



纺织检测知识丛书

纤维定性鉴别 与定量分析

XIANWEI DINGXING JIANBIE YU DINGLIANG FENXI

■ 吴淑焕 潘伟 李翔 杨志敏 主编



中国纺织出版社

||| 纺织检测知识丛书 |||

纤维定性鉴别与定量分析

吴淑焕 潘伟 李翔 杨志敏 主编



中国纺织出版社

47944

内 容 提 要

本书分为两章。第一章讲述各类纤维的定性鉴别方法;第二章讲述混纺织物中各种纤维成分的定量分析方法,这些方法是当前各类检测机构经常使用到的。定性鉴别和定量分析是纺织纤维检验中两个必不可少的步骤。

本书可供纺织品检测机构、纺织专业院校的相关人员使用,也可供纺织企业生产技术人员和贸易人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

纤维定性鉴别与定量分析/吴淑焕等主编.—北京:中国纺织出版社,2011.5

(纺织检测知识丛书)

ISBN 978-7-5064-7326-2

I. ①纤… II. ①吴… III. ①纤维—定性分析②纤维—定量分析 IV. ①TS101.92

中国版本图书馆CIP数据核字(2011)第031300号

策划编辑:孔会云 责任编辑:王军锋 责任校对:寇晨晨
责任设计:李 然 责任印制:何 艳

中国纺织出版社出版发行

地址:北京东直门南大街6号 邮政编码:100027

邮购电话:010—64168110 传真:010—64168231

<http://www.c-textilep.com>

E-mail:faxing@c-textilep.com

三河市华丰印刷厂印刷 三河市永成装订厂装订

各地新华书店经销

2011年5月第1版第1次印刷

开本:710×1000 1/16 印张:6.5

字数:75千字 定价:30.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社图书营销中心调换

编辑委员会

主 编:吴淑焕 潘 伟 李 翔 杨志敏

主 审:冯 文 刘文莉 张 鹏 聂凤明

编 委:(按姓氏笔画排序)

王云发 王晓兰 刘冠琼 伍伟新

关晓媛 张玉莲 张国华 李雁茹

杨友红 范晓琴 钟 江 饶剑辉

梁海保 董晶泊 谢火胜 谢 枢

廖帼英 戴彦姿

前 言

纺织品尤其是服用纺织品,是人们生活中的重要日用消费品。人们在挑选纺织品的时候,不仅关注其款式、颜色,还关注纺织品的“质料”。“质料”其实就是组成纺织品的基本材料——纤维,通常纤维成分直接决定纺织品的市场价格。像蚕丝、羊绒、特种动物毛、新型功能纤维等附加值高的纤维,是生产高档纺织品的主要原料。由于纤维成分是决定纺织品质量的重要因素,因此,能否进行纺织品纤维成分的准确标识是考核产品是否合格的重要内容,而进行纤维成分准确标识的前提是要对产品中的各种纤维进行准确定性和定量。纤维成分的检测包括两个方面:一方面要清楚地检测出是哪种纤维,也就是纤维种类的定性鉴别;另一方面要准确地检测出各种纤维的含量,也就是纤维的定量分析。能进行纺织品纤维成分的准确定性定量就能清楚了解纺织品的“质料”,这是供需双方、消费者等最想了解和关注的问题。

本书分为两章,第一章讲述纺织纤维的定性鉴别,由广州市纤维产品检测院编写;第二章讲述纺织纤维的定量分析,由深圳市计量质量检测研究院编写,全书由冯文统稿。本书由从事纺织品检测多年的人员负责编写,内容贴近实际检测工作。书中力图以通俗的语言和丰富的图片使得专业人士能够轻松阅读,使得非专业人士趣味阅读。

