



高职高专“十一五”规划教材

机械电子类



机械CAD/CAM 应用技术

杨兵 主编



冶金工业出版社

www.cnmp.com.cn

高职高专“十一五”规划教材·机电类

机械 CAD/CAM 应用技术

主 编 杨 兵

副主编 潘秀石

主 审 李劲松

北 京

冶金工业出版社

2008

内 容 简 介

本书是为高职高专数控技术和机电工程专业编写的教材。该教材以目前国内流行的 CAD/CAM 软件 CAXA 制造工程师 2006 为主要讲解内容,针对教学和应用当中的常见问题,精心筛选内容和试题,使读者能够迅速掌握 CAD/CAM 软件的基本理论和使用规范。

本书采用项目教学法进行编写,以课题为基本单位,突出职业教育特点,强调理论和应用相结合,课题后设计了与课题相关的测试题,作为对正文部分的支持和补充,使学生能够迅速理解项目的核心思想。

本书可作为高职院校数控及相关专业的教材,也可作为个人自学、岗位培训的专业教材。

图书在版编目(CIP)数据

机械 CAD/CAM 应用技术/杨兵主编. —北京:冶金工业出版社, 2008.6

ISBN 978-7-5024-4686-4

I. 机… II. 杨… III. ①机械设计: 计算机辅助设计—高等学校: 技术学校—教材②机械制造: 计算机辅助制造—高等学校: 技术学校—教材 IV.TH122 TH164

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 103507 号

出 版 人 曹胜利

地 址 北京北河沿大街嵩祝院北巷 39 号, 邮编 100009

电 话 (010)64027926 电子信箱 postmaster@cnmip.com.cn

责任编辑 马文欢

ISBN 978-7-5024-4686-4

北京天正元印务有限公司印刷; 冶金工业出版社发行; 各地新华书店经销

2008 年 6 月第 1 版, 2008 年 6 月第 1 次印刷

787mm×1092mm 1/16; 11.25 印张; 251 千字; 172 页; 1-3000 册

24.00 元

冶金工业出版社发行部 电话: (010)64044283 传真: (010)64027893

冶金书店 地址: 北京东四西大街 46 号(100711) 电话: (010)65289081

(本书如有印装质量问题, 本社发行部负责退换)

前 言

本书按照高等职业教育的教学要求,在参考了多家院校的相关教学大纲的基础上,结合作者多年的教学和实践经验编写而成。

近年来,随着数控加工技术的不断发展,数控机床在国内的应用日益普及,CAD/CAM技术的广泛应用已经成为机械加工技术发展的重要趋势。特别是近几年来,很多产品制造类企业将诸如 PDM、PLM 等现代管理方法应用于企业的生产管理,以提高企业的管理水平和竞争实力。作为连接设计与生产、产品与管理的纽带,CAD/CAM 技术进入了一个崭新的应用和发展阶段。

在 CAD/CAM 技术研究、开发和应用推广过程中,需要各式各样的人才,为了培养高级技术应用人才,我们根据高职高专数控技术专业的教学要求,对 CAD/CAM 技术在知识体系上作了相应调整,在帮助学生掌握基础知识的基础上锻炼其应用能力、力求与实践操作紧密衔接。

在本教材编写过程中,尽量避免应用手册式的编写方法,针对教学和实践中常见的一些问题,有针对性地设计题目和内容。本书没有晦涩难懂的理论讲解,即使一些必须掌握的计算机图形学原理和管理学内容也经过了认真调整和组织,完全能够被机类、近机类专业的学生所掌握。同时,书中提供了有代表性的实例练习,为正文内容提供必要的支持和补充。本教材的编写具有高职高专特色,符合高职高专的培养目标和要求。为了便于自学,在每一课题末,都编写了一定数量的练习题。

本书分为 6 个项目单元,共 23 个课题。项目安排结合 CAD/CAM 技术的基础和应用,本着由浅入深的原则,从 CAD/CAM 基础、造型、图形几何变换到加工和现代加工管理都做了准确的阐述,力争使学习者对 CAD/CAM 技术的基本用途、功能和使用规则有一个全面的了解,并熟练掌握国产 CAD/CAM 软件——CAXA 制造工程师的使用方法,为进一步学习 CAD/CAM 技术打好基础。

本书由杨兵任主编,潘秀石任副主编,李庆、徐福恩、李森、曹永志、杨嵩参加编写。全书由李劲松主审。

由于编者水平所限,书中如有不足之处敬请读者批评指正,以便修订时改进。如读者在使用本书的过程中有其他意见或建议,恳请向编者(bjzhangxf@126.com)踊跃提出宝贵意见。

