



主 编 张佑生
副主编 王永智

塑料模具

计算机辅助设计



机械工业出版社



塑料模具计算机辅助设计

主 编 张佑生

副主编 王永智



CAD 技术的发展与应用对于彻底改变塑料模具设计与制造的传统方法与落后面貌,提高模具的设计质量与设计效率,缩短模具的设计制造周期,具有重要作用。

本书较详细地讨论塑料注射模和挤出模结构 CAD 系统的二维与三维实现技术,并介绍了分析模拟有关理论和实现算法。内容丰富,实用性强。

本书可供 CAD 技术开发应用等方面的科技人员参考,也可作为大专院校有关专业学生与研究生的教材或教学参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

塑料模具计算机辅助设计/张佑生主编. —北京:机械工业出版社, 1998.12

ISBN 7-111-06909-9

I. 塑… II. 张… III. 塑料模具—计算机辅助设计
IV. TQ320.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (98) 第 29248 号

出 版 人:马九荣(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

责任编辑:余茂祚 版式设计:冉晓华 责任校对:罗凤书

封面设计:海之帆 责任印制:路 琳

北京市密云县印刷厂印刷·新华书店北京发行所发行

1999 年 1 月第 1 版第 1 次印刷

850mm×1168mm¹/₃₂·9.625 印张·249 千字

0 001-3 500 册

定价:18.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

前 言

塑料作为高分子化学和材料科学发展的重要成果，早已成为人类不可缺少的重要生产资料。塑料制品在工业生产和日常生活中得到了愈来愈广泛的应用。现在，全球范围的以塑料代替金属的趋势更加速了塑料产品制造业的迅速发展。塑料产品一般采用模塑成型方法生产，因而塑料模具作为一种重要的工艺装备，在工业生产中显示出愈来愈重要的作用。塑料模具设计和制造中的传统手工方式早已满足不了生产发展的需要，因而对计算机的应用提出了迫切的需求。

计算机辅助设计 (Computer Aided Design, CAD) 是当代计算机应用的一个重要领域。随着计算机硬件和软件技术水平的迅速提高，CAD 技术及其应用一直处于日新月异的发展浪潮之中。作为 CAD 技术应用的一个十分重要的方面，塑料模具计算机辅助设计、分析模拟与制造 (即 CAD、CAE 和 CAM，统称 CAD)，也一直是国内外普遍关注的热点。CAD 技术可以显著提高塑料模具的设计制造效率，提高设计制造质量，减少试模、修模的时间，缩短模具设计制造周期。

近些年来，塑料模具的分析模拟、造型和 CAD/CAM 一体化方面技术发展很快，不少商品化软件在推广、应用与完善发展，产生了显著的社会经济效益。与此相比，塑料模具结构 CAD 技术虽有较大发展，但软件商品化和推广应用尚不尽人意，有关著作也不多见。在这种情况下，我们对近几年来塑料模具结构 CAD 的发展和自己的有关研究工作与成果，进行了认真总结，写出《塑料模具计算机辅助设计》一书，希望对这方面的技术发展起到促进作用。

本书较详细地讨论了塑料注射模和塑料挤出模结构 CAD 系

统的二维与三维实现技术，并对分析模拟有关理论和实现算法作了介绍。内容丰富新颖，技术水平先进，实用性强。可供 CAD 技术开发应用等方面科技人员参考，也可作为大专院校有关专业学生与研究生的教材或教学参考用书。

全书分为八章。第一章介绍 CAD 技术及其发展、CAD 系统组成、塑料模具 CAD 的发展情况；第二章讨论微机 CAD 支撑软件 AutoCAD 的各种开发环境及开发工具；第三章讨论微机注射模 CAD 二维系统的实现技术；第四章介绍 AutoCAD R13 和 MDT 系统的三维曲面造型、实体造型和参数化特征造型技术；第五章讨论塑料产品建模技术与塑料产品的概念设计，第六章讨论微机注射模结构 CAD 参数化特征系统的实现技术；第七章讨论注射模的分析、模拟有关理论与技术；第八章讨论塑料挤出模 CAD 系统的设计与开发。

