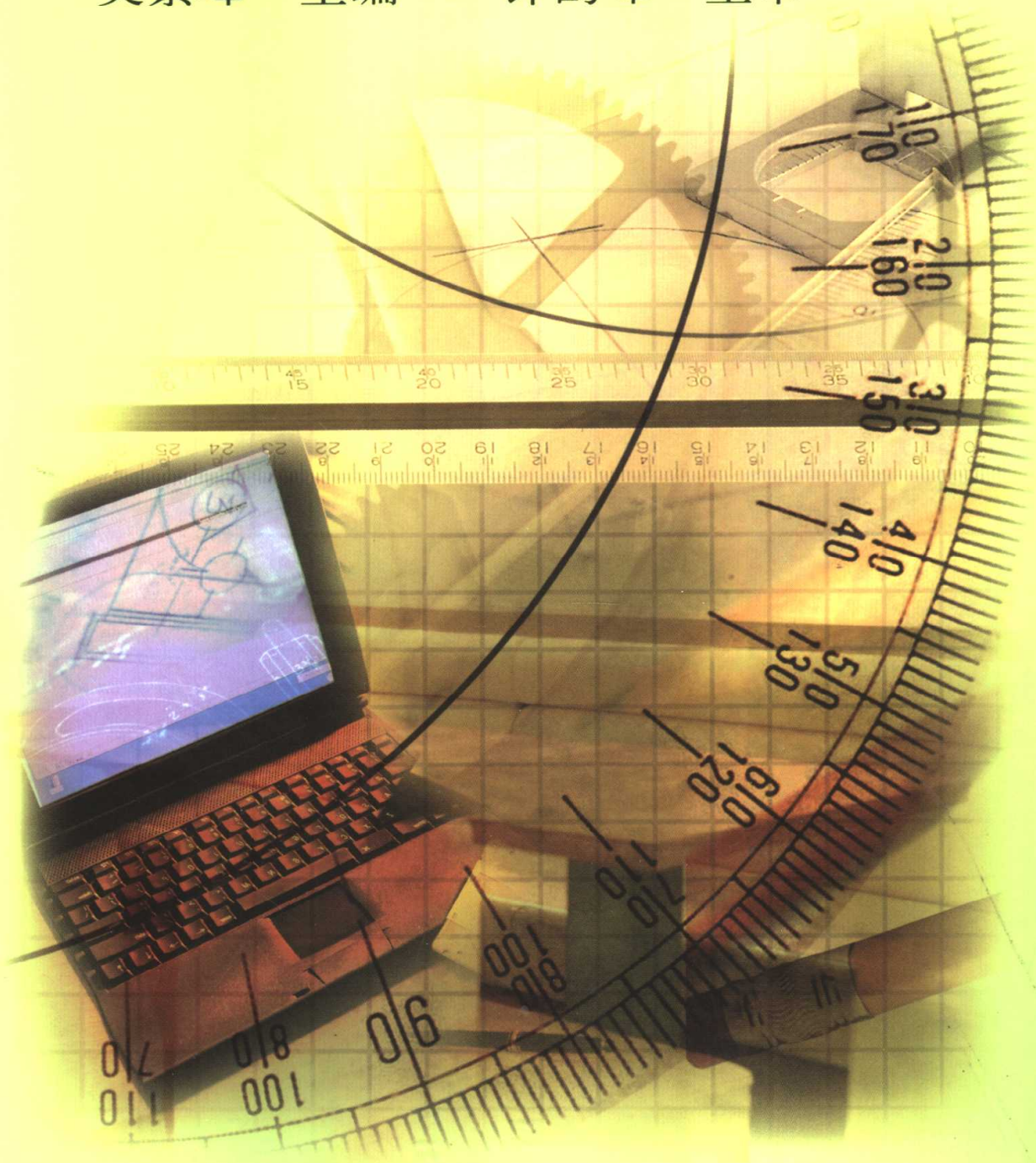


高等学校专业教材

模具CAD/CAE/CAM教程

吴崇峰 主编

许鹤峰 主审



中国轻工业出版社

高等学校专业教材

模具 CAD/CAE/CAM 教程

吴崇峰 主编

许鹤峰 主审

图书在版编目 (CIP) 数据

模具 CAD/CAE/CAM 教程/吴崇峰主编. —北京: 中国轻工业出版社, 2002. 3
高等学校专业教材
ISBN 7-5019-3566-1

I. 模… II. 吴… III. ①模具-计算机辅助设计-高等学校-教材②模具-计算机辅助制造-高等学校-教材 IV. TG76

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2001) 第 086006 号

责任编辑: 王 淳

策划编辑: 王 淳 责任终审: 滕炎福 封面设计: 张 颖

版式设计: 丁 夕 责任校对: 燕 杰 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)

网 址: <http://www.chlip.com.cn>

联系电话: 010—65241695

印 刷: 中国人民警官大学印刷厂

经 销: 各地新华书店

版 次: 2002 年 3 月第 1 版 2002 年 3 月第 1 次印刷

开 本: 787×1092 1/16 印张: 27.5

字 数: 660 千字 印数: 1—3000

书 号: ISBN 7-5019-3566-1/TQ·261

定 价: 45.00 元

· 如发现图书残缺请直接与我社发行部联系调换 ·

前 言

模具工业是国民经济的基础产业，是“百业之母”，是永不衰亡的行业，模具工业的发展水平标志着一个国家工业水平及产品开发能力。模具 CAD/CAE/CAM 技术是改造传统模具生产方式的关键技术，是一项高科技、高效益的系统工程。该技术能显著缩短模具设计与制造周期，降低生产成本，提高产品质量。

