

Moldflow

模流分析 实例教程

史勇 编著

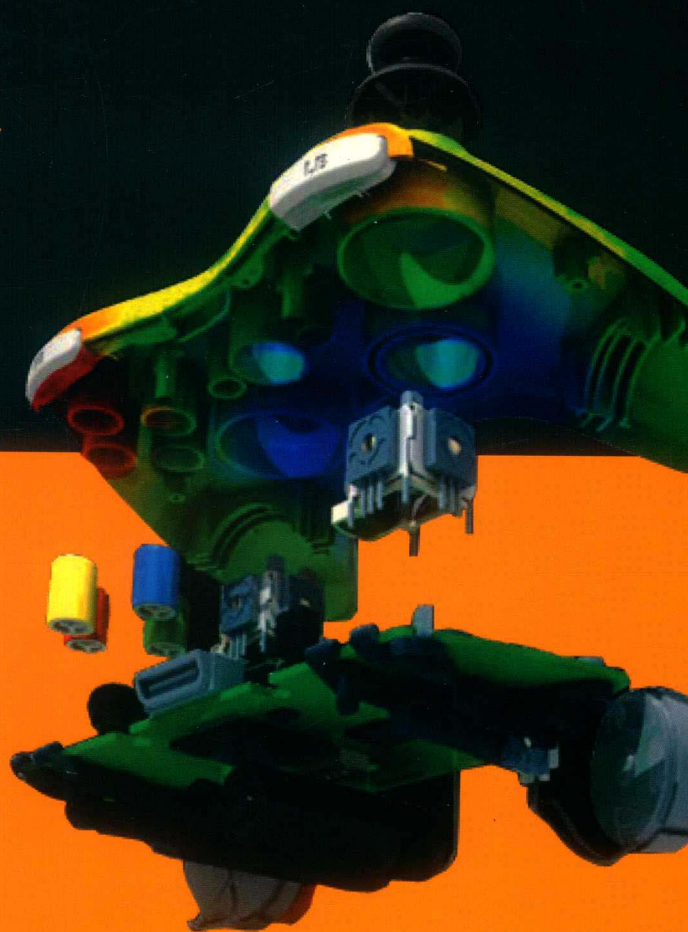
—— 实例讲解模流分析方法与技巧 ——

基本分析流程
评估标准
优化方法



扫描二维码
观看视频讲解

学工业出版社



Moldflow

模流分析 实例教程

史勇 编著



化学工业出版社

· 北京 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

Moldflow 模流分析实例教程/史勇编著. —北京: 化学工业出版社, 2019. 1

ISBN 978-7-122-33206-6

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

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2018) 第 242253 号

责任编辑: 贾娜

文字编辑: 陈喆

责任校对: 宋夏

装帧设计: 王晓宇

出版发行: 化学工业出版社 (北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

印装: 三河市延风印装有限公司

787mm×1092mm 1/16 印张 24 $\frac{3}{4}$ 字数 670 千字 2019 年 1 月北京第 1 版第 1 次印刷

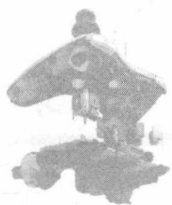
购书咨询: 010-64518888 售后服务: 010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

定 价: 128.00 元

版权所有 违者必究



前言

随着我国模具行业的高速发展，模具制造业在大力发展的同时，模具企业之间的竞争也愈发激烈。客户对模具企业不断提出新的要求，希望模具品质越来越高，模具设计周期越来越短，模具价格越来越低。模具企业以经验为主的传统模式已无法满足客户的需要，引入模流分析正是打破这一瓶颈的有力工具。在珠江三角洲的大型模具制造企业中，模流分析部门已成为企业中不可缺少的一个重要部门，并且越来越发挥出重要作用。

笔者曾多次参加 Moldflow 公司的用户大会，现在一套 Moldflow 软件（只有基本模块）费用为 50 万元左右（最近又改为租用，每套每年大概 10 万元），成本如此高的软件可以为模具企业创造多少价值呢？实践证明，利用 Moldflow 软件进行模流分析可以验证模具设计是否存在缺陷，减少试模次数，缩短模具周期，降低模具成本，提高企业效率。

笔者总结了多年应用 Moldflow 的经验和教训，从企业实际需求出发，编写了本书。本书以实例解析的方式讲述了运用 Moldflow 软件进行模流分析的基本分析流程、评估标准及优化方法。全书共分为 10 章，每章一个实例，每个实例都有侧重点，分别详细讲解了模流分析基本流程及填充分析、冷却分析、保压分析、翘曲分析的分析流程、评估标准及优化方法，同时还介绍了产品优化方法、双色模分析流程、热流道模具分析流程及大型汽车保险杠模具针阀式热流道分析流程。

本书理论结合实际，由浅入深，以分析流程为主线，以评估标准为准则，以优化方法为重点，通过对实例操作的解读，全面学习了 Moldflow 的应用方法及分析技巧，致力于帮助读者不但学会模流分析流程，更习得解决实际问题的能力。

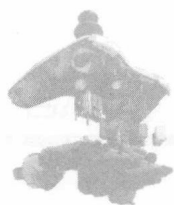
本书适用于从事产品设计、模具设计及注塑成型等相关工作的技术人员使用，也可供高校模具设计及制造专业的师生学习参考，还可为有志于成为模流分析工程师、模具设计工程师和注塑成型工艺师的读者提供帮助。本书内容贴合企业实际需求，讲解清晰，思路清楚，案例丰富，适合各个层次的读者阅读。

书中重要内容提供了视频讲解，扫描二维码即可观看学习。部分视频内容较多，容量较大，不便于扫码观看，已上传至出版社网站 www.cip.com.cn 中“资源下载”区，可下载学习。

