

高等学校规划教材

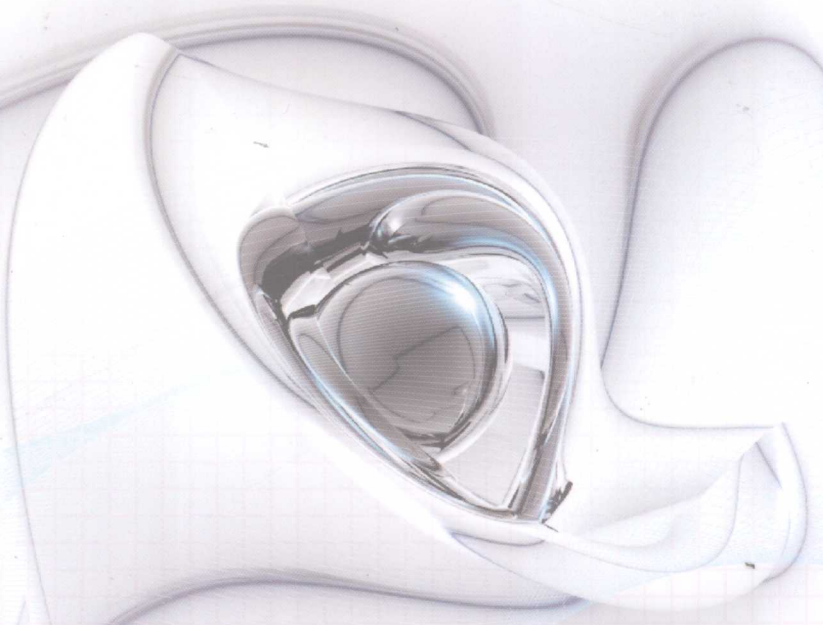


# 塑料成型

▶ 江水青 李海玲 主编

SULIAO  
CHENGXING  
JIAGONG  
JISHU

# 加工技术



化学工业出版社

高等学校规划教材

# 塑料成型加工技术

江水青 李海玲 主编



化学工业出版社

·北京·

本书主要介绍了目前塑料行业中大量使用的各类成型加工工艺技术。编写内容从实用角度出发,抛繁就简,介绍了塑料成型技术所需要的基础知识,原材料及选择,各类成型工艺的工艺流程、工艺参数、设备模具的使用和操作方法,成型加工过程中所涉及的配方设计原则和教学生产中所需要的实验,重点讲解了挤出和注塑两大成型工艺。各章后均有适当的思考题,可供学习者更好地掌握本书的重点知识。

本书内容丰富,理论讲解适度,并有实验辅助学习,适用作高等学校高分子专业本科生教材、高职高专相关专业学生的教材,也可用作企业相关技术人员的培训教材及参考书。

### 图书在版编目(CIP)数据

塑料成型加工技术/江水青,李海玲主编. —北京:化学工业出版社,2009.9  
高等学校规划教材  
ISBN 978-7-122-06103-4

I. 塑… II. ①江…②李… III. 塑料成型-工艺-高等学校-教材 IV. TQ320.66

中国版本图书馆CIP数据核字(2009)第123630号

---

责任编辑: 窦 臻 任海蓬  
责任校对: 李 林

文字编辑: 李姿娇  
装帧设计: 周 遥

---

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475千字 2009年8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: 32.00元

版权所有 违者必究

# F oreword 前言

高分子产品已成为人们生活中不可缺少的部分，而塑料产品在高分子产品中占有重要的地位，其应用已经涉及国民经济的各个领域。

自 20 世纪以来，为了发展我国的塑料工业和培养更多的专业人才，已经有不少高质量的专著和教科书出版，为我国塑料行业的发展做出了很大贡献。随着我国高分子科学专业的飞速发展，各种新工艺、新设备层出不穷，要求有不同层次的教材，以适应塑料成型专业的发展，满足培养更多科技人才的需要。目前的塑料加工成型教材中既讲解基本原理和具体应用，又能指导解决操作中可能遇到的实际问题的注重实用的教材较少，为适应培养多层次专业人才的要求，我们编写了本书。

塑料成型工艺是高分子专业的一门重要专业课程。根据国家普通高等教育的专业大纲要求，设为塑料专业的必修专业课。

本书在连续教授 10 多届高职高专学生的讲义基础上编写，着重对塑料成型加工的成型基础、成型过程、成型工艺参数等内容进行了阐述。结合相关教材的基础内容，根据本专业的教学大纲要求与实际教学要求以及学生的学习特点，以培养复合型应用人才为基础，有重点地介绍了挤出和注塑两大成型工艺。

