

◇ CAD/CAM 软件工程应用实例丛书

Pro/ENGINEER Wildfire 2.0

塑件及模具设计实例精解

葛正浩 编著



光盘中含全书所有的工程实例文件
及主要实例的演示动画



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

CAD/CAM 软件工程应用实例丛书

TQ320.5-39
2D

Pro/ENGINEER Wildfire 2.0 塑件及模具 设计实例精解

葛正浩 编 著



机械工业出版社

本书讲解了使用 Pro/ENGINEER Wildfire 2.0 中文版进行塑料制品结构设计和塑料成型模具设计的一般原则、方法与设计流程。通过 4 个典型真实制品的结构及成型模具设计实例详细说明了基于 Pro/ENGINEER Wildfire 2.0 进行塑料制品结构设计及塑料成型模具设计的操作和设计过程。其内容既包含了软件的操作方法与技巧,又融入了设计的基础知识和要点,并在实例讲解过程中渗透了设计原则与方法。所有实例均配有 Pro/ENGINEER 文件,非常方便实用。

本书可作为工业产品设计及模具设计技术人员利用 Pro/ENGINEER Wildfire 2.0 学习塑料制品结构设计和塑料成型模具设计的实践与提高的书籍,也可作为大专院校工业设计、机械设计制造及自动化、材料成型及控制工程、模具设计与制造等专业学生的模具 CAD/CAM 课程的教学参考书。

图书在版编目 (CIP) 数据

Pro/ENGINEER Wildfire 2.0 塑件及模具设计实例精解/葛正浩编著. —北京:机械工业出版社, 2006.8

(CAD/CAM 软件工程应用实例丛书)

ISBN 7-111-19860-3

I . P... II . 葛... III . ①塑料成型②塑料模具—计算机辅助设计—应用软件, Pro/ENGINEER Wildfire 2.0 IV . TQ320.66

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 105084 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策 划: 陈 静

责任编辑: 瞿 微

责任印制: 杨 曦

北京机工印刷厂印刷

2006 年 9 月第 1 版第 1 次印刷

184mm × 260mm · 20.5 印张 · 504 千字

0 001—5 000 册

定价: 36.00 元 (含 1CD)

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

本社购书热线电话 (010) 68326294

封面无防伪标均为盗版

《CAD/CAM 软件工程应用实例丛书》前言

计算机辅助设计/计算机辅助制造 (CAD/CAM) 技术是先进制造技术的重要组成部分, 是计算机技术在工程设计、制造等领域中具有重要影响的高新技术。CAD/CAM 技术的推广应用有助于利用电子信息技术改造传统产业, 提高企业的活力、竞争能力、市场应变能力和技术创新能力。CAD/CAM 软件作为企业信息化基础应用软件, 其发展过程和趋势是从单项技术的应用到各种技术的集成化应用, 从单个企业向集团联盟化发展, 这不仅是 CAD/CAM 技术和产品的趋势, 同时也反映了制造业信息化技术的应用趋势。CAD/CAM 技术和系统的发展及应用使传统的产品设计方法与生产模式发生了深刻变化, 产生了巨大的经济和社会效益。

我国的 CAD/CAM 工作从 20 世纪 70 年代开始以来, 经过不断的发展和推广应用, 取得了良好的经济效益和社会效益。少数大型企业已建立起比较完善的 CAD/CAM 系统, 一些中小企业在保证产品质量、提高劳动率等方面也取得了显著效益。以“甩图板”为目标实现绘图设计自动化成为推广应用 CAD/CAM 技术的突破口, 使其在企业中得到广泛应用。但是 CAD/CAM 技术并不仅仅局限于绘图设计自动化, 随着计算机技术、网络技术、CAD/CAM 技术等快速发展, 如何深化推广应用 CAD/CAM 技术并提高 CAD/CAM 应用的层次, 成为人们特别关注的问题。

尽管我国开展 CAD/CAM 技术应用工作并不晚, 但是从整体上看, 国内 CAD/CAM 技术应用的深度和广度与国外先进水平相比还存在很大差距。作为一种先进手段和工具, CAD/CAM 技术提高了企业的设计和制造能力, 但 CAD/CAM 技术并不能代替人的设计和制造行为、专业技术人员的创造能力和工作经验等。波音、福特等国外企业 CAD/CAM 技术的良好应用是得益于其应用经验积累和培养出的高素质技术队伍, 而国内目前非常缺乏能够同时掌握计算机软、硬件技术又具有丰富专业知识的人才。

