



普通高等教育“十二五”部委级规划教材（本科）

化学纤维概论

第3版

肖长发 主 编
尹翠玉 副主编



 中国纺织出版社



普通高等教育“十二五”部委级规划教材(本科)

化学纤维概论

(第3版)

肖长发 主编

尹翠玉 副主编



中国纺织出版社

内 容 提 要

本书分别从基本概念、制备方法、结构与性能、应用等几个方面对化学纤维的主要品种进行了比较系统且扼要的介绍。全书内容深入浅出,通俗易懂,既注重系统性,又兼顾近年来化学纤维的新技术和新品种。

本书可作为本科和高等职业院校相关专业的教材,也可供有关科研人员或工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

化学纤维概论/肖长发主编.--3版.--北京:
中国纺织出版社,2015.6
普通高等教育“十二五”部委级规划教材.本科
ISBN 978-7-5180-1495-8

I.①化… II.①肖… III.①化学纤维—高等学校—
教材 IV.①TQ34

中国版本图书馆CIP数据核字(2015)第067610号

责任编辑:范雨昕 责任校对:寇晨晨 责任设计:何建
责任印制:何建

中国纺织出版社出版发行
地址:北京市朝阳区百子湾东里A407号楼 邮政编码:100124
销售电话:010—67004422 传真:010—87155801
<http://www.c-textilep.com>
E-mail:faxing@c-textilep.com
中国纺织出版社天猫旗舰店
官方微博 <http://weibo.com/2119887771>
北京彩蝶印刷有限公司印刷 各地新华书店经销
1997年5月第1版 2005年7月第2版
2015年6月第3版 2015年6月第12次印刷
开本:787×1092 1/16 印张:17.5
字数:351千字 定价:40.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社图书营销中心调换

第三版前言

化学纤维是重要的高分子材料,也是新材料技术的产业基础,关系到人民生活、经济发展和社会进步等方方面面。2012年世界纤维产量接近8000万吨,其中化学纤维产量约为天然纤维的3倍。纵观纤维产业的发展历史,从天然纤维到粘胶纤维,进而到合成纤维,乃至近几十年来相继出现的各种高新技术纤维,表明纤维材料紧密伴随着人类文明社会的进步,而现代科学与技术的发展也离不开化学纤维工业的创新。

经过几十年来的不断探索和努力,我国化学纤维工业持续快速发展,综合竞争力明显提高,有力推动和支撑了纺织工业和相关产业的发展。“十二五”时期是化学纤维行业和纤维材料领域加快转变经济发展方式和创新发展的攻坚时期,也是我国由化学纤维生产大国转变为强国的重要阶段。

为介绍化学纤维方面的科学与技术知识,笔者在《化学纤维概论》第二版的基础上对其内容进行了适当的修改和完善,仍从化学纤维的基本概念、主要品种及制备方法、纤维结构与性能以及应用等几个方面进行介绍,力求做到深入浅出,使其既可作为高等院校等相关专业的教材,也可供有关科技人员参考。

由于编者水平所限,书中不足或不妥之处在所难免,敬请读者批评指正。

肖长发

2014年6月

第一版前言

1984 年世界纤维总产量已达 3500 万吨左右,其中化学纤维与天然纤维约各占一半,标志着人类已开始进入有能力用自己的智慧和力量完成从分子设计到纤维生产全过程的时代。目前,化学纤维的品种和规格多种多样,除作为传统的纺织原料用于衣物外,在产业、铺饰等方面的用量也在不断增加。为了使读者在较短的时间内对化学纤维的基本概念、生产方法、结构与性能及其用途等有一比较全面的了解,我们在原教学讲义的基础上,经过修改和充实编写了《化学纤维概论》一书。

全书共分十章。第一章第一节、第七章和第九章由安树林编写;第一章第二节~第五节和第五章由尹翠玉编写;第二章和第六章由程博文编写;第三章和第四章由张华编写;第八章由张瑞文、程博文、尹翠玉编写;第十章和附录由肖长发编写。

