



21 世纪中等职业教育系列教材
中等职业教育系列教材编委会专家审定

机械CAD/CAM

主编 程伟



北京邮电大学出版社



中国机械设计与制造协会
中国机械工业联合会
中国机械工业集团有限公司

机械CAD/CAM

第 1 期



中等职业教育系列教材
中等职业教育系列教材编委会专家审定

机械 CAD/ CAM

主 编 程 伟

北京邮电大学出版社

· 北 京 ·

图书在版编目(CIP)数据

机械 CAD/CAM/程伟主编. —北京:北京邮电大学出版社,2006

ISBN 7-5635-1317-5

I. 机... II. 程... 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. ①TH122②TH164

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 082654 号

书 名 机械 CAD/CAM
主 编 程 伟
责任编辑 周 堃 聂立芳
出版发行 北京邮电大学出版社
社 址 北京市海淀区西土城路 10 号 邮编 100876
经 销 各地新华书店
印 刷 北京市彩虹印刷有限责任公司
开 本 787mm×960mm 1/16
印 张 9
字 数 183 千字
版 次 2006 年 9 月第 1 版第 1 次印刷
书 号 ISBN 7-5635-1317-5/TH·27
定 价 11.00 元

如有印刷问题请与北京邮电大学出版社联系

电话:(010)82551166 (010)62283578

E-mail:publish@bupt.edu.cn

Http://www.buptpress.com

版权所有 侵权必究

出版说明

本书是根据教育部颁布的中等职业学校机械制造与控制专业“机械 CAD/CAM 教学基本要求”编写的中等职业教育教材。

随着计算机技术的飞速发展,以 CAD/CAM 为核心技术的现代制造技术正迅速地在制造业中得到普及和应用;它是以计算机技术为主要技术手段,通过信息化对产品的设计、生产管理进行处理,实现了产品的描述、计算、分析、优化、绘图、工艺规程设计等。它极大地提高了产品的质量,缩短了生产周期。目前,在我国各个企业中,CAD/CAM 技术应用越来越普及。因此,迫切需要 CAD/CAM 技术方面的应用人才,CAD/CAM 技术已是从事产品开发的操作人员和技术人员必备的技能之一。为了满足中等职业教育改革的要求,以及当前各企业对 CAD/CAM 方面应用型人才的需要,编者在多年教学和应用的基础上编写了本书。

本书在内容取材上,充分体现了新知识、新技术、新工艺和新方法,介绍了最新的 CAD/CAM 技术及应用软件。全书共六章,主要包括:CAD/CAM 技术概述、CAD/CAM 系统的工作环境、CAD/CAM 系统的数据模型、CAD/CAM 常用数据处理方法、现代机械设计与制造技术和典型 CAD/CAM 软件的应用。

本书可供中等职业学校 3、4 年制机械制造与控制专业及其他机械类专业使用,也可作为各类成人中专、自学考试、岗位培训教材。

在本书的编写过程中,参考了大量的有关 CAD/CAM 技术方面的论著及资料,在此对所有作者深表谢意。

限于编写时间及编者水平,加之 CAD/CAM 技术仍处于发展之中,书中错误及不妥之处在所难免,恳请不吝指正。

编 者

目 录

第 1 章 CAD/CAM 技术概述	1
1.1 CAD/CAM 技术的产生与发展	1
1.2 CAD/CAM 技术发展趋势	9
第 2 章 CAD/CAM 系统的工作环境	14
2.1 CAD/CAM 系统的结构	14
2.2 CAD/CAM 系统的支撑环境	17
2.3 CAD/CAM 系统的选型原则和方法	23
2.4 CAD/CAM 系统的作业过程	32
第 3 章 CAD/CAM 系统的数据模型	36
3.1 基本概念	36
3.2 CAD/CAM 系统的线框模型	38
3.3 CAD/CAM 系统的曲面模型	40
3.4 CAD/CAM 系统的实体模型	44
3.5 CAD/CAM 系统的特征模型	47
第 4 章 CAD/CAM 常用数据处理方法	51
4.1 概述	51
4.2 CAD/CAM 系统的数值计算	54
4.3 CAD/CAM 系统的公式与线图处理	57
4.4 CAD/CAM 系统的逻辑运算	61
4.5 CAD/CAM 系统的智能处理技术	65
第 5 章 现代机械设计与制造技术	71
5.1 计算机辅助工艺规划	71
5.2 逆向工程	76
5.3 计算机集成制造系统	82
5.4 网络制造系统	85
第 6 章 典型 CAD/CAM 软件的应用	89
6.1 CAXA 制造工程师简介	89
6.2 曲线绘制	94
6.3 曲面的绘制	98
6.4 实体特征	108
6.5 数控加工	118
6.6 综合实例	127

