

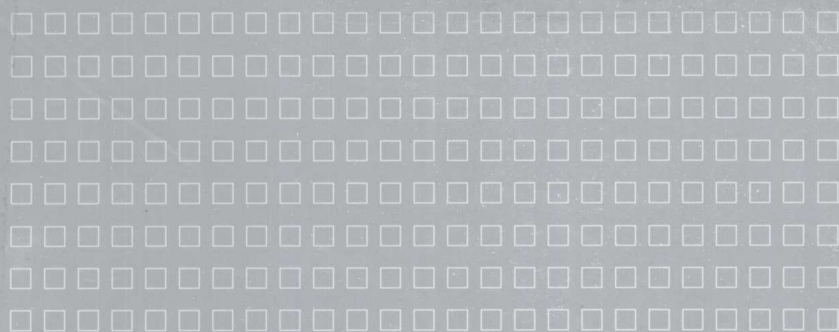
· 原著第4版 ·

国际塑料手册

International Plastics Handbook

The Resource for Plastics Engineers

[德] 奥斯瓦尔特·鲍尔·布林克曼 (Osswald·Baur·Brinkmann) 编著
奥伯巴赫·施马赫腾贝格 (Oberbach·Schmachtenberg)
任冬云 等译



化学工业出版社

· 原著第4版 ·

国际塑料手册

International Plastics Handbook

The Resource for Plastics Engineers

[德] 奥斯瓦尔特·鲍尔·布林克曼 (Osswald·Baur·Brinkmann)
奥伯巴赫·施马赫腾贝格 (Oberbach·Schmachtenberg) 编著
任冬云 等译

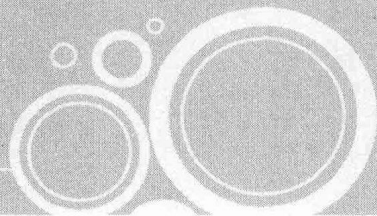


化学工业出版社

· 北京 ·

東山書畫 齊白石

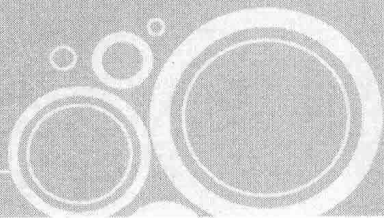
前言



正如书名所指，这本手册为全球的应用工程师提供了一个可靠的信息资源，当今世界正在趋向全球化。当这本书为美国市场撰写时，也包括了国际标准和信息，这对于当今的每一位应用工程师而言是必要的。塑料是当今全球增长速度最快的材料种类。这源自于它们独特的特性；采用相对廉价的方法容易制造出复杂的制品，能够使材料的性能与特殊的用途相匹配。由于这些特性，如今我们发现塑料不仅正在替代传统的材料，而且是某些领域中科技创新的动力，如电子产品、医药、汽车、日用商品和建筑。因此，我们发现无数的范例，在过去的 10 年里，塑料是如何提高了我们的生活水平；从更轻的汽车到更薄的手机，从更节油的复合材料飞机到改进的人类心脏瓣膜，到所有可能利用塑料和塑料技术制造的产品。随着聚合物的性能可达到更高的极限，塑料工业将持续增长和发展，持续替代其他类型的材料，产生新的应用和可能的制品。人们对塑料的印象已经在过去的 10 年中发生了完全转变。许多研究已经表明，塑料是解决生态问题的驱动力；从制造更节油的汽车，到允许制造出比用金属所需能量更少的复杂制品。如今我们在反思过去的认知：塑料是由可再生资源制造。最终，它的确只是一个经济学问题：我们将从石油中制造塑料？或用生物材料制造？从这一观点出发，我们可以真实地说，塑料时代依然处在它的成长期。《国际塑料手册》已经为德国塑料工程师服务了 70 年。这本德文书籍，《Saechtling Kunststoff Taschenbuch》的最新版本是目前第 29 版，在德国杜塞尔多夫每三年一次的 K 展上再版一次。在 1936 年，这本德文书籍的第一版问世，其原始作者 F. Pabst 博士写到“这本书试图回答塑料应用领域中的问题”。对于这本英文手册，这句话也是我们的目的。《国际塑料手册》的第一版在 2006 年 6 月芝加哥的 NPE 展会上出版。由于塑料领域内的快速发展，我们正在计划在每三年一次 NPE 展上发布这本手册的新版本。另外，这本书可从互联网上获得，在那里作者将继续更新这本手册的版本，包括它的表格和商品名称表。每个版本的手册在它的扉页上含有单独的编码，它可提供下载这本书电子版的服务：www.hanser.de/plasticshandbook。本书作者不可能逐一感谢在这本手册编纂过程中给予帮助的每一个人。首先，我们感谢 Hanser 出版商的 Wolfgang Glenz 博士和 Christine Strohm 博士为这本书的出版提供的帮助。此外，Strohm 博士在准备这本书的岁月中给予了我们的支持。第 6 章的内容选自德文《Saechtling Kunststoff Taschenbuch》的材料章节，并由 Strohm 博士翻译。我们感谢她为此所做的一切。特别感谢 Luz Mayed D. Nouguez 所绘制出的极佳的图形。我们感谢 Sylvana García 和 Alejandro Roldán 为这本书中的表格生成和准备电子排版所花费的大量时间。我们感谢 Juan Pablo Hernández-Ortiz 开发的排版模板。我们也感谢 Oswald Immel 在这本手稿的撰写过程中给予的支持。最重要地，感谢我们家庭成员的耐心、鼓励和支持！

TIM A. Osswald
Madison, Wisconsin
2006 年春季

译者前言



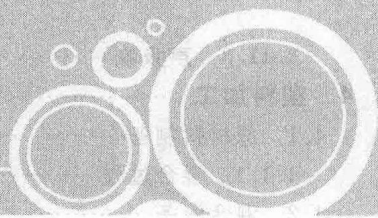
随着塑料工业在我国的高速发展，塑料正在替代传统材料，已经进入到我国的众多应用领域和人民生活的各个方面。据统计，我国在 2008 年的塑料消耗量高达 5.2 千万吨，人均年消耗量约 38kg，而与世界上发达国家人均年消耗量 100kg 以上相比，我国的塑料工业的市场发展潜力巨大。随着低碳、节能、环保的理念被纳入国家经济发展的规划中和进入人们日常生活中，聚合物工业发展已经从原料供应商、共混料生产商到塑料制品制造商的供需生产链，逐步向由终端制品的性能要求到原料供应商提供相适应材料的“大规模定制”（Mass Customization）的方向过渡。