CAD/CAM 技术的发展先后经过大型机、小型机、工作站和微机时代, 每个时代都有当时主流的 CAD/CAM 软件。现在工作站和微机平台上运行的 CAD/CAM 软件已经占据主导地位; 相应地, 主流 CAD/CAM 商品化软件主要分为两大类: 以 Pro/Engineer、Unigraphics、Catia 等为代表的在工作站上运行的 CAD/CAM 软件和以 SolidWorks、Inventor、MDT 等为代表的在微机平台上运行的 CAD/CAM 软件。随着微机技术的飞速发展, 以前只能运行在工作站上的 CAD/CAM 软件也推出了在微机平台上运行的版本。

丛书定位

按照机械设计工程实践要求, 以应用为主线, 突出实用性, 通过各种实例的讲解, 如轴、杆、齿轮、轴承、紧固件、离合器、联轴器、风机、压缩机、液压系统、模具、阀等, 使用户系统地掌握软件的功能和使用。根据软件的特点和功能, 每种软件按照其应用领域分别编

写几本图书,从不同的侧面来全面介绍其使用,主要包括以下几种:

(1) **工程设计实例精解**:以箱体类、板类、杆类、旋转体类、基体类、钣金类、曲面类等典型零件为例,精解其零件建模→装配→工程图的过程。

(2) **工业设计实例精解**:主要针对目前工业造型、工业设计、工业艺术等专业,以各类型典型零件为例,重点讲解各类复杂曲面、型面等功能及应用。

(3) **模具设计实例精解**:以注塑模、冲压模、注射模、锻模等典型模具零件为例,精解其零件建模→装配/模架→分析→工程图→数控加工的过程。

(4) **模具加工实例精解**:针对 Cimatron、Mastercam 软件,以注塑模、冲压模、注射模、锻模等各类典型模具零件为例,精解其零件建模→数控加工的过程。

(5) **曲面造型实例精解**:以空间凸轮类、叶片类、涡轮类、自由曲面类、复杂型面类、艺术曲面类等典型零件为例,精解其零件建模→装配→工程图的过程。

(6) **数控加工实例精解**:以箱体类、板类、杆类、旋转体类、基体类、钣金类、曲面类等典型零件为例,精解其加工刀位轨迹生成→加工仿真→NC 后处理等过程。

读者对象

本套丛书内容新颖实用,实例丰富,可供从事机械设计与制造、模具、钣金、焊接等专业工程技术人员以及 CAD/CAM 研究与应用人员参阅,尤其适用于具有一定使用基础的中初级用户参考和使用,也可作为 CAD/CAM 等相关课程的教材或参考书,供各类学生使用或参考。

结构安排

(1) 首先概述软件的基本知识,包括基本概念与术语、用户界面与操作方法、设计过程与设计方法等。然后通过各类典型实例详细讲解软件的使用。

(2) 每一章开始的【内容】、【实例】和【目的】部分有助于读者从整体上了解各章将要介绍的内容及其讲解思路,便于读者掌握所介绍的内容和有选择地进行阅读。

(3) 每一章以某一类实例为主,介绍软件使用,使读者在使用软件的过程中精通软件系统的各种功能。

(4) 配套光盘中附有实例文件和形象生动的演示动画,便于读者理解和掌握相关知识。

(5) 在实例讲解过程中,适时进行技巧分析和知识扩展,便于读者全面掌握软件功能。

近期出版的图书

(1) 《SolidWorks 2006 产品设计实例精解》

(2) 《SolidWorks 2006 模具设计实例精解》

(3) 《SolidWorks 2006 曲面建模实例精解》

(4) 《SolidWorks 2006 工业设计实例精解》

(5) 《SolidWorks 二次开发实例精解·冲模标准件 3D 图库》

- (6) 《Mastercam 10.0 数控加工实例精解》
 - (7) 《Mastercam 10.0 模具加工实例精解》
 - (8) 《UG NX4 产品设计实例精解》
 - (9) 《UG NX4 模具设计实例精解》
 - (10) 《UG NX4 数控加工实例精解》
 - (11) 《UG NX4 曲面建模实例精解》
 - (12) 《Pro/ENGINEER Wildfire 工业设计实例精解》
 - (13) 《Pro/ENGINEER Wildfire 产品设计实例精解》
 - (14) 《Pro/ENGINEER Wildfire 模具设计实例精解》
 - (15) 《Pro/ENGINEER Wildfire 数控加工实例精解》
 - (16) 《Pro/ENGINEER Wildfire 曲面建模实例精解》
 - (17) 《Pro/ENGINEER Wildfire 塑料模具数控加工实例精解》
 - (18) 《Pro/ENGINEER Wildfire 2.0 塑件及模具设计实例精解》
 - (19) 《CATIA V5R15 产品设计实例精解》
 - (20) 《CATIA V5R15 曲面建模实例精解》
 - (21) 《CATIA V5R15 数控加工实例精解》
 - (22) 《Cimatron 建模与数控加工实例精解》
 - (23) 《Inventor 产品建模实例精解》
 - (24) 《Delcam 产品设计与数控加工实例精解》
 - (25) 《MDT 产品建模实例精解》
 - (26) 《Mechanical Desktop 2006 工程设计实例精解》
 - (27) 《Vericut 数控加工仿真实例精解》
- 《CAD/CAM 软件工程应用实例丛书》由曹岩、赵汝嘉主编。

