

Z HUSU CHENGXING  
SHIYONG XINJISHU

# 注塑成型

# 实用新技术

★ 李基洪 胡在明 主编



★河北科学技术出版社★

# 注塑成型实用新技术

李基洪 胡再明 主编

河北科学技术出版社

## 《注塑成型实用新技术》编委会

主 编 李基洪 胡再明  
副主编 彭培勇 熊建军 王志安  
编 委 李基洪 胡再明 彭培勇 熊建军  
王志安 刘寒冰 李 轩 兰礼军  
颜志红 彭祥顺 陈清鹏 胡庆泉

### 图书在版编目 ( C I P ) 数据

注塑成型实用新技术/李基洪编著. —石家庄:河北  
科学技术出版社, 2004  
ISBN 7-5375-2994-9

I. 注... II. 李... III. 塑料成型 IV. TQ320.66

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 010664 号

## 注塑成型实用新技术

李基洪 胡再明 主编

---

出版发行 河北科学技术出版社  
地 址 石家庄市和平西路新文里 8 号(邮编:050071)  
印 刷 河北新华印刷二厂  
经 销 新华书店  
开 本 850×1168 1/32  
印 张 15  
字 数 360000  
版 次 2004 年 5 月第 1 版  
2004 年 5 月第 1 次印刷  
印 数 3000  
定 价 28.00 元

---

<http://www.hkpress.com.cn>

# 前 言

注塑成型作为一种重要的成型加工方法，在机械工业、汽车工业、家电行业、航天航空工业、生物领域及日用品的生产中都有广泛应用。而且生产的塑件具有精度高、复杂度高、外形美观、价格低廉、经久耐用的特点。市场对塑料制品的需求越来越大，各行各业都要求塑料加工企业有更新颖、更多样、质量更优异的塑料制品出现。

塑料注塑成型与其他成型方法相比，具有许多优点。注塑成型制品具有形状复杂多样、尺寸精度高、表面光泽度好的特点，其塑件适用范围广，有良好的装配性和互换性。因此，注塑制品易于实行规范化、系列化、标准化。另外，注塑机操作简便易行、模具更换方便、生产周期短，注塑成型过程可完全自动化，加之生产效率高，经济效益好。因此，注塑成型已成为塑料成型最重要的成型方法之一。

但是，由于注塑加工的原料种类相当多，注塑成型工艺的工艺参数变化相当大，注塑成型模具的结构方案千变万化，使得想要尽快进入注塑成型加工自由王国的人们感到困难重重。为此，我们编写了本书。本书从材料、工艺、模具、设备、质量等方面全面介绍了注塑成型技术的理论与应用。本书以实用为主线，以求新为特点，以质量为重点。内容涉及：注塑成型材料、注塑制品设计、注塑成型设备、注塑成型模具设计、注塑模具制造、注塑成型工艺、注塑成型质量管理、注塑模 CAD/CAE/CAM 概述等八章。

本书注重实用，文字通俗、语言精炼、图文并茂。本书可供

从事塑料成型工艺及模具设计、制造和使用的工程技术人员、工人使用，也可供大、中专院校相关专业的师生参考。

参加本书编写的人员有：李基洪、胡再明、彭培勇、熊建军、王志安、刘寒冰、李轩、兰礼军、颜志红、彭祥顺、陈清鹏、胡庆泉等。全书由李基洪、胡再明主编，彭培勇、熊建军、王志安为副主编。

在本书的编写过程中，得到长沙理工大学和众多同行的支持和帮助，彭培勇副教授还为全书精心描绘了底图，在此一并表示衷心地感谢。

**编 者**

**2004.04**

# 目 录

第一章 塑料概论 .....	( 1 )
第一节 塑料概述 .....	( 1 )
一、塑料的组成 .....	( 1 )
二、塑料的一般性能 .....	( 1 )
三、塑料的结构 .....	( 4 )
四、塑料的分类 .....	( 5 )
第二节 常用注塑树脂 .....	( 6 )
一、PE(聚乙烯) .....	( 6 )
二、PP(聚丙烯) .....	( 8 )
三、PVC(聚氯乙烯) .....	( 10 )
四、PS(聚苯乙烯) .....	( 12 )
五、ABS(丙烯腈、丁二烯、苯乙烯共聚物) .....	( 13 )
六、PMMA(聚甲基丙烯酸甲酯) .....	( 15 )
七、PC(聚碳酸酯) .....	( 16 )
八、POM(聚甲醛) .....	( 17 )
九、PPO(聚苯醚) .....	( 19 )
十、CPT(氯化聚醚) .....	( 20 )
十一、PPS(聚苯硫醚) .....	( 21 )
十二、PTFE(聚四氟乙烯) .....	( 23 )
十三、PCTFE(聚三氟氯乙烯) .....	( 24 )
十四、PI(聚酰亚胺) .....	( 25 )
十五、PB(聚丁二烯) .....	( 26 )
十六、PA(聚酰胺) .....	( 27 )
十七、PF(酚醛树脂) .....	( 29 )