编 者

目 录

第一单元 机械 CAD/CAM 基础知识.....1

课题一 CAD/CAM 的基本概念.....1

一、CAD 技术与发展.....1

二、CAM 技术与发展.....1

三、CAD/CAM 技术与常见软件.....2

四、基于 CAD/CAM 的先进制造 管理方案.....2

课题二 CAD/CAM 系统的组成.....3

一、CAD/CAM 系统的基本组成.....3

二、CAD/CAM 系统的基本类型.....4

课题三 CAD/CAM 工作过程.....5

一、CAD/CAM 系统的基本功能.....5

二、CAD/CAM 作业过程.....7

课题四 CAD/CAM 系统的软、硬件要求.....9

一、CAD/CAM 软件系统.....9

二、硬件系统的配置.....12

三、网络互连设备.....14

四、认识 CAD/CAM 常用的 应用软件.....14

习题.....17

第二单元 CAD 建模技术.....18

课题一 线框建模.....18

一、线框建模基础.....18

二、CAXA 制造工程师中的 线框造型.....19

课题二 曲面建模.....24

一、曲面建模基础.....24

二、CAXA 制造工程师中的 自由曲面.....25

课题三 实体造型.....33

一、实体造型基础.....33

二、CAXA 制造工程师中的 实体造型.....33

课题四 特征建模与参数化设计.....44

一、特征建模与参数化设计概述.....44

二、特征模型.....44

三、参数化设计.....45

习题.....47

第三单元 图形几何变换.....51

课题一 图形几何变换的基础知识.....51

一、图形几何变换的计算机图 形学基础.....51

二、机械 CAD/CAM 中的图形 几何变换.....51

课题二 线架造型和曲面造型中的 几何变换.....51

一、平移.....52

二、旋转.....57

三、平面旋转.....58

四、镜像.....64

五、平面镜像.....64

六、阵列.....68

七、缩放.....74

课题三 特征的图形几何变换.....78

一、线性阵列.....78

二、环形阵列.....79

习题.....85

第四单元 CAM 技术.....86

课题一 数控加工概述.....86

一、数控加工设备.....86

二、数控编程.....86

三、数控加工工艺设计.....87

课题二 自动编程简介.....93

一、自动编程的概念.....93

二、自动编程分类.....94

三、自动编程系统的要求和应用	95	三、产品数据交换标准	152
课题三 刀具轨迹	97	课题三 机床通信	155
一、自动编程中的坐标问题	97	一、系统简介	155
二、刀具轨迹基础知识	98	二、机床通信接口	155
三、CAXA 制造工程师刀具轨迹生成过程简介	103	三、数控系统传输软件	156
四、CAXA 制造工程师刀具轨迹编辑	107	习题	158
课题四 加工方法	112	第六单元 先进制造管理方案	159
一、CAXA 制造工程师二轴铣削加工方法	112	课题一 CAPP 简介	159
二、CAXA 制造工程师三轴铣削加工方法	117	一、CAPP 基本概念及其基本原理	159
三、特种加工加工方法简介	131	二、CAPP 现状及发展方向	159
课题五 后置处理	135	三、CAPP 系统的分类	160
一、后置处理的概念及其过程	135	课题二 CAXA CAPP	160
二、CAXA 的后置处理	136	一、CAXA 工艺图表的功能特点	161
三、生成加工工艺清单	143	二、CAXA 工艺解决方案	161
习题	147	三、CAXA 工艺图表应用	162
第五单元 CAD/CAM 接口	148	四、CAXA 工艺图表应用实例	162
课题一 软件接口概念	148	课题三 PDM 简介	165
一、接口概述	148	一、PDM 基本知识	165
二、产品定义数据的交换方式	149	二、CAXA PDM	167
课题二 常见图形交换规范	150	课题四 PLM 简介	168
一、初始图形交换规范	150	一、PLM 基础知识	168
二、绘图交换格式	151	二、CAXA PLM	169
		习题	171
		参考文献	172

第一单元 机械 CAD/CAM 基础知识

CAD/CAM(Computer Aided Design and Computer Aided Manufacturing)技术是制造技术和计算机技术发展到一定阶段的必然结果,是计算机技术和制造工程技术相结合、相互渗透而发展起来的一项综合性应用技术。CAD/CAM 技术的发展,为生产企业提供了设计开发和加工制造的先进手段和工具,更重要的是它改变了传统的企业管理方式,推动一些先进的管理方法和理念应用到现代企业中,大大提高了企业的技术进步和管理水平。计算机辅助设计(CAD)技术和计算机辅助制造(CAM)技术的发展正在引起一场产品和制造的技术革命。

CAD/CAM 技术广泛应用于机械、建筑、轻纺等领域,技术比较成熟的还是在机械制造领域。CAD/CAM 技术的发展源于机械制造。经过半个多世纪不断拓展和完善,机械 CAD/CAM 已经形成一套具有较完备的理论基础和应用基础的技术体系,并且仍然在不断发展完善。

课题一 CAD/CAM 的基本概念

一、CAD 技术的发展

计算机辅助设计(Computer Aided Design, CAD)主要是使用计算机技术来辅助一项设计的建立、修改、分析和优化等设计过程。整个设计工作先由设计人员构思,再利用计算机对有关产品的大量资料进行检索,根据性能要求及有关数据、公式进行计算、分析和优化设计之后,将产品设计图形显示出来,设计人员通过交互图形显示系统对设计方案或图形作必要的修改,获得满意的设计结果。

CAD 技术经过早期的理论探索和系统开发,在 20 世纪 80 年代取得突飞猛进的发展。在此阶段中,计算机技术的飞速发展,CAD 的硬件设备与软件如数据库、有限元、优化技术的出现,为 CAD 技术的发展提供了强有力的支持。此阶段的 CAD 系统多以图形工作站为硬件平台,在制造业中应用广泛。

20 世纪 90 年代是信息技术开发化、标准化、集成化和智能化的发展时期,Windows 95/98/NT 操作系统、工作站、UNIX 操作系统在以太网的环境下构成了 CAD 系统的主要工作平台。CAD 系统具有良好的开放性,图形接口、图形功能日趋标准化。

二、CAM 技术的发展

计算机辅助制造(Computer Aided Manufacturing, CAM)主要是利用计算机技术辅助完成从生产准备到产品制造整个活动的过程,即通过直接或间接地把计算机技术与制造过程和生产设备相联系,用计算机系统进行制造过程的计划、管理及对生产设备的控制与操作的运行,处理产品制造过程中所需要的数据,控制和处理物料(毛坯和零件)的流动,对产品进行测试和检验等。它包含很多方面,如计算机数控(Computer Numerical Control, CNC)、直接数控(Direct Numerical Control, DNC)、柔性制造系统(Flexible Manufacturing System, FMS)、机器人(Robots)、计算机辅助编制工艺规程(Computer Aided Process Planning, CAPP)、

