



内附视频教学光盘 1DVD



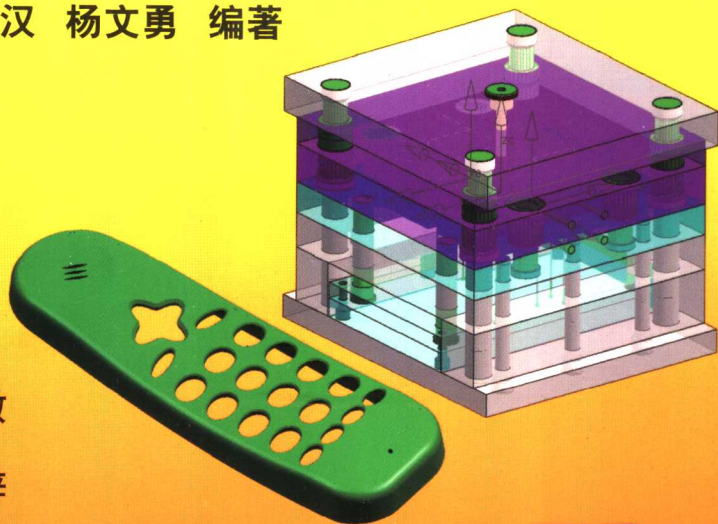
© 2007 UGS Corp. All Rights Reserved.  
UGS is a registered trademark of UGS Corp.  
NX is a registered trademark of UGS Corp.  
NX 5 is a registered trademark of UGS Corp.

# UG NX5

中文版

## 模具设计快速入门

腾龙工作室 谢龙汉 杨文勇 编著



- ★专为设计师度身定做
- ★内容详实，分析透彻
- ★实例经典，源于实践
- ★视频教学光盘，动画演示



清华大学出版社

# UG NX5 中文版模具设计快速入门

腾龙工作室

谢龙汉 杨文勇 编著

清华大学出版社

北 京

## 内 容 简 介

UG NX5 是 UGS 公司推出的功能非常强大的 CAD/CAE/CAM 软件, 被广泛应用于航空航天、汽车、船舶、机械、电子、电器、消费品等行业, 它的集成解决方案覆盖所有的产品设计与制造领域, 适应工业领域各类大、中、小型企业的需要。

本书介绍了 UG NX5 模具设计所需的各部分内容, 分 7 章依次介绍模具设计基础、项目初始化、模型修补、分型工具、模架库与标准件、完成模具设计的其他功能, 以及一个完整的实例。本书每章基本都是以一个比较典型的实例作为开篇引例, 通过这个例子的详细介绍, 读者可以初步感受到该部分功能的使用方法及应用流程; 接着具体介绍该模块的主要功能, 之后再以更加综合的实例进一步向读者介绍该部分功能的综合应用; 最后提供了若干练习作为进一步练习之用, 以巩固已学的知识。本书配套光盘提供了书中所需的实例源文件, 以及例子的操作动画。

本书适合具有中专以上文化程度的设计人员或在校学生使用, 特别适合作培训教程, 也可供 CAD/CAE/CAM 相关领域的开发人员和技术人员使用。

### 版权声明

本系列丛书为 UGS PLM Solutions (中国) 公司 (原名: 优集系统 (中国) 有限公司) 独家授权的中文版培训教程与使用指导。本书的专有出版版权属清华大学出版社所有。在没有得到 UGS PLM Solutions (中国) 公司和本丛书出版者的书面许可, 任何单位和个人不得复制与翻印。

版权所有, 违者必究。

“Copyright 2000 by Unigraphics Solutions Inc.

Original English Language Edition Copyright

2000 by Unigraphics Solutions Inc. All Rights Reserved”

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签, 无标签者不得销售。

版权所有, 侵权必究。侵权举报电话: 010-62782989 13501256678 13801310933

### 图书在版编目 (CIP) 数据

UG NX5 中文版模具设计快速入门/谢龙汉, 杨文勇编著. —北京: 清华大学出版社, 2007.10

ISBN 978-7-302-16119-6

I. U… II. ①谢… ②杨… III. 模具-计算机辅助设计-应用软件, UG NX5 IV. TG76-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 141453 号

责任编辑: 许存权 纪文远

封面设计: 范华明

版式设计: 杨 洋

责任校对: 马军令

责任印制: 李红英

出版发行: 清华大学出版社

地 址: 北京清华大学学研大厦 A 座

<http://www.tup.com.cn> 邮 编: 100084

[c-service@tup.tsinghua.edu.cn](mailto:c-service@tup.tsinghua.edu.cn)