本书由史勇编著，在编写过程中，得到了东莞优胜模具培训学校、东莞荣丰制模有限公司、东莞立盛精密模具制造有限公司领导的大力支持。特别感谢袁迈前、周川湘、张维合、陈国华、周平、陈迪清、周升霞、龚崇高、敬大敏、周金涛、葛红波、史国良等老师和朋友的鼎力支持与无私帮助。感谢一批又一批的学生对本书的殷殷期望，是你们的支持让我在编写本书时获得了极大的动力。

由于水平所限，书中不足之处难免，恳请读者朋友对书中的不足之处提出宝贵意见和建议，对此不胜感激。

编著者



目录

第1章 MP3 外壳——入门实例

1.1 概述	001	1.5 成型窗口分析	031
1.1.1 什么是模流分析	001	1.5.1 浇口位置指定	031
1.1.2 模流分析的作用及 价值	001	1.5.2 设置分析序列	031
1.1.3 模流分析的基本流程 ...	002	1.5.3 选择材料	032
1.1.4 为什么要划分网格	002	1.5.4 成型窗口分析	034
1.1.5 分析说明	002	1.6 创建浇注系统	041
1.2 模型前处理	003	1.6.1 型腔的布局	042
1.2.1 从 CAD 软件导出 模型	003	1.6.2 流道系统向导	044
1.2.2 导出模型的格式	003	1.7 创建冷却系统	050
1.2.3 新建工程及导入	005	1.8 工艺参数设置	054
1.3 网格划分及统计	007	1.8.1 设置分析序列	054
1.3.1 网格类型	007	1.8.2 工艺参数设置	055
1.3.2 生成网格	008	1.8.3 开始分析	059
1.3.3 网格统计	010	1.9 分析结果解读	062
1.4 网格诊断及修复	011	1.9.1 流动分析结果解读	062
1.4.1 网格诊断	011	1.9.2 冷却分析结果解读	071
1.4.2 网格修复	019	1.9.3 翘曲分析结果解读	074
		1.10 分析优化	075
		1.11 优化结果	079

第2章 手机中壳——填充分析

2.1 概述	081	2.6 填充平衡评估及优化	092
2.1.1 填充分析的目的	081	2.6.1 填充平衡评估标准	092
2.1.2 填充分析的流程	081	2.6.2 填充平衡优化	093
2.1.3 分析说明	081	2.7 创建浇注系统	094
2.2 网格划分及修复	082	2.8 流道平衡分析	098
2.3 浇口位置比较	084	2.9 流道平衡评估及优化	102
2.4 成型窗口分析	088	2.9.1 流道平衡评估标准	102
2.5 填充平衡分析	089	2.9.2 流道平衡优化	102

第3章 圆筒前壳——冷却分析

3.1 概述	106	3.5 创建浇注系统	113
3.1.1 冷却分析的目的	106	3.6 填充分析	115
3.1.2 冷却优化分析的流程	107	3.7 创建冷却系统	118
3.1.3 分析说明	107	3.8 冷却分析	122
3.2 网格划分及修复	107	3.9 冷却分析结果评估标准	127
3.3 浇口位置分析	109	3.10 冷却系统优化	127
3.4 成型窗口分析	112	3.11 冷却优化分析及结果	130

第4章 数码相机外壳——保压分析

4.1 概述	133	4.7 流道平衡分析及优化	146
4.1.1 保压分析的目的	133	4.8 创建冷却系统	150
4.1.2 优化保压分析的流程	133	4.9 冷却分析及优化	152
4.1.3 分析说明	134	4.10 保压分析	156
4.2 网格划分及修复	134	4.11 保压分析结果评估标准及 优化方法	162
4.3 浇口位置比较	137	4.12 保压分析优化及结果	163
4.4 浇口位置优化	141	4.13 保压分析再次优化及 结果	167
4.5 成型窗口分析	142		
4.6 创建浇注系统	143		

第5章 液晶电视外壳——翘曲分析

5.1 概述	172	5.7 流道平衡分析及优化	185
5.1.1 翘曲分析简介	172	5.8 创建冷却系统	189
5.1.2 优化翘曲分析的流程	172	5.9 冷却分析及优化	191
5.1.3 分析说明	173	5.10 保压分析及优化	196
5.2 网格划分及修复	174	5.11 翘曲分析	206
5.3 浇口位置比较	176	5.12 翘曲分析结果评估标准及优化 方法	210
5.4 浇口位置优化	179	5.13 翘曲分析优化及结果	211
5.5 成型窗口分析	181		
5.6 创建浇注系统	182		

第6章 电气产品分线盒——优化产品

6.1 概述	215	6.8 创建冷却系统	225
6.2 网格划分及修复	215	6.9 冷却分析及优化	226
6.3 浇口位置分析	217	6.10 优化产品及分析	229
6.4 填充分析及优化	219	6.11 保压分析及优化	233
6.5 成型窗口分析	220	6.12 翘曲分析及优化	243
6.6 创建浇注系统	221	6.13 Moldflow 分析报告	246
6.7 流道平衡分析及优化	222		

第7章 手机保护套——双色模分析

7.1 概述	260	7.7 重叠注塑浇口位置分析	279
7.2 双色模分析流程	261	7.8 重叠注塑填充分析及 优化	282
7.3 3D 网格划分及修复	261	7.9 重叠注塑保压分析及 优化	286
7.4 第一射浇口位置分析	264	7.10 双色模翘曲分析及优化	293
7.5 第一射填充分析及优化	267		
7.6 第一射保压分析及优化	272		

第8章 打印机前门——热流道系统

8.1 概述	297	8.2 CAD Doctor 的前处理	298
--------------	-----	---------------------------	-----