计算机辅助测试(Computer Aided Test, CAT)、计算机辅助生产计划编制(Production Planning Simulation, PPS)及计算机辅助生产管理(Computer Aided Production Management, CAPM),这是 CAM 的广义定义。狭义的 CAM 是指利用计算机进行数控加工程序编制,包括刀具路径规划、到位文件生成、刀具轨迹仿真及 NC 代码生成等。

CAM 技术是从 APT(Automatically Programmed Tooling)技术即自动化编程工具开始的,21 世纪 50 年代末数控机床出现后,为了提高数控程序编写的效率,由 MIT 设计了一套专门用于机械零件数控加工的自动编程语言,在这套系统中,人们只需要对零件的几何形状进行描述,并制定加工路线,由系统自动生成零件的数控加工程序。这套 APT 系统经过不断发展,在 20 世纪 70 年代已经成为数控编程标准。APT 系统就是最早的 CAM 系统。

除了 APT 语言之外,图形自动数控编程技术则是在 CAD 技术基础上发展起来的,人们利用 CAD 系统的几何信息,通过人机交互的方式,进行部分加工工艺处理,最后由计算机生成数控加工轨迹,再经过后置处理,得到数控机床的加工控制程序。计算机辅助数控编程技术是 CAM 技术的核心。

三、CAD/CAM 技术与常见软件

(一) CAD/CAM 技术

CAD/CAM 技术是以计算机为工具来生成和运用各种数字信息与图形信息,以进行产品设计与制造的全过程,包括方案设计、总体设计和零部件设计及加工和装配等。

CAD/CAM 技术是一项综合性的、技术复杂的系统工程,涉及到许多学科领域,如计算机科学与工程、计算数学、几何造型、计算机图形显示、计算机网络、数据结构和数据库技术、仿真、数控、机器人和人工智能学科和技术及与产品设计和制造有关的专业知识等,它广泛应用于航空航天、电子、机械制造、轻纺、建筑等领域。另外,该技术还是柔性制造系统(Flexible Manufacturing System, FMS)和计算机集成制造系统(Computer Integrated Manufacturing System, CIMS)的技术基础,是现代制造技术的基础核心技术。

(二) 常见软件

目前,市场上 CAD/CAM 软件很多,有单一的 CAD 软件,如 Auto CAD、CAXA 实体设计等软件;有单一的 CAM 软件,如 Edge CAM、Master CAM 等软件;有 CAD/CAM 集成在一起的软件,如 Pro/ENGINEER、Unigraphics、CATIA、CAXA 制造工程师等软件。

四、基于 CAD/CAM 的先进制造管理方案

随着信息技术的发展和日益激烈的市场竞争,企业采用并行、协同设计势在必行,只有这样,企业才能适应迅猛变化的市场需求,提高产品竞争力,解决所谓的 TQCS 难题,即以最快的上市速度(T—Time to Market)、最好的质量(Q—Quality)、最低的成本(C—Cost)、最优的服务(S—Service)来满足市场的需求。通过传统的制造管理方案的基础上,引入 CAD/CAM 技术和现代设计技术,从而形成了先进的制造管理方案。

(一) 进行产品市场需求分析并确定产品性能

市场是产品开发活动的动力和源泉,所有产品都应来源于市场需求,没有市场需求就没有产品的开发活动。这部分是整个设计制造的基础,无论是对现有产品进行改进还是创造出新产品,都必须完成严格的市场需求分析,并根据分析结果确定产品的性能。

这部分工作主要是由人工来完成,在条件具备的情况下,也可借助于人工智能和专家系统来辅助完成。

(二) 开展总体方案设计、原理设计和工业设计

在条件具备时,方案设计和原理设计可以由方案专家系统辅助完成,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。

(三) 计算机辅助设计(CAD)

利用 CAD 技术,开展详细设计、分析与计算,这是先进制造管理方案中最具有代表性的活动,几乎所有的设计活动,如零件的设计、零件计算与分析、部件装配等都在计算机中完成。在设计现场几乎看不见任何设计图样。采用了计算机辅助设计,不仅仅是代替了人工绘图和计算,而且质量和设计效率也大大提高了。

(四) 模拟仿真分析(CAE)

CAE(Computer Aided Engineering, 计算机辅助工程)是以现代计算力学为基础,以计算机仿真为手段的工程技术分析,是实现产品优化设计的主要支持模块。在传统的生产制造管理方案中,由于其串行特点,产品只能在开发活动接近完成时才能看得见摸得着。如果在这个时候发现产品有问题将非常被动,因为,无论是对设计的修改,还是对工艺或工装的修改都是非常困难的。CAE 是包括产品设计、工程分析、数据管理、试验、仿真和制造的一个综合过程,关键是在三维实体建模的基础上,从产品的设计阶段开始,按实际条件进行仿真和结构分析,按性能要求进行设计和综合评价,以便从多个方案中选择最佳方案,或者直接进行优化设计。

(五) 计算机辅助工艺设计(CAPP)

CAPP 系统从 CAD 系统中或通过人机交互输入获得零件的各种数据,借助于 CAPP 系统中的车间模型、工件模型及工艺模型,生成工艺路线、工时定额及成本核算数据等,帮助工艺人员迅速地编制出详细的工艺文件。

(六) 计算机辅助制造(CAM)

