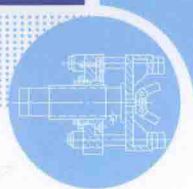
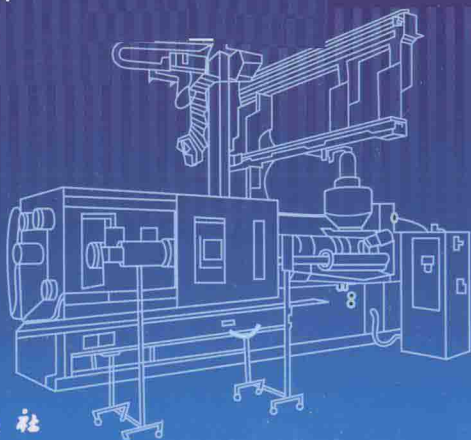
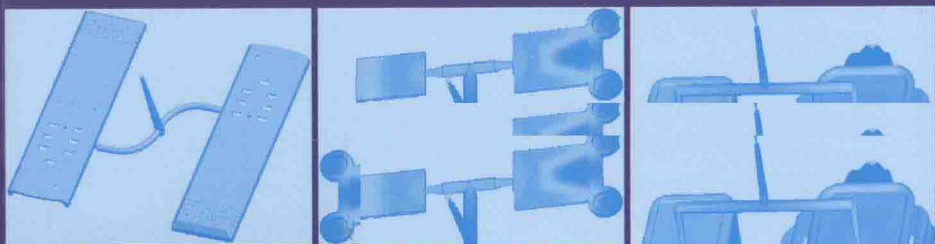


»» 王华山 等编著



# 注射成型 技术及实例

ZHUSHE CHENGXING JISHU JI SHILI

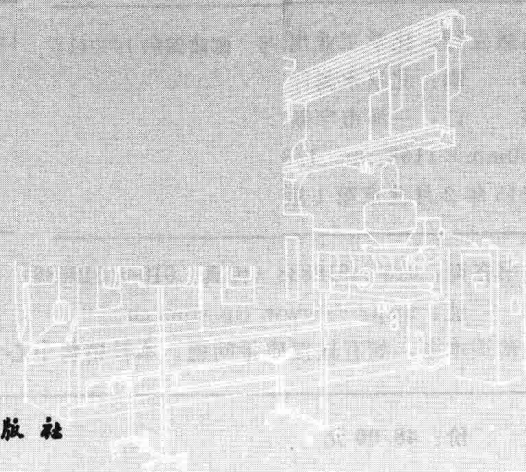
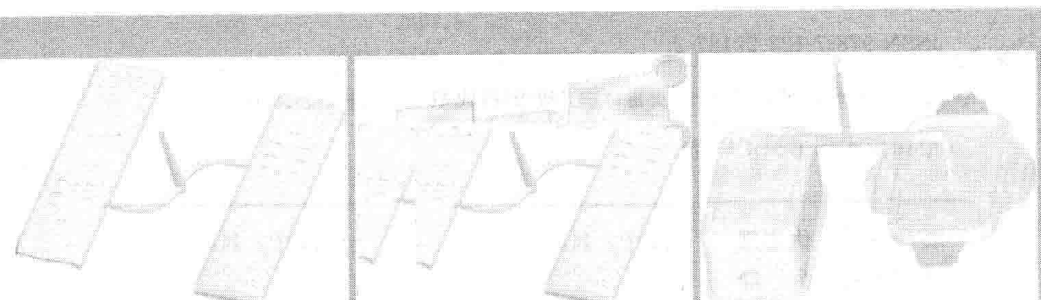


化学工业出版社

»» 王华山 等编著

# 注射成型 技术及实例

ZHUSHE CHENGXING JISHU JI SHILI



化学工业出版社

· 北京 ·

ISBN 7-122-01111-1

本书基于注塑生产环节中的技术要求,介绍了注塑制品的设计、注塑制品的常用原料的特点与选择、注塑机的操作、注塑模具的结构设计与制品质量的关系、注塑工艺过程及制品质量缺陷与控制、注塑成型 CAE 等相关内容。

