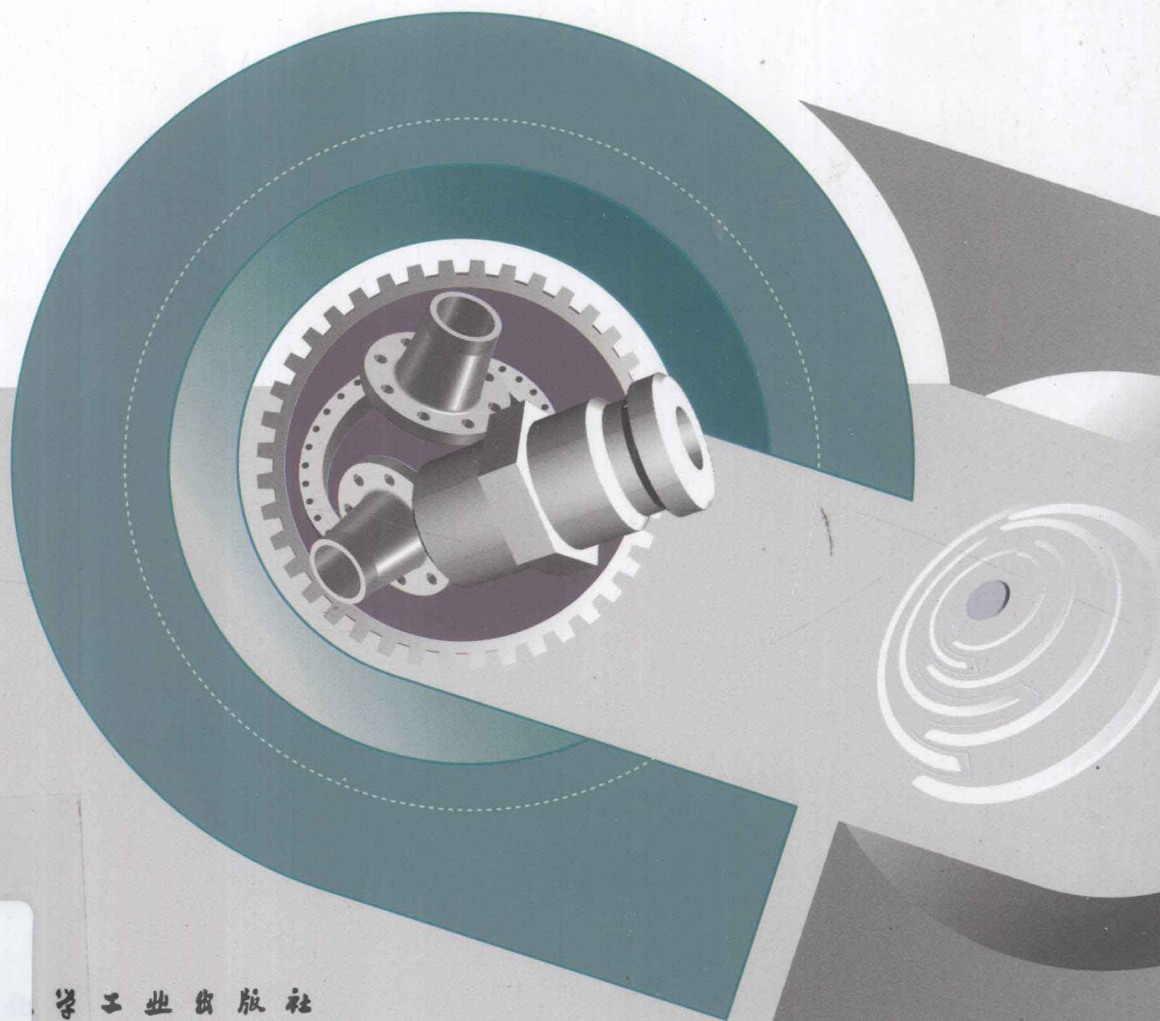


高等学校教材

# 塑料成型机械

SULIAO CHENGXING JIXIE

秦宗慧 谢林生 祁红志 主编



学工业出版社



本教材对常见的典型成型机械进行了较详细的阐述。全书共分9章,以单螺杆挤出机、双螺杆挤出机、塑料挤出成型辅助机械、塑料注射成型机、塑料吹塑成型机、塑料压延成型机、塑料压制成型机、混合机械等主要成型方法进行章节编排。本教材针对材料成型与控制工程专业的培养目标的要求,以讲授各种成型设备的工作原理、结构性能为主,适当讲述强度设计、选型等。

本书可作为材料成型与控制工程专业的专业课教材,也可供塑料成型机械的有关技术人员参考。

### 图书在版编目(CIP)数据

塑料成型机械/秦宗慧,谢林生,祁红志主编. —北京:  
化学工业出版社, 2012. 8  
高等学校教材  
ISBN 978-7-122-14891-9

I. ①塑… II. ①秦…②谢…③祁… III. ①塑料成型  
加工设备-高等学校-教材 IV. ①TQ320.5

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第161607号

---

责任编辑:程树珍 金玉连  
责任校对:徐贞珍

文字编辑:王 琪  
装帧设计:张 辉

---

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街13号 邮政编码100011)  
印 装:大厂聚鑫印刷有限责任公司  
787mm×1092mm 1/16 印张17 字数451千字 2012年10月北京第1版第1次印刷

