

纺织新技术书库③7

---

*Zhi Neng*

功能纤维与智能材料

---

高洁 王香梅 李青山 编著



中国纺织出版社

## 内 容 提 要

本书全面阐述了功能纤维与智能材料的最新成果,系统地总结了我国及世界发达国家或地区在这方面的新技术和生产经验。该书的侧重点为材料的功能化方法、各种功能纤维的结构和性能、智能材料及纳米材料的开发与应用。同时,该书介绍了未来纤维材料的发展趋势。

本书可供纺织、染整、化纤、材料和相关行业从事科研、生产的工程技术人员以及大专院校师生阅读、参考。

### 图书在版编目(CIP)数据

功能纤维与智能材料/高洁,王香梅,李青山编著. —北京:中国纺织出版社,2004.4

(纺织新技术书库⑦)

ISBN 7-5064-2691-9/TS·1689

I. 功... II. ①高... ②王... ③李... III. ①功能性纤维:纺织纤维②智能材料—纺织纤维 IV. TS102.52

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 117564 号

---

策划编辑 唐小兰 责任编辑 吴嘉云 责任校对 楼旭红

责任设计 李 然 责任印制 刘 强

---

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

电话 010—64160816 传真 010—64168226

http://www.c-textilep.com

E-mail faxing@ c-textilep.com

中国纺织出版社印刷厂印刷 各地新华书店经销

2004 年 4 月第 1 版第 1 次印刷

开本 880×1230 1/32 印张 9

字数 208 千字 印数 1—3000 定价 28.00 元

---

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社市场营销部调换

# 序

---

功能纤维与智能材料是近年来发展较快的交叉和综合学科。它不仅在轻工、化工、纺织、染整、医疗保健、国防科技、航天航空技术中应用广泛,而且在信息科学、生命科学、材料科学、新能源科学以及纳米技术等高新技术领域中也有广泛的应用,并在不断地迅速扩大。因此,该书的出版是非常必要和适宜的。

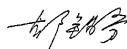
本书共分八章,对最新的功能纤维与智能材料做了较全面的介绍。第一章介绍了功能高分子材料、功能纤维的概念与分类、智能材料、智能纤维材料;第二章介绍了功能高分子材料、功能纤维的功能设计原理和开发,利用合成方法控制聚合物的结构及高分子材料功能反应;第三章主要介绍了高分子染料种类、合成及应用和各种变色功能纤维材料;第四章介绍健康功能纤维,包括减轻人体负荷的纤维、新型保健甲壳质纤维、生物降解功能纤维与材料、丝素蛋白纤维材料、远红外保健功能纤维;第五章介绍生态功能纤维,其中主要介绍了 Tencel 纤维、聚乳酸(PLA)纤维、大豆蛋白改性纤维、有利于环保的化学纤维;第六章介绍纳米材料与功能纤维,主要讲述了纳米材料的结构及特性,以及利用纳米材料

开发的功能纤维 ;第七章介绍智能材料 ,重点介绍了智能材料的概念、分类和设计思路 ,此外还介绍了热致感应型形状记忆高分子材料、智能高分子凝胶、纳米技术与智能材料 ,进而创制出智能纤维 ;第八章介绍未来纤维材料 ,包括 21 世纪纤维材料的发展方向、新技术纤维、新纤维及未来的服饰。

本书由高洁、王香梅、李青山共同编著。其中第一章由李青山、高洁合作编写 ;第二章、第三章、第五章由齐齐哈尔大学高洁编写 ;第四章、第六章、第七章由华北工学院王香梅编写 ;第八章由李青山、王香梅合作编写。三位作者来自教学第一线 ,积累了丰富的教学经验 ,并查阅了大量的中外文献 ,精心编著了《功能纤维与智能材料》一书。该书总结了功能纤维与智能材料方面研究的最新成果、应用情况和发展趋势 ,希望该书的问世能为这一领域的发展起到积极的推动作用。