对于一位塑料工业中的应用工程师而言，从数万种聚合物材料品牌中挑选出能够满足自己产品最终性能要求的某一种材料及其加工工艺是非常困难的。正如这本书的作者所言，《国际塑料手册》的目的是“试图回答塑料应用领域中的问题”。这本手册对目前市场上已经应用的各类塑料，从其名称缩写、化学及形态结构、各种性能的测试方法、各种加工手段、各种材料的性能及用途、所用添加剂的介绍等方面，给出了详细的说明。为应用工程师提供了一个重要、可靠的信息资源。这本手册将每三年更新一次，增加塑料工业发展的最新成果，为应用工程师提供了一个跟踪最新技术发展的便捷途径。对于塑料制品应用和设计的技术人员、在校大学生和研究生、资深的塑料制品的专家，本手册都不失为一本必备的工具书。

参与这本手册翻译工作的人员还有：刘继红、林祥、龚灯，并得到了崔秀国教授的大力帮助。在此，谨向他们表示衷心感谢！

任冬云
2010 年 4 月于北京

目 录



1 综述	1	3.5.2 冲击强度	75
1.1 统计数据	1	3.5.3 蠕变行为	85
1.2 聚合物和塑料分类	3	3.5.4 动力学试验	90
1.3 塑料名称缩写	4	3.5.5 疲劳试验	93
2 聚合物材料学	9	3.5.6 热环境下的强度稳定性 ...	97
2.1 聚合物结构	9	3.6 渗透性能	101
2.1.1 化学	9	3.6.1 吸附	101
2.1.2 形态结构	19	3.6.2 扩散与渗透	102
2.1.3 热变	22	3.6.3 测量 S 、 D 和 P	104
2.2 塑料材料的改性	29	3.6.4 聚合物分子的扩散和 自扩散	107
2.2.1 聚合物共混物	29	3.7 摩擦和磨损	107
2.2.2 填充聚合物和增强复合 材料	30	3.8 环境影响	108
2.2.3 其他改性	31	3.8.1 吸水性	108
2.3 塑料回收	32	3.8.2 耐老化	110
3 性能与测试	35	3.8.3 化学降解	112
3.1 材料性能的可比性	35	3.8.4 聚合物的热降解	113
3.2 热性能	37	3.9 电性能	116
3.2.1 热导率	37	3.9.1 电介质行为	116
3.2.2 比热容和比焓	40	3.9.2 导电性	119
3.2.3 密度	43	3.9.3 应用问题	123
3.2.4 热扩散系数	45	3.9.4 磁性	130
3.2.5 线性热膨胀系数	45	3.10 光学性能	131
3.2.6 热渗透	49	3.10.1 折射率	131
3.2.7 热性能数据检测装置	49	3.10.2 光弹性和双折射	132
3.3 固化行为	53	3.10.3 透明度、反射、吸收和 透射率	134
3.4 流变特性	55	3.10.4 光泽度	136
3.4.1 流动现象	55	3.10.5 颜色	137
3.4.2 黏性流动模型	59	3.10.6 红外光谱学	138
3.4.3 流变测定法	62	3.11 声学性能	139
3.4.4 表面张力	65	3.11.1 声速	139
3.5 力学性能	67	3.11.2 声反射	140
3.5.1 短期拉伸试验	67		

3.11.3	声吸收	140	4.12.2	超声波焊接	223
4	塑料加工	142	4.12.3	振动焊接	226
4.1	原材料制备	142	4.12.4	旋转焊接	229
4.1.1	混合过程	143	4.12.5	红外和激光焊接	230
4.2	混合设备	144	4.12.6	射频/介电焊接	232
4.2.1	固体颗粒的混合	144	4.12.7	热气焊接	233
4.2.2	螺纹类混合机	145	4.12.8	挤出焊接	235
4.2.3	造粒机	151	4.12.9	嵌入式感应焊接	236
4.2.4	干燥机	153	4.12.10	嵌入式电阻焊接	238
4.3	挤出成型	154	4.12.11	微波焊接	239
4.3.1	塑化挤出机	156	4.13	快速原型制造	239
4.3.2	挤出问题分析	160	4.13.1	立体光固化 (STL)	240
4.3.3	挤出机头	162	4.13.2	复印固化成型 (SGC)	240
4.4	注射成型	165	4.13.3	选择性激光烧结 (SLS)	240
4.4.1	注射成型周期	165	4.13.4	3D 印刷或选择性黏结	241
4.4.2	注射成型机	168	4.13.5	熔融堆积成型 (FDM)	241
4.4.3	特殊注射成型工艺	172	4.13.6	实体分层成型 (LOM)	242
4.4.4	注射成型问题分析	188	5	工程设计	243
4.5	压缩成型	196	5.1	设计理念	243
4.5.1	SMC 和 BMC 的压缩成型	197	5.1.1	确定制品要求	243
4.5.2	GMT 和 LFT 的压缩成型	198	5.1.2	初步的 CAD 模型	245
4.5.3	冷压成型	199	5.1.3	材料的选择	245
4.5.4	压缩成型问题分析	200	5.1.4	工艺选择	246
4.6	复合材料加工	202	5.2	工艺对制品性能的影响	247
4.6.1	树脂传递成型和结构化 RIM	202	5.2.1	最终制品中的取向	248
4.6.2	细丝缠绕	204	5.2.2	纤维损伤	251
4.6.3	拉挤成型	205	5.2.3	冷却与固化	252
4.7	二次成型	206	5.2.4	收缩、残余应力及翘曲	254
4.7.1	纺丝	206	5.2.5	设计过程的整体工艺模拟	257
4.7.2	制膜	207	5.3	材料强度的分析	261
4.7.3	热成型	211	5.3.1	应力和应变的基本概念	261
4.8	压延成型	214	5.3.2	各向异性应力-应变关系	266
4.9	涂覆成型	215	5.4	功能元件	268
4.10	发泡成型	217	5.4.1	压接组装	268
4.11	旋转铸塑成型	219	5.4.2	活动铰链	269
4.12	焊接	220	5.4.3	卡扣组装	270
4.12.1	热工具对焊	220	5.4.4	机械紧固件	272