本教材根据全国高校高分子材料与工程专业教材委员会的要求，在编写《塑料注射模具计算机辅助设计》教材的基础上进行拓宽而成。

本书适用于高等院校模具专业（材料成型专业）及相关专业（如高分子材料工程专业）的本科生及研究生的专业课教程。根据专业与学生层次的不同，教师对授课内容与学时可做必要的调整与取舍。本书除作为教科书外，也可供有关专业师生及从事模具生产企业及科研院所的工程技术人员参考。

本书由天津轻工业学院吴崇峰教授任主编并统稿，北航海尔软件有限公司许鹤峰教授级高级工程师任主审。

各章分工如下：第 1、7 章由天津轻工业学院吴崇峰编写，第 2 章由天津轻工业学院高雨茁编写，第 3 章由天津轻工业学院吴崇峰、潘叶青编写，第 4、6 章由华北理工大学贾润礼编写，第 5 章由北航海尔软件有限公司许鹤峰、涂侯杰编写。

北京航空航天大学雷毅教授（博士生导师）对编写工作给予了大力支持与指导。天津乐金（LG）大沽化学有限公司吴妍、王权工程师、天津轻工业学院刘敏江教授、贾毅副教授、方沂副教授、四川大学唐志玉教授、申开智教授、郑州大学申长雨教授、华中理工大学李德群教授、中国非金属制品模具协会周俊全秘书长、黄无忌高级工程师及有关兄弟单位、院校领导和教师们对此书的出版给予了大量的帮助与支持，在此一并致以衷心的感谢！

由于编者水平及时间所限，难免有不足和错误之处，我们诚恳希望使用本书的读者及同行不吝指教，以便再版时修正。

作 者
2001 年 3 月

目 录

第 1 章 绪论	(1)
1.1 CAD/CAE/CAM 的基本概念	(1)
1.2 CAD/CAE/CAM 在模具工业中的应用现状与发展趋势	(2)
1.2.1 CAD/CAE/CAM 在模具工业中应用现状	(2)
1.2.2 CAD/CAE/CAM 技术的发展趋势	(3)
1.3 CAD/CAE/CAM 系统的构成	(6)
思考题	(6)
第 2 章 计算机辅助绘图系统	(7)
2.1 计算机辅助绘图系统	(7)
2.1.1 硬件	(8)
2.1.2 软件系统	(10)
2.2 计算机辅助图形处理技术	(14)
2.2.1 计算机辅助图形处理技术的数学基础	(14)
2.2.2 窗口视图与图形裁剪	(20)
2.2.3 图形变换	(29)
2.2.4 投影变换	(40)
2.2.5 真实感图形绘制和透视图中的消隐处理	(58)
2.3 绘图程序	(61)
2.3.1 绘图语言程序设计	(62)
2.3.2 图形模式下文本处理	(65)
2.3.3 常用画图函数	(66)
2.3.4 CAD 软件的开发	(70)
2.4 CAXA 电子图板软件介绍	(83)
2.4.1 CAXA 电子图板概述	(83)
2.4.2 绘图常用命令	(84)
2.4.3 编辑常用命令	(87)
2.4.4 其它	(90)
2.4.5 Visual C++ 对 CAXA 电子图板的开发	(92)
思考题	(96)
第 3 章 模具 CAD 系统	(97)
3.1 模具 CAD 简介	(97)
3.2 模具 CAD 系统的特点	(98)
3.3 模具造型技术及应用	(99)
3.3.1 线框造型技术	(101)

3.3.2	曲面造型技术	(102)
3.3.3	实体造型技术	(123)
3.3.4	特征造型技术	(139)
3.4	产品模型设计与制造	(150)
3.4.1	从实物模型到 CAD 模型	(150)
3.4.2	从 CAD 模型到实物模型	(152)
3.5	产品模型的建立方法	(154)
3.5.1	初始形状的生成	(154)
3.5.2	利用高级形状运算符生成模型	(156)
3.5.3	利用低级形状运算符生成模型	(156)
3.6	模具 CAD 的几种形式	(158)
3.6.1	在高级程序设计平台上运用多种开发工具进行自主知识产权的模具 CAD 系统开发	(158)
3.6.2	在已有的通用 CAD 系统软件下, 进行模具 CAD 系统的二次开发	(159)
3.7	注塑模 CAD	(162)
3.7.1	注塑模总体设计	(162)
3.7.2	成型零部件设计	(166)
3.7.3	浇注系统设计	(171)
3.7.4	冷却系统设计	(176)
3.7.5	加热系统设计	(194)
3.7.6	数据库应用技术	(198)
3.8	冲裁模 CAD	(210)
3.8.1	冲裁模 CAD 技术概述	(210)
3.8.2	冲裁零件的图形输入	(213)
3.8.3	工艺可行性判断	(222)
3.8.4	优化排样设计	(225)
3.8.5	凸、凹模刃口尺寸的计算	(231)
3.8.6	冲裁模结构 CAD 系统设计	(235)
	思考题	(238)
第 4 章	模具 CAE 系统	(239)
4.1	分析前处理技术简介	(240)
4.1.1	前处理的主要内容	(240)
4.1.2	数据与图形的输入	(240)
4.1.3	有限元分析前处理	(240)
4.1.4	有限差分法模型	(243)
4.1.5	边界元法前处理	(243)
4.1.6	优化建模	(244)
4.2	热塑性塑料注塑模 CAE 系统	(245)
4.2.1	注塑模 CAE 技术的应用	(245)
4.2.2	注塑模流动分析	(245)

