

改性聚丙烯

新材料

● 赵敏 高俊刚 邓奎林 赵兴艺 编著



化学工业出版社
材料科学与工程出版中心

改性聚丙烯新材料

赵 敏 高俊刚 编著
邓奎林 赵兴艺

化 学 工 业 出 版 社

材料科学与工程出版中心

• 北 京 •

(京) 新登字 039 号

图书在版编目(CIP)数据

改性聚丙烯新材料/赵敏等编著. —北京: 化学工业出版社, 2002. 8
ISBN 7-5025-3964-6

I. 改… II. 赵… III. 聚丙烯塑料-改性
IV. TQ325.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2002) 第 051053 号

改性聚丙烯新材料

赵 敏 高俊刚 编著
邓奎林 赵兴艺
责任编辑: 丁尚林
责任校对: 陶燕华
封面设计: 蒋艳君

*

化 学 工 业 出 版 社 出版发行
材料科学与工程出版中心

(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)

发行电话: (010) 64982530

<http://www.cip.com.cn>

*

新华书店北京发行所经销

北京市燕山印刷厂印刷

三河市前程装订厂装订

开本 850×1168 毫米 1/32 印张 21 字数 567 千字

2002 年 9 月第 1 版 2002 年 9 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-3964-6/TQ · 1564

定 价: 45.00 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责退换

前 言

聚丙烯是五大类通用塑料之一，由于其原料来源丰富、价格便宜、易于加工成型、产品综合性能优良，因此用途非常广泛，已成为通用树脂中发展最快的品种。

尽管聚丙烯有众多优点，但是，聚丙烯也存在一些不足之处。最大缺点是耐寒性差，低温易脆断；其次是收缩率大，抗蠕变性差，制品尺寸稳定性差，容易产生翘曲变形。与传统工程塑料相比，聚丙烯还存在一些缺陷，如耐候性差，耐光、热及抗老化性差，亲水及抗静电性能差，涂饰、着色和粘合等二次加工性能差，与其他极性聚合物和无机填料的相容性差。从而限制了聚丙烯的进一步应用。为了改进聚丙烯的性能，延长其使用寿命并扩大应用范围，需对聚丙烯进行改性。聚丙烯的高性能化、工程化、功能化是目前改性聚丙烯的主要研究方向。20 世纪 90 年代以来高性能化的聚丙烯已成为材料家族中部分取代昂贵工程塑料的材料。

我国聚丙烯工业起步较晚，技术相对落后，与国际先进水平存在一定差距。目前国内关于改性聚丙烯方面的专著也很少，有关的资料和数据比较匮乏，为了加速我国聚丙烯工业的发展，引起广大学者和企业对改性聚丙烯的重视，出版这方面的专著是很必要的。本书作者参考了国内外最新的专著和期刊（皆为 20 世纪 90 年代的），并根据自己多年来在材料改性方面的研究成果和工作经验，编著成此书，希望能对推动我国改性聚丙烯材料方面的科研、生产和应用做点微薄的贡献。

本书第 2 章由邓奎林编写，第 5 章由赵敏和高俊刚编写，第 7 章由高俊刚编写，第 14 章由赵兴艺编写，其余各章均由赵敏编写。

在本书的编写过程中，承蒙杨丽庭教授和巴信武教授的支持和

帮助，仅在此致以深深的谢意。

在成书过程中，虽然作者作了很大努力，但由于时间仓促、学识水平有限，书中难免存在不妥和错误之处，盼望读者指正。

赵敏

2002年3月12日

内 容 提 要

本书共分 14 章,详细阐述了聚丙烯的改性技术、改性新材料及其应用,包括聚丙烯的化学改性、共混改性、复合增强改性及聚集态结构的控制等改性技术与成型加工;聚丙烯改性新材料在汽车、包装、电子电器及建筑等行业中的应用;改性聚丙烯纤维、阻燃聚丙烯及聚丙烯透明制品的生产及应用;最后还介绍了聚丙烯的循环利用与降解。