社 总 机: 010-62770175 邮购热线: 010-62786544

投稿咨询: 010-62772015 客户服务: 010-62776969

印 装 者: 北京鑫海金澳胶印有限公司

经 销: 全国新华书店

开 本: 185 × 260 印 张: 22.25 彩 插: 2 字 数: 500 千字

附 DVD 光盘 1 张

版 次: 2007 年 10 月第 1 版

印 次: 2007 年 10 月第 1 次印刷

印 数: 1 ~ 5000

定 价: 39.00 元

本书如存在文字不清、漏印、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)62770177 转 3103 产品编号: 024008-01

### 使用说明

(1) 将DVD光盘插入DVD光驱,系统自动播放,出现如图1所示的光盘主界面。如果无法出现该界面,请直接双击光盘根目录中的CD\_Start.exe文件。

(2) 将鼠标移动到“内容简介”图标上,主界面的右侧出现本书的内容介绍。

(3) 将鼠标移动到“光盘说明”图标上,可以阅读DVD光盘的使用方法。

(4) 单击“浏览光盘”图标,可以弹出打开光盘根目录,浏览光盘中的内容。

(5) 单击“操作动画”图标,弹出如图2所示的画面,读者可以按照其中的指示进行操作。如果无法播放操作录像,那么请单击“AVI\_TSCC.EXE”,安装播放软件插件。

