

丨 纺织服装高等教育“十三五”部委级规划教材



Processing Technology
of Chemical Fibers

化学纤维生产
工艺学

闫承花 主编 / 王利娜 副主编

东华大学出版社

欢迎网上购书
本社网址: <http://dhupress.dhu.edu.cn>
天猫旗舰店: <http://dhdx.tmall.com>

本书介绍了化学纤维的基本知识, 阐述了化学纤维的生产原理, 详细介绍了涤纶、锦纶、丙纶、腈纶、氨纶、芳纶、黏胶纤维、玉米纤维、聚苯硫醚纤维和碳纤维等大型产业化纤维的原料、生产工艺、性能及应用; 并概述了芳砜纶、聚芳酯纤维、PBO纤维和PBI纤维等新型纤维的生产方法。

《化学纤维生产工艺学》内容涵盖面广, 理论与实践紧密结合, 可作为纺织和材料类本科专业教材, 也可供化纤企事业科研技术人员参考。

Huaxue Xianwei Shengchan Gongyixue

TQ340.6
ZY1

责任编辑: 念宇
封面设计: 魏依东

ISBN 978-7-5669-1321-0



9 787566 913210 >

定价: 48.90元

| 纺织服装高等教育“十三五”部委级规划教材

化学纤维生产 工艺学

Processing Technology
of Chemical Fibers

东华大学出版社

· 上海 ·

此为试读, 需要完整PDF请访问: www.ertongbook.com

图书在版编目(CIP)数据

化学纤维生产工艺学/闫承花主编. —上海:东华大学出版社,2018.1

ISBN 978-7-5669-1321-0

I. ①化… II. ①闫… III. ①化学纤维-生产工艺-高等学校-教材 IV. ①TQ340.6

中国版本图书馆CIP数据核字(2017)第299921号

责任编辑:念宇

封面设计:魏依东

化学纤维生产工艺学

Processing Technology of Chemical Fibers

主 编:闫承花

出版发行:东华大学出版社(上海市延安西路1882号,200051)

本社网址:dhupress.dhu.edu.cn

天猫旗舰店:<http://dhdx.tmall.com>

营销中心:021-62193056 62373056 62379558

印刷:常熟大宏印刷有限公司

开本:787mm×1092mm 1/16

印张:17.75 字数:451千字

2018年1月第1版 2018年1月第1次印刷

ISBN 978-7-5669-1321-0

定价:48.90元

前 言

21 世纪化学纤维的发展方兴未艾,纤维老品种不断改性,精益求精;新品种相继研发,锦上添花。我国是世界化纤大国和强国,化学纤维不仅是纺织领域的顶梁柱,而且在材料领域也占据了不可或缺的重要地位。从常规化学纤维到差别化纤维,从服用纤维到高科技纤维,化学纤维生产工艺和设备性能都有了跨越式提升。为使教材与时俱进,适应科研和生产实际,太原理工大学、河南工程学院和嘉兴学院三校合编了《化学纤维生产工艺学》新教材,供纺织和材料类本科专业使用,也可供企事业单位科研技术人员参考。

本教材编写团队共有 8 位教师,其中 1 位教授,3 位副教授和 4 位讲师;3 位曾主编过规划教材,5 位参编过教材;1 位有在仪征化纤股份有限公司工作数年的经历,1 位有在浙江古纤道新材料有限公司工作数年的经历。

全书共分十四章,第一章、第六章和第九章由闫承花编写;第二章和第十四章由罗秋兰编写;第三章由颜志勇编写;第四章、第五章、第八章和第十三章由王利娜编写;第七章和第十一章由郭红霞编写;第十章由刘淑强编写;第十二章由张永芳编写。全书由闫承花统稿,辛长征校稿。

除涤纶、锦纶、丙纶、腈纶和黏胶纤维外,本教材将“十三五”规划重点发展的碳纤维、芳纶、聚乳酸纤维和聚苯硫醚纤维单列成章,内容涵盖面较广,建议教学时数为 64 学时。另外,建议前七章必讲,后七章根据各校情况选讲或供课外自学。

本教材在编写过程中得到了享受“国务院政府特殊津贴”的碳纤维专家沙中瑛、中国石油化工集团化工事业部合原及合纤处专家房晓娟、仪征化纤股份有限公司聚酯纤维专家秦鹏和中国科学院 PBO 纤维专家肖耀南的帮助,在此表示衷心感谢。