8.3 网格划分及修复	301	8.8 创建冷却系统	310
8.4 浇口位置分析	303	8.9 冷却分析及优化	312
8.5 成型窗口分析	306	8.10 保压分析及优化	315
8.6 创建热流道浇注系统	306	8.11 翘曲分析及优化	322
8.7 填充分析及优化	308		

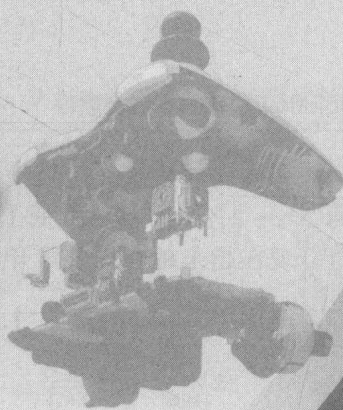
第9章 汽车后视镜——热流道转冷流道

9.1 概述	325	9.6 填充分析及优化	332
9.2 网格划分及修复	326	9.7 创建冷却系统	338
9.3 限制性浇口位置分析	327	9.8 冷却分析及优化	339
9.4 成型窗口分析	330	9.9 保压分析及优化	343
9.5 创建浇注系统	331	9.10 翘曲分析及优化	354

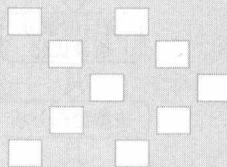
第10章 汽车保险杠——针阀式热流道

10.1 概述	357	10.6 填充分析及优化	366
10.2 网格划分及修复	358	10.7 创建冷却系统	373
10.3 浇口位置选择	360	10.8 冷却分析及优化	374
10.4 成型窗口分析	361	10.9 保压分析及优化	378
10.5 阀浇口热流道系统创建	363	10.10 翘曲分析及优化	388

Moldflow



第 1 章



MP3 外壳——入门实例

1.1 概述



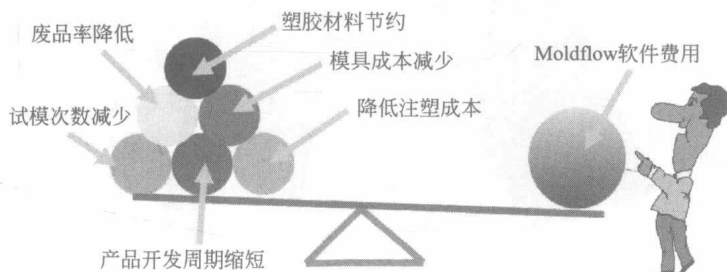
初识模流

1.1.1 什么是模流分析

模流分析实际上就是指运用计算机数据模拟方法结合有限元分析,通过电脑完成塑料熔体在模具内的填充、保压、冷却过程的模拟仿真,模拟模具注塑的过程,得出塑料熔体的温度场、压力场和速度场的分布,从而预测填充、保压、冷却过程中出现的各种问题。针对各种问题可对模具的方案进行可行性评估,完善模具设计方案及优化产品设计方案,从而缩短产品的生命周期,减少试模次数,降低模具成本。塑胶模具模流分析常用软件有 Autodesk Moldflow、Moldex3D 等,本书以 Autodesk Moldflow 2017 进行讲解。

1.1.2 模流分析的作用及价值

编者参加过多次 Moldflow 公司的发布会,现在一套 Moldflow 软件(只有基本模块)的费用大概人民币五十多万元,这么贵的软件到底可以为企业做些什么呢?Moldflow 可以



网格简介

使整个产品的开发周期缩短，试模次数减少，降低模具成本，注塑成本节约 6%~8%，塑胶材料节约 2%~3%，废品率降低 1%，特别对于高精度、大型复杂的产品，可以大大地降低成本，所以现在越来越多的公司开始使用 Moldflow 软件。

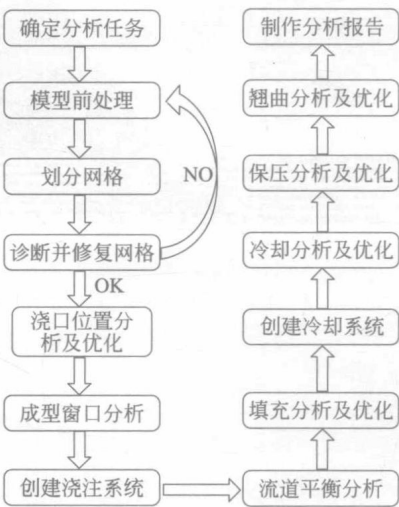


图 1-1 模流分析基本流程

1.1.3 模流分析的基本流程

图 1-1 为常规模型 Moldflow 的基本分析流程。

1.1.4 为什么要划分网格

在整个模流分析的过程中，划分并修复网格会占用大量的时间，为什么要划分网格呢？因为 Moldflow 是一个有限元分析，有限元分析是用较简单的问题代替复杂问题后再求解。它将求解域看成是由许多称为有限元的简单而又相互作用的元素（单元）组成，对每一单元假定一个合适的（较简单的）近似解，然后推导求解这个域总的满足条件（如结构的平衡条件），从而得到问题的解，就是用有限数量的未知量去逼近无限未知量的真实系统。这个解不是准确解，而是近似解，因为实际问题被较简单的问题所代替。由于大多数实际问题难以得到准确解，而有限元不仅计算精度高，而且能适应各种复杂形状，因而成为行之有效的工程分析手段。

举个例子，我们都学过一篇课文叫《曹冲称象》。在古代由于技术原因，没有那么大的秤能称起一头大象的重量。曹冲想了一个很聪明的办法，先把大象装到一艘船上，在船下沉的位置画一条线，然后把大象赶下船，向船上装小块的石头，等船下沉到线时，所有小块石头的重量就等于大象的重量，把每一块石头的重量相加就是大象准确的重量。这就像模流分析无法一次分析整个产品，就把产品划分成一个个的有限三角形网格单元，通过对每个单元的计算，从而得出整个产品的计算结果，当然，实际的模流分析会相互关联，比此例更为复杂。

