

21世纪高职高专“**十****二****五**”规划教材

纺织材料与检测

FANGZHI
CAILIAO
YU
JIANCE

李大鹏◎主编

 天津大学出版社
TIANJIN UNIVERSITY PRESS

21 世纪高职高专“十二五”规划教材

纺织材料与检测

主 编：李大鹏

副主编：熊艳丽 马跃华 张惠莉

参 编：王立永 王 丽 许阿雪 胡继辉



天津大学出版社

TIANJIN UNIVERSITY PRESS

内 容 简 介

本书主要介绍纺织材料的基础知识和纺织材料检测的部分内容。全书分为纺织材料和检测两个部分。纺织材料部分共有八章内容,检测部分有三章内容。本书内容围绕实际和教学需要展开,形式上突出重点,强调技能训练。本书着力于使读者了解纺织材料的基础理论知识和部分检测方法。

本书既是纺织高职高专院校学生的专业基础教材,也是一本实用的专业技术性读物,适合相关专业人士参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

纺织材料与检测/李大鹏主编. —天津:天津大学出版社, 2013. 8

21 世纪高职高专“十二五”规划教材

ISBN 978 - 7 - 5618 - 4786 - 2

I. ①纺… II. ①李… III. ①纺织纤维—检测—高等
职业教育—教材 IV. ①TS102

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 206768 号

出版发行 天津大学出版社

出 版 人 杨欢

地 址 天津市卫津路 92 号天津大学内 (邮编: 300072)

电 话 发行部: 022 - 27403647

网 址 publish. tju. edu. cn

印 刷 天津大学出版社有限责任公司

经 销 全国各地新华书店

开 本 185mm × 260mm

印 张 16. 75

字 数 418 千

版 次 2013 年 9 月第 1 版

印 次 2013 年 9 月第 1 次

定 价 35. 00 元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页等质量问题, 请向我社发行部门联系调换

版权所有 侵权必究

前 言

根据重基础、宽口径的指导思想,本教材系统介绍了纺织材料的基础理论知识和部分检测纺织品的常用方法。

本书由新疆石河子职业技术学院的李大鹏主编、统稿。各编写人员分工如下:第一章由王丽编写,第二章由张惠莉编写,第三章由王立永编写,第四、六章由马跃华编写,第五、七、八章由李大鹏编写,检测部分由熊艳丽和李大鹏共同编写。本书在编写过程中得到石河子职业技术学院教务处和纺织教研室、天津大学出版社的大力支持,在此表示衷心感谢!

本书作为“现代纺织技术”专业的教材,根据专业方向需要,尽量采用现场教学的方式讲授,以强化纺织材料基础知识应用能力的培养。本书也可以作为纺织企业技术人员的培训教材。由于编者水平有限,书中肯定存在不足之处,恳请广大读者批评指正。

编 者

2013 年 1 月

目 录

纺织材料部分

第一章 基础知识简介	2
第一节 纺织纤维的分类	2
第二节 纺织纤维的细度	5
第三节 纺织纤维的长度	9
第二章 天然纤维	13
第一节 棉纤维	13
第二节 麻纤维	24
第三节 毛纤维	32
第四节 蚕丝	46
第三章 化学纤维	50
第一节 化学纤维概述	50
第二节 常见化学纤维的特性	55
第三节 化学纤维的检验	60
第四节 新型纺织纤维	64
第四章 纺织纤维的吸湿性	68
第一节 纺织纤维的吸湿机理	68
第二节 影响纺织材料吸湿性的因素	71
第三节 吸湿对纺纱工艺及产品质量的影响	73
第五章 纺织纤维的力学性能	77
第一节 拉伸指标	77
第二节 影响拉伸测试结果的因素	81
第三节 纤维的其他性能特征介绍	83
第六章 纤维的热学、光学和电学性质	85
第一节 纺织纤维的热学性质	85
第二节 纺织纤维的光学性质	91
第三节 纺织纤维的电学性质	95
第七章 纱线的结构与性能	100
第一节 纱线的分类	100
第二节 纱线的结构	103
第三节 纱线的性质	108
第四节 纱线的毛羽和均匀度	115
第五节 非常规纱线简介	122

第八章 织物的结构及基本性能	124
第一节 织物分类概述	124
第二节 织物的结构参数	127
第三节 织物的性能	133
第四节 织物的特殊功能介绍	152

检测部分

情境一 纤维的检测	164
任务一 纤维鉴别	164
任务二 回潮率测试	169
任务三 纤维线密度测试	175
任务四 纤维长度测试	182
情境二 纱线的检测	198
任务一 纱线线密度及百米质量变异系数的测定	198
任务二 单根纱线断裂强力和断裂伸长率的测定	201
任务三 纱线条干均匀度与棉结、杂质测试	212
任务四 纱线捻度的测定	220
情境三 织物的检测	227
任务一 织物的规格测试	227
任务二 织物力学性质测试	238
参考文献	259