第1章 CAD/CAM 技术概述

与其他计算机技术的发展类似,计算机辅助设计与制造(Computer Aided Design and Aided Manufacturing,简称 CAD/CAM)技术也经历了一个突飞猛进的发展历程。当计算机技术应用于传统的制造领域,几乎彻底改变了传统的设计与制造方法和过程,尤其是在机械行业,CAD/CAM 技术的应用极大地提高了机械产品的设计与生产效率。

1.1 CAD/CAM 技术的产生与发展

CAD/CAM 技术从概念的提出到今天的广泛应用,经历了半个世纪的发展历程,具有跨学科应用、综合性强、处理速度快、经济效益明显、发展迅速等特点,早已成为当今先进制造技术的重要组成部分。

1.1.1 CAD/CAM 基本概念

在计算机应用于设计与制造的过程中,产生了许多综合性的学科、知识体系和技术,其中最基本的技术有 CAD、CAPP、CAM、CAE 以及它们的集成技术。

1. CAD 技术

设计过程中,利用计算机工具,帮助工程设计人员进行设计的一切实用技术的总和称为计算机辅助设计(即 Computer Aided Design,简称 CAD)。广义的 CAD 技术包括的内容很多,如概念设计、优化设计、有限元分析、计算机仿真、计算机辅助绘图、计算机辅助设计过程管理等。工程设计中,通常把 CAD 技术分为两类:带有创造性的设计(如方案的构思、工作原理的拟定等)和非创造性的设计(如图形绘制、设计计算等)。创造性的设计需要发挥人的创造性思维能力,创造出以前不存在的设计思路、方案等,这项工作一般由人工来完成。非创造性的工作一般是一些繁琐重复性的计算分析和信息检索,完全可以借助计算机来完成。一个好的计算机辅助设计系统既能充分发挥人类的创造性能力,又能充分利用计算机的高速分析计算能力,即找到人和计算机的最佳结合点。

CAD 技术作为一门学科始于 20 世纪 60 年代初,甚至在 70 年代以前,由于受到计算机技术低下的限制,CAD 技术的发展很缓慢,80 年代以后,计算机技术突飞猛进,特别是微型计算机和个人工作站的发展和普及,再加上功能强大的计算机外部设备,如大型图形显示器、绘图仪、激光打印机的问世,极大地推动了 CAD 技术的发展,CAD 技术已进入实用化阶段,广泛服务于机械、电子、航空航天、建筑、纺织等领域的产品总体设计、造型设计、结构设计、工艺过程设计等环节。

早期的 CAD 技术只能进行一些分析、计算和文件编写工作,后来发展到计算机辅助绘图和设计结果模拟,目前的 CAD 技术正朝着人工智能和知识工程方向发展,此外,设计和制造一体化技术,即 CAD/CAM 技术、以 CAD 为主要单元技术的 CIMS 技术都是 CAD 技术发展的重要方向。

在工业化国家如美国、日本及欧洲地区,CAD 技术已广泛应用于设计与制造的各个领域,如飞机、汽车、机械、模具、建筑、集成电路中,基本实现 100% 的计算机绘图。CAD 系统的销售额每年以 30~40% 的速度递增,各种 CAD 软件的功能越来越完善,越来越强大。

2. CAPP 技术

计算机辅助工艺规程设计(即 Computer Aided Process Planning,简称 CAPP),是通过计算机技术辅助工艺设计人员,以系统、科学的方法确定零件从毛坯到成品的整个技术过程,制定工艺规程。

