



模具 CAD/CAM

柏森◎主编



北京理工大学出版社

BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

模具 CAD/CAM

主 编 赵柏森



北京理工大学出版社

BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

内容提要

在制造业中，随着计算机技术、信息技术和自动控制技术的迅速发展，以及向制造业的快速渗透，赋予了制造业新的内涵和活力，出现了先进制造技术。为适应产品生产呈现多品种、少批量，复杂、精密，更新换代速度快的变化特点，必须采用先进制造技术。先进制造技术的核心就是计算机辅助设计与辅助制造（Computer Aided Design and Computer Aided Manufacturing, CAD / CAM），它是计算机技术与制造技术相结合与渗透，而形成的一门综合应用技术，是当今科学技术的前沿，是发展中的高新技术。CAD / CAM 技术是提高产品设计质量、缩短产品开发周期、降低产品生产成本、提高产品质量的强有力手段。它的出现改变了传统的设计与制造方式。

版权专有 侵权必究

图书在版编目（CIP）数据

模具 CAD/CAM / 赵柏森主编. —北京：北京理工大学出版社，2016.3

ISBN 978-7-5682-1893-1

I . ①模… II . ①赵… 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 . ①TG76-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2016）第 024515 号

出版发行 / 北京理工大学出版社有限责任公司

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街 5 号

邮 编 / 100081

电 话 / （010）68914775（总编室）

82562903（教材售后服务热线）

68948351（其他图书服务热线）

网 址 / <http://www.bitpress.com.cn>

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 / 北京通县华龙印刷厂

开 本 / 787 毫米 × 1092 毫米 1/16

印 张 / 12

字 数 / 307 千字

版 次 / 2016 年 3 月第 1 版第 1 次印刷

定 价 / 41.00 元

责任校对 / 陈玉梅

责任印制 / 边心超

图书出现印装质量问题，请拨打售后服务热线，本社负责调换

PREFACE

前言

以计算机技术为核心的信息科学技术是目前世界的重要科学技术。信息技术的应用将大大减轻科技人员的脑力和体力劳动，甚至能够完成人力所不及的工作，大大促进了科学技术和生产的发展。在制造业中，随着计算机技术、信息技术和自动控制技术的迅速发展，以及向制造业的快速渗透，赋予了制造业新的内涵和活力，出现了先进制造技术。为适应产品生产呈现多品种、少批量，复杂、精密，更新换代速度快的变化特点，必须采用先进制造技术。先进制造技术的核心就是计算机辅助设计与辅助制造（Computer Aided Design and Computer Aided Manufacturing, CAD/CAM），它是计算机技术与制造技术相互结合与渗透，而形成的一门综合应用技术，是当今科学技术的前沿，是发展中的高新技术。CAD/CAM 技术是提高产品设计质量、缩短产品开发周期、降低产品生产成本、提高产品质量的强有力手段。它的出现改变了传统的设计与制造方式。

在本书编写过程中参考了大量的文献资料，在此对其作者一并表示感谢。

由于时间仓促，加上我们的水平和经验有限，书中可能存在某些缺点和不足，我们热切期待广大读者提出宝贵的意见和建议，以利我们今后不断改进和完善！

编 者

目 录

第一章 模具 CAD/CAM 基础知识	1
第一节 CAD/CAM 的基本概念	1
第二节 CAD/CAM 系统的组成	3
第三节 模具 CAD/CAM 系统的特点与关键技术	6
第二章 模具 CAD 基本技术	13
第一节 CAD 系统的技术构成	13
第二节 计算机图形处理技术	14
第三节 几何建模与特征建模	25
第四节 装配设计技术	34
第五节 模具 CAD/CAM 中的数据管理技术	42
第三章 冲裁模 CAD	46
第一节 冲裁模 CAD/CAM 系统的结构与功能	46
第二节 冲裁工艺性设计	49
第三节 冲裁模结构设计	53
第四节 模具图的绘制	58
第四章 注塑模 CAD	61
第一节 注塑模 CAD 系统的组成及功能	61
第二节 注塑模 CAD 软件开发的技术基础	62
第三节 塑料注射模	63

第五章 计算机辅助数控程序	71
第一节 数控 CAM	71
第二节 数控编程原理	79
第三节 数控加工中的工艺处理	82
第四节 加工过程的仿真技术与 G 代码反读	85
第六章 MasterCAM	88
第一节 MasterCAM 基础知识	88
第二节 MasterCAM 图形的基本绘制	91
第三节 主要的编辑转换功能	114
第七章 MasterCAM 应用实例	128
第一节 二维图形绘制实例	128
第二节 曲面的建立	131
第三节 三维绘图 (CAD) 实例	154
第四节 CAM 技术的应用	156

第一章

模具 CAD/CAM 基础知识



本章概述

本章我们将介绍 CAD/CAM 的基本概念,通过对 CAD/CAM 技术特点的了解,有效地辅助设计人员进行产品的构想和模型的构建、工程分析计算和优化。模具行业是最早应用计算机辅助设计的,也是最能体现 CAD/CAM 设计优越性的部门之一。



