

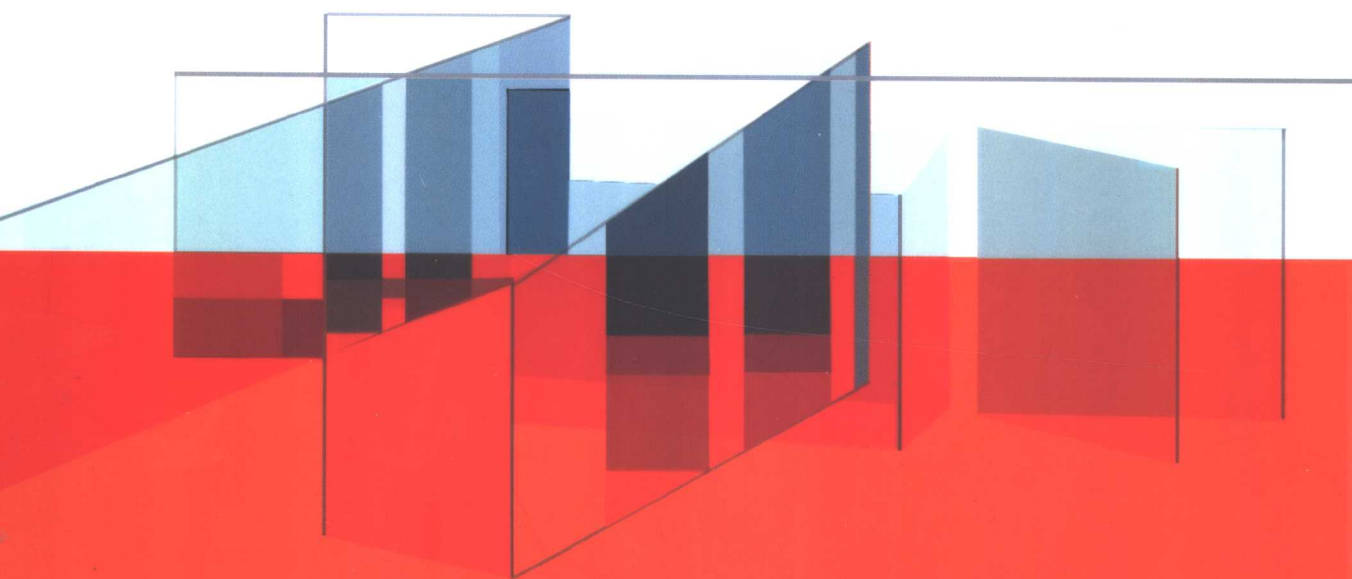
CAD 实用技术

Moldflow 模具分析技术基础

SUNNYTECH
浙大旭日科技

单岩 王蓓 王刚 编著

- 基础知识与实用技能并重，培养扎实的基本功
- 对 Moldflow 操作流程进行归纳，提高学习效率
- 丰富的功能操作图解和应用实例，深入浅出，通俗易懂
- 网上提供操作演示程序，使学习更直观



清华大学出版社

CAD 实用技术

Moldflow

模具分析技术基础

单岩 王蓓 王刚 编著

清华大学出版社

北 京

内 容 简 介

本书系统讲解了运用 Moldflow(MPI)软件进行注塑成型分析和模具设计优化的基本理论与方法,内容包括注塑成型基础知识、MPI 操作详解和应用案例三大部分。其中 MPI 操作部分又由注塑成型分析流程及分析思路、MPI 软件操作、前处理和分析详解等组成,并附有实例操作演示。

本书结构清晰、内容全面、深入浅出、图文并茂,可作为塑料模具分析人员的自学教材、大专院校模具专业课程教材以及相关培训教材。

版权所有,翻印必究。举报电话:010-62782989 13901104297 13801310933

本书封面贴有清华大学出版社激光防伪标签,无标签者不得销售。

图书在版编目(CIP)数据

Moldflow 模具分析技术基础/单岩,王蓓,王刚编著. —北京:清华大学出版社,2004.9

(CAD 实用技术)

