

MANUAL OF TEXTILE FIBRES

高等纺织院校教材

纤维材料学导论

纺织工业出版社

CHINA TEXTILE PRESS

内 容 提 要

本书为高等纺织院校教材。共分十章,前三章讲述各种纺织纤维的来源、工艺性能、外观和内部结构,并对纤维的品质评定方法作了介绍和讨论;第四至八章分别叙述纤维的吸湿性能、光学、电学、热学和机械性质,说明水分、光、电、热和机械力对纤维结构和性质所产生的作用。第九章论述摩擦、表面吸附和静电现象等纤维表面特性。第十章探讨纤维的应用和功能。

本书为高等纺织院校纺织材料专业本科的教材,并可作纺织类专业本科和研究生学习参考用书,也可供纺织科学研究和生产技术人员参考。

责任编辑: 胡永梅

高等纺织院校教材
纤维材料学导论
严源彰 编著

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

850×1168毫米 1/32 开本: 11 24/32 字数: 302千字
1990年12月 第一版第一次印刷

印数: 1—3,000 定价: 3.85元
ISBN 7-5064-0530-X/TR·0520 (C)



前 言

纺织材料专业培养学生具有评定纺织纤维品质和研讨纺织纤维合理利用的能力,使学生能够掌握纺织材料性能测量和数据资料分析的技术,并赋予学生从事纺织检测方法和仪器等设计与改进的基础知识。纺织材料专业的专业课程以应用纤维科学为主干,包括纺织纤维原料和纺织纤维制成品的性能与结构,以及纺织加工中的性能变化和使用中功能发挥的机理,着重阐述理论的基本概念和实际中所产生的作用。

纤维材料学为纺织材料专业课程系列中的第一门课程,学生在完成按国家标准方法测量纺织纤维原料性状为内容的实验室操作训练后学习。后继课程有纱线与织物理学、纺织试验仪器学和纤维结构与测试技术。

《纤维材料学导论》是为纺织材料专业学生学习纤维材料学课程而编写的教材。中国纺织大学于1981年起开设此课程,所用的讲义经过几次修改。《纤维材料学导论》是在讲义的基础上整理而成的。初稿完成后,纺织工业部教育司于1988年12月组织审稿会议,邀请长期从事纤维材料学教学和科研的同志,对书稿作了审议。根据审稿会议所提的要求、意见与建议,编者对书稿又作了订正和部分改写。

《纤维材料学导论》全书分十章,每章后附有参考文献,所列文献均为有代表性的专著及专门手册,未收录研究论文和专题试验或讨论报告。

在本书编写过程中,曾得到多位同志的帮助和鼓励,在此表示感谢。希望这些同志对本书进一步提出批评和指正,并欢迎读者惠予本书的不足和改进意见,以便在今后能不断订正舛误,获

致补益。在本书编写过程中，还得到于德东和庄新梅等同志的协助。在此对他们致以谢意。

编 者

1989年6月

目 录

绪论.....	(1)
第一章 概述.....	(3)
一、纺织纤维与纺织制品.....	(3)
(一) 纺织纤维的产量.....	(3)
(二) 天然纤维和化学纤维.....	(4)
(三) 纺织制品.....	(7)
二、纺织纤维的品质.....	(9)
(一) 可纺性.....	(9)
(二) 舒适性.....	(13)
(三) 品质评定方法.....	(16)
三、纺织纤维的常用性能指标.....	(17)
(一) 长度.....	(17)
(二) 细度.....	(20)
(三) 强度.....	(22)
(四) 回潮率.....	(23)
四、纺织纤维结构的基本概念.....	(23)
五、纤维结构理论的发展.....	(26)
参考文献.....	(27)
第二章 天然纤维.....	(28)
一、植物纤维.....	(28)
(一) 棉纤维.....	(28)
(二) 麻纤维.....	(57)
二、动物纤维.....	(66)
(一) 绵羊毛.....	(66)

