

纺织材料性能测试技术丛书

棉纤维成熟度测试

陈黎曦 编



纺织工业出版社

纺织材料性能测试技术丛书

棉纤维成熟度测试

陈黎曦 编

纺织工业出版社

责任编辑：缪光荣

纺织材料性能测试技术丛书

棉纤维成熟度测试

陈黎曦 编

•
纺织工业出版社出版

(北京东长安街12号)

纺织工业出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

•
787×1092毫米 1/32 印张：4 字数：86千字

1990年6月 第一版第一次印刷

印数：1—2,000 定价：1.70元

ISBN 7-5064-0464-8/TS·0456

内 容 提 要

本书主要内容是介绍棉纤维成熟度的各种检测仪器及测试方法。为了读者更好的理解各种测试方法的原理和要求，本书还对棉纤维的生长成熟过程，成熟度的物理概念，成熟度对纤维的结构与性能的影响以及成熟度与纺纱工艺和纱、布质量的关系，作了简要介绍。本书可供纺织科学工作者，纺织厂工程技术人员、试验人员及大专院校师生阅读参考。

前 言

我国纺织工业已经步入一个崭新的时期，纺织加工能力和生产设备得到大幅度的发展；纺织产品的产量、纱锭与布机总数、原棉、蚕丝、苧麻、山羊绒等纺织原料的产量均占世界第一位；纺织工业产值、社会零售额、创汇率等在国民经济中有举足轻重的地位。在此第七个五年计划开始的时候，对纺织材料性能的检测技术提出了新的、更高的要求。这是因为：首先，纺织原料要保证优质优用，以利降低成本、并使工艺技术能对症下药，保证纺织生产过程顺利进行；其次，纺织产品品质要正确评价，以利按质论价；第三，需要对纺织半成品和成品进行品质检测，藉以检验工艺措施的效果，获取反馈信息；第四，纺织工艺过程的自动控制需要各种品质的检测信号等等。

纺织材料性能检测技术，如果从1875年勃雷德福 (Bradford)会议算起，已有一百余年历史，特别是近二十年来，获得了长足的发展。由于社会生产的需要，由于物理学、电子学、检测技术等相关学科有了较好的发展，而且对纺织材料的结构和物理、化学性能有了深入一步的了解，所以，纺织材料的各种形态学、力学、热学、电学、光学、工艺学等性能的测试技术和仪器设备，已经形成了一个相当规模的系统，并在经历了“由合到分”（由简单到复杂、由综合到分项、由少指标到多指标、由联合检测到单项分测）的长期发展之后，又重新出现“由分到合”（由多指标到少指标、由分项到综合、由分别测量到统一测量）。这方面的测试技术，无论在测试原理上、仪器结构上、机械化和自动化水平

上、指标的合理性与科学性上都有了迅猛的提高。随着电子计算机数据处理技术的应用，纺织材料性能的测试技术已逐渐发展成为一门涉及物质结构、物理学、电子学、机构学、近代测试技术、数理统计、计算数学等许多学科的综合性的新兴科学分支，成为纺织科学技术的一个重要领域。

在这个领域里，二十多年来我国虽出版过部分教科书和专著，但因涉及面过广，语焉不详，读者不容易掌握某种测试技术的全貌及要点。经过长期酝酿和各方面的大力支持，我们组织编写了“纺织材料性能测试技术丛书”，约请各方面的专家，分头撰写纺织材料各个单项性能测试中的仪器和方法，力图较系统地介绍该种测试技术的基本特点、主要类别、典型方法与仪器、各种方法的检测原理、仪器的结构、性能及其检查、调试方法、测试计算的指标，以及在纺织工艺技术中的应用等。希望以较短的篇幅，使读者获得较全面的概念和必要的实用知识。