全书由肖长发统稿。

由于编者水平所限,书中不足或不妥之处在所难免,敬请读者批评指正。

编 者

1996 年 9 月

第二版前言

化学纤维是一类具有特殊形态的重要高分子材料,已有百年的发展历史。进入 20 世纪以后,随着化学纤维(粘胶、醋酸、聚酰胺、聚酯等纤维)的不断出现和发展,新型纤维材料不仅可以满足服饰变化的需求,而且在产业、装饰等方面也逐步发挥其技术特性。纤维最早主要被用于制作渔网、渔线和绳索等,随着汽车工业的迅速兴起,需要大量的轮胎帘子线,从而促进了化学纤维,特别是合成纤维工业的发展。例如,提高纤维的耐热性(耐硫化温度)以及改进纤维与橡胶之间的粘结性等,都是纤维材料领域较早的研究课题;用于增强汽车轮胎的帘子线,1900~1935 年以棉纤维为主,从 1935~1955 年以粘胶纤维为主,其后又逐渐发展形成以聚酰胺纤维、聚酯纤维和钢丝为主的格局。纺织纤维的发展经历了由天然纤维到再生纤维,进而又出现合成纤维的过程。随着纤维材料在产业、航空航天及军事等方面用途的不断扩大,各种高性能纤维应运而生,如芳香族聚酰胺纤维、芳香族聚酯纤维、芳香族杂环类聚合物纤维、高性能聚烯烃纤维和碳纤维等。目前,化学纤维在服饰、装饰、产业用纺织品方面有着十分广泛的应用。

为介绍化学纤维方面的科学与技术知识,我们在《化学纤维概论》第一版的基础上对内容进行了完善与修改,增加了有关新的内容,仍从化学纤维的基本概念、主要品种及制备方法、纤维结构与性能以及应用等几个方面进行论述,力求做到深入浅出,使该书既适于作为高等职业和中等职业教育院校相关专业的教材,也可供有关科研人员或工程技术人员参考。

全书共分十章。第一章第一节、第七章第一节~第三节和第九章由安树林编写;第一章第二节~第五节和第五章由尹翠玉编写;第二章由程博文编写;第三章和第四章由张华编写;第六章由吴世臻编写;第八章由尹翠玉、宋会芬编写;第七章第四节和第十章由肖长发编写。全书由肖长发统稿。

由于编者水平所限,书中不足或不妥之处在所难免,敬请读者批评指正。

编 者

2005 年 3 月

目录

第一章 总论	1
第一节 化学纤维的发展概况	1
一、化学纤维的分类	1
二、世界化学纤维工业的发展概况	3
三、我国化学纤维工业的发展概况	5
第二节 化学纤维的常用基本概念	6
一、长丝	6
二、短纤维	6
三、丝束	7
四、异形纤维	7
五、复合纤维	7
六、变形纱	8
七、超细纤维	9
八、差别化纤维	9
九、特种纤维	9
第三节 化学纤维的主要质量指标	9
一、线密度	9
二、断裂强度	10
三、断裂伸长率	11
四、初始模量	11
五、燃烧性能	11
六、吸湿性	12
七、染色性	13
八、卷曲度	13
九、沸水收缩率	14
第四节 化学纤维的生产方法概述	14
一、原料制备	14
二、熔体或溶液的制备	15

三、化学纤维的纺丝成形	17
四、化学纤维的后加工	19
第五节 化学纤维的鉴别	20
一、显微镜法	20
二、燃烧法	21
三、溶解法	21
四、着色法	21
思考题	22
主要参考文献	23

第二章 再生纤维素纤维	24
第一节 概述	24
第二节 生产纤维素纤维的基本原料	26
一、植物纤维的原料来源及其化学成分	26
二、纤维素的结构与性能	27
三、纤维素浆粕的制造及质量要求	29
第三节 粘胶原液的制备	31
一、碱纤维素的制备	31
二、纤维素黄原酸酯的制备	33
三、纤维素黄原酸酯的溶解和混合	34
四、粘胶的纺前准备	34
五、粘胶的质量指标及分析方法	36
第四节 普通粘胶短纤维	37
一、凝固浴的组成和作用	37
二、纺丝成形工艺	37
三、粘胶短纤维的后处理	39
第五节 普通粘胶长丝	40
一、粘胶的制备特点	40
二、粘胶长丝的成形工艺	41
三、粘胶长丝的后处理及加工	41
第六节 其他类型粘胶纤维	42
一、粘胶强力纤维	42
二、波里诺西克纤维——富强纤维	43
三、高湿模量纤维	44
四、改性及功能粘胶纤维	44
第七节 环境友好型纤维素纤维的生产技术	47

