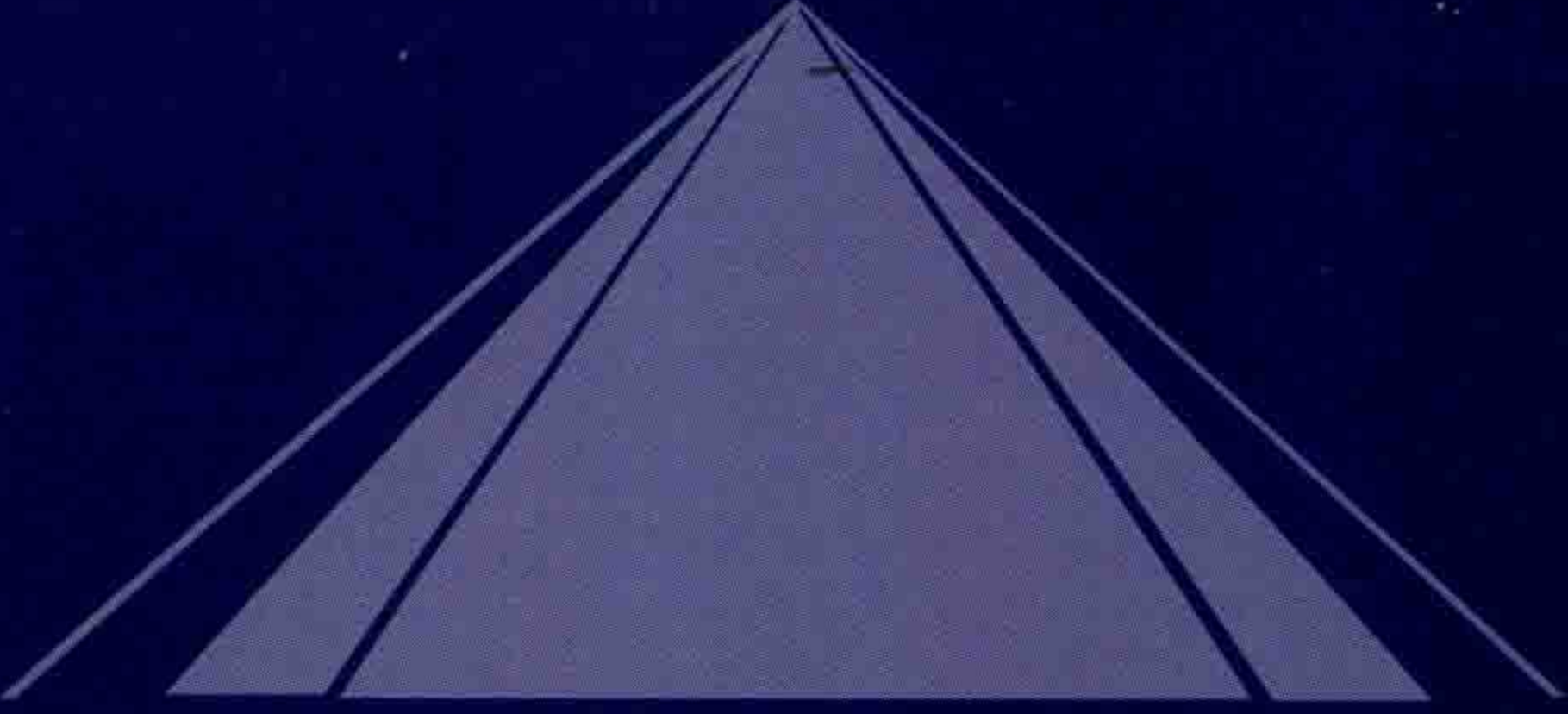
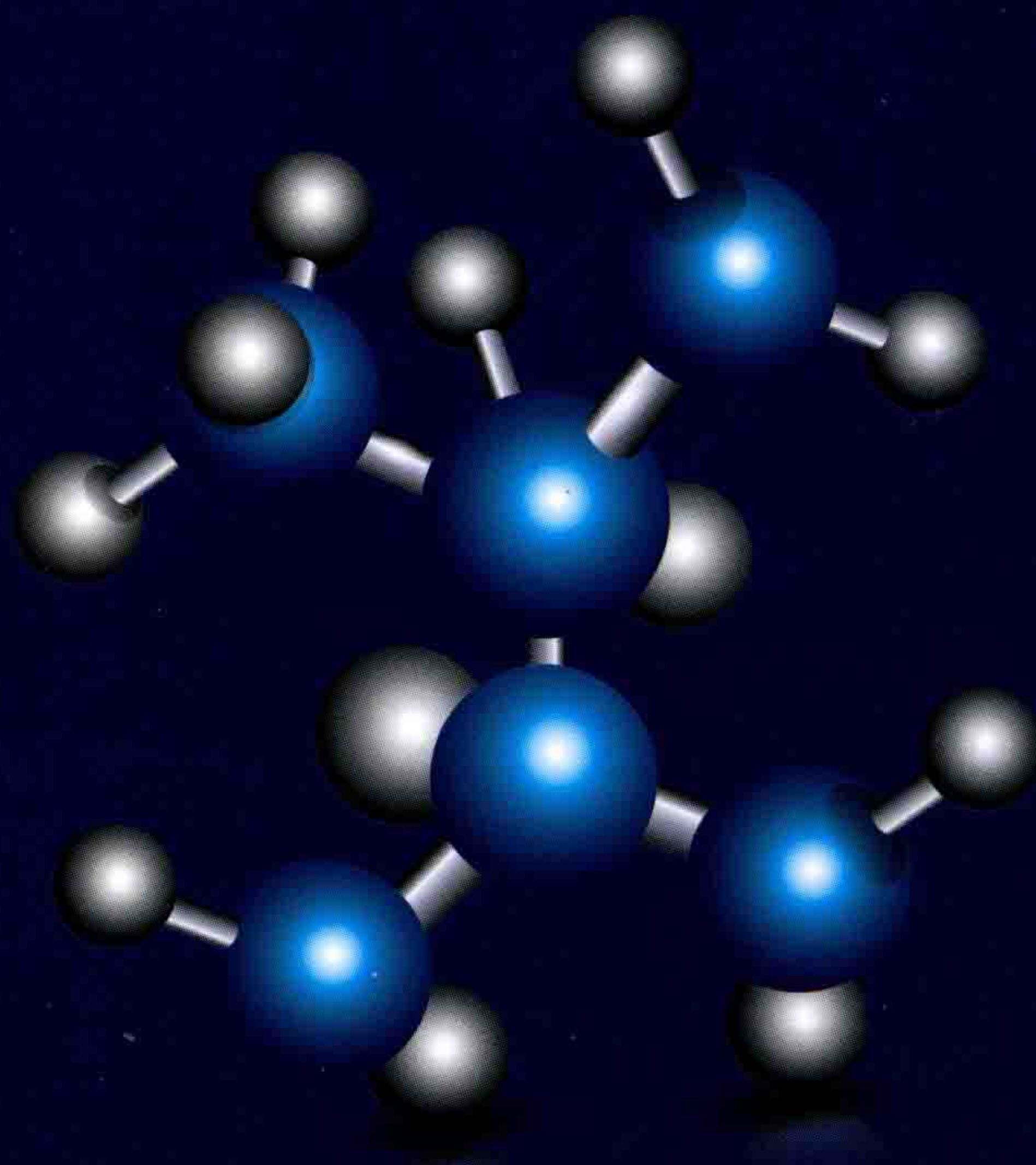




