



高等学校教材

# 塑料成型加工与模具

黄虹 主编



化学工业出版社  
教材出版中心

高等学校教材

# 塑料成型加工与模具

黄虹 主编

化学工业出版社  
教材出版中心  
·北京·

(京)新登字 039 号

图书在版编目 (CIP) 数据

塑料成型加工与模具/黄虹主编. —北京: 化学工业出版社, 2002

高等学校教材

ISBN 7-5025-4284-1

I. 塑… II. 黄… III. ①塑料成型 ②塑料模具  
IV. TQ320

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2002) 第 110650 号

---

高等学校教材

塑料成型加工与模具

黄虹 主编

责任编辑: 杨菁

文字编辑: 韩庆利

责任校对: 郑捷

封面设计: 于兵

\*

化学工业出版社 出版发行  
教材出版中心

(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

北京管庄永胜印刷厂印刷

天津市延风装订厂装订

开本 787 毫米 × 1092 毫米 1/16 印张 20 1/4 字数 501 千字

2003 年 3 月第 1 版 2003 年 3 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-4284-1/G·1149

定 价: 29.00 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

## 前 言

高分子材料科学是现代自然科学的结晶、是物质科学中的新科学和增长点。高分子材料科学的问世改变了 20 世纪的物质文明，推动了人类社会的进步。高分子材料已在人们的衣食住行和国防建设、生态环境等众多领域得到广泛应用，并为新世纪的物质文明谱写着更丰富的篇章。

高分子材料通常包括塑料、合成橡胶和合成纤维。作为高分子材料之一的塑料，由于原料丰富、制造方便、加工容易、质地优良、轻巧耐用、用途广泛和投资效益显著，目前世界上的体积产量已经赶上和超过了钢铁，成为人类使用的主要材料。世界各国都非常重视塑料工业的发展，其低成本高效益为制造业带来了巨大的财富。中国改革开放后的经济高速增长也包含了突飞猛进的塑料工业的巨大贡献。

塑料工业是一个复杂的系统，是集原材料、加工工艺、制造设备和成型模具等一系列科技产业为一体的高科技产业。目前，中国的塑料工业的总体水平与其他先进国家相比还有一定差距，还需要大力推进这门新兴学科及其产业的科技进步和基础建设，重视开展相应的基础性研究和应用研究，并进一步加强对塑料工业急需的专业技术人才的培养。

本书根据普通高等院校材料成型与控制工程专业的教学计划和教学大纲编写而成，并将塑料成形工艺与模具设计有机结合，供高等院校材料成型与控制工程专业高年级学生学习使用；也可供高分子材料与工程专业、机械设计与制造专业以及从事塑料成型加工工艺与模具设计人员参考。通过该教材的学习，既能对基础理论有较深理解、专业上有所掌握，又在实践方面得到指导，能独立设计塑料成型工艺和塑料成型模具，并具备一定的塑料制品设计能力。

本书共分三篇。

第一篇塑料成型的理论基础。主要阐述塑料与成型加工有关的各种性质、塑料制件的结构设计，为学习认识其性质和塑件的成型工艺与模具的设计打下基础。

第二篇注射成型工艺及模具设计。由于注射成型应用广泛，是机械制造、汽车、摩托车、家用电器、电子通讯、建筑、仪器仪表、医药器材和日用品等行业的塑料制件的主要成型方法。因此，本书重点对注射成型的工艺与模具设计进行较系统、全面的讨论、分析、研究。

第三篇其他塑料成型。介绍了热固性塑料的压缩成型和压注成型、热塑性塑料的挤出成型、中空塑件的成型、真空和压缩空气成型的工艺与模具设计，使读者对塑料的成型加工有一个全面的了解与认识。

本书由华中理工大学李德群教授编写第一章、第十章、第十一章和第十四章，重庆工学院黄虹副教授编写第二章、第五章、第六章和第十二章，广东工业大学曾湘云副教授编写第三章，郑州大学曹宏深教授编写第四章，江苏大学陈嘉真教授编写第七章和第九章，江苏大学李学军副教授编写第八章，华东理工大学徐佩弦教授编写第十三章，全书由重庆工学院黄虹副教授主编，重庆工学院胡亚民教授主审。