先进制造管理方案中的制造手段和传统加工方法的重要区别,是先进制造管理过程中大量用数控代码并通过计算机来控制数控机床的各种加工动作。数控代码的生成,即数控编程就成为数控加工的关键。采用计算机辅助制造技术,可以实现数控代码的自动生成和正确性检验,从而提高了数控编程的质量和效率。

(七) 数控加工(NC)

根据已经编写好的程序,采用数控机床进行零件的自动加工。

在先进制造管理方案中,由于 CAD、CAM 的紧密结合,大大提高了产品的开发质量,缩短了开发周期,同时也降低了开发费用。

课题二 CAD/CAM 系统的组成

一、CAD/CAM 系统的基本组成

CAD/CAM 系统一般由硬件系统和软件系统组成,如图 1-1 所示。由于使用要求的不同

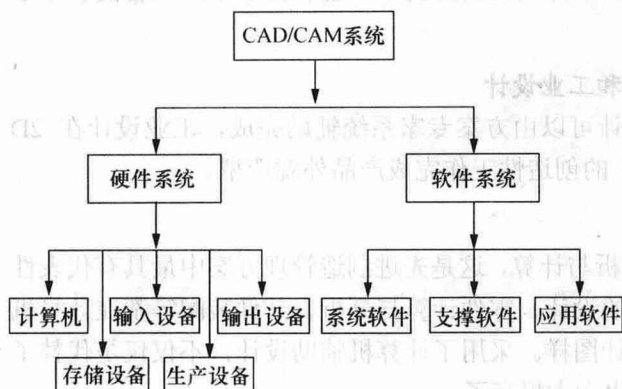


图 1-1 CAD/CAM 系统的组成

件产生刀具轨迹信息，进行数控加工。

CAD/CAM 系统的软件系统由系统软件和应用软件组成。系统软件主要作用是管理系统，它一般包括操作系统、高级语言编译系统等。常见的操作系统有 DOS、UNIX 和 Windows 等。对于工程工作站的主流操作系统主要是 UNIX，微型计算机的操作系统 MS-DOS 已经被 Windows 系统所代替，20 世纪 90 年代中期以后推出的微型机 CAD/CAM 系统一般均在 Windows 95、Windows 98 和基于 NT 技术的 Windows 后续操作系统等平台上运行。

CAD/CAM 软件系统的配置，根据用户要求的不同，其差异比较大，一般来说 CAD/CAM 系统基本配置模块如图 1-3 所示。



图 1-2 CAD/CAM 硬件系统

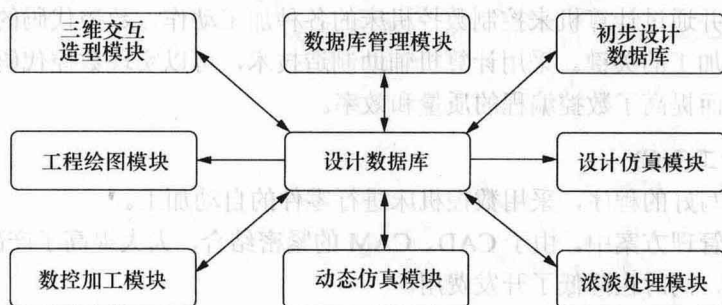


图 1-3 CAD/CAM 系统基本配置模块

二、CAD/CAM 系统的基本类型

CAD/CAM 系统的类型可以按系统的功能和系统的硬件配置进行分类。按系统的功能一般可以分为通用型 CAD/CAM 系统和专用型 CAD/CAM 系统。通用型 CAD/CAM 系统的

同，其硬件与软件的配置也有所不同，但是系统各组成模块都大同小异。

CAD/CAM 系统的硬件系统由计算机(或工作站)及其外围设备组成，如图 1-2 所示。其中，外围设备主要包括输入/输出设备和数控设备等。图中扫描仪和电视摄像机可输入二维结构和图像，而且通过采用纹理映射技术，系统可以模拟待设计形体的各种曲面形状。数控设备直接与主机相连，通过数控加工模块或数控加工文

功能适用范围广,其硬件和软件配置也比较丰富。而专用型 CAD/CAM 系统是为了实现某种特殊功能的系统,其硬、软件配置相对简单,但符合特殊功能的要求。

按系统的主要硬件配置和计算机类型不同,一般可以分为以下几类。

(一) 大型机 CAD/CAM 系统

该系统一般采用具有大容量的存储器和大型通用计算机为主机,一台计算机可以连接几十至几百个图形终端和字符终端及其他图形输入/输出设备。大型机 CAD/CAM 系统的主要优点是: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;计算速度极快。其主要缺点是:如果 CPU 失效,则整个用户群全部不能工作;由于计算机数据库处于中央位置,计算数据容易被破坏;终端距离不能太远;随着计算机总负荷的增加,系统的相应速度将降低,这种现象在三维造型和复杂的有限元分析时尤为突出。

这种系统的主机通常为大型计算机,曾经出现如 IBM 公司的 IBM43××、30××和 3090E 系列,DEC 公司的 VAX8800、9000 系列等大型机,软件主要有美国洛克希德公司的 CAD/CAM 和麦道公司的 UG II 及法国的达索公司的 CATIA 等,一般用于院校、研究机构 and 大型企业。

(二) 小型机和微型机 CAD/CAM 系统

生产和制造小型机 CAD/CAM 系统的厂商很多,曾经出现的如美国的 CV、Intergraph、Calma、Applicon、Autotrol、Unigraphics、DEC 等公司,它们大致可以分为两种类型。CV 公司生产的是属于全封闭的系统,典型的产品有 CADD5 4 系统。另外一些厂商,如 Intergraph、Calma、Applicon 等公司,则采用了与 CV 公司完全不同的策略,即选择通用的计算机(如 VAX 计算机)作为系统的硬件环境,自己根据需要研制和生产一些专用的图形处理设备和高性能的图形显示器等,重点把精力放在软件的研制上,使软件的移植性好。后来, CV 公司也逐渐改变了原来的策略,向具有兼容性的硬件方向发展。

