



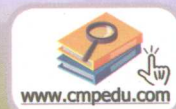
全国高等职业教育示范专业规划教材 模具设计与制造专业

注塑CAE及Moldflow 软件应用

张金标 主编



附光盘



配电子课件
教师免费下载

 机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

全国高等职业教育示范专业规划教材
模具设计与制造专业

注塑 CAE 及 Moldflow 软件应用



主 编 张金标
副主编 陆建军
参 编 陈剑玲 史立峰
主 审 滕宏春

有光盘

d906074-76

103872

广西工学院鹿山学院图书馆



d103872

机械工业出版社

本教材针对高职高专学生的特点,以“全面、够用、实用”为原则,介绍了注塑 CAE 技术及其应用,塑料、模塑工艺与分析,以及模塑设备等专业知识;以当前主流应用软件 Moldflow 为例,讲解相关软件的操作方法;结合典型工程实际案例,深入分析注塑 CAE 技术的应用情况,理解注塑 CAE 技术的工程应用价值。

本教材共 6 个项目,主要内容包括注塑件浇口位置分析、注塑成型工艺参数优化分析、注塑成型充填分析、注塑成型冷却分析、注塑成型流动分析及注塑成型翘曲分析。每个项目下分工作项目、训练项目和练习项目,供老师讲解、演示,以及学生练习使用。

本教材图文并茂,理论结合实际,附带光盘,内含习题库、项目实例和教学参考教案等电子版资料。彩色插图可弥补纸质教材黑白插图的不足,项目实例可使学生更深入地掌握软件的操作方法和技巧,满足教师教学和学生学习的需要,也可供工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

注塑 CAE 及 Moldflow 软件应用/张金标主编. —北京:机械工业出版社, 2011. 5

全国高等职业教育示范专业规划教材·模具设计与制造专业
ISBN 978-7-111-34522-0

I. ①注… II. ①张… III. ①注塑—塑料模具—计算机辅助设计—应用软件, Moldflow IV. ①TQ320.66

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 083825 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑:郑丹 责任编辑:郑丹 薛礼

版式设计:霍永明 责任校对:刘怡丹

封面设计:鞠杨 责任印制:杨曦

北京市朝阳展望印刷厂印刷

2011 年 7 月第 1 版第 1 次印刷

184mm×260mm·11 印张·268 千字

0001—3000 册

标准书号:ISBN 978-7-111-34522-0

ISBN 978-7-89451-977-1(光盘)

定价:26.00 元(含 1CD)

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换
电话服务 网络服务

社服务中心:(010)88361066

门户网: <http://www.cmpbook.com>

销售一部:(010)68326294

教材网: <http://www.cmpedu.com>

销售二部:(010)88379649

读者购书热线:(010)88379203

封面无防伪标均为盗版

前言

目录

为培养适合社会需要的高素质技能型人才,我们以模具设计与制造专业的塑料成型与模具技术方向为试点,以常州机电职业技术学院承担的江苏省重点教改课题“重构高职模具设计与制造专业教学体系的研究与实践”为依托,开展高职课程模式改革。改革依据职业岗位(群)工作任务体系,结合模具行业的现状及发展趋势,紧密跟踪现代模具设计与制造技术的发展方向,打破传统的课程体系,从岗位工作任务分析着手,通过课程分析、知识和能力分析,构建了“以工作任务为中心,以项目课程为主体”的高职模具设计与制造专业课程体系,课程内容充分体现了理论与实践的结合,以及知识、技能、态度及情感的综合,并将素质拓展贯穿始终。

本教材是基于高职模具设计与制造专业整体教学改革框架开发的。教材内容以培养学生的专业能力为目标,以工程实践需要为前提,符合在校学生及工程技术人员知识特点和接受能力。

本教材从岗位工作任务分析入手,根据工作分析、课程分析的结果,设置项目或者模块,进行理论和实践知识的整合,以及教学任务的组织安排等。通过项目课程的组织实施和评价,切实提高学生的综合职业能力,提高教学质量。

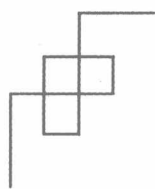
本教材的项目1、项目2、项目3、项目4由常州机电职业技术学院张金标编写,项目5由常州机电职业技术学院陆建军编写,项目6由辽宁装备制造职业技术学院史立峰、广西机电职业技术学院陈剑玲编写。本教材由张金标任主编,陆建军任副主编,滕宏春任主审。本教材在编写过程中得到了Moldflow公司大中华区总部、新科集团公司、TSK精密注塑有限公司等的大力支持,在此一并表示感谢。

由于编者水平有限,书中难免有错误和不足之处,恳请广大读者批评指正。

编者

项目1	塑料成型与模具技术	1
项目2	塑料成型与模具技术	2
项目3	塑料成型与模具技术	3
项目4	塑料成型与模具技术	4
项目5	塑料成型与模具技术	5
项目6	塑料成型与模具技术	6





