

技能应用速成系列

Moldflow技能速成，本书足矣！

(升级版)

2018 Moldflow

模流分析 | 从入门到精通

内容全面、案例丰富

基础操作→专题技能→实例应用→举一反三。

讲解细致、综合应用

通过案例详细讲解设计流程、方法、技巧、注意事项，再到综合应用。

超值素材、网络服务

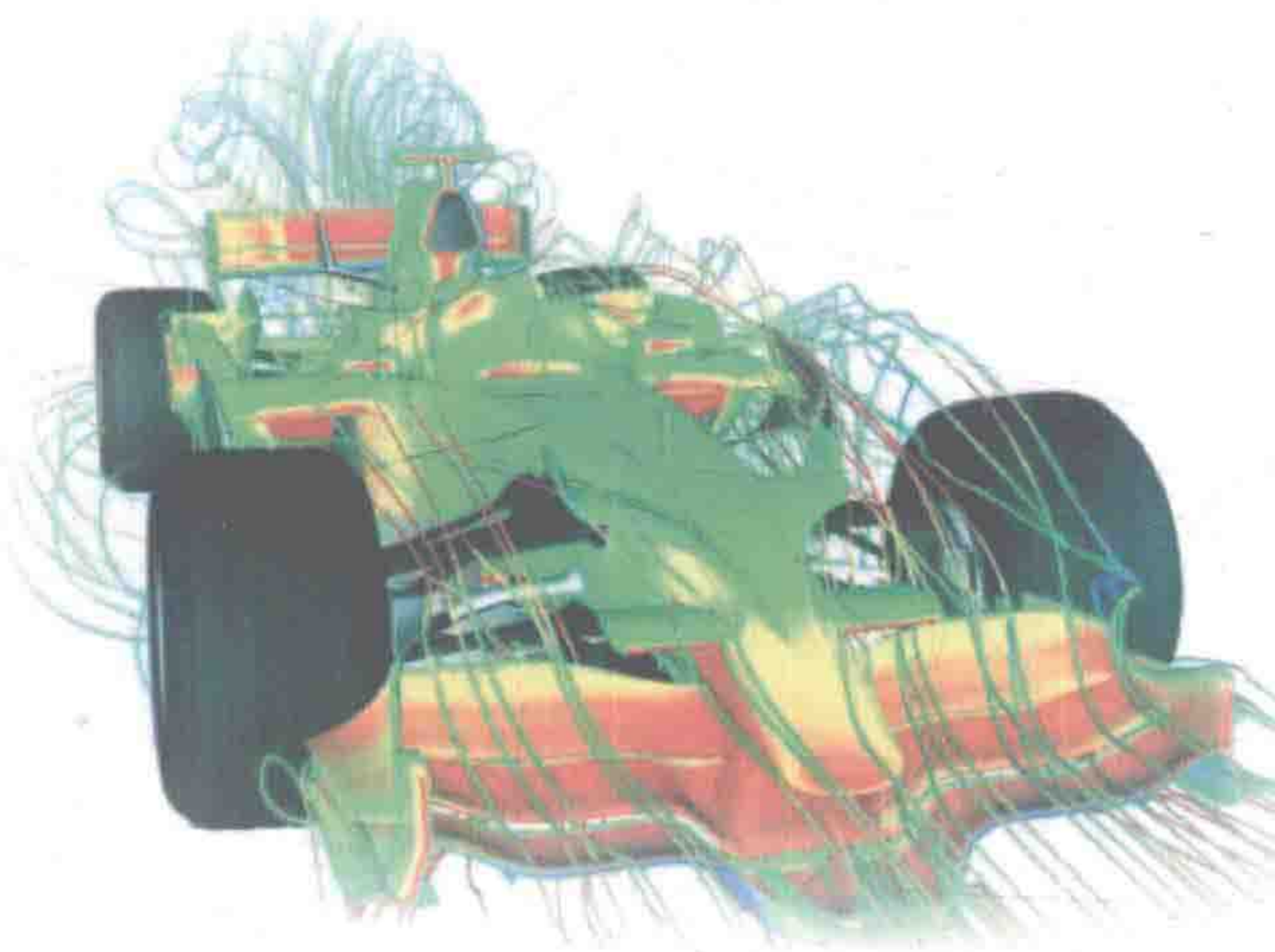
案例超值素材资源、视频讲解、网络支持。

素材下载：华信教育资源网 (www.hxedu.com.cn)

博客答疑：<http://blog.sina.com.cn/caxbook>

CAX技术联盟

陈艳霞 编著



中国工信出版集团



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY
<http://www.phei.com.cn>

技能应用速成系列

Moldflow 2018 模流分析

从入门到精通

(升级版)

CAX 技术联盟

陈艳霞 编著

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京 • BEIJING

内 容 简 介

本书详细介绍 Moldflow 2018 塑料模具流动分析的流程、方法和技巧, 全书以案例为主线, 既包括软件应用与操作的方法和技巧, 又融入了塑料模具设计和塑料加工工艺的基础知识和要点, 读者通过本书的学习, 能够轻松领悟模流分析理念、方法和技巧。

全书共 23 章, 详细讲解模流分析基础知识、Moldflow 2018 软件界面、菜单操作等分析技术基础, 以及导入模型、划分网格、网格处理、浇注系统与冷却系统设计、选择分析类型和材料、设置工艺参数、结果分析及优化等方面的内容。本书还结合实际应用方案, 详细介绍充填分析、流动分析、冷却分析、翘曲分析、收缩分析、流道平衡分析、纤维充填取向分析、应力分析、气体辅助成型分析、双色注塑成型分析、嵌件注塑成型分析、显示器面板的工艺参数优化等。另外, 本书提供网络服务, 配套资源包含每个案例的操作视频和源文件。

本书适合从事模具设计、模具开发、产品设计与成型的技术人员学习, 也可作为高校材料成型及控制工程、模具设计等专业的教材和教学参考书。

未经许可, 不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。
版权所有, 侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

