



Molding Technology  
Of Polymer Materials

高分子材料  
成型工艺学

吴智华 杨 其 主编



四川大学出版社

Molding Technology  
Of Polymer Materials

# 高分子材料 成型工艺学

王明远 主编



机械工业出版社

Molding Technology  
Of Polymer Materials

# 高分子材料 成型工艺学



四川大学出版社

责任编辑:李川娜 段悟吾  
责任校对:毕 潜 李思莹  
封面设计:墨创文化  
责任印制:李 平

### 图书在版编目(CIP)数据

高分子材料成型工艺学 / 吴智华, 杨其主编. —成都: 四川大学出版社, 2010. 8  
ISBN 978-7-5614-4956-1

I. ①高… II. ①吴…②杨… III. ①高分子材料—成型—工艺学 IV. ①TQ316

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 154404 号

### 书名 高分子材料成型工艺学

---

主 编 吴智华 杨 其  
出 版 四川大学出版社  
地 址 成都市一环路南一段 24 号 (610065)  
发 行 四川大学出版社  
书 号 ISBN 978-7-5614-4956-1  
印 刷 郫县犀浦印刷厂  
成品尺寸 185 mm×260 mm  
印 张 30  
字 数 763 千字  
版 次 2010 年 9 月第 1 版  
印 次 2010 年 9 月第 1 次印刷  
定 价 56.00 元

---

◆读者邮购本书,请与本社发行科  
联系。电 话:85408408/85401670/  
85408023 邮 政 编 码:610065

◆本社图书如有印装质量问题,请  
寄回出版社调换。

◆网址:www.scupress.com.cn

版权所有◆侵权必究

# 前 言

本书简明地介绍了高分子材料成型加工理论基础知识，高分子材料成型加工制品的主要生产方法与原理，控制产品质量的工程技术；阐述了高分子材料加工条件与制品结构和性能的关系，原材料性质、加工工艺（包括原材料配制、成型过程参数）、成型设备性能参数和成型模具结构因素对成型加工制品性能的综合影响，并列举、说明了生产实例。在论述高分子材料成型加工实用技术的同时，突出反映了近年来出现的新理论、新方法和新工艺。

本书共分 12 章，绪论、第 3 章和第 8 章由四川大学吴智华教授编写，第 1 章、第 2 章和第 4 章由四川大学杨其教授编写，第 5 章由广汉锐星塑胶有限公司刘兴铨总工程师编写，第 6 章由大连科技大学冯钠教授编写，第 7 章、第 9 章和第 10 章分别由吴智华教授的研究生周鹏、王美珍和张永伟编写，第 11 章由四川大学张季冰副教授编写，第 12 章由四川大学蔡绪福副教授编写。

本书内容丰富、新颖且实用性强，可作为高等院校的高分子材料加工工程专业本科生和研究生的教材使用，同时也可作为高分子材料加工行业的设计人员及工程技术人员的参考书。

编 者

2010 年 5 月

# 目 录

绪论	( 1 )
1. 高分子材料加工工业概况	( 1 )
2. 高分子材料成型加工的重要地位	( 4 )
3. 高分子材料加工工程系统	( 7 )
4. 如何学习高分子材料成型工艺学	( 8 )
第 1 章 高分子材料加工条件和结构与性能的关系	( 9 )
1.1 高分子材料的结构与性能	( 9 )
1.1.1 高分子材料的结构层次	( 9 )
1.1.2 高分子材料结构与性能的关系	( 20 )
1.1.3 高分子材料的分类	( 27 )
1.1.4 聚合物制品材料的选择	( 29 )
1.2 成型加工条件与结构	( 34 )
1.2.1 自由体积	( 34 )
1.2.2 结晶	( 35 )
1.2.3 取向	( 40 )
1.2.4 相形态	( 43 )
1.3 成型过程中控制材料凝聚态结构的新技术	( 47 )
1.3.1 非晶聚合物无缺陷结构控制	( 48 )
1.3.2 振动加工技术	( 54 )
思考题	( 57 )
本章参考文献	( 58 )
第 2 章 成型用原料及配制	( 61 )
2.1 概述	( 61 )
2.1.1 成型用原料简介	( 61 )
2.1.2 成型原料配制的重要性	( 61 )
2.1.3 成型原料加工的行业发展趋势	( 62 )
2.2 成型原料	( 62 )
2.2.1 成型原料品种	( 62 )
2.2.2 添加剂、树脂及塑料性能的检测	( 76 )
2.2.3 塑料配方拟定及原材料的选用原则	( 78 )
2.3 塑料原料的配制原理	( 78 )
2.3.1 原料之间混合程度的表征	( 78 )