4.2.3	保压分析	(251)
4.2.4	冷却分析	(252)
4.2.5	收缩、翘曲与内应力分析系统	(256)
4.2.6	翘曲分析	(257)
4.2.7	C-MOLD 系统	(261)
4.3	热固性材料成型过程及模具 CAE 系统	(266)
4.3.1	热固性塑料与橡胶注射模 CAE 系统	(266)
4.3.2	树脂基复合材料传递成型与结构反应注射成型 CAE	(266)
4.3.3	轮胎硫化 CAE	(269)
4.4	塑料挤出机头 CAE 系统	(273)
4.4.1	挤出过程流动模拟	(273)
4.4.2	平缝机头 CAE	(278)
4.4.3	螺旋芯棒机头 CAE	(279)
4.4.4	共挤出机头 CAE	(279)
4.4.5	异型材挤出模 CAE	(279)
4.4.6	离模膨胀的流线有限元法模拟	(279)
4.5	中空吹塑成型 CAE 系统	(281)
4.6	锻模 CAE 系统	(282)
4.6.1	预锻型槽的设计	(283)
4.6.2	轴对称类锻件锻模 CAE	(283)
4.6.3	长轴类锻件锻模 CAE	(285)
4.7	冲模 CAE 系统	(289)
4.7.1	冲模 CAE 系统构成与功能	(289)
4.7.2	冲压工艺 CAE	(290)
4.7.3	冲裁工艺 CAE	(293)
4.7.4	实例	(296)
4.8	挤压模 CAE 系统	(297)
4.9	压铸模 CAE 系统	(299)
4.10	其他	(300)
	思考题	(300)
第 5 章	模具 CAM 系统	(301)
5.1	概述	(301)
5.2	数控技术简介	(301)
5.2.1	数控机床	(301)
5.2.2	数控加工	(302)
5.2.3	数控编程系统	(302)
5.2.4	CAD/CAM 系统	(303)
5.3	利用 CAM 系统进行自动编程的基本步骤	(303)
5.3.1	加工工艺确定	(304)

5.3.2	加工模型建立	(304)
5.3.3	刀具轨迹生成	(304)
5.3.4	后置代码生成	(304)
5.3.5	加工代码输出	(304)
5.4	数控编程的一些基本概念	(305)
5.4.1	两轴加工	(305)
5.4.2	两轴半加工	(305)
5.4.3	三轴和多轴加工	(305)
5.4.4	轮廓	(305)
5.4.5	区域和岛	(306)
5.4.6	机床参数	(306)
5.4.7	安全高度和起止高度	(307)
5.4.8	慢速下刀高度	(307)
5.4.9	刀具参数	(307)
5.4.10	刀具轨迹和刀位点	(307)
5.4.11	加工余量	(308)
5.4.12	加工误差与步长	(308)
5.4.13	行距和残留高度及刀次	(309)
5.4.14	顺铣和逆铣	(309)
5.4.15	干涉	(309)
5.4.16	限制线	(310)
5.4.17	限制面	(310)
5.5	刀具轨迹生成加工方法	(311)
5.5.1	两轴(半)加工	(313)
5.5.2	粗加工	(319)
5.5.3	三轴加工	(322)
5.6	后置处理	(335)
5.6.1	机床配置	(335)
5.6.2	后置设置	(340)
5.6.3	后置生成	(343)
5.6.4	校核 G 代码	(343)
	思考题	(344)
第 6 章	模具 CAD/CAE/CAM 集成系统	(345)
6.1	集成系统概述	(345)
6.2	数据结构与数据库	(346)
6.2.1	数据结构	(346)
6.2.2	数据库	(352)
6.2.3	集成系统数据库	(357)
6.3	数据流	(360)

6.4 数据管理	(362)
6.4.1 数据程序化	(362)
6.4.2 数据文件	(362)
思考题	(363)
第7章 软件开发与编程语言	(364)
7.1 软件开发	(364)
7.1.1 概述	(364)
7.1.2 需求分析	(365)
7.1.3 总体设计	(366)
7.1.4 详细设计	(370)
7.1.5 程序编写	(373)
7.1.6 程序测试	(376)
7.1.7 文档编写	(386)
7.2 模具软件编程语言的应用	(391)
7.2.1 编程语言简介	(391)
7.2.2 软件的二次开发及实例	(393)
思考题	(425)
参考文献	(426)

第 1 章 绪 论

1.1 CAD/CAE/CAM 的基本概念

CAD (Computer Aided Design)、CAE (Computer Aided Engineering) 与 CAM (Computer Aided Manufacturing) 简称为 3C。这是当代计算机应用的一个很重要领域, 是一种新兴的综合性计算机应用技术。它是以计算机作为主要技术手段, 处理各种数字信息与图形信息, 辅助完成产品设计、分析模拟、评价与制造中的各项活动。

