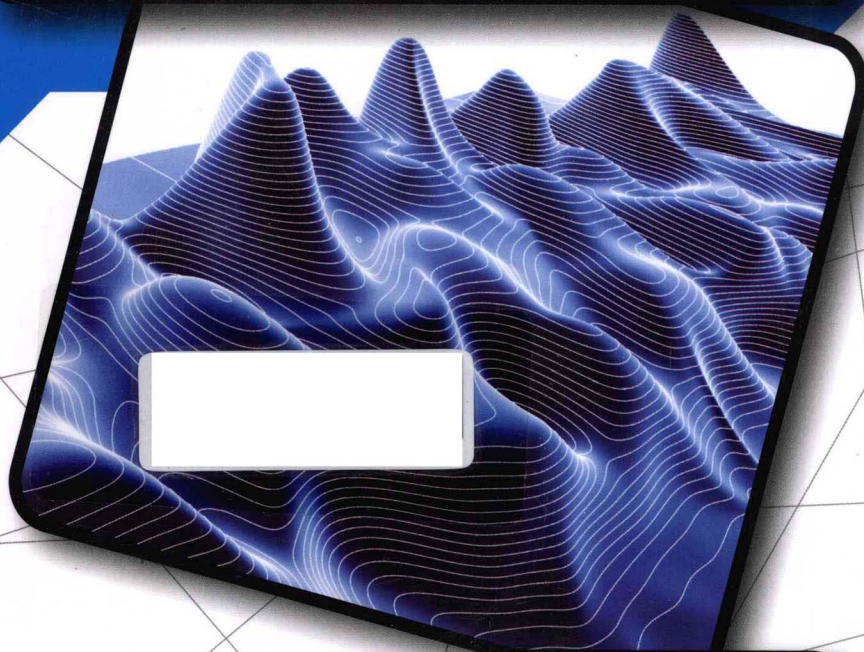


Moldflow 2012

中文版 完全学习手册

陈艳霞 陈如香 吴盛金 主编

基础 + 案例 + 经验 = 快速入门与应用



操作视频讲解
素材文件支持



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

<http://www.phei.com.cn>

Moldflow 2012

中文版完全学习手册

陈艳霞 陈如香 吴盛金 主编

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京 • BEIJING

内 容 简 介

本书以实例方式详细介绍了 Moldflow 2012 塑料模具流动分析的流程、方法和技巧,包括导入模型、划分网格及网格处理、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。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,使读者通过对本书的学习,能够轻松领悟模流分析理念、方法及技巧。配书光盘中包含了每个案例的操作视频和源文件,使用非常方便。

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 Moldflow 系列软件进行塑料模具流动分析的书籍,也可以作为高校材料成型及控制工程、模具设计等专业的教材或教学参考书。

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 2012 中文版完全学习手册 / 陈艳霞, 陈如香, 吴盛金主编. —北京: 电子工业出版社, 2012.6
ISBN 978-7-121-17323-3

I. ①M… II. ①陈… ②陈… ③吴… III. ①注塑—塑料模具—计算机辅助设计—应用软件 IV. ①TQ320.5-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 120809 号

责任编辑: 徐 静 特约编辑: 刘海霞 刘丽丽

印 刷:

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: 29.75 字数: 762 千字

印 次: 2012 年 6 月第 1 次印刷

印 数: 4 000 册 定价: 65.00 元(含 DVD 光盘 1 张)

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。

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。

服务热线:(010) 88258888。

模具行业是一个高新技术密集且又重视实战经验的产业。特别是随着近代工业的飞速发展,塑料制品用途日益广泛,注塑模具工艺空前发展,依靠人工经验来设计模具已经不能满足需要,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,提高企业效率。

本书采用目前 Autodesk Moldflow 软件最新版本 Moldflow 2012,既适合 Moldflow 2012 版本的学习,也适合以前版本的学习。Moldflow 2012 增加了新的求解器技术,并作了一些增强,功能更加强大,使用起来更加方便,以满足用户的需求和提高软件应用者的效率。

