

# 纺织品吸湿速干性能中水分蒸发速率 计算方法探讨

朱 银,赵瑞方,舒桂芳,晏新程

(四川省纤维检验局,四川 成都 610015)

**摘要:**标准 GB/T 21655.1—2008《纺织品 吸湿速干性的评定 第1部分:单项组合试验法》给出了检测水分蒸发速率的计算方法,对浸湿试样记录一定时间点的水分蒸发量,通过这些时刻点的蒸发量绘制时间—蒸发量曲线图,在该曲线图明显趋缓点之前的曲线上作最接近直线部分的切线,该切线的斜率即该试样的水分蒸发速率。但在标准中未能明确指出截取这段时刻点2个端点的具体位置,仅能借助试验人员目光筛选。通过一组试验数据采取2种不同的截取方法来绘制切线,计算出2种不同的斜率。针对相同的数据可能由于人员的差异得出不同的试验结果,提出计算各个时刻点斜率的标准偏差来考虑数据的离散性,提高在实际操作过程中计算水分蒸发速率的准确性和一致性。

**关键词:**吸湿速干性;水分蒸发速率;蒸发量

**中图分类号:**TS107.5

**文献标识码:**A

**文章编号:**1673-0356(2020)03-0038-04

吸湿速干性是考核服装舒适性的重要技术指标,尤其是户外运动服装、贴身穿着的内衣等,对吸湿排汗性能要求更高,因而吸湿速干性项目的检测应用越来越广泛。2008年,国标 GB/T 21655.1—2008《纺织品吸湿速干性的评定 第1部分:单项组合试验法》<sup>[1]</sup>开始实施,越来越多的检测机构使用该标准来考核服装的吸湿速干性。

标准 GB/T 21655.1—2008 包含吸湿性和速干性共5个项目,吸湿性包括吸水率、滴水扩散时间和芯吸高度;速干性包括水分蒸发速率和透湿量。水分蒸发速率项目是考核服装速干性的重要指标,该标准第8.3条规定了水分蒸发速率的检测方法,原理是将一定量的三级水滴到10 cm×10 cm的试样上,并将试样放置在标准大气压环境中悬挂待其蒸发,记录试样从滴入水滴至每隔5 min采集实时浸湿试样的重量,直至两次称量重量变化率不超过1%,即可结束称量。记录每个时刻的蒸发量,绘制时间—蒸发量曲线图。通常情况下,在一定时间后,蒸发量会逐渐减缓,通过时间—蒸发量曲线图可以很直观地观察到蒸发量的变化趋势。标准规定在明显趋缓点之前的曲线上作最接近直线部分的切线,该切线的斜率即该试样的水分蒸发速率。

标准 GB/T 21655.1—2008 未能明确绘制时间—

蒸发量曲线图的具体要求,在检测过程中,试验人员一般可采用手绘图和计算机绘图2种方法实现。具体操作过程中,在曲线上绘制接近直线的切线随机性较大,且重现性较差,因此建议检测人员尽量选用计算机 Excel 软件绘图,既可以提高绘图效率,同时也可保证时间—蒸发量曲线的精确度。本文以标准中绘制时间—蒸发量曲线图的具体计算方法进行相关试验,提出相关探讨与建议。

## 1 水分蒸发速率试验过程

### 1.1 仪器设备及制样

水分蒸发速率项目要求称量试样所需精确度为0.001 g的电子分析天平、精确滴水量的滴定管以及表面光滑且不吸水的试验台面。需准备5块平整无褶皱的10 cm×10 cm的试样,放置在温湿度为(20±2)℃、(65±3)%标准大气环境中进行调湿。

### 1.2 试验步骤

将制备好的5块试样分别称量并记录其原始质量,用滴定管吸入适量的三级水,将0.2 ml左右的水轻轻滴到试样上,立刻称量滴水润湿后的试样,记录重量 $m$ ,将润湿后的试样垂直悬挂在标准大气环境中,每隔5 min进行下一次称量,直至记录的数据变化率不超过1%,即可停止称量。将每隔5 min称量的重量 $m_i$ 记录完整,以便绘制时间—蒸发量曲线图。按照公式(1)、公式(2)计算每次称量的水分蒸发量和水分蒸发率。