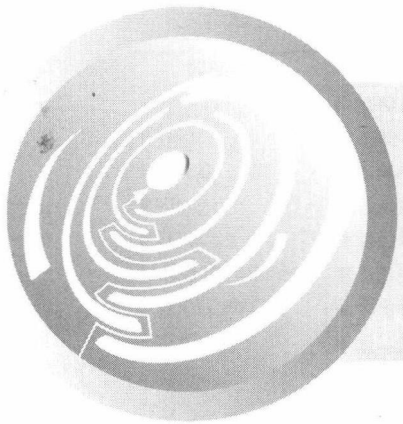
---

购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899  
网 址: <http://www.cip.com.cn>  
凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

---

定 价:40.00元

版权所有 违者必究



## 前言

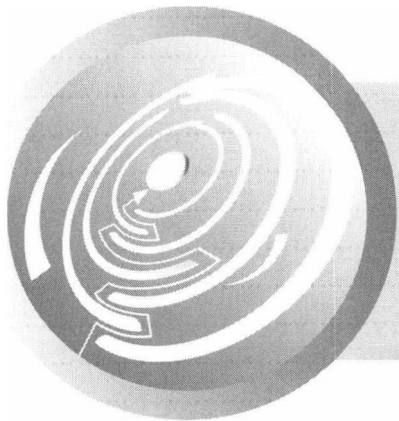
我国塑料工业是以塑料加工为核心，包括塑料合成树脂、助剂及添加剂、塑料加工机械与模具在内的一个整体。进入“十二五”以来，塑料工业正逐步走上由塑料大国到塑料强国的跨越式发展之路。塑料成型机械在质和量上都得到了飞速发展，各种新工艺、新设备层出不穷。为了适应这一需要，发展我国的塑料工业和培养更多的科技人才，有必要对现有的教学内容、教学方法进行不断的更新。本教材主要是以各种典型成型设备的工作原理、结构性能为主线，还介绍一些专用、先进和精密成型设备的基本结构、特点、性能和技术参数，如精密注塑机等，教材尽量反映当今国内外塑料成型机械的先进技术及发展趋势。

本教材适合高等院校材料成型与控制工程专业的本科生作教材使用，教材的编写充分考虑 21 世纪教育改革的要求和符合材料成型与控制工程人才培养规律；教材内容、教材体系及其教学方法、手段，在体现塑料成型机械加工塑料制品特点的基础上，将材料、成型方法与成型设备有机融合，教材编写核心点在于集成新知识、新方法。教材内容力求“少而精”，既重视科学性、实用性，又充分考虑高等院校材料成型与控制工程人才规格的培养要求。

本书由华东理工大学和常州大学共同编写，具体分工为：第 1、6 章由苏少航编写；第 2、5、7、8 章由秦宗慧编写；第 3 章由李建立编写；第 4 章由祁红志编写；第 9 章由谢林生编写；附录由马玉录编写。

在教材的编写过程中，承蒙众多专家和同仁的大力支持，谨此表示衷心的感谢！由于塑料加工成型设备门类较多，知识跨度较大，另外本领域各种新技术不断涌现，加之编者水平有限，书中难免存在不妥之处，恳请同行专家和广大读者批评指正。

编者  
2012 年 6 月



# 目录

<b>1 绪论</b> .....	1
1.1 塑料成型机械的定义及分类 .....	1
1.2 塑料成型材料及加工方法 .....	1
1.2.1 塑料成型材料 .....	1
1.2.2 塑料成型方法 .....	2
1.3 塑料成型机械的发展及趋势 .....	6
1.3.1 塑料成型机械的现状 .....	6
1.3.2 塑料成型机械的发展趋势 .....	7
<b>2 单螺杆挤出机</b> .....	10
2.1 概述 .....	10
2.1.1 挤出机组的组成和分类 .....	10
2.1.2 单螺杆挤出机的基本参数与主要参数 .....	12
2.1.3 单螺杆挤出机的挤出过程 .....	13
2.2 单螺杆挤出机的挤出理论 .....	14
2.2.1 固体输送理论 .....	14
2.2.2 熔融理论 .....	17
2.2.3 熔体输送理论 .....	20
2.3 单螺杆挤出机的主要参数的确定 .....	25
2.3.1 挤出机的产量 .....	25
2.3.2 挤出机的驱动功率 .....	25
2.3.3 挤出机的加热功率 .....	26
2.4 单螺杆挤出机的挤压系统设计 .....	26
2.4.1 常规螺杆 .....	27
2.4.2 机筒 .....	32
2.4.3 螺杆与机筒的材料及强度计算 .....	35
2.5 新型螺杆 .....	38
2.5.1 分离型螺杆 .....	39
2.5.2 屏障型螺杆 .....	39
2.5.3 分流型螺杆 .....	40

2.5.4 组合型螺杆 .....	42
2.6 单螺杆挤出机的加料系统 .....	42
2.6.1 加料装置的组成及其要求 .....	42
2.6.2 加料方式 .....	43
2.7 单螺杆挤出机的传动系统 .....	44
2.7.1 挤出机的工作特性 .....	44
2.7.2 传动系统的形式和组成 .....	44
2.7.3 挤出机的驱动功率和转速范围的确定 .....	45
2.7.4 螺杆的支承方式 .....	47
2.8 单螺杆挤出机的加热与冷却系统 .....	48
2.8.1 加热装置 .....	48
2.8.2 冷却装置 .....	49
2.9 其他类型挤出机 .....	51
2.9.1 排气螺杆挤出机 .....	51
2.9.2 串联式挤出机 .....	55
2.9.3 圆盘式挤出机 .....	55
2.9.4 行星螺杆挤出机 .....	57
2.9.5 多层共挤出技术 .....	58
思考题 .....	58