本书对于初学者或是具有一定模具设计和塑料成型加工基础的读者特别实用。通过由浅入深的案例,使得读者一方面掌握应用 Moldflow 进行模流分析的操作方法及操作技巧,同时也让读者能快速有效地熟练掌握应用 Moldflow 进行产品、工艺和模具的优化方法。另外,本书对注塑模具设计及塑料成型加工工艺的相关理论性质的基础知识也作了详细的介绍,以使不懂模具设计和塑料成型加工工艺的读者也能通过本书的学习对整个注塑模具及塑料成型行业情况进行一些了解。

本书内容全面,条理清晰,讲解详细,在基础知识之上,通过案例演示,能更好地掌握软件的操作应用。以案例方式详细介绍了塑料模具流动分析的流程、方法和技巧,包括了模流分析基础知识的简介、Moldflow 2012 模块界面的介绍、菜单的操作等分析技术基础和导入模型、划分网格及网格处理、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,结合实际的应用方案,详细介绍了充填分析、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、实验设计和工艺优化分析及综合实例。

本书深入浅出、图文并茂,直观而生动,并选择了大量工业生产中的应用案例帮助读者理解知识。本书第 1~9 章重点介绍模具流动分析的前处理方法;第 10~23 章详细介绍各个分析类型,对案例分析结果进行解读的同时提出合理的优化方法;第 24 章以一个案例的形式详细讲解运用 Moldflow 2012 进行综合分析的过程,使读者通过前面基础部分的学习掌握应用 Moldflow 系列软件进行模流分析的核心思想,从而轻松实现对复杂而高难度的塑料模具流动分析。同时,读者通过各章的学习重点,可以在未进行实例分析的时候便能够对案例所用的分析思路,以及案例如何确定分析及优化方法等做到胸有成竹。这样做的目的,可以让读者熟练模流分析方法,更重要的是让读者学会自己去分析实例,从分析结果中查找塑件出现各种缺陷的原因,并且找到解决问题的思路及方法。

·本书所配光盘中包含了每个案例的操作视频和源文件,使用非常方便。

本书由陈艳霞、陈如香、吴盛金进行统稿并担任主编。第 1~4 章由刘夏龙、杜晔编写,第 5~9 章由吴盛金、杨红亮编写,第 10~17 章由李旭升、张大鹏、吴永福、吴铁甲编写,第 18~23 章由丁金滨、刘小伟编写,第 24 章由陈艳霞编写。在本书的编写过程中虽然力求叙述准确、完善,但由于水平有限,加之时间紧迫,书中难免出现不妥或疏漏之处,恳请广大读者给予批评指正。

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,也可以作为高校材料成型及控制工程、模具设计等专业的教材或教学参考书。

读者在学习过程中遇到难以解决的问题,可以到为本书专门提供的“中国 CAX 联盟”网

前言

Moldflow 2012 完全自学与速查手册

站求助或直接发邮件到编者邮箱，编者会尽快给予解答。另外，网站内还提供了其他一些相关学习视频及资料，读者可以到相关栏目下载使用。

编者邮箱：comshu@126.com。

官方网址：www.ourcax.com。

编 者

第1章 Moldflow 2012 模流分析基础知识

1.1 有限元分析简介.....1	1.3.3 缩痕.....15
1.1.1 有限元法的基本思想.....1	1.3.4 熔接痕.....17
1.1.2 有限元法的特点.....2	1.3.5 翘曲.....18
1.2 注射成型基础知识.....3	1.3.6 颜色不均.....19
1.2.1 塑件的工艺性.....3	1.3.7 气泡.....19
1.2.2 注射成型过程对塑件质量的 影响.....6	1.3.8 空隙.....20
1.2.3 注射成型工艺条件对塑件质量的 影响.....10	1.3.9 放射纹.....21
1.3 塑件缺陷产生的原因及对策.....13	1.3.10 烧焦纹.....22
1.3.1 欠注.....13	1.3.11 玻璃纤维银纹.....23
1.3.2 飞边.....14	1.3.12 顶白.....23
	1.4 本章小结.....24