基于上述原因 ,本人愿意作序并推荐给中国纺织出版社正式出版 ,希望该书能早日与广大读者见面。

中国工程院院士



2003 年 1 月 12 日

# 目 录

---

第一章 绪论 .....	1
第一节 功能高分子材料 .....	2
一、功能高分子材料的概念 .....	2
二、功能高分子材料分类 .....	3
第二节 功能纤维 .....	8
一、功能纤维概念及功能分类 .....	8
二、一些特殊功能纤维简介 .....	11
第三节 智能纤维材料 .....	20
一、智能纤维材料 .....	20
二、智能纤维材料的设计 .....	22
三、智能纤维材料与纳米科技 .....	23
四、智能纤维材料展望 .....	25
参考文献 .....	25
第二章 高分子材料的功能化 .....	28
第一节 功能高分子材料的功能设计原理 和开发 .....	28
一、一次功能高分子材料 .....	28
二、二次功能高分子材料 .....	29
三、功能高分子材料的设计原理与开发 .....	30
第二节 利用合成方法控制结构(功能) .....	32

一、体型交联聚合物的合成 .....	32
二、等离子体聚合 .....	38
三、电解聚合 .....	44
第三节 高分子材料功能反应 .....	46
一、导入功能团 .....	46
二、分子内交联 .....	58
三、分子间交联 .....	60
四、分解与稳定化 .....	62
五、表面界面功能化 .....	63
第四节 功能高分子材料的进展 .....	64
一、功能性膜材料 .....	65
二、导电功能材料 .....	66
三、信息转换及信息记录材料 .....	66
四、医用高分子材料 .....	67
五、智能高分子材料 .....	67
参考文献 .....	68
第三章 变色材料与纤维 .....	69
第一节 高分子染料 .....	69
一、高分子染料的种类 .....	69
二、高分子染料的合成 .....	78
三、高分子染料的应用 .....	80
第二节 变色纤维材料 .....	80
一、光致变色材料 .....	80
二、热致变色材料 .....	87
三、酸敏(致)变色材料 .....	92
四、湿敏(致)变色材料 .....	94
五、电致变色材料 .....	95

六、变色纤维材料的应用 .....	95
参考文献 .....	96
第四章 健康功能纤维 .....	97
第一节 绪论 .....	97
一、功能性纤维的开发方向 .....	97
二、健康功能纤维的原理与开发 .....	98
第二节 减轻人体负荷的功能纤维 .....	105
一、减轻人体负荷的功能纤维的制造 .....	105
二、减轻人体负荷的功能纤维的性质 .....	106
三、减轻人体负荷的功能纤维的发展 .....	108
第三节 新型保健甲壳质纤维 .....	109
一、甲壳质和脱乙酰甲壳质的来源 .....	111
二、甲壳质和脱乙酰甲壳质的化学性 .....	111
三、甲壳质和脱乙酰甲壳质纤维 .....	113
四、甲壳质纤维材料的特性 .....	116
五、甲壳质纤维的用途 .....	116
第四节 生物降解功能纤维与材料 .....	117
一、生物降解功能纤维的制造方法 .....	118
二、医疗用生物降解纤维及材料应具有 的性质 .....	120
三、生物降解纤维及材料在医疗领域中 的主要应用及功能 .....	121
第五节 丝素蛋白纤维材料 .....	124
一、丝素膜的制备 .....	125
二、丝素蛋白作为生物活性物的载体 及应用 .....	126
三、丝素创面覆盖膜 .....	129

四、丝素蛋白作为药物缓释材料 .....	131
五、丝素蛋白生物材料 .....	132
第六节 远红外线保健功能纤维 .....	133
一、远红外线及其性质 .....	134
二、远红外线对生物体的作用 .....	134
三、纺织品用远红外辐射功能涂料 .....	136
四、远红外线保温功能涂料的应用 .....	138
参考文献 .....	142
第五章 生态功能纤维 .....	144
第一节 生态功能纤维及纺织品 .....	144
一、生态功能纺织品的概念 .....	144
二、生态功能纺织品的产生 .....	145
三、纺织生态 .....	147
四、生态纺织品的标准 .....	148
五、生态纺织品的发展趋势 .....	149
第二节 绿色纤维——Tencel .....	151
一、Tencel 纤维简介 .....	151
二、Tencel 纤维的生产 .....	153
三、Tencel 纤维的染整加工 .....	154
四、Tencel 纤维发展趋势 .....	155
第三节 绿色环保纤维——聚乳酸(PLA) 纤维 .....	156
一、PLA 生物降解聚合物特性及应用 .....	156
二、PLA 纤维的性能 .....	158
三、PLA 纤维的生产 .....	160
四、PLA 纤维的用途 .....	162
五、PLA 纤维的开发 .....	163