<b>3 双螺杆挤出机 .....</b>	<b>60</b>
3.1 概述 .....	60
3.2 双螺杆挤出机的结构和分类 .....	60
3.2.1 双螺杆挤出机的结构 .....	60
3.2.2 双螺杆挤出机的分类 .....	61
3.3 双螺杆挤出机的工作原理 .....	62
3.3.1 啮合同向 TSE 的工作原理 .....	62
3.3.2 啮合异向 TSE 的工作原理 .....	63
3.3.3 非啮合型 TSE 的工作原理 .....	63
3.4 双螺杆挤出机的主要技术参数 .....	64
3.4.1 螺杆直径 .....	64
3.4.2 中心距 .....	64
3.4.3 螺杆长径比 .....	64
3.4.4 螺杆的转速范围 .....	65
3.4.5 驱动功率 .....	65
3.4.6 挤出量(产量) .....	65
3.4.7 螺杆轴向推力 .....	65
3.5 双螺杆挤出机挤压系统设计 .....	66
3.5.1 啮合同向 TSE 的挤压系统设计 .....	66
3.5.2 啮合异向 TSE 的挤压系统设计 .....	80
3.6 双螺杆挤出机的传动系统 .....	85
3.6.1 概述 .....	85
3.6.2 主驱动电机选型 .....	86



3.6.3 传动箱设计 .....	86
3.6.4 止推轴承组设计 .....	91
思考题 .....	95

#### 4 塑料挤出成型辅助机械 ..... 96

4.1 概述 .....	96
4.2 吹膜成型辅机 .....	96
4.2.1 概述 .....	96
4.2.2 吹膜辅机的生产工艺流程（薄膜吹塑的生产过程） .....	97
4.2.3 吹膜辅机的基本结构与工作原理 .....	98
4.2.4 吹膜辅机的主要技术参数 .....	105
4.3 挤管成型辅机 .....	106
4.3.1 概述 .....	106
4.3.2 挤管辅机的组成及工作原理 .....	107
4.3.3 挤管辅机的主要技术参数 .....	114
4.4 挤板成型辅机 .....	115
4.4.1 概述 .....	115
4.4.2 挤板辅机的组成及工作原理 .....	116
4.4.3 挤板辅机的主要技术参数 .....	118
思考题 .....	118

#### 5 塑料注射成型机 ..... 119

5.1 概述 .....	119
5.1.1 注射成型的特点与用途 .....	119
5.1.2 注射成型机的组成及分类 .....	119
5.1.3 注射成型机的主要技术参数 .....	123
5.1.4 注射成型机的标准及型号 .....	128
5.2 注射成型的原理及工艺过程 .....	129
5.2.1 注射成型的原理 .....	129
5.2.2 注射成型的工艺条件 .....	130
5.2.3 注射成型的工作过程 .....	132
5.3 注射装置 .....	134
5.3.1 注射装置的主要组成 .....	134
5.3.2 注射装置的主要类型 .....	134
5.3.3 注射装置的主要零部件 .....	136
5.4 合模装置 .....	143
5.4.1 合模装置的组成 .....	143
5.4.2 合模装置 .....	143
5.4.3 调模装置 .....	153
5.4.4 顶出装置 .....	154
5.5 注射成型机的液压控制系统 .....	155
5.5.1 液压控制系统的组成 .....	155
5.5.2 液压控制系统的主要回路 .....	156

5.6	注射成型机的电气控制系统 .....	156
5.6.1	电机启动控制 .....	157
5.6.2	动作程序控制 .....	157
5.6.3	过程程序控制 .....	157
5.7	注射成型常见缺陷及对策 .....	157
5.7.1	成型不完整 .....	157
5.7.2	飞边 .....	157
5.7.3	气泡 .....	158
5.7.4	凹痕 .....	158
5.7.5	翘曲 .....	158
5.7.6	变色 .....	158
5.7.7	熔接痕 .....	159
5.8	其他类型注射成型机 .....	159
5.8.1	热固性塑料注射成型机 .....	159
5.8.2	排气注射成型机 .....	161
5.8.3	发泡注射成型机 .....	162
5.8.4	双色(或多色)注射成型机 .....	162
5.8.5	全电动注射成型机 .....	163
5.8.6	精密注射成型机 .....	163
5.8.7	微注射成型机 .....	164
5.8.8	气辅注射成型机 .....	164
5.8.9	水辅注射成型机 .....	165
	思考题 .....	166

## 6 塑料吹塑成型机 .....

6.1	概述 .....	168
6.2	塑料挤出吹塑成型机 .....	169
6.2.1	塑料挤出吹塑成型机的工作原理 .....	169
6.2.2	塑料挤出吹塑成型机的分类 .....	169
6.2.3	塑料挤出吹塑中空成型机的主要技术参数 .....	172
6.3	注射吹塑成型机 .....	173
6.3.1	注射吹塑成型机的工作原理 .....	173
6.3.2	注射吹塑成型机的基本结构及分类 .....	174
6.3.3	注射吹塑成型机的主要技术参数 .....	177
6.4	拉伸吹塑成型机 .....	178
6.4.1	拉伸吹塑成型机的分类 .....	178
6.4.2	挤出拉伸吹塑成型机 .....	179
6.4.3	注射拉伸吹塑成型机 .....	182
	思考题 .....	188

