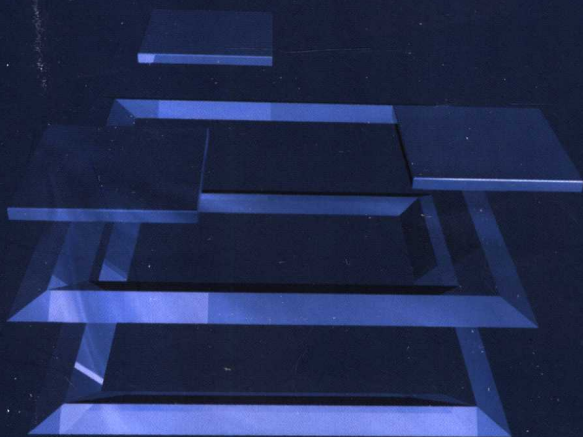


塑料包装

——性能、加工、应用、条例

R. J. 赫恩南德兹
[美] S. E. M. 塞尔克 著
J. D. 卡尔特尔



化学工业出版社

材料科学与工程出版中心

TB 484.3

2H356

塑料包装

——性能、加工、应用、条例

[美]R. J. 赫恩南德兹, S. E. M. 塞尔克, J. D. 卡尔特尔著
杨鸣波 谢邦互 杨伟 等译



A1111203



化学工业出版社

材料科学与工程出版中心

·北京·

HAN66/05

(京) 新登字 039 号

图书在版编目 (CIP) 数据

塑料包装——性能、加工、应用、条例/[美] 赫恩南德兹(Hernandez, R. J.), [美] 塞尔克(Selke, S. E. M.), [美] 卡尔特尔(Culter, J. D.); 杨鸣波等译. 北京: 化学工业出版社, 2003. 10

ISBN 7-5025-4864-5

I. 塑… II. ①赫…②塞…③卡…④杨… III. 包装材料: 塑料 IV. TB484.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2003) 第 093614 号

Plastics Packaging Properties, Processing, Applications, and Regulations/by Ruben J. Hernandez, Susan E. M. Selke, John D. Culter
ISBN 3-446-21404-6

Copyright© by Carl Hanser Verlag. All Rights Reserved.

本书中文简体翻译版由 Hanser 出版公司授权化学工业出版社独家出版发行
未经出版者许可, 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: 01-2003-1192

塑料包装

——性能、加工、应用、条例

[美] R. J. 赫恩南德兹, S. E. M. 塞尔克, J. D. 卡尔特尔著
杨鸣波 谢邦互 杨伟 等译

责任编辑: 丁尚林

文字编辑: 徐雪华 林丹 李玥

责任校对: 蒋宇

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

聚鑫印刷有限责任公司印刷

三河市延风装订厂装订

开本 850 毫米×1168 毫米 1/32 印张 12½ 字数 331 千字

2004 年 1 月第 1 版 2004 年 1 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-4864-5/TQ·1847

定价: 28.00 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



献给

五十年来在密西根大学包装学院
从事包装教育和科研工作的人们



译者前言

近十几年来，随着科学技术的提高，高分子材料工业得到了飞速的发展，塑料、橡胶和化学纤维的应用范围几乎渗透到人们生活的各个方面。塑料在包装材料领域的应用就是其中重要的内容之一。

由 Ruben J. Hernandez, Susan E. M. Selke 和 John D. Culter 合著的《塑料包装——性能、加工、应用、条例》是这方面非常优秀的专著，是集三位作者在密西根州立大学从事包装教育和科研 50 年的经验而成。对读者而言，其学习和借鉴的价值是不言而喻的。

本书涉及内容非常广泛，既有有关高分子材料（塑料）的一些概念和基本知识，也详细介绍了用于包装领域的主要塑料品种以及相关的添加剂；既逐一描述了各种塑料包装材料的加工方法，也给出了美国在塑料包装材料领域的有关条例和要求。并且专门讨论了涉及塑料包装材料的环境保护问题，这在以前的有关书籍中是不多见的。同时，为突出本书的特点，在每一章后都给出了问题供读者思考，以辅助读者对各章的深入理解。因此，本书不但可以作为在塑料包装领域从事研发、生产和管理的技术人员的参考书，也可以作为在高分子材料工程专业学习的高年级学生的参考书。