(二) 其他动物毛.....	(85)
(三) 蚕丝.....	(89)
三、矿物纤维.....	(95)
四、纤维素的构造.....	(96)
(一) 纤维素的化学构造.....	(96)
(二) 纤维素的结晶构造.....	(98)
(三) 纤维素的微细构造.....	(100)
五、羊毛角质蛋白质的构造.....	(106)
(一) α 角质蛋白质的构造.....	(108)
(二) 微原纤和巨原纤构造.....	(110)
(三) 皮质层构造.....	(111)
(四) 鳞片构造.....	(112)
(五) 角质、皮质层整体构造.....	(112)
(六) 特种动物纤维的角质蛋白质构造.....	(116)
六、桑蚕丝蛋白质的构造.....	(116)
(一) 丝素大分子的构造.....	(116)
(二) β 型蚕丝蛋白质结晶构造.....	(116)
参考文献.....	(119)
第三章 化学纤维	(120)
一、化学纤维的类别.....	(120)
(一) 再生纤维的种类.....	(120)
(二) 合成纤维的种类.....	(121)
(三) 其他纤维.....	(127)
二、化学纤维纺丝成形.....	(128)
(一) 纺丝成形方法.....	(128)
(二) 粘胶纤维纺丝成形.....	(130)
(三) 聚酰胺纤维纺丝成形.....	(131)
(四) 聚酯纤维纺丝成形.....	(132)
(五) 丙烯腈系纤维纺丝成形.....	(133)

三、化学纤维的性状.....	(134)
(一) 长度.....	(134)
(二) 细度.....	(134)
(三) 卷曲.....	(135)
(四) 外观疵点.....	(135)
(五) 纤维物理性能概况.....	(140)
四、差别化纤维.....	(140)
五、变形丝.....	(141)
(一) 假捻变形丝.....	(142)
(二) 热气流变形丝.....	(143)
(三) 空气变形丝.....	(143)
(四) 膨体长丝、膨体纱.....	(144)
六、化学纤维的结构.....	(144)
(一) 高分子结构.....	(144)
(二) 化学纤维的结构分述.....	(146)
参考文献.....	(158)
第四章 纺织纤维的吸湿性能.....	(159)
一、综述.....	(159)
二、回潮率、标准回潮率、公定回潮率.....	(162)
三、纤维吸湿和放湿等温线.....	(164)
四、纤维吸湿热.....	(169)
五、纤维中湿热传递.....	(172)
参考文献.....	(174)
第五章 纺织纤维的光学性质.....	(175)
一、综述.....	(175)
二、纤维的双折射.....	(178)
(一) 纤维密度.....	(180)
(二) 回潮率.....	(180)
(三) 形状双折射或结构双折射.....	(181)

(四) 取向度.....	(181)
三、光散射及其应用.....	(190)
四、干涉色.....	(194)
五、双折射的测量.....	(198)
六、二色性.....	(199)
七、红外光谱.....	(200)
八、光泽与光散射.....	(204)
参考文献.....	(206)
第六章 纺织纤维的电学性质.....	(207)
一、纺织纤维的导电性能.....	(207)
(一) 电导理论.....	(207)
(二) 纤维的电阻.....	(209)
(三) 纤维导电机理.....	(211)
二、纺织纤维的介电性能.....	(215)
(一) 分子的极化和介电常数.....	(215)
(二) 影响介电常数的因素.....	(216)
(三) 介电损耗.....	(218)
三、静电现象.....	(222)
(一) 静电发生机理.....	(222)
(二) 静电散失.....	(225)
(三) 静电消除.....	(226)
参考文献.....	(229)
第七章 纺织纤维的热学性质.....	(230)
一、综述.....	(230)
二、玻璃化转变.....	(233)
(一) 自由体积理论.....	(235)
(二) 温度松弛谱.....	(237)
(三) 影响玻璃化温度的因素.....	(240)
三、差热分析.....	(241)

(一) 基本原理.....	(242)
(二) 差热分析的应用.....	(244)
(三) 热重分析.....	(249)
四、燃烧性能.....	(252)
(一) 燃烧性能的测量.....	(253)
(二) 热裂解.....	(254)
(三) 燃烧过程.....	(257)
五、纤维热性能测量.....	(262)
(一) 比热.....	(262)
(二) 熔点.....	(263)
(三) 热收缩.....	(263)
(四) 耐热性.....	(263)
(五) 导热系数.....	(264)
参考文献.....	(265)
第八章 纺织纤维的机械性质	(266)
一、拉伸性质综述.....	(266)
二、拉伸指标及其影响因素.....	(268)
(一) 拉伸曲线.....	(268)
(二) 影响拉伸性质的因素.....	(273)
三、松弛和蠕变.....	(280)
(一) 力学模型.....	(280)
(二) 标准线性固体模型.....	(284)
四、动态拉伸性质.....	(296)
五、粘弹性质与介电性质的相似性.....	(303)
(一) 德拜方程.....	(303)
(二) 松弛与极化.....	(307)
六、纤维断裂过程讨论.....	(309)
参考文献.....	(312)
第九章 纺织纤维的表面性质	(313)