第2章 Moldflow 2012 软件介绍

2.1 概述.....25	2.3.3 查看菜单.....36
2.1.1 软件简介.....25	2.3.4 建模菜单.....40
2.1.2 软件功能.....26	2.3.5 网格菜单.....40
2.1.3 AMI 介绍.....26	2.3.6 分析菜单.....41
2.1.4 主要模块.....27	2.3.7 结果菜单.....46
2.2 Moldflow 2012 操作界面.....29	2.3.8 报告菜单.....54
2.2.1 Moldflow 2012 启动界面.....29	2.3.9 工具菜单.....58
2.2.2 Moldflow 2012 操作界面简介.....30	2.3.10 窗口菜单.....61
2.3 Moldflow 2012 菜单.....32	2.3.11 帮助菜单.....62
2.3.1 文件菜单.....32	2.4 Moldflow 2012 一般分析流程.....63
2.3.2 编辑菜单.....35	2.5 本章小结.....64

第3章 模型导入

3.1 模型准备.....65	3.2 模型导入.....66
3.1.1 从 CAD 软件导出模型.....65	3.3 本章小结.....68
3.1.2 文件格式选择.....66	

第4章 网格划分

4.1 网格的类型.....69	4.4 网格划分实例.....75
4.2 网格的划分.....70	4.5 本章小结.....76
4.3 网格的统计.....72	

第5章 网格诊断及修复

5.1 网格缺陷诊断	77	5.2.3 整体合并	87
5.1.1 纵横比诊断	78	5.2.4 合并节点	88
5.1.2 重叠单元诊断	79	5.2.5 交换边	88
5.1.3 取向诊断	80	5.2.6 匹配节点	89
5.1.4 连通性诊断	81	5.2.7 重新划分网格	89
5.1.5 自由边诊断	81	5.2.8 插入节点	90
5.1.6 厚度诊断	82	5.2.9 移动节点	91
5.1.7 网格出现次数诊断	83	5.2.10 对齐节点	92
5.1.8 网格匹配诊断	83	5.2.11 单元取向	93
5.1.9 零面积单元诊断	84	5.2.12 其他网格修复工具	93
5.2 网格缺陷修复工具	85	5.3 网格诊断与修复实例	100
5.2.1 自动修复	85	5.4 本章小结	106
5.2.2 修改纵横比	86		

第6章 建模工具

6.1 菜单操作	107	6.5.1 铸件创建	119
6.2 节点的创建	108	6.5.2 铸件创建实例	119
6.2.1 通过坐标系创建节点	108	6.6 局部坐标系(LCS)的创建	120
6.2.2 在已有两节点之间创建节点	108	6.6.1 LCS的创建	120
6.2.3 平分曲线创建节点	109	6.6.2 LCS的创建实例	121
6.2.4 偏移创建节点	110	6.7 移动与复制	122
6.2.5 曲线相交创建节点	111	6.7.1 平移	122
6.3 线的创建	111	6.7.2 旋转	123
6.3.1 两节点创建直线	112	6.7.3 三点旋转模型	124
6.3.2 三节点创建圆或圆弧	113	6.7.4 指定比例因子缩放模型	124
6.3.3 角度创建圆弧	113	6.7.5 镜像创建模型	125
6.3.4 节点创建样条曲线	114	6.8 其他建模工具的应用	125
6.3.5 连接两曲线来创建曲线	114	6.8.1 查询实体	125
6.3.6 断开曲线	115	6.8.2 型腔重复向导	125
6.4 区域的创建	115	6.8.3 流道系统向导	126
6.4.1 通过封闭曲线创建区域	116	6.8.4 冷却回路向导	126
6.4.2 节点创建区域	116	6.8.5 模具表面向导	126
6.4.3 直线创建区域	117	6.8.6 曲面边界诊断	127
6.4.4 通过拉伸曲线创建曲面	117	6.8.7 曲面连通性诊断	128
6.4.5 通过边界创建孔洞	118	6.8.8 曲面修复工具	128
6.4.6 节点创建孔	118	6.8.9 模型简化	128
6.5 铸件的创建	119	6.9 本章小结	129

