

PET 瓶垂直度测定标准与方法探讨

于坤, 康莉, 薛瑞

(天津市纺织纤维检验所, 天津 300192)

摘要: 对 PET 瓶垂直度现行标准的定义、检验方法和检验结果进行了解读分析, 提出了现行标准存在的问题, 并给出了解决的方案。结合实际操作, 对检验数据进行测量不确定度的评价, 提出了现有检验方法的操作性和测量重复性差的问题, 并进一步探讨了新的检验方法。

关键词: PET 瓶; 垂直度; 标准; 检验方法

中图分类号: TB487 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2013)17-0056-04

Discussion on Verticality Measurement Standards and Methods of PET Bottle

YU Kun, KANG Li, XUE Rui

(Tianjin Textile Fibre Inspection Institute, Tianjin 300192, China)

Abstract: According to the interpretation of the definition, measurement method and results of verticality of PET bottles, the problems and solutions of the current standard were put forward. Combined with practical operation measurement uncertainty on test data was evaluated. The inferior operability and reproducibility of current measurement method was put forward. New measurement method was further discussed.

Key words: PET bottle; verticality; standard; measurement method

由于 PET 瓶具有质量轻、运输、保存性佳等特点, 因而成为食品的主要包装容器。PET 瓶还具有无毒、低环境污染性及低能源消耗性等优势, 同时具备耐热、耐压等功能, 逐渐取代了如 PVC 瓶、铝罐、铁罐、玻璃瓶等传统包装材料, 其包装的产品也由饮料、液体食品扩大到化妆品和其他产品领域的包装, 成为最具成长潜力的包装容器。

作为包装产品, 不但要具有保护内装物的功能, 还要经得起填充、灌装等生产线对包装的考验, 因此包装产品的物理性能非常重要。垂直度是塑料瓶的重要物理性能, 它不但起着美化商品的销售功能, 还直接影响生产线的传送、填充、灌装的质量, 影响生产流水线的正常运转。如果垂直度偏差过大, 会影响瓶子的其他物理性能, 例如会造成封盖不严, 密封性能不好, 直接影响着内装产品保质性能。再如垂直度偏差过大, 还会影响瓶子的垂直载压性能, 有可能造成瓶子破损、内装物泄露, 污染其他商品, 甚至有可能在堆码时发生倒塌, 进而影响商品在流通环节的储存、

运输的质量, 因此控制好这项指标, 也是控制瓶子质量的关键项目之一。

关于瓶子的垂直度检测, 由于现行标准制定时间较早, 标准中的一些细节规定不够详细, 导致对标准有着不同的理解, 不同实验室的检测方法有所差别、结果有所差异。

1 现行标准中垂直度的定义和检验方法

对于 PET 瓶的垂直度指标, 涉及 QB 2357—1998 聚酯(PET)无汽饮料瓶、QB/T 1868—2004 聚对苯二甲酸乙二醇酯(PET)碳酸饮料瓶和 QB/T 2665—2004 热灌装用聚对苯二甲酸乙二醇酯(PET)瓶等标准。对于垂直度的概念, 在上述标准中定义为瓶几何中心轴线与底平面的垂直轴线的偏差值^[1]。

标准中垂直度的测试方法, 在 QB/T 1868—2004 标准中的规定: 常温下瓶内注 2/3 的水, 置于垂直度偏差测试仪中, 以支撑环作测量点, 瓶下贴近夹具, 转

收稿日期: 2013-06-25

作者简介: 于坤(1973—), 女, 满族, 工程硕士, 天津市纺织纤维检验所高级工程师, 主要研究方向为轻纺产品的标准与检验。

动 360° , 用千分表找出最小值; 将指示表零位调整到指针处, 再次转动 360° , 记录千分表指针偏转的最大值, 并记录测试结果^[2]。

2 对现行标准中定义和检验方法的解读和分析

按照现行标准给出的定义, 垂直度偏差的测量结果应该是瓶口支撑环的圆心投影到瓶底面上的点与瓶底圆心之间的距离, 即 O 与 O' 之间的距离(见图 1)。

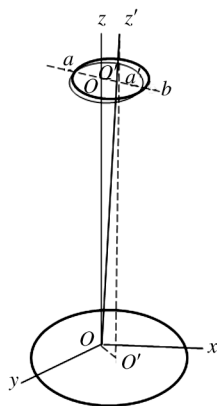


图 1 垂直度偏差立体示意

Fig. 1 3D sketch map of verticality deviation

对于 PET 瓶的垂直度指标的检验方法, 依据 QB/T 1868—2004 聚对苯二甲酸乙二醇酯(PET)碳酸饮料瓶相关条款进行测试。对标准上的测量方法解读如下所述。