纺织材料部分

第一章 基础知识简介

纺织材料指用来加工制成纺织品的纺织原料、纺织半成品及纺织成品,包括各种纤维、条子、纱线、织物等。纺织材料学是纺织工程专业的一门基础课程,重点介绍纺织加工的原料、半成品和各阶段产品的结构、主要性能以及结构与性能间的相互关系。

第一节 纺织纤维的分类

纺织纤维是截面呈圆形或各种异形、横向尺寸较小、长度比细度大许多倍的、具有一定强度和韧性(可挠曲)的细长物体。其具有一定的化学和物理稳定性,具有服用性能和产业用性能。

人类对纺织材料的发现和使用是人类文明发展和人类科技进步的过程。中国是世界上最早生产纺织品的国家之一。早在原始社会,人们就采集野生的葛、麻、蚕丝等,并且利用猎获的鸟兽毛羽,搓、渍、编、织成为粗陋的衣服,取代蔽体的草叶和兽皮。原始社会后期,随着农、牧业的发展,逐步学会了种麻索缕、养羊取毛和育蚕抽丝等人工生产纺织原料的方法。

在周代,大麻、苧麻和葛已成为主要的植物纤维原料,发明了沤麻(浸渍脱胶)和煮葛(热溶脱胶)技术。南宋后期,一年生棉花在内地的种植技术有了突破,棉花在全国广大地区逐渐普及,到明代,棉纺织品已超过麻纺织品而占据主导地位,成为大众衣料。

由于人口的增长和人类需求的增加,棉、毛、丝、麻等天然纺织纤维的产量渐渐满足不了人类的需求,特别是近代纺织工业化生产规模迅速扩大,促使人们不断地去探索新的纺织原料。1891年首次用人工的方法工业生产了化学纤维,从此开始了化学纤维工业的历史。20世纪60年代,石油化工的发展促进了合成纤维工业的发展。20世纪70年代以后,人们通过改性或纺丝加工去改进纤维的性能。通过化学和物理改性,纤维的使用性能,如染色、光热稳定、抗静电、防污、抗燃、抗起球、蓬松、手感、吸湿等都有改进。各种仿棉、仿毛、仿丝、仿麻的改性品种逐步被开发出来。近十年来,莱赛尔纤维、莫代尔纤维、大豆纤维、竹纤维、玉米纤维等新型环保再生纤维的出现,更加丰富了纺织纤维原料市场。纺织纤维种类繁多,通常有以下几种分类方法。

一、按材料来源分类

按材料来源纺织纤维可以分为天然纤维和化学纤维。

(1)天然纤维:自然界存在和生长的、具有纺织价值的纤维。天然纤维按原料来源可以分为植物纤维、动物纤维、矿物纤维。其中植物纤维按照取得部位可分为种子纤维、韧皮纤维、叶纤维和维管束纤维。动物纤维分为毛纤维和丝(分泌腺)纤维。矿物纤维是天然无机化合物纤维。

(2)化学纤维:用天然的或人工合成的高聚物为原料经过化学和机械加工制得的纤维。其中用自然界广泛存在的天然物质为原料经过化学和机械加工制得的纤维称为再生纤维。

可作为再生纤维原料的物质有纤维素物质(如棉短绒、木材、竹、芦苇、麻秆芯、甘蔗渣等)、蛋白质物质(如酪素、大豆、花生、牛奶、胶原等)和矿物质(如金属、矿渣等)。以煤、石油、一些农副产品等天然的低分子化合物为原料经化学合成高分子聚合物,再经纺丝加工而成的纤维称为合成纤维。表1-1列举了按材料来源和化学组成分类的部分纺织纤维。

表1-1 按材料来源和化学组成分类的部分纺织纤维

分 类		来源和化学组成
天然纤维	植物纤维	种子纤维:棉、木棉、彩棉、椰壳纤维等
		韧皮纤维:苧麻、亚麻、汉麻(无毒大麻)、苧麻、罗布麻等
		叶纤维:剑麻、蕉麻、菠萝麻、马尼拉麻等
		维管束纤维:竹纤维等
	动物纤维	毛纤维:绵羊毛、山羊绒、骆驼毛绒、兔毛绒、羊驼毛、骆马毛、貂毛绒、狐毛、貂毛、藏羚羊毛绒等
		丝(分泌腺)纤维:桑蚕丝、柞蚕丝、蓖麻蚕丝、天蚕丝、蜘蛛拖丝等
化学纤维	矿物纤维	石棉
	再生纤维	再生纤维素纤维:粘胶纤维、铜氨纤维、莱赛尔纤维、莫代尔纤维、醋酸纤维等
		再生蛋白质纤维:牛奶纤维、大豆纤维、花生纤维、仿蜘蛛丝纤维等
		再生无机纤维:玻璃纤维、金属纤维、岩石纤维、矿渣纤维等
	合成纤维	聚酯纤维(涤纶)、聚酰胺纤维(锦纶,俗称尼龙)、聚丙烯腈纤维(腈纶)、聚乙烯醇缩甲醛纤维(维纶)、聚丙烯纤维(丙纶)、聚氨酯纤维(氨纶、莱卡)等

