



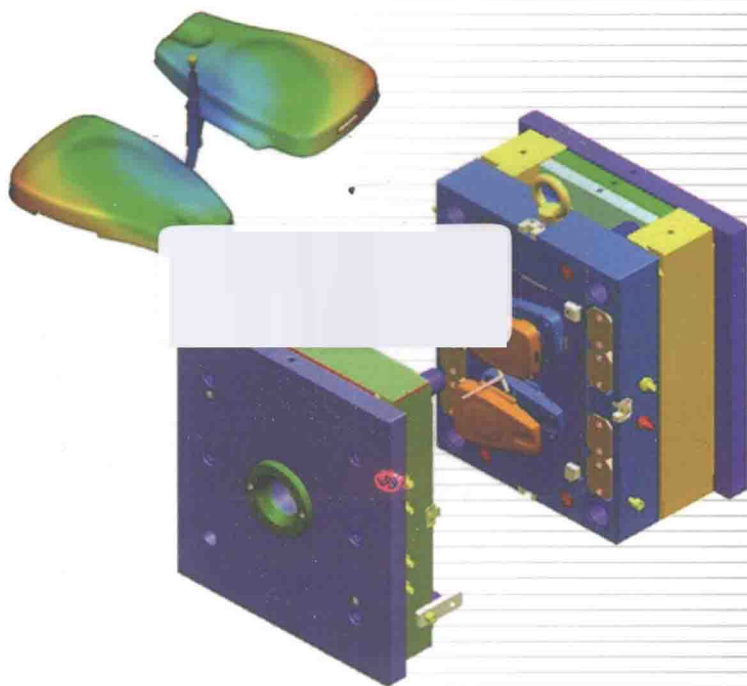
“十二五”职业教育国家规划教材
经全国职业教育教材审定委员会审定

MoldFlow

塑料模具分析及项目实践

主 编 郑道友 李玉庆 刘向阳
副主编 张国新 赵国华 王 岗

“产、学、用”联合开发
案例贯穿，体系完整
丰富的教学辅助工具和海量资源



浙大旭日科技提供教学资源



ZHEJIANG UNIVERSITY PRESS
浙江大学出版社



“十二五”职业教育国家规划教材
经全国职业教育教材审定委员会审定

MoldFlow 塑料模具分析 及项目实践

主 编 郑道友 李玉庆 刘向阳
副主编 张国新 赵国华 王 岗



ZHEJIANG UNIVERSITY PRESS
浙江大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

MoldFlow 塑料模具分析及项目实践 / 郑道友等主编.
—杭州: 浙江大学出版社, 2014. 8
ISBN 978-7-308-13590-0

I. ①M… II. ①郑… III. ①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 (2014) 第 167090 号

内容简介

本书以 Autodesk Moldflow Insight 2012 简体中文版作为蓝本, 有机地融合了 AMI 软件应用与模具设计的相关知识, 重点介绍了利用 Moldflow(AMI) 系统进行产品成型分析及设计方案优化的基本过程和方法。针对在实际设计和生产过程中最为常见的问题, 选择了 7 个实际的应用案例, 每个案例又各有侧重, 分别包括基本分析流程、浇口位置设计、流动平衡设计、熔接痕消除和工艺过程参数调整等几个方面。通过本书的学习, 读者应能掌握 MPI 的使用方法, 并能够对一般的设计方案进行分析验证。

针对教学的需要, 本书由浙大旭日科技配套提供全新的立体教学资源库(立体词典), 内容更丰富、形式更多样, 并可灵活、自由地组合和修改。同时, 还配套提供教学软件和自动组卷系统, 使教学效率显著提高。

本书是“十二五”职业教育国家规划教材, 适合用作高等职业院校塑料模具设计与分析等课程的教材, 还可作为各类技能培训的教材, 也可供工厂模具工程技术人员的培训自学教材。

MoldFlow 塑料模具分析及项目实践

主 编 郑道友 李玉庆 刘向阳
副主编 张国新 赵国华 王 岗

责任编辑 杜希武

封面设计 刘依群

出版发行 浙江大学出版社

(杭州市天目山路 148 号 邮政编码 310007)

