

现代苯乙烯系聚合物

[澳] J. 谢尔斯 编

[美] D. B. 普里迪

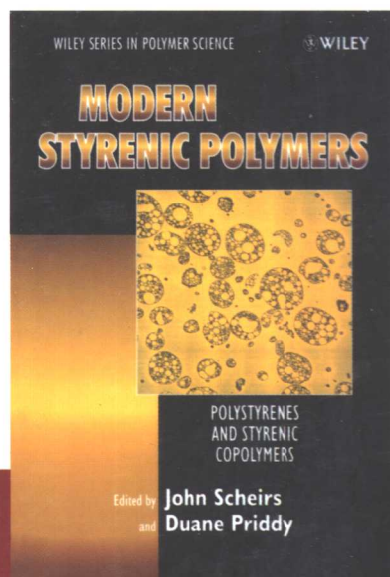
高明智 李昌秀 王军 等译

Chemical Industry Press



化学工业出版社

材料科学与工程出版中心



现代苯乙烯系聚合物

[澳] J. 谢尔斯 编

[美] D. B. 普里迪

高明智 李昌秀 王 军 等译



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

现代苯乙烯系聚合物/[澳] 谢尔斯 (Scheirs, J.),
[美] 普里迪编 (Priddy, D. B.); 高明智等译. —北京:
化学工业出版社, 2004. 8

书名原文: Modern Styrenic Polymers

ISBN 7-5025-6019-X

I. 现… II. ①谢…②普…③高… III. 聚苯乙
烯 IV. TQ325. 2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 092340 号

Modern Styrenic Polymers; Polystyrenes and styrenic Copolymers/by John Scheirs, Duane B. Priddy
ISBN 0-471-49752-5

Copyright © 2003 by John Wiley & Sons Ltd. All rights reserved.

Authorized translation from the English language edition published by John Wiley & Sons.

本书中文简体字版由 John Wiley & Sons 出版公司授权化学工业出版社独家出版发行。

未经许可, 不得以任何方式复制或抄袭本书的任何部分。

北京市版权局著作权合同登记号: 01-2004-1422

现代苯乙烯系聚合物

[澳] J. 谢尔斯

编

[美] D. B. 普里迪

高明智 李昌秀 王 军 等译

责任编辑: 丁尚林

文字编辑: 林 丹

责任校对: 王蓁芹

封面设计: 潘 峰

*

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

大厂聚鑫印刷有限责任公司印刷

三河市延风装订厂装订

开本 787mm×1092mm 1/16 印张 30¼ 字数 755 千字

2004 年 11 月第 1 版 2004 年 11 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-6019-X/TQ · 2059

定 价: 75.00 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

聚苯乙烯是最早制得的人造聚合物。事实上早在 1839 年就有关于它存在的报道（见第 1 章）。世界上最早用于商业销售的聚苯乙烯由 BASF 公司在 1931 年生产，而美国最早则是由 Dow 公司在 1938 年生产的。众所周知，聚苯乙烯是一种玻璃状的无定形聚合物，有出色的透明度、光泽和加工性能。不幸的是聚苯乙烯天生性脆，并受化学稳定性差的困扰（见第 2 章）。早先这些缺陷通过开发出高抗冲聚苯乙烯（见第 12 章关于 HIPS 部分）和苯乙烯-丙烯腈共聚物（见第 13 章关于 SAN 共聚物，第 14 章、第 15 章关于 ABS 三元聚合物及第 16 章关于 ASA 三元聚合物部分）得以弥补。苯乙烯嵌段共聚物还将这类聚合物从弹性材料范畴（见第 21 章）显著地扩展到了高透明度、高抗冲树脂领域（见第 22 章）。后一类高强度共聚物在性能与价格之间达到了平衡，缩小了昂贵的透明工程聚合物与低廉的脆性塑料（如通用聚苯乙烯）之间的差距。

聚苯乙烯是最早商业化的聚合物，年销售量达 900 万吨，已发布的专利有几千种，覆盖了制造及性能改进的方方面面。通过热聚合或自由基聚合苯乙烯单体很容易合成聚苯乙烯（见第 6 章自由基聚合和第 8 章硝基氧引发聚合部分）。第 3 章讲述了聚苯乙烯的商业化生产工艺，而苯乙烯聚合的工艺模拟和优化则在第 5 章讨论。苯乙烯还可使用有机金属引发剂通过阴离子和齐格勒-纳塔化学方法进行聚合。通过自由基和阴离子化学聚合方法，使规整聚苯乙烯单体中某些苯环的位置变得无规，从而阻止了结晶。新型茂金属聚合催化剂技术的开发取得了进展，能够开发出半结晶的间规聚苯乙烯，熔点达 270 °C，可以抗环境应力裂纹（见第 17~20 章）。新型茂金属催化剂还可开发出新的乙烯-苯乙烯共聚物（见第 26 章）。