Natural Resources—Based Advanced Materials

基于天然资源的先进材料

沈 青 著



科学出版社

Natural Resources-Based Advanced Materials

基于天然资源的先进材料

沈 青 著

科 学 出 版 社

北 京

内 容 简 介

合理应用天然资源是有序社会、健康社会的一个基本要求，也是广大科技人员的基本使命。考虑到天然资源极为广泛，所以本书主要介绍一些经常涉及的天然资源及利用它们加工形成的先进材料。这些天然资源主要是纤维素、木质素、半纤维素、壳聚糖、植物多酚、动植物油、加拿大一枝黄花、右旋糖酐、柿叶、软木脂、环糊精和蚕丝，而所形成的先进材料涉及广泛的材料领域，如智能材料、纳米材料、功能材料、复合材料、医用材料、环保材料、农用处理材料等。

本书适合化学、材料等领域的科技人员、相关管理人员和有关领域的师生阅读。

图书在版编目(CIP)数据

基于天然资源的先进材料 / 沈青著. —北京: 科学出版社, 2017. 6

ISBN 978-7-03-053289-3

I. ①基… II. ①沈… III. ①工程材料—研究 IV. ①TB3

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 128640 号

责任编辑: 霍志国 / 责任校对: 何艳萍

责任印制: 肖 兴 / 封面设计: 东方人华

科学出版社 出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码: 100717

<http://www.sciencep.com>

天津市新科印刷有限公司 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2017 年 6 月第 一 版 开本: 787×1092 1/16

2017 年 6 月第一次印刷 印张: 23 1/2

字数: 534 000

定价: 128.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换)

前 言

人类是伴随着对天然资源的认识和利用而发展的，但在众多的天然资源中，人类主要关注和利用的是植物和动物资源。

本书所涉及的天然资源主要是植物类的资源，但也涉及了一些动物资源。不同于一般的介绍动植物资源的特点，本书主要介绍了人们在日常生活中所涉及的一些动植物资源是如何被制备成先进材料，并进一步为人类服务的。