5.5 软件	272	6.5.3 聚甲基丙烯酸酯改性剂和 共混物	322
6 材料	274	6.6 聚甲醛	324
6.1 聚烯烃、聚烯烃衍生物和 共聚物	279	6.6.1 聚甲醛均聚物和 共聚物	324
6.1.1 标准聚乙烯均聚物和 共聚物	279	6.6.2 聚甲醛改性剂和 共混物	325
6.1.2 聚乙烯衍生物	285	6.7 聚酰胺	326
6.1.3 氯化聚乙烯和氯磺化 聚乙烯	286	6.7.1 聚酰胺均聚物	326
6.1.4 乙烯共聚物	286	6.7.2 改性剂	329
6.1.5 聚丙烯均聚物	292	6.7.3 聚酰胺共聚物	331
6.1.6 聚丙烯共聚物和衍生物、 共混物	296	6.7.4 特种聚酰胺	334
6.1.7 特种聚丙烯	297	6.7.5 浇注型聚酰胺	334
6.1.8 聚丁烯	298	6.7.6 反应注射成型聚酰胺	334
6.1.9 高聚 α -乙烯	300	6.7.7 芳香族聚酰胺、芳香 聚酰胺	335
6.2 苯乙烯聚合物	300	6.8 芳香族(饱和)聚酯	335
6.2.1 聚苯乙烯均聚物	300	6.8.1 聚碳酸酯	335
6.2.2 聚苯乙烯共聚物和 共混物	301	6.8.2 对苯二酸的聚酯共混物和 嵌段共聚物	339
6.2.3 发泡聚苯乙烯	305	6.8.3 芳香族二元醇和羧酸的 聚酯	342
6.3 乙烯基聚合物	305	6.9 芳香族聚硫化物和聚砜	344
6.3.1 硬聚氯乙烯均聚物	305	6.9.1 聚苯硫醚	344
6.3.2 软聚氯乙烯	309	6.9.2 聚芳砜	346
6.3.3 聚氯乙烯共聚物和 共混物	312	6.10 芳香族聚醚、聚苯醚及 共混物	347
6.3.4 聚氯乙烯:糊状树脂、 增塑溶胶、有机溶胶	313	6.10.1 聚苯醚	347
6.3.5 乙烯基聚合物、其他均聚物 和共聚物	314	6.10.2 聚苯醚共混物	347
6.4 含氟聚合物	315	6.11 脂肪族聚酯(聚乙二醇)	349
6.4.1 含氟均聚物	315	6.12 芳香族聚酰亚胺	350
6.4.2 含氟共聚物和含氟 弹性体	318	6.12.1 热固性聚酰亚胺	353
6.5 丙烯酸共聚物和甲基丙烯酸 共聚物	319	6.12.2 热塑性聚酰亚胺	354
6.5.1 聚丙烯酸酯均聚物和 共聚物	319	6.13 液晶聚合物	356
6.5.2 聚甲基丙烯酸酯均聚物 和共聚物	320	6.14 梯形聚合物:二维多环芳烃 和二维杂环烃	358
		6.15 聚氨酯	359
		6.15.1 基础知识	359
		6.15.2 原材料和添加剂	362
		6.15.3 聚氨酯聚合物	364

6.16 生物高聚物、天然聚合物 和衍生物	369	6.20.5 O-橡胶 (CO、ECO、 ETER、PO)	399
6.16.1 纤维素和淀粉衍生物 ...	369	6.20.6 Q- (硅) 橡胶 (MQ、 MPQ、MVQ、PVMQ、 MFQ、MVFQ)	399
6.16.2 干酪素聚合物、酪蛋白 甲醛、人造角	373	6.20.7 T-橡胶 (TM、ET、 TCF)	400
6.16.3 聚交酯、聚乳酸	374	6.20.8 U-橡胶 (AFMU、EU、 AU)	400
6.16.4 聚甘油三酸酯树脂	374	6.20.9 聚磷腈 (PNF、FZ、 PZ)	401
6.16.5 天然树脂	374	6.20.10 其他橡胶	401
6.17 其他聚合物	374	7 聚合物添加剂	402
6.17.1 可光降解、可生物分解 及水性聚合物	374	7.1 抗黏着剂	402
6.17.2 导电/发光聚合物	376	7.2 滑爽剂	402
6.17.3 脂肪族聚酮	378	7.3 增塑剂	403
6.17.4 聚合物陶瓷, 聚硅铝 酸盐	379	7.4 稳定剂	403
6.18 热塑性弹性体	379	7.4.1 抗氧剂	403
6.18.1 物理结构	380	7.4.2 阻燃剂	404
6.18.2 化学结构、性质及 应用	381	7.4.3 紫外线吸收剂	405
6.19 热固性塑料	383	7.4.4 聚氯乙烯稳定剂	405
6.19.1 化学结构	383	7.5 抗静电剂	406
6.19.2 加工、物料形态	387	7.6 抗菌剂	406
6.19.3 性能	388	7.7 防雾剂	407
6.19.4 应用	391	7.8 发泡剂	407
6.20 橡胶	393	7.9 着色剂	408
6.20.1 简介	393	7.10 荧光增白剂	410
6.20.2 一般性能	394	7.11 填充剂	410
6.20.3 R-橡胶 (NR、IR、BR、 CR、SBR、NBR、NCR、 IIR、PNR、SIR、TOR、 HNBR)	396	附录 A 材料性能表	413
6.20.4 M-橡胶 (EPM、EPDM、 AEEM、EAM、CSM、 CM、ACM、ABM、 ANM、FKM、FPM、 FFKM)	397	附录 B 文献	446
		B.1 塑料科技书籍	446
		B.2 期刊和商业杂志	453
		附录 C 聚合物研究机构	455
		附录 D 商品名称	465
		D.1 介绍	465
		D.2 商品名称表	465

1 综述

塑料一词已经深入我们的社会和文化中，因此，许多人认为这是一个塑料的时代。塑料一词适用于可以被成型加工的材料，然而，今天我们用它描述一种聚合物，其中含有某些添加剂，如颜料、填料、抗氧剂以及抗紫外线剂等。聚合物是指由高分子量的分子构成的材料。塑料的某些特殊性能及其各种各样的加工工艺取决于它们的分子结构。聚合物易于加工和容易将多个零件组装成单一部件，以及表现出较高的强度质量比，这些优点使得聚合物成为当今需求量最大的原料。