第 1 步: 在图 2 中小圆上(即支撑环)任意一点,

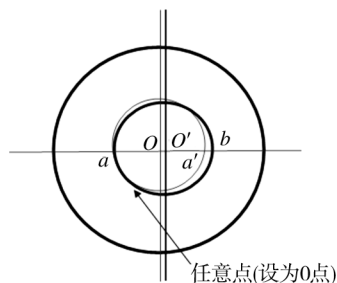


图 2 垂直度偏差俯视示意

Fig. 2 Overlooking sketch map of verticality deviation

设为 0 点, 以 O 点为中心, 转动瓶子 360° , 理想状态是 O 与 O' 是重合的, 也就是说转动一周的每一点, 表针都应指为 0。反之, 如果表针不为 0, 说明小圆的圆心与大圆不重合, 也就是说垂直度有偏差。这时找到最

小值, 并将这个点作标记。

第 2 步: 以第 1 步找到的标记点, 设为 0 点, 转动瓶子 360° 找到最大值 $b-a'$, 即 b 偏离 a 的值, 也就是 b 与 a' 之间的距离, 也就是作为偏离圆心 O 的距离, 即 $OO' = a'b$ (即测量的最大值)。

对于检验结果的解读: 按照行业标准 QB/T 1868—2004 试验方法, 试验中只读了 2 个数据, 第 1 次是“找出最小值”, 第 2 次是“指针偏转最大值”, 只写到记录数据, 并没有说明结果表示, 也没给出计算公式或数据处理方法。由此导致实验室之间对结果处理理解的不同, 从而产生不同的结果。有的实验室以记录最大值与最小值为结果, 有的实验室以最大值减去最小值之差为结果。总之, 理解不同, 结果显然不同, 这是急需统一的问题。为此, 依据以下的分析, 提出了对于检验结果的计算公式。

如图 2 所示, 其中 r 表示内环半径, 因为 $aO + OO' = r$, $O'a' + a'b = r$, 则: $aO + OO' = O'a' + a'b$ 。又: $aO = OO' + O'a'$ 代入 $aO + OO' = O'a' + a'b$, 得: $2OO' = a'b$ 。所以: $OO' = 1/2 a'b$, 即 PET 瓶垂直度偏差为最大值读数的 $1/2$ 。该公式与 GB/T 8452—2008^[3] (修改采用 ISO 98008—1991) 玻璃瓶罐垂直轴偏差的方法公式是一致的。

由此可见, 目前的检验方法对检验结果的表示, 没有明确的计算公式, 而且依据现行标准的取值, 不符合标准对于垂直度偏差的定义。

3 按照检测方法实际操作中遇到问题的探讨

3.1 PET 瓶垂直度偏差测量不确定度的评价^[4-5]

表 1 是对同一 PET 瓶样品测量 10 次垂直度偏差的数据, 下面对其进行不确定度分析^[6]。

3.1.1 不确定度的 A 类计算

1) 平均值:

$$\bar{t} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n t_i = 1.228$$

2) 标准偏差:

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (t_i - \bar{t})^2}{n-1}} = 0.427$$

3) A 类标准不确定度:

$$u_1(t) = \frac{s}{\sqrt{n}} = 0.135$$

表1 对同一 PET 瓶垂直度偏差重复 10 次测量的测量值
Tab.1 10 times repeated measured value of the same PET bottle

测量读数/mm	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	1.67	1.71	2.66	1.85	2.39	3.73	1.98	3.71	1.54	3.32
检测结果/mm	t_1	t_2	t_3	t_4	t_5	t_6	t_7	t_8	t_9	t_{10}
	0.835	0.855	1.330	0.925	1.195	1.865	0.990	1.855	0.770	1.660