第7章 浇注系统的创建

7.1 浇注系统介绍.....	130	7.3.3 潜伏式浇口的创建.....	143
7.1.1 浇口的设计.....	131	7.3.4 香蕉形浇口的创建.....	146
7.1.2 分流道的设计.....	136	7.4 创建普通浇注系统.....	148
7.1.3 浇注系统的建模.....	137	7.5 热流道浇注系统的创建.....	155
7.2 自动创建流道系统.....	137	7.5.1 热流道系统成型介绍.....	155
7.3 浇口的创建.....	139	7.5.2 热流道浇注系统的创建实例.....	157
7.3.1 点浇口的创建.....	139	7.6 本章小结.....	160
7.3.2 侧浇口的创建.....	141		

第8章 冷却系统的创建

8.1 冷却系统介绍.....	161	8.2.2 手动创建冷却系统.....	169
8.1.1 冷却系统的冷却效果及影响因素.....	161	8.3 喷流式冷却系统的创建.....	175
8.1.2 冷却系统的设计.....	162	8.4 挡板式冷却系统的创建.....	180
8.1.3 冷却系统构件的建模.....	168	8.5 加热系统的创建.....	184
8.2 冷却系统的创建.....	168	8.5.1 加热系统的设计.....	185
8.2.1 自动创建冷却系统.....	168	8.5.2 加热系统的创建.....	186
		8.6 本章小结.....	188

第9章 分析类型及材料选择

9.1 选择分析类型.....	189	9.2.3 材料的比较.....	200
9.2 选择材料.....	190	9.2.4 材料的数据及使用方法报告.....	201
9.2.1 材料的搜索.....	191	9.3 本章小结.....	201
9.2.2 显示材料属性.....	192		

第10章 浇口位置分析

10.1 浇口位置介绍.....	202	10.3 浇口位置应用实例.....	206
10.1.1 浇口的作用.....	202	10.3.1 分析前处理.....	206
10.1.2 浇口位置的设计.....	202	10.3.2 分析处理.....	209
10.1.3 AMI 浇口位置分析.....	204	10.3.3 浇口位置分析结果.....	209
10.2 浇口位置分析工艺参数设置.....	204	10.4 本章小结.....	212

第11章 成型窗口分析

11.1 概述.....	213	11.3.2 分析计算.....	217
11.2 成型窗口分析工艺条件设置.....	213	11.3.3 成型窗口分析结果.....	218
11.3 成型窗口分析实例.....	216	11.4 本章小结.....	221
11.3.1 分析前处理.....	216		

第12章 充填分析

12.1 充填分析简介	222	12.5.1 初始充填分析方案	235
12.2 充填分析工艺条件设置	223	12.5.2 初始充填分析结果	238
12.3 注射工艺条件高级设置	226	12.5.3 优化充填分析方案	243
12.4 充填分析结果	231	12.5.4 优化后充填分析结果	244
12.5 充填分析应用实例	235	12.6 本章小结	245

第13章 流动分析

13.1 流动分析简介	246	13.4 流动分析应用实例	251
13.1.1 充填+保压分析的目的	246	13.4.1 初始流动分析方案	251
13.1.2 工艺参数的定义	247	13.4.2 初始流动分析结果	256
13.1.3 保压曲线	247	13.4.3 优化保压方案	259
13.2 流动分析工艺参数设置	248	13.5 本章小结	261
13.3 流动分析结果	250		

