



普通高等教育“十二五”规划教材


[高分子材料与工程专业系列教材]

塑料成型CAE技术

Computer Aided Engineering

for Plastic Molding

钱欣 主编
高雨茁 赵建 金杨福 编

 中国轻工业出版社

高分子材料与工程专业系列教材

塑料成型 CAE 技术

钱欣 主编

高雨茁 赵建 金杨福 编



中国轻工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

塑料成型 CAE 技术/钱欣主编; 高雨茁, 赵建, 金杨福编. —北京: 中国轻工业出版社, 2011. 5

高分子材料与工程专业系列教材

ISBN 978-7-5019-7973-8

I. ①塑… II. ①钱… ②高… ③赵… ④金… III. ①注塑-塑料模具-计算机辅助设计-高等学校-教材 IV. ①TQ320.66-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 242136 号

责任编辑: 郭雪娇

策划编辑: 赵红玉 郭雪娇 责任终审: 简延荣 封面设计: 锋尚设计

版式设计: 宋振全 责任校对: 晋洁 责任监印: 吴京一

出版发行: 中国轻工业出版社 (北京东长安街 6 号, 邮编: 100740)

印刷: 航远印刷有限公司

经销: 各地新华书店

版次: 2011 年 5 月第 1 版第 1 次印刷

开本: 787 × 1092 1/16 印张: 12.5

字数: 304 千字

书号: ISBN 978-7-5019-7973-8 定价: 29.00 元

邮购电话: 010-65241695 传真: 65128352

发行电话: 010-85119835 85119793 传真: 85113293

网址: <http://www.chlip.com.cn>

Email: club@chlip.com.cn

如发现图书残缺请直接与我社邮购联系调换

101026J1X101ZBW

高分子材料与工程专业系列教材

编审委员会名单

主任：励杭泉

副主任（按汉语拼音为序）：

方少明 冯 钠 顾 凯 李齐方 李青山 卢秀萍 彭响方
钱 欣 唐颂超 雷彩红 徐伟箭 杨 彪 姚金水 余 强

委员（按汉语拼音为序）：

崔永岩 方少明 冯 钠 励杭泉 刘 斌 卢秀萍 彭响方
钱 欣 唐颂超 邬素华 项爱民 姚金水 余 强 曾 威
张桂霞

出版说明

本系列教材是根据国家教育改革的精神,结合“十一五”期间院校教育教改的实践和“十二五”期间院校高分子材料与工程专业建设规划,根据院校课程设置的需求,编写的高分子材料与工程专业系列教材,旨在培养具备材料科学与工程基础知识和高分子材料与工程专业知识,能在高分子材料的合成改性、加工成型和应用等领域从事科学研究、技术和产品开发、工艺和设备设计、材料选用、生产及经营管理等方面工作的工程技术型人才。本系列教材架构清晰、特色鲜明、开拓创新,能够体现广大工程技术型高校高分子材料工程教育的特点和特色。

为了适应高分子材料与工程专业“十二五”期间本科教育发展的需求,中国轻工业出版社组织了相关高分子材料与工程专业院校召开了“‘高分子材料与工程’专业‘十二五’规划教材建设研讨会”,确定了“高分子材料与工程”专业的专业课教材,首批推出的是:《高分子物理》《高分子科学基础实验》《高分子专业加工工程实验》《高分子材料科学与工程导论》(双语)《高分子材料成型加工》(修订版)《高分子材料成型工程》《聚合物制备工程》《聚合流变学基础》《聚合物成型机械》《塑料模具设计》《高分子化学与物理》《塑料成型 CAE 技术》《塑料助剂及配方》《涂料与黏合剂》。

本系列教材具有以下几个特点:

1. 以培养高分子材料与工程专业高级工程技术型人才为目标,在经典教学内容的基础上,突出实用性,理论联系实际,适应本科教学的需求。
2. 充分反映产业发展的情况,包括新材料、新技术、新设备和新工艺,把基本知识的教学和实践相结合,能够满足工程技术型人才培养教学目标。
3. 教材的编写更注重实例的讲解,而不只是理论的推导,选用的案例也尽量体现当前企业技术要求,以便于培养学生解决实际问题的能力。
4. 为了适应现代多媒体教学的需要,主要教材都配有相关课件或多媒体教学资料,助学助教,实现了教学资源的立体化。