具体地说,CAPP 就是利用计算机的信息处理和信息管理优势,采用先进的信息处理技术和智能技术,帮助工艺设计人员完成工艺设计中的各项任务,如选择定位基准、拟订零件加工工艺路线、确定各工序的加工余量、计算工艺尺寸和公差、选择加工设备和工艺装置、确定切削用量、确定重要工序的质量检测项目和检测方法、计算工时定额、编写各类工艺文件等,最后生成产品生产所需的各种工艺文件和数控加工编程、生产计划制定和作业计划制定所需的相关数据信息,作为数控加工程序的编制、生产管理与运行控制系统执行的基础信息。

3. CAM 技术

计算机辅助制造(即 Computer Aided Manufacturing,简称 CAM)是指利用计算机来进行生产设备管理控制和操作的全过程。国际计算机辅助制造组织(CAM-I)关于计算机辅助制造的定义如下:“通过直接的或间接的计算机与企业的物质资源或人力资源的联接界面,把计算机技术有效地应用于企业的管理、控制和加工操作”。

CAM 技术有广义与狭义之分。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或间接的各种活动,包括工艺准备、生产作业计划制定、物流过程运行控制、生产过程控制、质量控制等方面的内容,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任务。而狭义的 CAM 则通常仅仅指的是数控程序的编制,包括刀位文件的生成、刀具轨迹仿真以及前置和后置处理、NC 代码生成等作业过程。狭义 CAM 系统的输入信息是零件的工艺路线和工序内容,输出信息是刀具加工时的运动轨迹(刀位文件)和数控程序。

采用 CAM 技术,可改善对产品设计和品种多样化的适应能力,提高加工速度和生产自动化水平,缩短加工准备时间,降低生产成本,提高产品质量和批量生产的劳动生产率。

4. CAE 技术

传统的计算机辅助工程(即 Computer Aided Engineering,简称 CAE)主要是指用计算

机对工程和产品的运行性能与安全可靠性分析;对其未来的状态和运行状态进行模拟;及早地发现设计计算中的缺陷;并证实未来工程、产品功能和性能的可用性和可靠性。准确地说,CAE 是指工程设计中的分析计算与分析仿真,具体包括工程数值分析、结构与过程优化设计、强度与寿命评估、运动/动力学仿真。工程数值分析用来分析确定产品的性能;结构与过程优化设计用来保证产品功能、工艺过程的基础上,使产品、工艺过程的性能最优;结构强度与寿命评估用来评估产品的精度设计是否可行,可靠性如何以及使用寿命为多少;运动/动力学仿真用来对 CAD 建模完成的虚拟样机进行运动学仿真和动力学仿真。从过程化、实用化技术发展的角度看,CAE 的核心技术为有限元技术与虚拟样机的运动/动力学仿真技术。

通常 CAE 系统可分为通用 CAE 系统和专用 CAE 系统两类。通用 CAE 系统用来分析计算工程中通用的运动学、动力学及有限元;而对于工程中诸如受热、磨擦、噪音等特定量的分析常需要在 CAD 系统基础上采用某种编程语言进行二次开发,形成专用的工程分析模块和程序,即专用 CAE 系统来实现。工程分析是工程设计必不可少的环节,机械系统的运动分析、零件的变形分析,机构的仿真和优化,几乎涉及工程设计的各个方面。CAE 的使用对提高机械的设计水平和保证质量是非常有意义的。

5. CAD/CAM 集成技术

集成化是 CAD 和 CAM 技术发展的趋势。计算机辅助设计与制造(简称 CAD/CAM)系统是计算机辅助设计技术和计算机辅助制造技术相结合的产物,该系统使用计算机技术和信息技术作为主要的技术基础,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,把 CAD、CAE、CAPP、CAM 等各种功能不同的系统有机地结合起来,用统一的执行程序来组织各种信息的提取、交换、共享和处理,保证系统内部信息流的畅通,并协调各个系统有效地运行,同时利用生成的各种数字和图形信息,完成产品的设计和制造的全过程。它把传统的相对独立的设计和制造作为一个整体来考虑,实现信息处理的高度一体化。