目 录

言 序



前言	1
项目 1 注塑件浇口位置分析	1
1.1 教学目标	1
1.2 工作任务	1
1.3 工作化学习内容	1
1.3.1 软件界面简介	1
1.3.2 项目文件的创建与管理	2
1.3.3 网格划分	3
1.3.4 材料选择	5
1.3.5 注塑工艺设定	7
1.3.6 观察分析结果	8
1.4 学生训练项目	9
1.4.1 训练项目 1	9
1.4.2 训练项目 2	9
1.5 相关知识	9
1.5.1 注塑模 CAD/CAE/CAM 技术	9
1.5.2 Moldflow 软件简介	13
1.5.3 有限元在 Moldflow 软件中的应用	14
1.5.4 软件操作界面	15
1.6 拓展知识	20
1.6.1 有限元分析基础	20
1.6.2 注塑 CAE 技术的发展	22
1.6.3 浇口设置	23
1.7 练习	27
1.7.1 练习项目 1	27
1.7.2 练习项目 2	28
1.7.3 练习项目 3	28
1.7.4 练习项目 4	29
项目 2 注塑成型工艺参数优化分析	30
2.1 教学目标	30
2.2 工作任务	30
2.3 工作化学习内容	30

001 2.3.1	网格的创建与诊断	2.3.1	30
101 2.3.2	模型网格修复	2.3.2	36
501 2.3.3	浇口位置分析	2.3.3	45
801 2.3.4	成型窗口分析	2.3.4	45
802.4	学生训练项目	2.4	51
442.5	相关知识	2.5	51
1401 2.5.1	Synergy 相关功能	2.5.1	51
1401 2.5.2	成型工艺条件分析	2.5.2	54
701 2.5.3	分析模型的要求	2.5.3	57
012.6	拓展知识	2.6	64
001	常用热塑性塑料的性能及应用	2.6	64
012.7	练习	2.7	70
012.7.1	练习项目 1	2.7.1	70
011 2.7.2	练习项目 2	2.7.2	71
项目 3	注塑成型充填分析	3	72
113.1	教学目标	3.1	72
113.2	工作任务	3.2	72
113.3	工作化学习内容	3.3	72
111 任务 1	充填分析	3.3.1	72
111 3.3.1	型腔布局	3.3.1	72
111 3.3.2	浇注系统设计	3.3.2	74
111 3.3.3	模型优化	3.3.3	75
111 3.3.4	结果分析	3.3.4	78
111 任务 2	流道平衡分析	3.3.5	79
111 3.3.5	型腔及浇注系统布局	3.3.5	79
111 3.3.6	浇注系统设计	3.3.6	81
111 3.3.7	工艺参数设定	3.3.7	84
111 3.3.8	结果分析	3.3.8	85
111 3.4	学生训练项目	3.4	86
111 3.4.1	训练项目 1	3.4.1	86
111 3.4.2	训练项目 2	3.4.2	86
111 3.5	相关知识	3.5	86
111 3.5.1	浇口设计	3.5.1	86
111 3.5.2	流道设计	3.5.2	91
111 3.6	拓展知识	3.6	96
111 3.6.1	欠注	3.6.1	96
111 3.6.2	飞边	3.6.2	98
111 3.6.3	熔接痕	3.6.3	98
111 3.6.4	气穴	3.6.4	100

3.6.5	翘曲变形	100
3.6.6	缩痕	101
3.6.7	流痕	102
3.6.8	条纹	103
3.6.9	裂纹	103
3.6.10	顶白	104
3.7	练习	104
3.7.1	练习项目 1	104
3.7.2	练习项目 2	105
项目 4	注塑成型冷却分析	106
4.1	教学目标	106
4.2	工作任务	106
4.3	工作化学习内容	106
4.3.1	模具表面模型的创建	106
4.3.2	冷却回路的创建	107
4.3.3	工艺参数的设定	111
4.3.4	结果分析	111
4.4	学生训练项目	113
4.4.1	训练项目 1	113
4.4.2	训练项目 2	114
4.5	相关知识	114
4.5.1	冷却基本知识	114
4.5.2	冷却分析对建模的要求	119
4.5.3	冷却分析模型	122
4.6	拓展知识	127
4.6.1	其他常见冷却元件的建模	127
4.6.2	创建和使用模具材料数据库	130
4.7	练习	132
4.7.1	练习项目 1	132
4.7.2	练习项目 2	132
项目 5	注塑成型流动分析	133
5.1	教学目标	133
5.2	工作任务	133
5.3	工作化学习内容	133
5.3.1	注塑机的定义	133
5.3.2	多段注射工艺的设定	136
5.4	学生训练项目	141
5.5	相关知识	141
5.5.1	保压基本认识	141

5.5.2 基本保压分析	142
5.6 练习	144
5.6.1 练习项目 1	144
5.6.2 练习项目 2	145
项目 6 注塑成型翘曲分析	146
6.1 教学目标	146
6.2 工作任务	146
6.3 工作化学习内容	146
6.3.1 网格模型的创建与修复	146
6.3.2 型腔布局及浇注系统设计	146
6.3.3 工艺参数设定	148
6.3.4 约束条件设定	148
6.3.5 结果分析	149
6.4 学生训练项目	151
6.5 相关知识	152
6.5.1 翘曲认识	152
6.5.2 设计对翘曲的影响	153
6.5.3 减小翘曲变形	159
6.6 拓展知识	164
收缩的数学模型	164
6.7 练习	165
6.7.1 练习项目 1	165
6.7.2 练习项目 2	166
参考文献	167