本系列教材是由多年从事教学的一线教师和具有丰富实践经验的工程技术人员共同编写的结晶,首批推出的十四本教材是在充分研究分析“十二五”期间我国经济社会发展和材料领域发展战略的基础上,结合院校教学特色和实践经验编写而成的,基本能够适应我国目前社会经济的迅速发展和需要,也能够适应高分子材料与工程专业人才的培养。同时,由于教材编写是一项复杂的系统工程,难度较大,也希望行业内专家学者不吝赐教,以便再版修订。

前 言

计算机辅助工程 (CAE) 技术是 20 世纪 70 年代发展起来的工程技术, 其基本特点是将计算机的高速运算能力和逻辑判断能力与人的创造力有机地结合起来, 实现对产品或结构的精确快速设计、评价与优化, 可大大缩短产品设计和制造周期, 提高工程和产品质量, 节约成本, 从而产生巨大的经济效益。CAE 技术的发展又推动了许多相关基础学科和应用科学的进步。

在塑料产品的设计和制造领域, 随着塑料制品在汽车、电子、电器、机械、船舶和航空等工业领域的广泛应用, 以及对产品品质和精度要求越来越高, 传统的设计和成型方法已无法适应产品更新换代和提高质量的要求。CAE 技术已成为塑料产品开发、模具设计及产品成型中这些薄弱环节的最有效的途经。同传统工艺相比, CAE 技术无论在提高生产率、保证产品质量, 还是在降低成本、减轻劳动强度等方面, 都具有很大优越性。因此, 许多企业在设计新产品过程中 CAE 分析已成为不可缺少的一环。但目前会使用相关 CAE 专业软件的人才还是比较稀缺。针对这一现状, 许多高校近几年已经开始在高分子材料与工程专业、塑料成型与模具专业和材料成型与控制工程专业开设塑料成型 CAE 分析、塑料模具与 CAE 分析等专业课程, 介绍塑料成型相关的 CAE 软件。

本教程分为三个部分。第 1 章为课程绪论, 介绍 CAE 技术概况、CAE 技术应用及塑料成型常用的 CAE 软件; 第 2 章至第 5 章介绍塑料注射成型 CAE 软件——Autodesk Moldflow Insight 2010 的基本界面、功能和分析流程, 产品分析的前置处理, 以及充填分析、充填-保压分析、冷却分析和翘曲分析等热塑性塑料成型过程的分析模块使用; 第 6 章至第 11 章介绍塑料挤出成型的 CAE 软件——POLYFLOW 3.10 的软件概况, 前置处理模块 GAMBIT、主控程序 POLYMAN、图形后处理模块 FLUENT/Post、主程序模块 POLYDATA 的基本界面及操作, 以及 POLYFLOW 3.10 软件的应用。

本书作为高分子材料与工程专业、塑料成型与模具专业和材料成型与控制工程专业的教材, 针对许多院校专业课时少的现状, 采用软件基本操作和典型范例相结合的方式, 力求同学掌握 Autodesk Moldflow Insight 2010 和 POLYFLOW 3.10 两个软件的常用操作、分析流程和分析参数设置。学习软件最有效的方法是动手操作, 因此除了书中讲解的实例外, 每个章节后还附有相应的习题供大家练习。我们将例题和习题的分析模型、分析结果文件和操作视频放在中国轻工业出版社的网站中, 供大家下载使用。

本书由浙江工业大学、天津科技大学和大连工业大学三校合编。其中第 1 章、第 6 章至第 11 章由浙江工业大学钱欣编写, 第 2 章和第 3 章由天津科技大学高雨茜编写, 第 4 章由大连工业大学赵建和浙江工业大学金杨福共同编写, 第 5 章由浙江工业大学金杨福编写, 全书由钱欣统稿主编。

由于本书编写过程较为匆忙，加之我们对软件的理解有限，书中难免存在不足，热忱希望读者给予我们提出宝贵意见，帮助完善此书。同时感谢中国轻工业出版社的编辑在本书出版过程给予的支持和帮助。

