

丨 纺织服装高等教育“十三五”部委级规划教材

Forming Technology of Fiber Ensembles 3: Dyeing and Finishing

纺织结构成型学 3: 纺织品染整

郭腊梅 编

东华大学出版社

“十三五”部委级规划教材

主要内容

纺织结构成型学 3: 纺织品染整

郭腊梅 编

Forming Technology of
Fiber Ensembles 3:
Dyeing and Finishing

东华大学出版社

· 上海 ·

内 容 提 要

本书主要介绍纺织品的染色前预处理、染色和印花、染色后整理以及一些通过助剂整理而使纺织品获得附加功能的加工过程,内容涉及化学处理的原理、工艺及技术,并阐述有关化学助剂和染整药剂的化学性能及其与纤维之间的作用,同时对纺织品从坯布到终端使用品之间的加工方法和原理做概要说明。

图书在版编目(CIP)数据

纺织结构成型学. 3, 纺织品染整/郭腊梅编. —上海:
东华大学出版社, 2016. 3
ISBN 978-7-5669-0981-7

I. ①纺… II. ①郭… III. ①纺织工艺②纺织品—
染整 IV. ①TS104. 2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 006274 号

责任编辑:张 静

封面设计:魏依东

出 版:东华大学出版社(上海市延安西路 1882 号, 200051)

本 社 网 址:<http://www.dhupress.net>

天猫旗舰店:<http://dhdx.tmall.com>

营 销 中 心:021-62193056 62373056 62379558

印 刷:常熟市大宏印刷有限公司

开 本:787 mm×1 092 mm 1/16

印 张:8. 25

字 数:206 千字

版 次:2016 年 3 月第 1 版

印 次:2016 年 3 月第 1 次印刷

书 号:ISBN 978-7-5669-0981-7/TS·674

定 价:27. 00 元

前 言

纺织品作为人们日用和工业用的重要材料,是材料领域的一个特殊分支。纺织工业在我国从做大转变到做强,需要一大批知识结构全面、跨学科的综合型人才。由于改善纺织品性能的关键在于提升纺织品的内在品质,因此对纺织专业人才而言,全面掌握有关纺织品的物理化学知识,了解相关的成形加工技术,可提升自身的专业能力和素质,开拓新产品设计思路。

《纺织结构成型学 3:纺织品染整》是纺织功能材料专业的基础课程教材,主要任务是使学习者了解和掌握纺织材料的基本结构和性能及其与染色、印花、整理、改性之间的关系,以及纺织品染色整理加工的基本原理和基本工艺及加工过程中所用的化学助剂的性能和用途,了解纺织品整理改性的发展趋势,并能够运用所学知识解决应用问题。

本书编写简明扼要,从纤维的内在特性出发,讲述纤维的化学结构、物理结构及它们对纺织品染整加工处理的影响,并讲述染整过程中使用的主要药剂的化学性质与应用原理。在工艺处理上,以棉纺织品的染整加工为主线,阐述各种类型的纺织品染整加工的原理、工艺和效果,关注纺织品服用性能和使用性能的改进技术和方法。

本书力求在展现纺织品染整加工知识的同时,呈现科学的思维方法,有益于读者进行纺织品加工设计时创新思路。

本书在编写时得到了东华大学王璐、崔运花、赵俐、马莹、张斌老师的支持,还得到了田永龙、季梁、李强、俞莉玉等研究生的帮助。同时,本书参考了国内外大量的专业文献资料,参考文献中仅列出了部分主要的文献资料,可能有部分文献资料未注明。在这里谨向所有的作者表示真挚的谢意!

虽然作者努力想使本书完善,但限于作者的认识和水平,对日新月异的纺织品加工技术的掌握不够全面,书中可能存在不少缺点和错误,欢迎读者批评指正。

编 者

目 录

第一章 纺织纤维结构与基本化学性能	001
第一节 纤维概论	001
一、基本概念	001
二、纤维分类	002
第二节 天然纤维结构与主要化学性能	003
一、纤维素纤维	003
二、蛋白质纤维	008
第三节 化学纤维结构与主要化学性能	014
一、涤纶纤维	014
二、锦纶纤维	015
三、腈纶纤维	016
四、化学纤维的物理结构	017
第二章 纺织品印染前处理	019
第一节 染整用水与表面活性助剂	019
一、染整用水	019
二、表面活性助剂	020
第二节 纺织品印染前处理	021
一、坯布准备	021
二、烧毛	022
三、退浆	022
四、精练	024
五、漂白	028
六、开轧烘	031
七、丝光	031
第三节 节水节能前处理	034
第三章 纺织品染色	036
第一节 基本概念	036
一、染料及其分类	036
二、染色牢度	037
三、染料颜色与配色	038
四、上染原理	038