1.1 统计数据

在 20 世纪，塑料在科技及经济领域中已经具有重大价值，图 1-1 中比较了在过去 55 年中的塑料、钢铁以及铝的产量，在 1990 年以前，图中数据显示的为西方国家的塑料、钢铁以及铝的生产总值，1990 年之后，图中数据为全球的生产量。表 1-1 显示了 1980 年、2002 年人均塑料树脂的使用情况以及 2010 年的预测值。

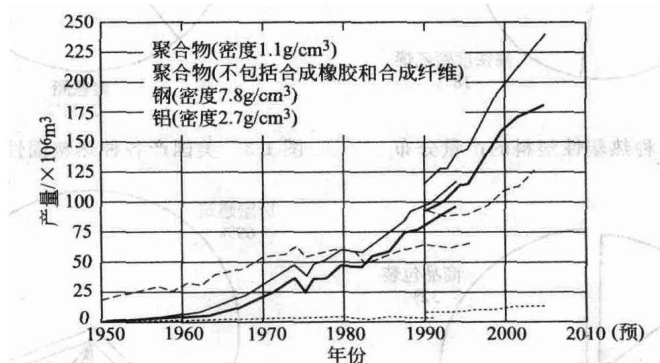


图 1-1 全球原材料的产量（源自 Ehrnstein）

表 1-1 人均塑料使用量的区域分布

kg

地 区	1980 年	2002 年	2010 年(预)	年均增长率/%(2002~2010 年)
全球	10	26	37	4.5
美国	45	105	146	4.2
拉丁美洲	7.5	20.5	30.5	5.1
欧洲	40	97	136	4.3
东欧	8.5	12.5	24	8.5
日本	50	85	108	3.0
东南亚	2	14.5	24	6.5
非洲中东	3	8	10	2.8

一般说来，塑料工业可以分为以下三种不同的类别：塑料树脂的生产商及供应商；

塑料产品的制造 [原始设备制造商 (OEM)]; 塑料机械工业 (机械设备供应商)。

目前在美国, 可利用的塑料数量超过了 18000 不同的牌号, 总体上可以分为两大类——热固性塑料和热塑性塑料。1993 年, 美国全年的塑料生产总量超过 3100 万吨, 其中 90% 为热塑性塑料。图 1-2、图 1-3 分别表示了美国境内生产的热塑性塑料及热固性塑料百分比分布图, 每个图均分成了各自最常见的类别。在热塑性塑料中, 聚乙烯是迄今为止使用最为广泛的材料, 几乎占到全美塑料总产量的 41%。

目前, 塑料工业已将聚合物广泛地应用于不同的领域, 如图 1-4 及图 1-5 所示, 分别为热塑性及热固性塑料的用途分布情况。正如图中显示, 对于热塑性塑料, 商品包装的用量超过其总量的 1/3, 然而, 用于房屋建筑方面的用量却只有前者的 1/2 左右, 运输设备中的用量也只有 4%。另一方面, 却有 69% 的热固性塑料被用于房屋建筑, 其次, 8% 的热固性塑料被用于运输设备中。

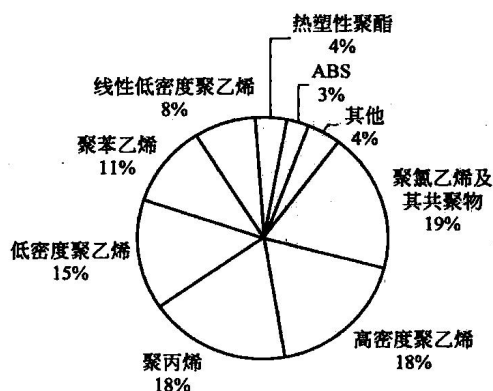


图 1-2 美国产各种热塑性塑料的产量分布

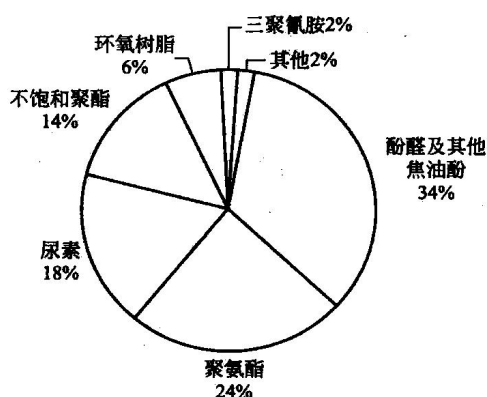


图 1-3 美国产各种热固性塑料的产量分布

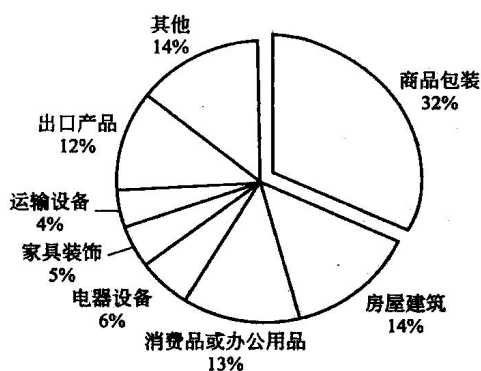


图 1-4 美国产热塑性塑料的用途分布

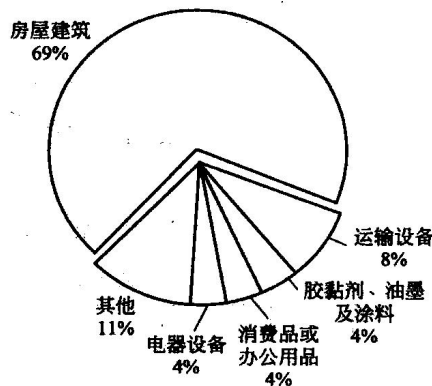


图 1-5 美国产热固性塑料的用途分布

在塑料应用方面, 运输设备部分是所有应用中增速最快的一部分, 这不管是对热塑性塑料还是热固性塑料都一样。仅仅在美国, 塑料工业的总资产就高达 3100 亿美元, 并提供了 140 万个就业岗位。表 1-2 给出了美国塑料行业从业人员数目排名前 10 的州, 这 10 个州从事塑料工业的人员总和几乎占了全美从事塑料行业人员的 60%。

