

高等纺织院校教材

纤维素与粘胶纤维

中 册

纺织工业出版社

高等纺织院校教材

纤维素与粘胶纤维

中 册

(粘胶纤维生产原理)

杨之礼 蒋听培 编
王庆瑞 邬国铭

纺织工业出版社

内 容 提 要

本书分上、中、下三册。上册为纤维素化学及物理；中册为粘胶纤维生产原理；下册为粘胶纤维主要品种的生产。

本书作为高等纺织院校化纤专业教材，并供从事粘胶纤维和粘胶薄膜的科技人员和技术工人参考，也可供精制浆、林产化学、醋酸纤维、硝化纤维素等方面的从业人员及有关专业的师生参考。

责任编辑：胡永禔

高等纺织院校教材 纤维素与粘胶纤维

中 册

杨之礼 蒋听培 编
王庆瑞 鄂国铭

纺织工业出版社出版

(北京阜成路3号)

舟山印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行
各地新华书店经售

850×1168毫米 1/32 印张：8 $\frac{4}{32}$ 字数：210千字

1981年8月 第一版第一次印刷

印数：1—7,000 定价：1.05元

统一书号：15041·1113

科技新书目：6—29

统一书号：15041·1113

定 价： 1.05 元

目 录

第二篇 粘胶纤维生产原理

第七章 粘胶纤维的性质	(1)
一、纤度.....	(2)
二、断裂强度.....	(4)
三、断裂伸长.....	(11)
四、初始模量和湿模量.....	(15)
五、吸湿性.....	(18)
六、耐多次变形性和疲劳强度.....	(18)
七、耐磨性.....	(20)
八、耐热性.....	(21)
九、耐光性和对大气作用的稳定性.....	(25)
十、对核射线的稳定性.....	(26)
十一、对化学试剂及微生物作用的稳定性.....	(27)
十二、比重.....	(28)
十三、折皱性.....	(28)
十四、染色均匀性.....	(29)
十五、光泽及横截面.....	(30)
十六、导热性.....	(33)
十七、纤维的服用性能.....	(33)
十八、短纤维性质的附加指标.....	(34)
第八章 粘胶制备工艺原理	(37)
第一节 纤维素与碱溶液的作用	(37)
一、碱纤维素的生成及其反应的特点.....	(37)
二、碱纤维素的组成及碱纤维素的结晶变体.....	(39)

一

三、影响碱纤维素生成及组成的主要因素·····	(43)
四、纤维素在碱溶液中的膨润及低分子部分的溶出···	(48)
第二节 碱纤维素的老成 ·····	(52)
一、碱纤维素的老成方法·····	(52)
二、碱纤维素的老成机理·····	(58)
三、影响碱纤维素老成的因素·····	(61)
第三节 碱纤维素的黄化反应 ·····	(68)
一、黄化过程的主反应·····	(68)
二、黄化过程的副反应·····	(74)
三、影响黄化过程的因素·····	(77)
四、纤维素黄酸酯的化学性质·····	(83)
第四节 纤维素黄酸酯的溶解 ·····	(87)
一、纤维素黄酸酯溶解过程的热力学性质·····	(87)
二、纤维素黄酸酯溶解的历程·····	(88)
三、影响纤维素黄酸酯溶解的因素·····	(93)
四、粘胶的组成·····	(96)
第五节 粘胶的熟成 ·····	(99)
一、粘胶熟成过程中的化学变化·····	(99)
二、粘胶熟成过程中的物理-化学变化·····	(104)
三、影响粘胶熟成的因素·····	(110)
第六节 粘胶的弹粘性质 ·····	(113)
一、粘胶的结构及结构粘度·····	(113)
二、影响粘胶粘度的因素·····	(121)
三、粘胶的动态弹粘性·····	(125)
第九章 粘胶纤维成形工艺原理 ·····	(127)
第一节 粘胶细流的形成过程 ·····	(127)
一、粘胶在喷丝孔道流过时基本流变量的计算·····	(128)
二、粘胶细流的形成和发展·····	(132)
三、粘胶细流在喷丝孔口的膨化率及其影响因素·····	(137)