(网址: <http://www.zjupress.com>)

排 版 杭州好友排版工作室

印 刷 富阳市育才印刷有限公司

开 本 787mm×1092mm 1/16

印 张 26

字 数 649 千

版 印 次 2014 年 8 月第 1 版 2014 年 8 月第 1 次印刷

书 号 ISBN 978-7-308-13590-0

定 价 48.00 元

版权所有 翻印必究 印装差错 负责调换

浙江大学出版社发行部联系方式: (0571) 88925591; <http://zjdxcsb.tmall.com>

《机械工程系列规划教材》

编审委员会

(以姓氏笔画为序)

丁友生	王卫兵	王丹萍
王志明	王敬艳	王翠芳
古立福	江财明	吴立军
杨大成	单 岩	周文学
林华钊	罗晓晔	苗 盈
赵学跃	翁卫洲	鲍华斌



前 言

近年来,模具行业发展迅猛,在制造业中的地位日益突出。针对模具设计和塑料成型的 CAE 软件可以协助设计人员及早发现模具和成型质量方面存在的问题,从而能够便捷地修改设计方案,有效地降低成本和缩短生产周期。欧特克公司研发的系列软件为注塑成型设计和生产提供了高效的解决方法。目前 Autodesk Moldflow Insight 已经成为塑料模具分析领域的领导者,在国内外拥有大批的用户。

本书以 Autodesk Moldflow Insight 2012 的简体中文版作为蓝本,讲解模流分析的要领。本书一共分为 10 章。第 1 章主要介绍 Moldflow 概况,第 2 章主要介绍 Moldflow 分析基础,第 3 章主要介绍 AMCD 前处理,第 4 章主要介绍夹子—基本分析流程,第 5 章主要分析手机面板—浇口位置设计,第 6 章主要分析鼠标组合型腔—流动平衡设计,第 7 章主要分析车门把手—熔接线消除计,第 8 章主要分析扫描器—工艺参数调整,第 9 章、10 章应用 AMI 对一个初步成型方案的评估,包括了模型前处理软件的应用。

本书具有以下三个特点:(1)**“产、学、用”联合开发**。通过高校(学)、模具生产企业(用)以及 Autodesk 金牌代理商新科益系统与咨询(上海)有限公司(产)合作开发,确保本教材不仅符合高职教育教学的特点,而且与行业的发展同步,与全球的发展同步。(2)**联系实际,重点突出**。本教材针对实际设计和生产过程中最常见的问题进行讲解,是实际生产中最为需要的部分。本书结合实际的应用案例,讲解如何使用 AMI 软件进行产品成型分析以及设计方案优化的基本过程和方法,着重介绍 AMI 分析结果的解读,对读者有很高的工程应用价值。(3)**案例贯穿,体系完整**。本教材所采用的工程案例,均与开发团队推出的其他模具设计相关教材采用统一案例。以一个或几个经典案例将模具设计全过程所涉及的各方面的知识进行统一梳理,使读者对模具设计的流程有一个完整的认识。通过一系列地学习,不仅学会软件的使用方法,更能将其融入模具的整体设计过程中,灵活自如的进行设计、查验和修改等工作。本教材使用的案例均为真实的工程案例,对读者的工程实践有很高的指导意义和参考价值。

此外,我们发现,无论是用于自学还是用于教学,现有教材所配套的教学资源库都远远无法满足用户的需求。主要表现在:(1)一般仅在随书光盘中附以少量的视频演示、练习素材、PPT 文档等,内容少且资源结构不完整。(2)难以灵活组合和修改,不能适应个性化的教学需求,灵活性和通用性较差。为此,我们提出了一种全新的教学资源。称为立体词典。所谓“立体”,是指资源结构的多样性和完整性,包括视频、电子教材、印刷教材、PPT、练习、试题库、教学辅助软件、自动组卷系统、教学计划等等。所谓“词典”,是指资源组织方式。即把一个个知识点、软件功能、实例等作为独立的教学单元,就像词典中的单词。并围绕教学单元制作、组织和管理教学资源,可灵活组合出各种个性化的教学套餐,从而适应各种不同的教学需求。实践证明,立体词典可大幅度提升教学效率和效果,是广大教师和学生的得力

