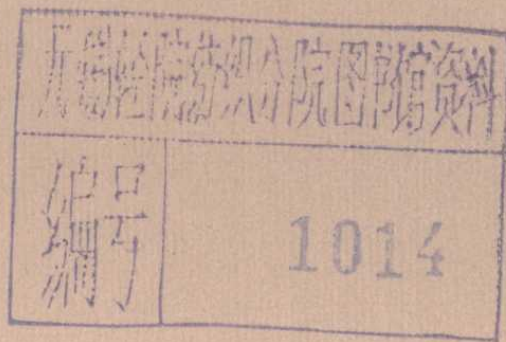


87-0050

服装材料学

中册



天津纺织工学院服装系

一九八七年二月

1014

TS 941.4

016:2

江南大学图书馆



91093715

服装材料学

(中册)

无锡轻院纺织分院图书馆资料	
编号	1014

第四章 纺织材料的吸湿性

纺织材料的吸湿性是关系到材料性能和工艺加工的一项重要特性，以上各章已初步述及。本章将专题阐述纺织材料的吸湿指标及吸湿的基本机理，同时阐明吸湿性与大气温湿度之间的关系，吸湿对纤维形态结构以及反映在产品性能和纺织工艺加工方面的影响，最后对有关吸湿性的测试方法和原理作一介绍。

第一节 吸湿指标与吸湿机理

一、吸湿指标

(一) 回潮率与含水率的关系

关于回潮率与含水率的定义，有关章节已经述及。纺织材料吸湿性的大小，绝大多数用回潮率表示。设 W 为纺织材料的回潮率（%）， M 为纺织材料的含水率（%），则

$$W = \frac{100M}{100-M}$$

$$M = \frac{100W}{100+W}$$

设 G 为纺织材料的湿重， G_0 为纺织材料的干重，则它们与回潮

率(%)和含水率(%)的关系分别为:

$$G = \frac{100G_0}{100-M}$$

$$G = G_0 \frac{100+W}{100}$$

二) 标准状态下的回潮率

各种纤维及其制品的实际回潮率随温湿度条件而变,为了比较各种纺织材料的吸湿能力,往往把它们放在统一的标准大气条件下,一定时间后,使它们的回潮率达到一个稳定的值,这时的回潮率叫标准状态下的回潮率。关于标准状态的规定,国际上是一致的,而容许的误差,各国略有出入;我国规定温度为 $20 \pm 3^\circ\text{C}$,相对湿度为 $65 \pm 3\%$ 。表4-1为几种常见纤维在不同相对湿度条件下的回潮率。由于资料来源不同,数据不全一致,仅供参考。

表 4 - 1 几种常见纤维的回潮率

纤维种类	空气温度为 20℃, 相对湿度为 φ		
	$\varphi=65\%$	$\varphi=95\%$	$\varphi=100\%$
原 棉	7~8	12~14	23~27
苧 麻	12~13		
细羊毛	15~17	26~27	33~36
桑蚕丝	8~9	19~22	36~39
普通粘胶纤维	13~15	29~35	35~45
富强纤维	12~14	25~35	
锦纶 6	3.5~5	8~9	10~13
锦纶 66	4.2~4.5	6~8	8~12
涤纶	0.4~0.5	0.6~0.7	1.0~1.1
腈纶	1.2~2	1.5~3	5~6.5
维纶	4.5~5	8~12	26~30
丙纶	0	0~0.1	0.1~0.2

(三) 公定回潮率

在贸易和成本计算中, 纺织材料并不是处于标准状态。另外, 即使同一种纺织材料在标准状态下的实际回潮率, 也还与纤维本身的质量和含杂等因素有关。为了计重和核价需要, 必须对各种纺织材料的回潮率作统一规定, 这称为公定回潮率是纯属为了工作方便而规定的。

它接近于实际的回潮率，但不是标准大气条件下的回潮率。

各国对于纺织材料公定回潮率的规定，并不一致。我国常见几种纤维的公定回潮率，如表 4 - 2 所示。各种纱线的公定回潮率，参见第五章表 5 - 1。天然纤维由于含有杂质及伴生物等，纤维的公定回潮率与纱线的公定回潮率往往不一致，不能混淆。

