



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

CAD/CAM系列

机械CAD/CAM技术

——UG NX 5.0 实用教程

王秋成 主 编
范 伟 郭伟刚 副主编



高等教育出版社

要容内

普通高等教育“十五”国家级规划教材

CAD/CAM 系列

Jixie CAD/CAM Jishu

机械 CAD/CAM 技术

——UG NX 5.0 实用教程

王秋成 主 编

范 伟 郭伟刚 副主编

高等教育出版社·北京

HIGHER EDUCATION PRESS BEIJING



58132-00 号样时

内容提要

本书为普通高等教育“十一五”国家级规划教材。全书共分三篇,第一篇为基础篇,主要介绍 CAD/CAM 技术的一些基本概念、原理和方法及 CAD/CAM 技术的最新发展与应用;第二篇为 CAD 篇,以 Unigraphics (简称 UG) NX 5.0 软件为教学平台,详细介绍 UG 的工作环境、草图绘制、实体建模、曲面建模、零件装配与工程制图等,并列举了若干项目化教学实例;第三篇为 CAM 篇,主要介绍 UG CAM 功能、点位加工、平面铣、型腔铣、轮廓铣等,并列举了两个项目化教学实例。书后附有包括全书有关教学实例操作过程图及思考与练习图的多媒体光盘。

本书可作为高等职业院校、高等专科学校、成人高校、民办高校及本科院校举办的二级职业技术学院机械类专业教材,也可作为工程技术人员的参考用书和培训用书。

图书在版编目(CIP)数据

机械 CAD/CAM 技术:UG NX 5.0 实用教程/王秋成主编.

北京:高等教育出版社,2010.1

ISBN 978-7-04-028135-4

I. 机… II. 王… III. ①机械设计:计算机辅助设计-应用软件,UG NX 5.0-高等学校-教材②机械制造:计算机辅助制造-应用软件,UG NX 5.0-高等学校-教材
IV. TH122 TH164

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 224828 号

策划编辑 徐进 责任编辑 薛立华 封面设计 于涛 责任绘图 尹莉
版式设计 王莹 责任校对 杨凤玲 责任印制 陈伟光

出版发行 高等教育出版社
社 址 北京市西城区德外大街 4 号
邮政编码 100120
总 机 010-58581000

经 销 蓝色畅想图书发行有限公司
印 刷 北京市鑫霸印务有限公司

开 本 787×1092 1/16
印 张 18
字 数 430 000

购书热线 010-58581118
咨询电话 400-810-0598
网 址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>
网上订购 <http://www.landaco.com>
<http://www.landaco.com.cn>
畅想教育 <http://www.widedu.com>

版 次 2010 年 1 月第 1 版
印 次 2010 年 1 月第 1 次印刷
定 价 29.30 元(含光盘)

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

物料号 28135-00

前 言

CAD/CAM 技术是随着计算机和数字信息化技术发展而形成的一项高新技术,是 20 世纪最杰出的工程成就之一,也是数字化、信息化制造的基础。该项技术的迅速发展和广泛应用,给制造业从产品设计到加工制造的整个生产过程带来了深刻的和根本性的变革,也带来了巨大的经济效益。CAD/CAM 技术应用水平的高低已成为衡量一个国家或企业技术水平的重要标志。因此,如何深入了解和掌握 CAD/CAM 技术已成为摆在工程技术人员面前的重要任务,同样也就成为工程类专业学生的一门必修课程。同时,学习和了解 CAD/CAM 技术的基本内容对非工程类专业学生知识结构的完善与综合素质的培养也是十分有益的。

为适应形势发展的需要,编者在多年教学和科研工作的基础上,融汇教学科研成果编写了本书。全书共分三篇,第一篇为基础篇,主要介绍 CAD/CAM 技术的一些基本概念、原理和方法及 CAD/CAM 技术的最新发展与应用;第二篇为 CAD 篇,以 Unigraphics(简称 UG) NX 5.0 软件为教学平台,详细介绍 UG 的工作环境、草图绘制、实体建模、曲面建模、零件装配与工程制图等,并列举了若干项目化教学实例;第三篇为 CAM 篇,主要介绍 UG CAM 功能、点位加工、平面铣、型腔铣、轮廓铣等,并列举了两个项目化教学实例。

