

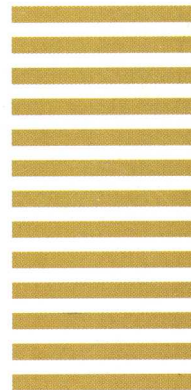
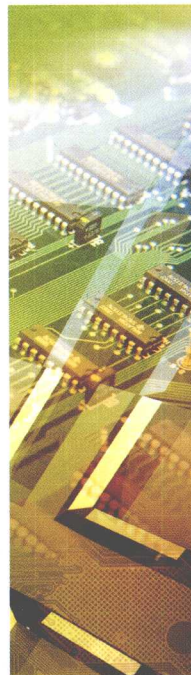
◎主编 郝兴安



中等职业教育实用系列教材

# 机械 CAD/CAM

JIXIE CAD/CAM





中等职业教育实用系列教材

培养态度 · 训练技能

# 机械CAD/CAM

主 编 郝兴安

副主编 张海薇 庄阿龙



中国地图出版社

北 京

## 内 容 简 介

本书是根据教育布颁发的中等职业学校机械制造与控制专业的相关教学指导方案编写的。主要内容包括：机械CAD/CAM基础知识，机械CAD/CAM系统，数据库与网络技术，计算机辅助工艺规程设计，机械CAD/CAM系统集成，数控加工技术，CAXA制造工程师软件的应用，Pro/Engineer软件的应用和机械CAD/CAM相关新技术等。

本书理论知识部分篇幅简单，采用大量图形说明，容易理解，略去了大量的文字阐述；实训部分操作内容详细，便于读者掌握。

本书适合于中等职业技术学校3、4年制机械制造及控制专业，以及其他机械相关专业的学生使用，也可以作为该专业的初学者、爱好者岗位培训用书。

---

### 图书在版编目(CIP)数据

机械CAD/CAM / 郝兴安主编. — 北京：中国地图出版社，  
2009.9

(中等职业教育实用系列教材)

ISBN 978-7-5031-5198-9

I. 机… II. 郝… III. ①机械设计：计算机辅助设计 -  
专业学校 - 教材②机械制造：计算机辅助制造 - 专业学  
校 - 教材 IV. TH122 TH164

中国版本图书馆CIP数据核字(2009)第155961号

---

责任编辑	万波	封面设计	王凯丽
特约编辑	莫小东	责任校对	叶国珩
出版发行	中国地图出版社	邮政编码	100054
社 址	北京市宣武区白纸坊西街3号	网 址	www.sinomaps.com
电 话	010-83543927	经 销	新华书店
印 刷	北京天顺鸿彩印有限公司		
成品规格	185mm×260mm	印 张	9.5
字 数	224 000		
版 次	2009年9月第1版	印 次	2009年9月第1次印刷
印 数	1-3000	定 价	17.00元

---

书 号 ISBN 978-7-5031-5198-9/G · 1794

如有印装质量问题，请与我社发行部联系

# 前 言

CAD/CAM(计算机辅助设计及制造)技术产生于20世纪50年代后期,随着计算机技术的发展,目前机械CAD/CAM技术已在航空航天、汽车、船舶、机械、电子、轻工、建筑等各个领域得到了广泛的应用。CAD/CAM技术被公认为20世纪十大杰出工程技术成果之一,它从根本上改变了过去用手工绘图、依靠图纸组织整个生产过程的技术管理模式。

机械CAD/CAM技术在提升设计制造信息化,自动化水平、缩短产品生产周期、保证产品质量、提高生产管理水平和产品竞争力等方面成效显著,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志。

在中国从制造业大国向制造业强国的转变过程中,机械CAD/CAM技术作为制造业信息化的技术基础和企业技术创新、开拓市场的技术手段,起着十分重要的作用。为此,机械CAD/CAM已经成为产业技术工人必须掌握的一门技术。