关于几种纤维的混合原料、混梳毛条或混纺纱线的公定回潮率的计算，可按混合比例加权平均计算。设 W_1 、 W_2 ……分别为第一种、第二种……纤维的公定回潮率， P_1 、 P_2 ……分别为第一种、第二种……纤维的干燥重量含量的百分数，则

$$\text{混纺材料的公定回潮率}(\%) = \frac{P_1 W_1 + P_2 W_2 + \dots}{100}$$

例如，棉涤纶混纺纱，其混纺比为涤纶 60%、棉 40%，按上式计算：

$$\text{混纺纱的公定回潮率} = \frac{60 \times 0.4 + 40 \times 8.5}{100} = 3.64(\%)$$

表 4 - 2 几种常见纤维的公定回潮率

纤维种类	公定回潮率 (%)	纤维种类	公定回潮率 (%)
原 棉	11.1(含水率 10%)	铜酞纤维	13
洗净毛	15	醋酞纤维	7
山羊绒	15	涤纶	0.4
干毛条	18.25	锦纶	4.5
油毛条	19	腈纶	2.0
桑蚕丝	11	维纶	5
苧麻	12	氯纶	0
黄麻	14	丙纶	0
亚麻	12	氨纶	1
粘胶纤维	13		

(四) 标准重量

纺织材料在公定回潮率或公定含水率时的重量叫“标准重量”(简称“准重”),或叫“公定重量”(简称“公量”)。

纺织材料的标准重量与实际回潮率下的称见重量之间的关系为:

$$\text{标准重量} = \text{称见重量} \times \frac{100 + \text{公定回潮率}}{100 + \text{实际回潮率}}$$

在生产上,标准重量的计算,有时根据干燥重量进行计算,算式如下:

$$\text{标准重量} = \text{材料干重} \times \left(\frac{100 + \text{公定回潮率}}{100} \right)$$

当两种纤维混纺时，干重混纺比百分数折算成湿重混纺比百分数的算法如下：设甲种纤维的回潮率为 W_1 ，湿重混纺比百分数为 G_1 ，干重混纺比百分数为 G_0 ；乙种纤维的回潮率为 W_2 ，湿重混纺比百分数为 $100 - G_1$ ，干重混纺比百分数为 $100 - G_0$ 。则

$$\frac{G_1}{100 - G_1} = \frac{G_0(1 + W_1/100)}{(100 - G_0)(1 + W_2/100)}$$

例：涤纶的实际回潮率为 0.3%，粘胶纤维的实际回潮率为 12%，为了使涤粘干重混纺比百分数为 65/35，问涤粘湿重混纺比百分数应为多少？代入上式：

$$\frac{G_1}{100 - G_1} = \frac{65 \times \left(1 + \frac{0.3}{100}\right)}{35 \times \left(1 + \frac{12}{100}\right)}$$

计算结果，涤粘湿重混纺比百分数应为 62.4/37.6，才能使干重混纺比百分数为 65/35。

二、吸湿机理

对于纤维材料吸湿机理的研究，已经有五十多年的历史。不少人从不同的角度进行了大量研究，提出了很多看法，例如棉纤维吸湿的两相理论、羊毛吸湿的三相理论、多层吸附理论、溶解理论等。人们

的研究往往是基于纤维吸湿引起结构和性能的变化，并结合有关实验进行分析的，其中主要是纤维吸湿引起热力学的变化、吸湿膨胀的各向异性、X射线衍射图象、吸湿前后红外光谱、吸湿速率、吸湿量与相对湿度的关系以及吸湿对纤维其他物理机械性能的变化等几个方面。总的说来，纤维的吸湿是比较复杂的物理化学现象，下面分几个方面加以综合介绍。

(一) 水分子在纤维内部存在的形式

纤维大分子上的极性基团与水分子形成水合物，这一部分可称为直接吸收的水分，它们的结合力比较大，所产生的吸湿热也比较多。这是纤维高聚物具有吸湿性的主要原因。纤维高聚物中的极性基团，常见的有羟基(-OH)、胺基(-NH₂)、酰胺基(-CONH-)、羧基(-COOH)等。这些都是亲水基团，对水分子有相当的亲和力，主要依靠依靠氢键与水分子缔合，才能使水汽分子失去热运动的能力，而在纤维内部依存下来。所以纤维分子结构中亲水基团的数目愈多，基团的极性愈强，纤维的吸湿能力就愈高。