CAD (计算机辅助设计) 是指技术人员利用计算机的高速计算能力和模拟显示图形的能力, 用各自的专业知识对产品进行绘图、分析计算和编写技术文件等设计活动的总称。设计是分析与综合相结合的过程, 人可以进行创造性的思维活动, 经验运用, 将设计方法经过综合、分析, 转换成计算机可以处理的数学模型和解析这些模型的程序。在程序运行过程中, 人可以判断评价设计结果, 控制设计过程; 计算机则可以发挥其分析计算和存储信息的能力, 完成参数查询、信息管理、绘图、分析模拟、优化设计和其他数值分析任务。CAD 是人和计算机相结合、各尽所长, 有利于获得最优设计结果, 缩短设计周期的新型设计方法。

CAE (计算机辅助工程) 的概念很广, 可以包括工程和制造业信息化的所有方面, 但传统的 CAE 主要指用计算机对工程和产品进行性能与安全可靠性的分析, 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。

工程和制造企业的生命力在于工程和产品创新, 而实现创新的关键, 除了设计思想和概念之外, 最主要的技术保障, 就是采用先进可靠的 CAE 软件。

CAE 软件是迅速发展中的计算力学、计算数学、相关的工程科学、工程管理学与现代计算技术相结合, 而形成的一种综合性、知识密集型信息产品。CAE 软件可以分专用和通用两类: 针对特定类型的工程或产品所开发的用于产品性能分析、预测和优化的软件, 称之为专用 CAE 软件; 可以对多种类型的工程和产品的物理、力学性能进行分析、模拟、预测、评价和优化, 以实现产品技术创新的软件, 称之为通用 CAE 软件。

在 CAD 过程中, 使用 CAE 软件对所创新的设计方案快速实施性能与可靠性分析, 并进行虚拟运行模拟, 即仿真的过程, 及早发现设计缺陷, 实现优化设计。这里主要指工程分析, 往往采用有限元法、边界元法对产品进行载荷分析、应力分析、温度场分析。最常用的分析是利用有限元方法分析产品或结构的应力、应变及其他结构特征等。这样在实现创新的同时, 提高设计质量、降低研究开发成本, 缩短研究开发周期。现行 CAE 软件的基本结构如图 1-1 所示。

CAM (计算机辅助制造) 是利用计算机对制造过程进行设计、管理和控制。一般说来, 计算机辅助制造包括工艺过程设计、数控编程和机器人编程等内容。其系统一般具有数据

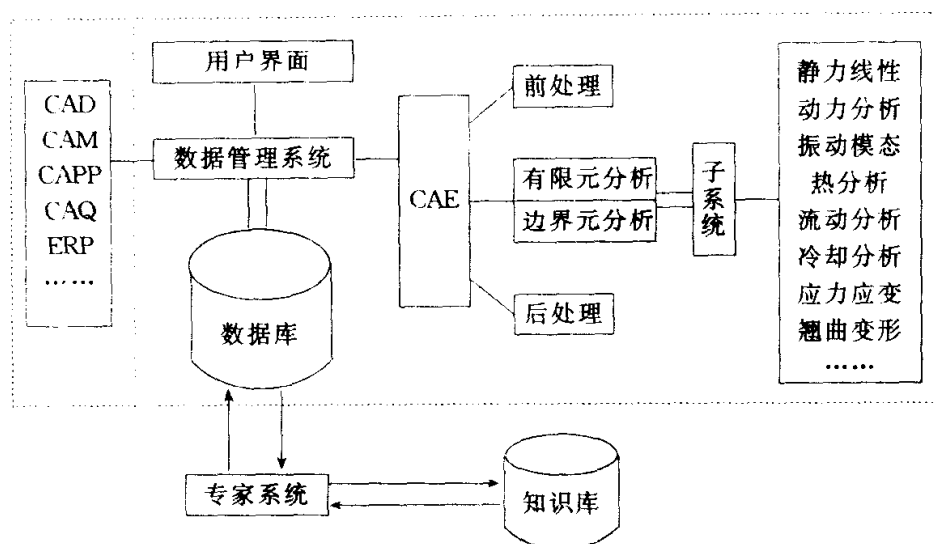


图 1-1 CAE 软件结构

转换和过程自动化两方面的功能，工艺过程主要是确定零件的加工方法、加工顺序、时间安排、所使用的设备、工具的设计与生产以及材料处理等。现在，计算机辅助工艺规程编制 CAPP (Computer Aided Process Planning) 已形成了一门独立的技术分支。当采用 NC (Numerical Control 数控) 机床加工零件时，需要编制 NC 机床的控制程序。计算机辅助编制 NC 程序，不但效率高，而且错误率很低。在自动化的生产线上，采用机器人完成装配和传送等项任务。利用计算机也可实现机器人编程，但此书不涉及该问题。

1.2 CAD/CAE/CAM 在模具工业中的应用现状与发展趋势

模具工业是国民经济的基础产业，模具工业的发展水平标志着一个国家工业水平及产品开发能力。模具 CAD/CAE/CAM 技术是改造传统模具生产方式的关键技术，是一项高科技、高效益的系统工程。它以计算机软件的形式，为用户提供一种有效的辅助工具，使工程技术人员能借助于计算机对产品、模具结构、成型工艺、数控加工及成本等进行设计和优化。模具 CAD/CAE/CAM 技术能显著缩短模具设计与制造周期，降低生产成本，提高产品质量，已成为人们的共识。

1.2.1 CAD/CAE/CAM 在模具工业中应用现状

在过去的二十年中，我国模具工业得到了长足的进步，模具 CAD/CAE/CAM 技术的成功应用为我国模具工业的发展起到了重要的推动作用。模具 CAD/CAE/CAM 技术成为 CAD/CAE/CAM 技术发展中最具活力、创造效益最高的应用领域。同时模具工业也是 CAD/CAE/CAM 技术最普及、应用最成熟的行业之一。