本书前言由杨鸣波翻译，第 1 章由廖永霞翻译，第 2 章由郑爱舞翻译，第 3 章由龚关翻译，第 4 章由阳霞翻译，谢邦互审校；第 5 章、第 6 章由史炜翻译，第 7 章、第 8 章由谢长群翻译，第 9 章、第 10 章由王选伦翻译，第 11 章、第 13 章由李思远翻译，第 12 章由许向彬翻译，第 14 章由尹波翻译，第 15 章、第 16 章由陶

四平翻译，杨伟审校。全书由杨鸣波审校和统稿。限于译者水平，错误遗漏之处在所难免，敬请各界读者指正。

译 者

2003 年 9 月于四川大学

著者前言

本书欲使读者能对塑料包装材料有一个基本的理解。其内容涵盖了塑料包装材料的性质，以及这些性质与聚合物化学结构的关系。同时介绍了把塑料树脂转变成包装材料的各种加工方法。

在本书中，主要阐明了塑料在包装领域中的各种用途。同时强调了塑料材料的化学结构与包装材料性能的关系，尽管这些既不是化学学科的相关课程的内容，也不是材料科学学科的相关课程的内容。阅读本书的读者应具备一些基本的化学和物理的知识。本书编写的主要目的是为读者提供一本有关塑料在包装领域应用的阅读资料，同时希望本书能对那些在包装领域从事塑料材料技术规范撰写、设计、制作、测试和质量控制的专业人员有所帮助，也希望能够激发读者在诱人的包装材料世界进一步学习的好奇心。

文中出现的非法定单位与法定单位的换算表

$$1\text{psi}=6894.76\text{Pa}$$

$$1\text{dyn}=10^{-5}\text{N}$$

$$1\text{dyn/cm}=10^{-3}\text{N/m}$$

$$1\text{dyn/cm}^2=10^{-1}\text{N/m}^2$$

$$1\text{lb}=0.45359237\text{kg}$$

$$1\text{cal}=1\text{cal}_{\text{IT}}=4.1868\text{J}$$

$$1\text{in}=0.0254\text{m}$$

$$1\text{mil}=10^{-3}\text{in}=25.4\times 10^{-6}\text{m}$$

$$1\text{\AA}=0.1\text{nm}$$

°F与°C的关系:

$$x^{\circ}\text{F}=\frac{5}{9}(x-32)^{\circ}\text{C}$$

$$1\text{bar}=10^5\text{Pa}$$

$$1\text{atm}=101325\text{Pa}$$

$$1\text{mmHg}=133.322\text{Pa}$$

$$1\text{ppb}(\text{美})=10^{-9}$$

$$\text{atto second}=10^{-18}\text{s}$$

$$1\text{cc}=1\text{cm}^3$$

$$1\text{ft}^3=0.0283168\text{m}^3$$

$$1\text{盎司}(\text{OZ})=\frac{1}{16}\text{lb}=28.3495\text{g}$$

$$1\text{加仑}(\text{美})=3.78541\text{dm}^3$$

内 容 提 要

本书是集三位作者在密西根州立大学从事包装教育和科研 50 年的经验总结而成，内容丰富，既有关于塑料的一些概念和基本知识，也详细介绍了用于包装领域的主要塑料品种及添加剂性能与应用；既逐一描述了各种塑料包装材料的加工方法，也给出了美国在塑料包装材料领域的有关法律法规；并且专门讨论了涉及塑料包装材料的环境保护问题。