本书为合肥工业大学有关教师的集体创作。张佑生担任主编，负责编写第一章、第三章、第四章、第五章，并对全书进行了统稿，王永智担任副主编，负责本书编写的组织工作与统稿工作，并参加第一章和第三章的编写；王雷岗编写第七章，并编写第三章的部分内容；朱元吉编写第八章并参加第一章编写；田卫东编写第六章；王晓枫与田卫东共同编写第二章。

刘全坤教授对编写工作给予了大力支持，对本书作了全面审核，提出了宝贵意见。本书的编写出版还得到合肥工业大学材料科等部门的大力支持，在此对他们深表感谢。

由于编者水平有限，书中错误与不足在所难免，诚请指正。

编 者

目 录

前言

第一章 绪论	1
第一节 CAD 技术及其发展	1
一、CAD 技术及作用	1
二、CAD 系统的构成	2
三、CAD 技术的发展趋势	6
第二节 计算机在塑料产品设计制造中的应用	8
一、塑料产品设计	8
二、模具总体方案设计	9
三、分析模拟	10
四、模具制造	10
五、塑料产品的生产	10
第三节 塑料注射模 CAD 概述	10
一、注射模 CAD 的特点	10
二、塑料注射模 CAD 的发展情况	12
第四节 塑料型材挤出模 CAD 发展概况	15
第二章 微机 CAD 支撑软件 AutoCAD	17
第一节 概述	17
一、AutoCAD 的功能	17
二、AutoCAD 的特点	18
三、开发环境与工具	19
第二节 AutoLISP 语言及其应用	19
一、关于 AutoLISP 语言	19
二、AutoLISP 的基本成分	20
三、应用举例	27
第三节 ADS—C 语言开发环境	28
第四节 ARX—C++ 开发环境	31

第五节 Visual Basic 开发环境	34
第六节 开发环境的比较和选择	38
一、开发环境的比较	38
二、开发环境的选择	39
第七节 应用程序接口	40
一、界面设计接口	40
二、实体造型接口	44
三、数据库存取接口	48
第三章 注射模 CAD 二维系统及实现技术	51
第一节 注塑模 CAD 二维系统的功能和 workflows	51
第二节 设计准则和设计数据的处理	53
一、数表数据的管理与应用	53
二、函数曲线的处理	54
第三节 子图的定义与图形库的建立	56
第四节 塑料产品图输入技术	58
一、产品图输入的流程	58
二、子图拼装法	60
三、作图操作自动化	61
第五节 成型零部件设计	63
第六节 模具装配图的绘制	65
一、装配图的图面布置	66
二、模具装配视图的绘制方法	66
第七节 装配图自动消隐技术	68
一、画家算法	68
二、零件图边界的提取与表示	69
三、图素求交算法	72
四、自动消隐算法	74
五、算法的整体描述	77
第四章 三维实体造型与特征造型技术	78
第一节 概述	78
第二节 实体造型技术	81
一、参数形体及调用	81
二、构造的实体几何法	82

三、边界表示 (B-rep) 法	83
四、CSG + B-rep	85
五、扫描表示法	86
第三节 参数化设计	87
一、参数化模型	88
二、约束	88
三、参数化设计可用的方法	89
第四节 特征造型技术	93
一、简述	93
二、特征建模方法	96
三、基于特征的参数化造型方法	100
第五节 AutoCAD 系统的造型功能	102
一、AutoCAD 的曲线和曲面的绘制功能	102
二、AutoCAD 的实体造型功能	104
第六节 MDT 系统简介	108
一、简述	108
二、曲面造型	108
三、零件造型	110
四、装配建模	111
第五章 塑料产品的建模技术	114
第一节 概述	114
第二节 塑件设计的要点	116
一、结构形状	116
二、脱模斜度	116
三、壁厚	117
四、加强肋	117
五、圆角	118
六、孔	118
第三节 塑件的概念设计	118
一、关于概念设计问题	118
二、基于知识的塑件概念设计技术	120
第四节 塑件特征模型的构造	122
一、塑件建模的特点	122

