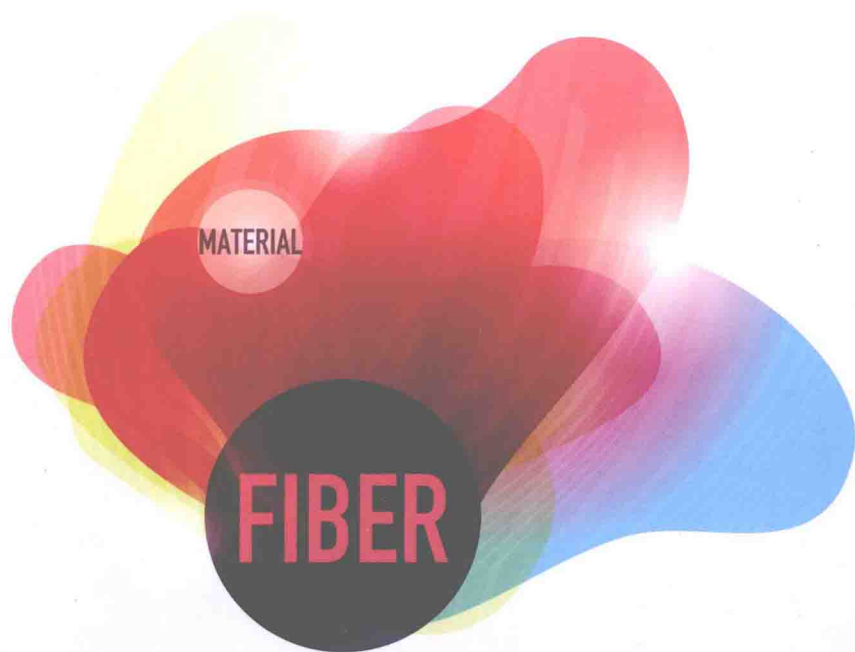


| 纺织服装高等教育“十二五”部委级规划教材



新型纤维材料学

主 编/何建新

副主编/喻红芹 陈金静

东华大学 出版社

| 纺织服装高等教育“十二五”部委级规划教材

新型纤维材料学

主 编/何建新

副主编/喻红芹 陈金静

东华大学出版社

· 上海 ·

内 容 提 要

本书首先介绍新型纤维的历史、分类、特点、应用和发展趋势,以及纤维材料学的相关基础知识;进而以新型纤维的制备、加工、改性及其结构和性能研究为基础,介绍新型生物质纤维、无机纤维、新型再生纤维素纤维、新型再生蛋白纤维、新型聚酯纤维、新型聚酰胺类纤维、新型聚烯烃类纤维、生物降解合成纤维、高性能合成纤维、服用功能性纤维、产业用功能性纤维、差别化纤维、纳米纤维十四大类新型纤维,同时还涉及到纤维增强复合材料的部分内容。本书对于培养学生具备新型纤维及其制品的设计、制备和研究的科学优化和创新能力具有引导和促进作用,在扩大学生知识面的同时,使得他们进一步深刻理解新型纤维材料的加工原理、结构、性能、应用开发和相关产业链结构。

本书可作为高等院校纺织工程、服装工程和其他相关专业的教材,也可供纺织、染整、化纤、材料和其他相关行业从事研究、生产、管理和产品开发的技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

新型纤维材料学/何建新主编. —上海:东华大学出版社,2014.7

ISBN 978-7-5669-0558-1

I. ①新… II. ①何… III. ①纺织纤维—研究
IV. ①TS102

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 147345 号

责任编辑:张 静

封面设计:魏依东

出 版:东华大学出版社(上海市延安西路 1882 号,200051)

本 社 网 址:<http://www.dhupress.net>

天猫旗舰店:<http://dhdx.tmall.com>

营 销 中 心:021-62193056 62373056 62379558

印 刷:句容市排印厂

开 本:787 mm×1092 mm 1/16

印 张:26

字 数:650 千字

版 次:2014 年 7 月第 1 版

印 次:2014 年 7 月第 1 次印刷

书 号:ISBN 978-7-5669-0558-1/TS·505

定 价:69.00 元

前 言

进入 21 世纪,世界科学技术的进步推动了纺织技术的迅猛发展,纺织品已不仅仅应用在纺织服装领域,在航天航空、医疗卫生、农业、产业等许多领域都有广泛的应用,而传统常规的纺织材料已满足不了这些行业对纺织材料的要求,因此新型纤维材料变得越来越普遍、越来越重要。

本书是为了适应纺织技术的发展,培养具有扎实专业基础的纺织工程专业技术人才,在大量调研的基础上编写而成。本教材的特色包括:

- (1) 内容系统、广泛、全面,分类科学;
- (2) 从纺织专业背景出发,浅显易懂;
- (3) 结合新型纤维材料的应用要求,阐述新型纤维材料的品种和制备方法等。

本书由中原工学院何建新担任主编,中原工学院喻红芹和陈金静担任副主编。全书编写具体分工如下:

第一章由喻红芹编写;第二章由何建新编写;第三章第二、四、五节由喻红芹编写,第一、三、九节由何建新编写,第六、八节由中原工学院朱方龙编写,第七节由何建新、朱方龙合编;第四章由河南工程学院王旭编写;第五章由中原工学院王东伟编写;第六章第一节由何建新编写,第二节由朱方龙编写;第七章由中原工学院梅硕编写;第八章由王旭编写;第九章第三节由喻红芹编写,第一、二、四、五节由梅硕编写;第十章由梅硕、河南工程学院李金超合编;第十一章第三节由王旭编写,第二、四、五节由何建新编写,第一、六、七、八、九、十、十一节由梅硕、李金超合编;第十二章第一、二、三、五节由王东伟编写,第四、六、七、八、九节由陈金静编写;第十三、十四章由陈金静编写;第十五章由中原工学院周伟涛编写;第十六章由周伟涛、何建新合编。全书由陈金静修改、整理、定稿。

由于编者水平有限,难免存在缺点和不足,敬请读者批评指正。

编 者

目 录

第一章 绪论	001
第一节 纤维的发展历史及现状	001
第二节 新型纤维的分类和应用	002
第三节 新型纤维的特点	005
第四节 新型纤维的发展趋势	006
第二章 纤维的结构与性能指标	008
第一节 纤维结构基础	008
第二节 纤维形态表征	015
第三章 生物质纤维	028
第一节 新型棉纤维	028
第二节 新型麻纤维	037
第三节 天然竹纤维	056
第四节 其他新型植物纤维	060
第五节 细菌纤维素纤维	088
第六节 新型毛纤维	090
第七节 新型丝纤维	097
第八节 天然胶原纤维	111
第九节 羽绒纤维	113
第四章 新型再生纤维素纤维	123
第一节 新型黏胶纤维	123
第二节 高湿模量黏胶纤维	132
第三节 溶剂法纺再生纤维	140
第四节 纤维素衍生物	148
第五章 新型再生蛋白质纤维	154
第一节 牛奶蛋白纤维	154
第二节 蚕蛹蛋白纤维	159
第三节 再生丝素蛋白纤维	162
第四节 再生羊毛角蛋白纤维	169
第五节 羽毛角蛋白纤维	171
第六节 再生胶原蛋白纤维	175
第七节 花生蛋白纤维	177

第八节 玉米蛋白纤维	178
第九节 大豆蛋白纤维	179
第六章 其他新型再生纤维	184
第一节 甲壳素和壳聚糖纤维	184
第二节 海藻纤维	187
第七章 新型聚酯纤维	192
第一节 PTT 纤维	192
第二节 PBT 纤维	199
第三节 PEN 纤维	201
第四节 高相对分子质量 PET 纤维	205
第八章 新型聚酰胺	209
第一节 尼龙 46	209
第二节 尼龙 11	213
第三节 尼龙 610	215
第四节 尼龙 1010	217
第九章 新型聚烯烃类纤维	220
第一节 氯化纤维	220
第二节 氟化纤维	223
第三节 水溶性聚乙烯醇纤维	224
第四节 聚烯烃弹性纤维	227
第五节 超高相对分子质量聚乙烯纤维	230
第十章 生物降解合成纤维	235
第一节 聚 3-羟基丁酸酯纤维	237
第二节 聚(3-羟基丁酸酯-CO-3-羟基戊酸酯)纤维	240
第三节 聚羟基乙酸酯纤维	243
第四节 聚乳酸纤维	244
第五节 聚己内酯纤维	249
第十一章 高性能合成纤维	251
第一节 高强柔性链烯烃类纤维	251
第二节 芳香族聚酰胺纤维	259
第三节 半芳香族聚酰胺	264
第四节 芳香族聚酯纤维	269
第五节 芳香族杂环类纤维	271
第六节 聚醚醚酮纤维	275
第七节 聚酰亚胺纤维	277
第八节 聚苯硫醚纤维	280
第九节 三聚氰胺纤维	283

