



全国纺织高职高专规划教材

纤维化学及面料

XIANWEIHUAXUE
JIMIANLIAO

杭伟明 主编

 中国纺织出版社



全国纺织高职高专规划教材

纤维化学及面料

杭伟明 主编



中国纺织出版社

内 容 提 要

本书简要介绍了高分子化合物的基础知识,系统叙述了纤维素纤维、蛋白质纤维、主要合成纤维和新型纤维的结构、性能及其与纺织染整的关系。最后介绍了纱线和面料的基础知识,更增加了本书的实用性。

本书可作为高等职业院校染整技术专业及相关专业的教学用书,也可供纺织、染整等行业技术人员阅读。

图书在版编目(CIP)数据

纤维化学及面料/杭伟明主编. —北京:中国纺织出版社,2005.11

全国纺织高职高专规划教材

ISBN 7-5064-3413-X/TS·1993

I. 纤… II. 杭… III. 纤维化学—高等学校:技术学校—教材 IV. TQ340.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 116949 号

策划编辑:朱萍萍 责任校对:陈 红
责任设计:李 歆 责任印制:黄 放

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

三河艺苑印刷厂印刷 三河永成装订厂装订

各地新华书店经销

2005 年 11 月第 1 版第 1 次印刷

开本:787×1092 1/16 印张:12.75

字数:246 千字 印数:1—4000 定价:28.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社市场营销部调换

序

翻开中国教育史,早在 19 世纪 60 年代,在清政府的洋务运动中,就已经孕育出职业教育的萌芽。民国初年,职业教育得到了初步发展。新中国成立之后,我国的职业教育才进入了一个新的历史时期,建立了社会主义职业教育体系,为我国的国民经济恢复、发展和工业基础的奠定做出了历史性的贡献。然而,当时由于对职业教育缺乏准确的界定和社会对职业教育的认可程度不高,阻碍了职业教育的发展。随着我国社会、经济的不断发展和教育改革的逐步深入,职业教育的地位才逐步被社会、国家所重视。特别是 1996 年和 1998 年,当时的国家教委和后来的教育部先后提出“三改一补”和“三多一改”的大力发展高等职业教育的方针,全国高等职业院校才如雨后春笋般地发展起来。

纺织高等职业技术学院就是在这样的背景下建立和发展起来的,目前已发展成为纺织行业各类教育中一支重要的教育体系。

为了使纺织高等职业技术教育健康稳步发展,中国纺织服装教育学会高职高专教学工作委员会按照《教育部关于加强高职高专教育人才培养工作的意见》的有关要求,在制定了纺织高职高专专业目录(指南)的基础上,召开了专门工作会议,成立了 6 个专业教学指导委员会和相关教材编写委员会,并和中国纺织出版社及东华大学出版社一道规划了纺织高职高专首批教材 30 余种。在中国纺织服装教育学会高职高专教学工作委员会的直接领导下,在全国纺织高职高专院校、中国纺织出版社和东华大学出版社的积极支持参与下,在各个教材编写委员会的共同努力下,终于完成了首批纺织高职高专全国统编教材,以期满足纺织高职高专院校教学的需要。

尽管有如此众多的单位、院校、部门和众多的专家、教授、学者的共同努力,但仍不能说这套教材已经尽善尽美,错误及不准确之处在所难免。希望广大同行、教师和使用及时提出宝贵意见,以期提高这套教材的整体质量。

中国纺织服装教育学会
高职高专教学工作委员会

全国高职高专染整专业教材编写委员会

主任委员 夏建明

副主任委员 杭伟明 蔡苏英

委员 (按姓氏笔画排序)

于松华	王 宏	王淑荣	田 丽	刘妙丽	杨蕴敏
李振华	李锦华	沈志平	张 峰	陈祝军	陈晓玉
林 杰	林细姣	杭伟明	郑光洪	夏 冬	夏建明
曹修平	谢 冬	路艳华	蔡苏英	廖选亭	戴桦根