随着氢化 PS（见第 23 章）、支化 PS（见第 24 章）及“超级”PS（见第 25 章）的出现，聚苯乙烯的改性品种也得到开发。由于苯乙烯聚合物的强度、可燃性及光降解性对最终用户意义重大，第 27~30 章详细讨论了这些性能。聚苯乙烯熔融强度高，很容易发泡成型（见第 9 章、第 10 章 PS 发泡部分），吹膜成型，或拉伸成片材（见第 11 章 OPS 部分）。聚苯乙烯发泡材料可用于保温、包装等多种用途。现在苯乙烯聚合物系树脂的应用已从日用塑料扩展到高性能工程塑料。

新催化剂技术和“受控自由基聚合”正在取得进展，这无疑将导致结构设计良好的新的苯乙烯聚合物的产生（如同最近随着间规 PS 和乙烯-苯乙烯共聚物的引入我们所看到的）。枝状和超级支化苯乙烯聚合物合成的进展也会有助于改善新型聚苯乙烯产品的状况。

导致聚苯乙烯商业上取得巨大成功的关键特性是低成本。聚苯乙烯加工厂拒绝为改善的性能支付额外的费用，聚苯乙烯制造商为获得更多的市场份额而产生的激烈竞争导致产生了高度优化、规模巨大的聚苯乙烯生产装置（典型的“世界级”的聚苯乙烯厂的年产量约为 23 万吨）。引进新型改进聚苯乙烯产品的相关费用必须足够低，以使得聚苯乙烯生产商无需提高销售价格仍可获得利润。这一限制，以及化工业不断加强对研发预算的严格审查与控制，对工业聚苯乙烯研究者构成了巨大的挑战。聚苯乙烯行业的其他压力还包括环境和法规

等问题（即废弃物、剩余小分子向食品的转移，以及生产加工过程中挥发性有机物的释放等。见第4章、第31章）。毫无疑问这些问题将在很大程度上支配投入聚苯乙烯的研究精力。学术性研究者却不会受这些代价/成本的约束，因此他们将会继续进行具有新型可控结构的新苯乙烯聚合物的新化学方法的开发。

聚苯乙烯研发未来的方向并不确定，但很有可能继续集中在降低制造成本、改进产品性能/特性（特别是流动性和强度之间的平衡），减少产品中的残留小分子含量，以及开发新的应用。

本书为读者提供了聚苯乙烯方面的全面信息，开发过程的历史回顾，以及对最新技术开发的述评。

J. 谢尔斯, D. B. 普里迪

2002年6月

作者简介

John Sheirs 博士

John Sheirs 是一位对聚苯乙烯及苯乙烯共聚物有着广泛兴趣的聚合物研究专家。他是聚合物咨询公司 ExcelPlas 的主要顾问。John 1965 年出生于墨尔本，在墨尔本大学学习应用化学并获得聚合物科学的博士学位。他工作过的项目涉及苯乙烯聚合物的破裂、应力裂纹、加工、表征和循环使用等。John 还是 50 篇科学论文（包括 8 个百科全书的章节）及多本聚合物分析和聚合物循环使用方面的书籍的作者。

Duane Priddy 博士

Duane B. Priddy 在 Dow 化学公司工作了 33 年，一直从事聚苯乙烯研发的研究，于 2001 年底退休。Duane 于 1966 年从苯研究实验室开始了他在 Dow 公司的职业生涯。1968 年他请了两年的假去密歇根州立大学上学并获得有机化学的博士学位。1970 年他回到 Dow 公司。1972 年 Duane 加入聚苯乙烯研发，并开发出用于聚苯乙烯制造的引发剂 DP275。DP275 现已在全球所有的 Dow 聚苯乙烯生产装置上得到应用，并被公认为业界的标准。