第十节	酚醛纤维·····	285
第十一节	聚苯砜纤维·····	289
第十二章	服用功能性纤维·····	292
第一节	抗静电纤维·····	292
第二节	防紫外线纤维·····	296
第三节	阻燃纤维·····	299
第四节	抗菌防臭纤维·····	304
第五节	防辐射纤维·····	309
第六节	吸湿排汗纤维·····	313
第七节	负离子纤维·····	318
第八节	智能纤维·····	319
第九节	护肤功能纤维·····	325
第十三章	产业用功能性纤维·····	327
第一节	导电纤维·····	327
第二节	光导纤维·····	333
第三节	吸附分离功能纤维·····	335
第四节	智能凝胶纤维·····	341
第五节	医疗卫生用纤维·····	345
第十四章	差别化纤维·····	347
第一节	超细纤维·····	347
第二节	仿生纤维·····	352
第三节	异形纤维·····	355
第四节	仿丝、仿麻、仿毛纤维·····	357
第十五章	无机纤维新材料·····	361
第一节	碳纤维·····	361
第二节	玻璃纤维·····	369
第三节	玄武岩纤维·····	377
第四节	陶瓷纤维·····	384
第五节	金属纤维·····	387
第十六章	静电纺纳米纤维·····	396
第一节	纳米材料简介·····	396
第二节	纳米纤维的制备和种类·····	397
第三节	静电纺纳米纤维的结构和性能·····	401
第四节	静电纺纳米纤维批量生产及成纱技术·····	404

第一章 绪 论

新型纤维主要是指纤维的性能、形状或者其他方面区别于原来的传统纤维,并且为了适应生活、生产的需要,在某些方面得到特殊改善的纤维。当传统的纤维不再满足于人们在某些方面的需求时,新型纤维在解决了传统纤维的问题与缺陷的条件下应运而生。新型纤维的发展与应用,反映了人们对纺织材料要求的不断提高。与此同时,新型纤维的开发也反映了纤维材料今后的发展趋势与方向。不仅仅是纺织领域,在航天航空、医疗保健、环保治理、农业技术、产业用和人们的日常生活等许多领域,新型纤维材料均已成为一种愈来愈普遍的重要材料。

第一节 纤维的发展历史及现状

材料是人类生活和生产的物质基础,材料的开发和应用是衡量社会文明的一种尺度。纤维是重要的高分子材料,不仅在服饰方面,在装饰、产业用纺织品方面也有十分广泛的应用。随着科学技术的发展与进步,新型纤维的品种也不断出现,特别是随着新能源、海洋、航空航天、通讯信息、生物医学、军工等高科技产业的迅速发展,对纤维材料性能的要求越来越高,从而促进了新型纤维材料的开发与研究。

一、纤维的发展历史

最初,人类主要将纤维应用于服饰。纤维的发展历史可以追溯到 5 000 年以前最早天然纤维,如起源于我国和印度的丝和棉。丝是一种天然高分子材料,在我国有着悠久的历史,于 11 世纪传到阿拉伯、波斯、埃及,并于 1470 年传到意大利的威尼斯,从而进入欧洲。专家们根据考古学的发现推测,在距今 5 000~6 000 年前的新石器时代的中期,中国便开始了养蚕、取丝、织绸;到商代,丝绸生产已经初具规模,具有较高的工艺水平,有了复杂的织机和织造手艺。

黏胶纤维是人造纤维素纤维中最早的品种,早在 1883 年,英国科学家约瑟夫·斯旺得出结论:如果把硝酸和醋酸纤维素混合,然后把混合物从一系列微小孔眼中挤压出来,就能制造出纤维。与此同时,法国的坎特·希拉勒·德·查东内特也通过孔眼挤出硝酸纤维素,以制造一种连续的细丝。查东内特称之为“人造丝”。硝酸纤维素浸透后置于酒精和醚中溶解,以形成一种叫作胶棉的物质。它可挤压成人造纤维。后来便以“人造纤维”而闻名于世。1905 年,英国建成第一个黏胶纤维生产工厂。

20 世纪 30 年代末,德国首先研制出锦纶 6(PA6)纤维,并于 1944 年实现批量化生产。锦纶后来在苏联、日本、欧洲,以及发明锦纶 66(PA66)纤维的美国等地区也得到了较快的发展。锦纶的合成奠定了合成纤维工业的基础,它的出现使纺织面貌焕然一新,用锦纶织成的丝袜既透明又耐穿。1939 年 10 月 24 日,杜邦公司在其总部所在地公开销售锦纶丝长袜时引起轰