1.1.5 分析说明

本章以 MP3 外壳实例分析，学习 Moldflow 的基本流程。通过本章的学习，可对 Moldflow 的分析流程有初步的认识；会使用模型的导入，网格的划分，网格的诊断及修复，能够创建浇注系统和冷却系统，能够对浇口位置分析、成型窗口分析、填充分析、冷却分析、保压分析、翘曲分析有初步的了解；能够设定分析次序、材料和工艺设置。

MP3 外壳的分析任务说明如图 1-2 所示。

分析任务说明：

①材料：ABS+PC

②穴数：1×2

③确认分析任务

- 流动平衡——浇口位置
- 成型性——注塑压力、锁模力
- 模具设计——流道系统、冷却系统
- 产品外观——熔接痕、气穴
- 装配要求——Z 方向翘曲在 0.5mm 以下

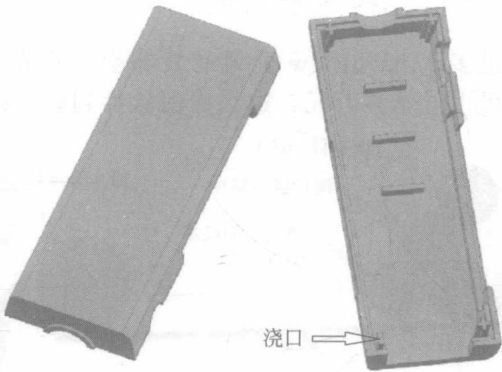


图 1-2 MP3 外壳的分析任务说明

1.2 模型前处理



1.2.1 从 CAD 软件导出模型

① 由于 Moldflow 软件中的建模功能不是很强大，通常情况下模型都是从其他 CAD 软件转换而来，如 Unigraphics NX、Pro/E、Solidworks、CATIA。本书以 Unigraphics NX 软件来讲解导出模型。双击打开 UG 软件，选择“文件”→“打开”，打开如图 1-3 所示的文档。

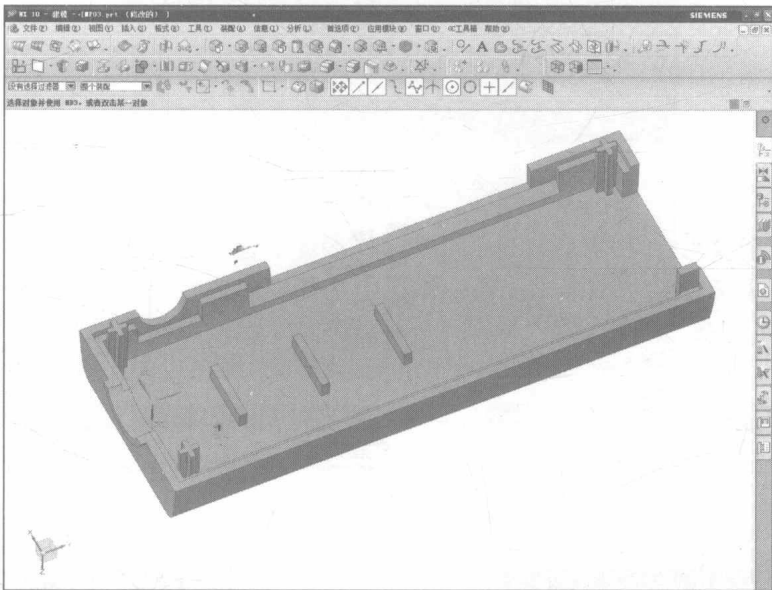


图 1-3 Unigraphics NX 打开的模型

② 在导出之前，最好先把模型摆正，把模型的出模方向朝向正 Z 轴方向，虽然在 Moldflow 软件中也可以摆正，但在 UG 中会更方便一点。如果模型比较复杂，还要对模型进行处理，如去除模型上的小圆角或小 C 角，否则导出的模型在划分网格时质量不高，会导致分析精度降低甚至分析失败。选择“文件”→“导出”，如图 1-4 所示。

1.2.2 导出模型的格式

Moldflow 可以导入的模型格式主要有三种：IGS、STL、STP。一般情况下，如果模型没有乱面，则使用 IGS 格式导入的模型，在进行网格划分时，网格的质量会比较好；如果模型有乱面，则建议优先使用 STLS 格式。当 Moldflow 安装有 MDL 时，则建议优先使用 STP 格式。现在高版本的 Moldflow 软件在安装时会自动安装 MDL。

(1) IGS 格式

CAD 文件的通用格式，主要包含面 and 线。UG 中导出 IGS 格式：“文件”→“导出”→“IGES”，如图 1-5 所示，在“导出至”选项中要选定导出文件的目录及 IGS 的文件名。如图 1-6 所示，在“模型数据”，如果整个文件只有一个实体，可以选择“整个部件”，如果文件中有多个实体，则选择“选定的对象”后选要导出的实体。