表 1-2 人均塑料用量的区域分布

kg

序号	州	从业人员数/个	序号	州	从业人员数/个
1	加利福尼亚	137800	6	宾夕法尼亚	74400
2	俄亥俄	112100	7	印第安纳	70000
3	密歇根	95300	8	纽约	52800
4	德州	94900	9	北卡罗来纳	51700
5	伊力诺伊	89100	10	威斯康辛	50900

1.2 聚合物和塑料分类

通常,塑料为有机的或半有机的材料,具有很高的分子量。这些非常高的高分子或大分子在与制造中采用的其他材料相比时,总能显示出某些独特的性能及天然材料行为。

图 1-6 给出了塑料的分类、分布及来源,正如图中所示,聚合物可以分为热固性材料、热塑性材料及弹性体材料。热塑性材料还包括一类发现较晚的新型材料,被称为热塑性弹性体材料。然而,所有的材料本质上都是由大分子组成,其中有些大分子是线性的,即分子之间可以相对自由滑动,而其他的大分子是交联的,也就是说分子之间由“架桥”或物理链相互连接在一起,分子之间不能自由滑动。对于热塑性材料及未经硫化的弹性体材料,其分子为线性的;而硫化的橡胶或弹性体材料及热固性材料的分子之间是交联的。

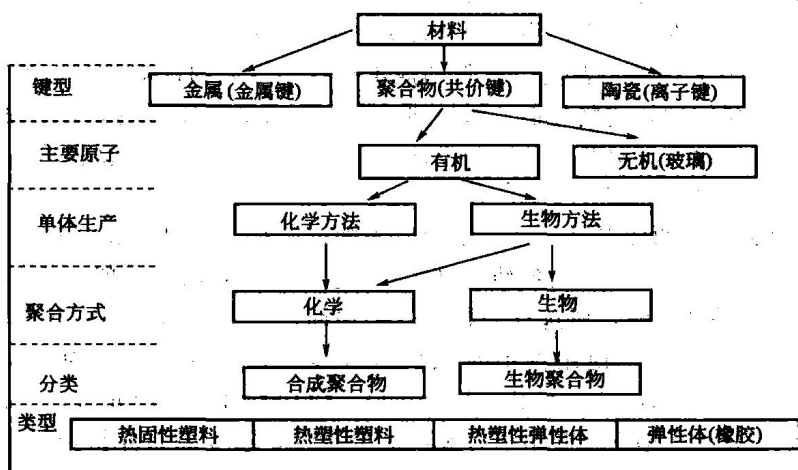


图 1-6 塑料在材料学中的分类、分布及来源

热塑性塑料是指在加热时可以熔融,分子链之间可以自由滑动,而冷却状态下为固体,且分子之间不能自由移动的一类材料。进一步而言,热塑性塑料可以再分为两大类:无定形聚合物与半结晶型聚合物。无定形聚合物是指在冷却状态下其分子链呈无序排布的一种材料,其固化或玻璃化的温度一般在玻璃化转变温度以下。而半结晶型热塑性材料在冷却过程中其分子结构呈现一定的规律性,因此,当温度冷却至一个被称为熔融温度的常规值以下时,材料由于分子的规则排布而开始硬化。半结晶型聚合物的分子

链并不是全部转变为结晶区,而有一小部分仍然为非结晶状态,半结晶性材料中的这些非晶区域失去了在玻璃化温度以下的“流动性”,对大多数的半结晶型聚合物来说,其玻璃化转变温度在 0°C 以下,因此,常温状态时,表现为橡胶态或皮革态材料行为。另一方面,热固性材料则通过化学方法固化,通常,其大分子链之间的交联呈网状结构,当其温度升高时,分子相互之间不能自由滑移。这种高密度的网状交联结构导致了热固性材料呈现硬脆的特征。热固性材料也有一个玻璃化温度,通常接近或高于热降解温度。与热固性材料相比,弹性体材料只是轻度的交联,其分子链几乎可以完全展开。然而,分子之间的这种交联阻止了分子间的相互滑移,甚至使材料可产生可恢复大变形。弹性体材料一个显著的特征是其玻璃化转变温度比室温低得多,而在硫化或者交联之后也会丧失其“流动”能力。由于处于室温下的交联弹性体材料明显高于其玻璃化转变温度,因而呈现出非常柔顺的特征。

尽管本手册主要讲的是热塑性材料,但在必要和适当的时候,也介绍了热固性材料及弹性体材料。最后,下面对塑料进行了归纳并可作为本手册的通用指南。

① 与其他材料(如金属)不同的是,塑料的种类繁多以及众多的树脂改性剂。这些改性剂通常有添加剂、填充剂以及纤维增强剂等。早期的时候,塑料被誉为“衡量国民经济与现代高科技水平的材料”,如今,这句话已经成为了现实。

② 由于聚合物分子结构的奇特性,使其具有某些其他材料所没有的性能,如黏弹性以及形变过程中的非牛顿行为,如剪切变稀。这些特征不仅影响产品的使用性能,限制了产品的设计工艺,也影响到加工工艺流程的设计,如充模、口模挤出等。这将会导致产品内部产生残余应力,分子链取向并表现各向异性行为。在手册的第2章将简要讲述聚合物材料学,而在第3章,将介绍几种标准测试材料性能的方法。

③ 在设计与生产某个产品时,材料的成本往往是主要的影响因素。然而,今天也必须面对生态环保问题,这些包括了添加剂对工厂工人的健康影响以及对环境的破坏,如某些溶剂或阻燃剂等。除此之外,也应该注意要到废旧物料的回收利用,关于这个问题,将在第2章中进行介绍。

④ 聚合物最重要的优点之一是加工中所需的低能耗。熔融、成型和固化均以整体方式进行,在第4章中,将介绍各种塑料加工工艺,以及物料前处理与后处理工序。

⑤ 在生产某种产品时,所选择的材料、添加剂以及相应的加工工艺方法、条件直接影响到该产品的设计、使用性能及其回收性能。我们可以概括为5P,即聚合物(Polymer)、工艺(Process)、产品(Product)、使用性能(Performance)、使用寿命(Post-consumer life)。第5章介绍了有关产品的设计,第6章将介绍塑料原料的种类,而第7章将讲述塑料添加剂。