本书所介绍的例子来自于三部分：一是我们自己的研究成果，包括已经发表在国内外学术期刊上的论文；二是我的一些国内外学术领域内的朋友所报道的研究成果；三是基于一些国际学术期刊新发表的综述。

考虑到篇幅的问题，全书分为12章，叙述了12种动植物资源的先进材料。其中植物类的部分既描述了大量被使用的纤维素、木质素和壳聚糖，也描述了少量使用的半纤维素、植物多酚、加拿大一枝黄花、右旋糖酐、柿叶、软木脂和环糊精。动物资源部分仅涉及了鱼油和蚕丝所制备的先进材料。

本书由东华大学纤维材料改性国家重点实验室资助出版。

沈 青

2017年4月

目 录

前言

第 1 章 基于纤维素的先进材料	1
1.1 引言	1
1.1.1 纤维素的结构	1
1.1.2 纤维素的表面性能	1
1.1.3 纤维素的吸附性能	1
1.2 基于纤维素的抗静电材料	2
1.3 基于纤维素的光敏型功能材料	2
1.4 基于纤维素的分离材料	2
1.4.1 高分子螯合剂	2
1.4.2 离子交换剂	3
1.5 基于纤维素的吸附材料	3
1.5.1 高吸水性材料	3
1.5.2 吸油材料	3
1.5.3 其他吸附功能	4
1.6 基于纤维素的智能材料	4
1.6.1 pH 响应水凝胶	4
1.6.2 形状记忆纤维	4
1.6.3 蓄热调温纤维	4
1.7 基于纤维素的医用材料	4
1.7.1 医用材料	4
1.7.2 抗菌材料	5
1.7.3 药物缓释材料	6
1.8 基于纤维素的工程材料	11
1.8.1 液晶	11
1.8.2 阻尼材料	11
1.8.3 生物可降解材料	11
1.8.4 高强高模功能材料	12
1.8.5 新型再生纤维素纤维	13
1.9 基于纤维素的碳材料	14
1.10 纳米纤维素	14
1.10.1 纳米纤维素的特点	14

1. 10. 2	纳米纤维素的分类	14
1. 10. 3	纳米纤维素的制备	16
1. 10. 4	纳米纤维素制备方法的比较	18
1. 10. 5	基于纳米纤维素的先进材料	19
1. 11	基于纤维素衍生物的凝胶	39
1. 11. 1	纤维素凝胶研究进展	41
1. 11. 2	纤维素凝胶的制备方法	42
1. 11. 3	纤维素凝胶的应用	44
1. 11. 4	纤维素醚凝胶	44
1. 12	纤维素衍生物的功能化	56
1. 12. 1	纤维素的活化	56
1. 12. 2	纤维素的溶解	58
1. 12. 3	纤维素的酯化	69
1. 12. 4	一些新的纤维素功能衍生物	78
1. 12. 5	新溶剂引出的新思考	79
1. 13	小结	80
	参考文献	81
第 2 章	基于木质素的先进材料	93
2. 1	引言	93
2. 1. 1	木质素的结构	93
2. 1. 2	木质素的性质	95
2. 2	基于木质素的反应性功能材料	100
2. 2. 1	乳化剂	100
2. 2. 2	交联剂	100
2. 2. 3	热稳定剂	100
2. 2. 4	橡胶补强剂	100
2. 2. 5	载体	101
2. 2. 6	溶剂	101
2. 2. 7	堵水剂	101
2. 2. 8	防降解稳定剂	101
2. 2. 9	结晶成核剂	101
2. 2. 10	抗氧剂	102
2. 2. 11	表面活性剂	102
2. 3	基于木质素的光敏型材料	102
2. 4	基于木质素的电性能材料	102
2. 5	基于木质素的吸附材料	102
2. 6	基于木质素的智能材料	103
2. 6. 1	形状可控木质素微粒	103