本书出版过程中还得到化学工业出版社和重庆工学院教材科等单位的关心及大力支持。在这里一并表示最诚挚的感谢。

由于受个人视野和专业范围所限，难免存在不足与谬误，敬请批评指正。

编者  
2003年2月

## 内 容 提 要

本书内容包括塑料成型基础（塑料概论、塑料成型理论基础、塑料制件的设计原则）；注射成型工艺及模具设计（注射成型工艺、注射模概述、注射模浇注系统、注射模成型零部件设计、注射模的导向及脱模机构设计、侧向分型与抽芯机构设计、注射模温度调节系统、注射模的设计步骤及材料选用、注射模新技术的应用）；其他塑料成型（热固性塑料的模塑成型、塑料的其他成型方法）。

本书可作为材料专业学生的教材，对相关专业的工程、科技人员也有参考价值。

# 目 录

第一篇 塑料成型基础 .....	1
第一章 概论 .....	1
第一节 塑料及其应用 .....	1
一、塑料的组成 .....	1
二、塑料的分类 .....	2
三、塑料的性能和用途 .....	4
第二节 塑料的加工适应性 .....	5
第三节 塑料的主要成型方法 .....	5
习题与思考 .....	6
第二章 塑料成型理论基础 .....	7
第一节 聚合物的流变学性质 .....	7
一、牛顿流动规律 .....	7
二、指数流动规律和表观黏度 .....	9
三、假塑性液体的流变学性质及有关问题 .....	10
四、影响聚合物流变学性质的因素 .....	14
五、流体在简单几何形状导管内的流动分析 .....	18
六、热塑性聚合物流变曲线的应用 .....	27
七、热固性聚合物的流变学性质 .....	28
第二节 聚合物熔体在模内的流动行为 .....	29
一、端末效应 .....	29
二、失稳流动和熔体破裂 .....	31
三、聚合物熔体的充模流动 .....	33
第三节 塑料成型过程中聚合物的物理变化 .....	37
一、聚合物的结晶 .....	37
二、聚合物的取向 .....	42
三、残余应力 .....	45
第四节 塑料成型过程中聚合物的化学反应 .....	46
一、降解 .....	46
二、交联 .....	48
习题与思考 .....	49
第三章 塑料制件的设计原则 .....	51
一、塑料制件的选材 .....	51
二、塑料制件的尺寸和精度 .....	52

三、塑料制件的表面质量 .....	53
四、塑料制件的结构设计 .....	54
习题与思考 .....	64
<b>第二篇 注射成型工艺及模具 .....</b>	<b>65</b>
<b>第四章 注射成型工艺 .....</b>	<b>65</b>
第一节 热塑性塑料的工艺性能 .....	65
一、塑料的成型收缩 .....	65
二、塑料的流动性 .....	66
三、塑料的结晶性 .....	67
四、塑料的其他工艺性能 .....	67
第二节 注射机的基本结构及规格 .....	68
一、注射机分类 .....	68
二、注射机规格及主要技术参数 .....	70
第三节 注射成型原理及其工艺过程 .....	70
一、生产前的准备工作 .....	70
二、注射成型原理及其工艺过程 .....	74
三、制件的后处理 .....	81
第四节 注射成型工艺条件的选择与控制 .....	82
一、温度 .....	82
二、压力 .....	86
三、成型周期 .....	95
第五节 几种常用塑料的注射成型特点 .....	96
一、聚苯乙烯塑料 .....	96
二、聚丙烯塑料 .....	97
三、聚酰胺(又称尼龙)塑料 .....	98
四、聚碳酸酯塑料 .....	98
第六节 典型注射制件的工艺条件与各种塑料的注射工艺参数 .....	101
习题与思考 .....	107
<b>第五章 注射模概述 .....</b>	<b>108</b>
第一节 注射模的基本结构 .....	108
一、注射模的结构组成 .....	108
二、注射模具按结构特征分类 .....	109
第二节 注射模具与注射机的关系 .....	112
一、注射量的校核 .....	112
二、注射压力的校核 .....	113
三、锁模力的校核 .....	113
四、安装部分的尺寸校核 .....	114
五、开模行程的校核 .....	115
六、顶出装置的校核 .....	117