收稿日期:2019-11-16

基金项目:原国家质检总局科技计划项目(2017QK131)

作者简介:朱 银(1987-),女,湖北荆门人,硕士,工程师,主要从事纤维及纺织品检测。

$$\Delta m_i = m - m_i \quad (1)$$

$$E_i(\%) = \frac{\Delta m_i}{m - m_0} \times 100 \quad (2)$$

式中： $\Delta m_i$  为水分蒸发量(g)； $m_0$  为试样原始质量(g)； $m$  为试样滴水润湿后的质量(g)； $m_i$  为试样在滴水润湿后某一时刻的质量(g)； $E_i$  为水分蒸发率(%)。

## 2 水分蒸发速率计算方法

标准 GB/T 21655.1-2008 第 8.3 条指出正常的时间-蒸发量曲线通常在某点后蒸发量变化会明显趋缓,在该点之前的曲线上作最接近直线部分的切线,但并没有规定判断其变化趋势的具体条件,最终没有明确切线两个端点的具体位置,因而没有统一确立水分蒸发速率的具体计算方法。根据试验人员具体操作过程,确定该切线的斜率主要有 2 种方法:利用 Excel 软件作线性拟合以及通过计算相邻点之间直线斜率平均值。

### 2.1 利用 Excel 软件作线性拟合

按照标准 GB/T 21655.1-2008 第 8.3 条测试样品水分蒸发量,记录各时间点的称量重量,测试数据见表 1。

表 1 水分蒸发量变化图

原始质量 $m_0/g$	滴水润湿后的质量 $m/g$	滴水润湿时间 $t/min$	试样在滴水润湿后某一时刻的质量 $m_i/g$	水分蒸发量 $\Delta m_i/g$
1.511	1.709	0	1.709	0.000
		5	1.654	0.055
		10	1.619	0.090
		15	1.581	0.128
		20	1.555	0.154
		25	1.546	0.163
		30	1.545	0.164

依据表 1 中的测量数据作时间-蒸发量曲线图(图 1)。按照标准 GB/T 21655.1-2008 中第 8.3.4 条规定,水分蒸发量在一定时间后会慢慢趋于平缓,在明显减缓点之前的曲线上作最接近直线部分的切线,从图 1 的时间-蒸发量曲线图可以观察到润湿试样在 20 min 后的曲线趋势明显减缓,以该时间点为端点作该曲线的切线,利用 Excel 线性拟合生成趋势线  $y = 0.0076x + 0.0092$ (图 2),该切线斜率  $K = 0.0076$ ,故水分蒸发速率  $E_v = 0.0076 \text{ g/min} \times 60 \text{ min/h} = 0.46 \text{ g/h}$ 。

由于标准中并没有明确切线选取的具体的 2 个端

点,也有部分试验人员在所有测试点中截取最接近直线的曲线来确定最终的线性拟合趋势线(图 3),从曲线图可以明显观察出润湿试样从 5 min 至 20 min 蒸发量趋势最接近直线,因而最终截取该时间段曲线作线性拟合<sup>[2]</sup>,该趋势线  $y = 0.0067x + 0.023$ (图 4),该切线斜率  $K = 0.0067$ ,故水分蒸发速率  $E_v = 0.0067 \text{ g/min} \times 60 \text{ min/h} = 0.40 \text{ g/h}$ 。

从图 2 和图 4 中的斜率可以观察出相同的试验数据,可能由于试验人员对标准的理解不同,导致所绘制的切线不一致,所计算出的切线斜率也产生变化,水分蒸发速率的检测结果发生了偏离。