编者
2010年10月

注：选用本书作为教材的老师请与中国轻工业出版社联系，以便提供教学资源。

联系方式：010-85119774, guoxuejiao09@163.com

或登录网站{ <http://www.chlip.com.cn/data/classroom/11/塑料成型CAE技术.rar> } 下载多媒体文件。

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 CAE 技术概述	1
1.2 CAE 技术的应用	3
1.3 塑料成型 CAE 软件介绍	3
1.3.1 注射成型 CAE 分析软件 Moldex 3D	4
1.3.2 注射成型 CAE 分析软件 MoldStudio 3D	5
1.3.3 挤出成型 CAE 分析软件 Virtual Extrusion Laboratory™	6
1.3.4 中空吹塑成型 CAE 软件 B-SIM	6
1.3.5 热成型 CAE 软件 T-SIM	6
第 2 章 Autodesk Moldflow Insight 软件概述	8
2.1 Autodesk Moldflow Insight 软件的功能	8
2.1.1 Autodesk Moldflow Insight 2010 的分析模块	8
2.1.2 Autodesk Moldflow Insight 2010 热塑性塑料分析模块的主要功能	9
2.2 Autodesk Moldflow Insight 2010 软件的界面	10
2.3 Autodesk Moldflow Insight 2010 分析流程	11
第 3 章 Autodesk Moldflow Insight 2010 前置处理模块	14
3.1 网格划分和处理	14
3.1.1 网格类型	14
3.1.2 网格的划分	14
3.1.3 网格统计	16
3.1.4 网格缺陷诊断工具	17
3.1.5 网格工具	23
3.2 建模工具	31
3.2.1 创建元素	31
3.2.2 元素的编辑	35
3.2.3 浇注系统创建	36
3.3 材料选择	40
第 4 章 Autodesk Moldflow Insight 2010 分析模块	43
4.1 充填分析	43
4.1.1 充填分析工艺条件设置	43
4.1.2 充填分析实例	44
4.2 充填-保压分析	51
4.2.1 充填-保压分析工艺条件设置	51
4.2.2 充填-保压分析实例	56

4.3	冷却分析	58
4.3.1	冷却分析工艺条件设置	58
4.3.2	冷却系统的创建	60
4.3.3	冷却分析实例	63
4.4	翘曲分析	65
4.4.1	翘曲产生的原因	65
4.4.2	翘曲变形分析	66
4.5	成型窗口分析	73
4.5.1	成型窗口分析设置	73
4.5.2	成型窗口分析实例	74
4.6	流道平衡	80
4.6.1	流道平衡概念	80
4.6.2	流道平衡分析实例	80
第5章	Autodesk Moldflow Insight 2010 分析报告制作	87
5.1	报告生成向导	87
5.2	报告编辑	88
5.3	报告浏览	88
第6章	POLYFLOW 软件概述	89
6.1	POLYFLOW 软件介绍	89
6.1.1	软件特点	89
6.1.2	软件的分析模块与结构	90
6.1.3	POLYFLOW 软件的常用概念	91
6.2	POLYFLOW 软件分析流程	93
6.2.1	POLYFLOW 分析概要	93
6.2.2	POLYFLOW 分析实例描述	95
第7章	主控程序 POLYMAN	104
7.1	POLYMAN 用户界面	104
7.1.1	菜单栏	104
7.1.2	工具栏	105
7.1.3	树状结构区	105
7.1.4	信息区	105
7.1.5	注释区	105
7.1.6	标签栏	106
7.2	POLYMAN 操作过程	106
7.2.1	创建新的项目	106
7.2.2	创建新的 GAMBIT 文件及生成网格文件	106
7.2.3	创建新的模拟	107
7.3	转换 GAMBIT 中性文件	107
7.4	查看列表文件	107

7.5	获得项目信息和模拟信息	108
7.5.1	获得项目信息	108
7.5.2	获得模拟信息	108
7.6	退出 POLYMAN	108
第8章	前置处理模块 GAMBIT	109
8.1	GAMBIT 的图形用户界面	109
8.1.1	绘图窗口	110
8.1.2	主菜单栏	110
8.1.3	【Operation】工具条	110
8.1.4	细化栏	111
8.1.5	【Global Control】工具条	111
8.1.6	【Description】窗口	111
8.1.7	【Transcript】窗口和【Command】文本框	111
8.2	GAMBIT 操作流程	112
8.2.1	生成几何模型	112
8.2.2	模型的网格划分	116
8.2.3	设定区域类型	118
8.3	创建基本几何结构和网格化实例	119
8.3.1	问题描述	119
8.3.2	操作步骤	119
第9章	主程序模块 POLYDATA	125
9.1	POLYDATA 图形用户界面	125
9.1.1	主菜单栏	125
9.1.2	关键字栏	126
9.1.3	文本窗口	126
9.1.4	图形显示窗口	127
9.1.5	文本输出窗口	127
9.1.6	主菜单窗口	127
9.2	POLYDATA 的主要任务模型	128
9.2.1	稳态问题	128
9.2.2	渐近问题	129
9.2.3	瞬态问题	130
9.3	POLYDATA 主要操作	130
9.3.1	创建新的任务模型	130
9.3.2	创建子任务模型	131
9.3.3	建立渐近问题	138
9.3.4	建立瞬态问题	140
第10章	图形后处理模块 FLUENT/Post	142
10.1	FLUENT/Post 用户界面	142