第三节 标准模架的选用	117
一、普通标准模架的优点和局限性	117
二、标准模架简介	118
习题与思考	119
<b>第六章 注射模浇注系统</b>	<b>121</b>
第一节 流变学在浇注系统设计中的应用	121
第二节 普通流道浇注系统	122
一、主流道的设计	122
二、冷料穴设计	122
三、分流道设计	124
四、浇口设计原则	128
五、浇口的类型	132
第三节 浇注系统的平衡进料	136
一、一模多腔浇注系统的平衡	136
二、一模一腔多浇口浇注系统的平衡	138
习题与思考	140
<b>第七章 注射模成型零部件设计</b>	<b>141</b>
第一节 型腔总体布置与分型面选择	141
一、型腔数目的确定	141
二、多型腔的排列	142
三、分型面的设计	143
第二节 成型零部件的结构设计	148
一、凹模	148
二、凸模(型芯)	149
三、螺纹型芯与螺纹型环	150
第三节 成型零部件的工作尺寸计算	153
一、塑件尺寸精度的影响因素	153
二、成型零部件工作尺寸计算	154
三、螺纹型芯与螺纹型环	161
第四节 成型型腔壁厚的计算	165
一、型腔侧壁厚度计算	166
二、型腔底板厚度计算	169
第五节 排气结构设计	171
习题与思考	173
<b>第八章 注射模的导向及脱模机构设计</b>	<b>175</b>
第一节 导向机构设计	175
一、导柱导向机构	175
二、锥面和合模销定位机构	177
第二节 脱模机构设计	178
一、脱模机构的分类及设计原则	178

二、脱模力的计算及推出零件尺寸确定	179
三、一次推出脱模机构	182
四、二次推出脱模机构	186
五、浇注系统凝料的脱出和自动脱落机构	189
六、塑件螺纹的脱模机构	191
习题与思考	195
<b>第九章 侧向分型与抽芯机构设计</b>	197
第一节 侧向分型与抽芯机构的分类	197
一、手动侧向分型与抽芯机构	197
二、液压或气动侧向分型与抽芯机构	197
三、机动侧向分型与抽芯机构	198
第二节 斜销侧向分型与抽芯机构	198
一、工作原理	198
二、斜销侧向分型与抽芯机构主要参数的确定	198
三、斜销侧向分型与抽芯机构结构设计要点	202
第三节 弯销侧向分型与抽芯机构	210
第四节 斜滑块侧向分型与抽芯机构	211
一、斜滑块侧向分型与抽芯机构的结构形式	211
二、斜滑块侧向分型与抽芯机构设计要点	212
第五节 齿轮齿条侧向分型与抽芯机构	215
习题与思考	215
<b>第十章 注射模温度调节系统</b>	216
第一节 温度调节的必要性	216
一、温度调节对塑件质量的影响	216
二、温度调节对生产效率的影响	217
第二节 冷却管道的工艺计算	218
一、冷却时间的计算	218
二、冷却管道传热面积及管道数目的简易计算	219
三、冷却管道的详细计算	222
第三节 冷却系统的设计原则	232
第四节 冷却回路的形式	234
一、凹模冷却回路	234
二、型芯冷却回路	235
习题与思考	237
<b>第十一章 注射模的设计步骤及材料选用</b>	238
第一节 注射模的设计步骤	238
一、设计前应明确的事项	238
二、模具结构设计的一般步骤	239
第二节 注射模设计实例	240
一、塑料制件及模具设计依据	240