本书以三、四年制中等职业技术学校(包括职业高中、职业中专、技工学校、职业技术短期培训学校)的学生为主要培训对象,强调内容的实用性与适用性,介绍了机械CAD/CAM技术的基本概念、基本方法、关键技术,突出应用能力的培养,通过应用实例开拓学生思路,培养学生从事计算机辅助机械设计和制造工作的能力。全书共分7章,第1章介绍了机械CAD/CAM技术的基本概念、系统的功能与任务、应用现状和发展趋势;第2章介绍了现代制造业中的新技术;第3章介绍了计算机辅助工艺规程设计基本概念、CAPP中零件信息的描述和输入、派生式CAPP系统和创成式CAPP系统;第4章介绍了CAXA制造工程师软件的应用;第5章介绍Pro/E软件的使用;第6章介绍数控加工技术的基础知识、编程方法以及机床的操作等;第7章主要介绍了机械CAD/CAM系统集成的概念与作用、集成方法、集成的关键技术等。

本书第1、3、6章由成都理工大学郝兴安编写,第2章由庄阿龙编写,第4、5章由张紫薇编写,第7章由孙付春编写。全书由郝兴安担任主编,张紫薇、庄阿龙担任副主编。

由于编者水平有限,加之时间仓促,书中不足、误漏之处在所难免,敬请读者批评指正。

编 者

2008年9月

# 目 录

第 1 章 机械 CAD/CAM 基础 .....	1
1.1 机械 CAD/CAM 的基本概念 .....	1
1.2 机械 CAD/CAM 技术的发展 .....	3
1.3 机械 CAD/CAM 系统的功能 .....	5
1.4 机械 CAD/CAM 系统的分类 .....	6
1.5 常用机械 CAD/CAM 软件概述 .....	7
1.6 机械 CAD/CAM 技术的应用及发展趋势 .....	11
本章小结 .....	13
练习题 .....	13
第 2 章 现代制造业的新技术 .....	14
2.1 敏捷制造 .....	14
2.2 并行工程 .....	16
2.3 CIMS 技术 .....	22
2.4 快速成形技术 .....	24
2.5 虚拟制造 .....	27
2.6 绿色制造技术 .....	29
本章小结 .....	31
练习题 .....	32
第 3 章 计算机辅助工艺规程设计 .....	33
3.1 计算机辅助工艺规程设计(CAPP)概述 .....	33
3.2 CAPP 的类型 .....	37
3.3 CAPP 中零件信息的描述、输入和输出 .....	39



3.4	CAPP 的发展趋势 .....	41
	本章小结 .....	42
	练习题 .....	43
<b>第 4 章</b>	<b>CAXA 制造工程师软件的应用</b> .....	<b>44</b>
4.1	CAXA 制造工程师功能介绍 .....	44
4.2	界面介绍 .....	46
4.3	零件的加工造型 .....	50
4.4	零件的加工方法 .....	57
4.5	后置处理与加工代码 .....	61
4.6	CAXA 造型加工实例 .....	63
	本章小结 .....	73
	练习题 .....	74
<b>第 5 章</b>	<b>Pro/Engineer 软件的应用</b> .....	<b>75</b>
5.1	概 述 .....	75
5.2	界面介绍 .....	75
5.3	草图绘制 .....	77
5.4	基 准 .....	81
5.5	Pro/E 特征造型 .....	85
5.6	Pro/E 数控加工 .....	94
	本章小结 .....	103
	练习题 .....	104
<b>第 6 章</b>	<b>数控加工技术</b> .....	<b>106</b>
6.1	数控机床简介 .....	106
6.2	数控编程 .....	109
6.3	数控机床的操作 .....	122
6.4	数控铣削加工实训 .....	131
	本章小结 .....	132
	练习题 .....	133

第 7 章 机械 CAD/CAM 系统集成 .....	135
7.1 机械 CAD/CAM 集成技术的概念与作用 .....	135
7.2 机械 CAD/CAM 集成方法 .....	138
7.3 机械 CAD/CAM 集成的关键技术 .....	139
7.4 基于产品数据管理的机械 CAD/CAM 系统集成 .....	140
本章小结 .....	141
练习题 .....	142
参考文献 .....	143

# 第 1 章 机械 CAD/CAM 基础

## 【学习目标】

- (1) 掌握机械 CAD/CAM 的基本概念。
- (2) 掌握机械 CAD/CAM 系统的功能。
- (3) 了解常用机械 CAD/CAM 系统应用软件。
- (4) 了解机械 CAD/CAM 技术的发展过程和机械 CAD/CAM 系统的发展趋势。
- (5) 了解机械 CAD/CAM 技术的应用情况。