## 7 塑料压延成型机 .....

7.1	概述 .....	189
7.2	塑料压延成型机的工艺过程及特点 .....	189

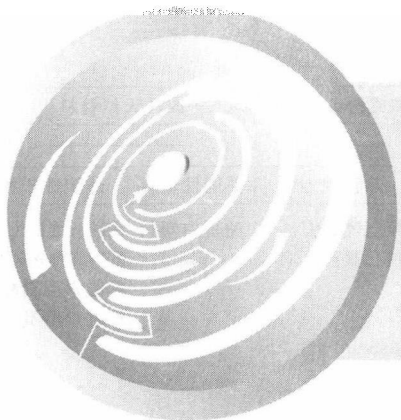


7.2.1	压延成型生产薄膜的基本工艺过程	189
7.2.2	压延成型设备的组成及其作用	190
7.2.3	压延成型的特点	190
7.3	塑料压延成型机的工作原理	191
7.3.1	压延操作的必要条件	191
7.3.2	压延成型的剪切混合作用	191
7.3.3	均厚作用	192
7.4	塑料压延成型机的分类与规格	192
7.5	塑料压延成型机的结构与组成	194
7.6	塑料压延成型机的主要零部件	196
7.6.1	辊筒及其加热、冷却系统	196
7.6.2	辊筒调距装置和辊筒传动装置	204
7.6.3	辊筒轴承及其润滑系统	205
7.7	塑料压延成型机的主要技术参数	206
7.7.1	辊筒的直径和长度	206
7.7.2	辊筒的线速度和调速范围	206
7.7.3	辊筒的速比	207
7.7.4	驱动功率	207
7.7.5	压延精度	208
7.7.6	压延机型号表示方法	208
7.8	塑料压延成型辅机	209
7.8.1	供料装置	209
7.8.2	剥离、轧花与牵引装置	209
7.8.3	冷却装置	210
7.8.4	测厚装置	210
7.8.5	切边装置	210
7.8.6	卷取装置	211
	思考题	211

## 8 塑料压制成型机 212

8.1	概述	212
8.2	压制成型机的结构及分类	212
8.2.1	压制成型机的基本结构	212
8.2.2	压制成型机(液压机)的分类	212
8.3	压制成型机的工作原理	213
8.4	压制成型机的主要性能参数	214
8.4.1	最大总压力(公称压力)	214
8.4.2	工作液的压力	215
8.4.3	最大回程力	215
8.4.4	升压时间	216
8.5	压制成型机的主要零部件	216
8.5.1	机身	216
8.5.2	活动横梁及其与活塞杆连接方式	218

8.6 其他类型的液压机 .....	218
8.6.1 塑料压铸机 .....	218
8.6.2 角式液压机 .....	219
8.6.3 层压机 .....	219
思考题 .....	220
<b>9 混合机械 .....</b>	<b>221</b>
9.1 概述 .....	221
9.2 高速混合机 .....	221
9.2.1 高速混合机的基本结构及工作原理 .....	222
9.2.2 高速混合机的主要零部件 .....	222
9.2.3 高速混合机的操作特点与主要技术参数 .....	224
9.3 开炼机 .....	226
9.3.1 开炼机的基本构造 .....	226
9.3.2 开炼机的工作原理与影响混合过程的主要因素 .....	226
9.3.3 开炼机的主要技术参数 .....	228
9.3.4 开炼机的主要零部件 .....	229
9.4 密炼机 .....	232
9.4.1 密炼机的基本构造及类型 .....	233
9.4.2 Banbury 密炼机的工作原理 .....	233
9.4.3 密炼机的主要技术参数 .....	235
9.4.4 密炼机的传动装置 .....	237
9.4.5 密炼机的主要零部件 .....	238
9.4.6 密炼机的改进与发展 .....	246
9.5 其他混炼设备 .....	247
9.5.1 Buss-Kneader 连续混炼机 .....	247
9.5.2 双转子连续混炼机 .....	248
思考题 .....	249
<b>附录 .....</b>	<b>250</b>
附录 1 常用塑料物性表 .....	250
附录 2 常见塑料和树脂的缩写代号及中英文对照表 .....	260
<b>参考文献 .....</b>	<b>262</b>



# 1 绪论

## 1.1 塑料成型机械的定义及分类

通常所说的塑料主要指合成高聚物。合成高聚物原料（即树脂）的生产，可称之为高分子材料工业；合成高聚物制品的生产，则称之为塑料成型工业。于是，塑料成型机械可定义为：塑料成型机械是指所有能对塑料原料（树脂）进行加工和成型制品的机械设备。

塑料从原料（树脂）到制成制品的工艺方法繁多，决定了塑料成型机械的多样性。按照以上定义，塑料成型机械可概括划分为以下几类。

- i. 预处理机械（如研磨机、混合机、捏合机、开炼机、密炼机、烘料装置等）。
- ii. 独立成型机械（如液压机、压延机、挤出机、注塑机、浇铸机、喷涂机、搪塑成型机、浸渍装置等）。
- iii. 组合成型机（如挤出中空吹塑成型机、注射中空吹塑成型机等）。
- iv. 二次加工机械（如层合机、制袋机、热成型机、组装拼焊设备、印刷机和粉碎机等）。
- v. 成型辅机 [如计量装置、定型装置、冷却装置、牵引装置、切割（切粒）装置、堆放（卷取）装置和表面处理装置等]。

由于塑料具有许多独特的性能，因而塑料成型机械不仅如上所述种类众多，与普通机械相比，还具有许多特殊性和复杂性。

## 1.2 塑料成型材料及加工方法

### 1.2.1 塑料成型材料

塑料制品是由主要成分树脂和次要成分添加剂混合后在成型设备中，受到一定温度和压力的作用熔融塑化，然后通过模塑制成一定形状，冷却后在常温下能保持既定形状的材料制品。因此，适宜的材料组成、正确的成型加工方法和合理的成型机械及模具是制备性能良好的塑料制品的三个关键因素。