在成型工艺的教学中，往往要同时参照配方的练习，以大量的实验辅助教学，而这些内容很少出现在同一教材中。本教材根据具体应用的要求，删减了部分复杂的原理和公式的推导过程，增加了在实践中要用到的材料、配方、实验等内容，使学生可以在一本教材中就查找到相关的学习内容，使用紧凑。本书适用作高分子加工成型专业的本科、高职高专教材，也可用作企业技术人员的培训教材。

本书的编写分工如下：江水青负责第 4 章、第 5 章、第 6 章和第 13 章；李海玲负责第 1 章、第 9 章、第 10 章、第 11 章；王继虎负责第 3 章、第 8 章和第 14 章；袁芳负责第 2 章和第 7 章；韩云海负责第 12 章；战胜负责本书的所有成型绘图工作。全书由江水青和李海玲负责统稿并任主编，徐思亭担任主审。

本书在编写过程中，参考了一些同专业的著作，在此对相应参考文献的作者表示感谢。因为编者能力有限，书中的不妥之处在所难免，恳请同行业专家和读者批评指正。

编者  
2009 年 5 月

## 1 塑料成型基础知识

<b>1.1 概述</b> .....	1
1.1.1 塑料的种类 .....	2
1.1.2 塑料的特性 .....	3
1.1.3 决定塑料性能的因素 .....	3
1.1.4 塑料的成型方法 .....	4
<b>1.2 塑料在成型过程中的物理和化学变化</b> .....	6
1.2.1 聚合物成型中的结晶 .....	6
1.2.2 高聚物的取向态结构 .....	9
1.2.3 聚合物的降解 .....	12
1.2.4 热固性塑料的交联作用 .....	15
<b>1.3 塑料的成型性能</b> .....	15
1.3.1 塑料的可挤压性 .....	16
1.3.2 塑料的可模塑性 .....	17
1.3.3 塑料的可纺性 .....	18
1.3.4 塑料的可延性 .....	18
<b>1.4 高聚物的物理状态</b> .....	18
1.4.1 线型无定形高聚物的三种物理状态 .....	18
1.4.2 结晶高聚物的物理状态 .....	19
1.4.3 高聚物的变形特点 .....	19
<b>1.5 高聚物的流变性质</b> .....	21
1.5.1 高聚物流动性的表征方法 .....	22
1.5.2 高聚物熔体的流变行为 .....	23
1.5.3 高聚物熔体的弹性效应 .....	25
1.5.4 影响高聚物熔体流变行为的主要因素 .....	27
<b>思考题</b> .....	28

## 2 塑料原材料

<b>2.1 树脂</b> .....	30
2.1.1 热塑性合成树脂 .....	30
2.1.2 热固性合成树脂 .....	38
<b>2.2 塑料助剂</b> .....	40
2.2.1 增塑剂 .....	40
2.2.2 抗氧化剂 .....	41

2.2.3	光稳定剂	42
2.2.4	热稳定剂	43
2.2.5	填料	44
2.2.6	增强材料	45
2.2.7	偶联剂	45
2.2.8	润滑剂	46
2.2.9	发泡剂	46
2.2.10	阻燃剂	46
2.2.11	其他助剂	47
<b>思考题</b>		47

### 3 模压成型

3.1	概述	48
3.1.1	模压成型的原理	48
3.1.2	模压成型的特点	49
3.2	物料的准备	49
3.2.1	原料的准备	50
3.2.2	预压	50
3.2.3	预热	51
3.3	模压成型用的设备	52
3.3.1	压机	52
3.3.2	塑模	54
3.4	模压过程和操作	55
3.5	模压成型的控制因素	56
3.5.1	模压压力	56
3.5.2	模压温度	57
3.5.3	模压时间	57
3.6	模压成型中制品常见缺陷、产生原因及解决方法	58
3.7	冷压烧结成型	59
3.7.1	冷压成型	59
3.7.2	烧结	60
3.7.3	冷却	61
<b>思考题</b>		61

### 4 挤出成型

4.1	概述	62
4.2	挤出设备	62
4.2.1	单螺杆挤出机	62
4.2.2	双螺杆挤出机	66
4.2.3	料筒及其他挤压系统	68
4.2.4	传动系统	68
4.2.5	加热与冷却系统	68
4.2.6	机头和口模	68

4.2.7 挤出机辅助设备	70
4.2.8 挤出机的故障排除	72
<b>4.3 挤出机的工作原理</b>	<b>72</b>
4.3.1 单螺杆挤出机的工作原理	72
4.3.2 单螺杆结构设计的改进	74
4.3.3 双螺杆挤出机的工作原理	76
<b>4.4 挤出成型工艺</b>	<b>77</b>
4.4.1 挤出工艺参数	77
4.4.2 挤出机的一般操作	78
4.4.3 几种塑料制品的挤出工艺	78
<b>4.5 挤出制品常见故障及解决办法</b>	<b>82</b>
<b>思考题</b>	<b>83</b>

