



“十二五”国家重点图书
合成树脂及应用丛书

聚丙烯和 聚丁烯树脂 及其应用

■ 乔金樑 张师军 主编



化学工业出版社



“十二五”国家重点图书
合成树脂及应用丛书

聚丙烯和 聚丁烯树脂 及其应用

■ 乔金樑 张师军 主编



化学工业出版社

· 北 京 ·

本书对聚丙烯树脂和聚丁烯树脂近年来的技术进展和发展趋势进行了较为详细的介绍,包括聚合工艺、结构与性能的关系、加工应用技术、安全卫生和环保等内容。

本书适合从事聚丙烯树脂和聚丁烯树脂的生产、加工应用、市场开拓和科研开发等方面的相关人员阅读。

图书在版编目(CIP)数据

聚丙烯和聚丁烯树脂及其应用/乔金樑,张师军主编.
—北京:化学工业出版社,2011.9
(合成树脂及应用丛书)
ISBN 978-7-122-11657-4

I. 聚… II. ①乔… ②张… III. ①聚丙烯-研究②
聚丁烯-研究 IV. TQ325.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 129184 号

责任编辑:王苏平
责任校对:顾淑云

文字编辑:王 琪
装帧设计:尹琳琳

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 装:北京永鑫印刷有限责任公司
装 订:三河市万龙印装有限公司
710mm×1000mm 1/16 印张 26½ 字数 510 千字 2011 年 10 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:72.00 元

版权所有 违者必究

京化广临字 2011—33 号



《合成树脂及应用丛书》编委会

高级顾问：李勇武 袁晴棠

编委会主任：杨元一

编委会副主任：洪定一 廖正品 何盛宝 富志侠 胡 杰

王玉庆 潘正安 吴海君 赵起超

编委会委员（按姓氏笔画排序）：

王玉庆 王正元 王荣伟 王绪江 乔金樑

朱建民 刘益军 江建安 杨元一 李 杨

李 玲 邴涓林 肖淑红 吴忠文 吴海君

何盛宝 张师军 陈 平 林 雯 胡 杰

胡企中 赵陈超 赵起超 洪定一 徐世峰

黄 帆 黄 锐 黄发荣 富志侠 廖正品

颜 悦 潘正安 魏家瑞

Preface 序



合成树脂作为塑料、合成纤维、涂料、胶黏剂等行业的基础原料，不仅在建筑业、农业、制造业（汽车、铁路、船舶）、包装业有广泛应用，在国防建设、尖端技术、电子信息等领域也有很大需求，已成为继金属、木材、水泥之后的第四大类材料。2010 年我国合成树脂产量达 4361 万吨，产量以每年两位数的速度增长，消费量也逐年提高，我国已成为仅次于美国的世界第二大合成树脂消费国。

近年来，我国合成树脂在产品质量、生产技术和装备、科研开发等方面均取得了长足的进步，在某些领域已达到或接近世界先进水平，但整体水平与发达国家相比尚存在明显差距。随着生产技术和加工应用技术的发展，合成树脂生产行业和塑料加工行业的研发人员、管理人员、技术工人都迫切希望提高自己的专业技术水平，掌握先进技术的发展现状及趋势，对高质量的合成树脂及应用方面的丛书有迫切需求。

化学工业出版社急行业之所需，组织编写《合成树脂及应用丛书》（共 17 个分册），开创性地打破合成树脂生产行业和加工应用行业之间的藩篱，架起了一座横跨合成树脂研究开发、生产制备、加工应用等领域的沟通桥梁。使得合成树脂上游（研发、生产、销售）人员了解下游（加工应用）的需求，下游人员了解生产过程对加工应用的影响，从而达到互相沟通，进一步提高合成树脂及加工应用产业的生产和技术水平。

该套丛书反映了我国“十五”、“十一五”期间合成树脂生产及加工应用方面的研发进展，包括“973”、“863”、“自然科学基金”等国家级课题的相关研究成果和各大公司、科研机构攻关项目的相关研究成果，突出了产、研、销、用一体化的理念。丛书涵盖了树脂产品的发展趋势及其合成新工艺、树脂牌号、加工性能、测试表征等技术，内容全面、实用。丛书的出版为提高从业人员的业务水准和提升行业竞争力做出贡献。