五、染色方法	041
六、染色设备	042
第二节 直接染料	042
一、直接染料的化学结构和性能	042
二、直接染料染色	043
第三节 活性染料	045
一、活性染料的化学结构和分类	045
二、活性染料对纤维素纤维的染色机理	046
三、活性染料染色方法	048
四、提高活性染料色牢度的方法	050
五、活性染料染其他纤维	050
第四节 还原染料	051
一、还原染料的分类与染色原理	051
二、还原染料的染色方法	053
三、还原染料的染色工艺	054
四、可溶性还原染料	055
第五节 硫化染料	055
一、硫化染料简介	055
二、硫化染料的染色原理和染色工艺	056
第六节 不溶性偶氮染料	057
一、概述	057
二、色酚的化学结构及打底液配制	058
三、色基及其重氮化	058
四、显色及后处理	059
第七节 酸性染料	059
一、概述	059
二、酸性染料的染色原理和染色方法	060
三、其他酸性染料	061
第八节 阳离子染料	062
一、概述	062
二、阳离子染料染腈纶的基本原理	062
三、阳离子染料染腈纶的染色特征	063
四、阳离子染料染腈纶的匀染性和工艺	063
第九节 分散染料	064
一、概述	064
二、分散染料的结构和性能	064
三、涤纶用分散染料染色方法和原理	065
四、分散染料对其他纤维的染色	066
第十节 混纺及交织产品的染色	067

一、染料的选择	067
二、染色方法	067
第四章 纺织品印花	069
第一节 印花概述	069
一、印花方法工艺分类	069
二、印花方法及设备分类	070
三、印花原糊	072
四、花筒的雕刻和筛网制作	073
第二节 涂料印花	073
一、涂料印花色浆组成	074
二、涂料印花工艺	075
第三节 纤维素纤维织物印花	075
一、直接印花	075
二、防染印花	080
三、拔染印花	082
第四节 新颖印花方法	083
一、泡泡纱印花	083
二、烂花印花	083
三、发泡印花	084
四、金银粉印花	084
第五章 纺织品染后一般整理	086
第一节 基本概念	086
第二节 棉型织物的一般整理	087
一、拉幅整理	087
二、轧光、电光和轧纹整理	088
三、棉织物防缩整理	089
第三节 毛织物整理	090
一、毛织物的湿整理	090
二、毛织物的干整理	092
第四节 蚕丝织物后整理	095
一、烘干	095
二、定幅和机械预缩	095
三、蒸绸和机械柔软处理	096
四、轧光和手感整理	096
五、增重整理	096
第五节 合成纤维热定形处理	096
一、合成纤维的热定形原理	096

二、织物热定形工艺	096
三、热定形工艺的工序安排和质量评定	097
第六章 纺织品功能整理	099
第一节 柔软整理	099
一、柔软整理概述	099
二、柔软整理原理	099
三、柔软剂类型	100
第二节 抗皱整理	102
一、棉织物折皱起因	102
二、抗皱整理剂	103
三、多羧酸类抗皱整理剂	104
四、抗皱整理工艺	105
第三节 拒水、拒油整理	106
一、概述	106
二、拒水、拒油原理	106
三、拒水、拒油条件	107
四、拒水、拒油剂	108
第四节 阻燃整理	109
一、意义	109
二、阻燃整理要求	109
三、纺织品燃烧过程	110
四、阻燃原理	111
五、常见纤维织物的阻燃整理	112
六、阻燃织物的测试方法	114
第五节 抗静电整理	115
一、静电产生	115
二、抗静电原理	115
三、抗静电整理	116
四、抗静电性能测试	116
第六节 抗菌整理	117
一、概述	117
二、抗菌原理	117
三、纺织品抗菌整理剂和整理方法	117
四、抗菌效果测定	119
参考文献	121

第一章 纺织纤维结构与基本化学性能

本章导读:纺织纤维内部有形态结构、超分子结构、分子结构层次,了解纤维的分子结构是纤维物化、染色性能的基础,但纤维的物理结构也对纤维物化、染色性能有作用,有时起决定性作用。本章的学习关键是了解纤维的结构和纤维的物理化学性能之间的关联。

第一节 纤维概论

一、基本概念

纺织结构成型物由纤维为基本单元而形成,纤维的性能决定了纺织结构成型物的加工性能和使用性能,特别是染色、整理加工性能,因此,本章重点介绍纤维的结构和基本化学性能。

纤维作为纺织物的最小独立单元,其长度远大于其宽度,属细长、有韧性和强力的固体材料。纤维如果仅仅进行纺纱、织造之类的物理加工过程,可形成确定形状的物品,如纱线、织物、三维立体织物。它们只能称为半制品,部分半制品可用于工业用途。而日常衣着服饰、居室用品、特殊工业纺织品等最终制品的形成,则需要对纺织成型半制品进行进一步加工。这种加工对纺织成型半制品的形体改变不大,但对色彩、外观、手感、光泽及功能性的改变很大,使纤维本体性能、表面微观结构发生化学物理变化。这就是纺织品的染整加工,是本书的主要讨论内容。