## 5 注射模塑

<b>5.1 概述</b>	<b>84</b>
<b>5.2 注射模塑设备</b>	<b>85</b>
5.2.1 注射系统	85
5.2.2 锁模系统	86
5.2.3 注塑模具	86
<b>5.3 注射模塑工艺过程及控制因素</b>	<b>92</b>
5.3.1 成型前的准备	92
5.3.2 注射过程	93
5.3.3 制品的后处理	96
<b>5.4 注射模塑工艺条件的分析</b>	<b>97</b>
5.4.1 温度	97
5.4.2 压力	98
5.4.3 注射时间	99
5.4.4 注射成型流程	99
<b>5.5 几种常用热塑性塑料的注射模塑特点</b>	<b>100</b>
5.5.1 聚苯乙烯塑料	100
5.5.2 聚丙烯塑料	100
5.5.3 聚酰胺塑料	101
5.5.4 聚碳酸酯塑料	102
5.5.5 ABS 塑料	102
5.5.6 聚酯塑料	103
5.5.7 聚甲醛塑料	104
5.5.8 聚甲基丙烯酸甲酯塑料	104
5.5.9 聚氯乙烯塑料	104
<b>5.6 热固性塑料的注射模塑</b>	<b>105</b>
5.6.1 原材料特点	105
5.6.2 成型工艺要点	106
<b>5.7 气辅注射成型</b>	<b>107</b>
5.7.1 气辅注射成型的优点	107

5.7.2	成型材料的选择	108
5.7.3	制件中气道的设计	108
5.7.4	模具设计	109
5.7.5	与其他注塑成型工艺的比较	110
5.8	反应注塑	110
5.8.1	反应注塑及其优点	110
5.8.2	反应注塑设备	111
5.8.3	反应注塑材料	113
5.8.4	加工工艺要求	114
5.9	注射成型的新发展及部分塑化条件的一般设定	114
5.10	注射成型常见故障及排除方法	116
	思考题	118

## 6 中空吹塑

6.1	概述	119
6.2	中空吹塑设备	119
6.2.1	挤出吹塑的设备及模具	119
6.2.2	注射吹塑的设备及模具	121
6.3	挤出吹塑	123
6.3.1	生产工艺过程	123
6.3.2	生产控制因素	124
6.4	注射吹塑	125
6.4.1	生产工艺过程	125
6.4.2	生产控制因素	126
6.5	拉伸吹塑	128
6.5.1	挤出拉伸吹塑	128
6.5.2	注射拉伸吹塑	128
6.6	多层吹塑	129
6.6.1	多层共挤出中空塑料成型机	129
6.6.2	多层吹塑工艺	130
	思考题	130

## 7 层压塑料和增强塑料的成型

7.1	层压塑料概述	131
7.2	环氧树脂层压塑料	131
7.2.1	环氧层压板	131
7.2.2	环氧层压管	132
7.2.3	环氧层压棒	133
7.3	其他板材层压塑料	133
7.4	增强塑料概述	134
7.4.1	增强塑料的特点	134
7.4.2	增强塑料的组成	135



7.5	热固性增强塑料及其成型工艺	135
7.5.1	物料	135
7.5.2	成型工艺条件	137
7.6	热塑性增强塑料及其成型工艺	144
7.6.1	工艺特点	144
7.6.2	成型注意事项	145
7.7	碳纤维增强塑料	146
7.8	玻璃纤维增强塑料	146
7.8.1	常见的几种玻璃纤维增强塑料	146
7.8.2	玻璃纤维增强塑料的注射成型特点	146
7.9	增强塑料的发展方向	147
	思考题	147

## 8 泡沫塑料的成型

8.1	泡沫塑料概述	148
8.2	泡沫塑料的分类	148
8.3	泡沫塑料成型方法	149
8.4	发泡方法和发泡原理	149
8.4.1	发泡方法	149
8.4.2	发泡剂的选择和分类	150
8.4.3	发泡原理	152
8.5	常见的几种泡沫塑料	153
8.5.1	聚苯乙烯泡沫塑料	153
8.5.2	聚氯乙烯泡沫塑料	154
8.5.3	聚乙烯泡沫塑料	155
8.5.4	聚氨酯泡沫塑料	156
	思考题	157