该套丛书的策划得到了国内生产树脂的三大集团公司（中国石化、中国石油、中国化工集团），以及管理树脂加工应用的中国塑料加工工业协会的支持。聘请国内 20 多家科研院所、高等院校和生产企业的骨干技术专家、教授组成了强大的编写队伍。各分册的稿件都经丛书编委会和编著者认真的讨论，反复修改和审查，有力地保证了该套图书内容的实用性、先进性，相信丛书的出版一定会赢得行业读者的喜爱，并对行业的结构调整、产业升级与持续发展起到重要的指导作用。

袁晴棠

2011 年 8 月

Foreword 前言



聚丙烯不仅性价比优异,而且在生产、加工、应用和再生的整个生命周期中是非常环保的材料,因而在许多应用中被认为是最为理想的材料,被广泛应用于电子电气、包装、农业、汽车、通信和建筑等国民经济的各个方面。随着我国国民经济30多年的持续高速发展,我国已成为世界主要聚丙烯消费和生产的大国,2010年表观消费量约为1400万吨,产量900多万吨。我国政府、学术界和企业界对聚丙烯材料科学和技术的发展一直非常重视,在各个层面均有较大投入,取得了许多重要的科技成果。早在20世纪90年代国家发改委(原国家计委)就投资在北京化工研究院建立了聚烯烃国家工程研究中心,国家的“973”项目、“863”项目和多个攻关项目均立项支持过聚丙烯方面的研究和技术开发。以杨玉良院士为首席科学家、中国石油化工集团公司为依托单位的国家“973”聚烯烃项目,通过10年的“产、学、研”合作研究,取得了系统的理论成果和工业化成果,促进了我国聚烯烃,特别是聚丙烯产业的发展。本书欲通过对聚丙烯近年来技术进展的总结,架起我国聚丙烯树脂生产企业和加工应用企业技术人员相互沟通的桥梁。

聚1-丁烯的高温蠕变性能优异,在热水管等方面应用具有明显的优势,在我国具有很好的发展前景。本书第八章对聚1-丁烯的制备及应用进行了较为详细的介绍。

本书由中国石化北京化工研究院从事聚丙烯相关研究的科技人员编写。第1章由乔金樑执笔;第2章由宋文波负责,张晓帆、魏文骏、李昌秀、于佩潜、李杰和胡慧杰参加编写;第3章由郭梅芳负责,刘宣博、李娟、乔金樑、李杰和张丽英参加编写;第4章和第5章由张师军负责,邹浩、高达利、刘涛参加编写;第6章由魏若奇和杨勇负责编写;第7章由乔金樑负责,宋文波、陈江波和邹浩参加编写;第8章由于鲁强和张小萌负责编写;附录由李杰、高达利、宋文波、李杰、张丽英和乔金樑编写。本书的审稿工作由洪定一教授负责,参加审稿的人员有:吕立新、金茂筑、马因明、胡炳镛。由于作者时间有限,难免有不妥之处,敬请广大读者批评指正。