纺织品的染整加工在本质上是对纤维材料的成型品即纤维集合体进行化学处理或化学物理联合处理,以达到提高纺织品服用性能或增进纺织品使用功能的目的。在染整加工中,集合体宏观组织即织物形状虽然对染整过程和染整效果有一定的影响,但起决定作用的还是纤维的性质,因为大多数染料、助剂和功能整理剂是与纤维分子相互作用而进入纤维内部,或留在纤维表面与纤维分子产生结合作用。纤维自身的化学物理结构决定了纤维的化学、物理性质,因此也决定了纺织品染整所用的方法和效果。

一根纤维自身虽微小,但它是内部微观构造到一定层次的宏观体现,最终达到肉眼可见的程度;而纤维内部的微观结构虽很丰富,肉眼却不可见。纤维内部由高分子化合物为基本结构单元排列而成。构成纤维的高分子化合物是相对分子质量很大(大约为一万到数百万)、一般为长链线状的分子,它们的直径在纳米级、长度在微米级,放大几千倍后就像纤维那样呈细长形状,称为成纤高分子,其信息构成纤维的基本化学结构。长链线状高分子化合物集合堆砌在一起,作较有序的、沿纤维轴向的排列,这种排列具有超微序列层次,形成了纤维内部的超分子结构和形态结构。

形成纤维材料的高分子,除了具有上述的线性、长链、即使有侧基或支链也比较短小的结

构特征外,还具有以碳原子为主链、大多数纤维是有机纤维的特征。上述描述仅是形成纤维的基本特征,没有包括特殊纤维。

在纺织品染整加工中,纤维结构是关注焦点,纤维高分子的化学结构及性质如何? 纤维高分子与水有无结合基团、与染料分子有无作用点、与整理剂等有无结合点? 结合点是共价键结合、离子键结合、氢键结合还是范德华作用力结合? 其性质决定了染整加工方法、染整加工难易程度和整理效果,如染色牢度、整理耐久度。典型的例子如棉纤维和聚乙烯纤维,两者化学结构迥异,因而棉纤维所用染料和整理剂对聚乙烯纤维就不适用。对纺织品进行染整加工,首先得了解纺织品的纤维分子构成及相应的化学性质。实际上,纤维高分子的化学分子结构不仅决定了纤维的染整化学性质,也是纤维内部物理结构即超分子结构、形态结构的基础。

二、纤维分类

纺织纤维的种类繁多,一般分为天然纤维和化学纤维两大类,两大类再划分分支类目,见图 1-1。

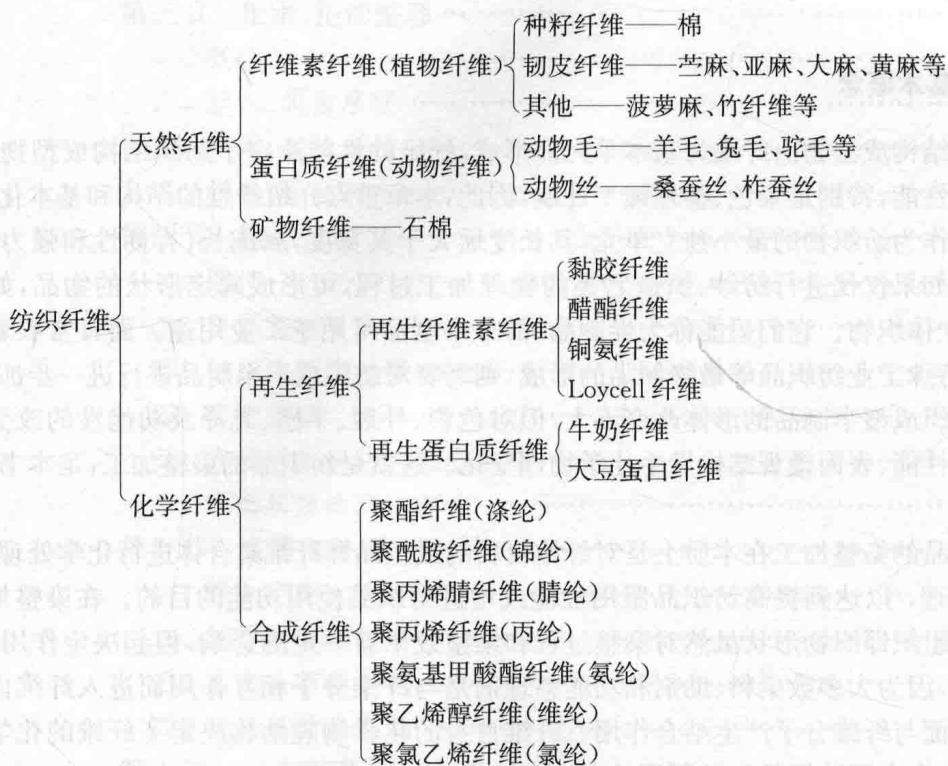


图 1-1 纺织纤维分类

天然纤维来源于自然界,有植物纤维、动物纤维和矿物纤维,在化学结构上分别对应于纤维素纤维、蛋白质纤维和石棉纤维。化学纤维是通过化学方法人工制造而成的纤维,根据原料来源即纤维高分子提取于自然界还是化工厂单体合成,又分为再生纤维和合成纤维两类。再生纤维目前在化学结构上有再生纤维素纤维和再生蛋白质纤维两类,合成纤维的分支基本上以纤维分子的化学结构命名。