由于编者水平有限,希望来自各方的批评和建议能使得我们进一步完善和丰富书中的内容。

编 者

2011年2月28日

目 录

第一章 纤维的定性鉴别	(1)
第一节 天然植物纤维的鉴别	(1)
一、棉纤维(cotton)	(1)
二、麻纤维(bast fiber and leaf fiber)	(5)
三、其他天然植物纤维	(6)
第二节 天然动物纤维的鉴别	(11)
一、蚕丝(silk)	(11)
二、山羊绒和羊毛(cashmere and wool)	(13)
三、马海毛(mohair)	(16)
四、牦牛绒(yak wool)	(17)
五、驼绒(lambsdown)	(18)
六、羊驼毛(alpaca hair)	(18)
七、兔毛(rabbit hair)	(20)
八、禽类绒毛纤维	(20)
九、其他动物纤维	(22)
十、蜘蛛丝(spider silk)	(25)
第三节 无机纤维的鉴别	(26)
一、玻璃纤维(glass fiber)	(26)
二、金属纤维(metallic fiber)	(27)
三、碳纤维(carbon fiber)	(27)
四、玄武岩纤维(basalt fiber)	(28)
五、陶瓷纤维(ceramic fiber)	(29)
六、石棉纤维(asbestos)	(29)
第四节 再生纤维的鉴别	(30)
一、再生纤维素纤维	(30)
二、再生蛋白质纤维	(33)
三、其他再生纤维	(35)

第五节 合成纤维的鉴别	(37)
一、常规合成纤维	(37)
二、新型合成纤维	(43)
第二章 纤维成分的定量分析	(50)
第一节 试样的预处理	(51)
第二节 二组分纤维混纺产品的化学定量分析方法	(52)
一、通用实验方法	(52)
二、醋酯纤维与其他纤维混纺产品的含量分析(丙酮法)	(55)
三、某些蛋白质纤维与其他纤维混纺产品的含量分析(次氯 酸盐法)	(56)
四、粘胶纤维、某些铜氨纤维、莫代尔或莱赛尔与棉、亚麻、 苧麻的混合物的含量分析	(56)
五、粘胶纤维、铜氨纤维或莫代尔纤维与棉的混合物 (锌酸钠法)	(57)
六、锦纶、维纶和其他纤维混纺产品的 含量分析	(58)
七、醋酯纤维与三醋酯纤维混纺产品的含量分析	(59)
八、三醋酯纤维或聚乳酸纤维与其他纤维混纺产品的 含量分析(二氯甲烷法)	(59)
九、纤维素纤维和聚酯纤维、乙纶、丙纶混纺产品含量 分析(硫酸法)	(60)
十、腈纶、改性腈纶、含氯纤维与其他纤维混纺产品含量分析	(60)
十一、含氯纤维和其他纤维混纺产品的含量分析(二硫 化碳/丙酮法)	(61)
十二、醋酯纤维和含氯纤维混纺产品的含量分析(冰醋酸法)	(62)
十三、黄麻和动物纤维混纺产品的含量分析(含氮量测定法)	(62)
十四、含氯纤维、乙纶、丙纶与其他纤维混纺产品的含量 分析(浓硫酸法)	(63)
十五、丙纶与某些其他纤维混纺产品的含量分析(二甲苯法)	(64)

十六、蚕丝与羊毛或其他动物纤维混纺产品的含量	
分析(硫酸法)	(64)
十七、纤维素纤维和石棉混纺产品的含量分析(加热法)	(65)
十八、含氯纤维、某些改性腈纶、某些弹性纤维、醋酯纤维、 三醋酯纤维与某些其他纤维混纺产品的含量	
分析(环己酮法)	(65)
十九、乙纶与丙纶混纺产品的含量分析(环己酮法)	(65)
二十、聚酯纤维与某些其他纤维混纺产品的含量	
分析(苯酚/四氯乙烷法)	(66)
第三节 多组分纤维混纺产品化学定量分析方法	(66)
一、三组分纤维混纺产品定量化学分析方法	(66)
二、四组分及以上纤维混纺产品定量化学分析方法	(71)
第四节 纤维成分的物理定量分析方法	(75)
一、手工分离定量分析法	(75)
二、显微镜定量分析方法	(76)
第五节 新型纤维产品的定量分析方法	(80)
一、含氨纶产品的定量分析	(80)
二、大豆蛋白复合纤维与某些其他纤维混纺产品的定量分析	(81)
三、牛奶蛋白复合纤维与其他纤维混纺产品的定量分析	(82)
四、甲壳素纤维与其他纤维混纺产品的定量分析	(82)
五、聚乳酸纤维与其他纤维混纺产品的定量分析	(83)
六、羽毛羽绒与其他纤维混纺产品的定量分析	(84)
第六节 预处理方案选择与定量分析实例	(85)
一、预处理方案选择	(85)
二、试验案例	(91)
参考文献	(94)