二、按形态结构分类

按形态结构纺织纤维可以分为短纤维、长丝、薄膜纤维、异形纤维、中空纤维、复合纤维和超细纤维。

(1)短纤维:长度为几十毫米到几百毫米的纤维。大多数的天然纤维如棉、麻、毛等都是短纤维,需要纺成纱线才能用于织布。化纤长丝有时也可以根据需要切为短纤维,使化纤的风格和手感改变。

(2)长丝:长度很长,为几百米到几千米的纤维。天然纤维中的蚕丝和不经过切断工序的化学纤维属于长丝。

(3)薄膜纤维:高聚物薄膜经纵向拉伸、撕裂、原纤化或切割后拉伸而制成的化学纤维。

(4)异形纤维:采用非圆形喷丝板孔加工的非圆形截面形状的化学纤维。异形纤维的截面有三角形、Y形、五角形、三叶形、四叶形、五叶形、扇形等。异形纤维的手感、光泽、抗起毛起球性、蓬松性等优于同材质的圆形截面纤维。

(5)中空纤维:通过特殊喷丝孔加工的,在纤维轴向中心具有连续管状空腔的化学纤维。中空腔的存在使纤维的保暖性增强。

(6)复合纤维:使两种或两种以上的高聚物或性能不同的同种聚合物通过一个喷丝孔纺成的纤维。复合纤维具有三维立体卷曲、高蓬松性和覆盖性, also 具有良好的导电性、抗静

电性和阻燃性。其主要用于加工毛毯、毛织物、保暖絮绒填充料、丝绸织物、非织造布、医疗卫生用品和特殊工作服等。

(7)超细纤维:比常规纤维线密度小得多(0.4 dtex 以下)的化学纤维。超细纤维抗弯刚度小,织物手感柔软、细腻、具有良好的悬垂性、保暖性和覆盖性。超细纤维比表面积大,吸附性和除污能力强,可用来制作高级清洁(擦镜)布。

三、按色泽分类

按色泽纺织纤维可分为本白纤维、有色纤维、有光纤维、消光(无光)纤维和半消光纤维。

(1)本白纤维:自然形成的或工业加工的、颜色呈白色系的纤维。如正常成熟的棉花纤维、未染色的颜色呈本白系列的化学纤维。

(2)有色纤维:自然形成的或工业加工时人为加入各种色料而形成的具有很强色牢度的各色纤维。如天然彩棉、有色蚕丝、原液染色的各类有色化学纤维。有色纤维色牢度好,可省去后道染色工序,同时也可减少染色过程对纤维的损伤。

(3)有光纤维:生产时未经消光处理而制成的光泽较强的化学纤维。

(4)消光(无光)纤维:生产时经过消光处理制成的光泽暗淡的化学纤维。

(5)半消光纤维:生产时经过部分消光处理(消光剂加入较少)制成的光泽中等的化学纤维。

四、按性能特征分类

按性能特征纺织纤维可分为普通纤维、差别化纤维、功能性纤维、高性能纤维和环保纤维。

(1)普通纤维是应用历史悠久的天然纤维和常用的化学纤维的统称,在性能表现、用途范围上为大众所熟知。天然纤维中的棉、麻、丝、毛,合成纤维中传统的六大纶,即涤纶、锦纶、腈纶、丙纶、维纶和氯纶,以及再生纤维中的粘胶纤维都属于普通纤维。

(2)差别化纤维属于化学纤维,是相对于常规纤维具有某些性能、获得改进及具有某些特点的纤维。主要通过物理方法或化学改性改善常规化学纤维的服用性能。主要表现在对织物手感、服用性能、外观保持性、舒适性及化纤仿真等方面的改善。如阳离子可染涤纶,超细、异形、高收缩纤维,吸水吸湿纤维,抗静电纤维,抗起球纤维等。

(3)功能性纤维是除一般纤维所具有的物理力学性能以外,还具有某种特殊功能的新型纤维,主要指在热、光、电方面的阻隔与传导,在过滤、渗透、离子交换和吸附,在安全、卫生、舒适等特殊功能及特殊应用方面的纤维。比如说:纤维具有卫生保健功能(抗菌、杀螨、理疗及除异味等)、防护功能(防辐射、抗静电、抗紫外线等)、热湿舒适功能(吸热、放热、吸湿、放湿等)、医疗和环保功能(生物相容性和生物降解性)。随着生产技术和商品需求的不断发展,差别化纤维和功能性纤维出现了复合和交叠的现象,界限渐渐模糊。