(三) 工作站组成的 CAD/CAM 系统

工作站是具有计算、图形交互处理功能的计算机系统,其硬件(包括外围设备)和软件全部配套供应。工作站具有联网功能,其处理速度很快,曾经出现的如 Sun Sparc 系列工作站的 CPU 处理速度已经达到 28.5MIPS(Million of Instruction per Second, 百万指令每秒)。目前某些高档工作站一般都采用 RISC(Reduced Instruction Set Computer, 精简指令集计算机)技术和开放系统的设计原则,用 UNIX 作为其操作系统,其处理速度更高,甚至超过小巨机的水平。

这种 CAD/CAM 系统特别适用于中小型企业。在大型企业中,合理使用这种 CAD/CAM 系统,可以减轻主机的负担,降低 CAD/CAM 费用。国内外应用较多的工作站型号有美国的 Apollo、SUN、HP、VAX 和 SGI。高档型的工作站都有 3D 图形加速器(如 TurboGX、SX、ZX 等),可支持实时动态显示。

课题三 CAD/CAM 工作过程

一、CAD/CAM 系统的基本功能

不同的 CAD/CAM 系统一般有不同的功能要求,但是对于机械 CAD/CAM 系统应该具

备如下基本功能。

(一) 图形图像处理功能

CAD/CAM 是一个人机交互的过程,从产品的造型、构思、方案的确定,结构分析到加工过程仿真,系统随时保证用户能够观察、修改中间结果,实时编辑处理,如画图、图形的坐标变换、剪裁、渲染、消隐处理、光造处理、图形输出、标准件参数化图素及各类特征符号库等。无论是 CAD,还是 CAPP、CAM,都需要用到这项功能,它是 CAD/CAM 系统所必备的功能。

(二) 几何造型功能

在 CAD/CAM 系统中,对产品信息及其相关过程信息的描述是一切工作的基础。对于 CAD/CAM 系统来说,几何造型是系统的核心技术,因为在机电产品设计制造过程中,必然涉及到大量结构题的描述与表达。例如,在设计阶段,需要应用几何造型系统来表达产品结构形状、大小、装配关系等;在有限元分析中,要应用几何模型进行网格划分才能输出到计算机处理;在数控编程中,要应用几何模型来完成刀具轨迹定义和加工参数输入等。几何造型是产品设计的基本工具,通常包括曲线与曲面造型和实体造型。

(1) 曲线与曲面造型。根据给定的离散点和工程问题的边界条件,构造所需要的曲线和曲面,如 Spline 曲线、昆式曲面(Coons Surface)、贝赛尔曲面(Bezier Surface)、B 样条曲面(B-Spline Surface)、非制式曲面(Non-Uniform Rational B-Spline Surface, NURBS Surface)等。

(2) 实体造型。具有定义和生成元素的能力,以及用构造实体几何方法 CSG、边界表示法 B-Rep 等构造实体模型的能力,并且各种表示方法之间能互相转换。几何运算是实体造型的核心,其运算能力和可靠性及效率对系统的性能影响较大。另外,为实时地观察、检查设计对象是否正确,并真实地表示出设计对象的形态,造型系统必须具有真实感显示功能,如消隐线(面)、色彩明暗处理(Shading)。另外,为了防止有关零部件之间发生干涉,系统需要具有空间布局和干涉检查功能。

(三) 2D 图形与 3D 图形的相互转换

设计过程是一个反复修改、逐步逼近的过程。在产品总体设计或结构设计时,有时为了便于观察和修改,一般采用 3D(三维)图形表示。而设计结束后,为了加工制造和图纸管理,往往要求输出 2D(二维)图形的工程图纸。这样就要求系统具有 2D 图形与 3D 图形的互相转换功能。

(四) 参数化设计

具有参数化设计功能的 CAD/CAM 系统,能使产品的 3D(包括 2D)模型参数化,设计师在设计任何阶段修改尺寸,系统会自动完成相应实体形状、大小的改变;CAD/CAM 系统能真正将初次设计从生产过程中分离出来,通过标准化减少零件数量,增加设计成果的储备,以最快的速度适应市场变化,满足用户的要求。

(五) 有限元分析功能

系统应能对整个产品(工程)及其重要部件进行静力、动力(应力、应变和系统固有频率)的分析计算;对于高温工作的产品,还要能进行热变形(热应力、应变)分析计算;在电子工程设计中,有时还要进行电磁场的分析计算;在飞行器或水利工程设计中,对流场及其流动性能进行分析计算。特别是对于一些复杂构建,用有限元分析计算不仅简单,而且精

度高。一个较完善的有限元分析系统应该包括前处理、分析计算和后处理 3 个部分。前处理对计算的结果用图形(等应力线、等温度线等)或深浅不同的颜色来表示。

(六) 优化设计功能

优化设计是现代设计方法的一个组成部分。一个产品(工程)的设计过程实际上就是寻优过程,即在某些条件的限制下使产品(工程)的设计达到最佳。

(七) 物体几何特性计算功能

物体几何特性计算功能是根据几何模型计算相应物体体积、质量、表面积、重心、转动惯量、回转半径等几何特征,为工程分析提供必要的基本参数和数据。

(八) 数据存储与数据交换功能

由于 CAD/CAM 系统运行时,数据量很大、数据类型种类繁多,既有几何图形数据,又有属性语义数据;既有产品定义数据,又有生产控制数据;既有静态标准数据,又有动态过程数据,而且结构复杂。因此, CAD/CAM 系统应能提供有效的管理手段,支持设计与制造过程的信息流动与交换。