## 【学习重点】

- (1) 机械 CAD/CAM 的基本概念。
- (2) 机械 CAD/CAM 系统的功能和主要任务。

## 1.1 机械 CAD/CAM 的基本概念

机械 CAD/CAM(计算机辅助设计及制造)技术产生于 20 世纪 50 年代后期发达国家的航空和军事工业,是随着计算机软硬件技术和计算机图形学技术的发展而迅速成长起来的。机械 CAD/CAM 主要包括 CAD、CAPP、CAM、机械 CAD/CAM 集成等技术。

### 1. 计算机辅助设计(CAD)

CAD(计算机辅助设计,Computer Aided Design)是指工程技术人员以计算机为工具,对产品进行总体设计、绘图、分析和编写技术文档等设计活动的总称。

通常计算机辅助设计具有几何建模、工程分析、模拟仿真、自动绘图等功能,一个功能完备的 CAD 系统应由科学计算、图形系统和工程数据库等组成。科学计算包括有限元分析、可靠性分析、动态分析、优化设计以及产品的常规计算分析等内容,图形系统的任务是用于包括几何造型、自动绘图(二维工程图、三维实体图)、动态仿真等设计过程,工程数据库是对设计过程中所需使用或产生的数据、图形、文档等信息进行存储和管理。



## 2. 计算机辅助工艺设计(CAPP)

计算机辅助工艺设计(Computer Aided Process Planning,简称 CAPP)是根据产品设计结果进行产品的加工方法和制造过程的设计。CAPP 系统的功能包括毛坯设计、加工方法选择、工序设计、工艺路线制定和工时定额计算等。其中的工序设计又可包含加工设备和工装的选用、加工余量的分配、切削用量选择以及机床刀具的选择、必要的工序图生成等。

工艺设计是制造型企业中技术部门的主要工作之一,其设计效率的高低以及设计质量的优劣,对生产组织、产品质量、生产率、产品成本、生产周期等均有极大的影响。应用 CAPP 能够迅速编制出完整、详尽、优化的工艺方案和各种工艺文件,可极大地提高工艺人员的工作效率,缩短工艺准备时间,加快产品投放市场的速度。应用 CAPP 技术还可以获得符合企业实际条件的、优化的工艺方案、给出合理的工时定额和材料消耗,为企业科学管理提供可靠的数据。

## 3. 计算机辅助制造(CAM)

计算机辅助制造(Computer Aided Manufacturing,简称 CAM),到目前为止 CAM 尚无统一的定义,它有广义的 CAM 和狭义的 CAM 之分。

如图 1-1 所示,广义的 CAM 是指利用计算机辅助完成从毛坯到产品制造过程中的直接和间接的各种活动,包括工艺准备、生产作业计划、物流过程的运行控制、生产控制、质量控制等。其中工艺准备包括计算机辅助工艺过程设计、计算机辅助工装设计与制造、NC 编程、计算机辅助工时定额和材料定额的编制等内容。物流过程的运行控制包括物料的加工、装配、检验、输送、储存等生产活动。

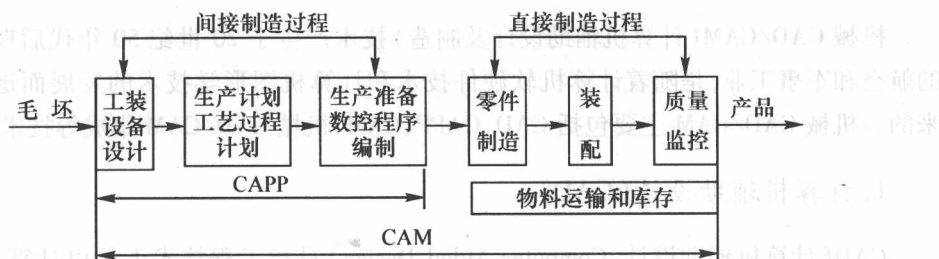


图 1-1 机械产品广义的 CAM

狭义的 CAM 通常指数控程序的编制,包括刀具路线的规划、刀位文件的生成、刀具轨迹仿真、后置处理和 NC 代码生成等。

## 4. 机械 CAD/CAM 集成技术

机械 CAD/CAM 的定义:产品从设计到制造全过程的信息集成和信息流自动化。机械 CAD/CAM 集成实质上是指在 CAD、CAPP、CAM 各模块之间形成相关信息的自动传递和转换。集成化的机械 CAD/CAM 系统借助于公共的工程数据库、网络通信技术、以及标准格式的中性文件接口,把分散于机型各异的计算机中的机械 CAD/CAM 模块高效地集成起