由于编者水平有限,书中不足或不妥之处在所难免,敬请读者批评指正。

编者

目 录



第一章 绪论	1
第一节 化学纤维的源与流	1
一、世界化学纤维的发展简史	1
二、我国化学纤维的发展简史	2
三、我国化学纤维的发展趋势	2
第二节 化学纤维的分类和命名	3
一、化学纤维的分类	4
二、化学纤维的命名	6
三、化学纤维的主要品种	6
复习指导	7
习题与思考	8
第二章 化学纤维基本原理	9
第一节 化学纤维的基本概念	9
一、异形纤维	9
二、复合纤维	10
三、变形丝	10
四、差别化纤维	12
五、功能纤维	12
六、高性能纤维	12
七、智能纤维	12
八、绿色纤维	12
九、合成绿色纤维	12
十、天丝纤维	13
十一、甲壳素与壳聚糖纤维	13
十二、变色纤维	13
第二节 成纤聚合物的基本结构	14
一、基本性质	14
二、大分子主链的化学组成	14
三、侧基与端基	14
四、大分子链的柔性	15

五、相对分子质量及其分布	15
第三节 化学纤维生产方法概述	16
一、原料制备	16
二、纺前准备	17
三、纺丝成型	18
四、后加工	22
第四节 化学纤维的主要性能指标	23
一、线密度	23
二、吸湿性	24
三、拉伸性能	24
四、耐疲劳性	27
五、耐磨性	27
六、耐热性和热稳定性	27
七、热收缩	28
八、阻燃性	28
九、对化学试剂及微生物作用的稳定性	29
十、耐光性和对大气作用的稳定性	29
十一、染色性	30
十二、导电性	30
十三、导热性	30
十四、卷曲度	31
复习指导	32
习题与思考	32
第三章 聚对苯二甲酸乙二酯纤维	33
第一节 概述	33
第二节 聚对苯二甲酸乙二酯	33
一、对苯二甲酸及乙二醇的制备	34
二、对苯二甲酸乙二酯的制备	35
三、聚对苯二甲酸乙二酯的生产	39
四、聚对苯二甲酸乙二酯的结构与性能	45
第三节 聚酯切片的干燥	47
一、切片干燥的目的和要求	47
二、切片干燥工艺	47
三、切片干燥设备	48
第四节 聚酯纤维的纺丝	51
一、纺丝熔体的制备	51
二、纺丝机的基本结构	52
三、纺丝工艺参数	54

第五节 聚酯短纤维的纺丝	57
一、聚酯短纤维的纺丝工艺	57
二、常规纺丝工艺特点及参数	58
三、聚酯短纤维的高速纺丝	59
第六节 聚酯长丝的纺丝	60
一、聚酯长丝的纺丝工艺	61
二、聚酯长丝的常规纺丝	62
三、聚酯长丝的高速纺丝	63
第七节 聚酯纤维的后加工	64
一、聚酯短纤维的后加工	65
二、聚酯长丝的后加工	67
第八节 聚酯纤维的改性和新型聚酯纤维	72
一、易染色聚酯纤维	72
二、抗静电、导电聚酯纤维	72
三、阻燃聚酯纤维	73
四、仿真丝聚酯纤维	73
五、仿毛型聚酯纤维	74
六、仿麻型聚酯纤维	74
七、聚酯复合纤维	74
复习指导	75
习题与思考	75
第四章 脂肪族聚酰胺纤维	77
第一节 概述	77
一、聚酰胺纤维的发展概况	77
二、脂肪族聚酰胺的命名	77
第二节 聚酰胺原料的合成	78
一、聚己内酰胺的制备	78
二、聚己二酰己二胺的制备	82
第三节 聚酰胺的纺丝成型	84
一、概述	84
二、聚酰胺纤维高速纺丝的要求	85
三、聚酰胺高速纺丝工艺与质量控制	86
四、聚酰胺高速纺丝拉伸一步法工艺	89
五、聚酰胺消光和纺前着色	91
第四节 聚酰胺纤维的后加工	92
一、POY 存放(平衡)	92
二、聚酰胺长丝的后加工	92
三、聚酰胺弹力丝的后加工	96