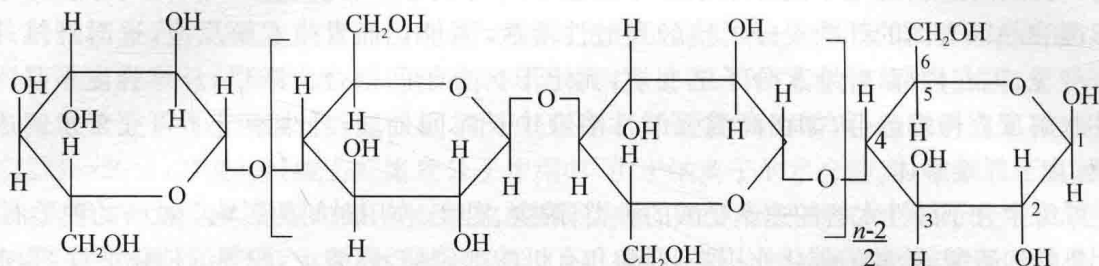
目前,纺织纤维的种类仍不断地在扩大,不断地有新的天然、再生和合成纤维品种被发掘出来,以满足民用、工业和国防需要。限于篇幅,本书仅介绍常用纤维的性质和染整关系。

第二节 天然纤维结构与主要化学性能

一、纤维素纤维

(一) 纤维素纤维的分子结构

纤维素纤维如棉、麻、黏胶等,其纤维高分子俗称为纤维素,化学结构式如下:



纤维素分子的组成元素是 C、H、O 三种元素,分子式为 $(C_5H_{10}O_5)_n$,分子中的链节单元为 β -D-葡萄糖剩基。纤维素分子的周期性重复单元由相邻两个葡萄糖剩基形成,由 1,4-苷键相连,相邻两个葡萄糖剩基互为翻转式联接。纤维素分子中含葡萄糖剩基的数目 n 称为纤维素高分子的聚合度。对来源不同的纤维素纤维来说,其纤维素分子的 n 值不同,来自于棉和麻的纤维素分子,其聚合度高至 10 000~15 000;黏胶纤维纤维素分子的聚合度仅 250~500。聚合度会对纤维强伸度、染色等性质产生影响。

纤维素分子链的两个末端的葡萄糖剩基,称为端基。由于其联接方式与分子链中间的葡萄糖剩基不同,其性质也有所不同。在葡萄糖剩基为半缩醛结构的一边,即端基 1 号位碳原子上,羟基没有与其他原子结合,是自由羟基,这一端仍可回复成葡萄糖醛基形式,因而具有还原性质。当纤维素分子的聚合度较低时,同样质量的纤维中,纤维素分子数目相对较多,即端基数目多,纤维的还原性明显,对染料有影响。一般的纤维素纤维中,纤维素分子的聚合度都比较高,即端基数目少,纤维的还原性不明显。

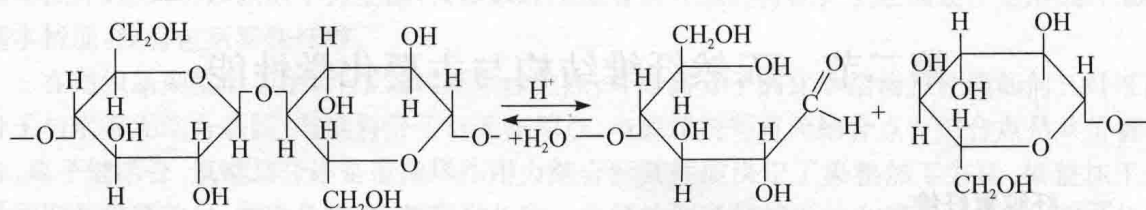
纤维素分子中,葡萄糖剩基上共有三个自由羟基:两个仲羟基在 C_2 和 C_3 上,一个伯羟基在 C_6 上。它们作为醇羟基,具有一般醇羟基的性质,在化学反应性上, C_6 上的伯羟基比 C_2 、 C_3 上的仲羟基更活泼。三个自由羟基能在纤维素分子间和分子内形成氢键结合,能发生酯化、醚化、碱化、氧化、接枝等化学反应,是纤维素纤维改性的反应点。联接葡萄糖剩基的 1,4-苷键对碱稳定,而在酸性条件下却很容易发生水解反应而断开,使纤维素分子的聚合度下降,纤维强度因此受损,甚至没有使用价值。

(二) 纤维素分子的化学性质

纤维素分子由于具有上述化学结构,可发生下列主要化学反应:

1. 纤维素分子与酸反应

酸对纤维素分子的作用发生在纤维素分子主链的苷键上。苷键在酸性条件下易发生水解反应:



在苷键的水解中,酸起催化作用,因此,酸没有被消耗。酸能使纤维素分子不断水解,纤维素分子的聚合度发生大幅度的下降,对纤维的损伤极大。纤维素纤维因具有固体形态结构,与酸作用时,纤维中的纤维素分子处在非均匀状态,因此反应不均匀。首先,处于无定形区和晶区表面的纤维素分子接触到酸性溶液,因催化而发生水解反应,这时纤维外观没有变化;但在内部,纤维素分子链变短,无定形区分子间结合力减弱,纤维强度下降。若酸性水解反应持续进行,如在高温强酸性溶液中长时间处理,纤维素分子可完全水解成葡萄糖,直至纤维解体。

纤维素分子酸性水解的速率受酸的种类、浓度、温度、作用时间的影响。就酸的种类而言,强无机酸如硫酸、盐酸的催化作用强,弱酸和有机酸如磷酸、硼酸、乙酸等的催化活性弱,水解速率较慢;就浓度而言,酸的浓度越大,纤维素水解速率越快;温度对纤维素酸性水解的影响也很大,每增温 10°C ,纤维素水解速率加快 $2\sim 3$ 倍;作用时间的影响是随反应过程的延长,纤维素分子的总水解程度越来越彻底。

纤维素分子酸性水解的速率还受到纤维物理结构的影响。麻、棉、黏胶纤维,在同样的酸性条件下进行水解,会发现麻纤维的水解速率最慢,黏胶纤维的水解速率最快。这是因为纤维的不均匀物理结构影响反应,麻纤维的结晶度高、分子排列紧密,因而酸难以进入,接触不到纤维素分子,因而其水解速率比其他两种纤维慢。

由于酸对纤维素分子有水解作用,在处理纤维素纤维及其织物时,应尽量避免使用酸溶液;需要使用时,要洗干净,避免在带酸情况下进行高温干燥处理。在生产工艺中,可选用稀酸,并且在低温下处理纤维素纤维织物,这不会引起织物强度的明显下降。在实际生产中,如原麻脱胶中的酸浸和酸洗工艺、酸退浆、漂白后的酸中和脱氯、涤/棉织物的烂花印花等,都成功地应用酸性工艺处理纤维素纤维织物。

2. 纤维素分子与氧化剂反应

纤维素分子由葡萄糖剩基构成,它的氧化性较弱,因此对许多还原剂很稳定,不反应;但是,葡萄糖剩基具有一定还原性,中强氧化剂能够氧化纤维素分子,作用后会发生分子链断裂,或者葡萄糖剩基上的羟基变成醛、酮或羧基结构;强氧化剂能够氧化纤维素分子至完全分解,生成 CO_2 和 H_2O 。

空气中的氧气也是一种氧化剂,在一般条件下不会氧化纤维素分子,但在碱性、高温条件下,氧气对纤维素分子的氧化、裂解作用十分显著。因此,纤维素纤维织物在漂白加工和煮练或高温碱性处理中要控制工艺条件,防止纤维素分子与氧气接触而发生一系列氧化反应,以防止纤维素纤维织物因一系列中间氧化产物而形成隐性损伤。

纤维素纤维织物在漂白加工时所用的 NaClO 、 H_2O_2 等漂白剂,属于中强氧化剂,在溶液中接触纤维无定形区和晶区表面的纤维素分子,若氧化则生成一系列氧化态的中间产物。这些中间产物暂时不会导致纤维强度有明显变化,但后续碱处理时结构不稳定,葡萄糖剩基断

裂,使纤维强度下降,并造成纤维隐性损伤。

3. 纤维素分子与碱反应

纤维素分子与碱之间的反应具有可逆性,在纤维素纤维织物的加工或整理中有很多应用,比较有益。

纤维素分子中葡萄糖剩基上的羟基具有与一般有机醇类的羟基一样的化学反应性质。例如乙醇能和氢氧化钠反应生成醇钠,纤维素分子也能和氢氧化钠反应生成纤维素钠:



纤维素分子中羟基上的氢的可电离性很弱,上述反应实际上向右很难进行,在浓碱、低温条件下才有利于向右进行,而在其他条件下,则易向左进行,纤维素钠恢复成纤维素分子结构。

纤维素分子的这种碱性反应性质,用于处理固态纤维素纤维则产生特殊的效果,浓氢氧化钠(12%~20%)溶液与纤维态纤维素分子作用时,由于钠离子的水合能力,在生成纤维素钠的同时,大量的水被带入纤维内部,使纤维内部剧烈溶胀。对天然纤维素纤维,如棉纤维,浓氢氧化钠的这种溶胀作用不仅发生在纤维无定形区,而且可使部分结晶区的纤维素分子之间的结合断开,也发生溶胀,分子链自由度增大。溶胀后对纤维进行水洗处理,纤维素钠水解,又恢复生成纤维素分子。若纤维此时处于无张力施加的自由状态,则因分子链之间无结合力约束,纤维内部的分子链发生松弛和取向降低现象,纤维外观发生明显的纵向收缩、横向增粗现象,称为碱缩;若纤维被施加一定张力以防止其收缩,则纤维形态呈现另一种变化,这就是棉织物的丝光,纤维长度无明显变化,但在横截面、纵向纤维表面、内部结晶度和取向度等方面都发生变化,从而导致一系列性能得到改善。

