

纺织材料吸湿速率测试研究

李汝勤

王 越

(中国纺织大学)

(内蒙工学院)

【摘要】 本文用振动式细度测试仪对羊毛和苧麻单根纤维吸湿时间常数以及用称重法对羊毛、苧麻和棉纱线吸湿时间常数进行了测量,并对测试结果进行分析讨论。

一、引 言

纺织材料的热湿传递性能直接影响到纺织品服装穿着的舒适性。纺织材料在一定条件下的吸湿和放湿是一种动态平衡过程,一般用标准温湿度条件下的平衡回潮率来表示其吸湿特性。但是,如果要进一步研究纺织材料的吸湿性质,纺织材料的吸湿速率,即吸湿到达平衡状态的快慢,是纺织材料吸湿性质值得注意的另一个重要方面。影响纺织材料吸湿速率的因素很多,除构成纺织材料的单纤维本身吸湿速率起了重要作用外,纤维集合体的尺寸、紧密程度、环境温湿度条件等均会对纺织材料的吸湿速率产生重要影响。本文的研究工作着重对在不同温湿度条件下的苧麻和羊毛单根纤维以及羊毛、苧麻和棉在成纱状态下的吸湿速率进行测量,对所得实验结果进行分析讨论。

二、实 验 方 法

(一) 纺织材料吸湿时间常数及其测量

通过对纺织材料吸湿过程回潮率的连续测定,可以获得吸湿过程回潮率变化的完整曲线,由此可计算其吸湿速率。吸湿速率的大小可用吸湿时间常数来表示。假设纺织材料在吸湿过程中某一时刻的吸湿速率与该时刻的回潮率 c 和到达最终平衡状态时的回潮率 c_0 两者的差值成正比,即:

$$dc/dt = (1/\tau)(c_0 - c) \quad (1)$$

式中, τ 为纺织材料吸湿时间常数; τ 值愈小,纺织材料吸湿速率愈大。

对式(1)进行积分,并设 $t=0$ 时 $c=0$, 可得:

$$c = c_0(1 - e^{-t/\tau}) \quad (2)$$

即纺织材料从干燥状态开始吸湿过程回潮率变化为一指数曲线。开始吸湿速率最大,接近吸湿平衡时吸湿速率近于零。

由式(1)可得,纺织材料在 $t=0$ 时的吸湿速率为:

$$dc/dt = c_0/\tau \quad (3)$$

即吸湿时间常数 τ 的物理意义,可认为是假设纺织材料从干燥状态开始并以不变的起始吸湿速率进行吸湿,到达平衡回潮率 c_0 所需的时间。

由式(2)可得,当 $t=\tau$ 时,

$$c = c_0[1 - (1/e)] = 0.632c_0 \quad (4)$$

即吸湿时间常数在数值上等于纺织材料回潮率达到 63.2% 平衡回潮率所需的时间。

由上可知,纺织材料的吸湿时间常数 τ 可以从测得吸湿曲线起始部分斜率 dc/dt 和最终平衡状态回潮率 c_0 , 根据式(3)求得;也可通过测量到达 $0.632c_0$ 所需时间求得。前一种方法由于纺织材料吸湿曲线起始部分斜率测取误差较大,所得数据不够稳定,本实验采用后一种方法,即 $0.632c_0$ 法,测量时只需读取记录时间大于 τ 的一段起始吸湿过程曲线以及测得最终吸湿平衡回潮率 c_0 , 而不必对整个吸湿过程曲线进行测量。

(二) 单根纤维吸湿速率的测量

单根纤维状态下纤维吸湿速度极快,且单根纤维重量很轻,难以用一般称重方法达到到纤

回潮率变化测量的精度要求。本实验采用振动式纤维细度测试仪测量单根纤维的吸湿时间常数。振动式纤维细度仪采用弦振动原理测量纤维的线密度,仪器用自激振荡法使纤维起振,纤维在振动时的自然振动频率 f 与纤维线密度 ρ 之间存在有以下数学关系:

$$f = (1/2l)\sqrt{T/\rho} \quad (5)$$

式中: T 为纤维所加张力, l 为纤维的振弦长度。

在已知张力 T 和纤维振弦长度 l 为固定值的情况下,测得纤维自然振动频率 f 、便可求得纤维的线密度 ρ 。设纤维在干燥状态下的线密度为 ρ_0 ,相应的自然振动频率为 f_0 ,在吸湿过程中随着纤维吸湿量的增加重量逐渐增大,即线密度逐渐增大,设吸湿过程中某一时刻纤维的线密度为 ρ_1 ,相应的自然振动频率为 f_1 ,则该时刻的纤维回潮率为:

$$c_1 = [(\rho_1 - \rho_0)/\rho_0] \times 100\% = [(f_0^2/f_1^2) - 1] \times 100\% \quad (6)$$