ISBN 7-302-09029-7

I. M… II. ①单…②王…③王… III. 注塑—塑料模具—计算机辅助设计—应用软件 IV.TQ320.66

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 068255 号

出 版 者:清华大学出版社 地 址:北京清华大学学研大厦

<http://www.tup.com.cn> 邮 编:100084

社 总 机:010-62770175 客户服务:010-62776969

组稿编辑:胡伟卷

文稿编辑:刘金喜

封面设计:王 永

版式设计:康 博

印 装 者:北京鑫霸印务有限公司

发 行 者:新华书店总店北京发行所

开 本:185×260 印张:14.25 字数:329 千字

版 次:2004 年 9 月第 1 版 2004 年 9 月第 1 次印刷

书 号:ISBN 7-302-09029-7/TP·6377

印 数:1~4000

定 价:26.00 元

本书如存在文字不清、漏印以及缺页、倒页、脱页等印装质量问题,请与清华大学出版社出版部联系调换。联系电话:(010)62770175-3103 或(010)62795704

《CAD 实用技术》丛书特色

▼ 基础知识与实用技术相结合

了解和掌握一定的基础知识，有助于深刻领会 CAD 技术中的各种实用功能，做到“知其然，更知其所以然”，从而提高学习效率，保证学习效果，为技术水平的不断提高打下坚实的基础。本丛书中的基础知识内容均经过仔细的筛选，与丛书中所讲授的各种实用技术密切相关。同时，以通俗直观的形式进行讲解，便于读者理解和掌握。

▼ 突出 CAD 技术的核心内容

CAD 软件虽然种类繁多，但其中的核心功能基本相同的，并且构成了 CAD 技术的主要组成部分。丛书将各种 CAD 技术中的大量功能进行归纳、分类和总结，重点讲解具有共性的、最实用的部分，使读者从整体上把握 CAD 技术中的核心功能，并了解其中的规律性，从而达到学精学透的目的。

▼ 功能操作与实际应用相结合

本丛书不仅讲解了 CAD 软件中各种实用功能的操作步骤，更重要的是讲解这些功能的应用背景、应用方法和技巧，使读者能够将所学的知识应用到实际工作中，从而达到学以致用目的。

丛书编委会

主 编 单岩（浙江大学）

副主编 吴立军（浙江科技学院）

编 委 周瑜（浙大旭日科技） 周超明（浙大旭日科技）王刚（浙江大学）
王蓓（浙大旭日科技） 褚专祺（浙大旭日科技）

丛书序言

工业技术不断进步的一个重要标志是计算机应用的日益普及。在机械制造业,计算机辅助设计(CAD)技术的地位和角色正在发生深刻的转变——由稀有昂贵的高级技术资源普及成为常规的和必备的技术手段。随着全球制造业向我国的转移,这种转变已呈现出加速的趋势,形成了对该领域技术人才巨大的市场需求。

在这一趋势的带动下,CAD技术已成为机械行业从业人员和高等院校相关专业学生的学习和培训热点。

CAD技术的发展十分迅速,各种软件层出不穷,版本更新越来越快。面对种类繁多的软件以及日益复杂的功能,初学者往往会感到十分茫然,难以把握学习的要领,以致影响学习的效果和积极性。

为帮助读者扎实、高效地学习和掌握CAD技术中最实用的部分,我们组织编写了这套《CAD实用技术》丛书。这套丛书总结了我们多年的CAD技术应用和培训经验,其中不仅包括了CAD技术中的经典内容——三维造型,还讲授了一些比较专业的高级实用技术,如逆向工程和模具分析等。

本丛书由3部分组成:

- 三维造型

包括三维造型的基础背景知识、软件功能分析及使用技巧、三维造型的实际应用思路与技巧、典型CAD软件的使用、实例分析等。

- 逆向工程

其中总结了我们多年逆向造型的实际经验、技巧和技术开发的成果,包括三坐标测量、复杂产品(摩托车、汽车零部件)的逆向造型等高级造型技术。

- 模具设计与分析

包括注塑模具设计及注塑工艺等方面的基础知识,介绍利用世界顶级注塑模具分析软件Moldflow进行注塑分析的过程和方法。

本丛书希望达到的学习目标是:

- 使初学者快速坚实地掌握CAD的基础知识和基本技能,并具备一定程度的三维造型能力。

- 使具有一定CAD技术基础和工作经验的读者掌握更专业的高级技术,达到较高的应用水平。

本丛书可供具有中专以上文化程度的机械工程师自学,或作为高等院校相关专业课程的教材,以及用于CAD技术的普及和高级培训。

限于编写时间和作者的水平，从书中必然会存在需要进一步改进和提高的地方。希望读者及专业人士提出宝贵意见与建议，以便我们今后不断加以完善。可通过网站 <http://www.cad-lab.com> 与我们交流。

本丛书是编委会全体成员共同努力的结果，在此深表谢意。杭州浙大旭日科技开发有限公司的工程师们为本丛书提供了大量的技术资料和技术支持，在此也对他们表示衷心的感谢。

最后，感谢清华大学出版社为本丛书的出版提供的机遇和帮助。

《CAD 实用技术》丛书编委会

前 言

近年来,模具行业发展迅猛,在制造业中的地位日益突出。针对模具设计和塑料成型的 CAE 软件可以协助设计人员及早发现模具和成型质量方面存在的问题,从而能够便捷地修改设计方案,有效地降低成本和缩短生产周期。Moldflow 公司研发的系列软件为注塑成型设计和生产提供了高效的解决方法。

Moldflow 公司自 1978 年成立以来,在模拟分析产品与设计上享有极好的声誉。Moldflow 与 1986 年成立的同类软件公司 C-Mold 于 2000 年 2 月 11 日合并后,结合两者的优势为已有市场提供更专业更有效的服务与支持。Moldflow 公司的主要产品有: Moldflow Plastics Advisers——塑料产品及模具设计的 CAD 整合方案; Moldflow Part Insight——专业模流分析软件; Moldflow Mold Xpert——运用于注塑机及控制器的计算机辅助分析专家系统等。

目前 Moldflow 已经成为塑料模具分析领域的领导者,在国内外拥有大批的用户。然而,与之不相适应的是,尽管 Moldflow 的应用范围越来越大,但在国内却很少见到相关的培训教材。为此,我们组织编写了 Moldflow 应用的培训教材,教材规划为两册,第一册介绍基础操作,第二册介绍实际应用案例。教材由浙江大学、浙大旭日科技、上海新科益公司联合编写,其中上海新科益公司为本套教材提供了部分应用案例和一定的技术支持。

本书作为基础内容,分为两部分: MPI 操作介绍和案例分析演示。首先结合注塑成型工艺基础知识向 MPI 初学者详细介绍了 MPI 的基本菜单、基本操作,并将 MPI 的完整分析流程呈现给读者;其次详细讲解分析前处理和各个分析类型,使读者对 MPI 的功能有一个全面的了解;最后通过几个典型实例,方便读者直观体会运用 MPI 进行模具分析及对模具设计的指导作用,并进一步巩固和加深对 MPI 的理解。

我们真诚希望读者对本书中的不足之处提出宝贵意见和建议,以便我们不断改进。读者可通过网站 <http://www.cad-lab.com> 与我们交流。

读者可到 <http://www.tupwk.com.cn/downpage/index.asp> 页面上下载与本书案例有关的操作演示程序和 CAD 模型。

作者
2004 年 6 月

目 录

第 1 章	Moldflow 分析基础知识	1
1.1	注塑成型基础知识	1
1.2	注塑成型机	2
1.2.1	注塑系统	2
1.2.2	锁模系统	3
1.2.3	模具	3
1.3	注塑成型过程	3
1.4	注塑成型工艺条件	5
1.5	常见制品缺陷及产生原因	7
1.5.1	短射	7
1.5.2	气穴	8
1.5.3	熔接痕和熔接线	9
1.5.4	滞流	10
1.5.5	飞边	11
1.5.6	跑道效应	12
1.5.7	过保压	12
1.5.8	色差	13
1.5.9	喷射	13
1.5.10	不平衡流动	14
1.6	本章小结	14
第 2 章	Moldflow 分析流程	15
2.1	新建一个工程项目	15
2.2	导入或新建 CAD 模型	16
2.3	划分网格	19
2.4	检验及修改网格	19
2.5	选择分析类型	24
2.6	选择成型材料	25
2.7	工艺参数	26
2.8	选择浇口位置	26
2.9	创建浇注和冷却系统	28