“纺织材料性能测试技术丛书”包括纤维长度、细度、强力；纱条均匀度；纺织材料回潮率、含脂率、密度、摩擦、静电、折射率、缩绒能力；纱线毛羽；棉纤维成熟度；织物磨损、风格、透通性、光泽、舒适性、阻燃性、耐热性、缩水率及捻度等内容，将按各个专题，陆续分册出版。

本丛书的编写方法还只是一种尝试，而且以小册子方式出版，难免挂一漏万，敬希读者给予批评指正。我们殷切期望这套丛书在广大读者的共同努力下，能为祖国社会主义“四化”大业作出一点贡献。

纺织工业出版社

《纺织材料性能测试技术丛书》编审委员会

1986年

纺织材料性能测试技术丛书

编审委员会

主 任：姚 穆

副主任：安瑞凤

编 委：刘增录 安瑞凤 沈志耕 赵书经
姚 穆 胡永禔 蒋素婵

目 录

第一章 概述	(1)
第一节 棉纤维成熟度的物理概念.....	(1)
第二节 棉纤维成熟度的指标.....	(4)
第三节 棉纤维成熟度对纤维结构与性能的影响.....	(12)
第四节 棉纤维成熟度与纺纱工艺及纱、布质量的关系.....	(25)
第二章 棉纤维成熟度的检测仪器及测试方法	(30)
第一节 显微镜直接观察法.....	(30)
第二节 偏振光测定法.....	(42)
第三节 气流仪测定法.....	(83)
第四节 染色测定法.....	(100)
第五节 其它测定法.....	(105)
结束语.....	(115)
参考文献.....	(118)

第一章 概 述

第一节 棉纤维成熟度的物理概念

一、棉纤维生长、成熟过程的概述

棉纤维是由胚珠的表皮中一部分细胞经伸长、加厚两个阶段形成的。前后大约需要50~60天的时间。

(一) 纤维的伸长期

棉纤维生长的前阶段称为伸长期，它主要是纤维细胞的伸长和初生胞壁的形成。棉花在开花前，胚珠的表皮细胞表面都很光滑，但当花冠开放后，胚珠还未受精前，胚珠的表皮细胞即有多处隆起，这表明有些表皮细胞已经在伸长，这些细胞就是纤维的初生细胞。这些初生细胞一昼夜即可伸长为其宽度的两倍。胚珠受精后，即发育成棉籽，胚珠上的初生细胞迅速生长，并在伸长的同时，也加大细胞的宽度。伸长期大约25~30天。一般在25天左右，纤维即可长到应有的长度，但在整个伸长期中，初生胞壁却很少加厚。

同时，初生细胞的发生，是在开花受精后大约10天内陆续出现，早发生的纤维初生细胞，一般生长良好，可以发展成为具有纺纱价值的“长绒”，较晚发生的纤维初生细胞，往往中途会停止发育，只能发展成附着在种子表面的“短绒”。对于那些未受精的胚珠，则会很快死亡，成为不孕籽。不孕籽上的纤维初生细胞，也要停止生长，成为附着在不孕籽上的短纤维。

(二) 纤维的加厚期

棉纤维生长的后半期称为加厚期，它主要是细胞壁的加厚。一般大约25~30天。

当纤维初生细胞生长到应有的长度以后，即开始细胞壁的加厚期，在加厚期间，细胞一般不再伸长，而是在初生细胞壁内，自外向内逐日一层层地淀积纤维素，直到加厚期结束，形成纤维的次生胞壁。纤维素的合成与淀积是昼夜周期进行的，白天进行纤维素的合成，每晚沿胞壁淀积一层纤维素，因此在胞壁内形成明显的层次，正常情况下，层数与生长天数相等，称为棉纤维生长“日轮”，象树木的年轮一样。如果在连续光照条件下，光合作用连续进行，则不形成“日轮”层。在“日轮”层中，纤维素是以巨原纤形态螺旋状地一层层进行淀积，螺旋方向有左旋也有右旋，在一根纤维长度方向反复改变，螺旋角外层的大、内层小，平均螺旋角愈小，纤维中大分子的取向度愈好。

