

FEIJI GAOFENZI CAILIAO
ZAI SHENG LIYONG JISHU

废旧高分子材料 再生利用技术

■ 刘明华 主编 ■

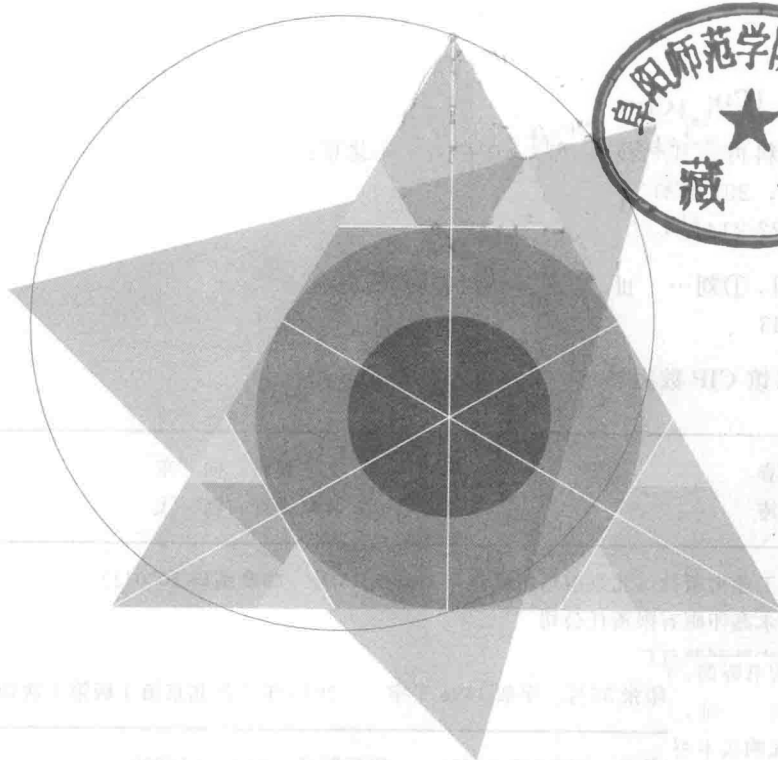


化学工业出版社

FEIJIU GAOFENZI CAILIAO
ZAISHENG LIYONG JISHU

废旧高分子材料 再生利用技术

■ 刘明华 主编 ■



化学工业出版社

定价：¥38.00

ISBN 7-122-10000-0

本书分五篇，共 28 章：第一篇介绍了废旧高分子材料的发展概况、组成、结构以及国内外的再生利用；第二篇介绍了废旧塑料的产生、危害、分类、鉴别、前期处理、成型工艺以及各种废旧塑料的再生利用；第三篇介绍了废旧橡胶的种类、来源、再生橡胶的生产与应用、废旧橡胶的各种再生利用以及废旧轮胎的再生利用；第四篇介绍了废旧纤维的来源、分类、辨别、性能、前期处理以及再生利用技术；第五篇介绍了制浆黑液中木质素的再生利用技术、废纸的再生利用技术、酒糟的再生利用技术、木材加工边角余料的再生利用技术、废旧树脂的再生利用技术以及废皮革的再生利用技术。

本书可供环境工程、能源工程、材料工程等领域的工程技术人员、科研人员和管理人员参考，也可供高等学校相关专业的师生参阅。

图书在版编目 (CIP) 数据

废旧高分子材料再生利用技术/刘明华主编. —北京:
化学工业出版社, 2014.10
ISBN 978-7-122-21411-9

I. ①废… II. ①刘… III. ①高分子材料-废物综合利用 IV. ①X783

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 166464 号

责任编辑: 刘兴春
责任校对: 边涛

文字编辑: 向东
装帧设计: 韩飞

出版发行: 化学工业出版社 (北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

印刷: 北京永鑫印刷有限责任公司

装订: 三河市胜利装订厂

787mm×1092mm 1/16 印张 55 $\frac{3}{4}$ 字数 1498 千字 2015 年 1 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询: 010-64518888 (传真: 010-64519686) 售后服务: 010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