CAD/CAM 系统不是一个孤立系统,它必须与其他系统相互联系,即使在 CAD/CAM 系统内部,各功能模块之间也要进行信息交换。因此, CAD/CAM 系统应具有实现设计、制造、管理的信息共享功能,并能达到自动检索、快速存取、不同系统间快速数据传输和交换的目的。

通常, CAD/CAM 系统采用工程数据库系统作为统一的数据环境,来实现各种工程数据的存储与管理,再配备工程数据库管理系统对工程数据库进行管理。

(九) 信息输入/输出功能

在 CAD/CAM 系统中,大量的信息以人机交互的方式输入到系统中,但是也有许多情况,如车间运控系统、质量保证系统等,是以计算机自动采集方式输入的。因此, CAD/CAM 系统应该具备自动输入信息的功能。

CAD/CAM 系统的信息输入包括各种信息在显示器上显示、工程图的输出、各种工艺文档的输出和控制命令的输出等。图形和各种信息的显示是实现人机交互的基础;工程图的输出是 CAD/CAM 系统的基本要求。尽管在某些场合实现了无图加工,但在工程设计中,二维图形依然是表达工程信息最直观的手段,在许多场合,如人工审图、CAPP 中的工艺图、复杂的加工信息标注等均需要输出到二维图纸和文档,如设计文档、工艺文档、数控程序、程序检验报告、种类调度单、质检单等。

(十) 处理数控加工信息的功能

系统应具有 2~5 坐标数控机床加工零件的处理能力,其中包括自动编程和动态模拟加工过程的功能。

(十一) 系统二次开发功能

为了满足各行各业、各种情况的需要, CAD/CAM 系统必须提供先进、实用的二次开发工具。

二、CAD/CAM 作业过程

CAD/CAM 是辅助人们完成产品设计、制造各个环节的信息处理和辅助决策的技术,

它克服了传统手工设计和信息处理的许多缺陷,充分利用计算机的信息处理与存储管理能力,结合人的设计经验、专业知识和创新性,形成一个人机交互、各取所长、紧密配合的系统。它主要研究对象的描述、系统的分析、方案的优化、计算分析、工艺设计、仿真模拟、NC 编程及图形处理等理论和工程方法,输出的设计要求,输出的待加工信息,如图 1-4 所示。