编 者
2011年7月



第 1 章 绪言 1

- 1.1 聚丙烯树脂的发展历史 1
- 1.2 聚丙烯树脂的特性 4
- 1.3 聚丙烯树脂的分类及加工应用领域 4
- 参考文献 8

第 2 章 聚丙烯树脂的生产 9

- 2.1 引言 9
- 2.2 催化剂与单体 9
 - 2.2.1 聚合催化剂 9
 - 2.2.2 丙烯单体 26
 - 2.2.3 聚丙烯原料的净化 31
- 2.3 内外给电子体 34
 - 2.3.1 内给电子体 34
 - 2.3.2 外给电子体 39
 - 2.3.3 内外给电子体化合物的作用机理 42
- 2.4 聚合反应工艺与工程 45
 - 2.4.1 丙烯聚合过程 45
 - 2.4.2 丙烯聚合反应动力学 53
 - 2.4.3 聚丙烯生产工艺 55
- 2.5 助剂、造粒和包装 69
 - 2.5.1 抗氧化剂 69
 - 2.5.2 卤素吸收剂 73
 - 2.5.3 光稳定剂 73
 - 2.5.4 成核剂 76
 - 2.5.5 抗静电剂 78
 - 2.5.6 抗菌剂 80
 - 2.5.7 超细粉末橡胶辅助分散技术 84
 - 2.5.8 挤压造粒 85
- 2.6 聚合反应设备 87
 - 2.6.1 气相流化床聚合反应器 87
 - 2.6.2 环管反应器 90
 - 2.6.3 卧式搅拌床聚合反应器 94

2.7 聚合过程控制	96
2.7.1 集散控制系统	96
2.7.2 紧急停车系统	99
2.7.3 先进控制技术	100
参考文献	103

第3章 聚丙烯树脂的结构、性能及应用————— 109

3.1 引言	109
3.2 聚丙烯的结构与性能	111
3.2.1 等规聚丙烯的各项性能指标	111
3.2.2 等规聚丙烯链结构、分子量及其对性能的影响	116
3.2.3 等规聚丙烯的结晶及其对性能的影响	120
3.2.4 无规共聚聚丙烯的结构与性能	131
3.2.5 共聚和共混聚丙烯多相材料的结构及性能	133
3.3 聚丙烯树脂的微观结构表征	142
3.3.1 凝胶渗透色谱分析	142
3.3.2 光谱技术分析	145
3.3.3 热力学分析	151
3.3.4 X射线散射分析	153
3.3.5 分级技术	156
3.4 聚丙烯粉料的稳定性	160
3.5 聚丙烯树脂的改性	161
3.5.1 无机填料填充和增强聚丙烯	161
3.5.2 聚丙烯的增韧	168
3.5.3 聚丙烯的阻燃	172
参考文献	175

第4章 聚丙烯树脂的加工————— 182

4.1 引言	182
4.1.1 聚丙烯的流动特性	182
4.1.2 聚丙烯热性能	188
4.1.3 聚丙烯的收缩和翘曲	192
4.1.4 聚丙烯加工前处理	195
4.2 注塑	196
4.2.1 注塑设备	196
4.2.2 注塑加工工艺	197
4.2.3 聚丙烯的注塑模具	198
4.2.4 聚丙烯注塑常见问题	203
4.3 挤出	204

4.3.1	管材的加工	207
4.3.2	片/板材的加工	216
4.3.3	电线/电缆的加工	219
4.3.4	异型材和木塑复合材料的加工	220
4.4	纺丝	223
4.4.1	长纤维的加工	223
4.4.2	短纤维的加工	230
4.4.3	纤维非织造布(无纺布)的加工	231
4.5	取向薄膜	240
4.5.1	拉幅双轴取向薄膜的加工	240
4.5.2	管状双轴取向薄膜的加工	246
4.6	非取向薄膜	249
4.6.1	流延膜的加工	249
4.6.2	吹膜的加工	252
4.6.3	涂覆膜的加工	256
4.7	吹塑	257
4.7.1	挤出吹塑成型	258
4.7.2	注塑吹塑成型	261
4.7.3	拉伸吹塑成型	263
4.8	发泡	264
4.8.1	发泡过程	265
4.8.2	微孔发泡	267
4.8.3	珠粒发泡	270
4.8.4	挤出发泡	272
4.8.5	注塑发泡	274
4.9	热成型	275
4.9.1	阳模成型	276
4.9.2	阴模成型	278
4.9.3	对模成型	279
4.9.4	其他热成型方法	280
	参考文献	281

第5章 聚丙烯塑料制品及其对原料树脂的要求————— 284

5.1	注塑制品	284
5.1.1	聚丙烯注塑制品应用领域	284
5.1.2	注塑用聚丙烯树脂	286
5.2	挤出制品	289
5.2.1	挤出制品及其应用	289
5.2.2	挤出制品对原料树脂的要求	293