学习目标

1. 了解 CAD/CAM 的基本概念。
2. 掌握 CAD/CAM 的基本组成和特点。

* * * * *

第一节 CAD/CAM 的基本概念

CAD/CAM 技术是随着信息技术的发展而形成的一门新技术,它的应用和发展引起了社会和生产的巨大变革,因此 CAD/CAM 技术被视为 20 世纪最杰出的工程成就之一。目前,CAD/CAM 技术广泛应用于机械、电子、航空、航天、船舶和轻工等各领域,它的应用水平已成为衡量一个国家技术发展水平及工业现代化水平的重要标示。

一、CAD/CAM 概念

CAD 和 CAM 起初是两个独立发展的分支,随着它们的推广与使用,两者之间相互依存的关系越来越紧密,设计系统只有配合数控加工,才能充分显示其巨大的优越性,而数控技术只有依靠设计系统产生的模型才能发挥效率,两者自然而然地紧密结合,形成计算机辅助设计与制造集成系统。系统中的两个阶段可以利用公共数据库中的数据,大大缩短了产品的生产周期,提高了产品的质量。

从信息科学的角度看,设计与制造过程是一个产品信息的产生、处理、交换和管理的过程。人们利用计算机作为主要技术手段,对产品从构思到投放市场的整个过程中的信息进行分析和处理,生成和运用各种数字信息和图形信息,进行产品的设计和制造。CAD/CAM 技术不是传统设计、制造流程和方法的简单映像,也不是局限于在个别步骤或环节中部分地使用计算机作为工具,而是将计算机科学与工程领域的专业技术以及人的智慧和经验以现代的科学方法

为指导结合起来,在设计、制造的全过程中各尽所长,尽可能地利用计算机系统来完成那些重复性高、劳动量大、计算复杂以及单纯靠人工难以完成的工作,辅助而非代替工程技术人员完成整个过程,以获得最佳效果。CAD/CAM 系统以计算机硬件、软件为支持环境,通过各个功能模块(分系统)实现对产品的描述(几何建模)、计算、分析、优化、绘图、工艺设计、NC 编程、仿真、NC 加工和检测。而广义的 CAD/CAM 集成系统还应包括生产规划、管理、质量控制等方面。

二、CAD/CAM 技术的基本特点

产品是市场竞争的核心,从生产的观点来看,产品是从需求分析开始,经过设计过程、制造过程最后变成可供用户使用的产品,在上述各过程、阶段内,计算机获得不同程度的应用,构成了 CAD/CAM 技术。

CAD/CAM 系统是设计、制造过程中的信息处理系统,它克服了传统手工设计和手工制造的缺陷,充分利用计算机高速、准确、高效的计算功能,图形处理、文字处理功能,以及对大量的各类数据的存储、传递、加工功能,在运行过程中,结合人的经验、知识及创造性,形成一个人—机交互、各尽所长、紧密配合的系统。它是应用计算机技术,以产品信息建模为基础,以计算机图形处理为手段,以工程数据库为核心对产品进行定义、描述和结构设计,用工程计算方法进行分析和仿真,用工艺知识决策加工方法等设计制造活动的信息处理系统。通常将 CAD/CAM 系统的功能归纳为几何建模、计算分析、工程绘图、工程数据库的管理、工艺设计、数控编程和加工仿真等各个方面,因而需要

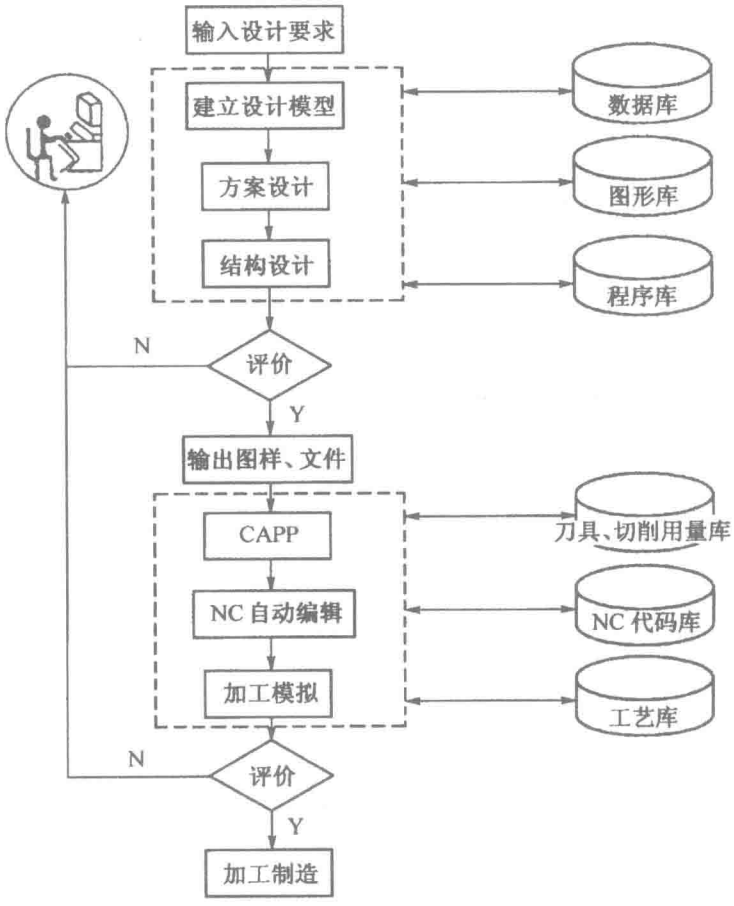


图 1-1 CAD/CAM 系统的工作过程

计算分析方法库、图形库、工程数据管理库等资源的支持。一般 CAD/CAM 系统的工作过程如图 1-1 所示。

由上可见,CAD/CAM 系统的开发涉及几何建模技术、图形处理技术、工程分析技术、数据库与数据交换技术、文档处理技术、软件编程技术等,CAD/CAM 系统的开发是一个高难度、高智力的工程项目。