项目 1 注塑件浇口位置分析

1.1 教学目标

通过本项目的学习，学生能初步掌握 Moldflow MPI 软件的操作方法，实施模流分析基本工作过程并进行初步应用；能判断给定塑件浇口位置的优劣。

1.2 工作任务

本项目工作任务内容为：使用 Moldflow MPI 软件，按照给定塑件的技术要求，完成必要条件设定，进行注塑件浇口位置分析，判断注塑成型浇口位置的优劣。

塑件产品结构如图 1-1 所示，材料为 Chi Mei Corporation 的 PA-765A 塑料，要求模塑件尺寸公差等级达到 MT3，外形美观，无明显飞边、毛刺、气穴、流纹、缩痕及熔接痕等缺陷。

工作任务具体要求为：通过 MPI/ Synergy 创建新的工程任务，输入 CAD 模型 (*.stl)，划分 midplane 网格，设定工艺条件，进行浇口位置分析，并对分析结果进行解析。

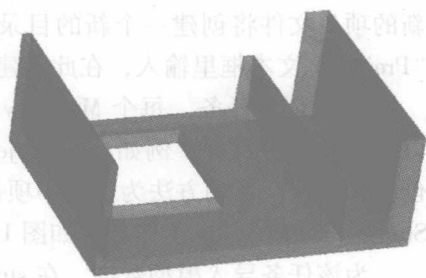


图 1-1 塑件结构

1.3 工作化学习内容

1.3.1 软件界面简介

MPI/Synergy 是 MPI 的图形用户界面，如图 1-2 所示。

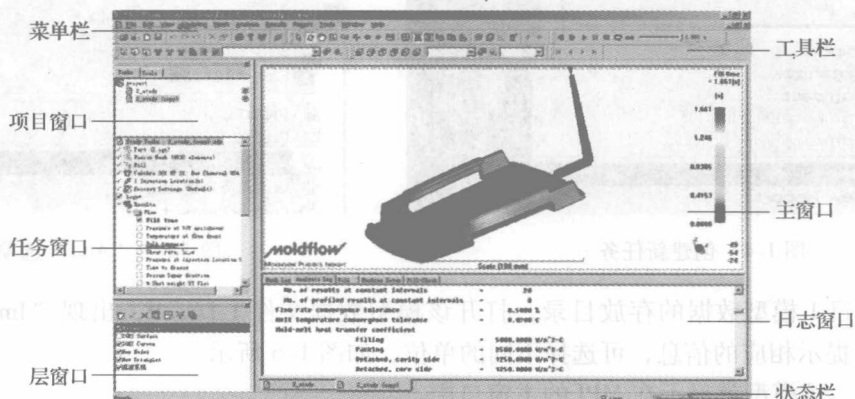


图 1-2 MPI/Synergy 用户界面

工具栏和菜单栏：提供调用 MPI 各项功能的菜单和按钮。

主窗口：显示模型和分析结果。

项目窗口：管理项目包含的所有方案任务。

任务窗口：列出分析所需的基本步骤。

层窗口：对窗口显示实现层控制。

状态栏：显示软件当前的工作状态。

1.3.2 项目文件的创建与管理

要在 Synergy 里进行分析或对分析方案进行编辑，必须首先打开一个项目文件。如果创建一个新的项目，就必须相应地创建项目文件夹，并指定该文件夹的位置；如果项目已存在，就必须将该项目文件打开。

(1) 创建新的项目文件 使用 File→New Project 命令新建一个项目，显示如图 1-3 所示的对话框。该对话框允许用户创建一个新的项目文件，需输入目录名称或浏览想要放置项目文件的文件夹。新的项目文件将创建一个新的目录，项目的名称在“Project”文本框里输入，在此创建 project_1 项目。

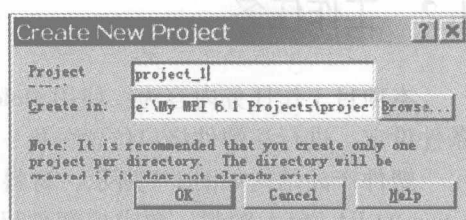


图 1-3 创建新项目对话框

(2) 创建任务 每个 Moldflow MPI 项目文件可以实现多任务管理。例如，在 project_1 项目文件下创建一个新任务的方法为，选中项目 project_1，单击鼠标右键，在弹出的窗口中选择“New Study”，创建 Study_1 任务，如图 1-4 所示。右键单击该任务，可对其进行重命名。