高分子化合物的分类方法很多。如按来源分，可将其分为改性天然材料和合成材料，后者又可按聚合方法分为加聚物、缩聚物、逐步加成物；按化学结构和是否具有多次重复加工性分，可以将塑料分为热塑性塑料和热固性塑料，如图 1-1 所示。





图 1-1 按来源、聚合方法和结构对塑料分类

按用途和性能分，又可将塑料分为通用塑料和工程塑料。工程塑料是指拉伸强度大于 50MPa，冲击强度大于 6kJ/m<sup>2</sup>，长期耐热温度超过 100℃，刚性好、蠕变小、自润滑、电绝缘、耐腐蚀性优良等，可替代金属用作结构件的塑料。但这种分类并不十分严格，随着通用塑料工程化（亦称优质化）技术的进展，通过改性或合金化的通用塑料，已在某些应用领域替代工程塑料。

### 1.2.2 塑料成型方法

塑料成型加工的目的在于根据塑料的原有性能，利用一切可能的方法使其成为具有应用价值的制品。塑料成型加工一般包括原料的配制和准备、成型及制品后加工等几个工序。成型是将各种形态的塑料制成所需的形状或坯件的过程。成型的方法很多，如图 1-2 所示，分类也不一致，一种较常用的分类法是将成型分为一次成型和二次成型。在大多数情况下，一次成型是通过加热使塑料处于黏流态，经过流动、成型和冷却硬化（或交联固化）将塑料制成各种形状的制品。

一次成型能制得从简单到复杂形状的尺寸精密的制品，应用广泛。一次成型包括挤出、注射、压缩模塑、压延、模压烧结、传递模塑、发泡成型等。二次成型是将塑料制品，如片材、棒材或管材制成所需外形的方法。二次成型包括热成型、固相成型等。后加工包括机械加工、修饰和装配等。机械加工指在成型后的工件上钻孔、车螺纹、车削或铣削等过程，用来完成成型过程所不能完成或完成得不够理想的工作。修饰是美化塑料制品的表面或外观，或者达到其他目的，例如，为提高塑料制品的介电性能就要求制品具有高度光滑的表面。装配是将各个已经完成的部件连接或装配以使其成为一个完整的制品。在塑料成型加工过程中，成型是一切塑料制品生产的必经步骤；后加工过程通常是根据制品要求取舍的，并不是每种塑料制品都需完整地经过后加工过程，相对于塑料的成型过程来说，后加工过程常居于次要地位。



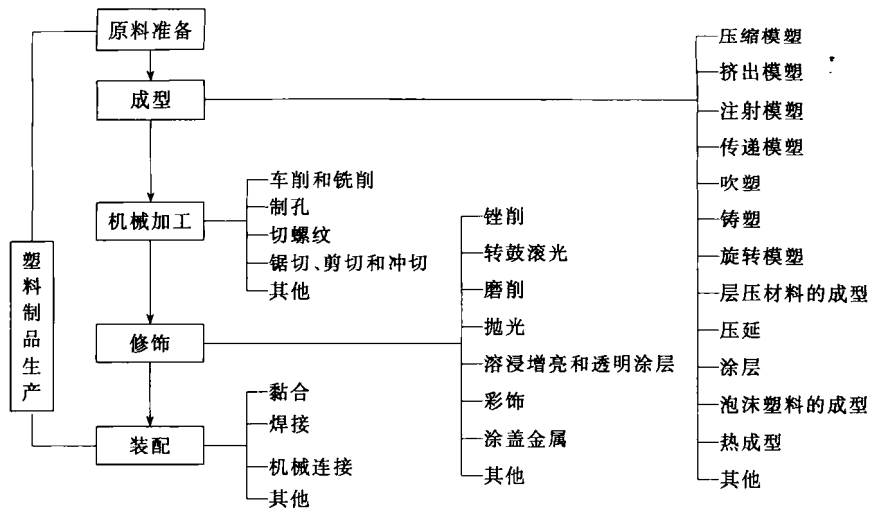


图 1-2 塑料制品生产过程及成型方法

近年来成型方法的发展非常迅速，其发展趋势主要是节能、省料、提高效率和改进制品性能。尽管塑料成型方法较多，但最基本的成型方法有以下六种，其他方法大多为它们的变种和发展。

### 1.2.2.1 压缩模塑

压缩模塑是塑料成型加工技术中历史最悠久，也是最重要的方法之一。它是将粉状、粒状或纤维状的塑料放入加热的模具型腔中，然后合模加压使其成型固化，最后脱模成为制品。压缩模塑可兼用于热固性塑料和热塑性塑料。完整的压缩模塑是由塑料的准备和模压两个过程组成的，其中塑料的准备又分为预热和预压两部分。预热对热固性塑料和热塑性塑料均适用，而预压一般适用于热固性塑料。对热固性塑料而言，压缩模塑时置于型腔中的塑料一直处于高温状态，并在压力作用下先由固体变为半液体，并在该状态下充满型腔而形成与型腔形状一样的模制品，随着交联反应的深化，半液体的黏度逐渐增加以至于变为固体，最后脱模成为制品。对热塑性塑料而言，压缩模塑的前一阶段与热固性塑料相同，但是由于没有交联反应，所以在型腔充满后，须进行冷却使其固化才能脱模成为制品。

压缩模塑时塑料在型腔内处于半液态，并在这种状态下充满型腔，内应力很低，易于保持制品形状。由于模塑时对塑料的流动性要求较低，因此适用于高黏性塑料。

压缩模塑的主要优点是可模制较大平面的制品和利用多槽模进行大批量生产，其中热固性塑料模塑制品具有耐热性能好、使用温度范围宽、变形小等特点；缺点是生产周期长，效率低，成型时制品的毛边厚度不易取得一致，尺寸准确性要求高，壁厚及结构形状复杂并带有精细嵌件的制品的制造受到限制，而且自动化程度很低，工人劳动强度大。