动,到1940年5月,锦纶的纺织品销售已经遍及美国各地。

1949年和1953年,聚酯(PET)纤维相继在英国和美国问世。从1972年开始,PET纤维的产量已经超过锦纶纤维,跃居成为合成纤维的第一大品种。

20世纪40年代初期,美国和德国科学家几乎同时发现了聚丙烯腈(PAN)的良溶剂,即二甲基甲酰胺,美国杜邦公司在1950年开始生产PAN纤维。德国、英国、法国、日本等国也先后实现了PAN的工业化生产。

20世纪50年代后期,化学工作者合成出全同立构聚丙烯(PP),同时采用熔融纺丝技术制成聚丙烯纤维,并使之发展成为合成纤维的第四大品种。

20世纪60—70年代,纤维工业化已基本完善。涤纶、锦纶、丙纶、腈纶和维纶已经成为合成纤维五大纶,得到了越来越广泛的应用,后来开发的氨纶也日益得到人们的青睐。

近年来,高性能纤维的应用不断拓宽,同时功能性纤维的研究蓬勃开展,纤维材料在国防军工、航天航空、农林渔牧、医疗卫生、建筑水利、体育运动、交通运输和其他领域也得到了广泛的应用。

二、纤维的发展现状

20世纪以来,随着化学纤维的不断出现和发展,出现了许多新型的纤维材料。这些新型纤维材料的性能,不仅能够满足服用、装饰用纺织品的需求,而且在产业用等方面也逐步发挥出其技术特性。

在产业用方面,纺织纤维最早主要是应用于制作渔线、渔网、绳索等。随着汽车工业的迅速兴起,轮胎帘子线的需求强烈地刺激了人造纤维,特别是合成纤维的研究与发展。其中纤维材料领域较早的研究课题有:提高纤维的耐硫化耐热性温度,改进纤维与橡胶间的黏结性,等等。纤维应用于增强汽车轮胎的帘子线,1900—1935年为棉纤维,1935—1955年以黏胶纤维为主,而后逐渐发展为以锦纶纤维、聚酯纤维和钢丝为主的格局。在技术纺织品领域,同样存在类似的转变过程,即由天然纤维向再生纤维转变,进而转变为合成纤维。

随着普通纤维材料在航空航天、产业、军事等方面的用途的逐渐扩大,越来越多的新型纤维应运而生。通常,新型纤维是具有普通纤维所不具有的性能特点,如高强度、高模、耐高温、耐气候、耐化学试剂等所谓的高物性。芳香族聚酯纤维、芳香族聚酰胺纤维、芳香族杂环类纤维、高强高模聚烯烃纤维、碳纤维,以及无机和金属纤维等,都属于高性能纤维的范畴。新型纤维在某些功能方面也具有普通纤维没有的特性,如光导功能、光致变色功能、导湿功能、导电功能、光热转化功能、保温功能、吸湿功能、消臭功能、杀菌功能、物质分类功能、吸附交换功能、生物相容功能等。某些新型纤维在服用纺织品的手感、风格、触觉、质感和成品外观等方面具有特殊贡献。

第二节 新型纤维的分类和应用

一、分类

新型纤维材料的分类方法众多,目前最常见的是将新型纤维分为高性能纤维、高功能纤维

和高感性纤维三大类。

高性能纤维是指对力、热、光、电等物理作用和酸、碱、氧化剂等化学作用有超常抵抗能力的一类纤维,分别具有高强度、高模量、耐高温、阻燃、耐腐蚀、防电子束辐射、防射线辐射等能力。高性能纤维通常用于制作尖端复合材料、产业用纺织品、特种防护用纺织品等,如:制作导弹壳体复合材料的芳纶 1414,制作高温烟尘过滤用无纺布的芳纶 1313,制作防弹衣、防弹头盔的芳香族聚酰胺、芳香族聚酯纤维、超高相对分子质量聚乙烯纤维,等等。

高功能纤维是对外部物理、化学因素作用,具有特定的响应能力,能实现一定功能的一类纤维。这种响应能力虽然没有达到像传感器那样的准确性和响应程度,但已能够实现一定的功能,如光导功能、光致变色功能、导湿功能、导电功能、光热转化功能、保温功能、吸湿功能、消臭功能、杀菌功能、物质分类功能、吸附交换功能、生物相容功能等。高功能纤维通常用于医疗保健(人工器官用纤维、医用缝纫线、止血纤维、抗菌防臭纤维)、功能性服装(保温、隔热、透湿、抗静电、变色迷彩)等。

高感性纤维是在高功能纤维中,在服用纺织品的手感、风格、触觉、质感和成品外观方面有特殊贡献,使最终产品在服用性能方面,或有独特风格,或优于天然纤维,或实现了特殊服用功能的一类纤维,是“新合纤”“新新合纤”“超仿真纤维”“超天然纤维”,以及后续各种新型服用纤维的总称,也被人们称作新感觉纤维。