十八、UP(不饱和聚酯) .....	(30)
<b>第三节 常用添加剂</b> .....	(31)
一、填充剂 .....	(32)
二、增塑剂 .....	(34)
三、抗静电剂 .....	(35)
四、润滑剂 .....	(37)
五、着色剂 .....	(38)
六、光稳定剂 .....	(40)
七、抗氧化剂 .....	(41)
八、热稳定剂 .....	(42)
九、阻燃剂 .....	(43)
十、固化剂 .....	(44)
<b>第二章 注塑制品设计</b> .....	(46)
<b>第一节 注塑制品设计概述</b> .....	(46)
一、注塑制品的设计原则 .....	(46)
二、注塑制品的设计方法 .....	(48)
三、注塑制品的设计过程 .....	(51)
四、注塑制品的设计步骤 .....	(53)
<b>第二节 注塑制品的结构设计</b> .....	(55)
一、塑件壁厚设计 .....	(55)
二、脱模斜度设计 .....	(57)
三、加强筋(凸台)设计 .....	(59)
四、圆角设计 .....	(61)
五、孔设计 .....	(62)
六、侧孔和侧凸凹设计 .....	(66)
七、螺纹设计 .....	(68)
八、嵌件设计 .....	(70)
九、支承面设计 .....	(77)

十、凸凹纹设计 .....	( 78 )
十一、标志设计 .....	( 80 )
<b>第三节  注塑制品的尺寸精度</b> .....	( 81 )
一、概述 .....	( 81 )
二、影响塑件尺寸精度的因素 .....	( 82 )
三、塑件的尺寸公差 .....	( 83 )
<b>第三章  注塑成型设备</b> .....	( 87 )
<b>第一节  注塑机概述</b> .....	( 87 )
一、注塑机的历史发展 .....	( 87 )
二、注塑机的分类 .....	( 88 )
三、注塑机的主要技术参数 .....	( 90 )
<b>第二节  注塑机的结构组成</b> .....	( 92 )
一、合模系统 .....	( 93 )
二、注射系统 .....	( 100 )
三、液压传动系统 .....	( 107 )
四、控制系统 .....	( 109 )
<b>第三节  注塑机的验收和安装</b> .....	( 110 )
一、注塑机的验收 .....	( 110 )
二、注塑机的布置 .....	( 111 )
三、注塑机的安装 .....	( 112 )
<b>第四节  注塑机的调试和操作</b> .....	( 113 )
一、注塑机的调试 .....	( 113 )
二、注塑机的操作 .....	( 115 )
<b>第五节  注塑机的维护和保养</b> .....	( 118 )
一、注塑机的常规维护 .....	( 118 )
二、液压系统的保养和维护 .....	( 120 )
三、机械部件的保养和维护 .....	( 124 )
四、电气系统的保养和维护 .....	( 129 )



<b>第四章 注塑成型模具设计</b> .....	(131)
<b>第一节 概述</b> .....	(131)
一、注塑模的特点和基本要求 .....	(131)
二、注塑模的设计程序 .....	(132)
三、注塑模的分类 .....	(135)
<b>第二节 注塑模的结构设计</b> .....	(136)
一、注塑模的结构组成 .....	(136)
二、成型零部件设计 .....	(138)
三、排气系统设计 .....	(158)
四、浇注系统设计 .....	(161)
五、脱模机构设计 .....	(172)
六、脱螺纹机构设计 .....	(205)
七、侧向分型抽芯机构设计 .....	(211)
八、导向与定位机构设计 .....	(232)
九、温度调节系统设计 .....	(238)
<b>第三节 新型注塑模设计</b> .....	(248)
一、无流道注塑模 .....	(248)
二、热固性塑料注塑模 .....	(251)
三、反应成型注塑模 .....	(256)
四、结构泡沫注塑模 .....	(258)
五、装配注塑模 .....	(261)
六、气体注塑模 .....	(264)
七、熔芯注塑模 .....	(265)
八、逆流注塑模 .....	(267)
九、双色注塑模 .....	(268)
<b>第五章 注塑模具制造</b> .....	(271)
<b>第一节 注塑模具制造概述</b> .....	(271)
一、注塑模具的生产过程 .....	(271)