5.3 纺丝制品	295
5.3.1 纺丝制品及其应用	295
5.3.2 纺丝制品对原料树脂的要求	297
5.4 取向薄膜制品	299
5.4.1 BOPP 薄膜制品及其应用	299
5.4.2 BOPP 薄膜制品对原料树脂的要求	301
5.5 非取向薄膜制品	303
5.5.1 非取向薄膜制品及其应用	303
5.5.2 非取向薄膜制品对原料树脂的要求	304
5.6 吹塑制品	305
5.6.1 聚丙烯吹塑制品	306
5.6.2 吹塑用聚丙烯树脂	306
5.7 发泡制品	308
5.7.1 聚丙烯发泡制品应用领域	308
5.7.2 发泡用聚丙烯树脂	308
5.8 热成型制品	311
5.8.1 热成型聚丙烯制品	311
5.8.2 热成型用聚丙烯树脂	311
参考文献	313

第 6 章 聚丙烯树脂生产和使用的安全与环保————— 315

6.1 聚丙烯树脂的毒性及使用安全	315
6.2 聚丙烯树脂安全数据信息	316
6.3 聚丙烯树脂生产和加工中的安全与防护	317
6.3.1 反应物料的安全特性及防护措施	317
6.3.2 静电导致的危害及防范措施	318
6.3.3 聚丙烯安全生产重点环节	320
6.4 聚丙烯树脂的卫生环保检测认证及方法	321
6.4.1 食品包装用聚丙烯材料	322
6.4.2 管材用聚丙烯材料	325
6.4.3 医用聚丙烯材料	327
6.4.4 聚丙烯的 FDA 检测与认证	328
6.4.5 RoHS 检测与认证	330
6.4.6 PAHs 检测与认证	331
参考文献	332

第 7 章 聚丙烯树脂的最新技术发展及展望————— 334

7.1 概况	334
7.2 我国聚丙烯树脂产业面临的挑战与机遇	335

7.3 聚丙烯树脂生产技术的新技术及其展望	338
7.3.1 聚合工艺技术	338
7.3.2 茂金属聚丙烯	341
7.4 聚丙烯加工行业面临的挑战与机遇	343
7.5 聚丙烯树脂加工应用技术新进展及其展望	344
7.5.1 长纤维增强聚丙烯	344
7.5.2 聚丙烯纳米复合材料	346
7.5.3 流体辅助塑料成型技术	346
7.5.4 模内装饰技术	347
7.5.5 微发泡成型技术	348
参考文献	349

第8章 聚1-丁烯树脂的发展现状及展望 350

8.1 发展历史	350
8.2 聚1-丁烯树脂的特性	351
8.2.1 链结构	351
8.2.2 结晶行为	352
8.2.3 聚1-丁烯的玻璃化转变	356
8.2.4 聚1-丁烯的物理性能	356
8.3 聚1-丁烯树脂的生产	361
8.3.1 1-丁烯单体的生产	361
8.3.2 1-丁烯聚合催化体系	363
8.3.3 1-丁烯聚合反应机理	364
8.3.4 1-丁烯聚合动力学	364
8.3.5 1-丁烯与 α -烯烃共聚合	365
8.3.6 等规聚1-丁烯的生产	366
8.4 聚1-丁烯树脂的反应	368
8.4.1 聚1-丁烯的氯化反应	368
8.4.2 聚1-丁烯的过氧化反应	369
8.4.3 聚1-丁烯降解和交联	370
8.4.4 聚1-丁烯嵌段共聚和接枝	371
8.5 聚1-丁烯树脂的应用	371
8.5.1 管材	371
8.5.2 薄膜	373
8.5.3 电缆与纤维	374
8.5.4 复合共混	374
8.5.5 其他用途	375
参考文献	376

附录一 聚丙烯树脂主要牌号 377

附录二 中国聚丙烯树脂主要加工应用厂商与关键加工设备制造商 385

附录三 国内连续法聚丙烯装置一览表 398

附录四 聚丙烯树脂用添加剂、催化剂的生产商 401

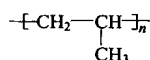
附录五 有关聚丙烯树脂的出版物 407

第1章 绪 言

本书对聚丙烯树脂的生产、加工和应用进行了较为系统的介绍,希望能够架起聚丙烯树脂生产和加工应用的桥梁。另外,聚 1-丁烯分子结构与聚丙烯相近,也是重要的聚烯烃产品。但是,目前其消费量不大,属于较小的合成树脂品种,难以单独成册,因此将相关内容作为本书的一章进行介绍。