为该任务导入模型数据。在 study_1 激活的状态下，单击菜单栏中的“Add”选项，如图 1-5 所示。

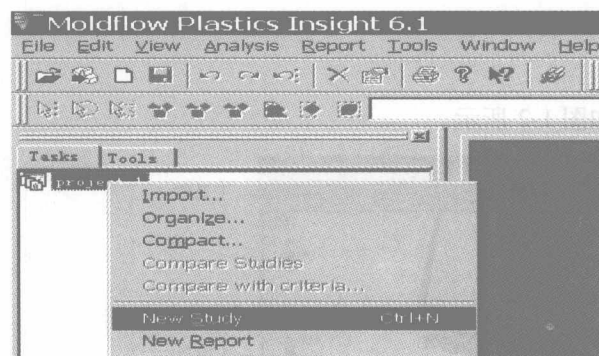


图 1-4 创建新任务

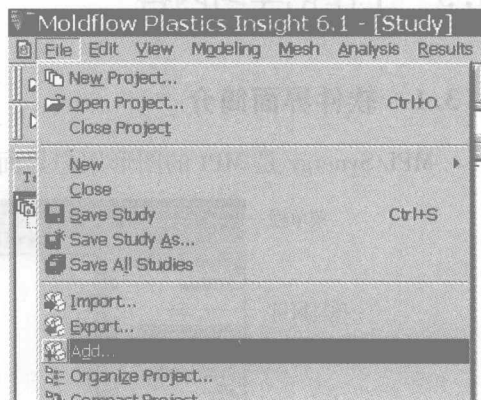


图 1-5 “Add”选项

找到项目 1 模型数据的存放目录，打开该模型数据文件 1-1w.stl，出现“Import”（导入）窗口，提示相应的信息，可选择不同的单位，如图 1-6 所示。

确认后，该模型就显示在 MPI 的主窗口中。

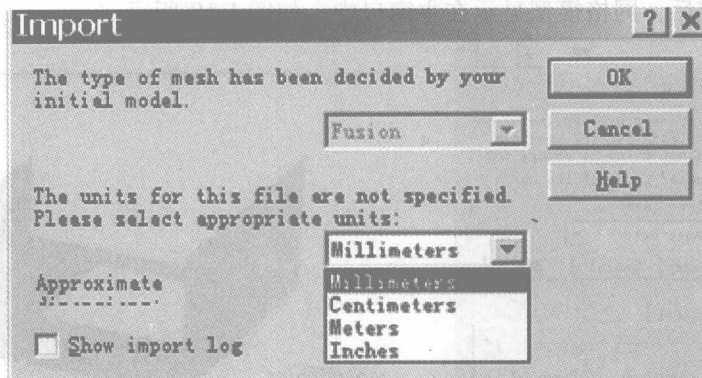


图 1-6 导入窗口

1.3.3 网格划分

(1) 设置网格类型 CAD 文件导入后, 需要按指定的网格类型对模型进行网格划分。首先要确定网格类型。在 Study_1 任务中, 把网格设定为中性面网格 (Midplane)。右键单击任务窗口中的创建网格 (Create Mesh) 选项, 在弹出的快捷菜单中, 选择设置网格类型下的中性面选项, 如图 1-7 所示。

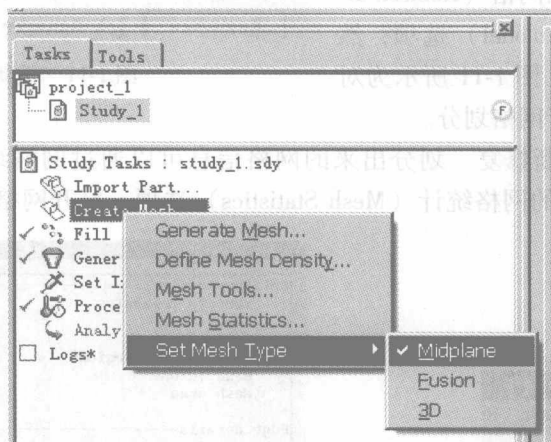


图 1-7 设置网格类型

(2) 生成网格 在任务窗口中选择创建网格 (Create Mesh) 选项, 单击右键弹出快捷菜单, 选择生成网格 (Generate Mesh) 选项, 如图 1-8 所示。弹出网格设定窗口, 如图 1-9 所示。修改全局网格边长为 4.5mm (网格的边长一般取产品最小壁厚的 1.5~2 倍), 其他选项采用默认值, 单击“Mesh Now”按钮立即划分网格。关闭弹出的提示窗口, 计算机开始网格划分计算。计算过程中, 日志窗口显示计算状态