2.3.2 原料混合及塑炼设备 .....	(79)
2.3.3 塑料原料的配制方法 .....	(85)
思考题 .....	(86)
本章参考文献 .....	(86)
<b>第3章 挤出成型</b> .....	<b>(87)</b>
3.1 概述 .....	(87)
3.1.1 挤出成型过程及工艺特点 .....	(87)
3.1.2 高分子材料挤出成型加工历史 .....	(88)
3.1.3 挤出成型在塑料加工中的地位 .....	(89)
3.2 挤出成型设备 .....	(90)
3.2.1 挤出机 .....	(90)
3.2.2 加料系统 .....	(90)
3.2.3 挤压系统 .....	(91)
* 3.3 经典的单螺杆挤出原理 .....	(93)
3.3.1 固体输送理论 .....	(93)
3.3.2 熔化理论 .....	(95)
3.3.3 熔体输送理论 .....	(98)
3.3.4 挤出稳定性的控制 .....	(100)
3.4 双螺杆挤出原理 .....	(101)
3.4.1 双螺杆挤出机的结构、分类、特性及用途 .....	(101)
3.4.2 异向旋转啮合型双螺杆挤出机工作原理 .....	(106)
3.4.3 同向旋转啮合型双螺杆挤出机工作原理 .....	(112)
* 3.5 典型挤出制品成型控制分析 .....	(119)
3.5.1 板材和片材 .....	(119)
3.5.2 管材 .....	(127)
3.5.3 异型材 .....	(139)
3.5.4 吹塑薄膜与塑料扁丝 .....	(150)
3.5.5 挤出流延法双向拉伸薄膜 .....	(162)
3.5.6 铝塑复合管 .....	(168)
思考题 .....	(175)
本章参考文献 .....	(175)
<b>第4章 注射成型</b> .....	<b>(177)</b>
4.1 概述 .....	(177)
4.1.1 注射成型发展历史 .....	(177)
4.1.2 注射成型过程及特点 .....	(177)
4.2 普通注塑成型原理 .....	(180)
4.2.1 注塑成型设备 .....	(180)
4.2.2 注塑成型模具 .....	(190)
4.2.3 注塑成型制品设计 .....	(195)
4.2.4 注塑成型过程的工艺控制 .....	(204)

4.3 各种特殊的注射成型方法 .....	(221)
4.3.1 中空制件的注射成型 .....	(221)
4.3.2 反应注射成型 .....	(225)
4.3.3 结构泡沫塑料的注射成型方法(TSG) .....	(229)
4.3.4 热固性塑料注塑成型 .....	(233)
4.3.5 注塑—压缩成型 .....	(235)
思考题 .....	(237)
本章参考文献 .....	(238)
<b>第5章 中空成型</b> .....	(241)
5.1 概述 .....	(241)
* 5.2 吹塑成型原理及工艺控制 .....	(241)
5.2.1 吹塑成型原理 .....	(241)
5.2.2 吹塑成型工艺因素与控制 .....	(243)
* 5.3 挤出吹塑 .....	(250)
5.3.1 挤出吹塑过程及成型方式 .....	(250)
5.3.2 挤出吹塑机头与型坯 .....	(252)
5.3.3 挤出吹塑制品质量控制 .....	(257)
5.4 注射吹塑 .....	(265)
5.4.1 注射吹塑工艺过程及成型方法 .....	(265)
5.4.2 注吹成型的工艺控制 .....	(266)
5.5 拉伸吹塑 .....	(268)
5.5.1 拉伸吹塑对制品性能的影响 .....	(268)
5.5.2 拉伸吹塑方法 .....	(269)
5.5.3 拉伸吹塑过程控制 .....	(275)
5.6 新型的中空吹塑成型 .....	(277)
5.6.1 浸蘸吹塑 .....	(277)
5.6.2 旋转成型 .....	(279)
5.6.3 Culus吹塑法 .....	(280)
5.6.4 连接吹塑成型 .....	(281)
5.6.5 中空层夹板及夹层深拉伸成型 .....	(283)
5.7 中空制件成型优化设计 .....	(284)
5.7.1 题目及要求 .....	(284)
5.7.2 准备形式 .....	(284)
思考题 .....	(284)
本章参考文献 .....	(285)
<b>第6章 压制成型</b> .....	(286)
6.1 模压成型的特点与分类 .....	(286)
6.1.1 模压成型的特点 .....	(286)
6.1.2 模压成型的分类 .....	(286)
6.2 模压成型基本工艺过程 .....	(288)