第一章 纤维的定性鉴别

纺织工业中所使用的纤维原料绝大部分是高分子材料,高分子材料的大分子结构、超分子结构以及形态结构等决定其宏观的物理化学性质。纺织纤维的鉴别其实就是通过各种手段来考证未知纤维所具有的物理化学性质,再从其所具有的物理化学性质来判断纤维的种类。

新型纺织纤维制品的开发增加了产品的科技含量和附加值,但也给纤维的鉴别和检测带来了难度。目前,纺织纤维的鉴别、检测仍主要采用燃烧、化学溶解、显微镜观察等方法,但对于某些新型的纤维,这些方法已显得“力不从心”。由于传统检测方法的经济性、快捷性和准确性,使得其仍是不可替代的主要鉴别、检测方法。本章从实用角度出发,对目前纺织品检验机构常采用的纺织纤维的鉴别方法进行归纳和综述。内容仍以成熟的传统检测方法介绍为主,同时对新的检测鉴别方法也作些详细介绍。在介绍纺织纤维的鉴别方法时,着力将纺织纤维鉴别所依据的物理化学性质和其结构联系起来,以加深读者对鉴别方法的理解。

第一节 天然植物纤维的鉴别

一、棉纤维(cotton)

(一) 普通白棉纤维

1. 显微镜鉴别法

在显微镜下,棉纤维的横截面成腰圆形,纵向呈扁平扭转带状且沿纤维长度方向不断改变扭转的方向(图1-1),天然卷曲是棉纤维外观形态非常重要的特征,也是棉纤维区别于其他纤维的重要依据。

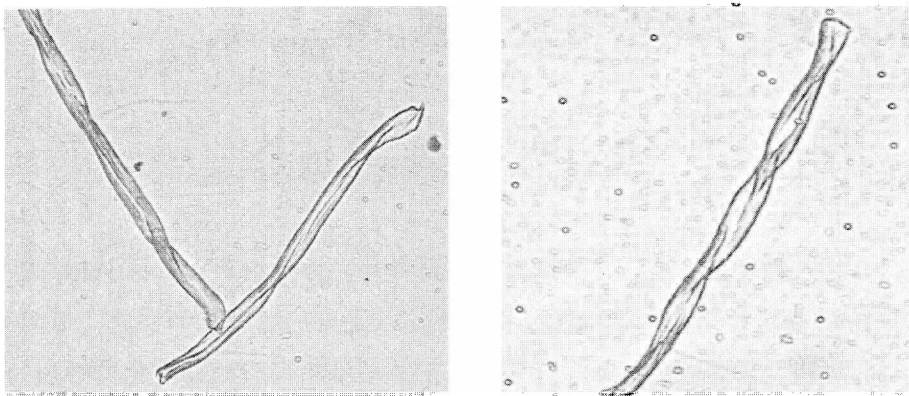


图 1-1 棉纤维的纵向形态

2. 燃烧鉴别法

棉纤维的燃烧性能也是其鉴别的重要依据。棉纤维靠近火焰不熔不缩，接触火焰时立即燃烧，离开火焰时继续迅速燃烧，燃烧时发出纸燃味，残留物呈细而软的灰黑色絮状物。几乎所有的纤维素纤维都具有以上燃烧特征，唯独不同的是残留物的颜色有些差异，如麻纤维燃烧残留物呈灰白色。现将纤维素纤维的燃烧性能总结归纳成表 1-1。