## 9 浇 铸

9.1	静态浇铸	158
9.1.1	铸型尼龙成型	159
9.1.2	静态浇铸成型模具	160
9.1.3	浇铸工艺	161
9.1.4	静态浇铸常见的质量问题及解决方法	163
9.2	嵌铸	163
9.2.1	嵌铸成型用原材料	163
9.2.2	嵌铸成型模具	164
9.2.3	嵌铸工艺	164
9.2.4	嵌铸常见的质量问题及解决方法	164
9.3	离心浇铸	165
9.3.1	离心浇铸成型用原材料	165
9.3.2	离心浇铸成型模具	165

9.3.3	离心浇铸工艺	166
9.3.4	离心浇铸常见的质量问题及解决方法	167
<b>9.4</b>	<b>流延浇铸</b>	167
9.4.1	流延浇铸成型用原材料	168
9.4.2	流延浇铸成型设备	168
9.4.3	流延浇铸常见的质量问题及解决方法	169
<b>9.5</b>	<b>搪塑</b>	169
9.5.1	搪塑成型模具	169
9.5.2	搪塑工艺过程	169
9.5.3	搪塑生产设备	170
9.5.4	搪塑成型常见的质量问题及解决方法	170
9.5.5	蘸浸成型	171
<b>9.6</b>	<b>滚塑</b>	171
9.6.1	滚塑成型原理	172
9.6.2	滚塑工艺的特点	173
9.6.3	滚塑成型用原材料	174
9.6.4	滚塑成型模具结构	175
9.6.5	滚塑工艺条件对制品性能的影响	175
9.6.6	滚塑成型工艺对制品内部气泡的影响	176
9.6.7	滚塑成型生产实例	176
<b>思考题</b>		177

## 10 压延成型

<b>10.1</b>	<b>概述</b>	178
10.1.1	压延的主要产品	178
10.1.2	压延成型的特点	179
<b>10.2</b>	<b>压延设备</b>	179
10.2.1	压延设备的分类	179
10.2.2	压延机的构造	181
10.2.3	压延机的辊筒	182
10.2.4	加热系统	183
10.2.5	辅机	183
<b>10.3</b>	<b>压延工艺</b>	186
10.3.1	塑炼	186
10.3.2	压延成型	188
<b>10.4</b>	<b>压延工艺的影响因素</b>	189
10.4.1	压延机成型薄膜(片)时操作应注意的事项	189
10.4.2	原材料因素	191
10.4.3	设备因素	192
10.4.4	冷却定型阶段影响质量的因素	193
<b>10.5</b>	<b>压延成型的进展</b>	194
10.5.1	压延机的大型化	194
10.5.2	压延成型的高速化、精密化、机械化与自动化	194

10.5.3	压延扩幅	194
10.5.4	冷却装置的改进	194
10.5.5	异径辊筒压延机	195
<b>思考题</b>		195

## 11 涂 层

11.1	压延法人造革的生产工艺	197
11.1.1	压延法聚氯乙烯人造革的成型方法	197
11.1.2	压延法聚氯乙烯人造革的配方设计依据	197
11.1.3	生产工艺	198
11.1.4	压延人造革加工中的不正常现象、原因及改进方法	201
11.2	涂覆法人造革的生产工艺	202
11.2.1	直接涂刮法聚氯乙烯普通革的生产工艺	203
11.2.2	间接涂刮法聚氯乙烯人造革的生产工艺	204
11.3	层合法人造革的生产工艺	205
11.4	人造革的表面修饰	206
11.4.1	表面涂饰	206
11.4.2	贴膜	206
11.4.3	压花与冷却	206
11.4.4	印花	207
11.4.5	压延人造革表面的涂饰处理	207
11.4.6	卷取包装	207
11.5	聚氨酯人造革的生产工艺	207
11.5.1	干式聚氨酯人造革的生产工艺	208
11.5.2	湿式聚氨酯人造革的生产工艺	208
11.6	金属制件的塑料涂覆	209
<b>思考题</b>		211

## 12 热 成 型

12.1	热成型的基本方法	213
12.1.1	差压成型	214
12.1.2	模压成型	215
12.1.3	双片成型	215
12.1.4	其他热成型	216
12.2	热成型的设备及工艺要求	216
12.2.1	热成型的设备	216
12.2.2	影响制品成型质量的主要因素	218
12.2.3	热成型制品常见缺陷、产生原因及排除方法	218
12.3	模具	219
12.3.1	模具材料	219
12.3.2	模具类型的选择	219
12.4	工艺因素分析	219
12.4.1	加热	220