前言

本书是根据中国纺织服装教育学会高职高专教学工作委员会制定的教学大纲,由中国纺织服装教育学会组织行业专家、资深教师编写的。

按照高等职业院校的教学特点和教学要求,本书简明扼要地介绍了纤维的基本概念和高分子化合物的基础知识,系统叙述了各种常用纤维的结构、性能及相互之间的关系。在主要叙述棉纤维的同时,介绍了麻纤维,适当增加了天丝、竹浆纤维、莫代尔(Modal)纤维及天然彩色棉等内容;在蛋白质纤维部分增添了大豆蛋白纤维的内容;在合成纤维部分增添了新型合成纤维及制品、环保纤维等知识。本书尽可能结合当前行业的生产实际和发展方向,较多地增加与生产实践和技能培养直接相关的内容,注重纤维性质与染整工艺的关系。

本书由济南纺织职业技术学院申春华老师、武汉职业技术学院解子燕、何芳容老师、苏州经贸职业技术学院周燕、张小英、杭伟明等老师编写。具体分工如下:申春华老师编写第一、第二章,何芳容老师编写第三章,周燕老师编写第四章,解子燕老师编写第五章,张小英老师编写第六章,全书由杭伟明老师整理和统稿。

本书在编写、整理过程中得到了中国纺织服装教育学会高职高专教学工作委员会全体委员的指导和各有关学校、企业领导的大力支持,在此表示衷心的感谢。

由于编者水平有限,经验不足,书中难免会有不妥、疏漏甚至错误之处,敬请读者批评指正。

编者
2005年8月

目录

第一章 绪论	1
一、纤维的涵义 /	1
二、纺织纤维应具备的性能 /	1
三、纺织纤维的分类 /	2
思考题	3
第二章 高分子化合物	4
第一节 高分子化合物的基本概念	4
一、高分子化合物的涵义 /	4
二、高分子化合物的基本特性 /	4
三、高分子化合物大分子的几何形状 /	6
四、高分子化合物的分子间力 /	7
五、高分子化合物的合成反应 /	9
六、高分子化合物的分类和命名 /	10
第二节 高分子化合物的结构	10
一、高分子化合物大分子链的构型 /	11
二、高分子链的构象 /	12
三、高分子化合物的聚集态结构 /	13
第三节 高分子化合物的分子运动和力学性质	17
一、高分子化合物分子运动的特点 /	17
二、非晶态高分子化合物的力学状态及转变 /	17
三、晶态高分子化合物的力学状态和转变 /	19
四、晶态高分子化合物的力学性质 /	19
第四节 高分子化合物溶液及分子量的测定方法	22
一、高分子化合物的溶解 /	22
二、高分子化合物分子量的表示方法 /	23
三、高分子化合物分子量的测定方法 /	25

思考题	29
第三章 纤维素纤维	30
第一节 纤维素纤维的形态结构	30
一、棉纤维的形态结构 /	30
二、麻纤维的形态结构 /	32
第二节 纤维素大分子的分子结构	34
第三节 纤维素纤维的超分子结构	35
一、用 X 射线研究 /	35
二、用电子显微镜和扫描隧道显微镜 (STM) 研究 /	36
第四节 纤维素纤维的主要物理—机械性能	39
一、纤维素纤维的断裂强度和断裂伸长率 /	39
二、纤维素纤维的初始模量 /	41
三、纤维素纤维的应力—应变曲线 /	41
四、纤维素纤维的断裂机理与纤维超分子结构的关系 /	41
五、纤维素纤维的弹性 /	42
第五节 纤维素纤维的主要化学性质	44
一、纤维素纤维的吸湿和溶胀 /	44
二、碱对纤维素的作用 /	46
三、纤维素与酸的作用 /	47
四、纤维素与氧化剂的作用 /	49
五、光、热及微生物对纤维素的作用 /	53
六、纤维素酶对纤维素的作用 /	54
七、纤维素纤维的化学改性 /	54
第六节 纤维素共生物	58
一、果胶物质 /	58
二、含氮物质 /	59
三、蜡状物质 /	59
四、灰分 (无机盐类) /	59
五、色素 /	60
六、棉籽壳 /	60
第七节 亚麻纤维	60
一、亚麻纤维的形态结构 /	61