二、塑件建模系统流程	123
三、塑件形体构造的分步实施方案	124
四、三维参数化构件的定义与应用	126
五、工艺特征和属性特征信息的处理	134
第六章 注射模 CAD 三维参数化系统	135
第一节 注射模 CAD 三维参数化系统简介	135
一、概述	135
二、系统层次结构	136
三、系统的特点	137
四、系统工作流程	138
第二节 模具的总体设计	139
一、柔性化方案	140
二、基于知识的方案	143
三、模具总体设计功能的实现	145
第三节 基于特征的三维参数化零件模型库	145
一、概述	145
二、零件模型库的结构	146
三、零件模型	147
四、对各类零件的处理策略	153
第四节 子装配模型库	153
一、子装配模型库的建立	153
二、子装配模型库的结构和模型引用	153
第五节 非几何数据的管理	154
一、标准模架系列参数数据库	156
二、模具标准件和常用件参数数据库	156
三、材料性能参数数据库	156
四、注射机规范参数数据库	158
五、标准公差数据库	159
六、模具设计参数和进度数据	160
第六节 成型零部件设计	161
一、成型零部件尺寸计算	161
二、人机交互确定分型面	164
三、成型腔壁厚计算	168

四、成型腔的布局和模板尺寸	171
五、标准模架系列及选用	173
六、成型零部件图形生成	174
七、成型零部件定位	178
第七节 侧向抽芯机构设计	179
一、抽芯距离和抽拔力计算	179
二、标准侧抽芯机构的种类及适用范围	181
三、斜导柱侧抽芯机构的设计	181
第八节 浇注系统设计	183
一、成型腔布局和流道系统的描述	183
二、流道系统计算	188
三、成型腔布局和流道详细设计	190
第九节 脱模和顶出机构	195
一、交互式脱模/顶出机构设计环境	196
二、标准脱模/顶出机构	198
第十节 冷却系统设计	200
一、关于冷却水道的理论计算	200
二、冷却系统设计环境	201
第十一节 模具装配模型及模具校核	205
一、模具装配模型	205
二、双向关联模型	205
三、零件之间的尺寸配合	207
四、模具校核与评估	208
五、公差分配和加工精度、技术要求添加	210
第十二节 工程图输出	210
一、标准图纸幅面	210
二、视图生成	211
三、图面标注处理	211
四、文档管理	212
第七章 塑料成型计算机模拟	214
第一节 塑料成型模拟技术简介	214
一、计算机模拟的意义	214
二、塑料成型 CAE 的内容及目的	214

三、塑料成型 CAE 的方法	215
四、塑料成型 CAE 的发展概况	216
五、塑料成型 CAE 的商品化软件	217
第二节 塑料成型流动模拟	219
一、塑料成型流动模拟数学模型的建立	219
二、流动模型与模拟过程	222
第三节 塑料模具冷却模拟	236
一、冷却模拟数学模型的建立	236
二、冷却模型与模拟过程	237
第八章 塑料型材挤出模 CAD 系统	247
第一节 塑料挤出成型与塑料型材挤出模	247
一、概述	247
二、塑料型材挤出成型工艺	248
三、塑料型材挤出成型设备	249
四、塑料型材挤出模基本结构	249
第二节 塑料型材挤出模 CAD 系统的设计思想	253
一、系统的适应范围	253
二、型材截面图形结构的分析	254
三、关于功能块图形数据库	256
第三节 塑料型材挤出模 CAD 系统的构成	257
一、系统的运行环境	257
二、系统的主要功能	258
三、系统的主要内容	259
第四节 塑料型材挤出模 CAD 的实现	265
一、口模图形设计	265
二、机颈设计	268
三、分流支架、型芯、分流锥设计	274
四、模腔、口模板设计	278
五、定型模设计	281
第五节 分析验算程序	285
一、模头流道参数验算	285
二、强度校核	288
三、定型套冷却效果分析	289
参考文献	294