第二节 CAD/CAM 系统的组成

系统是指为一个共同目标组织在一起的相互联系的组合,完善的 CAD/CAM 系统应能完成从设计到制造全过程中的各项工作。CAD/CAM 系统由一系列的硬件和软件组成:硬件由计算机及其外围设备组成,包括主机、存储器、输入/输出设备、网络通信设备、生产加工和检测设备;软件通常指程序及相关文档,包括系统软件、支撑软件和应用软件。硬件提供了 CAD/CAM 系统潜在的能力,而软件则是开发、利用其能力的钥匙,它是计算机系统的“灵魂”。CAD/CAM 系统的组成如图 1-2 所示。

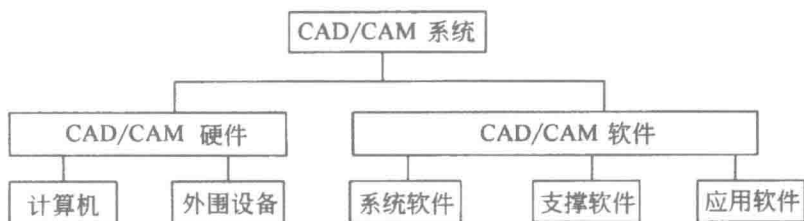


图 1-2 CAD/CAM 系统组成

一、硬件

硬件是组成 CAD/CAM 系统的物资设备,包括计算机系统和加工设备,CAD/CAM 系统的硬件配置与通用计算机系统不同,其主要差异在于 CAD/CAM 系统硬件配置中,应具有较强的交互设备与图形输入、输出装置,即 CAD/CAM 系统有专门的输入及输出设备来处理图形的显示和输出,为模具的 CAD/CAM 过程提供一个良好的硬件环境。

模具 CAD/CAE/CAM 系统的硬件由主机、外部存储器、图形终端、输入/输出设备等组成,如图 1-3 所示。

(1) 主机 主机是计算机的核心。由中央处理机(包括控制器、运算器)、存储器(又称内存)及 I/O 接口构成。主机是控制及指挥整个系统并执行运算及逻辑分析的装置。计算机有大型、中型、小型及微机之分,过去 CAD 系统以中、小型计算机为主,后随着 32 位超级微机的出现,一台单机的功能几乎可覆盖小型机与中型机,因此出现了由超级微机组成的 CAD 工作站,工作站上的软件环境较一般微机的好,特别是具有很强的图形处理能力,速度也快。近年来又出现了高档微机,主要是以 Pentium 微处理器作为 CPU 的计算机。而且一些大型通用

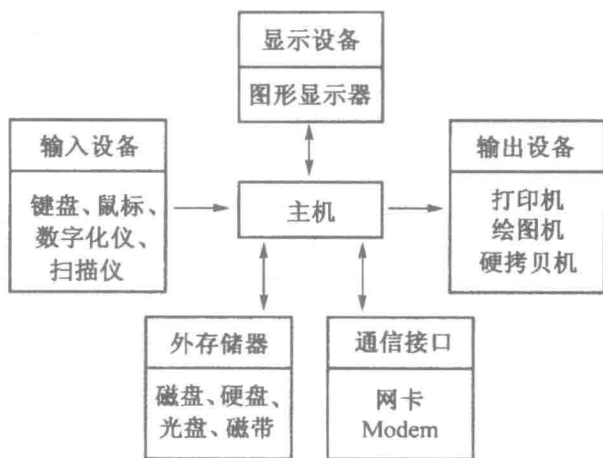


图 1-3 模具 CAD/CAE/CAM 系统的硬件组成

CAD/CAE/CAM 系统也有了微机上的版本,所以从目前情况看,模具 CAD/CAE/CAM 系统完全可以采用高档微机。

(2)外存储器 外存储器是作为扩大存储量,减低计算机成本而设置的一种辅助存储装置,用来存放大量暂时不用而等待调用的程序或数据。当需使用外存储器中的信息时,CPU 根据指令,通过控制器将这些信息调入内存才能使用;如果要将计算结果送至外存中存储起来,也必须经主存储器才能写入外存储器中。目前用做外存储器的主要有磁带、硬磁盘、软磁盘和光盘等。

(3)图形终端 图形终端包括图形显示器与键盘,是交互式 CAD/CAE/CAM 系统的关键设备之一。图形显示器按工作原理可分向量刷新式、存储管式和光栅扫描 3 种。在 CAD/CAE/CAM 系统中,广泛使用的是光栅扫描式显示器,光栅扫描显示器采用光栅扫描方法产生图形。这些图形是由一连串的点组成的。在光栅扫描显示器上显示图形时,必须先将线条及字符信息转换为适合光栅显示的形式,这一过程叫做扫描转换。因为光栅扫描显示图形需存储每个像素的信息,所以需要较大的存储量。光栅扫描显示器不仅可以显示线图,也可以显示灰度、亮度、色调不同的图,使图形具有真实感,也可以产生动态的图形,并且具有选择性删除功能。