3.1.2 不确定度的 B 类计算

B 类不确定度主要来源于仪表。

1) 仪表的校准给出的不确定度。检定证书未给出,故其不准确度由仪表最大允许误差得到,已知仪表最大允许误差为 ± 0.01 mm,矩形分布估计:

$$u_{b1} = 1/\sqrt{3} = 0.0577 \text{ mm}$$

2) 仪表的读数误差引起的不确定度。仪表的读数误差为 0.01 mm,按均匀分布估计:

$$u_{b2} = 0.0577 \text{ mm}$$

仪表的测量不确定度为:

$$u_2(t) = 0.082 \text{ mm}$$

3.1.3 合成不确定度

$$u_{(c)} = \sqrt{u_1^2(t) + u_2^2(t)} = 0.16$$

3.1.4 测量结果

垂直度偏差为 (1.23 ± 0.16) mm。

3.1.5 扩展不确定度

取包含因子 $k=2$, $u_{(c)} = 2u_{(c)} = 0.32$

3.1.6 结果报告

垂直度偏差为 (1.23 ± 0.32) mm(其中扩展不确定度 0.32 mm)。

3.2 不确定度产生的具体原因分析

从以上标准偏差所表征的测量结果分散量 $s = 0.427$ 来看,说明该测量结果的分散性较大。从每个不确定度分量来分析:其中来源于 B 类(仪表方面)的不确定度分量较小。通过计算,仪表方面的不确定度主要来源于校准给出的不确定度和仪表的示值误差导致的不确定度 $u_2(t) = 0.082$ mm,不难看出,仪表方面的不确定度在测量结果所占的贡献,比例是较小的。另一方面,占测量结果的不确定度较大的分量主要来源于 A 类的不确定度分量。也就是说,在相同条件下,由样品测量的变动性对测量结果不确定度所产生的贡献会导致测量结果的重复性较差。

在测量中发现,对测量结果影响主要来源于以下几个方面。

3.2.1 支撑环的尺寸不均匀

PET 瓶的材料性质和制造工艺,会因影响到瓶口支撑环的尺寸、厚薄而产生偏差,测量垂直度的部位就是在支撑环部位,因此支撑环尺寸的偏差会以很大的比例影响垂直度的测量结果。在测量时实验室应考虑其对测量结果的影响程度,并进行分析,给出影响测量结果的不确定度分量,以此来说明测量的结果。

3.2.2 手工操作较难控制测量仪表的指针对准瓶的支撑环^[7]

标准规定检测方法是 will 仪表的指针对准瓶的支撑环,进行转动。手工控制较难,将 2 mm 左右直径的球形测量头对准只有 2 mm 左右宽度的支撑环上,滑过而测得数据不受影响。根据试验经验,在同一试验样品进行多次测量,其结果的重复性很不理想。由此建议将垂直度测定仪作一些改进,将尖测头改为平面测头,用以保证与测量面很好的接触,减少因移动试样造成被测点的偏离,而影响测量数据。

3.2.3 转动试样产生的测量点发生改变

试验用手工转动,这样人手对瓶壁有压力作用,使 PET 瓶发生变形,从而对测量产生一定影响。由于人工操作很难控制用力的大小,所以不同操作者因操作习惯、用力大小的不同都会产生不同测量结果。

将 V 形底板改成可旋转的夹盘,现在已有实验室或仪器研制部门尝试这样的方法,但是由于加持力仍然采用手工控制,因而仍会对样品造成一定的影响。为减小人为因素对样品的影响,建议对夹盘的加持力作一规定,以保证不同实验室测定结果的一致性。

3.2.4 最小值那一点不容易捕捉并设为 0 点

现有的试验方法是将支撑环上任意一点设为 0 点,以 0 点为中心,把瓶子转动 360°,找到最小值,并将这个点标记,然后将最小值标记的那一点设为 0 点,再转动瓶子 360°找到最大值。这个方法存在最小值那一点不容易捕捉的问题,因此建议作如下操作:将支撑环上任意一点设为 0 点,以 0 点为中心,把瓶