前 言

在传统的设计方法中,塑料制品的结构设计和成型模具的设计都是由设计人员根据自身经验并结合查阅一些技术资料来完成的。无论在完成任务的时间上、工作的质量上还是满足制件实用性能的程度上都难以让人十分满意。在制品形状与结构设计方面,为了清楚、准确地表达一种复杂的零件结构,往往需要手工制作物理模型,并以此作为制品设计和模具设计的依据进行设计思想的交流。这种方法费时多,成本高。

采用三维建模技术构造塑料制品的三维实体模型并使之携带所需的各种特征信息,对于制件设计及其模具 CAD、CAM 与 CAE 都具有重要的意义。一方面,三维实体图形能直观形象、详尽准确地描述制件的形状与结构,能很好地表达产品设计人员的设计思想;另一方面制件建模作为模具 CAD 流程中初始信息输入这样一个重要步骤,是模具结构 CAD 系统和数控加工及分析模拟软件不可缺少的部分。

Pro/ENGINEER Wildfire 2.0 软件是 PTC 公司基于单一数据库、参数化、特征、全相关及工程数据再利用等概念开发出的一个功能强大的 CAD/CAE/CAM 软件,它可将产品从设计到生产加工的过程集成在一起,让所有用户同时进行同一产品的设计与制造工作。

应用 Pro/ENGINEER 系统强大的三维建模功能,可以方便地建立起塑料制品的特征实体模型。首先,创建基础特征,然后在基础特征之上创建放置特征,如创建圆孔、倒角、筋特征等,并可生成塑料制品特有的拔模特征。最后根据需要可使用工程图模块直接由三维实体模型生成二维工程图。

Pro/MOLDESIGN 是 Pro/ENGINEER 系统中的一个选择性的模块,提供了方便实用的三维环境下塑料模具设计与分析工具。利用这些工具,我们可以由塑料制件的三维实体模型建立起模具装配模型,设计分型面、浇注系统及冷却系统,生成模具成型零件的三维实体模型,从而方便、准确地完成塑料模具核心部分的设计工作。再利用 Pro/ENGINEER 系统的布局及装配模块,我们还可以进行模具的顶出系统和三维总装配设计,并最终利用工程图模块生成二维模具工程图。

Pro/MOLDESIGN 模块还提供了一些模具设计过程中非常实用的分析检测功能,其中包括拔模检测、厚度检测、分型面检测、投影面积计算、模塑仿真、开模仿真、干涉检测等。在模具设计过程中适当地应用这些分析检测功能,可使模具设计更为合理、准确,且能避免设计中不必要的重复劳动。

利用 Pro/ENGINEER 的外挂软件“塑料顾问(Plastic Advisor)”,还可以对已设计完成的模具的流动及充填情况进行分析研究,以便在模具投入制造之前就发现存在的设计问题,并有目的地进行改进设计,减少设计失误造成的损失。

基于 Pro/ENGINEER 设计塑料模具,可使模具的设计制造周期大大缩短,而且模具的设计与制造都是建立在一个统一的几何模型之上,保证了模型数据的统一性和正确性。随着 CAD/CAM 技术的进一步推广应用及数控加工机床的普及,这种设计制造工艺路线一定会越

来越显示出其优越性，并被更加广泛地应用于模具制造领域。

本书首先讲解了使用 Pro/ENGINEER Wildfire 2.0 中文版进行塑料制品结构设计和塑料成型模具设计的一般原则、方法与设计流程。然后通过 4 个典型真实制品及其成型模具设计实例具体说明了基于 Pro/ENGINEER Wildfire 2.0 进行塑料制品结构设计及塑料成型模具设计的操作与设计过程。其内容既有软件的操作方法与技巧，又融入了设计的基础知识和要点，并在实例讲解过程中渗透说明了设计原则与方法。如制件结构设计的有关要求，选择注射机，确定型腔数及型腔布局，确定分型面，确定浇注系统的形式、形状、位置及尺寸，选择顶出方式和抽芯方式，确定冷却方式及尺寸，模具的力学设计等，使设计更加科学合理。

