

卷烟条包装盒压痕挺度测量不确定度的评定

王静

(昆明瑞丰印刷有限公司, 昆明 650217)

摘要: **目的** 以卷烟条包装盒为研究对象, 依据 YC/T 330 测定卷烟条包装盒的纵、横向压痕挺度, 分析由折痕挺度仪、试样裁切尺寸偏差及测量重复性所引入的测量不确定度值, 从而得到卷烟条包装盒压痕挺度的测量不确定度。**方法** 通过对压痕挺度进行 10 次独立重复性试验, 由计算标准偏差得出标准不确定度值, 也称 A 类不确定度; 然后再按 B 类不确定度评价方法对测量仪器及取样尺寸偏差带来的不确定度进行计算, 得出 B 类不确定度; 计算合成不确定度; 最后计算扩展不确定度。**结果** 依据 YC/T 330 测定卷烟条包装盒 A 的扩展不确定度 $U_{\text{纵}}=(83.1\pm 6.22)\text{g}$, $k=2$; $U_{\text{横}}=(59.7\pm 4.20)\text{g}$, $k=2$ 。**结论** 通过评定结果可知, 对不确定度影响分量由大到小依次为试样裁切尺寸偏差、测量重复性、折痕挺度仪校准参数。

关键词: 卷烟条包装盒; 压痕挺度; 不确定度

中图分类号: TB487 文献标识码: A 文章编号: 1001-3563(2019)01-0163-05

DOI: 10.19554/j.cnki.1001-3563.2019.01.026

Evaluation of the Indentation Stiffness Measurement Uncertainty in Cigarette Packet

WANG Jing

(Kunming Richfun Printing Co., Ltd., Kunming 650217, China)

ABSTRACT: The work aims to take the cigarette packet as the research object to determine its longitudinal and lateral indentation stiffness according to YC/T 330, and analyze the measurement uncertainty value introduced by the crease straightener, size deviation of specimen cutting and measurement repeatability, so as to obtain the measurement uncertainty of the indentation stiffness of cigarette packet. The standard uncertainty value, also known as class A uncertainty, was obtained after the standard deviation was calculated by 10 independent repeatability tests on indentation stiffness. Then, the uncertainty caused by measurement instrument and sampling size deviation was calculated according to the evaluation method of class B uncertainty, and the uncertainty of class B was obtained. The synthetic uncertainty was calculated. Finally, the expansion uncertainty was calculated. According to YC/T 330, the expansion uncertainty of cigarette packet A was $U_{\text{longitudinal}}=(83.1\pm 6.22)\text{g}$, $k=2$; $U_{\text{lateral}}=(59.7\pm 4.20)\text{g}$, $k=2$. According to the evaluation results, the influence components on the uncertainty range from large to small are: size deviation of specimen cutting, measurement repeatability and calibration parameters of crease straightener.

KEY WORDS: cigarette packet; indentation stiffness; uncertainty

在卷烟硬盒包装上实施压痕工艺,即在经印刷后的卡纸上,有效控制纸板的变形或断裂,形成有折叠再折叠的能力,使之具有可以与“合页”一样的性能。质量好的压痕在高速包装机上使用流畅,成型后外

观平整饱满,折角笔直挺阔,因此,压痕的质量和性能决定了卷烟包装的成型效果和包装机生产能力是否能正常发挥^[1]。

压痕挺度指卷烟条或盒包装沿着压痕处弯曲 90°

收稿日期: 2018-08-17

作者简介: 王静(1986—),女,助理工程师,主要研究方向为纸包装产品印刷及检验检测。

所需的力^[2]，它是定量描述压痕质量和性能的参数指标，其测量结果的科学、准确、可靠必须得到有效的保障。

测量不确定度，作为与测量结果相关联的一个参数，用于评定测量值的分散性，是评价测量值准确性的指标，测量不确定度越小，用测量值表示真值的可靠性就越高，反之可靠性就越低。测量不确定度主要分为：A类标准不确定度指由偶然效应引起的偏差用统计方法来评定；B类不确定度指由系统效应引起的偏差用统计方法来评定；合成标准不确定度指由各标准不确定度分量合成而得；扩展不确定度指由合成标准不确定度与包含因子的乘积而得^[3]。

文中按照测量不确定度评定办法^[4-7]，就实验室按YC/T330开展的压痕挺度测量扩展不确定度进行评定，以供在出具检验报告进行结果判定时参考使用。

1 实验^[8-15]