10.2	文件操作	143
10.2.1	读取文件	143
10.2.2	导入文件	143
10.2.3	保存文件	144
10.2.4	图像文件硬复制	144
10.3	系统定义	145
10.3.1	定义活动域	145
10.3.2	定义场函数	145
10.3.3	定义单位	146
10.4	创建表面	147
10.5	图形可视化	147
10.5.1	基本图形生成	147
10.5.2	XY 曲线图和柱状图	153
10.6	数字计算报告	156
10.6.1	表面积分	156
10.6.2	柱状图报告	156
第 11 章	POLYFLOW 应用基础	158
11.1	Bird Carreau 模型流体的收缩流动	158
11.1.1	创建项目和输入网格	158
11.1.2	创建模型任务和子任务	159
11.1.3	定义子任务	160
11.1.4	定义流函数	161
11.1.5	设置输出结果	162
11.1.6	保存数据, 退出 POLYDATA	162
11.1.7	求解计算	163
11.1.8	结果分析	163
11.2	Bird Carreau 模型流体的挤出成型	165
11.2.1	创建项目和输入网格	166
11.2.2	创建模型任务和子任务	166
11.2.3	定义子任务	166
11.2.4	设置输出结果	168
11.2.5	保存数据, 退出 POLYDATA	168
11.2.6	求解计算	169
11.2.7	结果分析	169
11.3	积分黏弹模型流体的挤出胀大分析	172
11.3.1	创建项目和输入网格	173
11.3.2	创建模型任务和子任务	173
11.3.3	定义子任务	174
11.3.4	定义数值参数	176

11.3.5	设置输出结果	177
11.3.6	保存数据, 退出 POLYDATA	177
11.3.7	求解计算	177
11.3.8	设置后处理部分	177
11.3.9	结果分析	178
11.4	牛顿流体的二维吹塑成型	179
11.4.1	创建项目和输入网格	179
11.4.2	创建模型任务	180
11.4.3	定义模具	180
11.4.4	创建和定义子任务	180
11.4.5	创建后处理子任务	182
11.4.6	定义数值参数	183
11.4.7	设置输出结果	183
11.4.8	保存数据, 退出 POLYDATA	183
11.4.9	求解计算	184
11.4.10	图形结果分析	184
参考文献		187

第 1 章 绪 论

1.1 CAE 技术概述

计算机辅助工程 (Computer Aided Engineering, CAE) 主要指用计算机对工程和产品进行性能与安全可靠性分析, 对其未来的工作状态和运行行为进行模拟, 及早发现设计缺陷, 并证实未来工程、产品功能和性能的可用性与可靠性。

CAE 技术起源于 20 世纪 50 年代中期, 而真正的 CAE 软件是诞生于 20 世纪 70 年代初期, 直到 20 世纪 80 年代中期, CAE 技术在可用性、可靠性和计算效率上已经基本成熟, 逐步形成了商品化的通用和专用 CAE 软件。国际上知名的 CAE 软件有 NASTRAN、ANASYS、ABAQUS、MARC 等。就软件结构和技术而言, 早期的这些软件基本上是用 FORTRAN 语言开发的结构化软件, 其数据管理技术尚存在一定缺陷, 它们的运行环境仅限于当时的大型计算机和高档工作站。第一代 CAE 软件通过 20 多年的发展, 在单元库、材料库、前后处理, 特别是用户界面和数据管理技术等方面都有了巨大的进步。软件对工程和分析、模拟能力, 主要决定于单元库和材料库的丰富和完善程度, 单元库所包含的单元类型越多, 材料库所包括的材料特性种类越齐全, 其软件对工程或产品的分析、仿真能力就越强。

所有的 CAE 软件的结构均包括三个基本环节: 前处理、求解和后处理, 与之对应的程序模块为前处理器、求解器和后处理器, 其结构如图 1-1 所示, 下面简要介绍这三个程序模块。