二、注塑模具的加工分析 .....	(273)
三、注塑模具的技术经济指标 .....	(276)
四、注塑模具的常用材料 .....	(280)
第二节 注塑模具的机械加工 .....	(284)
一、成型表面的机械加工 .....	(284)
二、成型表面的磨削加工 .....	(288)
第三节 注塑模具的特种加工 .....	(290)
一、电火花成型加工 .....	(290)
二、电火花线切割加工 .....	(297)
第四节 注塑模具制造新技术 .....	(303)
一、注塑模的冷挤压成型 .....	(303)
二、注塑模的电铸成型 .....	(306)
三、注塑模的超塑成型 .....	(310)
第五节 注塑模具的光整加工 .....	(313)
一、光整加工概述 .....	(313)
二、手工光整加工 .....	(314)
三、超声波抛光 .....	(317)
四、电解抛光 .....	(320)
第六节 注塑模具的装配 .....	(323)
一、注塑模装配概述 .....	(323)
二、注塑模装配的工艺方法 .....	(325)
三、注塑模组件的装配 .....	(327)
四、注塑模的总装配 .....	(332)
五、注塑模具的试模 .....	(333)
第七节 注塑模具的保养和维护 .....	(337)
一、注塑模具的使用 .....	(337)
二、注塑模具的保养 .....	(338)
三、注塑模具的故障及其排除 .....	(339)

第六章 注塑成型工艺 .....	(344)
第一节 注塑成型概述 .....	(344)
一、塑料的可模塑性 .....	(344)
二、聚合物在不同温度下的状态 .....	(345)
三、在注塑成型中聚合物的变化 .....	(346)
第二节 注塑成型工艺过程 .....	(352)
一、成型前的准备 .....	(352)
二、注射过程 .....	(354)
三、塑件的后处理 .....	(357)
第三节 注塑成型工艺的影响因素 .....	(358)
一、温度 .....	(359)
二、注射压力 .....	(361)
三、时间(成型周期) .....	(362)
第四节 注塑成型制品的成型收缩 .....	(363)
一、产生成型收缩的原因 .....	(363)
二、成型收缩对质量的影响 .....	(364)
三、减小成型收缩的途径 .....	(365)
四、成型收缩率的计算 .....	(366)
第五节 常用塑料的注塑成型工艺 .....	(368)
一、PE 的注塑加工 .....	(368)
二、PS 的注塑加工 .....	(369)
三、ABS 的注塑加工 .....	(370)
四、PP 的注塑加工 .....	(372)
五、RPVC 的注塑加工 .....	(373)
六、PMMA 的注塑加工 .....	(374)
七、PC 的注塑加工 .....	(375)
八、POM 的注塑加工 .....	(377)
九、MPPO 的注塑加工 .....	(378)

十、CPT 的注塑加工 .....	(379)
十一、PA 的注塑加工 .....	(380)
十二、PBT 的注塑加工 .....	(382)
十三、PET 的注塑加工 .....	(383)
十四、PSU 的注塑加工 .....	(384)
十五、PES 的注塑加工 .....	(386)
<b>第七章 注塑成型质量管理 .....</b>	<b>(388)</b>
<b>第一节 塑件质量检验 .....</b>	<b>(388)</b>
一、塑件质量检验内容 .....	(388)
二、塑件质量标准 .....	(389)
三、塑件质量检验方式 .....	(389)
四、塑件质量检验方法 .....	(390)
<b>第二节 塑件缺陷产生的原因及对策 .....</b>	<b>(393)</b>
一、充填不足 .....	(393)
二、翘曲变形 .....	(397)
三、熔接痕 .....	(399)
四、波流痕 .....	(401)
五、溢边 .....	(403)
六、银丝纹 .....	(405)
七、色泽不均 .....	(406)
八、表面光泽不良 .....	(409)
九、脱模不良 .....	(411)
十、裂纹及破裂 .....	(414)
十一、糊斑 .....	(417)
十二、尺寸不准 .....	(419)
十三、气泡及暗泡 .....	(422)
十四、表面混浊 .....	(424)
十五、凹陷 .....	(426)
十六、冷料僵块 .....	(428)