压缩模塑主要用于热固性塑料制品的生产，所用塑料主要有酚醛树脂类、氨基树脂类、环氧树脂类、有机硅（主要是硅醚树脂的压塑粉）树脂类塑料，此外还有硬质聚氯乙烯、聚三氟氯乙烯、氯乙烯-乙酸乙烯共聚物、聚酰胺等，其中以酚醛塑料、氨基塑料使用最广。其制品主要用作机械零部件、电器绝缘件和日用品等，如汽车配电盘、电器开关、餐具等。

压缩模塑正在发展成为一种更精确的加工方法。在加工过程中，采用更多的联机控制的自动化技术对材料进行预热、预压、加料和制品脱模，以提高效率和保证质量。将压缩模塑技术与其他成型加工方法结合起来加工出耐高温和结构复杂制品是压缩模塑成型的发展趋势。



### 1.2.2.2 传递模塑

传递模塑是将热固性塑料经过加热室进入加热模具的闭合模腔，而成型的模塑方法。这种模塑分为活板式、罐式、柱塞式三类，最常用的为活板式。传递模塑能加工压缩模塑难以制造的外形复杂、薄壁或壁厚变化很大及尺寸精度高的制品，而且生产周期比压缩模塑短。

传递模塑具有以下优点：i. 可成型薄壁和复杂形状制品；ii. 可制造带有精细或易损嵌件和穿孔的制品；iii. 制品性能较均一，尺寸较准确；iv. 制品废边少，可减少后加工量；v. 模具的磨损较小。

传递模塑也有其特有的缺点：i. 塑料在通过流道和浇口时受较大压力，产生高剪切应力，易于产生较大收缩和翘曲变形；ii. 成本较压缩模塑高，塑料损耗多；iii. 纤维增强的塑料成型时，制品会因纤维取向产生各向异性；iv. 嵌件四周的塑料有时会因熔接不牢而使制品强度降低。

适用于传递模塑的塑料以热固性塑料为主，一般适用于压缩模塑的塑料也适用于传递模塑。如酚醛类、环氧类、三聚氰胺甲醛类塑料等。其典型塑料制品有集成电路（IC）芯片，带有金属嵌件的热固性塑料制品，如电器开关等。

### 1.2.2.3 挤出成型

挤出成型是使加热或未经加热的塑料，通过成型孔变成连续成型制品的方法。根据塑料塑化方式的不同，挤出工艺可分为干法和湿法两种。干法塑化是靠加热将塑料变成熔体，塑化和加压可在同一个设备内进行，定型处理仅为简单的冷却。湿法塑化是用溶剂将塑料充分软化，因此塑化和加压必须分为两个独立的过程，而且定型处理必须采用比较麻烦的溶剂脱除，同时还得考虑溶剂的回收。湿法挤出虽有塑化均匀和避免塑料过度受热的优点，但由于上面提到的缺点，故很少采用，仅限于硝酸纤维素和少数醋酸纤维素等不能加热塑化的塑料的挤出。

与其他成型方法相比挤出成型的特点是：i. 生产连续化且可根据需要制造任意长度的制品；ii. 比注射成型生产效率高；iii. 应用范围广；iv. 可以完成不同工艺过程的综合性加工，如挤出机与压延机配合生产薄膜，挤出机与复合机配合生产复合制品，挤出机与造粒机配合可以造粒等，而且生产操作简单，工艺控制较容易。

另外，挤出成型中有一个区别于其他成型的特有现象，即制品出模膨胀。因此，在产品设计和工艺设计和模具设计中必须考虑补偿措施。

挤出成型适用于所有的热塑性塑料，最常用的有聚氯乙烯、聚乙烯、聚苯乙烯、ABS等，也可加工某些热固性塑料。挤出制品约占热塑性塑料制品的40%~50%，典型制品有塑料薄膜、塑料板材和管材、塑料门窗异型材、微发泡板材、棒材、片材、电线电缆的包覆物等。

### 1.2.2.4 注射成型

注射成型，也称注塑，是热塑性塑料成型的重要方法。它是在加压下将物料由加热料筒经过主流道、分流道、浇口注入闭合模腔的模塑方法。

注射成型是三维复杂塑料制品批量生产的主要方法，是体积消耗量最大的塑料加工方法，具有很大的设计灵活性。它是变种最多的一种成型方法，如热塑性塑料注射成型、热固性塑料注射成型、夹层注射成型、液体注射成型、结构发泡注射成型、注射压制成型等。另外，在注射成型中，制品的复杂程度决定模具的复杂程度，模具设计制造的依赖性最大，对模具设计制造技术要求较高。

几乎所有的热塑性塑料（除氟塑料外）都可以采用注射成型，另外还有针对热固性塑料（如酚醛塑料）的注射成型。注射成型的塑料制品约占目前塑料制品的20%~30%，其主要





产品有电视机、电话机、音响等家电外壳，汽车保险杠、仪表板、蓄电池外壳等汽车用塑料件。从塑料产品的形状看，除了很长的管、棒、板等型材不能采用注射成型外，其他各种形状和尺寸的塑料制品几乎都可以成型。

