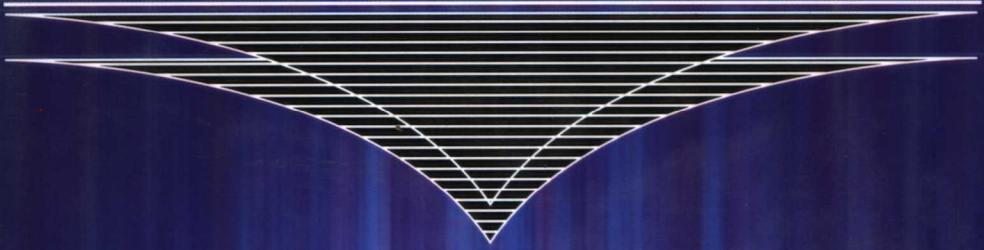


“十五”国家重点图书



# 塑料工业手册

HANDBOOK OF PLASTIC INDUSTRY

## 苯乙烯系树脂

杜强国 张传贤 何 慧 主编

化学工业出版社

“十五”国家重点图书

# 塑料工业手册

Handbook of Plastic Industry

## 苯乙烯系树脂

杜强国 张传贤 何 慧 主编



化学工业出版社

· 北 京 ·

(京)新登字 039 号

**图书在版编目 (CIP) 数据**

塑料工业手册: 苯乙烯系树脂/杜强国, 张传贤, 何慧主编. —北京: 化学工业出版社, 2004. 5  
ISBN 7-5025-5557-9

I. 塑… II. ①杜…②张…③何… III. ①塑料工业-技术手册②苯乙烯-树脂-技术手册  
IV. TQ32-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 045308 号

---

“十五”国家重点图书

**塑料工业手册**

**Handbook of Plastic Industry**

**苯乙烯系树脂**

杜强国 张传贤 何 慧 主编

责任编辑: 龚浏澄 邢 涛

责任校对: 陶燕华

封面设计: 郑小红

\*

化学工业出版社出版发行

(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

北京永鑫印刷有限责任公司印刷

三河市东柳装订厂装订

开本 787mm×1092mm 1/16 印张 44 字数 1094 千字

2004 年 10 月第 1 版 2004 年 10 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-5557-9/TQ·1990

定 价: 88.00 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

## 编委会成员（按姓氏笔画排序）

- 王贵恒 四川大学高分子材料科学与工程系教授  
申开智 四川大学塑料工程系教授  
申长雨 郑州大学教授，校长  
朱复华 北京化工大学教授  
杜强国 复旦大学高分子科学系教授  
李滨耀 中国科学院长春应用化学研究所研究员  
吴持生 中国五矿公司复合材料集团公司高级工程师  
吴培熙 河北工业大学化工学院教授  
吴舜英 华南理工大学工业装备与控制工程系教授  
邛文豹 锦西化工研究院教授级高级工程师  
宋焕成 北京航空航天大学教授  
张传贤 兰州化学工业公司合成橡胶厂教授级高级工程师  
陈大俊 中国纺织大学高分子材料学院教授  
陈信忠 上海交通大学应用化学系教授  
陈祥宝 北京航空材料研究院研究员，副院长  
林兆安 山西省能源产业集团公司研究员  
施祖培 岳阳石油化工总厂研究院教授级高级工程师  
洪定一 中国石油化工集团公司技术开发中心教授级高级工程师  
姚康德 天津大学应用化学系教授  
贺飞峰 上海合成树脂研究所教授级高级工程师  
徐传骧 西安交通大学教授  
徐新民 北京市化学工业研究院高级工程师，院长  
益小苏 浙江大学高分子材料科学与工程系教授，北京航空材料研究院研究员  
黄 锐 四川大学高分子材料与工程学院教授  
傅 旭 晨光化工研究院教授级高级工程师，院长  
焦扬生 华东理工大学高分子材料系教授  
潘祖仁 浙江大学高分子材料科学与工程系教授  
瞿金平 华南理工大学教授，副校长