6.2.1	模压成型前的准备	(288)
6.2.2	模压成型过程	(290)
6.3	模压成型基本原理	(291)
6.4	影响模压成型制品性能的因素	(293)
6.4.1	原材料性质	(293)
6.4.2	模压设备结构及特性	(294)
6.4.3	模压成型工艺因素	(294)
6.4.4	后处理	(296)
6.5	模压成型制品常见缺陷及对策	(296)
	思考题	(297)
	本章参考文献	(297)
<b>第7章</b>	<b>浇铸成型</b>	<b>(298)</b>
7.1	概述	(298)
7.1.1	液体树脂(Liquid Resin)	(298)
7.1.2	熔融塑料(Hot-melt Plastic)	(298)
7.1.3	塑性溶胶(Plastisols)和有机溶胶(Organisols)	(299)
7.1.4	溶解塑料(Dissolved Plastic)	(299)
7.1.5	粉料(Powder)	(299)
7.2	静态浇铸	(299)
7.2.1	原料	(299)
7.2.2	成型模具	(302)
7.2.3	成型过程及工艺控制	(304)
7.2.4	浇铸制件的缺陷与解决办法	(306)
7.3	嵌铸	(307)
7.3.1	原料	(307)
7.3.2	成型机械及模具	(309)
7.3.3	成型过程及工艺控制	(309)
7.3.4	缺陷与解决办法	(311)
7.4	涂凝成型	(311)
7.4.1	原料	(312)
7.4.2	成型过程及工艺控制	(312)
7.4.3	成型设备	(313)
7.5	流延浇铸	(313)
7.5.1	原料	(314)
7.5.2	成型机械及模具	(315)
7.5.3	成型过程及工艺控制	(317)
7.6	离心浇铸	(318)
7.6.1	原料	(318)
7.6.2	成型机械及模具	(318)
7.6.3	成型过程及工艺控制	(319)

7.7 滚塑和旋转成型 .....	(320)
7.7.1 原料 .....	(322)
7.7.2 成型机械及模具 .....	(323)
7.7.3 工艺流程及控制 .....	(325)
7.7.4 缺陷与解决办法 .....	(327)
思考题 .....	(328)
本章参考文献 .....	(328)
<b>第8章 微孔塑料成型</b> .....	<b>(330)</b>
8.1 概述 .....	(330)
* 8.2 微孔形成机理 .....	(331)
8.2.1 均相成核 .....	(331)
8.2.2 异相成核 .....	(333)
8.2.3 混合模式成核机理 .....	(334)
8.2.4 泡孔生长机理 .....	(334)
8.2.5 气泡的稳定和固化过程 .....	(335)
8.2.6 影响微孔结构的因素 .....	(336)
* 8.3 挤出成型原理 .....	(342)
8.3.1 物理发泡挤出成型 .....	(342)
8.3.2 化学发泡挤出成型 .....	(347)
8.3.3 机械发泡挤出成型 .....	(348)
* 8.4 注射成型原理 .....	(349)
8.4.1 物理发泡注射成型 .....	(349)
8.4.2 化学发泡剂发泡注射成型 .....	(352)
8.4.3 微孔注塑成型制件举例 .....	(355)
8.5 其他微孔成型方法 .....	(355)
8.5.1 微孔中空成型技术 .....	(355)
8.5.2 微孔浇铸成型 .....	(356)
8.5.3 微孔塑料热成型 .....	(357)
思考题 .....	(357)
本章参考文献 .....	(358)
<b>第9章 热成型</b> .....	<b>(359)</b>
9.1 概述 .....	(359)
9.2 热成型方法 .....	(359)
9.2.1 基本成型方法 .....	(359)
9.2.2 新型热成型方法 .....	(364)
9.3 热成型设备 .....	(367)
9.3.1 热成型机的分类 .....	(367)
9.3.2 辅助装置 .....	(371)
9.4 热成型原材料 .....	(374)
9.4.1 常用材料 .....	(374)