第14章 冷却分析

14.1 冷却分析简介	262	14.4.1 初始冷却分析方案	266
14.2 冷却分析工艺条件设置	263	14.4.2 初始冷却分析结果	269
14.3 冷却分析结果	264	14.4.3 优化冷却分析方案	272
14.4 冷却分析应用实例	265	14.5 本章小结	280

第15章 翘曲分析

15.1 翘曲分析简介	281	15.3 翘曲分析结果	288
15.1.1 翘曲的分类及产生的原因	281	15.4 翘曲分析应用实例	288
15.1.2 翘曲分析的目的	285	15.4.1 翘曲分析优化方案1	295
15.1.3 翘曲分析流程	285	15.4.2 翘曲分析优化方案2	298
15.2 翘曲分析工艺条件设置	286	15.5 本章小结	300

第16章 收缩分析

16.1 收缩分析简介	301	16.4.1 分析前处理	309
16.1.1 塑料收缩性	301	16.4.2 分析计算	312
16.1.2 AMI 收缩分析	303	16.4.3 流动收缩分析结果解读	314
16.2 收缩分析材料的选择	304	16.4.4 流动收缩分析优化	316
16.3 收缩分析工艺条件设置	308	16.4.5 流动收缩优化分析结果解读	320
16.4 收缩分析应用实例	308	16.5 本章小结	323

第 17 章 流道平衡分析

17.1 流道平衡分析简介	324	17.3.4 组合型腔的流道平衡初步分析结果解读	339
17.1.1 流道平衡性	324	17.3.5 组合型腔的流道平衡初步优化分析	342
17.1.2 AMI 流道平衡分析	326	17.3.6 组合型腔的流道平衡优化分析	344
17.2 流道平衡分析约束条件设置	326	17.3.7 组合型腔的流道平衡优化分析结果解读	346
17.2.1 工艺条件平衡约束条件的设置	327	17.3.8 结论	348
17.2.2 流道尺寸约束条件的设置	328	17.4 本章小结	348
17.3 流道平衡分析应用实例	329		
17.3.1 电话听筒上盖浇口位置分析	329		
17.3.2 电话听筒下盖浇口位置分析	330		
17.3.3 组合型腔的流道平衡初步分析	332		

第 18 章 纤维充填取向分析

18.1 纤维充填取向分析简介	349	18.3.2 进行分析	355
18.2 纤维充填取向分析结果	350	18.3.3 纤维充填取向分析结果	355
18.3 纤维充填取向分析应用实例	351	18.4 本章小结	358
18.3.1 纤维充填取向分析前处理	351		

第 19 章 应力分析

19.1 应力分析介绍	359	19.3.2 进行分析	365
19.2 应力分析结果	360	19.3.3 应力分析结果	365
19.3 应力分析应用实例	361	19.4 本章小结	369
19.3.1 应力分析前处理	361		

第 20 章 气体辅助成型分析

20.1 气体辅助成型分析简介	370	20.3.2 进行分析	380
20.1.1 气体辅助成型的基本原理	370	20.3.3 气体辅助成型分析结果	381
20.1.2 气体辅助成型的特点	371	20.4 带溢料井的气体辅助成型分析	383
20.1.3 气体辅助成型工艺控制参数	372	20.4.1 分析前处理	383
20.1.4 Autodesk Moldflow 在气体辅助注射成型中的应用	373	20.4.2 进行分析	389
20.2 气体辅助成型分析结果	373	20.4.3 带溢料井的气体辅助成型分析结果	389
20.3 气体辅助成型分析应用实例	374	20.5 本章小结	390
20.3.1 气体辅助成型分析前处理	374		

第 21 章 双色注射成型分析

- 21.1 双色注射成型分析简介391
 - 21.1.1 双色注射成型介绍391
 - 21.1.2 AMI 在双色注射成型中的应用...391
- 21.2 双色注射成型分析应用实例392
 - 21.2.1 双色注射成型分析前处理 392
 - 21.2.2 进行分析 398
 - 21.2.3 双色注射成型分析结果 399
- 21.3 本章小结 402