## 本分册编写人员

主 编 杜强国 张传贤 何 慧

第 1 章 张传贤（兰化合成橡胶厂）

第 2 章 张传贤 周 健 荔栓红 王晓军 辛国萍（兰化合成橡胶厂）

第 3 章 卢光朗（兰化合成橡胶厂） 周文乐（上海石化研究院）  
郑安呐（华东理工大学） 李 艺、周 普（苏州大学）  
林倚剑、沈 良（复旦大学）

第 4 章 卢光朗、张传贤（兰化合成橡胶厂） 林倚剑、杜强国（复旦大学） 王荣伟、龚振芬（上海石化研究院）

第 5 章 黄立本（兰化石化公司研究院） 卢光朗（兰化合成橡胶厂） 沈 良、杜强国（复旦大学） 许萃英（上海石化研究院） 于元章（齐鲁石化公司研究院）

第 6 章 黄立本（兰化石化公司研究院）

第 7 章 谢静薇、李 翔、林倚剑、杜强国（复旦大学） 林明德（江苏石油化工学院） 许乾慰（同济大学） 李 艺（苏州大学） 王荣伟（上海石化研究院）

第 8 章 何 慧（华南理工大学）

第 9 章 何 慧（华南理工大学）

## 序

材料是现代科学技术和社会发展的支柱，高分子材料在尖端技术、国防建设和国民经济各个领域已成为不可缺少的重要材料。合成树脂和塑料世界年产量目前已高达 1.4 亿吨以上，占三大合成材料产量的 80% 以上。我国国民经济和高科技已进入高速发展时期，对高性能、廉价的高分子材料的需求日益增加。据报道，近年来我国五大合成树脂（PE，PP，PVC，PS，ABS）年需求量为 1 300 万吨左右，塑料制品总产量居世界第二位（1 600 万吨以上），农地膜产量居世界首位，地膜和棚膜覆盖面积分别突破 1 亿亩和 1 000 万亩，均居世界首位。我国是世界人口大国，需求量大，与先进国家对比，国产树脂在产品品种、质量、技术水平、生产成本等方面还有较大差距，每年还需要从国外进口大量高档树脂，大量废弃塑料制品的回收处理和再生利用等问题亦有待解决，希望发展能与环境协调、高效益的高分子材料制备技术。

科学技术进步日新月异，合成树脂及塑料的性能不断得到提高。有关实现通用高分子材料的工程化和工程高分子材料的高性能化方面的新技术、新措施的报道不断出现。纳米材料在高新技术领域有极为广阔的应用前景，被称为“21 世纪最有前途的材料”。金属、无机非金属和聚合物的纳米微粒、纳米丝、纳米薄膜、纳米块体以及由不同组元和联结型构成的纳米复合材料将构成丰富多彩的纳米材料世界。塑料制品的质量取决于原料的选择和加工条件，塑料的成型加工是控制制品结构和性能的中心环节，其任务是：了解原料的加工特性，确定最适宜的加工条件，制备最佳性能的产品。它是一门学科交叉、科学与工程紧密结合的学科，内容涉及化学、物理、力学、机械、数理逻辑、计算机等多学科，对它早已不再停留在“来料加工”的概念。这些皆是我们在近期需要赶超的。

本手册执笔人皆是在科研、生产、信息或高教战线有多年工作经验的知名专家学者。本手册对塑料的制备、加工工艺、成型机械、制品与模具设计、质量控制和使用的基本知识、世界合成树脂的发展概况等作了比较详尽的介绍和综合评述；对合成树脂的聚合机理和结构与性能作了充分论述，并重点阐述了塑料的改性、成型加工工艺。目的在于使从事合成树脂及塑料科技工作者、高校师生对这一学科和行业领域的现状、水平、存在问题以及发展趋势有所了解，在运用这一领域的成就的同时，共同努力，力求在基础性研究的某些领域有所创新，达到国际先进水平，开发新产品，使我国合成树脂和塑料，跃上一个新台阶。

徐 倬

1999 年 1 月 20 日，成都

# 前 言

人们在 20 世纪 30 年代成功地合成了聚苯乙烯。由于其绝缘性好和易于加工成型，这种透明的硬质塑料很快被人们接受，应用日益广泛，其生产技术也取得了不断的发展。另一方面，用弹性体增韧脆性的聚苯乙烯一直是高分子科学的研究热点之一。通过坚持不懈的努力，HIPS、ABS、MBS 等一系列抗冲击性能优良的塑料相继问世。如今聚苯乙烯系列塑料已成为产量高、用途广的最重要的通用塑料之一。近年来，聚合物合金技术的发展不但丰富了高分子科学的内容，同时为高分子材料的高性能化和功能化开辟了新的途径，其中，ABS/PC、HIPS/PPO、PVC/MBS 已成为最成熟的和最有代表性的塑料合金品种。