模具行业涉及了汽车工业、航天航空、军工企业、家用电器工业、包装工业、日用五金等几乎全部的工业门类。按不同的工艺类型与成型材料分为注压模具、压铸模具、冲压模具、铸造模具、压印模具、塑料模具、橡胶模具、玻璃模具、陶瓷模具等。模具工业有共性，每个不同品种的模具对 CAD/CAE/CAM 技术又有特殊的要求，分析共性及特性，是企业在模具 CAD/CAE/CAM 选型中必须考虑的主要问题之一。从严格的意义上讲，模具 CAD/CAE/CAM 是集成模具设计应用经验而成的专业 CAD/CAE/CAM 系统。

我国近几年已有一大批模具企业推广应用计算机技术,特别是以生产家用电器的企业为代表,陆续引进了相当数量的 CAD/CAE/CAM 系统。如美国 EDS 公司的 UG;美国 Parametric Technology 公司的 Pro/Engineer;美国 CV 公司 CADDs;英国 Deltacam 公司的 DOCT;日本 HZS 公司的 GRADE;以色列的 Cimatron;以及美国 AC-Tech 公司的 C-Mold;澳大利亚 Moldflow 公司 MF 等软件,用于注塑模具的设计、制造与分析;法国 Matra-Datavision 公司用于汽车及覆盖件模具的 Euclid-IS 等专用软件;德国的 MAGMA SOFT 用于压铸模的专用软件。这些系统与软件的引进,在我国模具行业中,从模具图的生成到模具加工的自动编程,并能运用 CAE 技术对成型过程进行计算机模拟等,实现了 CAD/CAE/CAM 的集成,促进与推动了我国模具行业的发展。此外,我国自 20 世纪 80 年代末,就有一些大专院校与研究单位开始这方面的研究,并承担国家的攻关项目,如北京航空航天大学,华中理工大学,成都科技大学,郑州大学(原郑州工学院),天津轻工业学院与轻工塑料科学研究所等。其中自主开发的 CAD/CAE/CAM 系统,主要有北航海尔软件有限公司的 CAXA 系统;华中理工大学的注塑模 HSC 系统;上海交通大学模具研究所冷冲模 CAD 系统等。这些在微型机上应用的软件,能适应我国国内模具行业的具体情况,为进一步普及模具 CAD/CAE/CAM 技术创造良好的条件。

1.2.2 CAD/CAE/CAM 技术的发展趋势

现代模具技术的发展,在很大程度上依赖于模具标准化程度、优质模具材料的研究、先进的设计与制造技术、专用的机床设备及生产技术管理等。其中 CAD/CAE/CAM 技术在模具生产中的应用,无疑占有很重要的地位。它被认为是现代模具技术的核心和重要的发展方向。

21 世纪模具制造行业的基本特征是高度集成化、智能化、柔性化和网络化。追求的目标是提高产品质量及生产效率,缩短设计及制造周期,降低生产成本,最大限度地提高模具制造业的应变能力,满足用户需求。

(1) 集成(一体)化 设计(包括分析)、制造和工程管理具有密切的关系。在 CAD/CAE/CAM 的基础上,人们正在致力于建立集成生产系统(Computer Integrated Manufacturing System——CIMS),即使设计与制造过程成为一个完整的信息流通过程。CIMS 是一种基于 CIM 哲理构成的计算机化、信息化、智能化、集成化的制造系统。现代模具设计制造不仅应强调信息的集成,更应该强调技术、人和管理的集成。在开发模具制造系统时强调“多集成”的概念,即信息集成、智能集成、串并行工作机制集成及人员集成,这更适合未来制造系统的需求。集成生产系统对产品的设计、加工,直到最后装配和检验的全过程实行计算机控制。这种生产过程是一个包含物质流和信息流完整过程,其前景是无人化加工。未来的用户将不再需要单一的 CAD、CAE、CAM 等产品,而需要具有专业特色的、集成化的套装支持系统。同时属地化(即国外软件中国化,采用中文用户界面,增加中国的标准规范,并符合中国用户的习惯)套装软件应成为我国模具企业的需求。

(2) 网络化 微型计算机 CAD/CAE/CAM 系统发展的一条主要途径是实现网络化。即包括硬件与软件的集成,使独立的计算机按照网络协议,包括各种通讯协议及制造自动化协议,信息通讯接口,系统操作控制策略等进行通信,实现资源共享。是实现各种制造系统自动化的基础。由于微型机的价格低廉,功能较强,可以将多台以微型机为中心的智

能工作站连成分布式 CAD/CAE/CAM 系统。网络型 32 位工作站系统已受到用户的欢迎。分布式的 CAD/CAE/CAM 系统结构灵活, 功能强。每个工作站可单独使用, 也可联合使用。整个网络和大型、巨型计算机相连, 可以解决更复杂的问题。能使用户实现多专业、异地、协同、综合全面地设计与分析, 实施工程与产品创新。由多个人、多个企业在多台计算机上协同完成越来越大的项目, 可针对某一特定产品, 将分散在不同地区的现有智力资源和生产设备资源迅速组合, 建立动态联盟的制造体系, 以适应全球化制造的发展趋势。目前已出现了通过因特网实现跨国界模具设计的成功例子。网络技术的应用为我国模具企业实现敏捷制造和动态联盟奠定了技术基础。一个完全信息化的、充满着虚拟色彩, 而又实实在在的新时代即将到来。

