



21 世纪 高校 规划 教材

21SHIJI GAOXIAO GUIHUA JIAOCAI

机械 CAD / CAM 技术与应用

主编 / 李国臣 谢友宝 吴南星 蔡少虬

JIXIE CAD/CAM JISHU YU YINGYONG

江西高校出版社

21 世纪高校规划教材

机械 CAD/CAM 技术与应用

主 编 李国臣 谢友宝 吴南星 蔡少虬

江西高校出版社

图书在版编目(CIP)数据

机械 CAD/CAM 技术与应用/李国臣等编著. —南昌:
江西高校出版社, 2007.12

ISBN 978-7-81132-190-6

I. 机... II. 李... III. ①机械设计:计算机辅助
设计 ②机械制造:计算机辅助制造 IV. TH122 TH164

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007) 第 205912 号

出版发行	江西高校出版社
社 址	江西省南昌市洪都北大道 96 号
邮 政 编 码	330046
总编室电话	(0791)8504319
网 址	www.juacp.com
印 刷	南昌市光华印刷有限责任公司
照 排	江西太元科技有限公司照排部
经 销	各地新华书店
开 本	787mm×1092mm 1/16
印 张	21
字 数	530 千字
版 次	2007 年 12 月第 1 版第 1 次印刷
书 号	ISBN 978-7-81132-190-6
定 价	33.80 元

版权所有 侵权必究

前 言

Mastercam 是美国 CNC software 公司推出的基于 PC 平台的 CAD/CAM 一体化软件,是最经济、有效率的全方位软件系统。它集二维绘图、曲面设计、三维实体、体素拼合、数控加工和刀具路径模拟等功能于一体,使用户在造型设计、CNC 铣床、CNC 车床和 CNC 线切割等加工操作中,都能获得最佳效果。目前,该软件广泛应用在机械、电子、模具、汽车及航空等行业,尤其在模具制造业,已成为进入该行业必须掌握的专业工具之一。十多年来,Mastercam 一直保持全球 CAM 软件装机量之最,得到了工业界及大中专院校的广泛采用。

Mastercam X 是 Mastercam 的最新版本,它将设计【Design】、铣削加工【Mill】、车削加工【Lathe】和线切割加工【Router】等四个功能模块集成到一个平台,以全新的技术与微软公司 Windows 技术更加紧密地结合,使得程序更流畅,设计更高效。

- 全新设计操作窗口: Mastercam X 系统完全重新设计,在操作环境及方式上作了突破性的改进,去掉了原有的瀑布式层级菜单,采用流行的“窗口式操作”和“以对象为中心”的操作方式,可让用户更加高效快捷地进行操作,提高设计效率。

- 高速的产品开发性能: Mastercam X 系统中的 important Z-level toolpaths 的执行效果较以往最高可提高 400%,其新功能 Enhanced Machining Model 高速地加快程序设计并保证设计精密。

- 更强、更直观的 CAD 设计: Mastercam X 程序完全重新设计,其模型化过程变得空前的高效和灵活,新的视角鸟瞰功能【eye towards】使得创造更容易。

此外,Mastercam X 内置了超强的纠错功能,可以自动地提示用户设计工程中出现的问题,从而降低出错的概率。

本着普通高校“应用技能型人才”培养的宗旨,本书理论知识先行,然后进行操作讲解。全书按照“由浅入深,循序渐进”的原则,以“图形案例”配合内容讲解,书中示例力求“实用性和工程的专业性”,在本书的最后安排了数控车削实训环节,让学习者可以根据书中的内容进行机床实践操作,真正达到“用得上,学得会,看得懂”。

本教材在内容安排上共分三部分:

第一部分,机械 CAD/CAM 理论基础:介绍 CAD/CAM 的基本概念和工作原理,以及 CAD/CAM 的产品建模技术。

第二部分,Mastercam X - CAD 设计部分:介绍 Mastercam X 的设计功能,包括 Mastercam X 系统配置与基本操作、二维图形的绘制与编辑、三维曲面/曲线的创建与编辑、三维实体的创建与编辑。

第三部分,Mastercam X - CAM 加工部分:介绍 Mastercam X 的加工功能。主要包括 CAM 加工基础、二维铣削加工、三维曲面加工、多轴加工、车床加工以及数控车削实训操作等。

本书主编人员有李国臣(井冈山大学)、谢友宝(南昌航空大学)、吴南星(景德镇陶瓷学院)和蔡少虬(九江学院),参编人员有孟飞(华东交通大学)、余冬玲(景德镇陶瓷学院)、黄志诚(景德镇陶瓷学院)、周晖(江西科技师范学院)、章力(江西科技师范学院)、杨文(江西科技师范学院)、江卓达(九江学院)、罗智中(华东交通大学)、刘朝晖(井冈山大学)、肖忠跃(井冈山大学)、谢永恣(井冈山大学)、高延峰(南昌航空大学)。

由于编者经验水平有限,书中错误、疏漏和不妥之处请读者予以批评指正。

内 容 简 介

本书结合 Mastercam 在工程中需要的 CAD 和 CAM 功能,系统地介绍了最新版本 Mastercam X 的 CAD/CAM 特点、功能和使用方法。本书先讲述理论知识,在此基础上精心安排图例和练习,从理论到实践,由浅到深,循序渐进,内容丰富,通俗易懂。

本书既可作为高等院校的 CAD/CAM 技术应用教材,也可作为从事机械设计、数控加工和模具设计等有关工程技术人员的参考资料。

编 者 吴南星 吴南星 吴南星 吴南星 吴南星 吴南星 吴南星 吴南星 吴南星 吴南星

机械工业出版社

目 录

第 1 章 CAD/CAM 概述	1
1.1 CAD/CAM 的基本概念	1
1.2 CAD/CAM 的系统结构	2
1.3 CAD/CAM 系统的选型	5
1.4 CAD/CAM 技术的发展与应用概况	7
第 2 章 CAD/CAM 产品建模技术	11
2.1 建模的基本概念	11
2.2 几何建模技术	13
2.3 特征建模技术	21
第 3 章 Mastercam X 基础知识	26
3.1 Mastercam X 简介	26
3.2 Mastercam X 工作界面	27
3.3 Mastercam X 基本操作	33
3.4 Mastercam X 系统设置	40
第 4 章 二维绘图	50
4.1 基本绘图命令	50
4.2 绘制文字【Create Letters】	60
4.3 绘制螺旋线【Create Helix】	62
4.4 绘制边界框【Create Bounding Box】	63
4.5 图形标注【Dimension】	63
操作与练习	70
第 5 章 二维图形编辑	71
5.1 目标选择	71
5.2 删除对象	73
5.3 对象修整	73
5.4 图形变换	79
操作与练习	89
第 6 章 曲面造型	92
6.1 三维线框模型	92
6.2 三维曲面的绘制	102
6.3 曲面的编辑	120
操作与练习	128

第 7 章 实体造型	131
7.1 实体操作	131
7.2 实体编辑	134
7.3 布尔运算	139
7.4 薄片实体	141
7.5 实体管理器	142
操作与练习	150
第 8 章 Mastercam X 加工基础	151
8.1 数控加工的系统设置	151
8.2 Mastercam X 系统加工一般流程	154
8.3 刀具设置	158
8.4 工件设置	161
8.5 操作管理	162
第 9 章 二维铣削加工	168
9.1 NC 刀具共同参数	168
9.2 外形铣削	172
9.3 孔加工	186
9.4 挖槽铣削	192
9.5 面铣削	201
9.6 雕刻加工	203
操作与练习	206
第 10 章 曲面加工	208
10.1 曲面加工类型	208
10.2 曲面粗加工	208
10.3 曲面精加工	233
操作与练习	250
第 11 章 多轴加工	252
11.1 多轴加工公共参数	253
11.2 曲线 5 轴加工	254
11.3 钻孔 5 轴加工	257
11.4 沿边 5 轴加工	258
11.5 曲面 5 轴加工	260
11.6 流线 5 轴加工	265
11.7 旋转 4 轴加工	267
11.8 腔内 5 轴加工	268
操作与练习	276

第 12 章 车削加工	277
12.1 车刀管理	277
12.2 工件设置	281
12.3 粗车加工	282
12.4 精车加工	284
12.5 切槽加工	285
12.6 螺纹加工	285
12.7 钻孔加工	287
操作与练习	301
第 13 章 数控操作与实训	302
13.1 数控面板与机床面板	302
13.2 基本操作	306
13.3 刀具补偿设置	312
13.4 车床对刀	315
操作与练习	318
附录	323
附录 1 常用功能键及其含义	323
附录 2 FANUC 系统数控车床 G 代码和 M 代码	324
主要参考文献	327

第 1 章 CAD/CAM 概述

【内容提要】 计算机辅助设计与制造 (Computer Aided Design and Manufacturing, 简称 CAD/CAM) 是随着计算机及其外围设备和软件的发展而产生的一门新型科学技术。它将人的创造能力和计算机的高速运算能力、巨大存储能力和逻辑判断能力很好地结合起来, 进行工业产品的设计和工业产品的制造, 完成产品的方案设计、结构设计、分析评价、工程图的绘制、技术文档的编写、工艺设计、数控程序的编制及计算机仿真等工作。本章介绍 CAD/CAM 技术的相关基础知识, 主要内容如下:

- ◇ CAD/CAM 的基本概念
- ◇ CAD/CAM 的系统结构
- ◇ CAD/CAM 系统的选型
- ◇ CAD/CAM 技术的发展与应用概况

1.1 CAD/CAM 的基本概念

从传统的制造过程来看, 产品从市场需求分析开始, 经过产品设计、工艺设计、加工装配、产品生产等环节, 最后形成用户所需要的产品, 如图 1.1 所示。

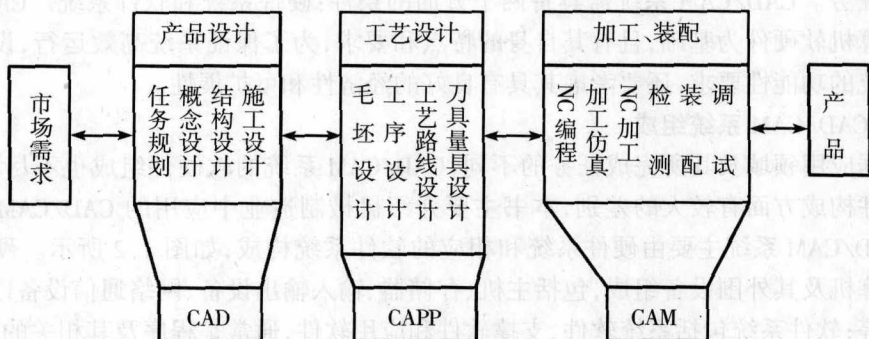


图 1.1 产品生产过程与 CAD/CAM

在产品设计阶段, 主要完成任务规划、概念设计、结构设计、详细设计、结构优化设计、工程设计等。借助计算机来完成这些任务, 则称为 CAD。在工艺设计阶段, 要完成毛坯设计、工艺规程设计、工装设计等任务。借助计算机来完成这些任务, 就称为 CAPP。在生产加工阶段, 要完成数控编程、加工过程仿真、数控加工、质量检验、产品装配、调试等。使用计算机来完成这些工作, 就称为 CAM。应用计算机信息集成技术, 为 CAD/CAM 提供一个集成的工作环境, 将 CAD、CAPP、CAM 有机地联手起来, 称之为 CAD/CAM 集成技术。

一、CAD 的概念

CAD 是指以计算机为辅助手段来完成整个产品的设计过程。产品设计过程是指从产

品的功能定义开始,到设计完成产品的材料信息、结构形状、精度要求和技术要求等,最终以零件图、装配图的形式反映出来的过程。广义的 CAD 包括设计和分析两个方面。设计是指构造零件的几何形状,选择零件的材料,以及为保证整个设计的统一性而对零件提出的功能要求和技术要求等。分析是指运用数学建模技术,如有限元、优化设计技术等,从理论上对产品的性能进行模拟、分析和测试,以保证产品设计的可靠性。

二、CAM 的概念

计算机辅助制造是指利用计算机系统,通过计算机与生产设备直接或间接的联系,进行规划、设计、管理和控制产品的生产制造过程。关于 CAM 的概念有两种理解:一种是狭义的 CAM,指数控编程,与机床数控装置的软件接口。另外一种为广义的 CAM,除数控编程以外,还包括工艺过程的设计(CAPP)、制造过程仿真(MPS)、自动化装配(FA)、车间生产计划、制造过程检测和故障诊断、产品装配与检测等。

三、CAD/CAM 集成的概念

CAD/CAM 系统的集成就是把 CAD、CAM、CAE(计算机辅助工程)、CAPP、NCP(数控编程)以及 PPC(生产计划与控制)等各种功能不同的软件有机地结合起来,用统一的执行机制来组织各种信息的提取、交换、共享和处理,以保证系统内信息的畅通。也就是说,它是将产品设计、生产管理、质量控制等有机地集成在一起,通过生产数据采集和信息流形成一个闭环系统。CAD/CAM 集成是机械制造迈向 CIMS(计算机集成制造系统)的基础。

1.2 CAD/CAM 的系统结构

CAD/CAM 技术已广泛应用于机械、电子、航空航天等众多的领域,完成着各种各样的设计制造任务。CAD/CAM 系统需具备两个方面的条件:硬件系统和软件系统。CAD/CAM 系统以计算机软硬件为基础,且有其自身的特点和要求,为了保证系统高效运行,设计时既要考虑系统的功能性要求,还要考虑其具有良好的经济性和可扩展性。

一、CAD/CAM 系统组成

根据应用领域及其所完成任务的不同,CAD/CAM 系统的软硬件组成也不尽相同,特别是在软件构成方面有较大的差别,本书主要介绍机械制造业中应用的 CAD/CAM 系统。典型的 CAD/CAM 系统主要由硬件系统和相应的软件系统构成,如图 1.2 所示。硬件系统主要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、网络通信设备以及生产加工设备等;软件系统包括系统软件、支撑软件和应用软件,通常是程序及其相关的文档。

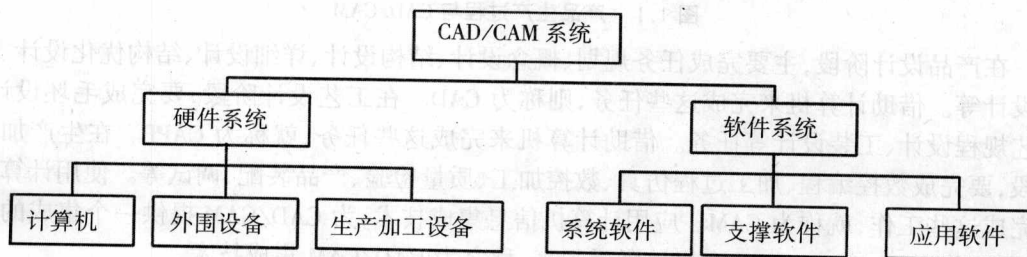


图 1.2 CAD/CAM 系统的组成

二、CAD/CAM 系统分类

1. 按支撑软件功能分类

(1)CAD 系统 这类系统具有较强的几何造型、工程绘图、仿真与模拟、工程分析与计算、文档管理等功能。在硬件方面,往往不具备生产系统设备及相关接口;在软件方面,不具备数控编程、加工仿真、生产系统控制与管理等功能。该类系统是为完成设计任务而建立的,规模相对较小,建设成本也很低。