二、亚麻纤维的化学组成	/ 63
三、亚麻纤维的物理—机械性能	/ 64
四、亚麻纤维的化学性能	/ 65
五、亚麻产品的特性	/ 66
第八节 天然彩色棉	67
一、天然彩色棉的发展	/ 67
二、天然彩色棉纤维的形态结构特点	/ 67
三、天然彩色棉纤维色素的形成	/ 68
四、天然彩色棉色素的变化	/ 70
五、天然彩色棉纤维的物理性能	/ 72
六、天然彩色棉纤维存在的问题	/ 72
七、其他新型棉纤维	/ 73
第九节 再生纤维素纤维	74
一、粘胶纤维	/ 74
二、酮氨纤维	/ 77
三、醋酯纤维	/ 77
第十节 新型纤维素纤维	78
一、天丝	/ 79
二、竹浆纤维	/ 82
三、Modal 纤维	/ 86
思考题	88
第四章 蛋白质纤维	90
第一节 蛋白质的基础知识	90
一、蛋白质的化学组成及分子结构	/ 90
二、蛋白质的两性性质	/ 93
第二节 羊毛	96
一、羊毛的形态结构及分类	/ 96
二、羊毛的化学组成与分子结构	/ 97
三、羊毛的超分子结构	/ 98
四、羊毛的主要机械性能	/ 99
五、羊毛的主要化学性质	/ 100
六、其他纺织用动物毛	/ 105

第三节	蚕丝	106
一、蚕丝的形成和形态结构	/	107
二、丝素的结构和性质	/	108
三、丝胶的结构和性质	/	112
第四节	大豆蛋白纤维	114
一、大豆蛋白纤维的生产	/	114
二、大豆蛋白纤维的性能	/	115
三、大豆蛋白纤维的应用	/	116
思考题		117
第五章	合成纤维	118
第一节	合成纤维的概况	118
一、合成纤维的发展概况	/	118
二、合成纤维的生产简介	/	119
第二节	涤纶	122
一、涤纶生产简介	/	123
二、涤纶的结构	/	124
三、涤纶的性能	/	125
四、改性涤纶	/	129
第三节	锦纶	132
一、锦纶生产简介	/	133
二、锦纶的结构	/	134
三、锦纶的性能	/	134
第四节	腈纶	137
一、腈纶的组成	/	137
二、腈纶生产简介	/	138
三、腈纶的结构	/	139
四、腈纶的性能	/	141
第五节	丙纶	143
一、丙纶的生产简介	/	144
二、丙纶的结构	/	144
三、丙纶的性能	/	145
第六节	氨纶	148

一、氨纶的组成及结构 / 149	
二、氨纶生产简介 / 149	
三、氨纶的性能 / 150	
第七节 新型合成纤维及制品	152
一、新型合成纤维改性技术简介 / 153	
二、改性新型合成纤维及制品 / 154	
第八节 环保纤维	165
一、甲壳素纤维 / 166	
二、生物可降解纤维 / 166	
思考题	168
 第六章 纱线和织物的基本知识	 169
第一节 纱线的基本知识	169
一、纱、线、丝的概念 / 169	
二、纱线的分类 / 169	
三、纱线的捻度和捻向 / 170	
四、织物性能与纱线关系 / 171	
第二节 织物的基本知识	172
一、织物的分类 / 172	
二、机织物 / 173	
三、针织物 / 179	
四、非织造布 / 182	
思考题	183
 参考文献	 184

第一章 绪 论

远在原始社会,我们的祖先已经利用天然的葛、麻、蚕丝或者狩猎获得的兽皮、毛羽加工成简单的衣服,以遮体御寒。原始社会后期,随着社会的进步,生产的发展,特别是农牧业的发展,人们开始学会了种麻索缕,育蚕抽丝,养羊取毛,以获取纺织所需要的原料——纺织纤维。

纺织纤维对化学纤维、纺织、染整工业的技术进步起到了极大的推进作用。尤其是自 20 世纪 30 年代,科学家对纤维素结构的成功解剖,不仅为化学纤维工业的发展奠定了坚实的基础,而且对染整加工基础理论的产生和发展起到了重大的作用。