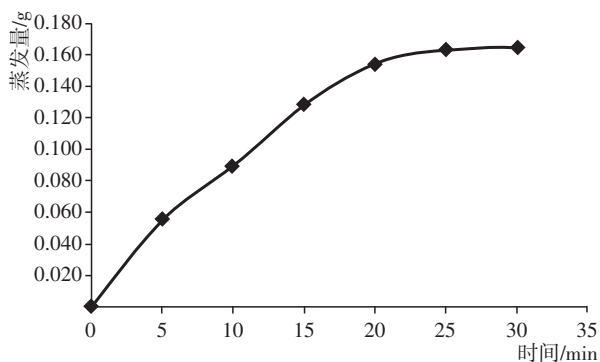


图 1 各时间点时间-蒸发量曲线图

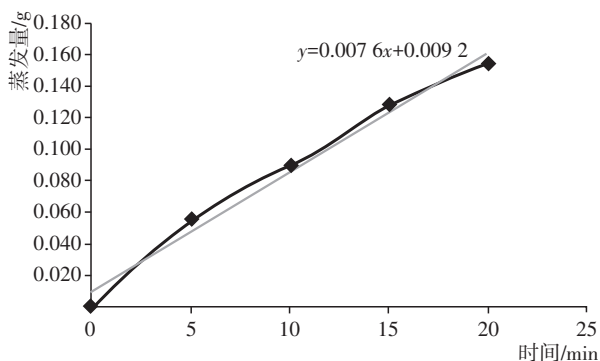


图 2 Excel 线性拟合的水分蒸发速率

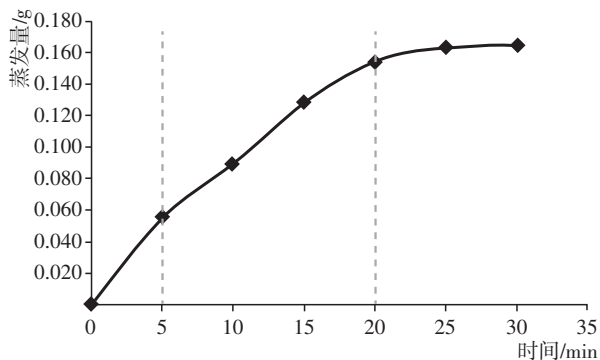


图 3 截取最趋近于直线的各测试点

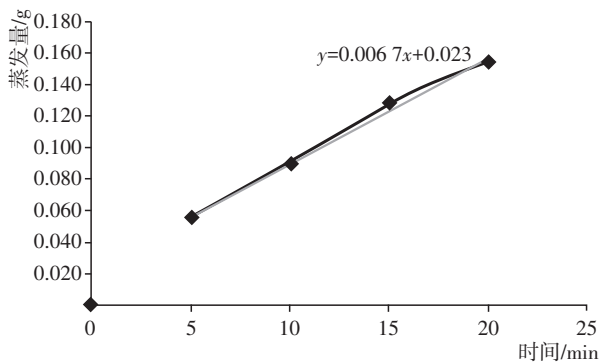


图4 在截取的曲线上作线性拟合

### 2.2 计算相邻点之间直线斜率平均值

标准 GB/T 21655.1—2008 第 8.3.4 条的注规定“如果实际曲线中有与所作切线吻合部分,可以用该部分曲线中不少于 4 个点间实测值计算水分蒸发速率(即不小于 3 个计算值),再求其平均值表示该试样的结果”。从时间—蒸发量趋势图观察润湿试样从 5 min 至 20 min 蒸发量趋势曲线(图 5)部分相吻合,因此以截取的这 4 个时刻点作为计算水分蒸发速率的数值。

在确定截取吻合部分的所有时刻点后,依次计算出 4 个时刻点每两个相邻点之间的斜率,计算 4 个时刻点的水分蒸发速率见表 2。每个时刻点的斜率计算方法见图 6 中 4 个点的横纵坐标值,直线斜率  $k = (y_2 - y_1) / (x_2 - x_1)$ 。计算出 5 min 至 20 min 时刻点所有斜率后求平均值为 0.008,水分蒸发速率  $E'_v = 0.008 \text{ g/min} \times 60 \text{ min/h} = 0.48 \text{ g/h}$ 。