(2)CAM 系统 这类系统具有数控加工编程、加工过程仿真、生产系统及设备的控制与管理、生产信息管理等功能。在硬件方面,图形输入输出设备相对较少,而大多数是与生产相关的设备;在软件方面,几何造型、自动绘图、工程分析与计算、运动学和力学分析与仿真等功能很弱或没有。该类系统是专门面向生产过程的,规模相对小一些。

(3)CAD/CAM 集成系统 这类系统规模较大、功能齐全、集成度较高,同时具备 CAD、CAM 系统的功能,以及系统间共享信息和资源的能力,硬件配置较全,软件规模和功能强大。该类系统是面向 CAD/CAM 一体化而建立的,是目前 CAD/CAM 发展的主流。

2. 按计算机硬件及其信息处理方式分类

(1)主机系统 如图 1.3 所示,一个主机为中心,系统集中配备某些外围设备(如绘图机、打印机、磁带机、磁盘机等)与主机相连,同时可以支持多个用户工作站及字符终端。一般至少有一个图形终端,并配有图形输入设备,如键盘、鼠标或图形输入板,用来输入字符或命令等。这类系统采用多用户分时工作方式,其优点是主机功能强,能进行大信息量的作业,如大型分析计算、复杂模拟和管理等;缺点是开放性较差,即系统比较封闭,具有专用性,而且一旦主机发生故障,整个系统就不能工作,所以一般不再采用。

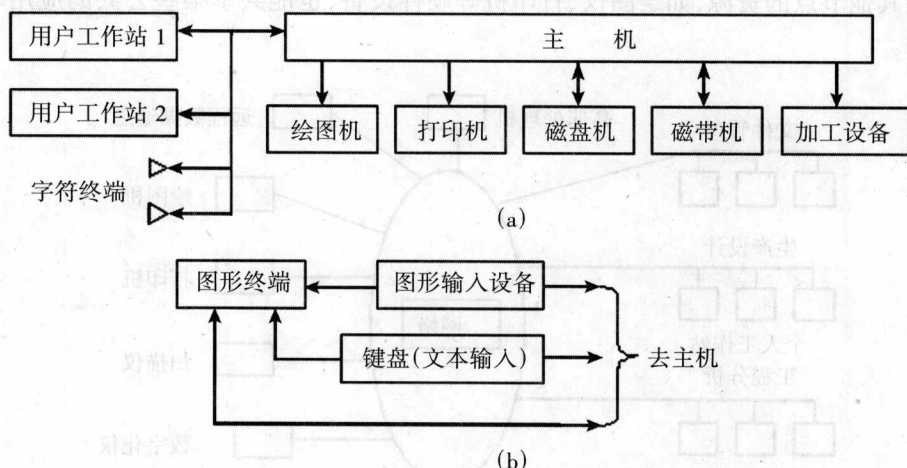


图 1.3 主机系统的基本结构

(2)工程工作站系统 工作站本身具有强大的分布式计算功能,因此能够支持复杂的 CAD/CAM 作业和多任务进程。该类系统的信息处理不再采用多用户分时系统的结构与方式,而是采用计算机网络技术将多台计算机(工程工作站或微型计算机)连接起来,一般每台计算机只配一个图形终端,每位技术人员使用一台计算机,以保证对操作命令的快速响应,如图 1.4 所示。由于系统的单用户性,保证了优良的时间响应,提高了用户的工作效率。

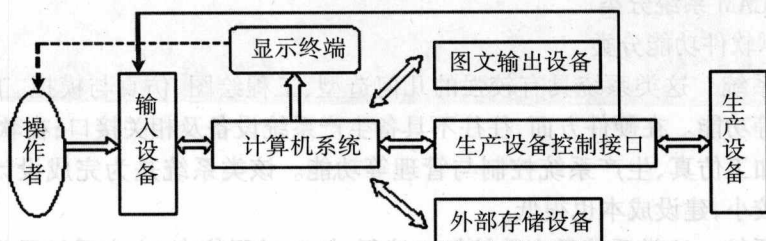


图 1.4 工作站系统的基本结构

(3)微机系统 近年来,微机(PC机)在速度、精度、内外存容量等方面已能满足 CAD/CAM 应用的要求,以往一些对计算机硬件资源要求高、规模较大、在工程工作站上运行的 CAD/CAM 软件逐步移植到微机上,从图形软件、工程分析软件到各种应用软件,满足了用户的大部分要求。现代网络技术能将许多微机及公共外设连成一个完整的系统,做到了系统内部资源的共享。

3. 根据 CAD/CAM 系统是否使用计算机网络分类

(1)单机系统 每台计算机上都具备完成 CAD/CAM 指定任务所需要的全部软硬件资源,计算机之间没有实施网络连接,无法进行通信和信息交互,不能实现资源共享。

(2)网络化系统 将多台计算机以网络形式连接起来,计算机之间可以进行通信和信息交互,完成 CAD/CAM 任务所需要的全部软硬件资源分布在各个节点上,实现资源共享,如图 1.5 所示。网络上各个节点的计算机可以是微机,也可以是工作站。每个节点有自己的 CPU 甚至外围设备,使用速度不受网络上其他节点的影响。通过网络的通信功能,节点用户可以享用其他节点的资源,如绘图仪、打印机等硬件设备,也能共享某些公共的应用软件及数据文件。