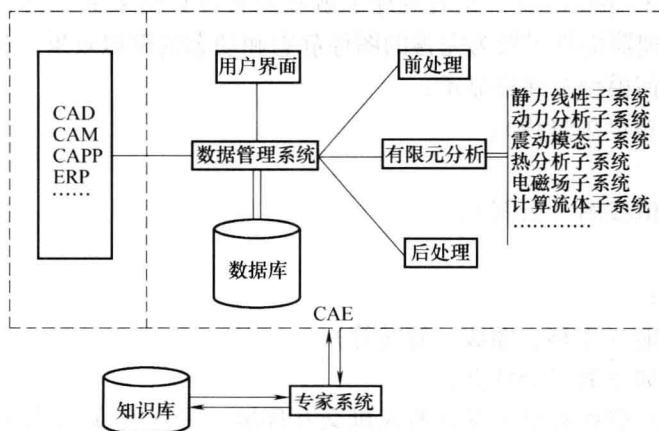


图 1-1 CAE 软件的结构图

(1) 前处理器

前处理器 (Pre-processor) 用于完成前处理工作。前处理环节是向 CAE 软件输入所

求问题的相关数据，该过程一般是借助与求解器相对应的对话框等图形界面来完成的。在前处理阶段需要用户进行以下工作：

- 构建和定义所求问题的几何体计算域；
- 将计算域划分成多个互不重叠的子区域，形成由单元组成的网格；
- 对所要研究的物理和化学现象进行抽象，选择相应的控制方程；
- 定义物体的属性参数；
- 为计算域边界处的单元指定边界条件；
- 指定初始条件。

目前在使用商用 CAE 软件进行计算时，可以使用软件自身的前处理器来构建几何模型和进行有限元网格的划分，也可以借用其他商用计算机辅助设计（CAD）软件构建几何模型和进行有限元网格的划分后导入软件。CAE 分析的精度由网格中单元的数量所决定。一般来讲，单元越多、尺寸越小，所得到的分析精度越高，但所需要的计算机内存资源及中央处理器（CPU）时间也相应增加。因此在前处理阶段生成计算网格时，关键是要把握好计算精度与计算成本之间的平衡。

（2）求解器

求解器（Solver）的核心是数值求解方案。常用的数值求解方案包括有限差分法、有限元法、边界元法和有限体积法等。总体上讲，这些方法的求解过程大致相同，包括以下步骤：

- 借助简单函数来近似待求的流动变量；
- 将该近似关系代入连续型的控制方程中，形成离散方程组；
- 求解代数方程组。

各种数值求解方案的主要差别在于流动变量被近似的方式及相应的离散化过程。目前有限元法是目前商用计算流体力学（CFD）软件广泛采用的方法。

（3）后处理器

后处理器（Post-processor）是直观地了解和观察计算结果的工具。随着计算机图形功能的提高，后处理器提供了较为完善的图像静态和动态的模拟效果，包括：

- 计算域的几何模型及网格显示；
- 矢量图（如速度矢量线）；
- 等值线图；
- 充填型的等值线图（云图）；
- XY 散点图；
- 粒子轨迹图；
- 图像处理功能（平移、缩放、旋转等）。

CAE 软件具有如下的三个特点：

① 可视性 CAE 软件提供了良好的人机交互环境，采用 CAE 进行分析计算，可以从图像上直观了解分析结构的大小、材料、边界条件、载荷条件等。

② 详实性 运用 CAE 软件工具分析计算，可以根据模型参数情况、加载条件求得详实的计算结果。根据设计人员的需要求得任意部位需要的计算结果。

③ 强大的数值运算能力 目前通用的 CAE 软件，都采用多种高效的数值计算方法，

针对分析中的大量线性、非线性问题均有解决方案。

1.2 CAE 技术的应用

近年来在 market 需求的推动下，CAE 技术得到了长足的发展，越来越受到科技界和工程界的重视。利用 CAE 软件，可以对工程和产品进行性能与可靠性分析，同时可以对其未来的工作状态和运行行为进行虚拟运行模拟，尽早发现设计缺陷，更改产品设计，实现优化设计；在实现创新的同时，提高设计质量，降低研究开发成本，缩短研究开发周期。目前，CAE 技术已在以下几个方面得到较为广泛的应用。