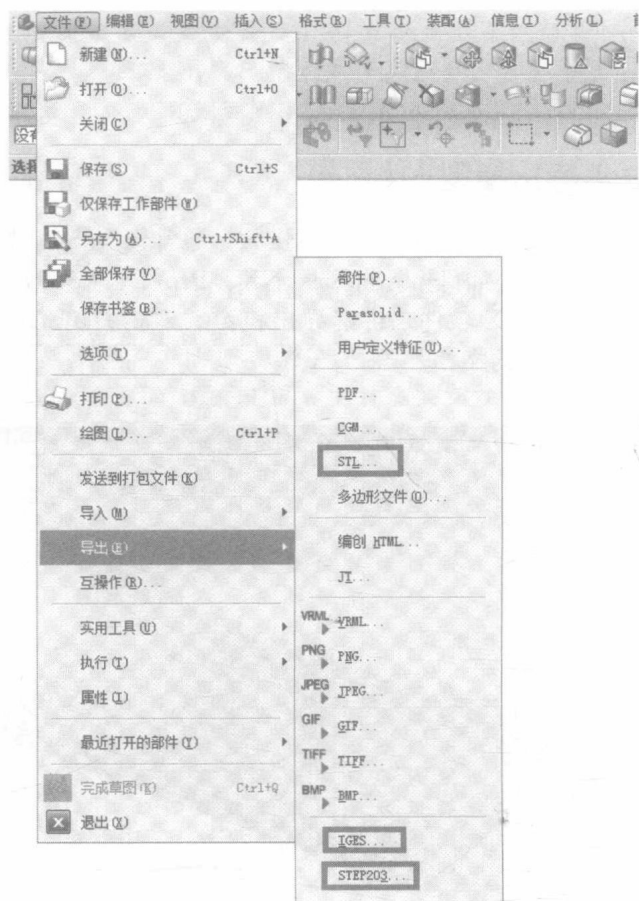


图 1-4 导出模型的文件格式

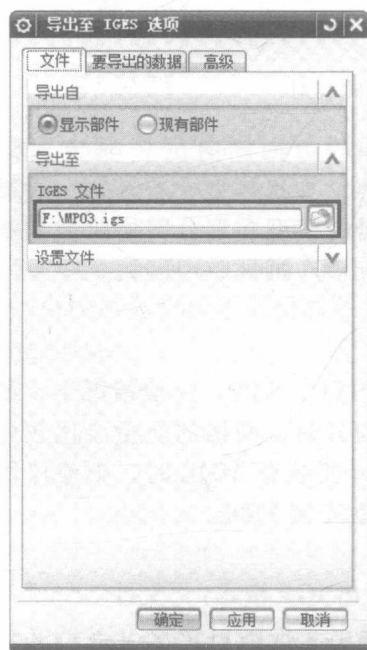


图 1-5 导出 IGS 文件的目录

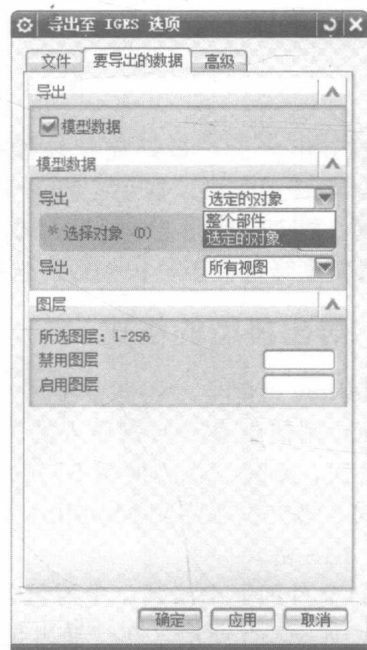


图 1-6 导出 IGS 文件的选择对象

(2) STL 格式

三角形面。UG 中导出 STL 格式：“文件”→“导出”→“STL”，如图 1-7 所示，点击“确定”后会要求选择目录及文件名。

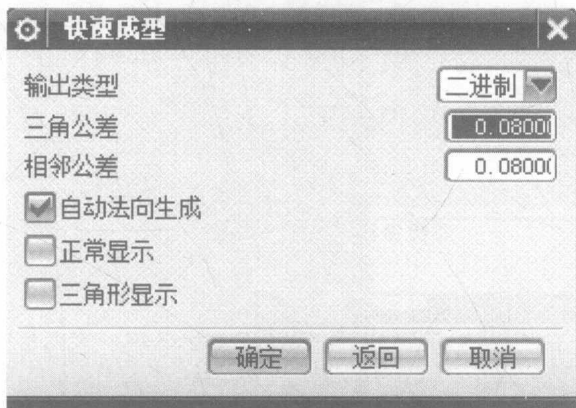


图 1-7 导出 STL 格式对话框

(3) STP 格式

CAD 文件的通用格式，主要包含实体。UG 中导出 STP 格式：“文件”→“导出”→“STP”，如图 1-8 所示，在“导出至”选项中要选定导出文件的目录及 STP 的文件名。如图 1-9 所示，在“模型数据”，如果整个文件只有一个实体，可以选择“整个部件”，如果文件中有多个实体，则选择“选定的对象”后选要导出的实体。