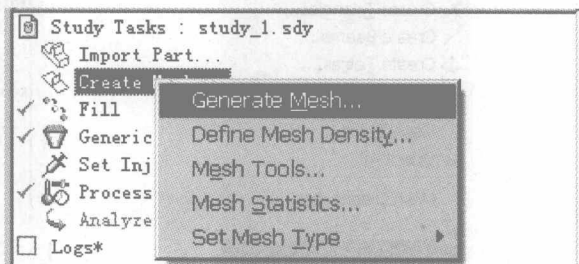


图 1-8 生成网格

及信息，计算完成后，网格模型显示在主窗口中，如图 1-10 所示。

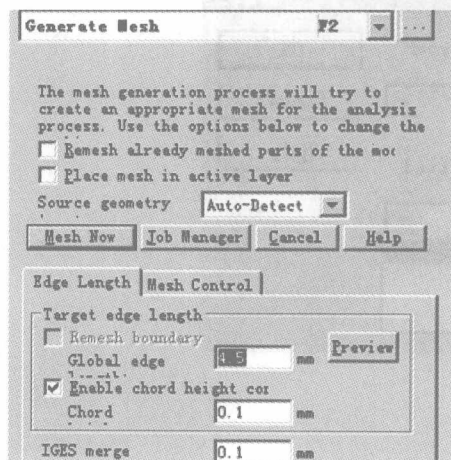


图 1-9 网格设定

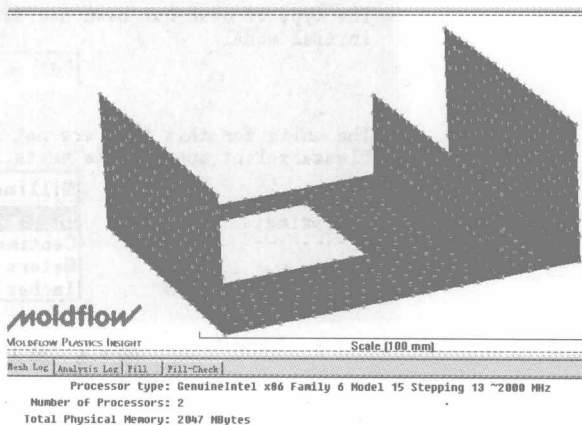


图 1-10 网格生成

如果对网格划分的结果不满意，可以对现有网格模型进行重新划分。选择编辑（edit）菜单下的撤销选项，或在网格设定窗口中勾选重新划分产品网格（Remesh already meshed parts of the model）选项，然后再进行生成网格操作。图 1-11 所示为对当前激活的模型重新进行网格划分。

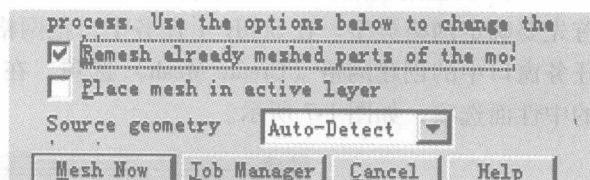


图 1-11 重新生成网格

（3）网格统计及诊断修复 划分出来的网格信息可以通过网格统计功能进行汇总。选择网格（Mesh）菜单下的网格统计（Mesh Statistics）选项，打开网格统计窗口，如图 1-12、图 1-13 所示。

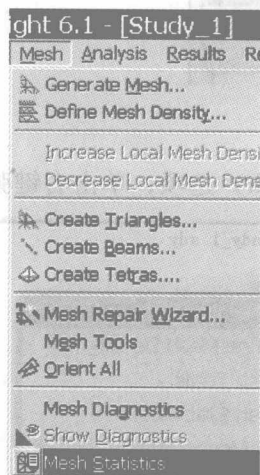


图 1-12 网格统计

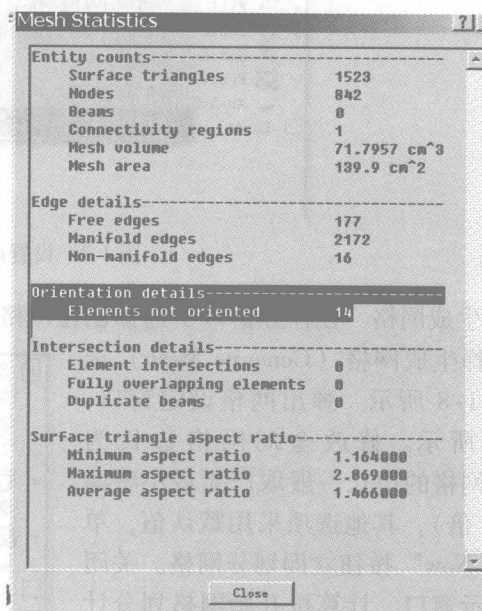


图 1-13 网格统计结果

在该统计信息窗口中可以了解网格的诸多信息，如网格划分质量等。图 1-13 中加黑的部分表示网格单元有 14 个取向不一致，需对网格进行修复。

选择网格（Mesh）菜单下的全部取向（Orient All）选项进行修复，如图 1-14 所示。操作完成后再查看网格统计。如果网格未取向数目为 0，则表示所有网格取向一致。

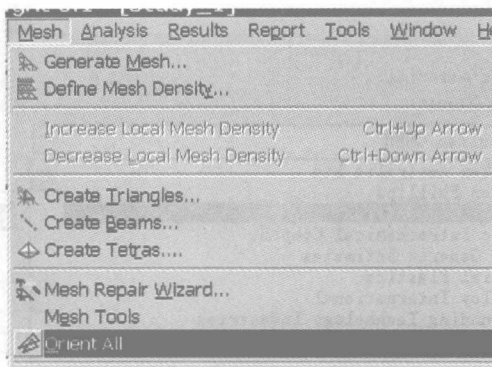


图 1-14 网格取向

1.3.4 材料选择

MPI 的材料库拥有多种类型的材料数据，并且有强大的查找功能。同时，用户也可以添加新的材料数据，改变原有材料的参数；或者新建一些材料，这些新材料可以应用于所有 MPI 的分析。