二、模具结构设计	241
三、分析计算	242
四、实际效果	247
第三节 注射模具材料选用	247
一、成型零件材料选用	247
二、注射模用钢种	248
习题与思考	251
<b>第十二章 注射模新技术的应用</b>	<b>252</b>
第一节 热固性塑料注射成型工艺及模具	252
一、发展概况	252
二、工艺要点及模具简介	252
第二节 无流道成型	253
一、无流道成型的优缺点和模具设计原则	254
二、无流道模具的分类	254
第三节 共注射成型	259
第四节 气体辅助注射成型	260
一、概述	260
二、气体辅助注射成型工艺	262
三、气体辅助注射成型制件和模具的设计特点	263
第五节 注射模计算机辅助设计、辅助工程与辅助制造	265
一、注射模 CAD/CAE/CAM 技术的特点	265
二、注射模具 CAD/CAE/CAM 的工作内容	265
三、国内外简况及发展趋势	266
习题与思考	267
<b>第三篇 其他塑料成型</b>	<b>268</b>
<b>第十三章 热固性塑料的模塑成型</b>	<b>268</b>
第一节 工艺特征及模具	268
一、压缩成型	268
二、压注成型	270
第二节 模具结构设计要点	271
一、压缩成型模结构设计要点	271
二、料槽式压注成型模结构设计要点	278
三、柱塞式压注成型模结构设计要点	283
习题与思考	286
<b>第十四章 塑料的其他成型方法</b>	<b>287</b>
第一节 挤出成型	287
一、挤出成型机头的典型结构及设计原则	287
二、挤出成型机头的工艺参数	288
三、挤出制件的冷却定型	290

第二节 中空成型	291
一、中空成型的分类和基本结构	291
二、中空成型模具的设计要点	292
第三节 真空成型	294
一、真空成型的特点和方法	294
二、真空成型模具的设计要点	295
第四节 压缩空气成型	297
一、压缩空气成型的特点	297
二、压缩空气成型模具的设计要点	298
习题与思考	299
<b>附录</b>	<b>300</b>
附录 1 塑料及树脂缩写代号	300
附录 2 热塑性塑料的某些性能	302
附录 3 常用塑料的连续耐热温度和热变形温度	302
附录 4 热塑性塑料制品的缺陷及产生的原因	303
附录 5 热固性塑料制品的缺陷及产生的原因	304
附录 6 热塑性塑料注射机型号和主要技术规格	305
附录 7 热塑性塑料注射机锁模机构与装模尺寸	306
<b>参考文献</b>	<b>313</b>

# 第一篇 塑料成型基础

## 第一章 概 论

### 第一节 塑料及其应用

塑料是以高分子聚合物为主要成分，并在加工为制品的某阶段可流动成型的材料。所谓高分子聚合物，是指由成千上万个结构相同的小分子单体通过加聚或缩聚反应形成的长链大分子。它既存在于大自然中（称之为天然树脂），又能够用化学方法人工制取（称之为合成树脂）。合成树脂是塑料的主体。在合成树脂中加入某些添加剂，如稳定剂、填料、增塑剂、润滑剂、着色剂等，可以得到各种性能的塑料品种。由于添加剂所占比例较小，塑料的性能主要取决于合成树脂的性能。

塑料具有特殊的物理力学性能和化学稳定性能，以及优良的成型加工性能。塑料的这种独特性能归根于高分子聚合物的巨大相对分子质量。一般的低分子物质的相对分子质量仅为几十至几百，如一个水分子仅含一个氧原子和两个氢原子，水的相对分子质量为 18，而一个高分子聚合物的分子含有成千上万个原子，相对分子质量可达到几万乃至几十万、几百万。原子之间具有很大的作用力，分子之间的长链会蜷曲缠绕。这些缠绕在一起的分子既可互相吸引又可互相排斥，使塑料产生了弹性。高分子聚合物在受热时不像一般低分子物质那样有明显的熔点，从长链的一端加热到另一端需要时间，即需要经历一段软化的过程，因此塑料便具有可塑性。高分子聚合物与低分子物质的重要区别还在于高分子聚合物没有精确、固定的相对分子质量。同一种高分子聚合物的相对分子质量的大小并不一样，因此只能采用平均相对分子质量来描述。例如，低密度聚乙烯的平均相对分子质量为 2.5 万~15 万，高密度聚乙烯的平均相对分子质量为 7 万~30 万。

高分子聚合物常用来制造合成树脂、合成橡胶和合成纤维，这三大合成材料成了 20 世纪材料工业的一个重要支柱。其中，合成树脂的产量最大，应用最广。

#### 一、塑料的组成

塑料是以合成树脂为主要成分，并根据不同需要而添加不同添加剂所组成的混合物。

##### 1. 合成树脂

合成树脂是塑料的主要成分，所以它决定了塑料的基本性能。在塑料制件中，合成树脂应成为均一的连续相，其作用在于将各种添加剂粘结成一个整体，而使其具有一定的物理力学性能。在成型加工中，由合成树脂与所加的添加剂配制成的塑料还应有良好的成型工艺性能。合成树脂是人们模仿天然树脂的成分，并克服了产量低、性能不理想的缺点，用化学方法人工制取的各种树脂。最初制造合成树脂的原料为农副产品，以后改用煤，20 世纪 60 年代以后则主要采用石油和天然气。