本书根据新型纤维的性能特点及其应用将其分为新型生物质纤维、新型再生纤维素纤维、新型再生蛋白纤维、新型聚酯纤维、新型聚酰胺类纤维、新型聚烯烃类纤维、生物降解合成纤维、高性能合成纤维、服用功能性纤维、产业用功能性纤维、差别化纤维、无机纤维、纳米纤维等。

(1) 新型生物质纤维。

包括新型棉纤维(彩棉纤维、木棉纤维)、特殊麻纤维、新型毛纤维(马海毛、兔毛、牦牛毛、驼绒)、新型丝纤维(天然彩色蚕丝、野蚕丝、蜘蛛丝)和其他新型植物纤维(香蕉纤维、椰壳纤维、桑皮纤维、菠萝叶纤维、棕叶纤维、棉秆韧皮纤维、细菌纤维素纤维、天然胶原纤维、羽绒纤维等)。

(2) 新型再生纤维素纤维。

包括新型黏胶再生纤维(Lyocell 纤维、竹浆纤维、麻浆纤维、波里诺西克纤维)、纤维素衍生物纤维(羟基纤维素纤维、Modal 纤维、醋酸纤维素纤维、羟丙基甲基纤维)、溶剂法纺再生纤维(高湿模量黏胶纤维)。

(3) 新型再生蛋白纤维。

包括牛奶蛋白纤维、大豆蛋白纤维、蚕蛹蛋白纤维、羊毛角蛋白纤维、再生胶原蛋白纤维、再生蜘蛛丝、花生蛋白纤维。

(4) 其他新型再生纤维。

包括甲壳素纤维与壳聚糖纤维、海藻纤维等。

(5) 新型聚酯纤维。

包括 PPT(聚对苯二甲酸丙二酯)纤维、PBT(聚对苯二甲酸丁二酯)纤维、PEN(聚 2,6-萘二甲酸乙二酯)纤维、高相对分子质量 PET 纤维、新型复合聚酯纤维(CDP、ECDP)等。

(6) 新型聚酰胺类纤维。

包括尼龙 46、尼龙 11、尼龙 610、尼龙 1010 等。

(7) 新型聚烯烃类纤维。

包括氯化纤维(PVDC)、氟化纤维(PTFE、PVF、PVDF、FEP)、水溶性聚乙烯醇纤维、聚烯烃类弹性纤维、超高相对分子质量聚乙烯纤维等。

(8) 生物降解合成纤维。

包括脂肪族聚酯纤维(聚羟基丁酸酯纤维、聚羟基乙酸酯纤维)、聚乳酸纤维、聚乙醇酸纤维、聚己内酯纤维等。

(9) 高性能合成纤维。

包括高强柔性链烯烃类纤维(高强模量聚乙烯纤维、高强高模聚丙烯腈纤维、超高相对分子质量聚乙烯醇纤维)、芳香族聚酰胺纤维、半芳香族聚酰胺纤维、芳香族聚酯纤维、芳香族杂环类纤维、聚醚醚酮(PEEK)纤维、聚醚醚亚胺(PEI)纤维、聚苯硫醚(PPS)纤维、三聚氰胺甲醛纤维、酚醛纤维、聚苯砜酰胺纤维等。

(10) 服用功能性纤维。

包括智能纤维(调温纤维、变色纤维、形状记忆纤维、拒水拒油纤维)、抗静电纤维、防辐射纤维、防紫外线纤维、阻燃纤维、吸湿排汗纤维、抗菌防臭纤维、负离子纤维、护肤功能纤维等。

(11) 产业用功能性纤维。

包括导电纤维、光导纤维、分离功能纤维、智能凝胶纤维、医疗功能纤维等。

(12) 差别化纤维。

包括超细纤维、仿生纤维、异性纤维、仿丝、仿麻、仿毛纤维等。

(13) 无机纤维。

包括碳纤维、玻璃纤维、玄武岩纤维、陶瓷纤维(氧化铝纤维、硅酸铝纤维、氧化硅纤维)、碳纤维、金属纤维。

(14) 纳米纤维。

二、应用

(一) 服用中的应用

随着人们生活水平的提高,科技与经济文化的发展,人们对纺织品服用性能的要求越来越高,天然纤维与普通的化学纤维已远远不能满足人们的需要。开发新型的纤维材料,已经引起国内外纺织界的高度重视。