来,实现软、硬件资源共享,保证系统内信息的流动畅通无阻。

随着信息技术的不断发展,为使计算机辅助技术给企业带来更大的效益,人们又提出了要将企业内所有分散的信息系统进行集成,不仅包括生产信息,还包括生产管理过程所需的全部信息,从而构成一个计算机集成制造系统(CIMS, Computer Integrated Manufacturing System),而机械 CAD/CAM 集成技术则是计算机集成制造系统的一项核心技术。

## 1.2 机械 CAD/CAM 技术的发展

机械 CAD/CAM 技术从产生到现在,经历了形成、发展、提高和集成等阶段。

### 1.2.1 CAD 的形成与发展

#### 1. 准备和酝酿时期(20 世纪 50 ~ 60 年代初)

自 1946 年世界上第一台电子计算机在美国出现后,人们就不断地将计算机技术引入机械设计、制造领域。20 世纪 50 年代,首次研制成功数控机床,通过不同的数控程序就可以实现对不同零件的加工,产生了 CAD 的最初概念。

20 世纪 60 年代,由于交互式图形生成技术的出现,促使了计算机辅助设计技术的迅速发展。麻省理工学院的研究生 I. E. Sutherland 在他的论文《人机对话图形通信系统》中首次提出了计算机图形学、交互技术及图形符号的存储采用分层的数据结构等思想,对 CAD 技术的应用起到了重要的推动作用。

#### 2. 蓬勃发展和进入应用时期(20 世纪 60 ~ 70 年代)

20 世纪 60 年代末期到 70 年代中期,是 CAD 技术趋于成熟的阶段。这一时期计算机硬件的性能价格比不断提高,数据库管理系统等软件陆续开发,以小型和超级小型计算机为主机的 CAD 系统进入市场并形成主流。20 世纪 60 年代末,显示技术的突破使 CAD 系统的性能价格比大幅度提高,用户以每年 30% 的速度增加,形成 CAD 产业。当时的 CAD 技术还是以二维绘图和三维线框图形系统为主。

#### 3. 突飞猛进的时期(20 世纪 80 年代)

20 世纪 80 年代是 CAD 技术迅速发展的时期,超大规模集成电路的出现,使计算机硬件成本大幅度下降,计算机外围设备(例如,彩色高分辨率图形显示器、大型数字化仪、自动绘图机等品种齐全的输入输出装置)已成系列产品,为推进 CAD 技术向高水平发展提供了必要的条件。同时,相应的软件技术如数据管理技术、有限元分析、优化设计等技术也迅速地提高。商品化软件的出现,促进了 CAD 技术的推广和应用,使其从大中型企业向

小企业发展;从发达国家向发展中国家发展;从用于产品设计发展到用于工程设计。这一时期,实体造型技术成为主流并走向成熟,大大拓展了 CAD 应用技术领域。

#### 4. 开放式、标准化、集成化和智能化的发展时期(20 世纪 90 年代)

20 世纪 90 年代,CAD 技术已不停留在过去单一模式、单一功能、单一领域的水平,而向着标准化、集成化、智能化的方向发展。CAD 系统广泛建立在开放式操作系统窗口 95/98/NT 和 UNIX 平台上,在 Java LINUX 平台上也有 CAD 产品;此外 CAD 系统都为最终用户提供二次开发环境,使用户可定制自己的 CAD 系统。为了实现企业、集团内的 CAD/CAM 系统之间或各个子系统之间统一的数据交换,出现了计算机图形接口(CGI)、计算机图形文件标准(CGM)、计算机图形核心系统(GKS)、面向程序员的层次交互式图形标准(PHIGS)等图形标准。在开发制造系统时强调“多集成”的概念,即信息集成、智能集成、串并行工作机制集成、资源集成、过程集成、技术集成及人员集成。应用人工智能技术实现产品生命周期(包括产品设计、制造、发货、支持用户到产品报废回收等)各个环节的智能化,除了实现生产过程(包括组织、管理、计划、调度、控制等)各个环节的智能化外,也要实现人与制造系统的融合及人的智能的充分发挥。