##### 2. 稳定剂

塑料在受热及紫外线、氧气的作用下会逐渐老化。因此，在大多数塑料中都要添加稳定

剂，用以减缓或阻止塑料在加工和使用过程中的分解变质。根据稳定剂作用的不同，又分为热稳定剂、抗氧化剂和紫外线吸收剂等。各种塑料由于内部结构不同，老化机理不一样，所用的稳定剂也就不同。例如，有机锡化合物常用作聚氯乙烯的热稳定剂，酚类及胺类有机物常用作抗氧化剂，羟基类衍生物、苯甲酸酯类及炭黑等常用作紫外线吸收剂。稳定剂的用量一般为塑料的 0.3%~0.5%。

### 3. 填料

填料包括填充剂和增强剂。为了降低塑料成本，有时在合成树脂中掺入一些廉价的填充剂，或者是为了改进塑料的性能，如塑料的硬度、刚度、冲击韧度、电绝缘性、耐热性、成型收缩率等都可通过添加相应的填充剂而得到改善。最常用的填充剂是碳酸钙、硫酸钙和硅酸盐等，也有木粉、石棉等。增强剂是一类自身强度很高的纤维组织材料，加入塑料之中能显著增大其拉伸强度和弯曲强度。典型品种有玻璃纤维、棉、麻和纸筋等，性能特殊的还有碳纤维、陶瓷纤维、硼纤维及其单晶纤维。以玻璃纤维和玻璃布作增强剂的塑料俗称玻璃钢。填料的用量通常为塑料组成的 40% 以下。

### 4. 增塑剂

增塑剂用来提高塑料成型加工时的可塑性和增进制品的柔软性。常用的增塑剂是一些高沸点的液态有机化合物或低熔点的固态有机化合物。理想的增塑剂，必须在一定范围内能与合成树脂很好地相溶，并具有良好的耐热、耐光、不燃性及无毒等性能。增塑剂的加入会降低塑料的稳定性、介电性能和力学强度。塑料的老化现象，就是由增塑剂中的某些挥发物质逐渐从塑料制品中逸出而产生的。因此，在塑料中应尽量地减少增塑剂的含量。大多数塑料一般不添加增塑剂，只有软质聚氯乙烯含有大量的增塑剂，其增塑剂的含量可高达 100%。

### 5. 润滑剂

润滑剂对塑料的表面起润滑作用，防止熔融的塑料在成型过程中粘附在成型设备或模具上。添加润滑剂还可改进塑料熔体的流动性能，同时也可以提高制品表面的光亮度。常用的润滑剂有硬脂酸及其盐类等。润滑剂的用量通常小于 1%。

### 6. 着色剂

合成树脂的本色都是白色半透明或无色透明的。在工业生产中常利用着色剂来增加塑料制品的色彩。一般要求着色剂的着色力强、色泽鲜艳、耐热、耐光。常用的着色剂有有机颜料和矿物颜料两类。有机颜料，如颜色钠猩红、黄光硫靛红棕、颜料蓝、炭黑等；矿物颜料，如铬黄、绛红镉、氧化铬、铝粉末等。

### 7. 固化剂

在热固性塑料成型时，有时要加入一种可以使合成树脂完成交联反应而固化的物质。例如，在酚醛树脂中加入六亚甲基四胺，在环氧树脂中加入乙二胺或顺丁烯二酸酐等。这类添加剂称之为固化剂或交联剂。

根据不同的用途，在塑料中还可增添一些其他的添加剂。例如，阻燃剂可降低塑料的燃烧性，发泡剂可制成泡沫塑料等。

塑料还可以像金属那样制成“合金”，即把不同品种、不同性能的塑料用机械的方法均匀掺合在一起（共混改性），或者将不同单体的塑料经过化学处理得到新性能的塑料（聚合改性）。例如，ABS 塑料就是由丙烯腈、丁二烯、苯乙烯三种成分制成的三元共聚物。