纺织面料的发展在很大程度上依赖于纺织纤维的进步。各国为开发新型纤维材料进行了多方面的努力,且部分研究成果已经推广,而且取得了一定的经济效益。进入 21 世纪,为了弥补天然纤维本身存在的缺陷,冒出了许多天然纤维的绿色分支,如彩色动物毛、彩色棉等;同时,人造纤维中出现了大豆蛋白纤维、竹纤维、天丝等,合成纤维中出现了高性能的芳纶和高强高模聚乙烯纤维。将蟹、虾壳经盐酸分解碳酸盐,以氢氧化钠溶液脱去蛋白质和脂肪,再经过脱色处理得到甲壳素,由此生成壳聚糖纤维;经湿纺工艺则制成牛奶蛋白纤维。利用这些新型的纤维,诞生了许多功能性的织物,如消臭织物、抗菌织物、药物织物、远红外织物、防紫外织

物、香味织物、电热织物、磁性织物等。

（二）产业中的应用

产业用纺织品是我国纺织经济新的增长点。近年来,新型的纤维材料在产业用纺织品中得到了广泛的应用,在提升传统产业用纺织品档次的同时,开发出了许多新的产品,在一定程度上很好地适应了高新技术产业的发展需要。表 1-1 是新型纤维在产业的应用领域和主要用途。其中具有代表性的主要有:膜结构纺织品,高性能纤维织物的表面经树脂涂层而制得;袋式过滤纺织品,主要采用耐高温纤维为原料,如聚苯硫醚、间位芳纶纤维和玻璃纤维等;农用产业纺织品;安全防护用纺织品;医疗卫生用纺织品;等等。

表 1-1 新型纤维在产业的应用领域和主要用途

应用领域	主 要 用 途
建筑、土木	土工布、堤坝防护、防水排水、增强修补材料、膜结构材料等
工 业	过滤布、涂层布、绳带、传送带、造纸毛毯、工业用毡、篷帆布、绝缘材料等
农林渔业	育秧布、果实防护袋、草皮基材、森林育成、滴灌管、渔网、养殖器具等
交通运输	装饰布、内衬料、地毯、消音隔热材料、行李箱、内饰板材、帘子线等
防 护	消防服、耐高温工作服、石化工作服、无尘服、特种防护服等
医疗卫生	手术纺织品、纱布、纸尿裤、医用工作服、人工器官材料、保健纺织品等
包 装	外包装材料、防震、填充材料等
国防军工	军服、防弹布、装备罩布、隐形材料、降落伞等
其 他	家具用布、帷幕、体育用纺织品、邮用布袋等

第三节 新型纤维的特点

随着科技的发展,新型纤维的研发与应用越来越广泛,其发展的特点主要有以下四个方面:

（一）数量

随着城市化速度的加快和工业的快速发展,天然纤维和普通化学纤维已不能满足人们对纺织产品质量和数量的要求,新型纤维的工业化生产使纤维的数量和产量迅速增加,为丰富和美化人们的生活,支持其他产业的发展,起到了越来越重要的作用。

（二）仿生

不断提高纤维及其产品的仿真水平,开发了仿真丝、仿毛及仿麻等差别化纤维。

（三）功能

随着科学技术的不断发展,新型纤维具有的功能也大为提高,如高感知性、高防水性、高透

湿性、高吸湿性、导电、发电、导光、防虫、抗菌、香味、生物相容性、高分离、高吸波、激发远红外线、防紫外线、发光、变色、产生负离子、自行修复等。随着新型纤维功能的大大提高,其综合性能从仿真到了超真。

(四) 基因

通过先进的生物工程技术,获取更新更多的纺织原料。研发的重点之一是通过细胞重组、基因转移来改造现有的动植物品种,从而开发绿色纤维,如彩色蚕丝、彩色棉、彩色羊毛、彩色兔毛等,而且可将目前还不能作为纺织原料的动植物纤维经过改良,从而达到用作纺织原料的目的。

第四节 新型纤维的发展趋势

纵观人类文明的发展史,人类在衣着方面一直追求更高、更好。直至当代,随着人类生活水平的提高和科技的发展,纺织行业的发展达到了一个崭新的高度。在纺织原料方面,新型纤维材料更是推陈翻新,不再拘泥于普通的棉、毛、丝、麻。随着高分子科学的发展,开发了各种高功能、高性能的新纺织材料。各种新型纤维材料已经应用到海洋、通讯信息、航空等高新产业。如今,世界各国均把发展新材料作为推动技术进步、发展经济的重要途径,各种新型纤维被作为当今高技术领域的重要材料,成为 21 世纪经济发展的一大支柱。