为了方便使用本书,书后附有包括全书有关教学实例操作过程图及思考与练习图的多媒体光盘。

本书由浙江工业大学王秋成任主编,浙江工业职业技术学院范伟与杭州职业技术学院郭伟刚任副主编。其中,第一篇由浙江工业大学林琼、胡晓冬、刘云峰和王秋成编写;第二篇第 2~4、6、7 章由范伟编写,第 5 章由郭伟刚编写;第三篇第 8、9 章由浙江机电职业技术学院周纯江编写,第 10、11 章由郭伟刚编写,第 12、13 章由杭州源锐精密机械有限公司祝新华编写。全书由王秋成负责统稿,林琼参加了本书的材料编辑与组织工作。

本书承蒙杭州职业技术学院罗晓晔教授与浙江机电职业技术学院邓劲莲教授主审,他们为本书提出了不少宝贵的意见和建议,在此表示衷心的感谢。

由于作者水平有限,加之时间仓促,疏漏与欠妥之处在所难免,恳请同行与读者批评指正。

编 者

2009 年 10 月

目 录

第一篇 CAD/CAM 技术基础

第 1 章 CAD/CAM 技术基础	3
1.1 CAD/CAM 技术概述	3
1.2 机械 CAD/CAM 系统的构成	7

1.3 计算机辅助设计(CAD)基础	12
1.4 计算机辅助制造(CAM)基础	24
思考与练习	32

第二篇 计算机辅助设计(CAD)

第 2 章 Unigraphics 工作环境	35
2.1 软件安装与工作环境	35
2.2 常用功能介绍	39
2.3 常用工具	40
2.4 UG 建模基本流程实例	44
2.5 信息查询	46
思考与练习	46

第 3 章 Unigraphics 草图绘制	48
3.1 草图概述	48
3.2 草图建立	51
3.3 草图约束	57
3.4 草图操作	59
3.5 实例 链条销轴、滚子、链板的绘制	61
思考与练习	65

第 4 章 Unigraphics 实体建模	67
4.1 实体建模基础	67
4.2 扫描以创建特征	72
4.3 实例 铣削块的绘制	80
4.4 成形特征	84
4.5 特征操作	94
4.6 实例 电动车轮毂的绘制	102
思考与练习	106

第 5 章 Unigraphics 曲面建模	110
------------------------	-----

5.1 曲面概述	110
5.2 由点构造曲面	111
5.3 由曲线构造曲面	113
5.4 由曲面构造曲面	117
5.5 实例	123
思考与练习	127

第 6 章 Unigraphics 零件装配	130
6.1 装配概述	130
6.2 装配的一般流程	131
6.3 装配模块的常用命令	132
6.4 爆炸图	136
6.5 实例 链条的装配	137
6.6 实例 自行车前轮的装配	139
思考与练习	148

第 7 章 Unigraphics 工程制图	149
7.1 工程图概述	149
7.2 工程图纸的建立与编辑	152
7.3 视图与视图操作	153
7.4 剖视图	156
7.5 工程图的标注	160
7.6 实例 铣削块三维图形转二维工程图	162
思考与练习	167

第三篇 计算机辅助制造(CAM)

第 8 章 UG CAM 功能介绍	171
-------------------	-----

8.1 UG CAM 介绍	171
---------------	-----

8.2 菜单和工具栏、操作导航器	172	11.1 基础知识	217
8.3 功能创建	177	11.2 型腔铣操作的创建	217
思考与练习	184	11.3 型腔铣操作步骤	219
第9章 Unigraphics 点位加工	185	11.4 切削层	219
9.1 点位加工概述	185	11.5 切削参数	220
9.2 循环方式选择	188	11.6 型腔铣加工实例	223
9.3 循环参数设置	190	思考与练习	226
9.4 实例 基座孔加工	191	第12章 Unigraphics 轮廓铣	230
思考与练习	195	12.1 基础知识	230
第10章 Unigraphics 平面铣	197	12.2 固定轴曲面轮廓铣创建	231
10.1 基础知识	197	12.3 几何体	232
10.2 平面铣操作的创建	197	12.4 驱动方法	234
10.3 创建平面铣几何体	199	12.5 投影矢量	236
10.4 切削模式	202	12.6 切削参数	238
10.5 切削步距	205	12.7 非切削参数	243
10.6 切削参数	206	12.8 轮廓铣加工实例	246
10.7 非切削运动	208	思考与练习	250
10.8 进给与速度	209	第13章 项目化教学实例	252
10.9 平面铣加工实例	210	13.1 UG 加工编程实例一	252
思考与练习	215	13.2 UG 加工编程实例二	265
第11章 Unigraphics 型腔铣	217	思考与练习	278
参考文献	279		