助手。

本书是“十二五”职业教育国家规划教材,适合用作为高等职业院校的塑料模具设计与分析等课程的教材,还可作为各类技能培训的教材,也可供工厂模具工程技术人员的培训自学教材。

本书由郑道友(浙江工贸职业技术学院)、李玉庆(天津轻工职业技术学院)、刘向阳(北京电子科技职业学院)、张国新(无锡科技职业学院)、赵国华(太原铁路机械学校)、王岗(温岭职业技术学校)等编写,吴中林(杭州浙大旭日科技发展有限公司)负责校稿审阅。由于编者水平有限,书中缺陷与错误在所难免,敬请广大读者及专业人士提出宝贵意见与建议,以便今后不断加以完善。请通过以下方式与我们交流:

- 网站:<http://www.5lcax.com>
- E-mail:service@5lcax.com,book@5lcax.com
- 致电:0571-28811226,28852522

杭州浙大旭日科技发展有限公司为本书配套提供立体教学资源库、教学软件及相关协助,在此表示衷心的感谢。

最后,感谢浙江大学出版社为本书的出版所提供的机遇和帮助。



目 录

第 1 章 概 述	1
1.1 Moldflow 简介	1
1.2 Autodesk Moldflow Products 简介	1
1.2.1 Autodesk Moldflow Adviser	1
1.2.2 Autodesk Moldflow Insight	2
1.2.3 Autodesk Moldflow Communicator	3
1.3 知识准备	3
第 2 章 Moldflow 分析基础	5
2.1 注塑模 CAD/CAE/CAM 技术	5
2.1.1 注塑模 CAD/CAE/CAM 系统组成	5
2.1.2 注塑模 CAD/CAE/CAM 系统过程和方法	5
2.1.3 注塑模 CAD/CAE/CAM 的特点	8
2.2 有限元分析基础	9
2.2.1 有限元法的基本思想	9
2.2.2 有限元法的特点	10
2.3 注塑成型模拟技术	11
2.3.1 中面模型技术	11
2.3.2 表面模型技术	12
2.3.3 三维实体模型技术	14
2.4 聚合物的流变学基础	15
2.4.1 牛顿流体和非牛顿流体	15
2.4.2 聚合物流变学在注塑成型中的应用	16
2.4.3 注塑件的残余应力	16
2.4.4 注塑件的分子取向	17
2.5 注塑常用塑料及其主要性质	19
2.5.1 热塑性塑料	19
2.5.2 热固性塑料	25
2.6 注塑制品易出现的缺陷、原因和解决方法	26
2.6.1 欠注	26
2.6.2 溢料	29



2.6.3	凹陷及缩痕	30
2.6.4	气穴	31
2.6.5	熔接痕	32
2.6.6	翘曲及扭曲	33
2.6.7	波流痕	35
2.6.8	裂纹	36
2.6.9	银丝纹	37
2.7	小 结	38
第3章	AMCD 前处理	39
3.1	概 述	39
3.2	AMCD 软件操作	39
3.2.1	Translation(转换模块)	40
3.2.2	Simplification(简化模块)	56
3.3	装饰条修复与简化	57
3.3.1	模型导入	57
3.3.2	模型修复	58
3.3.3	模型简化	64
3.3.4	模型导出	67
3.4	小 结	68
第4章	Moldflow 基本分析流程案例——夹子	69
4.1	概 述	69
4.2	分析前处理	70
4.2.1	工程创建及模型导入	70
4.2.2	模型的网格划分	72
4.2.3	网格缺陷修改	74
4.2.4	分析类型及顺序的设置	86
4.2.5	产品注塑原料的选择	86
4.2.6	一模多腔的布局	88
4.2.7	浇注系统的建立	90
4.2.8	冷却系统的建立	100
4.2.9	工艺过程参数的设置	109
4.2.10	前处理完成	113
4.3	分析计算	113
4.4	结果分析及相关后处理	117
4.4.1	流动分析结果	117
4.4.2	冷却分析结果	122
4.4.3	翘曲分析结果	123