定 价: 268.00 元

版权所有 违者必究

随着科学技术的发展和人们生活水平的提高,高分子材料的科技进步给人类带来了巨大的物质文明,但是大量废旧高分子材料的出现也向人们提出了严峻的挑战。被现代人们戏称为“白色污染”的就是越来越多的废塑料膜、塑料袋及其他类塑料浅色制品的废弃物。废旧高分子材料具有产量大、化学结构稳定,不易降解的特点,如不对其加以资源化利用,则造成既污染环境又浪费资源。对废旧高分子材料进行资源化再生利用,不仅能保护人类赖以生存的生态环境,同时又能实现其本身价值的回收利用,利于循环经济的发展。

为了促进废旧高分子材料再生利用技术的推广和应用,推动我国废旧高分子材料再生利用的持续发展,我们通过查阅历年来的相关研究成果并综合编者在废旧高分子材料再生利用研究领域的心得,编写了《废旧高分子材料再生利用技术》一书,希望本书的出版能够给相关技术人员在从事废旧高分子材料再生利用工作时提供一定的指导作用,给科研、生产、教育等领域的人员提供帮助。

全书共分为五篇:第一篇介绍了废旧高分子材料的发展概况、组成、结构以及国内外的再生利用;第二篇介绍了废旧塑料的产生、危害、分类、鉴别、前期处理、成型工艺以及各种废旧塑料的再生利用;第三篇介绍了废旧橡胶的种类、来源、再生橡胶的生产与应用、废旧橡胶的各种再生利用以及废旧轮胎的再生利用;第四篇介绍了废旧纤维的来源、分类、辨别、性能、前期处理以及再生利用技术;第五篇介绍了制浆黑液中木质素的再生利用技术、废纸的再生利用技术、酒糟的再生利用技术、木材加工边角余料的再生利用技术、废旧树脂的再生利用技术以及废皮革的再生利用技术。

本书由刘明华主编,林兆慧、刘以凡、李小娟、颜爱、龚洪秀、乔莎、卞琼、林晓杰、陈怡悦、刘敏威、汤端莲、詹君翔、刘志鹏、刘丹慧等参加了图书的编写。全书最后由刘明华统稿、定稿。

由于编者的专业水平和知识范围有限,虽已尽努力,但疏漏和不足之处仍在所难免,恳请广大读者和同仁不吝指正。

编者

2014年8月

第一篇 绪 论

第 1 章 废旧高分子材料概述

2

- 1.1 高分子材料的发展概况 2
- 1.2 废旧高分子材料的组成和分类及其性能 3
 - 1.2.1 高分子材料的组成结构 3
 - 1.2.2 废旧高分子材料的分类 3
 - 1.2.3 高分子材料性能主要因素 4
- 1.3 废旧高分子材料再生利用的意义 7

第 2 章 废旧高分子材料的再生利用概况

9

- 2.1 废旧塑料再生利用概况 9
 - 2.1.1 国外废旧塑料再生利用概况 9
 - 2.1.2 国内废旧塑料再生概况 14
- 2.2 废旧橡胶再生利用现状 15
 - 2.2.1 废旧橡胶国内再生利用现状 15
 - 2.2.2 废旧橡胶国外再生利用现状 15
- 2.3 废旧纤维的再生利用概况 15
 - 2.3.1 纺织原料 16
 - 2.3.2 造纸原料 16
 - 2.3.3 再生纤维 16
 - 2.3.4 加工成无纺布 16
 - 2.3.5 化工原料 17
 - 2.3.6 增塑剂 17
 - 2.3.7 胶板 17
 - 2.3.8 增强热塑性塑料 17
 - 2.3.9 复合材料 18
- 2.4 废纸再生利用概况 18
 - 2.4.1 一些发达国家的废纸再生情况 18
 - 2.4.2 我国废纸再生利用情况 20
 - 2.4.3 扩大二次纤维利用的措施 21

2.5	废旧木材再生利用概况	22
2.5.1	日本在废弃木材再生利用方面的做法	22
2.5.2	德国在废弃木材再生利用方面的做法	23
2.5.3	其他一些国家在废弃木材再生利用方面的做法	23
2.5.4	国内在废弃木材再生利用方面的做法	24