(6) 单击“CATIA及其他书籍”图标,可以浏览腾龙工作室已出版的其他书籍。

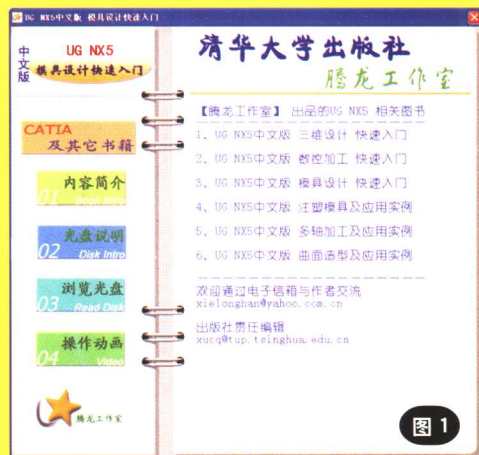


图1



图2

### 操作方法

本书所配DVD光盘中的操作动画可以使用Media Player或其他可以播放AVI格式文件的播放器播放,如图3所示是使用Media Player进行播放的情况。

所有操作动画均配有语音讲解。

读者也可以打开光盘中的AVI文件夹,其中文件夹Ch\*与各章的操作动画对应,读者可以从书中的动画路径进行观看。

建议读者一边阅读本书,一边在软件上动手操作,最后再观看操作动画,以加深理解。

### 光盘目录说明

(1) 由于光盘文件是只读文件,因此,需要将光盘中的源文件复制到电脑硬盘上,并取消文件的“只读”属性,导入后方能进行修改。

(2) Ch\*文件夹,其中\*号代表某个数字,与本书的章对应,其文件夹中的文件是该章实例中使用的文件。

(3) AVI文件夹中存放本书所有操作实例的操作录像,直接双击需要播放的文件即可观看。

(4) 本书采用UG NX5.0.0.25正式版软件进行编写,读者需要用不低于该版本的软件打开实例部件文件。

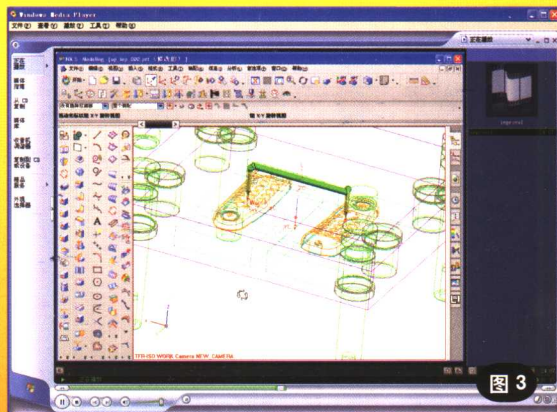
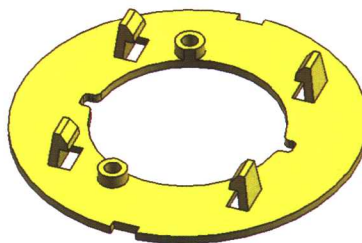
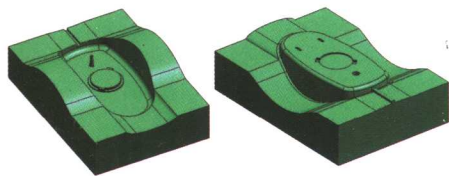
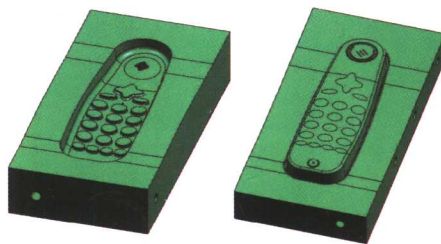
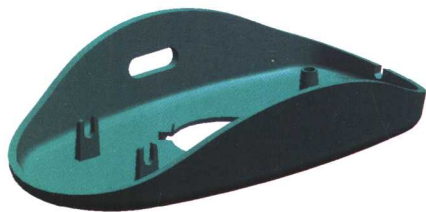
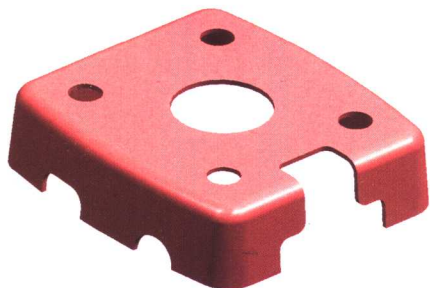
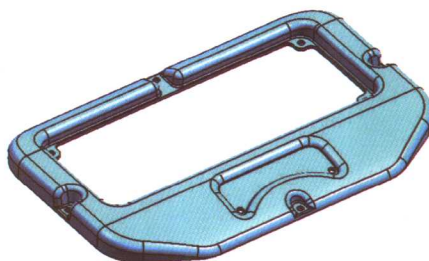
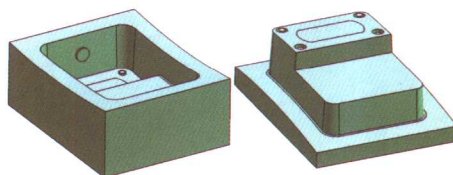
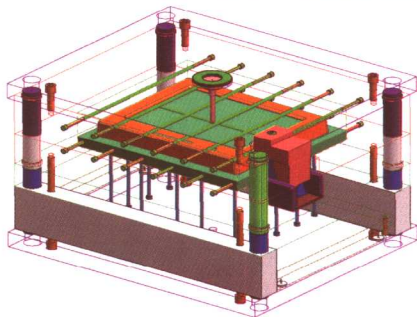
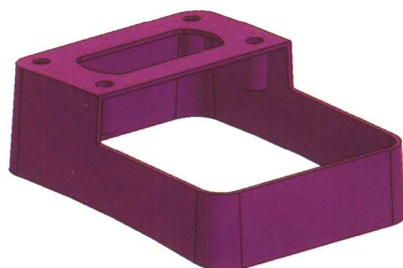
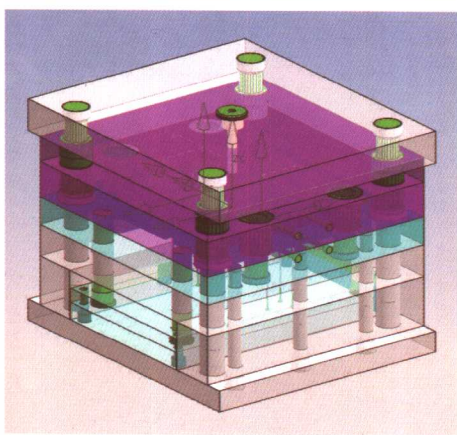
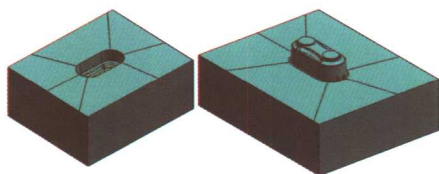
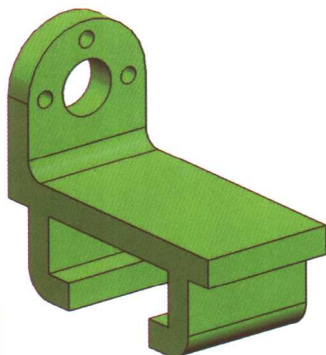


图3







# 前 言

UG NX5 作为强大的 CAD/CAE/CAM 集成软件, 在工业领域得到广泛的应用, 非常适合工程设计人员使用。

本书重点介绍 UG NX5 系统的模具设计功能, 通过本书的学习和训练, 读者将可以使用 UG NX5 进行产品的模具设计。

本书共分为 7 章, 依次介绍模具设计基础、项目初始化、模型修补、分型工具、模架库与标准件、完成模具设计的其他功能, 以及一个完整的实例。

第 1 章 模具设计基础。本章主要介绍注塑模具的成型工艺、注塑模具的分类与结构、注塑模具的设计过程(这些都是在进行模具设计之前需要掌握的基础知识), 还简要地介绍了通用模具设计的一般流程, 此外还介绍了 UG Mold Wizard NX 5.0 的设计过程及功能等, 使读者对基于 UG 的模具设计有一定的了解。