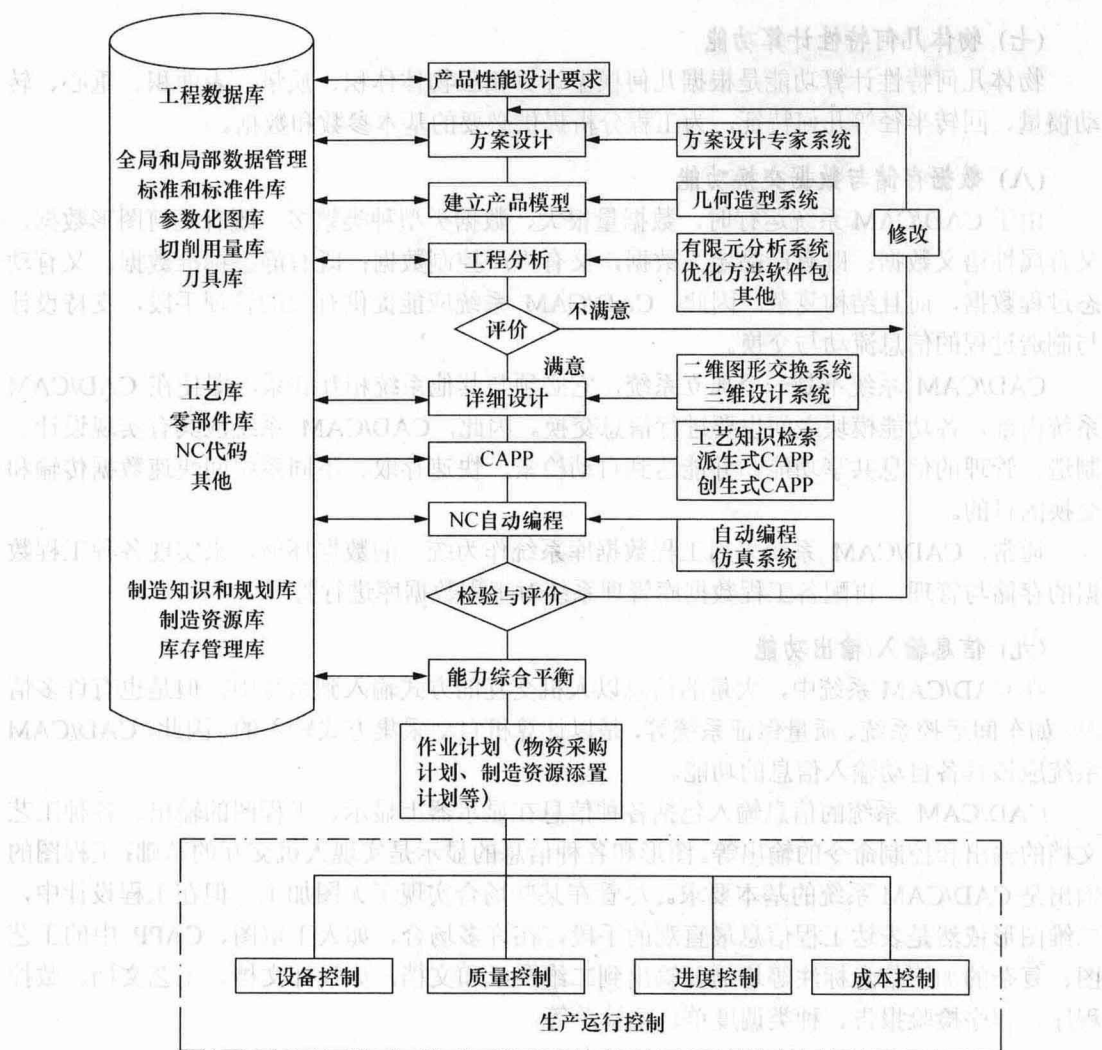


图 1-4 CAD/CAM 作业过程

CAD/CAM 系统的工作过程包括以下几个方面:

(1) 通过调查市场要求及用户对产品性能的要求,向 CAD 系统输入设计要求,利用几何建模功能构造出产品的几何模型,计算机将此模型转换为内部的数据信息存储在系统中。

(2) 调用系统程序中的各种应用程序对产品模型进行详细设计机构与方案及零部件的结构,并计算其主要参数,同时调用系统的图形库,将设计的初步结果以图形的方式显示在显示器上。

(3) 根据屏幕显示结果,对设计的初步结果做出判断。如果不满意,则可用通过人机

交互的方式进行修改,直到满意为止。修改后的数据仍存储在系统的数据库中。

(4) 系统从数据库中提取产品的设计制造信息,在分析其几何形状特点及有关技术要求后对产品进行工艺规程设计,设计的结果存入系统的数据库中,同时在显示屏幕上输出。

(5) 用户可以对工艺规程设计的结果进行分析、判断,并允许以人机交互的方式进行修改。最终的结果可以是生产中需要的工艺卡片或者是存入数据库以供后续模块读取的数据接口文件。

(6) 利用外部设备输出工艺卡片,生成车间加工的指导性文件,或通过 CAM 系统从数据库中读取工艺规程文件来生成 NC 加工指令,用数控加工设备加工制造。

(7) CAD/CAM 系统在生成了产品加工的工艺规程后,对其进行仿真、模拟,并验证其是否合理、可行,还可以进行刀具、夹具、工件之间的干涉、碰撞验证检验。

(8) 将所生成的工艺文件和数据加工程序输入到生产计划系统中,进行生产平衡后制定相应的作业计划。

(9) 将生成的作业计划输入到运行控制系统中,完成产品加工任务,在付诸实施的过程中进行质量检测控制、进度控制、成本控制等,最后按要求生产出相应的产品。

课题四 CAD/CAM 系统的软、硬件要求

在 CAD/CAM 系统中硬件是系统的基础,软件是系统的核心。CAD/CAM 系统的功能强弱和性能好坏,不仅取决于硬件系统的配置,还需要软件系统的支持。所以,在建立一个 CAD/CAM 系统时,不仅要求选择性能先进的硬件设备,还要求选择一个能与硬件相匹配的软件系统。只有这样,才能提高 CAD/CAM 系统的效率,发挥系统的功能,实现预期的目标。因此,在评价一个 CAD/CAM 系统时,必须综合考虑硬件和软件的两个方面的质量及最终所表现出来的综合性能指标。

一、CAD/CAM 软件系统

在建立 CAD/CAM 系统时,必须十分重视软件的选择和投资强度,否则再好的硬件也不能发挥作用。一个完整 CAD/CAM 系统一般需要 3 个基本软件:系统软件(Operating System Software);应用软件(Application Software);具体产品设计制造软件(Design Manufacture Software of Product)。

(一) 系统软件

CAD/CAM 系统软件与一般的计算机系统软件大致相同,是与计算机硬件直接联系供用户使用的软件,它起到扩充计算机功能和合理调度计算机硬件资源的作用。系统软件的特点是:公用性,不论是哪一个应用领域,不论是哪个用户都要使用它;基础性,任何应用软件的编写、编译和运行都在一定系统软件的支持下进行,也就是说应用软件是系统软件为基础的,可以说系统软件是应用软件的开发环境。

系统软件一般有程序语言控制系统或称高级语言支持系统,如编程语言和相关语言程序的编译处理系统;数据库管理系统,进行数据交换和管理;操作系统;网络及网络通信系统等。系统软件的目标在于扩大系统功能,为了用户方便地使用计算机,为应用软件的运行提供服务并合理调度计算机系统的各种资源,提高系统的使用效率,其中操作系统是

最重要的系统软件,有些系统软件是在操作系统的基础上实现各种操作和处理的。另外,对于一个 CAD/CAM 系统,还可能有一些与图形处理有关的系统处理软件,如图形输入/输出和有关图形用户接口及图形标准软件等。CAD/CAM 系统的系统软件提供了整个 CAD 系统内部的支持功能并控制存储操作、各种指令的执行及外部设备的运行等。

1. 操作系统

操作系统由一组程序模块组成,应用这组程序模块来控制和管理计算机系统内的所用资源,并合理地组织计算机的作业流程,以便有效地利用这些资源,为用户提供一个功能强、使用方便的工作环境。可以认为,操作系统是用户与计算机之间的接口,而操作系统本身也是计算机系统的一个重要组成部分。操作系统的主要任务是对中央处理器(CPU)、主存储器、各种输入/输出设备、文件和作业进行管理。