天然的动物纤维和植物纤维(包括再生纤维)，都含有较多的亲水基团。例如，纤维素分子的每一个葡萄糖氧六环剩基含有三个羟基，氢键可在水分子和羟基之间形成。对于醋酸纤维说来，由于大部分羟基都被乙酰基(CH₃·COO-)所取代，这些乙酰基对水的吸引力不强，因此醋酸纤维的吸水能力是低的。蛋白质纤维的主链中含有酰胺基，可与水进行氢键结合，而在侧链中，则含有羟基、胺基、羧基等亲水

基团。例如，羊毛由于含有许多这样的亲水基团，所以吸湿能力很强，而蚕丝中含的不多，所以蚕丝的吸湿能力比羊毛为小。目前常见的几种合成纤维，含有的亲水基团不多，所以吸湿能力较低。其中，聚乙烯醇纤维由于在主链上含有若干 $-OH$ 基，所以吸湿能力较好；锦纶 66 的分子链中，每六个碳原子含有一个酰胺基，所以也具有一定的吸湿能力；腈纶的分子链中含有一定数量的 CN 基，但极性较弱，故吸湿能力低；涤纶仅由苯环、烷基 ($-CH_2-$) 以及酯基 ($-CO.O-$) 所组成，对水的吸引力弱，所以吸湿能力很小。

纤维大分子上除了极性基团直接吸收水分子以外，已经被吸收的水分子，由于它本身也是极性的，所以就可能吸收其他水分子，使后来被吸收的水分子积聚在上面，这称为间接吸收的水分。这些水分子排列不定，结合力比较弱，所产生的吸湿热也比较少，存在于纤维内部的微小间隙中，成为微细水。当湿度很高时，这种间接吸收的水分可以填充到纤维内部较大的间隙中，成为大毛细水。大毛细水的结合力，除氢键引力以外，包括范德华力、表面张力等，所以结合力更小了。必须指出，随着微细水和毛细水的增加，纤维发生溶胀，这种溶胀可以拆开分子间的一些连接点，使得更多的极性基团与水分子结合。

纤维直接吸收水分子的多少与纤维大分子上极性基团的多少和强弱有关。据测定，几种常见的纤维内部化合水的比例：棉为 32%，羊毛为 56%，蚕丝为 20%，锦纶为 15%。纤维间接吸收的水分，

虽然是在极性基团直接吸收的水分子的基础上形成的，但是对纤维物理机械性质的影响却很大。

(二) 纤维内部结构对吸湿性的影响

如果纤维具有同样的化学组成，但内部结构不同，纤维的吸湿性也有很大差异，可见纤维的内部结构对吸湿性有相当影响。

天然纤维素纤维的 X 射线衍射图表明，吸湿前后图象并无变化，由此可知纤维吸收的水分一般不能进入结晶区。因为在结晶区内，分子排列紧密有序，活性基在分子间形成交键，所以水分子不容易渗入结晶区，倘若要产生吸湿作用，必须中断交键，使活性基游离。所以，纤维的吸湿主要发生在无定形区。因此纤维的结晶度愈低，吸湿能力愈强。例如，棉经丝光后，由于结晶度降低，吸湿量增加。再如，棉如粘胶纤维虽然都是纤维素纤维，但由于棉的结晶度为 70%，而粘胶纤维仅为 30% 左右，所以粘胶纤维的吸湿能力比棉高得多。除了结晶度影响纤维的吸湿性以外，在同样的结晶度下，晶区的大小对吸湿性也有影响。一般说来，晶区小的吸湿性较大。附带指出，水分子并不是绝对不能进入结晶区，再生纤维素纤维的 X 射线衍射图象表明，有极小部分水分子是可以进入到结晶区的，仅占吸湿量的 1% 左右。有人研究羊毛纤维的吸湿性，也发现有很少一部分水分子可以进入结晶区。