在任务窗口中选择材料项目，单击右键弹出快捷菜单，单击选择材料（Select Material）选项，弹出选择材料窗口，如图 1-15、图 1-16 所示。

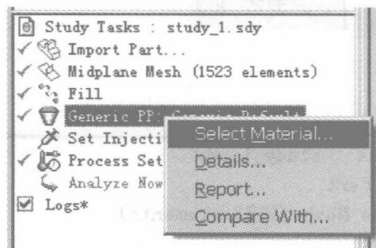


图 1-15 选择材料选项

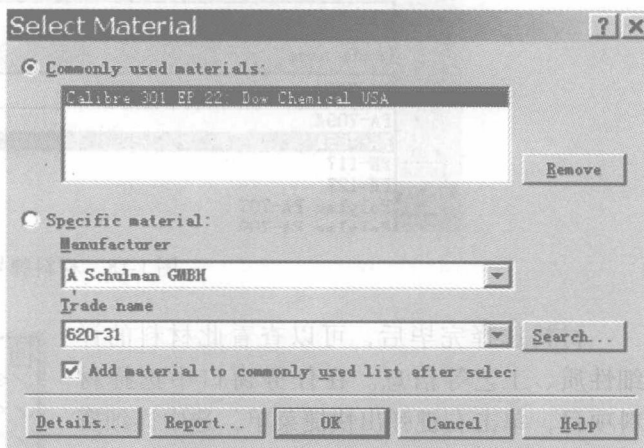


图 1-16 材料选择窗口

由工作任务可知，材料为 Chi Mei Corporation 的 PA-765A 塑料。在选择材料窗口中，可以通过查询制造商（Manufacturer）和牌号（Trade Name）来选择材料。首先，打开制造商列表，查找并选中“Chi Mei Corporation”，再打开牌号选项列表，查找并选中“PA-765A”，即可完成材料的选择，如图 1-17、图 1-18 所示。

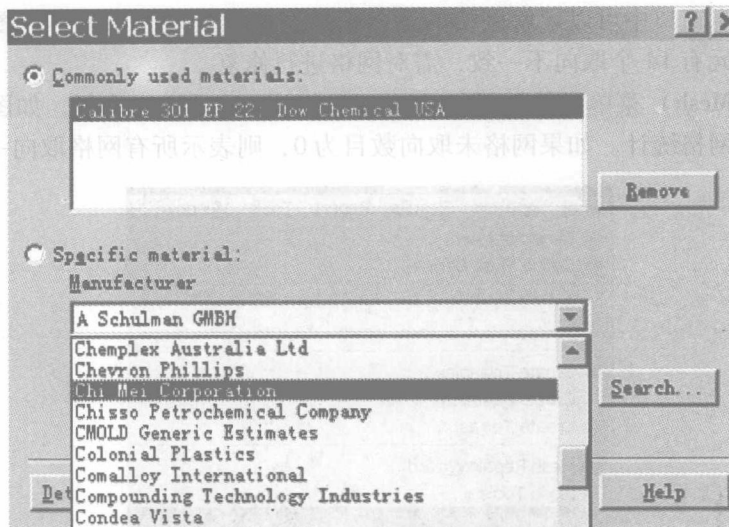


图 1-17 材料制造商

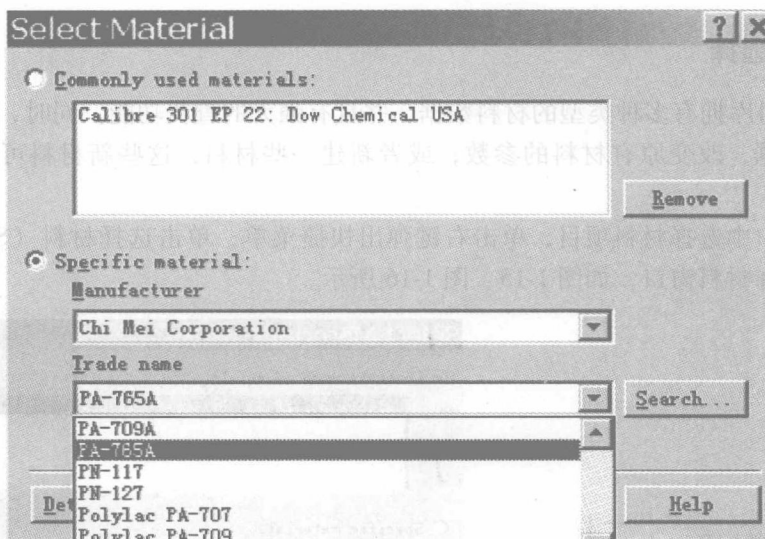


图 1-18 材料牌号

材料选择完毕后，可以查看此材料的详细性质、工艺等信息。在任务窗口中选择材料项目，单击右键弹出快捷菜单，选中详细资料 (Details) (见图 1-19)，弹出材料详细资料窗口，如图 1-20 所示。此窗口列出了材料的概述、推荐工艺、流变属性、热属性、PVT 属性、机械属性、收缩属性、填充物属性及光学属性等信息。为工艺参数的设置提供了参考依据。