纤维素分子对碱的作用可逆、稳定,但在高温、有空气存在时,由于碱有催化氧气氧化纤维素的作用,纤维强度会受损,故而应避免含强碱液的纤维素纤维织物长时间地与空气接触。

4. 纤维素分子的其他反应

纤维素分子中葡萄糖剩基上有三个羟基,与醇羟基一样,能进行一系列化学反应,从而可进行纤维素纤维织物的化学变性,改进纤维素纤维织物的染色性和功能性。

(三) 纤维素纤维的物理结构

纤维物理结构常常会对纤维的染色、整理性能产生巨大影响。例如棉和麻同为纤维素纤维,虽然它们的染色方法一样,可两者的强力和上色性能的差异很大;普通黏胶纤维和高湿强黏胶纤维也是如此,它们的染整性能因纤维物理结构不同而不同。

纤维物理结构在理论上可分为纤维的超分子结构和纤维的形态结构两个层次。

纤维的超分子结构是指在分子结构的基础上、由许多个分子聚集一起、尺寸在超微观尺度(数纳米至数十纳米)的结构,其层次介于纤维形态结构和分子结构之间,描述的是纤维中的长链分子(高分子)的排列状态、排列方向、聚集程度等;纤维的形态结构是指在纤维的超分子结构的基础上而形成的纤维分子的聚集体结构,即超微分子聚集体的再聚集结构,尺寸可达微米尺度。

纤维物理结构对纤维染整性能的影响是影响了试剂与作用点的接触,主要在于染整试剂的通达程度,也称为可及度。若纤维物理结构中分子排列留下的空隙小,染整试剂无法进入纤维内部而到达目标位置,而是被阻挡而留在纤维外面,因而谈不上该发生的反应;若纤维物理

结构中分子排列留下的空隙大,染整试剂则容易进入纤维内部而到达目标位置,从而能发生预定的反应。

天然纤维和化学纤维不同。天然纤维在生长过程中形成丰富的形态结构,不同的纤维来源,其形态结构差异大;化学纤维的形态结构不丰富,纺丝拉伸工艺决定其超分子结构和形态结构。

1. 纤维素纤维的超分子结构

纤维的超分子结构的概念抽象,为便于理解,采用一些形象、直观模型来表达。棉纤维的超分子结构可以用缨状原纤模型描述,如图 1-2 所示。

在缨状原纤模型中,超微结构态的纤维素分子排列不均匀。紧密格线表示在一些区域纤维素分子链排列整齐、紧密,构成三维空间有序状态,称为结晶区。结晶区域的分子链间作用力大,链间空隙小,在水中难以溶胀,故染整药剂难以进入。无规则线条表示在另一些区域纤维素分子链排列无规则,称为无定形区。无规则排列的纤维素分子链可能从某个结晶区域延伸出来,经过无定形区,又嵌入另一个结晶区域,把结晶区域连在一起。纤维的结晶区构成一个个相对独立的小整体,是纤维的雏形,也称为纤维的微原纤;数个微原纤排列在一起又构成一个小整体,称为原纤;原纤有时会从纤维上剥离开来,形成毛羽,在显微镜下可观察到。



图 1-2 缨状原纤模型

缨状原纤模型除用来说明棉纤维的超微构造外,还用于说明麻和黏胶之类的纤维素纤维、蚕丝和一些合成纤维的超微构造。

纤维内部的超微构造有结晶区和无定形区两个基本区域,两个区域交联在一起。两个区域的比例对纤维的理化性能的影响很大,为此,用结晶度来表示两个区域的比例。

结晶度是指结晶区的纤维分子质量占纤维总质量的百分比。例如纤维素纤维的结晶度为:棉纤维 70%;麻纤维 90%;丝光棉纤维 50%;黏胶纤维 40%。

结晶度描述的是纤维内部结晶区分子链的比例。结晶度高,表明纤维内部分子链排列松散的区域少,即无定形区少,分子链间氢键、范德华力等作用力强,分子链弯曲、滑移的可能性小。这样,纤维受外力作用时,表现为强度高、断裂延伸率低;用染料、整理剂加工时,由于染料、整理剂分子只能进入较松散的无定形区和结晶区的边缘,不能进入紧密的结晶区,影响了染色深度和处理程度。

描述纤维内部超分子结构的概念还有一个,称为取向度。纤维内部无定形区的分子链排列尽管无规则,但实际上它们的走向都与纤维轴向有一定的平行度;结晶区内微晶体条的走向也是如此,与纤维轴向有平行排列的趋向。取向度表达的就是这种平行情况。分子链走向或晶体条走向与纤维轴向完全平行,即夹角为 0° 时,取向度最高,取向度值定为 1;分子链走向或晶体条走向与纤维轴向完全垂直,即夹角为 90° 时,取向度最低,取向度值定为 0。麻纤维的取向度很高,接近 1;棉纤维内外层的取向度不一样,内层的取向度较高。