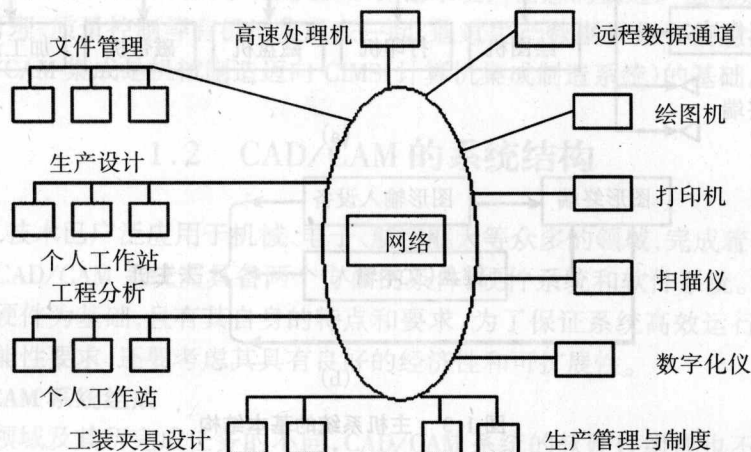


图 1.5 网络化 CAD/CAM 系统

采用的网络形式有总线网、星形网、环形网等。总线网适用于将各种性能差别较大的设备连入网内,具有良好的开放性和可扩展性,是目前应用的主流。星形网的访问控制比较简单,缺点是每个站点与中央节点之间有一条连线,费用较大,且中央节点的可靠性要求高。

环形网采用点到点的结构,无碰撞,传输速度快,距离远,适合传输数据量大的场合。但随着中继器的增多,费用也大大增加,且当某一节点出现问题时,可能影响整个网络。

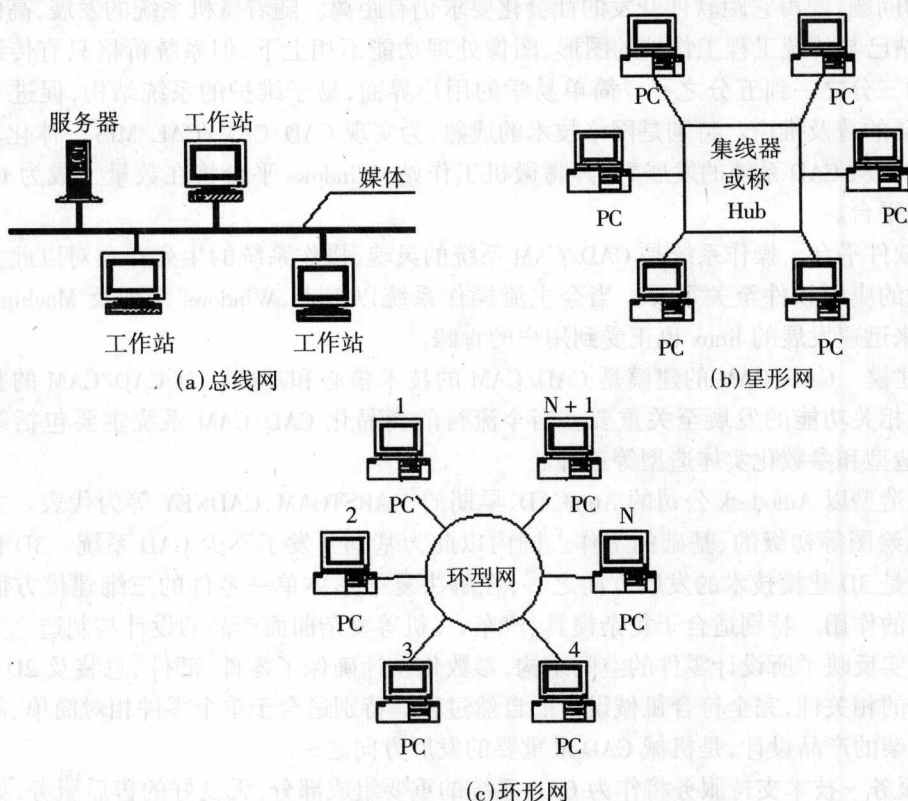


图 1.6 总线网、星形网、环型网示意图

1.3 CAD/CAM 系统的选型

科学、合理的选型将为 CAD/CAM 的成功应用打下良好的基础,并推动 CAD/CAM 应用沿着良性循环的轨道前进和健康发展。国内 CAD/CAM 应用历程中成功与失败的案例都在反复强调着同一个观点:选型环节在 CAD/CAM 应用过程中是极其重要的。为了把握全局,科学地审视选型过程,在 CAD 选型中应掌握如下基本原则:把握趋势、区分差异、合理配置、兼顾发展。

1. 把握趋势

把握 CAD/CAM 软、硬件及系统结构的发展趋势,结合工厂实际情况做好规划选型,是确保 CAD/CAM 系统成功应用的关键。以下几方面是当前的发展趋势:

(1) 硬件平台 计算机硬件的每一次技术突破都带来 CAD/CAM 技术革命。把握硬件平台的发展趋势,选准未来的主流产品,是系统选型的基础工作。CAD/CAM 技术对分析计算、图形处理及数据库等有较高的要求。在 20 世纪 70 年代初, CAD/CAM 系统只能在大型机上实现(如 IBM3031、HONEYWELL780 等),系统结构为主机终端式。20 世纪 80 年代初, CAD/CAM 硬件平台转向小型机,主要进行 2D 绘图、数据计算等。20 世纪 80 年代末 90 年代

初风靡世界的工程工作站,以其相对较低的价格、强大的图形图像处理及科学计算功能适应了 CAD/CAM 技术的发展要求,但 UNIX 操作系统较高的系统维护要求,硬件平台之间仍有不兼容的问题,使得它距软件开发的的社会化要求仍有距离。随着微机系统的发展,高配置的 NT 工作站已与传统工程工作站的图形、图像处理功能不相上下,但系统价格只有传统工程工作站的三分之一到五分之一。简单易学的用户界面,易于维护的系统结构,促进了企业 CAD/CAM 的普及推广。特别是网络技术的成熟,为实现 CAD/CAM/CAE/MIS 一体化奠定了技术基础。从 CAD 系统的发展看,奔腾微机工作站、Windows 平台将在数量上成为 CAD 应用的主流平台。

(2)软件平台 操作系统是 CAD/CAM 系统的灵魂,操作系统的生死存亡对以此为基础发展起来的应用软件至关重要。当今主流操作系统以 Unix、Windows 系列及 Machintosh 为主,近年来迅速发展的 linux 也正受到用户的青睐。

(3)建模 CAD/CAM 的建模是 CAD/CAM 的技术核心和基础。对 CAD/CAM 的整体技术水平及相关功能的发展至关重要。当今流行的商品化 CAD/CAM 系统主要包括线框造型、曲面造型和参数化实体造型等三种。

线框造型以 Autodesk 公司的 AutoCAD、早期的 MARSTCAM、CADKEY 等为代表。主要解决计算机绘图等初级的、基础的工作。国内以此为基础开发了不少 CAD 系统。3D NURBS 曲面造型是 3D 建模技术的发展方向之一,在解决复杂形体单一零件的三维建模方面起着不可替代的作用。特别适合于复杂模具、汽车、飞机等复杂曲面产品的设计与制造。实体造型技术如实反映了所设计零件的空间结构,参数化设计确保了零件、部件、总装及 2D、3D 工程图修改的相关性,完全符合机械设计的自然过程。特别适合于单个零件相对简单、部件结构比较复杂的产品设计,是机械 CAD 最重要的发展方向之一。

(4)服务 技术支持服务将作为 CAD 系统的重要组成部分,无良好的售后服务,如同使用一个无使用版权的软件,系统供应商必须具备提供优质服务的能力。甚至有人说:软件本身无价,而软件服务才是其价值所在。

(5)集成 在 CAD/CAM 系统的规模上,人们往往希望同一家公司软件规模越大越好,最好能包罗万象。但实际上,任何一家公司作为个体,无论人力与物力都无法与全社会的力量相比,不可能满足全社会多方面的要求。大而全必然会损失功能的优越性及系统的可靠性。但用户的实际要求确实是多方面的。好在计算机技术的发展已经为我们解决了这个矛盾。相互兼容的硬件平台及统一的软件平台为 CAD/CAM 应用软件系统开发的社会化奠定了良好的基础。所以采用系统集成的方式是满足用户不同要求的必由之路。

工业企业的实际生产管理过程是一个由产品规划、产品设计、性能测试、工艺准备、主体零部件生产、标准件及特种件外购、产品组装及检验、产品销售及服务集体协作、分散集中、不断反馈的信息流网络。网络下的 CAD/CAM/CAE/MIS 集成系统是未来的发展方向,成熟的网络技术正是这样一个可以任意扩展的系统,但每一方面的应用软件都必须具备可以在网络下运行的特征,必须具有完备的国际通用的图文交换接口。

总之,集成应用将成为 CAD 特别是 3D CAD 的应用主流,单纯的 CAD 系统并不能给企业的全面信息化建设带来根本性的促进,而仅用 3D 系统做设计是对系统资源与数据资源的浪费,全功能的集成系统或多软件包的整合系统都是为产品设计、分析、制造的全过程服务的。

2. 区分差异

各种 CAD 软件间存在着差异,各有其技术特色与专业分工,“小型软件无所不能,大型软件无所不包”的产品宣传往往造成选型不当、配置不合理。因此,在分清各种软件的特点、不同功能配置差异的基础上,才能正确决策。

3. 合理配置

从需求出发,从迅速形成阶段性成果出发进行应用系统的合理配置。在运行节点与功能模块的使用权(License)的配置上,既要兼顾工作面的铺开,使多人同时参与应用,又要保障各种工作流程可以配套进行。国内许多项目不是按需求确定投资大小,而是按拨发资金运作的,在这种情况下应避免因资金较少,造成系统不配套,不能形成阶段性应用成果;而在资金宽裕的条件下,应充分利用资金,创造出—个高性能、高档次的工作环境。

合理的软件选型是非常重要的。软件分为国外原版和国产两类。国产软件结合中国实际,能够解决用户的大部分问题,不同软件各有所长,国外原版软件并不是针对中国企业的,在标准规范、技术习惯、技术思维等方面均存在差异,而且不公开其核心技术。经过二次开发的国内 CAD 软件,具有自主版权,结合中国实际,适合企业技术人员学习与应用,但大多数在商品化方面还有一些差距,主要表现在系统的稳定性、可靠性和功能等方面。