参考文献

24

第二篇 废旧塑料的再生利用

第3章 废旧塑料的产生及其危害

26

3.1	塑料的成分与特性	26
3.1.1	塑料的成分	26
3.1.2	塑料的特性	27
3.2	废旧塑料的来源	28
3.2.1	树脂生产中产生的废料	28
3.2.2	成型加工过程中产生的废料	28
3.2.3	配混和再生加工过程中产生的废料	28
3.2.4	二次加工中产生的废料	28
3.2.5	消费后的塑料废料	29
3.2.6	城市生活垃圾中的废旧塑料	29
3.3	塑料废弃物污染的危害	29
3.3.1	对生物体的毒害性	29
3.3.2	对土壤和大气环境的危害	30
3.3.3	浪费大量不可再生资源	30
3.3.4	视觉污染	30
3.4	解决废旧塑料污染的措施	30
3.4.1	技术研发现状	31
3.4.2	政策及综合治理	35

第4章 废旧塑料的分类与鉴别

37

4.1	废旧塑料的分类	37
4.1.1	理化特性分类法	37
4.1.2	原材料分类法	38
4.1.3	用途分类法	38
4.1.4	制品分类法	38
4.1.5	来源分类法	39

4.2	废旧塑料的鉴别	39
4.2.1	外观鉴别法	40
4.2.2	密度鉴别法	41
4.2.3	折射率鉴别法	42
4.2.4	静电试验鉴别法	42
4.2.5	溶解鉴别法	43
4.2.6	燃烧鉴别法	43
4.2.7	热裂解鉴别法	44
4.2.8	显色反应鉴别法	44
4.2.9	元素鉴别法	46
4.2.10	仪器分析法	47
4.2.11	塑料薄膜物理性能试验鉴别法	49
4.2.12	塑料的综合鉴别	51

第5章 废旧塑料的前期处理

52

5.1	废旧塑料的收集	52
5.2	废旧塑料的分选与分离	52
5.2.1	手工分选	53
5.2.2	光学分选	53
5.2.3	颜色分选	54
5.2.4	重力分选	54
5.2.5	浮选	59
5.2.6	磁选	60
5.2.7	电选	60
5.2.8	选择性溶解分离	61
5.2.9	温差(低温)分离	61
5.2.10	超临界流体分选	62
5.2.11	其他分选方法	62
5.2.12	废旧塑料与其他物质的分离	63
5.3	废旧塑料的破碎与增密	64
5.3.1	破碎的基本形式	64
5.3.2	破碎设备	66
5.3.3	废旧塑料的增密	71
5.4	废旧塑料的清洗与干燥	71
5.4.1	清洗与干燥方法	71
5.4.2	清洗设备	72
5.4.3	干燥设备	73
5.4.4	清洗剂的组成与选择	75
5.5	废旧塑料的混合、塑化与造粒	76
5.5.1	主要助剂	76
5.5.2	混合的分类	81
5.5.3	混合设备	81

5.5.4	造粒	87
第6章 废旧塑料成型工艺		90
6.1	挤出成型	90
6.1.1	吹膜辅机	91
6.1.2	挤管辅机	95
6.1.3	挤板(片)辅机	98
6.1.4	挤出成型工艺过程	100
6.1.5	挤出成型新技术	100
6.2	注射成型	101
6.2.1	注射成型设备	102
6.2.2	注射成型工艺过程	104
6.2.3	注射成型新技术	106
6.3	压延成型	107
6.3.1	压延成型设备	107
6.3.2	压延成型工艺过程	109
6.4	中空吹塑成型	110
6.4.1	挤出中空吹塑	110
6.4.2	注射吹塑	110
6.4.3	拉伸吹塑	111
6.5	其他成型方法	111
6.5.1	发泡成型	111
6.5.2	浇铸成型	112
6.5.3	热成型	113
6.5.4	模压成型	114
第7章 废旧塑料的回收与利用		115
7.1	物理回收	115
7.1.1	熔融再生	115
7.1.2	改性再生	116
7.2	化学回收	126
7.2.1	热分解	126
7.2.2	化学分解	131
7.3	能量回收	133
7.3.1	专用焚烧炉回收	133
7.3.2	高炉喷吹废旧塑料技术	134
7.3.3	水泥回转窑喷吹废旧塑料技术	135
7.3.4	废旧塑料制作垃圾固形燃料	135
第8章 废旧聚烯烃塑料的回收与利用		136