本书是化学工业出版社组织编写的“塑料工业手册”的一个分册，主要介绍聚苯乙烯系列塑料及其合金的制备、性能和加工。这里需要说明两点：第一，本书叙述的聚苯乙烯系列塑料是指以苯乙烯为主要单体的聚合物及其合金，除聚苯乙烯以外还包括了 HIPS、ABS、MBS、SEBS 和 K 树脂等一系列塑料和它们的合金；第二，本书着重对聚合方法和机理、产品的结构和性能、合金制备的原理以及成形加工工艺等方面进行比较详尽的介绍和评述，而对合成工艺过程及商品牌号则尽量从简。作为一本实用性的手册，本书可供从事树脂合成、塑料改性和制品加工的工程技术人员参考，也可供高等院校高分子材料专业的学生参阅。

本书各章的执笔人皆是国内在聚苯乙烯系列塑料的开发和应用上有多年工作经验的专家，分别来自公司、高校和科研院所。编写本书所用的材料一部分来自他们的教学科研积累和心得，一部分则参考国内外的有关论著和文献。本书编写时力求通用性和新颖性兼顾，但是由于我们对集体编写缺乏经验，致使编写过程拖得太长，如今有些内容已不够新颖，同时限于编者的水平，书中一定存在疏忽、不妥和错误之处，敬请读者批评指正。将来如有再版机会将予以补充和改正。

在本书的编写和审稿过程中，化学工业出版社的编辑提出了许多宝贵的意见，对本书的编写给予了大力的支持和帮助，研究生林倚剑和沈良分别校阅了多章书稿和插图，在此一并致谢。

编者

2004 年 9 月

## 内 容 提 要

本分册全面、系统地介绍了苯乙烯系树脂的单体合成与性能，聚苯乙烯的聚合、结构与性能，苯乙烯系共聚物、共混物的制造与性能，接枝弹性体的增韧改性苯乙烯系树脂及苯乙烯的嵌段共聚物制造和性能。最后对苯乙烯系树脂的成型加工及应用技术进行全面介绍。

本手册较全面的覆盖了苯乙烯系树脂的技术内容，且注重反映前沿科学，突出实用性、系统性，是塑料工业从业者不可或缺的良好良师益友。

# 目 录

|                        |    |
|------------------------|----|
| 第 1 章 绪论               | 1  |
| 1.1 概述                 | 1  |
| 1.1.1 简介               | 1  |
| 1.1.2 生产现状             | 1  |
| 1.1.3 苯乙烯系树脂应用及消费情况    | 5  |
| 1.2 发展历程               | 7  |
| 1.2.1 聚苯乙烯树脂的工业化       | 7  |
| 1.2.2 技术演变             | 7  |
| 1.3 发展趋势               | 9  |
| 1.3.1 生产装置大型化          | 10 |
| 1.3.2 改进和优化反应器系统的设计    | 10 |
| 1.3.3 开发新产品            | 10 |
| 1.3.4 连续本体聚合工艺技术改进     | 13 |
| 1.3.5 发展与环保有关的技术       | 13 |
| 主要参考文献                 | 14 |
| 第 2 章 苯乙烯系树脂及其有关单体     | 15 |
| 2.1 苯乙烯                | 15 |
| 2.1.1 苯乙烯的物理性质         | 15 |
| 2.1.2 苯乙烯的化学性质         | 16 |
| 2.1.3 产品规格及分析测试方法      | 17 |
| 2.1.4 苯乙烯的工业生产方法       | 17 |
| 2.1.5 苯乙烯的应用           | 17 |
| 2.1.6 安全、毒性和贮运         | 18 |
| 2.2 丁二烯                | 18 |
| 2.2.1 丁二烯的物理性质         | 19 |
| 2.2.2 丁二烯的化学性质         | 19 |
| 2.2.3 丁二烯产品技术指标及分析方法   | 19 |
| 2.2.4 丁二烯的工业生产方法       | 20 |
| 2.2.5 丁二烯生产、贮运过程中的安全问题 | 21 |
| 2.3 丙烯腈                | 22 |
| 2.3.1 丙烯腈的物理性质         | 22 |
| 2.3.2 丙烯腈的化学性质         | 23 |
| 2.3.3 丙烯腈的工业合成方法       | 24 |
| 2.3.4 丙烯腈的技术标准         | 24 |
| 2.3.5 丙烯腈的用途           | 26 |