2.6.2 具有开关性能的木质素凝胶	103
2.7 基于木质素的医用材料	107
2.7.1 诱导肿瘤坏死因子	108
2.7.2 用作抗癌剂和抗诱变剂	108
2.7.3 抗逆转录病毒	108
2.8 基于木质素的高性能工程材料	108
2.8.1 阻燃剂	108
2.8.2 木质素/合成高分子共混	108
2.8.3 无机填料替代物	119
2.9 基于木质素的碳材料	119
2.9.1 木质素碳纤维	119
2.9.2 木质素碳膜	121
2.9.3 木质素纳米碳纤维	131
2.9.4 木质素活性碳纤维	136
2.10 基于木质素的农用材料	147
2.10.1 肥料	147
2.10.2 农药缓释剂	147
2.10.3 植物生长调节剂	147
2.10.4 地膜	147
2.10.5 沙土稳定剂	147
2.11 基于木质素的纳米材料	147
2.11.1 木质素纳米颗粒	148
2.11.2 木质素纳米薄膜	149
2.11.3 木质素纳米纤维	152
2.12 小结	153
参考文献	153
第3章 基于半纤维素的先进材料	159
3.1 引言	159
3.1.1 半纤维素的结构	159
3.1.2 半纤维素的表面性能	159
3.2 基于半纤维素的反应性材料	160
3.3 基于半纤维素的医用材料	160
3.4 小结	160
参考文献	160
第4章 基于壳聚糖的先进材料	161
4.1 引言	161
4.1.1 壳聚糖的结构	161
4.1.2 壳聚糖溶液的构象	163

4.1.3	壳聚糖的溶解参数	164
4.1.4	壳聚糖的离解平衡常数	164
4.1.5	壳聚糖的溶解性能	164
4.1.6	壳聚糖溶液的流变性能	167
4.1.7	壳聚糖的热力学性能	168
4.1.8	壳聚糖的表面性能	170
4.2	基于壳聚糖的药物缓释体系	171
4.2.1	微球状药物缓释体系	172
4.2.2	膜状药物缓释体系	178
4.2.3	纤维状药物缓释体系	180
4.2.4	粉末状药物缓释体系	184
4.3	基于壳聚糖的生物传感器	185
4.3.1	用于检测葡萄糖含量的生物传感器	185
4.3.2	用于检测过氧化氢的生物传感器	186
4.3.3	用于检测其他物质的生物传感器	187
4.4	基于壳聚糖的吸附材料	189
4.5	基于壳聚糖的生物组织修复	190
4.5.1	软骨组织修复	190
4.5.2	神经组织修复	192
4.5.3	牙周组织修复	193
4.5.4	椎间盘组织修复	193
4.5.5	真皮组织修复	193
4.5.6	其他组织修复	194
4.6	基于壳聚糖的角膜接触镜	194
4.6.1	角膜接触镜的发展史与研究现状	194
4.6.2	角膜接触镜材料的性能要求	198
4.6.3	角膜接触镜材料的结构和特点	199
4.6.4	角膜接触镜的应用	200
4.6.5	目前存在的问题与角膜接触镜的发展趋势	201
4.6.6	壳聚糖角膜接触镜的制备及特点	201
4.7	基于壳聚糖的纳米材料	202
4.7.1	壳聚糖纳米粒的制备方法	202
4.7.2	壳聚糖纳米粒的作用特点及应用	203
4.8	小结	205
	参考文献	205
第5章	基于植物多酚的先进材料	211
5.1	引言	211
5.2	茶多酚	211

5.2.1	茶多酚的结构	211
5.2.2	茶多酚的性能	212
5.3	基于植物多酚的抗菌材料	213
5.4	基于植物多酚的酚醛树脂	214
5.5	基于植物多酚的功能材料	215
5.5.1	聚-3-羟基丁酸-儿茶素共混	215
5.5.2	聚 ϵ -己内酯-儿茶素共混	215
5.5.3	聚乳酸-儿茶素共混	216
5.6	茶多酚改性聚乙烯醇	218
5.6.1	结构	218
5.6.2	热失重	219
5.6.3	非等温结晶动力学	220
5.6.4	非等温结晶活化能	228
5.6.5	分子间的氢键	230
5.6.6	热性能	231
5.6.7	亲疏水性能	233
5.6.8	吸水性能	234
5.6.9	溶解过程	235
5.6.10	力学性能	235
5.6.11	降解性能	236
5.6.12	抗菌性能	237
5.6.13	抗紫外线性能	238
5.7	茶多酚改性聚丙烯腈	242
5.7.1	制备	243
5.7.2	结构	243
5.7.3	力学性能	244
5.7.4	热力学性能	245
5.8	茶多酚改性聚苯胺	246
5.8.1	合成	247
5.8.2	结构	247
5.8.3	性能	247
5.9	茶多酚还原氧化石墨烯	249
5.10	小结	250
	参考文献	250
第6章	基于动植物油的高级材料	254
6.1	引言	254
6.2	基于甘油三酸酯的高分子材料	254
6.2.1	甘油三酸酯的结构	254