Moldflow 2018 模流分析从入门到精通: 升级版 / 陈艳霞编著. —北京: 电子工业出版社, 2018.3
(技能应用速成系列)

ISBN 978-7-121-33575-4

I. ①M… II. ①陈… III. ①注塑—塑料模具—计算机辅助设计—应用软件 IV. ①TQ320.66-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2018) 第 018509 号

策划编辑: 许存权 (QQ: 76584717)

责任编辑: 许存权 特约编辑: 谢忠玉 等

印 刷: 涿州市京南印刷厂

装 订: 涿州市京南印刷厂

出版发行: 电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本: 787×1 092 1/16 印张: 29 字数: 744 千字

版 次: 2018 年 3 月第 1 版

印 次: 2018 年 3 月第 1 次印刷

定 价: 79.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题, 请向购买书店调换。若书店售缺, 请与本社发行部联系, 联系及邮购电话: (010) 88254888, 88258888。

质量投诉请发邮件至 zlts@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

本书咨询联系方式: (010) 88254484, xucq@phei.com.cn。



模具行业是一个高新技术且重视实战经验的行业，特别是随着近代工业的飞速发展，塑料制品用途日益广泛，注塑模具工艺快速发展，依靠人工经验来设计模具已经不能满足发展需求，企业越来越多地利用注塑模流分析技术来辅助塑料模具的设计。利用注塑模流分析技术，能预先分析模具设计的合理性，减少试模次数，加快产品研发速度，提高企业效率。

本书采用最新版本 Moldflow 2018 编写，既适合 Moldflow 2018 版本用户学习，也适合以前版本用户学习。Moldflow 2018 增加了新的求解器技术，并进行了强化，功能更加强大，使用起来更加方便，提高了软件应用的效率。

本书以实例方式详细介绍了 Moldflow 2018 塑料模具流动分析的流程、方法和技巧，包括导入模型、划分网格、网格处理、浇注系统与冷却系统设计、选择分析类型和材料、设置工艺参数、结果分析及优化等方面的内容。

1. 本书特点

循序渐进、通俗易懂。本书完全按照初学者的学习规律和习惯，由浅入深、由易到难安排每个章节的内容，可以让初学者在实战中掌握 Moldflow 的所有基础知识及其在模具设计分析中的应用。

案例丰富、技术全面。本书每一章都是 Moldflow 的一个专题，每一个案例都包含多个知识点。读者按照本书进行学习，并举一反三，可以达到入门并精通的目的。

视频教学、轻松易懂。本书配备了高清语音教学视频，编者手把手地精心讲解，并进行相关点拨，使读者领悟并掌握每个案例的操作难点，轻松掌握并且提高学习效率。

版本最新，质量保证。本书在上一版的基础上，为适应新版软件要求进行了版本升级，在结构上进行了局部调整，对原书中存在的错误进行了改正，对模型和程序重新进行了仿真计算校核，提升了图书质量。

2. 本书内容

本书以初中级读者为对象，结合作者多年 Moldflow 使用经验与实际工程应用，将 Moldflow 软件的使用方法与技巧详细地介绍给读者。本书在讲解过程中步骤详尽、内容新颖，讲解过程辅以相应的图片，使读者在阅读时一目了然，从而快速掌握书中所讲的内容。

本书基于 Moldflow 2018 中文版，讲解 Moldflow 的基础知识和应用，分为基础知识和高级应用两部分。

第一部分：基础知识。重点介绍模具流动分析的前处理方法。

第 1 章 模流分析基础知识	第 2 章 软件介绍
第 3 章 模型导入	第 4 章 网格划分
第 5 章 网格诊断及修复	第 6 章 建模工具
第 7 章 浇注系统的创建	第 8 章 冷却系统的创建
第 9 章 分析类型及材料选择	

第二部分：高级应用。详细介绍各个分析类型，在对案例分析结果进行解读的同时，提出合理的优化方法。

第 10 章 浇口位置分析	第 11 章 成型窗口分析
第 12 章 充填分析	第 13 章 流动分析
第 14 章 冷却分析	第 15 章 翘曲分析
第 16 章 收缩分析	第 17 章 流道平衡分析
第 18 章 纤维充填取向分析	第 19 章 应力分析
第 20 章 气体辅助成型分析	第 21 章 双色注射成型分析
第 22 章 嵌件注射成型分析	第 23 章 显示器面板的工艺参数优化

3. 配套资源

本书配套资源包含书中所有实例模型的源文件和操作视频。

读者可以在华信教育资源网（www.hxedu.com.cn）的本书页面，或与本书作者和编辑联系，获取配套资源。

4. 读者对象

本书可作为模具设计、模具开发、产品设计和成型技术人员学习 AMI 进行塑料模具流动分析的书籍，也可作为高校材料成型和控制工程、模具设计等专业的教材或教学参考书，具体包括如下。

- | | |
|---------------|-------------------------|
| ★ 相关从业人员 | ★ 初学 Moldflow 模流分析的技术人员 |
| ★ 大中专院校的在校生 | ★ 相关培训机构的教师和学员 |
| ★ 参加工作实习的“菜鸟” | ★ Moldflow 模流分析爱好者 |

5. 本书作者

本书主要由陈艳霞编写，其他参与编写的人员还有张明明、吴光中、魏鑫、石良臣、刘冰、林晓阳、唐家鹏、丁金滨、王菁、吴永福、张小勇、李昕、刘成柱、乔建军、张迪妮、张岩、温光英、温正、郭海霞、王芳、曹渊。虽然作者在编写过程中力求叙述准确、完善，但由于水平有限，书中欠妥之处，还请读者和各位同行批评指正，在此表示诚挚的谢意。

6. 读者服务

为了方便解决本书疑难问题，读者在学习过程中如遇到与本书有关的技术问题，可以发邮件到邮箱 caxbook@126.com，或访问作者博客 <http://blog.sina.com.cn/caxbook>，我们将尽快给予解答，竭诚为您服务。