表 1-1 纤维素纤维的燃烧特性

纤维种类	燃 烧 特 征			燃烧时的气味	燃烧后残留物的特征
	靠近火焰	接触火焰	离开火焰		
棉、竹纤维、 莱赛尔、莫代尔	不熔不缩	立即燃烧	迅速燃烧	纸燃味	呈细而软的 灰黑絮状物
麻	不熔不缩	立即燃烧	迅速燃烧	纸燃味	呈细而软的 灰白絮状物
粘胶纤维、 铜氨纤维	不熔不缩	立即燃烧	迅速燃烧	纸燃味	呈少许灰白 色灰烬

注 数据来源于 FZ/T 01057. 4—2007。

3. 溶解鉴别法

棉纤维的主要组成物质是纤维素，约占棉纤维总重 90% 以上。纤维素

高分子中的苷键对酸敏感。当以热的稀酸或冷浓酸作用于纤维素时,苷键即水解断裂,棉纤维表现出溶解特征。现将日常检验中所遇到的纤维素纤维(包括棉纤维)在无机酸溶液中的溶解特性归纳成表1-2。

表1-2 纤维素纤维的溶解特性

溶剂	95% ~ 98% 硫酸		70% 硫酸		60% 硫酸		40% 硫酸		36% ~ 38% 盐酸		15% 盐酸		65% ~ 68% 硝酸	
	24 ~ 30℃	煮沸	24 ~ 30℃	煮沸	24 ~ 30℃	煮沸	24 ~ 30℃	煮沸	24 ~ 30℃	煮沸	24 ~ 30℃	煮沸	24 ~ 30℃	煮沸
棉	S	S ₀	S	S ₀	I	S	I	P	I	P	I	P	I	S ₀
麻	S	S ₀	S	S ₀	P	S ₀	I	S ₀	I	P	I	P	I	S ₀
粘胶 纤维	S ₀	S ₀	S	S ₀	P	S ₀	I	S	S	S ₀	I	P	I	S ₀
铜氨 纤维	S ₀	S ₀	S ₀	S ₀	S ₀	S ₀	I	S ₀	I	S ₀	I	P	I	S ₀
莱赛尔	S ₀	S ₀	S	S ₀	S	S	I	S ₀	S	S ₀	I	P	I	S ₀
莫代尔	S ₀	S ₀	S	S ₀	S	S	I	S	S	S ₀	I	P	I	S ₀

注 1. S₀—立即溶解,S—溶解,P—部分溶解,I—不溶解。

2. 数据来源于 FZ/T 01057.4—2007。

棉纤维一般联合使用以上三种方法就可以准确地将其鉴别开来。当然除此之外,棉纤维还可以使用密度梯度法、双折射法以及红外光谱法进行鉴别。由于这几种方法存在操作复杂、成本较高或者重现性较差等原因,实验室一般不采用。

(二) 天然彩棉纤维(natural color cotton)

天然彩棉是在生长过程中自身具备天然色彩的棉纤维。由于天然彩棉自身的天然颜色使得其区分于染色白棉有一定的困难,因此天然彩棉制品的兴起给纺织品检验工作者带来了新的课题。

1. 元素分析仪鉴别法

天然彩棉纤维与普通白棉纤维的主要区别是彩棉纤维含有色素,而含氮

物质比较容易形成色素。经对彩棉和普通白棉所含化学物质含量的分析,发现彩棉纤维中的蛋白质含量比普通白棉纤维中蛋白质含量高出 1.75 ~ 2.1 倍,因此氮(N)元素含量是天然彩棉纤维和普通白棉纤维分析鉴别的一个重要依据。根据 GB/T 20393—2006《天然彩色棉制品及含天然彩色棉制品通用技术要求》中对天然彩色棉纤维定性鉴别的规定,氮元素分析法的原理是:将装有试样的锡容器放入温度保持在 1030℃ 并通有固定流速的氮气流体的石英管中,然后自动加氧使样品瞬时发生燃烧,形成气体混合物。此气体混合物通过催化剂三氧化二铬定量燃烧,并使燃烧气体混合物经过温度为 650℃ 的铜管,过量的氧被除去。氮的氧化物还原成 N_2 ,碳转化为 CO_2 ,氢转化为 H_2O 。经过温度为 100℃ 的色谱柱后,各组分被分离洗提成 N_2 、 CO_2 和 H_2O ,由热导检测器记录检测结果并计算出蛋白质的含量。该方法不仅能定性鉴别天然彩棉纤维和普通白棉纤维,还能够对以染色棉假冒天然彩棉进行鉴别。