经验表明,CAD 系统的效益往往不是通过其本身,而是通过 CAM 等系统体现出来;而 CAM 系统如果没有 CAD 系统的支持,投入的硬件加工设备也很难得到有效地利用;CAPP 和 CAE 技术也依赖于 CAD 的建模技术,并直接支持 CAM 系统的实施。因此,人们着手将 CAD、CAE、CAPP 和 CAM 等系统有机地、统一地集成在一起,从而消除信息与技术孤岛,取得最佳的效益。

1.1.2 CAD/CAM 技术的产生与发展

计算机的发展带动了 CAD/CAM 技术的发展。随着运算速度和信息存储功能的增强,计算机的数值分析、设计计算以及建模技术均得到了很大的发展。而计算机外部设备,如显示器和打印设备的发展,也直接推动了图形显示及绘制等 CAD 技术的发展。到 20 世纪 50 年代,计算机已经应用于工程和产品的设计与制造技术中了。

CAM 技术先于 CAD 技术产生并应用于实际。1952 年,美国麻省理工学院(MIT)研制成功了世界上第一台数控铣床,解决了复杂零件的加工自动化问题,促进了数控编程技术的发展。20 世纪 50 年代中期,MIT 研制开发了自动编程语言 APT,提出了加工零件的描述、刀具轨迹计算、前置后置处理以及数控指令自动生成等 CAM 基本技术。

自 1950 年 MIT 研制成功第一台图形显示器之后,计算机图形显示和绘制厂商就逐步发展壮大起来。1958 年美国 Calcomp 公司把联机的数字记录仪发展成滚筒式绘图仪,Gerber 公司把数控控制订发展成为平板式绘图仪。1963 年 MIT 又成功研制了世界上第一套实时交互的计算机图形系统 SKETCHPAD,该系统允许设计者坐在图形显示器前操作键盘和光笔绘制图形,实现人机交互功能,这一功能标志着交互式 CAD 技术的诞生。

1. CAD 技术的发展过程

建模技术是 CAD 的核心技术,建模技术的研究、发展和应用,代表了 CAD 技术的研究、发展和应用水平。而 CAD 软件系统的产生与发展同时也标志着 CAD 技术的发展历程。

(1) 二维 CAD 技术的发展

进入 20 世纪 60 年代后,CAD 技术随着在计算机屏幕上绘图成为可能而开始迅速发展。人们希望借助此项技术来摆脱繁琐、费时和低精度的传统手工绘图。当时,CAD 技术的出发点是用传统的三视图方法来表达零件,以图纸为媒介进行技术交流,这就是二维计算机绘图技术,CAD 的含义仅仅是图板的替代品,即 Computer Aided Drawing。以二维绘图为主要目标的算法一直持续到 70 年代末期。随着技术的发展,CAD 系统介入产品设计过程的程度越来越深,系统功能越来越强,逐步发展成为真正的计算机辅助设计,即 Computer Aided Design。

(2) 曲面造型技术与三维 CAD 系统的发展

60 年代出现的三维 CAD 系统只是极为简单的线框式系统。这种初期的线框造型系统只能表达基本的几何信息,不能有效地表达几何数据间的拓扑关系。由于缺乏形体的表面信息,CAM 及 CAE 均无法实现。

20 世纪 70 年代飞机和汽车工业的蓬勃发展给三维 CAD 带来了良好的机遇。为了解决飞机和汽车设计制造中遇到的大量自由曲面问题,法国人提出了贝赛尔算法,使得人们用计算机处理曲线及曲面问题变得可以操作,同时也使得法国的达索飞机制造公司的开发者们能在二维绘图系统 CADAM 的基础上,提出以表面模型为特点的自由曲面建模方法,推出了三维曲面造型系统 CATIA。CATIA 的出现标志着计算机辅助设计技术从单纯模仿工程图纸的三视图模式中解放出来,首次实现了在计算机内较完整地描述产品零件的主要信息,同时也为 CAM 技术的开发打下了基础。曲面造型系统带来了第一次 CAD 技术革命,它改变了以往只能借助油泥模型来近似表达曲面的落后工作方式。