第一篇

CAD/CAM 技术基础

第一章

CAD\CAM 基础教程

第 1 章 CAD/CAM 技术基础

【教学目的】 了解产品生产过程中 CAD、CAE、CAM 的基本概念与作用；理解 CAD/CAM 系统的构成；了解国内外主流 CAD/CAM 软件；掌握三种几何造型方法的特点和用途；了解装配的相关概念，掌握两种装配方法的特点；了解数控机床的组成、分类、特点与应用；熟练掌握数控机床的坐标系与功能指令代码；能针对数控车床与数控铣床进行编程加工，并了解数控机床自动编程的原理。

【教学要点】 简单介绍 CAD/CAM 技术的基本概念、系统功能与工作过程、应用现状和发展趋势；介绍常用 CAD/CAM 软件及软件特点；介绍计算机辅助设计中的基础知识，包括各种造型方法、装配方法等；简单介绍数控系统与编程系统的工作原理和组成以及数控加工工艺规程的编制基础。

电子计算机是现代科学技术发展的重大成就之一，现已普及应用到各个领域。以电子计算机为主要技术手段，将大大减轻科技人员的脑力劳动和体力劳动，甚至能够完成人力所不及的工作，从而促进科学技术和生产的发展。在机械制造领域中，随着市场经济的发展，用户对各类产品的质量、产品更新换代的速度以及产品从设计、制造到投放市场的周期都提出了越来越高的要求。在当今高效益、高效率、高技术竞争的时代，要适应瞬息万变的市场要求，提高产品质量，缩短生产周期，就必须采用先进的制造技术。计算机技术与机械制造技术相互结合与渗透，产生了计算机辅助设计与计算机辅助制造这样一门综合性的应用技术，简称 CAD/CAM 技术。它具有高智力、知识密集、综合性强及效益高等特点，是当前世界上科技领域的前沿课题。CAD/CAM 技术的发展，不仅改变了人们设计、制造各种产品的常规方式，有利于发挥设计人员的创造性，还可以提高企业的管理水平和市场竞争能力。

1.1 CAD/CAM 技术概述

1.1.1 CAD、CAE、CAM 的基本概念

随着计算机的迅速发展，设计和生产的方法都在发生着显著的变化。以前一直只能靠手工完成的许多简单作业，逐渐通过计算机实现计算机辅助设计 (computer aided design, CAD)、计算机辅助工程 (computer aided engineering, CAE) 和计算机辅助制造 (computer aided manufacturing, CAM)，实现了产品生产过程的高效化和高精度化。

不同产品的生产过程各不相同。对于一般的产品，生产过程如图 1-1 所示，可分为初步设计、详细设计、生产准备和制造成产品等四个阶段。

最初的初步设计阶段，就是要研究满足功能要求的总体几何形状和结构，并进行大致的性能预测、强度分析、机构分析等模拟分析工作。在此过程中，首先要利用计算机查阅以往的设

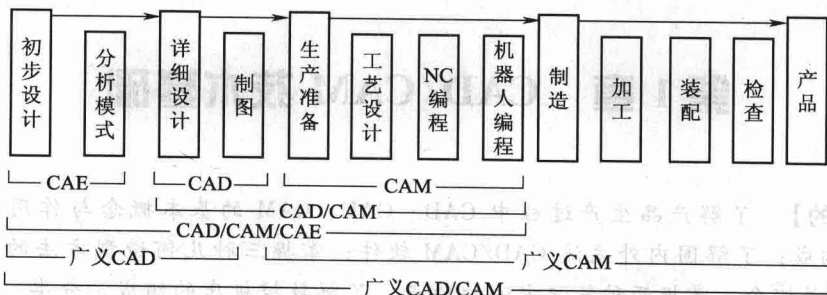


图 1-1 生产成形产品的过程与 CAD、CAM、CAE 的范围

计实例和文献。因为计算机具有非常强的检索能力，所以可事先将设计实例和文献数据集中存储在计算机（称为数据库）中，使用时用计算机来进行检索。其次，要利用计算机来进行必要的性能预测、强度分析、机构分析等模拟分析计算，在这方面计算机具有惊人的威力。