本书讲述简明扼要,通俗易懂,适于工厂技术人员及技术工人参考,可作为企业培训用书,注塑从业人员自学教材或大专院校注塑成型技术通识教育教材。

### 图书在版编目 (CIP) 数据

注射成型技术及实例/王华山等编著. —北京: 化学工业出版社, 2015. 1

ISBN 978-7-122-22187-2

I. ①注… II. ①王… III. ①注塑-塑料成型 IV. ①TQ320.66

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 252349 号

---

责任编辑: 仇志刚  
责任校对: 吴 静

装帧设计: 刘丽华

---

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 刷: 北京永鑫印刷有限责任公司  
装 订: 三河市宇新装订厂  
850mm×1168mm 1/32 印张 14 $\frac{1}{4}$  字数 387 千字  
2015 年 2 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: 48.00 元

版权所有 违者必究

# 前言

塑料注射成型加工相关的技术在科技飞速发展的潮流中也在不断提升，主要表现在注塑新材料层出不穷、注射成型工艺不断更新和提升、注塑模具设计与加工水平不断提升、用于注塑生产的注塑机的功能越来越强，这些都在客观上要求生产注塑制品的操作人员和注塑技术人员更加深入的掌握注塑制品生产的各种基本理论和技能。

实践表明，现代注塑从业人员必须能够制订塑料成型工艺、管理维护注射成型设备；熟悉模具设计、加工、维护过程，了解材料及工艺对注塑制品的影响等。本书根据这些需求，分别从注塑制品的设计原则、注塑制品的常用原材料的特点与选择、注射成型设备结构组成与操作、注射成型模具的结构设计要素与制品质量的关系、注射成型工艺要点及制品质量缺陷与控制等几个方面进行了简明的叙述；在材料方面，本书对常用环保助剂品种及发展进行了归纳，如绿色增塑剂、环保抗氧剂等。

塑料注射成型是一门实践性非常强的学科，本书在编写过程中，编者注重理论与实际相结合。尽管注塑技术日新月异，新材料、新工艺层出不穷，但读者如能够全面掌握注塑相关基础知识，考虑相互联系的各种因素，系统地和生产中可能遇到的注塑质量问题进行分析并加以解决，就可以不断提高注塑制品的品质。

本书适用于工厂技术人员及技术工人参考，可作为企业培训用书，也又可用作注塑从业人员自学教材及大专院校注塑成型技术通识教育教材。

本书由王华山等编著。第1章、第3章、第6章由王华山编写整理，第2章、第4章、第5章由陈頔编写整理，第

7章由高雨茁编写整理。编写过程中参考了相关专业书籍、专业杂志等珍贵资料，主要的文献均已列入本书最后的参考文献，在此一并表示感谢。

由于编者水平和经验的限制，本书中难免存在不当之处，敬请读者提出并指正。

**编者**

**2014. 10**

# 前言

塑料注射成型加工相关的技术在科技飞速发展的潮流中也在不断提升，主要表现在注塑新材料层出不穷、注射成型工艺不断更新和提升、注塑模具设计与加工水平不断提升、用于注塑生产的注塑机的功能越来越强，这些都在客观上要求生产注塑制品的操作人员和注塑技术人员更加深入的掌握注塑制品生产的各种基本理论和技能。

实践表明，现代注塑从业人员必须能够制订塑料成型工艺、管理维护注射成型设备；熟悉模具设计、加工、维护过程，了解材料及工艺对注塑制品的影响等。本书根据这些需求，分别从注塑制品的设计原则、注塑制品的常用原材料的特点与选择、注射成型设备结构组成与操作、注射成型模具的结构设计要素与制品质量的关系、注射成型工艺要点及制品质量缺陷与控制等几个方面进行了简明的叙述；在材料方面，本书对常用环保助剂品种及发展进行了归纳，如绿色增塑剂、环保抗氧化剂等。

塑料注射成型是一门实践性非常强的学科，本书在编写过程中，编者注重理论与实际相结合。尽管注塑技术日新月异，新材料、新工艺层出不穷，但读者如能够全面掌握注塑相关基础知识，考虑相互联系的各种因素，系统地对生产中可能遇到的注塑质量问题进行分析并加以解决，就可以不断提高注塑制品的品质。