12.4.2	成型	220
12.4.3	冷却脱模	221
12.4.4	模具温度	221
12.4.5	塑料材料	221
<b>12.5</b>	<b>热成型常用的塑料</b>	221
12.5.1	硬质聚氯乙烯和软质聚氯乙烯	221
12.5.2	聚乙烯和聚丙烯	222
12.5.3	聚苯乙烯和 ABS	222
12.5.4	聚甲基丙烯酸甲酯	223
12.5.5	纤维素类	223
12.5.6	工程塑料聚碳酸酯类	224
12.5.7	其他塑料	224
<b>12.6</b>	<b>热成型工艺实例</b>	225
12.6.1	PVC 的热成型	225
12.6.2	聚烯烃的热成型	225
12.6.3	PS 和 ABS 的热成型	225
12.6.4	聚丙烯酸酯类塑料的热成型	226
12.6.5	纤维素塑料的热成型	226
12.6.7	其他塑料的热成型	226
<b>思考题</b>		227

## 13 塑料的选材及配方设计

<b>13.1</b>	<b>塑料配方设计中的选材</b>	228
<b>13.2</b>	<b>配方设计的原则</b>	228
13.2.1	配方设计及其原则和意义	228
13.2.2	塑料配方设计的依据	229
13.2.3	塑料配方的表示	229
13.2.4	塑料配方的确定	230
<b>13.3</b>	<b>塑料配方的试验设计</b>	231
13.3.1	单变量配方设计	231
13.3.2	正交试验设计	231
<b>13.4</b>	<b>配方设计的实例</b>	233
13.4.1	热固性塑料的配方设计	233
13.4.2	聚氯乙烯 (PVC) 的配方设计	233
13.4.3	阻燃配方的设计	234
13.4.4	耐热配方的设计	235
13.4.5	发泡塑料配方设计	236
<b>思考题</b>		236

## 14 实验部分

<b>实验一</b>	<b>树脂中水分和挥发物的测定</b>	237
<b>实验二</b>	<b>模塑料表观密度的测定</b>	237
<b>实验三</b>	<b>塑料相对密度的测定 (密度瓶法)</b>	238

实验四	塑料密度的测定(梯度法)	239
实验五	热塑性塑料熔体流动速度的测定	241
实验六	热固性塑料的流动性试验	243
实验七	塑料的配制	243
实验八	硬 PVC 模压成型工艺	245
实验九	软 PVC 管挤出工艺	246
实验十	挤出吹塑薄膜成型工艺	247
实验十一	热塑性塑料的注射成型工艺	248
实验十二	热固性塑料的压制成型工艺	249
实验十三	塑料冲击强度的测定	250

## 附 录

常见塑料、树脂的英文缩写及英文和中文名称对照	252
------------------------	-----

## 参 考 文 献

# 1 塑料成型基础知识

## 1.1 概述

材料、信息、能源是现代文明的三大支柱，其中材料是人类活动的物质基础。通常将材料分为金属材料、无机材料和有机高分子材料。塑料是重要的有机高分子材料之一。

塑料是指以天然气、石油、煤等天然含碳资源为主要原料，通过高分子合成反应将碳、氢、氧、氮、氯等原子连成链状或网状的长而大的高分子化合物（又称聚合物、高聚物），另外添加某些具有特殊用途的助剂共同组成的。聚合物是塑料的最基本、最主要的组分，它决定着塑料的基本性质。

聚合物是一种由许多结构相同的、简单的单元通过共价键重复连接而成的分子量很大的化合物。高分子化合物与低分子化合物的区别在于前者分子量很高，通常将分子量高于约 1 万的称为高分子，分子量低于约 1000 的称为低分子。与低分子化合物相比，高分子化合物除了具有分子量大的主要特点外，还具有以下特点：分子量往往存在着分布，分子间相互作用力大，分子链有柔顺性；高分子链间若存在交联结构，即使交联度很小，高聚物的力学性能也会发生很大的变化，主要是不溶不熔；高分子化合物由于有很多结构单元，结构单元间的范德华力对高聚物的聚集态结构及高聚物材料的力学性能都有很大的影响；高聚物的聚集态结构存在晶态和非晶态，导致高分子链的聚集体具有一定程度的有序排列。

塑料是三大合成材料之一，塑料的成型加工是塑料工业中的重要环节，要把合成树脂变成有用的塑料制品用到农业、工业、国防和科学技术的各个领域，必须通过成型加工这个手段。塑料在加工过程中，高分子表现出形状、结构和性质等方面的变化。形状转变往往是为满足使用的最起码要求而进行的。材料的结构转变包括高分子的组成、组成方式、材料宏观与微观结构的变化等；高分子结晶和取向也引起材料聚集态变化，这种转变主要是为了满足对成品内在质量的要求而进行的，一般通过配方设计、材料的混合、采用不同加工方法和成型条件来实现。加工过程中材料结构的转变有些是材料本身固有的，也可以是有意进行的；有些则是不正常的加工方法或加工条件引起的。