2. 色素测定和化学反应变色法

天然彩棉、普通白棉以及染色白棉还可通过测定色素总量或者对色素提取后进行化学变色反应来鉴别。由于天然彩棉的色素为黄酮类化合物或者黄酮醇类化合物,且其总黄酮类化合物的含量较成熟的白棉纤维高 10 倍左右。因此鉴别手段之一是,可以测定其总黄酮含量,具体办法是:在 75℃ 恒温条件下,使用甲醇索氏抽提纤维试样 8h 后浓缩定容。取 1mL 提取液,用 30% 乙醇定容至 5mL 后移入 10mL 容量瓶中,加入 0.3mL $NaNO_2$ (1:20),摇匀静置 5min,再加入 0.3mL $Al(NO_3)_3$ (1:10),摇匀和静置 6min,接着加入 2mL、1mol/L 的 NaOH 溶液,摇匀后用乙醇定容至 10mL,10min 后在波长 510nm 处进行比色测定,以下含提取液的试液作空白对照,以 10 μ g、20 μ g、30 μ g、40 μ g、50 μ g、60 μ g 的芦丁为标样制订标准曲线。根据制订的标准曲线和扣除空白的提取液的比色测定值,求出总黄酮类化合物的含量。

由于黄酮类或黄酮化合物能与碱等化合物发生有颜色变化的反应,因此可以在色素的甲醇抽提浓缩液中加入几滴浓 NaOH 溶液,此时色素变成黄色至橙色,经空气氧化后,溶液还可转变为棕色。

3. 显微镜鉴别法

使用显微镜观察经过预处理的天然彩棉纤维和普通白棉纤维的色泽,通过彩色数字摄像系统采集图像,分辨天然彩棉纤维和普通白棉纤维,记录相应的纤维根数,最终可以计算出彩棉纤维含量的百分比。

二、麻纤维(bast fiber and leaf fiber)

(一) 显微镜分析仪鉴别法

麻纤维有其独特的外观形态,在实际工作中一般使用显微镜对各类麻纤维进行鉴别。

苧麻(ramie)纤维的横截面大都呈腰圆形,有中腔,胞壁有裂纹;苧麻纤维的纵向大都较平直,有竖纹,似树皮,一侧呈“x”形(图1-2)。

亚麻(flax)纤维的横截面大都呈多角形,也有中腔。亚麻纤维的纵向呈“竹节”形(图1-2)。在试样上滴上浓度为68% HNO_3 溶液后,在显微镜下观察时,苧麻纤维有膨胀现象,亚麻纤维的“竹节”变宽。