四、成形过程中丝条的受力分析·····	(140)
第二节 粘胶溶液的可纺性 ·····	(145)
一、粘胶细流的断裂机理·····	(145)
二、真实喷丝头拉伸和最大纺丝速度·····	(148)
三、成形过程中的稳定性·····	(152)
第三节 粘胶细流的凝固和纤维素的再生 ·····	(154)
一、成形过程中的化学反应·····	(154)
二、成形过程中的物理化学变化·····	(156)
三、凝固浴的组分及其作用·····	(158)
四、成形过程中的双扩散·····	(162)
五、影响成形的因素·····	(167)
第四节 初生纤维的结构 ·····	(173)
一、粘胶纤维的皮芯结构及横截面结构·····	(173)
二、成形条件与纤维结构和性质的关系·····	(176)
第五节 丝条的拉伸 ·····	(185)
一、粘胶细流的拉伸粘度·····	(186)
二、初生纤维的拉伸曲线类型·····	(187)
三、初生纤维的拉伸机理·····	(190)
四、粘胶纤维的拉伸工艺原理·····	(193)
第十章 粘胶纤维后处理工艺原理 ·····	(199)
第一节 粘胶纤维的精练 ·····	(199)
一、水洗·····	(199)
二、脱硫·····	(200)
三、漂白·····	(203)
四、酸洗·····	(206)
五、上油·····	(206)
第二节 粘胶纤维的烘干 ·····	(208)
第十一章 助剂在粘胶纤维生产中的应用 ·····	(215)
第一节 表面活性剂 ·····	(215)

一、表面活性剂的分类.....	(215)
二、表面活性剂的主要用途.....	(217)
三、表面活性剂的化学结构与性质的关系.....	(218)
四、表面活性剂的适用范围.....	(222)
第二节 表面活性剂在粘胶纤维生产中的应用.....	(223)
一、在碱纤维素制备过程中的应用.....	(223)
二、在碱纤维素黄化过程中的应用.....	(223)
三、在纤维素黄酸酯的溶解过程和粘胶过滤中的 应用.....	(224)
四、在脱泡过程中的应用.....	(226)
五、在成形过程中的应用.....	(226)
第三节 变性剂.....	(229)
一、变性剂的种类.....	(229)
二、变性剂的作用.....	(230)
三、变性剂的作用机理.....	(236)
第四节 油 剂.....	(239)
一、油剂的润滑成分.....	(239)
二、油剂的乳化成分.....	(243)
三、油剂的抗静电成分.....	(245)
四、油剂配方简介.....	(251)
主要参考文献.....	(254)

第二篇 粘胶纤维生产原理

第七章 粘胶纤维的性质

粘胶纤维的生产和其它产品一样,要求不断提高纤维的品质,确保供给我国人民以优质的纺织用品,并满足现代农业、现代工业、现代科技和现代国防的需要。

纤维品质的优劣,决定它的使用价值。纤维的品质是由许多主要指标来综合衡量的,根据不同用途,所要求的指标也可不同。某些纤维在应用中要求有较全面的指标,而另一些只需强调几个指标,例如用作衣料的粘胶长丝,除要求一定的断裂强度、断裂伸度、初始模量外,还应具有某些外观指标(光泽、柔软性等)。而用于制做轮胎的粘胶帘子线,只要求纤维具有卓越的耐疲劳强度及耐热性能。现将纤维主要指标分述如下。

1. 表征纤维性质的基本指标:

(1) 断裂强度, (2) 断裂伸度, (3) 初始模量和湿模量, (4) 吸湿性, (5) 耐多次变形性和疲劳强度, (6) 耐磨性, (7) 耐热性和耐光性, (8) 对核射线的稳定性, (9) 对碱及微生物作用的稳定性, (10) 比重。

2. 表征纤维性质的特殊指标:

(1) 纤度, (2) 折皱性, (3) 染色均匀性, (4) 光泽, (5) 导热性, (6) 服用性能。

3. 短纤维的附加指标:

(1) 纤维长度的均匀性, (2) 卷曲度, (3) 单纤维的粘结现

象，(4)残硫。

粘胶帘子线还应具有对橡胶的亲合能力等性能。

上述各项指标，还不能完全反映出纤维及其制品在使用中的全部性质。到目前为止，还没有找到一整套鉴别纤维耐用度的检验方法，这是因为测试纤维指标时的情况并不完全与纤维使用时的情况相符。因此，鉴别纤维的使用价值，最好的方法是进行大规模的实用试验。