编 者

目 录

第一部分 基础知识

第 1 章 模流分析基础知识	1
1.1 有限元分析简介	2
1.1.1 有限元法的基本思想	2
1.1.2 有限元法的特点	3
1.2 注射成型基础知识	4
1.2.1 塑件的工艺性	4
1.2.2 注射成型过程对塑件质量的影响	7
1.2.3 注射成型工艺条件对塑件质量的影响	11
1.3 塑件缺陷产生的原因及对策	15
1.3.1 欠注	15
1.3.2 飞边	16
1.3.3 缩痕	17
1.3.4 熔接痕	18
1.3.5 翘曲	19
1.3.6 颜色不均	20
1.3.7 气泡	21
1.3.8 空隙	22
1.3.9 放射纹	23
1.3.10 烧焦纹	24
1.3.11 玻璃纤维银纹	24
1.3.12 顶白	25
1.4 本章小结	26
第 2 章 软件介绍	27
2.1 概述	28

2.1.1 软件简介	28
2.1.2 软件功能	29
2.1.3 AMI 介绍	29
2.1.4 主要模块	30
2.2 Moldflow 2018 操作界面	32
2.3 Moldflow 2018 菜单	34
2.3.1 开始菜单	35
2.3.2 几何菜单	37
2.3.3 网格菜单	38
2.3.4 成型工艺设置和分析菜单	38
2.3.5 结果菜单	41
2.3.6 报告菜单	49
2.4 Moldflow 2018 一般分析流程	51
2.5 本章小结	52

第 3 章 模型导入	53
3.1 模型准备	54
3.1.1 从 CAD 软件导出模型	54
3.1.2 文件格式选择	55
3.2 模型导入	55
3.3 本章小结	56

第 4 章 网格划分	57
4.1 网格的类型	58
4.2 网格的划分	59
4.3 网格的统计	61

4.4	网格划分实例	64	6.3	线的创建	101
4.5	本章小结	65	6.3.1	两节点创建直线	101
第5章	网格诊断及修复	66	6.3.2	三节点创建圆或圆弧	103
5.1	网格缺陷诊断	67	6.3.3	角度创建圆弧	104
5.1.1	纵横比诊断	67	6.3.4	节点创建样条曲线	104
5.1.2	重叠单元诊断	69	6.3.5	连接两曲线来创建曲线	105
5.1.3	取向诊断	69	6.3.6	断开曲线	105
5.1.4	连通性诊断	70	6.4	区域的创建	106
5.1.5	自由边诊断	71	6.4.1	通过封闭曲线创建区域	106
5.1.6	厚度诊断	72	6.4.2	节点创建区域	107
5.1.7	网格出现次数诊断	72	6.4.3	直线创建区域	107
5.1.8	网格匹配诊断	73	6.4.4	通过拉伸曲线创建曲面	107
5.1.9	零面积单元诊断	74	6.4.5	通过边界创建孔洞	108
5.2	网格缺陷修复工具	74	6.4.6	节点创建孔	108
5.2.1	自动修复	75	6.5	镶件的创建	109
5.2.2	修改纵横比	75	6.5.1	镶件创建	109
5.2.3	整体合并	76	6.5.2	镶件创建实例	110
5.2.4	合并节点	77	6.6	局部坐标系 (LCS) 的创建	110
5.2.5	交换边	78	6.6.1	LCS 的创建	111
5.2.6	匹配节点	79	6.6.2	LCS 的创建实例	111
5.2.7	重新划分网格	79	6.7	移动与复制	112
5.2.8	插入节点	80	6.7.1	平移	113
5.2.9	移动节点	81	6.7.2	旋转	113
5.2.10	对齐节点	81	6.7.3	三点旋转模型	114
5.2.11	单元取向	82	6.7.4	指定比例因子缩放模型	114
5.2.12	其他网格修复工具	82	6.7.5	镜像创建模型	115
5.3	网格诊断与修复实例	90	6.8	其他建模工具的应用	116
5.4	本章小结	95	6.8.1	查询实体	116
第6章	建模工具	96	6.8.2	型腔重复向导	116
6.1	菜单操作	97	6.8.3	流道系统向导	116
6.2	节点的创建	97	6.8.4	冷却回路向导	117
6.2.1	通过坐标系创建节点	97	6.8.5	模具镶块向导	117
6.2.2	在已有两节点之间创建节点	98	6.8.6	曲面边界诊断	118
6.2.3	平分曲线创建节点	99	6.8.7	曲面连通性诊断	118
6.2.4	偏移创建节点	100	6.9	本章小结	119
6.2.5	曲线相交创建节点	101	第7章	浇注系统的创建	120
			7.1	浇注系统介绍	121

7.1.1 浇口的设计.....	122	8.1.3 冷却系统构件的几何.....	158
7.1.2 分流道的设计.....	127	8.2 冷却系统的创建.....	159
7.1.3 浇注系统的几何.....	128	8.2.1 自动创建冷却系统.....	159
7.2 自动创建流道系统.....	128	8.2.2 手动创建冷却系统.....	160
7.3 浇口的创建.....	130	8.3 喷流式冷却系统的创建.....	166
7.3.1 点浇口的创建.....	130	8.4 挡板式冷却系统的创建.....	171
7.3.2 侧浇口的创建.....	133	8.5 加热系统的创建.....	176
7.3.3 潜伏式浇口的创建.....	134	8.5.1 加热系统的设计.....	176
7.3.4 香蕉形浇口的创建.....	138	8.5.2 加热系统的创建.....	178
7.4 创建普通浇注系统.....	140	8.6 本章小结.....	179
7.5 热流道浇注系统的创建.....	147	第9章 分析类型及材料选择.....	180
7.5.1 热流道系统成型介绍.....	147	9.1 选择分析类型.....	181
7.5.2 热流道浇注系统的 创建实例.....	149	9.2 选择材料.....	182
7.6 本章小结.....	150	9.2.1 材料的搜索.....	183
第8章 冷却系统的创建.....	151	9.2.2 显示材料属性.....	184
8.1 冷却系统介绍.....	152	9.2.3 材料的比较.....	192
8.1.1 冷却系统的冷却 效果及影响因素.....	152	9.2.4 材料的数据及使用 方法报告.....	193
8.1.2 冷却系统的设计.....	153	9.3 本章小结.....	193
第二部分 高级应用			
第10章 浇口位置分析.....	194	11.2 成型窗口分析工艺 条件设置.....	207
10.1 浇口位置介绍.....	195	11.3 成型窗口分析实例.....	209
10.1.1 浇口的作用.....	195	11.3.1 分析前处理.....	209
10.1.2 浇口位置的设计.....	195	11.3.2 分析计算.....	211
10.1.3 AMI 浇口位置分析.....	197	11.3.3 成型窗口分析结果.....	212
10.2 浇口位置分析工艺 参数设置.....	197	11.4 本章小结.....	214
10.3 浇口位置应用实例.....	199	第12章 充填分析.....	215
10.3.1 分析前处理.....	199	12.1 充填分析简介.....	216
10.3.2 分析计算.....	201	12.2 充填分析工艺条件设置.....	217
10.3.3 浇口位置分析结果.....	202	12.3 注射工艺条件高级设置.....	220
10.4 本章小结.....	205	12.4 充填分析结果.....	225
第11章 成型窗口分析.....	206	12.5 充填分析应用实例.....	229
11.1 概述.....	207	12.5.1 初始充填分析方案.....	229