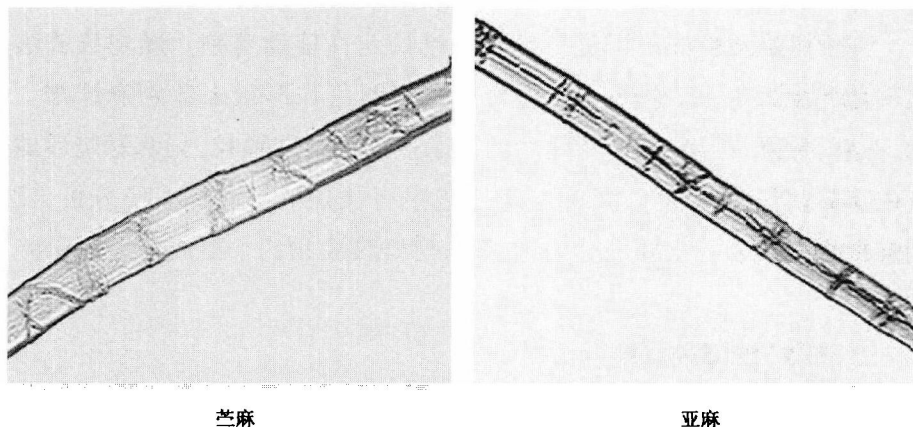


图1-2 苧麻和亚麻的纵向形态

黄麻(jute)纤维纵向由多根单纤维黏结而成,显微镜下可以看出单纤维表面光滑、无横节、无棱节,横截面为多角形,内壁为圆形或卵圆形。

红麻(kenaf)单纤维长度较黄麻稍长,纤维表面有明显与轴向垂直的节

点。红麻与黄麻相同,有连续不断的中腔,中腔的大小随单纤维轴向的走向而变化,纤维梢部中腔小,纤维中部中腔大。

大麻(hemp)纤维表面粗糙,有纵向缝隙和孔洞,横向有枝节,大麻纤维横截面呈三角形、长方形、腰圆形等不规则的形状。

剑麻(sisal hemp)纤维中果胶和木质素的含量比较高,因此剑麻强度高、刚度大、伸缩性差以及耐腐蚀。剑麻纤维纵向无节纹,横截面呈多角形,大部分为不规则的六角形,细胞壁厚,中腔小。

(二) 旋转方向和燃烧残渣鉴别法

麻类纤维还可以辅助使用旋转方向法进行鉴别。这种方法的原理是利用纤维中的水分蒸发导致纤维内部产生内应力,内应力使得纤维旋转。具体步骤是:先将纤维浸入水中使其充分湿透,然后用镊子夹住纤维一段(自由端朝向观察者)并靠近热源,纤维中的水分蒸发导致产生内应力,然后观察自由端的旋转方向。

使用这种方法,苧麻和亚麻呈顺时针方向旋转,黄麻、红麻、大麻、剑麻、蕉麻呈逆时针方向旋转。

利用燃烧残渣法可以进行麻类纤维的定性辅助鉴别。燃烧残渣法其实就是纤维燃烧后,通过观察剩余残渣的颜色和形状来鉴别麻纤维。苧麻、亚麻、黄麻、红麻、大麻燃烧后的剩余残渣为微细颗粒,剑麻燃烧后的残渣中有棒状黑色结晶体,蕉麻燃烧残渣中有长条形结晶体。经分析,发现剑麻燃烧残余物的主要成分为钙,蕉麻燃烧残余物的主要成分为钙和钾。

三、其他天然植物纤维

(一) 香蕉纤维(banana fiber)

香蕉纤维主要存在于香蕉树的韧皮和叶子中。香蕉纤维粗硬,类似于麻。香蕉纤维主要由纤维素、半纤维素和木质素组成,还含有少量果胶、水溶物及灰分等。无论是香蕉茎还是香蕉叶中的纤维,其半纤维素、木质素的含量都较亚麻高,达到30%以上。香蕉纤维的单纤维长度较短,其中韧皮中的单纤维长度只有2.0~3.8mm,叶中的工艺纤维长度较茎纤维短。

在显微镜下,香蕉单纤维纵向呈扁平沟槽扭转结构,与棉纤维很相似。香蕉纤维在显微镜下的直径和形态差异较大,某些纤维还具有类似麻一样的横节,但这种横节并不明显(图 1-3)。