第一章 绪 论

计算机辅助设计 (Computer Aided Design, CAD) 是当代计算机应用的一个重要领域。随着计算机硬件和软件技术水平的迅速提高, CAD 技术及其应用一直处于日新月异的发展浪潮之中。作为 CAD 技术应用的一个十分重要的方面, 塑料模具计算机辅助设计、模拟分析与制造, 即 CAD、CAE 和 CAM (统称 CAD), 也一直是国内外普遍关注的热点。

作为高分子化学和材料科学发展的重要成果, 塑料早已为人们所熟悉, 塑料产品已经成为人类生产和生活中不可缺少的重要组成部分。多年来, 塑料产品制造业一直在迅速发展, 而当前全球范围的以塑料代替金属的趋势又进一步加速了这一发展速度。塑料产品一般采用模塑成型方法生产, 因而塑料模具早已成为一种重要的生产工艺装备, 在国民经济中起着愈来愈重要的作用。随着塑料产品在家电、电子、机械等产品和日常用品中的越来越广泛应用, 对塑料模具的设计和制造的要求也越来越高。传统的手工设计与制造方式早已满足不了生产发展的需要。CAD/CAM 技术的发展正适应了这种客观实际的要求。CAD/CAM 技术可以显著提高塑料产品和塑料模具的设计制造效率, 提高设计制造质量, 减少试模修模时间, 从而缩短从塑料产品设计、模具设计、模具制造到进行产品模塑生产的整个周期。

第一节 CAD 技术及其发展

一、CAD 技术及作用

设计是分析与综合相结合的复杂过程, 既包含大量的数值计算、参数查找和绘图等繁琐工作, 也包含创造性思维、经验运用和判断评价等智能行为。计算机的应用, 使得设计人员在设计过

程中，能充分发挥计算机的强大算术逻辑运算功能、大容量信息存储与快速信息查找的能力，完成信息管理、数值计算、分析模拟、优化设计和绘图等项任务，而设计人员集中精力进行有效的创造性思维，从而更好地完成从设计方案的提出、评价、分析模拟与修改到具体设计实现的设计全过程。这种设计人员和计算机的有机结合、发挥各自特长的新型设计方法，就是 CAD。现在，CAD 已成为计算机应用的一个十分重要的领域。

CAD 技术的发展推动了几乎一切领域的设计革命，CAD 技术的发展和水平已成为衡量一个国家科技现代化和工业现代化水平的重要标志之一。CAD 技术从根本上改变了传统的手工设计、绘图、描图以及根据图样组织生产的落后状况。CAD 技术应用的实际效果是：提高设计质量，缩短设计制造周期，产生显著的社会经济效益，使企业的竞争能力和应变能力得到提高。例如，据日本金属模具制造公司关于 CAD 引用的实际效果的调查，由于 CAD 技术的应用，资料收集与调研和设计工作量减少了一半，绘图工作量降低了近 20 倍。美国 ADL 公司对各行业应用 CAD 的效果进行调查的结果表明，大多数行业在应用 CAD 后工作效率提高了 3~5 倍。

在我国，CAD 技术及应用经历了由引进到开发、由一般到高级、由少数单位到全面普及的发展过程。很多大中型企业和工程设计部门与单位都通过引进或自行开发，建立起适合自己行业特点和工作需要的 CAD、CAM 系统，在设计计算、分析评价、制造测试等方面发挥出重要的作用，取得了良好的社会效益。现在，在国家有关部门的大力支持下，一个全国性“甩图板工程”业已开展，广大设计和绘图工作人员积极学习掌握计算机绘图与计算机辅助设计技术，已经或正在告别手工设计、绘图与描图的传统方式。由此产生的重大深远的影响正在逐步显示出来。