四、聚酰胺帘子线的后加工	98
五、聚酰胺膨体长丝的后加工	101
六、聚酰胺短纤维的后加工	102
第五节 聚酰胺纤维的性能、用途及其新产品	102
一、聚酰胺纤维的性能	102
二、聚酰胺纤维的用途	104
三、聚酰胺纤维的改性	104
复习指导	106
习题与思考	106
第五章 聚丙烯纤维	107
第一节 概述	107
一、聚丙烯纤维的发展概况	107
二、等规聚丙烯的结构与性质	107
三、成纤聚丙烯的质量要求	111
四、聚丙烯纤维的性能和用途	112
第二节 等规聚丙烯的合成	113
第三节 聚丙烯纤维的成型加工	114
一、熔体纺丝	114
二、膜裂纺丝工艺	117
三、聚丙烯纤维短程纺丝	119
四、聚丙烯膨体长丝的生产	120
第四节 聚丙烯纤维的新品种	121
复习指导	122
习题与思考	122
第六章 聚丙烯腈纤维	123
第一节 概述	123
一、聚丙烯腈纤维的发展概况	123
二、聚丙烯腈纤维的发展趋势	123
三、聚丙烯腈纤维的主要性能和用途	124
第二节 主单体丙烯腈的制备	124
一、聚丙烯腈纤维的生产流程	124
二、丙烯氨氧化法	125
三、丙烷氨氧化法	127
第三节 聚丙烯腈的制备	127
一、聚丙烯腈的结构	127
二、主单体及其他基本原料	128
三、丙烯腈的聚合工艺	129

四、聚丙烯腈的性质	132
第四节 聚丙烯腈纤维的纺丝	132
一、湿法纺丝	132
二、干法纺丝	134
三、干湿法纺丝	136
四、冻胶法纺丝	136
第五节 聚丙烯腈纤维的后加工	137
一、聚丙烯腈短纤维的后加工	137
二、聚丙烯腈高收缩纤维的后加工	140
三、聚丙烯腈膨体纱的加工	141
第六节 聚丙烯腈纤维的改性	141
一、改性实施方法	141
二、吸湿吸水聚丙烯腈纤维	142
三、抗静电聚丙烯腈纤维	142
四、阻燃聚丙烯腈纤维	143
五、抗菌消臭聚丙烯腈纤维	144
六、抗起毛起球聚丙烯腈纤维	144
七、智能凝胶聚丙烯腈纤维	144
复习指导	145
习题与思考	145
第七章 黏胶纤维和天丝纤维	146
第一节 概述	146
一、黏胶纤维	146
二、天丝纤维	146
第二节 再生纤维素纤维的原料	147
一、纤维素的来源	147
二、黏胶纤维浆粕	148
第三节 黏胶纤维纺丝原液的制备	149
一、碱纤维素的制备	150
二、纤维素黄酸酯的制备	150
三、纤维素黄酸酯的溶解和混合	151
四、黏胶的熟成	151
五、过滤和脱泡	152
第四节 普通黏胶纤维	152
一、普通黏胶短纤维	152
二、普通黏胶长丝	156
第五节 功能型黏胶纤维	157
一、变化型高湿模量纤维	157

二、富强纤维	159
三、高湿模量永久卷曲黏胶短纤维	160
第六节 天丝纤维	162
一、天丝纤维的生产	162
二、天丝纤维的结构及性能	163
三、天丝纤维的产品及用途	165
复习指导	165
习题与思考	166
第八章 芳香族聚酰胺纤维	167
第一节 概述	167
一、芳香族聚酰胺纤维的定义和分类	167
二、芳香族聚酰胺纤维的发展概况	168
三、芳香族聚酰胺纤维的结构和性能	168
四、芳香族聚酰胺纤维的用途	169
第二节 聚对苯二甲酰对苯二胺纤维	169
一、PPTA 的制备	169
二、PPTA 的纺丝	170
三、PPTA 纤维的结构与性能	171
四、PPTA 纤维的改性	174
第三节 间位芳香族聚酰胺纤维	176
一、PMIA 的制备	176
二、PMIA 的纺丝	179
三、PMIA 纤维的结构与性能	180
四、PMIA 纤维的应用	182
复习指导	183
习题与思考	183
第九章 碳纤维	184
第一节 概述	184
一、国外碳纤维发展概况	184
二、我国碳纤维发展概况	184
三、碳纤维发展趋势	185
第二节 碳纤维的定义和分类	185
一、碳纤维的定义	185
二、碳纤维的分类	185
第三节 聚丙烯腈基碳纤维的原丝生产	187
一、碳纤维的生产原理	187
二、聚丙烯腈基碳纤维的生产流程	187