12.5.2 初始充填分析结果	232	15.4.2 翘曲分析优化	
12.5.3 优化充填分析方案	237	方案 2	295
12.5.4 优化后充填分析结果	238	15.5 本章小结	297
12.6 本章小结	239	第 16 章 收缩分析	298
第 13 章 流动分析	240	16.1 收缩分析简介	299
13.1 流动分析简介	241	16.1.1 塑料收缩性	299
13.1.1 填充+保压分析的目的	241	16.1.2 AMI 收缩分析	301
13.1.2 工艺参数的定义	241	16.2 收缩分析材料的选择	302
13.1.3 保压曲线	242	16.3 收缩分析工艺条件设置	306
13.2 流动分析工艺参数设置	243	16.4 收缩分析应用实例	306
13.3 流动分析结果	245	16.4.1 分析前处理	307
13.4 流动分析应用实例	246	16.4.2 分析计算	310
13.4.1 初始流动分析方案	246	16.4.3 流动收缩分析	
13.4.2 初始流动分析结果	251	结果解读	312
13.4.3 优化保压方案	254	16.4.4 流动收缩分析优化	315
13.5 本章小结	256	16.4.5 流动收缩优化分析	
第 14 章 冷却分析	257	结果解读	318
14.1 冷却分析简介	258	16.5 本章小结	321
14.2 冷却分析工艺条件设置	258	第 17 章 流道平衡分析	322
14.3 冷却分析结果	260	17.1 流道平衡分析简介	323
14.4 冷却分析应用实例	261	17.1.1 流道平衡性	323
14.4.1 初始冷却分析方案	262	17.1.2 AMI 流道平衡分析	325
14.4.2 初始冷却分析结果	265	17.2 流道平衡分析约束	
14.4.3 优化冷却分析方案	268	条件设置	325
14.5 本章小结	276	17.2.1 工艺条件平衡约束	
第 15 章 翘曲分析	277	条件的设置	325
15.1 翘曲分析简介	278	17.2.2 流道尺寸约束条件的	
15.1.1 翘曲的分类及产生的		设置	327
原因	278	17.3 流道平衡分析应用实例	328
15.1.2 翘曲分析的目的	282	17.3.1 电话听筒上盖浇口	
15.1.3 翘曲分析流程	282	位置分析	328
15.2 翘曲分析工艺条件设置	283	17.3.2 电话听筒下盖浇口	
15.3 翘曲分析结果	285	位置分析	330
15.4 翘曲分析应用实例	285	17.3.3 组合型腔的流道	
15.4.1 翘曲分析优化方案 1	292	平衡初步分析	331
		17.3.4 组合型腔的流道平衡	
		初步分析结果解读	338

17.3.5 组合型腔的流道平衡 初步优化分析.....	342	20.1.4 Autodesk Moldflow 在气体 辅助注射成型中的应用	376
17.3.6 组合型腔的流道平衡 优化分析.....	343	20.2 气体辅助成型分析结果	376
17.3.7 组合型腔的流道平衡 优化分析结果解读.....	345	20.3 气体辅助成型分析 应用实例	377
17.3.8 结论.....	347	20.3.1 气体辅助成型分析前 处理	377
17.4 本章小结	348	20.3.2 进行分析	384
第 18 章 纤维充填取向分析.....	349	20.3.3 气体辅助成型分析结果	385
18.1 纤维充填取向分析简介.....	350	20.4 带溢料井的气体辅助 成型分析	386
18.2 纤维充填取向分析结果.....	351	20.4.1 分析前处理	386
18.3 纤维充填取向分析 应用实例	352	20.4.2 进行分析	392
18.3.1 纤维充填取向分析前 处理.....	352	20.4.3 带溢料井的气体 辅助成型分析结果.....	392
18.3.2 进行分析.....	356	20.5 本章小结	394
18.3.3 纤维充填取向 分析结果.....	357	第 21 章 双色注射成型分析	395
18.4 本章小结	359	21.1 双色注射成型分析简介	396
第 19 章 应力分析.....	360	21.1.1 双色注射成型介绍.....	396
19.1 应力分析介绍	361	21.1.2 AMI 在双色注射 成型中的应用	396
19.2 应力分析结果	362	21.2 双色注射成型分析 应用实例	397
19.3 应力分析应用实例.....	362	21.2.1 双色注射成型 分析前处理	397
19.3.1 应力分析前处理.....	363	21.2.2 进行分析	403
19.3.2 进行分析.....	367	21.2.3 双色注射成型 分析结果	404
19.3.3 应力分析结果.....	367	21.3 本章小结	407
19.4 本章小结	371	第 22 章 嵌件注射成型分析	408
第 20 章 气体辅助成型分析.....	372	22.1 嵌件注射成型分析简介	409
20.1 气体辅助成型分析简介.....	373	22.2 嵌件注射成型分析 应用实例	409
20.1.1 气体辅助成型的 基本原理.....	373	22.2.1 嵌件注射成型 分析前处理	410
20.1.2 气体辅助成型的特点.....	374	22.2.2 进行分析	415
20.1.3 气体辅助成型工艺 控制参数.....	375		