一、纤度

纤维纤度表示纤维的粗细程度。纤维的粗细若求精确，可用其截面积表示，但测量费事。一般都用纤度的间接指标来表示，常用的有公制支数(N)、旦(d)和特(T)三种。

(一)公制支数

单位重量的纤维所具有的长度称为支数。如1克重的纤维长60米，为60支。纤维的支数可用下式计算：

$$N = \frac{L}{G}$$

式中 N——公制支数；

L——纤维长度(mm, m, km)；

G——纤维重量(mg, g, kg)。

在同一种纤维中，支数愈高，纤维愈细，但对比重不同的纤维则不能用支数直接比较其粗细。

(二)旦数

9000米长度的纤维所具有重量的克数称为旦数。如9000米长的纤维重1克称为1旦。当比重一定时，旦数愈大，纤维愈粗。纤维的旦数可用下式计算：

$$d = \frac{G}{\frac{L}{9000}} = \frac{9000G}{L}$$

(三)特数

1000米长的纤维所具有重量的克数为特数。如1000米长的纤维重1克称为一特。特的十分之一为1分特(dT)；特的千倍为1千特(kT)。特数愈大,纤维愈粗。纤维的特数可用下式计算:

$$T = \frac{1000G}{L}$$

由于特数是以1000米长纤维的重量来计算的,方法简便,近年来已为国际上多数国家所采用。

纤维的支数、旦数和特数的相互关系是:

$$Nd = 9000 \quad \text{或} \quad d = \frac{9000}{N}$$

$$NT = 1000 \quad \text{或} \quad T = \frac{1000}{N}$$

$$T = 9d$$

粘胶长丝的单丝纤度:普通型长丝约5旦;中支型长丝约3~3.5旦;细支型长丝约2.5旦。低于2.5旦的粘胶长丝在国际市场上极为罕见。

粘胶短纤维按纺织加工的不同要求,也有多种纤度:棉纺型纤维1.5旦;毛纺型纤维3~5旦;地毯纤维30旦。

此外,还有供纺制细纱用1和1.2旦粘胶短纤维。近年来国际市场上还出现了单纤维纤度约为0.36旦的高湿模量纤维丝束。

单纤维的纤度对于制品的品质影响很大。同品种的单纤维愈细,则纤维的成形过程愈均匀,纤维及其制品愈柔软,光泽愈调和,同时纤维的弹性及耐多次变形的稳定性也愈高。

根据制品的用途不同,单纤维的旦数也可不同。例如用作衬衣、内衣等的织物,要求单纤维旦数低,制品的回弹性及柔软性好;而用作床上用品等的织物要求强度较高,故采用旦数较高的纤维。通常用作纺制高级纺织品的单纤维,要求较细的纤维。用作与天然纤维或合成纤维混纺的粘胶纤维的旦数,又取决于天然纤维或合成纤维的旦数。

二、断裂强度

纤维在断裂时所受的张力,称为纤维的断裂强度(简称强度)。表示方法有以下三种:

1. 相对强度

相对强度就是每旦纤维被拉断时所能承受的最大的力,可按下式计算:

$$P_0 = \frac{P}{d}$$

式中 P_0 ——相对强度(克/旦, g/d);
 P ——纤维被拉断时所需的力(g);
 d ——纤维的纤度(d)。

相对强度还可以用克/特(g/T)、毫牛顿/分特(mN/dT)表示。纤维的强度一般都用相对强度来表示。

2. 断裂长度

断裂长度是指纤维在悬挂时受自身重量的作用而断裂时的长度,例如24千米长的纤维在悬挂时受自身重量而断裂,则纤维的断裂长度就是24千米。以断裂长度所表示的强度的物理解释只是假定的。实际上断裂长度是由纤维被拉断时所受的力与纤维公支数的乘积,按下式推导计算的:

$$L_p = PN$$

式中 L_p ——断裂长度(千米, km);
 P ——纤维被拉断时所需的力(g);
 N ——纤维的纤度(N)。

3. 强度极限

单位面积所受的最大的力,亦即纤维断裂时其断面每平方毫米所承受的力,单位为公斤/毫米²(kg/mm²),称为强度极限。可按下式计算:

$$\sigma = \frac{P}{1000S}$$

式中 σ —— 强度极限 (kg/mm^2) ;
 S —— 纤维横断面面积 (mm^2) ;
 P —— 纤维拉断时所需的力 (g) 。

上述相对强度、断裂长度与纤维的比重有关，而强度极限与纤维比重无关。故比重不同的纤维，可用强度极限相比较。它们之间的换算关系如下：

由相对强度换算为断裂长度： $L_P = 9P$ 。

由断裂长度换算为相对强度： $P_0 = \frac{L_P}{9}$

由断裂长度换算为强度极限： $\sigma = \gamma L_P$ (γ 为纤维比重)

上述的几种断裂强度的单位换算如下：

$$1\text{g}/\text{d} = 9\text{km} = 9\gamma\text{kg}/\text{mm}^2 = 9\text{g}/\text{T} = 8.85\text{mN}/\text{dT}$$