一、LiCl/DMAc 体系生产纤维素纤维	47
二、NMMO 溶剂法生产莱赛尔 (Lyocell) 纤维	48
三、蒸汽闪爆法生产纤维素纤维	50
四、纤维素氨基甲酸酯 (CC) 法生产纤维素纤维	51
五、离子液体增塑纺丝法生产纤维素纤维	53
思考题	54
主要参考文献	54
 第三章 聚酯纤维	55
第一节 概述	55
第二节 聚对苯二甲酸乙二酯	56
一、对苯二甲酸乙二酯的制备	56
二、聚对苯二甲酸乙二酯的生产	60
三、聚对苯二甲酸乙二酯的结构与性能	61
第三节 聚酯切片的干燥	63
一、聚酯切片干燥的目的和要求	63
二、聚酯切片干燥的工艺控制	63
三、聚酯切片干燥设备	64
第四节 聚酯纤维的纺丝	67
一、纺丝熔体的制备	68
二、纺丝机的基本结构	69
三、纺丝过程中的主要工艺参数	69
四、聚酯短纤维的纺丝工艺	71
五、聚酯长丝的纺丝工艺	72
第五节 聚酯纤维的高速纺丝	75
一、短纤维高速纺丝	75
二、长丝高速纺丝	77
第六节 聚酯纤维的后加工	78
一、聚酯短纤维的后加工	78
二、聚酯长丝的后加工	80
三、假捻变形丝的加工	81
四、网络丝的加工	82
五、空气变形丝的加工	83
第七节 聚酯纤维的改性和新型聚酯纤维	83
一、聚酯纤维的改性	84
二、新聚酯纤维	87

思考题.....	88
主要参考文献.....	89
第四章 聚酰胺纤维.....	90
第一节 概述.....	90
第二节 聚酰胺的生产.....	91
一、聚己二酰己二胺的制备	92
二、聚己内酰胺的制备	94
三、聚酰胺的结构与性能	96
第三节 聚酰胺的纺丝.....	98
一、聚己内酰胺的纺前处理及切片干燥	98
二、聚酰胺的纺丝工艺及特点	98
三、聚酰胺高速纺丝—拉伸一步法工艺	100
第四节 聚酰胺纤维的后加工	101
一、聚酰胺短纤维的后加工.....	102
二、聚酰胺长丝的后加工.....	102
三、聚酰胺弹力丝的后加工.....	104
四、聚酰胺帘子线的生产特点及后加工	105
五、聚酰胺膨体长丝的生产.....	106
第五节 聚酰胺纤维的性能、用途及其改性.....	107
一、聚酰胺纤维的性能.....	107
二、聚酰胺纤维的主要用途.....	109
三、聚酰胺纤维改性及新品种.....	109
思考题	111
主要参考文献	112
第五章 聚丙烯纤维	113
第一节 概述	113
一、聚丙烯纤维的发展概况.....	113
二、聚丙烯纤维的性能和用途.....	114
第二节 等规聚丙烯的制备及其性能	115
一、等规聚丙烯的合成.....	115
二、等规聚丙烯的结构和性能.....	118
三、成纤聚丙烯的性能特点和质量要求.....	120
第三节 聚丙烯纤维的生产	120
一、常规聚丙烯纤维.....	121

二、聚丙烯短程纺丝技术	122
三、聚丙烯膨体长丝	123
四、聚丙烯膜裂纤维	124
五、纺粘法非织造布	126
六、熔喷法非织造布	126
第四节 聚丙烯纤维的改性及新品种	127
一、可染聚丙烯纤维	127
二、细旦及超细旦聚丙烯纤维	127
三、阻燃聚丙烯纤维	127
四、远红外聚丙烯纤维	128
五、三维卷曲中空聚丙烯纤维	128
六、其他改性聚丙烯纤维	128
思考题	129
主要参考文献	129
 第六章 聚丙烯腈纤维	 130
第一节 聚丙烯腈的制备及其性能	130
一、单体及其他基本原料	130
二、丙烯腈的聚合	131
三、聚丙烯腈的性能	136
第二节 聚丙烯腈纤维的生产	137
一、纺丝原液的制备	137
二、湿法纺丝	139
三、干法纺丝	140
四、冻胶纺丝	142
五、干湿法纺丝	143
六、后加工	144
第三节 改性和新型聚丙烯腈纤维	149
一、抗静电聚丙烯腈纤维	149
二、高吸湿吸水聚丙烯腈纤维	149
三、阻燃聚丙烯腈纤维	150
四、抗起球聚丙烯腈纤维	150
五、高收缩聚丙烯腈纤维	151
六、其他改性聚丙烯腈纤维	152
思考题	153
主要参考文献	153