9.4.2 热成型材料的发展 .....	(375)
9.5 热成型工艺过程及控制因素 .....	(376)
9.5.1 热成型工艺过程 .....	(376)
9.5.2 影响热成型制品性能的因素 .....	(376)
9.6 热成型技术发展 .....	(383)
9.6.1 无菌热成型生产工艺 .....	(383)
9.6.2 增强材料的热成型 .....	(384)
9.6.3 热带型泡罩包装热成型 .....	(384)
9.7 热成型生产工艺举例 .....	(385)
9.7.1 聚氯乙烯热成型生产工艺举例 .....	(385)
9.7.2 聚丙烯热成型生产工艺 .....	(385)
9.7.3 聚苯乙烯热成型生产工艺举例 .....	(385)
9.8 热成型制品缺陷及解决办法 .....	(386)
思考题 .....	(390)
本章参考文献 .....	(390)
<b>第10章 固相成型及冷压烧结成型 .....</b>	<b>(392)</b>
10.1 固相成型 .....	(392)
10.1.1 概述 .....	(392)
10.1.2 成型理论 .....	(392)
10.1.3 固相成型方法及设备 .....	(394)
10.1.4 固相冷成型工艺控制 .....	(398)
10.2 冷压烧结成型 .....	(406)
10.2.1 概述 .....	(406)
10.2.2 冷压烧结成型原理 .....	(407)
10.2.3 成型设备及成型工艺 .....	(407)
10.2.4 冷压烧结制品实例 .....	(411)
思考题 .....	(415)
本章参考文献 .....	(415)
<b>第11章 树脂基复合材料成型 .....</b>	<b>(416)</b>
11.1 概述 .....	(416)
11.2 接触低压成型 .....	(418)
11.2.1 原材料的选择 .....	(418)
11.2.2 手糊成型 .....	(421)
11.2.3 喷射成型 .....	(423)
11.2.4 树脂传递模塑成型 .....	(424)
11.2.5 袋压法、热压釜法、液压釜法和热膨胀模塑法成型 .....	(425)
11.3 压制成型 .....	(427)
11.3.1 压制成型的原材料 .....	(427)
11.3.2 压制工艺因素及控制 .....	(432)
11.4 缠绕成型 .....	(435)

11.4.1	原材料及内衬	(436)
11.4.2	缠绕成型过程及控制	(437)
11.4.3	缠绕类型	(438)
11.5	夹层结构制造技术	(439)
11.5.1	蜂窝夹层结构制造技术	(439)
11.5.2	泡沫塑料夹层结构制造技术	(442)
11.6	热塑性复合材料成型	(443)
11.6.1	增强粒料、预浸料及片状模塑料制备	(443)
11.6.2	热塑性复合材料成型	(444)
	思考题	(444)
	本章参考文献	(444)
<b>第 12 章</b>	<b>压延成型</b>	(445)
12.1	概述	(445)
12.2	压延成型理论	(446)
12.2.1	压延成型的动作原理	(446)
12.2.2	牛顿流体的压延模型	(447)
12.3	压延成型设备的种类和选用	(448)
12.3.1	混炼机械	(448)
12.3.2	压延机械	(448)
12.3.3	辅助机械	(450)
12.4	压延成型过程的控制	(450)
12.4.1	压延成型的工艺流程	(450)
12.4.2	原材料的工艺性能	(451)
12.4.3	压延成型的工艺因素	(451)
12.4.4	制品的厚度控制	(455)
12.5	典型的 PVC 压延制品	(457)
12.5.1	PVC 压延薄膜	(457)
12.5.2	压延人造革	(461)
12.5.3	压延片材	(463)
12.5.4	其他压延制品	(465)
	思考题	(468)
	本章参考文献	(468)

