



国家科学技术学术著作出版基金资助出版

材料新技术丛书

先进高分子材料

ADVANCED POLYMER MATERIALS

沈新元 主编

东华大学材料科学与工程学院 编



中国纺织出版社

内 容 提 要

本书用通俗易懂的文字介绍了高分子材料领域的若干最新进展。全书的重点集中于高性能纤维、功能纤维、化纤新品种三个方面,同时覆盖了复合材料与非纤维功能高分子材料的一些研究领域。

本书适合广大科技工作者、研究生和本科生阅读。尤其适合作为高等院校高分子材料与工程专业的“专业前沿课程”教材。

图书在版编目(CIP)数据

先进高分子材料 魏新元主编. 东华大学材料科学与工程学院
编. 北京: 中国纺织出版社, 2006.
(材料新技术丛书)

陈景元 魏新元 魏新元 魏新元

I 魏... II 魏...②东 III 高分子材料 IV 魏新元

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 000000 号

策划编辑: 李东宁 责任编辑: 孙 玲 责任校对: 楼旭红
责任设计: 李 歆 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 26 号 邮政编码: 100027

邮购电话: (010) 64015000 传真: (010) 64015000

网址: <http://www.c-textile.cn>

印刷: 魏新元 魏新元 魏新元 魏新元

三河市世纪兴源印刷有限公司印刷 三河永成装订厂装订

2006 年 01 月第 1 版第 1 次印刷

开本: 160mm×240mm 1/16 印张: 10.5

字数: 200 千字 印数: 1000 定价: 18.00 元

陈景元 魏新元 魏新元 魏新元 魏新元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社市场营销部调换

前 言

自从 20 世纪 50 年代高分子学科产生以来,高分子科学与技术的发展极为迅速,高分子材料的应用极其广泛。特别是一些新型高分子材料的生产技术涉及物理、化学、生物、信息、能源、环境和医学等多学科之间的交叉和融合,这些材料已经成为能源、生物、医药、信息和国防等高新技术发展与进步不可或缺的基石,正影响和改变着人类的生活质量和生活方式。我们将这类新型高分子材料称为先进高分子材料,作为高技术的一个分支介绍给广大科技工作者、高等院校研究生和本科生。

本书是由东华大学材料科学与工程学院的全体博士生导师执笔(部分章节有青年博士参与撰写)。作者结合自己的科研工作,力求用通俗易懂的文字介绍先进高分子材料领域的若干最新进展。

本书分为 5 章,由 5 个部分组成。在第一章中,郁铭芳院士全面展望了化学纤维在 21 世纪的发展动向,成为全书的总纲。第二章至第七章的主要内容为高性能纤维及复合材料,由胡祖明、刘兆峰、潘鼎、江建明、李光、梁伯润、余木火教授与尤秀兰博士分别介绍超高分子量聚乙烯纤维、芳香族聚酰胺纤维、碳纤维、芳纶纤维、分子复合材料、原位复合材料和长纤维增强复合

材料的制备技术、结构性能及用途。第八章至第十四章的主要内容为功能高分子材料,由顾利霞、朱美芳、王庆瑞、赵炯心、吴承训、陈大俊、沈新元教授和张幼维、宋洪祥、左兰博士分别介绍生物大分子基纤维、聚合物基纳米功能纤维、生物功能纤维、可生物降解纤维、非线性光学有机聚合物材料、形状记忆聚氨酯和智能纤维的制备技术、结构性能及用途。第十五章至第十七章的主要内容为化学纤维新品种,由胡学超、邵惠丽、黄象安、陈彦模、张瑜教授分别介绍 涤纶纤维、涤纶纤维、细旦和超细旦聚丙烯纤维的制备技术、结构性能及用途。在第十八章中,王依民教授介绍了新型化学纤维在产业领域的应用。

先进高分子材料品种繁多,发展迅猛。虽然题为《先进高分子材料》,但由于作者们难以做到对自己研究工作之外领域有全面的把握和深刻的理解,因此本书不可能对各种先进高分子材料做系统的论述,而是将重点集中于高性能纤维、功能纤维和化纤新品种三个方面。这体现了作者所在学科的优势和特色。同时,本书也涉及复合材料与功能高分子材料的一些研究领域,从中可以看到作者所在学科的发展动向。