在全球可持续性发展战略的影响下,许多国家都在致力于研究既不影响生态环境,又能利用生态资源的新型纤维材料,并提出了新型纤维材料必须符合生态、环保、对人体健康无害的要求。采用绿色原料来开发生态性纤维,利用生物技术来发展可降解性纤维,选择节约资源、可回收利用的纤维原料,已成为目前新型纺织纤维发展的趋势。

利用绿色原料来开发新型纤维已经成为获得新型纤维材料的途径和主要开发热点。从食用的小麦、香蕉、玉米、大豆、牛奶、虾、蟹等,到昆虫、木材、蜘蛛等,都成为了新型纤维材料的来源。绿色原料包括原生态的自然物质,也包括以自然物质为基础的提炼物与原有纤维再加工的产物。

现代纺织要求纺织材料能够可循环、再生与可持续发展,故循环材料的开发与利用也是未来新型材料发展的趋势之一。天然的纤维材料是可再生的生物高分子资源,作为“从自然产生又回到自然”的资源循环型材料,具有不可替代的发展优势。人造纤维材料是传统的纺织材料,原料大多数是天然可再生的非石油资源,符合可持续性发展的需求。合成纤维大多数是石油化合物,且常规合成纤维不可降解、不可再生,因此合成纤维的再回收利用是生态材料研究的重点,也是节约能源和资源,促进合成纤维循环使用的一种最为积极的废弃物处理方法。开发有回收聚合物、纤维的原料再循环和回收单体的化学再循环系统是新型纤维材料发展的总趋势。

生态化新型纤维材料符合 21 世纪绿色环保型时代的要求。新世纪的新型纤维是材料工程、信息工程、生物工程等新型科学和传统科学综合研究的结果,因此其发展具有环保型、舒适型、天然型和功能型四项原则(表 1-2)。

表 1-2 新型纤维材料的发展原则

发展原则	具 体 要 求
环保型原则	随着科技的进步和人们生活水平的提高,以及环保意识和自我保护意识的增强,人们越来越重视纺织纤维的生产过程清洁化、消费使用过程中的健康化,以及使用后的可自行降解化
舒适型原则	在服用方面,消费者对服装除了外在风格的要求以外,更加重视材料的舒适度、保健性和功能性
天然型原则	由于天然纤维的良好性能,人们越来越倾向于天然纤维的使用,而天然纤维的产量和性能要求等原因不能大量投入生产,故要使化学纤维天然化
功能型原则	涉及高水平的科学技术和边缘科学,如工业、军事、医疗、宇航等领域所需要的纤维的技术指标大大高于一般常规纤维,又称为高技术纤维

参 考 文 献

- [1] 肖长发. 高性能纤维发展概况[J]. 纺织导报, 2005(8):50-60.
- [2] 施媚梧. 新型纤维材料及其在纺织中的应用[J]. 棉纺织技术, 2005, 33(15):649-652.
- [3] 郑慧. 新型纤维服用性能研究[D]. 重庆:西南农业大学, 2005:5-6.
- [4] 王曙中. 高科技纤维在产业用纺织品中的应用及发展趋势[J]. 产业用纺织品, 2002(3):62-64.

第二章 纤维的结构与性能指标

第一节 纤维结构基础

一、高分子的基本概念

(一) 结构单元和聚合度

高分子化合物是由许多结构单元相同的小分子化合物,通过化学键连接而成的。高分子链中的重复单元,也叫作结构单元或链节。

重复单元的数量,称为聚合度,用 DP 表示。一个高分子化合物的相对分子质量 M 可用下式表示:

$$M = DP \times M_0 \quad (2-1)$$

其中, M_0 为单体的相对分子质量。高分子化合物的相对分子质量为聚合度的整数倍。

(二) 单体和单体单元

形成聚合物的小分子,称为单体;单体在聚合物中的存在形式,称为单体单元。

(三) 均聚物和共聚物

由一种单体聚合而成的聚合物,称为均聚物;由两种或两种以上单体聚合而成的聚合物,称为共聚物。

(四) 聚合反应

由小分子单体通过化学方法得到高分子的过程,称为聚合反应。通过单体分子中某些官能团之间的缩合,聚合成高分子的反应,称为缩聚反应。烯类单体通过加成,聚合成高分子的反应,称为加聚反应。

(五) 相对分子质量与相对分子质量分布

以数量为统计权重的数均相对分子质量,定义为:

$$\bar{M}_n = \frac{\sum_i n_i M_i}{\sum_i n_i} = \frac{\sum_i N_i M_i}{\sum_i N_i} \quad (2-2)$$