4. 兼顾发展

CAD 是不断积累、可持续发展的应用技术,在选型阶段应该充分考虑发展的因素。在建设 CAD 系统方面,企业要基于企业的需要以及需求的发展状况。从没有听说过 CAD、CAM、CAE、CAPP、PDM 等一大堆缩略词,到购买 CAD 系统,然后把它作为生产工具来提高生产效率,是许多机械工业企业走过的共同之路。专家建议:CAD 系统选型要从基础做起,一步一步来,切忌盖空中楼阁。广义上的企业 CAD 应用可分为四个步骤:

(1)二维图形设计绘制,一般为实现“甩图板”的初级目标。

(2)三维图形设计绘制,是更进一步的应用,但还未超越基本目标。

(3)CAE 应用,通过计算机辅助分析,可使设计者不仅知道怎样设计产品,而且明白为什么这样设计,从而可进一步完善产品细节。

(4)PDM 应用,对产品数据进行管理,CAD 应用经验积累到—定的基础,使之发生质变,真正实现设计制造的系统化。

事实证明,企业要真正用好 CAD,需要—个长期的过程,向有 CAD 使用经验的同类企业多做咨询,提供软件的厂商要有良好的发展前景和企业信誉,能提供周到的售后服务和升级、排除障碍等技术支持。目前,可用于 CAD 应用的硬件系统有两大类:PC 和—作站。近来,在—作站与 PC 之间又出现了 PC 工作站,意味着 Windows 系统的性能已经接近或达到传统 Unix 系统的指标,用户可以用较低的成本实现 CAD 应用。

1.4 CAD/CAM 技术的发展与应用概况

近二十年来,CAD/CAM 是发展最迅速的技术和产业之一,也是应用领域最广的实用技术之一,它推动了制造业的发展。1990 年,美国国家工程科学院在对人类 25 年(1964—1989 年)的工程成就进行评比的结果中,CAD/CAM 技术开发和应用在十大成就中居第四位。目前,工业发达国家已有 80% 以上的企业使用了 CAD/CAM 技术。随着计算机硬件和软件技

术的不断发展, CAD/CAM 系统的性能价格比不断提高, 使得 CAD/CAM 技术的应用领域也不断扩大。

一、CAD/CAM 技术的发展

20 世纪 50 年代, 美国麻省理工学院(MIT)首次研制成功数控机床, 通过数控程序对零件进行加工。后来, MIT 又研究成功了名为“旋风”的计算机。该计算机采用阴极射线管(CRT)作为图形终端, 加之后来研制成功的光笔, 为交互式计算机图形学奠定了基础, 也为 CAD/CAM 技术的出现和发展铺平了道路。MIT 用计算机制作数控纸带, 实现 NC 编程的自动化, 标志着 CAM 的开始。在计算机图形终端上直接描述零件, 标志着 CAD 的开始。

1962 年美国学者 Ivan Sutherland 开发出第一个交互式图形系统 Sketchpad。此后, 相继出现了一大批商品化 CAD 软件系统。但是由于显示器价格昂贵, CAD 系统很难得到推广。直到 20 世纪 60 年代末期, 显示技术有了突破, 显示器价格大幅度下降, CAD 系统的性能价格比大大提高, CAD 用户开始以每年 30% 的速度逐年递增。此后, 随着 CAD/CAM 技术的迅速发展, 美国许多大公司都认识到了这一技术的先进性和重要性, 看到了它的应用前景, 纷纷投以巨资, 研制和开发了一些早期的 CAD 系统。例如, IBM 公司开发出具有绘图、数控编程和强度分析等功能的基于大型计算机的 SLT/MST 系统, 1964 年, 美国通用汽车公司研制了用于汽车设计的 DAC-1 系统; 1965 年, 美国洛克希德飞机公司推出了 CADAM 系统, 贝尔电话公司也推出了 GRAPHIC-1 系统等。在制造领域中, 1962 年, 在数控技术的基础上研制成功了世界上第一台机器人, 实现了物料搬运自动化; 1966 年, 又出现了用大型通用计算机直接控制多台数控机床的 DNC 系统, 初步形成了 CAD/CAM 产业。

20 世纪 70 年代, 交互式计算机图形学及计算机绘图技术日趋成熟, 并得到了广泛的应用。在此期间, 三维几何造型软件也发展起来了, 出现了一些面向中小企业的 CAD/CAM 商品化软件系统。在制造方面, 美国辛辛那提公司研制出了一条柔性制造系统(FMS), 将 CAD/CAM 技术推向了一个新阶段。由于计算机硬件的限制, 软件只是二维绘图系统及三维线框系统, 所能解决的问题也只是一些比较简单的产品设计制造问题。