第 2 章 项目初始化。使用 UG 中的 Mold Wizard 模块进行模具设计是从项目初始化开始的, Mold Wizard 的项目初始化工作包括加载模型产品、定义模具坐标系、设置产品收缩率、设置模坯以及模腔布局等。项目初始化的设置将直接影响到后续的模具设计工作, 如模具坐标系的定义将影响到模具的分型面、模架的安装位置以及各类标准件的定位等。因此, 在项目初始化前, 应先对产品结构进行分析, 掌握进行模具设计所需的相关数据(如所用材料及收缩率、模腔的布局要求等), 然后再开展模具设计工作。本章提供丰富的实例和练习, 介绍模具设计的项目准备功能。

第 3 章 模型修补。项目初始化完成后, 接下来就要对产品模型中的孔、槽等部位进行修补, 因为只有修补好这些靠破位后, 才能进行模具的分型。Mold Wizard 具有强大的孔、槽等靠破位的修补能力, 使用其修补功能, 可以快速地对各种各样的靠破孔、槽等修补位进行修补。本章介绍了模型修补的各种方法, 最后以两个综合实例进一步向读者介绍模型修补的方法以及各项功能的综合使用, 并提供了两个练习供读者进行自行练习。

第 4 章 分型工具。模型完成修补后, 接下来就要对模型进行分型。这一步非常关键, 它将直接决定模具结构是否合理、模具的零部件是否容易加工、能否保证产品的成型要求。在进行模具分型前, 必须先弄清产品结构, 用 MPV 对产品模型进行验证。完成这些前期工作后, 才能进行分型线与分型面的创建工作。Mold Wizard 的分型工具功能非常强大, 通过它可以快速地进行分型的有关工作。本章最后以两个比较综合的例子, 进一步向读者介绍分型的方法以及各项功能的综合使用, 并提供了两个练习供读者进行自行练习。

第 5 章 模架库与标准件。模具分型后, 首先要装配模架, 然后装配大量的标准件, 这些标准件包括注射系统、顶出系统、支撑部分、冷却系统等所用到的各类标准件, 如定位圈、顶针等标准件。标准件库中还包括一类比较特殊的标准件, 这就是滑块和斜顶机

构。对于产品上需要通过抽芯来成型的部位，这些地方就需要设计滑块或斜顶机构来成型。使用 Mold Wizard 提供的滑块和斜顶标准件库可以快速地设计模具上的这些机构。此外，本章还介绍了使用 Mold Wizard 创建模具材料清单的方法，即 BOM 报表以及创建模具图等内容。最后通过两个综合例子进一步向读者演示模架和标准件的创建方法，并提供了两个练习供读者进行自行练习。

第 6 章 完成模具设计的其他功能。本章主要讲解模具设计的收尾工作，包括浇注系统、冷却系统的创建，型腔型芯镶件的制作，建腔功能，以及电极的制作方法。最后以两个综合实例，进一步向读者介绍这些功能的应用方法，并提供了两个练习供读者进行自行练习。

第 7 章 完整实例——LCD 面板模具设计。本章以一个完整的实例，完整介绍从产品到模具的整个过程。

本书配套光盘中的实例所使用的软件版本是 UG NX5，请使用 UG NX 5.0.0.25 及以上的版本打开配套光盘中的文件。

配套光盘提供了本书例子的操作动画，读者可以使用 Media Player 进行观看。如果无法打开，请链接 [http://www.thjd.com.cn/book/down/avi\\_tscc.exe](http://www.thjd.com.cn/book/down/avi_tscc.exe) 下载插件，安装后再进行播放。

本书是集体智慧的结晶，除了封面署名的作者之外，参加本书编写和制作的人员还有：林伟、林木议、魏艳光、钟翠霞、李朝光、刘平安、骆兆、丁建兴、伍世全、刘方伟等人。

由于时间仓促，书中难免有疏漏之处，敬请读者不吝指正。读者可通过电子邮件 [xielonghan@yahoo.com.cn](mailto:xielonghan@yahoo.com.cn) 与我们交流。

