

现 代 纺 织 工 程



化学纤维手册

沈新元 主编



h
u
a
x
u
e
x
i
a
n
w
e
i
s
h
o
u
c
e

中国纺织出版社

现代纺织工程 ①⑦

化学纤维手册

沈新元 主编

图书在版编目(CIP)数据

化学纤维手册/沈新元主编. —北京:中国纺织出版社, 2008.

(现代纺织工程①)

ISBN 978-7-5064-4850-8

I. 化… II. 沈… III. 化学纤维—手册 IV. T814.02-62

中国版本图书馆CIP数据核字(2008)第013941号

责任编辑: 李 颖

封面设计: 李 颖

版式设计: 李 颖

印刷: 北京印刷厂

中国纺织出版社发行

地址: 北京东直门内大街6号 邮政编码: 100027

电话: 010-64183110 传真: 010-64183331

http://www.ctcpublish.com

E-mail: faxing@ctcpublish.com

北京印刷厂印刷 北京印刷厂印装 各埠新华书店经销

2008年9月第1版第1次印刷

开本: 787×1092 1/16 印张: 62

字数: 1333千字 定价: 168.00元



中国纺织出版社

凡购本书, 如欲索取样章, 请向本社索取, 或由各地新华书店索取

内 容 提 要

本书是一本关于化学纤维的综合性著作,全面介绍了化学纤维的基本知识,阐述了化学纤维的生产原理,重点介绍了粘胶、聚酰胺、聚酯、聚丙烯、聚丙烯腈、聚乙烯醇等化学纤维大品种的原料、生产工艺、性能、改性及应用,并对高性能纤维、功能纤维、智能纤维和生态纤维等化纤新产品进行了论述。

本书内容丰富,理论与生产实际紧密结合,可作为纤维工业领域的研究人员、技术人员、管理人员全面了解化学纤维的参考书,也可以作为相关专业研究生和本科生的教学参考书。

图书在版编目(CIP)数据

化学纤维手册/沈新元主编. —北京:中国纺织出版社,2008.9
(现代纺织工程⑦)

ISBN 978-7-5064-4820-8

I. 化… II. 沈… III. 化学纤维—手册 IV. TS102.5-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 017341 号

策划编辑:李东宁 郭 强 责任编辑:王文仙 责任校对:俞坚沁
责任设计:李 然 责任印制:何 艳

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

北京盛通印刷股份有限公司印装 各地新华书店经销

2008 年 9 月第 1 版第 1 次印刷

开本:787×1092 1/16 印张:65

字数:1393 千字 定价:168.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社市场营销部调换

序

从 19 世纪 90 年代粘胶纤维问世以来,世界化学纤维工业发展迅猛,取得了丰硕的成果。今天,化学纤维在产量上已超过了天然纤维;在质量和性能上,已从仿天然纤维进入超天然纤维阶段;在经济上,大部分化学纤维纺织品的价格已低于天然纤维纺织品;在科学技术上,化学纤维所取得的进展也大大超过天然纤维,研究成功的许多新品种、新工艺、新技术先后投入了生产。现在,化学纤维不仅是满足和丰富人民生活所必需的纤维材料,而且成为经济建设中其他领域不可缺少的重要材料。

在 21 世纪,化纤工业仍然是为纺织工业提供重要原料的基础工业。由于天然纤维的发展受到客观条件的限制,因此化学纤维的发展与解决各国人民的穿衣问题和提高人民生活水平关系十分密切。另外,纤维材料具有其他材料不能替代的特征。因此,可以预言,化学纤维及其工业未来将更加兴旺发达。

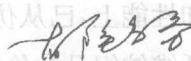
新中国成立以来,我国的化纤工业取得了飞速发展。目前,我国已经形成了庞大的化纤工业体系,产量连续多年居世界第一位。与此同时,在化纤新品种的研究和开发方面,也取得了许多令人瞩目的成就。但总的说来,我国化纤差别化比例还比较低,功能纤维、高性能纤维还不能完全满足不断提高的国内人民生活水平与特殊工业的需求。因此,跨入 21 世纪后,我国科技工作者必须加大新型化学纤维研究和开发的力度,以满足高新技术领域的要求,担当起提高生活质量和增强国防力量的重任。在化纤业由“大”转“强”的演变期内,我国化纤领域众多的研究人员、技术人员和管理人员,需要更多有关化学纤维的参考书籍。因此,中国纺织出版社组织编写这本内容覆盖面广、理论与生产实际紧密结合的《化学纤维手册》是非常适宜的。

本书系统介绍了化学纤维的基本知识,阐述了化学纤维的生产原理,重点介绍了粘胶、聚酰胺、聚酯、聚丙烯、聚丙烯腈、聚乙烯醇等化学纤维大品种的原料、生产工艺、性能、改性及应用,并对高性能纤维、功能纤维、智能纤维和生态纤维等化纤新产品进行了论述,内容丰富;并且融入了作者的科研与生产实践成果与心得,理论联系实际。它的出版将为企业界

和学术界提供一本关于化学纤维的综合性参考书，因此很有意义。

作为一位为我国化纤工业发展奋斗了五十多年的科技工作者，我深知理论和实践知识对于指导生产的重要性。因此，我非常乐意为本书作序。希望本书的问世能为我国化学纤维领域的发展起到积极的推动作用。

中国工程院院士



东华大学材料科学与工程学院教授、博士生导师

2008年3月于上海

前言

一百多年来,世界化学纤维技术取得了令人惊叹的进步,特别是粘胶、聚酯、聚酰胺、聚丙烯腈和聚丙烯等几个化学纤维大品种,曾于 20 世纪化纤大舞台上领尽风骚。自 20 世纪 90 年代起,世界化学纤维工业进入成熟期,差别化纤维、功能纤维和高性能纤维等大量化纤新产品的问世,不但为企业带来了可观的经济效益,而且使化学纤维的用途不断拓宽,成为许多高新技术不可或缺的组成部分。进入 21 世纪,化学纤维作为与国民经济密切相关的一种传统材料,其前景依然被许多专家看好。

我国的化学纤维已经形成了庞大的工业体系,产量连续多年居世界第一位。但目前我国的化学纤维书籍中,覆盖面广、理论与生产实际紧密结合且内容又比较新颖的著作较少,远远跟不上我国化纤生产发展的需要。有鉴于此,我们编写了这本书,试图为企业和学术界提供一本关于化学纤维的综合性著作。

本书共 16 章,由 4 部分组成。第一章至第三章全面介绍了化学纤维的基本概念、分类、生产工艺、主要品种、发展历史、结构、品质指标等内容,并评述了其发展前景;第四章至第六章阐述了化学纤维的生产原理,包括纺丝流体的流变性,熔融纺丝、湿法纺丝、干法纺丝的成型原理,拉伸和热定型原理;第七章至第十二章重点介绍了粘胶、聚酰胺、聚酯、聚丙烯、聚丙烯腈、聚乙烯醇等化学纤维大品种的原料、生产工艺、性能、改性及应用等内容;第十三章至第十六章对高性能纤维、功能纤维、智能纤维和生态纤维等化纤新产品进行了论述。

本书各章的编写人员如下:

第一章、第二章、第三章 沈新元 东华大学教授

第四章 郭 静 大连工业大学教授

第五章 沈新元 东华大学教授

第六章 周静宜 北京服装学院副教授

李燕立 北京服装学院教授

第七章 王庆瑞 东华大学教授

第八章 施祖培 中国石化集团巴陵石化有限责任公司教授级高级工程师

第九章 王鸣义 中国石化上海石油化工股份有限公司教授级高级工程师

第十章 尹翠玉 天津工业大学教授

第十一章 任铃子 中国石化上海石油化工股份有限公司教授级高级工程师

第十二章 章潭莉 东华大学教授

张耀鹏 东华大学副教授

邵惠丽 东华大学教授

第十三章 王曙中 东华大学教授

第十四章 李青山 燕山大学 教授

第十五章 沈新元 东华大学教授

第十六章 第二节 邵惠丽 东华大学教授

第一节、第三节、第四节 沈新元 东华大学教授

全书由沈新元统一整理定稿。

化学纤维内容丰富,涉及面广,技术和产品日新月异,加之作者水平有限,疏误在所难免,恳请专家和读者批评指正。

本书在整理过程中得到东华大学硕士研究生王冬、戴蓓蓓等人的帮助,在此表示衷心的感谢。

编者

2008年3月

上海交通大学 永潘炎 章三第、章二第、章一第

上海交通大学 韩 雅 章四第

上海交通大学 永潘炎 章五第

上海交通大学 章六第

上海交通大学 章七第

上海交通大学 章八第

目 录

第一章 化学纤维概论	1
第一节 纤维的基本概念与分类	1
一、按原料分类	1
二、按组成分类	6
三、按尺寸分类	8
四、按形状分类	9
五、按性能分类	11
六、按取向程度分类	13
七、按纤维颜色和光泽分类	13
八、其他分类方法	13
第二节 化学纤维的生产工艺	14
一、原料制备	14
二、纺丝熔体或溶液的制备	15
三、化学纤维的成型	18
四、化学纤维的后加工	24
第三节 化学纤维的主要品种	25
第四节 化学纤维的发展历史和展望	26
一、世界化学纤维发展简史	26
二、中国化学纤维发展简史	31
三、化学纤维发展的展望	33
参考文献	36
第二章 化学纤维的结构	38
第一节 化学纤维的结构层次	38
一、成纤聚合物的链结构	38
二、成纤高聚物的聚集态结构	38
三、成纤聚合物的侧序	39
四、纤维的微观形态结构	39
五、纤维的宏观形态结构	40
第二节 主要化学纤维的结构特征	40
一、纤维素纤维	40
二、聚酰胺纤维	47
三、聚酯纤维	50
四、聚丙烯腈纤维	53
五、聚丙烯纤维	55

第三节 化学纤维的结构对其性能的影响	57
一、化学结构对纤维性能的影响	57
二、物理化学结构对纤维性能的影响	59
三、物理结构对纤维性能的影响	61
参考文献	67
第三章 化学纤维的性能	68
第一节 化学纤维的物理性能	68
一、纤维长度	68
二、线密度	69
三、密度	69
四、吸湿性	70
五、芯吸作用	71
六、膨润性	71
七、导热系数	72
八、热收缩	73
九、折射率	73
十、光泽	74
第二节 化学纤维的机械性能	74
一、拉伸性能	74
二、弯曲、压缩、剪切及扭转性能	86
三、回弹性	88
四、摩擦性能	90
五、卷曲性	91
第三节 化学纤维的稳定性能	93
一、对高温作用的稳定性	93
二、对化学品作用的稳定性	94
三、耐磨性	94
四、耐疲劳性	95
五、对日光和大气作用的稳定性	95
六、对霉变和腐烂的稳定性	97
七、抗虫害和鼠害的能力	98
第四节 化学纤维的加工性能和使用性能	98
一、染色性	98
二、可燃性与阻燃性	98
三、抗静电性	100
四、手感	101
五、起球性	101
六、覆盖性	101

七、柔软性	101
参考文献	102
第四章 纺丝流体的制备及流变性	103
第一节 成纤聚合物的熔融	103
第二节 成纤聚合物的溶解	105
一、成纤聚合物溶解过程的特点及其热力学解释	105
二、溶剂的选择	107
三、聚合物—溶剂体系的相平衡	108
四、聚合物溶解过程的动力学	110
第三节 聚合物流体的流变性	110
一、聚合物流体的非牛顿剪切黏性	111
二、聚合物流体的拉伸黏性	121
三、聚合物流体的弹性	123
四、聚合物流体在管道中的流动	129
参考文献	136
第五章 化学纤维成型原理	137
第一节 概述	137
一、化学纤维的加工与成型	137
二、化学纤维成型的基本步骤和主要变化	138
三、纺丝过程的基本规律	138
四、纺丝流体的可纺性	139
五、挤出细流的类型	141
第二节 熔体纺丝	144
一、熔体纺丝的运动学和动力学	145
二、熔体纺丝中的传热	149
三、熔体纺丝中纤维结构的形成	154
第三节 湿法纺丝	163
一、湿法纺丝的运动学和动力学	163
二、湿法纺丝中的传质和相转变	169
三、湿法纺丝中纤维结构的形成	174
第四节 干法纺丝	181
一、干法纺丝的运动学和动力学	182
二、干法纺丝中的传热和传质	183
三、干法纺丝中纤维结构的形成	186
参考文献	187
第六章 化学纤维后加工原理	189
第一节 拉伸原理	189
一、概述	189