8.1	聚烯烃类塑料的应用现状	136
8.1.1	农用薄膜	136
8.1.2	包装薄膜和容器	137
8.1.3	不同种类聚烯烃塑料的主要应用	137
8.2	废旧聚烯烃塑料的来源	137
8.3	国内外废旧聚烯烃塑料的回收利用现状	138
8.4	废旧聚烯烃塑料的回收利用技术	139
8.4.1	薄膜的回收技术	139
8.4.2	容器的回收技术	141
8.4.3	编织袋、周转箱及其他烯烃用品的回收	142
8.4.4	再生制品的开发和应用	142

第9章 废旧聚氯乙烯塑料的回收与利用

147

9.1	废聚氯乙烯塑料的来源	148
9.1.1	工业废料	148
9.1.2	废弃物中的塑料	148
9.1.3	废聚氯乙烯塑料物的处理	149
9.2	废聚氯乙烯塑料的焚烧	149
9.3	废聚氯乙烯塑料的回收利用技术	150
9.3.1	废的硬聚氯乙烯塑料制品的回收利用	150
9.3.2	废的软聚氯乙烯塑料制品的回收利用	154
9.3.3	聚氯乙烯增塑糊产品的回收	160
9.4	国外废旧聚氯乙烯塑料回收利用现状	160

第10章 废旧聚苯乙烯塑料的回收与利用

162

10.1	废旧聚苯乙烯塑料的来源	162
10.2	废旧聚苯乙烯塑料的回收利用技术	162
10.2.1	混合废旧塑料的分离	163
10.2.2	直接回收利用	163
10.2.3	热分解回收苯乙烯和油类	165
10.2.4	制备涂料和黏合剂	168
10.3	国内外废旧聚苯乙烯塑料回收利用现状	169
10.4	国内外废聚苯乙烯塑料回收利用的问题	170

第11章 废旧工程塑料的回收与利用

173

11.1	废旧工程塑料的来源	173
11.1.1	工业废料	173
11.1.2	消费后的废料	173
11.1.3	工程塑料的应用	174

11.2	废旧工程塑料的回收利用技术	175
11.2.1	废汽车上塑料件的回收利用技术	176
11.2.2	废旧聚对苯二甲酸乙二酯的回收利用技术	187
11.2.3	废旧 ABS 塑料的回收利用技术	195
11.2.4	废旧聚碳酸酯塑料的回收利用技术	196
11.2.5	废旧聚甲醛塑料的回收利用技术	199
11.2.6	废旧聚酰胺塑料的回收利用技术	200
11.2.7	废旧聚对苯二甲酸丁二酯、聚醚及其他废旧 工程塑料的回收利用技术	205
11.2.8	废旧混合工程塑料和聚合物合金的回收利用 技术	205
11.3	废旧工程塑料回收利用现状	206

第 12 章 废旧热固性塑料的回收与利用

207

12.1	废旧热固性塑料的来源	207
12.1.1	聚氨酯	207
12.1.2	酚醛树脂	208
12.1.3	不饱和聚酯	208
12.1.4	环氧树脂	208
12.2	废旧热固性塑料的回收利用技术	209
12.2.1	机械回收	209
12.2.2	化学回收	212
12.2.3	裂解	215
12.2.4	能量回收	216
12.3	废旧热固性塑料的回收利用	216
12.3.1	废旧热固性塑料用作塑料	216
12.3.2	废旧热固性塑料生产塑料制品	217
12.3.3	废旧热固性塑料生产活性炭	217
12.3.4	废旧热固性塑料裂解小分子产物	218
12.3.5	废旧热固性塑料降解生产低聚物	218
12.3.6	废旧热固性塑料生产改性高分子	218