(4)输入设备 输入设备有键盘、光标控制装置、数字化仪、扫描输入设备、语音输入等。

- 键盘。键盘是一种最基本的输入设备,其主要功能为输入命令或数据。

- 光标控制装置。模具 CAD/CAE/CAM 系统中常利用光标来进行图形交互设计。光标是屏幕上的一个亮点,字符或图形就在亮点处产生,计算机能读出光标的位置。因此,用户可通过控制光标位置把需给定的数据输入到计算机中,如确定一直线的起点、终点、图心坐标。另外,也可利用光标拾取图形元素或菜单。

- 数字化仪。数字化仪是一种坐标输入装置,其工作原理和图形板相同,只有尺寸较大,精度较高,可用将图形转换成数字(X、Y,坐标)存放到计算机中去。使用时首先将图纸放在数字化台板上,再利用游标跟踪图纸移动,就能完成读取图纸的坐标数据工作,即完成图形输入。但此种设备不适于模具 CAD/CAE/CAM 系统,因用该方法输入的图形不是很精确,且无后续工艺设计所需的信息。

- 自动扫描输入机。自动扫描输入机是利用光学扫描原理,对已有图纸自动地进行高精度扫描,高速地完成图纸输入任务,并能把扫描输入的数据转换成计算机文件记录下来。

(5)输出设备 输出设备有打印机、绘图机、硬拷贝机、缩微输出装置及图形显示器等。

二、软件

模具 CAD/CAM 系统除了具备硬件设备外,还必须配备相应的软件。硬件是 CAD/CAM 系统的物质基础,而软件则是 CAD/CAM 系统的核心。软件是决定模具 CAD/CAM 系统功能强弱、效率高地和使用是否方便的关键因素。在购置模具 CAD/CAM 系统时,软件部分的投资往往超过硬件部分的投资。

软件是使用计算机的技术和方法,是程序和指令的集合。组成模具 CAD/CAE/CAM 系统的软件可分为 3 类。即系统软件、支撑软件与应用软件。3 类软件的层次关系如图 1-4 所示。也有人将系统软件与支撑软件统称为支撑软件,这类软件可随硬件一起配置。

(1)系统软件 系统软件指的是在计算机运行状态下,保证用户正确而方便地工作的那一部分软件,主要用于计算机的管理、维护、控制及运行,以及计算机程序的翻译、装入和运行。

系统软件包括操作系统、编译系统等。

操作系统是对计算机进行自动管理的机构和控制中心,若从其功能去定义,可以说是一个计算机资源管理系统。目前 CAD/CAE/CAM 系统中比较流行的操作系统为:工作站是 UNIX, Vms 与 X-window;微机上常用操作系统有 DOS, Windows 等。

编译系统是指语言及其编译程序,解释程序及汇编程序。

(2)支撑软件 支撑软件是 CAD 软件系统中的核心,为用户提供开发环境与工具,是模具 CAD/CAE/CAM 系统中的重要组成部分,模具 CAD/CAM 系统的支撑软件主要包括图形处理软件(含几何构型与绘图软件)、数据库管理系统(DBMS)、网络服务软件等。

①图形处理软件:即目前通用的 CAD 系统,是模具 CAD/CAM 系统中重要的支撑软件。它可使用户方便地在屏幕上建立和修改图形,在绘图机上输出图形。图形软件按应用范围可分为二维图形软件和三维图形软件。

②数据库管理系统(DBMS):用于管理庞大的数据信息,提供数据的增、删、查询、共享、安全维护等操作,是用户与数据之间的接口。数据库管理系统使用 3 种数据模型,即层次模型、网状模型、关系模型。目前流行的系统有 Foxbase +、Oracle、Ingres 等,它们都属于关系型数据库管理系统,常用于商业、事务管理。这种传统的数据库管理系统对于 CAD/CAE/CAM 集成系统来讲不太适用,因为在 CAD/CAE/CAM 集成系统中,数据属于工程数据,这种数据的特点是:数据结构复杂,系统中除结构化数据外,还有图形、文字、表格等非结构化数据;数据除有静态数据外(如标准、设计经验数据表等),还有动态数据,即系统运行过程中产生的设计数据;数据联系复杂,在数据元素之间存在复杂的联系;数据的使用与管理复杂,数据库既要处理设计过程中的图形数据和非图形数据,还要便于查找、调用、存储和组织这两类数据。一般通用的数据库管理系统在工程中并不适用。

③网络服务软件:在微机网络工程中,网络系统软件是必不可少的。计算机网络工程——网络 CAD/CAM 系统已成为今后微机 CAD/CAM 系统主要的使用环境之一。它包括服务器操作系统、文件服务器软件、通信软件等。Microsoft 和 Windows 环境下可直接支持绝大多数的网络互联服务。通过 TCP/IP 协议及 Internet,用户可以发送邮件、查询世界各地各领域的信息。随着网络的普及,网络服务即通过计算机网络进行信息咨询服务的市场正迅速扩大,SAP 公司在短短几年的成功就是一个例子。