1.3 塑料名称缩写

在塑料工业当中,通常以聚合物所属的种类来为它命名,并且规定一个缩写来代表该聚合物。然而,工程师们却习惯采用原料供应商的商标来代替材料的标准化学名称。

本书采用了材料的标准化学名称,如表1-3所示。结合材料资料库CAMPUS,标有(*)注明的材料名称为ISO国际标准。有关表中材料的具体参数性能将在第6章中

详细介绍。另外,表 1-3 中的名称缩写还含有一些连字号 PVC-P 为增塑 PVC。表 1-4 给出了最常见的性能缩写符号。

表 1-5 给出了最常用的增塑剂及其缩写,具体性能参数也将在第 6 章中进行介绍。

表 1-3 常见塑料的化学名称及其缩写 (按字母顺序排列)

缩写	化学名称	缩写	化学名称
ABS*	丙烯腈-丁二烯-苯乙烯	EEAK	乙烯-丙烯酸乙酯共聚物
ACM	丙烯酸酯橡胶 (AEM, ANM)	EIM	含离子键聚合物的共聚物
ACS	丙烯腈-氯化聚乙烯-苯乙烯三元共聚物	EMA	乙烯-甲基丙烯酸酯共聚物
AECM	乙烯-丙烯酸酯弹性体	EP*	环氧树脂
AEM	乙烯-丙烯酸酯橡胶	EP(D)M	参照 EPDM
AES	丙烯腈-乙烯-苯乙烯共聚物	EPDM	乙丙橡胶
AFMU	亚硝基橡胶	EPM	乙烯-丙烯共聚物
AMMA	丙烯腈-甲基丙烯酸-甲酯共聚物	ET	四硫化聚环氧乙烷橡胶
ANBA	丙烯腈-丁二烯-丙烯酸共聚物	ETER	氯甲代氧丙环三元橡胶
ANMA	丙烯腈甲基丙烯酸甲酯	ETFE	乙烯-四氟乙烯共聚物
APE-CS	参照 ACS	EU	聚醚型氨基甲酸酯橡胶
ASA*	丙烯腈-苯乙烯-丙烯酸酯共聚物	EVAC*	乙烯-醋酸乙烯共聚物
AU	聚醚型氨基甲酸酯橡胶	EVAL	乙烯-乙醇共聚物
BIIR	溴丁基橡胶	FA	呋喃甲醇树脂
BR	丁二烯橡胶	FEP	全氟塑料
CA	醋酸纤维素	FF	呋喃甲醛
CAB	乙酸-丁酸纤维素	FFKM	全氟橡胶
CAP	乙酸-丙酸纤维素	FKM	氟橡胶
CF	甲酚-甲醛树脂	FPM	丙烯-四氟乙烯橡胶
CH	水合纤维素 (Hydratisierte cellulose)	FZ	含有氟烷基或氟烷氧基基团的聚磷腈橡胶
CIIR	氯化丁基橡胶	HIIR	卤化丁基橡胶
CM	氯化聚乙烯橡胶	HNBR	水合丁腈橡胶
CMC	羧酸纤维素	ICP	固有导电聚合物
CN	硝化纤维素	IIR	丁基橡胶 (CIIR, BIIR)
CO	环氧氯丙烷橡胶	IR	聚异戊二烯橡胶
COC*	环聚烯烃共聚物	IRS	聚苯乙烯橡胶
COP	COC-共聚物	LCP*	液晶聚合物
CP	丙酸纤维素	LSR	液态硅橡胶
CR	氯丁橡胶	MABS*	甲基丙烯酸甲酯-丙烯腈-丁二烯-苯乙烯共聚物
CSF	酪甲醛,人造牛角	MBS*	丙烯酸酯-丁二烯-苯乙烯共聚物
CSM	氯磺化聚乙烯橡胶	MC	甲基纤维素
CTA	醋酸酯纤维素	MF*	三聚氰胺-甲醛
DPC	聚二苯碳酸酯	MFA	四氯乙烯-全氟次甲基-乙烯醚共聚物
E/P*	乙烯-丙烯共聚物	MFQ	亚甲基-氟-硅氧烷橡胶
EAM	乙烯-乙烯基乙酸酯橡胶	MMAEML	甲基丙烯酸甲酯-异亚甲基内酯
EAMA	甲基丙烯酸环氧丙酯	MPF*	三聚氰胺酚醛树脂
EB	乙烯-丁烯共聚物	MPQ	亚甲基-亚苯基-硅氧烷橡胶
EBA	乙烯-丙烯酸丁酯	MQ	聚二甲基硅橡胶
EC	乙烯纤维素	MS	参照 PMS
ECB	乙烯共聚物-沥青混合物	MUF	三聚氰胺-尿素-甲醛
ECO	氯甲代氧丙环橡胶	MUPF	三聚氰胺-脲醛-酚醛
ECTEF	乙烯-三氟氯乙烯共聚物		