(1) 在工程结构计算中的应用

主要运用工程数值分析中的有限元等技术分析计算产品结构的应力、应变等物理场量，给出整个物理场量在空间与时间上的分布，实现结构在受力状态下的从线性到非线性的计算分析。该方面是 CAE 技术发展最早、最快、也是应用最广泛的领域。从普通产品的结构设计、汽车结构设计、到飞机和宇宙飞船设计，从房屋的结构设计、桥梁设计、到水库大坝设计都采用 CAE 软件进行优化计算，在这些结构设计中，通用的有限元软件 ANSYS, NASTRAN, MARC, MSC, ABAQUS 得到普遍应用。

(2) 在产品成型加工中的应用

该领域主要针对产品制造过程的问题进行传热、应力、流动等多因素的耦合分析，形成一些专业 CAE 软件。如塑料注射成型的 CAE 分析软件 Autodesk Moldflow Insight，塑料挤出成型分析软件 Virtual Extrusion Laboratory™，金属材料的浇铸成型分析软件 ProCAST，金属材料钣金冲压成型分析软件 Autoform 等。

(3) 在运动动态仿真中的应用

运用运动/动力学的理论和方法，对由 CAD 实体造型设计出的运动机构进行运动动态仿真模拟，运动动态模拟包括速度、加速度、力响应、效率能量等。如汽车、高速火车、飞机运动过程的空气动力学模拟，汽车碰撞过程模拟，可采用通用型和专用型有限元分析软件，如 ANSYS、ALGOR、Digital Wind Tunnel、DesignFOIL 等进行分析。

(4) 在电磁和电流分析中的应用

电磁和电流分析包括电磁场分析、电流分析、压电行为分析以及电磁结构分析等。可采用通用型和专用型 CAE 分析软件，如 ANSYS、ALGOR、EM3DS、QuickField、COMSOL Multiphysics 等进行分析。

(5) 化工过程的应用

化工过程主要涉及流体的流动和输送、传热、化学反应、混合与碰撞等问题，采用通用型和专用型 CAE 分析软件，如 ANSYS、FLUENT、COMSOL Multiphysics、Ensign 等进行分析。

1.3 塑料成型 CAE 软件介绍

本节简单介绍除 Moldflow Plastics Insight 和 POLYFLOW 以外的在业界著名的 CAE 分析软件。

1.3.1 注射成型 CAE 分析软件 Moldex 3D

Moldex 软件是台湾清华大学开发的一套注塑模 CAE 软件，后来与台湾科盛科技公司合作研发 Moldex 3D，可进行三维实体模拟分析。

Moldex 3D 软件提供三个分析模块，包含塑料零件设计模块 Moldex 3D/eXplorer、Moldex 3D/eDesign 和 Moldex 3D/Solid。以下将对其进行详细介绍。

(1) Moldex 3D/eXplorer

通过 Moldex 3D/eXplorer，CAD 设计者只需要几个简单的按键指令，即可直接在 CAD 环境下进行模流分析。换言之，使用者不需要任何额外的教育训练，也不需要处理繁杂的 CAD 转换与网格准备工作，Moldex 3D/eXplorer 目前已可在 Pro/ENGINEER、SolidWorks 和 NX 软件间使用，eXplorer 具有优化浇口位置与数目，可预先察觉可能产生的熔合线、包气、缺料、成型压力过大等成型问题。

(2) Moldex 3D/eDesign

Moldex 3D/eDesign 简单快速三维模流分析软件，可有效验证产品设计的理想工具。通过三维与并行计算技术及人性化的工作流程，可帮助用户快速确认成型问题，提供更精准的分析结果，大幅降低设计周期。Moldex 3D/eDesign 具有以下模块：

①eDesign - Viscoelasticity 该模块整合黏弹性理论模型，提供塑料注射件流动残余应力的预测，大幅提高分析结果的可靠性。

②Parallel Computing 在业界率先支持并行计算，以求大量增进分析计算效能，在最短时间内完成复杂、内含大量网格元素的模型分析数据。此外，Moldex 3D/eDesign 并行计算技术可同时支持多 CPU 和丛集式计算。

③eDesign - RIM 该模块为针对热固性塑料的三维模拟工具，可进行反应射出成型分析。最具代表性的应用包含不饱和聚酯、聚氨酯、液态硅橡胶及环氧树脂的微芯片封装注射成型。