4.5 小 结	125
第5章 浇口位置设计案例——手机面板	126
5.1 概 述	126
5.2 最佳浇口位置分析	127
5.2.1 分析前处理	128
5.2.2 分析计算	137
5.2.3 结果分析	138
5.2.4 下一步任务	140
5.3 产品的初步成型分析	140
5.3.1 分析前处理	140
5.3.2 分析计算	145
5.3.3 结果分析	147
5.3.4 浇口位置变化后的对比	152
5.4 产品设计方案调整后的分析	155
5.4.1 分析前处理	156
5.4.2 分析计算	165
5.4.3 结果分析	167
5.5 小 结	172
第6章 流动平衡设计案例——鼠标组合型腔	173
6.1 概 述	173
6.2 上盖的浇口位置分析	175
6.2.1 分析前处理	175
6.2.2 分析计算	178
6.2.3 结果分析	179
6.3 下盖的浇口位置分析	181
6.3.1 分析前处理	181
6.3.2 结果分析	182
6.4 组合型腔的充填分析	183
6.4.1 分析前处理	184
6.4.2 分析计算	197
6.4.3 结果分析	198
6.4.4 组合型腔的充填分析小结	200
6.5 组合型腔的流道平衡分析	200
6.5.1 分析前处理	201
6.5.2 分析计算	205
6.5.3 结果分析	207
6.5.4 流道优化平衡分析小结	211

6.6 组合型腔优化后的流动分析	211
6.6.1 设计方案的调整及分析前处理	211
6.6.2 分析计算	214
6.6.3 结果分析	215
6.7 小 结	217
第 7 章 熔接线消除案例——车门把手	218
7.1 概 述	218
7.2 原始方案的填充分析	218
7.2.1 分析前处理	219
7.2.2 分析计算	232
7.2.3 结果分析	235
7.2.4 下一步任务	237
7.3 增加加热系统后的分析	237
7.3.1 分析前处理	237
7.3.2 分析计算	244
7.3.3 结果分析	246
7.3.4 分析小结	247
7.4 改变浇口形式后的分析	249
7.4.1 分析前处理	249
7.4.2 分析计算	260
7.4.3 结果分析	260
7.5 小 结	261
第 8 章 工艺参数调整案例——扫描器	262
8.1 概 述	262
8.2 产品初步成型分析	263
8.2.1 分析前处理	263
8.2.2 分析计算	272
8.2.3 结果分析	274
8.2.4 分析小结	279
8.3 调整注塑工艺参数后的成型分析	279
8.3.1 分析前处理	279
8.3.2 分析计算	282
8.3.3 结果分析	283
8.3.4 分析小结	287
8.4 分析后处理	287
8.4.1 计算结果后处理	288
8.4.2 分析报告的创建	294



8.5 小 结	298
第9章 综合案例:ZP1 产品分析(评估)	299
9.1 概 述	299
9.2 CAD Doctor 前处理	300
9.2.1 产品缺陷修复	300
9.2.2 产品简化	303
9.2.3 产品导出	304
9.3 网格操作	305
9.3.1 产品导入	305
9.3.2 网格划分	307
9.3.3 网格缺陷修改	310
9.4 分析前处理	314
9.4.1 建立浇注系统	314
9.4.2 型腔布局	321
9.4.3 建立冷却系统	324
9.4.4 设置分析序列	326
9.4.5 选择成型原料	326
9.4.6 工艺参数设置	327
9.5 分析计算	329
9.6 分析结果	331
9.6.1 流动分析结果	331
9.6.2 冷却分析结果	343
9.6.3 翘曲分析结果	347
9.7 小 结	350
第10章 综合案例:ZP2 产品分析(评估)	351
10.1 概 述	351
10.2 CAD Doctor 前处理	352
10.2.1 产品缺陷修复	352
10.2.2 产品简化	354
10.2.3 产品导出	356
10.3 网格操作	356
10.3.1 产品导入	357
10.3.2 网格划分	358
10.3.3 网格缺陷修改	361
10.4 分析前处理	364
10.4.1 建立浇注系统	365
10.4.2 型腔布局	372

