

异形涤纶织物吸湿等温线的研究与模拟

刘红茹^{1,2}, 张丽平^{1,2}, 刘斐¹

(1. 北京服装学院材料科学与工程学院, 北京 100029; 2. 北京市服装材料研究开发与评价重点实验室, 北京 100029)

摘要: 选用相同组织结构的异形涤纶(三叶形)织物和普通涤纶织物,测定它们在不同温度、不同相对湿度下的吸湿等温曲线,归纳出温度、相对湿度、材质对织物吸湿性的影响规律,并用多分子层吸附模型对实验数据进行拟合.结果表明:在相同环境条件下,异形涤纶的吸湿性优于普通涤纶;随着温度的升高,2种织物的平衡含水率略有下降;随着相对湿度的增大,2种织物的平衡含水率增大,且相对湿度比温度有更大的影响作用;多分子层吸附模型能较好的与实验数据相吻合.

关键词: 异形涤纶织物;吸湿等温线;多分子层吸附模型

中图分类号: TS101.923.2 文献标志码: A 文章编号: 1671-024X(2013)03-0037-03

Research and simulations of moisture absorption isotherms of profiled polyester fabric

LIU Hong-ru^{1,2}, ZHANG Li-ping^{1,2}, LIU Fei¹

(1. School of Materials Science and Engineering, Beijing Institute of Fashion Technology, Beijing 100029, China; 2. Critical Laboratory of Clothing Material Research-Development and Evaluation, Beijing 100029, China)

Abstract: The moisture absorption isotherms were measured at different temperature and different relative humidity of the profiled polyester (trefoil-shaped) fabric and common polyester with the same textures, the effects of the temperature, relative humidity and fibre material were summarized on the moisture absorption properties of fabrics, and the molecular layer adsorption model was used to fit the experimental data. The results showed that under the same environmental conditions, the profiled polyester moisture absorption was better than the common polyester; the equilibrium moisture of two fabrics was declined slightly with the increase of temperature; the equilibrium moisture of two fabrics was increased with the increase of the relative humidity, and the influence of relative humidity was better than the temperature; multi-molecular layer adsorption models coincided well with the experimental data.

Key words: profiled polyester fabric; moisture absorption isotherms; molecular layer adsorption model

织物的湿舒适性能一直以来是业界人士研究的热点,吸湿能力大的纤维易吸收人体排出的汗液,可调节体温,解除湿闷感,从而使人感到舒适.所以从纺织品原料的生产、后染整加工、商业贸易及纺织品的选择各环节中都要考虑纤维的吸湿性能.常规服用涤纶纤维的截面大多是圆形的,纤维分子主链中没有亲水基团,属疏水性纤维,吸湿排汗功能差,而异形截面的涤纶纤维,由于存在表面沟槽和微孔,形成的毛细

管数增多,织物的吸湿排汗性能增强^[1-3].吸湿等温线是研究吸附基质与水分关系的重要工具,织物吸湿等温线的测量与表征可以为湿传递机理的研究提供重要的理论依据.目前,国内外文献中对织物吸湿等温线的研究甚少^[4-5].本文选用相同组织结构的异形涤纶(三叶形)织物和普通涤纶织物,测定其吸湿等温曲线,讨论环境条件对吸湿等温线的影响,最后采用三参数多分子层吸附理论建立了2种织物的吸湿模型.

收稿日期: 2012-09-20

基金项目: 北京市骨干人才项目(RCQJ02120213);北京服装学院科学研究项目资助项目(2011A-02)

通信作者: 刘红茹(1977—),女,讲师. E-mail: lucylhr@163.com

1 实验部分

1.1 实验试样

测试所用样品为自行织造异形涤纶（三叶形）织物和普通涤纶织物.

1.2 实验仪器

YJ141 型织物厚度仪, 常州溢纺纺织仪器有限公司生产; BX41 型电子光学显微镜, 奥林巴斯公司生产; SDH0501 型低温湿热试验箱, 重庆银河试验仪器有限公司生产; EX324 电子分析天平, 奥豪斯仪器(上海)有限公司生产; 烘箱, 宁波纺织仪器厂生产.

1.3 实验方法

1.3.1 织物基本规格参数的测定

将样品平整置于电子光学显微镜下, 通过显微镜读取布样经面、纬面每 10 cm 内纤维的根数, 计算出织物经纬密度(cm^2). 利用电子分析天平 and 织物厚度仪分别测定其平方米克重及厚度.

1.3.2 吸湿平衡含水率的测定

吸湿平衡含水率是指织物在一定环境条件(一定温度和相对湿度)下可达到的最大湿含量. 在恒定温度下表示吸湿平衡含水率与相对湿度之间的关系曲线称为吸湿等温线.