本书文献资料新颖,内容丰富,理论性与实践性结合紧密,对从事聚丙烯改性研究及新材料开发利用的技术人员及管理人员有较强的参考价值。

目 录

第 1 章 聚丙烯工业概况	1
1.1 聚丙烯的品种、牌号和分类	4
1.2 聚丙烯生产现状和技术开发情况	5
1.3 催化剂和聚合工艺的新发展	8
1.4 聚丙烯改性方法	9
1.4.1 化学改性	10
1.4.2 共混改性	11
1.4.3 填充改性与纤维增强复合材料	13
1.4.4 表面改性	13
1.5 成型加工工艺与高分子材料的高次结构	14
参考文献	15
第 2 章 新型催化剂的应用及聚丙烯新产品的开发	16
2.1 丙烯聚合催化剂的发展历程	16
2.1.1 第一代聚丙烯催化剂	16
2.1.2 第二代聚丙烯催化剂	17
2.1.3 第三代聚丙烯催化剂——高效载体催化剂	18
2.1.4 第四代聚丙烯催化剂——反应器粒子技术	20
2.1.5 第五代聚丙烯催化剂——茂金属催化剂	23
2.1.6 丙烯聚合催化剂研究最新进展——后过渡金属催化剂	24
2.2 丙烯聚合工艺简介	27
2.2.1 气相本体法	27
2.2.2 液相本体法	40
2.2.3 浆液法工艺	48
2.3 茂金属聚丙烯及其应用	50
2.3.1 无规聚丙烯	52
2.3.2 间规聚丙烯	53
2.3.3 等规聚丙烯	63
2.3.4 半等规聚丙烯	75
2.3.5 立构嵌段聚丙烯	76

参考文献	80
第3章 聚丙烯化学改性	85
3.1 氯化聚丙烯	85
3.1.1 氯化聚丙烯的类别及结构特征	86
3.1.2 氯化聚丙烯的性能特征	86
3.1.3 氯化聚丙烯的应用	88
3.1.4 氯化聚丙烯的生产方法	89
3.2 聚丙烯接枝改性与功能化	99
3.2.1 聚丙烯接枝反应的实施方法	99
3.2.2 聚丙烯接枝物的性能与应用	100
3.2.3 溶液法接枝聚丙烯	104
3.2.4 聚丙烯多单体熔融接枝	107
3.2.5 聚丙烯固相力化学接枝马来酸酐	115
3.3 聚丙烯的交联	117
3.3.1 辐射交联	118
3.3.2 化学交联	120
3.3.3 两步法水交联	122
3.4 反应挤出技术在聚丙烯改性中的应用	128
3.4.1 反应挤出技术的工程基础	129
3.4.2 反应挤出中进行的反应类型	131
3.4.3 聚丙烯的控制降解	135
3.4.4 反应挤出共混	144
3.5 聚丙烯聚合物互穿网络	149
3.6 聚丙烯的表面改性	150
3.6.1 概述	150
3.6.2 聚丙烯表面的化学改性	152
3.6.3 等离子体表面改性	153
3.6.4 光接枝聚合改性	157
3.6.5 力化学处理	160
3.6.6 其他改性方法	161
参考文献	164
第4章 聚丙烯共混改性及应用	165
4.1 共混改性的主要方法	165
4.2 聚合物相容性	166
4.2.1 完全相容、部分相容与不相容	166

4.2.2	相容性、互溶性与溶混性	168
4.2.3	聚合物相容性判据	169
4.3	改善聚丙烯与其他聚合物相容性的方法	171
4.3.1	聚丙烯的化学接枝	171
4.3.2	聚丙烯的辐照增容	172
4.3.3	加入增容剂(相容剂)	173
4.3.4	IPN 技术	175
4.3.5	动态硫化	175
4.4	共混物形态	175
4.4.1	共混物形态的三种基本类型	176
4.4.2	共混物形态的研究及制样方法	176
4.4.3	分散相分散状况的表征	177
4.4.4	共混物的相界面	181
4.4.5	影响聚合物共混形态的因素	184
4.5	共混物的性能	190
4.5.1	共混物性能与单组分性能的关系式	190
4.5.2	共混物熔体的流变性能	194
4.5.3	共混物的力学性能	199
4.6	共混过程、共混工艺与共混设备	210
4.6.1	简单混合与分散混合	210
4.6.2	分散相的分散过程与集聚过程	211
4.6.3	控制分散相粒径的方法	213
4.6.4	两阶共混分散历程	216
4.6.5	剪切应力对分散过程的影响	217
4.6.6	共混设备简介	218
4.6.7	共混工艺因素对共混物性能的影响	219
4.7	聚丙烯共混改性	220
4.7.1	PP/PE 共混体系	220
4.7.2	弹性体共混改性	221
4.7.3	PP/PA 共混体系	224
4.7.4	聚丙烯/聚对苯二甲酸丁二醇酯(PBT)共混物	224
4.7.5	聚丙烯/聚对苯二甲酸乙二醇酯(PET)共混物	225
4.7.6	聚丙烯/液晶聚合物(LCP)	225
4.7.7	聚氯乙烯/聚丙烯共混物	226
4.7.8	其他共混改性	226