# 绪 论

## 1. 高分子材料加工工业概况

广义地讲, 高分子材料 (Polymer Materials) 是指由众多原子或原子团以共价键结合形成的相对分子质量超过一万的分子所凝聚成的物质。它包括高分子无机材料和高分子有机材料。将高分子材料成型或加工为高分子材料制品的过程, 称为高分子材料成型或加工 (Polymer Process)。由于无机材料和有机材料性质尤其是加工特性差别很大, 因此在《高分子材料成型工艺学》中, 我们将主要讨论高分子有机材料成型, 即以合成或天然高分子化合物为基本成分的塑料、橡胶、纤维的成型原理。

根据高分子物理学和高分子化学知识, 不难理解塑料、橡胶、纤维这三种材料之间在流变行为、力学行为和溶液特性等与成型或加工过程相关的性质上有着共同的特性, 都存在玻璃化转变、高弹态和熔融转变, 都可以利用熔融状态, 或溶液状态, 或高弹态进行成型或加工。当我们在讨论塑料的成型原理时, 大家自然会联想到橡胶或纤维, 这些材料的成型过程原理是相同的, 而仅仅因为材料的个性差异, 它们的成型设备和模具结构及工艺控制参数有所不同。但在高分子科学与技术发展初期, 工业界往往按产品原材料种类划分高分子材料加工行业, 分别称为橡胶加工、纤维加工和高分子材料加工业。随着高分子材料与加工科学技术的迅速发展和高分子材料制品的广泛应用, 包括高分子材料、橡胶和纤维在内的高分子材料加工工业的三合一概念才基本得到公认。

高分子材料加工工业是由原材料生产 (包括合成树脂及半成品的生产)、高分子材料制品生产 (也称为高分子材料加工工业) 和高分子材料成型设备三大行业构成的生产体系。高分子材料制品生产主要由原料准备、高分子材料成型、二次加工等过程组成。高分子材料成型一般由高分子材料成型设备来完成。因此这三者之间的关系为: 高分子材料生产的发展必将推动高分子材料制品生产和高分子材料成型设备发展; 反之, 高分子材料制品生产和高分子材料成型设备技术的进步也必然促进高分子材料生产的发展。高分子材料加工工业的形成和发展取决于合成树脂、高分子材料半成品、成品以及高分子材料成型设备的生产状况及水平。

高分子材料加工工业发展自 1936 年进入产量、产品快速发展时期。高分子材料成型设备的自动化、系列化、多样化、节能化、高效化发展以及电子计算机在成型模具设计、分析和制造中得到广泛应用, 都促进了高分子材料制品品种和产量的迅速增加。20 世纪 50 年代至 70 年代初, 高分子材料加工工业发展很快, 全球高分子材料产量几乎每四五年就翻一番。1950 年世界高分子材料产量为 150 万吨, 1960 年为 640 万吨, 1970 年为 3000 万吨, 高分子材料加工制品主要以日用品、机械、电器电子零部件为主。20 世纪 70 年代中期以后, 高

分子材料加工工业发展步入技术变革时期,随着改性高分子材料、专用高分子材料和特种工程高分子材料的发展,以及高分子材料成型设备的电子计算机程控化、专用化、精密化的发展,高分子材料制品逐步渗入建筑、汽车、航天航空、电子电器和农业等领域,高分子材料加工工业规模、生产效率和经济效益均大幅度地提高,高分子材料产品结构也发生了巨大的变化。到2000年,世界高分子材料产量达到2.5亿吨,已超过钢材跃升至第2位,仅低于混凝土。高分子材料在四大基础材料中的地位已将高分子材料加工工业发展推向更令人瞩目的朝阳工业之列。