由于作者水平有限,疏误在所难免,恳请专家和读者批评指正。希望本书对于介绍先进高分子材料著作的编撰,能起到抛砖引玉的作用。

本书各章作者的编写工作得到了助手和学生的协助。大连轻工学院教授郭静和东华大学博士研究生李慧在全书的整理中做了许多工作。作者在此表示一并致谢。

编者

2005年 11月

目 录

员	21世纪的化学纤维	员
一、	化纤和化纤工业将更加兴旺发达	圆
二、	纤维材料具有其他材料不能替代的特征	圆
三、	两大新化纤品种	猿
四、	聚酯纤维的新品种	远
五、	细旦纤维向纳米纤维目标进展	愿
六、	高性能特种纤维——高科技领域不可缺少的 纤维材料	怨
七、	催化剂、添加剂、溶剂、油剂等各种助剂将在化纤 发展中起举足轻重的作用	员
八、	非织造布——化纤—纺织工艺革命的重要途径	圆
九、	仿生学——化纤科技进步的智慧宝库	圆
	参考文献	猿
圆	超高分子量聚乙烯纤维	员
第一节	前言	猿
第二节	实现纤维高强化的途径	员
一、	高分子量	员

二、高取向度和高结晶度	猿
三、高环化度和环化取向度	愿
四、高石墨化度	愿
五、高致密度	愿
第三节 高分子的缠结和解缠结	愿
一、高分子缠结概念	愿
二、高分子缠结的理论和缠结的测试方法	愿
三、缠结对高聚物材料性能的影响	愿
四、高分子缠结和解缠结以及在成纤加工中的 应用	愿
第四节 超高分子量聚合物的凝胶纺丝	愿
一、概述	愿
二、凝胶纺丝的基本原理	愿
三、凝胶纺丝工艺介绍	猿
第五节 超高分子量纤维的结构、性能与应用	猿
一、超高分子量纤维的结构和性能	猿
二、超高分子量纤维的主要用途	愿
三、纤维的改性研究发展情况	缘
参考文献	缘
 猿 芳香族聚酰胺纤维	缘
第一节 前言	缘
第二节 芳香族聚酰胺的化学结构	远
第三节 高强高模芳酰胺纤维	远
一、芳酰胺纤维的结构性能	远
二、芳酰胺聚合体的制备	猿

三、芳纶纤维的制备	猿
四、制备芳纶纤维的新工艺、新技术	猿
五、芳纶纤维的用途	猿
第四节 耐高温芳酰胺纤维	猿
一、间位芳香族聚酰胺纤维的结构与性能	猿
二、间位芳香族聚酰胺聚合物的制备	猿
三、间位芳香族聚酰胺纤维的制备	猿
四、间位芳香族聚酰胺纤维品种及应用	猿
第五节 芳香族聚酰胺浆粕	猿
一、芳纶浆粕的结构与性能	猿
二、芳纶浆粕的制备	猿
三、芳纶浆粕的应用	猿
参考文献	猿
 源 碳纤维	猿
第一节 碳纤维简介	猿
一、碳纤维的定义、特性及分类	猿
二、国内外碳纤维发展概况	猿
第二节 碳纤维的主要性能及用途	猿
一、碳纤维的主要性能	猿
二、碳纤维在军事领域的应用	猿
三、碳纤维在支柱产业中的广泛应用	猿
第三节 国内芳纶基碳纤维发展、研究概况	猿
一、国内碳纤维发展、研究现状	猿
二、国内外差距的原因分析	猿
三、影响碳纤维强度的理论分析	猿

四、提高碳纤维强度应采取的对策	员猿
参考文献	员源
缘 聚对亚苯基苯并二噁唑纤维	员苑
一、纤维的发展简介	员愿
二、纤维的合成	员怨
三、纤维的纺丝及后处理	员怨
四、纤维的性能与结构	员圆
五、纤维的应用	员圆
参考文献	员猿
远 高分子液晶及其复合材料	员苑
一、高分子液晶概述	员苑
二、分子复合材料	员苑
三、原位复合材料	员源
四、展望	员苑
参考文献	员愿
苑 长纤维增强热塑性复合材料	圆员
第一节 复合材料概述	圆员
一、复合材料的定义	圆员
二、复合材料的特点	圆员
三、复合材料的分类	圆圆
四、复合材料的应用	圆圆
五、复合材料的发展方向和前景	圆源
第二节 复合材料的聚合物基体	圆缘

一、聚合物基体的作用	圆缘
二、常用作基体的聚合物	圆缘
第三节 复合材料的界面	圆缘
一、复合材料界面的重要性	圆缘
二、复合材料的界面理论	圆远
三、复合材料界面的表征	圆远
四、纤维表面处理	圆范
第四节 长纤维增强热塑性复合材料	圆园
一、长纤维增强热塑性复合材料(蕴砸孕)简介	圆园
二、长纤维增强热塑性复合材料的应用领域	圆猿
三、玻璃纤维毡增强热塑性塑料片材(圆云栽)	圆源
参考文献	圆范
 愿 生物大分子基纤维	圆园
第一节 世界纤维的发展现状及面临的问题	圆园
第二节 生物高分子制备纤维的目的和意义	圆猿
第三节 生物高分子基纤维发展现状	圆源
一、天然蛋白质与高聚物复合纤维	圆缘
二、糖类与高聚物复合纤维	圆远
三、天然生物材料的原生态结构和仿生成形研究	圆缘
参考文献	圆远
 怨 高聚物基纳米功能纤维	圆源
第一节 纳米纤维的制备方法	圆源
一、纺丝加工方法	圆范
二、分子及模板法	圆猿