2.10	分析	29
2.11	分析结果	30
2.12	本章小结	38
第 3 章	Moldflow 软件操作	39
3.1	Moldflow 常用菜单	39
3.1.1	文件操作	40
3.1.2	编辑和视图	42
3.1.3	建模	47
3.1.4	网格	61
3.1.5	分析	64
3.1.6	结果	66
3.1.7	报告	69
3.1.8	工具	72
3.2	Moldflow 材料库	73
3.2.1	材料描述	75
3.2.2	推荐成型工艺条件	75
3.2.3	流变特性	76
3.2.4	热特性	78
3.2.5	压力体积温度特性	79
3.2.6	机械特性	81
3.2.7	收缩特性	81
3.2.8	填充物特性	82
3.2.9	常用材料简介	84
3.3	Moldflow 帮助	87
3.4	相关术语	88
3.5	本章小结	89
第 4 章	网格划分和处理	90
4.1	前言	90
4.2	网格的类型	91
4.3	网格的划分	91
4.4	网格状态统计	93
4.5	网格处理工具	96
4.5.1	自动修补	96
4.5.2	处理纵横比	96
4.5.3	全部合并	97

4.5.4	合并节点	97
4.5.5	交换共用边	98
4.5.6	节点匹配	99
4.5.7	对某区域重新划分网格	99
4.5.8	插入节点	100
4.5.9	移动节点	101
4.5.10	排列节点	102
4.5.11	单元定向	103
4.5.12	补洞	104
4.5.13	平滑节点	105
4.5.14	创建一维单元	105
4.5.15	创建三角形单元	106
4.5.16	删除单元	107
4.5.17	清除节点	107
4.5.18	全部单元重定向	107
4.6	网格缺陷诊断	107
4.6.1	纵横比诊断	107
4.6.2	重叠单元诊断	109
4.6.3	网格定向诊断	110
4.6.4	网格连通性诊断	111
4.6.5	网格自由边诊断	112
4.6.6	网格厚度诊断	113
4.6.7	网格出现次数诊断	113
4.6.8	网格匹配诊断	114
4.7	网格处理实例	115
4.7.1	单元纵横比缺陷处理	115
4.7.2	自由边缺陷处理	116
4.8	小结	117
第 5 章	Moldflow 分析详解	118
5.1	Fill 分析	118
5.1.1	Fill 分析工艺条件设置	119
5.1.2	填充分析结果	122
5.1.3	填充分析目的	123
5.2	Flow 分析	123
5.2.1	定义	123
5.2.2	保压曲线	124

5.2.3	工艺条件设置	125
5.2.4	流动分析结果	126
5.2.5	流动分析目的	127
5.3	Cool 分析	127
5.3.1	相关知识	127
5.3.2	冷却系统构件建模	130
5.3.3	冷却系统的设计	130
5.3.4	冷却分析	132
5.3.5	冷却分析结果	133
5.3.6	冷却系统的效率	138
5.3.7	冷却分析目的	138
5.4	Warp 分析	139
5.4.1	Warp 分析次序	139
5.4.2	确定翘曲类型	140
5.4.3	确定翘曲大小	140
5.4.4	翘曲分析输入参数	141
5.4.5	翘曲分析结果	141
5.4.6	翘曲产生原因	144
5.5	浇口位置分析	145
5.5.1	常见浇口类型简介	145
5.5.2	分析设置	147
5.5.3	分析结果	147
5.6	成型工艺窗口分析	147
5.6.1	分析设置	148
5.6.2	分析结果	149
5.7	DOE 分析	152
5.8	工艺优化分析	165
5.8.1	Process Optimization(Fill)分析	165
5.8.2	Process Optimization(Flow)分析	167
5.9	其他分析	168
5.10	本章小结	169
第 6 章	案例	170
6.1	案例一	170
6.1.1	网格划分与修补	171
6.1.2	厚度的修正	176
6.1.3	浇注系统的创建	179