Duane 拥有 65 项以上专利，并在 Dow 公司以外出版了 100 余篇技术论文。他是中部密歇根大学和密歇根技术大学的兼职教授。2001 年 Duane 被委任为美国化学学会的会员，并获得 Dow 公司聚苯乙烯事业部的“终身成就奖”。最近他又在美国化学学会米德兰分会一年一度的秋季科学会议上获得了该分会的“杰出科学奖”。

译者前言

五大合成树脂中的聚苯乙烯和 ABS 均属于苯乙烯系聚合物。在我国,聚苯乙烯和 ABS 又是近 15 年来需求增长速度最快的两大合成树脂。相对于旺盛的需求,我国聚苯乙烯的生产能力虽然增长很快,但仍远不能满足需求,不得不依靠大量进口。未来几年,中国聚苯乙烯需求量还会以一定速度增长,预计 2005 年需求量为 320 万吨,2010 年为 400 万吨。根据预测,2005 年国内聚苯乙烯生产能力将达到 220 万吨,2010 年将达到 300 万吨。

我国 ABS 的需求量也迅速增加,其进口量从 1986 年 9.11 万吨迅速增加到 1997 年 103.10 万吨、2001 年 142.60 万吨、2002 年 164 万吨、2003 年 179.01 万吨。2003 年中国进口 ABS 占全球总进口量约 50%。2003 年我国 ABS 的表观消费量为 269.67 万吨,占据全球消费市场的半壁江山,超过美国成为世界最大的消费市场,而 2003 年 ABS 的产量为 92.8 万吨,自给率不足 35%。据预测,2005 年和 2010 年需求量将分别达到 350 万吨和 500 万吨,占世界需求总量的 51% 和 56%。

我国聚苯乙烯工业存在除了装置规模偏小和原料供应不足的问题外,产品的质量和性能较差,除外资及合资企业产品外,国内厂商的产品多数不能满足电子行业等用户对产品性能和质量的要求,难以进入这个庞大的市场。在聚苯乙烯需求量最大的电子/电器行业中,进口产品占绝对优势,国产树脂只有少量应用,而且只能用于低档产品。国内知名电器制造商为了保证其产品质量,全部使用进口原料或外资、合资企业的产品,连用于防震外包装的发泡聚苯乙烯也通常使用进口产品或合资企业的产品。

自从加入 WTO 后,国内各个行业都面临更大的竞争压力,聚苯乙烯工业也不例外。因此,如何在目前状况下提高国产品牌的质量和性能是迫在眉睫的问题。

世界著名出版商 John Wiley & Sons 有限公司出版的《现代苯乙烯系聚合物》,介绍了苯乙烯系聚合物特别是聚苯乙烯和 ABS 等聚合物的科研、生产和应用,书中大部分章节由本领域处于先进水平的 Dow 和 BASF 公司的专家撰写,内容涉及从商业塑料到工程聚合物中包含苯乙烯的几乎所有类型产品的制备、性能及应用,具有很高的实用性。另外本书还介绍了有关本领域的最新进展,如新型聚合物、共聚物及共混物、已有聚合物的新制备技术和本领域聚合物的新应用等,本书内容对提高我国聚苯乙烯工业的水平大有裨益。

为此我们组织人员翻译此书,目的是为此领域的科研生产管理人员提供聚苯乙烯方面全面信息,其开发过程的历史回顾,以及对最新技术开发情况,促进提高我国聚苯乙烯系行业的水平。

本书第 1~3 章由邢凌燕译,第 4 章、第 9~12 章由李昌秀译,第 5~8 章由杨迪安译,第 13~14 章由王潮声译,第 15~20 章由李现忠译,第 21~26 章由王军译,第 27~31 章由吕明福译,全书译稿由高明智修改校正定稿,另外吕明福参与了第 10~12 章、王军参与了第 15~20 章的修改。

本书译者大多较为年轻，经验不足，又加上时间仓促，可能会存在一些不足以至错误之处，请读者批评指正。

译者
2004年6月20日

内 容 提 要

本书为世界著名出版公司 John Wiley & Sons 有限公司出版的高分子科学系列丛书中的一册，书中大部分章节由本领域处于先进水平的 Dow 和 BASF 公司的专家撰写，内容涉及从商业塑料到工程聚合物中包含苯乙烯的几乎所有类型产品的制备、性能及应用，具有很高的实用性。另外本书还介绍了有关本领域的最新进展，如新型聚合物、共聚物及共混物、已有聚合物的新制备技术和本领域聚合物的新应用。