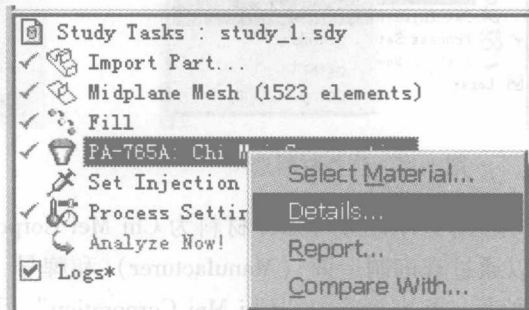


图 1-19 查看材料信息

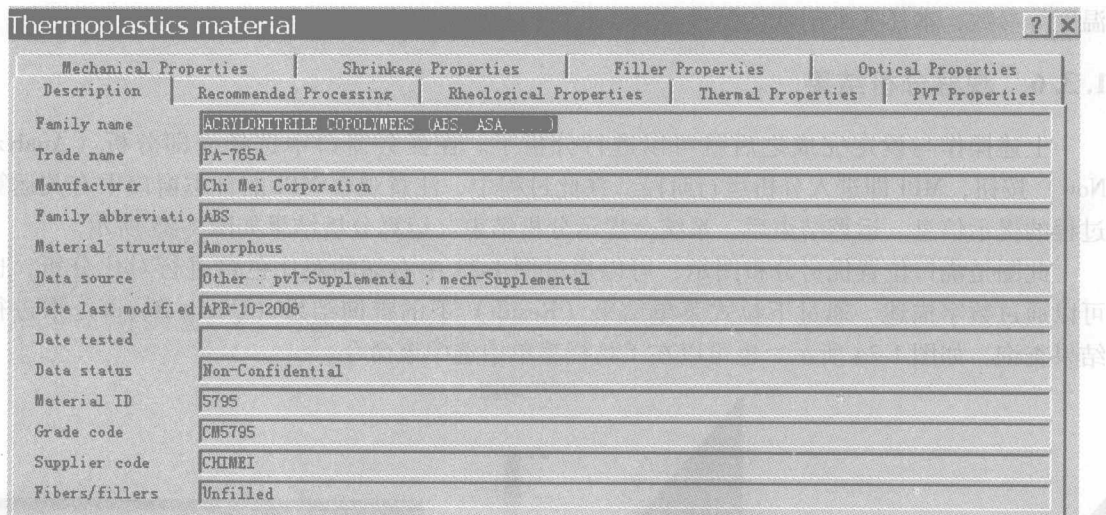


图 1-20 材料的详细信息

1.3.5 注塑工艺设定

本工作任务要求对浇口位置的优劣进行分析，须设置分析序列。用户可以在任务窗口中选择设置分析序列项目（在单击右键弹出的快捷菜单中进行选择），也可以在分析（Analysis）菜单下设置分析序列，在“Set Analysis Sequence”的子菜单中选择浇口位置（Gate Location）选项后即可完成分析序列的设定，如图 1-21 所示。

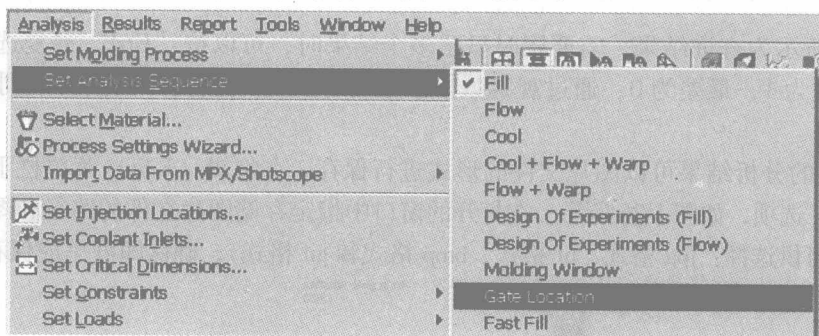


图 1-21 设定分析序列

接下来进行工艺设置。在任务窗口中选择工艺设置项目（Process Settings），单击右键弹出工艺设置向导窗口，如图 1-22 所示。在此向导中可以设定注塑机、模具温度及塑料熔体

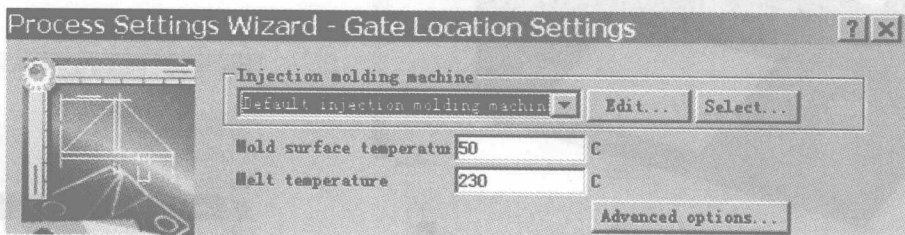


图 1-22 工艺设置向导窗口

温度等参数，本任务采用默认设置。

1.3.6 观察分析结果

上述操作与设定完成之后就可以进行分析了。在任务窗口中选择立即分析（Analyze Now）按钮，MPI 即进入分析运行阶段。在此过程中，注意观察 MPI 的日志窗口中有关运算过程的提示信息。运算结束后，系统会提示分析结束。运算分析结果如图 1-23 所示。

此图是浇口位置优劣分布图示，可以通过图 1-23 中右端的对比色带进行对比分析，也可以通过数字描述。通过下拉式菜单结果（Result）下的查询结果（Query Result）来进行结果查询，如图 1-24 所示。也可以在工具栏菜单中选中该命令。