第一个实体造型(Solid Modeling)试验系统诞生于 1973 年, 第一代实体造型软件于 1978 年推向市场。

20 世纪 80 年代, CAD/CAM 技术及应用系统得到了迅速的发展。促进这一发展的因素很多, 主要是计算机硬件的性能大幅度提高, 32 位字长的工作站及微机的性能已达到甚至超过了过去的小型机及中型机。计算机网络技术得到广泛应用, 为将 CAD/CAM 技术推向更高水平提供了必要的条件。此外, 企业界已广泛认识到 CAD/CAM 技术对企业的生产和发展具有的巨大促进作用, 在 CAD/CAM 软件功能方面也对销售商提出了更高的要求, 需要将数据库、有限元分析优化及网络技术应用到 CAD/CAM 系统中, 使 CAD/CAM 不仅能够绘制工程图, 而且能够进行三维造型、自由曲面设计、有限元分析、机构及机器人分析与仿真、注塑模设计制造等各种工程应用。与此同时, 还出现了产品设计制造过程相关的计算机辅助技术, 如计算机辅助工艺设计(CAPP)、计算机辅助质量控制(CAQ)等。到 20 世纪 80 年代后期, 在计算机辅助技术的基础上, 人们为了解决“信息孤岛”问题, 开始强调信息集成, 出现了计算机集成制造系统(CIMS), 将 CAD/CAM 技术推向了更高的层次。

20 世纪 90 年代, CAD/CAM 技术已走出了它的初级阶段, 进一步向标准化、集成化、智能化及自动化方向发展。几乎所有的 CAD/CAM 系统都通过自行开发或购买配套模块的方

式实现了系统集成。为了实现系统集成,更加强调信息集成和资源共享,强调产品生产与组织管理的自动化,从而出现了数据标准和数据交换问题,出现了产品数据管理(PDM)软件系统。在这个时期,国外许多 CAD/CAM 软件系统更趋于成熟,商品化程度大幅度提高,如美国洛克希德飞机公司研制的 CADAM 系统、法国 Dassault Systems 公司研制开发的 CATIA 系统、法国 Matra Datavision 公司开发的 EUCLID 系统、美国 SDRC 公司开发的 I-DEAS 系统、美国 PTC 公司推出的 Pro/Engineer 系统及美国 Unigraphics 公司研制的 UG II 系统等,这些系统大都运行在 IBM、DEC、VAX、Apollo、SUN、SGI 等大中型机及工作站上。随着微机硬件性能的提高,出现了一批微机 CAD/CAM 系统,如 AutoCAD 系统、SolidEdge 系统、SolidWork 系统及 Mastercam 系统等。

二、我国 CAD/CAM 技术现状

我国的 CAD/CAM 技术应用起步于 20 世纪 70 年代中期,经过近 40 年的研究、开发与推广应用,CAD/CAM 技术已经广泛地应用在机械、电子、航天、化工和建筑等行业。应用 CAD/CAM 技术提高了企业的设计效率,优化了设计方案,减轻了技术人员的劳动强度,缩短了设计周期,加强了设计的标准化。在“九五”期间,原国家科委将 CAD 应用作为四大工程(先进制造技术、先进信息工程、CIMS 工程、CAD 应用工程)之一,“十五”期间,CIMS 工程与 CAD 应用工程合并实施制造业信息化工程。我国 CAD/CAM 技术的研究与开发大致经历了三个阶段。

1. 引进、跟踪和研发阶段

CAD/CAM 技术与产品起源于国外,我国 CAD/CAM 技术方面的研究是从 20 世纪 70 年代中期开始的,当时在一些高等院校中主要围绕二维图形软件进行开发,并在航空领域和造船工业中首先应用。20 世纪 80 年代初,成套引进国外 CAD/CAM 系统,在此基础上进行开发,并应用于少数大型企业和设计研究所。直到“七五”、“八五”、“863/CIMS”计划的实施,才真正开始了中国以 CAD 为基础的计算机辅助技术与产品的研究与开发。这一时期国外的各种 CAD 产品随着其技术一起进入了我国。在一般的应用层面上,AutoCAD 几乎成了 CAD 的代名词。

2. 自主开发和快速成长阶段

20 世纪 90 年代,随着“863/CIMS”计划的推进,在政府的大力扶持下展开了科研成果向产品、商品的积极转化。由北京北航海尔软件有限公司推出的三维电子图板和 CAXA—ME 制造工程师 2000,能进行 3D 零件设计与 NC 加工,其特点是基于 3D 参数化的特征设计,实现了实体、曲面和 NC 加工的协调与统一。上海交通大学中模公司开发的金属塑性成型三维有限元仿真系统,其刚(粘)塑性有限元分析器和动态边界处理技术达到了国际先进水平。吉林金网格模具工程研究中心所开发的冲压模具 CAD/CAE/CAM 一体化系统。浙江大天电子信息工程有限公司开发的基于特征的参数化造型系统 GS-CAD98。金银花(Lonicera)系统是由广州红地技术有限公司开发的基于 STEP 标准的 CAD/CAM 系统。开目 CAD 是华中理工大学机械学院开发的具有自主知识产权的基于微机平台的 CAD 和图纸管理软件。中科院凯思软件集团及北京凯思博宏应用工程公司开发了具有自主知识产权的 PICAD 系统及系列软件。这些软件已经在许多行业中的企业得到推广和应用。

当今 CAD 技术日臻成熟,功能更加完善,体系更加健全,正发展成为国内 CAD/CAM 的通用平台;国产软件迅速普及,覆盖行业领域迅速铺开,用户数量急剧上升,应用基础日益广