(3) 智能化 应用人工智能技术实现产品生命周期各个环节的智能化; 实现生产过程各个环节的智能化, 以及模具设备的智能化, 也要实现人与系统的融合及人在其中智能的充分发挥。全盘自动化的设计固然理想, 但在今天还只能是一个追求的目标, 近期内难以实现。人工智能技术是通向设计自动化的重要途径。近年来, 人工智能在 CAD/CAE/CAM 中的应用主要集中在知识工程的引入, 发展专家系统。专家系统的发展可扩大 CAD/CAE/CAM 的功能, 有利于创造更高级的系统。专家系统具有逻辑推理和决策判断能力。它将许多事实和有关专业范围内的经验、准则结合在一起。应用这些事实和启发准则, 根据设计的目标不断缩小搜索的范围, 使问题得到解决。专家系统是当前研究相当活跃的一个课题, 具有巨大潜在意义的发展方向, 它可以在更高的创造性思维活动层次上, 给予设计人员有效的辅助。智能化和集成化两者之间存在密切联系。为了能自动生成制造过程所需的信息, 必须理解设计者的意图和构思。从这意义上讲, 为实现系统集成, 智能化是不可缺少的研究方向。

(4) 最优化 产品设计和工艺过程设计的最优化始终是人们追求的目标, 如采用传统的方法设计制造模具, 其可靠性较差。目前大多数模具 CAD/CAE/CAM 系统中使用的设计方法和手工设计的方法基本相同, 系统采用交互式方式运行, 遇到一些复杂的问题时, 由设计人员加以选择和判断。因此, 模具的可靠性仍然存在问题, 难以保证一次成功。

譬如发展塑料制品成型过程的计算机模拟技术是解决模具可靠性问题的重要途径, 利用有限元和边界元等方法分析塑件成型过程及模拟材料的流动, 从而可以检验设计的模具是否可以制造出合乎质量要求的产品。用计算机模拟技术检验设计结果, 排除不可行方案, 有助于获得较佳的设计, 提高模具的可靠性。只有当完全能够模拟塑料制品成型过程的时候, 模具 CAD/CAE/CAM 的优越性才能得到完全的发挥, 产品的设计与质量才能得到最优化。

(5) 并行工程技术 并行工程 (Concurrent Engineering) 是随着计算机技术发展提出的一种新哲理、新的系统工程方法。这种方法的思路, 就是并行的、集成的设计产品及其开发的过程。它要求产品开发人员在设计的阶段就考虑产品整个生命周期的所有要求, 包括质量、成本、进度、用户要求等。以便最大限度地提高产品开发效率及一次成功率。并行工程的关键是用并行设计方法代替串行设计方法。可见在顺序法中信息流向是单向的, 而在并行法中, 信息流向则是双向的。

在 CAD/CAE/CAM 系统中开发并行工程需研究的是:

①研究特征与混合建模技术, 发展新的设计理论和方法;

②开展制造仿真软件及虚拟制造技术的研究,提供支持并行工程运行的工具和条件;

③探索新的工艺过程设计方法,适应可制造性设计 DFM (Design Feasible for Manufacturing) 的要求;

④借助网络及统一 DBMS (Data Base Management System) 技术,建立并行工程中数据共享的环境;

⑤提供多学科开发组织的协同工作环境,充分发挥人在并行工程中的作用。

(6) 多学科多功能综合产品设计技术 未来产品的开发设计不仅用到机械科学的理论与知识,还用到电磁学、光学、控制理论等,甚至要考虑到经济、心理、环境、卫生及社会等各方面的因素。产品的开发要进行多目标全性能的优化设计,以追求模具产品动静态特性、效率、精度、使用寿命、可靠性、制造成本与制造周期的最佳组合。此外,计算机辅助材料设计将会渗入到该领域,形成从材料性能的预测、仿真,到整个产品性能的预测、仿真,集计算机辅助材料设计制备,到工程或产品的设计、仿真与优化于一体的新一代技术。

(7) 虚拟现实与多媒体技术 虚拟现实 VR (Virtual Reality) 是人造的计算机环境,人处在这种环境中身临其境的感觉,并强调人的介入与操作。VR 技术在 21 世纪整个制造中都将有广泛的应用,可用于培训、制造系统仿真、实现基于制造仿真的设计与制造、集成设计与制造、实现集成人的设计等。多媒体技术采用多种介质来存储、表达处理多种信息,融文字、语言、图像,即听、说、写和学习于一体,给人一个直观、直感和直觉性。同时在前处理系统将会在复杂的三维实体建模及相关的静态和动态图形处理技术方面有新的发展。

(8) 反求(逆向工程)技术 常规的模具设计通常以产品的已有设计信息为依据。这些设计信息通过工程图或一些模型来表达,然后制定出加工工艺规划,最终通过工装/模具和设备制造出产品。但在许多情况下,一些产品并非来自设计概念,而是起源于另外一些产品或实物,要在只有产品原型或实物模型,而没有产品图样的条件下进行模具的设计和制造以便制造出产品。此时需要通过实物的测量,然后利用测量数据进行实物的 CAD 几何模型的重新构造。这种过程就是反求工程 RE (Reverse Engineering)。一旦建立了 CAD 几何模型后,就可依据这种数字化的几何模型用于后续的许多操作,如实物 CAD 模型的修改、零件的重新设计、有限元分析、误差分析、数控 (NC) 加工指令生成以及模具的设计和制造等。