本书所附光盘包含了书中全部实例所需的 Pro/ENGINEER 文件，以及部分实例的操作过程演示文件，非常方便实用。每一个实例的所需文件，均放在相应实例名的文件夹中。该实例最后完成的结果，也放在该文件夹中的结果文件夹中，备练习后对照检查。为方便使用，建议读者先将所有文件复制到计算机的硬盘中。

本书是以 Pro/ENGINEER Wildfire 2.0 中文版为基础编写的，为方便使用英文版用户的使用，所有菜单命令及对话框名称均采用中英文对照的形式表示，因此本书对于使用 Pro/ENGINEER Wildfire 2.0 英文版的用户仍然是非常适用的。

本书中所有专业术语均采用国内本行业的通常用法，因此将会非常适合于国内的工程技术人员与学生使用。本书可作为工业产品设计及模具设计技术人员利用 Pro/ENGINEER Wildfire 2.0 学习塑料制品结构设计和塑料成型模具设计的实践与提高的书籍，也可作为大专院校工业设计、机械设计制造及自动化、材料成形及控制工程、模具设计与制造等专业学生的模具 CAD/CAM 课程的教学参考书。

本书第 1.3 节由孙立新编写，其余部分由葛正浩编写。

本书在编写过程中，研究生张院民、李晓芳、徐峰、厉成龙、任子文、梁江波参加了大量文字录入、校对、实例设计与验证及部分内容的编写工作，在此表示感谢。

由于时间及作者水平有限，书中难免有错误、不妥、疏漏之处，恳请读者批评指正。

作者

2006 年 6 月

目 录

《CAD/CAM 软件工程应用实例丛书》前言

前言

第 1 章 塑料制品及其成型模具设计概述	1
1.1 塑料制品结构设计的原则与方法	1
1.2 基于 Pro/ENGINEER 塑料制品的 3D 建模	11
1.2.1 概述	11
1.2.2 塑料制品建模的特点	11
1.2.3 基于 Pro/ENGINEER 进行塑料制品建模	12
1.3 塑料注射成型模具简介	13
1.3.1 塑料注射成型模具的基本结构及类型	13
1.3.2 分型面与成型部分	17
1.3.3 浇注系统	24
1.3.4 脱模机构	33
1.3.5 冷却系统	40
第 2 章 Pro/ENGINEER 塑料模具设计	43
2.1 基于 Pro/ENGINEER 的塑料模具设计与制造流程	43
2.1.1 基于 Pro/ENGINEER 的塑料模具设计基本流程	43
2.1.2 基于 Pro/ENGINEER 的塑料模具设计制造过程	43
2.1.3 一个简单设计实例	44
2.2 模具装配模型	46
2.2.1 模具装配模型的建立	47
2.2.2 参照零件的定位与布局	49
2.2.3 收缩率的设置	52
2.2.4 拔模检测	54
2.2.5 厚度检查	55
2.3 分型面	57
2.3.1 分型面曲面特征的创建	57
2.3.2 分型面曲面特征的操作	59
2.3.3 侧面影像曲线	61
2.3.4 裙边曲面	62
2.3.5 投影面积分析与分型面检测	64
2.4 浇注系统与冷却系统	67
2.4.1 浇注系统设计	67

2.4.2	冷却系统设计	68
2.5	模具成型零件	69
2.5.1	创建模具体积块简述	69
2.5.2	使用分割法创建模具体积块	70
2.5.3	使用聚合法创建模具体积块	71
2.5.4	使用草绘法创建模具体积块	72
2.5.5	生成模具成型零件	73
2.6	充模仿真与开模仿真	75
2.6.1	充模仿真	76
2.6.2	开模仿真	76
2.7	设计实例	77
第 3 章	上盖制品及其成型模具设计	91
3.1	制品的 3D 建模设计及注射成型工艺性分析	91
3.1.1	制品的结构特征分析	91
3.1.2	制品的 3D 建模设计	92
3.1.3	制品的注射成型工艺性分析	105
3.2	模具浇注系统方案的确定	108
3.3	模具成型零件设计	108
3.3.1	建立新的模具设计文件	108
3.3.2	建立模具装配模型	108
3.3.3	设计分型面	111
3.3.4	建立浇注系统	114
3.3.5	生成模具成型零件	115
3.3.6	模塑仿真与开模仿真	130
3.3.7	用塑料顾问作模具的流动模拟分析	131
3.4	注塑机和标准模架的选择	134
3.4.1	注塑机的选择	134
3.4.2	标准模架的选择	135
3.5	模具的 3D 总装配设计	143
3.5.1	定义斜顶杆元件, 增加提升装置	143
3.5.2	设计冷却系统	146
3.5.3	定义型芯固定螺钉	149
3.5.4	设计顶出系统	151
3.5.5	设计浇注系统	152
3.5.6	整体开模仿真	153
第 4 章	卡盒制品及其成型模具设计	156
4.1	制品的 3D 建模设计及注射成型工艺性分析	156
4.1.1	制品的结构特征分析	156
4.1.2	制品的 3D 建模设计	157