1.1 主要仪器与试样

1) 用于测量压痕挺度的仪器：RH-ZT500 折痕挺度仪，广州润湖仪器有限公司。

2) 用于试样裁切的仪器：RH-ZT70 挺度专用取样器，广州润湖仪器有限公司。

3) 试验样品：卷烟条包装盒 A，规格为 282 mm×357 mm，昆明瑞丰印刷有限公司。

1.2 环境条件

试样按 GB/T 10739 对样品进行温湿处理。检测环境：温度为(23±5)℃；相对湿度为(50±5)%^[16]。

1.3 试样的取样位置及要求^[3]

1) 取样位置。试样裁切尺寸见图 1，取样位置见图 2，分为纵向和横向。图 1 中 s 为裁切边到压痕距离， $s=25$ mm； l 为长度， $l=38$ mm； b 为宽度， $b=38$ mm。图 2 中 a_1, a_2 为纵向压痕挺度试样取样位置； b_1, b_2 为横向压痕挺度试样取样位置。

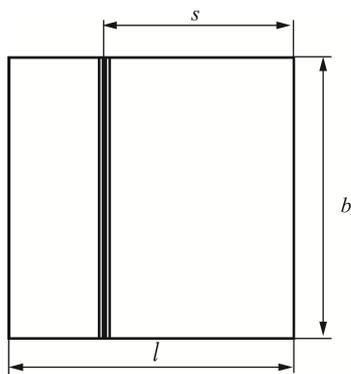


图 1 试样裁切尺寸
Fig.1 Sample cutting size

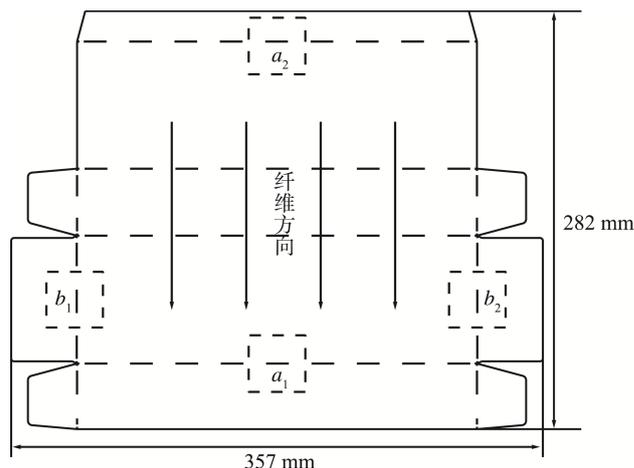


图 2 卷烟条包装盒取样位置
Fig.2 Sampling location of cigarette packet

2) 取样要求。试样尺寸为 38 mm×38 mm。当测量仪器规格不同时，在不影响设备使用或测量精度的前提下，允许压痕线垂直方向尺寸与标准不同，但应大于 36 mm。

1.4 测试过程及结果表述

1) 按印刷拼版号(1, 2, 3, 4)逐号进行，根据图 1—2 所示取样，合计取样 10 组，每组纵向试样 8 个，横向试样 8 个。

2) 将取好的试料放入测试杆上夹紧固定好，然后将其旋转 90°，记录测量读数。

3) 每组试验完成后分别记录纵向压痕挺度及横向压痕挺度结果，其中纵向压痕挺度以所有版号的 a_1, a_2 测试的算术平均值表示，横向压痕挺度以所有版号的 b_1, b_2 测试的算术平均值表示。单位为 g，结果精确到 0.1 g。

1.5 数学模型

压痕挺度按式(1)进行计算^[17]：

$$Y_{纵} = \frac{\sum_{i=1}^i X_i}{9.8 \times 8}, \quad Y_{横} = \frac{\sum_{k=1}^k X_k}{9.8 \times 8} \quad (1)$$

式中： $Y_{纵}$ 为纵向压痕挺度(g)； $Y_{横}$ 为横向压痕挺度(g)； X_i 为弯曲 90°测量的纵向折痕力(mN)； X_k 为弯曲 90°测量的横向折痕力(mN)， $k=1, 2, \dots, 8$ 。

1.6 不确定度的来源

由测量过程及数学模型可知，压痕挺度测量结果受环境温度和湿度、卷烟条包装盒本身的不均匀性、试样尺寸偏差、测量力值等影响。测量过程在恒温恒湿的环境下进行，温湿度符合标准方法要求，因此环境温湿度对测量不确定度的影响可以忽略不计。基于卷烟条包装盒本身的不均匀性，使在不同位置上压痕挺度存在不相同的现象。通过在不同压痕位置均匀取

样及对所取试样进行重复测量,使其对不确定度的影响包含在重复性的影响量中。试样尺寸偏差的不确定度来源于试样裁切所允许的误差范围,测量力值的不确定度来源于折痕挺度仪校准,因此压痕挺度测量的不确定度主要来源于以下几方面:测量重复性引入的不确定度分量;试样尺寸偏差引入的不确定分量;折痕挺度仪校准引入的不确定度分量。

2 不确定度分量评定结果

2.1 测量重复性引入的不确定度分量

按 1.4 节测试过程进行 10 次独立重复测量,并记录各纵、横向压痕挺度的实际测量值,并用每次测量的纵、横向压痕挺度的算术平均值表示单次测量结果,然后用贝塞尔公式^[4]计算单次测量的标准偏差。10 组试验数据见表 1—2。

10 组试验测得的实验标准偏差为

$$S_{\text{纵}}(X_i) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X}_i)^2}{n-1}} = 16.151\ 03\ \text{mN}, \text{ 其自由度}$$

$$v=n-1=9, S_{\text{横}}(X_k) = \sqrt{\frac{\sum_{k=1}^n (X_k - \bar{X}_k)^2}{n-1}} = 8.839\ 512\ \text{mN}, \text{ 其自由度 } v=n-1=9。$$

因为实际测量只由一次测量值计算出,测量重复性引起的标准不确定度等于测量实验标准偏差,因此,烟标 A 压痕挺度测量的相对标准不确定度为:

$$u_{r\text{纵}}(\bar{X}_i) = \frac{S_{\text{纵}}(X_i)}{\bar{X}_i} = 0.019\ 84$$

$$u_{r\text{横}}(\bar{X}_k) = \frac{S_{\text{横}}(X_k)}{\bar{X}_k} = 0.015\ 10$$

2.2 折痕挺度仪引入的不确定度分量

折痕挺度仪校准证书给出的示值误差为±0.5%,假设均匀分布, $k=\sqrt{3}$, 则:

$$u_{s\text{纵}} = 2.351\ \text{mN}$$

$$u_{s\text{横}} = 1.690\ \text{mN}$$

烟标 A 压痕挺度由折痕挺度仪引入的相对标准不确定度为:

$$u_{r\text{纵}}(s) = \frac{u_{s\text{纵}}}{\bar{X}_i} = 0.002\ 89$$

$$u_{r\text{横}}(s) = \frac{u_{s\text{横}}}{\bar{X}_k} = 0.002\ 89$$

折痕挺度仪校准证书给出压痕挺度臂长误差为±0.15 mm,假设均匀分布, $k=\sqrt{3}$, 则 $u_s(b)=0.0866\ \text{mm}$ 。

压痕挺度臂长为 10 mm, 因此

$$u_r(b) = \frac{u_s(b)}{10} = 0.008\ 66。$$

表 1 烟标 A 纵、横向压痕挺度测定值
Tab.1 Measured values of longitudinal and transverse indentation stiffness of smoke mark A mN

组别	拼版号	a_1	a_2	b_1	b_2
1	1	786	1071	552	564
	2	762	685	629	580
	3	777	900	701	554
	4	710	793	552	577
2	1	747	926	559	541
	2	813	752	675	587
	3	768	822	591	551
	4	749	819	546	543
3	1	790	961	538	519
	2	757	743	689	600
	3	748	843	630	526
	4	684	811	576	562
4	1	748	978	528	523
	2	774	723	652	594
	3	773	873	619	550
	4	692	804	555	550
5	1	796	978	537	543
	2	826	747	625	573
	3	830	890	674	585
	4	730	899	574	550
6	1	813	1023	533	599
	2	814	745	606	695
	3	837	891	555	701
	4	680	868	537	578
7	1	779	1059	612	571
	2	791	722	639	562
	3	788	871	675	536
	4	773	797	562	534
8	1	751	1051	521	558
	2	816	738	651	583
	3	832	840	658	617
	4	665	828	563	532
9	1	794	986	568	527
	2	825	776	712	620
	3	841	852	642	564
	4	734	831	563	555
10	1	734	956	591	537
	2	768	756	641	567
	3	877	859	692	583
	4	685	815	560	557
平均值		814.24	815.39	585.39	

表2 烟标A纵、横向压痕挺度统计算术平均值
Tab.2 Statistical arithmetic mean values of longitudinal and transverse indentation stiffness of smoke mark A mN