### 1.2.2.5 吹塑成型

吹塑成型是用压缩空气使进入型腔的塑料型坯膨胀形成中空制品的方法。具体地说，是通过将挤出或注射的管坯或型坯趁热于半熔融的类橡胶状态时，置于各种形状的模具中，并及时在管坯或型坯中通入压缩空气将其吹胀，使其紧贴于型腔壁上成型，经冷却脱模后，即得中空制品。吹塑的形式主要有注射吹塑、挤出吹塑和拉伸吹塑三种，但后者不能独立成为一种加工方法，必须与注射吹塑或挤出吹塑结合起来，而形成注射拉伸吹塑或挤出拉伸吹塑。尽管它们有形式上的差异，但吹塑过程的基本步骤是相同的，主要包括：i. 熔融材料；ii. 将熔融树脂形成管状物或型坯；iii. 将中空型坯于吹塑模中熔封；iv. 将模内管坯、型坯吹胀；v. 冷却；vi. 从模具中取出制品；vii. 修整。

与其他成型方法相比，吹塑成型的优点是所需锁模力较小、模具承受的压力较小、成型产生的废料较少，但吹塑制品都是中空制品，运输困难。此外，有效控制制品壁厚的均匀性是保证吹塑制品质量的关键。对注射吹塑而言，其优点是制品壁厚较均匀、瓶颈尺寸稳定、废料少、更换模具容易，缺点是模具费用高、型坯温度不易控制、不能生产有柄制品，其适用于生产批量大、小型的精密容器。对挤出吹塑而言，其优点是可吹制各种尺寸的中空制品、设备费用低、可制造形状不规则和有手柄或嵌件的制品，缺点是容器精度不高、壁厚分布不均匀等，挤出吹塑在吹塑成型中是应用最广泛、最重要的方法，所生产的中空制品约占吹塑制品的90%。

吹塑成型常用的塑料有聚乙烯、聚氯乙烯、聚丙烯、聚苯乙烯、热塑性聚酯、聚碳酸酯、聚酰胺、醋酸纤维素和聚缩醛树脂等，其中以聚乙烯使用得最为广泛。

典型的吹塑制品有：i. 容器类，如工业用耐酸容器、压力罐、汽车油箱及各种化学药品的包装瓶、食品和化妆品的包装瓶等；ii. 新开发的各种工业零部件和日用制品，如双层壁箱形制品、码垛板、冲浪板、座椅靠背、课桌以及汽车用的前阻流板、皮带罩、仪表板、空调通风管等。

### 1.2.2.6 热成型

热成型是将热塑性塑料片材或其他型材通常在模具上加热软化，然后经冷却而定型的方法。如将裁剪成一定尺寸和形状的热塑性塑料片材夹在框架上，使其加热软化至热弹态，片材边受热，边延伸，并凭借片材两面的气压造成的压力使其贴近模具的型面，取得与型面相仿的形状，经冷却定型和修整，即可得到制品。

热成型是成本最低的塑料加工方法之一，加工设备相对较简单，制品特点是壁薄，且多为内凹外凸的半壳形。与其他加工方法相比，热成型模具的设计和制造比较简单，因此快速原型技术应用较多，即采用廉价的材料（如木材、环氧树脂等）快速制造简单模具，易实现对产品形状、装配功能等设计方案的全面考查。但热成型需对原料进行前处理和对产品进行修整，因此劳动量较大。

适于热成型加工的塑料有聚苯乙烯、聚氯乙烯、聚乙烯、ABS、聚甲基丙烯酸甲酯以及多种热塑性共聚物等，有时高密度聚乙烯、聚酰胺、聚碳酸酯、聚对苯二甲酸乙二醇酯等也用此法加工。由于热成型是以塑料片材为原料，因此，材料需经浇铸、压延、挤出等方法制造成片材后才可用于热成型。现在热成型可以加工内外表面精度要求都较高的制品，如汽车和建筑业常用的一些制品。热成型制品大都属于半壳形，如杯、碟等食品容器，冰箱内衬，汽车内部镶板，塑料浴缸，电子仪表附件，飞机舱罩等。



## 1.3 塑料成型机械的发展及趋势

### 1.3.1 塑料成型机械的现状

我国的塑料成型机械工业兴起于20世纪50年代,从1958年第一台柱塞式注塑机在我国诞生以来,我国塑料成型机械工业从无到有、从小到大,近半个世纪以来取得了辉煌的成就。改革开放前,大多数企业集中在原轻工、化工和机械系统,规模普遍较小、装备落后、技术力量薄弱。技术上主要以对引进样机进行测绘为主,产品品种少,配套能力差。改革开放后,随着高分子材料工业的高速发展,市场对塑料成型设备的需求大幅度提高。许多企业通过与国外同类企业合资、合作或购买生产制造许可证等方式,从国外引进先进技术并进行消化吸收,使我国塑料成型机械产业有了明显的跃升。

自改革开放三十年来,随着中国经济整体稳定持续健康的发展,中国塑料机械工业一直保持高速增长的势头。如今中国注塑机已形成较有规模的,较有水平的,种类也比较齐全的,能基本满足国内需求并具有初步国际竞争力的,年产20余万台(套)制造能力和配套能力的机械制造业门类,其发展速度与所创主要经济指标在机械工业所辖的194个行业中名列前茅。目前中国塑料机械制造企业近400家,大中型企业200家左右,上规模的骨干企业15家。中国塑料机械企业主要分布在东南沿海、珠江三角洲一带,其中宁波地区发展势头最猛,现已成为中国最大的注塑机生产基地,年产量占国内注塑机年总产量的1/2以上,占世界注塑机产量的1/3。