|                                  |     |
|----------------------------------|-----|
| 2.3.6 使用和贮运的安全                   | 26  |
| 2.4 $\alpha$ -甲基苯乙烯              | 26  |
| 2.4.1 性质                         | 27  |
| 2.4.2 产品的技术标准                    | 27  |
| 2.4.3 生产工艺及国外生产厂家                | 28  |
| 2.4.4 毒性及防护, 包装及贮运               | 28  |
| 2.4.5 应用                         | 28  |
| 2.5 顺丁烯二酸酐                       | 28  |
| 2.5.1 顺丁烯二酸酐的物理性质                | 29  |
| 2.5.2 工业用顺丁烯二酸酐质量标准              | 29  |
| 2.5.3 工业生产方法                     | 30  |
| 2.5.4 毒性、安全和贮运                   | 30  |
| 2.5.5 应用                         | 30  |
| 2.6 <i>N</i> -苯基马来酰亚胺            | 30  |
| 2.6.1 性质                         | 31  |
| 2.6.2 技术指标和分析方法                  | 31  |
| 2.6.3 NPMI 的合成                   | 32  |
| 2.6.4 毒性、安全和贮运                   | 33  |
| 2.6.5 应用                         | 33  |
| 主要参考文献                           | 33  |
| <b>第3章 聚苯乙烯 (PS) 树脂的合成、结构和性能</b> | 34  |
| 3.1 概述                           | 34  |
| 3.2 苯乙烯的均聚                       | 34  |
| 3.2.1 苯乙烯的本体法自由基聚合               | 34  |
| 3.2.2 苯乙烯的悬浮聚合                   | 53  |
| 3.2.3 可发性聚苯乙烯 (EPS) 的工业生产        | 64  |
| 3.2.4 间规聚苯乙烯                     | 68  |
| 3.2.5 超高分子量聚苯乙烯及其特性              | 83  |
| 3.3 聚苯乙烯的结构表征                    | 88  |
| 3.3.1 聚苯乙烯的红外光谱                  | 88  |
| 3.3.2 聚苯乙烯的核磁共振谱                 | 90  |
| 3.3.3 聚苯乙烯的分子量和分子量分布分析           | 91  |
| 3.3.4 间规聚苯乙烯的结晶和晶型               | 94  |
| 3.4 聚苯乙烯的性能                      | 101 |
| 3.4.1 聚苯乙烯的基本物理常数                | 101 |
| 3.4.2 聚苯乙烯的热性能                   | 103 |
| 3.4.3 聚苯乙烯的力学性能                  | 106 |
| 3.4.4 聚苯乙烯的流变性能                  | 107 |
| 3.4.5 聚苯乙烯的介电性能                  | 109 |
| 3.4.6 聚苯乙烯的耐化学药品性能               | 110 |

|                                        |     |
|----------------------------------------|-----|
| 3.4.7 聚苯乙烯树脂的质量指标、牌号和性能 .....          | 111 |
| 3.4.8 聚苯乙烯的有关标准 .....                  | 115 |
| 参考文献 .....                             | 115 |
| <b>第4章 苯乙烯的共聚物</b> .....               | 120 |
| 4.1 苯乙烯的二元共聚 .....                     | 120 |
| 4.1.1 概述 .....                         | 120 |
| 4.1.2 苯乙烯二元共聚的原理 .....                 | 120 |
| 4.1.3 间歇聚合、半连续聚合和连续聚合 .....            | 123 |
| 4.2 苯乙烯-丙烯腈共聚物 (SAN) .....             | 126 |
| 4.2.1 概述 .....                         | 126 |
| 4.2.2 苯乙烯-丙烯腈共聚物的工业生产方法 .....          | 126 |
| 4.2.3 苯乙烯-丙烯腈共聚物的结构和分析 .....           | 132 |
| 4.2.4 苯乙烯-丙烯腈共聚物的性能 .....              | 140 |
| 4.3 苯乙烯-顺丁烯二酸酐共聚物 .....                | 142 |
| 4.3.1 概述 .....                         | 142 |
| 4.3.2 SMA 的合成原理及工艺 .....               | 144 |
| 4.3.3 SMA 增韧方法及工艺 .....                | 149 |
| 4.3.4 SMA 的特性分析与表征 .....               | 150 |
| 4.3.5 SMA 的应用 .....                    | 152 |
| 4.4 苯乙烯-(N-取代)马来酰亚胺共聚物 .....           | 155 |
| 4.4.1 概述 .....                         | 155 |
| 4.4.2 苯乙烯-(N-取代)马来酰亚胺共聚物的合成方法 .....    | 156 |
| 4.4.3 苯乙烯-(N-取代)马来酰亚胺共聚物的理论 .....      | 157 |
| 4.4.4 苯乙烯-(N-取代)马来酰亚胺共聚的竞聚率 .....      | 161 |
| 4.4.5 苯乙烯-(N-取代)马来酰亚胺共聚的影响因素 .....     | 163 |
| 4.4.6 苯乙烯-(N-取代)马来酰亚胺共聚物的组成及序列结构 ..... | 166 |
| 4.5 $\alpha$ -甲基苯乙烯的二元共聚物 .....        | 168 |
| 4.6 苯乙烯-甲基丙烯酸甲酯共聚物 .....               | 171 |
| 4.7 苯乙烯的多元共聚物 .....                    | 172 |
| 参考文献 .....                             | 173 |
| <b>第5章 用接枝弹性体增韧的苯乙烯系塑料</b> .....       | 176 |
| 5.1 脆性塑料的增韧机理 .....                    | 176 |
| 5.1.1 概述 .....                         | 176 |
| 5.1.2 HIPS、ABS 增韧理论 .....              | 177 |
| 5.2 弹性体的接枝聚合反应 .....                   | 181 |
| 5.3 高抗冲聚苯乙烯 (HIPS) .....               | 183 |
| 5.3.1 HIPS 树脂的制备原理 .....               | 183 |
| 5.3.2 影响相转变的因素 .....                   | 186 |
| 5.3.3 影响冲击强度的因素 .....                  | 191 |
| 5.3.4 本体法和本体-悬浮法制备 HIPS 的生产工艺和设备 ..... | 196 |