第 22 章 嵌件注射成型分析

- 22.1 嵌件注射成型分析简介403
- 22.2 嵌件注射成型分析应用实例403
 - 22.2.1 嵌件注射成型分析前处理404
 - 22.2.2 进行分析 409
 - 22.2.3 嵌件注射成型分析结果 410
- 22.3 本章小结 411

第 23 章 实验设计和工艺优化分析

- 23.1 实验设计分析412
 - 23.1.1 实验设计分析简介412
 - 23.1.2 实验设计（充填）分析413
 - 23.1.3 实验设计（充填+保压）分析...418
- 23.2 工艺优化分析422
 - 23.2.1 工艺优化（充填）分析简介...422
 - 23.2.2 工艺优化（充填）分析 422
 - 23.2.3 工艺优化（充填+保压）分析·426
- 23.3 本章小结 429

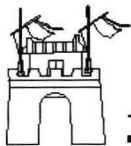
第 24 章 显示器面板的工艺参数优化

- 24.1 显示器面板实例介绍430
- 24.2 初始流动分析430
 - 24.2.1 分析前处理430
 - 24.2.2 分析运算442
 - 24.2.3 分析结果442
- 24.3 优化后的流动分析443
 - 24.3.1 分析前处理443
 - 24.3.2 分析运算444
 - 24.3.3 分析结果445
- 24.4 初始冷却+流动+翘曲分析446
 - 24.4.1 分析前处理 446
 - 24.4.2 分析运算 452
 - 24.4.3 方案 1 分析结果 454
- 24.5 冷却+流动+翘曲分析优化方案 459
 - 24.5.1 分析前处理 459
 - 24.5.2 分析运算 460
 - 24.5.3 方案 2 的分析结果 461
- 24.6 分析结果报告输出 463
- 24.7 本章小结 465

参考文献

第1章 Moldflow 2012

模流分析基础知识



本章主要介绍 Moldflow 2012 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 2012 软件的学习打好基础。

【学习重点】

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

Moldflow

1.1 有限元分析简介

AMI 采用的基本思想是工程领域中最为常见的有限元方法, 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情况问题, 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后来进入连续介质力学之中, 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, 包括静力问题和时间有关的变化问题及振动问题。

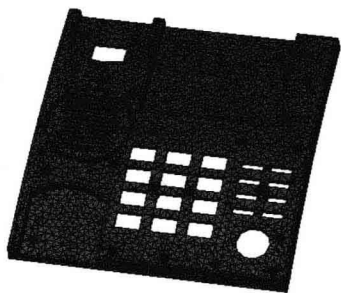


图 1-1 有限元网格模型

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。

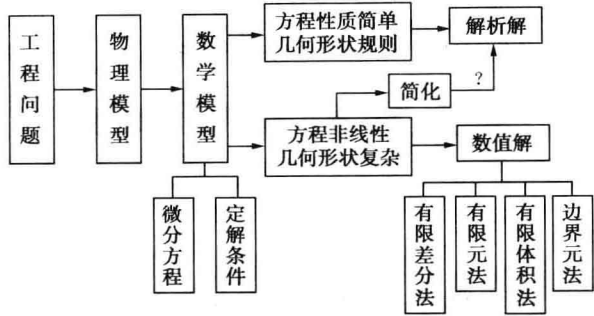


图 1-2 数理方程的求解过程

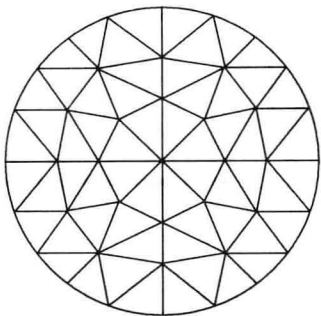


图 1-3 连续体的离散化

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，有限元法在理论上和应用上还在不断发展，今后将更加完善，应用范围也会更加广泛。