(9) 快速成型技术 快速成型制造技术 RPM (Rapid Prototyping & Manufacturing) 基于层制造原理,迅速制造出产品原型,而与零件的几何复杂程度无关,尤其在具有复杂曲面形状的产品制造中更能显示其优越性。它不仅能够迅速制造出原型供设计评估、装配校验、功能实验,而且还可以通过形状复制,快速经济地制造出产品模具[如制造电极用于 EDM (Electrical Discharge Machining) 加工、作为模芯消失铸造出模具等]从而避免了传统模具制造的费时和耗成本的 NC 加工,因而 RPM 技术在模具制造中发挥着重要的作用。

(10) 微机新型化 CAD/CAE/CAM 正转向超级微型计算机。32 位超级微型计算机的发展趋势将是在单机功能上达到小型机和中型机的水平,多 CPU 并行处理时的功能将达到大型机的水平。以超级微型机为基础的 CAD/CAE/CAM 系统不断增多,功能也在不断扩大。同时用于 CAD/CAE/CAM 的新型外部设备将不断问世。作为计算机外部存储器的

磁盘将由光盘所代替,光栅扫描显示器的分辨率可达 4000×4000 。其他外部设备,如图形输入装置、声音识别装置与视觉追踪装置等,亦将迅速发展。

1.3 CAD/CAE/CAM 系统的构成

系统这个词一般可以有不同的定义,在这里则是一些为着一个共同目标组织在一起,互相联系的硬件与软件的集合。系统接受用户输入数据,经过计算机运算输出数据或图形以及加工程序,产生出预期的结果。对一个完善的 CAD/CAE/CAM 系统的基本要求是:

- ①要有很强的信息处理功能,能对图形进行编辑、自动进行图形处理能力;
- ②大量的工程计算和数据处理、知识的存储及快速检索与操作能力;
- ③灵活方便的人机交互通信的功能。

可见要求具有快速响应、数据处理及图形的交互设计与显示输出的能力。整个过程应是一个信息管理、信息加工和信息交换过程。

CAD/CAE/CAM 系统应具备的能力,实际上应由人、硬件、软件三方面来保证,其中计算机及其外围设备称为 CAD/CAE/CAM 系统的硬件;操作系统、数据库、应用软件称为 CAD/CAE/CAM 系统的软件,总之人在 CAD/CAE/CAM 系统中起主导作用。

CAD/CAE/CAM 系统是建立在计算机系统上,并在操作系统、网络系统及数据库的支持下运行的软件系统。用户通过用户界面操作,控制 CAD/CAE/CAM 系统的运行。

模具 CAD/CAE/CAM 系统除必要的硬件设备外,还必须配备相应的软件。软件是决定模具 CAD/CAE/CAM 系统功能强弱、效率高低和使用是否方便的关键。也是实现 CAD/CAE/CAM 各项功能技术的核心。

模具 CAD/CAE/CAM 系统的软件多种多样,其作用亦各不相同。一般说来,模具 CAD/CAE/CAM 系统的软件分为系统软件、支撑软件和应用软件。

其中应用软件的范围很广,可分为软件工具及用户开发的应用软件两种,前一种可购得,后一种则需用户开发而成。

在建立一个模具 CAD/CAE/CAM 系统时,并非什么程序都要自行开发,有效地利用软件工具,可以节省开发系统所需的时间和费用。

软件工具可分为两大类:

一些软件工具可作为模具 CAD/CAE/CAM 系统的组成部分,在系统运行时使用。如数据库系统,基本图形软件 (Auto CAD),数值计算程序包,有限元分析程序包,优化程序包和几何构型系统等。

一些软件工具仅用于系统的开发,并不成为模具 CAD/CAE/CAM 系统的部分,如程序语言,用于编写应用程序,包括 FORTRAN, PASCAL, C, BASIC 等。

思 考 题

1. 什么是 CAD、CAE 与 CAM 技术?
2. CAD/CAE/CAM 技术的发展趋势如何?
3. CAD/CAE/CAM 系统如何实现集成? 实现集成的方案有哪几种?

第 2 章 计算机辅助绘图系统

绘图是模具设计的重要组成部分，模具 CAD/CAE/CAM 的整个过程都离不开对图形的绘制和处理，功能强大的图形支撑软件是开发 CAD/CAE/CAM 的重要保证，使工程分析结果图形化，并以图形形式输出，为实时分析、交互修改、逐步优化、仿真模拟等创造了条件；也使得一些抽象的、离散的、随机的问题变得形象、直观，从而为设计者提供了一种使模具设计的信息可视化的方法，加深了对数据的理解和利用，大大加快了设计速度，并可获取在设计计算中出现的问题和不足，使之在产品投产之前就得到修改，避免造成许多不必要的人力、物力、财力和时间的浪费。所以，将原来占整个设计工作量 60% 以上的图纸绘制工作由计算机来辅助完成，自然可大大缩短模具的设计周期，使设计人员将节省的大量时间和精力用于更多的创造性的工作中。

2.1 计算机辅助绘图系统

计算机辅助绘图系统是模具 CAD 的支撑软件之一，其功能主要是二维交互式绘图或参数化绘图与硬拷贝输出，微型机上的图形软件主要有 AutoCAD、CAXA 电子图板、开目 CAD 等。