第七章 聚乙烯醇纤维	154
第一节 概述	154
一、聚乙烯醇纤维的发展概况	154
二、聚乙烯醇纤维的性能	154
三、聚乙烯醇纤维的用途	155
第二节 聚乙烯醇的制备及其性能	156
一、醋酸乙烯的聚合	156
二、聚乙烯醇的制备	158
三、聚乙烯醇的性质	159
第三节 聚乙烯醇纤维的生产	161
一、纺丝原液的制备	161
二、纺丝成形	162
三、后加工	165
第四节 水溶性聚乙烯醇纤维	167
一、水溶性聚乙烯醇纤维的原料	167
二、水溶性聚乙烯醇纤维的制备方法	168
三、水溶性聚乙烯醇纤维的应用	169
第五节 高强度聚乙烯醇纤维	169
一、高强度聚乙烯醇纤维的制备方法	169
二、高强度聚乙烯醇纤维的应用及发展前景	171
思考题	172
主要参考文献	172
第八章 聚氯乙烯纤维	173
第一节 概述	173
一、聚氯乙烯纤维的发展概况	173
二、聚氯乙烯纤维的性能和用途	173
第二节 聚氯乙烯的制备及其性能	174
一、氯乙烯的制备	174
二、氯乙烯的聚合	175
三、聚氯乙烯的结构和性能	176
第三节 聚氯乙烯纤维的生产	177
一、氯纶	177
二、配采-U	178
三、罗维尔	178
四、天美纶	178

五、新品种聚氯乙烯纤维	179
六、改性聚氯乙烯纤维	180
思考题	183
主要参考文献	183
第九章 聚氨酯弹性纤维	184
第一节 概述	184
一、聚氨酯弹性纤维的发展概况	184
二、聚氨酯弹性纤维的结构和性能	185
三、聚氨酯弹性纤维的用途	186
第二节 聚氨酯的合成	187
一、主要单体及合成	187
二、聚氨酯嵌段共聚物的制备	188
第三节 聚氨酯弹性纤维的生产	189
一、纺丝成形	189
二、后加工	193
第四节 聚氨酯弹性纤维的新品种	194
一、耐高温聚氨酯弹性纤维	195
二、耐氯、耐水解聚氨酯弹性纤维	195
三、耐潮、耐菌的聚氨酯弹性纤维	195
四、具有良好低温性能的聚氨酯弹性纤维	196
思考题	196
主要参考文献	196
第十章 高性能纤维	197
第一节 概述	197
第二节 芳香族聚酰胺纤维	202
一、聚对苯二甲酰对苯二胺纤维	203
二、特克诺拉	206
三、聚间苯二甲酰间苯二胺纤维	207
四、应用及发展前景	208
第三节 芳香族聚酯纤维	209
一、制备方法	210
二、纤维结构与性能	213
三、用途及发展前景	217
第四节 芳杂环类聚合物纤维	218

一、聚对亚苯基苯并双噁唑纤维	218
二、聚亚苯基吡啶并咪唑纤维	222
三、聚苯并咪唑纤维	230
第五节 超高相对分子质量聚乙烯纤维	236
一、概述	236
二、制备方法	236
三、纤维结构与性能	238
四、应用及发展前景	246
第六节 碳纤维	248
一、概述	248
二、制备方法	248
三、纤维结构与性能	257
四、应用及发展趋势	260
思考题	264
主要参考文献	264

第一章 总论

第一节 化学纤维的发展概况

一、化学纤维的分类

纺织纤维可分为两大类:一类是天然纤维(属生物质原生纤维),指自然界存在和动植物生长过程中形成的纤维,如棉、麻、毛、丝及矿物纤维等;另一类是化学纤维(Chemical fibers, Manufactured fiber, Manmade fiber)是以天然或合成高分子化合物为原料经化学处理和机械加工制得的纤维。根据原料来源的不同,化学纤维又可分为生物质纤维和合成纤维。