第 13 章 泡沫塑料的回收与利用

219

13.1	泡沫塑料回收的问题	219
13.1.1	泡沫塑料概况	219
13.1.2	泡沫塑料回收的经济和社会问题	221
13.2	去泡方法	223
13.2.1	机械破泡法	223
13.2.2	熔融破泡法	223
13.3	泡沫塑料的裂解回收	224

13.3.1	裂解制油、气方法	224
13.3.2	油化的工业方法	226
13.4	PVC 泡沫塑料裂解回收	228
13.4.1	HCl 的脱除及利用	228
13.4.2	聚氯乙烯裂解制油、气	229
13.5	PE 泡沫塑料裂解回收	231

第 14 章 透明塑料的回收与利用 234

14.1	用 SBS 对 PS 回收料改性及其应用	234
14.1.1	热塑性弹性体的概念	234
14.1.2	热塑性弹性体的结构特征和性能	235
14.1.3	SBS 在 PS 回收料中的改性效果	235
14.2	用 SBS 对 AS 回收料改性及其应用	235
14.2.1	AS 的基本特性	235
14.2.2	SBS 在 AS 回收料中的改性效果	235
14.3	聚碳酸酯塑料回收料的改性	236
14.3.1	聚碳酸酯 PC 塑料的增强改性	236
14.3.2	聚碳酸酯塑料回收料的共混改性	237

参考文献 238

第三篇 废旧橡胶的再生利用

第 15 章 废旧橡胶的概述 242

15.1	废旧橡胶的种类	242
15.2	废旧橡胶的来源	243
15.3	废旧橡胶的产生量	243
15.3.1	工业发达国家的废旧橡胶产生量	243
15.3.2	中国废旧橡胶的产生量	244
15.4	废旧橡胶重新利用的价值	244
15.5	废旧橡胶再生利用途径	244
15.5.1	翻新	245
15.5.2	原形改制	245
15.5.3	热能利用	245
15.5.4	再生胶	245
15.5.5	胶粉	246
15.5.6	热分解	247
15.6	废旧橡胶再生利用展望	247

15.6.1	胶粉生产及应用展望	248
15.6.2	再生橡胶生产与应用展望	249
15.6.3	热分解利用	250
15.6.4	燃烧热利用	250
15.6.5	原形及改制利用	250

第 16 章 胶粉

252

16.1	胶粉概述	252
16.1.1	胶粉的概念	252
16.1.2	胶粉的分类	252
16.2	胶粉的基本性能	253
16.2.1	胶粉的形状和表面形态	253
16.2.2	胶粉的粒度分布	254
16.2.3	胶粉的性质	254
16.2.4	胶粉的表面改性	256
16.3	胶粉的生产方法	263
16.3.1	常温粉碎法	263
16.3.2	低温粉碎法	269
16.3.3	湿法或溶液粉碎法	283
16.3.4	固相剪切粉碎新技术	286
16.3.5	其他一些特殊粉碎方法	288
16.4	活化胶粉的生产方法及其性能	289
16.4.1	胶粉活化改性的方法	289
16.4.2	胶粉活化改性原理	293
16.4.3	RDF 机械化学法制活化胶粉及其性能	295
16.4.4	酚醛活化胶粉的性能	299
16.5	胶粉的应用	301
16.5.1	概述	301
16.5.2	在橡胶工业中的应用	301
16.5.3	在塑料工业中的应用	310
16.5.4	在建筑材料工业中的应用	317
16.5.5	在热塑性弹性体中的应用	321
16.5.6	在铺装材料工业中的应用	322
16.5.7	在阻尼材料中的应用	327
16.5.8	其他应用	329