6.2.2 植物油基聚合体的合成	256
6.2.3 植物油基聚合物	258
6.3 基于大豆油的高分子材料	259
6.3.1 未改性的大豆油聚合物	259
6.3.2 改性大豆油	262
6.4 基于鱼油的高分子材料	264
6.5 基于玉米油的高分子材料	265
6.6 基于桐油的高分子材料	267
6.7 基于亚麻籽油的高分子材料	267
6.7.1 天然亚麻籽油聚合物	267
6.7.2 环氧化的亚麻籽油	270
6.8 基于蓖麻油的高分子材料	271
6.9 基于其他油类的高分子材料	272
6.10 小结	272
参考文献	273
第7章 基于加拿大一枝黄花的先进材料	276
7.1 引言	276
7.1.1 加拿大一枝黄花的化学成分	276
7.1.2 加拿大一枝黄花的生物性能	279
7.1.3 加拿大一枝黄花的防治方法	280
7.2 基于一枝黄花的先进材料	281
7.3 加拿大一枝黄花改性的纤维素	281
7.3.1 加拿大一枝黄花/纤维素混合溶液的特征	281
7.3.2 加拿大一枝黄花/纤维素混合膜	283
7.4 小结	285
参考文献	285
第8章 基于右旋糖酐的先进材料	286
8.1 引言	286
8.2 右旋糖酐的来源、结构和性质	287
8.2.1 来源	287
8.2.2 结构	287
8.2.3 性质	289
8.3 右旋糖酐的制备与应用	290
8.3.1 生物合成	290
8.3.2 化学合成	291
8.3.3 工业生产	291
8.3.4 应用	291
8.4 右旋糖酐的酯化	292

8.4.1 无机酯化	292
8.4.2 有机酯化	292
8.5 右旋糖酐的醚化	293
8.5.1 非离子醚化	293
8.5.2 离子醚化	293
8.6 右旋糖酐衍生物	294
8.6.1 右旋糖酐偶联物	294
8.6.2 甲苯磺酰化右旋糖酐	294
8.6.3 硫醇化右旋糖酐	294
8.6.4 甲硅烷基右旋糖酐	294
8.7 小结	294
参考文献	295
第9章 基于柿叶的先进材料	300
9.1 引言	300
9.1.1 柿树的分布及应用状况	300
9.1.2 柿叶的药理特征	301
9.1.3 以柿叶为原料制备止血材料的可行性	301
9.2 柿叶的材料及物理化学性能	301
9.2.1 材料成分	301
9.2.2 热力学性能	302
9.2.3 溶解性能	302
9.2.4 表面性能	303
9.2.5 pH	304
9.3 基于柿叶的止血材料	304
9.3.1 植物的天然药理特征	306
9.3.2 开发植物资源的止血材料的意义	306
9.3.3 基于柿叶的止血材料制备与应用	307
9.4 基于柿叶的药物纤维	310
9.4.1 纤维素/柿叶药物纤维	310
9.4.2 聚丙烯腈/柿叶药物纤维	311
9.5 小结	313
参考文献	313
第10章 基于软木脂的先进材料	316
10.1 引言	316
10.2 软木脂的自然来源与制备	316
10.2.1 自然来源	316
10.2.2 合成方法	317
10.3 软木脂的结构	319

10.4	软木脂的物理性质	320
10.5	软木脂的化学性质	322
10.6	基于软木脂的先进材料	322
10.6.1	功能添加剂	322
10.6.2	丙氧基化高分子	322
10.6.3	单体化	323
10.6.4	聚合物单体	324
10.7	软木脂的功能	324
10.7.1	栓化及在栓化后细胞中的作业	324
10.7.2	在植物吸附中的作用	325
10.7.3	在植物营养吸收中的作用	326
10.8	基于软木脂的先进材料	326
10.8.1	在化妆品中的应用	326
10.8.2	在食品中的应用	327
10.8.3	在防腐中的应用	327
10.9	小结	327
	参考文献	327
第 11 章	基于环糊精的先进材料	330
11.1	引言	330
11.2	基于环糊精的纳米粒子	331
11.2.1	具有核壳结构的环糊精纳米粒子	332
11.2.2	环糊精的化学接枝与共聚	333
11.2.3	环糊精与无机非金属材料的复合	333
11.2.4	含环糊精的囊泡	335
11.3	基于环糊精的凝胶	335
11.3.1	水凝胶	335
11.3.2	有机凝胶	336
11.4	基于环糊精的纤维	337
11.5	环糊精高分子	338
11.6	其他改性环糊精材料	339
11.7	基于环糊精的聚苯胺纳米一维结构	340
11.7.1	聚苯胺纳米管	340
11.7.2	聚苯胺纳米纤维	344
11.8	小结	345
	参考文献	346
第 12 章	基于家蚕的功能蚕丝	348
12.1	引言	348
12.2	蚕丝的功能化方法	349