一般情况下，模具 CAD 系统属交互式 CAD 系统，需要在设计过程中反复分析、修改、计算，因此，应该采用交互式绘图系统实现图形设计的实时编辑，交互式绘图系统使得设计者可以实时动态地控制显示屏上图形的内容、形式、尺寸、颜色等属性，在这种系统中，人和计算机的通信是双向的，设计者可以对屏幕图形不断修改，直到满意为止。

计算机辅助绘图系统是为了支持应用程序实现图形的输入输出的硬件和软件组合体，没有绘图系统支持，就难以实现应用软件的开发。其构成如图 2-1 所示。

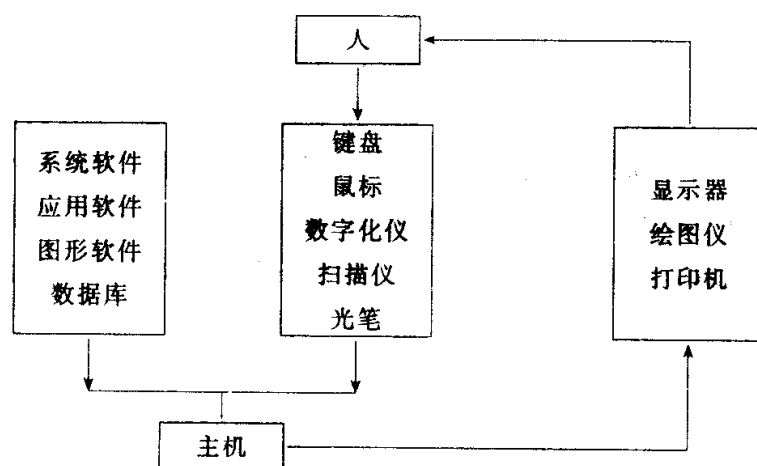


图 2-1 计算机绘图系统的构成示意图

绘图系统硬件由计算机主机、存储器（存储器可分为内存储器 and 外存储器，其中外存储器又可分为软盘、硬盘、光盘等）、输入设备（可分为键盘、数字化仪、鼠标、扫描仪

等)和输出设备(图形显示器、绘图仪、打印机等)组成。软件部分由图形软件、应用数据库及图形库、应用程序组成。

2.1.1 硬件

计算机辅助绘图系统的硬件应当满足当前所需要的系统功能,并且要有今后发展的可扩充性,一般选择符合公认标准的开放式系统。

(1) 主机 主机是计算机的主体,由中央处理器(CPU)、内存储器及其联接主板组成,是硬件系统的核心。

(2) 内存储器 内存储器用于存储CPU工作程序、指令和数据。内存储器可分为读写存储器(RAM)、只读存储器(ROM)及高速缓冲存储器(Cache)。

(3) 外存储器 外存储器能将计算机处理的有用信息永久地保存起来。常用的外存储器如下:

① 硬盘存储器。硬盘存储器是计算机系统最主要的外存设备,一个完整的硬盘存储器由驱动器、控制器和盘片三部分组成。反映硬盘工作质量的主要技术参数是硬盘存储容量、读写速度及传输数据的速度。

② 软盘存储器。软盘存储器简称软盘,与硬盘存储器的存储原理相同,但在结构上存在一定差别。目前国内用户常用的软盘主要是3.5in盘,以前常用的5.25in盘及其控制器正逐渐被淘汰或被代替。与硬盘存储器相比,软盘转速低,存取速度慢,但软盘对环境要求不太严格,并且软盘使用灵活、携带方便,因此软盘在微型机系统、小型计算机系统中得到广泛应用,甚至在大中型计算机系统中也配有软盘存储器。

③ 光盘存储器。光盘(Optical Disk)利用光学方式进行信息读写根据性能和用途不同,光盘存储器可分为三种类型:只读型光盘(CI-ROM),只写一次型光盘(WORM)和可擦写型光盘。光盘存储器是计算机系统中一种先进的外存储控制设备,它的特点是容量大(每片光盘容量在650MB以上)、可靠性高、信息存储成本低及随机存取速度快。

④ 磁带存储器。磁带存储器与录音带或录像带相似,磁带上的文件按顺序存放,只能按顺序查找,信息存取时间比磁盘长。

(4) 输入设备

① 键盘。键盘是计算机最常用的输入设备,通过键盘,用户可以将字符类型数据输入到计算机中,从而向计算机发出命令或输入精确数据等。键盘与主机的键盘接口连接。

② 鼠标。鼠标(Mouse)是一种手动输入的屏幕指示装置,它用于移动光标在屏幕上的位置,以便在该位置输入图形、字符或激活屏幕菜单,非常适合于窗口环境下的工作。鼠标一般有两个或三个按键,用于定位和拾取。多数鼠标器都通过计算机的串型端口进行连接。

③ 数字化仪。数字化仪(Digitizer)由一块尺寸为A40-A0的图板和一个类似于鼠标器的定位器或触笔组成。工作时,将图样贴在数字化仪的面板上,用定位器或触笔跟踪图形的特征点,使这些点的位置数字化后输入计算机,再结合绘图指令,这份图样就可以存入计算机。

④ 扫描仪。扫描仪(Scanner)通过光电阅读装置,可以迅速将整张图样信息转化为数字信息输入计算机,方便地实现图样的技术档案管理,代替目前占用大量空间和人力