一般认为，大分子的定向度对吸湿性的影响很小，但聚合度有时对纤维的吸湿能力有一定的影响。例如，粘胶纤维的聚合度不到棉的

二十分之一，由于纤维素大分子两端都存在自由的极性基团，如果聚合度低，相对说来羟基的数目也多一些，因而吸湿性高一些。

（三）表面吸附

物质的内层分子受到周围分子的引力，平均说来，在各个方向都相同。而物质的表面层分子，在一般情况下，受内层分子的引力与外界的引力不同，所以物质表面层的性质与内部有所不同，由此呈现了各种表面现象。

物质表面分子由于引力的不平衡，使它比内层分子具有多余的能量，叫表面能。表面积愈大，表面上的分子数愈多，表面能也愈大。液体与气体的界面上，由于液体分子间排列较紧，引力一般较气体分子的引力大，所以液体的表面分子总是力图把表面收缩得最小，以降低表面能，这就是表面张力。同样，固体与液体或固体与气体之间，也存在着表面张力，固体的表面张力一般比液体、气体为大。固体物质的表面能，不能使固体物质的表面积缩小，但它有吸附某种物质以降低表面能的倾向，这就是固体表面的吸附作用。所以纤维暴露在大气中，就会在纤维表面（包括内表面）吸附一定量的水汽和其他气体，这一般称为物理吸附。这种吸附的热效应比较小，它是由分子间力即色散作用、定向作用和诱导作用所引起。但必须指出，纤维表层分子的化学组成不同，对水汽的吸附能力亦不相同。

单位体积的纤维所具有的表面积，叫纤维的比表面积。纤维愈细，纤维中缝隙孔洞愈多，比表面积愈大，吸湿性也要大一些。所以纤维

的比表面积的大小，也是影响吸湿性的一个因素。例如，在同样条件下，细羊毛的回潮率一般较粗羊毛为高，棉型粘胶纤维比毛型粘胶纤维具有较大的吸湿能力，成熟度差的原棉比成熟度好的原棉吸湿性大。

④ 纤维内伴生物的性质与含量

天然纤维在生长发育过程中，往往带有一些伴生物质。这些伴生物质的性质和含量，对纤维的吸湿能力有相当的影响。例如，未成熟棉纤维的果胶含量比成熟的棉纤维多，所以吸湿能力较高；脱脂棉纤维的吸湿能力较未脱脂的高；麻纤维的果胶和丝纤维中的丝胶的含量多的吸湿能力大；油脂含量较高的羊毛，由于表面附着了较多的油脂，它是一种拒水物质，使羊毛的吸湿能力减小；纤维经染色或其他化学处理以及上油，都会使吸湿量发生一定的变化。

天然纤维在采集和初步加工过程中还保留一定数量的杂质，这些杂质往往具有较高的吸湿能力，因此纤维中含杂的多少，对纤维的回潮率也有一定的影响。

第二节 大气条件与纤维吸湿

上一节分析了纤维吸湿能力差异的原因，这是影响纤维高聚物吸湿性的本质因素，是内因。唯物辩证法告诉我们：内因是变化的根据，

外因是变化的条件。本节将阐明纤维吸湿的外界因素，即大气压力、温度和相对湿度三个方面的影响规律。由于大气压力的变化不大，主要研究纤维的吸湿性与相对湿度和温度之间的关系。

一、吸湿平衡与平衡回潮率

实践证明，纤维材料的含湿量，随所处的大气条件而变化。具有一定回潮率的纤维，放到一个新的大气条件下，它将立刻放湿或吸湿，经过一定时间后，它的回潮率逐渐趋向于一个稳定的值，这种现象称为吸湿平衡，所达到的回潮率称为平衡回潮率。标准状态下的回潮率以及表 4-1 所提供的数据，都是指平衡回潮率。

需要进一步指出：吸湿平衡时纤维对空气中的水汽交换并不处于静止状态，实际上是同一时间内纤维吸收的水分和放出的水分在数量上接近相等，水分交换是处于动态平衡中。如果大气中水汽的部分蒸汽压增大，使进入纤维中的水分子多于放出的水分子，则表现为吸湿；反之则表现为放湿。

纤维的吸湿或放湿是比较敏感的，一旦大气条件变化，则其含湿量也立即变化。但达到平衡所需的时间，则与纤维的吸湿能力和纤维集合体的紧密程度有关，吸湿性强的纤维比吸湿性弱的纤维所需的时间长，特别是纤维集合体愈紧密，体积愈大，则透过水汽的能力减弱，所以达到吸湿平衡所需的时间也愈长。另外，空气的流动速度也有一定的影响。据研究，一根纤维完成全部吸湿（或放湿）的 90% 所需的时间约为 3.5 分钟，厚型紧密的织物（不是叠在一起）需要 24 小