## 二、塑料的分类

目前，塑料品种已达 300 多种，常见的约 30 多种。我们可根据塑料的制造方法、成型

工艺及其用途将它们进行分类。

### 1. 按制造方法分类

合成树脂的制造方法主要是根据有机化学中的两种反应：聚合反应和缩聚反应。

聚合反应是将许多低分子单体（如从煤和石油中得到的乙烯、苯乙烯、甲醛等的分子）化合成高分子聚合物的化学反应。在此反应过程中没有低分子物质析出。这种反应既可在同一种物质的分子间进行（其反应产物称为聚合体），也可以在不同物质的分子间进行（其反应产物称为共聚体）。

缩聚反应也是将相同的或不相同的低分子单体化合成高分子聚合物的化学反应，但是在此反应过程中有低分子物质（如水、氨、氯化氢等）析出。

因此，可将塑料划分成聚合树脂和缩聚树脂两类。

### 2. 按成型性能分类

根据成型工艺性能，塑料可分为热塑性塑料和热固性塑料两类。热塑性塑料主要由聚合树脂制成，热固性塑料大多数是以缩聚树脂为主，加入各种添加剂制成的。

热塑性塑料的特点是受热后软化或熔融，此时可成型加工，冷却后固化，再加热仍可软化。热固性塑料在开始受热时也可以软化或熔融，但是一旦固化成型就不会再软化。此时，即使加热到接近分解的温度也无法软化，而且也不会溶解在溶剂中。

塑料的这种热塑或热固的特性，可以从分子的结构特征来解释。一般低分子物质的分子呈球状，而高分子物质的结构，有的像长链，有的像树枝，还有的呈网状。这些结构使得塑料具有热塑或热固的特性。高分子物质的结构示意图如图 1-1 所示。

热塑性塑料的分子结构呈链状或树枝状，常称为线性聚合物。这些分子通常互相缠绕但并不连结在一起，受热后具有可塑性。热塑性塑料又可分为无定形塑料和结晶形塑料两类。属于结晶形的常用塑料如聚乙烯、聚丙烯、聚酰胺（尼龙）等；属于无定形的常用塑料如聚苯乙烯、聚氯乙烯、ABS 等。

热固性塑料在加热开始时也具有链状或树枝状结构，但在受热后这些链状或树枝状分子逐渐结合成网状结构（称之为交联反应），成为既不熔化又不溶解的物质，常称为体型聚合物。由于分子的链与链之间产生了化合反应，所以当再次加热时这类塑料便不能软化。由此可见，热固性塑料的耐热变形性能比热塑性塑料好。常见的热固性塑料有酚醛、脲醛、三聚氰胺甲醛、不饱和聚酯等。

热塑性塑料常采用注射、挤出或吹塑等方法成型。热固性塑料常采用压缩或压注方法成型，有的也可以采用注射成型。

### 3. 按用途分类

按照用途塑料又可分为通用塑料、工程塑料以及特殊用途的塑料等。通用塑料是指用途最广泛、产量最大、价格最低廉的塑料。现在世界公认的通用塑料有聚乙烯（PE）、聚丙烯（PP）、聚苯乙烯（PS）、聚氯乙烯（PVC）、酚醛（PF）和氨基塑料六大类，它们的产量约占世界塑料总产量的 80%。工程塑料是指那些可用作工程材料的塑料，主要有丙烯腈-丁二烯-苯乙烯共聚物（ABS）、聚酰胺（PA）、聚甲醛（POM）、聚碳酸酯（PC）、聚苯醚

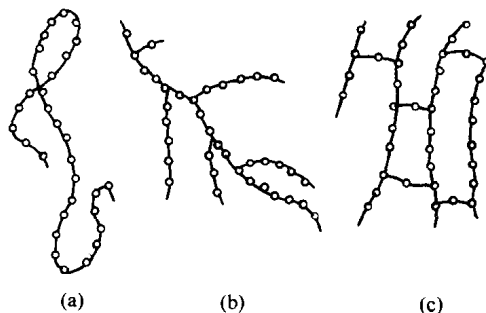


图 1-1 高分子物质的结构示意图  
(a) 链状结构；(b) 树枝状结构；(c) 网状结构

(PPO)、聚砜 (PSF) 及各种增强塑料。

随着塑料应用范围的不断扩大, 工程塑料和通用塑料之间的界线越来越难划分。例如, 聚氯乙烯 (PVC) 作为耐腐蚀材料已大量用于化工机械中, 按用途分类, 它又属于工程塑料。