|              |                              |            |
|--------------|------------------------------|------------|
| 5.3.5        | HIPS 的性能 .....               | 198        |
| 5.3.6        | 高抗冲聚苯乙烯 (HIPS) 的结构分析 .....   | 200        |
| 5.3.7        | 聚烯烃接枝聚合制备改性聚苯乙烯 .....        | 204        |
| 5.4          | ABS 树脂 .....                 | 217        |
| 5.4.1        | ABS 树脂的制备原理 .....            | 217        |
| 5.4.2        | 乳液法合成 ABS 树脂 .....           | 226        |
| 5.4.3        | 本体法合成 ABS 树脂 .....           | 239        |
| 5.4.4        | SAN 树脂与丁腈橡胶共混制备 ABS 树脂 ..... | 246        |
| 5.4.5        | ABS 合成技术的发展动态 .....          | 247        |
| 5.4.6        | 各种品级 ABS 树脂的制备 .....         | 257        |
| 5.4.7        | 用其他弹性体制备的特殊类型 ABS 树脂 .....   | 284        |
| 5.4.8        | ABS 树脂的结构分析 .....            | 307        |
| 5.4.9        | ABS 树脂的性能 .....              | 311        |
| 5.5          | PVC 抗冲改性剂 MBS 树脂 .....       | 323        |
| 5.5.1        | MBS 树脂发展历史 .....             | 323        |
| 5.5.2        | MBS 树脂制备原理 .....             | 324        |
| 5.5.3        | MBS 树脂制备技术和生产工艺 .....        | 328        |
| 5.5.4        | 国内外典型产品牌号和性能 .....           | 333        |
| 5.5.5        | MBS 树脂对 PVC 改性效果及应用配方 .....  | 335        |
| 5.5.6        | MBS 树脂分析和表征 .....            | 337        |
| 5.5.7        | MBS 树脂生产新技术和发展趋势 .....       | 341        |
|              | 参考文献 .....                   | 343        |
| <b>第 6 章</b> | <b>苯乙烯的嵌段共聚物 .....</b>       | <b>351</b> |
| 6.1          | SBS .....                    | 351        |
| 6.1.1        | 活性阴离子聚合制备 SBS 的原理 .....      | 352        |
| 6.1.2        | SBS 的合成工艺 .....              | 354        |
| 6.2          | SEBS .....                   | 360        |
| 6.2.1        | SEBS 的制备原理 .....             | 360        |
| 6.2.2        | SEBS 的结构和性能 .....            | 364        |
| 6.2.3        | SEBS 的应用 .....               | 367        |
| 6.3          | K 树脂 .....                   | 367        |
| 6.3.1        | K 树脂的制备原理 .....              | 368        |
| 6.3.2        | K 树脂生产工艺 .....               | 371        |
| 6.3.3        | K 树脂的结构表征 .....              | 378        |
| 6.3.4        | K 树脂的性能 .....                | 380        |
|              | 参考文献 .....                   | 383        |
| <b>第 7 章</b> | <b>苯乙烯系塑料的共混改性 .....</b>     | <b>386</b> |
| 7.1          | 聚苯乙烯与聚烯烃的共混改性 .....          | 386        |
| 7.1.1        | 概述 .....                     | 386        |
| 7.1.2        | PS/PO 体系适用的相容剂 .....         | 387        |