续表

缩写	化学名称	缩写	化学名称
MVFQ	氟硅橡胶	PEEEK	聚醚醚醚酮
NBR	丁腈橡胶	PEEK	聚醚醚酮
NCR	氯丁二烯橡胶	PEEKEK	聚醚醚酮醚酮
NR	天然橡胶	PEEKK	聚醚醚酮酮
PA	尼龙	PEI*	聚醚酰亚胺
PA11*	尼龙 11	PEK	聚醚酮
PA12*	尼龙 12	PEKEEK	聚醚酮醚醚酮
PA46*	尼龙 46	PEKK	聚醚酮酮
PA6*	尼龙 6	PEN*	聚邻苯二甲酸酯
PA610*	尼龙 610	PEOX	聚环氧乙烷
PA612*	尼龙 612	PESI	聚醚酰亚胺
PA66*	尼龙 66	PES*	聚醚砜
PA69*	尼龙 69	PET*	聚对苯二甲酸乙二醇酯
PAA	聚丙烯酸酯	PET-G*	乙二醇改性聚对苯二甲酸乙二醇酯
PAC	聚乙炔	PF*	酚醛树脂
PAE	聚芳醚	PFMT	聚全氟三甲基三嗪橡胶
PAEK*	聚芳醚酮	PFU	聚呋喃
PAI	聚酰胺-酰亚胺	PHA	聚羟基烷酯
PAMI	聚氨基双马来酰亚胺	PHB	聚羟基丁酸
PAN*	聚丙烯腈	PHFP	聚六氟丙烯
PANI	聚苯胺	PI*	聚酰亚胺
PAR	多芳基化合物	PIB	聚异丁烯
PARA	聚芳酰胺	PISO	聚酰亚胺砜
PARI	聚丙烯酰胺	PK*	聚酮
PB	聚丁烯	PLA	聚乳酸
PBA	聚丙烯酸丁酯	PMA	聚甲基丙烯酸酯
PBI	聚苯并咪唑	PMI	聚甲基丙烯酸酯亚胺
PBMI	聚双马来酰亚胺	PMMA*	聚甲基丙烯酸甲酯
PBN	聚苯二甲酸乙二醇酯	PMMI	聚甲基丙烯酸酯甲亚胺
PBO	聚氧化二苯基	PMP	聚-4-甲基-1-戊烯
PBT*	聚对苯二甲酸丁二酯	PMPI	聚间苯二甲酰间苯二胺
PC*	聚碳酸酯	PMS	聚- α -甲基苯乙烯
PCPO*	聚 3,3-双(氟甲基)氧化丙烯	PNF	氟-磷腈橡胶
PCTFE	聚三氟氯乙烯	PNR	聚降冰片烯橡胶
PDAP	己二烯酞酸酐树脂	PO	环氧乙烷橡胶
PDCPD	聚双茂(polydicyclopentadiene)	PO	聚烯烃和其衍生物的一般表达
PE*	聚乙烯	POM*	聚甲醛
HD PE	高密度聚乙烯	PP*	聚丙烯
HMW PE	高分子量聚乙烯	PPA	聚邻苯二甲酰胺
LD PE	低密度聚乙烯	PPB	PP 共聚物
LLD PE	线性低密度聚乙烯	PPC	聚碳酸酯
MD PE	中密度聚乙烯	PPE*	聚苯醚
UHMW PE	超高分子量聚乙烯	PPI	聚异氰酸酯
ULD PE	超低分子量聚乙烯	PPMS	聚对甲基苯乙烯
VLD PE	低分子量聚乙烯	PPOX	聚环氧丙烷
PEX	交联聚乙烯	PPP	聚对亚苯
PEA	聚酯酰胺	PPQ	聚苯基喹啉
PEDT	聚乙烯二氧噻吩	PPS*	聚苯硫醚

续表

缩写	化学名称	缩写	化学名称
PPSU*	聚苯砜	SMAH*	苯乙烯-马来酸酐
PPTA	聚对苯二甲酰对苯二胺	SP	芳香(饱和)聚酯
PPV	聚对亚苯乙烯	TCF	硫代碳化二氟共聚物橡胶
PPY	聚吡咯	TFEHFPVDF	四氟乙烯-六氟丙烯-偏氟乙烯共聚物
PPYR	聚对吡啶	TFEP	四氟乙烯-六氟丙烯共聚物
PPYV	聚对吡啶亚乙烯	TM	聚硫橡胶
PS*	聚苯乙烯	TOR	反式聚辛烯橡胶
PSAC	聚糖, 淀粉	TPA*	共聚多酰胺
PSIOA	聚硅铝酸盐	TPC*	共聚多酯
PSS	聚苯乙烯磺酸酯	TPE	热塑性弹性体
PSU*	聚砜	TPE-A	参照 TPA
PT	聚噻吩	TPE-C	参照 TPC
PTFE*	聚四氟乙烯	TPE-O	参照 TPO
PTHF	聚四氢呋喃	TPE-S	参照 TPS
PTT	聚对苯二甲酸丙二甲醇	TPE-U	参照 TPU
PUR*	聚氨酯	TPE-V	参照 TPV
PVAC	聚乙酸乙烯酯	TPO*	烯烃类热塑性弹性体
PVAL	聚乙烯醇	TPS*	聚酯类热塑性弹性体
PVB	聚乙烯醇缩丁醛	TPU*	聚氨酯类热塑性弹性体
PVBE	聚乙烯醇缩丁烯醛	TPV*	交联橡胶类热塑性弹性体
PVC*	聚氯乙烯	TPZ*	其他热塑性弹性体
PVC/EVA	聚氯乙烯/乙烯-醋酸乙烯酯	UF	脲甲醛树脂
PVDC*	聚偏二氯乙烯	UP*	不饱和树脂
PVDF	聚偏二氯乙烯	VCE	氯乙烯-乙烯共聚物
PVF	聚氯乙烯	VCEMAK	氯乙烯-乙烯-丙烯酸甲酯
PVFM	聚乙烯醇缩甲醛	VCEVAC	氯乙烯-乙烯-乙酸乙烯酯
PVK	聚乙烯咪唑	VCMAAN	氯乙烯-马来酸酐-丙烯腈
PVME	聚乙烯甲基醚	VCMAH	氯乙烯-马来酸酐
PVMQ	亚甲基-亚苯基-乙烯基-硅氧烷橡胶	VCMAI	氯乙烯-顺丁烯二酰亚胺
PVP	聚乙烯吡咯烷酮	VCMAK	氯乙烯-丙烯酸甲酯
PVZH	聚乙烯环己烷	VCMAA	氯乙烯-甲基丙烯酸甲酯
PZ	含苯氧基基团的聚磷腈橡胶	VCOAK	氯乙烯-丙烯酸辛酯
RF	甲苯二酚-甲醛树脂	VCPAEAN	氯乙烯-丙烯酸酯橡胶-丙烯腈
SAN*	苯乙烯-丙烯腈	VCPE-C	氯乙烯-氯化乙烯
SB*	苯乙烯-丁二烯	VCVAC	氯乙烯-醋酸乙烯
SBMMA	苯乙烯-丁二烯-甲基丙烯酸甲酯	VCVDC	氯乙烯-偏氯乙烯
SBR	丁苯橡胶	VCVDCAN	氯乙烯-偏氯乙烯-丙烯腈
SBS	苯乙烯-丁二烯-苯乙烯	VDFHFP	偏氯乙烯-六氟丙烯
SCR	氯丁苯-橡胶	VF	硫化纤维
SEBS	丁苯-乙烯-丁烯橡胶	VMQ	甲基乙烯基硅橡胶
SEPS	丁苯-乙烯-丙烯橡胶	VU	乙烯基酯聚氨酯
SEPDM	磺化三元乙丙橡胶	XBR	羧基丁二烯橡胶
SI	硅, 有机硅树脂	XCR	羧基氯丁二烯橡胶
SIMA	苯乙烯-异戊二烯-马来酸酐	XF	二甲苯酚-甲醛树脂
SIR	苯乙烯-异戊二烯橡胶	XNBR	羧基丁腈橡胶
SIS	苯乙烯-异戊二烯-苯乙烯嵌段共聚物	XSBR	羧基丁苯橡胶
SMAB	苯乙烯-马来酸酐-丁二烯		