101	二、拉伸流变学	190
801	三、拉伸过程中应力—应变性质的变化	193
108	四、连续拉伸的运动学和动力学	202
801	五、拉伸中纤维结构与性能的变化	205
30	第二节 热定型原理	208
301	一、概述	208
701	二、纤维在热定型中的力学松弛	209
801	三、热定型过程中纤维结构和性能的变化	214
110	四、热定型机理	217
01	参考文献	221
	第七章 粘胶纤维的生产及应用	222
15	第一节 概述	222
881	一、粘胶纤维的品种、主要性能及用途	222
159	二、粘胶纤维生产的发展过程	223
88	第二节 原料	226
131	一、粘胶纤维用浆粕	226
781	二、化工原料	234
78	第三节 粘胶纤维生产工艺	239
881	一、纺丝原液(粘胶)的制备	241
881	二、粘胶纤维的成型	281
138	三、粘胶纤维的后处理	306
11	第四节 粘胶纤维厂的“三废”处理	317
141	一、简述	317
241	二、粘胶纤维生产中废气的处理	319
149	三、粘胶纤维生产中废水的处理	321
124	四、粘胶纤维生产中废料的回收和处理	323
88	第五节 纤维素及其纤维的性能	324
801	一、纤维素的聚集态结构	324
801	二、纤维素的降解	329
14	第六节 纤维素新溶剂与高性能粘胶纤维	333
181	一、纤维素的新溶剂	333
881	二、高性能粘胶纤维	337
88	第七节 粘胶纤维的应用	351
88	参考文献	352
	第八章 聚酰胺纤维	353
08	第一节 概述	353
881	一、聚酰胺概况	353
881	二、聚酰胺纤维生产概况	357

104	三、聚酰胺纤维市场消费结构及预测	363
11	第二节 原料	364
104	一、己二酸	364
884	二、己二胺	376
694	三、己内酰胺	384
784	四、其他中间体	401
80	第三节 缩聚	407
004	一、基本原理	407
402	二、AABB 型尼龙	420
702	三、AB 型尼龙	432
802	四、离子聚合	439
712	五、固相聚合	444
012	六、其他聚合技术	445
42	第四节 聚酰胺纤维的制造	446
122	一、切片干燥	446
222	二、纺丝成型基本原理	448
022	三、纺丝生产工艺过程	450
002	四、聚酰胺长丝的后加工	462
882	五、聚酰胺工业用长丝的生产	466
802	六、聚酰胺短纤维的生产	467
002	七、复合纤维和微细纤维	468
01	第五节 聚酰胺纤维的结构与性能	473
072	一、聚酰胺的结构	473
772	二、聚酰胺的物理性质和化学性质	476
872	三、聚酰胺纤维的性能	483
32	第六节 聚酰胺纤维的用途	486
882	一、服用纤维	486
682	二、产业用纤维	486
782	三、地毯用纤维	486
78	第七节 聚酰胺纤维的改性	487
002	一、异形截面纤维	487
202	二、混纤丝	487
202	三、抗静电、导电纤维	487
402	四、高吸湿性纤维	488
402	五、耐光、耐热纤维	488
402	六、抗菌防臭纤维	488
002	七、远红外聚酰胺纤维	489
01	参考文献	489