10.4.3 建立冷却系统.....	375
10.4.4 设置分析序列.....	377
10.4.5 选择成型原料.....	377
10.4.6 工艺参数设置.....	379
10.5 分析计算.....	380
10.6 分析结果.....	382
10.6.1 流动分析结果.....	382
10.6.2 冷却分析结果.....	394
10.6.3 翘曲分析结果.....	398
10.7 小 结.....	400
配套教学资源与服务.....	401



第 1 章 概 述

1.1 Moldflow 简介

Moldflow 公司为一家专业从事塑料计算机辅助工程分析(CAE)的跨国性软件和咨询公司。自从 1978 年美国 Moldflow 公司发行了世界上第一套流动分析软件,几十年来以不断的技术改革和创新一直主导着 CAE 软件市场。Moldflow 以市场占有率 87% 及连续五年 17% 的增长率成为全球主流分析软件。公司有遍布全球 60 个国家超过 8000 家用户,在世界各地都有 Moldflow 的研发单位及分公司。Moldflow 拥有自己的材料测试检验工厂,为分析软件提供多达 8000 余种材料选择,极大提高了分析准确度。

Moldflow 公司自建立以来,通过自身的不懈努力以及与科研机构、企业客户在研究和产品开发方面的紧密合作,创造出了多个世界第一,进而确立了在模流分析软件中的领导地位。2000 年,Moldflow 公司在美国的 NASDAQ 成功上市;同年,Moldflow 公司合并了另一家世界知名的塑料成型分析软件公司——美国 AC-Tech(Advanced CAE Technology Inc.)公司及其产品 C-Mold。

2009 年,Autodesk 公司自收购 Moldflow 以来正式发布的第一个版本,即 Autodesk Moldflow Insight 2010,简称 AMI。

Moldflow 的产品用于优化制件和模具设计的整个过程,提供了一个整体解决方案。Moldflow 软硬件技术为制件设计、模具设计、注塑生产等整个过程提供了非常有价值的信息和建议。

1.2 Autodesk Moldflow Products 简介

Autodesk Moldflow Products 适用于优化产品和模具设计的整个过程,并且提供了一套整体的解决方案。Autodesk Moldflow Products 包括 Autodesk Moldflow Adviser、Autodesk Moldflow Insight 和 Autodesk Moldflow Communicator 三类。下面就对这三种产品进行介绍。

1.2.1 Autodesk Moldflow Adviser

Autodesk Moldflow Adviser 简称为 AMA,为注塑成型过程提供了一个低成本、高效率的解决方案。Autodesk Moldflow Adviser 具有以下特点:

- 可以从任意的常用 CAD 系统中(如 CATIA、UG、Pro/E)接受实体造型的 STL 格式文件,不需要任何修改。

- 无需划分有限单元网格,可直接进行注塑成型分析。

- 支持 OpenGL 技术,图形处理高效、快捷。

- 操作相对简单易学。

Autodesk Moldflow Adviser 包括 Moldflow Part Adviser(产品设计顾问)和 Moldflow Mold Adviser(模具设计顾问)两个产品。使用该系列产品可以在以下方面大大提高分析效率。

- Part Adviser 适用于制件设计者,塑件顾问使制件设计者在产品初始设计阶段就注意到产品的工艺性,并指出容易发生的问题。同时,制件设计者可以通过了解如何改变壁厚、制件形状、浇口位置 and 材料选择来提高制件的工艺性。塑件顾问还提供了关于熔接痕位置、困气、流动时间、压力和温度分布的准确信息。