4.7.9 发展趋势	227
参考文献	228
第5章 聚丙烯的复合增强改性技术与应用	229
5.1 填充材料的种类	229
5.2 增强材料的种类	235
5.3 聚丙烯复合增强技术	237
5.3.1 基体树脂聚丙烯的改性	237
5.3.2 填料的处理	238
5.3.3 聚丙烯基体树脂与填料的界面改性	240
5.4 聚丙烯复合增强技术的应用	241
5.5 聚丙烯纳米复合材料	242
5.5.1 纳米粒子的特性及表面改性	243
5.5.2 高分子-无机纳米复合材料的制备方法	245
5.5.3 无机纳米粒子对高分子材料性能的影响	247
5.5.4 纳米材料改性聚丙烯	248
参考文献	256
第6章 聚丙烯的成型加工	257
6.1 聚丙烯的基本性质	257
6.2 聚丙烯的加工性质	259
6.3 聚丙烯成型方法简介	263
6.3.1 原料的配制和塑炼	263
6.3.2 聚丙烯的成型	264
6.4 聚丙烯挤出成型制品及工艺条件	294
6.4.1 PP 管材	294
6.4.2 聚丙烯膜	297
6.4.3 聚丙烯挤出板材	302
6.4.4 聚丙烯塑料打包带	303
6.4.5 聚丙烯单丝	304
6.4.6 聚丙烯扁丝	306
6.4.7 聚丙烯捆扎绳	308
6.4.8 聚丙烯包装袋	310
6.4.9 聚丙烯密封条	312
参考文献	313
第7章 聚丙烯聚集态结构的控制及在包装材料中的应用	314
7.1 聚丙烯的结晶和取向	314

7.1.1	聚丙烯结晶的形态和结构	314
7.1.2	成核剂对聚丙烯结晶形态的影响	317
7.1.3	聚丙烯的取向形态	318
7.1.4	取向过程的热力学	321
7.1.5	取向对材料性能的影响	323
7.2	添加剂对聚丙烯的改性及各种母料制备	327
7.2.1	添加剂的种类及作用	327
7.2.2	塑料母料的生产原理	331
7.2.3	添加剂母料的生产工艺	335
7.2.4	色母料用颜料对聚丙烯流变性的影响	336
7.2.5	双向拉伸聚丙烯膜用白色珠光母料	337
7.3	双向拉伸聚丙烯膜的制备	339
7.3.1	双向拉伸聚丙烯膜生产的原料及设备	339
7.3.2	双向拉伸 BOPP 膜的生产工艺	342
7.4	聚丙烯吹塑膜和单向拉伸制品	349
7.4.1	聚丙烯吹塑膜的生产	349
7.4.2	聚丙烯扁丝的成型工艺	350
7.4.3	聚丙烯撕裂膜的成型工艺	351
7.5	聚丙烯珠光膜的制造原理与技术	352
7.5.1	珠光颜料的种类及应用	353
7.5.2	珠光颜料在塑料中的珠光光泽	357
7.5.3	珠光膜的制造技术	359
7.5.4	BOPP 珠光膜生产中后期的技术问题	360
7.6	聚丙烯彩虹、荧光膜、镀铝膜和流延膜	362
7.6.1	彩虹膜加工技术	362
7.6.2	聚丙烯荧光膜的制备	365
7.6.3	BOPP 镀铝膜	367
7.6.4	聚丙烯流延膜	370
7.7	聚丙烯复合包装材料	373
7.7.1	复合作用	373
7.7.2	复合材料	373
7.7.3	干式复合法	374
7.7.4	凹版印刷干式复合机组	377
7.7.5	挤出复合法	377
7.7.6	挤压涂布复合(流延复合)	379