第四节 大豆蛋白改性纤维 .....	164
一、大豆蛋白改性功能纤维的性质 .....	164
二、大豆蛋白改性功能纤维的应用 .....	167
三、大豆蛋白改性功能纤维的发展趋势 .....	169
第五节 对环境有贡献的化学纤维 .....	170
一、引言 .....	170
二、对环境保护有贡献的化学纤维 .....	171
参考文献 .....	174
第六章 纳米材料与功能纤维 .....	175
第一节 纳米材料 .....	175
一、纳米材料的结构 .....	176
二、纳米材料的制备 .....	177
三、纳米材料的特性 .....	178
四、纳米材料的表面改性 .....	180
第二节 利用纳米材料开发功能纤维 .....	182
一、抗紫外线(紫外线屏蔽)功能纤维 .....	184
二、纳米抗菌功能纤维 .....	187
三、纳米反射红外线和抗红外线纤维 .....	194
四、纳米导电—抗静电纤维 .....	195
五、其他方面的应用 .....	196
参考文献 .....	197
第七章 智能材料 .....	199
第一节 智能材料 .....	199
一、智能材料的概念 .....	199
二、智能结构与系统 .....	201
三、智能材料的分类 .....	203

四、智能材料的设计思路 .....	205
五、进展中的智能材料 .....	206
第二节 热致感应型形状记忆高分子材料 .....	210
一、形状记忆原理 .....	212
二、形状记忆效果 .....	213
三、冷变形成型的 SMP .....	215
四、形状记忆高分子材料的要求 .....	216
五、SMP 的制备方法 .....	217
第三节 智能高分子凝胶 .....	220
一、高分子凝胶发展现状 .....	220
二、凝胶的性质 .....	223
三、凝胶的应用前景 .....	234
四、结束语 .....	238
第四节 纳米技术与智能材料 .....	239
第五节 智能纺织品 .....	243
一、智能纺织品定义 .....	243
二、智能纺织品的开发与应用 .....	244
参考文献 .....	247
第八章 未来纤维材料 .....	249
第一节 21 世纪纤维材料的发展方向 .....	249
一、新的高次结构控制法的开发 .....	250
二、通过高次结构的控制开发高性能 聚合物的高功能化 .....	253
三、开发生物功能纤维的新生产工艺 .....	256
第二节 高技术纤维 .....	257
一、高科技产业用纤维制品 .....	257
二、高科技产业用纤维增强复合材料 .....	259

第三节 新纤维及未来的服饰 .....	261
一、服用纤维的差别化 .....	263
二、特种纤维的材料化和功能化 .....	263
三、工艺和生产的高效化 .....	264
四、生产线的弹性化 .....	265
五、加工功能化方法 .....	266
六、未来服饰 .....	267
参考文献 .....	268

# 第一章 摇绪摇论

材料是科学与工业技术发展的物质基础。一种新材料的出现,能为社会发展与人类文明带来巨大的变化,给新技术的发展带来划时代的突破。当今,新能源科学、信息科学、生命科学和新材料科学被认为是现代科学发展的重要组成部分,而新材料又是高新技术发展的基础,其中,功能纤维织物是新材料的重要组成部分之一。

新材料的出现,往往对技术创新的重大突破提供可能。所以,工业发达的国家或地区都把新材料的研究与开发放在特殊重要的地位。

新材料很重要的部分是功能高分子材料与功能材料,它是材料领域中发展异常迅猛的一类,其应用越来越广泛,越来越重要,对人类的生存与发展有着特别重要的意义和作用。

目前,进一步发展高分子材料、纺织技术、加工技术的同时,利用这些技术开发新性能、功能、智能、绿色环保、纳米等纤维材料,并把它们应用到纺织、电子、情报、建筑、航空、海洋等新开拓的领域,从而将逐渐形成系统的功能纤维学科。

对于功能纤维科学技术来说,必须把新纤维材料的开发与技术设计同保护地球环境、资源的回收和利用等问题结合起来考虑,同时倡导人们重视以丰富、健康、绿色、智能等为目的的新文化生活。为此,从发展的角度出发,要立足高标准,满足市场新功能的追求,且要兼顾与环境相协调的新功能材料和新功能纤维的开发。