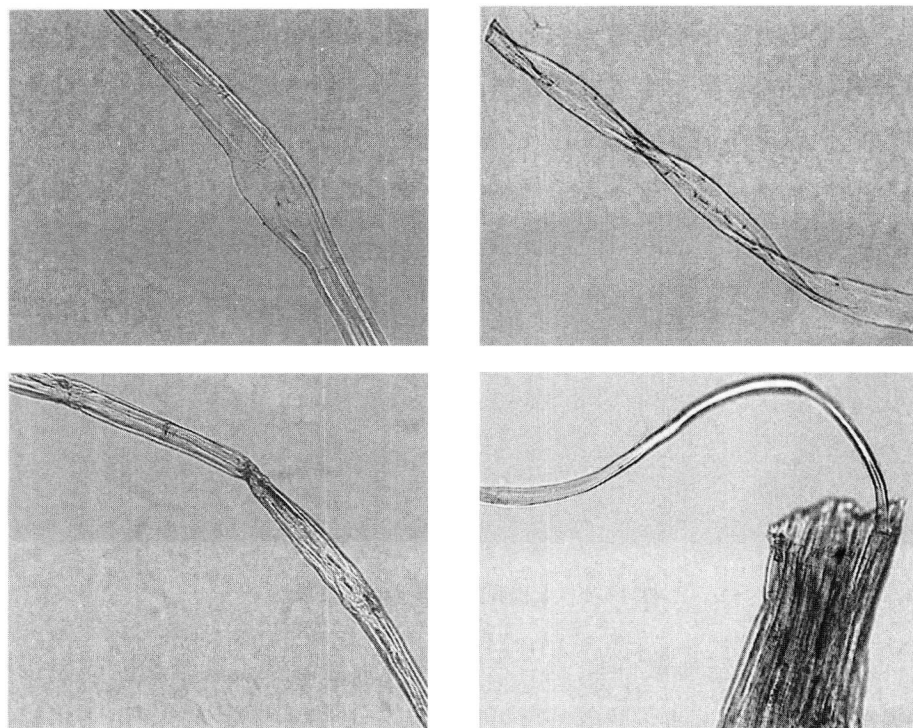


图 1-3 香蕉纤维的纵向形态

香蕉纤维是以纤维素为主要成分的天然植物纤维,其化学溶解性能与棉、麻等纤维接近,耐碱不耐酸,在浓硝酸、硫酸溶液中发生溶解,但在盐酸溶液中不溶解。根据文献研究资料,香蕉纤维在显色剂:氯化锌+碘、对硝基苯胺、碘+硫酸作用下分别显示出金黄色、橘黄色和黄色。总之,由于香蕉纤维的鉴别技术并不成熟,在遇到疑似香蕉纤维的情况下,建议联合运用以上方法进行鉴别确认。

(二) 木棉纤维(kapok)

木棉纤维是木棉蒴果壳体内壁上的单细胞发育生长而成的纤维素纤维。

II 纤维定性鉴别与定量分析

木棉纤维质轻,密度仅为 $0.30\text{g}/\text{cm}^3$;结构较疏松,结晶度约为 33%;双折射率为 0.017。木棉纤维在显微镜下纵向呈圆柱形,头细尾粗,两端封闭,表面光滑,光泽较好,极少扭转。木棉纤维受压后,纵向会呈扁带状(图 1-4)。木棉纤维横截面呈圆形或椭圆形,胞壁薄,中腔大,纤维的中空度达到 90% 左右,是迄今为止中空度最大的纤维。木棉纤维的这种独特结构,使它成为很好的保暖材料,常用作絮用填充料。由于木棉纤维长度仅为 $8\sim 32\text{mm}$,且强度低、抱合力差,因此它的可纺性差,目前常用于与其他纤维混纺。

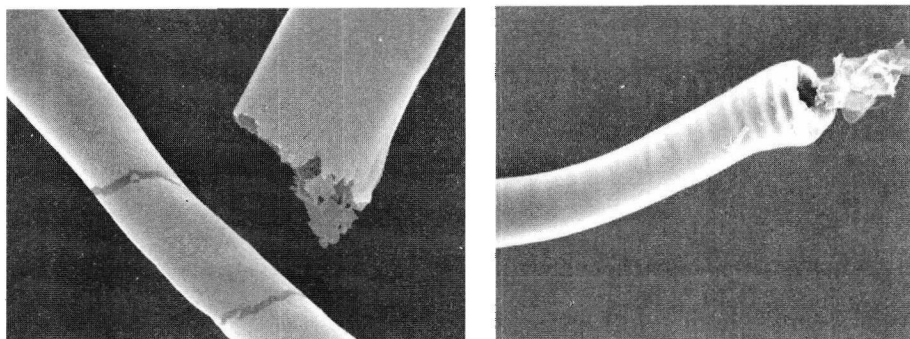


图 1-4 木棉纤维的纵向和管状形态

木棉纤维为纤维素纤维,具有与棉、麻等天然纤维素纤维相同的燃烧和溶解性能,因此通过简单的方法就可以确认是否是纤维素纤维。由于木棉纤维纵横向独特的结构特点,因此在确认为纤维素纤维的情况下再进行显微镜观察,就可以发现独特的大中腔结构,通过以上特点就可以鉴定木棉纤维。