7.8 聚丙烯泡沫塑料	382
7.8.1 原料	384
7.8.2 生产工艺	384
7.8.3 聚丙烯发泡技术进展	386
参考文献	389
第8章 改性聚丙烯在汽车工业中的应用	391
8.1 汽车保险杠	392
8.1.1 PP/乙-丙共聚物共混料	394
8.1.2 PP/EPDM/CaCO ₃ 三元共混体系	397
8.1.3 PP/POE 共混体系	400
8.1.4 动态硫化 PP/EPDM 共混体系	403
8.1.5 汽车保险杠应用配方举例	408
8.2 汽车仪表板	409
8.2.1 仪表板基体树脂聚丙烯	410
8.2.2 基体聚丙烯的增韧	410
8.2.3 刚性和收缩率的改进	411
8.2.4 共混物流动性的提高	412
8.2.5 相容性改进	412
8.2.6 汽车仪表板应用配方举例	413
8.3 发动机冷却风扇	414
8.3.1 改性聚丙烯冷却风扇专用料生产工艺过程	415
8.3.2 玻璃纤维增强	415
8.3.3 橡胶增韧	416
8.3.4 热、氧化老化性改善	417
8.3.5 汽车冷却风扇应用配方举例	417
8.4 蓄电池外壳	418
8.4.1 蓄电池壳体专用料的制备	419
8.4.2 影响蓄电池壳体质量的因素	419
8.4.3 汽车蓄电池壳体专用料配方举例	420
8.5 汽车方向盘	421
8.5.1 方向盘专用料的生产工艺	421
8.5.2 影响汽车方向盘专用料质量的因素	422
8.5.3 方向盘专用料举例	424
8.6 汽车用其他聚丙烯产品	424
8.7 存在的问题	426

参考文献	428
第 9 章 改性聚丙烯在电子电器工业中的应用	429
9.1 洗衣机专用料	430
9.1.1 PP 的结构与性能的关系	433
9.1.2 洗衣机内桶用 PP 的分子设计和生产方法	439
9.1.3 共聚改性 PP 洗衣机内桶料	440
9.1.4 共混改性 PP 洗衣机内桶料	442
9.1.5 小结	446
9.2 改性聚丙烯电冰箱专用料的开发	446
9.2.1 电冰箱用塑料材料现状	446
9.2.2 改性聚丙烯电冰箱专用料的开发	449
9.3 家电壳体专用聚丙烯	451
9.4 厨房用家电专用聚丙烯	454
9.5 电容器用双轴拉伸 BOPP 薄膜	455
9.5.1 原料及其要求	456
9.5.2 工艺参数选择	457
9.5.3 电晕处理	458
9.5.4 环境条件	459
9.5.5 聚丙烯金属膜电容器	460
9.5.6 聚丙烯高频功率电容器	461
9.6 抗静电聚丙烯材料	464
9.6.1 高分子型抗静电剂及其应用	465
9.6.2 导电型抗静电剂	466
9.7 聚丙烯复合导电材料和磁性材料	471
9.7.1 导电聚丙烯复合材料及其屏蔽性能	471
9.7.2 磁性聚丙烯复合材料	472
9.8 电缆用改性聚丙烯	473
参考文献	473
第 10 章 新型聚丙烯建筑材料	475
10.1 无规共聚聚丙烯管材 (PP-R)	475
10.1.1 PP-R 管材的国内外市场状况	476
10.1.2 PP-R 管材国内外开发状况	478
10.1.3 PP-R 管材的特征	479
10.1.4 PP-R 的结构与性能	480
10.2 β 晶型聚丙烯热水管专用料	481

10.2.1	α 型和 β 型聚丙烯的比较	482
10.2.2	新型改性聚丙烯——TBPP	483
10.2.3	小结	483
10.3	聚丙烯纤维混凝土	484
10.3.1	纤维混凝土	484
10.3.2	纤维混凝土制备	489
10.3.3	用于喷射的聚丙烯纤维混凝土	490
10.3.4	聚丙烯纤维在高性能混凝土中的应用及发展前景	490
10.4	改性聚丙烯吸声材料	493
10.4.1	改性聚丙烯吸声材料的加工工艺流程	494
10.4.2	影响改性聚丙烯泡沫吸声材料性能的因素	494
10.5	聚丙烯在家具中的应用	497
10.5.1	塑料家具简介	497
10.5.2	聚丙烯在家具上的应用	499
10.6	APP改性沥青防水卷材	504
10.6.1	APP改性沥青防水卷材的性能	504
10.6.2	APP改性沥青防水卷材的应用	505
10.6.3	APP改性沥青防水卷材的多功能应用	505
10.6.4	APP改性沥青防水卷材的原料组成和配方	506
10.6.5	生产流程和产品性能	507
10.6.6	热熔施工	508
	参考文献	509
第11章	改性聚丙烯纤维及其应用	510
11.1	聚丙烯纤维的开发概况	511
11.1.1	新型多功能细旦聚丙烯纤维的开发	512
11.1.2	高强高模聚丙烯的开发	515
11.1.3	茂金属聚丙烯纤维性能和应用	516
11.1.4	共混技术在聚丙烯改性中的应用	517
11.2	烟用聚丙烯丝束	520
11.2.1	烟用聚丙烯丝束存在的问题	522
11.2.2	烟用聚丙烯丝束的改性	523
11.2.3	丙纶丝束生产工艺对性能的影响	525
11.3	聚丙烯无纺布	529
11.3.1	丙纶无纺布简介	529
11.3.2	丙纶针刺无纺布和纺粘无纺布	531