本书适合高等专业院校相关专业师生、科研院所研发人员、生产和应用厂家的科技和管理人员使用。

目 录

第一篇 苯乙烯系聚合物的简介

第1章 苯乙烯系聚合物的发展史	3
1.1 引言	3
1.2 通用聚苯乙烯 (GPPS)	4
1.3 发泡聚苯乙烯	9
1.4 橡胶改性聚苯乙烯.....	11
1.5 ABS	12
1.6 ASA	13
1.7 早期的苯乙烯共聚物.....	13
1.8 苯乙烯嵌段共聚物.....	14
1.9 间规聚苯乙烯.....	14
1.10 现代聚苯乙烯的生产	14
1.11 展望	15
参考文献	15
第2章 聚苯乙烯和苯乙烯系共聚物概述	17
2.1 引言.....	17
2.2 聚合.....	18
2.3 工艺.....	19
2.4 结构和形态.....	20
2.5 性能.....	23
2.6 MABS 产品的性能、范畴和应用	25
参考文献	27

第二篇 苯乙烯系聚合物的制备

第3章 聚苯乙烯的商业化生产工艺	31
3.1 引言.....	31
3.2 影响反应器选择的技术局限.....	31
3.2.1 温度控制.....	31
3.2.2 化学因素方面的限制.....	33
3.2.3 反应器混合方面的限制.....	35
3.2.4 橡胶改性聚苯乙烯的局限.....	37
3.2.5 生产共聚物对反应器的要求.....	38

3.3 聚苯乙烯脱挥	39
3.3.1 脱挥的概念	39
3.3.2 脱挥装置	41
3.3.3 汽提	43
3.4 现存苯乙烯聚合工艺	44
3.5 过程模拟与控制	46
参考文献	47
第4章 生产低残留聚苯乙烯的方法	48
4.1 引言	48
4.2 研究开发方法的总结	49
4.2.1 脱挥器设计	49
4.2.2 辅助脱挥	50
4.2.3 捕捉剂	51
4.2.4 吸收剂	52
4.2.5 高单体转化率聚合	52
4.2.6 固体聚合物处理	53
4.3 FRIEDEL-CRAFTS 催化剂	54
4.3.1 单体中加入 FRIEDEL-CRAFTS 催化剂	55
4.4 潜在酸催化剂	56
4.4.1 甲苯磺酸酯	56
4.5 加热时单体的再生	57
4.6 结语	59
参考文献	59
第5章 苯乙烯聚合反应过程的模拟和优化	61
5.1 引言	61
5.1.1 苯乙烯均聚反应动力学概述	61
5.1.2 凝胶效应的处理	64
5.2 苯乙烯均聚反应的工艺模拟和优化	65
5.2.1 使用带有特定温度曲线的组合引发剂	65
5.2.2 使用双官能团引发剂	67
5.2.3 使用组合反应器	69
5.3 结论	70
5.4 符号说明	70
参考文献	71
第6章 苯乙烯的活性自由基聚合	73
6.1 引言	73
6.2 LRP 概述	74
6.2.1 硝基氧化物引发的聚合反应 (NMP)	75
6.2.2 原子自由基转移聚合 (ATRP) 机理的活性自由基聚合反应	76
6.2.3 变性转换 (DT) 机理的活性自由基聚合反应	77

6.2.4 RAFT 机理的活性自由基聚合反应	78
6.3 活性自由基聚合反应动力学	78
6.3.1 各种不同的 LRP 过程的主要特点	78
6.3.2 均相和非均相 LRP 工艺	80
6.4 在苯乙烯系聚合物中的应用	82
参考文献	83
第 7 章 高分子量聚苯乙烯生产速度的提高	85
7.1 引言	85
7.2 用化学引发剂来提高聚苯乙烯生产速度	86
7.3 用酸介质加速聚苯乙烯生产速度	87
7.4 用酸调整分子量分布	91
7.5 酸催化苯乙烯聚合反应模型	92
7.5.1 苯乙烯自引发反应模型	92
7.5.2 酸催化模型的发展	92
7.5.3 模型结果	93
7.6 结论	95
参考文献	95
第 8 章 用硝基氧引发聚合反应合成苯乙烯嵌段共聚物	96
8.1 引言	96
8.2 机理和局限性	97
8.3 NMRP 活性的模型研究结果	97
8.4 用大分子引发剂引发的嵌段共聚物	99
8.5 在分步链增长聚合反应中用烷氧基胺作为链阻聚剂合成嵌段共聚物	101
8.6 用顺序添加单体的方法合成嵌段共聚物 (SAM)	102
8.7 用多头引发剂合成嵌段共聚物	103
参考文献	105