染整加工的基本对象是纤维及由纤维形成的织物。它是通过物理、化学或两者兼有的方法改善或赋予纤维及其制品一定性能的加工过程。因此,熟悉和掌握纤维的基本性能,对染整工作者来说是十分重要的。

一、纤维的涵义

在日常生活中,人们每时每刻都要接触到各种用途的织物,这些织物的原料就是纺织纤维。

纺织纤维就是长度远远大于直径,并且具有一定柔韧性,能纺成纱线并通过机织、针织、编结以及其他编织方式制成各种纺织品的纤维。纤维的长度一般用毫米(mm)、厘米(cm)、米(m)度量,而直径一般用微米(μm)度量。根据长度的不同,可将纤维分为短纤维(如棉、麻等)和长纤维(或长丝,如蚕丝)。短纤维的长度较短,如棉的长度在 30~40mm、亚麻的长度在 11~38mm、山羊绒的长度在 30~40mm 等。由于化学纤维是通过纺丝方法制成的,所以其长度可以自由调节,可以根据需要制成不同的长度,如仿棉型纤维的长度在 30~40mm 左右、仿毛型纤维其长度在 75mm 左右。长度在 51~75mm 之间的纤维称为中长纤维,丝的长度一般在几十米以上。

自然界中存在着许多种类的纤维,但这些纤维并不是都能用于纺织加工,这是因为纤维形成织物需要进行一系列的化学和物理机械加工过程。而且人们在使用这些织物时,也需要织物具有一定的服用性能。因此,为满足纺织加工的需要和人们对织物服用性能的要求,纺织纤维必须具备一定的性能。

二、纺织纤维应具备的性能

简单地讲,凡是能用于纺织的纤维就称为纺织纤维。为适应纺织加工的需要及满足人们的

服用要求,纤维应具备以下性能。

1. 物理—机械性能

(1)长度。长度在 10mm 以上的纤维才具有纺织价值。过短,则可纺性差,只能用作造纸或再生纤维的原料。

(2)机械性能。纺织纤维在加工及使用过程中,经常受到外力的拉伸、揉搓、摩擦等作用。因此,纺织纤维必须具备一定的强度、延伸性、弹性等物理—机械性能。

(3)热性能。纺织纤维对热应具有一定的稳定性,以保证纤维在使用及加工过程中遇高温不分解,遇低温不僵硬。

此外,纺织纤维还应具有一定的光泽、吸湿性、柔软性等性能,以保证服用过程中的舒适性。

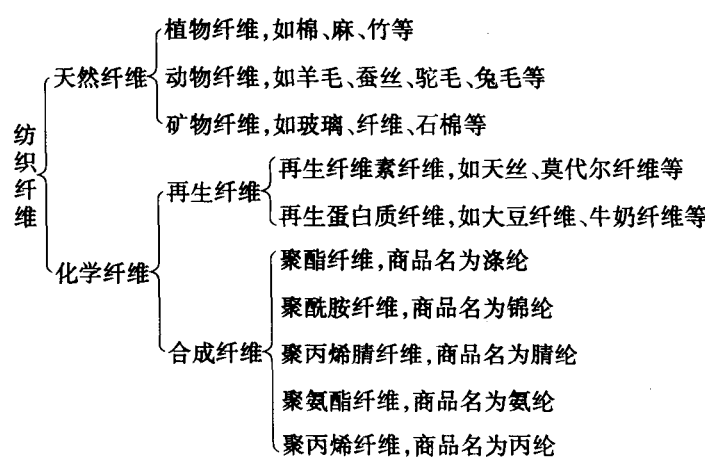
2. 化学性能

纤维经纺织加工后形成的产品绝大多数不能直接使用,其制品一般要经过染整加工才能成为具有使用价值的纺织产品。而在染整加工中,纤维或坯布要经受许多化学加工过程,经常接触水、化学品(如酸、碱、氧化剂、还原剂等)、染料和助剂等。所以,纺织纤维必须具备一定的耐水性、化学稳定性和可染性,以保证正常加工的需要。

为满足人们的服用要求,纺织纤维还应具有耐日晒、耐紫外线、耐气候等性能。

三、纺织纤维的分类

纺织工业目前使用的纤维种类很多,但纺织纤维按其来源来分只有两大类,即天然纤维和化学纤维。纺织纤维的分类如下所示。



思考题

1. 解释下列名词或术语

(1) 纤维 (2) 纺织纤维 (3) 中长纤维

2. 纺织纤维应具备哪些性质?