### 三、塑料的性能和用途

不同品种的塑料具有不同的性能和用途, 综合起来, 塑料具有如下性能及用途。

#### 1. 质量轻

一般塑料的密度与水相近, 大约是钢密度的  $1/6$ 。虽然塑料的密度小, 但它的力学强度比木材、玻璃、陶瓷等要高得多, 有些塑料在强度上甚至可与钢铁媲美。这对于要求减轻自重的车辆、船舶和飞机有着特别重要的意义。由于质量轻, 塑料特别适合制造轻巧的日用品和家用电器零件。

#### 2. 比强度高

如果按单位质量来计算材料的抗拉强度 (称之为比强度), 则塑料并不逊于金属, 有些塑料, 如工程塑料、碳纤维增强塑料等, 还远远超过金属。所以, 一般塑料除制造日常用品外, 还可用于工程机械中。纤维增强塑料可用作负载较大的结构零件。塑料零件在运输工具中所占比例越来越大。目前, 在小轿车中塑料的质量约占整车质量的  $1/10$ , 而在宇宙飞船中塑料的体积约占飞船总体积的  $1/2$ 。

#### 3. 耐化学腐蚀能力强

塑料对酸、碱、盐等化学物质的腐蚀均有抵抗能力。其中, 聚四氟乙烯是化学性能最稳定的塑料, 它的化学稳定性超过了所有的已知材料 (包括金与铂)。最常用的耐腐蚀材料为硬聚氯乙烯, 它可以耐浓度达 90% 的浓硫酸、各种浓度的盐酸和碱液, 被广泛用来制造化工管道及容器。

#### 4. 绝缘性能好

塑料对电、热、声都有良好的绝缘性能, 被广泛地用来制造电绝缘材料、绝缘保温材料以及隔音吸音材料。塑料的优越电气绝缘性能和极低的介电损耗性能, 可以与陶瓷和橡胶媲美。除用作绝缘外, 现又制造出半导体塑料、导电导磁塑料等, 它们对电子工业的发展具有独特的意义。

#### 5. 光学性能好

塑料的折射率较高, 并且具有很好的光泽。不加填充剂的塑料大都可以制成透光性良好的制品, 如有机玻璃、聚苯乙烯、聚碳酸酯等都可制成晶莹透明的制品。目前, 这些塑料已广泛地用来制造玻璃窗、罩壳、透明薄膜以及光导纤维材料。

#### 6. 加工性能好、经济效益显著

塑料具有容易成型, 成型加工周期短的特性, 将塑料做成塑料制件, 所需专用设备投资少, 能耗低。特别是与金属制件加工相比, 加工工序少, 成型周期短, 加工过程中的边角废料多数可回收再用, 如果以单位体积计算, 生产塑料制件的费用仅为有色金属的  $1/10$ , 因此塑料制件的总体经济效益显著。

应该指出的是, 塑料也存在着一些缺点, 在应用中受到一定的限制。一般塑料的刚性差, 如尼龙的弹性模量约为钢铁的  $1/100$ 。塑料的耐热性差, 在长时间工作的条件下一般使用温度在  $100\text{ }^{\circ}\text{C}$  以下, 在低温下易开裂。塑料的导热系数只有金属的  $(1/200)\sim(1/600)$ , 这对散热而言是一个缺点。若长期受载荷作用, 即使温度不高, 塑料也会渐渐产生塑性流动, 即产生“蠕变”现象。塑料易燃烧, 在光和热作用下性能容易变坏, 发生老化现象。所



以，在选择塑料时要注意扬长避短。

## 第二节 塑料的加工适应性

温度对于塑料的加工有着重要的影响。随着加工温度的逐渐升高，塑料将经历玻璃态、高弹态、黏流态直至分解。处于不同状态下的塑料表现出不同的性能，这些性能在很大程度上决定了塑料对加工的适应性。下面以热塑性塑料为例说明在各种状态下塑料与加工方法的关系。