第三篇 聚苯乙烯系聚合物的主要类型

第 9 章 基于发泡聚苯乙烯 (EPS) 的颗粒泡沫	109
9.1 引言	109
9.2 基于悬浮聚合的 EPS	110
9.2.1 EPS 原料的生产	110
9.2.2 原料到泡沫的转化	118
9.2.3 物理和机械性能	121
9.2.4 应用	122
9.3 用挤出法生产的 EPS	124
9.3.1 挤出	124
9.3.2 后挤出	125
9.3.3 EPS 疏松填料树脂蒸汽发泡的理论和实践	126
参考文献	127

第 10 章 硬聚苯乙烯泡沫和选择性发泡剂	131
10.1 引言	131
10.2 命名法	132
10.3 发泡过程的理论	132
10.3.1 气泡的引发	132
10.3.2 气泡的增长	133
10.3.3 气泡的稳定化	133
10.4 性能及其与结构的关系	133
10.4.1 测试方法	133
10.4.2 商品性能	134
10.4.3 泡孔	135
10.4.4 气体组成	135
10.4.5 硬质多孔聚合物	136
10.4.6 蠕变	136
10.4.7 结构泡沫	137
10.5 热性能	137
10.5.1 热导率	137
10.5.2 线性热膨胀系数	138
10.5.3 最高使用温度	138
10.5.4 防潮性	138
10.5.5 环境老化	139
10.5.6 其他性能	139
10.6 工业生产和加工	139
10.6.1 制备过程	139
10.6.2 减压发泡工艺、物理稳定法	140
10.7 应用	141
10.7.1 保温材料	142
10.7.2 制冷材料	142
10.7.3 建筑材料	143
10.7.4 结构组成材料	143
10.7.5 海上用具的应用	143
10.7.6 其他应用	143
10.7.7 泡沫保温中的能量考虑因素	143
10.8 环境、健康和安全的考虑因素	144
10.8.1 可燃性	144
10.8.2 发泡剂和环境问题	144
参考文献	146
第 11 章 聚苯乙烯的包装应用：泡沫片材和取向片材	149
11.1 引言	149
11.2 取向聚苯乙烯片材	150

11.3 挤出聚苯乙烯泡沫片材·····	153
参考文献·····	157
第12章 高抗冲聚苯乙烯的制备、性能和应用 ·····	158
12.1 引言·····	158
12.2 性能·····	158
12.2.1 一般性能·····	158
12.2.2 力学性能·····	159
12.2.3 冲击性能·····	160
12.2.4 热性能·····	161
12.2.5 电性能·····	161
12.2.6 流变性能·····	162
12.2.7 耐溶剂性·····	163
12.3 基本化学性质·····	164
12.3.1 基体分子量·····	164
12.3.2 弹性体·····	164
12.3.3 耐环境应力开裂 (ESCR) ·····	167
12.3.4 热和氧化稳定性·····	169
12.4 生产·····	170
12.4.1 工艺的演变·····	170
12.4.2 现代商业化工艺·····	171
12.5 制造·····	172
12.5.1 制造工艺和制品性能·····	174
12.6 应用·····	175
12.7 致谢·····	177
参考文献·····	177
第13章 影响 SAN 共聚物性能的关键结构特征 ·····	178
13.1 引言·····	178
13.2 表征·····	179
13.2.1 有色基团·····	179
13.2.2 顺序分布·····	180
13.2.3 AN 含量 ·····	180
13.2.4 MWD ·····	180
13.2.5 组成分布·····	181
13.2.6 多维分析·····	181
13.3 制造性能·····	181
13.3.1 剪切流动·····	181
13.3.2 缠结链·····	181
13.3.3 时温叠加·····	182
13.3.4 Cross 模型 ·····	182
13.3.5 非线性剪切流动·····	183