接着是详细设计阶段。要在初步设计阶段确定方案的基础上，进一步确定产品各部分的详细几何形状、尺寸和材料。在此过程中，要利用计算机对存储在计算机数据库中的设计标准、规范等数据进行检索，还要利用计算机进行细致的几何形状修改和确定。设计者在称为显示器的计算机屏幕前，就像实物摆在面前一样，利用实时图像来完成几何形状的修改和确定工作。设计者使用这种称为几何模型的“电子模型”取代以往的粘土模型，而且这种电子模型还可以用于详细设计的模拟分析。在详细的设计过程中，电子模型是不可缺少的工具，要在计算机上利用电子模型对产品的性能和功能进行仔细研究，这样可大大减少为最终验证设计效果而制造样件的次数。

初步设计和详细设计完成后，将设计结果先存储在数据库中，然后再利用图样表达出来。这种利用计算机将设计结果表达为图样的系统称为自动绘图系统，这在很早以前就已经实现了。

从上述的计算机在设计、分析计算中的应用情况看，因为计算机辅助设计技术正处于迅速发展之中，所以 CAD、CAE、CAM 确切的含义和范围划分还没有统一，其说法因人而异。这里将 CAD、CAE 及 CAM 的范围做如下界定。

1. CAD

CAD 主要指利用计算机完成整个产品设计的过程。产品设计过程是指从接受产品功能定义开始到设计完成产品的材料信息、结构形状和技术要求等，并最终以前图形信息（零件图、装配图）的形式表达出来的过程。

CAD 的主要内容包括构造零件的几何形状、选用零件的材料以及为了保证整个设计的统一性（如与制造、装配方面的设计一致性）而对零件提出的一些其他要求。

产品设计分概念设计、工程设计和详细设计三个阶段。设计者根据设计协议，将产品的功能定义（如功能、价格、生命周期、外形要求、重量等）量化成设计过程所需的参数信息，就此完成概念设计。工程设计阶段完成几何形状设计、完整的零件表和材料清单输出。详细设计给出符合功能要求、加工要求和装配要求的每个零件的设计信息。

2. CAE

CAE 是指采用计算机技术和工程分析技术相结合的方法对工程和产品进行建模、计算分

CAE 接受来自 CAD 的几何信息,运用有限元法等数值分析方法,对产品的性能进行功能检验、模拟仿真等,帮助工程技术人员求解复杂工程和产品结构强度、刚度、屈曲稳定性、动力响应、热传导、三维多体接触、弹塑性等力学性能的分析计算以及结构性能的优化设计,以提高产品设计质量及可靠性。

CAM 是制造人员利用计算机、数控机床或加工中心制造零件。在 CIMS 中, CAD 系统向 CAM 系统提供零件信息, CAPP 系统向 CAM 系统提供加工工艺信息和工艺参数。CAM 系统根据这两方面信息自动生成 NC 加工代码。

现代 CAD/CAM 系统的工作过程包括以下几个方面,其模式如图 1-2 所示。



该阶段进行需求分析, 同时进行概念和功能设计。

该阶段进行总体方案设计、原理设计和工业设计。方案设计和原理设计在条件具备时可以由方案设计专家系统辅助完成,工业设计在 2D 和 3D 工业设计软件的辅助下,结合人工的创造性工作完成产品外观造型。

用三维数字化测量的方法对产品样件或创作的实物原型进行测量, 获得计算机数据, 以便

进行后续各种分析、设计和计算。逆向工程(RE)也称为反求工程,是指设计和制造者面对的只有实物样件而没有图样或CAD模型数据的情况下,通过对已有实物的数字化测量和工程分析,得到重新制造产品所需的几何模型、物理和材料特性数据,从而复制出已有产品的过程。

4. 计算机辅助设计(CAD)与计算机辅助工程(CAE)

应用CAD技术开展详细设计、分析与计算,包括装配设计、零件造型设计、工程计算与有限元分析等,这是现代产品开发模式中最有代表性的活动。

5. 快速成形制造(RP)

在传统的产品设计制造中,产品只能在接近完成时才能成为看得见摸得着的产品,而快速成形制造(也称为快速原型制造)应用数字化制造原理提供了一种廉价和快速产生接近于真实产品的方法。在快速成形制造中,人们利用快速成形设备,以增量制造(非切削加工)的方法制成实物原型,供给人们分析和评价,借此发现设计问题和进行多个设计方案的比较。

6. 计算机辅助工艺规程设计(CAPP)

应用计算机取代工艺人员设计并编写产品的加工和装配工艺,这样编制的工艺更合理,工艺文件更规范,提高了质量和效率。

7. 计算机辅助制造(CAM)