6.1.4 成型工艺条件.....	179
6.1.5 填充分析.....	179
6.2 案例二.....	181
6.2.1 分析前处理.....	181
6.2.2 浇口位置与冷却系统.....	183
6.2.3 成型工艺条件.....	184
6.2.4 CFW 分析.....	185
6.3 案例三.....	192
6.3.1 网格信息.....	193
6.3.2 冷却管道初步设计.....	194
6.3.3 冷却分析工艺条件.....	195
6.3.4 第一次冷却分析.....	195
6.3.5 修改后的冷却管道布局.....	198
6.3.6 第二次冷却分析.....	199
6.4 本章小结.....	201
附录 A Moldflow 常用菜单功能英汉对照.....	202
附录 B Moldflow 主要结果英汉对照.....	207

第1章 Moldflow分析基础知识

【内容提要】

学习注塑成型工艺基础知识，注塑机主要组成，注塑成型过程，注塑成型各个主要阶段的工艺参数及其相互关系，常见制件质量问题及解决方案等。

【学习重点】

注塑成型工艺主要内容和主要工艺参数、常见质量问题的解决。

本章从介绍一些塑料注塑成型的相关基础知识、专业术语开始，来讲解与注塑成型过程各个阶段相对应的 Moldflow 模拟分析模块。将突出介绍注塑成型过程各个阶段中起重要作用的工艺参数，以及其对制品质量的影响，从而使读者在使用 Moldflow 软件时，对这些工艺参数设置的重要性有清楚的认识。同时还将介绍内容丰富的 Moldflow 自带材料数据库的使用。

1.1 注塑成型基础知识

所谓注塑成型(Injection Molding)，是指将已加热熔化的材料喷射注入到模具内，经由冷却与固化后，得到成品的方法。

注塑成型已经成为大多数塑料制品的成型方式，Moldflow 软件对注塑成型方式的模拟分析技术比较成熟。因此本书重点介绍关于注塑成型的相关知识和分析操作，对其他成型方式的分析，读者可以根据对注塑成型分析举一反三，本书不再赘述。

在树脂原料经由注塑机注塑成型变为塑料制品的整个过程中，包括以下几部分。

- (1) 计量：为了成型一定大小的塑件，必须使用一定量的颗粒状塑料，这就需要计量。
- (2) 塑化：为了将塑料充入模腔，就必须使其变为熔融状态，流动充入模腔。
- (3) 注塑充模：为了将熔融塑料充入模腔，就需要对熔融塑料施加注塑压力，注入模腔。
- (4) 保压增密：熔融塑料充满模腔后，向模腔内补充因制品冷却收缩所需的物料。
- (5) 制品冷却：保压结束后，制品开始进入冷却定型阶段。
- (6) 开模：制品冷却定型后，注塑机的合模装置带动模具动模部分与定模部分分离。
- (7) 顶件：注塑机的顶出机构顶出塑件。
- (8) 取件：通过人力或机械手取出塑件和浇注系统冷凝料等。
- (9) 闭模：注塑机的合模装置闭合并锁紧模具。

1.2 注塑成型机

注塑成型机可以分为柱塞式和螺杆式两种。这两种注塑成型机都由注塑系统、锁模系统以及模具组成。注塑成型机基本组成及成型过程如图 1-1 所示。

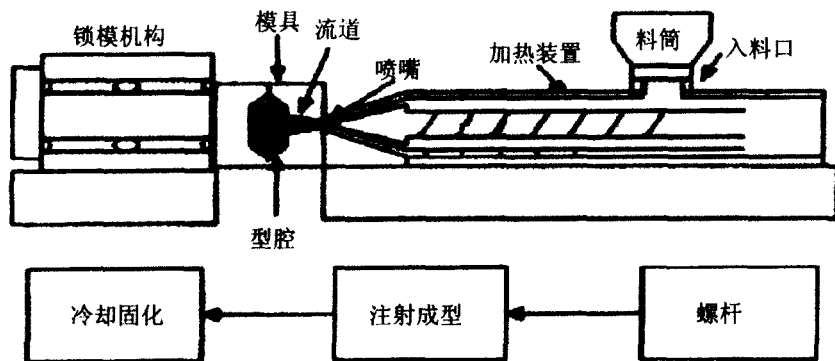


图 1-1

1.2.1 注塑系统

注塑系统是注塑机的主要部分，它能够使树脂原料在柱塞或螺杆的推动或旋转推进下均匀塑化，在高压下快速注入模具。注塑系统包括加料装置、料筒、螺杆或柱塞、喷嘴、加压和驱动装置等。