12.2.1	再生蚕丝法	349
12.2.2	基因改造法	349
12.2.3	喂食法	350
12.3	基于蚕丝的先进材料	357
12.3.1	蚕丝支架	358
12.3.2	蚕丝药物缓释体系	358
12.3.3	蚕丝生物学医学装置	358
12.3.4	其他	358
12.4	小结	359
	参考文献	359

第 1 章 基于纤维素的先进材料

1.1 引言

纤维素是世界上储藏量最丰富的天然高分子化合物，是植物纤维细胞壁的主要成分，绝大多数由绿色植物通过光合作用合成。纤维素主要来源于植物，如棉花、木材、一年生能源植物等。除植物外，细菌、动物也生产纤维素，如木醋杆菌（*Acetobacter xylinum*）可以合成细菌纤维素（BC），被囊动物（tunicate）可以合成动物纤维素^[1-38]。

纤维素是无水葡萄糖残基通过 β -1、4 苷键连接的立体规整性高分子，是自然界中最丰富的可再生资源，每年通过光合作用可合成约 $1000 \times 10^9 \text{ t}$ 。由于其结构特征易于参与化学改性反应，因此可制备各种用途的功能材料，如高吸水材料、贵重金属吸取材料、吸油材料、医疗卫生用材料等。同时纤维素可以粉状、片状、膜以及溶液等不同形式出现，进一步提高了纤维素功能化的灵活性和应用的广泛性。此外，与合成高分子的功能材料相比，纤维素功能材料所具有的环境协调性，使其成为目前材料研究中最活跃领域之一，而且由于引进了新的能够溶解纤维素的溶剂体系，其再次成为人们的研究热点^[20-23]。

1.1.1 纤维素的结构

纤维素的化学结构如图 1-1 所示。

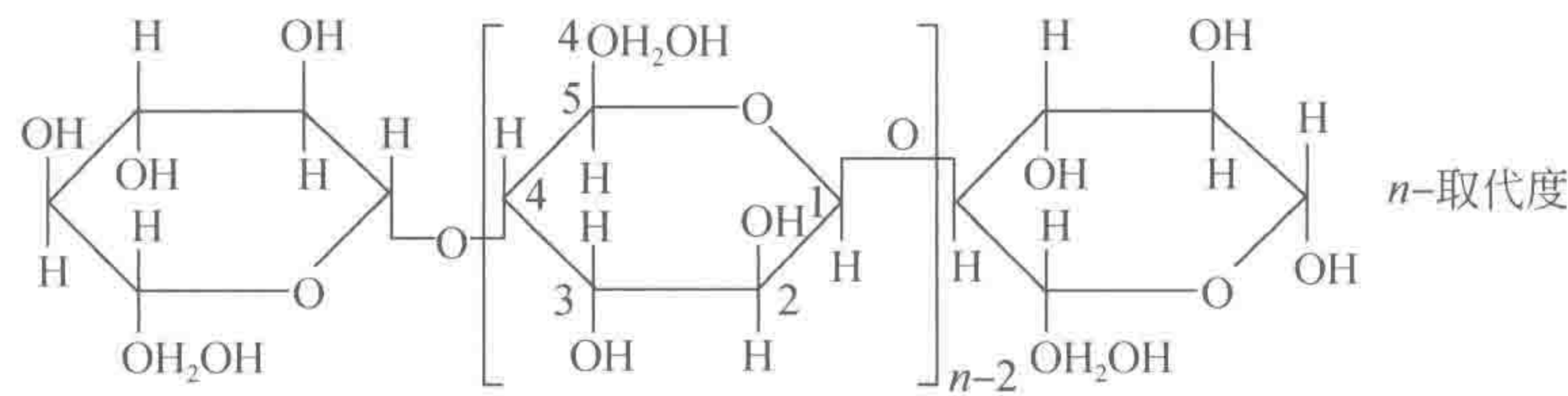


图 1-1 纤维素的化学结构式^[38]

1.1.2 纤维素的表面性能

纤维素的表面性能根据其来源、制备方法、分子量、测试原理和方法^[39]有不同的报道^[1]，大致在 $50 \sim 75 \text{ mJ/m}^2$ 范围内^[1]。但我们的最新研究发现，纤维素的表面性能可以在电场条件下得到改变和调控。

1.1.3 纤维素的吸附性能

纤维素的吸附性能也因为其分子量、表面性能的差别而异^[40]。近来，我们研究了纤维素对具有不同极性的溶剂的吸附行为，发现其可以大量吸附非极性的二碘甲烷。而采用

电吸附方法可以提高其吸附性能,尤其是极性溶剂^[40]。

1.2 基于纤维素的抗静电材料

方月娥等^[2]合成了2,3-环氧丙基三乙基氯化铵和季铵盐纤维素衍生物,并用¹H-NMR谱和元素分析表征了它的结构和成分。他们发现添加0.5%季铵盐纤维素衍生物的试片表面电阻可以从 $3.43 \times 10^{13} \Omega$ 降至 $1.67 \times 10^7 \Omega$,这说明该方法可以使纤维素具有抗静电效果。