3. 纺织纤维是如何分类的?

第二章 高分子化合物

高分子化合物与人们的日常生活有着密切的联系,人们的衣食住行都离不开高分子化合物。人们穿的衣服、吃的食物都是高分子化合物,甚至就连人体本身也是由许多高分子化合物组成的。人们熟知的橡胶、塑料和纤维是高分子化合物的 3 大形态。

纺织纤维都是高分子化合物,因此要深入了解纺织纤维的结构与性能就必须对高分子化合物的基本知识有所了解。

第一节 高分子化合物的基本概念

一、高分子化合物的涵义

高分子化合物简称高分子或高聚物。合成高分子化合物一般是由含有两个或两个以上官能团的低分子化合物通过共价键的形式连接而成的产物。与低分子化合物相比,高分子化合物在性质上存在着明显的差异,如高分子化合物一般具有高强度、高弹性、力学状态的多重性等特点。

二、高分子化合物的基本特性

1. 高分子化合物具有很高的分子量^①

高分子化合物的分子量一般在 $10^4 \sim 10^7$ 之间,而普通低分子化合物的分子量只有几十或几百。表 2-1 是几种常见物质的分子量比较。

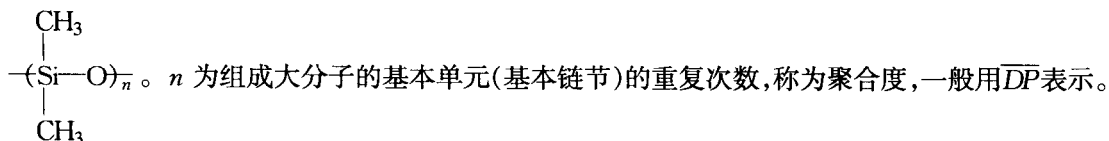
① 分子量(molecular weight 或 molecular mass)是高分子学科的一个重要物理量。在化学学科中分子量的定义是:物质的分子或特定单元的平均质量与核素 ^{12}C 原子质量的 $1/12$ 之比。其量纲为 1。国际标准化组织考虑到分子量并不是重量(weight)而是量纲为 1 的量,故将其改名为 relative molecular mass,国标 GB 3102.8 等均采用国际标准 ISO 31—8,将其译为“相对分子质量”,要求“有计划地逐步采用”这个名称。但国内外高分子界普遍认为,在分子学科中分子量是一个统计概念,更多采用的是各种平均分子量的概念,在这种情况下,强调其相对性(relative)已属多余。全国自然科学名词审定委员会考虑到分子量这一术语经长期使用,未发生任何困难、误解和混乱,按照约定俗成和简明的原则,在公布的《化学名词》中将平均分子量作为规范词列出,而不是平均相对分子质量。本书按照《化学名词》的规定仍采用分子量这一术语。——出版者注

表 2-1 常见物质的分子量比较

低 分 子 化 合 物		高 分 子 化 合 物	
物 质	分 子 量	物 质	分 子 量
水	18	淀 粉	10 000~80 000
乙 醇	46	天然纤维素	约 2 000 000
葡萄糖	198	涤 纶	12 000~20 000
丙 烯	42	锦 纶	15 000~23 000
对苯二甲酸乙二醇酯	211	聚丙烯	6 000~20 0000

2. 高分子化合物大分子是以共价键连接的

高分子化合物的大分子是由许多相同或相似的结构单元通过共价键连接而成的,如聚乙烯大分子可表示为 $-(\text{CH}_2-\text{CH}_2)_n$ 、聚丙烯大分子为 $-(\text{CH}_2-\underset{\text{CH}_3}{\text{CH}})_n$ 、聚硅氧烷大分子为