(4)高性能(特种功能)纤维是用特殊工艺加工的、具有特殊或特别优异性能的纤维。如超高强度、高模量纤维,耐高温、耐腐蚀、高阻燃纤维。如对位或间位的芳纶、碳纤维、聚四氟乙烯纤维、陶瓷纤维、碳化硅纤维、聚苯并咪唑纤维、高强聚乙烯纤维、金属(金、银、铜、镍、不锈钢等)纤维均属此类。

(5)环保(生态)纤维是一种新概念的纤维类属。环保纤维至少应具备以下特征中的一项或多项:纤维产品的原材料无污染(或少污染)或可再生和重复利用或尽可能是可持续发展的

绿色资源;合成纤维产品的合成过程节能、低耗、少污,符合环保和可持续发展的要求;纤维产品的加工过程(特别是印染、整理等)尽可能使用无毒、可自然降解的浆料、染料、整理剂等以及利用高新技术进行清洁生产;纤维产品在消费使用中,对人体友好、舒适;纤维产品在消费使用后,能在自然条件下降解或不会带来环境问题。如天然纤维中的彩棉、彩色羊毛、彩色蚕丝,再生纤维中的竹浆纤维、圣麻纤维、天丝纤维、莫代尔纤维、玉米纤维、甲壳素纤维等。

第二节 纺织纤维的细度

纤维的细度是指以纤维的直径或截面面积的大小来表达的纤维粗细程度。大多数情况下,纤维截面形状不规则,或存在中腔、缝隙、孔洞而无法用直径、截面面积等直接指标准确表达,习惯上用单位长度的质量(定长制)或单位质量的长度(定重制)来表示纤维细度。

当用定长制或几何粗细来表达纤维细度时,其值越大,纤维越粗;而在使用定重制表达纤维细度时,其值越大,纤维越细。

一、纤维的细度指标

(一)直接指标

直接指标主要指用直径、截面面积及宽度等纤维的几何尺寸表达。

当纤维的截面接近圆形时,纤维的细度可以用直径、截面面积和周长等直接指标表示,通过光学显微镜或电子显微镜观测纤维的直径 d 和截面积 A 。在直接指标中最常用的是直径,单位为微米(μm),常用于截面接近圆形的纤维,如绵羊毛及其他动物毛等。对于近似圆形的纤维,其截面面积计算可采用下式:

$$A = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \quad (1-1)$$

(二)间接指标

间接指标是利用纤维长度和质量间的关系来间接表示纤维细度的。因为长度和质量测试比较方便,所以生产上都采用间接指标来表示纤维的细度。

(1)线密度。我国法定计量制的线密度单位为特克斯(tex),简称特,表示1 000 m长的纺织材料在公定回潮率时的质量(g)。

$$T_t = 1\,000 \times \frac{G_k}{L} \quad (1-2)$$

式中: T_t ——纤维的线密度(tex);

L ——纤维的长度(m);

G_k ——纤维在公定回潮率时的质量(g)。

由于纤维细度较小,用特数表示时数值过小,故常采用分特(dtex)或毫特(mt看)表示纤维的细度。 $1\text{ dtex} = 10^{-1}\text{ tex}$, $1\text{ mtex} = 10^{-3}\text{ tex}$ 。

特克斯为定长制,同一种纤维的特数越大,则纤维越粗。

(2)纤度。旦尼尔(denier)简称旦,又称纤度 N_d ,表示9 000 m长的纺织材料在公定回潮率时的质量(g),在我国为非法定单位,但目前在对外贸易中还常用于化纤和蚕丝。其计算式为:

$$N_d = 9\,000 \times \frac{G_k}{L} \quad (1-3)$$

式中: N_d ——纤维的旦数(旦);

L ——纤维的长度(m);

G_k ——纤维在公定回潮率时的质量(g)。

纤度为定长制,同一种纤维的旦数越大,则纤维越粗。

(3)公制支数(N_m)。公制支数是指在公定回潮率时每克纤维所具有的长度(m),在我国为非法定单位,但在对外贸易中有时仍使用。其计算式为:

$$N_m = \frac{L}{G_k} \quad (1-4)$$

式中: N_m ——纤维的公制支数(公支);

L ——纤维的长度(m);