注塑机上的加料装置一般为锥形料斗，根据注塑机的不同还配有自动上料装置或者加热装置。

料筒是为树脂原料加热和加压的容器，要求具有耐压、耐热、耐疲劳、抗腐蚀、传热性好等特点。料筒外部一般都配有加热装置可以实现分段加热和控制。

柱塞和分流梭是柱塞式注塑机中的重要部件。柱塞是一根坚实的、表面硬度很高的金属柱，其作用是将注塑油缸的压力传给树脂并使熔体注入模具。分流梭是装在注塑机料筒前端内腔中形状类似鱼雷的一种金属部件，其作用是使料筒内的树脂分散为薄层并均匀的处于或流过由料筒和分流梭组成的通道，加快热传递和提高塑化质量。

螺杆是螺杆式注塑机中的重要部件。螺杆在料筒内旋转时，首先将来自料筒的树脂原料卷入料筒，并逐步将其向前推送、压实、排气和塑化，随后树脂熔体就不断地被推到螺杆顶部与喷嘴之间，而螺杆本身则因受熔体的压力而缓慢后移。当积存的熔体达到一次注塑量时，螺杆停止转动。注塑时，螺杆传递液压或机械力使熔体注入模具。

喷嘴是连接料筒和模具的过渡部分。注塑时，料筒内的熔体在螺杆或柱塞的作用下，高压快速流经喷嘴注入模具。

供给柱塞或螺杆对树脂施加压力，使柱塞或螺杆在注塑周期中进行往复运动完成注塑

的设置就是加压装置。加压装置的动力源有液压和机械力两种。使螺杆转动从而完成对树脂预塑化的装置为驱动装置。常用的驱动装置有单速交流电机和液压马达两种。

1.2.2 锁模系统

注塑机上实现锁合模具、启闭模具和顶出制件的机构统称为锁模系统。熔料在高压下注入模具，必须施加足够大的锁模力才能保证模具严密闭合不溢料。锁模结构还应保证模具启闭灵活、准确、迅速而安全，并防止损坏模具和制件，避免机器受到强烈震动，达到安全运行以延长机器和模具的使用寿命。

1.2.3 模具

模具(Mold)是为了将树脂原料做成某种形状而用来承接射出树脂的部件。如图 1-2 所示，注塑模具主要由浇注系统、成型零件和结构零件组成。

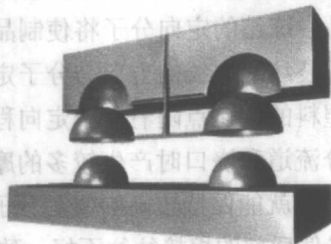


图 1-2

浇注系统是塑料熔体从喷嘴进入模腔前的流道部分，包括主流道、冷料井、分流道和浇口等。

成型零件是构成制品形状的各种零件，包括动模、定模、模腔、型芯、成型杆和排气口等。

结构零件是构成模具结构的各种零件，包括导向、脱模、抽芯以及分型的各种零件。

模具通常还具有加热或冷却装置，使塑料熔体在模具内合适的温度下固化定型。

1.3 注塑成型过程

在注塑过程的塑化、填充、保压和冷却这 4 个主要阶段中，起主要作用的工艺参数也随着注塑过程的变化而变化。

1. 塑化

塑化是指塑料在料筒内经加热达到良好可塑性的流动状态的全过程。因此可以说塑化是注塑成型的准备过程。熔体在进入模腔之前应达到规定的成型温度，并能在规定时间内达到足够数量，熔体温度应均匀一致，不发生或极少发生热分解以保证生产的连续进行。

2. 填充

这一阶段从柱塞或螺杆开始向前移动起，直至模腔被塑料熔体充满为止。

填充过程中包含的重要工艺参数有：

- 熔体温度
- 注塑压力
- 填充时间

充模刚开始一段时间内模腔中没有压力，待模腔充满时，料流压力迅速上升而达到最大值。充模的时间与模塑压力有关。充模时间长，先进入模内的塑料受到较多的冷却，粘度增大，后面的塑料就需要在较高的压力下才能进入模腔，反之，所需的压力则较小。在前一情况下，由于塑料受到较高的剪切应力，分子定向程度比较大。这种现象如果保留到料温降低至软化点以后，则制品中冻结的定向分子将使制品具有各向异性。这种制品在温度变化较大的使用过程中会出现裂纹，裂纹的方向与分子定向方向是一致的。而且，制品的热稳定性也较差，这是因为塑料的软化点随着分子定向程度增高而降低。高速充模时，塑料熔体通过喷嘴、主流道、分流道和浇口时产生较多的摩擦热而使料温升高，这样当压力达到最大值时，塑料熔体的温度就能保持较高的值，分子定向程度可减少，制品熔接强度也可提高。充模过快时，在嵌件后部的熔接往往不好，致使制品强度变劣。