三、化合物蒸气沉积技术	国国
第二节 纳米复合纤维的研究	国国
一、无机纳米颗粒表面修饰及其纳米复合纤维的 连续化制备	国装
二、纤维成型过程中的有机纳米相态控制研究	国源
三、高分子纳米复合颗粒的制备	国远
参考文献	国愿
国 生物功能纤维	国远
第一节 生物领域用的各种分离技术	国员
一、概述	国员
二、生物产品的特点	国员
三、生物制品的纯化过程	国国
四、纯化过程的发展动向	国装
五、膜分离技术	国源
第二节 医用纤维	国苑
一、概述	国苑
二、高吸水性纤维材料	国苑
三、医用缝合线	国愿
四、人造皮肤	国愿
五、人工脏器	国愿
第三节 高分子药物与药物纤维	国园
一、高分子药物	国园
二、药物纤维	国员
参考文献	国园

150	可生物降解纤维	150
第一节	影响纤维降解的因素	150
一、	聚合物原料	150
二、	环境因素	150
第二节	可降解性能的测试与表征	150
第三节	可生物降解纤维	150
一、	天然高分子及其衍生物	150
二、	微生物合成高分子	150
三、	化学合成高分子	150
四、	双组分纤维	150
五、	结束语	150
	参考文献	150
150	非线性光学有机聚合物材料	150
第一节	非线性光学材料的一些基本概念	150
一、	非线性光学效应	150
二、	非线性光学材料	150
第二节	二阶非线性光学有机聚合物材料研究	150
一、	生色团化合物的分子设计与合成	150
二、	二阶非线性光学聚合物材料的合成	150
三、	非线性效应的测试表征	150
第三节	研究现状及展望	150
	参考文献	150
150	形状记忆聚氨酯	150
第一节	前言	150

第二节 形状记忆机理	猿远
第三节 形状记忆 的研究现状	猿苑
一、实验研究	猿苑
二、理论探讨	猿园
第四节 形状记忆 的制备	猿圆
第五节 形状记忆 的应用	猿猿
一、利用透湿气性的变化	猿猿
二、利用形状固定性及形状回复性	猿源
三、利用体积膨胀率的变化	猿源
四、利用阻尼的变化	猿源
五、利用弹性模量的变化	猿缘
第六节 发展前景	猿缘
参考文献	猿远

员源 智能纤维	猿怨
第一节 概述	猿怨
一、智能材料与智能纤维的概念	猿怨
二、智能纤维的设计思路	猿圆
第二节 智能纤维的制备技术	猿远
一、智能成纤聚合物直接纺丝	猿苑
二、接枝共聚	猿苑
三、交联	猿愿
四、共混与添加	猿怨
五、复合与杂化	猿圆
六、高分子化学反应	猿猿
七、后处理	猿猿

第三节 主要的智能纤维	猿园
一、形状记忆纤维	猿猿
二、自适应性凝胶纤维	猿苑
三、蓄热调温纤维	猿愿
四、变色纤维	猿源
第四节 智能纤维的应用前景	猿怨
一、服装领域	猿怨
二、装饰领域	猿园
三、产业领域	猿园
参考文献	猿园
缘 Lyocell 纤维	猿苑
第一节 纤维的研究背景	猿苑
一、纤维制备过程的特点	猿苑
二、纤维的国内外开发现状	猿猿
第二节 纤维国产化技术的研究开发	猿源
一、纤维素的溶解	猿源
二、纤维素溶液的质量控制	猿愿
三、纤维素 转酞酸水溶液的纺丝	源园
四、溶剂回收	源源
第三节 纤维在我国的发展前景	源缘
一、纤维的应用前景	源缘
二、我国发展 纤维的经济与社会效益	
预测	源远
参考文献	源远