纤维素合成和淀积的数量与温度有密切的关系，温度高（例如20~30℃），合成的纤维素就多，淀积的日轮层就厚，温度低，纤维素的合成和淀积就要受到影响，15℃以下纤维的加厚就会停止。因此在整个加厚期中，若气温高，日照充足，水分适中，次生胞壁生长的就厚，纤维的成熟程度就好，若气温、日照等生长条件不好，纤维的胞壁就薄，成熟程度也差。

随着加厚期中生长天数的增加，纤维逐渐成熟，当棉铃开裂吐絮时，纤维暴露在空气中，水分的蒸发使细胞干瘪，在大气压力作用下，纤维被压扁，其断面形状也由圆形变成腰圆形，同时，由于日轮层中巨原纤是以左或右螺旋状淀积，且淀积的厚薄不一，当纤维干瘪凹陷后，胞壁将产生不

均匀的收缩，使纤维挠曲和扭转，形成不规则的天然转曲。不同成熟度的纤维，其胞壁厚度、壁厚的均匀程度都不相同，纤维的外观形态也有很大差异，正常成熟的棉纤维转曲最多，未成熟的薄壁纤维转曲很少，过成熟的纤维外观呈棒状，转曲也少。这些不同的外观形态特征也都成为判断纤维成熟程度的基础。

二、成熟度的物理概念

从前面所述的棉纤维生长成熟过程看，棉纤维的成熟程度和纤维加厚期生长条件有密切的关系，生长条件好，纤维素沿胞壁淀积得厚，纤维成熟度就好，生长条件差，胞壁生长得就薄，纤维的成熟度也就差。所以，棉纤维的成熟度，实质上是指胞壁加厚的程度，胞壁愈厚，成熟度愈好。

此外，棉纤维的长度和直径（外径），是一种遗传特征，它们主要取决于棉纤维的品种，不同品种的棉纤维，其外径不同，此时即使纤维的胞壁厚度相同，而胞壁中的实际填充程度也是不相同的，为了更确切地反映成熟度的概念，许多国家都采用纤维素沿胞壁径向或面积的填充程度来定义和表征棉纤维的成熟度，例如英国的皮尔斯（Peirce）从几何角度，将成熟度定义为细胞壁截面积 S' 对同一周长圆面积 S 的比率 Q ，并称 Q 为胞壁增厚程度比。

$$Q = \frac{S'}{S} \quad (1-1)$$

式中， S' ——纤维细胞壁的截面积；

S ——与纤维细胞壁截面积周长相同的圆面积；

Q ——胞壁增厚程度比。

一般认为，如 Q 的平均值小于0.45，则表示不成熟的纤

维过多。

我国则常用纤维的双侧壁厚 2δ 与纤维的外径 D 的比值 m 来表征纤维的成熟度, m 又称纤维的壁径比。

$$m = \frac{2\delta}{D} \quad (1-2)$$

式中: δ ——纤维胞壁厚度;

D ——纤维的理论外径;

m ——纤维的壁径比。

通常使用的原棉, 包括着不同成熟程度的纤维, 一般讲棉纤维的成熟度, 是指一批原棉的平均成熟度。

第二节 棉纤维成熟度的指标

一、表示成熟度的指标

各个国家采用的成熟度测定方法不同, 所使用的成熟度指标也不一样, 归纳起来大致可分为三类:

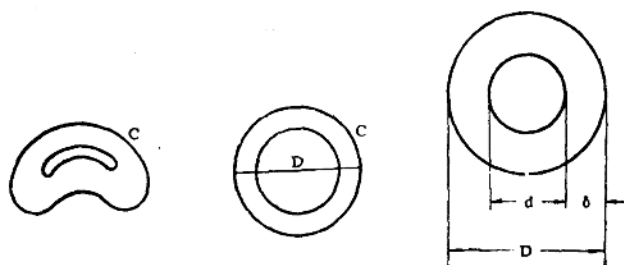
(一) 成熟度系数 (K)

如前所述, 对于不同直径的棉纤维, 即使纤维的壁厚相同, 而沿纤维径向的实际填充度是不相同的, 因此我国采用纤维的双侧壁厚 2δ 与纤维外径 D 的比值——壁径比 m 来表征纤维的成熟程度。但是, 棉纤维干涸后, 其断面呈不规则的腰圆形, 很难直接测出其外径、中腔直径及壁厚等。通常是按其断面的周长 C , 将纤维断面复原成为一圆形, 如图1-1所示。则此圆的外径即为纤维的理论外径 D ; d 即为理论的中腔直径; δ 即为纤维的壁厚; 环形面积 S' 即为纤维胞壁的横截面积, 它们之间有如下关系:

$$D = \frac{C}{\pi} \quad (1-3)$$

$$\delta = \frac{D - d}{2} \quad (1-4)$$

$$S' = \frac{\pi}{4} (D^2 - d^2) \quad (1-5)$$



(a)棉纤维的横截面

(b)棉纤维的理论直径

图1-1 棉纤维断面复圆图

不同成熟度的纤维，其壁厚、横断面积和断面形状都不相同，复原后的形态也不相同，图1-2为不同成熟度的纤维恢复成圆形后的断面形态，(a)为最不成熟的纤维，其壁径比 $m = 0.05$ ；(b)为一般成熟的纤维，其壁径比 $m = 0.35$ ；(c)为过成熟的纤维，其壁径比 $m = 0.80$ 。

为了表达不同壁径比与棉纤维成熟度的关系，我们设计了从0.00~5.00一系列的数值，称为成熟度系数 K ，并将不同的壁径比值与它相对应，例如：设壁径比为0.05的不成熟A纤维，其成熟度系数为0.00；设壁径比为0.35的一般成熟

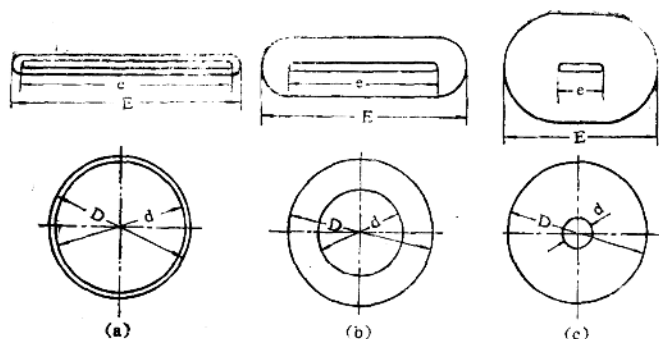


图1-2 不同成熟度的棉纤维恢复成圆形后的断面形态

的B纤维，其成熟度系数为2.00；设壁径比为0.80的过成熟C纤维，其成熟度系数为5.00。这样，成熟度系数(K)将随着壁径比(m)的增加呈线性的增大，即当壁径比m每增大0.0375，成熟度系数K也相应增大0.25，根据成熟度系数K与壁径比m这种线性关系，可求出如表1-1所列的对应关系表。

表1-1 成熟度系数(K)与壁径比(m)对应关系表

成熟度系数(K)	壁径比(m)	成熟度系数(K)	壁径比(m)	成熟度系数(K)	壁径比(m)
0.00	0.0500	1.75	0.3125	3.50	0.5750
0.25	0.0875	2.00	0.3500	3.75	0.6125
0.50	0.1250	2.25	0.3875	4.00	0.6500
0.75	0.1625	2.50	0.4250	4.50	0.7250
1.00	0.2000	2.75	0.4625	5.00	0.8000
1.25	0.2375	3.00	0.5000		
1.50	0.2750	3.25	0.5375		

成熟度系数K与壁径比m的线性关系，还可用以下方程

式进行表达:

$$K = \frac{20\left(\frac{2\delta}{D}\right) - 1}{3} \quad (1-6)$$

或
$$K = \frac{20m - 1}{3} \quad (1-7)$$

式中: D——棉纤维的理论外径;

δ——棉纤维的胞壁厚度;

m——棉纤维的壁径比。

成熟度系数是我国标准规定采用的成熟度指标。成熟良好的纤维, K值在1.75~2.50之间。

(二) 成熟度比 (M)

成熟度比也是一种以胞壁填充程度来定义的成熟度指标。它不是以胞壁沿径向填充度为衡量根据, 而是以胞壁面积填充程度即胞壁增厚程度比 (Q) 来定义的。M与Q的关系为:

$$M = \frac{Q}{0.577} \quad (1-8)$$

式中,
$$Q = \frac{S'}{S}$$

从图1-1可知:

$$S' = \frac{\pi}{4} (D^2 - d^2)$$

$$S = \frac{\pi}{4} D^2$$

$$d = D - 2\delta$$

所以:

$$Q = \frac{\frac{\pi}{4} D^2 - \frac{\pi}{4} (D - 2\delta)^2}{\frac{\pi}{4} D^2} \quad (1-9)$$

若将式 (1-9) 分子、分母同乘以 D^2 , 并加以整理即得:

$$Q = 2\left(\frac{2\delta}{D}\right) - \left(\frac{2\delta}{D}\right)^2 \quad (1-10)$$

由于 $m = \frac{2\delta}{D}$

所以式 (1-10) 可写为:

$$Q = 2m - m^2 \quad (1-11)$$

则成熟度比 M 可表达为:

$$M = \frac{2m - m^2}{0.577} \quad (1-12)$$

从上式可以看出, 尽管成熟度比是以面积填充度为基础定义的, 但它与壁径比也有相应的关系, 所以英国的现行标准中, 在测定和计算成熟度比时, 仍是观察纤维胞壁厚度与最大宽度 (或中腔宽度) 的比值大小, 将纤维分成死纤维、薄壁纤维和正常纤维三大类 (具体分类标准规定见第二章第一节)。然后按皮尔斯和劳特 (Lord) 总结出的公式, 计算成熟度比 M :

$$M = \frac{n_1 - n_2}{200} + 0.70 \quad (1-13)$$

式中: n_1 —— 正常纤维百分数;

n_2 ——死纤维百分数。

一般成熟的纤维，其成熟度系数 $K = 2.00$ 左右，此时 $\frac{2\delta}{D} = 0.35$ ，将此值代入式 (1-11)。则

$$Q = 2 \times 0.35 - (0.35)^2 = 0.577$$

此时： $M = 1.00$ 。所以当 $M = 1$ 时，即认为纤维的成熟度是良好，而 $M < 0.8$ 时，则认为是未成熟的纤维。

(三) 成熟纤维百分率 P_M (%)

该指标系国际标准 (ISO) 和美国标准采用的成熟度指标，在测定时，仍是按观察到的纤维壁厚和最大宽度 (或中腔宽度) 的比值大小，将纤维分为成熟和不成熟纤维两大类 (具体分类标准见第二章第一节)。并按下式计算成熟纤维百分率 P_M (%)。

$$P_M = \frac{n_M}{N} \times 100(\%) \quad (1-14)$$

式中： n_M ——成熟纤维根数，

N ——试验纤维总根数。

一般成熟良好的棉纤维，其 P_M 值约在 80% 以上。

二、成熟度指标间的关系

上述各成熟度指标，尽管在被各国采用时，其具体的测定方法和标准规定有所不同，但是它们都是以纤维的壁厚与纤维的外径 (或中腔宽度) 对比值为基础，它们之间存在着良好的相关关系。

(一) 成熟度系数 (K) 与成熟度比 (M) 之间关系

我国的试验资料曾给出了成熟系数 K 与成熟度比 M 的关系曲线如图 1-3 所示。同时从方程式 (1-7) 和式 (1-12) 可推出 K 与 M 的关系式如下：