### 1.2.2 CAM 技术的发展

1952 年,数控(Numerical control,NC)机床首次研究成功,通过改变数控程序即可完成不同零件的加工,奠定了 CAM 的硬件基础。

1955 年,研制成功在通用计算机上运行的自动编程工具(APT)语言,实现了 NC 编程自动化。

1958 年,研制成功自动换刀镗铣加工中心(Machining Center,MC),在一次装夹中完成多工序的集中加工,提高了 NC 机床的加工效率和加工质量。

1962 年,第一台工业机器人诞生,实现了物流搬运柔性自动化;第一台通用计算机集中控制多台数控机床的实现,降低了数控装置的制造成本,提高了工作可靠性。

1967 年,英国莫林公司建造第一条计算机集中控制的自动化制造系统,包括 6 台加工中心和一条自动运输线,用计算机编程序、作业计划和报表。美国辛辛那提公司研制出类似系统,于 20 世纪 70 年代初定名为柔性制造系统(Flexible Manufacturing System, FMS)。

20 世纪 70 年代后期,几何造型技术、图形显示技术和数控编程后置处理技术的发展和应用,出现了交互式图形编程系统,为机械 CAD/CAM 集成奠定了基础。

### 1.2.3 CAPP 技术的发展

1969 年,挪威工业公司开发 AUTOPROS 系统,是最早的 CAPP 系统。该系统以成组技术为基础把零件分类归并成族,制定出各零件族相应的典型工艺过程,根据每个零件的具体信息生成工艺规程,称为派生式 CAPP。这类系统开发周期短、费用低、易于取得实效,

适用于中小企业。

20 世纪 70 年代后期,创成式 CAPP 成为研究重点。采用一定的逻辑算法,对输入的几何要素等信息进行处理,并确定加工要素,自动生成工艺规程。

20 世纪 80 年代中期,创成式 CAPP 系统的研究转向具有人工智能的专家系统方面,这也是 CAPP 未来的发展趋势。系统可以模仿工艺专家的逻辑思维方式,利用专家的知识对非确定性的工艺过程设计进行逻辑决策。目前,各国学者正致力于专家系统的实用化和工具化。

目前,CAPP 系统主要应用于零件的机械加工方面,但已逐渐向其他工艺领域扩展,如热处理、锻造、冲压和装配等,应用前景是广阔的。

### 1.3 机械 CAD/CAM 系统的功能

由于机械 CAD/CAM 系统所研究的对象任务各有不同,则所选择的支撑软件不同,对系统的硬件配置、选型也不同。系统总体与外界进行信息传递与交换的基本功能是靠硬件提供的,而系统所能解决的具体问题是由软件保证的。

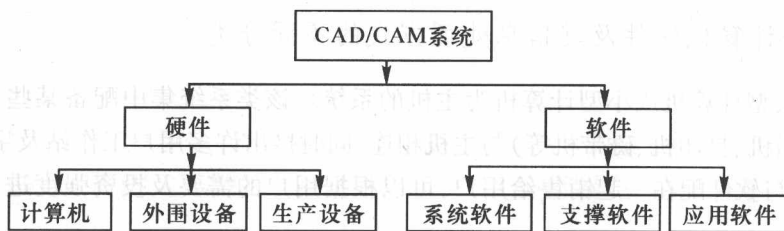


图 1-2 机械 CAD/CAM 系统的组成

如图 1-2 所示,一个机械 CAD/CAM 系统是由计算机、外围设备及生产设备等硬件和控制这些硬件运行的系统、支撑、应用等软件组成的。机械 CAD/CAM 系统具有以下功能:

#### 1. 人机交互功能

在机械 CAD/CAM 系统中,人机接口是用户与系统连接的桥梁。采用友好的用户界面,是保证用户直接、有效地完成复杂设计任务的基本和必要条件;此外,还须有交互设备,以实现人与计算机之间的联络与通信过程。