本书技术内容先进，实用性强，适用于在塑料包装领域从事科研、生产和管理的技术人员参考，也可以作为高分子材料工程专业的教学用书。

目 录

文中出现的非法定单位与法定单位的换算表

第 1 章 绪论 1

1.1 历史回顾 1

1.2 塑料在包装领域中的作用 3

1.3 本书结构 6

第 2 章 基本概念和定义 8

2.1 术语 8

2.1.1 大分子 8

2.1.2 聚合物 8

2.1.3 塑料 9

2.1.4 单体 12

2.1.5 结构单元 12

2.1.6 均聚物 13

2.1.7 共聚物 13

2.2 聚合物的命名 13

2.3 聚合物中的原子间作用力和分子间作用力 15

2.3.1 原子间作用力 15

2.3.2 分子间作用力和分子内作用力 17

2.4 化学组成决定的性能 19

2.5 塑料的种类 20

习题 20

第 3 章 聚合物结构与性能 22

3.1 简介 22

3.2 分子结构 22

3.2.1 线型聚合物 22

3.2.2 支化聚合物 23

3.2.3 交联聚合物 24

3.3 共聚物结构 25

3.3.1 无规共聚物 25

3.3.2 交替共聚物 26

3.3.3 嵌段共聚物 26

3.3.4 接枝共聚物 28

3.3.5 共聚类型的组合 28

3.4 连锁聚合, 加成聚合物 29

3.4.1 加成或连锁聚合 29

3.4.2 乙烯基聚合物 30

3.4.3 自由基聚合 32

3.4.4 聚乙烯的聚合反应过程 33

3.4.5 其他加成聚合机理 36

3.5 分子的构型与构象 36

3.6 乙烯基聚合物的头-头和头-尾构型 37

3.7 化学立构	38	3.12.1 拉伸性能	70
3.8 逐步聚合, 缩合聚合	40	3.12.2 撕裂强度	72
3.9 分子量和分子量分布	43	3.12.3 冲击强度和爆破强度	72
3.9.1 聚合度	43	3.12.4 其他力学性能	73
3.9.2 分子(质)量和分子量分布	44	3.13 阻隔性能	74
3.9.3 数均分子量	45	3.13.1 扩散系数	74
3.9.4 重均分子量	45	3.13.2 溶解度参数	75
3.9.5 其他平均分子量	48	3.13.3 渗透系数	75
3.9.6 分子量分布(MWD)的确定 ..	48	3.14 表面与粘接	75
3.9.7 分子量和分子量分布对聚合物流动性和力学性能的影响	49	3.14.1 表面张力	75
3.10 聚合物形态	52	3.14.2 润湿性	76
3.10.1 结晶性	52	3.14.3 黏附强度	76
3.10.2 聚合物的取向	57	3.14.4 内聚强度	76
3.10.3 结晶度	59	3.14.5 黏着性	76
3.11 热性能	60	3.14.6 摩擦性	77
3.11.1 熔融温度	60	3.14.7 热封性	77
3.11.2 玻璃化转变温度	61	3.15 光学特性	78
3.11.3 其他热转变	66	3.15.1 光泽	78
3.11.4 比热容	67	3.15.2 雾度	79
3.11.5 熔融热	67	3.15.3 透明性和不透明性	79
3.11.6 热导率	67	3.16 电性能	79
3.11.7 热膨胀系数	68	3.17 用红外光谱鉴定塑料	80
3.11.8 其他尺寸变化	68	参考文献	82
3.11.9 尺寸稳定性	69	习题	82
3.12 力学性能	69	第4章 用于包装材料的主要塑料品种	85
		4.1 支化聚乙烯	85
		4.1.1 低密度聚乙烯(LDPE)	86
		4.1.2 乙烯-乙酸乙烯共	

聚物 (EVA)	88
4.1.3 乙 烯-丙 烯 酸 共 聚 物 (EAA)	89
4.1.4 离 聚 物	90
4.2 线 型 聚 乙 烯	91
4.2.1 高 密 度 聚 乙 烯 (HDPE)	92
4.2.2 线 型 低 密 度 聚 乙 烯 (LLDPE)	93
4.2.3 茂 金 属 聚 乙 烯 (mPE)	94
4.2.4 聚 乙 烯 家 族 的 性 能 变 化	97
4.3 聚 丙 烯 (PP)	98
4.3.1 均 聚 聚 丙 烯	98
4.3.2 无 规 共 聚 聚 丙 烯	100
4.4 聚 氯 乙 烯 (PVC)	100
4.5 聚 偏 二 氯 乙 烯 共 聚 物 (PVDC)	103
4.6 聚 苯 乙 烯 (PS)	104
4.7 聚 乙 烯 醇 (PVOH) 和 乙 烯-乙 烯 醇 共 聚 物 (EVOH)	105
4.7.1 聚 乙 烯 醇	105
4.7.2 乙 烯-乙 烯 醇 共 聚 物 (EVOH)	106
4.8 尼 龙	108
4.9 聚 酯	110
4.9.1 聚 对 苯 二 甲 酸 乙 二 醇 酯 (PET)	110
4.9.2 乙 二 醇 改 性 聚 对 苯 二 甲 酸 乙 二 醇 酯	