第九章 聚酯纤维	491
第一节 概述	491
一、聚酯和纤维的历史	491
二、聚酯及聚酯纤维的主要制造技术	493
三、聚酯纤维的主要应用	495
四、聚酯纤维的发展趋势	497
第二节 聚酯原料的合成	498
一、精对苯二甲酸(PTA)	499
二、乙二醇(EG)	504
第三节 聚合	507
一、合成路线	508
二、主要反应	517
三、主要设备	519
第四节 纤维生产工艺	524
一、聚酯熔体和输送	524
二、聚酯长丝的纺丝	535
三、短纤维纺丝	550
四、涤纶工业丝	560
第五节 聚酯纤维的性能	568
一、物理性质	568
二、力学性能	569
三、化学稳定性	569
四、涤纶的质量指标	570
第六节 聚酯纤维的改性和新型聚酯纤维	577
一、聚酯纤维的染色改性	578
二、抗静电聚酯纤维、导电聚酯纤维	582
三、阻燃聚酯纤维	583
四、仿真丝	585
五、仿毛、仿麻型纤维	587
六、聚酯复合纤维	587
七、抗菌纤维	590
八、增白纤维和抗紫外线纤维	592
九、新应用领域的开发	595
十、新聚酯系列产品	599
第七节 聚酯纤维的用途	604
一、行业状况	604
二、消费构成	606
参考文献	610

第十章 聚丙烯纤维	615
第一节 概述	615
一、聚丙烯及纤维的发展简史	615
二、聚丙烯纤维的生产概况	616
第二节 原料	618
一、聚丙烯的原料	618
二、聚丙烯纤维生产用辅料	623
第三节 等规聚丙烯的制备	626
一、聚合机理	626
二、聚合反应的动力学分析	628
三、等规聚丙烯的合成工艺	633
第四节 等规聚丙烯的结构和性能	642
一、等规聚丙烯的结构	642
二、等规聚丙烯的性能	646
三、成纤聚丙烯的质量指标	647
第五节 纤维生产工艺	650
一、常规聚丙烯纤维	650
二、聚丙烯短程纺丝技术	652
三、聚丙烯膨体长丝	654
四、膜裂纤维	655
五、纺黏法非织造布	657
六、熔喷法非织造布	658
七、烟用滤嘴丙纶丝束	659
第六节 聚丙烯纤维的性能	661
一、聚丙烯纤维的性能特点	661
二、聚丙烯纤维产品的质量指标	661
三、丙纶非织造布	666
第七节 聚丙烯纤维的改性及新品种	667
一、可染聚丙烯纤维	667
二、工业用丙纶长丝及高强聚丙烯纤维	668
三、细特及超细特聚丙烯纤维	669
四、阻燃聚丙烯纤维	669
五、远红外聚丙烯纤维	669
六、三维卷曲中空聚丙烯纤维	670
七、其他改性聚丙烯纤维	670
第八节 聚丙烯纤维的应用	670
一、产业用途	671
二、装饰用途	671

310	三、服装用途	672
310	四、非织造布及医疗卫生用聚丙烯纤维	672
310	五、其他用途	672
310	参考文献	674
第十一章 聚丙烯腈纤维		675
81	第一节 概述	675
850	一、定义	675
850	二、世界聚丙烯腈纤维发展概况	675
850	三、我国聚丙烯腈纤维工业发展概况	681
85	第二节 原料	683
850	一、第一单体——丙烯腈	683
840	二、第二单体	687
840	三、第三单体	693
840	四、腈纶生产常用溶剂	697
740	五、其他化工原料	712
06	第三节 聚合	720
020	一、丙烯腈自由基链式聚合反应	720
520	二、丙烯腈自由基链式共聚反应	724
420	三、溶液聚合法制备纺丝原液	725
320	四、水相悬浮聚合法制备纺丝原液	729
72	第四节 纤维生产工艺	735
820	一、聚丙烯腈纺丝	735
920	二、聚丙烯腈纤维的后处理	737
100	三、腈纶纺丝与后处理工艺流程	739
16	第五节 溶剂回收	746
100	一、硫酸酸钠法溶剂回收	746
000	二、二甲基乙酰胺溶剂回收	749
700	三、二甲基甲酰胺溶剂回收	751
70	第六节 聚丙烯腈纤维的性能	752
800	一、聚丙烯腈纤维结构对性能的影响	752
900	二、聚丙烯腈纤维的物化性能	755
000	三、聚丙烯腈纤维的质量指标	756
00	第七节 聚丙烯腈纤维的改性	763
070	一、聚丙烯腈改性纤维的发展历程	763
070	二、聚丙烯腈纤维改性的主要方法	764
070	三、主要差别化腈纶的制造	765
15	第八节 聚丙烯腈纤维的应用	780
15	参考文献	782