中国塑料机械虽然发展很快,个别产品也进入世界前列,但与工业发达国家如德国、日本、意大利相比,还有一定差距,主要表现在品种少、能耗高、控制水平低、性能不稳定等方面。产品主要集中在通用的中小型设备上,技术含量低,20世纪80~90年代的低档产品供大于求,机械制造能力过剩,企业效益下降。有的品种特别是超精大型高档产品还是空白,仍需进口。目前在国内塑料机械市场容量中,按台数和产量计,进口设备占75%左右,国产设备仅占25%,且还呈下降的趋势。

从21世纪初,中国塑料机械出口逐渐增多,现已出口到美国、日本、德国、俄罗斯、东南亚和非洲46个国家和地区。中国塑料机械在低端产品领域竞争力不断增长,在186亿欧元的世界市场所占份额由2001年的6.4%增长到2004年的10.2%。据海关总署信息中心统计,中国出口塑料机械设备价格偏低,仅是进口同类产品的1/3左右。2003年中国出口一台(套)塑料机械设备,平均创汇1.6万美元,而进口一台(套)塑料机械设备,平均付出外汇15.3万美元。从总体上看,21世纪初,中国塑料机械工业总产值、销售额和利润逐年增长,进口塑料机械设备付出外汇大于出口创汇,贸易逆差较大。

目前,我国制造的挤出机、注塑机、开炼机和压延机等已系列化,并能生产一些大型设备,如注射量达32000cm<sup>3</sup>的塑料注射成型机、螺杆直径为 $\phi 250\text{mm}$ 的塑料挤出机及 $\phi 700\text{mm} \times 1800\text{mm}$ 的大型精密四辊压延机等。尽管在某些方面和某些品种如锁模力25000kN的大型精密注塑机、超精密注塑机及双向拉伸薄膜机组等尚属空白,还需进口,但在大多数塑料制品成型机械方面已能满足国内的需求。随着塑料成型机械行业科技水平的提高和对引进设备的消化吸收,我国塑料加工机械的制造水平已有显著的进步,一些合资企业生产的产品已和发达国家同类产品没有明显差距,而售价仅为进口产品的几分之一。国内现已能生产部分世界先进的塑料成型专用设备,如多层吹塑、注拉吹及行星螺杆塑料挤出机等。部分技术水平已处于国际领先的产品也开始投入工业化生产并打入国际市场,如华南理工大学研制的电磁动态成型设备及北京化工大学研制的可视化挤出机等。



从总体上看,我国塑料成型机械行业技术水平与发达国家相比似有5~10年差距。主要表现在以下几个方面。

i. 速度、效益、节能方面的指标仍远低于国外先进厂家,大多国产的两三台设备才抵得上同规格国外一台先进设备。

ii. 控制水平未能跟上时代的步伐,表现在控制精度和制品重复精度都与国外先进水平有较大的差距。

iii. 企业自身装备水平与国外企业相差明显,产品精度低,竞争能力弱。

iv. 研究和开发的资金投入低,制约自主技术开发能力的提升,据统计,我国塑料机械行业平均开发性投入不到销售额的0.3%,只有国际同行业平均的1/10。

随着我国塑料制品用途的扩大和需求的增加,特别是中国加入世界贸易组织(WTO)后,国外的机械制造业加速对华转移,世界一些知名的塑料机械企业,如德国德马克、巴登菲尔、日本住友重工等公司先后“进驻”中国,有的还进一步设立了技术中心。国外塑料机械制造商的进入促进了中国塑料机械行业的发展,同时也使中国塑料机械制造企业充满了挑战。虽然我国塑料成型设备工业与世界先进水平相比仍存在着较大的差距,但是相信依靠全行业的拼搏努力,在不远的将来,也将赶上甚至超过世界先进水平。

### 1.3.2 塑料成型机械的发展趋势

从塑料成型机械总的发展趋势来看,近年来,世界各国开发的设备是朝着大型、高速、精密、特殊用途、连续化和自动化、小型和超小型的方向发展。

目前塑料加工设备发展的主要趋势和特点如下。

i. 从制品开发开始,向机械使用者提供从制品、工艺配方、设备到售后服务等的全方位服务。

ii. 紧跟材料科学的进展,使新型设备适应新型材料的加工。

iii. 从工作原理到基本结构对传统设备实行转变,开发新的加工装备,如华南理工大学发明的电磁动态塑化挤出机将振动场引入塑料加工过程,集机、电、磁于一体。

iv. 及时借鉴相关产业的技术发展,将各类最新的科技成果运用到本行业上,使设备更精密、更高效和更节能。

v. 将计算机技术和先进的光电控制仪表引入塑料加工设备,提高设备的自动化水平和工作的平稳性。

事实上,塑料成型机械如今除完成获取高分子材料制品外,还常常改造用作开发新型高分子材料和提高塑料材料性能和功能的重要工具。以最低的成本、最省的能量消耗、最少地产生废料和环境污染,实现最大的劳动生产率和获取最优质的塑料制品是整个行业不断发展、不断推陈出新的源动力和终极目标。

#### 1.3.2.1 开炼机

目前世界各主要工业国家开炼机的生产早已形成系列,规格、尺寸、外形大致相似。20世纪90年代以来,中国对开炼机的改进主要是提高机械化程度、增加安全操作措施、改善劳动条件和减少占地面积。

国内的一些主要生产厂家对开炼机结构作了很多改进,如将减速系统设置在左右支架内,安装在接料盘下面。在机架上设置了翻料装置,采用了液压调辊距和液压安全装置,尽量减少设备的自重和占地面积,努力提高设备的使用寿命。目前国内的开炼机也已形成完整系列,品种规格齐全,完全可以满足用户各方面的要求。如大连橡胶塑料机械股份有限公司率先完成了开炼机的系列化改型开发,开炼机的辊筒及轴承均采用双列调心滚子轴承,所有