一、纤维的摩擦性能.....	(313)
(一) 摩擦机理.....	(314)
(二) 粘-滑现象.....	(320)
(三) 纤维的摩擦.....	(324)
二、纤维表面吸附.....	(332)
(一) 吸附机理.....	(332)
(二) 接触角.....	(333)
(三) 接触角的测量.....	(335)
(四) 污垢与洗涤.....	(337)
参考文献.....	(338)
第十章 纺织纤维的应用和功能.....	(339)
一、综述.....	(339)
二、纺纱方法和纤维纺纱性能.....	(340)
(一) 纺纱系统与细纱结构和性能.....	(340)
(二) 细纱品质与纤维性能.....	(346)
(三) 细纱结构模型.....	(347)
三、纺织纤维的混合利用.....	(349)
(一) 混纺纱的强度.....	(349)
(二) 混合效应与混纺比.....	(354)
(三) 混合的舒适效应.....	(355)
四、纺织纤维的防护功能.....	(357)
(一) 服装的舒适性.....	(358)
(二) 高温防护纺织材料.....	(360)
五、纺织纤维的安全影响.....	(360)
(一) 静电放电的影响.....	(361)
(二) 对人体健康的影响.....	(362)
参考文献.....	(364)

绪 论

纤维材料学阐述纤维的特征、功能及其应用,以研讨纤维的性质为主体。纤维材料学在各个方面增加着新的知识。选配混用品质相近的纤维,是提高纤维制品质量的有效方法,生产中广泛采用。近年来,纤维需求在逐年扩大,纤维品种也日益增多,选配混用各种纤维,有更广的现实意义,这是以对纤维性质有深入了解为基础的。纤维及其制品的品质,发展着快速、自动和大容量的检查方法,如纤维的逐包检验、纱条的均匀度测量,性能的测量值常是由纤维的另一性状的物理信号转换得到,熟悉纤维各项性能间的关系显得愈益重要。纤维的工业用途发展很快,要求对纤维性状的研讨扩展到新的领域。例如,纤维与橡胶或树脂粘着结成层压或复合的结构材料,纤维的表面性能是粘着效果良好的关键;阻燃织物需要提供纤维在高温下散发出可燃气体的情况。高分子科学的进展,使纤维材料学内容扩大和深化成为纤维学科。纤维是重要的高分子材料,高分子科学的成就,不少是纤维研究得出的成果。我们知道,纤维的性质是和纤维的结构紧密相联系的。建立起的纤维微细结构的现代概念日趋完整,帮助我们对纤维兼具有刚度和柔软性而且有高强度的特性增多理解,明瞭纤维各项性能的内在关系,并且有力地推动我们寻求纤维在加工和使用中改性、变形、染色等作用的机理。

纤维材料学有鲜明的应用性,众多内容为纺织技术中所必需。本书的主要目的为提供学习纺织技术有关的纺织材料学知识。

本书是纺织材料专业的本科教材,由使用多年的讲义整理而成,分章阐述纺织纤维的各项性质以及纤维性质与纤维结构之间

的联系。纤维性质和纤维结构的测试系统内容由其他课程讲授，本书只引述性质和结构测试结果数据资料作阐释和讨论。书中对纺织纤维的性状在纤维制品中的功能所作贡献进行介绍，纺织制品的结构和纤维集合体对制品功能的影响，则留待其他有关教材加以叙述。本书对资料的引述以阐明理论与机理为主。

第一章 概 述

一、纺织纤维与纺织制品

种子植物体内纵向延长、厚壁的锐端细胞，以及动物体内各种组织中和矿物体中细而长、呈线状的结构物，称为纤维。通常把纤维用作为纤细而长、横向尺寸在微米级的物体的统称。纤维中能够用来进行纺织加工成为纺织制品，供制成衣着、家庭生活用品和铺饰材料的，称为纺织纤维。纺织材料在工农业生产中也广泛使用，在交通运输业和渔业、国防工业和结构材料制造工业中都有重要用途。纺织纤维在国民经济和人民生活具有很重要的地位。

(一) 纺织纤维的产量

纺织纤维的产量很大。目前按世界人口平均，每人每年消耗的纺织纤维为7kg，纺织纤维总年产量达3500万吨。纺织纤维的生产在增长中，1950年以来，年产量已扩大3.5倍。目前世界的人口在增多，每人每年平均消耗纺织制品的数量也在加大，纺织纤维的产量仍在快速增长，近年来纺织纤维的年增长率平均为3%。估计到20世纪末，纺织纤维的总产量将达5000万吨。

表1-1给出主要纺织纤维产量及其历年来的发展情况。

棉纤维是人类最早利用的纺织纤维之一。长期以来，棉纤维用来制成各种用途的纺织制品。目前，棉纤维仍为最大量使用的纺织原料，占纺织纤维总量的49%。棉纤维的产量在逐年增加，据预测，在今后的若干年中，在纤维总产量中，棉纤维所占的比例仍将保持不变。

羊毛和蚕丝采用为纺织纤维的历史也极久远，长期沿用直到现在。羊毛和蚕丝的产量，相对地很少，但价格昂贵，制成的纺

表1-1

世界纺织纤维产量

(单位: 万吨)

年份	总 计	化 学 纤 维			棉	羊 毛	蚕 丝
		合成纤维	再生纤维	合 计			
1950	940.4	6.9	161.2	168.1	664.7	105.7	1.9
1960	1491.7	70.2	260.8	331.0	1011.3	146.3	3.1
1970	2156.1	470.0	343.6	813.6	1178.2	160.2	4.1
1980	2963.7	1049.2	324.2	1373.4	1426.6	158.1	5.6
1982	2950.8	1014.5	294.5	1309	1473.8	162.0	5.5
1984	3219.8	1184.9	309.4	1494.3	1552.8	167.2	5.5
1985	3393.9	1256.0	303.0	1559	1661.9	167.5	5.5
1986	3581.8	1311.3	298.3	1609.6	1718.1	168.4	3.6

织制品, 为高级衣料和供铺饰及特殊用途的工业用品等。

化学纤维是用化学方法加工生产而成的。采用天然聚合物为原料, 经过化学方法制成的、与原聚合物在化学组成上基本相同的化学纤维, 称为再生纤维。用单体经人工合成获得的聚合物为原料制成的化学纤维, 称为合成纤维。化学纤维从19世纪末叶开始生产。早期生产的化学纤维都是再生纤维。本世纪30年代后期出现大批量生产的合成纤维。化学纤维生产的发展很快, 尤其是合成纤维。再生纤维的世界年产量, 自70年代起变化不大, 合成纤维的增长趋势现仍在继续, 其重要性已和棉纤维相接近。合成纤维做成的纺织制品适宜于多种用途, 大量代替原来用棉、毛等制成的传统纺织制品, 并且成为一些工业用的新型制品。

(二) 天然纤维和化学纤维

天然纤维是自然界形成的。化学纤维是经化学加工生产得到的。

棉、麻、羊毛和蚕丝都是天然纤维。棉纤维是棉植物种子表面的表皮细胞延伸而成的绒毛。羊毛生长在绵羊皮肤表层, 盖覆在躯体表面。蚕丝是桑蚕成熟化蛹前吐出作茧的丝缕。棉纤维为植物纤维, 羊毛和蚕丝为动物纤维。

很多种类的植物纤维，都能供纺织用途。除棉纤维外，麻纤维也是大量生产的纺织纤维。麻纤维是双子叶植物体内韧皮部的韧皮纤维和单子叶植物的叶和叶梢内维管束纤维的总称。有时，草类植物的茎叶可供作纺织原料的亦混称为麻。麻类是人类最早使用的纺织纤维，种类极多。各种麻纤维的性状、品质、用途和产量相差很大。最大量生产的是黄麻，年产数百万吨，主要用于织制麻袋和地毯底布。品质优良的有亚麻和苧麻，是衣着和生活用纺织制品的高级原料，两者的产量都不大。

很多兽类体躯表面所盖覆的毛发，都可作纺织纤维用途。一些动物的毛被十分优良，如山羊绒、马海毛、兔毛，都是珍贵的纺织用毛，制成衣着等用途的纺织制品，轻软华丽，价格昂贵，品质优于绵羊毛。这些纺织用毛，产量都很少，称特种动物毛。特种动物毛和蚕丝以及苧麻、亚麻等纺织纤维制成的纺织制品，各有独特的风格，常把这些纤维统称为特种天然纺织纤维。

石棉也是天然纤维，和矿物一同埋藏于地下，属矿物纤维。石棉的开采量很大，每年有600余万吨。石棉主要作建筑及结构材料用途。石棉中品质优良的可用作纺织纤维，制成隔热或防火材料，供各项工业用途。纺织用石棉的数量不大，约占总开采量的1%~2%。

表1-2中列出一些主要特种天然纺织纤维近年来的年产量。表中并给出各种特种纤维在衣着用纺织纤维总产量中所占的比例。衣着用羊毛、棉和化学纤维用量，也附在表中，以资对照。由表可见，特种天然纺织纤维占衣着用纤维总数的3%左右。

各种天然纤维的长度和粗细有较大差异。棉纤维的长度大多在20~40mm之间。羊毛的长度在40~90mm，长的可达100mm以上。麻纤维的长度，短的只有几毫米，长的有几十毫米或更长。蚕丝长几百米或超过1000m。蚕丝属长丝；棉、毛、麻属短纤维。石棉也是短纤维类型。蚕丝最细，横向尺寸在10 μ m左右。棉纤维居中，宽度在16~20 μ m之间，羊毛纤维最粗，径向

表1-2

特种天然纺织纤维年产量

(估计)

纤 维	年产量 (t)	所占比例 (%)
羊驼毛	4000	0.02
兔 毛	7000	0.04
山羊绒	5000	0.03
亚 麻	60000	0.33
苧 麻	400000	2.22
骆驼毛	1400	0.01
马海毛	23000	0.13
蚕 丝	53000	0.29
合 计	553400	3.03
衣着用羊毛	170×10^4	
衣着用棉	600×10^4	
衣着用化学纤维	1000×10^4	
共 计	1825×10^4	

尺寸一般在 $20\mu\text{m}$ 以上。用 10000m 长度的纤维重量计，蚕丝、棉和毛分别为 $1.2\sim 1.3$ 、 $1.3\sim 2.7$ 、 $2.7\sim 6\text{g}$ 。麻纤维的粗细因种类不同而异。苧麻的宽度约 $40\mu\text{m}$ ，每 10000m 长的重量为 $4.5\sim 9\text{g}$ ，亚麻的宽度为 $12\sim 17\mu\text{m}$ ，每 10000m 长的重量为 3g 左右。

化学纤维有再生纤维和合成纤维两大类。再生纤维中，采用木材、棉短绒、芦苇等植物中的纤维素制成的，称再生纤维素纤维；采用取自大豆、花生等的蛋白质制成的，称再生蛋白质纤维。再生纤维中，长度和细度与棉相近的短纤维，称棉型纤维或人造棉；长度和细度与羊毛相近的短纤维，称毛型纤维或人造毛；制成连续丝缕的称长丝或人造丝。合成纤维的原料都是人工合成的，主要来源以石油、天然气、煤中分离出低分子脂肪烃、芳香烃和其他有机物为原料单体，经聚合反应而形成。也有从工农业副产物中分离出的有机物经过化学反应转化而来的。合成纤维也分别加工成长丝、尺寸同棉相接近的棉型短纤维和尺寸同羊

毛相接近的毛型短纤维。

近年来生产的化学纤维，长丝和短纤维的数量大致相等，短纤维所占的比例略高一些。

化学纤维的种类很多。再生纤维中，重要的有粘胶纤维和醋酸纤维。合成纤维中，涤纶产量最多，应用范围也最广，其次是锦纶、腈纶。

玻璃纤维是利用天然原料制成的无机纤维。烯烃类纤维是合成纤维的一个大类，主要有丙纶、乙纶等。玻璃纤维和烯烃类纤维每年的产量各在100万吨以上，分别用作为结构材料和家庭中生活用纺织品，这两种纺织纤维的产量也不包括在表1-1中。

用传统工艺生产的棉型、毛型短纤维或长丝，在形态上和棉、羊毛或桑蚕丝相似，但在物理和化学性质上和各种天然纤维有较明显的差异。为了使化学纤维具有同天然纤维相比拟的性质，改变化学纤维加工工艺和纤维的结构，生产出仿真丝纤维、仿麻纤维等，这类纤维称差别化纤维，其外观的光泽性状，触摸时手感的柔软程度和穿用时的舒适功能，都接近于天然纤维。另一方面，为使天然纤维一些性质如弹性等赶上合成纤维，常对天然纤维进行附加整理剂或化学处理，改变天然纺织纤维的性状，这种纤维称为改性纤维。

(三) 纺织制品

纺织短纤维平行集束加捻成细纱，长丝并合成复丝，细纱或复丝由织造加工成经纬交织的布，或弯曲成圈相互串套编结成针织布。布匹经印染整理成加工布，再经剪裁缝纫而成服装、被单等。纺织制品常泛指供生活和工业等各种用途的纤维制成品。

纺织制品按用途分，有衣着用、家庭及公共生活用、产业用三类。自古以来，衣着用纺织制品保持着最重要的地位。但是，随工、农业生产的发展及社会生活的演进，生活用和产业用纺织制品的需求数量逐步增长，这种增长趋势在日益加快。在纺织品消费水平很高的国家里，目前服装用途的纺织品约占纺织制品总