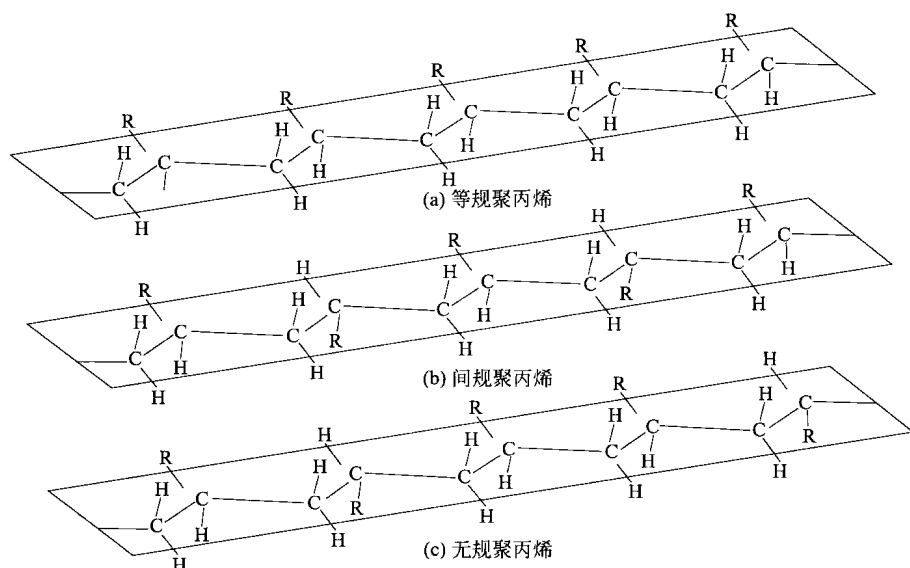
1.1 聚丙烯树脂的发展历史

聚丙烯 (polypropylene, PP) 是以丙烯为单体聚合而成的聚合物,是塑料中消费量最大的品种之一,结构式为:



聚丙烯可分为等规聚丙烯、间规聚丙烯和无规聚丙烯三类,它们的结构示意图如图 1-1 所示。人们通常称之为聚丙烯树脂的是所谓等规聚丙烯。在 1950 年前,也即 Z-N (Ziegler-Natta) 催化剂发明之前,人们只能制备分子量很低的无规液态丙烯聚合物。科学家于 19 世纪 50 年代早期制备出了具有一定等规度的等规聚丙烯,为等规聚丙烯树脂的工业化奠定了基础。

等规聚丙烯从 20 世纪 60 年代开始工业化,从最初年产量几千吨很快发展到 5 万吨,1972 年世界总消费量达到 100 万吨,1988 年世界总消费量达到 1000 万吨,2005 年世界总消费量达到 4000 万吨,2010 年世界总消费量达到 5000 万吨以上。我国聚丙烯科研的起步并不晚,从 20 世纪 50 年代末中国石化北京化工研究院(原化学工业部北京化工研究院)就开始了聚丙烯催化剂和聚合工艺的研究,但我国聚丙烯产品工业化落后于西方国家。我国 1978 年才开发成功了间歇本体聚合工艺,1982 年采用炼油厂副产的丙烯原料使间歇本体聚合工艺实现了工业化,并很快被全面推广,2009 年我国间歇本体聚合工艺生产能力为 180 万吨/年。间歇本体聚合工艺也对海外进行了技术许可。我国聚丙烯工业是以引进技术为基础发展起来的,继兰化公司引进 0.5 万吨/年的聚丙烯工艺技术后,1976 年由当时的燕山石化引进了我