以上换算数据参见表7-1。

在纤维各项性质指标中，纤维的断裂强度是最重要的指标之一。提高纤维的强度，在多数情况下，能改善纤维制品的使用性能。作为工业用途的粘胶帘子线须能承受强大的冲击负荷。日用纺织制品对多次变形、服用摩擦、耐光、对大气和洗涤等项稳定性有较高的要求，在不影响其它指标的前提下，提高纤维的断裂强度也可以改善加工条件、降低络丝、加捻工序的断头率，同时也可相应地提高纤维的湿态强度。

然而，在强力测定机上测试强度时，纤维所受的作用是恒速增长的负荷，而在实际使用时，日用纺织品所受到的作用是无数次比较微弱而量值和方向经常变化的负荷。粘胶帘子线的断裂也是由于多次冲击负荷的作用。因此，断裂强度对纤维制品的实用性能只有着相对的意义，并不能完全决定纤维的使用价值。

测定断裂强度的条件，有干态（即在 20°C 、相对湿度65%条件下）和湿态（即在水中湿态下）两种。纤维断裂强度的测定项目通常包括干态断裂强度（简称干强，又称调湿强度）、湿态断裂强度（简称湿强）、打结强度和勾结强度四项，兹分述于后。

(一)干态断裂强度

粘胶纤维与其它纤维的干态断裂强度列于表7-1。

表7-1 粘胶纤维、天然纤维及其它化学纤维的强度

纤维品种	聚合度	干态断裂强度			
		g/d	km	mN/dT	kg/cm ²
粘胶纤维					
长 丝					
普通型	300~350	1.8~2.2	16~20	15.9~19.5	24~30
加强型	300~350	2.8~3.3	25~30	24.8~29.2	37.5~45
强力丝					
普通型	360~400	3.6~4.0	32~36	31.0~35.5	49.5~55
高强度型	490~450	4.4~5.0	40~45	39~44.4	62~69
短纤维					
毛 型	300~350	1.6~1.8	14~16	14.2~15.9	21~24
棉 型	300~350	2.2~2.8	20~25	19.5~24.8	30~37.5
富强纤维型	500~600	3.3~4.0	30~36	29.2~35.5	45~54
高湿模量纤维型	500~600	3~4	27~36	26.5~35.5	40.5~54
BX纤维(超强力粘纤)	400~500	8~9	72~81	70.8~79.6	108~121
棉	3000~5000	3~4	27~36	26.5~35.5	40.5~54
蚕 丝	500~700	3~3.7	27~31.5	26.5~32.7	35~42
尼纶6(锦纶)					
普通型	150~200	5~5.5	45~49.5	44.2~48.6	51.2~56.4
加强型	150~200	7~8	63~72	62~70.8	70~82
腈 纶	1000~2000	3.6~4.3	32~39	31.8~38	37.5~46.2
涤 纶	100~150	5~7	45~63	44.2~62	62~87
维 纶					
普通型	1000~1200	4~5	36~45	35.5~44.2	43~57
高强度型	1200~1500	10	90	88.5	113.4

从表7-1可以看出：

1. 高强度粘胶纤维的断裂强度高于棉纤维，但低于亚麻、苧麻及部分合成纤维。

2. 超强力粘胶纤维的断裂强度，超过所有天然纤维及绝大部分合成纤维。

3. 如果聚合度超过了某一最小值，则同一高聚物的聚合度的差异对于纤维在干态下的断裂强度没有决定性的作用。例如，高强度粘胶纤维的聚合度比棉纤维低 6~11 倍，但其断裂强度则超过棉纤维。

4. 用同一粘胶制得的粘胶纤维，可因成形条件不同或后处理条件改变，能使其断裂强度提高几倍。由此可见改变粘胶纤维的结构是提高纤维断裂强度的主要方法（当聚合度大于某一定值时）。

纤维的结构及相应的综合机械性能又决定于：

1. 分子结构。大分子或分子束的形状、大小尺寸、相对位置及多分散性。

2. 超分子结构。即分子束或结晶的大小尺寸及均匀性（按其大小值），它们之间相互作用的强度，无定形和结晶部分的比例及相对位置。

粘胶纤维和其它化学纤维生产的特点之一，是在纤维的成形或后处理过程中可改变其结构，从而大大提高纤维的强度。

在粘胶纤维和其它化学纤维的工艺过程中，提高纤维断裂强度的方法，是以聚合度的结构理论和纤维的断裂机理作为根据的。

纤维在负荷的作用下发生断裂时，可以产生两种情况：

1. 大分子内各个原子之间的化学键发生断裂。

2. 大分子及分子束之间的次价键发生断裂及个别大分子或晶体之间发生滑动。

如果纤维强度的增高主要是由于纤维中大分子束的滑动而使整列度提高，从而增加了结构的均匀性，那么在分子束定向后由于强度增高了的这种纤维的伸度，基本上决定于平衡状态下的大分子的形状以及大分子的松弛程度。大分子愈呈伸直形状，则在断裂负荷的作用之下，大分子进一步变形的可能性愈小，纤维在断裂时的弹性延伸和总伸度也愈小。