1.3 基于纤维素的光敏型功能材料

通过将纤维素衍生物进行液晶化,然后应用外加电场来调制其色调,日本科学家^[2]发现纤维素在弱电场中就可以调制出光谱中由上到下的各种颜色,从而可以作为记录材料和显示材料等光学材料。

顾等^[3]的实验发现,氰乙基纤维素具有高的介电常数($E=35 \sim 38$),而高取代度的氰乙基纤维素还同时具有非常好的防水性、绝缘性和自熄性能。这意味着纤维素可以应用于研制大屏幕电视屏、新型雷达荧光屏和小型激光电容器。

Lenzing公司的Model Sun是一种具有防晒功能的基于纤维素的功能纤维,具有生理不活泼、良好的耐洗牢度和持久的防紫外线功能^[4]。

1.4 基于纤维素的分离材料

1.4.1 高分子螯合剂

含有二氨基、二羧基以及与EDTA二酸酐交联的纤维素衍生物都可以吸附 Cu^{2+} 、 Zn^{2+} 、 Mn^{2+} 、 Ni^{2+} 等离子。最近的研究还表明,改性的纤维素材料,如硫、 MnO_2 的醋酸纤维素和经由二步法合成的亚氨二醋酸纤维素具有选择性吸附 Co^{2+} 、 Ni^{2+} 、 Cu^{2+} 和 Pb^{2+} 的能力。Kahovec等用EDTA二酸酐与泡沫状纤维素进行交联,制备得到的纤维素材料不仅能够非常迅速地吸附 Ca^{2+} ,其螯合物在高酸度下还表现出了高度的稳定性^[5]。

以酚类化合物与重氮化纤维素衍生物进行偶联得到的产物也具有选择性吸附重金属的能力,如萘酚类偶联产物对 Ca^{2+} 、 Fe^{2+} 、 U^{2+} 的选择性吸附。此外,含硅酸的螯合纤维素衍生物对 Th^{2+} 和 Fe^{2+} 的吸附也非常显著^[4]。

利用金属化合物作为Lewis酸和纤维素上的羟基进行反应可以破坏纤维素分子中的氢键,制得纤维素-金属氧化复合物,具有良好的吸附性能。例如,孟等以微晶纤维素为基质与有机铝进行反应,制备了 Al_2O_3 涂敷的纤维素-铝复合物,再与 γ -二胺丙基三乙氧基硅烷进行反应进一步得到具有 $-\text{NH}_2$ 的纤维素-铝-硅复合物,该产品对水溶液中 Hg^{2+} 、 Cu^{2+} 具有较高的吸附性能,其吸附量分别为 20314mg/g 和 9113mg/g ^[4]。

刘海洋等^[5]以棉花为原料,通过碱化、老化、磺化等步骤制得球形纤维素,然后以 Ce^{4+} 盐为引发剂,选择最佳交联和接枝条件将丙烯腈接枝到交联后的球形纤维素骨架上,

获得球形羧基纤维素吸附剂,发现该吸附剂对 Cr^{3+} 、 Al^{3+} 、 Cu^{2+} 、 Zn^{2+} 金属离子的吸附效果明显。

1.4.2 离子交换剂

Orlando 等^[6]将甘蔗渣和米糠在吡啶、二甲基亚砜溶剂中与表氯醇 (epichlorohydrin) 和二甲基胺 (dimethylamine) 进行反应,将环氧基和氨基引入纤维素大分子中以用作离子交换剂,取得满意的效果。

1.5 基于纤维素的吸附材料

1.5.1 高吸水性材料

将羟乙基纤维素、羧甲基纤维素的钠盐与透明质酸在水溶液中用无毒水溶性化学交联剂进行交联,可合成出具有高吸水性的水凝胶^[7]。

将纤维素与丙烯腈接枝的淀粉水解物 (HSPAN) 共溶于 NMMO 溶液中,通过干喷湿纺法制成的 Lyocell 纤维的吸水性明显提高,但这也导致了其力学性能降低^[8]。

为了防止纤维素降解,可以将纤维素与乙二醇二缩水甘油醚 (EGDE) 进行交联,但这也同时提高了其吸水性能^[9]。

用聚乙二醇与纤维素合成的水凝胶,其吸水性明显提高^[10]。如采用特殊的交联剂与羧甲基纤维素进行交联反应,可以制得具有高吸水性的交联羧甲基纤维素^[10]。将精制脱脂棉与氢氧化钠、异丙醇、一氯乙酸钠进行碱化、醚化后,再以 *N,N*-亚甲基双烯酰胺为交联剂制得的纤维素吸水材料的吸水性能可以明显提高^[10]。