G_k ——纤维在公定回潮率时的质量(g)。

公制支数为定重制,同一种纤维的公制支数越大,则纤维越细。

(三)细度指标的换算

线密度(T_t)、纤度(N_d)和公制支数(N_m)的数值可相互换算,其换算关系如下:

$$N_m = \frac{9\,000}{N_d}$$

$$N_d = \frac{9\,000}{N_m}$$

$$N_m = \frac{1\,000}{T_t}$$

$$T_t = \frac{1\,000}{N_m}$$

$$N_d = 9T_t$$

$$T_t = \frac{N_d}{9}$$

天然纤维由于每根纤维沿长度方向细度不匀(棉纤维、各种麻纤维中间粗两端细;羔羊毛纤维根端粗梢端细,成年羊毛纤维两端粗中间细),因此线密度又分为中段线密度和全长线密度。如陆地棉纤维的全长线密度约为中段(10 mm)线密度的85.75%,海岛棉的全长线密度约为中段(10 mm)线密度的91.90%。

二、纤维的细度不匀及其指标

纤维的细度不匀主要包括两方面,一是纤维之间的粗细不匀,二是单根纤维沿长度方向上的粗细不匀。长期以来,对纺织纤维纵向及横截面形态和结构特征的分析都借助于高分辨率的光学显微镜或电子显微镜以及现代光电图像处理技术。但是对于离散较大的天然纤维,绝大多数不仅截面为非圆形而且有不规则的空腔,因此,除毛纤维外基本不用直径测量方法。

(一)各类纤维的细度不匀

1. 天然纤维

天然纤维在生长过程中,因为自然环境和各方面因素的影响,生长的纤维在粗细、形态

上存在很大的差异。就棉纤维而言,棉纤维的细度(即线密度)主要取决于棉花品种、生长条件、成熟度等。长绒棉最细,细绒棉较细,粗绒棉较粗;棉纤维的细度与棉的产地,甚至与棉株、棉籽的生长部位、生长条件和采摘时间有关,因此,不仅同一棉包的棉纤维存在着粗细不同,同一根棉纤维也呈现两端细、中段粗的不对称截面形态变化,其线密度同样是中间大、两端小,不对称。

对于毛纤维细度及细度不匀的重要性更为突出。绵羊毛纤维细度的差异主要受到绵羊的品种、年龄、在羊体上的生长部位及一个毛丛内羊毛的差异等的影响,另外绵羊毛纤维因生长季节和饲养条件的变化也会有明显的粗细差异(粗细差异可达 $3 \sim 10 \mu\text{m}$),并且其截面形态也会有所变化。国产绵羊毛纤维直径形态及变化规律较为相似,从毛尖向毛根逐步增粗,达到最粗处后,逐步减细,达到最细处后又逐步增粗。

麻纤维的粗细差异更为显著,各种麻纤维不仅受生长条件、初生韧皮纤维细胞和次生韧皮纤维细胞生长期不同等的影响,造成单纤维的粗细差异大(变异系数可达 $30\% \sim 40\%$),而且工艺纤维因纤维分裂度的随机性导致的粗细差异更大。

蚕丝本身的粗细差异在总长度上较为明显,茧外层和内层的丝较细,中间主茧层的丝比较粗,经过繅丝并合后所得到的生丝的细度及细度不匀,由茧丝的并合根数及茧丝的细度差异决定,所以繅丝并合时的粗细搭配较好,则生丝的均匀性就较好。

2. 化学纤维

化纤长丝的粗细不匀是工业加工中的主控参数,因为其关系到纺丝的连续性及其可控性(或称可纺性)、后处理加工的容易性以及成丝质量。一般 CV 控制在 5% 以内。化纤长丝在生产过程中由于受到温度、时间、牵伸力等因素的影响,不同时间生产的长丝直径也有差异,从喷丝孔出来的长丝直径会沿着其长度的方向发生变化。传统的静态测量方法只能反映长丝某一段的直径,很难准确地得到连续长丝的直径和细度不匀。现在多使用条干均匀度仪连续测量或在线测量的方法来测试长丝束及其成品的直径和细度不匀。

化学短纤维的细度及其均匀度主要借鉴天然纤维的相关指标来表达。

(二) 细度不匀指标

由细度的定义可知,对细度不匀较为合理的表达应为纤维直径或线密度的差异。也就是说通过纤维的平均直径及其离散指标或平均线密度及其离散指标来表示纤维的细度不匀是最有效的,相关的离散指标主要包括直径或线密度的标准差 σ 及其变异系数 CV 值。