曲面造型系统带来的技术革新,使汽车开发手段有了质的飞跃,新车型开发速度也大幅度提高,许多车型的开发周期由原来的 6 年缩短到约 3 年。汽车工业对 CAD 系统的大量采

用,反过来也大大促进了CAD技术本身的发展。

(3) 实体造型技术与三维CAD系统的发展

20世纪80年代初,CAD系统价格依然令一般企业望而却步,这使得CAD技术无法拥有更广阔的市场。为使自己的产品更具特色,在有限的市场中获得更大的份额,以CV、SDRC和UG为代表的系统开始朝各自的发展方向前进。70年代末到80年代初,CAE和CAM技术也有了较大发展。表面模型使CAM问题基本得到解决。但由于表面模型技术只能表达形体的表面信息,难以准确表达零件的其他特性,如质量、重心和惯性矩等,对CAE十分不利。在当时星球大战计划的背景下,为降低巨大的太空实验费用,许多专用分析模块得到开发。基于对CAD/CAE一体化技术发展的探索,SDRC公司于1979年发布了世界上第一个完全基于实体造型技术的大型CAD/CAE软件——I-DEAS。实体造型技术能够精确地表达零件的全部属性,有助于统一CAD、CAE和CAM的模型表达,给设计带来了方便,代表着未来CAD技术的发展方向。但实体造型技术在带来了算法的改进和未来发展希望的同时,也带来了数据计算量的极度膨胀。在当时的计算机硬件条件下,实体造型的计算及显示速度很慢,离实际应用还有较大的差距。另外,面对算法和系统效率的矛盾,许多赞成采用实体造型技术的公司并没有下大力气进行开发,而是转向攻克相对容易实现的表面模型技术。在以后的10年里,随着硬件性能的提高,实体造型技术又逐渐为众多CAD系统所采用。

(4) 参数化技术与三维CAD系统的发展

进入80年代中期,CV公司提出了一种比无约束自由造型更加新颖的算法——参数化实体造型方法。这种方法的特点是,基于特征、全尺寸约束、全数据相关和尺寸驱动设计修改。由于在参数化技术发展初期,很多技术难点有待于攻克,又因为参数化技术的核心算法与以往的系统有本质差别,采用参数化技术,必须将全部软件重新改写,因而需要大量的开发工作量和投资。同时,由于当时CAD技术应用的重点是自由曲面需求量非常大的航空和汽车工业,参数化技术还不能提供解决自由曲面问题的有效工具,所以这项技术当时被CV公司否决。

参数技术公司(Parametric Technology Corp,简称PTC)就在这样的环境下应运而生。PTC推出的Pro/E是世界上第一个采用参数化技术的CAD软件,它第一次实现了尺寸驱动的零件设计。20世纪80年代末,计算机技术迅猛发展,硬件成本大幅度下降,很多中小型企业也开始有能力使用CAD技术。处于中低档的Pro/E软件获得了发展机遇,它符合众多中小型企业CAD的需求,从而获得了巨大的成功。进入20世纪90年代后,参数化技术变得越来越成熟,充分体现出其在许多通用件、零部件设计时的简便易行等方面的优势。

(5) 变量化技术与三维CAD系统的发展

参数化技术在1990年前后几乎成为CAD业界的标准,许多软件厂商纷纷起步追赶。由于CATIA、CV、UG、EUCLID等都已经原来的非参数化模型基础上开发或集成了很多

其他应用,开发了许多应用模块,所以,重新开发一套完全参数化的造型系统困难很大,因为这样做意味着必须将软件全部重新改写。因此这些公司采用的参数化系统基本上都是在原有模型技术的基础上进行局部的、小规模의修补。这样,CV、CATIA 和 UG 在推出自己的参数化技术时,均宣称其采用了复合建模技术。

复合建模技术把线框模型、曲面模型及实体模型叠加在一起,难以全面应用参数化技术。由于参数化技术和非参数化技术内核本质不同,用参数化技术造型后进入非参数化系统,还要进行内部转换才能被系统接受,而大量的转换极易导致数据丢失或产生其他的不利情况。20 世纪 90 年代初,SDRC 公司的开发人员以参数化技术为蓝本,提出了“变量化技术”。1990 年至 1993 年,SDRC 公司投资一亿多美元,将软件全部重新改写,推出了全新体系结构的 I-DEAS Master Series 产品。