22.2.3 嵌件注射成型		23.3.2 分析运算	433
分析结果	416	23.3.3 分析结果	434
22.3 本章小结	417	23.4 初始冷却+流动+翘曲分析	435
第 23 章 显示器面板的工艺		23.4.1 分析前处理	435
参数优化	418	23.4.2 分析运算	441
23.1 显示器面板实例介绍	419	23.4.3 方案 1 的分析结果	443
23.2 初始流动分析	419	23.5 冷却+流动+翘曲分析	
23.2.1 分析前处理	419	优化方案	448
23.2.2 分析运算	431	23.5.1 分析前处理	448
23.2.3 分析结果	431	23.5.2 分析运算	449
23.3 优化后的流动分析	432	23.5.3 方案 2 的分析结果	450
23.3.1 分析前处理	432	23.6 本章小结	452

第一部分 基础知识

第1章

模流分析基础知识

本章主要介绍 Moldflow 2018 模流分析的基础知识，包括 Autodesk Moldflow Insight (AMI) 的基本思想——有限元方法、注射成型基础知识、注射成型过程和注射成型工艺条件对塑料制品（简称塑件）质量的影响，以及塑件缺陷产生的原因及对策等基础知识，为 Moldflow 2018 软件的学习打好基础。

学习目标

- (1) 了解模流分析相关的术语。
- (2) 了解注射成型对塑件质量的影响。
- (3) 了解塑件缺陷产生的原因及对策。

1.1 有限元分析简介



Note

AMI 采用的基本思想是工程领域中最常见的有限元方法，其网格模型如图 1-1 所示。有限元法的灵活性很大，对边界形状的描述具有良好的适应性，可以模拟复杂的边界问题，因而为分析人员所青睐。

有限元法的应用领域从最初的离散弹性系统发展到连续介质力学，目前广泛应用于工程结构强度、热传导、电磁场、流体力学等领域。经过多年的发展，现代的有限元法几乎可以用来求解所有的连续介质和场问题，包括静力问题、与时间有关的变化问题及振动问题。

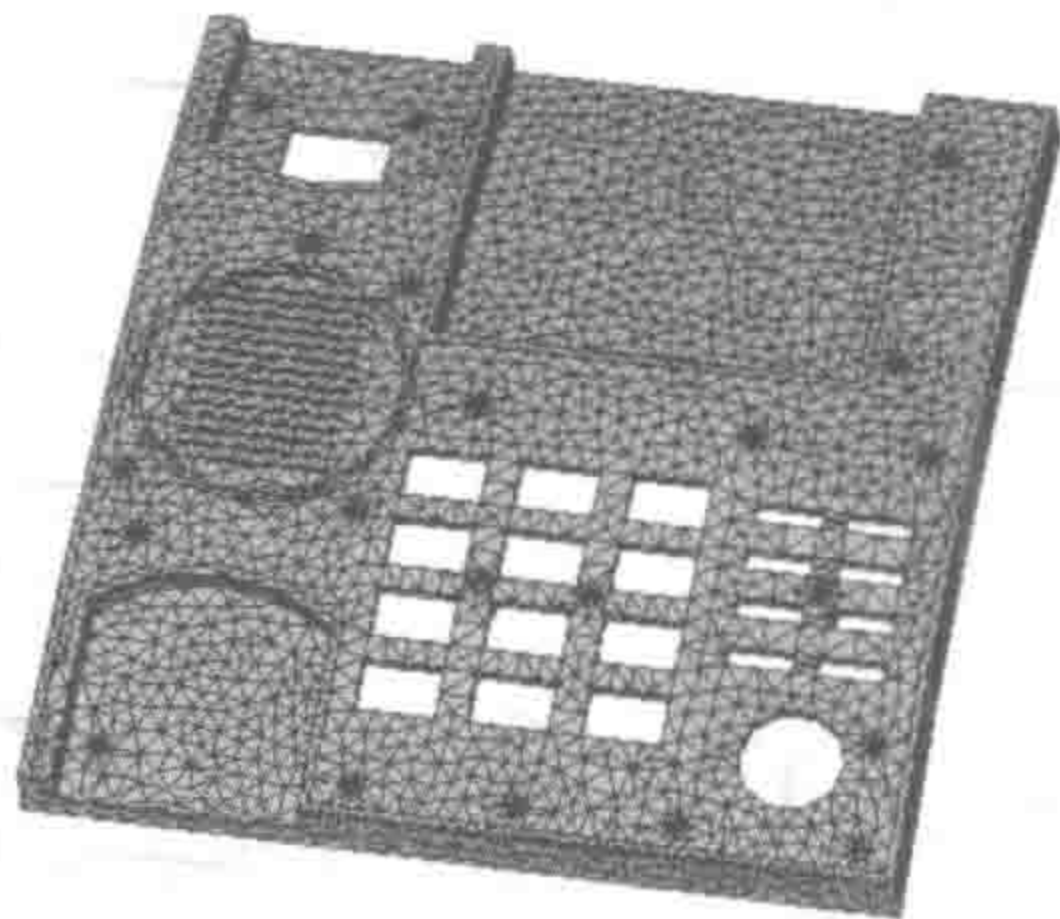


图 1-1 有限元网格模型

1.1.1 有限元法的基本思想

1. 数理方程的求解方法

数理方程的求解过程如图 1-2 所示。

2. 有限元法的基本思想

将一个连续的求解域（连续体）离散化即分割成彼此用节点（离散点）互相联系的有限个单元，如图 1-3 所示。在单元体内假设近似解的模式，用有限个节点上的未知参数表征单元的特性，然后用适当的方法，将各个单元的关系式组合成包含这些未知参数的代数方程，得出各节点的未知参数，再利用插值函数求出近似解。