现代产品的制造手段和传统加工方法的重要区别是大量采用数控机床进行零件的加工。数控机床的各种加工作靠数控程序并通过计算机来控制,计算机自动编程技术的应用可以实现数控代码的自动生成和正确性检验,大大提高了数控编程的质量和效率。各种数控加工设备和装配机器人的使用,使得产品加工和装过程的质量与效率相对于传统方法都有着本质的提高。

8. 虚拟现实技术(VR)

虚拟现实技术可以使人们“沉浸”在计算机创建的虚拟环境中,VR的应用为CAD/CAM提供了真实感更强的工作环境,在虚拟的条件下对产品进行构思、设计、制造、测试和分析,为创新产品设计开发提供了良好的运行条件与机制。

1.1.3 CAD/CAM系统的功能与任务

CAD/CAM系统需要对产品设计、制造全过程的信息进行处理,包括设计、制造中的数值计算、设计分析、绘图、工程数据库的管理、工艺设计、加工仿真等各个方面。

1. 几何造型

在产品构思阶段,系统能够描述基本几何实体及实体间的关系;能够提供基本体素,以便为用户提供所设计产品的几何形状、大小,进行零件的结构设计及零部件的装配;系统还能够动态地显示三维图形,解决三维几何建模中复杂的空间布局问题;同时,还能进行消隐、彩色浓淡处理等。几何建模技术是CAD/CAM系统的核心,它为产品的设计、制造提供基本数据,同时也为其他模块提供原始的信息。

2. 计算分析

CAD/CAM系统构造了产品的形状模型之后,能够根据产品几何形状,计算出相应的体积、表面积、质量、重心位置、转动惯量等几何特性和物理特性,为系统进行工程分析和数值计算提供必要的基本参数。另外,CAD/CAM中的结构分析需进行应力、温度、位移等计算;

图形处理中变换矩阵的运算;体素之间的交、并、差计算等;在工艺规程设计中有工艺参数的计算。因此,要求 CAD/CAM 系统对各类计算分析的算法正确、全面,而且数据计算量大,还要有较高的计算精度。

3. 工程绘图

产品设计的结果往往是机械图的形式,CAD/CAM 中的某些中间结果也是通过图形表达的。CAD/CAM 系统应具备从几何造型的三维图形直接向二维图形转换的功能,还需有处理二维图形的能力,包括基本图元的生成、标注尺寸、图形的编辑以及显示控制、附加技术条件等功能,保证生成合乎生产实际要求、也符合国家标准机械图。

4. 结构分析

CAD/CAM 系统中的结构分析常用的方法是有限元法,这是一种数值近似解方法,用来解决结构形状比较复杂零件的静态、动态特性,进行强度、振动、热变形、磁场、温度场强度、应力分布状态等计算分析。

5. 优化设计

CAD/CAM 系统应具有优化求解的功能,也就是在某些条件的限制下,使产品或工程设计中的预定指标达到最优。优化包括总体方案的优化、产品零件结构的优化和工艺参数的优化等。优化设计是现代设计方法学中的一个重要的组成部分。

6. 计算机辅助工艺规程设计(CAPP)

设计的目的是为了加工制造,而工艺规程设计是为产品的加工制造提供指导性文件,因此 CAPP 是 CAD 与 CAM 的中间环节。CAPP 系统应当根据建模后生成的产品信息及制造要求,自动决策出加工该产品所采用的加工方法、加工步骤、加工设备及加工参数。CAPP 的设计结果一方面能被生产实际所用,生成工艺卡片文件;另一方面能直接输出一些信息,为 CAM 中的 NC 自动编程系统接收、识别,直接转换为刀位文件。

7. 模拟仿真

在 CAD/CAM 系统内部,建立一个工程设计的实际系统模型,例如机构、机械手、机器人等。通过运行仿真软件,代替、模拟真实系统的运行,可用于预测产品的性能、产品的制造过程和产品的可制造性。模拟仿真通常有加工轨迹仿真,机构运动学模拟,机器人仿真,工件、刀具、机床的碰撞、干涉检验等。

8. 工程数据管理

由于 CAD/CAM 系统中数据量大、种类繁多,既有几何数据又有属性语义数据,既有产品定义数据又有生产数据,既有静态标准数据又有动态过程数据,结构还相当复杂,因此 CAD/CAM 系统应能提供有效的管理手段支持工程设计与制造全过程的信息流动与交换。通常,CAD/CAM 系统采用工程数据库系统作为统一的数据环境,实现各种工程数据的管理。

1.2 机械 CAD/CAM 系统的构成

一个 CAD/CAM 系统是由计算机和一些外部设备(计算机和外部设备通常称为硬件)及相应的软件组成(其中包括系统软件、支撑软件及应用软件),如图 1-3 所示。但对于一个具体的 CAD/CAM 系统来讲,其硬件、软件相互的配置是需要进行周密考虑的,同时对硬件、软件

的型号、性能以及厂家都需要进行全方位的考虑。如电子产品 CAD/CAM 只适用于设计制造印制电路板或集成电路,而机床的 CAD/CAM 只适用于机床的设计和制造,这两个系统不仅基础和专用软件不一样,而且硬件配置上也有差异。

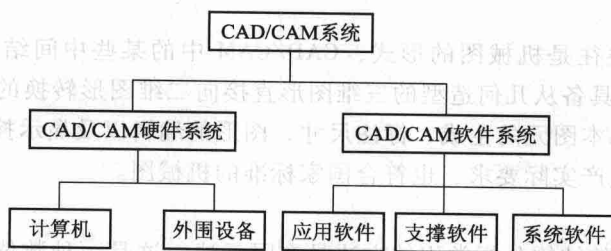


图 1-3 CAD/CAM 系统的基本结构

1.2.1 CAD/CAM 系统的硬件

1. CAD/CAM 硬件系统的组成

一个 CAD/CAM 系统的硬件,主要包括计算机和有关的外部设备(如外存储器、图形和数据的输入与输出设备等)。其中,计算机是系统的核心硬件,一般外部设备包括外存储器、显示器、键盘、鼠标、打印机、绘图仪、数控加工设备等。

CAD/CAM 系统对硬件环境(应用环境)的配置要求为:

- ① 高性能的图形显示和人机交互功能;
- ② (CPU)运行速度高,同时需要有相当大的内存空间与硬盘容量;
- ③ 快速的网络传输。

硬件性能将直接影响 CAD/CAM 软件功能的发挥,硬件配置应服从、服务于 CAD/CAM 软件功能,应与处理数据的复杂程度与规模相匹配。

2. CAD/CAM 系统配置形式

随着计算机技术的发展,CAD/CAM 系统的硬件和软件配置也在不断变化。目前,CAD/CAM 系统按照所使用的计算机类型可以大致分为以下五类:

(1) 大型机系统

顾名思义,该系统一般以具有大容量的存储器和极强的计算功能的大型通用计算机为主机,一台计算机可以连接几十至几百台图形终端和字符终端及其他图形输入和输出设备。主机具有高速、大容量的内存和外存、高精度等优点,系统具有一个大型的数据库,可以对整个系统的数据实行综合管理和维护,有利于企业集成管理。大型机系统流行于 20 世纪 70 年代,其一般用户为大型的飞机制造公司和船舶制造公司,目前已基本不再采用。

(2) 小型机系统

20 世纪 70 年代末至 80 年代初,这类系统处于蓬勃发展时期,以 32 位超级小型机为主,支持几台到几十台终端。我国在此期间从国外购进的 CAD/CAM 系统大都属这种类型。生产、制造这类系统的厂商很多,如美国的 CV、Intergraph、DEC、Calma、Autotrol、Unigraphics 和法国的 Euclid 等。此类小型机系统有一定的局限性,如系统的计算能力和扩充能力差等,不同系统的数据存储格式不同,难以交换数据,因此应用范围受到一定限制。

(3) 工程工作站

20 世纪 80 年代初, 32 位的工程工作站问世, 以工作站组成 CAD/CAM 系统发展很快。它与小型机 CAD/CAM 系统不同, 一台工作站只能一个人使用, 并且具有较强的联网功能, 其处理速度很快, 一般都赶上或超过了过去的小型机的速度。这类工作站一般都采用 RISC 技术和开放系统的设计原则, 且以 UNIX 为操作系统。这种类型的工作站是 20 世纪 90 年代 CAD/CAM 系统的主要机器。

(4) 微机系统

随着微机性能的不断提高、价格的不断下降, 以 PC 等微机组成的 CAD/CAM 系统近年来增加很快。过去以微机为主机的 CAD/CAM 系统一般只能进行二维拼图和绘图, 而现在可以进行三维造型和复杂的分析计算。我国用高档微机组成的 CAD/CAM 系统发展很快, 在某些方面已接近低档工程工作站的能力。