表 2 水分蒸发速率变化图

滴水润湿时间 $t/\text{min}$	试样在滴水润湿后某一时刻的质量 $m_i/\text{g}$	水分蒸发量 $\Delta m_i/\text{g}$	水分蒸发速率 $E'_v/\text{g} \cdot \text{min}^{-1}$	平均斜率 $E_v/\text{g} \cdot \text{h}^{-1}$
0	1.709	0.000	—	—
5	1.654	0.055	0.011	0.48
10	1.619	0.090	0.007	
15	1.581	0.128	0.008	
20	1.555	0.154	0.005	
25	1.546	0.163	—	—
30	1.545	0.164	—	—

从以上数据可以看出,按照标准要求的方法对同一组数据利用 Excel 软件作线性拟合和通过计算相邻点之间直线斜率平均值得出的水分蒸发速率数值是不一致的。

### 3 水分蒸发速率计算方法建议

根据试验人员在实际操作过程中具体遇到的问

题,针对标准要求的水分蒸发速率项目的测试方法做出如下建议:

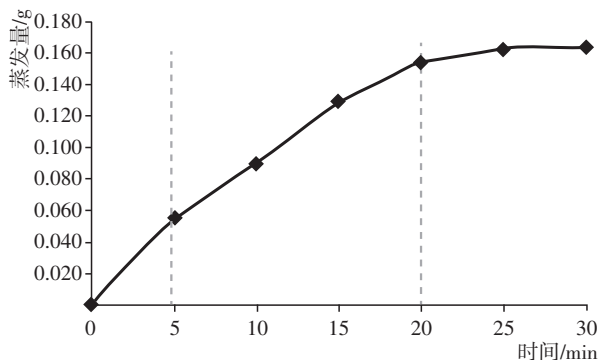


图5 曲线上吻合部分截取 4 个点

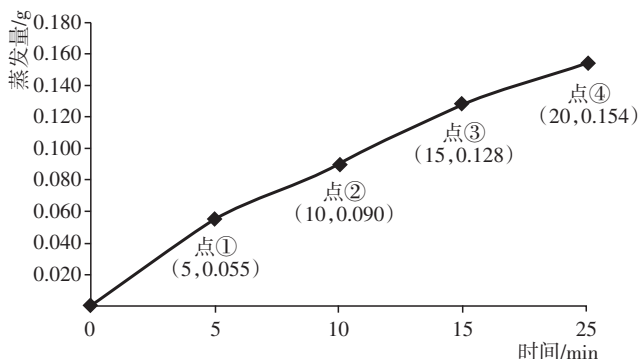


图6 截取 4 个点的横纵坐标值

(1)标准中未能明确指出测试数据绘制图表的形式,一般有手绘图和计算机绘图 2 种。标准规定水分蒸发速率所测试样的数量为 5 块,且每块试样需要记录从原始重量至浸湿试样每隔 5 min 的变化数值,记录数据繁多,同时所需记录的时刻点数量还具有不确定因素,因而导致手工绘图存有较大劣势,其随机性较大,且重现性差。因此,建议在做时刻点蒸发量趋势图的时候选用计算机绘制,便于精确的数据统计,易于观察测试数据的离散性,时间—蒸发量曲线的再现性和精确度也更好。

(2)不同的服装由于其性能的差异,所测得时刻点蒸发量的斜率变化也各有不同,该标准未明确统一需要截取的 2 个时刻点端点的具体位置,因此在试样时刻点蒸发量数据相似的情况下,可能会由于不同的试验人员在曲线上截取的时刻点不同而导致计算出差异较大的斜率,得出偏离的水分蒸发速率结果。建议标准能明确时间—蒸发量曲线上趋势减缓的具体计算规则,增加相关附录内容对水分蒸发速率的计算方法做出更详细的解释,尽量采取图表范例进行详细备注。