4.1.3	制品的注射成型工艺性分析	166
4.2	模具浇注系统方案的确定	169
4.3	模具成型零件设计	169
4.3.1	建立新的模具设计文件	171
4.3.2	建立模具装配模型	171
4.3.3	设计分型面	172
4.3.4	建立浇注系统	175
4.3.5	生成模具成型零件	175
4.3.6	模塑仿真与开模仿真	190
4.4	用塑料顾问作模具的流动模拟分析	191
4.5	注塑机和标准模架的选择	195
4.5.1	注塑机的选择	195
4.5.2	标准模架的选择	196
4.6	模具的 3D 总装配设计	204
4.6.1	设计冷却系统	204
4.6.2	定义碰锁	209
4.6.3	定义螺钉	211
4.6.4	设计顶出系统	212
4.6.5	整体开模仿真	213
4.6.6	生成工程图	215
第 5 章	食品加工机容器盖制品及其成型模具设计	216
5.1	制品的 3D 建模设计及注射成型工艺性分析	216
5.1.1	制品的结构特征分析	216
5.1.2	制品的 3D 建模设计	217
5.1.3	制品的注射成型工艺性分析	228
5.2	模具浇注系统方案的确定	231
5.3	模具成型零件设计	232
5.3.1	建立新的模具设计文件	232
5.3.2	建立模具装配模型	232
5.3.3	设计分型面	234
5.3.4	建立浇注系统	240
5.3.5	生成模具成型零件	243
5.3.6	模塑仿真与开模仿真	245
5.4	用塑料顾问作模具的流动模拟分析	246
5.5	注塑机和标准模架的选择	256
5.5.1	注塑机的选择	256
5.5.2	标准模架的选择	257
5.6	模具的 3D 总装配设计	262
5.6.1	设计顶出系统	262

5.6.2	添加滑块侧抽分型机构	263
5.6.3	设计冷却系统	265
5.6.4	整体开模仿真	266
5.6.5	生成 2D 工程图	268
第 6 章	管接头制品及其成型模具设计	269
6.1	制品的 3D 建模设计及注射成型工艺性分析	269
6.1.1	制品的结构特征分析	269
6.1.2	制品的 3D 建模设计	269
6.1.3	制品的注射成型工艺性分析	274
6.2	模具浇注系统方案的确定	278
6.3	模具成型零件设计	282
6.3.1	建立新的模具设计文件	282
6.3.2	建立模具装配模型	282
6.3.3	设计分型面	284
6.3.4	建立浇注系统	286
6.3.5	生成模具成型零件	287
6.3.6	模塑仿真与开模仿真	289
6.4	注塑机和标准模架的选择	290
6.4.1	注塑机的选择	290
6.4.2	标准模架的选择	291
6.5	模具的 3D 总装配设计	295
6.5.1	修正斜顶杆元件, 增加提升装置	295
6.5.2	添加斜导柱分型机构	299
6.5.3	设计顶出系统	303
6.5.4	设计冷却系统	306
6.5.5	整体开模仿真	311
参考文献		314

第1章 塑料制品及其成型模具设计概述

1.1 塑料制品结构设计的原则与方法

塑料制品也称为塑料制件，简称为塑件。塑料制品的结构设计视塑料成形方法和塑料品种、性能不同而有所差异。本节主要讨论塑料制品中产量最大的压制、传递和注射成型制品的设计。这类塑料制品的形状及其成型过程往往十分复杂，要使这类塑件设计得既实用又美观，而且还要便于制造，其难度相当大。另外，塑料制品的质量，不仅与模具结构和成形工艺参数有很大的关系，而且还取决于塑料制品本身的结构设计是否符合工艺要求。所以，为了获得物美价廉的塑料制品，在塑件的结构设计中必须遵循以下基本原则：