## 第一节 摇功能高分子材料

### 摇摇一、功能高分子材料的概念

功能高分子材料,目前尚无明确的定义。一般认为是指除了具有一定的力学性能之外,还具有特定功能(如导电性、光敏性、化学性、催化性和生物活性等)的高分子材料。所谓材料的功能,从根本上说指的是向材料输入某种能量信号,经过材料的传输或转换等过程,再向外部输出的一种新的能量信号。当然,材料的这种作用与材料分子中具有特殊功能的基团和分子结构有密切的关系。

功能高分子材料从组成和结构上可分为结构型和复合型两大类。所谓结构型功能高分子材料,是指在大分子链中具有特定功能基团的高分子材料,这种材料所表现的特定功能是由于高分子本身的结构因素决定的。因此,构成结构型功能高分子材料中的高分子称为功能高分子。

所谓复合型功能高分子材料,是指以普通高分子材料为基体或载体,与具有某些特定功能(如导电、导磁等)的其他材料进行复合而制得的功能材料。因此,这种材料的功能不是由高分子提供而是由其他组分提供。

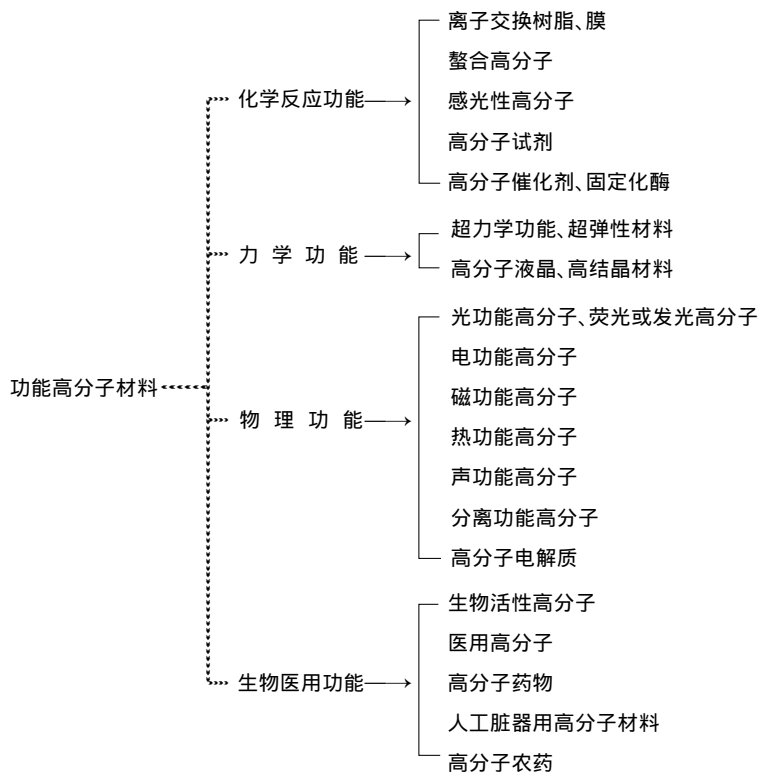
此外,我们还常看到特种高分子( ~~特种高分子材料~~ )这一术语。所谓“特种”是指其有特定的性能,例如,耐高温、高强度、特优绝缘性、光导性等,有时也称之为精细高分子。所谓“精细”指的是产量小、价格高、制造工艺复杂,产量大致为通常高分子材料的千分之一或更小,而价格往往为其一百倍以上,功能高分子就是这个范畴的一个重要部分。