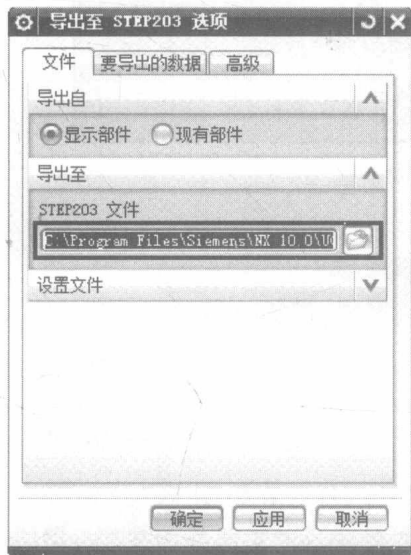


图 1-8 导出 STP 文件的目录

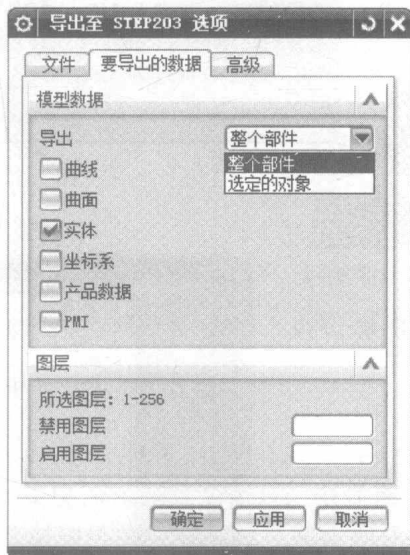


图 1-9 导出 STP 文件的选择对象

1.2.3 新建工程及导入

① 双击启动 Moldflow 软件，初始界面如图 1-10 所示。

② 选择“开始并学习”→“创建新工程”，如图 1-11 所示，在“工程名称”中输入工程名“MP01”，在“创建位置”中可通过“浏览”选择正确的目录位置。

③ 选择“主页”→“导入”，如图 1-12 所示。选中“MP01.igs”文件。出现如图 1-13 所示的对话框，在导入的网格类型中选择“双层面”。

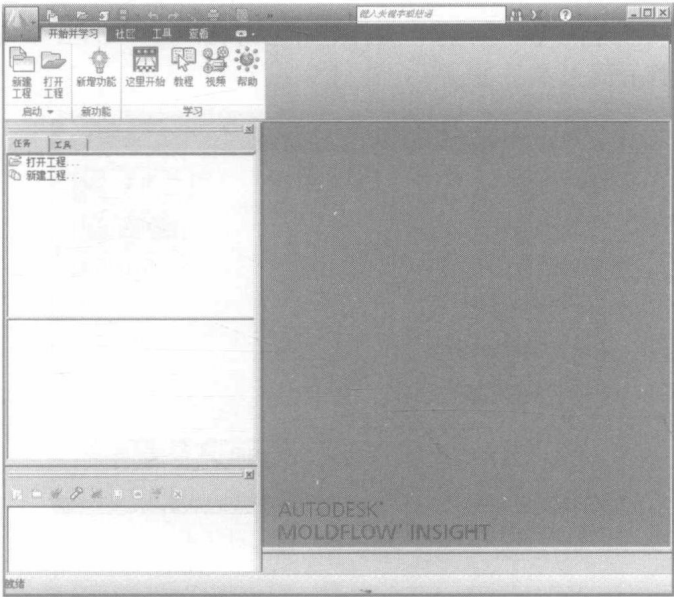


图 1-10 Moldflow 软件的初始界面

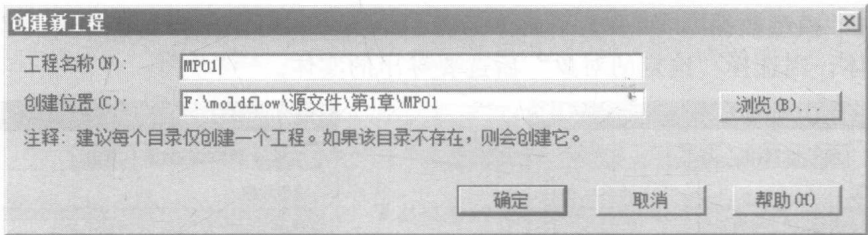


图 1-11 “创建新工程”对话框



图 1-12 “导入”对话框

④ 模型导入的结果如图 1-14 所示。

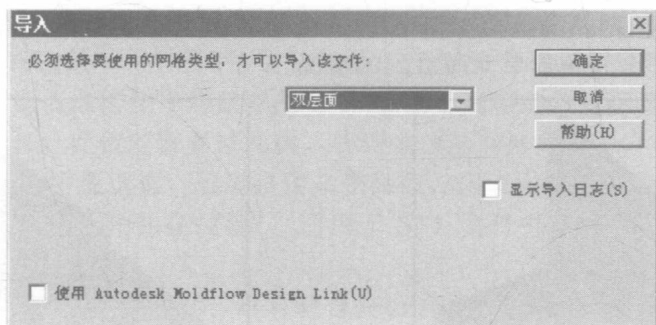


图 1-13 导入时选择网格类型

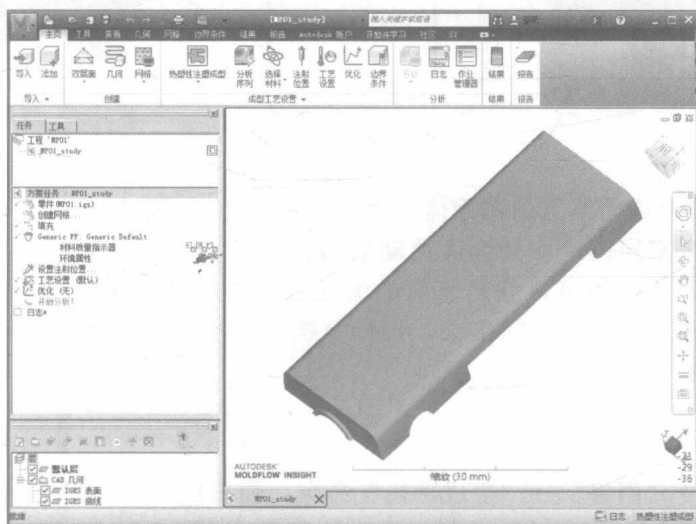


图 1-14 模型导入的结果



网格划分及统计

1.3 网格划分及统计

Moldflow 进行模型分析之前, 必须生成网格模型, 划分网格的原因, 可以参照第 1.1 节的“为什么要划分网格”。

1.3.1 网格类型

Moldflow 的网格类型有三种, 分别为: 中性面、双层面和实体 (3D)。中性面是最早的网格类型, 其特点是速度快, 但精度不高。随着计算机硬件的发展, 现在网格划分的主流是双层面网格, 将来计算机的速度越来越快, 实体 (3D) 网格将成为主流。