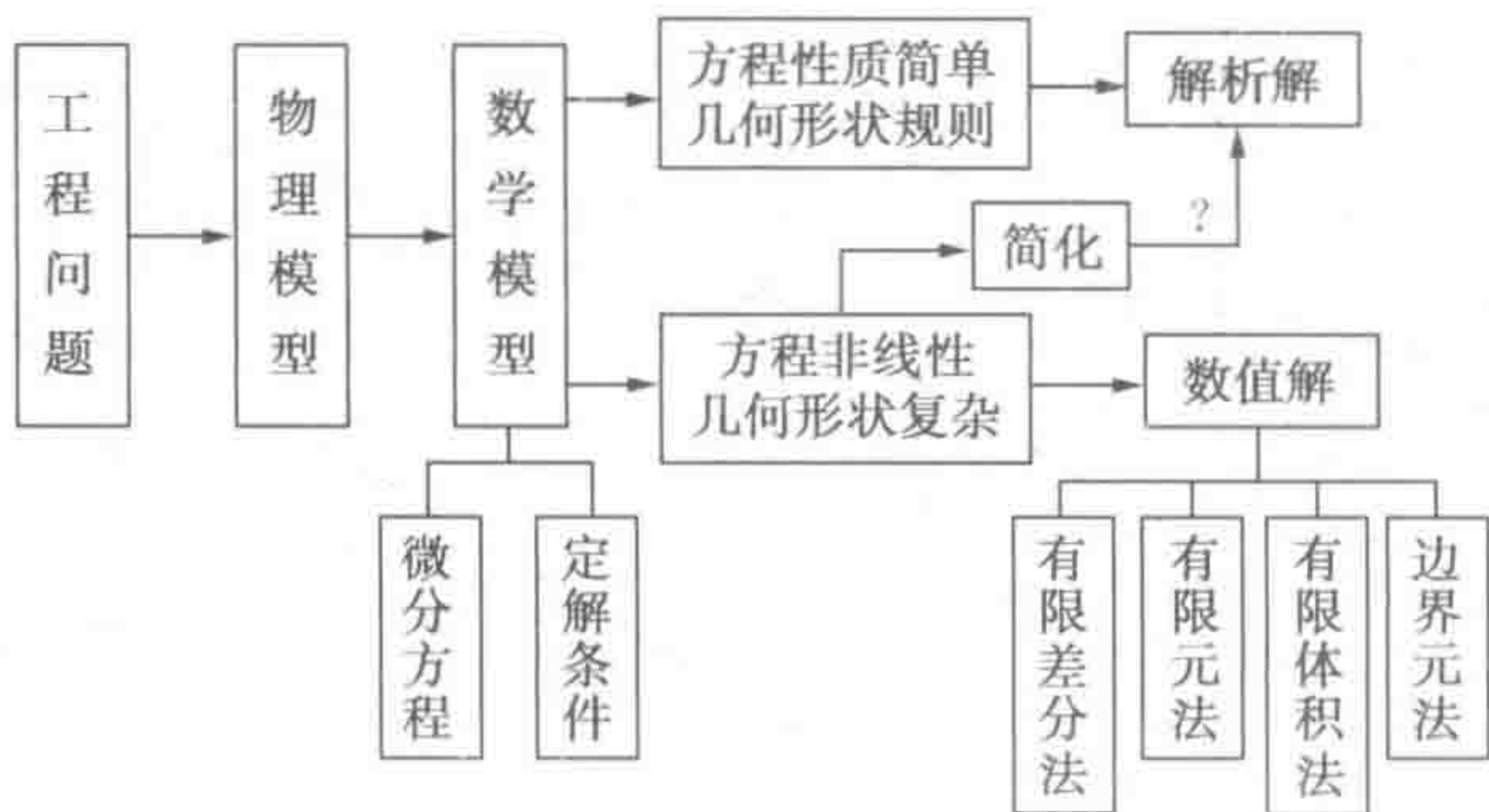


图 1-2 数理方程的求解过程

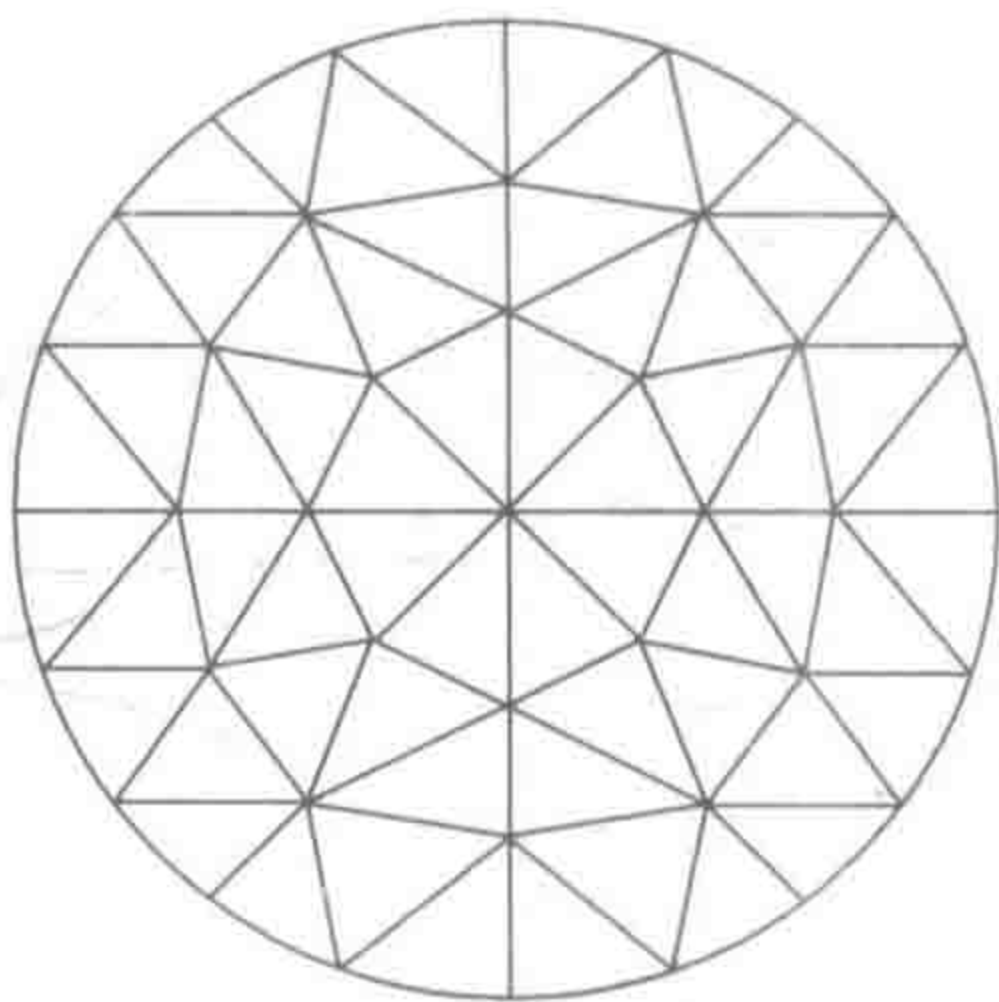


图 1-3 连续体的离散化

有限元法是一种用有限的单元离散连续体，然后进行求解的一种数值计算的近似方法。由于单元可以分割各种形状和尺寸的连续体，所以，它能很好地适应复杂的几何形状、材料特性和边界条件。

由于已有成熟的大型软件系统支持，有限元法已成为一种非常受欢迎的、应用极广的数值计算方法。

- ① 特点：基于变分原理，建立基本方程和定解条件的积分提法，建立泛函的变分。
- ② 求解步骤：将求解域划分单元，在单元内假设近似分布函数，通过单元分析进而建立整个区域场量的方程。
- ③ 应用：几乎所有领域。
- ④ 优点：几何形状复杂时，通过合适的网格数得到较高精度。

3. 有限元法的基本求解步骤

- ① 将连续体离散成有限个单元的组合体。
- ② 利用单元节点的场量作为基本未知量，选择一组插值函数，确定单元内相应的场量分布。
- ③ 建立单元内节点的基本未知量与载荷间的平衡方程。
- ④ 将单元内节点基本未知量的平衡方程集成，得出以节点基本未知量的平衡方程组。
- ⑤ 求解代数方程组，得出各节点的基本未知量。

在弹性力学问题中，通常采用单元节点位移作为基本未知量，求出节点位移后，再计算单元的应力应变，称为位移型有限元法。若以节点力为未知参数，先求出节点处的节点力，后求位移与应力的方法，称为力型有限元法。

1.1.2 有限元法的特点

1. 原理清楚，概念明确

有限元法的原理清楚，概念明确，用户可以在不同的水平上建立起对该方法的理解，并且根据个人的实际情况（包括不同学科、不同背景和不同的理论基础）来安排学习的计划和进度，既可以通过直观的物理意义来学习和使用，也可以从严格的力学概念和数学概念推导。

2. 应用范围广泛，适应性强

有限元法可以用来求解工程中许多复杂的问题，特别是采用其他数值计算方法（有限差分法）求解困难的问题，如复杂结构形状问题，复杂边界条件问题，非均质、非线性材料问题，动力学问题，黏弹性流体流动问题等。目前，有限元法在理论和应用上还在不断发展，今后将更加完善，应用也会更加广泛。

3. 有利于计算机应用