1.1 新型聚酯与纤维的研究	1.1
第一节 新型聚酯纤维	1.1
一、纤维的发展	1.1
二、纤维的合成	1.1
三、纤维的结晶性能	1.1
四、纤维的熔融纺丝	1.1
五、纤维的特性	1.1
六、纤维应用开发的新进展	1.1
七、纤维开发动态	1.1
第二节 聚对苯二甲酸环己二甲酯	1.1
一、制备方法	1.1
二、性能特征	1.1
参考文献	1.1
1.2 细旦、超细旦聚丙烯纤维	1.2
第一节 前言	1.2
第二节 细旦、超细旦聚丙烯纤维的开发现状	1.2
第三节 细旦、超细旦聚丙烯纤维及其织物的性能	1.2
一、细旦、超细旦聚丙烯纤维的性能特点	1.2
二、细旦、超细旦纤维织物及其加工性能特点	1.2
三、细旦、超细旦聚丙烯纤维及其织物性能表征与特点	1.2
第四节 细旦、超细旦聚丙烯纤维的制备	1.2
一、制备细旦聚丙烯长丝专用聚丙烯树脂的性能特点	1.2
二、细旦、超细旦丙纶长丝的生产工艺过程和特点	1.2
三、各种工艺路线的参数	1.2

四、细旦聚丙烯纤维的结构与性能	源远
第五节 细旦可染聚丙烯纤维	源恩
一、聚丙烯纤维染色改性方法	源恩
二、高分子聚合物添加剂的改性技术	源猿
三、细旦可染聚丙烯纤维的结构与性能	源源
第六节 新型多功能细旦聚丙烯纤维	源远
一、细旦抗菌保健聚丙烯纤维	源苑
二、细旦防紫外线聚丙烯纤维	源愿
第七节 茂金属催化剂聚丙烯及其纤维	源圆
一、茂金属催化聚丙烯的性能和应用	源圆
二、不同催化剂聚丙烯及其共混体系性能的比较	源远
参考文献	源恩
 5愿 产业用高分子纤维	源员
一、全球纤维概况	源圆
二、我国化纤产业概况	源圆
三、新世纪化纤业发展的趋势	源猿
四、高性能纤维、功能性纤维	源缘
五、仿生学与化纤科技进步	源苑
六、世界及我国产业用纤维材料的市场预测	源愿
参考文献	源缘

圆世纪的化学纤维

郁铭芳

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

科学出版社

从圆世纪 缘年代粘胶纤维问世以来,化学纤维已经过了一百多年的发展历程,特别在圆世纪 猿年代尼龙实现工业化生产后,发展更为迅猛,取得了丰硕的成果。今天,化学纤维的世界总产量已超过了天然纤维的世界总产量,圆年纺织纤维总产量达远万吨,其中,化学纤维总产量为猿万吨,占纺织纤维总产量的缘豫,天然纤维总产量为圆万吨,占源豫。在质量和性能上,化学纤维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棉、毛、丝等天然纤维纺织品。化学纤维在科学技术上所取得的进展也大大超过天然纤维,出现了许多新品种,如涤纶、丙纶、腈纶、氨纶、维纶和芳纶。新工艺如连续聚合、高速纺丝、复合纺丝等。新技术如自动化、连续化、大型化等均研究成功,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,而且已成为经济建设中其他领域包括航天、航空、石油化工、农业、电子通讯、水利、土木、建筑、交通运输、医药卫生等部门所不可缺少的重要材料。

一、化纤和化纤工业将更加兴旺发达

由于世界人口仍将不断增加,人民生活水平仍将有所提高,纤维材料的用途不断开拓,化学纤维总产量仍将进一步提高。

1950年世界人口约为 猿亿,到 2000年已超过了 远亿,平均年增加率从 20世纪 50年代的约 0.02%逐步下降到 80年代的约 0.01%。1950~2000年间每年平均增加约 200万人,如按此数字计算,到 2050年则世界总人口预计将达到 10亿。按联合国人口基金组织的报告,如果今后出生率保持在每对夫妻生两个孩子,则到 2050年世界人口将达 8.5亿。

1950年世界人均纤维消耗量约为 缘kg,随着生活水平的提高和纤维用途的开发,1980年人均纤维消耗量提高到 20kg,平均每年增加消耗 0.2kg。按此数字估计,到 2050年人均纤维消耗量将达 50~60kg。

根据以上数据,可以推测 2050年世界纤维年总需求量将达到 5亿~6亿吨。天然纤维由于受到自然条件的限制,在基因工程突破前,产量不可能大幅度增长,因此纤维需求量的增长主要靠化学纤维的增产。由此可推测 2050年化学纤维的需求量将达 4.5亿吨以上。

二、纤维材料具有其他材料不能替代的特征

众所周知,纤维的物理形态是长而细,长径比在 1000以上。从理论上讲,可纺制成长度无限的材料,可以纺织,也可以和其他材料复合。

主要化学纤维和天然纤维都是有机高分子化合物,是高分子材料的重要组成部分。高分子材料和金属材料、无机材料相比虽然起步较迟,但发展速度超过其他材料,目前高分子材料世界总产量按