组数	纵向 X_i	横向 X_k
第1组	792.13	580
第2组	795.63	571.38
第3组	837	582.626
第4组	833.88	600.5
第5组	822.5	586.38
第6组	815.12	585.38
第7组	829.88	593.88
第8组	806.25	591
第9组	799.5	574.12
第10组	810.5	588.62

由折痕挺度仪引入的合成标准不确定度为：

$$u_{c纵}(h) = \sqrt{u_{r纵}^2(S) + u_r^2(b)} = 0.009\ 129$$

$$U_{c横}(h) = \sqrt{u_{r横}^2(S) + u_r^2(b)} = 0.009\ 129$$

2.3 试样尺寸偏差引入的不确定度分量

压痕线垂直方向尺寸允许与标准不同，最大取样允许误差为 (38 ± 2.0) mm，假设均匀分布， $k = \sqrt{3}$ ，则： $u_{s纵} = 1.1547$ mm。

试样尺寸为 $38\text{ mm} \times 38\text{ mm}$ ，则 $u_{r(s)} = 0.030\ 387$ 。

2.4 合成标准不确定度

$$u_{r(c纵)} \sqrt{(u_{r纵}(\bar{X}_i))^2 + (u_{c纵}(h))^2 + (u_r(S))^2} = 0.037\ 421$$

$$u_{r(c横)} = \sqrt{(u_{r横}(\bar{X}_k))^2 + (u_{c横}(h))^2 + (u_r(S))^2} = 0.035\ 139$$

由此，烟标A的纵向及横向压痕挺度的合成标准不确定度为：

$$u_{c纵} = 0.037\ 421 \times 83.09 = 3.11\ \text{g}$$

$$u_{c横} = 0.035\ 139 \times 59.73 = 2.10\ \text{g}$$

2.5 扩展不确定度

取包含因子 $K=2$ ，则有 $U_{纵} = 6.22\ \text{g}$ ， $U_{横} = 4.20\ \text{g}$ 。

2.6 测量不确定度报告^[18]

烟标A纵、横向压痕挺度的测量不确定度： $U_{纵} = 6.22\ \text{g}$ ， $k=2$ ； $U_{横} = 4.20\ \text{g}$ ， $k=2$ 。

被测样品压痕挺度允许公差为 $\pm 10\ \text{g}$ ，而 $6.22/20 = 0.311 < 1/3$ ，满足 $1/3$ 原则，测量不确定度符合JJG 1059.1—2012要求。

3 结语

结合数学模型及测量过程，通过对压痕挺度测量不确定度的各影响分量进行分析和评定可知，在几个

关键的分量内，试样裁切尺寸偏差对不确定度评定的影响最大。检测过程中应检查每一个测量后的样品状态，确保测量在压痕处弯曲，避免明显偏大的异常结果；应尽可能减小与压痕线垂直方向的裁切误差，若受样品本身尺寸影响，导致裁切尺寸偏离检测方法，应停止使用该方法进行检测；应加强实验室人员压痕挺度取样过程监督核查，确保裁取试样误差符合要求；应定期对检测设备进行检定和核查，确保检测设备状态有效。

参考文献：

- [1] 肖凯丹, 汤琳, 袁丹宇. 压痕挺度仪比对试验结果与分析[J]. 轻工科技, 2017, 33(6): 134—135.
XIAO Kai-dan, TANG Lin, YUAN Dan-yu. Comparison Test Results and Analysis of Indentation Stiffness Meter [J]. Light Industry Technology, 2017, 33(6): 134—135.
- [2] YC/T 330—2014, 卷烟条与盒包装纸印刷品[S].
YC/T 330—2014, Cigarette Strips and Box Paper Prints[S].
- [3] 张艳云. 误差与测量不确定度分析在长度计量检定与校准中的应用[J]. 仪器仪表标准化与计量, 2018(5): 36—37.
ZHANG Yan-yun. Application of Error and Measurement Uncertainty Analysis in Length Measurement Verification and Calibration[J]. Instrument and Meter Standardization Quantity, 2018(5): 36—37.
- [4] JJF 1059.1—2012, 测量不确定度评定与表示[S].
JJF 1059.1—2012, Measurement Uncertainty Evaluation and Representation[S].
- [5] CNAS-CL07, 测量不确定度的要求[S].
CNAS-CL07, Requirement for Measurement Uncertainty[S].
- [6] CNAS-CL01, 检测和校准实验室能力认可准则[S].
CNAS-CL01, Test and Calibration Laboratory Accreditation Criteria[S].
- [7] 刘建坤, 朱家平, 郑荣华. 测量不确定度评定研究现状及进展[J]. 现代科学仪器, 2013(5): 12—17.
LIU Jian-kun, ZHU Jia-ping, ZHENG Rong-hua. Status and Progress of Measurement Uncertainty Evaluation Research[J]. Modern Scientific Instruments, 2013(5): 12—17.
- [8] 梁慧颖, 郭春梅, 付君君. 水平仪检定器分度值误差的测量结果不确定度评定[J]. 太原科技, 2008(11): 47—48.
LIANG Hui-ying, GUO Chun-mei, FU Jun-jun. Evaluation of Uncertainty of Measurement Results of Calibrating Error of Graduation Value of the Level Gauge[J]. Taiyuan Technology, 2008(11): 47—48.
- [9] 张学英. 碳酸钠标准滴定液两种不确定度评定法的比较[J]. 计量技术, 2018(5): 13—17.