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。

Moldflow

1.2 注射成型基础知识

注射成型又称注射模塑或注射，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又好的塑料。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合理，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，塑件的设计主要包括塑件的选材、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装饰等。

1. 塑件的选材

塑件的选材主要注意以下这些方面。

① 塑料的力学性能：如强度、刚性、韧性、弹性、弯曲性能、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：如对接触物（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
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，但注射时应防止滴料，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高	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

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 小，力学性能很 好，抗冲击、抗蠕 变性能突出，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

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，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，应将塑件设计的紧凑一些、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，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到塑件的表面粗糙度，而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。

表 1-3 列出了模具表面粗糙度对注射件表面粗糙度的影响情况。

表 1-3 模具表面粗糙度对注射件表面粗糙度的影响情况

注射模工作表面			塑件表面粗糙度 $Ra/\mu\text{m}$				
加工方法	纹路方向	表面粗糙度 Ra/mm	苯乙烯 聚合物	丁二烯聚合物	低密度聚乙烯	高密度聚乙烯	聚丙烯
精磨	顺纹路	0.12	0.024	0.13	0.18	0.25	0.20
	垂直纹路	0.21	0.05	0.17	0.22	0.26	0.26
抛光	顺纹路	0.18	0.02	0.29	0.28	0.20	0.26
	垂直纹路	0.46	0.26	0.36	0.34	0.26	0.55
铣	顺纹路	$Rz3.4$	1.2	1.6	0.4	0.72	1.9
	垂直纹路	$Rz4.6$	$Ra3.7$	1.9	$Ra4.1$	$Ra3.0$	$Ra3.5$
刨	顺纹路	$Rz4.2$	1.5	0.85	1.1	1.6	1.35
	垂直纹路	$Rz8.0$	$Rz6.2$	$Rz7.2$	$Rz5.0$	$Rz7.4$	$Rz7.4$

注：表中 Rz 为 10 点断面不平整高度的平均算术绝对偏差的总值。

塑料的外观质量是指塑件成型后表明的缺陷状态，如常见的缺料、溢料、飞边、气孔、熔接痕、斑纹、银纹、凹陷、翘曲与收缩，以及尺寸不稳定等。这些缺陷主要是由塑料成型时原材料的选择、塑料成型工艺条件、模具总体结构设计等多种因素造成的，具体原因将在本章 1.3 节中进行详细介绍。

1.2.2 注射成型过程对塑件质量的影响

注射成型过程包括成型前的准备、注射过程和塑件的后处理共三个主要的阶段，各个阶段又可细分为多个小的阶段，如图 1-4 所示。

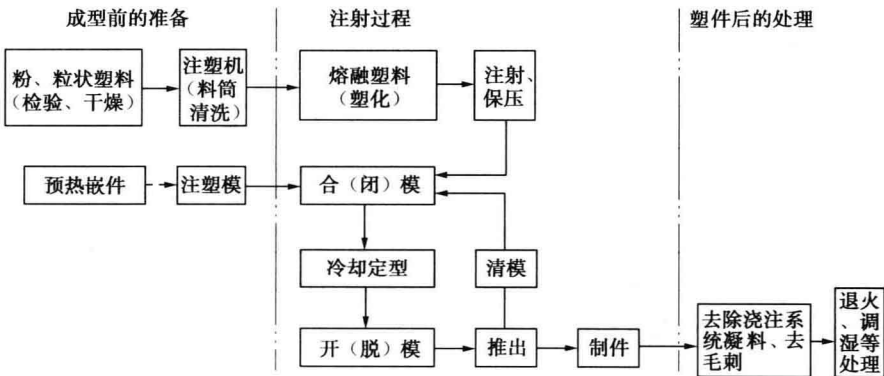


图 1-4 注射成型工艺过程