(1) 中性面

中性面 (midplane): 取模型的中间层面来代替整个模型进行分析。划分风格后, 由三个节点组成的三角形单元形成单层网格。中性面网格分析时间较短, 但精度不高, 而且局部区域形状需等效处理, 前修改时间较长, 一般用于薄壁塑料产品。如图 1-15 所示为移动一个三角形单元所看到的情况。

(2) 双层面

双层面 (fusion): 取模型的外表面 (或者叫上表面和下表面) 代替整个模型进行分析。划分网格后, 由三个节点组成的三角形单元形成上表面和下表面双层网格。双层面网格的优

点和缺点都介于中性面网格和实体（3D）网格之间，是现在应用最多的一种网格类型。如图 1-16 所示为移动一个三角形单元所看到的情况。

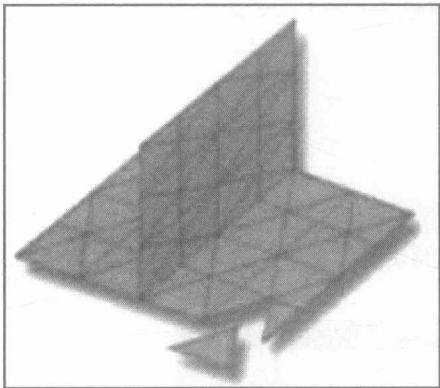


图 1-15 中性面

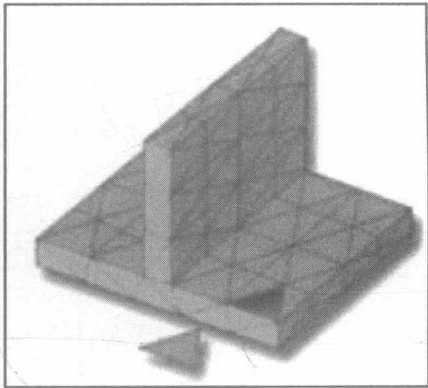


图 1-16 双层面

（3）实体（3D）

实体（3D）：是由四个节点的四面体组成的网格单元。划分网格后，可以真实地模拟塑料的流动。相比较于双层面网格的表面流动数据，由于实体（3D）网格把模型在厚度方面流动考虑进去了，因此不但可以获得表面的流动数据，还可获得内部的流动数据，精度最高，同时计算数量很大，计算时间很长，对计算机的速度要求很高。如图 1-17 所示为移动一个三角形单元所看到的情况。

1.3.2 生成网格

单击“网格”→“网格”→“生成网格”命令，弹出如图 1-18 所示的对话框。

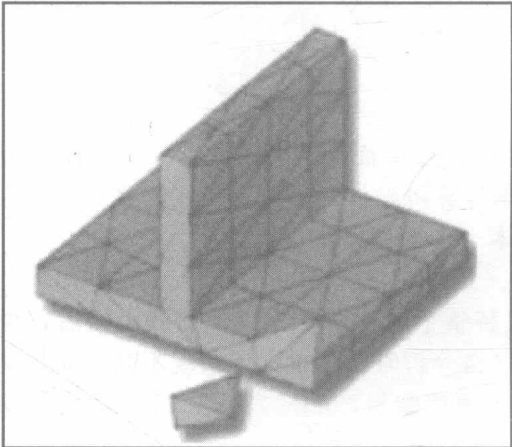


图 1-17 实体（3D）

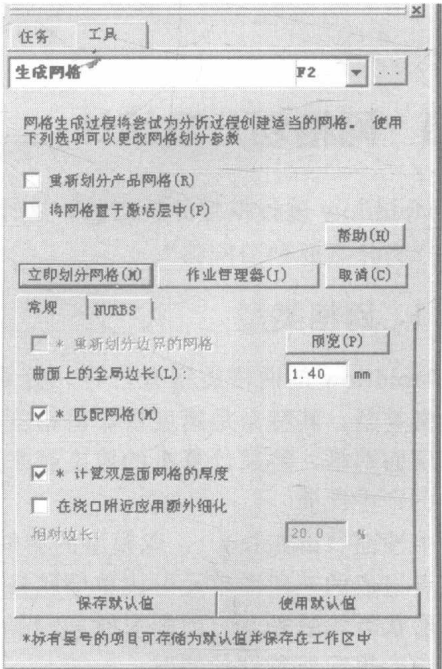


图 1-18 “生成网格”对话框

① “重新划分产品网格”：对于已经存在的网格模型重新进行网格划分。

② “将网格置于激活层中”：将划分的网格放置到激活层中。

③ “表面上的全局边长”：指定网格边长的值。此值的大小控制着网格的质量和网格的数量，一般情况下，此值取模型平均壁厚的 1.5~2 倍，网格的数量尽量控制在 5 万个之内，否则计算的时间会加长，此值应该多试几次，找到最佳的网格质量。

④ “匹配网格”：选中复选框，可以自定义弦高值，用于设置边缘角的弦高。

⑤ “NURBS” 中的 “启用弦高控制”：适用于 STL 文件并适用于圆弧或圆孔较多的模型，可改变网格的工整度。

⑥ “NURBS” 中的 “合并公差”：可自动合并小于此值的两个节点，而消除一些几何狭长的三角形单元。

单击“预览”按钮，可以预览模型的生成效果，所有的设置完成后，单击“立即划分网格”按钮，直接生成网格，同时弹出网格日志，如图 1-19 所示，显示正在分析的结果。生成网格后如图 1-20 所示。