时；而管纱由于层层卷绕重叠在一起，需要 5~6 天时间；一只紧棉包需要数月甚至几年的时间。

从吸湿或放湿的速度看来，一般表现为开始快，以后逐渐减慢。如图 6-1 所示，开始速度快，是由于纤维表层分子的亲水基团与空气中水汽分子很快缔合。但水汽向纤维内部扩散，则有一个过程。内外层水分子的浓度相差愈小，速度愈慢，它的吸湿或放湿与时间的关系形成对数曲线。所以从理论上说，达到真正平衡的时间，实际上无限长的。纤维吸湿和放湿的速度变化情况也不是一致的。

二、温度一定时相对湿度与平衡回潮率的关系

在一定的空气压力和温度下，分别将几种常见的纤维材料预先烘干，再放到各种不同的相对潮度的空气中，使其达到平衡回潮率，分别求得很多数据，可以得到各种纤维在不同的相对湿度下的平衡回潮率与相对湿度的相关曲线，叫“吸湿等温线”，如图 6-2 所示。这些曲线充分表现了它们的共性，从图上可以看出它们都呈 S 形，说明它们的吸湿机理从本质上是一致的。一般在空气相对湿度为 0~15% 这一阶段，曲线的斜率比较大，说明在空气相对湿度稍有增加时，平衡回潮率增加很多。这主要由于在开始阶段，自由的极性基团比较多，还没有吸收水分，极性基团的吸引力还相当强。等到这部分极性基团吸收了水分以后，再进入纤维内部的水分子，主要存在于纤维内部的微小空隙间，形成毛细水，同时纤维还有一个膨化过程，所以纤维吸收的水分比开始阶段减少。这表现在曲线的中间一段，即相当于空气

相对湿度为 10~15% 到 70% 左右，曲线的斜率比较小。当气的蒸汽部分压力达到相当大，水分进入纤维内部较大的间隙时，毛细水大量增加，所以表现在曲线的最后一段，斜率又明显的增大了。

但是，不同纤维的吸湿等温线并不一致。曲线的高低不同，说明了它们在相同的温湿度条件下，各有自己的平衡回潮率，有的大，有的小，差异很大。另一方面，从曲线的形状看来，也不完全相同，说

明它们各有自己的个性。据研究，粘胶纤维和棉纤维的回潮率的比值，在整个相对湿度范围内接近于 2；其他纤维素纤维与棉纤维的回潮率，都接近一定的常数；羊毛是蛋白质纤维，吸湿性很高，它的吸湿等温线虽然和粘胶纤维比较接近，但到高湿时羊毛的回潮率较低。这些都说明，不同的纤维由于化学组成和内部结构不同，吸湿机理也不完全一致，各有自己的特殊之处。

三、吸湿滞后性

同样的纤维在一定的的大气温湿度条件下，从放湿达到平衡和从吸湿达到平衡，两种平衡回潮率不相等，前者大于后者，这种现象叫做纤维的吸湿滞后性，也叫做吸湿保守现象，如图 6-1 所示。同时，由图 6-1 可知，纤维吸湿平衡所需的时间和放湿平衡所需的时间是不同的。

纤维的吸滞后性，更可明显地表示在纤维的吸湿等温线和放湿等温线的差异上。纤维的放湿等温线，是指一定的纤维，在温度一定、相对湿度为 100% 的空气中达到最大的回潮率后，再放到各种不同的相对湿度的空气中，所测得的平衡回潮率与空气相对湿度的关系曲线，如图 6-3 所示。同一种纤维的吸湿等温线与放湿等温线并不重合，而形成吸湿滞后圈。有人认为，吸湿滞后圈的顶端高湿部分，两条线最后并不相交。对于这个问题，尚没有一致意见。纤维的回潮因吸湿滞后性造成的差值，与纤维的吸湿能力有关。一般规律是，吸湿性大的纤维差值也比较大。有资料表明，在标准状态下，几种常见的纤维