作 者

2007 年 5 月于香港中文大学

# 目 录

|                                |    |
|--------------------------------|----|
| 第 1 章 模具设计基础.....              | 1  |
| 1.1 注塑成型工艺.....                | 1  |
| 1.1.1 注塑工艺参数.....              | 1  |
| 1.1.2 注塑成型工艺过程.....            | 3  |
| 1.1.3 工艺控制.....                | 5  |
| 1.2 注塑模具的分类与结构.....            | 7  |
| 1.2.1 注塑模具的分类.....             | 7  |
| 1.2.2 注塑模具的结构.....             | 7  |
| 1.3 注塑模具的设计过程.....             | 9  |
| 1.4 Mold Wizard 简介.....        | 11 |
| 1.4.1 Mold Wizard 的主要工作阶段..... | 11 |
| 1.4.2 Mold Wizard 的设计过程.....   | 12 |
| 1.4.3 Mold Wizard 工具栏功能简介..... | 14 |
| 第 2 章 项目初始化.....               | 16 |
| 2.1 入门引例——剃须刀盖.....            | 16 |
| 2.2 知识要点.....                  | 19 |
| 2.2.1 装载产品.....                | 19 |
| 2.2.2 模具坐标系.....               | 22 |
| 2.2.3 产品收缩率.....               | 23 |
| 2.2.4 模坯设置.....                | 24 |
| 2.2.5 模腔布局.....                | 28 |
| 2.2.6 多件模布局.....               | 33 |
| 2.2.7 参数设置.....                | 34 |
| 2.3 综合实例.....                  | 39 |
| 2.3.1 实例 1——塑料面板.....          | 40 |
| 2.3.2 实例 2——多件模项目初始化.....      | 44 |
| 2.4 精选练习.....                  | 50 |
| 2.4.1 练习 1——塑料后盖.....          | 51 |
| 2.4.2 练习 2——固定扣.....           | 51 |
| 本章小结.....                      | 52 |

|                       |            |
|-----------------------|------------|
| <b>第3章 模型修补</b>       | <b>53</b>  |
| 3.1 入门引例——电机盖         | 53         |
| 3.2 知识要点              | 57         |
| 3.2.1 创建箱体            | 58         |
| 3.2.2 实体分割工具          | 59         |
| 3.2.3 修补工具            | 64         |
| 3.2.4 面分割工具           | 78         |
| 3.2.5 其他工具            | 80         |
| 3.3 综合实例              | 83         |
| 3.3.1 综合实例1——塑料底座模型修补 | 83         |
| 3.3.2 综合实例2——鼠标底盖模型修补 | 91         |
| 3.4 精选练习              | 100        |
| 3.4.1 练习1——塑料盖        | 101        |
| 3.4.2 练习2——电表外壳       | 102        |
| 本章小结                  | 103        |
| <b>第4章 分型工具</b>       | <b>104</b> |
| 4.1 入门引例——剃须刀盖分型      | 104        |
| 4.2 知识要点              | 111        |
| 4.2.1 模型验证 (MPV)      | 113        |
| 4.2.2 提取区域与分型线        | 117        |
| 4.2.3 创建/删除补片面        | 122        |
| 4.2.4 编辑分型线           | 124        |
| 4.2.5 定义/编辑分型段        | 128        |
| 4.2.6 创建/编辑分型面        | 132        |
| 4.2.7 创建型腔和型芯         | 138        |
| 4.2.8 抑制分型            | 139        |
| 4.2.9 模型比较            | 140        |
| 4.2.10 交换模型           | 141        |
| 4.3 综合实例              | 143        |
| 4.3.1 综合实例1——塑料底座分型实例 | 143        |
| 4.3.2 综合实例2——鼠标底盖分型实例 | 151        |
| 4.4 精选练习              | 161        |
| 4.4.1 练习1——塑料盖分型      | 161        |
| 4.4.2 练习2——电表外壳分型     | 163        |
| 本章小结                  | 166        |