(3)应用软件 应用软件是在系统软件、支撑软件的基础上,针对某一专门应用领域的需要而研制的软件。这类软件通常由用户结合当前设计工作需要自行开发,也称“二次开发”。能否充分发挥已有系统软件与硬件的效益,应用软件的技术开发工作是关键,也是 CAD/CAE/CAM 工作者的主要任务。需要说明的是,应用软件与支撑软件之间并没有本质的区别。当某一行业的应用软件逐步商品化形成通用软件产品时,它也可以称为一种支撑软件。



图 1-4 模具 CAD/CAE/CAM 系统软件层次图



选型原则

由于 CAD/CAM 系统投资比较大,如何科学、合理地选择适合本企业的系统软件、硬件配置,必须经过详细地调查和分析。一般要进行如下考虑。

(1)根据本企业的特点、规模、实力、应用对象、追求目标及发展趋势等因素,确定应具有的系统功能。

(2)从整个产品设计周期中各个进程的工作要求出发,考核拟选用的系统各模块的功能,包括其开放性和集成性等特点。然后,根据性能价格比选择合适的硬件环境和软件环境。硬件应重点考虑系统功能(速度、容量、接口等)、开放性、可靠性、可维护性、升级扩展能力等;软件应重点考虑其知名度、功能模块情况、开发工具和开发环境、开放性、升级服务、与硬件的匹配等。

(3)考虑如何使用、管理该系统,使其发挥应有的作用,真正为企业创造良好的效益。

由于计算机技术发展迅速,软件、硬件产品的更新周期很短,所以在组建 CAD/CAM 系统时,应采取在总体规划指导下,先构建系统的基本部分,然后再逐步扩充的策略。对于资金尚不充足或者 CAD/CAM 基础薄弱的单位,可先选择效益比较显著的普及性应用,例如从计算机绘图开始,待条件成熟时再考虑 CAD/CAM 系统的完善。对那些已具有相当规模的大型企业来说,只有采用先进的 CAD/CAM 技术,才能在产品设计与创新、产品制造及投放市场速度等方面取得优势,在激烈的市场竞争中求得发展。

第三节 模具 CAD/CAM 系统的特点与关键技术

一、模具 CAD/CAM 系统的特点

(1)产品建模功能 模具 CAD/CAM 系统必须具有产品建模(构型)的功能。这是因为模具设计与一般产品设计过程不同,一般产品设计来源于市场对功能的要求,设计人员根据这种要求,确定产品性能,建立产品总体设计方案,然后进行具体结构的设计。这种市场需求只有功能要求或一些主要技术参数要求,至于结构形状则由设计人员自己构思。而模具设计时是根据产品零件图的几何形状、材料特性、精度要求等进行工艺设计与模具设计。

利用计算机辅助设计或加工模具时,首先必须输入产品零件的几何图形及相关信息(如材料性能、尺寸精度、表面粗糙度等),而计算机图形的生成必须先建立图形的数学模型和存储数据结构,再通过有关运算,才能把图形存储在计算机中或显示在计算机屏幕上,这就是产品建模(构型)。因此,模具 CAD/CAM 系统应具有产品建模(构型)功能。产品构型有 4 种方法,即线框模型、表面模型、实体模型、特征建模等。由于前 3 种方法属于几何形状建模,这些几何模型仅能描述零件的几何形状数据,难以在模型中表达特征及公差、精度、表面粗糙度和材料特征等信息,也不能表达设计意图。而模具设计中的成型工艺与模具结构设计,不仅需要产品零件的几何形状数据,还需要其他信息。所以前 3 种构型方法均不太适合用于模具 CAD/CAM 系统中,只有特征建模方法才适合建立模具 CAD/CAM 集成系统。

(2)修改及再设计功能 模具 CAD/CAM 系统中的工艺与模具结构设计,必须具有修改及再设计的功能,因为目前的成型工艺及模具结构设计主要凭人们的经验,对于复杂形状零

件,往往需要经过反复试模才能生产出合格产品。所以试验后需要对工艺与模具结构进行修改,但往往只修改局部模具零件形状,故不希望重新开始设计。再者,有些工厂是生产系统产品的,产品更新时产品形状基本相同,只是尺寸或局部形状不同;对于模具来讲,也可利用原有模具而修改局部形状及相关尺寸。所以,在模具 CAD/CAM 系统中,只有采用参数化设计及变量装配设计方法才能达到上述要求。

(3) 存放大量数据功能 模具 CAD/CAM 系统必须具有能存放大量模具标准图形及数据,以及设计准则与经验数据图表的功能。由于模具结构的复杂性(特别是多工位级进模、汽车覆盖件模具,以及复杂形状的注射模等),导致模具的设计与制造周期很长。为缩短其设计与制造周期,国内外均制订了不少模具标准(包括模具标准结构、标准组件及标准零件)。同时,由于工艺设计与模具设计主要靠人的经验,因此,多年来由人们总结出了不少设计准则与经验数据,而且均以图表形式存在。为此,在建立 CAD/CAM 系统时,均需将这些标准与经验数据存入计算机中,以便在进行工艺与模具结构设计时调用,但目前一般商用数据库系统(如 Oracle, Sybase, Infomix 等)又不适合存放这些图形与图表数据,为此需要利用工程数据库系统。