以铈盐为引发剂,微晶纤维素经碱糊化后与丙烯腈单体接枝共聚反应制成的高吸水性树脂的吸水倍数在常温下可达 450 倍^[10]。羧甲基纤维素经羟甲基丙烯酰胺交联制得的吸水材料的吸水倍数也明显提高^[10]。

用高吸水树脂作添加剂,醋酸纤维素为基质包络高效化肥,发现其不仅提高了吸水性,也具有可控的释放性能^[10]。在 $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$ 和 $(\text{NH}_4)_2\text{Ce}(\text{NO}_3)_6$ 不同引发剂作用下将丙烯腈单体与甘蔗渣粗纤维纸浆进行接枝聚合反应,可以制得高吸水材料^[11]。用超细纤维素和丙烯酸进行接枝共聚可以制备高吸水材料^[12]。合成类的丙烯酸钠吸水聚合物用铵盐类聚合物处理后可明显提高耐盐能力和凝胶强度,将其处理纤维素可以得到阳离子型的高吸水纤维素产品^[12]。进一步采用酰胺类单体进行共聚则可以同时提高产品的抗电解质能力。纤维素微纤化可以提高反应可及度,然后接枝丙烯酸可以制备高吸水产品^[12]。热处理也是提高纤维素及其衍生物吸水性的一个有效途径,而用高价金属盐处理或加入表面活性剂等也可以提高纤维素的吸水性能^[12]。

1.5.2 吸油材料

Nakamura 等通过接枝共聚法将亲水的羧基、磺酸基及亲油的十六碳烷三甲氨基接枝到纤维素的侧链上,大大提高了其吸油能力^[13]。

1.5.3 其他吸附功能

通过接枝改性的纤维素可以吸附染料。微晶纤维素及改性的微晶纤维素具有吸附蛋白质、氰离子的功能。磷酸化酶纤维素能吸附甲醇、乙醇、丙醇和四氯化碳等有机溶剂^[14]。

用多元羧酸进行化学修饰，然后经过铜氨溶液处理得到的铜螯合纤维素对硫化氢、氨气、三甲胺有吸附作用，可以消臭抗菌^[14]。

1.6 基于纤维素的智能材料

1.6.1 pH 响应水凝胶

Karlsson 等^[15]采用臭氧活化纤维素，然后接枝丙烯酸单体制备了 pH 响应型水凝胶。该产品具有三维网络结构，所以力学性能很好。

1.6.2 形状记忆纤维

Vigo^[16]以锰盐等复合引发剂，将分子量为 1000 ~ 4000 的 PEG 直接接枝于纤维素分子链上，制得湿致形状记忆纤维。该产品制成的衬衫具有不用熨烫、不变形、多次洗涤不褪色的特点，所以还可以做游泳衣、潜水员专用服装、土工布和压力绷带等。用这种纤维制成的土工布缠绕输水管道时，当管道有裂缝时，该浸湿的织物会自动收缩，缠紧损坏的部位使其不渗漏。用这种纤维制成的压力绷带，可以应用于伤口止血，并在干燥后松开、消除压力。

免烫整理是纤维素纤维织物形状记忆整理技术的关键。形状记忆整理剂已经过了三代发展：含高甲醛量的整理剂、低甲醛量的免烫整理剂和无甲醛高强损的整理剂（以无甲醛多元羧酸整理剂为代表）。其中丁烷四羧酸（BTCA）的整理效果较好，能达到织物形状记忆整理的要求，所以非羧酸无甲醛低强损的整理剂是当今形状记忆整理剂的一个研究热点^[17]。

1.6.3 蓄热调温纤维

应用聚乙烯醇（PVA）和二醋酸纤维素（CDA）与聚对苯二甲酸乙二酯（PET）进行共混，并通过静电纺丝可以制备蓄热调温纤维^[18]。该产品具有一定的吸放热量的能力、温度调节功能，适用于对温度有要求的人员的服装。

1.7 基于纤维素的医用材料

1.7.1 医用材料

柿叶对于出血、便秘和高血压有良好的疗效，因此它的药用性能受到了普遍关注，被广泛应用在食品及医药领域。作者曾经^[19]通过实验将柿叶与纤维素共混，以二甲亚砜（DMSO）/多聚甲醛（PF）体系为溶剂，控制不同的实验条件，经湿法纺丝成型。通过 X 射线衍射实验、DSC 以及力学性能测定，发现该共混物与相同条件下制得的纤维素有相似