|                                 |            |
|---------------------------------|------------|
| <b>第 5 章 模架库与标准件</b>            | <b>168</b> |
| 5.1 入门引例——电机盖加载模架与标准件           | 168        |
| 5.2 知识要点                        | 175        |
| 5.2.1 标准模架库                     | 175        |
| 5.2.2 常用标准件                     | 178        |
| 5.2.3 滑块和斜顶                     | 184        |
| 5.2.4 顶杆的成型                     | 201        |
| 5.2.5 材料清单 (BOM 表)              | 202        |
| 5.2.6 模具图                       | 204        |
| 5.3 综合实例                        | 210        |
| 5.3.1 综合实例 1——塑料底座模具加载模架与标准件实例  | 210        |
| 5.3.2 综合实例 2——鼠标盖模具加载标准模架与标准件实例 | 216        |
| 5.4 精选练习                        | 223        |
| 5.4.1 练习 1——塑料盖模具加载标准件          | 223        |
| 5.4.2 练习 2——鼠标上盖模具加载标准件         | 226        |
| 本章小结                            | 230        |
| <b>第 6 章 完成模具设计的其他功能</b>        | <b>231</b> |
| 6.1 入门引例——电机盖模具后处理              | 231        |
| 6.2 知识要点                        | 243        |
| 6.2.1 浇注系统                      | 243        |
| 6.2.2 冷却系统                      | 249        |
| 6.2.3 镶件                        | 255        |
| 6.2.4 建腔                        | 260        |
| 6.2.5 电极                        | 261        |
| 6.3 综合实例                        | 268        |
| 6.3.1 综合实例 1——手机上盖模具后处理         | 269        |
| 6.3.2 综合实例 2——塑料底座模具后处理         | 293        |
| 6.4 精选练习                        | 306        |
| 6.4.1 练习 1——塑料盖                 | 306        |
| 6.4.2 练习 2——电表盖                 | 311        |
| 本章小结                            | 315        |
| <b>第 7 章 完整实例——LCD 面板模具设计</b>   | <b>317</b> |
| 7.1 项目初始化                       | 317        |
| 7.2 模型修补                        | 320        |
| 7.3 分型                          | 321        |

|     |             |     |
|-----|-------------|-----|
| 7.4 | 加载标准件.....  | 326 |
| 7.5 | 浇注系统设计..... | 336 |
| 7.6 | 冷却系统设计..... | 340 |
| 7.7 | 建腔.....     | 342 |

# 第1章 模具设计基础

本章主要介绍注塑模具的成型工艺、注塑模具的分类与结构、注塑模具的设计过程，这些都是在进行模具设计之前需要掌握的基础知识；并介绍了注塑模具的设计过程，简要地介绍了通用模具设计的一般流程；此外还介绍了UG Mold Wizard NX 5.0的设计过程及功能等，使读者对基于UG的模具设计有一定的了解。

## 1.1 注塑成型工艺

注塑成型工艺是成型塑料制品的一种常用方法，其工艺流程如图1-1所示。

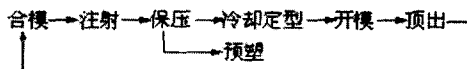


图 1-1

从以上工艺流程可以看出，注塑成型是一个循环过程，完成注塑成型需要经过预塑、注塑、冷却定型3个阶段。

(1) 预塑阶段。螺杆开始旋转，然后将从料斗输送过来的塑料向螺杆前端输送，塑料在高温和剪切力的作用下塑化均匀并逐步聚集在料筒的前端，随着熔融塑料的聚集，压力越来越大，最后克服螺杆背压将螺杆逐步往后推，当料筒前部的塑料达到所需的注塑量时，螺杆停止后退和转动，预塑阶段结束。

(2) 注塑阶段。螺杆在注塑油缸的作用下向前移动，将储存在料筒前部的塑料以多级速度和压力向前推压，经过流道和浇口注入已闭合的模具型腔中。

(3) 冷却定型阶段。塑料在模具型腔中经过保压，防止塑料倒流直到塑料固化，型腔中压力消失。一个生产周期中冷却定型时间占的比例最大。

注塑过程是一个周期性循环过程，每个循环内要完成模具关闭、填充、保压、冷却、开模、顶出制品等操作。其中，注塑（熔体填充）、保压和冷却是关系到能否顺利成型的3个关键环节。然而熔体的流动行为和填充特性又和填充的压力、速度以及熔体的温度密切相关，了解熔体的流动行为等相关特性，对于设计整个注塑工艺意义重大。

### 1.1.1 注塑工艺参数

#### 1. 注塑压力

注塑压力是由注塑系统的液压系统提供的。液压缸的压力通过注塑机螺杆传递到塑料熔体上，塑料熔体在压力的推动下，经注塑机的喷嘴进入模具的竖流道（对于部分模具来说也是主流道）、主流道、分流道，并经浇口进入模具型腔，这个过程即为注塑过程，或者称之为填充过程。压力的存在是为了克服熔体流动过程中的阻力，或者反过来说，流动

过程中存在的阻力需要注塑机的压力来抵消,以保证填充过程顺利进行。

在注塑过程中,注塑机喷嘴处的压力最高,以克服熔体全程中的流动阻力。其后,压力沿着流动长度往熔体最前端波前处逐步降低,如果模腔内部排气良好,则熔体前端最后的压力就是大气压。

