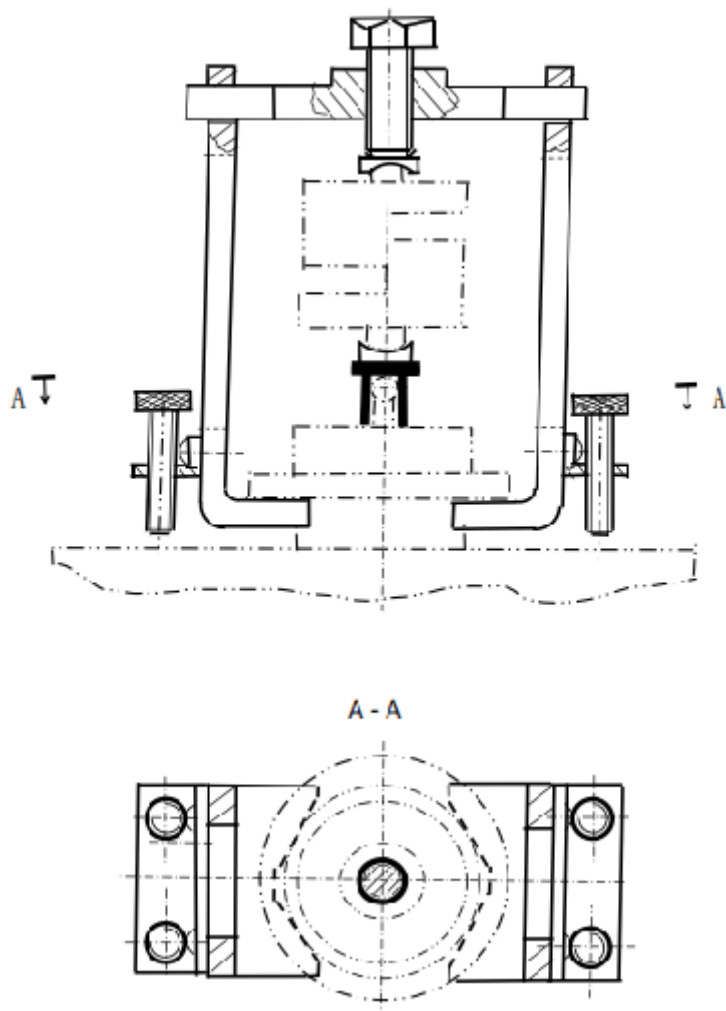
A1 垂直度检查专用圆柱棒



A2 垂直度检查辅助基准片



A3 试验力校准装置安装示意图



附录 B

皮革崩裂试验仪校准原始记录 (格式)

皮革崩裂试验仪校准原始记录 (格式)

第 1 页 共 2 页

委托单位		流转号		记录编号	
样 品	名称	型号/规格		出厂编号	
	制造厂或商标			额定试验力 (N)	
	其他技术特征				
标 准 器 具	名 称	型号规格	技术特征	出厂编号	证书号
校准依据				环境温度	℃
校准地点				相对湿度	%
1、顶杆轴线与下夹具 固定面垂直度					
2、上压环内径(mm)		D ₁ = , D ₂ = , 平均值 D = 。			
3、钢球直径(mm)		d ₁ = , d ₂ = , 平均值 d= 。			
4、伸展高度 (mm)	仪器示值	X ₀ =	X ₁ =	X ₂ =	顶杆伸展 最大行程
	千分尺(百分表)读数	L ₀ =	L ₁ =	L ₂ =	
	$E_1 = X_1 - X_0 - (L_0 - L_1) =$ $E_2 = X_2 - X_1 - (L_1 - L_2) =$				E =