按照 GB/T9995.1997 的《纺织材料含水率和回潮率的测定—烘箱干燥法》标准, 在低温湿热试验箱内进行织物吸湿平衡实验. 为确保实验条件接近人体实际环境, 温度设定为 35、40 和 45 $^{\circ}\text{C}$, 相对湿度为 65%、70%、75%、80%、85%、90%、95%.

2 结果与讨论

2.1 测试结果

2.1.1 织物的组织结构与材质对平衡含水率的影响

测试样品的组织结构、经纬密度、厚度和平方米克重, 结果如表 1 所示.

表 1 样品的基本规格参数
Tab.1 Basic specifications of samples

样品	经密度/ (根·(10 cm) ⁻¹)	纬密度/ (根·(10 cm) ⁻¹)	厚度/ mm	克重/ (g·m ⁻²)	
异形涤纶	平纹	480	300	0.39	103.9
	斜纹	480	300	0.40	108.8
	缎纹	480	300	0.42	116.5
普通涤纶(缎纹)	400	340	0.54	102.5	

在温度为 35 $^{\circ}\text{C}$ 、相对湿度为 65% 时测定各样品

的吸湿平衡含水率, 结果如图 1 所示.

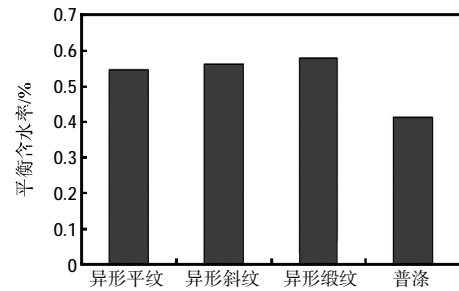


图 1 样品在 35 $^{\circ}\text{C}$ 、相对湿度为 65% 时的平衡含水率
Fig.1 Equilibrium moisture of samples at 35 $^{\circ}\text{C}$, 65% RH

由图 1 可见, 在相同环境条件下, 材质对织物平衡含水率的影响远大于组织结构. 因此, 织物的经纬密度、厚度、克重的影响也不再讨论, 分析织物的吸湿等温线时只选用缎纹织法的普通涤纶与异形涤纶进行比较.

2.1.2 织物的吸湿等温线

图 2 为所选织物在 35 $^{\circ}\text{C}$ 时的吸湿等温线.

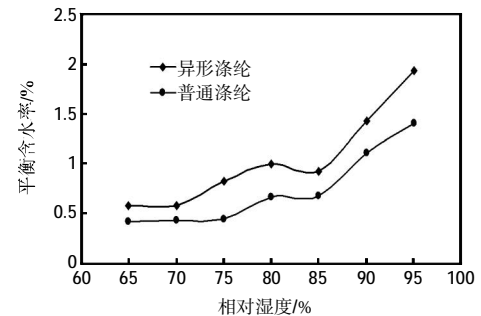


图 2 35 $^{\circ}\text{C}$ 下织物的吸湿等温线
Fig.2 Moisture absorption curve of fabrics at 35 $^{\circ}\text{C}$

由图 2 可知, 在相同温度不同相对湿度下, 2 种织物的吸湿趋势是相同的, 随环境相对湿度的增加, 其平衡含水率均增大. 这是 2 个因素共同作用的结果: 一方面是因为环境相对湿度越高, 空气中的水汽分压越大, 吸湿过程的推动力增大, 织物的吸水量会增加; 另一方面, 织物是具有多重孔结构的物质, 当空气中的水蒸气在织物的孔中凝聚时, 液相水的表面形成凹液面, 在蒸气压小于正常饱和蒸气压时就会发生毛细管凝聚现象, 蒸气压越大, 可以发生毛细管凝聚的小孔半径的范围越大. 所以外界的相对湿度越大, 可以发生毛细管凝聚的小孔越多.