刚成形的纤维经过拉伸后，再给以适当的回缩，使各个大分子之间有实现松弛的可能，可使纤维强度提高而不降低它的断裂伸度。常有人把强度P与伸度L看作是两个互相对立的指标，认为提高纤维的强度，会不可避免地使纤维的弹性和伸度成比例地降低，即 $PL = \text{常数}$ 。这种观点是片面的。

实践证明在增加强度的同时，也同样可以增加伸度。

表7-2 增加纤维强度的条件对于其机械性质的影响

增加纤维强度的方法	强 度 (断裂长度 km)		伸 度 (%)		弯 曲 次 数		加热后的 收 缩 率 (%)
	在水中 加热前	加热后	在水中 加热前	加热后	在水中 加热前	加热后	
	纤维拉伸后继以收缩 (纤维的松弛)	25.6	24.5	14.6	14.3	1400	
纤维拉伸后继以部分收缩 (部分松弛)	25.2	22.5	9.6	16.2	725	1140	6.6
纤维拉伸后不再进行收缩	24.3	17.2	5.4	13.2	434	2120	9.8

表7-2为再生纤维素纤维采用不同条件实现增强的弹性数据。弹性可以在一定程度上表现于断裂前所能支持的弯曲次数。由表7-2表明，纤维增强的过程中，如果不使大分子松弛，则纤维的伸度及其多次变形稳定性都显著降低。

再生纤维素纤维用热水处理时，由于纤维发生膨润，大分子及其分子束间的键合强度降低，大分子链节在较高温度下的活动性增加，所以纤维的松弛时间显著缩短。因此，被伸长的大分子在较短的时间内，即可恢复到近乎平衡状态。纤维中大分子的松弛会引起纤维的机械性质的改变，大多数的断裂强度有所降低，而断裂伸度和弹性则有所增高，同时纤维还发生收缩。

由此可见，纤维在可以显著缩短松弛时间的条件下（如加热或药剂的作用使聚合物膨润），经过处理以后，其机械性质改变的情况，在一定程度上可以作为大分子在增强过程中所保持的松弛程度的指标。在这种处理（如加热）以后，伸度增高得愈少，即收缩愈少，说明纤维在增强过程中所起的大分子松弛现象愈

充分。

粘胶纤维经拉伸后，其性质的变化情况如图7-1所示。

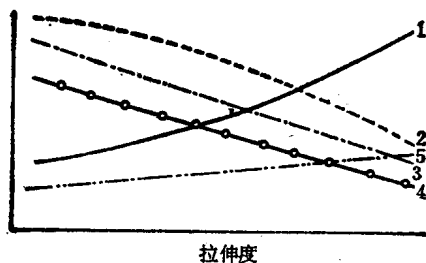


图7-1 粘胶纤维拉伸后性质的改变

1—断裂强度 2—伸度 3—双折绕次数 4—总膨润热 5—比重

(二) 湿态断裂强度

粘胶纤维的主要缺点是遇水膨胀时强度显著降低。因此，湿态强度指标，比干态强度更为重要。纤维膨润，大分子之间的距离增加，因而分子间的相互作用也显著减弱。

纤维湿态强度的改变决定于分子量以及大分子及其分子束之间的键合强度。

粘胶纤维的湿态强度变化与聚合度密切相关，聚合度愈低，湿态强度下降就愈明显。

聚合度影响纤维在湿态下强度的降低，可以用各个大分子彼此之间的“滑动”加以解释，大分子愈小，则它们之间的“接触面”就愈小，要克服纤维中水合大分子之间相互作用力所需的应力也就愈小。其它条件不变，若增加纤维素的聚合度，则所得纤维的湿态强度降低较小。因此，采用高聚合度浆粕制取粘胶纤维，在实践中是合理的。

在制成的纤维中，减少低分子部分的含量，也可以得到类似的结果。由棉绒浆制得的粘胶纤维比在同样条件下以亚硫酸盐木浆（按同样的平均聚合度）制得的纤维，其湿态强度降低较少。