有限元法采用矩阵形式表达，便于编制计算机程序，从而可以充分利用高性能计算机的计算优势。由于有限元法计算过程的规范化，目前，在国内外有许多通用程序可以直接使用，非常方便。AMI 正是成熟的注射成型的有限元工程分析软件。



Note

1.2 注射成型基础知识

注射成型又称注射模或注射，是塑料加工中重要的成型方法之一，其技术已发展得相当成熟，并且应用非常普遍。注射产品已占塑件总量的 30% 以上，在国民经济的许多领域有着广泛的应用。

1.2.1 塑件的工艺性

塑件的设计不仅要满足使用要求，而且要符合塑料的成型工艺特点，同时还要尽量使模具结构简单化。在进行塑件结构工艺性设计时，必须在保证塑件的使用性能、物理性能与力学性能、电气性能、耐化学腐蚀性能和耐热性能的前提下，尽量选用价廉且成型性能好的塑料。同时还应该力求塑件结构简单、壁厚均匀，而且成型方便。在设计塑件时应同时考虑模具的总体结构的合理性，使模具型腔易于制造，模具的抽芯和推出机构简单。塑件形状应有利于模具的分型、排气、补缩和冷却。

总之，塑件设计的主要内容包括塑件的选材、尺寸和精度、表面粗糙度、塑件形状、壁厚、脱模斜度、圆角、加强筋、支撑面、孔、螺纹、齿轮、嵌件、飞边、文字与符号及塑件表面彩饰等。

1. 塑件的选材

塑件的选材主要注意以下方面。

- ① 塑料的力学性能：如强度、刚性、韧性、弹性、弯曲性能、抗冲击性能，以及对应力的敏感性。
 - ② 塑料的物理性能：如对环境温度变化的适应性、光学特性、绝热或电气绝缘的程度、精加工和外观的完美程度等。
 - ③ 塑料的化学性能：如接触物（水、溶剂、油、药品）的耐蚀性、卫生程度，以及使用上的安全性等。
 - ④ 必要的精度：如收缩率的大小及各向收缩率的差异。
 - ⑤ 成型工艺性：如塑料的流动性、结晶性、热敏性等。
- 常用塑料的性能与用途见表 1-1。

表 1-1 常用塑料的性能与用途

塑料品种	结构特点	使用温度	化学稳定性	性能特点	成型特点	主要用途
聚乙烯	线型结构 结晶型	小于 80℃	较好，但不耐强氧化剂，耐水性好	质软，力学性能较差，表面硬度低	成型性能好，黏度与剪切速率关系较大，成型前可不预热	薄膜、管、绳、容器、电器绝缘零件、日用品等
聚氯乙烯	线型结构 无定型	-15~55℃	不耐强酸和碱类溶液，能溶于甲苯、松节油、脂肪醇、环己酮溶剂	性能取决于配方，较广泛	成型性能较差，加工温度范围窄，热成型前有道捏合工序	很广泛，薄膜、管、板、容器、电缆、人造革、鞋类、日用品等