十七、顶白 .....	(430)
十八、白点 .....	(431)
十九、强度下降 .....	(433)
<b>第八章 注塑模 CAD/CAE/CAM 概论 .....</b>	<b>(436)</b>
<b>第一节 注塑模 CAD/CAE/CAM 概述 .....</b>	<b>(436)</b>
一、CAD/CAE/CAM 的基本概念 .....	(436)
二、注塑模 CAD/CAE/CAM 的意义 .....	(437)
三、注塑模 CAD/CAE/CAM 系统的组成 .....	(438)
四、注塑模 CAD/CAE/CAM 系统的分类 .....	(441)
五、注塑模 CAD/CAE/CAM 技术的发展趋势 .....	(441)
六、注塑模 CAD/CAE/CAM 系统的工作流程 .....	(443)
<b>第二节 注塑模具的 CAD .....</b>	<b>(448)</b>
一、注塑模 CAD 概述 .....	(448)
二、注塑模 CAD 的应用 .....	(453)
三、注塑模结构图的生成 .....	(455)
四、浇注系统的交互设计 .....	(457)
五、冷却系统 CAD 设计 .....	(458)
<b>第三节 注塑模具的 CAE .....</b>	<b>(460)</b>
一、注塑模 CAE 概述 .....	(460)
二、注塑模 CAE 的内容 .....	(460)
三、注塑模 CAE 的应用 .....	(462)
<b>第四节 注塑模具的 CAM .....</b>	<b>(463)</b>
一、注塑模 CAM 概述 .....	(463)
二、注塑模 CAM 的构成 .....	(465)
三、注塑模 CAM 的数控加工 .....	(466)

# 第一章 塑料概论

塑料是一种合成的或用天然材料改性而得到的、以高分子化合物为基体的固体材料。

## 第一节 塑料概述

塑料的问世虽然较晚，但发展却极快，已深入到国民经济的一方 方面面，成为国民经济的支柱产业之一。塑料同金属材料 and 陶瓷材料一起，已成为当今三大主要结构材料。

### 一、塑料的组成

塑料的主要成分是树脂。树脂这一名词的来源，是由天然树木分泌出的脂质物而得名的。树脂连接着塑料中的其他组成部分，使其具有各种性能。根据各种不同的需要，可以加入各种不同性能的添加剂，如填充剂、增塑剂、润滑剂、着色剂、防静电剂、防老化剂、增强剂等。在塑料中，树脂约占总量的 40% ~ 100%，树脂的种类、性质以及它在塑料中所占的比例的大小，对塑料的性能起着主导作用。虽然在塑料中要加入各种添加剂，它们也可以改变塑料的某些性质，但是，树脂的特性仍是决定塑料性能和用途的根本因素。

### 二、塑料的一般性能

塑料之所以发展得如此之快，是因为它有许多优良的性能。其主要实用性能如下：

(1) 良好的加工性。塑料原料的熔点都较低，一般在 300℃

左右都能熔融，熔融后的熔体很容易成型成各种所需要的形状，任何复杂形状的塑料制品均可通过相适应的模具制成。例如电视机外壳，其形状相当复杂，但通过注塑成型即可得到令人满意的制品。

(2) 性能稳定。一般金属材料均不耐腐蚀，这是金属材料的一大缺陷。但大多数塑料均有良好的防腐耐蚀性能，通常浓度和温度都不高的酸、碱、盐类介质都不能奈何它。俗称“塑料王”的 PTFE（聚四氟乙烯）甚至能经受有最强腐蚀能力的“王水”的侵蚀。但这种稳定性也使它在自然界中难以降解，以至出现严重影响环境保护的“白色污染”。

(3) 轻巧美观。普通塑料的密度都较小，大约是铝的  $1/2$ ，钢铁的  $1/5$ ，有的塑料比水还轻，因此，其制品很轻巧，且它的强度并不差，利用这一特点，将塑料代替钢材应用于汽车工业，已取得较大的经济效益。此外，大多数塑料制品外观光亮、色彩多样、易于着色、刚柔相济，给人以典雅的感觉，深受人们欢迎。

(4) 力学性能好。塑料的力学性能比金属要差，但是它的比强度（单位质量的强度）却很高。通常，塑料的比强度接近或超过传统的金属材料。塑料的力学性能变化较大，有的很低，有的则很高，如用玻纤增强的塑料的抗拉强度比一般钢材要高得多。故可用于制作一些受力不大的机械零件。