取向度对纤维的化学物理性能的影响也比较大。取向度实际上标志着微晶、分子链排列在一维或二维方向上的有序程度。取向度高,说明分子链朝纤维轴向排列的有序程度高,当纤维受到外力拉伸作用时,因链间作用点较多和分子链能均匀受力,应力集中点少,因而表现出较高的纤维强度;取向度低,说明分子链朝纤维轴向排列的有序程度低,当纤维受到外力拉伸

作用时,链间作用力弱、分子链受力不匀,应力集中,产生断裂弱点,因而表现出较低的纤维强度。取向度对纤维吸收染料、整理剂有影响,但没有结晶度明显,即高取向度纤维只要其分子链间的空隙大于染料、整理剂的分子尺寸,染色整理就容易进行并且均匀。丝光棉是典型的一个例子,与未经丝光的棉纤维相比,丝光棉的结晶度较低,但取向度高,因此强度无下降,而染色性能得到改善。

2. 纤维素纤维的形态结构

棉和麻是典型的天然纤维素纤维,形态结构丰富,如图 1-3 所示。

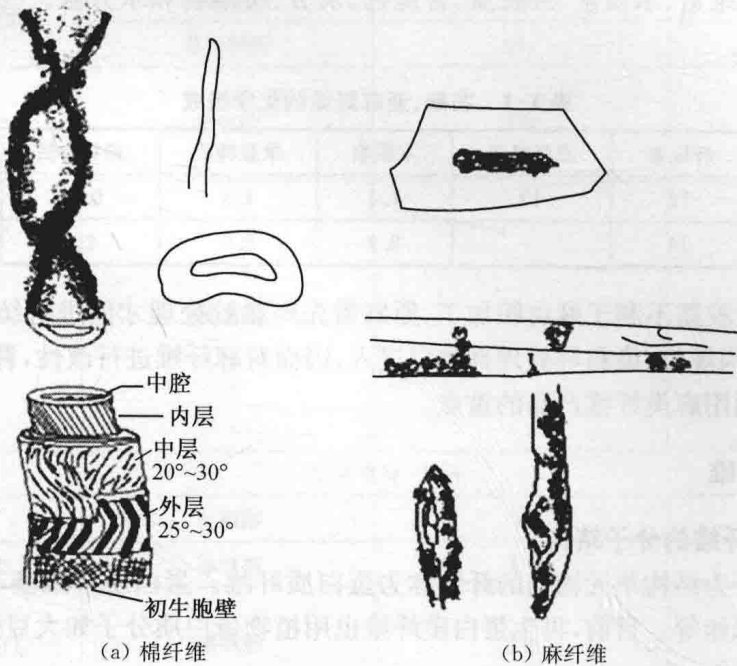


图 1-3 棉和麻纤维的形态结构

棉纤维由棉籽细胞长成,一个细胞发育形成一根纤维,从棉籽上轧脱下来的棉纤维,根部截断、梢部封闭,纵向呈扁平、扭曲条带状,横截面呈腰子形或耳状。棉纤维从里到外的形态结构分为三个层次:①胞腔,由棉纤维细胞内液干涸后留下而形成,含有蛋白质、矿物质、色素等杂质。②次生胞壁,是棉纤维的主体,占整根纤维质量的 90% 以上,由纤维素分子在初生胞壁内沉积形成,以原纤网状组织层层交叉叠成,每层厚 $0.1 \sim 0.4 \mu\text{m}$,有 25~40 层,在截面上呈同心圆日轮状,原纤绕纤维轴做螺旋排列,螺旋角为 $20^\circ \sim 35^\circ$ 。根据原纤的螺旋排列方式,次生胞壁又分为三个部分:外层、中层和内层。若外层原纤螺旋走向为 S 形,则中层呈 Z 形螺旋,内层螺旋走向与外层同。各层原纤沿纤维轴向不是直螺旋,而是发生多次转折,在原纤的一些转折处,棉纤维发生扭曲。③初生胞壁,在棉纤维细胞初步生长时形成,比较薄,厚 $0.1 \sim 0.2 \mu\text{m}$ 。纤维素分子在这一层以网络迭合结构存在,取向度低,对内部次生胞壁起束缚作用,阻碍次生胞壁溶胀。初生胞壁中含有一些杂质,如果胶、油蜡等。

初生胞壁上有一层外皮,由果胶、油蜡质组成,使棉纤维具有拒水性,阻碍染整药剂渗透。初生胞壁和外皮不是纤维素主体,在煮练、漂白中被除去。

麻是植物茎秆的韧皮层中的组织成分,称为韧皮纤维。麻的种类很多,来源于不同麻杆的

麻纤维的物化性能差异很大,能制作衣用纺织品的麻纤维主要是苧麻和亚麻纤维。

麻纤维的外观形态如图 1-3 所示。单根麻纤维是一个壁厚、两端封闭、内有狭窄胞腔的长条细胞。苧麻纤维的两端呈锤头形或分叉形;亚麻纤维的两端细些,呈纺锭形;大麻纤维呈钝角形或分叉形;黄麻呈钝角形。麻纤维的横截面呈多角形或腰圆形,纵向有竖纹和横节。