|              |                                 |            |
|--------------|---------------------------------|------------|
| 7.1.3        | 反应性共混 .....                     | 392        |
| 7.1.4        | PS/SEBS/PE 的形态, 结构和性能 .....     | 393        |
| 7.2          | 聚苯醚/高抗冲聚苯乙烯 (PPO/HIPS) 合金 ..... | 396        |
| 7.2.1        | 引言 .....                        | 396        |
| 7.2.2        | PPO/HIPS 合金的结构 .....            | 398        |
| 7.2.3        | PPO/HIPS 合金的组成 .....            | 403        |
| 7.2.4        | PPO/HIPS 合金的性能 .....            | 403        |
| 7.2.5        | PPO/HIPS 合金技术方面的进展 .....        | 413        |
| 7.2.6        | 成型加工及应用 .....                   | 422        |
| 7.3          | ABS 的共混物 .....                  | 425        |
| 7.3.1        | ABS 与聚碳酸酯的共混 .....              | 425        |
| 7.3.2        | PBT/ABS 共混合金 .....              | 453        |
| 7.3.3        | PET/ABS 共混合金 .....              | 459        |
| 7.3.4        | ABS 与聚酰胺的共混 .....               | 461        |
| 7.3.5        | ABS 与聚氯乙烯的共混 .....              | 471        |
| 7.4          | SMA 的共混物 .....                  | 482        |
| 7.4.1        | SMA 共混改性原理 .....                | 482        |
| 7.4.2        | SMA 混合物的品牌 .....                | 486        |
| 7.4.3        | SMA 的混合物研究进展 .....              | 487        |
| 7.4.4        | SMA 混合物的应用前景 .....              | 500        |
|              | 参考文献 .....                      | 501        |
| <b>第 8 章</b> | <b>苯乙烯系塑料的成型加工 .....</b>        | <b>508</b> |
| 8.1          | 概述 .....                        | 508        |
| 8.2          | 苯乙烯系塑料常用的加工助剂 .....             | 508        |
| 8.2.1        | 引言 .....                        | 508        |
| 8.2.2        | 抗氧剂 .....                       | 509        |
| 8.2.3        | 光稳定剂 .....                      | 510        |
| 8.2.4        | 润滑剂 .....                       | 511        |
| 8.2.5        | 着色剂 .....                       | 512        |
| 8.2.6        | 阻燃剂 .....                       | 514        |
| 8.2.7        | 抗静电剂 .....                      | 519        |
| 8.2.8        | 发泡剂 .....                       | 519        |
| 8.2.9        | 其他加工助剂 .....                    | 520        |
| 8.3          | 苯乙烯系塑料的注射成型 .....               | 522        |
| 8.3.1        | 引言 .....                        | 522        |
| 8.3.2        | 注塑机的结构与作用 .....                 | 522        |
| 8.3.3        | 制品设计与模具设计 .....                 | 529        |
| 8.3.4        | 注射过程及理论 .....                   | 535        |
| 8.3.5        | 注射成型工艺过程及工艺条件 .....             | 543        |
| 8.3.6        | 苯乙烯系塑料的注射成型特点 .....             | 552        |

|            |                           |            |
|------------|---------------------------|------------|
| 8.3.7      | 注射成型的不良现象与对策 .....        | 559        |
| 8.3.8      | 特殊注射成型 .....              | 567        |
| 8.4        | 苯乙烯系泡沫塑料的成型加工 .....       | 577        |
| 8.4.1      | 引言 .....                  | 577        |
| 8.4.2      | 苯乙烯系泡沫塑料所用的主要原材料 .....    | 578        |
| 8.4.3      | 可发性珠粒法聚苯乙烯泡沫塑料的生产工艺 ..... | 582        |
| 8.4.4      | 苯乙烯系泡沫塑料的模压成型 .....       | 588        |
| 8.4.5      | 苯乙烯系泡沫塑料的挤出成型 .....       | 591        |
| 8.4.6      | 低发泡注射成型工艺 .....           | 594        |
| 8.5        | 苯乙烯系塑料板(片)材的挤出成型 .....    | 599        |
| 8.5.1      | 引言 .....                  | 599        |
| 8.5.2      | 板(片)材挤出成型生产设备 .....       | 600        |
| 8.5.3      | 板(片)材生产工艺 .....           | 606        |
| 8.5.4      | 片材的工艺条件与物理性能 .....        | 610        |
| 8.5.5      | 板(片)材的挤出成型缺陷及其解决措施 .....  | 613        |
| 8.6        | 双向拉伸聚苯乙烯薄膜的成型加工 .....     | 614        |
| 8.6.1      | 引言 .....                  | 614        |
| 8.6.2      | 双向拉伸聚苯乙烯薄膜的原材料 .....      | 614        |
| 8.6.3      | 双向拉伸聚苯乙烯薄膜的生产工艺 .....     | 617        |
| 8.6.4      | 双向拉伸聚苯乙烯薄膜的生产设备 .....     | 622        |
| 8.6.5      | 双向拉伸聚苯乙烯薄膜的性质 .....       | 625        |
| 8.7        | 片材的热成型 .....              | 627        |
| 8.7.1      | 引言 .....                  | 627        |
| 8.7.2      | 热成型方法 .....               | 628        |
| 8.7.3      | 热成型设备和模具 .....            | 635        |
| 8.7.4      | 热成型工艺及工艺条件 .....          | 639        |
| 8.7.5      | 制件缺陷及解决办法 .....           | 641        |
|            | 主要参考文献 .....              | 643        |
| <b>第9章</b> | <b>苯乙烯系塑料的应用</b> .....    | <b>644</b> |
| 9.1        | 聚苯乙烯的应用 .....             | 644        |
| 9.1.1      | 引言 .....                  | 644        |
| 9.1.2      | 聚苯乙烯的性能 .....             | 646        |
| 9.1.3      | 聚苯乙烯的应用 .....             | 647        |
| 9.2        | ABS树脂的应用 .....            | 653        |
| 9.2.1      | 引言 .....                  | 653        |
| 9.2.2      | ABS树脂的化学特点和性能 .....       | 656        |
| 9.2.3      | ABS树脂的用途 .....            | 657        |
| 9.2.4      | ABS高性能化动向 .....           | 661        |
| 9.3        | 其他三元共聚物的应用 .....          | 665        |
| 9.3.1      | MBS树脂性能及用途 .....          | 665        |