聚合物只有通过加工成型才能获得所需的形状、结构与性能，成为有实用价值的材料与制品。常用的加工成型方法有挤出、注塑、吹塑、模压、压延等。直至 20 世纪 60 年代以来，人们还只关注通过加工成型获得所需形状的制品，塑料加工成型还只是一种实用技术。70 年代以来，由于基础理论研究的不断深入，人们开始认识到通过加工成型还可改变聚合物的内部结构，提高材料的性能。聚合物加工成型也从一项实用技术发展为一门应用科学。通常，从聚合物原料到聚合物制品需要经历加工单元操作与成型两个阶段。其具体过程见图 1-1。

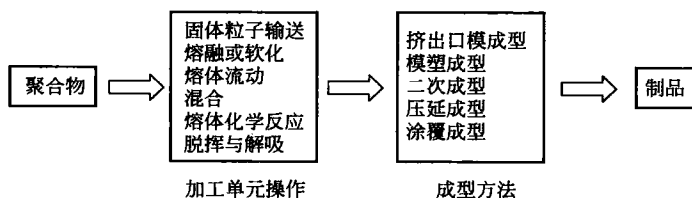


图 1-1 聚合物加工成型过程示意图

塑料成型加工是将各种形态的成型材料制成所需形状及尺寸的制品或坯件的过程。塑料成型过程的步骤如下：①将粒状或粉状的固体聚合物转变为具有可塑性的流动态；②使流动态的塑料具有一定的形状；③固定制品形状。要把塑料原料成型加工为具有良好性能的塑料制品，必须选择良好的成型方法和条件，即确定成型工艺。那么，塑料在成型过程中发生了什么变化？变化的本质是什么呢？实验证明，这些本质问题与高聚物的结构与性能有关，掌握了这些本质问题，才能主动地设法选择原料、控制加工工艺、分析产品性能优劣的原因，设计符合成型要求的设备和模具。

简单地说，塑料的成型过程是聚合物首先受热熔融或软化，在外力场的作用下发生变形、流动与混合，然后在成型模具中被赋予一定的外形。当温度下降时，聚合物固化定型。若是结晶性聚合物，此时发生从无定形向结晶态的转变。当温度下降到聚合物的玻璃化温度 ( $T_g$ ) 以下时，其内部结构被冻结下来。因此，通过加工成型得到的制品既具有符合要求的外形，又具有某种内部结构。正是这个内部结构主要决定了制品的使用性能。

塑料已被广泛用于农业、工业、建筑、包装、国防尖端工业以及人们日常生活等各个领域。在农业方面，塑料被大量用于制造地膜、育秧薄膜、大棚膜和排灌管道、渔网、养殖浮漂等。在工业方面，电气和电子工业中广泛使用塑料制作绝缘材料和封装材料；机械工业中用塑料制成传动齿轮、轴承、轴瓦及许多零部件代替金属制品；化学工业中用塑料作管道、各种容器及其他防腐材料；建筑工业中作门窗、楼梯扶手、地板砖、天花板、隔热隔音板、壁纸、落水管件及坑管、装饰板和卫生洁具等。在国防工业和尖端技术中，无论是常规武器、飞机、舰艇，还是火箭、导弹、人造卫星、宇宙飞船和原子能工业等，塑料都是不可缺少的材料。

人们的日常生活中，塑料的应用更广泛，如市场上销售的塑料凉鞋、拖鞋、雨衣、手提包、儿童玩具、牙刷、肥皂盒、热水瓶壳等。目前塑料在各种家用电器，如电视机、收录机、电风扇、洗衣机、电冰箱等方面也获得了广泛的应用。塑料作为一种新型包装材料，在包装领域中已获得广泛应用，例如各种中空容器、注塑容器（周转箱、集装箱、桶等）、包装薄膜、编织袋、瓦楞箱、泡沫塑料、捆扎绳和打包带等。

### 1.1.1 塑料的种类

塑料种类很多，到目前为止世界上投入生产的塑料有三百多种。塑料的分类方法较多，常用的有以下两种。

(1) 根据塑料受热后的性质不同，分为热塑性塑料和热固性塑料

① 热塑性塑料的分子结构都是线型或带支链的结构。这类塑料在特定温度范围内能反复加热软化和冷却硬化，在成型过程中只有物理变化而无化学变化。热塑性塑料成型过程比较简单，能够连续化生产，并且具有相当高的机械强度，因此发展很快。常见的热塑性塑料有聚乙烯、聚丙烯、聚苯乙烯、聚氯乙烯、聚甲基丙烯酸甲酯（有机玻璃）、丙烯腈-丁二烯-苯乙烯（ABS）、聚酰胺（尼龙）、聚甲醛、聚碳酸酯、聚苯醚、聚砜和聚四氟乙烯等。