- Mold Adviser 适用于模具设计者,模具顾问为注塑模采购者、设计者和制造者提供了一个准确易用的方法来优化他们的模具设计。它可以设计浇注系统并进行浇注系统平衡,可以计算注塑周期、锁模力和注射体积,可以建立单型腔系统或多型腔系统模具。和塑件顾问一样,它基于网络的分析报告使您可以与同事们快速地交流有关模具尺寸、流道尺寸和形式,以及浇口的设计等信息。

1.2.2 Autodesk Moldflow Insight

Autodesk Moldflow Insight,是 Autodesk 数位化原型制作解决方案的一环,提供可用于数位化原型的射出成型模拟工具。Autodesk Moldflow Insight 软件提供深入的塑胶零件验证与最佳化,以及其他相关联的射出模拟,有助于研究现今的射出成型程序。目前 Autodesk Moldflow Insight 为汽车、消费性电子、医学以及包装业等高端制造商所采用,有助于减少模具制造费用与实体原型,尽量减少模具修模试模方面的延迟,加速新产品尽快上市。Autodesk Moldflow Insight 具有以下特色:

- 塑胶流动模拟

Autodesk Moldflow Insight 可协助模拟射出成型过程中的充模与保压阶段,以利于预测熔胶的流动模式,提高制造品质。工程师可最佳化浇口位置、平衡流动系统、评估加工成型条件,以及预测并修正产品缺陷。模具制造商可模拟非均匀模具温度的影响、判断最佳化的阀门浇口时序控制,以及比较热流道系统与冷流道系统的流动。除了传统热塑性射出成型,也可选其他延伸模组模拟功能,其中包括气体辅助成型、射出成型机射出压缩成型。

- 即时最佳化

Autodesk Moldflow Insight 可引导设计师、模具制造商和工程师,逐步完成模拟设定与结果解读,显示壁厚、浇口位置、材料、几何图形、模具设计与加工成型条件的变更对制造成型性有何影响。几何图形支援范围包括薄壁零件及厚实产品应用,有助于在设计前先在假设情景下进行开发周期评估,可提高产品品质。

- 专业模拟工具

Autodesk Moldflow Insight 有多种塑胶射出成型方式,可帮助设计者解决制造问题,其中包括专业化的成型条件设定程序与分析检测功能。此软件有助于使用者模拟常见的成



型技术问题,更有助于模拟需要专门的独特成型方式技术与分析结果报告,以符合实际的设计要求。

- 庞大的塑料资料库

Autodesk Moldflow Insight 具有全球最大的塑胶材料资料库。有 8000 多种商业级塑料以及最新、最精确的材料资料,让设计团队能够轻松评估不同材料的影响,对模拟结果更有信心,并能更准确预测可能影响塑料制品效能的因素。另外,还有能源指示器与塑胶分类标志,可帮助设计师进一步降低制造能源需要,并选择有助于永续性方案的材料。

- 深入模拟

Autodesk Moldflow Insight 的深入模拟功能可协助工程师深入分析处理最棘手的制造问题。Autodesk Moldflow Insight 让使用者对模拟结果更有信心,对于复杂的几何图形,工程师在建立模具前可先预测并避免潜在的制造问题,进而大量减少成本溢出,避免昂贵的生产延迟,并加速产品上市。

- 自定义的结果与报告

Autodesk Moldflow Insight 可完整控制模拟参数及可广泛自订分析结果,协助工程团队将数位化原型联结至实际加工条件,进而提高精确度,以及判断潜在问题的原因,进而针对这些问题采取修正行动。模拟完成后,即可用自动报告产生工具,以常见的格式让有价值的模拟资料能够与设计团队共用,进而促进协同合作并精简开发过程。

1.2.3 Autodesk Moldflow Communicator

Autodesk Moldflow Communicator 使得分布式的产品开发小组能够浏览、确定并比较 AMI 分析成果。与静态的 3D 浏览器不同的是,Autodesk Moldflow Communicator 使得使用者可以了解分析结果背后的设想,这对作出关键的设计决定异常重要。