影响熔体填充压力的因素很多,概括起来有3类:(1)材料因素,如塑料的类型、粘度等;(2)结构性因素,如浇注系统的类型、数目和位置,模具的型腔形状以及制品的厚度等;(3)成型的工艺要素。

## 2. 注塑时间

这里所说的注塑时间是指塑料熔体充满型腔所需要的时间,不包括模具开、合等辅助时间。尽管注塑时间很短,对于成型周期的影响也很小,但是注塑时间的调整对于浇口、流道和型腔的压力控制有着很大作用。合理的注塑时间有助于熔体理想填充,而且对于提高制品的表面质量以及减小尺寸公差有着非常重要的意义。

注塑时间要远远低于冷却时间,大约为冷却时间的  $1/10 \sim 1/15$ ,这个规律可以作为预测塑件全部成型时间的依据。在作模流分析时,只有当熔体完全是由螺杆旋转推动注塑型腔的情况下,分析结果中的注塑时间才等于工艺条件中设定的注塑时间。如果在型腔充满前发生螺杆的保压切换,那么分析结果将大于工艺条件的设定。

## 3. 注塑温度

注塑温度是影响注塑压力的重要因素。注塑机料筒有5~6个加热段,每种原料都有其合适的加工温度(详细的加工温度可以参阅材料供应商提供的数据)。注塑温度必须控制在一定的范围内。温度太低,熔料塑化不良,影响成型件的质量,增加工艺难度;温度太高,原料容易分解。在实际的注塑成型过程中,注塑温度往往比料筒温度高,高出的数值与注塑速率和材料的性能有关,最高可达  $30^{\circ}\text{C}$ 。这是由于熔料通过注料口时受到剪切而产生很高的热量造成的。在作模流分析时可以通过两种方式补偿这种差值,一种是设法测量熔料对空注塑时的温度,另一种是建模时将射嘴也包含进去。

## 4. 保压压力与时间

在注塑过程将近结束时,螺杆停止旋转,只是向前推进,此时注塑进入保压阶段。保压过程中注塑机的喷嘴不断向型腔补料,以填充由于制件收缩而空出的容积。如果型腔充满后不进行保压,制件大约会收缩25%左右,特别是筋处由于收缩过大而形成收缩痕迹。保压压力一般为充填最大压力的85%左右,当然要根据实际情况来确定。

## 5. 背压

背压是指螺杆反转后退储料时所需要克服的压力。采用高背压有利于色料的分散和塑料的融化,但却同时延长了螺杆回缩时间,降低了塑料纤维的长度,增加了注塑机的压力,因此背压应该低一些,一般不超过注塑压力的20%。注塑泡沫塑料时,背压应该比气体形成的压力高,否则螺杆会被推出料筒。有些注塑机可以将背压编程,以补偿熔化期间螺杆长度的缩减,这样会降低输入热量,令温度下降。不过由于这种变化的结果难以估计,故不易对机器作出相应的调整。

### 1.1.2 注塑成型工艺过程

塑件的注塑成型工艺过程主要包括填充——保压——冷却——脱模等 4 个阶段，这 4 个阶段直接决定着制品的成型质量，而且这 4 个阶段是一个完整的连续过程。

#### 1. 填充阶段

填充是整个注塑循环过程中的第一步，时间从模具闭合开始注塑算起，到模具型腔填充到大约 95% 为止。理论上，填充时间越短，成型效率越高，但是实际中，成型时间或者注塑速度要受到很多条件的制约。

- 高速填充。如图 1-2 所示，高速填充时剪切率较高，塑料由于剪切变稀的作用而存在粘度下降的情形，使整体流动阻力降低；局部的粘滞加热影响也会使固化层厚度变薄。因此在流动控制阶段，填充行为往往取决于待填充的体积大小。即在流动控制阶段，由于高速填充，熔体的剪切变稀效果往往很大，而薄壁的冷却作用并不明显，于是速率的效用占了上风。
- 低速填充。如图 1-3 所示，热传导控制低速填充时，剪切率较低，局部粘度较高，流动阻力较大。由于热塑料补充速率较慢，流动较为缓慢，使热传导效应较为明显，热量迅速为冷模壁带走。加上较少量的粘滞加热现象，固化层厚度较厚，又进一步增加壁部较薄处的流动阻力。



图 1-2

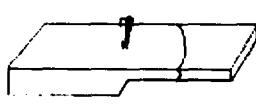


图 1-3

由于喷泉流动的原因，在流动波前面的塑料高分子链排向几乎平行流动波前。因此两股塑料熔胶在交汇时，接触面的高分子链互相平行；加上两股熔胶性质各异（在模腔中滞留时间不同，温度、压力也不同），造成熔胶交汇区域在微观上结构强度较差。在光线下将零件摆放适当的角度用肉眼观察，可以发现有明显的接合线产生，这就是熔接痕的形成机理。熔接痕不仅影响塑件外观，同时由于微观结构的松散，易造成应力集中，从而使得该部分的强度降低而发生断裂。