本实验所用单根纤维吸湿速率测量装置,如图1所示。

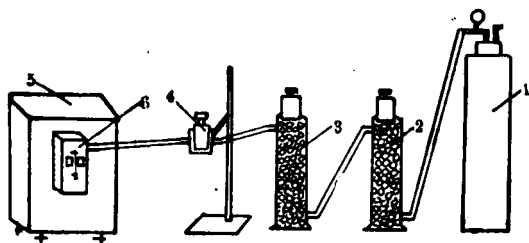


图1 单根纤维吸湿速率测量装置

干燥气体源采用含水较少的氮气,从氮气瓶1中送出的具有一定压力的气体,经过两级串接的分子筛干燥塔2和3,再经三通阀4后进入振动式纤维细度仪5的检测室6的上部,通过纤维试样后由检测室6的下部排出。这样不断地使干燥氮气通过纤维对纤维试样进行脱湿处理,经约5~10分钟后,纤维到达干燥状态振动频率趋于稳定,读取此时纤维自然振动频率 f_0 ,然后关闭三通阀4,打开振动式纤维细度仪检测室6的小门,使检测室与环境温湿度相通,纤维试样开始吸湿,此后以2秒钟间

隔记录纤维试样的自然振动频率,由公式(6)可求得纤维起始部分吸湿过程曲线,然后等待约5~10分钟后纤维吸湿达到平衡振动频率又趋于稳定,读取此时纤维自然振动频率值可计算相应的纤维吸湿平衡回潮率 c_0 ,按照 $0.632c_0$ 方法可求出纤维吸湿时间常数 τ 。

所用分子筛干燥剂是一种结晶的硅铝酸盐颗粒,经高温活化后晶体内部形成大小均一的微孔,具有很强的吸附能力,能有效地过滤水分子而让干燥气体通过。本实验中分子筛活化温度为 450°C ,处理时间为2小时,使用一定时间后要重新活化。

(三) 纱线吸湿速率测量

与单纤维吸湿过程相比,纱线吸湿时间较长重量也较重,可以较方便地采用称重法测量其吸湿过程曲线。取重约1.5克的纱线试样使呈自然松散状态,在 105°C 温度下用烘箱烘焙2小时,取出后在电子天平上称重读取其干燥重量,以后每隔1分钟读取其重量变化求得试样初始部分吸湿过程回潮率变化曲线,等待较长时间后,读取试样吸湿最终平衡重量计算平衡回潮率 c_0 ,用 $0.632c_0$ 法求取纱线吸湿时间常数 τ 。

三、实验结果及分析

(一) 单根纤维吸湿时间常数

选用粗细为5~6 dtex线密度相近的羊毛和苧麻纤维试样,在温度为 20°C ,相对湿度为65%、75%和85%的环境下,用振动式纤维细度仪测取单根纤维吸湿时间常数 τ 。每项实验结果取10根纤维吸湿曲线计算平均,所得实验结果如表1所示。由于棉纤维粗细与羊毛、苧麻纤维相差较大,单根纤维吸湿速率与纤维粗细有关,故单根纤维吸湿速率测量仅取羊毛和苧麻两种纤维进行比较。由实验可知:

1. 羊毛和苧麻单根纤维吸湿时间常数一般在数十秒范围内变化。

2. 单根羊毛纤维平衡回潮率大于苧麻纤维平衡回潮率,但苧麻纤维吸湿时间常数小于

表 1 单纤维在不同相对湿度下的 c_0 和 τ

相 对 湿 度		65%	75%	85%
羊 毛	平衡回潮率 $c_0(\%)$	13	13.7	14.7
单纤维	吸湿时间常数 $\tau(s)$	43.2	32	21.2
苧 麻	平衡回潮率 $c_0(\%)$	7.8	8.2	9.2
单纤维	吸湿时间常数 $\tau(s)$	33	23	16.2