及 其 他	112
4.9.3 聚 苯 二 甲 酸 乙 二 醇 酯 (PEN)	113
4.10 聚 碳 酸 酯 (PC)	114
4.11 含 氟 聚 合 物	115
4.12 苯 乙 烯-丁 二 烯 共 聚 物	116
4.13 丙 烯 腈 共 聚 物	117
4.14 液 晶 聚 合 物	118
4.15 导 电 聚 合 物	119
4.16 热 塑 性 弹 性 体	120
4.17 热 固 性 塑 料	121
4.18 赛 璐 珞 和 纤 维 素 塑 料	123
4.18.1 赛 璐 珞	124
4.18.2 纤 维 素 塑 料	125
4.19 聚 合 物 共 混 物	126
参 考 文 献	128
习 题	128
第 5 章 添 加 剂 与 复 合	130
5.1 引 言	130
5.2 复 合	131
5.3 抗 氧 剂	132
5.4 热 稳 定 剂	135
5.5 紫 外 光 稳 定 剂	136
5.6 表 面 修 饰 剂	138
5.6.1 抗 粘 连 剂	138
5.6.2 爽 滑 剂	139
5.6.3 防 滑 剂	140
5.6.4 润 滑 剂	140
5.6.5 脱 模 剂	140
5.7 着 色 剂	140
5.7.1 染 料	141

5.7.2	有机颜料	141
5.7.3	无机颜料	142
5.7.4	特殊颜料	142
5.7.5	着色剂与 FDA (食品与药物管理局)	143
5.8	防雾剂	144
5.9	成核剂	144
5.10	抗静电剂	145
5.11	增塑剂	147
5.12	抗氧化剂、干燥剂、清 香剂	148
5.13	填充剂和增强剂	150
5.14	抗菌剂或抗微生物剂	151
5.15	其他添加剂	151
	习题	152
第 6 章	黏合、胶黏剂和 热封	153
6.1	黏合	153
6.2	胶黏剂	154
6.3	胶黏剂和内聚粘接 强度	155
6.3.1	附着粘接强度	156
6.3.2	内聚粘接强度	160
6.4	胶黏剂类型	160
6.4.1	反应型胶黏剂	161
6.4.2	热熔型胶黏剂	161
6.4.3	溶剂型胶黏剂	162
6.4.4	水溶性胶黏剂	162
6.4.5	压敏性和再湿性 胶黏剂	163
6.4.6	冷封胶黏剂	164

6.5	胶黏剂的应用	164
6.6	胶黏剂术语	166
6.7	胶黏剂助剂	167
6.8	热封	167
6.8.1	封合方法	168
6.8.2	多层韧性材料中 的热传导	173
6.8.3	热黏性	174
6.8.4	热封钳	174
6.8.5	热封的失效模 式	175
6.8.6	柔性包装材料封 合的评价	176
	参考文献	177
	习题	177

第 7 章 挤出, 薄膜和

	片材	178
7.1	挤出和挤出机	178
7.1.1	料斗和进料口	179
7.1.2	加料段	180
7.1.3	压缩段	181
7.1.4	计量段	182
7.1.5	混合设备	182
7.1.6	挤出机的螺杆设计 以及尺寸	183
7.1.7	口模	183
7.1.8	熔体滤网	184
7.1.9	驱动机构和螺杆 转速	184
7.1.10	特殊的设计	184
7.1.11	挤出温度	185
7.1.12	挤出压力	186
7.2	流延薄膜和片材	186