随着树脂种类和高分子材料应用领域的不断扩大,高分子材料成型加工方法逐渐由注塑成型、挤出成型、压制成型、压延成型、中空成型、浇铸成型等,发展到新型的用于特殊原料、特殊性能和复合结构制品的成型方法以及有效控制聚合物聚集态结构的成型技术。例如,加工热固性高分子材料的反应注塑成型、专门用于超高分子量聚乙烯和聚四氟乙烯等高黏度热塑性高分子材料的粉末烧结成型、局部中空制品的辅助成型、低内应力制品的注射-压缩成型、多层结构高分子材料的共注塑和共挤出成型以及振动保压成型技术。

为了适应高分子材料加工工业发展的需要,世界各国高分子材料与加工领域先后成立了促进高分子材料加工科学与技术发展的专业化机构,如高分子研究室(所)、合成树脂研究所、高分子材料制品研究所、高分子材料机械研究所、高分子材料研究室(所)以及高分子材料老化研究所、阻燃高分子材料研究所、氟高分子材料研究所等特殊或功能高分子材料研究所。教育部门也陆续设立了高分子理科专业、高分子合成专业、高分子材料与工程专业、高分子材料加工工程专业、高分子材料机械模具专业等。

我国高分子材料加工工业形成于20世纪50年代。其发展可以分为以下几个时期:①1949年—1957年摇篮时期。合成树脂主要由农副产品发酵制品如煤焦油、酒精等作原料反应而成,品种主要是酚醛树脂、氨基树脂、有机硅、醋酸纤维素、硝酸纤维素、有机玻璃等。高分子材料加工制品为电器开关、文教用品和玩具等日用商品。②1958年—1978年成长时期。以聚氯乙烯在锦西投产为起点,我国相继投产低压聚乙烯、ABS、聚苯乙烯,试生产尼龙、聚甲醛、聚碳酸酯等,主要树脂品种向热塑性高分子材料发展。到1978年底,年产合成树脂79.3万吨,高分子材料制品92.3万吨,已在部分城市建立了高分子材料模具和机械工厂,初步形成了中国高分子材料加工工业的规模。③1979年—1992年发展时期。高分子材料制品产量由1978年的92.3万吨猛增至1992年的536.8万吨,平均年增长率为15.8%,高分子材料制品产量增长近5倍,居世界第4位。其间(1980年至1992年),高分子材料加工企业耗资12亿美元引进设备,新增加工能力200万吨,极大提高了我国高分子材料工业的装备水平。④1993年—2007年快速发展时期。自1996年起,我国高分子材料制品总产量已连续3年超过1500万吨,跃居世界第2位。据统计,我国高分子材料制品产量年增长率在2000年—2005年为10%,2006年—2010年为8%。1999年—2007年,我国塑料制品产量增长情况如图0-1所示。其中,2005年农用高分子材料470万吨(占19%),包装用高分子材料550万吨(占22%),建筑用高分子材料400万吨(占16%),工业配套用高分子材料450万吨(占18%),日用及医用高分子材料472万吨(占18.7%),人造革78万吨(占3.1%),其他用途高分子材料80万吨(占3.2%),塑料制品产量居世界第2位,拥有塑料加工企业9万家,产值5000万吨以上企业9000家。2006年和2007年,各类塑料产品产量见图0-2。2006年,我国塑料制品出口量超过1200万吨,出口额超过160亿美元。2007年1月~6月,塑料制品出口额达101.36亿美元,同比增长15.67%。