#### 2. 图形显示功能

机械 CAD/CAM 是一个人机交互的过程,在这个过程中用户的每一次操作,都能从显示器上及时得到反馈,直到取得最佳的设计结果。

从产品的造型、构思、方案的确定,结构分析到加工过程的仿真,系统应保证用户能够随时观察、修改中间结果,实时编辑处理。

### 3. 存储功能

当机械 CAD/CAM 系统运行时,具有很大的数据量,且伴随着很多算法将生成大量的中间数据,尤其是对图形的操作以及交互式的设计、结构分析中网格划分等。为保证系统能够正常的运行,CAD/CAM 系统必须配置容量较大的存储设备,以支持数据在各模块运行时的正确流通。工程数据库系统的运行更应具有储存较大空间的保障。

### 4. 输入输出功能

机械 CAD/CAM 系统运行过程中,一方面用户需不断地将有关设计要求、计算步骤的具体数据等输入计算机内;另一方面通过计算机的处理,能够将系统处理的结果及时输出。输入输出的信息为数值信息和图形数据、文本、字符等非数值信息。

## 1.4 机械 CAD/CAM 系统的分类

从不同的角度,机械 CAD/CAM 系统可分为不同的类型。

### 1. 根据计算机硬件及其信息处理方式的不同分类

(1)以大型计算机或小型计算机为主机的系统。该类系统集中配备某些公用的外部设备(如绘图机、打印机、磁带机等)与主机相连,同时接出许多用户工作站及字符终端,这种系统经常与软件配在一起销售给用户,可以根据用户的需要及投资强度进行硬软件灵活的配置。

这类系统的优点是主机功能强,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。使用性能取决于软件水平,系统具有专用性。它的缺点是系统比较封闭,即开放性较差。当终端用户过多时,会使系统过载,响应速度变慢,而且一旦主机发生故障,整个系统就不能工作,此外价格也较昂贵。这种系统在 20 世纪 70 年代较为流行,目前一般不再采用。

(2)由工程工作站或微型计算机构成的系统。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,一般每台微型计算机只配一个图形终端,一个工程师使用一台计算机,以保证对操作命令的快速响应。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。同时由于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机械 CAD/CAM 作业和多任务进程。

### 2. 根据支撑软件规模大小的不同分类

(1)CAD 系统。这类系统是专门为完成设计任务而建立的,系统具备很强的几何造

型、工程绘图、工程分析与计算、仿真与模拟、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。该类系统的规模相对较小,建设成本也低很多。

(2)CAM 系统。这类系统是专门面向生产系统的,具备数控加工编程、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。该类系统的规模相对小一些。

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

### 3. 根据是否使用计算机网络分类

(1)单机系统。这类系统中,各计算机之间没有实施网络连接,而且每台计算机上都具备完成机械 CAD/CAM 指定任务所需要的全部软硬件资源,各计算机之间无法进行信息通讯和信息交互,不能实现资源共享。

(2)网络化系统。这类系统利用计算机技术及通讯技术将本地或异地的多台计算机以网络形式连接起来。计算机与计算机之间可以进行信息通讯和信息交互,完成机械 CAD/CAM 任务所需要的全部软硬件资源分布在各个结点上,实现资源共享。每个结点有自己的 CPU 甚至外部设备,使用速度不受网络上其他结点的影响。通过网络软件提供的通讯功能,每个结点的用户还可以享用其他结点的资源。例如,大型绘图仪、打印机等硬件设备,也能够共享某些公共的应用软件及数据文件。系统的配置和开发投资可以从小到大进行,易于扩展,有利于逐步提高机械 CAD/CAM 系统的技术性能,有利于各专业同时进行那些复杂的、需要处理大量信息的工程工作。网络上各个结点的计算机可以是微机,也可以是工作站。

## 1.5 常用机械 CAD/CAM 软件概述

### 1.5.1 国外开发的机械 CAD/CAM 支撑软件

#### 1. AutoCAD、MDT 和 Inventor

AutoCAD 系统是美国 Autodesk 公司为微机开发的一个交互式绘图软件,具有较强的绘图、编辑、剖面线和图案绘制、尺寸标注以及方便用户的二次开发功能,也具有部分的三维作图造型功能。AutoCAD 是当今最流行的二维绘图软件,它在二维绘图领域拥有广泛的用户群。AutoCAD 提供 AutoLISP、ADS、ARX、VBA 作为二次开发的工具。