图 1-2 为热塑性塑料的弹性模量  $E$ 、形变率  $\dot{\gamma}$  与温度  $\theta$  的曲线关系。从图中可见，处于玻璃化温度  $\theta_g$  以下的塑料为坚硬的固体。由于弹性模量高、形变率小，故在玻璃态塑料不宜进行大变形加工，但可进行车、铣、刨、钻等机械切削加工。在  $\theta_g$  以下的某一温度，塑料受力易发生断裂破坏，这一温度称为脆化温度。它是材料使用的下限温度。

在  $\theta_g$  以上的高弹态，塑料的弹性模量显著减小，形变能力大大增强。对于无定形塑料在高弹态靠近聚合物流动或软化的黏流温度  $\theta_f$  一侧的区域内，材料的黏性很大，某些塑料可进行真空成型、压力成型、压延和弯曲成型等。由于此时的形变是可逆的，为了得到符合形状尺寸要求的制品，在加工中把制品温度迅速冷却到  $\theta_g$  以下的温度是这类加工过程的关键。对于结晶形塑料，当外力大于材料的屈服点时，可在  $\theta_g$  至熔点温度  $\theta_m$  的区域内进行薄膜或纤维的拉伸。此时  $\theta_g$  是大多数塑料加工的最低温度。

高弹态的上限温度是  $\theta_f$ 。由  $\theta_f$  (或者  $\theta_m$ ) 开始，塑料呈黏流态。通常将呈黏流态的塑料称为熔体。在  $\theta_f$  以上不高的温度范围内常进行压延、挤出和吹塑成型等。在比  $\theta_f$  高的温度下，塑料的弹性模量降低到最低值，较小的外力就能引起熔体宏观流动。此时在形变中主要是不可逆的黏性变形。塑料在冷却后能够将形变永久保持下去。因此，在这个温度范围内常进行熔融纺丝、注射、挤出和吹塑等加工。但是过高的温度容易引起制品产生溢料、翘曲等弊病，当温度高到分解温度  $\theta_d$  时还会导致塑料分解，以致降低制品的物理、力学性能或者引起制品外观不良。因此， $\theta_f$  与  $\theta_g$  一样都是塑料进行加工的重要参考温度。

从以上讨论可知，在一定的加工温度下塑料具有可挤压性、可模塑性、可延性、可纺性、可机加工性等。限于本课程的教学内容，下面仅讨论塑料的可挤压性和可模塑性。

## 第三节 塑料的主要成型方法

塑料的成型方法很多，下面列举其中六种主要的成型方法。

### 1. 注射成型

塑料的注射成型又称注塑成型。该方法采用注射成型机将粒状的塑料连续输入到注射成型机料筒中受热并逐渐熔融，使其成黏性流动状态，由料筒中的螺杆或柱塞推至料筒端部。通过料筒端部的喷嘴和模具的浇注系统将熔体注入闭合的模具中，充满后经过保压和冷却，

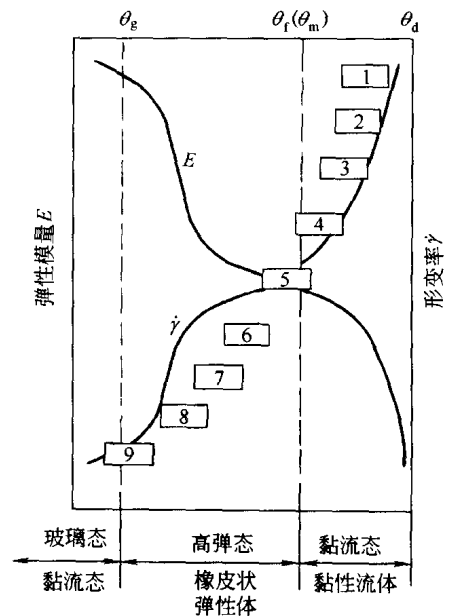


图 1-2 热塑性塑料的状态与加工的关系

- 1—熔融纺线；2—注射；3—薄膜吹塑；  
4—挤出成型；5—压延成型；6—中空成型；7—真空和压力成型；8—薄膜和纤维热拉伸；9—薄膜和纤维冷拉伸