一般而言，在高温区产生熔接的熔接痕强度较佳，因为高温情形下，高分子链活动性较佳，可以互相穿透缠绕，此外高温区域两股熔体的温度较为接近，熔体的热性质几乎相同，增加了熔接区域的强度；反之在低温区域，熔接强度较差。

#### 2. 保压阶段

保压阶段的作用是持续施加压力，压实熔体，增加塑料密度（增密），以补偿塑料的收缩行为。在保压过程中，由于模腔中已经填满塑料，背压较高。在保压压实过程中，注塑机螺杆仅能慢慢地向前作微小移动，塑料的流动速度也较为缓慢，这时的流动称作保压流动。由于在保压阶段，塑料受模壁冷却固化加快，熔体粘度增加也很快，因此模具型腔内的阻力很大。在保压的后期，材料密度持续增大，塑件也逐渐成型，保压阶段要一直持

续到浇口固化封口为止,此时保压阶段的模腔压力达到最高值。

在保压阶段,由于压力相当高,塑料呈现部分可压缩特性。在压力较高区域,塑料较为密实,密度较高;在压力较低区域,塑料较为疏松,密度较低,因此造成密度分布随位置及时间发生变化。保压过程中塑料流速极低,流动不再起主导作用;压力为影响保压过程的主要因素。保压过程中塑料已经充满模腔,此时逐渐固化的熔体作为传递压力的介质。模腔中的压力借助塑料传递至模壁表面,有撑开模具的趋势,因此需要适当的锁模力进行锁模。涨模力在正常情形下会微微将模具撑开,对于模具的排气具有帮助作用;但若涨模力过大,易造成成型品毛边、溢料,甚至撑开模具。因此在选择注塑机时,应选择具有足够大锁模力的注塑机,以防止涨模现象并能有效进行保压。

### 3. 冷却阶段

在注塑成型模具中,冷却系统的设计非常重要。这是因为成型塑料制品只有冷却固化到一定刚性,脱模后才能避免塑料制品因受到外力而产生变形。由于冷却时间占整个成型周期约 70%~80%,因此设计良好的冷却系统可以大幅缩短成型时间,提高注塑生产率,降低成本。设计不当的冷却系统会使成型时间拉长,增加成本;冷却不均匀更会进一步造成塑料制品的翘曲变形。

根据实验,由熔体进入模具的热量大体分两部分散发,一部分有 5%经辐射、对流传送到大气中,其余 95%从熔体传导到模具。塑料制品在模具中由于冷却水管的作用,热量由模腔中的塑料通过热传导经模架传至冷却水管,再通过热对流被冷却液带走。少数未被冷却水带走的热量则继续在模具中传导,至接触外界后散溢于空气中。

注塑成型的成型周期由合模时间、充填时间、保压时间、冷却时间及脱模时间组成。其中以冷却时间所占比重最大,大约为 70%~80%。因此冷却时间将直接影响塑料制品成型周期长短及产量大小。脱模阶段塑料制品温度应冷却至低于塑料制品的热变形温度,以防止塑料制品因残余应力导致的松弛现象或脱模外力所造成的翘曲及变形。

影响制品冷却速率的因素有:

- 塑料制品设计方面。主要是塑料制品壁厚。制品厚度越大,冷却时间越长。一般而言,冷却时间约与塑料制品厚度的平方成正比,或是与最大流道直径的 1.6 次方成正比。即塑料制品厚度加倍,冷却时间增加 4 倍。
- 模具材料及其冷却方式。模具材料,包括模具型芯、型腔材料以及模架材料对冷却速度的影响很大。模具材料热传导系数越高,单位时间内将热量从塑料传递而出的效果越佳,冷却时间也越短。
- 冷却水管配置方式。冷却水管越靠近模腔,管径越大,数目越多,冷却效果越佳,冷却时间越短。
- 冷却液流量。冷却水流量越大(一般以达到紊流为佳),冷却水以热对流方式带走热量的效果也越好。
- 冷却液的性质。冷却液的粘度及热传导系数也会影响到模具的热传导效果。冷却液粘度越低,热传导系数越高,温度越低,冷却效果越佳。
- 塑料选择。塑料的是指塑料将热量从热的地方向冷的地方传导速度的量度。塑料热传导系数越高,代表热传导效果越佳,或是塑料比热低,温度容易发生变化,