MDT (Mechanical Desktop) 是 Autodesk 公司在机械行业推出的基于参数化特征实体造型和曲面造型的微机三维 CAD 软件,用户可以方便地实现三维向二维的转换。MDT 是在 AutoCAD 基础上建立的,在 MDT 中包含有 AutoCAD 以及大量的标准件库。

Inventor 是 Autodesk 公司重新开发的微机平台的三维 CAD 软件,与 MDT 不同的是 Inventor 完全独立于 AutoCAD,其中包含 Autodesk 公司最新研制的新技术,软件突出了易学易用性、自适应设计以及适用于大型装配。

## 2. CATIA

CATIA 系统是法国达索 (Dassault) 飞机公司 Dassault Systems 工程部开发的产品。CATIA 系统,它具有统一的用户界面、数据管理以及兼容的数据库和应用程序接口,并拥有 20 多个独立计价的模块。

## 3. EUCLID

EUCLID 软件是法国 MATRA 公司信息部的产品,它是由法国国家科学研究中心为英法联合研制的协和号超音速客机而开发的软件。该软件具有统一的面向对象的分布式数据库,在三维实体、复杂曲面、二维图形及有限元分析模型间不需作任何数据的转换工作。由于数据是彼此引用,而不是简单的复制,所以用户在修改某部分设计时,其他相关数据会自行更新。

## 4. Unigraphics(UG) 与 SolidEdge

UG 起源于美国麦道 (MD) 公司的产品。UG 是一个集 CAD、CAE 和 CAM 于一体的集成系统,适用于航空航天器、汽车、通用机械以及模具等的设计、分析及制造工程。UG 采用基于特征的实体造型,具有尺寸驱动编辑功能和统一的数据库,实现了 CAD、CAE、CAM 之间无数据交换的自由切换,它具有很强的数控加工能力,可以进行 2~2.5 轴、3~5 轴联动的复杂曲面加工和镗铣。UG 还提供了二次开发工具 GRIP、UFUNG、ITK,允许用户扩展 UG 的功能。

SolidEdge 充分利用 Windows 基于组件对象模型 (COM) 的先进技术重写代码。SolidEdge 具有友好的用户界面,它采用一种称为 Smart Ribbon 的界面技术,用户只要按下一个命令按钮,既可以在 Smart Ribbon 上看到该命令的具体的内容和详细的步骤,同时在状态条上提示用户下一步该做什么。SolidEdge 是基于参数和特征实体造型的新一代机械设计 CAD 系统,它是为设计人员专门开发的,易于理解和操作的实体造型系统。

## 5. Pro/Engineer

Pro/Engineer 系统是美国参数技术公司 (Parametric Technology Corporation, 简称 PTC) 的产品。Pro/Engineer 系统独立于硬件,便于移植;该系统用户界面简洁,概念清晰,符合工程人员的设计思想与习惯。Pro/Engineer 整个系统建立在统一的数据库上,具有完整而

统一的模型,能将整个设计至生产全过程集成在一起,它一共有 20 多个模块供用户选择。

## 6. I - DEAS Master

I - DEAS Master Series 是美国 SDRC (Structural Dynamics Research Corporation) 公司的产品。I - DEAS 采用 VGX 技术,极大地改进了交互操作的直观性和可靠性。它帮助工程师以极高的效率,在统一模型中完成从产品设计、仿真分析、测试直至数控加工的产品研发全过程。I - DEAS 是全世界制造业用户广泛应用的大型 CAD/CAE/CAM 软件。该软件具有结构分析、热力分析、优化设计、耐久性分析等高级分析功能。SDRC 也是全球最大的专业 CAM 软件生产厂商。I - DEASCAMAND 是 CAM 行业的顶级产品。I - DEASCAMAND 可以方便地仿真刀具及机床的运动,可以从简单的 2 轴、2.5 轴加工到以 5 轴联动方式来加工极为复杂的工件表面,并可以对数控加工过程进行自动控制和优化。

## 7. SolidWorks

SolidWorks 是基于 Windows 的 CAD/CAE/CAM/PDM 桌面集成系统,是由美国 SolidWorks 公司于 1995 年 11 月研制开发的,其价格仅为工作站 CAD 系统的 1/4。该软件采用自顶向下的设计方法,基于特征实体建模和参数化设计,可动态模拟装配过程,同时具有中英文两种界面可供选择。其先进的特征树结构使操作更加简便和直观。