11.3.3	丙纶熔喷法无纺布	533
11.3.4	辊筒压纹法生产无纺布	534
11.4	聚丙烯簇绒地毯	536
11.5	微孔聚丙烯中空纤维	540
11.5.1	微孔聚丙烯中空纤维的制备	540
11.5.2	环保领域中聚丙烯中空纤维膜-生物反应器	541
11.5.3	聚丙烯中空纤维人工肺(聚丙烯中空纤维氧合器)	546
11.6	可染聚丙烯纤维	547
11.6.1	聚丙烯的氯化改性与离子染色	548
11.6.2	共混改性与酸性可染聚丙烯纤维	549
11.7	聚丙烯纤维阻燃技术的开发与应用	551
11.7.1	国内情况	552
11.7.2	国外情况	553
11.7.3	阻燃方法及阻燃剂	554
11.7.4	典型的聚丙烯阻燃剂(母粒)及阻燃聚丙烯纤维	556
11.8	细旦、超细旦丙纶纤维及其应用	558
11.8.1	细旦、超细旦聚丙烯纤维在服装领域中的应用	558
11.8.2	超细聚丙烯纤维毡片及其应用	566
11.9	高强高模量聚丙烯纤维及其应用	569
11.9.1	高强高模量聚丙烯纤维的生产工艺过程	569
11.9.2	影响聚丙烯纤维强度的因素	570
11.9.3	高强聚丙烯纤维的性能	574
11.9.4	高强聚丙烯纤维的应用	576
11.10	离子交换聚丙烯纤维	580
	参考文献	580
第12章	阻燃聚丙烯及其应用	582
12.1	阻燃技术和阻燃机理概要	582
12.1.1	阻燃的技术途径	582
12.1.2	阻燃机理	584
12.2	含卤阻燃聚丙烯及其应用	585
12.2.1	用于聚丙烯的卤系阻燃剂和协效剂	585
12.2.2	含卤阻燃聚丙烯及其应用	587
12.3	无卤阻燃聚丙烯及其应用	594
12.3.1	聚磷酸铵基膨胀型阻燃剂阻燃的聚丙烯	596

12.3.2	膨胀型阻燃系统与其他阻燃系统阻燃聚丙烯性能比较	602
12.3.3	膨胀型石墨及协效剂阻燃的聚丙烯	605
12.3.4	氢氧化铝及氢氧化镁阻燃的聚丙烯	607
12.3.5	包覆红磷阻燃的聚丙烯	610
12.3.6	硅阻燃剂阻燃的聚丙烯	611
12.4	未来的高效阻燃系统	613
12.4.1	催化阻燃系统	613
12.4.2	凝聚相中的自由基抑制剂(抗氧剂)	614
12.4.3	高效气相阻燃剂	614
	参考文献	615
第13章	聚丙烯透明制品的生产及其应用	616
13.1	透明剂的现状及其发展趋势	617
13.1.1	国内外市场现状与展望	618
13.1.2	技术开发进展	621
13.2	透明聚丙烯片材	624
13.2.1	原料对片材透明性的影响	625
13.2.2	设备对片材透明性的影响	626
13.2.3	工艺对片材透明性的影响	626
13.3	透明聚丙烯注射成型技术	628
13.3.1	透明聚丙烯的加工工艺特性	628
13.3.2	制品设计	628
13.3.3	模具	628
13.3.4	成型设备	629
13.3.5	成型工艺	629
13.4	医用聚丙烯专用料	630
	参考文献	633
第14章	聚丙烯的循环利用与降解	634
14.1	废旧聚丙烯的直接应用	635
14.2	废旧聚丙烯的改性及其利用	637
14.2.1	废旧聚丙烯共混物	638
14.2.2	废旧聚丙烯的增韧与动态硫化	639
14.2.3	废旧聚丙烯的增强	640
14.2.4	废旧聚丙烯的化学改性	642
14.3	废旧聚丙烯的裂解制油	643

14.4 废旧聚丙烯的焚烧——能量回收	645
14.5 高分子材料回收利用中的二次污染问题	645
14.5.1 物理方法与化学方法回收利用	645
14.5.2 能量回收	646
14.6 降解聚丙烯材料及其应用	650
参考文献	652