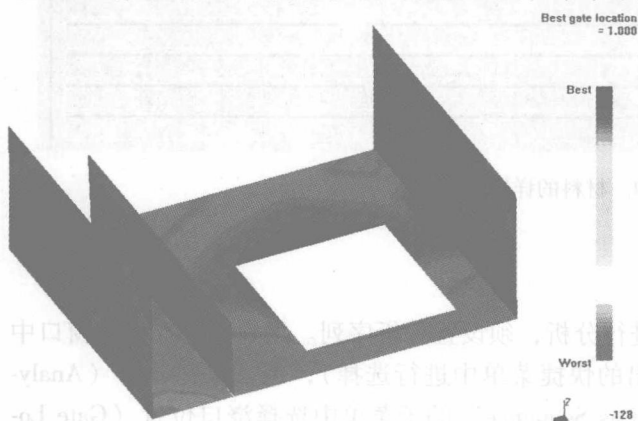


图 1-23 浇口位置分析结果

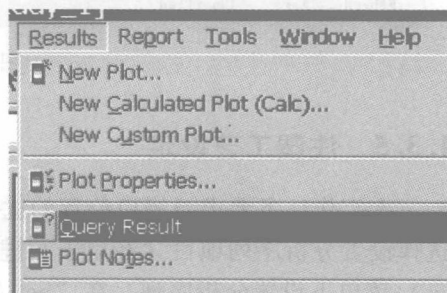


图 1-24 结果查询

图 1-25 所示为查询结果。需要同时显示多个结果时，可以按“Ctrl”键复选。最佳浇口位置数字系数为 1，最差为 0，通过观察数字系数可分析出最佳浇口位置及不同浇口位置的优劣程度。

主窗口中的分析结果可以图片文件的形式进行保存。在编辑（Edit）菜单栏下选择“Save Image to File”选项，如图 1-26 所示。在打开的窗口中指定存储图片文件的路径和图片文件格式（有 4 种格式可供选择：jpg 格式、tif 格式、bmp 格式和 gif 格式），确认即可完成保存操作。

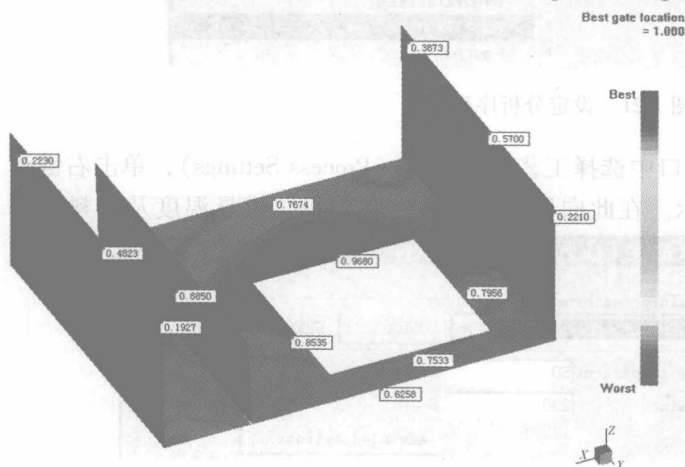


图 1-25 查询结果显示

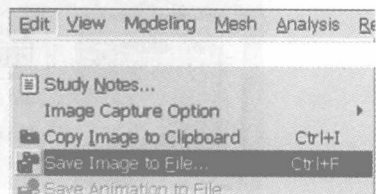


图 1-26 指定图片文件存放路径

1.4 学生训练项目

1.4.1 训练项目 1

(1) 塑件产品 塑件结构如图 1-1 所示。材料为 GE Plastics 公司的 Cycloc AR 塑料, 模塑件尺寸公差等级 MT3, 外形美观, 无飞边、毛刺。

(2) 训练项目要求 创建工程任务, 输入 CAD 模型 (*.igs), 划分 fusion 网格, 设定工艺条件, 进行浇口位置分析。

(3) 结果提交 提交 MPI 全窗口界面 (含浇口位置优劣分布图显示) 的电子版图片文件 (*.jpg), 如图 1-2 所示。

1.4.2 训练项目 2

(1) 塑件产品 塑件结构如图 1-1 所示。材料为 Taiwan PP 公司的 6331 塑料, 模塑件尺寸公差等级 MT5, 外形美观, 无飞边、毛刺。

(2) 训练项目要求 创建工程任务, 输入 CAD 模型 (*.stp), 划分 Fusion 网格, 设定工艺条件, 进行浇口位置分析。

(3) 结果提交 提交 MPI 全窗口界面 (含浇口位置优劣分布图显示) 的电子版图片文件 (*.jpg)。

1.5 相关知识

1.5.1 注塑模 CAD/CAE/CAM 技术

模具行业是一个高新技术密集型, 且又十分重视经验的行业。随着近代工业的飞速发展, 塑料制品的用途日益广泛, 注塑模具工艺得到空前的发展, 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进行塑料模具的设计, 指导塑料成型生产。

模塑 CAE 技术是多学科相互交叉的产物, 既包含数理计算方法, 又加入了诸多资深工程师的经验。模塑 CAE 分析是优化模具设计与产品成型工艺的最佳途径。利用这类软件, 设计人员可以仿真出塑料成型过程中的充填、保压、冷却及脱模后的翘曲变形等过程及结果, 准确预测塑料熔胶在模腔内的流动状况, 温度, 压力, 剪切应力, 以及体积收缩等变量在整个充填过程中某瞬间的分布情况。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, 提高企业的生产效率。

模塑 CAE 技术的优点更体现在产品生命周期管理 (PLM) 中。在设计注塑制品时, 它能够在保证塑件成型的前提下, 优化制品的厚度, 合理地选择材料, 从而降低注塑材料、注塑模具的生产成本, 加速产品上市速度, 增强产品竞争力。在设计注塑模具时, 模塑 CAE 技术可优化型腔及浇注系统的布置, 确定流道、浇口的尺寸, 并可根据分析得出的收缩率确定模具的型腔、型芯尺寸, 预估注射压力和锁模力, 以利于选择合适的注塑机, 保证塑件成