三、聚丙烯腈基碳纤维的原丝生产工艺	188
第四节 聚丙烯腈原丝的碳化工艺	191
一、聚丙烯腈原丝的预氧化工艺	191
二、预氧化丝的碳化和石墨化工艺	193
三、碳纤维的质量指标	194
四、碳纤维的后整理工艺	195
第五节 沥青基和黏胶基碳纤维的生产工艺	195
一、沥青基碳纤维的生产工艺	195
二、黏胶基碳纤维的生产工艺	196
第六节 碳纤维表面处理工艺	196
一、表面涂层法	196
二、 γ 射线辐射法	196
复习指导	197
习题与思考	197
第十章 聚乳酸纤维	198
第一节 概述	198
一、聚乳酸纤维的定义	198
二、聚乳酸纤维的发展历程	198
第二节 聚乳酸纤维分子结构与物理化学性能	199
一、聚乳酸纤维的结构	199
二、聚乳酸纤维的物理化学性能	199
第三节 乳酸及聚乳酸的制备	201
一、乳酸的制取	201
二、聚乳酸的合成	201
第四节 聚乳酸纤维的纺制	202
一、熔融纺丝	203
二、溶液纺丝	206
三、其他纺丝方法	206
第五节 聚乳酸纤维的用途	207
一、纺织服装行业	207
二、家纺及日用品领域	207
三、卫生领域	208
四、医学领域	208
五、农林领域	208
复习指导	208
习题与思考	208

第十一章 牛奶纤维和大豆蛋白纤维	209
第一节 概述	209
一、牛奶纤维概述	209
二、大豆蛋白纤维概述	209
第二节 牛奶纤维	210
一、牛奶蛋白纤维的结构	210
二、牛奶蛋白纤维的组成	211
三、牛奶蛋白纤维的生产工艺	211
四、牛奶蛋白纤维的性能、产品及用途	213
第三节 大豆蛋白纤维	216
一、大豆蛋白纤维的结构	216
二、大豆蛋白纤维的组成	217
三、大豆蛋白纤维的生产工艺	217
四、大豆蛋白纤维的性能、产品及用途	219
复习指导	222
习题与思考	222
第十二章 聚苯硫醚纤维	223
第一节 概述	223
一、聚苯硫醚纤维的发展概况	223
二、聚苯硫醚纤维的结构	223
三、聚苯硫醚纤维的性能	224
第二节 聚苯硫醚的合成	225
一、聚苯硫醚合成原理	225
二、聚苯硫醚合成工艺	225
三、聚苯硫醚的性质	226
第三节 聚苯硫醚纤维的生产工艺	227
一、聚苯硫醚长丝生产工艺	227
二、聚苯硫醚短纤维生产工艺	229
三、聚苯硫醚超细纤维的生产	230
第四节 聚苯硫醚纤维的应用	231
一、高温气体过滤	231
二、化学药品液体过滤	232
三、复合材料增强纤维	232
复习指导	232
习题与思考	232
第十三章 聚氨酯弹性纤维	234
第一节 概述	234

一、聚氨酯弹性纤维的发展概况	234
二、聚氨酯弹性纤维的结构	234
三、聚氨酯弹性纤维的性能	235
四、聚氨酯弹性纤维的用途	236
第二节 聚氨酯的合成	237
一、原料的准备	237
二、聚氨酯嵌段共聚物的制备	237
第三节 聚氨酯弹性纤维的纺丝成型	238
一、干法纺丝	238
二、湿法纺丝	241
三、熔体纺丝	242
四、反应纺丝	245
第四节 聚氨酯弹性纤维的技术进展	247
一、用价格低廉的 PPG 替代部分 PTMEG	247
二、高吸湿、放湿氨纶	247
三、柔软、高回弹性氨纶	247
四、抗静电氨纶	247
五、无臭、抗霉变氨纶	248
六、纳米改性氨纶	248
七、耐氯性氨纶	248
八、黑色氨纶	248
复习指导	249
习题与思考	249
第十四章 其他化学纤维	250
第一节 芳砜纶	250
一、芳砜纶的发展概况	250
二、芳砜纶的结构与性能	250
三、芳砜纶的生产工艺	251
四、芳砜纶的主要用途	251
第二节 聚四氟乙烯纤维	251
一、PTFE 纤维的发展概况	252
二、PTFE 纤维的结构与性能	252
三、PTFE 纤维的生产工艺	253
四、PTFE 纤维的主要用途	253
第三节 聚芳酯纤维	254
一、PAr 纤维的发展概况	254
二、PAr 纤维的结构与性能	254
三、PAr 纤维的生产工艺	255