- ZHANG Xue-ying. Comparison of Two Uncertainty Evaluation Methods for Standard Titration Solution of Sodium Carbonate[J]. Measurement Technology, 2018(5): 13—17.
- [10] 李中皓, 唐纲岭, 陈再根, 等. 顶空-气质联用法测定卷烟包装材料中苯不确定度评定[J]. 质谱学报, 2009, 30(6): 359—363.
LI Zhong-hao, TANG Gang-ling, CHEN Zai-gen, et al. Determination of Benzene Uncertainty in Cigarette Packaging Materials by Headspace-temperature Method[J]. Journal of Mass Spectrometry, 2009, 30(6): 359—363.
- [11] 佟伟, 姬伟. 圆柱螺纹塞规单一中径测量结果不确定度评定[J]. 中国检验检测, 2018, 26(1): 24—25.
TONG Wei, JI Wei. Evaluation of Uncertainty of Measurement Results of Single Middle Diameter of Cylindrical Thread Plug Gauge[J]. China Test, 2018, 26(1): 24—25.
- [12] 董亚红, 郑浩然. 可视滴定法测定不锈钢中铬含量的不确定度评定[J]. 中国检验检测, 2018, 26(1): 26—28.
DONG Ya-hong, ZHENG Hao-ran. Evaluation of Uncertainty of Determination of Chromium Content in Stainless Steel by Visible Titration[J]. China Test, 2018, 26(1): 26—28.
- [13] 孟祥艳, 王雪蓉, 王倩倩, 等. 塑料氧化诱导期影响因素分析及其测量不确定度评定[J]. 理化检验(物理分册), 2018, 54(6): 427—430.
MENG Xiang-yan, WANG Xue-rong, WANG Qian-qian, et al. Analysis of Influencing Factors During the Induction Period of Plastics Oxidation and its Measurement Uncertainty Evaluation[J]. Physical and Chemical Testing(Physical Book), 2018, 54(6): 427—430.
- [14] 王承忠. 测量不确定度基本原理和评定方法及在材料检测中的评定实例 第一讲 测量不确定度的基本原理和定义[J]. 理化检验(物理分册), 2013, 49(9): 597—604.
WANG Cheng-zhong. Basic Principles and Evaluation Methods of Measurement Uncertainty and Evaluation Examples in Material Testing, First, Basic Principles and Definitions of Measurement Uncertainty[J]. Physical and Chemical Testing (Physical Volume), 2013, 49(9): 597—604.
- [15] 孙雄飞, 王磊. 紫铜板布氏硬度试验的测量不确定度评定[J]. 理化检验(物理分册), 2018, 54(6): 438—441.
SUN Xiong-fei, WANG Lei. Evaluation of Measurement Uncertainty of Copper Sheet Brinell Hardness Test[J]. Physical and Chemical Testing (Physical Journal), 2018, 54(6): 438—441.
- [16] GB/T 2679.3, 纸和纸板挺度的测定[S].
GB/T 2679.3, Determination of Paper and Cardboard Stiffness[S].
- [17] GB/T 8170, 数值修约规则与极限数值的表示和判定[S].
GB/T 8170, Value Revision Rule and Limit Value Representation and Determination[S].
- [18] 周航. 测量不确定度的概念简析及应用实例[J]. 衡器, 2016, 45(3): 25—26.
ZHOU Hang. Brief Analysis of the Concept and Application of Measurement Uncertainty[J]. Weighing Apparatus, 2016, 45(3): 25—26.