本书适用于工厂技术人员及技术工人参考，可作为企业培训用书，也又可用作注塑从业人员自学教材及大专院校注塑成型技术识读教育教材。

本书由王华山等编著。第1章、第3章、第6章由王华山编写整理，第2章、第4章、第5章由陈颀编写整理，第

7章由高雨茁编写整理。编写过程中参考了相关专业书籍、专业杂志等珍贵资料，主要的文献均已列入本书最后的参考文献，在此一并表示感谢。

由于编者水平和经验的限制，本书中难免存在不当之处，敬请读者提出并指正。

**编者**

**2014. 10**

# —>>> 目 录

## 第 1 章 塑料注塑制品的发展概况

1

- 1.1 概述 ..... 1
  - 1.1.1 注射成型工艺简介 ..... 1
  - 1.1.2 注塑制品的特点 ..... 3
  - 1.1.3 注塑制品的应用 ..... 4
- 1.2 注射成型技术的发展概况 ..... 13
  - 1.2.1 注射成型技术的发展 ..... 13
  - 1.2.2 注射成型技术的应用现状 ..... 15
  - 1.2.3 注射成型制品的发展趋势 ..... 21

## 第 2 章 注塑制品设计

22

- 2.1 概述 ..... 22
- 2.2 尺寸精度 ..... 23
- 2.3 表面光洁程度 ..... 29
- 2.4 壁厚的选择 ..... 29
- 2.5 脱模斜度 ..... 33
- 2.6 加强筋的设计 ..... 35
- 2.7 圆弧设计 ..... 38
- 2.8 孔的设计 ..... 39
- 2.9 嵌件设计 ..... 42
- 2.10 螺纹的设计 ..... 47
- 2.11 支承面 ..... 50
- 2.12 侧壁边缘 ..... 51
- 2.13 铰链 ..... 51
- 2.14 旋转防滑纹 ..... 52



2.15 焊接结构设计 .....	53
-------------------	----

## 第3章 注塑制品的原材料

55

3.1 常用注射成型材料 .....	55
3.1.1 聚乙烯 .....	55
3.1.2 聚丙烯 .....	61
3.1.3 聚苯乙烯 .....	66
3.1.4 ABS .....	68
3.1.5 聚甲基丙烯酸甲酯 .....	69
3.1.6 聚氯乙烯 .....	70
3.1.7 聚酰胺 .....	71
3.1.8 聚甲醛 .....	73
3.1.9 聚对苯二甲酸乙二(醇)酯 .....	74
3.1.10 聚碳酸酯 .....	75
3.1.11 聚砜 .....	76
3.1.12 改性聚苯醚 .....	76
3.1.13 热塑性增强材料 .....	77
3.1.14 热塑性弹性体 .....	78
3.1.15 塑料的回收利用 .....	80
3.2 填料 .....	81
3.2.1 有机填料 .....	83
3.2.2 无机填料 .....	83
3.3 塑料助剂 .....	85
3.3.1 概述 .....	85
3.3.2 增塑剂 .....	87
3.3.3 热稳定剂 .....	91
3.3.4 润滑剂 .....	95
3.3.5 冲击改性剂 .....	96
3.3.6 耐老化剂 .....	96
3.3.7 偶联剂 .....	99
3.3.8 抗静电剂 .....	100
3.3.9 着色剂 .....	101

3.3.10	交联剂	105
3.3.11	发泡剂	106
3.3.12	脱模剂	108

## 第4章 注射成型设备

110

4.1	注塑机概述	110
4.1.1	注塑机的组成结构	111
4.1.2	注塑机的分类	112
4.1.3	注射成型过程	114
4.2	注塑机的基本参数	116
4.2.1	公称注射量	116
4.2.2	注射压力	117
4.2.3	注射速率	118
4.2.4	锁模力	119
4.2.5	合模装置的基本尺寸	119
4.2.6	塑化能力	121
4.2.7	开、合模速度	121
4.2.8	空循环时间	121
4.2.9	国内外注射成型机及其参数	122
4.3	注塑装置的形式与结构	128
4.3.1	注塑装置的动作过程	128
4.3.2	塑化装置的形式和结构	129
4.3.3	注塑喷嘴	134
4.4	合模机构	136
4.4.1	全液压式合模装置	137
4.4.2	全机械式合模机构	141
4.4.3	液压-曲肘式合模机构	143
4.4.4	调模装置	146
4.5	推出装置	147
4.6	辅助成型设备	149
4.6.1	上料机	150