麻纤维的内部形态结构的研究不如棉那样透彻,也像棉纤维那样有初生胞壁、次生胞壁及同心日轮纹结构,其内部由结晶度和取向度很高的纤维素分子聚集排列而成。

原麻纤维的纤维素成分占 60%~70%,因生长在韧皮层中,其他都是称为胶质的黏附杂质,有蜡状物、半纤维素、木质素、果胶质、含氮物、灰分、可溶物和水分等。苧麻和亚麻纤维的化学组成见表 1-1。

表 1-1 苧麻、亚麻纤维的化学组成

成分	纤维素	半纤维素	木质素	果胶物质	蜡状物质	灰分	其他
苧麻含量(%)	72	13	1.4	4.3	0.68	4.3	3.9
亚麻含量(%)	74	—	2.9	2.0	2.4	1.1	15

麻纤维的黏附胶质不利于麻纺织加工,原麻需先经脱胶处理才能进行纺织加工。麻纤维两端封闭、内部结构规整,染料等处理剂难以进入,因而对麻纤维进行改性,调整纤维内部的物理结构,是开发、利用麻类纤维产品的重点。

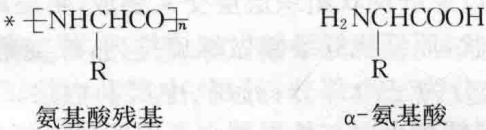
二、蛋白质纤维

(一) 蛋白质纤维的分子结构

由蛋白质分子为结构单元构成的纤维称为蛋白质纤维。蛋白质纤维基本上由动物产生,如羊毛、蚕丝、蜘蛛丝等。目前,再生蛋白质纤维也用植物蛋白质分子如大豆蛋白质为原料,经过适当处理而制成。

蛋白质分子的化学组成元素较复杂。其中,C、H、O 为主构成元素;N 元素是蛋白质分子的特征元素,在蛋白质分子中约占 16%;此外,硫元素在蛋白质中也有较高含量(约 4%),有些蛋白质分子还含有 P、Fe、I、Mn、Zn 等元素。蛋白质纤维的分子构成主要有 C、H、O、N、S 五种元素。

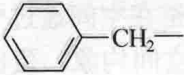
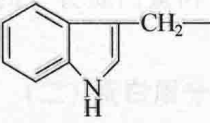
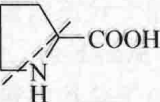
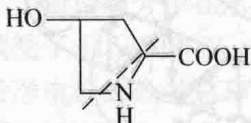
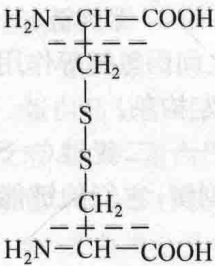
蛋白质高分子链的单元结构是氨基酸残基(下式左):



氨基酸残基是 α -氨基酸进入蛋白质高分子链缩合而成。 α -氨基酸有二十多种,其通式如上式右所示;侧基—R 有简有繁,最简单的是一H、—CH₃,最复杂的是含芳香环、杂环的侧基,见表 1-2。由此可见,蛋白质分子的主链结构很规则,但侧基种类、基团大小多变。蛋白质分子的结构复杂性正来源于此。目前蛋白质分子的序列结构还不容易测定。不同序列结构的蛋白质分子,其性质各异。

蛋白质分子主链也称为多肽链,是由 α -氨基酸通过氨基和羧基进行脱水缩合反应形成的联接,在蛋白质分子中专门称作肽键,而在一般有机物中称作酰胺键。

表 1-2 组成天然蛋白质分子的氨基酸品种

侧基—R 的结构	氨基酸的名称	缩写	等电点
1. R 为中性基团			
—H	甘氨酸	Gly	5.97
—CH ₃	丙氨酸	Ala	6.00
—CH(CH ₃) ₂	缬氨酸	Val	5.96
—CH ₂ CH(CH ₃) ₂	亮氨酸	Leu	6.02
—CH(CH ₃)CH ₂ CH ₃	异亮氨酸	Ile	5.98
	苯丙氨酸	Phe	5.48
	色氨酸	Try	5.89
 	脯氨酸	Pro	6.30
2. R 含有—OH			
—CH ₂ OH	丝氨酸	Ser	5.68
—CH(OH)CH ₃	苏氨酸	Thr	5.60
	酪氨酸	Tyr	5.66
	羟脯氨酸	Hyp	5.83
3. R 含硫元素			
—CH ₂ SH	半胱氨酸	Cys	5.07
—CH ₂ CH ₂ SCH ₃	蛋氨酸	Met	5.74
	胱氨酸	Cys-Cys	4.60
4. R 含有—COOH			
—CH ₂ COOH	天冬氨酸	Asp	2.77