④eDesign - MCM 该模块基于三维技术，以精准的分析能力分析不同塑件的交互作用行为，进而优化产品设计。使用者可以对金属或塑料嵌件进行全面性流动、保压、冷却、翘曲分析。

⑤eDesign - Fiber 该模块可让使用者了解纤维取向，并可进一步控制纤维增强塑件的非均向收缩。

⑥eDesign - Warp 该模块为三维翘曲模拟分析工具，可详细剖析收缩与翘曲成因。

⑦eDesign - Cool 该模块为分析冷却的三维分析工具，可供使用者针对厚壁件、厚度差异大以及复杂几何塑件执行冷却模拟。

⑧eDesign - Flow 可完整模拟注射成型中热塑性材料的充填过程，借助三维技术正确分析塑料熔体的流动行为，进而优化塑件设计。

(3) Moldex 3D/Solid

Moldex 3D/Solid 以其实体三维模流分析技术，提供广泛且深入的分析验证及解决方案。基于实体混合网格和高性能有限体积网格算法，Moldex 3D/Solid 能让使用者优化产品设计并精准预测产品可制造性。Moldex 3D/Solid 产品包含 Solid - Flow、Solid - Pack、

Solid - Cool、Solid - Warp、Solid - Fiber、Solid - MCM 、Solid - RIM 、Solid - I2、Parallel Computing 、Viscoelasticity 、Solid - Optics、Solid - IC Package 等 12 个分析模块。

1.3.2 注射成型 CAE 分析软件 MoldStudio 3D

MoldStudio 3D 是日本 Plamedia 公司开发的一款注塑成型 CAE 软件。Plamedia 公司成立于 1988 年 12 月，是一家专业进行 CAE 软件开发和研究的公司，MoldStudio 3D 使用精确的数据模块来描述塑胶的变化状态，可以全面地分析整个注塑过程。它的专用网格处理程序是基于先进的 CG 技术和网格生成算法开发而成的。MoldStudio 3D 能够支持现有的 Shell 网格形式，同样也支持便于使用 CAD 三维模型的实体网格，以及具有极好计算性能的 Voxel 网格（或称砖形网格），可以支持 STEP/IGES/Parasolid/STL 等格式的 CAD 模型。

MoldStudio 3D 将分析模块区分为三个层次，分别为标准模块（Standard）、专业模块（Professional）和可选模块（Optional program），以下将对具体模块分类及内容进行介绍。

（1）标准模块（Standard）

①前处理和后处理模块（Proprietary pre - processor and post - processor）具有接纳各种几何模型的能力，配合独特的网格生成算法，可以生成最优的网格类型，包括薄壳网格、实体网格和砖形网格。

②流动分析模块（Flow analysis, FPAC）FPAC 模块可以预测注塑过程中从充填到脱模过程的熔体流动行为。它考虑了塑料特有的压缩性和结晶性等物理特性的变化情况。

（2）专业模块（Professional）

①冷却分析模块（Mold cooling analysis, COOL）COOL 模块可以计算成型过程中物料与冷却介质以及周围空气间的热传导，还可以预测型腔表面和模具中心的温度分布。COOL 模块的分析结果可以作为模具温度数据用于 FPAC 流动分析模块，以确保其结果的准确性。

②翘曲分析模块（Warp analysis, WARP）WARP 模块利用 FPAC 模块的分析数据，包括物料在冷却时间内的压力、温度变化和 product 几何外形的收缩率等，以预测塑料制品脱模后的收缩和翘曲变形结果。而且，该模块还可以预测成型过程中由于收缩变形产生了热应力。上述分析数据可同流动分析结果相结合，用于预测在光学制品中与透镜性能影响相关的双折射率等。

（3）可选模块（Optional program）

①新型热塑性注射成型分析模块 可以进行下列几种新型成型方式的流动分析模拟：注射 - 压缩成型（Injection compression molding, FPRS）、气体辅助注射成型（Gas assisted injection molding, FMLT）、多色注射成型（Multicolor injection molding, FMLT）、夹心注射（Sandwich molding, FCIN）。

②反应成型分析模块（Thermosetting reaction analysis, FFACTS） FFACTS 模块通过分析热固性塑料成型过程反应热伴随的黏度的增长来预测模具中物料的流动行为。

③纤维取向分析模块（Fiber orientation analysis, FIBR） FIBR 模块可计算充填阶段受热流现象影响的纤维增强取向过程，并预测与材料取向方向和取向率相关的物理特性如弹性模量、线性膨胀系数。