我国塑料制品产量（万吨）

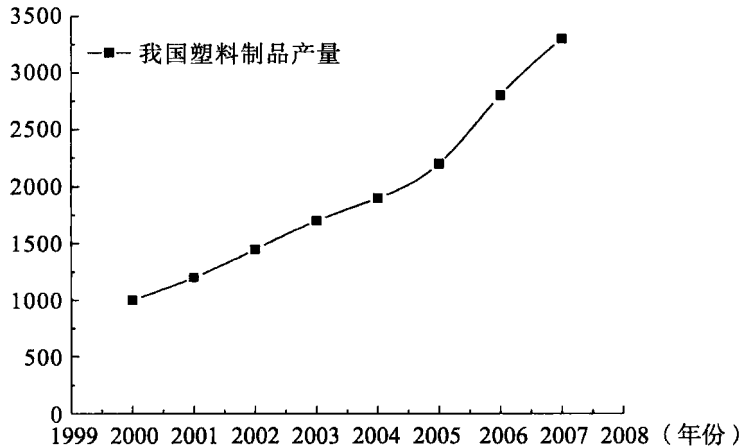


图 0-1 1999 年至 2007 年塑料制品产量增长情况

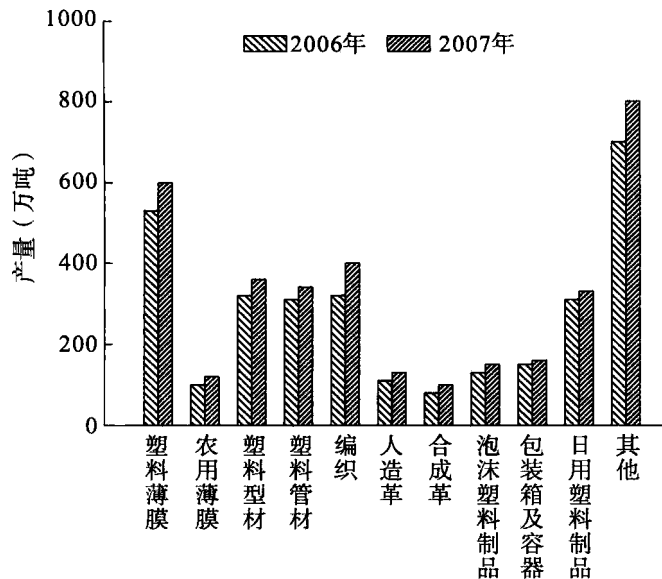


图 0-2 2006 年和 2007 年各类塑料产品产量对比

我国高分子材料机械制造企业数量在 20 世纪 80 年代初为 70 多家，2000 年发展为 500 多家，其中有 2/3 以上的企业可提供不同品种、规格的成型设备，主导产品为注塑机、挤出机和中空成型机，年产量分别约为 20000 台、7000 台和 1000 台。

但是，我国人均消费塑料产品水平值还不高。在 2002 年，美国塑料产品消费的人均值为 171 kg，居世界第 1 位；比利时为 169 kg，居世界第 2 位；德国为 155 kg，居世界第 3 位；中国台湾地区为 128 kg，居世界第 4 位；以色列为 124 kg，居世界第 5 位；中国内地为 11.2 kg，居世界第 30 位。随着中国不断融入世界经济大循环体系，我国的高分子材料加工工业生产技术水平将有更大的提升，在研发能力、技术市场、生产管理、产品营销、行业管

理等方面将赶超世界先进水平，高分子材料人均消费量会迅速增长。

## 2. 高分子材料成型加工的重要地位

在充分利用和享受高分子材料制品带来的便利的同时，人们也意识到理性地消费高分子材料这类有限资源对环境保护的重要意义，注重以天然的或人工合成的高分子材料加工成高分子材料制品，再将使用后的高分子材料制品回收利用，形成高分子材料再循环的环保型使用方式。在这种良性循环中，高分子材料成型（加工）不仅将原材料转变为产品，而且通过装配（连接、黏结、铆接等）、装饰（彩饰、覆膜、抛光等）应用加工将各种产品转变成具有使用价值的商品，最终又通过破碎、溶解、降解、单体回收、共混造粒、熔融成型等回收加工将使用后的制品回收成可再利用的原材料。因此，高分子材料成型加工是利用高分子材料时不可缺少的关键环节。

高分子材料成型加工是将高分子材料的原料转化成具有使用价值的商品的工程技术。它是通过成型设备来完成高分子材料原材料的塑化、变形、定型以及分子链结构、凝聚态结构等物理和化学变化，最终成为高分子材料制品的过程。因此，高分子材料成型加工方法、成型设备、成型工艺、原料特性均是决定高分子材料制品性能或质量的基本要素。一种高分子材料制品可能采用多种成型加工方法，在不同类型的成型设备上，用不同的工艺进行加工，因此优化成型工艺流程十分必要。如何才能做好高分子材料成型工艺流程的优化工作呢？答案即，掌握高分子材料的成型过程控制原理是关键。