续表

塑料品种	结构特点	使用温度	化学稳定性	性能特点	成型特点	主要用途
聚丙烯	线型结构 结晶型	10~120℃	较好	耐寒性差，光氧作用下易降解老化，力学性能比聚乙烯好	成型时收缩率大，成型性能较好，易产生变形等缺陷	板、片、透明薄膜、绳、绝缘零件、汽车零件、阀门配件、日用品等
聚苯乙烯	线型结构 非结晶型	-30~80℃	较好，对氧化剂、苯、四氧化碳、酮、酯类等抵抗力较差	透明性好，电性能好，抗拉抗弯强度高，但耐磨性差，质脆，抗冲击强度差	成型性能很好，成型前可不干燥，但注射时应防止淌料，塑件易产生内应力，易开裂	装饰塑件、仪表壳、灯罩、绝缘零件、容器、泡沫塑料、日用品等
聚酰胺 (尼龙)	线型结构 结晶型	小于 100℃ (尼龙 6)	较好，不耐强酸和氧化剂，能溶于甲酚、苯酚、浓硫酸等	抗拉强度、硬度、耐磨性、自润滑性突出，吸水性强	熔点高，熔融温度范围较窄，成型前原料要干燥。熔体黏度低，要防止流涎和溢料，塑件易产生变形等缺陷	耐磨零件及传动件，如齿轮、凸轮、滑轮等；电气零件中的骨架外壳、阀类零件、单丝、薄膜、日用品等
ABS	线型结构 非结晶型	小于 70℃	较好	机械强度较好，有一定的耐磨性，但耐热性较差，吸水性较强	成型性能很好，成型前原料要干燥	应用广泛，如电器外壳、汽车仪表盘、日用品等
聚甲基丙烯酸甲酯 (有机玻璃)	线型结构 非结晶型	小于 80℃	较好，但不耐无机酸，会溶于有机溶剂	是透光率最高的塑料，质轻坚韧，电气绝缘性能较好，表面硬度不高，质脆易开裂	成型前原料要干燥，注射成型时速度不能太快	透明塑件，如窗玻璃、光学镜片、灯罩等
聚甲醛	线型结构 结晶型	小于 100℃	较好，不耐强酸	综合力学性能突出，比强度、比刚度接近金属	成型收缩率大，流动性好。熔融凝固速度快，注射时速度要快，注射压力不宜高。热稳定性较差	可代替钢、铜、铝、铸铁等制造多种结构零件及电子产品中的许多结构零件
聚碳酸酯	线型结构 非结晶型	小于 130℃耐寒性好，脆化温度-100℃	有一定的化学稳定性，不耐碱、酮、酯等	透光率较高，介电性能好，吸水性强，力学性能很好，抗冲击、抗蠕变性突出，但耐磨性较差	熔融温度高，熔体黏度大，成型前原料需干燥，黏度对温度敏感，塑件要进行后处理	在机械上用做齿轮、凸轮、蜗轮、滑轮等，电动机电子产品零件，光学零件等



Note

2. 塑件的尺寸和精度

(1) 塑件的尺寸

塑件的总体尺寸受到塑料流动性的限制。在一定的设备和工艺条件下，流动性好的塑料可以成型较大尺寸的塑件；反之，成型出的塑件尺寸就较小。此外，塑件外形尺寸还受到成型设备的限制，例如：注射成型的塑件尺寸要受到注塑机的注射量、锁模力和模板尺寸的限制；压缩及压注成型的塑件尺寸要受到压力机吨位及工作台面尺寸的限制。通常，只要能满足塑件的使用要求，应将塑件设计得紧凑一些、尺寸小一些，以节约能源和模具制造成本。

(2) 塑件的精度

影响塑件的精度的因素很多，如模具制造精度及其使用后的磨损程度，塑料收缩率的波动，成型工艺条件的变化，塑件的形状、脱模斜度及成型后的尺寸变化等。表 1-2 列出了影响塑件精度的直接和间接原因。

表 1-2 影响塑件精度的直接和间接原因

原因分类	产品误差原因
与模具直接有关的原因	① 模具的形式或基本结构； ② 模具的加工制造误差； ③ 模具的磨损、变形、热膨胀
与塑料有关的原因	① 不同种类塑料收缩率的变化； ② 不同批次塑料的成型收缩率、流动性、结晶化程度的差别； ③ 再生塑料的混合、着色剂等附加物的影响； ④ 塑料中的水分及挥发和分解气体的影响
与成型工艺有关的原因	① 由于成型条件的变化造成成型收缩率的变化； ② 成型操作变化的影响； ③ 脱模顶出时的塑料变形、弹性恢复
与成型后时效有关的原因	① 周围温度、湿度不同造成的尺寸变化； ② 塑料的塑性变形及因为外力作用产生的蠕变、弹性恢复； ③ 残余应力、残余变形引起的变化

一般在生产过程中，为了降低模具的加工难度和模具的生产成本，应在满足塑料使用要求的前提下尽可能地把塑件尺寸精度设计得低一些。

3. 塑件的表面质量

塑件的表面质量包括表面粗糙度和外观质量等。塑件表面粗糙度的高低主要与模具型腔内各成型表面的粗糙度有关。一般模具表面粗糙度要比塑件的要求低 1~2 级。

一般来说，原材料的质量、成型工艺（各种参数的设定、控制等人为因素）和模具的表面粗糙度等都会影响塑件的表面粗糙度，尤其以型腔壁上的表面粗糙度影响最大。因此，模具的型腔壁表面粗糙度实际上成为塑件表面粗糙度的决定性因素。另外，对于透明塑件，特别是光学元件，要求凹模与型芯两者有相同的表面粗糙度。