二、模具 CAD/CAM 系统的关键技术

基于上述模具 CAD/CAM 系统的特点,在开发模具 CAD/CAM 系统时,必须应用下述关键技术。

(1) 特征建模(构型) 有关特征的概念至今仍未有统一、完整的定义,但一般可认为,特征是具有属性及工程语义的几何实体或信息的集合,也可以将特征理解为形状与功能的组合。常用特征信息主要包括形状特征、精度特征、技术特征、材料特征、装配特征等。特征建模方法可大致归纳为交互式特征定义、特征识别和基于特征的设计 3 个方面。特征模型一方面包括实体模型的全部信息,另一方面又能识别和处理所设计零件的特征。从用户操作和图形显示上,往往感觉不到特征模型与实体模型的不同,但在内部数据表示上是不同的。特征模型能够完整、全面地描述产品的信息,使得后续的成形工艺设计与模具结构设计可直接从产品模型中抽取所需信息。

(2) 参数化设计与变量化设计

● 参数化设计:传统的 CAD 绘图技术都用固定的尺寸值定义几何元素。输入的每一几何元素都有确定的位置,要想修改图形只能删除原有元素后重画。而模具设计中不可避免地要多次反复修改,进行模具零件形状和尺寸的综合协调,甚至是安装位置的改变。若采用上述方法,每次修改必导致图形的重画。这样设计效率很低,也达不到实用化的要求。因此,在模具 CAD/CAM 系统中,一定要采用参数化设计方法。参数化设计是用几何约束、工程方程与关系来定义产品模型的形状特征,也就是对零件上各种特征施加各种约束形式,从而达到设计一组在形状或功能上具有相似性的设计方案。目前能处理的几何约束类型基本上是组成产品形体的几何实体公称尺寸关系和尺寸之间的工程关系,故参数化技术又叫尺寸驱动几何技术。

● 变量化设计:由于参数化设计是一种“全尺寸约束”,即设计者在设计初期及全过程中,必须将形状和尺寸联系起来考虑,并且通过尺寸约束来控制形状,通过尺寸的改变来驱动形状的改变,一切以尺寸(即“参数”)为出发点。一旦所设计的零件形状过于复杂,就容易造成系统数据混乱。为此,出现了一种比参数化技术更为先进的实体造型技术,即变量化技术。

变量化设计是通过求解一组约束方程组,来确定产品的尺寸和形状。约束方程驱动可以

是几何关系,也可以是工程计算条件。约束结果的修改受到约束方程驱动。变量化技术既保持了参数化技术的原有优点,又克服了其不足之处,它的成功应用为 CAD 技术的发展提供了更大的空间与机遇。目前应用变量化技术具有代表性的软件是 SDRG/I-DEAS。

(3) 变量装配设计技术 装配设计建模的方法主要有自底向上、概念设计、自顶向下 3 种方法。自底向上的方法是先设计了详细零件,再拼装成产品。而自顶向下是先有产品的整个外形和功能设想,再在整个外形里一级一级划分出产品的部件、子部件,一直到底层粗糙的零件。在模具中,由于有些模具结构很复杂(如多工位级进模、汽车覆盖件模具等),零件数有时达数百个。若一个个零件设计再装配,不仅设计速度很慢,而且很多零件相互间在形状上与位置上都有约束关系,如级进模中的凸模与凹模型腔间、凹模或卸料板上的让位孔槽与凸模及条料间。这些约束关系是无法脱离装配图来进行设计的。因此,在进行模具设计时,只有采取自顶向下的设计方法,变量装配设计才支持自顶向下的设计。

变量装配设计也是实现动态装配设计的关键技术,所谓动态装配设计是指在设计变量、设计变量约束、装配约束驱动下的一种可变的装配设计。其中,设计变量是定义产品功能要求和设计者意图的产品整体或其零部件的最基本的功能参数和形状参数。设计变量约束即设计约束或变量约束,设计变量和设计变量约束控制装配体中的零部件的形状。装配约束是通过三维几何约束自动确定装配体内各个零部件的配合关系,它确定了零部件的位置。这些设计变量、设计变量约束、几何约束都是可变化和控制的,是动态的。修改装配设计产生的某些设计变量和约束,原装配设计将在所有约束的驱动下自动更新和维护,从而得到一个原设计没有概念变化的新的装配设计。动态设计过程是正向设计与反向设计相结合的过程,正向设计是从概念设计到详细设计的自顶向下的设计过程,而反向设计是指对产品设计方方案中一些不满意的地方提出要求或限制条件,通过约束求解对原方案进行设计修改的过程。

变量装配设计把概念设计产生的设计变量和设计变量约束进行记录、表达、传播和解决冲突,以满足设计要求,使各阶段设计(主要是零件设计)在产品功能和设计意图的基础上进行,所有的工作都是在产品功能约束下进行和完成的。

(4) 工程数据库 工程数据库是指能满足人们在工程活动中对数据处理要求的数据库。工程数据库是随着 CAD/CAM/CAE/CAPP 集成化软件的发展而发展的,这种集成化系统中所有功能模块的信息都是在一个统一的工程数据库下进行管理的。

工程数据库系统与传统的数据库系统有很大差别,主要表现在支持复杂数据类型、复杂数据结构,具有丰富的语义关联、数据模型动态定义与修改、版本管理能力及完善的用户接口等。它不但要能够处理常规的表格数据、曲线数据等,还必须能够处理图形数据。