第 17 章 再生橡胶生产及其应用

331

17.1	再生橡胶的概述	331
17.1.1	再生橡胶的概念	331

17.1.2	再生橡胶的种类	331
17.1.3	再生橡胶的生产概况	333
17.2	再生橡胶的再生机理与再生方法	334
17.2.1	废旧橡胶的再生反应机理	334
17.2.2	废旧橡胶的再生方法	335
17.2.3	影响废旧橡胶再生的主要因素	337
17.2.4	再生橡胶生产基本工艺流程	338
17.2.5	再生橡胶的质量标准	338
17.3	废旧橡胶再生的配合剂与再生配方	343
17.3.1	软化剂	343
17.3.2	活化剂	349
17.3.3	增黏剂	351
17.3.4	其他助剂	353
17.3.5	再生橡胶的配合方法	354
17.3.6	再生橡胶配方	357
17.3.7	再生橡胶生产工艺	358
17.4	再生橡胶生产新工艺	370
17.4.1	快速脱硫工艺	370
17.4.2	高温连续脱硫工艺	371
17.4.3	低温塑化工艺	374
17.4.4	螺杆挤出工艺	381
17.4.5	密炼机再生工艺	385
17.4.6	无油脱硫工艺	385
17.4.7	微波脱硫工艺	386
17.4.8	超声波脱硫工艺	388
17.4.9	其他一些脱硫工艺	389
17.5	特种再生橡胶生产方法	390
17.5.1	彩色再生橡胶	390
17.5.2	香味再生橡胶	390
17.5.3	乳胶再生橡胶	390
17.5.4	液体再生橡胶	391
17.5.5	丁腈再生橡胶	391
17.5.6	乙丙再生橡胶	392
17.5.7	丁基再生橡胶	392
17.5.8	硅橡胶再生橡胶	392
17.5.9	氟橡胶再生橡胶	393
17.5.10	丙烯酸酯再生橡胶	393
17.6	再生橡胶的应用	393
17.6.1	轮胎中的应用	394
17.6.2	胶带、胶管中的应用	394
17.6.3	鞋底中的应用	395
17.6.4	胶黏剂中的应用	395
17.6.5	硬质胶中的应用	395

17.6.6	工业制品中的应用	395
17.6.7	其他领域的应用	395

第 18 章 废旧橡胶的热裂解和燃烧热利用

397

18.1	废旧橡胶的热裂解利用概述	397
18.1.1	废旧橡胶热裂解生成物的组分	397
18.1.2	废旧橡胶热裂解生成物的利用形式	397
18.1.3	废旧橡胶热裂解技术概况	397
18.2	废旧橡胶热裂解的工艺方法	399
18.2.1	移动床热解工艺	399
18.2.2	流动床热解工艺	400
18.2.3	烧蚀床热解工艺	400
18.2.4	回转窑热解工艺	401
18.2.5	固定床热解工艺	401
18.2.6	其他热解工艺	401
18.3	废旧橡胶热裂解新技术	401
18.3.1	废旧橡胶低温微负压催化裂解	401
18.3.2	废旧橡胶超临界流体处理技术	402
18.4	废旧橡胶热裂解材料的应用	403
18.4.1	废轮胎热解油应用	403
18.4.2	废旧橡胶热解炭黑的应用	406
18.4.3	废旧橡胶热解气体的应用	413
18.5	废旧橡胶的燃烧热利用	413
18.5.1	废旧橡胶的燃烧热利用概述	413
18.5.2	废旧橡胶燃烧方式	414
18.5.3	燃烧炉	415
18.5.4	废旧橡胶燃烧热回收方法	417
18.5.5	热回收效率和热利用方法	417
18.5.6	废旧橡胶燃烧热利用实例	418

第 19 章 废旧轮胎的再生利用

420

19.1	概述	420
19.1.1	国内外轮胎回收利用概况	420
19.1.2	废旧轮胎回收利用途径	432
19.2	废旧轮胎翻新工艺	434
19.2.1	轮胎翻新的基本工艺流程	436
19.2.2	轮胎翻新的意义和要求	436
19.2.3	轮胎翻新方法的特点和选择	437
19.3	斜交轮胎的翻新	437
19.3.1	斜交轮胎翻新工艺流程	437

19.3.2	斜交轮胎翻新工艺简述	438
19.3.3	翻新轮胎技术要求	440
19.4	子午线轮胎的翻新	441
19.4.1	子午线轮胎翻新工艺的特点	441
19.4.2	子午线轮胎的选胎标准	442
19.4.3	子午线轮胎翻新工艺与斜交轮胎翻新工艺的不同点	442
19.5	预硫化胎面的翻新	443
19.5.1	预硫化胎面翻新工艺的特点	443
19.5.2	预硫化胎面翻新工艺	444
19.6	无内胎轮胎的翻新	446
19.7	注射法轮胎翻新	446
19.8	工程机械轮胎的翻新	447
19.9	农业机械轮胎的翻新	448
19.10	轮胎翻新配方举例	449
19.11	翻新轮胎常见的外观质量缺陷	452
19.12	废轮胎回收利用实例	453