(1) 在满足使用要求和性能（如机械强度、电性能、耐化学腐蚀、尺寸稳定性、耐温、吸水性等）的前提下，力求塑料制品结构简单，壁厚均匀，连接可靠，安装、使用方便。

(2) 设计塑件时应尽量使结构合理，便于模具制造和成型工艺的实施，用最简单的工序和设备来完成塑件成型加工。

(3) 日常生活塑件和儿童玩具等要求外表美观者，则应与美工人员共同研究，设计出两全其美的塑件。所用塑料必须无毒、无味，符合国家卫生安全标准。

(4) 高效率、低消耗，尽量减少塑件成型前后的辅助工作量，并避免成型后的机械加工。

为了满足上述各项基本要求，在塑件设计过程中必须对以下几个方面的因素进行全面综合考虑。

(1) 塑料的物理机械性能，如强度、刚度、韧性、弹性、吸水性以及对应力的敏感性。

(2) 塑料的成型工艺性，如流动性、收缩率、结晶性等。

(3) 塑件的形状应有利于充模流动、排气、补缩，同时能适应高效冷却硬化（热塑性塑料制品）或快速受热固化（热固性塑料制品）。

(4) 塑件在成型后收缩情况及各向收缩率差异。

(5) 模具的总体结构，特别是抽芯与脱出塑件的复杂程度。

(6) 模具零件的形状及其制造工艺。

塑料制品结构设计的主要内容包括塑件的形状、壁厚、脱模斜度、尺寸精度、表面粗糙度，以及塑件上加强筋、支承面、孔、圆角、螺纹等的设置。限于篇幅，本节仅就脱模斜度、壁厚、加强筋、圆角、孔、螺纹、支承面等方面作简单介绍。

1. 脱模斜度

由于塑件冷却后产生收缩，会紧紧地包住模具型芯或型腔中凸出的部分，为了使塑件易于从模具内脱出，防止塑件表面在脱模时划伤、擦毛等，在设计时沿脱模方向应具有合理的脱模斜度，如图 1-1 所示。

一般情况下，脱模斜度不包括在塑件公差范围内，否则在图样上应予说明。在塑件图上标注时，内孔以小端为基准，斜度由扩大方向取得；外形以大端为基准，斜度由缩小方向取得。

脱模斜度一般依靠经验数据选取，其大小与塑料品种、塑件形状及模具结构等因素有关，通常情况下脱模斜度取 $30' \sim 1^\circ 30'$ ，最小为 $15' \sim 20'$ ，成型型芯愈长或型腔愈深，则斜度应取偏小值；反之可选用偏大值。塑件高度不大时（小于 $2 \sim 3\text{mm}$ ），可不设计脱模斜度。脱模斜度的经验数据见表 1-1。

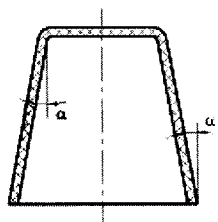


图 1-1 脱模斜度

表 1-1 各种塑料的脱模斜度

塑 料 名 称	脱 模 斜 度
聚乙烯、聚丙烯、软聚氯乙烯	$30' \sim 1^\circ$
ABS、尼龙、聚甲醛、氯化聚醚、聚苯醚	$15' \sim 1^\circ 20'$
硬聚氯乙烯、聚碳酸酯、聚砜、聚苯乙烯、有机玻璃	$50' \sim 2^\circ$
热固性塑料	$20' \sim 1^\circ$

2. 壁厚

塑件应有一定的壁厚才能满足使用时的强度和刚度要求，脱模时也能承受一定的脱模力。

壁厚应设计合理，壁厚过小，成型时流动阻力大，大型复杂塑件难以充满型腔；壁厚过大，塑件内部会产生气泡，外部会产生凹陷等缺陷，同时增加了成本；壁厚不均匀将造成收缩不一致，导致塑件变形或翘曲，所以同一塑件的壁厚应尽可能均匀一致。表 1-2 为塑件壁厚的改进示例。

表 1-2 改善塑件壁厚的方法

序号	不 合 理	合 理
1		
2		
3		

塑件的壁厚一般不宜小于 $0.6 \sim 0.9\text{mm}$ ，常取 $1 \sim 4\text{mm}$ 。表 1-3 和表 1-4 分别为热塑性塑件和热固性塑件壁厚参考值。

表 1-3 热塑性塑件壁厚的常用值

(单位: mm)