二、CAD 系统的构成

CAD 系统是一个由硬件与系统软件、支撑软件和应用软件

三个层次构成的有机整体。各个层次相对独立，又相互联系。下面分别作一介绍。

（一）硬件与系统软件

以性能优良、功能强大的计算机作为主机，配备图形显示器、绘图机、数字化仪、图形扫描仪和鼠标器等图形输入输出设备，构成 CAD 系统的硬件环境。计算机硬件的性能（如运算速度、主存容量和辅存容量及速度等）和系统软件的功能从根本上决定了 CAD 系统的优劣。

早期的 CAD 系统都是建立在大中型机上，因此价格昂贵，数量不多，应用场合很少。工程工作站的出现，使 CAD 技术的发展和推广应用出现了生机。工作站系统采用 32 位字长的 RISC（压缩指令系统）体系结构，Unix 操作系统，运行速度高，图形处理功能强、速度快，而价格低，适于大面积推广。

近年来，微型计算机的 CPU 处理速度、内存与硬盘的容量等方面出现了成数量级的提高。例如，586 微机的主频已提高到 200MHz 以上（400MHz 的 CPU 芯片已推向市场），内存可根据需要配置 64MB（1MB = 10^6 Byte）或更高，硬盘容量达到 GB（千兆即 10^9 Byte）量级。其性能达到甚至超过早些时候的工程工作站系统的水平。与此同时，微型计算机的价格却不断大幅度下调，现已达到一般工薪家庭也能购买的水平。此外，绘图机和激光打印机等 I/O 设备的性能也有了提高，价格也明显降低。这就为 CAD 系统提供了性优价廉的硬件工作平台，使 CAD 技术能以前所未有的规模和速度发展和应用，形成了向各部门、各行业、各单位以及家庭大普及之势。为 CAD 技术的迅速普及提供了坚实的物理基础和强有力的支撑。正是在这种条件下，我国广大企业和工程设计部门掀起了“甩图板工程”，为 CAD 技术在我国普及铺平了道路。

微型计算机上的系统软件，除了传统的 DOS 操作系统以外，现在在高档微型机上普遍采用了 Windows 95 操作系统。Windows 95（简称 Win95）是 Microsoft 公司在 1995 年推出的新一代

32 位操作系统。它的出现在计算机界引发了一场新的软件革命。国内外很多软件厂商纷纷推出 Win95 应用程序，其中包括一些 CAD 支撑软件。这些在 Win95 平台上开发与运行的系统，都具有功能强、运行速度快、作业规模大以及图形用户界面、操作简便等特点。这就将微型计算机的性能及应用提高到了全新的境界。

就图形显示器而言，现在一般微型机系统本身配置的 14in 显示器即可基本胜任。这种显示器的最高分辨率可达 1024×768 ，点距最小可达 0.28 或 0.26，具有 256 种颜色和很高的显示速度，可以满足一般绘图的要求。但由于其屏幕较小，当所绘的图形很复杂时，会使操作变得麻烦，使人感到不满足。因此，CAD 系统最好配置 17in (43cm)、20in (51cm) 或更大的图形显示器。这类显示器的分辨率可做到更高，点距仍然可达 0.28 或 0.26，颜色更多，而现在的价格也變得比较低。

对于图形的硬拷贝输出来说，绘图机的性能也在不断提高，而价格逐步下降，特别是喷墨式绘图机的推出，使所绘图形的质量更高，更清晰，颜色更美观。

对于图形的输入来说，除了数字化仪以外，还可采用光学图形扫描仪配合矢量化软件，可实现已有图样的快速输入。至于鼠标器，现已经成为微型机系统的必备操纵设备，无需另外配置。

由高性能微型机加上上述图形 I/O 设备组成的微机 CAD 工作站，选配适合的 CAD 支撑软件和 CAD 专业应用软件，其性能可以满足一般设计计算、分析模拟、二维和三维图形处理和工程图绘制等要求，其价格仅为几万元到十几万元（视应用软件的价格而有所不同）。如果将多台高配置的微型机联成网络，可供多人并行设计和协同工作，可方便进行科学规范化管理，可满足一般企业设计室的设计与绘图工作需要。而且一般只需要配备一套图形 I/O 设备，因而可以节省投资。