四、PAr 纤维的主要用途	255
第四节 超高分子量聚乙烯纤维	255
一、UHMWPE 纤维的发展概况	255
二、UHMWPE 纤维的结构与性能	256
三、UHMWPE 纤维的生产工艺	256
四、UHMWPE 纤维的主要主要用途	257
第五节 聚乙烯醇纤维	257
一、PVA 纤维的发展概况	257
二、PVA 纤维的性能	258
三、PVA 纤维的制备方法	258
四、PVA 纤维的主要用途	259
第六节 金麦丝	260
一、金麦丝概述	260
二、金麦丝的生产流程	260
三、小麦蛋白/PVA 共混静电纺丝	260
四、金麦丝的结构与性能	261
五、金麦丝的主要用途	262
第七节 聚对苯撑苯并二噁唑纤维	262
一、PBO 纤维概述	262
二、PBO 纤维的结构与性能	262
三、PBO 纤维的生产	263
四、PBO 纤维的主要用途	264
第八节 聚苯并咪唑纤维	264
一、PBI 纤维概述	264
二、PBI 纤维的结构与性能	265
三、PBI 纤维的生产	265
四、PBI 纤维的主要用途	266
复习指导	266
习题与思考	266

第一节 化学纤维的源与流

一、世界化学纤维的发展简史

化学纤维的首创灵感来源于对蚕吐丝的观察。1884年法国的沙尔童(Selden)用硝酸纤维素溶液通过近似蚕嘴大的小孔喷出,制得了世界上第一根化学纤维——硝化纤维素纤维,因特别容易燃烧,几近淘汰。

1891年英国的 Cros (Cross)、贝巴(Bevan)和彼托鲁(Beadle)研制成功了黏胶纤维,并于1905年开始了工业化生产。至今110多年来化学纤维的开发方兴未艾,经久不衰。第一次世界大战以后,有人制成了醋酯纤维,1937年又出现了用牛奶酪蛋白制成的牛奶纤维。这几种化纤虽是人造纤维,但原料都是天然的纤维素或蛋白质,统称为再生纤维。20世纪30年代前主要是再生纤维发展期,可谓化学纤维发展第一阶段。

合成纤维的发展始于20世纪30年代。这个阶段是合成纤维从无到有的重要发展期,称为化学纤维发展第二阶段。

1931年,德国的胡彼特(Hubert)把聚氯乙烯溶于环己酮中,在含有30%醋酸水溶液中用湿法纺制出了可供衣料用的聚氯乙烯纤维。1946年,德国首先实现工业化生产。

1935年,美国的卡罗瑟斯(Carothers)成功合成了聚酰胺-66,1936年美国杜邦公司(DuPont)纺成了聚酰胺-66纤维,商品名定为尼龙(Nylon),我国称为锦纶-66,1940年开始了工业化生产。聚酰胺-66是世界上最早工业化生产的合成纤维,因此卡罗瑟斯被誉为“合成纤维之父”。

同年,杜邦公司又开始研究聚丙烯腈纤维,于1950年实现了工业化生产,商品名为奥纶(Orlon),我国称为腈纶。

1941年,德国的施莱克(Schlack)发明了聚酰胺-6。

1941年,德国的温菲尔德(Whinfield)和迪克松(Dickson)发明了聚对苯二甲酸乙二醇酯纤维。1953年美国杜邦公司购买了德国专利,开始了工业化生产,商品名为达克纶(Dacron),我国称为涤纶。