塑 料 名 称	最 小 壁 厚	常 用 壁 厚		
		小 型 塑 件	中 型 塑 件	大 型 塑 件
聚乙烯	0.6	1.25	1.60	2.4~3.2
聚丙烯	0.85	1.45	1.75	2.4~3.2
软聚氯乙烯	0.85	1.25	2.25	2.4~3.2
硬聚氯乙烯	1.20	1.60	1.80	3.2~5.8
尼龙	0.45	0.76	1.50	2.4~3.2
有机玻璃	0.80	1.50	2.20	1.0~6.5
聚甲醛	0.80	1.40	1.60	3.2~5.4
聚苯乙烯	0.75	0.25	1.60	3.2~5.4
改性聚苯乙烯	0.75	1.25	1.60	3.2~5.4
聚碳酸酯	0.95	1.80	2.30	3.0~4.5

表 1-4 热固性塑件壁厚的常用值

(单位: mm)

塑 件 高 度	最 小 壁 厚		
	酚 醛 塑 料	氨 基 塑 料	纤 维 素 塑 料
40 以下	0.7~1.5	0.9~1.0	1.5~1.7
>40~60	2.0~2.5	1.3~1.5	2.5~3.5
>60	5.0~6.5	3.0~3.5	6.0~8.0

3. 加强筋

加强筋的作用是在不增加壁厚的条件下，增加塑件的刚度和强度，避免塑件变形翘曲。此外，合理布置加强筋还可以改善充模流动性，减少内应力，避免气孔、缩孔和凹陷等缺陷。

加强筋的形状和尺寸如图 1-2 所示。其高度 $h \leq 3t$ (t 为塑件壁厚)，脱模斜度 α 为 $2^\circ \sim 3^\circ$ ，筋的顶部应为圆角，筋的底部也必须用圆角 R 向周围壁部过渡， R 不应小于 $0.25t$ ，筋的宽度 b 应小于 t ，通常取塑件壁厚的 0.5 倍左右，加强筋的端部不应与塑件支承面平齐，而应缩进 0.5mm，如图 1-3 所示。如果一个塑件中需设置许多加强筋，其应相互错开排列，以避免收缩不均引起破裂。此外，各条加强筋的厚度应尽量相同或相近，这样可防止因熔体流动局部集中而引起缩孔和气泡。图 1-4 中 b 比 a 加强筋的设计要合理。

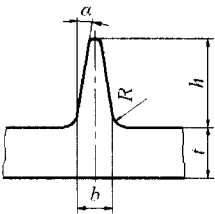


图 1-2 加强筋的形状和尺寸

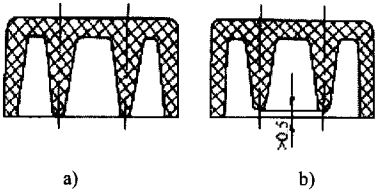


图 1-3 加强筋与支承面

a) 不合理 b) 合理

图 1-5 为采用加强筋改善塑件壁厚的示例，图 a 为不合理结构，图 b 为合理结构。

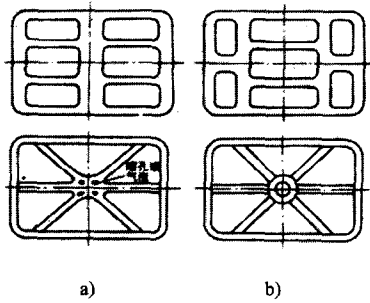


图 1-4 加强筋的布置

a) 不合理 b) 合理

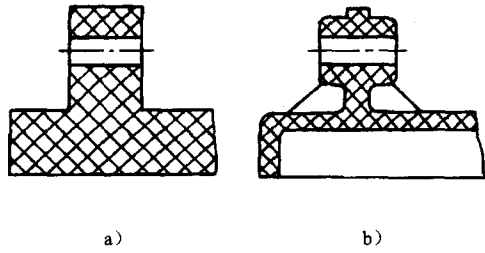


图 1-5 采用加强筋改善壁厚和刚度

a) 不合理 b) 合理

4. 圆角

为了避免应力集中，提高塑件的强度，改善熔体的流动情况和便于脱模，在塑件各内外表面的连接处，均应采用圆弧过渡，如图 1-6 所示。塑件无特殊要求时，各连接处均应有半径不小于 $0.5 \sim 1\text{mm}$ 的圆角，一般外圆弧半径 R_1 应取壁厚 t 的 1.5 倍，内圆角半径 R 取壁厚 t 的 0.5 倍。