三、纺织纤维细度的测量方法

纺织材料细度的测量方法很多,由于有湿胀、干缩的变化,因此细度测量规定必须在标准温湿度环境(20°C ,相对湿度 65%)中平衡后进行。

细度(线密度、纤度、公制支数)的测量方法基本上是测长称重法。有纤维中段切断的称重法和长丝摇取定长的称重法。中段切断称重法是将纤维理成平行伸直、无游离纤维和长度短于切断长度的纤维,然后将纤维切断称重,并点数中段纤维根数。中段切断称重法一般适用于伸直性较好的纤维,如棉、麻、丝、卷曲小的化纤等。本法起源于棉纤维的细度评定。由于棉纤维短绒(小于等于 16 mm 或小于等于 20 mm)被梳去,且棉的中段偏粗,故实测细度偏大。然后按线密度公式、纤度公式或公制支数公式计算。测试多份试样后计算算术平均数、标准差和变异系数。

长纤维传统采用周长 1 m(或其他标准尺寸)在一定张力下绕取一定圈数(如 50 圈或 100 圈,即 50 m 或 100 m),达到吸湿平衡后称重计算。

圆形截面的纤维可以测平均直径及变异系数,一般将纤维整理成束,中段切取一定长度(0.2~3.0 mm,不同仪器要求不同),将其均匀分散后在光学显微镜、光学扫描仪、激光扫描仪、电子显微镜或其他仪器中逐根测量并记录直径后计算分布,并计算算术平均数、标准差、变异系数、粗端 5% 概率的直径、一定直径(如 25 μm)以上粗纤维的概率等。

除此之外,对不同纤维对象还有其他测试方法,举例如下。

(1)振动测量法:根据纤维在一定模量及一定应力下的共振频率与线密度的关系,求出单根纤维的线密度。主要适用于截面为圆形、长度较长(大于 30 mm)的化学纤维。由于测量时必须加张力,故适合于高卷曲纤维细度的测量。

(2)气流仪测量法:一种快速、简便、精确的测量方法。根据不同细度的纤维比表面积不同,使试样在一定压缩比条件下测量气流阻力以间接测量纤维的线密度或实心圆截面纤维的直径。麻纤维脱胶后分裂程度也可用气流仪测量。

(3)声阻仪测量法:根据不同细度的纤维比表面积和共振频率不同,使试样在一定压缩比条件下测量声振动的阻尼系数,折算成纤维的线密度或平均直径。

四、纤维细度对纤维、纱线及织物的影响

纤维细度及其离散程度不仅与纤维强度、伸长度、刚性、弹性和形变的均一性有关,而且极大地影响织物的手感、风格以及纱线和织物的加工过程。细度不匀比长度不匀和纤维种类不同更容易导致纱线不匀及纱疵。但另一方面,具有一定的异线密度,对纱的某些品质(如丰满、柔软等毛型感)的形成是有利的。

(一)对纤维本身的影响

纤维的粗细将影响纤维的比表面积,进而影响纤维的吸附及染色性能,纤维越细,其比表面积越大,单纤维变得易于吸、放湿和吸附染料,易于被加热和冷却,接触变得更温和与柔性。纤维较细,纱线成形后的结构较均匀,有利于其力学性能的提高。

对纤维细度不匀来说,纤维间的细度不同,会引起纤维力学性质的差异,形成集合体(纱线)堆砌排列的不均匀和加工控制及成形的困难;纤维内细度的不同,会产生纤维形态的粗细变化,直接导致纤维的细颈弱节,影响外观和品质,甚至影响最终的使用。

(二)对纱线质量及纺纱工艺的影响

一般纤维细,在纺纱加工中容易被拉断,在开松、梳理中要求作用缓和,否则易产生大量短绒,在并条高速牵伸时也易形成棉结。另外,细纤维纺纱时,由于纤维间接触面积大,牵伸中纤维间的摩擦力较大,会使纱线中纤维的伸直度较高。

其他条件不变时,纤维越细,相同线密度的纱线断面内纤维根数越多,摩擦力越大,成纱强力越大,因为成纱断面内纤维根数较多时纤维间接触面积大,滑脱概率低,可使成纱强度提高。

纤维的细度对成纱的条干不匀率有显著影响。设纤维的线密度为 T_{l_1} ,成纱的线密度为 T_{l_2} ,细纱截面中平均纤维根数即 T_{l_1}/T_{l_2} ,当成纱中不计纤维细度的变异时,纱线条干变异系数的极小值如下:

$$CV = \sqrt{\frac{T_{l_1}}{T_{l_2}}} \times 100\% \quad (1-5)$$

因此纤维越细时,纱的条干变异系数 CV 越小,条干均匀性越好。

细纤维可纺较细的纱。一定细度的纤维,可纺纱线的细度是有极限的。纤维细纱截面中纤维根数增加,纺纱断头率降低,因此,在纱线品质要求一定时,细纤维可纺细线密度的纱线。

(三)对织物的影响

不同细度的纤维会极大地影响织物的手感及性能,较细纤维制成的织物柔软、透气、透湿且防风、防水,如同皮革一样,可制造蓬松多孔的保暖、隔热材料。通过表面起毛,还可制造触感柔软、温暖的麂皮绒效果的面料。较粗的纤维刚性好,制成的织物硬挺。当纤维细度适当时,织物的耐磨性较好。具体影响见表 1-2。