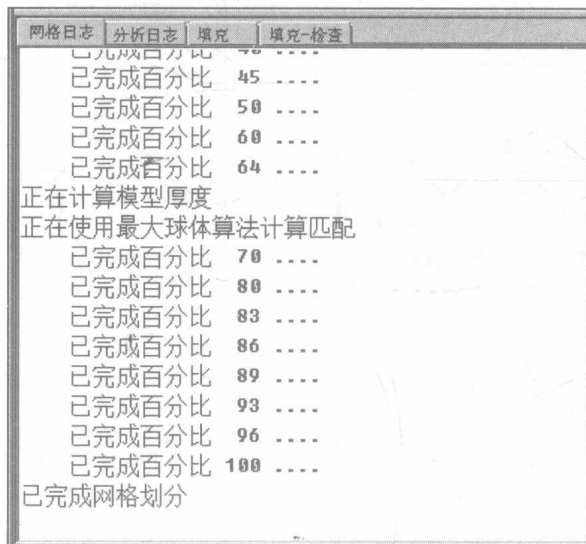


图 1-19 显示正在分析的结果

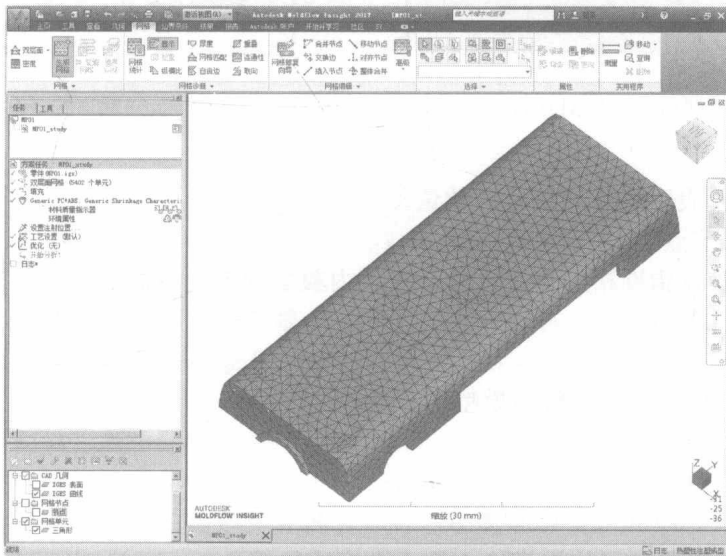


图 1-20 生成网格的结果

1.3.3 网格统计

Moldflow 划分的网格一般都存在着或多或少的缺陷，“网格统计”用来对已划分完的网格进行统计，检验已划分好的网格是否存在缺陷。根据统计的结果，如果网格的缺陷不是很严重，可以进行网格诊断和修复。如果网格的缺陷非常严重，则要重新划分网格。不好的网格质量会导致分析结果的准确性降低，严重时甚至会导致分析失败。

选择“网格统计”命令，弹出如图 1-21 所示的对话框，在“单元类型”中选择“三角形”选项后，单击“显示”后，则在下方显示，如图 1-22 所示。

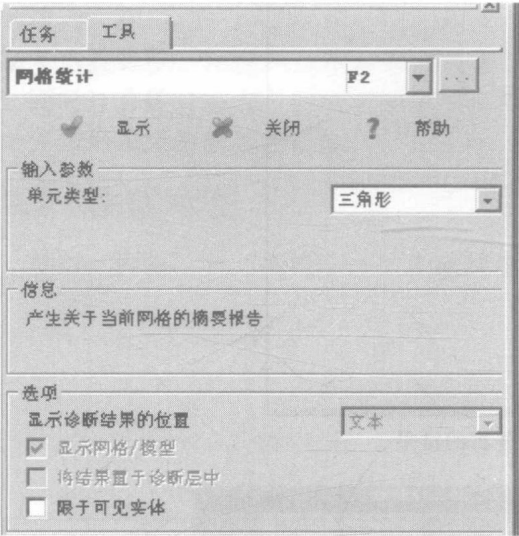


图 1-21 “网格统计”对话框

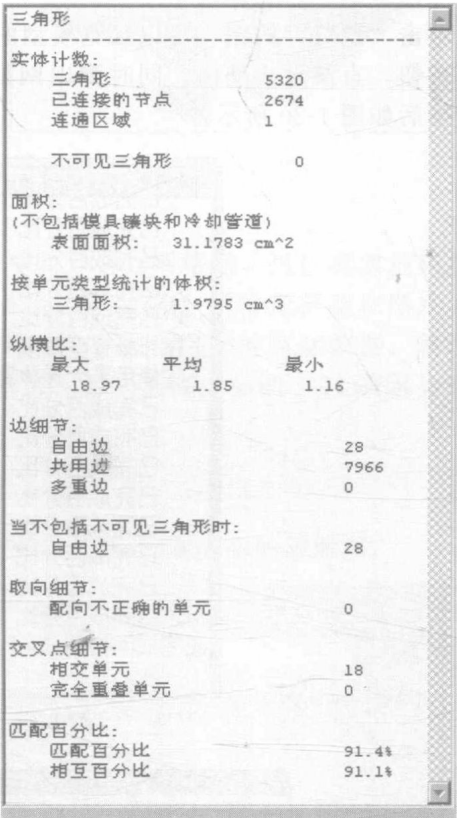


图 1-22 “网格统计”显示结果

- (1) 实体计数
 - ① “三角形”：表示三角形单元的数量。
 - ② “已连接的节点”：表示节点的数量。
 - ③ “连通区域”：指网格划分完成后，模型内独立的连通域的数量，此值应为 1，否则说明模型存在问题。
- (2) 面积
- 对于双层面网格，可以理解为模型的表面积。
- (3) 按单元类型统计的体积
- 可以理解为模型的体积。
- (4) 纵横比
- 三角形最大纵横比、平均纵横比、最小纵横比的信息。
- 三角形的纵横比指三角形最长边与三角形高的比值，值越大，说明三角形是一个比