## 二、功能高分子材料分类

功能高分子材料通常按其功能性和用途来分类。

### 按功能分类

按其作用的特点不同分为化学反应功能、力学功能、物理功能、生物医用功能等,见下图。



功能高分子材料按作用特点分类

### 按用途分类

按用途可将功能高分子材料分为如下种类(表 1-1)：

表 员原摇功能高分子材料按用途分类

种摇摇类	功 能 及 应 用	实摇摇摇摇例
摇摇媛反应性功能 高分子反应中间 体	摇摇带有各种功能团的中间体,多 数是主体聚合物与反应性基团 的组合	摇摇具有 ①—晕韵;②—芥匀;③—晕 ;④—悦韵;⑤—悦等活性基; 摇摇⑥—悦韵—悦韵—;⑦—晕韵氨基; 摇摇⑧—悦韵—悦韵—氨基;⑨—酸酐等活性 基,并且具有一定稳定性化合物
摇摇媛反应性预聚 体	摇摇既在一定程度上储存保护基 团,又能在必要的时候发生接 枝、嵌段引发的交联反应(亦是 一种特殊的反应)性高分子	摇摇除带上述 怨种活性基团外,还有: 摇摇⑩—悦韵—悦韵—;⑪—韵匀; 摇摇⑫—悦韵韵;⑬—晕韵韵; 摇摇⑭—悦韵—晕韵—等反应性基团
摇摇媛反应性涂料 粘合剂	摇摇带有能参与涂料的固化及粘 接,同时又能促进上述过程发 生的反应性高分子(也是一种反 应性功能)	摇摇交联型:①—不饱和聚酯;②—环氧树脂; 摇摇③—氨基甲酸酯双组分粘合剂等室温 光固化 粤裁丙烯酸羟丙酯
摇摇媛分解性高分 子,光分解、热分 解、生物降解催 化剂或分解、电 解	摇摇易于发生自然变化和光分解, 使用一定时间后能分解而自行 消失的一类聚合物,自行转化为 无公害肥料物	摇摇—晕韵韵韵韵,光分解性农业薄膜、 杀草膜、微生物分解型、半合成高分子
摇摇媛离子交换	摇摇通过酸、碱性交换基团来进行 的金属离子的交换,从而用于水 的纯化、药物精制等	摇摇二乙烯苯与苯乙烯共聚物、磺化、 氯甲基化、两性
摇摇媛螯合树脂	摇摇具有能与金属螯合的官能团 的高分子化合物,可用于贵重金 属的回收(粤呆粤忌),去除 匀拜、 悦燥等重金属,可进行催化功 能作用	摇摇—悦韵—悦韵—(粤代表芳基)、 粤则 摇摇—悦韵—悦韵—、—悦晕韵韵匀 摇摇—晕—悦韵—悦韵—、 悦杂—杂晕

续表

种摇摇类	功 能 及 应 用	实摇摇摇摇例
摇摇感光树脂	摇摇是一类在光照下能迅速交联硬化的高分子物质,主要用于照相、印刷和金属精密加工材料等及电子束硬化的高分子化合物	摇摇—悦—悦— 韵 悦—粤— 韵
摇摇氧化还原高分子类	摇摇主体是酚、醌型可逆发生氧化还原反应的,也有非可逆的高分子氧化剂和还原剂,也可用做高分子试剂和高分子催化剂	
摇摇高分子催化剂	摇摇酸、碱型金属,螯合物金属,有络合物高分子,显示酶催化活性的固定化酶类,似酶结构的模拟酶高分子增敏剂	摇摇交换树脂金属螯合物
摇摇导电高分子类	摇摇除了从半导体直到导电性接近金属的材料外,还有光导电性和离子导电性材料	
摇摇电功能高分子类	摇摇除上述半导体、导体、导电材料外,高分子介电体、热电体、光电材料等电与光、热、机械、化学能量转换功能材料和信息材料	
摇摇高分子发光体	摇摇在光的作用下能生色(形成色素)、(光致发光)发光(荧光、磷光),还有可逆发色(光)材料等	

续表

种摇摇类	功 能 及 应 用	实摇摇摇摇例
摇摇摇摇高分子染料和颜料	摇摇烯类聚合物侧链上引入染料、颜料的分子化合物,缩聚物的主链上引入上述结构,其耐热性等有很大提高	
摇摇摇摇高分子医药和农药	摇摇具有药理活性和农药特性,其缓效性和长效性可取,现已向香料、抗体等领域开拓	
摇摇摇摇高分子稳定剂	摇摇抗氧剂、阻聚剂、紫外线吸收剂(迁移性小)	摇摇则一杂姓、一杂姓、一杂姓
摇摇摇摇高分子界面活性剂	摇摇兼有亲水和亲油两种性能的物质,用于防静电、土壤改良、有害物质的凝聚沉析	
摇摇摇摇高分子吸附剂	摇摇利用其静电吸水吸油,氢键分子筛等特性来吸附各种物质除去杂质,提取有效成分等高吸水树脂、吸油树脂、絮凝剂,也开发用做色谱材料	
摇摇摇摇高分子试剂	摇摇氧化还原、磺化、卤化、酰化、脱水、缩合等合成试剂是高分子化合物合成的手段,也开发应用了活性或准活性的骨架高分子	
摇摇摇摇光学活性高分子	摇摇手性碳原子旋光性物质	
摇摇摇摇给电体和受电体聚合物	摇摇形成电荷能转移聚合物	