1. 生物质纤维

生物质是指利用大气、水、土壤等通过光合作用而产生的各种有机体,包括植物、动物和微生物等。生物质纤维是以生物质或其衍生物为原料制得的化学纤维的总称。除生物质原生纤维外,生物质纤维(Biofiber)还包括:生物质再生纤维和生物质合成纤维:

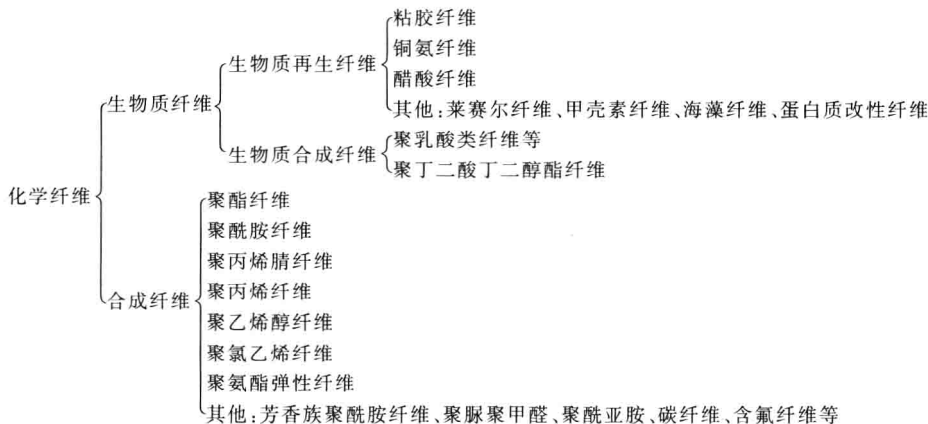
(1) 生物质再生纤维,指以生物质或其衍生物为原料制备的化学纤维,如再生纤维素及纤维素酯纤维(粘胶纤维、铜氨纤维、醋酸纤维等)、蛋白质纤维、海藻纤维、甲壳素纤维以及直接溶剂法纤维素纤维(如Lyocell莱赛尔纤维)等。

(2) 生物质合成纤维,指采用生物质材料并利用生物合成技术制备的化学纤维,如聚乳酸类纤维、聚丁二酸丁二醇酯纤维、聚对苯二甲酸丙二醇酯纤维等。

2. 合成纤维

以煤、石油、天然气等为原料,经反应制成合成高分子化合物(成纤高聚物),经化学处理和机械加工制得的纤维。

化学纤维的分类如下:

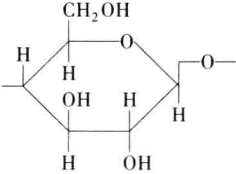


目前世界上生产的化学纤维品种很多,不下几十种,但得到重点发展的只有几大品种,如再生纤维中的粘胶纤维,合成纤维中的聚酯纤维、聚酰胺纤维、聚丙烯腈纤维、聚丙烯纤维以及聚乙烯醇纤维、聚氯乙烯纤维、聚氨酯弹性纤维等。特种用途的纤维,如功能纤维、高性能纤维等,生产量虽然不大,但在越来越多的领域中发挥着重要作用。表 1-1 所示为化学纤维的主要品种。