羊毛纤维吸湿时间常数, 即苧麻纤维吸湿比羊毛纤维快。

3. 随着环境相对湿度增加, 纤维吸潮平衡回潮率增大, 吸湿时间常数减小。

(二) 纱线吸湿时间常数

试样取自三组粗细相近的羊毛纱、棉纱和

表 2 羊毛、棉、苧麻纱在不同相对湿度下的 c_0 和 τ

相 对 湿 度		65%	75%	90%
羊毛纱	平衡回潮率 $c_0(\%)$	14.9	16.1	19.2
(20tex)	吸湿时间常数 $\tau(\min)$	26	24.6	21.8
羊毛纱	平衡回潮率 $c_0(\%)$	15.2	16.1	19.6
(25tex)	吸湿时间常数 $\tau(\min)$	30.6	22.4	22.3
羊毛纱	平衡回潮率 $c_0(\%)$	15.2	16.4	17.7
(100tex)	吸湿时间常数 $\tau(\min)$	32.9	22.1	21.6
棉 纱	平衡回潮率 $c_0(\%)$	7.6	8.8	11.1
(15tex)	吸湿时间常数 $\tau(\min)$	20.8	17.5	15.8
棉 纱	平衡回潮率 $c_0(\%)$	7.9	9.0	10.9
(28tex)	吸湿时间常数 $\tau(\min)$	20.6	16.3	14.2
棉 纱	平衡回潮率 $c_0(\%)$	7.9	8.1	9.8
(97tex)	吸湿时间常数 $\tau(\min)$	20.3	15.5	15.7
苧麻纱	平衡回潮率 $c_0(\%)$	6.8	7.2	8.9
(16tex)	吸湿时间常数 $\tau(\min)$	12	10.3	10.1
苧麻纱	平衡回潮率 $c_0(\%)$	6.7	7.5	9.4
(28tex)	吸湿时间常数 $\tau(\min)$	16.4	11.9	11.2
苧麻纱	平衡回潮率 $c_0(\%)$	6.5	7.5	8.9
(78tex)	吸湿时间常数 $\tau(\min)$	15.8	9.7	9.8

苧麻纱, 在温度为 20℃, 相对湿度分别为 65%、75%和 90%的环境条件下, 用称重法测试纱线的吸湿时间常数 τ 。每项实验数据取三次试样吸湿曲线计算结果平均, 所得实验结果如表 2 所示。

由以上结果可知:

1. 各种粗细的单根纱线吸湿时间常数在数分至数十分钟内变化。

2. 与单纤维情况类似, 羊毛纱平衡回潮率大于苧麻纱平衡回潮率, 而苧麻纱吸湿时间常数小于羊毛纱吸湿时间常数, 棉纱平衡回潮率及吸湿时间常数则介于上两种纱之间。

3. 随着环境相对湿度增加, 纤维吸湿平衡回潮率增大, 吸湿时间常数减小。

4. 纱线吸湿时间常数一般随其粗细程度增加而变大, 个别纱线此规律不明显, 原因是细的纱线捻度大结构较紧密。

四、结 束 语

采用振动式纤维细度仪测量单根纤维吸湿过程曲线, 是测取纤维吸湿速率的有效方法, 而纤维干燥处理技术, 也是影响吸湿速率测试结果准确性的重要因素。不同类型纤维内部结构不同其吸湿性质有所差异, 对于纤维集体来说, 吸湿时间常数还与集体尺寸大小、紧密程度和环境温湿度条件有关。本文实验结果提供了羊毛、苧麻单根纤维以及羊毛、苧麻、棉三种纱线吸湿时间常数的数据资料。实验结果表明, 按吸湿平衡回潮率大小来看, 苧麻最低, 羊毛最高, 棉介于其中; 而按吸湿速率大小来看, 苧麻吸湿时间常数最小, 即吸湿速率最高, 羊毛最低, 棉介于其中。而从纺织品服装穿着使用舒适性来考虑, 尽管麻纤维制品吸湿平衡回潮率低, 但其吸湿速度快, 在夏天穿着感觉凉爽、舒适。所以, 在研究纺织材料吸湿性质时, 仅考虑其平衡回潮率大小是不够完善的, 纺织材料吸湿速率的测量具有重要的实用意义。

参 考 资 料

[1] «T、R、J», 1958, №8, p.691.
 [2] «纺织学报», 1989, Vol.10, №6, p.244.