聚乙烯醇纤维是由日本的樱田一郎和朝鲜的李升基在1939年发明的,1950年在日本开始了工业化生产,商品名为维尼纶(Vinilon),我国称为维纶。

1955年,意大利蒙特卡梯尼公司(Montecatini)发表了关于聚丙烯纤维的专利,1958年开始了工业化生产,商品名为梅克丽纶,我国称为丙纶。

从20世纪30年代初到50年代末,合成纤维六大纶,即涤纶、尼纶、腈纶、丙纶、维纶和氯纶已发展齐全。

20世纪60年代进入了化学纤维发展的第三阶段。重点转向了差别化纤维、功能纤维和

高性能纤维的开发和生产。如抗菌、抗辐射、反渗透、高效过滤、吸附、离子交换、导光、保暖和阻燃等功能纤维,以及耐腐蚀、耐高温、高强度和高模量等高性能纤维。

1962年开发的新品种有芳纶和聚苯硫醚纤维等。美国杜邦公司首先开发了聚间苯二甲酰间苯二胺纤维,并实现了工业化生产,商品名为诺梅克斯(Nomex);1966年,杜邦公司又生产出了聚对苯二甲酰对苯二胺纤维,商品名为凯夫拉(Kevlar)。1967年由美国菲利普公司(Phillips)研发成功塑料级聚苯硫醚,1979年该公司研制出纤维级聚苯硫醚,1983年实现了工业化生产,商品名为赖顿(Ryton)。

传统黏胶纤维的生产过程严重污染环境,一种不经化学反应生产的纤维素纤维——莱赛尔(Lyocell)纤维一经面世,就引起了纺织工业界和学术界的广泛关注,并且被誉为“21世纪纤维”“绿色纤维”“革命性纤维”。

高科技纤维产品层出不穷,极大地丰富了人们的生活,同时也促进了各行各业的发展。如我国运用高性能纤维作为水泥增强材料,建成了468 m高的上海东方明珠塔和36 000 m长的杭州湾跨海大桥等。没有高性能纤维的发展,就不可能有超高或超长的现代化建筑。

现阶段主要发展具有实用功能的纤维,最早的如变色纤维。变色纤维是在越南战争时期研发出来的,用于美军作战服装。现在,我国采用淡黄绿色的三甲基螺哌嗪为光敏剂,制成的光敏纤维经过紫外线的照射后能迅速地由无色变为蓝色,光照停止后又可以迅速变为无色。

综上所述,世界化学纤维的发展史是常规化学纤维、差别化纤维、高性能纤维、高功能纤维和智能纤维相继问世、生产和应用的历程。

二、我国化学纤维的发展简史

我国在1978年发行的《化学纤维》特种邮票,反映了中国1949—1978年30年间的化学纤维发展成就。新中国成立初期,我国只有一家化纤厂,年产黏胶纤维230 t。

20世纪50年代末,我国才第一次从民主德国引进了一套化纤设备,建成了年产6 000 t的黏胶纤维厂,并相继又自主设计建成了南京、杭州等一批人造纤维厂。

20世纪60年代,我国主要发展黏胶纤维(即人造纤维),合成纤维发展较慢,只有兰州从国外引进了人造毛生产设备,保定从日本引进了维尼纶生产设备。

从20世纪70年代开始,我国化纤工业进入了全面发展时期。国家投资100亿元,引进了4套大化纤生产线,建起了上海金山石化总厂、辽阳石油化纤公司等大型化纤企业。进入20世纪80年代后,我国又建成了仪征化纤联合公司。到1986年,我国已成为世界化纤生产大国,产量突破100万t,居世界第四位,化纤生产的发展速度在世界上也是首屈一指的。

近10多年来我国首先开发了大豆纤维、金麦丝等,并取得了自主知识产权,填补了国际空白。我国化纤产业集聚在江苏、浙江、上海等长三角地区。该区域是我国纺织业最为发达的地区,基于地域优势、产业效率高、信息灵通、服务快捷等因素,该区域化纤产业较为兴旺发达。

三、我国化学纤维的发展趋势

我国化学纤维的发展趋势主要有以下四个方面:

(一) 促进常规产品优质化、提升产品附加值

采用先进适用技术改造和提升传统化纤工艺,重点解决常规产品的优质化,加强加快发展高仿真、功能性、多功能复合等差别化纤维,提高产品附加值。