5、伸展速度 (mm/min)	千分尺 (百分表) (mm) : $L_a =$, $L_b =$				秒表读数 (s) : $T =$	
	$v = 60 \times (L_a - L_b) / T =$					
6、试验力示值相对误差、重复相对性误差						
校准点/ () 读数	() 进程示值 (N)				示值误差 (%)	重复性误差 (%)
	1	2	3	平均值		
最大示值误差: 重复性误差:						
校准 结果 扩展 不确定 度	1、上压环内径测量结果: $U =$, ($k = 2$) ; 2、钢球直径测量结果: $U =$, ($k = 2$) ; 3、伸展高度测量结果: $U =$, ($k = 2$) ; 4、伸展速度测量结果: $U =$, ($k = 2$) ; 5、试验力测量结果: $U =$, ($k = 2$) 。					
备注						
校准员				校准日期	年 月 日	
核验员				建议复校日期	年 月 日	

附录 C

皮革崩裂仪测量误差的不确定度评定方法

C1 皮革崩裂仪力值测量不确定度分析

C1.1 概述

C1.1.1 环境条件：温度（10~30）℃，相对湿度：≤80%。

C1.1.2 标准测力仪：测量范围（100~1000）N，分度值 d_b ，准确度：0.3 级。

C1.1.3 校准对象：试验力测量范围（100~1000）N，分度值 d ，MPE:±3.0%。

C1.1.4 测量方法：在规定的环境条件下，用标准测力仪对校准对象进行直接比较测量，以标准测力仪为准，读取校准对象示值，连续进行 3 次测量，以 3 次测量结果的算术平均值计算示值相对误差。

C1.2 测量模型
$$E = \frac{F_a - F_b}{F_b} \times 100\%$$

式中： E ——试验力示值相对误差，%；

F_a ——校准对象校准点进程读数，N；

F_b ——同一校准点标准测力仪的示值，N。

C1.3 测量不确定度来源及灵敏系数

测量不确定度主要来源：（1）测量重复性引入的不确定度分量；（2）校准对象指示装置分辨力引入的不确定度分量；（3）顶杆轴线（试验力方向）偏离测量传感器受力方向引入的不确定度分量；（4）标准测力仪准确度引入的不确定度分量。其他因素影响量极小忽略。

灵敏系数：
$$c_1 = \frac{\partial(E)}{\partial F_a} = \frac{1}{F_b}, \quad c_2 = \frac{\partial(E)}{\partial F_b} = -\frac{F_a}{F_b^2}。$$

C1.4 标准不确定度分量评定

C1.4.1 测量重复性引入的标准不确定分量 u_{11}

在上述规定条件下，用标准测力仪对校准对象的 800 N 测量点进行 10 次正行程的重复测量，每次测量应在卸载后进行，设其示值分别为 F_{a1} 、 F_{a2} 、…… F_{a10} ，则

$$\bar{F}_a = \frac{\sum_{i=1}^{10} F_{ai}}{10}。$$

用贝塞尔法计算单次标准偏差： $s(F_a) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{10} (\bar{F}_a - F_{ai})^2}{n-1}}$ 。

实际校准是以 3 次读数的算术平均值计算示值相对误差，则：

$$u_{11} = s(\bar{F}_a) = \frac{s(F_a)}{\sqrt{3}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{10} (\bar{F}_a - F_{ai})^2}{3(n-1)}}。$$

C1.4.2 校准对象指示装置分辨力引入的标准不确定度分量 u_{12}

校准对象指示装置的分度值为 d ，其半宽度为 $0.5d$ 。按均匀分布估计， $k = \sqrt{3}$ 。

$$\text{即： } u_{12} = \frac{0.5d}{\sqrt{3}} = 0.29d。$$

由于测量重复性引入的标准不确定分量实际上已包含校准对象指示装置分辨力因素，一般不重复考虑，评定时可比较 u_{11} 、 u_{12} ，且选其大者作为参与评定的分量。