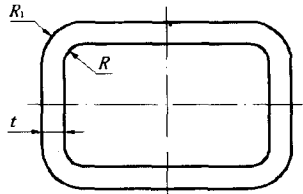


图 1-6 圆角半径

5. 孔的设计

塑件上常见的孔有通孔、盲孔和异形孔（形状复杂的孔）。原则上讲，这些孔均能用一定的型芯成型，但孔与孔之间、孔与壁之间应保留适当的距离。表 1-5 列出了热固性塑件两孔之间及孔与边缘之间的关系。

表 1-5 热固性塑件孔间距、孔边距与孔径的关系

(单位: mm)

	孔径 d	<1.5	1.5~3	3~6	6~10	10~18	18~30
	孔间距、孔边距 b	1~1.5	1~1.5	1~1.5	1~1.5	1~1.5	1~1.5

注：1. 热塑性塑料按热固性塑料的 75%取值；

2. 增强塑料宜取上限；

3. 两孔径不一致时，则以小孔径查表。

塑件上固定用孔和其他受力孔的周围可设置凸边或凸台来加强，如图 1-7 所示。

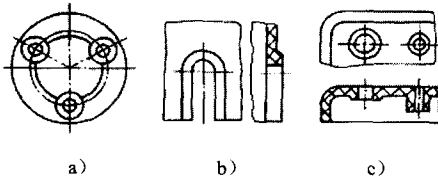


图 1-7 孔的加强

(1) 通孔。

孔的成型与其形状和尺寸大小有关，一般有三种方法，如图 1-8 所示。图 1-8 a 为一端固定的型芯成型，用于较浅孔的成型。图 1-8 b 为对接型芯，用于较深通孔成型，这种方法容易使上下孔出现偏心。图 1-8 c 为一端固定，一端导向支撑，这种方法使型芯有较好的强度和刚度，又能保证同轴度，较为常用，但导向部分周围由于磨损易产生圆周纵向溢料。型芯不论采用何种方法固定，孔深均不能太大，否则型芯易弯曲。压缩成型时尤其注意通孔深度不超过孔径的 3.75 倍。

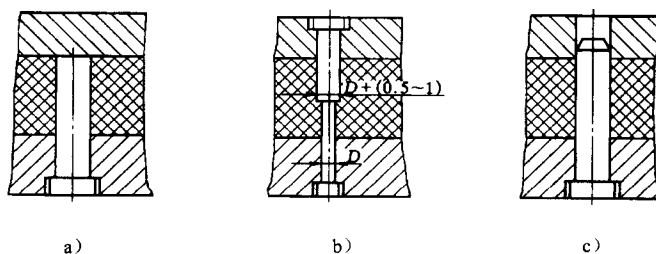


图 1-8 通孔的成型方法

(2) 盲孔。

盲孔只能用一端固定的型芯成型，如果孔径较小深度又很大时，成型时型芯易于弯曲或折断。根据经验，孔深度应不超过孔径的 4 倍。压缩成型时，孔深度应不超过孔径的 2.5 倍。当孔径较小深度又太大时，孔只能用成型后再用机械加工的方法获得。

(3) 异形孔。

当塑件孔为异形孔（斜度孔或复杂形状的孔）时，常常采用型芯拼合的方法来成型。图 1-9 所示为几个典型的例子。

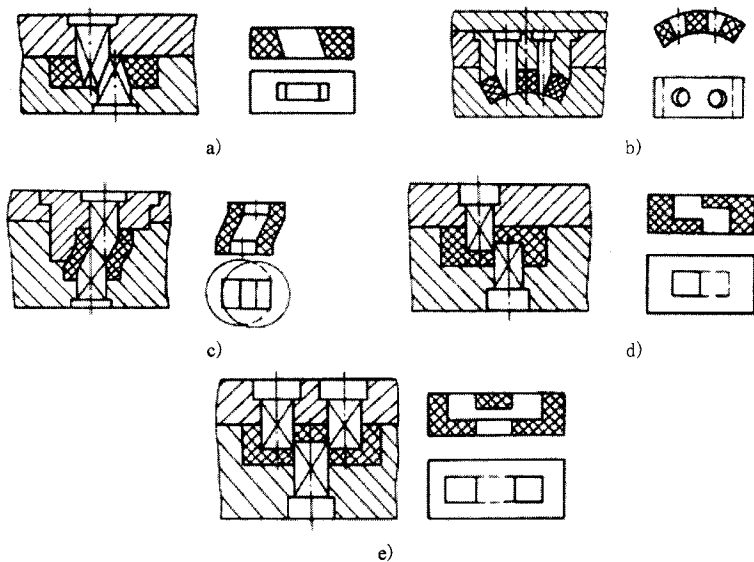


图 1-9 异形孔的成型方法