13.3.6 松弛光谱	183
13.3.7 拉伸流动	184
13.3.8 断裂点	185
13.3.9 脆性断裂	185
13.3.10 流动双折射	185
13.4 多相体系	186
13.5 固相行为	187
13.6 结论	188
参考文献	188
第 14 章 ABS 中橡胶粒子的形成	193
14.1 ABS 的制造	193
14.1.1 乳液工艺	193
14.1.2 本体工艺	193
14.2 相分离	194
14.3 相转换	194
14.4 相图	194
14.5 橡胶粒子大小调节	195
14.5.1 剪切	195
14.5.2 黏度	195
14.5.3 界面张力	196
14.6 接枝	197
14.6.1 接枝分析	197
14.6.2 过程参数的影响	197
14.6.3 主曲线	198
14.6.4 接枝模型	198
14.7 交联	199
14.8 大小调节窗口	200
14.9 橡胶粒子形态	200
参考文献	202
第 15 章 高耐热 ABS 技术	203
15.1 引言	203
15.2 取代苯乙烯	205
15.3 酰亚胺	206
15.4 马来酐	209
15.5 改性的腈类	211
15.6 不同级分的高耐热 ABS	211
参考文献	214
第 16 章 丙烯腈-苯乙烯-丙烯酸酯聚合物的合成、性能及应用	216
16.1 引言	216
16.2 ASA 市场	217

16.3	ASA 的制备	217
16.3.1	早期开发	217
16.3.2	乳液聚合工艺	217
16.3.3	本体聚合工艺	219
16.3.4	微观悬浮聚合工艺	219
16.4	ASA 的性能	220
16.4.1	老化性能	220
16.4.2	抗冲行为	222
16.5	附加研究方面	223
16.6	ASA 共混物	223
16.7	ASA 的应用	225
16.7.1	通用类	225
16.7.2	太阳能技术	226
16.7.3	家庭和办公室的安全装置	226
16.7.4	ASA 使用 PFM [®] 技术用于汽车主体面板	226
16.8	未来展望	227
	参考文献	228

第四篇 间规聚苯乙烯

第 17 章	间规聚苯乙烯的合成	233
17.1	引言	233
17.2	sPS 聚合体系	234
17.2.1	过渡金属配合物	234
17.2.2	助催化剂	236
17.3	共聚反应	239
17.3.1	取代苯乙烯聚合	239
17.3.2	苯乙烯与乙烯的共聚	239
17.3.3	苯乙烯与二烯烃的共聚	240
17.4	苯乙烯的聚合机理	240
17.4.1	活性中心	240
17.4.2	苯乙烯聚合动力学分析	242
17.4.3	氢气的影响	244
17.5	结论	244
	参考文献	245
第 18 章	间规聚苯乙烯的表征、性能及应用	246
18.1	引言	246
18.2	表征	247
18.2.1	结构	247
18.2.2	结晶组成	247
18.3	物理性能	249

18.3.1	热性能	249
18.3.2	sPS 的结晶性能	249
18.3.3	sPS 和 iPS 结晶性能比较	251
18.3.4	耐溶剂性	252
18.3.5	流变性能	252
18.3.6	纯 sPS 的机械性能	253
18.4	商业化 sPS 的性能及其应用	254
18.4.1	机械性能和流动性	255
18.4.2	电性能	255
18.4.3	耐化学性	257
18.4.4	通过与 sPS 共混提高 PS 的性能	257
18.5	结论	259
	参考文献	259
第 19 章	间规聚苯乙烯的橡胶改性	261
19.1	引言	261
19.2	聚苯乙烯高聚物中的能量耗散	262
19.3	橡胶改性 sPS 的冲击行为	264
19.4	橡胶改性	266
19.4.1	苯乙烯嵌段共聚物作为抗冲改性剂	266
19.4.2	核壳抗冲改性剂	269
19.4.3	橡胶存在下 sPS 的制备	272
19.5	现状和未来展望	272
	参考文献	273
第 20 章	基于间规聚苯乙烯的聚合物共混	274
20.1	引言	274
20.2	sPS 的性能回顾	274
20.3	有关 sPS 共混物的专利文献	275
20.4	sPS 共混物的微观、热和机械性能	278
20.4.1	相容共混	279
20.4.2	不相容共混物	283
20.5	结论	291
20.6	符号说明	291
	参考文献	292

第五篇 苯乙烯嵌段共聚物

第 21 章	苯乙烯嵌段共聚物弹性体	297
21.1	引言	297
21.2	苯乙烯嵌段共聚物弹性体的合成	297
21.3	苯乙烯嵌段共聚物弹性体的性能	303
21.4	苯乙烯嵌段共聚物弹性体的应用	311