3. 保压

这是指从熔体充满模腔时起，至柱塞或螺杆撤回时为止的一段时间。

保压阶段包括的重要工艺参数有：

- 保压压力
- 保压时间

保压阶段中，塑料熔体因受到冷却而发生收缩，但因塑料仍然处于柱塞或螺杆的稳压下，料筒内的熔料会被继续注入模腔内以补足因收缩而留出的空隙。如果柱塞或螺杆停在原位不动，压力曲线就会略有衰减；如果柱塞或螺杆保持压力不变，也就是随着熔料入模的同时向前做少许移动，则在此段中模内压力维持不变，此时压力曲线与时间轴平行。压实阶段对于提高制品的密度、降低收缩和克服制品表面缺陷都有影响。此外，由于塑料还在流动，而且温度又在不断下降，定向分子容易被冻结，所以这一阶段是大分子定向形成的主要阶段。这一阶段拖延时间愈长，分子定向程度也将愈大。

4. 冷却

这一阶段是指从浇口的塑料完全冻结时起，到制品从模腔中顶出时为止。

冷却阶段包括的重要工艺参数是冷却时间。

冷却时模腔内压力迅速下降，模腔内塑料在这一阶段内主要是继续冷却，以便制品在脱模时具有足够的刚度而不致发生扭曲变形。在这一阶段内，虽无塑料从浇口流出或流入，但模内还可能有少量的塑料流动，因此依然能产生少量的分子定向。由于模内塑料的温度、压力和体积在这一阶段中均有变化，因此到制品脱模时，模内压力不一定等于外界压力，模内压力与外界压力的差值成为残余压力。残余压力的大小与压实阶段的时间长短有密切关系。残余压力为正值时，脱模比较困难，制品容易被刮伤或破裂；残余压力为负值时，制品表面容易有陷痕或内部有真空泡。所以，只有在残余压力接近零时，脱模才比较顺利，并能获得满意的制品。

1.4 注塑成型工艺条件

注塑成型的工艺条件主要包括温度、压力和时间等。

1. 温度

注塑成型过程中的温度主要有熔料温度和模具温度。熔料温度影响塑化和注塑充模，模具温度影响充模和冷却定型。

熔料温度指塑化树脂的温度和从喷嘴射出的熔体温度，前者称为塑化温度，后者称为熔体温度，由此看来，熔料温度取决于料筒和喷嘴两部分的温度。熔料温度的高低决定熔体流动性能的好坏。熔料温度高，熔体的粘度小，流动性能好，需要的注塑压力小，成型后的制件表面光洁度好，出现熔接痕、缺料的可能性就小。反之，熔料温度低，就会降低熔体的流动性能，会引起表面光洁度低、缺料、熔接痕明显等缺陷。但是熔料温度过高会引起材料热降解，导致材料物理和化学性能降低。

模具温度是指和制件接触的模腔表面温度。模具温度直接影响熔体的充模流动行为、制件的冷却速度和制件最终质量。提高模具温度可以改善熔体在模腔内的流动性，增强制件的密度和结晶度以及减小充模压力和制件中的压力。但是，提高模具温度会增加制件的冷却时间、增大制件收缩率和脱模后的翘曲，制件成型周期也会因为冷却时间的增加而变长，降低了生产效率。降低模具温度，虽然能够缩短冷却时间、提高生产率，但是，会降低熔体在模腔内的流动能力，并导致制件产生较大的内应力或者形成明显的熔接痕等制件缺陷。

2. 压力

注塑成型过程的压力主要包括注塑压力、保压压力和背压。注塑成型过程中压力曲线的变化如图 1-3 所示。