4.6.2	料斗式干燥机	150
4.6.3	模温机	151
4.6.4	快速换模装置	151
4.6.5	机械手	152

## 第5章 注射成型模具

154

5.1	概述	154
5.1.1	注塑模具的典型结构	155
5.1.2	注塑模具的分类	158
5.2	注塑模具的设计	163
5.2.1	注塑模具与注射机的关系	163
5.2.2	注塑模具与塑料的关系	168
5.2.3	注塑模具与制品的关系	170
5.2.4	注塑模具的设计过程	171
5.3	注塑模具所用材料	173
5.3.1	注塑模具对材料的要求	174
5.3.2	注塑模具各零件选材及表面处理	177
5.4	浇注系统设计	182
5.4.1	普通浇注系统设计	182
5.4.2	无流道浇注系统设计	209
5.5	成型零部件的结构设计	222
5.5.1	型腔数目的确定	222
5.5.2	分型面的选择	224
5.5.3	凹模的结构设计	229
5.5.4	凸模的结构设计	231
5.5.5	螺纹型芯与螺纹型环的设计	233
5.6	成型零件工作尺寸计算及壁厚计算	236
5.6.1	成型零件工作尺寸的计算	236
5.6.2	成型零件壁厚的计算	244
5.7	合模导向机构设计	256
5.7.1	导柱导向机构	257

5.7.2	锥面定位机构 .....	261
5.8	推出机构的设计 .....	262
5.8.1	推出机构的组成、分类及设计原则 .....	262
5.8.2	脱模力的计算及推出零件尺寸确定 .....	265
5.8.3	推杆推出机构 .....	268
5.8.4	推管脱模机构 .....	274
5.8.5	推件板脱模机构 .....	277
5.8.6	双脱模机构 .....	278
5.8.7	二级脱模机构 .....	282
5.8.8	螺纹塑件自动脱模机构 .....	288
5.8.9	浇注系统凝料自动脱模 .....	294
5.9	侧向分型与抽芯机构 .....	298
5.9.1	手动分型抽芯机构 .....	298
5.9.2	机动式分型抽芯机构 .....	300
5.9.3	液压抽芯或气压抽芯机构 .....	325
5.9.4	联合作用抽芯机构 .....	327
5.10	温控系统 .....	328
5.10.1	冷却 .....	329
5.10.2	加热 .....	337

## 第6章 注射成型工艺

340

6.1	注塑工艺参数的设定 .....	340
6.1.1	注塑温度 .....	341
6.1.2	注塑压力 .....	345
6.1.3	注塑时间 .....	349
6.1.4	成型周期 .....	351
6.2	注塑工艺过程 .....	352
6.2.1	成型前的准备 .....	352
6.2.2	注塑过程 .....	355
6.2.3	制件的后处理 .....	360
6.3	几种常用塑料的注塑工艺 .....	361

6.4	注塑制品的质量 .....	371
6.4.1	注塑制品的内应力 .....	371
6.4.2	注射制品的尺寸精度 .....	375
6.4.3	冲击强度 .....	377
6.4.4	注塑制品的熔接痕的位置与强度 .....	378
6.4.5	注塑制品的外观质量 .....	380
6.4.6	克服制品表面缺陷的措施 .....	383
6.5	热固性塑料注射成型 .....	385
6.5.1	热固性塑料注射成型原理 .....	385
6.5.2	热固性塑料注射成型的工艺特点 .....	386
6.5.3	注射成型用热固性塑料的组成及种类 .....	387
6.5.4	热固性塑料注射成型工艺 .....	390
6.6	其它注射成型 .....	396
6.6.1	精密注射成型 .....	396
6.6.2	反应注射成型 .....	400
6.6.3	气体辅助注射成型 .....	407
6.6.4	排气注射成型 .....	411
6.6.5	结构发泡注射成型 .....	412
6.6.6	流动注射成型 .....	415
6.6.7	双色注射成型 .....	416