■图 1-1 聚丙烯的结构示意图

国第一套大型聚丙烯工业化装置，采用日本三井公司的釜式淤浆聚合工艺，生产能力为 8 万吨/年。1990 年齐鲁石化公司引进意大利 Himont 公司的环管本体聚合工艺技术投产，生产能力为 7 万吨/年。引进过程谈判中，我国与外方签订了重要协议，为我国聚丙烯工业技术的快速发展奠定了基础。1990 年以后，我国聚丙烯工业发展速度明显加快，2009 年表观消费量达到 1230 万吨（不含聚丙烯再生料），产量达到 820 万吨，自给率为 66.6%。必须指出的是，2009 年是世界经济危机发生后的特殊一年，我国经济迅速走出低谷，聚丙烯需求增加过快，导致自给率降低，实际上近年来我国聚丙烯树脂的自给率一直在不断提高，2008 年我国聚丙烯树脂的自给率在 73% 以上。

聚丙烯工业的发展史与聚丙烯催化剂的技术进步息息相关。Ziegler-Natta 催化剂发明之前，人类不能制备有实用价值的等规丙烯聚合物；当 Ziegler-Natta 催化剂的活性较低时，只能采用淤浆聚合工艺生产，并且必须有脱灰步骤，流程长，成本高；聚丙烯工业得到快速发展是高效丙烯聚合催化剂发明之后的事情；间规聚丙烯更是在单活性中心催化剂问世后才成为可能。我国聚丙烯工业的发展也与催化剂的发展密切相关。

我国的间歇本体聚合工艺技术早在 1970 年就已开发成功，但间歇本体聚合工艺真正得以快速发展是北京化工研究院的络合 II 型高效丙烯聚合催化剂问世后。

我国聚丙烯生产装置在投资和生产成本方面也得到大幅度降低。在我国不能生产高效聚丙烯催化剂之前，聚丙烯生产成本中，进口催化剂所占比重

很大，在北京化工研究院开发的 N 型聚丙烯催化剂为代表的国产催化剂问世后，我国聚丙烯生产企业的成本得到大幅度降低。目前我国聚丙烯树脂生产企业使用的聚丙烯催化剂价格仅为进口催化剂最贵时的 1/4 以下。同时 N 型聚丙烯催化剂技术也开创了我国聚丙烯相关专利技术许可美国公司的先河，目前这一技术的对外专利许可费仍名列我国对外专利技术许可费前茅。

1980 年我国引进意大利 Himont 公司（现在的 Basell 公司）聚丙烯环管工艺技术时，与该公司签订了具有重要战略意义的协议。该协议明确规定，当我国聚丙烯生产能力达到 40 万吨/年以上时，我国可无偿使用该公司的聚丙烯环管工艺技术。这个协议为我国开发具有自由运作权的聚丙烯环管工艺技术打下了重要的基础。中国石化具有自由运作权的聚丙烯成套技术结合我国具有自主知识产权的 N-催化剂和球形 DQ-催化剂，工艺不断完善，技术水平越来越高，对国产催化剂越来越适应。单套装置生产能力从最初的 7 万吨/年，发展到 30 万吨/年，到 2010 年 6 月，采用该技术建设的聚丙烯装置生产能力已达到 300 万吨/年，大幅度降低了我国企业聚丙烯装置的建设成本和生产成本，为我国聚丙烯行业提高竞争力做出了巨大贡献。2000 年该技术获得国家科技进步一等奖。

随着我国对高性能聚丙烯树脂需求的不断增加，像高性能催化剂一样，高性能助剂的国产化也被提到议事日程上来。中国石化北京化工研究院以其世界首创的超细（可达纳米级）橡胶粒子技术为基础，开发了一系列高性能低成本、具有独立知识产权的聚丙烯用助剂，例如，高性能低成本高效聚丙烯 α 型结晶复合成核剂、 β 型结晶复合成核剂和高性能低成本高效复合抗菌剂等，大幅度降低了我国聚丙烯生产企业生产高性能聚丙烯树脂的成本，提高了竞争能力。