(3)建议标准对曲线趋势减缓后所需截取的某一

时刻端点做出相应说明,应尽量避免直观的通过目光来选取,尽可能以计算各个时刻点斜率的标准偏差来考虑数据的离散性,从计算出的数据上来剔除曲线减缓后的蒸发量的时刻点,而不是单纯的仅用目光来筛选所需的时刻点,这样更易于保证检测结果的准确性和一致性。

#### 4 结语

随着生活水平日益提升,消费者对服装舒适性能的要求也越来越高,水分蒸发速率项目是考核服装速干性的重要技术指标,速干性直接反映服装排汗性能,因此越来越多的企业重视服装吸湿速干性项目的检测。

对于标准 GB/T 21655.1—2008 的研究能够有效地指导在实际操作过程中水分蒸发量统计,易于精确地绘制时间—蒸发量曲线图。针对标准中水分蒸发速率切线的确定做出了相应的测试,计算时间—蒸发量

曲线上相邻时刻点斜率标准偏差进行离散性分析,筛选出有效的时刻点,然后在这些时刻点的曲线上最接近直线部分绘制切线,计算出最终的水分蒸发速率。计算之后筛选的点能够有效地规避试验人员在测试数据相同的情况下,避免由于主观观察原因选择不同的曲线,保证检测结果的准确性和一致性。通过这些检测方法的研究与探讨,对试验人员今后的实际检测操作具有现实指导意义。

#### 参考文献:

- [1] 纺织品 吸湿速干性评定第 1 部分:单项组合试验法:GB/T 21655.1—2008[S]. 北京:中国标准出版社,2008.
- [2] 李维斌.纺织品水分蒸发速率测试方法研究[J].针织工业,2013,(9):70.
- [3] 姜 逊.吸湿速干纺织品蒸发速率测试方法的改进[J].产业用纺织品,2017,(5):40—41.

## Discussion on Calculation Method of Moisture Evaporation Rate in Absorption and Quick-drying of Textiles

ZHU Yin, ZHAO Rui-fang, SHU Gui-fang, YAN Xin-cheng

(Sichuan Fiber Inspection Bureau, Chengdu 610015, China)

**Abstract:** GB/T 21655.1—2008《Textiles-Evaluation of absorption and quick-drying-Part 1: method for combination test》was presented to detect moisture evaporation rate. Moisture evaporation of wet sample at a certain time point was recorded. Time-evaporation curve was drawn through the moisture evaporation at these time points. The slope of the tangent line was the moisture evaporation rate of the sample according to the tangent line of the curve. However, in the standard, the specific location of two endpoints was not clearly indicated, the points could be found only with the help of the eyes of the test personnel. Based on a set of test data, two different intercept method were used to draw the tangent. The two kinds of different slope were calculated. The same data may lead to different test results because of the difference of personnel. The standard deviation of slope at each time point was proposed to consider the discreteness of data, and improve the accuracy and consistency of the calculation of water evaporation rate in practical operation.

**Key words:** absorption and quick-drying; evaporation rate; evaporation

## 直接结合在织物中的“电池”

英国剑桥大学石墨烯中心与中国江南大学研究人员合作开发出可以直接结合在织物中的功能性储能元件。这一成果为基于全织物的可穿戴电子产品开发奠定了基础,预期可用于柔性电路、医疗保健监控、能量转换等方面。该成果已申请专利,并发表在学术期刊《纳米尺度》上。

研究人员将单个石墨烯片悬浮在低沸点溶剂中,这种溶剂沉积在织物上后很容易去除,从而形成由多个石墨烯片组成的薄而均匀的导电网络。石墨烯和六

方氮化硼(h-BN)覆盖的织物形成了能够存储电荷的电容器。这种织物上的“电池”可弯曲,并且可以承受普通洗衣机中的洗涤循环。

大多数其他可穿戴电子产品是安装在塑料或纺织品上的刚性电子元件,与皮肤的相容性较差,在洗涤时易损坏且不透气、舒适性较低。而这种新型纺织电子元件用简单的染色工艺直接涂在聚酯织物上即可实现,价格低廉且安全环保。

(来源:纺织科技杂志)