② 热固性塑料的分子结构是体型结构。这类塑料在受热或其他条件下能固化成不熔不溶性的物料。热固性塑料加工成型后，成为三维体型的网状结构，受热不再软化，因此不能回收再用，成型过程中既有物理变化又有化学变化。热固性塑料成型工艺过程比较复杂，所以连续化生产有一定的困难，但其耐热性好、不容易变形，而且价格比较低廉。酚醛塑料、氨基塑料、环氧塑料、有机硅塑料、不饱和聚酯塑料是常用的热固性塑料。

(2) 根据塑料的用途不同，分为通用塑料、工程塑料和特种塑料

① 通用塑料一般是指产量大、用途广、成型性好、价格便宜的塑料。通用塑料有五大品种，即聚乙烯、聚丙烯、聚氯乙烯、聚苯乙烯及 ABS，它们都是热塑性塑料。人们日常生活中使用

的许多制品都是由这些通用塑料制成的。

② 工程塑料是指能承受一定的外力作用，并有良好的力学性能和尺寸稳定性，在高、低温下仍能保持其优良性能，可以作为工程结构件的塑料。例如聚酰亚胺、聚砜、聚苯硫醚、聚醚、聚醚醚酮、聚芳酯、聚苯酯、含氟塑料等。工程塑料具有密度小、化学稳定性高、力学性能好、电绝缘性优越、加工成型容易等特点，广泛应用于汽车、电器、化工、机械、仪器、仪表等工业，也应用于宇宙航行、火箭、导弹等方面。

③ 特种塑料一般是指具有特种功能（如耐热、自润滑等），可用于航空、航天等特殊应用领域的塑料。如氟塑料和有机硅塑料具有突出的耐高温、自润滑等特殊功能，增强塑料和泡沫塑料具有高强度、高缓冲性等特殊性能，这些塑料都属于特种塑料的范畴。

### 1.1.2 塑料的特性

塑料具有优良的成型加工性能、特殊的力学性能和化学稳定性等特点，主要归根于聚合物具有高的分子量。

(1) 塑料具有优良的加工特性 塑料可以通过加热的方法使固体的塑料变软，然后再把变软了的塑料放在模具中，让它冷却后又重新凝固成一定形状的固体。可以根据使用要求加工成多种形状的产品且加工工艺简单，宜于采用机械化大规模生产。

(2) 塑料的质量轻 塑料的实体相对密度在 0.83~2.2 范围，多数介于 1~1.5 之间。塑料的相对密度与其分子量和其中填料的种类和数量有关，一般来讲，其相对密度大小顺序为：普通塑料<工程塑料<特种工程塑料。

(3) 塑料具有较高的强度 塑料虽然没有金属那样坚硬，但与玻璃、陶瓷、木材等相比，还是具有比较高的强度及耐磨性。塑料可以制成机器上坚固的齿轮和轴承。

(4) 塑料具有化学稳定性 有些塑料对汽油、煤油、苯、丙酮、乙醇等有机溶剂十分稳定；有些塑料对酸、碱、盐、气体和蒸汽具有很强的耐腐蚀性。因此塑料是一类理想的化工结构材料，常被用作化工厂的输水和输液管道、建筑物的门窗等。

(5) 塑料具有绝缘性 塑料具有良好的电绝缘性能，可广泛地应用于电讯工业、发电机、电动机、变压器和各种电气开关等设备。用来制造电线的包皮、电插座、电器的外壳等。

(6) 塑料易老化 塑料制品的老化是指制品在阳光、空气、热及环境介质中如酸、碱、盐等作用下，力学性能变坏，甚至发生硬脆、破坏等现象。通过配方和加工技术等改进，塑料制品的使用寿命可以大大延长，例如塑料管至少可使用 20~30 年，最高可达 50 年。

(7) 塑料易燃、耐热性差 塑料可燃，且在燃烧时放出大量的烟，甚至产生有毒气体。但通过改进配方，如加入阻燃剂、无机填料等，也可制成自熄、难燃甚至不燃的产品，不过其防火性能仍比无机材料差。塑料一般都具有受热变形甚至分解的特点，在使用中要注意其限制温度。

### 1.1.3 决定塑料性能的因素

(1) 聚合物的种类 由于组成聚合物的链节的种类不同，性能也不同，如缩醛树脂（POM）的冲击强度就比不饱和聚酯树脂（UP）的要大。即使是同种材料，结构和聚合度不同，性能变化幅度也很大。

(2) 聚合物的结构 虽然聚合物是由链节重复而成的，但即使是相同的链节，若连接方式、聚合度不同，材料的性质也不同。如聚合物是否有支链、交联程度、分子量及其分布、结晶度、共聚及共聚方式等都影响着材料的性质。