表 1-2 纤维细度与功能的关系

纤维细度种类	线密度 (dtex)	直径 (μm)	功能特征
细线密度(丝型)	1.1 ~ 2.8	4 ~ 10	柔软、滑爽、轻薄
棉、丝型纤维	0.89 ~ 1.33	8.41 ~ 13.7	柔软、均匀、轻薄
毛、麻型纤维	2.0 ~ 3.5	13.7 ~ 17.7	柔软、均匀、轻薄
超细化纤	0.11 ~ 0.89	0.4 ~ 4	柔软、细腻、吸湿、导湿
合成革(特细)	小于 0.11	小于 0.4	透气、防水、细密、麂皮特征
极细纤维	0.0001 ~ 0.01	0.09 ~ 0.12	吸附、超滤
纳米纤维	10^{-8} ~ 10^{-4}	0.001 ~ 0.1	特殊功能

第三节 纺织纤维的长度

纺织纤维的长度是其外部形态的主要特征之一。各种纺织加工用的纤维中,天然纤维的长度根据其种类的不同,具有各自的长度分布;化学短纤维通常是根据所模仿的天然纤维的平均长度进行等长切断或异长度牵切的,而化纤长丝则不进行切断。一般来说,能够满足纺织加工使用性能要求的纤维,其长度 L 与纤维直径 D 之比为 $10^2 \sim 10^5$,具体数值范围见表 1-3。

表 1-3 常规纤维 L/D 的数值范围

纤维	棉	麻(工艺纤维)	羊毛	化纤短纤维	蚕丝	化纤长丝
L/D	2×10^3	10^5	4×10^3	3×10^3	10^8	10^8

纤维长度在纺织加工工艺上的重要性仅次于纤维细度,它影响织物和纱线的品质,而且是确定纺纱系统及工艺参数的重要因素。表 1-4 为常见纤维品种的纤维长度范围。

表 1-4 常见纤维品种的纤维长度范围

mm					
纤维品种	长 度	纤维品种	长 度	纤维品种	长 度
陆地棉	25 ~ 31	马海毛	45 ~ 70	马尼拉麻	3 ~ 20
海岛棉	33 ~ 46	绢丝	60 ~ 1 300	汉(大)麻	5 ~ 55
细绵羊毛	40 ~ 100	亚麻	12 ~ 24	中长化纤	51 ~ 65
半细绵羊毛	70 ~ 300	苎麻	20 ~ 200	毛型化纤	76 ~ 120
山羊绒	22 ~ 36	黄麻	1.5 ~ 5	棉型化纤	38 ~ 41

一、纤维长度分布与指标

各种纤维在自然伸展状态下都有不同程度的弯曲或蜷缩,它的投影长度为自然长度。纤维在充分伸直状态下两端之间的距离称为伸直长度,即纤维伸直但不伸长时的长度,也即一般所指的纤维长度。纤维自然长度与纤维伸直长度之比,称为纤维的伸直度。天然短纤维及部分拉断化学纤维的长短不齐形成一定的长度分布,纤维长度因纤维种类的不同和各自测量方法的不同而不同。在实用中,根据统计或物理意义有许多不同的纤维长度指标,但根据纤维长度指标的共性表达意义,可归纳为纤维长度的集中性指标和离散性指标两类。集中性指标表示纤维长度的平均性质,离散性指标表示纤维长度的不匀情况。长度分布图有三种形式,即长度频率分布、长度一次累积频率分布和长度二次累积频率分布,三者之间存在一定数学关系。频率分布又可分为两大类,一类以根数为单位进行计量的,称为纤维长度计数频率分布和纤维长度计数累积频率分布;另一类以质量为单位进行计量的,称为纤维长度计重频率分布和纤维长度计重累积频率分布。相应的长度指标为计数平均长度、计数长度变异系数和计重平均长度、计重长度变异系数。

(一) 纤维长度分布

短纤维的纤维长度都按一定规律分布,分布曲线通常为偏态的近高斯分布或泊松分布。常规手排法纤维长度实验是在黑绒板上将纤维试样整理成一端平齐、密度均匀并由长到短顺次排列的纤维束,如图 1-1 所示。