C1.4.3 顶杆轴线（试验力方向）偏离测量传感器受力方向引入的不确定度分量 u_{13}

本规范规定试验仪的顶杆轴线与其夹具基面（水平面）的不垂直度不超过 0.4 mm/30 mm。按此考虑所造成的试验力误差，则

$$\Delta F_a = \bar{F}_a \left(1 - \frac{30}{\sqrt{30^2 + 0.4^2}} \right) = 8.7 \times 10^{-5} \bar{F}_a。按均匀分布， $k = \sqrt{3}$ ，其标准不确定度$$

$$\text{分量 } u_{13} = \Delta F_a / \sqrt{3} = 5.0 \times 10^{-5} \bar{F}_a。$$

C1.4.5 标准测力仪准确度引入的标准不确定度分量 u_2

标准测力仪准确度为 0.3 级，即最大相对误差为 $\pm 0.3\%$ ，半宽度为 0.3%，按均匀分布， $k = \sqrt{3}$ 。即：

$$u_2 = \frac{0.3\%}{\sqrt{3}} F_b = \sqrt{3} \times 10^{-3} F_b。$$

C1.5 标准不确定度分量一览表

标准不确定度分量一览表见表 C.1。

表 C.1 标准不确定度分量一览表

标准不确定度分量 u_i		不确定度来源	标准不确定度值	灵敏系数 c_i	$ c_i u_i$ (%)
u_1	u_{11}	测量重复性	$\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{10} (\bar{F}_a - F_{ai})^2}{3(n-1)}}$	$\frac{1}{F_b}$	$\frac{1}{F_b} \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{10} (\bar{F}_a - F_{ai})^2}{3(n-1)}}$
	u_{12}	试验仪示值分辨力	$0.29d$		$\frac{0.29d}{F_b}$
	u_{13}	顶杆轴线与夹具基面垂直度	$5.0 \times 10^{-5} \bar{F}_a$		$5.0 \times 10^{-4} \frac{\bar{F}_a}{F_b}$
u_2		标准测力仪准确度	$\sqrt{3} \times 10^{-3} F_b$	$-\frac{F_a}{F_b^2}$	$-\sqrt{3} \times 10^{-3} \frac{F_a}{F_b}$

注：当 $u_{12} < u_{11}$ 时， $u_1 = \sqrt{u_{11}^2 + u_{13}^2}$ ；当 $u_{11} < u_{12}$ 时， $u_1 = \sqrt{u_{12}^2 + u_{13}^2}$ 。

C1.6 合成标准不确定度 u_c

上述各分量相户独立，则 $u_c = \sqrt{c_1^2 u_1^2 + c_2^2 u_2^2}$ 。

C1.7 扩展不确定度 U (取 $k=2$)

扩展不确定度： $U = k \cdot u_c$ ($k=2$)。

C2 皮革崩裂仪伸展高度测量不确定度分析

C2.1 概述

C2.1.1 环境条件：温度 $(20 \pm 10)^\circ\text{C}$ ，相对湿度： $\leq 80\%$ 。

C2.1.2 测量标准：深度千分尺，测量范围 $(0 \sim 50)$ mm，分度值：0.01 mm。

C2.1.3 校准对象：伸展高度测量装置，测量范围 $(0 \sim 30)$ mm，分度值 $d=0.01$ mm，MPE： ± 0.05 mm。

C2.1.4 测量方法：在规定的环境条件下，把被校准的测量装置示值清零后，操作驱动系统使夹持装置下降（顶杆伸展）一定行程，同时读取伸展高度测量装置的示值，再用深度千分尺测量顶杆相对移动的实际值。将测量装置的示值与测量的实际值进行比较，计算伸展高度示值误差。

C2.2 测量模型 $E = X - L + X \cdot a_x \cdot \Delta t - L \cdot a_l \cdot \Delta t$

实际计算中可认为 $X \approx L$ ，且温度影响长度变量很小，可忽略不计，则测量模型可简化为： $E=X - L$

式中： E ——伸展高度示值误差，mm；

X ——伸展高度测量装置的示值，mm；

L ——用深度千分尺测量顶杆相对移动的实际值，mm。

C2.3 测量不确定度来源及灵敏系数

测量不确定度主要来源有：（1）测量重复性引入的不确定度分量；（2）深度千分尺准确度引入的不确定度分量；（3）校准对象指示装置分辨力引入的不确定度分量。其他因素影响量极小，忽略不计。

$$\text{灵敏系数： } c_x = \frac{\partial(E)}{\partial X} = 1, \quad c_l = \frac{\partial(E)}{\partial L} = -1。$$