(5) 基于网络的微机——工作站系统

该类系统应用计算机技术及网络通信技术将分布于不同地点的多个计算机以网络形式连接起来, 可以共享软、硬件资源, 充分准确地交流设计信息, 协调各种作业, 完成并行工程。随着企业集成化管理和生产能力进一步提高的需要, 网络化是必然的趋势, 现代企业在 CAD/CAM 的建设过程中, 必须要考虑和 CAPP、PDM、MIS 等系统的集成问题, 根据企业的发展来确定 CAD/CAM 系统的建设。

1.2.2 CAD/CAM 系统的软件

计算机系统的硬件为系统工作提供了物质基础, 而系统功能的实现是由系统中软件的运行来完成。如无软件的支持, 硬件设备便不能发挥其作用。软件是决定 CAD/CAM 系统功能强弱、效率高低和使用是否方便的关键因素。随着 CAD/CAM 系统功能愈来愈复杂, 软件成本在整个 CAD/CAM 总成本中所占的比重愈来愈大。目前, 从国外引进的 CAD/CAM 系统, 其高性能软件的价格甚至高于系统硬件的价格。在 CAD/CAM 系统中, 根据执行任务和编写对象的不同, 软件可分为系统软件、支撑软件及专业性应用软件三类。

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, 它主要负责管理硬件资源及各种软件资源, 包括操作系统、汇编系统、编译系统和诊断系统等。

操作系统是用户和计算机之间的接口, 使用户能有效地使用计算机。操作系统全面管理计算机资源, 合理地组织计算机的工作流程。操作系统的管理包括 CPU 管理、存储管理、文件管理、输入输出管理和作业管理等。操作系统是每一个计算机系统都具有的系统软件。20 世纪 80 年代以来, 窗口软件得到了较大的发展, 以集成操作环境为特点的窗口系统被誉为新一代操作系统, 例如 Windows 95/98/2000/XP/Vista 等操作系统、工作站上流行使用的 UNIX 操作系统等。

在开发 CAD/CAM 系统时, 还需要用到编译系统和汇编系统。编写应用程序是 CAD/CAM 系统人员的一项经常性的工作, 程序设计语言是必须掌握的基本工具。在 CAD/CAM 系统中常用的高级语言有 C、FORTRAN、Pascal、BASIC 等。在开发 CAD/CAM 软件中, 有时也用到汇编语言。有些用汇编语言编写的程序可在高级语言程序中调用。因此, 编译系统和汇编系统也

是开发 CAD/CAM 系统所必需的系统软件。

2. 支撑软件

CAD/CAM 系统的支撑软件主要包括图形处理软件、几何造型软件和数据库管理系统等。

(1) 图形处理软件

图形处理软件按应用范围可分为二维图形处理软件和三维图形处理软件。常用的二维图形处理软件包的基本功能包括：①产生各种图形元素，如点、线、圆等；②图形变换，如放大、平移、旋转等；③控制显示、开窗口、局部放大；④局部删除图形元素，如修改、编辑图形；⑤输入和输出功能。除上述基本功能外，二维图形处理软件包提供的功能还有尺寸标注、书写文字、画剖面线等。

(2) 几何造型软件

几何造型软件是用于建立物体几何模型的软件。利用其造型功能，可以定义物体的几何形状及其相互关系，在计算机内建立的几何模型可为设计、图形显示和 NC 编程等方面提供必要的信息。要实现 CAD/CAM，首先必须完成产品零件的几何造型，建立产品零件的模型，后续的一切处理和操作皆在此模型的基础上完成。因此，几何造型软件是 CAD/CAM 系统必不可少的支撑软件。

(3) 数据库管理系统

CAD/CAM 是一个信息分析、处理和传递的过程。在设计制造过程中，需要对大量的数据进行处理和操作。这些数据中有静态的数据，如标准设计数据、标准图形文件等，也有动态的数据。因此数据管理是 CAD/CAM 中的一个非常重要的问题，设计、查询、对话和图形显示等活动都和数据库有着密切的关系。当采用数据库系统管理设计数据时，数据按一定数据结构存放在数据库中，由数据库管理系统统一管理。数据库管理系统提供了各种管理功能，例如存放数据、删除数据和查找数据等。利用数据库管理系统的命令，可以完成各种数据操作。