(三) 竹纤维(bamboo fiber)

竹纤维即竹原纤维,是通过物理机械轧压、化学脱胶等方法,从竹子中提取出来的单纤维或工艺纤维。竹纤维的单纤维长度较短,长度约为 $1\sim 3\text{mm}$ 。因此,纺织用竹纤维必须采用工艺纤维,工艺纤维长度可达 30mm 以上。竹纤维中纤维素的含量为 35%~52%,木质素和半纤维素为 20% 左右,灰分为 1%~2%,果胶质约为 0.7%。竹纤维比较粗硬,结晶度和取向度与苎麻相近。在显微镜下,竹纤维横截面呈不规则的椭圆形和腰圆形,内有连贯的中腔,工艺纤维的横截面呈现蜂巢结构,用化学试剂浸泡后的竹纤维可能

会产生毛细效应,显微镜下有时候可以看见中腔里的液体;竹纤维纵向粗细不均匀,表面比较光滑,头端变细。有些文献上介绍,竹纤维纵向有与苧麻类似的横节竖纹,这可能是由于机械加工导致最终纤维表面呈现横节竖纹,真正未经任何处理的竹纤维表面是没有横节竖纹的(图1-5)。竹纤维作为一种新型的纤维素纤维,其燃烧性能、化学溶解性能与其他纤维素纤维相同。

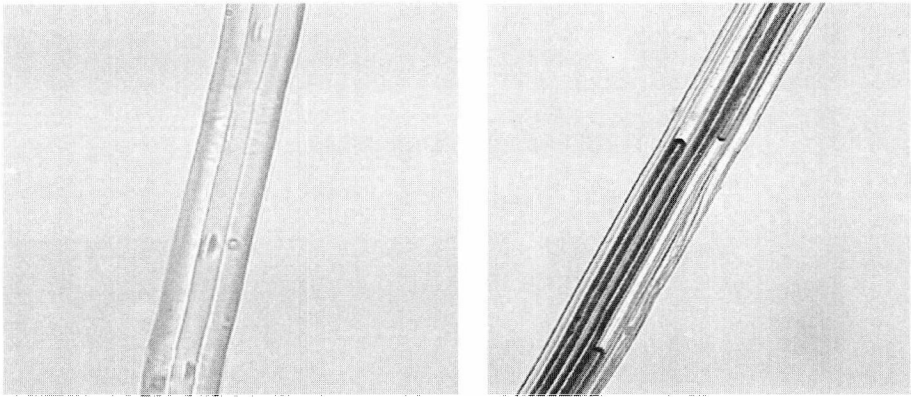


图1-5 未经任何处理的竹纤维的纵向形态特征

(四) 莲纤维(lotus fiber)

莲纤维一般是通过物理机械或者化学的方法从荷秆中提取出来的一种天然植物纤维。莲纤维由3~15根直径约为4 μm 的单丝通过横向缔合联结组成,纤维束横向有很多孔洞缝隙,呈现螺旋卷曲状(图1-6),有弹性,在外力作用下伸直变长,外力增大到一定程度时会破坏横向缔合力,从而使部分单丝抽拔滑移。目前,莲纤维是否可用作纺织工业用纤维的新来源仍处于探索阶段。

(五) 菠萝纤维(pineapple fiber)

菠萝纤维是从菠萝叶中提取出来的一种天然植物纤维。菠萝单纤维长度较长,可超过10mm,实际纺纱使用的叶纤维是工艺纤维,菠萝纤维像莲纤维一样,由多根单纤维并排组成(图1-7)。纤维表面粗糙,纵向有缝隙、孔