|       |                       |     |
|-------|-----------------------|-----|
| 9.3.2 | AAS 共聚物 .....         | 667 |
| 9.3.3 | ACS 共聚物 .....         | 669 |
| 9.4   | 苯乙烯-丁二烯嵌段共聚物的应用 ..... | 670 |
| 9.4.1 | SBS 共聚物 .....         | 670 |
| 9.4.2 | SEBS 共聚物 .....        | 675 |
| 9.4.3 | SIS 共聚物 .....         | 676 |
| 9.5   | 其他苯乙烯系列塑料的应用 .....    | 678 |
| 9.5.1 | AS 共聚物 .....          | 678 |
| 9.5.2 | SMA 共聚物 .....         | 680 |
| 9.5.3 | MS 树脂 .....           | 682 |
| 9.5.4 | 间规聚苯乙烯 .....          | 683 |
|       | 主要参考文献 .....          | 684 |

# 第1章 绪 论

## 1.1 概述

### 1.1.1 简介

聚苯乙烯 (polystyrene, PS, 通用聚苯乙烯, GPPS) 是一种通用热塑性树脂。它是采用苯乙烯单体, 主要通过本体聚合, 也借助悬浮聚合、溶液聚合而得到的聚合物。由于聚苯乙烯具有质硬、刚性好、尺寸稳定、电气绝缘、透明、容易加工和着色, 再加上低廉的价格, 故广泛用于包装材料、建筑材料、电器、家具和玩具等部门。但 GPPS 也有不耐冲击和易被溶剂溶解腐蚀的缺点。为了使 GPPS 耐冲击, 人们在其中引入了橡胶, 如聚丁二烯橡胶、丁腈橡胶、丁苯橡胶等, 因而开发出了高抗冲聚苯乙烯 (HIPS)、ABS 树脂。为了使 GPPS 耐溶剂和油, 人们在其中引入了丙烯腈, 因而开发出了 SAN (AS) 树脂。PS、HIPS、ABS、SAN 是苯乙烯系树脂的主要成员。K-树脂和 SBS 则是苯乙烯系树脂的新成员。超高分子量 PS 和茂金属催化合成的间规聚苯乙烯 (sPS) 则是 PS 的高性能化产物。

就规模和产量而言, 苯乙烯系树脂居聚烯烃、聚氯乙烯之后, 列第三位。石油化工为苯乙烯系树脂的发展提供了丰富的原料, 聚合技术和改性技术的发展, 各种新型催化剂的开发, 又赋予苯乙烯系树脂以新的优异的性能, 苯乙烯系树脂会在人们的生活、工农业生产、国防化工中扮演越来越重要的角色。

### 1.1.2 生产现状

#### 1.1.2.1 聚苯乙烯树脂

20 世纪 90 年代以来世界聚苯乙烯需求量以 3.4% 的年增长率增长, 亚洲地区、中东地区和大洋洲地区、中南美洲地区的增长率高于世界平均值。亚洲地区聚苯乙烯需求量在 20 世纪 90 年代增长十分迅速, 中国、马来西亚、泰国、印度、菲律宾等国的年均增长率都在 10% 以上, 整个亚洲地区年均需求量增长率为 6.2%。