Autodesk Moldflow Communicator 使得 AMI 使用者可以更轻松地将设计最佳化过程中获得的知识传递给产品开发小组的所有成员。更多的小组成员可以用 3D 浏览器成果,以便更好地理解设计上的改进。Autodesk Moldflow Communicator 的一个最重要的优点就是能够识别分析结果后面的设想,这就能够帮助小组成员作出决定,以减少产品开发时间,提高零件品质,并且加快产品到达市场的速度。

1.3 知识准备

应用 Autodesk Moldflow Insight 进行塑料制品的注塑成型分析是一项比较复杂、对使用者素质要求相对较高的技术。它要求软件的使用者首先要具备一定的理论背景知识和实际的工程经验,其中主要包括:

- CAD/CAE/CAM 的基础知识。
- 具有一定的有限元分析理论功底。
- 聚物流变学基础。
- 具有相当的模具设计和塑料产品生产的实际工程经验。
- 常用 CAD 软件的基本操作和三维造型能力。

- 一定的英语阅读水平。
- 计算机的基本操作技能。

虽然以上的各项基本技能并非绝对要求满足,但是如果在某方面有欠缺,就需要读者通过自身的学习和一定的培训来弥补,从而更好地掌握 AMI 的使用,并且能够深入下去。

为了使读者更好地阅读本书,本书将在第 2 章中介绍一些基础的理论背景和一定的工程方面的经验,希望读者能够掌握一些最为基础并且必不可少的知识。

第 2 章 Moldflow 分析基础

2.1 注塑模 CAD/CAE/CAM 技术

注塑模具是塑料成型加工的重要装备,随着近年来计算机技术的蓬勃发展及其向各个领域的不断渗透,目前国内绝大多数的现代化模具及塑料生产企业都非常重视计算机辅助技术的应用,并基本取代了传统的设计生产方式。利用现代的设计理论方法,同时结合先进的计算机辅助技术来进行注塑模的设计和改进,能够大幅度提高产品质量,缩短开发周期,降低生产成本,从而提升企业的核心竞争能力。

2.1.1 注塑模 CAD/CAE/CAM 系统组成

目前,市场上的 CAD/CAE/CAM 软件、硬件设备种类和品牌繁多,而且现在还没有出现一套专业的、集成化的注塑模 CAD/CAE/CAM 系统。因此,绝大多数企业所使用的 CAD/CAE/CAM 系统,是企业根据自身的技術特点、资金情况,从市场上采购合适的 CAD/CAM 通用机械软件和专业的注塑模 CAE 分析软件配套集合而成的。

一套基本的注塑模 CAD/CAE/CAM 系统一般是由一定数量和种类的硬件系统和相应的软件系统组成的,如图 2-1 所示。

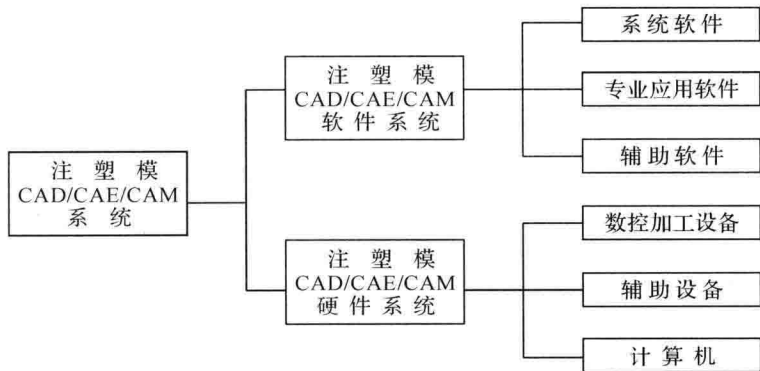


图 2-1 注塑模 CAD/CAE/CAM 系统基本组成

2.1.2 注塑模 CAD/CAE/CAM 系统过程和方法

注塑模 CAD/CAE/CAM 系统是一个有机的整体,整套系统与企业的人才、技术相结