表 1-4 常用聚合物性能名称及其缩写符号

符 号	材料性能	符 号	材料性能
A	无定形	LLD	线性低密度
B	嵌段共聚物	(M)	茂金属催化
BO	双轴取向	MD	中密度
C	氯化	O	取向
CO	共聚物	P	塑化
E	发泡	R	无规聚合
G	接枝	U	未塑化
H	均聚物	UHMW	超高分子量
HC	高结晶型	ULD	超低密度
HD	高密度	VLD	极低密度
HI	高抗冲	X	交联
HMW	高分子量	XA	过氧化氢交联
I	抗冲击	XC	电交联
LD	低密度		

表 1-5 常用增塑剂及其缩写

缩 写	化学名称	缩 写	化学名称
DODP	邻苯二甲酸二辛基癸基酯	DOP, DEHP, DODP	邻苯二甲酸二辛酯, 邻苯二甲酸双(2-乙基己基)酯, 邻苯二甲酸二辛酯
ASE	烷基磺酸酯		
BBP	邻苯二甲酸苄丁酯	DOS	癸二酸二辛酯
DBA	己二酸二丁酯	DOZ	壬二酸二辛酯
DBP	邻苯二甲酸二丁酯	DPCF	磷酸二苯甲苯酯
DBS	癸二酸二丁酯	DPOF	磷酸二苯辛酯
DCHP	邻苯二甲酸二环己酯	DPP	邻苯二甲酸二苯酯
DEP	邻苯二甲酸二乙酯	ELO	环氧化亚麻油
DHXP	邻苯二甲酸二己酯	ESO	环氧化豆油
DIBP	邻苯二甲酸二异丁酯	ODA	己二酸辛癸酯
DIDP	邻苯二甲酸二异癸酯	ODP	异辛基酞酸癸酯
DINA	己二酸二异壬酯	PO	液体石蜡
DMP	邻苯二甲酸二甲酯	TBP	磷酸三丁酯
DMS	癸二酸二甲酯	TCEF	磷酸三氯乙酯
DNA	己二酸二壬酯	TCF	磷酸三甲苯酯
DNODP	邻苯二甲酸正辛正癸酯	TIOTM	偏苯三酸三异辛酯
DNOP	邻苯二甲酸二正辛酯	TOF	磷酸三辛酯
DNP	邻苯二甲酸二壬酯	TPP	磷酸三苯酯
DOA(DEHA)	己二酸二辛酯, 也是二(2-乙基己基)己二酸酯, DEHA 很少使用		

2 聚合物材料学

本章节将给读者介绍有关材料学的一般概况，包括聚合物的结构、形态、聚合物性能的增韧改性以及普通化学的相关知识，本章的结尾也将简要介绍物料回收的内容。

2.1 聚合物结构

聚合物的材料性能完全取决于高分子结构。实际上，对所有的聚合物材料，包括人工合成聚合物、天然聚合物，如橡胶、象牙、琥珀或者含蛋白质及含纤维素成分高的聚合物，其分子结构也决定了其材料性能。为了便于理解材料基本性质及材料性能与分子结构的关系，在这一章中，我们尝试以通俗易懂的方式来阐述一些基本概念，并省略具有学术和科学意义的内容与理解塑料基本科技概念无关的内容。其他的内容将在后续的章节中进行介绍。有关特殊塑料和聚合物的较详细的内容将在第6章进行介绍。

2.1.1 化学

聚合物，顾名思义，是由非常高分子量的分子构成，这些大的分子一般被称为大分子。聚合物的大分子结构一般有人工合成或天然存在两种形式。一直以来，人们认为聚合物的人工聚合形式有两种：加聚或分子链增长聚合和缩聚或自由基引发聚合。在加聚聚合中，大分子是一个以单体的某种化学式进行的嵌段重复排列。缩聚聚合过程常发生在生成的聚合物含有的原子数少有利于聚合的单体的原子数的情况下。然而，由于许多加聚聚合过程中总伴随缩聚现象，以及各种各样的缩聚过程也出现分子链增长，即加聚聚合，所以今天我们把聚合过程分成两大类：逐步聚合与链聚合。表2-1显示了聚合方式的分类，并对各种聚合方式举例说明。

当两种或两种以上的小分子聚合时，常常为线性与非线性的逐步增长聚合，另一方面，链增长聚合过程常伴有单体和反应基团。链增长聚合工艺包含有自由基聚合、离子聚合、阴离子聚合、开环聚合、齐格勒-纳塔聚合以及茂金属催化聚合。其中，自由基聚合是采用最广泛的聚合工艺，并且常常被用于类似 $\text{CH}_2=\text{CR}_1\text{R}_2$ 结构的单体聚合中。这里，高分子链的增长是由单体的自由基反应部位聚合完成，该部位被称为活性位。这种链增长聚合过程也可以发生在活性位具有离子电荷的情况下。当该活性位为正电荷时，聚合过程被称为阳离子聚合，反之，则为阴离子聚合。最后，当单体具有类似环状结构时，可以发生开环聚合反应，如己内酰胺开环聚合成聚己内酰胺或尼龙6。

聚合物的原子组成主要为非金属元素，如碳C、氢H、氧原子O，除此之外，还有常见的氮N、氯Cl、氟F、硫S，而所谓的半有机聚合物还包括其他的一些其他元素，如：硅Si、铍Be，如有机硅、聚硅氧烷中的硅。尽管在聚合物中有时还会发现其他的元素，是因它们的非常特有的性质，我们在这里不再阐述。上述元素所组成的聚合物导致了聚合物具有某些特殊的性能，如下：弱导电性（电绝缘体）；弱导热性（热绝缘