第十二章 聚乙烯醇纤维	783
第一节 概述	783
一、聚乙烯醇纤维的发展史	783
二、聚乙烯醇纤维的生产现状	783
三、聚乙烯醇纤维工业的发展前景	784
第二节 原料	785
一、聚乙烯醇树脂的命名	785
二、醋酸乙烯的合成路线	786
三、三种合成路线的比较	787
四、醋酸乙烯的物化常数	788
第三节 醋酸乙烯的聚合和醇解	789
一、醋酸乙烯的聚合	789
二、聚醋酸乙烯酯的醇解	790
三、醇解的主要设备及工艺参数	792
四、聚乙烯醇的质量指标	794
第四节 纤维生产工艺	795
一、原液制造工艺	795
二、纺丝	800
三、后处理	807
四、缩醛化	810
五、上油	811
六、牵切纱工艺	814
七、聚乙烯醇长丝	816
八、聚乙烯醇纤维生产的原材料和公用工程	817
九、聚乙烯醇纤维生产安全措施及预防	821
第五节 聚乙烯醇纤维的性能与品质指标	823
一、聚乙烯醇纤维的性能	823
二、聚乙烯醇短纤维的主要质量指标	825
三、牵切纱的主要质量指标	825
第六节 聚乙烯醇纤维的改性	825
一、水溶性聚乙烯醇纤维	826
二、高强高模聚乙烯醇纤维	827
三、共混改性聚乙烯醇纤维	830
四、化学改性聚乙烯醇纤维	830
第七节 聚乙烯醇纤维的应用	831
一、高强高模聚乙烯醇纤维的应用	831
二、聚乙烯醇非织造布	833
三、聚乙烯醇纤维复合材料的应用	834

参考文献	834
第十三章 高性能纤维	836
第一节 概述	836
第二节 芳香族聚酰胺纤维	837
一、对位芳香族聚酰胺的结构和合成	837
二、对位芳纶的纺丝	838
三、对位芳纶的结构与性能	840
四、对位芳纶的种类及其纺织品	843
五、芳纶浆粕	845
六、对位芳纶的用途	847
七、间位芳纶	848
第三节 超高相对分子质量聚乙烯纤维	850
一、高强高模聚乙烯纤维的纺丝成型工艺	850
二、高强高模聚乙烯纤维的结构和性能	853
三、高强高模聚乙烯纤维的改性	854
四、高强高模聚乙烯纤维的用途	855
第四节 碳纤维	856
一、聚丙烯腈基碳纤维	856
二、沥青基碳纤维	860
三、粘胶基碳纤维	861
四、碳纤维的用途	863
第五节 芳香族杂环类纤维	863
一、聚对苯亚基苯并双噁唑(PBO)纤维	865
二、聚苯并咪唑纤维	869
参考文献	871
第十四章 功能纤维	873
第一节 概述	873
第二节 物理功能纤维	874
一、光功能纤维	874
二、电功能纤维	879
三、水功能纤维	883
四、物质分离功能纤维	884
第三节 化学功能纤维	885
一、离子交换纤维的制备方法	886
二、离子交换纤维的力学性能	888
第四节 生物功能纤维	888
一、保健功能纤维、抗菌防臭功能纤维	888
二、医用功能纤维	891