## 第 7 章 基于 CAE 的注塑制品设计及工艺分析实例 419

7.1	Moldflow 分析模块的主要功能 .....	420
7.2	基于 CAE 的制品设计 .....	421
7.3	Moldflow 模流分析 .....	423
7.3.1	充填和流动分析 .....	423
7.3.2	流道平衡分析 .....	428
7.3.3	通过分析对制品设计进行优化 .....	438
7.3.4	成型工艺窗口分析 .....	440

# 第1章

## 塑料注塑制品的发展概况

### 1.1 概述

#### 1.1.1 注射成型工艺简介

塑料是通过制造成各种制品来实现其使用价值的。塑料的主要成型方法有挤出成型、注射成型、吹塑成型、压延成型等，其中注射成型因可以生产较为复杂的制品，在塑料的成型中一直占有极其重要的位置，是热塑性塑料制件成型最主要的一种方法。

注塑也称注射成型或注射模塑，是利用注射成型机将粒状或粉状的塑料原料熔融后使其快速进入温度较低的模具内冷却固化形成与模腔形状一致的塑料制品的加工过程。目前，几乎所有的热塑性塑料都有相应的注射品种。注射成型工艺可制备不同形状、尺寸、质量、满足各种使用要求的工程制件（如结构件、传动件、外观件、光学件等）和日用件。近年来，注射成型已成功地用来成型某些热固性塑料，更显其应用之广泛。

从注射成型的定义可以看出，注射成型由成型前的准备（选配干燥的原料、清洗料筒等）、注射过程和制件后处理三阶段组成，如图 1-1 所示。三个阶段的具体情况是：首先，将粉、粒状物料从注射机料斗送入高温的料筒内加热熔融塑化，使其达到塑化均匀变为黏流态熔体；然后，在螺杆（或柱塞）的高压推动下以很大的流速通过料筒前端的喷嘴并注射进入温度较低的闭合模具中，经过一段时间的保压、冷却定型后，开启模具便可从型腔中顶出具有一定形状和尺寸的制件；最后，为使制件质量稳定可靠，需经检验和后处理。

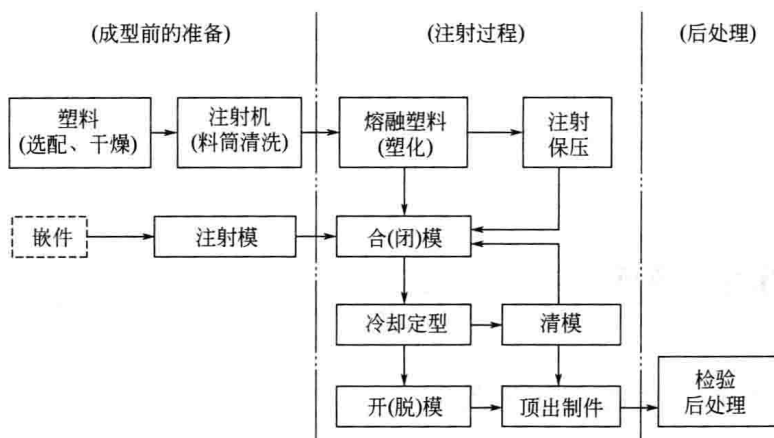


图 1-1 注射成型生产工艺过程

注射成型工艺的特点是：

① 成型周期短；随着制件的形状、大小、厚度不同以及注塑机的类型、物料品种和成型工艺条件等不同，周期为几秒钟至几分钟不等。

② 能一次成型外形复杂、尺寸精度高、表面质量好、带有金属或非金属嵌件的制件；制品的大小由钟表齿轮到汽车保险杠，品种之多其它任何塑料成型方法都无法比拟的。

③ 能适应各种塑料的成型，除聚四氟乙烯和超高分子量聚乙

烯等极少数品种外，几乎所有的热塑性塑料（通用塑料、纤维增强塑料、工程塑料）、热固性塑料和弹性体都能用这种方法方便地成型制品。

④ 成型过程自动化程度高，生产率高，其成型过程的合模、加料、塑化、注射、开模和制品顶出等全部操作均由注射机自动完成。

⑤ 模具的磨损小、体积不大，便于装卸。

总体来说，注射成型的优点很多，是较为优异的塑料成型加工方法之一。

### 1.1.2 注塑制品的特点

注塑制品是通过注射成型方法生产出来的塑料制品。与其它塑料成型方法所生产的制品相比较，注塑制品的特点主要体现在可成型原料种类多、制品的结构及外形复杂、精度高、应用范围广泛等方面。

(1) 注射制品的可选用的材料种类较其它成型方法多 塑料有热固性塑料和热塑性塑料之分。几乎所有的热塑性塑料都可以用注射成型的方法生产，热固性塑料也因为注塑设备水平和工艺水平的提高而可以用注射成型的方法生产。随着化学工业的发展，人们通过利用新的合成工艺或多种材料共混复合的方法，开发了非常多的新型塑料材料；而这之中的绝大部分都可以用注射成型的方法生产。比如 ABS 经共混改性后有几十个品种，其中绝大部分都可用于注射成型。其它非注射成型工艺所能生产的塑料品种要少得多。

(2) 注塑制品外形和结构复杂，可以带有金属或非金属嵌件 注塑制品是与模具外形相一致的制品，由于模具的外形可以很复杂，所以采用注射成型技术可制造形状非常复杂的热塑性或热固性塑料制品。这些制品可以批量生产而且很少需要二次修整。例如在注塑制品上直接成型孔洞、凸台和扣梁等组装性零件是常见的做法，这种整体设计技术大大简化甚至避免了二次组装工序。带有金属或非金属嵌件可以提升注塑制品的性能。

(3) 注塑制品精度高 在精密成型、超精密成型注塑机未出现



的情况下，注塑制品的精度就比用其它成型方法得到的塑料制品精度要高；随着精密成型、超精密成型注塑机的出现，塑料制品的尺寸精度范围可以达到 $0.01\sim 0.001\text{mm}$ ，而超精密成型则可以达到 $0.001\sim 0.0001\text{mm}$ 。当然这也与塑料材料有关，由于大多数塑料具有收缩的特性，所以要达到较高的精度要求，就要求塑料的收缩特性较为均匀。

(4) 注塑制品的应用非常广泛，一些特殊功能可以根据使用场合而设计。注塑制品广泛应用于国防、交通运输业、建筑材料、农业、科教卫生和日常生活用品中，用注塑机成型的塑料制品的量接近整个塑料制品总质量的 $1/4$ 。在一些特定的场合，比如用在电器元件的注塑制品通常要求制品具有防静电、能屏蔽电磁波等功能，人们就可以利用不同的树脂为基料，通过添加炭黑、金属氧化物、金属微粒、导电有机物等复合而得到所需要的功能。有些制品要求具有组合功能，人们可以通过结构上的复合而得到所期望的功能。比如多色注射成型的化妆品盒子，两种色彩的搭配比喷涂的效果更使人感到新奇。

### 1.1.3 注塑制品的应用

注塑制品随着所用注塑材料的不同，可以具有人们所需要的各种优良的使用性能，这使注塑制品已广泛应用于农业、建筑业、汽车、航空航天、电子电器、医疗卫生及物流包装等各个领域。由于各个行业的相互交融，一些注塑制品在各个行业的应用并不具有特异性，其作用可能相同。如电子仪器的外壳在仪表行业当然是不可或缺，但在各个行业都可能应用，所以本书只就使用注塑制品最多的几个行业中的常见或相对特殊一些的注塑制品的功能要求、选材及生产等进行简单的叙述。

#### 1.1.3.1 农业方面

塑料在农业中的应用主要以薄膜为主。但随着农业现代化发展的要求，在实际应用中，注塑制品的用量也很大。如手动喷雾器部件、农机的连接与联运部件、挤乳机的活动部件、排灌水泵壳、进