(5) 减振性好。塑料是由高分子聚合物制作而成，树脂高分子具有柔韧而富于弹性的特点，当它受到机械振动时，能将外界振动的机械能转变为热能，从而起到吸振、减振和消音作用，因此，塑料常用来制作减振制品。很多高速的、易于产生振动的、比较精密的零部件常用塑料制作。

(6) 电绝缘性能好。以树脂高分子材料为主要原料的塑料，由于高分子的内部没有自由电子和离子，所以没有导电能力。只是由于添加剂的加入，使得塑料的电绝缘性产生了变化，但它们

的电绝缘性能仍很好。大多数塑料在低频、低压时有良好的电绝缘性，而少数塑料即使在高频、高压下也有良好的电绝缘性，因此，塑料在电子、电器、送变电等领域应用甚广。

(7) 透光性。有些塑料具有优良的透光性，甚至要超过玻璃，如 PMMA 对太阳光的透过率可达 92% 以上，超过无机玻璃的透过率 (85% 左右)，其余的几种光学塑料也多在 90% 左右，因此，这些光学塑料在各种光学仪器，如照相机、摄像机、传真机等中来代替玻璃制作成像零件，其效果要优于玻璃。

(8) 减摩、耐磨性好。大多数塑料具有优良的减摩、耐磨和自润滑性能，它们可以在边界摩擦和干摩擦条件下有效地工作，这是一般金属材料所办不到的。塑料的摩擦因数很小，只有金属的几分之一甚至几十分之一，因此，塑料是一种很好的减摩、耐磨材料，如 PPS、PTFE 等，均是很好的减摩自润滑塑料。

(9) 阻隔性能好。塑料的阻隔性包括气体阻隔性、水蒸气阻隔性、液体阻隔性、保香性等，因此，用塑料可以制作许许多多容器，如饮料瓶、油桶等，其效果并不比原来的玻璃瓶差，有的还要胜过玻璃。

(10) 热物理性能。塑料的耐热性比金属、陶瓷材料要差得多，这是由于塑料本身结构的原因所致。一般塑料在 300℃ 左右即会熔融，而在这以前，塑料的力学性能已经发生很大的劣化，因此，限制了塑料的使用范围，这是塑料制品的一大弱点。此外，塑料的热膨胀系数很大，比金属材料大几倍以上，因此它的成型收缩率较大，对塑件保证几何精度带来困难。塑料的熔点低，却给它带来很好的热封性，很多塑料袋的封口，都是利用其易熔的特性完成的，密封效果相当好。

总之，塑料是一种大大有别于金属、陶瓷材料的一种新型材料，除上述性能外，塑料还有可电镀性、可焊接性、耐辐射性、绝热性等多种性能，深刻认识并充分掌握塑料的各种特性，对从



事塑料制品生产的有关人员来说是十分必要的。

### 三、塑料的结构

塑料的主要成分是树脂，树脂是高分子化合物，是由单体的低分子化合物聚合而成的，因此也叫聚合物。由于树脂在塑料中所占的比例在40%以上，因此，塑料的结构主要也由树脂决定。树脂的高分子，或称长键分子，是由千百个被称为“单体”的分子单元结合在一起形成的。将单体结合在一起的过程叫“聚合”。组成单体的元素通常有C、H、O、卤素等元素，由于各种元素的排列方式及数目差异较大，使得塑料的结构不同，其性能也有很大差异。

聚合物是由长键分子组成的，这种独特的结构对塑料的性能有重要的影响。由于分子间存在着相互作用，才使得相同的或不相同的高分子能聚集在一起，成为具有所要求性能的材料。分子间的作用力，包括范德华力、静电力、诱导力、色散力及氢键，它们对塑料的许多性质有十分重要的影响。在高聚物中，由于分子的质量很大，分子链很长，分子间的作用力是很大的。分子间作用力的大小，对于高聚物的强度、耐热性和聚集态结构都有很大的影响，也决定着它的性能。

在实际聚合物中，形成的大分子并非都具有相同的长度，大分子的长度取决于聚合时一系列的随机因素。如在乙烯单体充裕的区域，分子键可以迅速增长；而在乙烯单体贫乏的区域，分子键会生长缓慢，甚至停止生长，故在实际聚合中不存在单一的分分子量，而是用统计方法来确定平均分子量和分子量的分布情况。

聚合物中的分子键是以碳原子为骨架形成并可随机扭转的线型长键分子。这些长键分子的排列及其相互之间的作用，对塑料的许多性质有明显的影响，其中最主要的是结晶性，它主要取决于分子键的结构，对具有高支键的聚合物来说，它难以形成有序