子转动 360° , 找到最小值并记录, 再继续转动瓶子 360° 找到最大值, 最终读数 = 最大值 - 最小值, 这样便于操作和减少操作误差。

综上所述, 现行的试验方法在实际检测应用中, 由于其塑料材质的变形性影响, 可操作性和重复性较差。

4 新的检测方法的探讨

4.1 采用测量投影仪进行测量^[8]

测量投影仪又称为光学投影检量仪或光学投影比较仪, 是利用光学投射的原理将被测件的轮廓投影至观察幕上, 并作测量或比对的一种测量仪器。投影仪能高效地检测各种形状复杂工件的轮廓和表面形状。使用计算机技术对数据进行处理, 用测量投影仪对 PET 瓶垂直度进行测定, 能够很大程度提高测量的准确性、再现性和检验效率。同时, 利用投影仪还可以对产品的其他项目, 如口径、支撑环等进行测量, 实现一台仪器测量多个项目的功能。

4.2 采用测量影像仪进行测量^[9]

影像测量仪是集光电计算机图像技术于一体的新型测量仪, 由光学显微镜对被测物进行高倍率光学放大成像, 影像测量仪将捕捉到的图像通过数据线传输到电脑显示器上成像。计算机能够高效地检测各种复杂的物体轮廓、表面尺寸、角度和位置, 理论上完全满足 PET 瓶垂直度测定的技术条件。开发一种新型的软件, 实现测量影像仪对 PET 瓶垂直度进行测量, 不但可以提高测量的准确度, 减少测量时间, 而且还可以实现一台仪器测量多个项目的功能。

5 结语

正像测量值与真值之间存在误差。由于每个试验方法都有一定的局限性, 因而需要试验人员在测量中发现问题, 采用更科学的改进方法, 并制定与之相适应的试验方法标准来指导试验。随着科技的发展, 社会的进步, 人们对产品的质量要求越来越高。随着新产品、新工艺的产生, 一些新的检测项目会不断代替原有的检测项目, 需要开发新的检测仪器和测量方法, 来满足对产品质量的检测的评价, 这是摆在检验

工作者面前新的任务和挑战。

参考文献:

- [1] QB/T 2665—2004, 热灌装用聚对苯二甲酸乙二醇酯 (PET) 瓶[S].
QB/T 2665—2004, Heat-resistant Polyethylene Terephthalate (PET) Bottle[S].
- [2] QB/T 1868—2004, 聚对苯二甲酸乙二醇酯 (PET) 碳酸饮料瓶[S].
QB/T 1868—2004, Polyethylene Terephthalate (PET) Bottle for Carbonation Drink[S].
- [3] GB/T 8452—2008, 玻璃瓶罐垂直轴偏差试验方法[S].
GB/T 8452—2008, Test Method for Verticality of Glass Bottles[S].
- [4] GB 4086.1—1983 统计分布数值表正态分布[S].
GB 4086.1—1983, Tables for Statistical Distributions: Normal Distribution[S].
- [5] JJF 1059.1—2012 测量不确定度评定与表示[S].
JJF 1059.1—2012, Evaluation and Expression of Uncertainty in Measurement[S].
- [16] JJF 1001—2011 通用计量术语及定义技术规范[S].
JJF 1001—2011, General Terms in Metrology and Their Definitions[S].
- [7] GB/T 1219—2008 指示表[S].
GB/T 1219—2008, Dial Gauges[S].
- [8] 王新龙. 二次元影像测量仪的最新发展趋势[EB/OL].
<http://www.mt.hc360.com>.
WANG Xin-long. The Latest Development Trend of Two Dimensional Image Measuring Instrument[EB/OL]. <http://www.mt.hc360.com>
- [9] 梁伟杰 孙健 沈烈. 数字测量投影仪测控系统的设计与研究[EB/OL]. <http://www.cnki.com.cn/Article/CJFD-Total-JDCP200501038.htm>.
LIANG Wei-jie, SUN Jian, SHEN Lie Design and Research about the Measure-control System of Digital Projector[EB/OL]. <http://www.cnki.com.cn/Article/CJFDTotal-JDCP200501038.htm>.