7.2.1	冷浇铸或骤冷辊流 延法	187
7.2.2	组合辊和压延成 型法	187
7.2.3	骤冷水槽或水 浴法	188
7.2.4	夹紧辊和卷绕	188
7.2.5	尺寸控制	188
7.2.6	取向	189
7.2.7	流延膜口模	190
7.3	吹塑薄膜	191
7.3.1	吹塑薄膜挤出	193
7.3.2	吹塑薄膜口模	194
7.3.3	风环冷却和泡管内 冷却 (IBC)	196
7.3.4	夹膜框	197
7.3.5	夹持辊	198
7.3.6	切割和卷绕	199
7.3.7	双泡工艺	200
7.4	拉伸和收缩包装带	200
7.4.1	拉伸包装带	201
7.4.2	收缩包装带	201
7.5	薄膜和片材共挤出	202
7.6	表面处理	205
7.7	薄膜的屈服率	206
7.8	薄膜的测试和评价	206
	参考文献	207
	习题	207
第8章 复合、层合和		
	涂层	209
8.1	挤出涂覆和层合	209
8.2	热熔层合或涂覆	212
8.3	粘接层合	212

8.4	热层合	214
8.5	金属化薄膜	215
8.6	氧化硅薄膜	216
8.7	其他无机阻隔涂料	217
8.8	多层结构的构筑	217
	参考文献	218
	习题	218
第9章 软包装		
9.1	软包装的特征	220
9.2	盒的类型	221
9.2.1	枕形盒	221
9.2.2	三边密封盒	222
9.2.3	四边密封盒	222
9.2.4	直立盒子	222
9.3	盒子的成型	223
9.4	大型包装袋和重包 装袋	225
9.5	蒸煮袋	225
9.6	盒中袋	226
	参考文献	227
	习题	227
第10章 热成型		
10.1	简介	228
10.2	片材加热	228
10.2.1	温度选择	228
10.2.2	辐射加热	229
10.3	片材成型	231
10.3.1	基本方法	231
10.3.2	片材的变形	233
10.3.3	其他的热成型 工艺	234
10.3.4	热成型方法的 选择	239

10.4	片材的修边	239
10.5	制品和模具设计	240
10.5.1	样模	241
10.5.2	生产模具	244
10.6	热成型-装填-热封系统	244
	参考文献	244
	习题	245
第 11 章	注射模塑、密封件、旋转模塑、压缩模塑和软管	246
11.1	注射模塑	246
11.1.1	注射成型机	246
11.1.2	注射模具系统	247
11.1.3	聚合物流动	248
11.1.4	制品脱模	250
11.1.5	热流道模具	251
11.1.6	排气系统	251
11.1.7	注射模塑的应用	251
11.2	密封件	252
11.2.1	摩擦式密封件	252
11.2.2	搭扣式密封件	253
11.2.3	螺旋式密封件	253
11.2.4	特殊密封件	255
11.2.5	封盖配件和封罩	255
11.3	旋转模塑	255
11.4	压缩模塑	256

11.5	塑料软管	257
	参考文献	258
	习题	258
第 12 章	吹塑模塑与塑料瓶	259
12.1	吹塑模塑	259
12.2	挤出吹塑模塑	260
12.2.1	基本的挤出吹塑模塑过程	260
12.2.2	型坯尺寸	261
12.2.3	挤出吹塑模塑的改进	262
12.2.4	容器设计	263
12.2.5	口模的形状调整	264
12.2.6	型坯挤出的程序控制	265
12.3	注射吹塑模塑	265
12.4	拉伸吹塑模塑	268
12.5	共挤瓶	270
12.6	共注射吹塑模塑瓶	271
12.7	发泡吹塑模塑	273
12.8	吹塑模具	274
12.9	模内标记	275
12.10	无菌吹塑模塑	276
12.11	塑料瓶的修饰	276
12.11.1	热定型	276
12.11.2	真空板	277
12.11.3	瓶口结晶	277
12.12	表面处理	277
12.12.1	火焰处理	277
12.12.2	涂覆	278