表 1-1 化学纤维的主要品种

类别	学名	单体	主要重复单元的化学结构式	商品名称	英文名称	英文缩写
聚酯纤维	聚对苯二甲酸乙二酯纤维	对苯二甲酸 或对苯二甲酸二甲酯、乙二醇或环氧乙烷		涤纶, Terylene	Polyethylene terephthalate fiber	PET
	聚对苯二甲酸丙二酯纤维	对苯二甲酸 或对苯二甲酸二甲酯、1,3-丙二醇		Corterra	Polytrimethylene terephthalate fiber	PTT
	聚对苯二甲酸丁二酯纤维	对苯二甲酸 或对苯二甲酸二甲酯、1,4-丁二醇		Finecell、Sumola	Polybutylene terephthalate fiber	PBT
脂肪族聚酰胺纤维	聚己内酰胺纤维	己内酰胺	$\text{—HN—(CH}_2\text{)}_5\text{—CO—}$	锦纶 6、尼龙 6、Kapron、Perlon	Polyamide fiber	PA6
	聚己二酰己二胺纤维	己二胺、己二酸	$\text{—HN(CH}_2\text{)}_6\text{NHOC—(CH}_2\text{)}_4\text{CO—}$	锦纶 66、尼龙 66、Nylon		PA66
芳香族聚酰胺纤维	聚间苯二甲酰间苯二胺纤维	间苯二胺、间苯二甲酸		芳纶 1313、Nomex	Aramid fiber	PA1313
	聚对苯二甲酰对苯二胺纤维	对苯二胺、对苯二甲酸		芳纶 1414、Kevlar		PA1414
聚丙烯腈纤维	聚丙烯腈纤维(系丙烯腈与 15% 以下其他单体的共聚物纤维)	除丙烯腈外,第二、第三单体有:丙烯酸甲酯、醋酸乙烯、苯乙烯磺酸钠、甲基丙烯磺酸钠、次甲基丁二酸等	$\text{—CH}_2\text{—CH—}$ CN (共聚结构未表明)	腈纶、Cashmilan、Orlon、Courtelle	Polyacrylonitrile fiber	PAN
聚烯烃纤维	聚丙烯纤维	丙烯	$\text{—CH}_2\text{—CH—}$ CH ₃	丙纶、Pylon、Meraklon	Polypropylene fiber	PP

续表

类别	学名	单体	主要重复单元的化学结构式	商品名称	英文名称	英文缩写
聚烯烃纤维	聚乙烯纤维	乙烯	$\text{—CH}_2\text{—CH}_2\text{—}$	Spectra 900、 Dyneema	Polyethylene fiber	PE
聚乙烯醇纤维	聚乙烯醇缩甲醛纤维	醋酸乙烯酯	$\begin{array}{c} \text{—CH}_2\text{—CH—} \\ \\ \text{OH} \end{array}$	维纶、维尼纶、Kuralon、 Mewlon	Polyvinylal- cohol fiber	PVA
聚氯乙烯纤维	聚氯乙烯纤维	氯乙烯	$\begin{array}{c} \text{—CH}_2\text{—CH—} \\ \\ \text{Cl} \end{array}$	氯纶、Leavil、 Rhovyl	Polyvinyl chl- oride fiber	PVC
弹性纤维	聚氨酯弹性纤维	聚酯、聚醚、 芳香族二异氰 酸酯、脂肪族 二胺	$\begin{array}{c} \text{—HN(CH}_2)_2\text{NHOCNH—} \\ \text{R—NH—COO—X—} \\ \text{OOCNH—R—NHCO—} \\ \text{R: 芳基; X: 聚酯或聚醚} \end{array}$	氨纶、Lycra、 Dorlutan、Vair- in	Polycarbami- nate fiber	PU
再生纤维	粘胶纤维	天然高分子 化合物		粘胶纤维、 Courtaulds、Mo- dal	Viscose fiber	
	铜氨纤维				Cuprene fiber	
	醋酸纤维素纤维				Acetate fiber	
	莱赛尔纤维			天丝	Lyocell fiber	

二、世界化学纤维工业的发展概况

早在 17 世纪就有人提出,人类可以模仿食桑蚕吐丝生产纺织纤维。经过二百多年的探索,1884 年,法国人查尔德内特(H. B. Chardonnet)将硝酸纤维素溶解在乙醇或乙醚中制成黏稠液,再用细管冲到空气中凝固而形成细丝,制得最早的化学纤维——硝酸酯纤维,并于 1891 年在法国建厂进行工业生产。虽然因硝酸酯纤维易燃、生产中使用的溶剂易爆、纤维质量差而未能使之大量发展,但从此开始了化学纤维工业的历史。

1901 年,人们采用纤维素的铜氨溶液为纺丝液,经化学处理和机械加工制得铜氨纤维并实现工业化生产。这种纤维手感柔软,富有光泽,可用于织造纺织品,但生产成本较高。1905 年,采用二硫化碳与碱纤维素作用,得到溶解性纤维素黄原酸酯,再经纺丝及后加工制成粘胶纤维并实现工业化生产。由于粘胶纤维的原料来源丰富,辅助化工原料价廉,织物穿着性能优良,所以发展成生物质纤维中最主要的品种。继粘胶纤维之后,醋酯纤维、海藻纤维、甲壳素纤维和聚