另外, 在相同环境条件下, 异性涤纶的吸湿性优于普通涤纶. 这是由于三叶形截面纤维相对于圆形截面纤维存在表面沟槽和微孔, 形成的毛细管数增多,

其吸湿排汗性能会增强。

2.1.3 环境条件对织物吸湿性的影响

图 3、图 4 分别为所选织物在不同温度和不同相对湿度下的吸湿等温线。

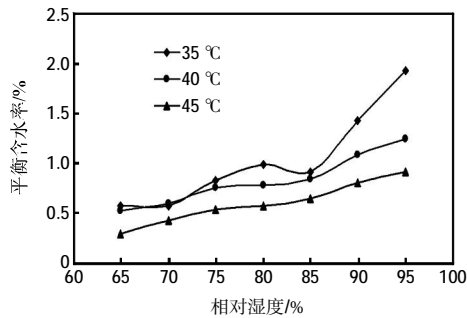


图 3 不同温度下异形涤纶的吸湿等温线

Fig.3 Moisture absorption curve of profiled polyester at different temperatures

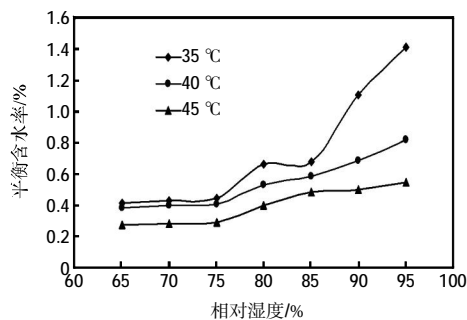


图 4 不同温度下普通涤纶的吸湿等温线

Fig.4 Moisture absorption curve of common polyester at different temperatures

从图 3、图 4 中可以看出,随着温度的升高,平衡含水率略有下降;随着相对湿度的增大,平衡含水率增大,但其增大值明显大于随温度升高所产生的减小值.这充分说明,相对湿度比温度对平衡含水率有更大的影响作用。

2.2 模型的建立

2.2.1 模型概述

目前有很多用来表征物质吸湿等温曲线的数学模型,主要有基于单分子层吸附的动力学模型 BET 模型、基于多分子层的动力学模型、凝聚膜模型 GAB 模型、半经验模型 Ferro-Fonton、Halsey 模型和经验模型 Oswin 模型。

空气的相对湿度及温度影响物料的平衡含水率,由于水分与物料结合方式、物料内部结构及物料本身的化学成分的差异性,使得利用单一的吸附理论对物料的平衡含水率进行描述显得相当困难.1938 年,

Brunauer、Emmett 和 Teller³ 人将单分子层吸附的动力学模型 BET 模型加以扩展,提出了多分子层吸附理论^[6-8]。

多分子吸附理论的基本假设为:固体表面是均匀的,即吸附活性点分布均匀,吸附能力相同;被吸附的分子之间无作用力;吸附可以是多分子层的,但第一层的吸附与以后各层的吸附有本质上的不同,同时第一层的吸附热也与以后各层吸附热不同,即第二层以后的各层吸附热接近于气体分子的凝聚热;每层的吸附与脱附处于动态平衡。

由于织物的吸湿过程非常复杂,也可处理成多层吸附.根据多分子层吸附理论,使用下面的模型对于织物吸湿平衡时的平衡含水率进行描述:

$$M = \frac{M_m C x_1}{1-x} \cdot \frac{1 - (n+1)x^n + nx^{n+1}}{1 + (n-1)x - Cx^{n+1}} \quad (1)$$

式中: M 为平衡含水率; M_m 为最大平衡含水率; x 为相对湿度; n 为最多吸附的层数。

模型中的 n 、 M_m 、 C 为待定的 3 个参数,根据实验数据可以对 3 个参数进行估计. C 为反映材料吸湿性能大小的常数,其表达式为

$$C = \exp\left(\frac{E_1 - E_L}{RT}\right)$$

式中: E_1 为第 1 层吸附热; E_L 为第 L 层吸附热。

常数 C 与吸附质以及表面之间作用力场的强弱有关。

2.2.2 模型参数模拟

使用 Wolfram Mathematical 对模型的 3 个参数进行估算.使用 Wolfram Mathematical 编写程序,对 35 °C 下样品的实验数据进行多分子层吸附模型的非线性回归,估值结果如表 2 所示.其中, R^2 为估算的参数代入模型(1)的模拟值与实测值的相关系数。

表 2 三参数多分子层吸附模型参数模拟结果

Tab.2 Simulation result of three parameters polymolecular layer adsorbent model

样品	$M_m/\%$	C	n	R^2
异形涤纶	5.183	0.754 6	2.382	0.961 4
普通涤纶	2.571	0.241 6	2.223	0.968 9

从表 2 的数据可以看出面料水分吸湿的层数 n 都在 2-3 之间,属于多层吸附,且在相同条件下,异形涤纶的 n 值比普通涤纶的稍大,说明异形涤纶的吸湿层数较普通涤纶的多,有更好的吸湿性能.异形涤纶的 C 值也比普通涤纶的 C 值大,这是因为 C 值在理论上只与材料的性质有关。

图 5 比较了 2 种织物实测值与模拟值的关系。

(下转第 43 页)