2001 年世界聚苯乙烯树脂 (GPPS、IPS、EPS) 生产能力为 1 600 余万吨/年, 主要集中在亚洲、北美和西欧, 见图 1-1。表 1-1 是根据 2001 年中期的生产能力排出的世界九大聚苯乙烯树脂生产公司, 这九大聚苯乙烯生产商的能力占世界总能力的 53%。

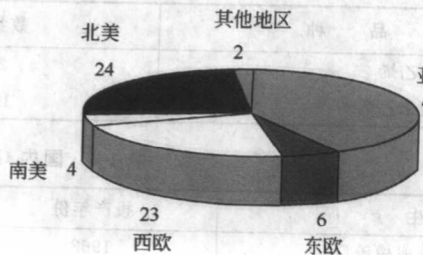


图 1-1 2001 年世界聚苯乙烯树脂生产能力构成

表 1-1 世界九大聚苯乙烯生产商

| 生 产 商    | 2001 年中期生产能力/kt | 生 产 商            | 2001 年中期生产能力/kt |
|----------|-----------------|------------------|-----------------|
| BASF     | 2 026           | Chevron Phillips | 449             |
| Dow      | 1 690           | A&M Styrene(日本)  | 437             |
| NOVA     | 1 391           | EniChem          | 420             |
| ATOFINA  | 1 000           | BP               | 355             |
| 奇美(中国台湾) | 700             | 合计               | 8 468           |

20 世纪 60 年代初,兰州化学工业公司采用德国 I. G. 本体聚合技术建设了千吨级 GPPS 装置。80 年代后,我国引进了美国 Fina-Cosden, Dow 化学, Hundsman 公司, 日本 TEC-MTC, 德国 BASF、Shell 等公司的技术,建设了 GPPS、HIPS、EPS 生产装置。特别是 90 年代,引进装置趋向大型化,向经济规模发展;生产工艺上追求高层次高技术,努力提高产品档次,增加市场竞争力。引进的 HIPS/GPPS 技术新建装置增加的生产能力约为 47 万吨/年,其中 Fina-Cosden 技术建设的装置生产能力约为 27 万吨/年。引进技术汇总于表 1-2。

表 1-2 国内引进装置采用的工艺技术

| 品 种      | 引 进 技 术     | 工 艺 特 点                      | 采 用 公 司  |
|----------|-------------|------------------------------|----------|
| GP. HIPS | Dow         | 三塔流程<br>1 釜 3 槽或 1 釜 1 槽串联工艺 | 燕山石化公司   |
|          | Fina-Cosden |                              | 汕头海洋集团公司 |
|          | TEC-MTC     | 4 釜串联工艺                      | 湛江中美化工公司 |
|          | Hundsman    |                              | 抚顺石化公司   |
| EPS      | Shell       | 一步法                          | 广州石化总厂   |
|          | 中国台湾高福公司    | 一步法                          | 兰州化学工业公司 |
|          | Fina-Cosden | 一步法                          | 吉林化学工业公司 |
|          | 日本积水化学公司    | 一步法                          | 齐鲁石化公司   |
|          |             |                              | 大庆石化总厂   |
|          |             |                              | 高桥石化总厂   |
|          |             |                              | 金陵石化公司   |
|          |             |                              | 广州石化总厂   |
|          |             |                              | 常州化工厂    |
|          |             |                              | 宁波塑料厂    |
|          |             |                              | 广州石化总厂   |

2001 年,国内聚苯乙烯生产能力为 111.95 万吨/年,其中 EPS 生产能力为 34.45 万吨/年。1996 年国内聚苯乙烯产量为 30.6 万吨,1997 年产量为 41 万吨,1998 年为 30 万吨。1999 年进口量为 151.7 万吨。详见表 1-3。国内 GPPS、HIPS 产能列于表 1-4。

表 1-3 1999 年国内 PS 进口量

| 品 种      | 数量/万吨  | 同比增长/% |
|----------|--------|--------|
| 可发性聚苯乙烯  | 23.14  | 0.45   |
| 非可发性聚苯乙烯 | 128.56 | 12.23  |

表 1-4 国内 GPPS、HIPS 产能

| 生 产 厂     | 投产年份 | 品 种       | 生产能力/(万吨/年) |
|-----------|------|-----------|-------------|
| 兰化公司合成橡胶厂 | 1962 | GPPS      | 0.6         |
|           | 1984 | HIPS      | 0.5         |
| 燕山石化化工一厂  | 1989 | GPPS、HIPS | 5.0         |