根据处理问题的方式的不同,操作系统分为批处理系统、分时系统、实时系统等。但这些系统并不是孤立的,根据需要可以把上述系统组合起来使用,形成通用的操作系统。

2. 程序设计语言处理系统

CAD/CAM 系统中的程序语言处理系统,主要包括编写各种应用程序用的有关高级语言(如分析计算、图形处理和数据的检索语言等)及编译相应语言程序的编译(解释)程序和汇编程序。

3. 数据库管理系统

数据库管理系统(Data Base Management System, DBMS)是对数据和数据库进行各种管理的软件。数据库管理系统管理一个庞大的数据库,这种系统除了保证数据资源共享、数据保密和安全之外,还需要减少库内数据的重复和冗余。用户在使用计算机时,通过数据库管理系统检索库内有关数据,可以认为数据库管理系统是用户和数据之间的接口。

实际上,数据库管理系统的中心任务就是实现三级结构之间的转换,把用户对数据库的操作转化到物理级上去执行。为了实现这一任务,在数据库管理系统中,一般要有数据描述语言和数据操作语言。数据库管理系统的主要功能是描述数据库、管理数据库、维护数据库和实现数据通信。数据库原理系统为了实现这些功能需要许多程序,有时还要与操作系统协作,所以,数据库管理系统是许多系统程序的集合。

CAD/CAM 系统中有图形和非图形数据。图形数据包括几何形体的点、线、面及其属性,各种曲面和曲面体,零部件、子图和组件等。非图形数据包括零件号、材料性能和一些非图形的计算结果,如温度、应力等。在 CAD/CAM 系统中,图形数据的结构往往都是用层次嵌套定义的,结构较复杂,而且在设计过程中设计人员要不断地修改产品设计,所以,描述产品的数据是一个变化频繁的动态过程。有时,不仅数据变化,而且数据的结构也可能发生变化。在 CAD/CAM 系统中,数据库和应用程序联系紧密,所以,在数据库中不仅要存储和管理数据,还可能要存储和管理与模型有关的程序、限制条件和图形符号。在工程或产品的设计中,对于同一产品或工程,往往存在多种满足设计要求的方案,这就要求数据库能存储和管理同一设计的多种可行的方案。另外,在设计过程中,要对设计对象实行不同的处理,而不同的处理过程要求用不同的方法来表示物体。如在几何造型时,有时要用构造实体几何(CSG)表示,有时需要用边界(B-Rep)表示,有时还可能用其他方法表示。为此,对于 CAD/CAM 系统中数据库管理系统,不仅要求具有一般数据库管理系统的功能,而且还要求具有能存储和管理具有以上特点的 CAD/CAM 系统中数据的功能。

4. 图形用户接口与标准

在 CAD 系统中,这是很重要的软件开发工具,一般也作为系统软件。目前,图形用户接口(Graphics User Interface, GUI)尚未有统一的国家标准。由于 UNIX 系统开发工作有两个不同组织主持,所以产生了两个不太相同的 GUI 标准模式。如 UNIX 国际公司 UI(UNIX International)推出的是 Open Lock/Open Windows;而开放系统基金会 OSF(Open System Foundation)推出的是 Motif,这是建立在 X-Window 窗口上的用户环境。

(二) 应用软件

应用软件是 CAD/CAM 系统的重要软件,可以实现 CAD/CAM 作业过程的某一特定任务,即这类软件是以系统软件为基础,用来完成各种产品设计的支持软件,包括图形处理软件、几何造型软件、有限元分析计算软件等。

1. 图形处理软件

在产品的设计时通常要解决两个问题:一是建立产品的几何模型,确定产品的外部形状和内部结构,以及相应的几何尺寸,并生成制造用的工程图纸;二是在几何模型的基础上进行各种分析计算,采用评价设计的方法将形状、尺寸确定下来。可见,图形系统是 CAD/CAM 技术的核心。随着计算机技术的发展,图形处理方式已经从批处理发展到交互式处理。为了满足用户的要求,图形软件系统必须有一定的功能,每一功能可能由一些基本程序构成,称为功能组,每一功能组负责处理用户与系统之间的某种特定功能。这些功能组有如下内容:

- (1) 图形元素生成功能组。
- (2) 用户输入和输出功能组。
- (3) 图形变换功能组。
- (4) 图段功能组。
- (5) 图形显示控制和窗口功能组。

2. 几何造型软件

几何造型软件是 CAD/CAM 系统中的关键部分。几何造型的任务是正确地描述形体的几何形状,并建立相应的数学模型。设计师在产品的设计过程中应用几何造型软件可以构造出产品的几何模型。目前在三维几何造型软件系统中描述物体的方法分为线框(Wireframe)、表面(Surface)和实体(Solid)3 种模型。不同的几何模型有其相应的数据结构,并用一定的方法存储在计算机中。实体模型是一种高级的造型技术,特别适用于物性计算和干涉检查。

20 世纪 80 年代中后期,动态三维显示软件开始成为商品化软件。由于采用了光照模型,能考虑物体的光学特性,使“真实感”图形的结果达到以假乱真的程度。另外,在模拟物体运动时,三维动态显示不仅能模拟刚体的运动,而且还可以模拟物体的弹性与塑性变形、阻尼的影响和爆炸过程等。使用静态和动态的三维几何造型及工作状态,使产品设计者在产品的实际阶段就能看到设计对象的真实形状和工作状态,从而省去了费时费力的模型和样机的制造过程。近年来,国内外有关特征造型(Feature Modeling)方面的理论和方法研究,对现实 CAD/CAM 一体化意义很大。几何造型中定义的几何模型和有关数据可供有限元分析、绘制工程图和加工等模块调用。显然,几何造型功能反映了 CAD/CAM 系统的基本功能。