工程数据库管理系统一般要满足的要求

- (1) 动态处理模式变化的功能 由于设计过程和工艺规划过程中产生的数据是不断变化的,要求工程数据库管理系统能支持动态描述数据库中数据的能力,使用户既能修改数据库中的值,又能修改数据结构的模式。
- (2) 能描述和处理复杂的数据类型 由于工程数据结构复杂,语义关系十分丰富,因此,工程数据管理系统不仅要支持用户定义复杂的类型,而且还要支持多对多关系、递归关系等复杂数据结构的描述。

(3) 支持工程事务处理和恢复 工程事务大都具有长期性,工程数据中有一批数据要使用很长时间。由于一个工程事务不可能成为处理和恢复的最小单位,必须分层次、分类别、分期保存中间结构,以进行较短事务处理。因此,从使用安全性考虑,要具备适合工程应用背景的数据库恢复功能,以实现长事务的回退处理。

(4) 支持多库操作和多版本管理 由于工程设计用到的信息多种多样,需要在各设计模块间传递数据,所以需要提供多库操作和通信能力。由于工程事务的复杂性和反复试验的实践性,要求工程数据库系统具有良好的多版本管理和存储功能,以正确地反映工程设计过程和最终状态,不仅为工程的实施服务,而且为今后的管理和维护服务,同时也为研究和设计类似工程提供可借鉴的数据。

(5) 支持工程数据的长记录存取和文件兼容处理 工程数据中,有些数据不适合在数据库中直接存储,以文件系统为基础来设计其存储方式,会更为方便和提高存取效率,如工程图本身。

(6) 支持分布环境 在CAD/CAM系统中,数据管理往往分布于工程活动的全过程,应用系统的地理位置也可能是分散的,且各地的数据库有的是面向全局的,有的是面向局部的。在这种分散环境下,分布数据处理自然是工程数据库管理系统的一个重要功能。

(7) 权限控制 工程设计是一个众多设计共同参与的设计环境,同时每一个设计子任务,由于专业方面的原因,在某种程度上具有相对独立性。由于不同人员都可使用数据库,为了安全起见,对设计对象、数据库资源及各类设计人员给予一定的权限范围,可以控制一些非法用户访问或修改数据库。

(8) 用户管理 数据库管理系统对于数据操作语言(DML)应提供与工程设计常用算法语言的接口,并提供适用工程环境要求的用户界面。

三、模具 CAD/CAM 技术的优越性及特点

1. 模具 CAD/CAM 技术的优越性

模具 CAD/CAM 技术的优越性赋予了它无限的生命力,使其得以迅速发展和广泛应用。无论在提高生产率、改善质量方面,还是在降低成本、减轻劳动强度方面,CAD/CAM 技术的优越性是传统的模具设计与制造方法所不能比拟的。

- CAD/CAM 技术可以提高模具设计和制造水平,从而提高模具质量。在计算机系统内存储了各有关专业的综合性的技术知识,为模具的设计和制造工艺制订提供了科学依据。计算机与设计人员交互作用,有利于发挥人机各自的特长,使模具设计和制造工艺更加合理化。系统采用的优化设计方法有助于某些工艺参数和模具结构的优化。采用 CAD/CAM 技术极大地提高了加工能力,可加工传统方法难以加工或根本无法加工的复杂模具型腔,满足了生产需要。

- CAD/CAM 技术可以节省时间,提高效率。设计计算和图样绘制的自动化大大缩短了设计时间。CAD 与 CAM 一体化可显著缩短从设计到制造的周期。例如日本利用级进模 MEL 系统和弯曲模 PENTAX 系统,采用先进的人机交互式设计技术,使设计时间减少为原来的 1/10。

- CAD/CAM 技术可以较大幅度降低成本。计算机的高速运算和自动绘图大大节省了劳动力。优化设计节省了原材料,例如冲压件毛坯优化排样可使材料利用率提高 5% ~ 7%。采用 CAM 可减少模具的加工和调试工时,使制造成本降低。由于采用 CAD/CAM 技术,生产准备时间缩短、产品更新换代加快,大大增强了产品的市场竞争能力。

- CAD/CAM 技术将技术人员从繁冗的计算、绘图和 NC 编程中解放出来,使其可以从事更多的创造性劳动。

模具 CAD/CAM 的优越性还可以列举很多,可以肯定这知识密集、更新速度快、综合性强、效益高的新技术最终将取代传统的模具设计与制造技术。

2. 模具 CAD/CAM 技术的特点

由于工业产品越来越复杂、更新换代速度越来越快,所以模具 CAD/CAM 系统相对于其他 CAD/CAM 系统更复杂、功能更强大,具有如下特点。

- 产品几何模型是 CAD/CAM 的原始依据,目前工业产品的几何形状越来越复杂,不规则,因此,模具 CAD/CAM 系统必须具备较强的几何建模能力。

- 为了便于交流和提高工作效率,模具结构标准化程度正在逐步提高,模具结构中使用了大量标准件,所以模具 CAD/CAM 必须有较强的数据管理能力,建有模具标准件的图形数据库,以便调用。