### 1.5.2 我国开发的机械 CAD/CAM 软件

#### 1. PICAD

PICAD 系统及系列软件是中科院凯思软件集团及北京凯思博宏应用工程公司开发的具有自主知识产权的 CAD 软件。该软件具有智能化、参数化和较强的开放性,对特征点和特征坐标可自动捕捉及动态导航;系统提供局部图形参数化、参数化图素拼装及可扩充的参数图符库;提供交互环境下开放的二次开发工具,用户可以任意增加功能或开发专业应用软件。

PICAD 是国内商品化最早、市场占有率最大的 CAD 支撑平台及交互式工程绘图系统,自从 1991 年推出中国第一个商品化的二维 CAD 系统以来,经过几年的发展,PICAD 的用户已经遍及各行业及各省市,至 1997 年底装机已近 8000 套。

#### 2. 高华 CAD

高华 CAD 是由北京高华计算机有限公司推出的 CAD 产品。高华 CAD 系列产品包括计算机辅助绘图支撑系统 GH—Drafting、机械设计及绘图系统 GHMDS、工艺设计系统 GH—CAPP、三维几何造型系统 GHGEMS、产品数据管理系统 GHPDMS 及自动数控编程系统 GHCAM。高华 CAD 也是基于参数化设计的 CAD/CAE/CAM 集成系统,是全国 CAD 应用工程的主推产品之一,具有全程导航、图形绘制、明细表的处理、全约束参数化设计、参数化图素拼装、尺寸标注、标准件库、图像编辑等功能模块,其中 GHGEMS5.0 曾获第二届

全国自主知识产权 CAD 支撑软件评测第一名。高华 CAD 软件已为 300 多家大中型企业及科研院所采用。

### 3. 清华 XTMCAD

清华 XTMCAD 是清华大学机械 CAD 中心和北京清华艾克斯特 CIMS 技术公司共同开发的基于 Win95 和 AutoCAD R12 及 R13 二次开发的 CAD 软件。它具有动态导航、参数化设计及图库建立与管理功能,还具有常用零件优化设计、工艺模块及工程图纸管理等模块。作为 Autodesk 注册认可的软件增值开发商,清华 XTMCAD 可直接得到 Autodesk 公司的技术支持。清华 XTMCAD 的优势体现在对 CIMS 工程支持数据的交换与共享上。

### 4. 开目 CAD

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 软件。该软件面向工程实际,模拟人的设计绘图思路,提供可直接操作的后置处理器,支持多种几何约束及多视图同时驱动,具有局部参数化的功能,能提供从设计到加工代码生成、加工仿真、代码校验等一体化的功能,同时提供设计中的过约束和欠约束的解决方案,实现了 CAD/CAPP/CAM 的集成,适合我国设计人员的习惯,是我国 CAD 应用工程主推产品之一。开目 CAD 主要用于汽车、电子、兵器、航空航天等领域及各行各业的复杂模具、精密零件的设计加工等。

### 5. CAXA 系列

CAXA(Computer Aided X Alliance—Always a Step Ahead,即领先一步的计算机辅助技术与产品服务),是北京北航海尔软件有限公司(原北京航空航天大学华正软件研究所)面向我国工业界推出的包括数控加工、工程绘图、注塑模具设计、注塑工艺分析及数控机床通讯等一系列机械 CAD/CAM/CAE 软件,包括 CAXA 电子图板,CAXAME 制造工程师,CAXA 实体创新设计等软件。

该软件采用了参数化和无约束两种方式,用户可任选一种或两种方法自动结合的方式,在设计的一个阶段,可不受约束地对以前的设计进行修改,同时可以保留参数化约束关系。它还提供了丰富的数据接口,可与几乎所有流行的机械 CAD/CAM 软件交换数据。CAXA 本身包含了丰富的标准图库,用户也可任意扩充自己的图库,将个人常用的资料建成目录式图库,方便检索和调用。它能支持网络环境下的协同设计,可以与 CAXA 协同管理或者其他主流 CPC/PLM 软件集成工作。

### 6. GS—CAD98

GS—CAD98 是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,该公司是国家科委高技术研究发展中心、浙江大学和中国航天总公司机械 CAD/CAM 中心在杭州联合创建的高新技术研究、开发和应用的企業。GS—CAD98 是一个具有完全自