高分子材料成型加工过程控制原理是以诱导、影响物理和化学反应方式、机理的因素作为可控变量，遵循材料工艺—结构—性能的关系，有目的地控制成型制品的产量、质量、能耗的理论。例如：普通挤出过程的控制原理涉及固体—液体—固体的物态变化，涉及原理为固体、液体输送理论，固—液转化理论，聚合物加工条件—结构—性能关系理论，成型控制理论；所有这些理论即为普通挤出过程的控制原理。反应挤出过程的控制原理除以上物态变化外，还有组分之间的化学反应，因此，还应考虑化学反应热量、分子结构变化对上述变化的影响；所有这些理论即反应挤出过程的控制原理。

高分子材料成型加工方法见表 0-1。

表 0-1 塑料成型加工方法

成型方法		成型特点	使用范围
压制成型	压缩模塑	物料在成型过程中需加热、加压、固化定型	较适宜热固性塑料成型
	层压	浸胶片热压	较适宜热固性塑料成型
	冷压模塑	常温下压制型坯之后熔融塑化定型	适宜高黏度高熔点塑料成型
	传递模塑	物料在加热室熔化，经流道注入型腔定型	成型带嵌件的精密热固性塑料制品
	低压成型	成型压力低于 1.4 MPa，包括袋压法、接触法、喷射法、真空法	适用于纤维、纤维毡、纤维织物增强塑料成型



续表0-1

成型方法		成型特点	使用范围
挤出成型		分熔融法和溶液法, 物料在成型中需加热加压、流动变形、固化定型	适宜热塑性塑料的连续型材成型, 如膜、片、板、管、棒、丝、条、网、异型材及其复合制品
拉挤成型		连续纤维束经浸胶液定型、树脂固化成型为单向拉伸制品	适用于连续纤维增强热固性塑料
注射成型	排气式注射成型	物料中的水分、挥发物及空气在塑化过程中可通过真空口排除	适用于吸湿塑料的注射成型
	流动式注射成型	熔化塑料不停留在料筒中, 而是不断被挤入模具型腔, 当型腔充满后, 螺杆停止运动, 熔体在较高压力下冷却定型	适用于大型塑料制品的注塑成型
	共注塑注射成型	在多个注射单元的注射机, 用不同品种或不同色泽的塑料, 同时或先后注入一个模具型腔中成型	适用于多色或多种塑料的复合制品的注塑成型
	无流道注射成型	塑料在流道中始终保持流动状态, 脱模时, 制品上无流道残留物	无流道赘物的全自动化生产
	反应注塑成型	原料液在混合头中混合, 并高速注入模具型腔, 反应固化定型	适用于热固性塑料和弹性体的注塑成型
	热固性塑料注塑成型	塑料在料筒中塑化成黏流态, 经流道注入塑模型腔, 交联反应固化定型	较适用于酚醛类热固性塑料
	气体辅助注射成型	当熔体注入模具型腔后, 再注入高压氮气使熔体充实到型腔的壁面并冷却定型	用于成型中空的注塑制件
	结构泡沫注塑成型	含发泡剂的塑料在料筒中经塑化后发泡, 形成微孔泡沫物	用于成型芯层发泡的注塑制件
	低压注塑成型	注射压力、模腔压力、锁模力很小	成型精密度要求很高的热塑性塑料注塑制件
	动态保压注塑成型	当熔体注入模具型腔后, 通过振动装置使熔体边冷却边产生振动	适用于无缺陷、需大分子定向排列的厚制品或厚薄差异大的制品成型
吹塑成型	注塑吹塑成型	注塑成型有底型坯, 制品无飞边	较适用于小型容器的高速自动化生产
	挤出吹塑成型	挤出成型管坯, 制品飞边多	较适用于大中型容器的生产
	注塑拉伸吹塑成型	注塑成型有底型坯, 在吹胀前或吹胀过程中对型坯进行纵向拉伸	高强度、透明性要求高的小型薄壁容器
	挤出拉伸吹塑成型	挤出成型管坯, 在吹胀前或吹胀过程中对型坯进行纵向拉伸	高强度大中型容器
	吹塑薄膜	塑料经挤出成熔融管坯后, 被压缩空气吹胀并冷却定型成管膜	热塑性塑料薄膜