C2.4 标准不确定度分量评定

C2.4.1 测量重复性引入的标准不确定分量 u_1

在上述规定条件下，用深度千分尺对被校对象在某一行程的示值误差进行 10 次重复测量，其示值误差 E_i 如下（mm）：0.002、0.005、0.003、0.004、0.005、0.003、0.002、0.005、0.003、0.005。

用贝塞尔法计算单次标准偏差：

$$s(E) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{10} (\bar{E} - E_i)^2}{n-1}} = 0.002 \text{ (mm)}$$

实际校准时，每个测量点仅进行一次测量，即 $u_1 = s(E) = 0.002 \text{ mm}$ 。

C2.4.2 校准的指示装置分辨力引入的标准不确定度分量 u_2

校准对象指示装置分度值 $d = 0.01 \text{ mm}$ ，其半宽度为 0.005 mm 。按均匀分布估计， $k = \sqrt{3}$ 。即： $u_2 = \frac{0.005}{\sqrt{3}} = 0.003 \text{ (mm)}$ 。

实际上测量重复性引入的标准不确定分量已包含校准对象指示装置分辨力的因素，且 $u_1 < u_2$ ，故 u_1 不重复考虑。

C2.4.3 深度千分尺准确度引入的不确定度分量 u_3

测量范围（0~50）mm，分度值：0.01 mm 的深度千分尺，在测量点范围内的最大允许误差为 $\pm 0.005 \text{ mm}$ 。其半宽度为 0.005 mm 。按均匀分布估计， $k = \sqrt{3}$ 。

即： $u_3 = \frac{0.005}{\sqrt{3}} = 0.003$ (mm)。

C2.6 标准不确定度分量一览表

标准不确定度分量一览表见表 C.2。

表 C.2 标准不确定度分量一览表

标准不确定度分量 u_i	不确定度来源	标准不确定度 $u_i(x)$	灵敏系数 c_i	$ c_i u_i$
u_2	分辨力	0.003 mm	1	0.003 mm
u_3	深度千分尺准确度	0.003 mm	-1	0.003 mm

上述各分量相互独立，则：

$$\begin{aligned} \text{合成标准不确定度 } u_E &= \sqrt{c_1^2 u_1^2 + c_2^2 u_3^2} \\ &= \sqrt{0.003^2 + 0.003^2} = 0.004 \text{ (mm)} \end{aligned}$$

C2.7 扩展不确定度 U (取 $k=2$)

$$U = k u_E = 2 \times 0.004 = 0.01 \text{ (mm)}, \quad k = 2。$$

C3 皮革崩裂仪伸展速度测量不确定度分析

C3.1 概述

C3.1.1 环境条件：温度 (20 ± 10) °C，相对湿度： $\leq 80\%$ 。

C3.1.2 测量标准：深度千分尺，测量范围 $(0 \sim 50)$ mm，分度值：0.01 mm；机械秒表，分度值 0.1 s。

C3.1.3 校准对象：伸展速度。

C3.1.4 测量方法：在规定的环境条件下，用深度千分尺测量夹具上压盖顶面与钢球顶点的距离 L_a ，然后在启动夹具下降的同时，撤下秒表开始计时，在秒表读数不少于 60 s 时停止下降，再用深度千分尺测量此时夹具上压盖顶面与钢球顶点距离 L_b ，夹具在 1 min 内下降的距离即为伸展速度。