参考文献

469

第四篇 废旧纤维资源综合利用技术

第20章 废旧纤维概述

472

20.1	废旧纤维的来源	473
20.2	纤维的性能	474
20.3	废旧纤维的分类与辨识	474
20.3.1	废旧纤维的分类	474
20.3.2	废旧纤维的辨识	481
20.4	废旧纤维利用实例	484
20.4.1	旧棉翻新	484
20.4.2	利用废纤维及再生纤维制作无纺布	484
20.4.3	废旧纤维生产轻质复合板	485
20.4.4	涤纶再生纤维	485
20.4.5	废聚丙烯的回收利用	485
20.4.6	废 PET 的回收利用	486
20.4.7	废 PVC 回收利用	486
20.4.8	天然蛋白质纤维——废旧羊毛的开发再生利用	486

21.1 废旧纤维的分选	488
21.1.1 预分选	488
21.1.2 自然分级	489
21.2 废旧纤维的贮存	490
21.2.1 纤维贮存的作用与特点	490
21.2.2 纤维料仓的结构	490
21.3 纤维计量	491
21.3.1 设置计量的部位	491
21.3.2 计量方法	492
21.3.3 计量方法的选择	492

22.1 废涤纶的再生利用技术	494
22.1.1 废涤纶概述	494
22.1.2 废聚酯的直接应用	505
22.1.3 废聚酯的降解利用	510
22.1.4 废聚酯的改性利用	531
22.2 废腈纶的再生利用技术	532
22.2.1 腈纶废丝概述	532
22.2.2 腈纶废丝产生的原因	533
22.2.3 腈纶废丝处理方法	533
22.3 废锦纶的再生利用技术	552
22.3.1 锦纶概述	552
22.3.2 锦纶的品种及用途	555
22.3.3 锦纶的生产	557
22.3.4 锦纶的回收与利用——尼龙 66 盐废液的回收 与利用	558
22.3.5 尼龙 6 聚合废弃物的处理	560
22.3.6 尼龙 6 生产中废气废渣的回收	562
22.3.7 废料回收	563
22.3.8 废锦纶的再生利用	570
22.4 丙纶的再生利用技术	572
22.4.1 丙纶的概述	572
22.4.2 丙纶的种类、特点及用途	573
22.4.3 丙纶的生产过程	578
22.4.4 丙纶的新材料技术	578
22.4.5 废丙纶的再生利用技术	581

第五篇 其他废旧高分子材料资源综合利用技术

第 23 章 制浆黑液中木质素的再生利用技术

23.1	木质素概述	586
23.1.1	木质素的存在	586
23.1.2	木质素的分类	587
23.1.3	木质素的结构	588
23.1.4	木质素的物理性质	592
23.1.5	木质素的化学性质	595
23.1.6	木质素-碳水化合物复合体	596
23.2	木质素的分离和精制	597
23.2.1	天然木质素的提取	598
23.2.2	纸浆中木素的分离	599
23.2.3	制浆废液中木质素的分离	600
23.2.4	木质素-碳水化合物复合体的分离	602
23.3	木质素的化学反应	603
23.3.1	氧化反应	603
23.3.2	还原反应	605
23.3.3	水解反应	605
23.3.4	醇解反应和酸解反应	606
23.3.5	光解反应	606
23.3.6	生物降解	607
23.3.7	酰化反应	609
23.3.8	烷基化反应	609
23.3.9	磺化反应	610
23.3.10	卤化反应	611
23.3.11	硝化反应	611
23.3.12	缩合反应	611
23.3.13	接枝共聚	612
23.3.14	显色反应	612
23.4	木质素的化学改性	613
23.4.1	木质素的衍生化改性	613
23.4.2	木质素的接枝共聚	617
23.5	木质素的高值化利用	618
23.5.1	木质素基高分子材料	618