3. 应用软件

应用软件是指针对用户具体要求而开发的软件。在实际应用中，由于用户的设计要求及生产条件多种多样，所选购的支撑软件难以完全适应，因此在具体的 CAD/CAM 应用中必须进行二次开发，即根据用户要求开发用户化的应用程序。应用软件的水平、质量及可靠性是 CAD/CAM 系统能否取得生产效益的关键。企业在产品设计等方面所开发研制的各类软件都属于应用软件。

1.2.3 常用 CAD/CAM 软件简介

CAD/CAM 技术经过几十年的发展，先后走过大型机、小型机、工作站、微机时代，每个时代都有当时流行的 CAD/CAM 软件。现在，工作站和微机平台 CAD/CAM 软件已经占据主导地位，并且出现了一批比较优秀、比较流行的商品化软件。下面分别介绍国内外一些流行的 CAD/CAM 软件。

1. AutoCAD

AutoCAD 是 Autodesk 公司的主导产品，在过去的十年中无可厚非地成为最优秀的 CAD 基础软件。AutoCAD 有强大的二维功能，如绘图、编辑、剖面线和图案绘制、尺寸标注以及二次开发等，同时有部分三维功能。

2. CAXA 电子图板

CAXA 电子图板是我国自行开发、具有自主知识产权的国产软件。它是一套高效、方便、智能化的通用中文设计绘图软件,适合所有需要二维绘图的情况,使设计人员可以把精力集中在设计构思上,满足现代企业快速设计、绘图、信息电子化的要求。

CAXA 电子图板的界面简洁,操作简单,同时丰富的标准件的参数化图库也是 CAXA 电子图板的一个显著特色,为绘制机械图提供了极大方便。然而,CAXA 主要面向机械制造业,而 AutoCAD 在功能上则更为全面,应用领域更为广泛,在命令的使用上也更为方便。

3. SolidWorks

SolidWorks 是由美国 SolidWorks 公司开发的三维机械设计软件,它是世界上第一个基于 Windows 开发的三维 CAD 系统,该系统在 1991—1999 年获得全球微机平台 CAD 系统评比第一名,从 1995 年至今,已经累计获得十七项国际大奖,成为全球装机量最大、最好用的软件。SolidWorks 是基于 Windows 平台的全参数化特征造型软件,它可以十分方便地实现复杂的三维零件实体造型、复杂装配和生成工程图。图形界面友好,设计过程简单、方便,易学易用。该软件可以应用于以规则几何形体为主的机械产品设计与生产准备工作中,其价位适中。目前,SolidWorks 公司已经推出 SolidWorks 2009 版。

4. Cimatron

Cimatron 是 Cimatron 公司提供的 CAD/CAM/PDM 软件,它为模具工厂带来了新的效率和灵活性,在模具业和塑料加工等相关产业具有长久良好的口碑。Cimatron 的解决方案被广泛应用于汽车、航空航天、计算机、电子、消费品、光学、通信等行业。Cimatron 是一套易学易用的 3D 工具,在设计过程中,它无缝集成了快速分模,工程变更,生成电极、嵌件以及导向、冷却道等详细的模具零件。在制造过程中,非常容易实现 2~5 轴的刀路轨迹编程,在编程过程中充分利用高速加工、基于毛坯残留知识的加工、模板加工等强大的功能和优秀的策略,从而可大大减少编程时间和实际加工时间。目前,Cimatron 公司已经把 Cimatron 产品的开发全部从 IT 版转到了 E 版。

5. Pro/Engineer

Pro/Engineer 系统是美国参数技术公司(Parametric Technology Corporation,PTC)的产品。它广泛应用于电子、机械、模具、工业设计、汽车、航空航天、家电、玩具等行业,是一个全方位的 3D 产品开发软件,集零件设计、产品装配、模具开发、NC 加工、钣金件设计、铸造件设计、造型设计、逆向工程、自动测量、机构模拟、压力分析、产品数据管理等功能于一体。

Pro/Engineer 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。整个系统建立在统一的数据库上,具有完整而统一的模型。Pro/Engineer 主要适合于中小企业快速建立较为简单的三维模型,它强调单纯的全相关产品设计,在复杂产品建模以及加工分析模块方面显得较为薄弱。

6. Unigraphics

Unigraphics 简称 UG,是 Unigraphics Solutions 公司的拳头产品。该公司首次突破传统 CAD/CAM 模式,为用户提供一个全面的产品建模系统。在 UG 软件中,优越的参数化和变量化技术与传统的实体、线框和表面功能结合在一起,这一结合被实践证明是强有力的,并被大多数 CAD/CAM 软件厂商所采用。