C3.2 测量模型

$$v = \frac{60 \times (L_a - L_b)}{T} = \frac{60 \times \Delta L}{T}$$

式中： v —— 伸展速度，mm/min；

T —— 夹具下降时间，s；

L_a 、 L_b —— 分别为夹具下降前后钢球顶点与其上压盖顶面的距离，mm；

ΔL —— 夹具下降前后钢球顶点与其上压盖顶面的距离差，mm。

C3.3 测量不确定度来源及灵敏系数

测量不确定度主要来源有：（1）夹具在相同下降时间内，下降距离（夹具下降前后钢球顶点与其上压盖顶面的距离差）测量重复性引入的不确定度分量；（2）深度千分尺准确度引入的不确定度分量；（3）秒表准确度引入的不确定度分量。其他因素影响量极小，忽略不计。

$$c_{\Delta L} = \frac{\partial(V)}{\partial(\Delta L)} = 60/T, \quad c_T = \frac{\partial(V)}{\partial T} = -\frac{60 \times \Delta L}{T^2}$$

C3.4 标准不确定度分量评定

C3.4.1 测量重复性引入的标准不确定分量 u_1

用深度千分尺测量夹具在 60 s 内下降的距离，进行 10 次重复测量，其结如下 (mm)：12.022、12.012、12.018、12.016、12.020、12.020、12.016、12.018、12.018、12.015。即 $\bar{\Delta L} = 12.018$ (mm)

用贝塞尔法计算单次标准偏差：

$$s(v) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{10} (\bar{\Delta L} - \Delta L_i)^2}{n-1}} = 0.003 \text{ (mm)}$$

实际校准时，每个测量点仅进行一次测量，即 $u_1 = s(L) = 0.003$ mm。

C3.4.2 深度千分尺分辨力引入的标准不确定度分量 u_2

深度千分尺分度值 $d = 0.01$ mm，其半宽度为 0.005 mm。按均匀分布估计，

$$k = \sqrt{3}。即：u_2 = \frac{0.005}{\sqrt{3}} = 0.003 \text{ (mm)}。$$

实际上测量重复性引入的标准不确定分量已包含深度千分尺分辨力的因素，故 u_2 不重复考虑。

C3.4.3 深度千分尺准确度引入的不确定度分量 u_3

测量范围 (0~50) mm, 分度值: 0.01 mm 的深度千分尺, 在测量点范围内的最大允许误差为 ± 0.004 mm。其半宽度为 0.004 mm。按均匀分布估计, $k=\sqrt{3}$ 。

$$\text{即: } u_3 = \frac{0.004}{\sqrt{3}} = 0.0023 \text{ (mm)}。$$

C3.4.4 秒表准确度引入的不确定度分量 u_4

测量范围 (0~30) min, 分度值: 0.1 s 的秒表, 在测量范围内的最大允许误差为 ± 0.1 s。其半宽度为 0.1 s。按均匀分布估计, $k=\sqrt{3}$ 。

$$\text{即: } u_4 = \frac{0.1}{\sqrt{3}} = 0.058 \text{ (s)}。$$

C3.5 标准不确定度分量一览表

标准不确定度分量一览表见表 C.3。

表 C.3 标准不确定度分量一览表

标准不确定度分量 u_i	不确定度来源	标准不确定度 u_i (x)	灵敏系数 c_i	$ c_i u_i$
u_1	测量重复性	0.003 mm	$60/T$	0.18 mm/min
u_3	深度千分尺准确度	0.0023 mm	$60/T$	0.14 mm/min
u_4	秒表准确度	0.058 s	$-\frac{60 \times \Delta L}{T^2}$	0.70 mm/min

上述各分量相互独立, 则:

$$\begin{aligned} \text{合成标准不确定度 } u_E &= \sqrt{c_1^2 u_1^2 + c_3^2 u_3^2 + c_4^2 u_4^2} \\ &= \sqrt{0.18^2 + 0.14^2 + 0.70^2} = 0.73 \text{ (mm/min)} \end{aligned}$$

C.6 扩展不确定度 U (取 $k=2$)

$$U = k u_E = 2 \times 0.73 = 1.5 \text{ (mm/min)}, k = 2。$$