我国聚丙烯工业的快速发展除受益于催化剂、工艺技术和助剂的国产化外，还受益于国家层面对基础研究的重视和产学研的合作。国家发展和改革委员会（原国家计委）于 20 世纪 90 年代批准在北京化工研究院建立了我国唯一的聚烯烃国家工程研究中心，使我国的聚烯烃研究机构具备了包括催化剂、工艺、材料加工改性等小试、中试及高分子物理和表征等全面的研究和开发能力。随后，1999 年和 2005 年国家科技部又连续两次批准设立了聚烯烃方面的“973”项目，即国家重点基础研究发展规划项目。“973”项目由大学教授、科学院研究员及企业的科研和工程技术人员共同承担，是产学研在聚烯烃方面的完美结合。该项目由企业界的科研人员提出技术需求，学术界的高水平学者从高分子物理的基础研究入手，从理论上对聚丙烯的结构与性能关系进行了深入研究。企业界技术人员又将基础研究的成果应用于工业生产。“973”项目研究了以 BOPP 为代表的聚丙烯无规共聚物和抗冲共聚物，基本解决了聚丙烯树脂新产品开发中遇到的高分子物理问题，为我国聚丙烯产业的快速发展做出了巨大的贡献。BOPP 的基础研究和工业应用技术获得了 2004 年国家科技进步二等奖。

目前,随着我国国民经济快速稳定的发展,我国聚丙烯产业迎来了难得的发展机遇,技术开发水平也不断提高。催化剂技术、高分子物理及微观结构表征、新型助剂的研发水平不断提高,工艺技术也取得了突破性进展,中国石化北京化工研究院发明的“非对称加给电子体”技术是工艺技术取得突破性进展的里程碑。该技术是一项具有独立知识产权的专利技术,可生产许多现有其他生产工艺所不能生产的高性能产品。

1.2 聚丙烯树脂的特性

聚丙烯树脂无毒、无味,密度小,强度、刚度、硬度、耐热性能优异,具有良好的电性能和绝缘性能,性能几乎不受湿度影响。常见的酸、碱有机溶剂对它也几乎不起作用。聚丙烯的主要缺点是:低温时较脆,韧性差;不耐磨、耐划伤性能差;易老化,特别是光老化性能较差。

聚丙烯树脂生产工艺一般为本体法或气相法聚合,除聚合时加入的少量催化剂和造粒时加入稳定剂外,不含其他物质,因而属于无毒、无味材料,不仅可用于食具、食品包装,也可用于医用材料。

聚丙烯树脂是部分结晶聚合物,具有较高的强度、刚度、硬度和耐热性能,熔点可达 165°C 以上。聚丙烯树脂的化学组成和聚集态结构还赋予其良好的电性能和绝缘性能,并且耐酸和碱,也具有耐有机溶剂和耐潮湿的性能。

聚丙烯树脂是塑料中密度最低的,只有 $0.9\text{g}/\text{cm}^3$ 。生产聚丙烯树脂的原料易得,制造成本不高,是一种性价比非常高的合成树脂,应用非常广泛。并且,应用领域不断扩展,是一种极有发展前途的合成树脂。

聚丙烯树脂也存在一些不足之处。聚丙烯分子的链缠结密度不高,玻璃化转变温度一般在 $-13\sim-1^{\circ}\text{C}$ 之间,因而聚丙烯树脂低温时较脆,均聚物韧性较差,通常可通过聚合过程或共混方法加入橡胶,以提高其韧性。聚丙烯树脂一般不耐磨、耐划伤性能差,在特殊场合使用,例如汽车内饰和箱包等方面,需要通过改性以提高其耐划伤性能。另外,聚丙烯分子中存在叔碳氢,其抗老化性能,特别是抗光老化性能较差,对卤素非常敏感。不含抗氧剂的聚丙烯粉料通过较短时间阳光照射就会降解,因此,聚丙烯树脂中必须加入抗氧剂和抗卤素剂,在户外使用必须加入紫外线吸收剂。如果需要进行高能射线辐射消毒灭菌,还必须添加辐射稳定助剂。

1.3 聚丙烯树脂的分类及加工应用领域

聚丙烯可以有多种分类方法。通常分为均聚物和共聚物,均聚物又可分