12.12.3	氟化处理	278
12.12.4	磺化处理	279
12.13	塑料瓶的尺寸和 公差	279
	参考文献	280
	习题	280
第 13 章	泡沫材料, 缓冲材料 和配送包装	282
13.1	泡沫材料	282
13.1.1	聚苯乙烯泡沫 塑料	283
13.1.2	聚烯烃泡沫 塑料	285
13.1.3	聚氨酯泡沫塑料 和现场发泡 方法	286
13.1.4	淀粉基泡沫 塑料	287
13.2	非泡沫塑料缓冲 系统	287
13.3	缓冲作用	288
13.4	泡沫材料的隔 热性	290
13.5	塑料托盘	291
13.6	塑料鼓式容器及其 他运输容器	292
13.7	抗静电包装	293
	参考文献	294
	习题	294
第 14 章	塑料包装系统中的传质 问题: 吸收、扩散、 渗透和保存期	295
14.1	绪论	295

14.2	相互作用的物理和 化学基础	295
14.3	相互作用的类型	297
14.3.1	渗透	298
14.3.2	迁移	298
14.3.3	吸收	299
14.4	热力学平衡	300
14.4.1	气相化学 活度	301
14.4.2	溶解性	301
14.4.3	分配系数	303
14.5	扩散	303
14.6	单张片材中的稳态 扩散: 渗透性	304
14.7	影响渗透性的 因素	310
14.7.1	聚合物的化学 结构	310
14.7.2	渗透物分子的化 学结构	310
14.7.3	温度的影响	313
14.7.4	湿度的影响	316
14.7.5	聚合物的物理 结构	317
14.7.6	渗透物浓度的 影响	319
14.8	渗透性的实验 测定	319
14.9	多层结构	321
14.10	渗透公式的应用	323
14.11	保存期的估计	324
	参考文献	331
	习题	331

第 15 章 美国有关塑料包装

的条例	335
15.1 概述	335
15.2 美国联邦食品、药 物、化妆品法典	335
15.3 医用包装条例	336
15.3.1 药品包装	336
15.3.2 医疗器械 包装	337
15.4 食品包装条例	338
15.4.1 食品添加剂的 定义	338
15.4.2 允许迁移量	340
15.4.3 条例阈值	341
15.4.4 食品加工设备和 家用器皿的 豁免	343
15.4.5 使用条件的 确定	343
15.4.6 多层食品 包装	344
15.4.7 食品添加合格证 (GRAS) 及准用 添加剂	344
15.4.8 用于食品包装的回 收塑料	345
15.4.9 生产厂家和消费者 在遵从 FDA 条例 中的作用	347
15.5 化妆品包装管理 条例	348
15.6 州法律及条例	348
15.6.1 可降解饮料桶	348

15.6.2 “典型毒物” 立法	349
---------------------------	-----

15.6.3 塑料瓶上的树 脂代号	350
----------------------------	-----

15.6.4 回收率/回收 料量	351
---------------------------	-----

15.7 潜在问题	353
习题	354

第 16 章 环境问题

16.1 概述	355
---------------	-----

16.2 固体垃圾问题	355
-------------------	-----

16.3 降低来源和重复 使用	360
--------------------------	-----

16.4 塑料包装的回收	360
--------------------	-----

16.4.1 回收包装材料 的收集	362
----------------------------	-----

16.4.2 塑料包装的回 收率	363
---------------------------	-----

16.4.3 塑料收集后的 处理	365
---------------------------	-----

16.4.4 原料回收	367
-------------------	-----

16.5 PET 的回收	368
--------------------	-----

16.6 HDPE 的回收	370
---------------------	-----

16.7 LDPE 的回收	371
---------------------	-----

16.8 PS、PP 及 PVC 的 回收	372
--------------------------------	-----

16.9 混杂塑料的回收	373
--------------------	-----

16.10 可生物降解塑料	374
---------------------	-----

16.10.1 聚酯类	375
-------------------	-----

16.10.2 淀粉基塑料	375
---------------------	-----

16.10.3 乳酸塑料	376
--------------------	-----

16.10.4 其他可生物降 解塑料	376
-----------------------------	-----