高分子化合物的分子量(M)是基本单元分子量(M_A)的总和。即:

$$M = M_A \cdot \overline{DP} \quad (2-1)$$

由此可见,聚合度也可以用来表示高分子化合物分子的大小。

由于合成过程中反应机理和反应条件不同,使得链引发、链增长、链终止等有多种可能,因此同一高分子化合物通常是由许多链节相同、聚合度不同的同系物大分子组成。这些同系物之间的链节数相差为整数,即 n 的数值不同。

3. 高分子化合物具有多分散性

由上可知,在同一种高分子化合物中,大分子的化学组成基本相同,但分子量和分子结构会在一定范围内变化。高分子化合物的分子量和分子结构可在一定范围内变化而又不影响其物理化学性质的特性,称为多分散性。

高分子化合物的多分散性包括两个方面,即分子量的多分散性和结构的多分散性。

低分子化合物有着严格的分子量,如果分子量发生变化,即便是微小的变化,也会对物质性质产生影响。而高分子化合物的分子量很高,所以分子量在一定范围内的变化并不影响它的基本特性。虽然同系物的性质会随着分子量的增加发生一定的变化,但当分子量增加到一定程度时,其性质趋于稳定。

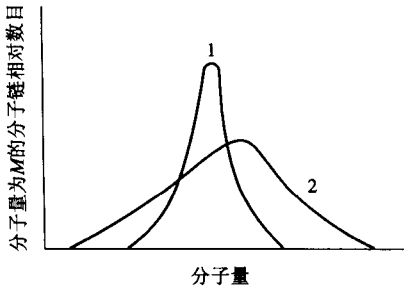


图 2-1 高分子化合物的分子量分布曲线

1—分散性小 2—分散性大

由于高分子化合物分子量的多分散性,所以通常所指的高分子化合物的分子量是一平均值。其多分散性的程度一般用分子量分布来表示,如图 2-1 所示。

在图 2-1 中,曲线 1 表示高分子化合物的分子量主要集中分布在某一狭窄的范围内,其分子量分散性小;而曲线 2 则相反,分子量分布范围较宽,表示其分子量分散性大。应注意的是,平均分子量相同的高分子化合物,它们的分子量分布不一定相

同。一般用于制造纤维的高分子化合物,其分子量的多分散性要小一些;而用于制造塑料的高分子化合物,其分子量的分散性可以大些。

同样,高分子化合物的分子结构在一定范围内变化时,也不影响它的基本特性。

必须提及的是,多分散性对高分子化合物的某些性质,如熔点、溶解度、密度等,还是有一定影响的。因此,在制备高分子化合物时,要求其分散性愈小愈好。

三、高分子化合物大分子的几何形状

高分子化合物大分子是由一定的基本结构单元重复连接而成的。但单体所含官能团数量不同,形成的大分子的结构也就不同。一般仅含一个官能团的单体只能形成低分子化合物,而含有两个或两个以上官能团的单体会形成不同几何形状的高分子化合物。

高分子化合物的几何形状包括线型、支链型和体型 3 种,如图 2-2 所示。

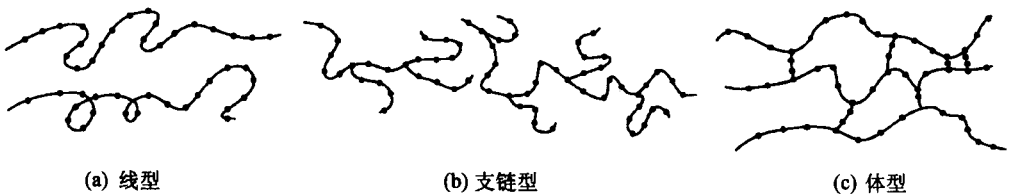


图 2-2 高分子化合物大分子的几何形状示意图

1. 线型大分子

这类高分子化合物一般是由双官能团的单体形成的。它像一条线形长链,呈卷曲状,少有支链。若以 A 代表基本结构单元,则线型结构的大分子可表示为:



由线型大分子组成的高分子化合物称为线型高分子化合物。