以质量为统计权重的质均相对分子质量,定义为:

$$\bar{M}_w = \frac{\sum_i n_i M_i^2}{\sum_i n_i M_i} = \frac{\sum_i w_i M_i}{\sum_i w_i} = \sum_i W_i M_i \quad (2-3)$$

以 z 值为统计权重的 z 均相对分子质量, z_i 定义为 $w_i M_i$, 则 z 均相对分子质量的定义为:

$$\bar{M}_z = \frac{\sum_i z_i M_i}{\sum_i z_i} = \frac{\sum_i w_i M_i^2}{\sum_i w_i M_i} = \frac{\sum_i n_i M_i^3}{\sum_i n_i M_i^2} \quad (2-4)$$

用黏度法测得稀溶液的平均相对分子质量为黏均相对分子质量, 定义为:

$$\bar{M}_v = \left(\sum_i W_i M_i^a \right)^{1/a} \quad (2-5)$$

这里的 a 是指 $[\eta] = KM^a$ 公式中的指数。

相对分子质量分布是指聚合物试样中各个级分的含量和相对分子质量的关系。相对分子质量分布指数定义为:

$$D = \frac{\bar{M}_w}{\bar{M}_n} \quad (2-6)$$

D 值越大, 表示相对分子质量分布越宽。天然高分子的 D 值可达 1, 完全均一; 合成高分子的 D 值一般为 1.5~50。

二、高分子的结构层次

表 2-1 高分子的结构层次

名称	内容	备注
链结构	一级结构 (近程结构)	结构单元的化学组成 键接方式 构型(旋光异构、几何异构) 几何形状(线形、支化、网状等) 共聚物的结构
	二级结构 (远程结构)	指由若干重复单元组成的链段的排列形状
三级结构(聚集态结构、 聚态结构、超分子结构)	晶态 非晶态 取向态 液晶态 织态	指在单个大分子二级结构的基础上, 许多这样的大分子聚集在一起而成的聚合物材料的结构

三、高分子链的近程结构

(一) 高分子链的化学结构

可分为以下四类:

① 碳链高分子, 主链全是碳, 以共价键相连;

- ② 杂链高分子,主链上除了碳,还有氧、氮、硫等杂原子;
- ③ 元素有机高分子,主链上没有碳;
- ④ 梯形和螺旋形高分子。

(二) 链接方式

指结构单元在分子链上的连接方式(主要对加聚产物而言,缩聚产物的链接方式一般是明确的)。单烯类的链接方式有头-尾链接和聚 α -烯烃头-头(或称尾-尾)链接两类。

(三) 构型

构型是分子中化学键固定的几何排列。这种排列是稳定的。要改变构型,必须经过化学键的断裂和重组。单链内旋转不能改变构型。构型主要有旋光异构和几何异构两种。

聚 α -烯烃的结构单元存在不对称碳原子,每个链节都有D和L两种旋光异构体,它们在分子链中有三种链接方式,即三种旋光异构体:全同立构,间同立构,无规立构。

全同立构和间同立构高聚物合称“等规高聚物”,等规异构体所占的百分数称为等规度。由于内消旋和外消旋作用,等规高聚物没有旋光性,等规度越高,越易结晶,也具有较高强度。

(四) 共聚物的结构

共聚的目的是改善高分子材料的性能,因而共聚物常具有几种均聚物的优点。

四、高分子链的远程结构

(一) 内旋转

指高分子在运动时C—C单键绕轴旋转(图2-1)。

(二) 构象

由于单键能内旋转,高分子链在空间中会存在数不胜数的不同形态,称为构象。高分子链有五种构象,即无规线团、伸直链、折叠链、锯齿链和螺旋链。

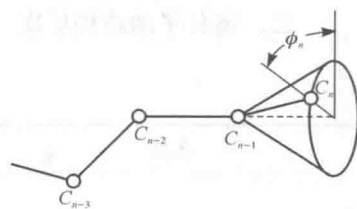


图2-1 单键能内旋转

(三) 高分子链的柔顺性

指高分子链能改变其构象的性质。影响高分子链柔顺性的主要因素如下:

1. 主链结构

主链上的杂原子使柔性增大,原因是键长和键角增大,以及杂原子上无取代基或少取代基。主链上的芳环使柔性下降,因为芳环不能旋转,减少了会旋转的单键数目。共轭双键使柔性大大下降,因为共轭 π 电子云没有轴对称性,不能旋转。孤立双键使柔性大为增加,因为相邻的单键键角较大(120°),且双键上的取代基较少(只有一个)。

归纳以上结论,主链柔性的顺序一般有如下规律:

