



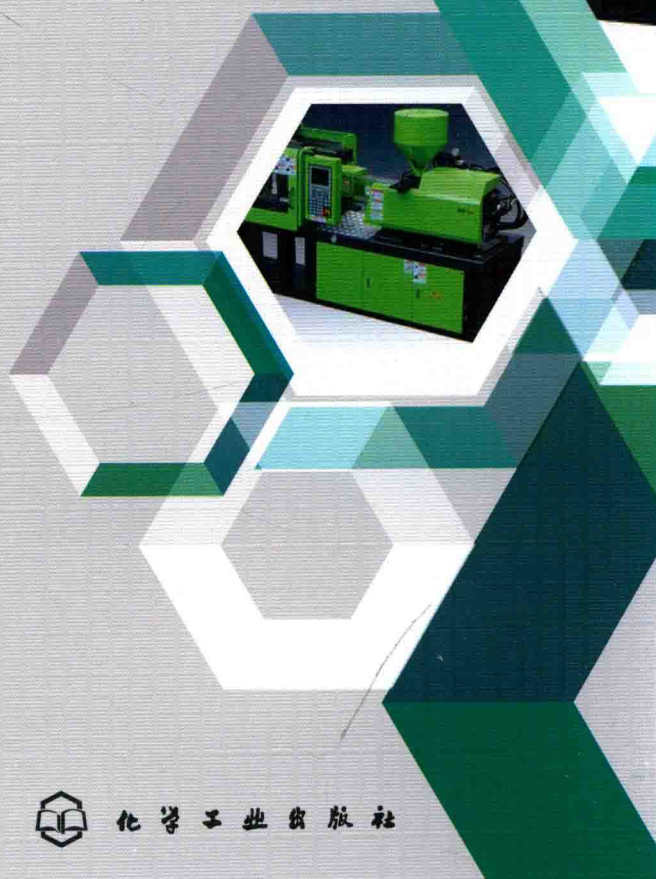
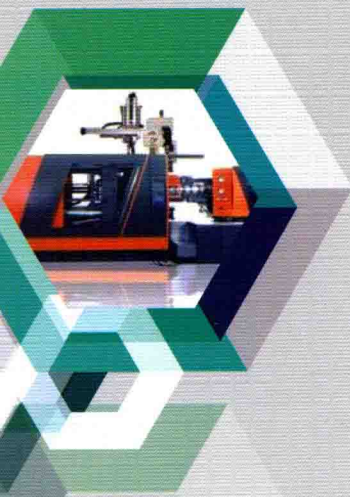
“十二五”职业教育国家规划教材
经全国职业教育教材审定委员会审定

塑料注射成型

SULIAO ZHUSHE
CHENGXING

3 第三版
EDITION

戴伟民 主编



化学工业出版社



“十二五”职业教育国家规划教材
经全国职业教育教材审定委员会审定

塑料注射成型

第三版

戴伟民 主编



化学工业出版社

· 北京 ·

本书主要介绍注射成型过程中所涉及的注射成型机、注射成型模具和注射成型工艺三部分内容。全书共分为六章：第一章主要介绍塑料制品生产过程、塑料注塑件的工艺特性分析和注射成型制品生产特点；第二章主要介绍常用注射成型机的注射成型系统、合模系统和控制系统，还简介了注射成型机的安装、调试及安全生产；第三章主要介绍注射成型模的组成以及成型零件、浇注系统、合模导向机构、脱模机构、侧向分型抽芯机构、温度调节系统、注射成型模具的使用；第四章主要介绍注射成型工艺过程及工艺条件分析、常用热塑性塑料的注射成型、注射成型制品的质量分析与管理、注射成型技术进展；第五章主要介绍模流分析软件在注射成型中的应用；第六章主要介绍典型制品注射成型案例。

本书内容密切联系生产实际，适用于高职高专高分子材料加工专业师生，也可供相关专业工程技术人员参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

塑料注射成型/戴伟民主编. —3版.—北京:
化学工业出版社, 2015.7
“十二五”职业教育国家规划教材
ISBN 978-7-122-24026-2

I. ①塑… II. ①戴… III. ①注塑-塑料成型-高等
职业教育-教材 IV. ①TQ320.66

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 106269 号

责任编辑：于 卉
责任校对：宋 玮

文字编辑：李 玥
装帧设计：王晓宇

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：三河市延风印装有限公司
787mm×1092mm 1/16 印张 12½ 字数 315 千字 2015 年 9 月北京第 3 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：30.00 元

版权所有 违者必究

前 言

本书自 2009 年修订后出版以来，曾作为 2013 年国家精品资源共享课立项课程“塑料注射成型”的主要参考教材。为了能及时跟上现代塑料工业的发展步伐，满足广大读者的需求，编者决定对原书进行修订，更正原书中存在的不妥之处，并对相关章节进行了修编。

全书共分六章，以注射成型过程中所涉及的注射成型机、注射成型模具和注射成型工艺三部分内容为主。原第一章中增加了“塑料注塑件的工艺特性分析”的内容，并作为本章的第二节；第三章中增加了“其他注射成型模具”和“注射成型模具的使用”等内容；增加了第五章“模流分析软件在注射成型中的应用介绍”；并把第四章的第八节单独作为第六章“典型制品注射成型案例”。

本书的拓展内容及相关教学资源可进入国家精品课程《塑料注射成型》网站查阅，课程网址：<http://jpkc.czili.edu.cn/slcx/>。国家精品资源共享课立项课程《塑料注射成型》上线后，编者会在上述课程网站中提供网址。

第三版仍由常州轻工职业技术学院戴伟民老师担任主编。具体编写分工如下：第一章由常州轻工职业技术学院戴伟民老师和许昆鹏老师编写；第二章由武汉职业技术学院王红春老师编写；第三章由常州轻工职业技术学院卜建新老师和许昆鹏老师编写；第四章由常州轻工职业技术学院戴伟民老师和常州星宇车灯股份有限公司陈海民工程师编写；第五章由常州轻工职业技术学院许昆鹏老师编写；第六章由常州轻工职业技术学院戴伟民老师和许昆鹏老师编写。

本书在修订过程中得到高职高专学校的多位同仁支持，在此表示衷心的感谢！

由于塑料注射成型应用面广，技术发展迅猛，故本教材虽经修订，受编者实际经验所限，书中还可能有不妥之处，敬请使用本教材的教师与读者批评指正。

编 者
2015 年 2 月

第一版前言

本书是教育部高职高专规划教材，是按照教育部对高职高专人才培养工作的指导思想，在广泛汲取近几年高职高专教育成功经验的基础上编写的，是高分子材料加工专业必备的专业教材之一。

本书在编写过程中，注意贯彻“基础理论教学要以应用为目的，以必需、够用为度，以掌握概念、强化应用、培养技能为教学的重点”的原则，突出应用能力和综合素质的培养，反映高职高专特色。内容紧密联系生产实际，主要适用于高职高专学生，也可供相关专业工程技术人员参考。

本书由常州轻工职业技术学院戴伟民主编，无锡市松元塑料厂高级工程师陈庆生主审。编写分工如下：第一章、第四章由常州轻工职业技术学院戴伟民编写；第二章由江汉石油学院王红春编写；第三章由常州轻工职业技术学院卜建新编写。

在本书编写过程中，得到陶国良教授及有关高职高专学院多位同仁的支持，在此表示衷心的感谢！

由于编者水平有限，书中难免有不足之处，恳请使用本书的广大读者批评指正。

编者
2004年9月

第二版前言

本书自 2005 年出版以来，曾获 2007 年江苏省高等学校精品教材，也是 2008 年国家精品课程“塑料注射成型”的主要参考教材。本书于 2008 年被评为普通高等教育“十一五”国家级规划教材。为了能及时跟上现代塑料工业的发展步伐，满足广大读者需求，编者决定对第一版进行再版，更正第一版中存在的不妥之处，并对相关章节进行了修编。

本次第二版基本保持了第一版结构框架。全书共分四章，以注射成型过程中所涉及的注射成型机、注射成型模具和注射成型工艺三部分内容为主。原第一章中的“注射成型技术发展”内容移至第四章中，增加了“注射成型制品生产特点”内容；第二章中增加了“注射成型的动作过程”“注射成型机进展”等内容；第三章增加了“注射成型模具进展”内容。此外，在增加或调整部分内容的同时，更新了参考文献。

本次第二版仍由常州轻工职业技术学院戴伟民担任主编，江汉石油学院王红春和常州轻工职业技术学院卜建新也参加了编写。常州轻工职业技术学院许昆鹏参与了本书的编写工作。在本书编写过程中还得到高职高专学校的多位同仁支持，在此表示衷心的感谢！

由于塑料注射成型应用面广，技术发展迅猛，故本教材虽已再版，受编者实际经验所限，书中可能会有不妥之处，敬请使用本教材的教师与读者批评指正。

编者

2009 年 6 月

目 录

第一章 绪论	1	三、注射成型机的塑化装置	20
第一节 塑料制品生产	1	四、注射螺杆传动装置	28
一、塑料	1	五、注射座及其传动装置	29
二、塑料的组成和分类	1	第四节 注射成型机的合模系统	30
三、塑料的性能	2	一、对合模系统的要求	30
四、塑料制品生产	2	二、机械式合模系统	30
五、注射成型制品生产特点	2	三、液压式合模系统	30
第二节 塑料注塑件的工艺特性分析	2	四、液压-机械式合模装置	34
一、尺寸和精度	3	五、合模装置的比较	36
二、表面粗糙度	3	六、调模装置	36
三、结构形状	3	七、顶出装置	38
四、脱模斜度	4	第五节 注射成型机液压与电气控制系统	39
五、壁厚	4	一、注射成型机液压控制系统	39
六、加强筋和加强结构	4	二、注射成型机电气控制系统	46
七、支承面	4	第六节 注射成型机的辅助系统	49
八、圆角	4	一、供料系统	49
九、孔	5	二、干燥系统	49
十、螺纹和自攻螺纹	5	三、模具冷却系统	50
十一、嵌件	5	四、机械手的应用	50
十二、标记符号	5	五、热流道模具温度控制系统	50
第三节 主要内容和学习要求	5	六、注塑件热处理系统	51
一、本书的主要内容	5	第七节 注射成型机的安装、调试	51
二、学习要求	6	一、注射成型机的安装	51
复习思考题	6	二、注射成型机的调试	51
第二章 注射成型机	7	第八节 注射成型机操作与安全生产	54
第一节 概述	7	一、注射成型机的操作规程	54
一、注射成型的动作过程	7	二、生产中的安全与保护措施	56
二、注射成型机的结构组成	8	三、注射成型机的维护与保养	57
三、注射成型机的分类	9	第九节 专用注射成型机简介	64
四、注射成型机的操作方式	11	一、热固性塑料注射成型机	64
五、注射成型机的规格表示	12	二、精密注射成型机	65
第二节 注射成型机的主要技术参数	13	三、多色注射成型机	66
一、注射系统的基本参数	13	四、发泡注射成型机	66
二、合模系统的基本参数	16	五、注射吹塑成型机	68
第三节 注射成型机的注射系统	19	六、注射拉伸吹塑成型机	69
一、柱塞式注射系统	19	七、气辅注射成型机	69
二、螺杆式注射系统	19	第十节 注射成型机进展	71

一、新型注射成型机	71	第四章 注射成型工艺	118
二、注射成型机节能技术	72	第一节 注射成型过程	118
复习思考题	72	一、成型前的准备工作	118
第三章 注射成型模具	74	二、注射成型过程	121
第一节 注射模的基本结构	74	三、制品的后处理	124
一、单分型面注射模	74	第二节 注射成型工艺参数分析	125
二、双分型面注射模	74	一、温度	125
三、带侧向分型抽芯机构的注射模	75	二、压力	127
第二节 注射成型机的选择和校核	76	三、时间（成型周期）	129
一、注射成型机的基本参数	76	四、其他工艺参数	130
二、注射成型机基本参数的校核	76	第三节 多级注射成型工艺	130
第三节 成型零件设计	78	一、多级注射成型工艺分析	131
一、型腔分型面的设计	78	二、多级注射成型工艺特性	132
二、成型零件的结构设计	79	第四节 常用热塑性塑料的注射成型	132
三、成型零件工作尺寸的计算	80	一、热塑性塑料的注射成型特点	132
第四节 浇注系统设计	85	二、常用热塑性塑料的注射成型	134
一、主流道的设计	85	三、常用热塑性塑料的注射成型工艺	
二、冷料穴的设计	85	参数	149
三、分流道设计	86	第五节 特种注射成型工艺	149
四、浇口的设计	87	一、精密注射成型	149
五、排气系统设计	89	二、气体辅助注射成型	151
第五节 合模导向机构设计	90	三、排气注射成型	153
第六节 脱模机构设计	92	四、共注射成型	154
一、概述	92	五、流动注射成型	156
二、一次脱模机构	93	六、反应注射成型	157
三、顺序分型机构	96	七、热固性塑料注射成型	160
第七节 侧向分型抽芯机构	97	第六节 注射成型制品的质量分析	163
一、概述	97	一、内应力	163
二、机动侧向分型抽芯机构	97	二、收缩性	164
三、液压侧向分型抽芯机构	106	三、熔接强度	165
四、手动侧向分型抽芯机构	106	四、注射成型制品的表面缺陷与处理	166
第八节 温度调节系统设计	108	第七节 质量管理及工艺卡制订	171
一、概述	108	一、注射制品的质量检验	171
二、冷却系统的设计原则	108	二、技术质量工作规程	174
三、冷却系统的结构	108	三、注射成型工艺卡的制订	175
第九节 其他注射成型模具	110	第八节 注射成型技术进展	175
一、热流道注射成型模具	110	复习思考题	178
二、热固性塑料注射成型模具	111	第五章 模流分析软件在注射成型中的	
三、多色注射成型模具	111	应用介绍	180
四、气辅注射成型模具	112	第一节 模流分析软件简介	180
第十节 注射成型模具的使用	112	第二节 Moldflow 软件在塑料注射成型中的	
一、注射成型模具的维护与保养	112		
二、注射成型模具的安装与调试	113		
复习思考题	116		

应用简介	180	案例二 啤酒箱的注射成型工艺	188
一、注塑制品设计阶段	181	案例三 塑料箱包的注射成型工艺	189
二、注塑模具设计与制造阶段	181	案例四 接线座的注射成型工艺	190
三、量产阶段	182	案例五 透明调味瓶的注射成型工艺	190
复习思考题	182	复习思考题	191
第六章 典型制品注射成型案例	183	参考文献	192
案例一 RPVC 给水管件的注射成型			
工艺	183		

第一章 绪 论

【学习目标】

本章介绍了塑料制品生产、本课程主要内容与学习方法。

通过本章内容的学习，要求：

1. 掌握塑料的概念、塑料的组成和分类、塑料的性能及塑料制品生产；
2. 会分析注塑件的工艺特点；
3. 了解本课程的主要内容，掌握学习方法。

第一节 塑料制品生产

一、塑料

塑料是以合成树脂或天然树脂经化学改性后的产物为主要原料，适当加入添加剂（如填料、增塑剂、稳定剂、着色剂、抗氧剂、润滑剂等），在一定温度和压力下能成型成各种制品的可塑性材料，其弹性模量通常介于同类树脂制成的纤维与橡胶之间。

塑料是20世纪才发展起来的一大类新材料。由于其品种多、性能优、适应性广、加工方便等，因此发展迅速。到20世纪90年代，塑料的体积年产量已赶上钢铁，现已广泛用于国民经济的各个领域，成为人类社会中所不可缺少的材料。

二、塑料的组成和分类

塑料的主要成分是树脂，约占塑料总量的40%~100%，塑料的基本性能主要取决于树脂。

塑料的分类方法很多，最常用的是按树脂的受热特性和塑料的用途分类。

1. 按树脂受热特性分类

按加热冷却时树脂呈现的特性，塑料分为热塑性塑料和热固性塑料两大类。

(1) 热塑性塑料 热塑性塑料的特征是在特定温度范围内能反复加热软化和冷却硬化。常用的热塑性塑料有聚乙烯（PE）、聚丙烯（PP）、聚苯乙烯（PS）、聚氯乙烯（PVC）、聚甲醛（POM）、聚酰胺（PA）、聚碳酸酯（PC）、丙烯腈-丁二烯-苯乙烯共聚物（ABS）、聚甲基丙烯酸甲酯（PMMA）、聚对苯二甲酸乙二醇酯（PET）等。

(2) 热固性塑料 热固性塑料受热后成为不熔不溶的物质，再次受热不再具有可塑性。常用的热固性塑料有酚醛树脂（PF）、环氧树脂（EP）、氨基树脂、醇酸树脂和不饱和聚酯（UP）等。

2. 按塑料用途分类

按塑料用途分为通用塑料、通用工程塑料、特种工程塑料和功能塑料等。

(1) 通用塑料 通常指产量大、用量大、价格低廉、性能一般、主要用于制造日用品的塑料。常用通用塑料有聚乙烯、聚氯乙烯、聚苯乙烯、聚丙烯、酚醛塑料和氨基塑料等。

(2) 通用工程塑料 一般指产量大、机械强度高、可代替金属用作工程结构材料的塑料，这类塑料包括聚酰胺、聚碳酸酯、聚甲醛、ABS、聚苯醚（PPO）、聚对苯二甲酸丁二醇酯（PBT）及其改性产品等。

(3) 特种工程塑料（高性能工程塑料）一般指产量小、价格昂贵、能耐高温、可作结构材料的塑料。如聚砜（PSF）、聚酰亚胺（PI）、聚苯硫醚（PPS）、聚醚砜（PES）、聚芳酯（PAR）等。

(4) 功能塑料一般指具有特种功能（如耐辐射、超导电、导磁、感光等）的塑料，包括氟塑料、有机硅塑料等。

三、塑料的性能

塑料除原料来源丰富、品种繁多、制造方便、色泽鲜艳和成型简单等特点外，还具有许多独特的优良性能，如质轻、比强度高，耐腐蚀性好，绝缘性好，优良的消声和减震性能，良好的透明、透光性，成型性好，价格便宜等。

塑料的主要缺点是：机械强度和耐热性较低，导热性差，热收缩率大，大部分易燃烧，在光、热、空气、机械以及化学介质等作用下易发生老化现象等。

四、塑料制品生产

塑料制品生产的目的是充分发挥塑料的固有特性，利用各种成型方法，使其成为具有一定形状并有使用价值的制件或型材。

塑料制品的生产主要由原料准备、成型、机械加工、修饰和装配等连续生产过程所组成。原料准备是指根据制品的使用性能和加工方法选择合适的树脂及助剂的过程，必要时还要进行配料和预处理（包括预压、预热和干燥等）操作。成型是将各种形态的塑料（如粉料、粒料、溶液或分散体等）制成所需形状的制品或坯件的过程，它是生产塑料制品的必经过程。塑料成型方法很多，如模塑、层压和压延等。塑料制品生产的其他过程，通常要根据制品的要求进行取舍。机械加工是指在成型后的工件上进行钻孔、切螺纹、车削或铣削等，以完成成型过程所不能完成或完成得不够准确的一些工作。修饰的目的是为美化制品外观或改变制品表面性能，如对制品表面进行磨削、抛光、增亮、涂层和镀金属等。装配是将已成型的各个部件连接或配套成为一个完整制品的过程。后三种过程有时称为二次加工。

塑料制品的模塑成型方法主要有注射成型、挤出成型、压缩模塑和传递模塑等，本书主要介绍塑料注射成型。

五、注射成型制品生产特点

注射成型工艺可以在较短的时间内利用热固性或者热塑性塑料生产出外形复杂、尺寸精确、重复性好、带有金属嵌件或非金属嵌件的注塑制品。此外，对于有一定批量要求的塑件，其新品开发周期较短，并且新品开发成本较低，生产效率也高，能够实现自动化生产，与其他生产工艺相比，产品的能耗也较低。

由于以上特点，塑料注射成型的应用范围越来越广，对于国民经济各领域的发展都起到了一定的促进作用，许多领域的复杂零件都有用塑料注塑制品替代的趋势。目前，注射成型制品产量已接近塑料制品产量的 1/3，制品生产所用的注射成型机台数约占塑料制品成型设备总台数的 1/4。随着注射成型工艺、理论和设备的研究进展，注射成型已应用于部分热固性塑料、泡沫塑料、多色塑料、复合塑料及增强塑料的成型中。

第二节 塑料注塑件的工艺特性分析

注塑件的结构特点决定了其注塑工艺性是否良好。好的注塑件设计在符合客户需求的同时，还应考虑其是否满足注射成型规律。

一、尺寸和精度

和注塑件的注塑工艺特性相关的尺寸指的并不是制品的具体尺寸，而是指注塑件的总体尺寸。在分析注塑件的总体尺寸对其注塑工艺特性的影响时，应着重考虑以下两个方面的因素：一是塑料的流动性，对于流动性差的塑料，所设计的塑料件的尺寸不宜过大，而且壁厚也不宜过薄，否则容易产生充模不足、产生明显的熔接痕并且熔接痕处的强度过差，此外还会影响产品的外观或者产品的强度；二是成型设备的能力，如果塑料件的尺寸过大，超出设备的成型能力，也不能得到合格的产品。

注塑件的精度也对其工艺有很大的影响。注塑件的精度主要是为了保证塑料件的装配及互换性要求。但注塑件的精度影响因素很多，其中应着重考虑的有以下几个方面：一是模具的制造误差，主要包括模具零件的制造误差、模腔的变形、模具零件相互之间的安装定位尺寸误差和浇口的位置、分型面位置、模具的拼合方式等；二是塑料材料的成型收缩率波动，如同一塑料材料的不同批次、同一塑料材料的不同成型工艺条件等都有可能造成成型收缩率的波动；三是模具在使用过程中的磨损；四是注射成型工艺条件的波动及产品尺寸测量条件的波动，成型过程中的工艺条件（如温度、压力、时间等）的波动直接影响产品的收缩率，测量条件的不同，所测得的产品尺寸也有较大的差异，所以在测量和比较时应该统一标准，如国家标准。根据上述几点的分析可以知道，要求塑料件的精度达到金属件的水平是不科学和不经济的，在决定注塑件的尺寸精度时，可以参考 GB/T 14486—2008。

二、表面粗糙度

注塑件的表面粗糙度和所选用的材料、模具材料的选用及模具型腔表面的加工情况、注射成型工艺有很大的关系，所选用的材料必须有好的流动性，所设定的工艺条件也应能让塑料熔体平稳快速充模。在选定合适的塑料材料及注塑工艺后，在日常生产过程中还应注意以下几点。

① 对于表面要求高的塑料件，应选用适合的模具型腔材料，并且模具型腔表面粗糙度要求应达到 $Ra0.02\sim 0.04\mu\text{m}$ 以上，并高于塑料制品表面的质量要求。

② 对于由于型腔表面的磨损而导致的注塑件表面质量变差，应及时维护模具型腔。

③ 对于透明注塑件，应要求对应的型腔和型芯表面有相同的表面粗糙度。

④ 注塑件的非配合表面和隐蔽表面可取较大的表面粗糙度，这样可以降低模具加工及注塑生产的难度。

⑤ 在不影响产品质量的前提下，对于有些难脱模的注塑件，可以利用其不同表面的粗糙度差异来使注塑件在开模时留在表面粗糙度较大的型芯或凹模中，这样便于安排脱模机构。

⑥ 注塑件的光亮度并不完全取决于型腔的表面粗糙度，它和塑料品种有很大的关系，有时也可以在选用的塑料材料中加入助剂来改善注塑件的表面质量。

⑦ 有时可通过放电或化学腐蚀的方法在型腔表面生成均匀的麻纹以使得到的注塑件表面达到闷光的效果，增加塑料件的质感。

⑧ 模具型腔的表面粗糙度对充模过程有一定的影响，所以在选择塑料件的表面粗糙度的同时还要考虑粗糙度对塑料熔体充模的影响。

三、结构形状

注塑成型对注塑件的结构形状有一定的要求，不符合注塑工艺特性的注塑件设计往往导致开发成本成倍上涨，并且注塑件的质量也难以保证。一个好的注塑件结构设计在符合客户

使用要求的前提下，还应该注意考虑模具的结构，尽可能避免采用复杂的侧抽芯及瓣合模结构，使模具结构变得简单，这样不但可以缩短模具设计与制造难度，降低模具成本，也可以简化注塑工艺，提高生产效率。对于注塑件上较浅的侧凹及侧孔，如果采用的是强制脱模，则应检查注塑件的材料选择及工艺条件，确保脱模顺利并且不损伤制品。

四、脱模斜度

塑料注塑件在注射成型后，由于冷却结晶及热胀冷缩等作用，制品往往会包紧型芯，而较大的包紧力也会导致脱模力或者侧抽芯的抽拔力较大，不易脱模。在注塑时，如果加大脱模力强制脱模，通常会导致塑料件表面产生划痕、拉毛、变形等缺陷，并且模具的寿命也会变短。为了解决这个问题，在设计注塑件时要求在脱模方向或者抽拔方向的内外表面设置一定的脱模斜度。同样，在调整注塑工艺参数时，也应在保证产品质量的前提下，降低脱模力。

脱模斜度的大小可以根据产品的结构及使用要求、产品的表面粗糙度要求、塑料材料的种类、模具结构等综合考虑。比如注塑件形状复杂时、表面粗糙度大或者有花纹时、注塑件壁厚较大时、塑料材料的硬度较高时，在允许的情况下，均应采用较大的脱模斜度。

五、壁厚

通常情况下，壁厚较大的注塑件往往容易注塑成型。但注塑件壁厚的选择应综合考虑产品的总体尺寸及其成型的难易、产品的使用及装配要求、注塑件壁厚的均匀程度等。对于大型制品，壁厚应该取较大值，以便于注塑成型。很多注塑件往往在成型后还面临着二次加工方面的问题，这也是注塑件的壁厚在选取时应考虑的问题。此外，不均匀的注塑件壁厚通常会导致很多产品质量问题，所以好的注塑件的结构设计应保证其壁厚均匀，在不可避免不均匀的壁厚时，厚壁和薄壁间也应有很好的过渡。

六、加强筋和加强结构

提高注塑件的壁厚是保证注塑件强度和刚度的一种方法，但对于注射成型来说，这种方法却会同时带来许多弊端。我们可以在注塑件的受力较大或者易变形部位增设一些加强结构来提高其强度和刚度，并且还可以通过良好的设计，利用这些加强结构改善制品的充模及制品壁厚的均匀性问题。在日常生活中有许多这方面的例子，比如脸盆边缘及底部，塑料澡盆的边缘及底部，这些都是很好的加强结构设计方面的案例。

但在设计加强结构时，往往会导致制品局部壁厚增加，导致注塑生产时制品相应部位冷却后的凹陷及内应力等质量问题，所以在设计加强结构时应综合考虑。

七、支承面

对于需要支承面的注塑件，不能采用整个平面作为支承面，因为塑料件的平面总是容易变形，从而导致整个支承面不平。这种情况下可以在制品相应的支承面上增设凸边或者几个支脚来作为支承。在日常生活中这方面的案例也较多，比如保鲜盒、整理箱、塑料脸盆等都采用类似的设计来避免整个平面作为支承面。

在增设支承面时，也要注意同一平面上是否有加强筋等结构的存在。通常要求支承边或者支脚的高度尺寸应大于加强筋等结构的高度尺寸，这样可以保证是支承面起到相应的支承作用，而不是加强筋。

八、圆角

塑料熔体充模时应该尽量避免大幅度的运动状态调整，如果注塑件的结构决定了熔体充

模时需要有大范围的运动状态方面的改变,在设计注塑件时,就应在这些结构有变化的部位尽可能采用圆度过渡。注塑件面和面间的过渡采用圆度过渡不但可以改善注塑时的充模性能,也可以避免制品和模具在相应部位的较高的应力集中,提高制品和模具的强度,同时模具零件的加工及热处理性能也会有所改善。但需要注意的是,在设计圆角过渡时,应考虑到制品的使用要求及注塑工艺的特点,不可盲目采用圆角过渡。

九、孔

注塑件由于使用或装配方面的要求,往往会设计一些孔,但在设计孔时应考虑到塑料材料的性能特点及注塑工艺特点,尽量避免两个孔之间的距离过近或者孔距制品的边缘过近,因为孔间的距离或者孔距制品的边缘距离过近时,在注塑、装配或者使用过程中往往会成为薄弱环节,受力时容易损坏。另外,还应避免在注塑件上设计较深的盲孔,并且在设计较深的通孔时,可以采用组合型芯,降低型芯高度。因为注塑时的高压力会冲击型芯,导致型芯变形,使成型的孔的精度变差并且脱模难度也加大。对于一些异型孔,单一型芯成型困难时,可以采用组合型芯,降低模具复杂度。

十、螺纹和自攻螺纹

注塑件上螺纹的成型可以根据注塑件的结构采取整体式螺纹型芯及型环或者瓣合模成型。但必须注意的是,由于不同塑料的收缩率不同、加工工艺的变化及模具制造精度等许多因素都会影响注塑件螺纹的精度,所以不应对注塑件螺纹的精度提出过高的要求,并且内外螺纹的配合长度也不应过长。此外,由于塑料材料的特点,注塑件上的螺纹都应该有无牙段,并且在螺纹的起始及终止处均应有一定的过渡段,这样在拆装螺纹时,可以避免螺纹的变形及崩牙。

十一、嵌件

在很多应用场合,为了赋予注塑件局部有较高的强度、刚度、硬度、耐磨性及导电性等性能,或者为了提高注塑件的形状和尺寸稳定性、精度,或者为了降低塑料的消耗及满足外观设计需求,在注塑时,会在注塑件中埋入一些零件,这些零件可能是由玻璃、金属、木材、其他塑料等各种材料制成的。由于埋入的这些材料往往会影响注塑过程及最终所得产品的质量,所以我们也注意这些零件在注塑件中的固定,同时还要保证这些零件周边的强度,并且在选用埋入的零件和制订注塑工艺时还要避免给注塑件带来内应力。此外,注塑前在模具中放入这些零件时,还应注意其在模具中的固定方式一定要可靠,以免出现较多的不合格品或者出现意外而导致模具损伤。

十二、标记符号

塑料注塑件内外表面经常会设计文字或标记,这些标记有些已经做成标准件,可以在注塑模具上预留位置,注塑生产前根据需要直接安装使用。有些文字或者标记是在模具加工时加工在模具型腔表面,在确定这些文字或者标记的尺寸、脱模斜度时也应该考虑注塑工艺的特点,尽可能让文字或标记容易成型和脱模,并且不易被损伤。

第三节 主要内容和学习要求

一、本书的主要内容

本书介绍注射成型过程中所涉及的注射成型机、注射成型模具、注射成型工艺及注射成

型 CAE 软件四部分内容。全书共分为六章：第一章主要介绍塑料制品生产过程、塑料注塑件的工艺特性分析和注射成型制品生产特点；第二章主要介绍常用注射成型机的注射成型系统、合模系统和控制系统，还简介了注射成型机的安装、调试及安全生产；第三章主要介绍注射成型模的组成以及成型零件、浇注系统、合模导向机构、脱模机构、侧向分型抽芯机构、温度调节系统、注射成型模具的使用；第四章主要介绍注射成型工艺过程及工艺条件分析、常用热塑性塑料的注射成型、注射成型制品的质量分析与管理、注射成型技术进展；第五章主要介绍模流分析软件在注射成型中的应用；第六章主要介绍典型制品注射成型案例。

二、学习要求

通过本课程的学习，要求学生能掌握注射成型机的工作原理和结构特点，学会注射成型机正确选用及安装调试；掌握注射成型模具的组成及各组成部分的设计；掌握常用塑料的注射成型工艺条件及控制，学会分析生产中可能出现各种故障的原因及排除方法；会借助软件工具分析与解决注射成型过程中遇到的问题。

复习思考题

1. 什么是塑料？简述塑料制品的生产过程。
2. 影响注塑件注塑工艺特性的结构要素有哪些？
3. 简述注射成型技术的新进展。

第二章 注射成型机

【学习目标】

本章主要介绍了塑料注射成型机的结构、组成、工作原理和主要技术参数，重点分析了注射成型机的注射系统、合模系统和控制系统的结构、原理及其特点，简单介绍了注射成型机的安装、调试、操作与维护。

通过本章内容的学习，要求：

1. 掌握注射成型机的工作原理和结构性能；
2. 了解注射成型机的安装与调试、操作与维护；
3. 能分析注射成型机主要参数之间的相互关系和影响。

第一节 概 述

注射成型是使热塑性或热固性塑料在料筒中经过加热、剪切、压缩、混合和输送作用，熔融塑化并使之均匀化，然后借助于柱塞或螺杆对熔化好的物料施加压力，将其推射到闭合的模腔中成型的一种方法。注射成型所用的机械为注射成型机，简称注塑机。

与其他成型方法相比，注射成型的特点为：能一次加工出外形复杂、尺寸精确或带有金属嵌件、成型孔长的塑料制品；成型周期短；制品表面粗糙度低，后加工量少；生产效率高，易于实现自动化；对各种塑料的加工适应性强，能生产加填料改性的某些塑料制品。

工业上所用的注射制品有塑料齿轮、轴承、阀件等；医学上所用的注射制品有一次性注射器、组织培养盘、血液分析试管等；此外，塑料注射制品还广泛用于电气工程、国防、航空、文教、农业、交通运输、建筑、包装等工业和人民生活等领域。

一、注射成型的动作过程

注射成型机的动作过程基本相同，通过了解注射成型机的动作过程，可以帮助分析注射成型机各组成部分的要求、结构及作用原理。图 2-1 为常规注射成型机的工艺流程。

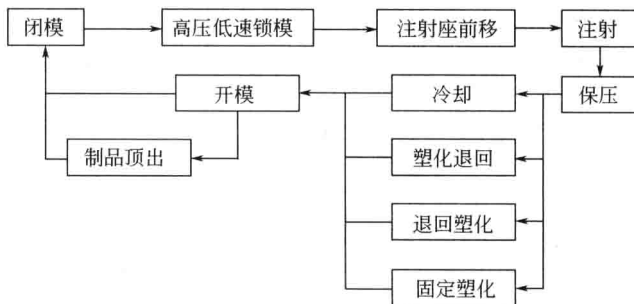


图 2-1 常规注射成型机的工艺流程

塑料制品的注射成型通常包括以下几个方面：固体物料的输送、加热、剪切、塑化、压缩、混炼，塑炼、均化后的熔融物料的充模，熔融态物料的保压、冷却或固化成型。为了配合上述塑料注塑制品的成型过程，注射成型机及模具要相互配合完成如图 2-1 所示的周期性

循环。现以普通螺杆式注射成型机的工作过程加以说明。

1. 闭模和锁模

注塑周期是从注塑模具的闭合开始的。模具的闭合由注射成型机的合模机构完成。从缩短闭模时间提高工作效率和保护模具两个方面来考虑，要求合模机构在闭模第一阶段能提供较快的合模速度和较低的合模压力；而在合模的第二阶段，即模具即将闭合时，应该降低合模压力及速度试合模，如果没有异物或异常情况，合模系统切换到高压低速锁模，否则模具自动打开并报警以提醒操作人员排除故障。

2. 注射座前移和注射

正常合模后，注射成型机的注射座在油缸的作用下整体前移直至喷嘴和模具的主流道入口紧密贴合，然后再在注射油缸的作用下，推动螺杆前进，将设定量的塑料熔体以预定的速度或时间注射入模。

3. 保压

模具型腔充满后，一方面为防止熔体的倒流；另一方面为了对型腔内不断冷却收缩的熔体进行补充，在注射动作完成后，有必要继续通过螺杆对料筒内的熔体施加一定的压力，直至模具的浇口冻结。此过程中螺杆头部施加于熔体的压力称为保压压力，通过控制该压力及该压力作用的时间可以得到质量合格的、重复性好的塑料注塑制品。

4. 制品的冷却与预塑化

保压完成后，模具型腔中的物料在模具的冷却作用下固化定型，与此同时，完成保压后的螺杆在驱动装置的作用下开始旋转并把物料塑化并输送至料筒前端，而螺杆在物料的反作用下后退至设定的位置。

5. 注射座后退

在上一步所述的预塑化步骤进行时，注射装置可以不退回，也可以在物料预塑后退回，但有时也可以在退回后再预塑物料，这主要由物料、设备、模具的种类而定。

6. 开模及顶出制品

冷却完成后，模具开启，至开模终点后，注射成型机的顶出机构开始动作顶出制品。在此过程中，制品可以自由落下，也可以由人工或机械手取出制品。

上述为通常情况下注射成型机的动作过程，但随着注射成型机的种类及应用场合的变化，上述动作过程可能有所改变，应根据具体情况加以调整。

二、注射成型机的结构组成

一台通用型注射成型机（如图 2-2 所示）主要由下列几个系统组成。

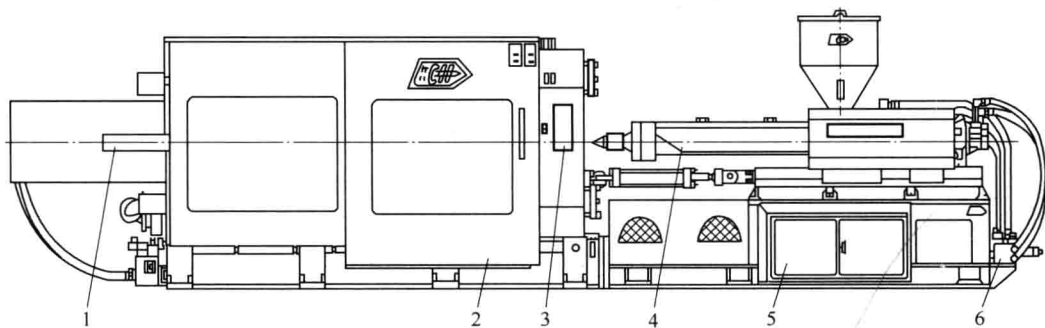


图 2-2 注射成型机的结构组成

1—合模系统；2—安全门；3—控制电脑；4—注射成型系统；5—电控箱；6—液压系统