- 模具设计过程中,需要查阅大量数表和线图,使用许多经验公式,因此,模具 CAD/CAM 系统必须能对这些数表、线图和公式进行程序化处理,建立程序库。

- 模具制造属单件生产,使用的加工手段多,除采用切削加工手段外,还采用了电加工等特种加工手段,因此,模具 CAD/CAM 系统应建有丰富的工艺数据库。

四、CAD/CAM 技术在模具行业中的应用及发展趋势

1. CAD/CAM 技术在模具行业中的应用

模具行业是最早采用 CAD/CAM 技术的行业。为适应产品生产呈现多品种、少批量,复杂、精密,更新换代速度快的变化特点,提高模具质量,缩短制模周期,随着计算机技术和制造技术的迅速发展,功能强大的专业软件和高效集成制造设备的出现,模具技术正由手工设计、依靠人工经验和常规机械加工技术向以计算机辅助设计(CAD)、数控切削加工、数控电加工为核心的计算机辅助设计与制造(CAD/CAM)技术转变。

工业发达国家对模具 CAD/CAM 技术的开发和应用非常重视,早在 20 世纪 60 年代初期,国外一些飞机和汽车制造公司就开始了模具 CAD/CAM 的研究工作,投入了大量人力和物力。各大公司都先后建立了自己的模具 CAD/CAM 系统,并于 20 世纪 80 年代开始工业化应用,广泛用于冷冲模、锻模、挤压模、注塑模和压铸模的设计与制造,目前工业发达国家采用模具 CAD/CAM 技术的制造企业已占 30%。

中国模具 CAD/CAM 技术的开发开始于 20 世纪 70 年代末,发展也十分迅速,但与工业发达国家相比还比较落后,有工业应用价值的模具 CAD/CAM 系统不多。为迅速改变中国模具工业的落后面貌,从 20 世纪 90 年代开始大力推广应用模具 CAD/CAM 技术,从国外引进了大量的 CAD/CAM 系统,目前已取得长足的进步。

2. CAD/CAM 的发展趋势

CAD/CAM 技术发展的趋势是集成化、智能化、标准化、微型化和网络化。

(1)集成化 20 世纪 80 年代以来,计算机集成制造(Computer Integrated Manufacture, CIM)技术已成为应用计算机技术在制造工业的主要发展方向。利用 CIM 技术建立的计算机集成制造系统(CIMS),是通过计算机优化和控制产品的规划、设计、制造、检验、包装、运输、销售等各个环节,利用最小的制造和管理资源,最优地实现企业的发展目标,获得最大的总体效益。

计算机集成制造系统一般由技术信息系统(TIS)、制造自动化系统(MAS)和管理信息系统(MIS)组成。CAD/CAM 系统为技术信息系统的主要部分。CIM 的核心技术是集成,包括物理集成、信息集成和功能集成等方面的内容,其中信息集成是实现 CIM 的基础和关键。

CAD/CAM 系统集成主要有包含三层意思:①软件集成,扩充和完善一个 CAD 系统的功能,使一个产品设计过程和各级段都能在单一的 CAD 系统中完成;②CAD 功能和 CAM 功能的集成;③建立企业的 CIMS 系统,实现企业的物理集成、信息集成和功能集成。

(2)智能化 人工智能技术是通向设计制造自动化的重要途径。近年来,人工智能的应用主要集中在引入知识工程,发展专家系统。传统的 CAD 系统在产品的设计、分析、计算与绘图等方面具有较好的应用,但对产品设计的整个生命周期却力不从心,特别在产品的概念设计阶段,从抽象到具体的实现极为困难,需要根据设计与制造人员丰富的经验与知识作出合理的判断与决策。人们将人工智能技术、知识工程和专家系统技术引入到 CAD/CAM 中,形成智能的 CAD/CAM 系统。抓家系统实质上是一种“知识+推理”的程序,是将人类专家的知识和经验结合在一起,使它具有逻辑推理和决策判断能力。

(3)标准化 CAD/CAM 系统发展迅速,必须统一标准,否则会造成混乱的局面,给用户带来很大的麻烦。CAD/CAM 软件的标准化是指图形软件的标准。图形标准是一组由基本图素与图形属性构成的通用标准图形系统。

IGES(Initial Graphics Exchange Specification,基本图形转换规范),用于 CAD 系统之间交换数据。

GKS(Graphics Kernel System,计算机图形核心系统),建立应用程序与图形输入、输出设备的功能接口。

PDES(Product Data Exchange Specification,产品数据交换规范),是产品数据交换标准。

(4)微型化 CAD/CAM 已经采用超级微型计算机。32 位超级微型计算机在单机功能上将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。以超级微机为基础的 CAD/CAM 系统不断增多,功能不断强大,性能已日趋成熟,并已开始广泛应用。

(5)网络化 微型计算机 CAD/CAM 系统发展的一条主要途径是网络化。计算机技术和通信技术相互渗透、密切结合产生了计算机网络。计算机网络将各自独立的、分布于各处的多台计算机通过通信线路相互连接起来,实现计算机之间相互通信,从而使资源能共享并能整体协同工作。由于微型机价格低廉,功能较强,可将多台微机工作站连成分布式 CAD/CAM 系统。分布式 CAD/CAM 系统结构灵活,功能强。在分布式系统中,客户/服务器(Client/Server)