(3) 助剂的种类、数量、分布 添加的增塑剂、填料、稳定剂对塑料的物理性能有很大的影响，如用于聚氯乙烯等塑料中的增塑剂的影响就很大，硬质聚氯乙烯增塑剂的含量在 10% 以下，用作排水管等；含 50% 增塑剂的软质聚氯乙烯，可制作透明的聚氯乙烯材料，其强度为硬质聚氯乙烯的 1/3~1/8。



(4) 成型方法和成型条件 塑料的成型方法对材料的性能有很大的影响。成型方法不同,物理性能就不同。如切削加工而成的试制品,性能优良;而用注射成型批量生产的制品,其产品性能却很差。即使以相同的方法成型,成型条件不同时,强度等性能也可能不同。因此,必须充分注意成型前树脂颗粒的干燥和成型的温度、压力、周期等的控制。

(5) 塑料制件的设计 要想获得优质的塑料,塑料制件本身必须具有良好的结构工艺性。塑料制件的设计根据塑料成型方法和塑料品种的性能不同而有所差异,设计的好坏可控制制品的性能。

(6) 使用条件 同一种材料,使用条件不同,表现出的性能也不同,如脲醛树脂和尼龙因潮气而产生吸水变形。塑料通常温度升高就会软化,温度降低就会脆化。塑料在应力下会产生蠕变。因此必须选择适合于使用条件的材料。

#### 1.1.4 塑料的成型方法

塑料的成型方法有注射、挤出、压延、吹塑、压缩、传递模塑、热成型、浇铸等,以及几种成型方法的组合。热塑性塑料的成型方法见表 1-1,热固性塑料的成型方法见表 1-2,常用热塑性塑料采用的成型方法见表 1-3,常用热固性塑料采用的成型方法见表 1-4。

表 1-1 热塑性塑料的成型方法

项 目	基本原理	主要过程	特 点	应用范围
注射成型	利用螺杆(或柱塞)的推力将已塑化的熔融料注入闭合模内,经冷却定型得到制件	原料干燥,闭模注射,加料,冷却,起模和后处理	生产效率高,易于实现自动化生产,易成型形状复杂、尺寸精确的制件	广泛地应用于成型各种形状的制件
挤出成型	利用螺杆的推力连续不断地将熔融料从模口挤出等断面的管、棒、型材等	原料干燥,加料,牵引,冷却,卷绕,锯切	生产效率高,更换口模可得到不同断面的制件,设备简单	广泛地应用于电线电缆的包层、管、棒、型材、线;回收料、着色料的造粒
压延成型	塑料通过加热辊筒的间隙,产生挤压、延展而成型薄型制件	配料,捏和,密炼,塑化,压延,牵引,卷绕,切割	生产效率高,制件表面光洁,但设备造价高,不宜生产高温塑料	薄膜、片、板材
中空成型(挤出)	经挤出的熔融管料夹持在吹塑模内,在管料内充气,使其横向胀大、冷却定型	挤出,充气,冷却,定型	生产效率高,设备简单,易成型中空制件	管状薄膜、瓶、桶
热熔冷压成型	将熔融料在模内加压并冷却定型	原料加热呈现熔融状态,加压,在压力下冷却	制件平整、光洁,尺寸易控制,但生产效率低	硬板制件
热成型	片(板)料加热呈现热弹态,置于模内靠充气、吸气或机械力的作用,贴于模壁并冷却成型	各料,加热,在模内加压冷却,修整	设备、模具简单,成本低,宜成型壁薄、表面积大、深度有限的敞开式制件,生产效率低	罩、壳、杯等
浇注成型	在常压或低压下将液态树脂混合物浇注入模内或外壳内,聚合或冷却成型,如 MC 尼龙	配料,模具准备,浇注,变硬,起模	设备、模具简单,宜制成大型制件毛坯,生产量小,尺寸精度差	中、大型毛坯,灌注物
塑料涂覆	将粉状塑料涂覆在金属表面上的一种方法,涂覆形式有火焰喷涂、热熔覆、沸腾床、静电喷涂、浸涂和膜辊压等	制件加热,粉料熔化喷射,冷却(火焰喷涂)	使金属制件表面具有耐腐蚀性、耐磨性和绝缘性等	大、中型金属制件表面涂覆和修补
冷压烧结成型	粉料压成冷坯,烧结、冷却,它类似于粉末冶金冷压烧结成型。用于成型聚四氟乙烯、超高分子量聚乙烯或熔融黏度很高的塑料	压成冷坯,烧结,冷却	这是一种特殊的加工方法,用于注射、挤出等通用成型方法很难成型的材料。成型的制件尺寸精度高,常需机械加工	聚四氟乙烯、聚酰亚胺、超高分子量聚乙烯等制件的成型