（二）支撑软件

CAD 支撑软件包括图形处理软件、分析模拟软件、工程数

据库等。下面分别作一简单介绍：

1. 图形处理软件 指软件市场上供应的各种商品化图形软件包，如：Computer Vision, Intergraph, CATIA, SDRG/IDEAS, Unigraphics II, Euclid, Applicon, Pro/Engineer, DUCT, Medusa, CDC/ICEM, CADAM, Calma, Auto - trol, Geber 等等。其功能包括：二维绘图、三维线框造型、曲面造型、实体造型、特征设计、真实感图形显示、有限元前后处理、几何特性计算、运动机构模拟、数控仿真与数控加工程序生成、测量编程、工艺过程设计、装配造型、钣金件展开和排样、过程仿真和干涉检查、技术文件和图形文件管理，等等。

微型机上的图形软件有 AutoCAD、CADKEY、Genus、GH-CAD、开目 CAD、和 Versa CAD 等，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，AutoCAD 的高版本已具有三维线框造型、曲面造型、实体造型和真实感图形显示等功能。

2. 分析模拟软件 指各种用于工程分析模拟的商品化软件包，如有限元分析、机构分析模拟、模态分析、塑料流动分析模拟和冷却分析模拟等，都已有功能很强的商品化软件包，统称为 CAE（计算机辅助工程）软件包。

3. 工程数据库 提供设计和制造所需的材料、标准件和有关设备的参数数据和图形的管理，以方便这些数据的维护和快速查找。工程数据一般具有数据量大、数据之间关系比较复杂和包括图形等特点，对数据库管理系统的功能要求比较高，因此，工程数据库管理系统多年来一直是热门的研究课题。现在，很多 CAD 系统借助一般关系型数据库管理系统如 Foxbase、Foxpro 等来实现工程数据的管理，虽然不是很理想，但也还能够基本满足实用的需要。

（三）应用软件

应用软件是指各个行业自行研制开发的专用 CAD 软件，对于不同的行业有不同的内容。

就机械行业而言，现在已有汽车、拖拉机、汽轮机、电机、

起重机械、机床和模具等应用软件系统。对于塑料注射模具的设计制造来说, CAD 应用软件包括塑件建模、模具结构设计、注塑流动分析模拟、冷却分析模拟、有限元力学分析、数控仿真和数控程序生成等软件。

三、CAD 技术的发展趋势

CAD 技术的发展方向今后仍然是集成化、智能化、柔性、网络化与并行设计、提高系统的实用性和使用方便性以及降低价格等等。下面简述几个显著的发展趋势。

(一) CAD 与 CAM 系统集成

设计、制造或施工及相应的生产与工程管理等方存在紧密的联系。为了提高工作效率, 人们首先将 CAD 与 CAM 两个过程有机地连接起来, 实现了 CAD/CAM 一体化。这种系统将 CAD 的设计结果直接用于数控仿真和生成数控加工程序, 送数控机床进行自动加工。

在这种一体化系统的基础上, 人们又积极开展计算机集成制造系统 (Computer Integrated Manufacturing System, CIMS) 的研制。CIMS 系统基于计算机技术和信息技术, 将设计、制造和生产管理、经营决策等方面有机地结合成一个整体, 形成物流和信息流的综合, 对产品设计、零件加工、整机装配和检测检验的全过程实施计算机控制, 从而达到进一步提高效率、提高柔性、提高质量和降低成本的目的。

(二) 建立和应用 CAD 网络环境

现在, 将多台微型机 CAD 工作站联网或将多台微型机 CAD 工作站和工程工作站联网, 构成分布式 CAD 系统, 已成为一种趋势。这种网络系统结构灵活、功能强大、价格较低。每个工作站可单独使用, 也可相互配合, 实现资源和信息共享, 也可实现并行设计和协同工作。这种 CAD 网络很适合企业单位的需要。因为企业中的产品设计与制造一般都不是个人行为, 而是一个组或一个科室群体有组织有计划进行的工程项目。参加工作的各个成员必须相互配合、协同努力, 在规定的权限下共享资源和已有