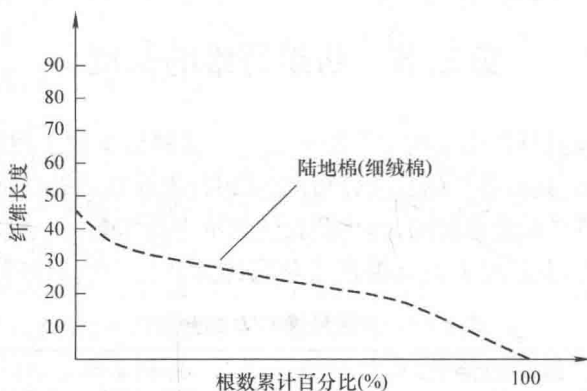


图 1-1 细绒棉自然长度排列图

(二) 纤维长度的集中性指标

(1) 纤维加权平均长度。纺织纤维长度的集中性指标,指一束纤维试样中长度的平均值。根据测试方法不同,可分为计数加权平均长度、计重加权平均长度和调和平均长度等。主要用于毛、麻、绢和化学短纤维。

(2) 主体长度(L_m)。主体长度是常用的纺织纤维长度指标之一,指一束纤维试样中根数最多或质量最大的一组纤维的长度,称计数或计重主体长度。

(3) 品质长度(L_p)。品质长度是用来确定纺纱工艺参数的纺织纤维长度指标,又称右半部平均长度或上半部平均长度,采用不同测试方法得出的品质长度不同,目前主要指可见光扫描式长度分析仪测得的比平均长度长的那一部分纤维的计数加权平均长度。计重(罗

拉式仪器法)主体长度以上的平均长度亦称右半部平均长度。

(4)跨距长度(Span Length)。跨距长度是使用 HVI 系列数字式照影仪测得的纤维长度指标。该指标的测定是利用伸出梳子的纤维的透光量与纤维层遮光量即纤维相对根数成函数关系的特性来快速测定纤维长度及长度整齐度。跨距长度是指采用梳子随机夹持取样(纤维须丛),纤维由夹持点伸出的长度。所形成的分布是纤维长度计数的二次积分函数,可在照影仪上自动快速测出,并且已成为重要的长度指标。棉纤维常采用 2.5% 的跨距长度。

(5)手扯长度(Staple Length)。手扯长度是在手感目测的检验方法中,用手扯尺量法测得的棉纤维长度。测定时用手扯的方法整理纤维,并除去丝团、杂质使其成为伸直平行、一端平齐的纤维束,在黑绒板上量取平齐端到另一端不露黑绒板处的长度即为手扯长度,其度量单位为毫米(mm),以组距 1 mm 的单数值表示,如 28 mm、29 mm 等。各国的手扯长度值是不同的,这是根据使用的仪器长度来定义的。

(三)纤维长度的离散性指标

(1)纤维长度的均方差和变异系数。包括计数分布的均方差和变异系数及计重分布的均方差和变异系数。

(2)短绒率。计数和计重纤维长度分布曲线中短于一定界限长度的纤维量与总量的百分数称为短绒率,分别称为计数短绒率和计重短绒率。界限长度按纤维品种不同而有不同规定,如细绒棉为 16 mm,长绒棉为 20 mm,绵羊毛为 30 mm 等。

(3)超长纤维与倍长纤维。切断化学短纤维中因设备故障夹入的切断不完全,长度超过切断长度的纤维称为超长纤维;长度为其名义长度两倍及以上的化学短纤维称为倍长纤维。超长纤维和倍长纤维的质量占总质量的百分数分别称为超长纤维率和倍长纤维率。这些纤维在纺纱牵伸中无法正常运动,会造成疵点,影响纤维的可纺性和成品质量。

(4)纤维长度整齐度。一般指计数平均长度与计数平均长度以上平均长度(上半部平均长度)的比值。

二、纺织纤维长度测量方法

近一个半世纪以来,纺织纤维长度测量方法和仪器已发展了 40 多类 10 余种,但常规使用的基本上有以下几类。

(1)长丝纤维一般采用测长的方法,包括测化纤长丝的长度和蚕茧的可解舒丝长等。但对于成筒的长丝,一般按筒重和丝的线密度计算长度。

(2)天然短纤维和化学纤维的切衔纤维或牵切拉衔纤维。

①逐根测量法:有人工或螺杆仪器协助逐根伸直测量、铺纤器铺于逆向黑色鼠皮绒布上人工测量、分散平面上投影放大测曲线轨迹长度、气流输送中测遮光时间等。积累一定数据量后用数理统计方法计算计数平均长度、计数长度标准差、计数长度变异系数、短绒率、倍长纤维率以及其他指标(主体长度、长度整齐度、交叉长度等)。

②成束一端排齐测量法:将纤维样品用人工或仪器运用梳片梳理等方法排成伸直、平行、一端平齐的纤维束后利用压缩测截面面积,或利用电容介电系数法测截面面积,或利用遮光法测截面面积,测出计数一次累积(积分)曲线,经电子计算机微分后,求出各种集中性指标和离散性指标。