CAD 技术基础理论的每一次重大进展,无一不带动了 CAD/CAM/CAE 整体技术的提高以及制造手段的更新。技术发展,永无止境。没有一种技术是常青树,CAD 技术一直处于不断的发展与探索之中。

2. CAM 技术的发展过程

与建模技术在 CAD 技术中的核心地位类似,数据加工技术也是 CAM 技术的核心内容,数控编程是从零件图纸或模型到获得数控加工程序的全过程。它的主要任务是计算加工走刀中的刀位点。刀位点一般取为刀具轴线与刀具表面的交点,多轴加工中还要给出刀轴矢量等参数。

20 世纪 50 年代,MIT 设计的 APT(即 Automatically Programmed Tool)语言是一种专门用于机械零件数控加工程序编制的语言,几经发展,形成了诸如 APTII、APTIII(立体切削用)、APT(算法改进,增加多坐标曲面加工编程功能)、APT-AC(Advanced contouring)(增加切削数据库管理系统)和 APT/SS(Sculptured Surface)(增加雕塑曲面加工编程功能)等版本。

采用 APT 语言编制数控程序具有程序简练、走刀控制灵活等优点,使数控加工编程从面向机床指令的汇编语言级,上升到面向几何元素的高级程序语言级。

APT 仍有许多不便之处:采用语言定义零件几何形状,难以描述复杂的几何形状,缺乏几何直观性;缺少对零件形状、刀具运动轨迹的直观图形显示和刀具轨迹的验证手段;难以和 CAD 数据库和 CAPP 系统有效连接;不容易做到高度的自动化、集成化。

针对 APT 语言的缺点,1978 年,法国达索飞机公司开始开发集三维设计、分析、NC 加工一体化的系统,称为 CATIA。随后很快出现了 EUCLID,UG II,INTERGRAPH,Pro/Engineering,MasterCAM 及 NPU/GNCP 等系统,这些系统都有效的解决了几何造型、零件几何形状的显示,交互设计、修改及刀具轨迹生成,走刀过程的仿真显示、验证等问题,推动了 CAD 和 CAM 向一体化方向发展。到了 80 年代,在 CAD/CAM 一体化概念的基础上,逐步形成了计算机集成制造系统(CIMS)及并行工程(CE)的概念。目前,为了适应 CIMS 及

CE发展的需要,数控编程系统正向集成化和智能化方向发展。

1.1.3 CAD/CAM 技术应用现状

CAD/CAM 技术的普及给制造企业带来了巨大的经济效益。例如,早在 20 世纪 70 年代,飞机制造厂就广泛使用 CAD/CAM 技术,波音公司的 777 型号飞机就是在高集成化的 CAD/CAM 产品中设计出来的无纸化全数字产品;在造船行业中,利用 CAD/CAM 技术提高了船体钢板的下料精度,每艘万吨级船舶仅此一项就节约钢材约 150~200 吨;汽轮机行业推广应用 CAD/CAM 技术之后,产品的设计周期从 5~6 个月缩短为 1.5~2 个月;机床产品应用 CAD/CAM 系统进行模块化设计,大大提高了企业对市场的快速响应能力,缩短了设计制造周期,提高了整机质量。美国科学院工程技术委员会曾对 CAD/CAM 技术所能得到的经济效益进行了测算,结果如下表所示。

表 1-1 CAD/CAM 技术的经济效益测算表

项 目	效 益
工程设计成本	降低 15~30%
产品设计到投产的时间	减少 30~60%
产品质量	预测量级提高 2~5 倍
在相同或较少时间内工程师分析问题的能力	增加 3~35 倍
产品作业生产率	提高 40~70%
投入设备的生产率	增加 2~3 倍
加工过程	减少 30~60%
人力成本	降低 5~20%

经过 50 多年的发展,CAD/CAM 技术有了长足的进步。现在 CAD/CAM 主要运行在工作站或微机平台上。工作站虽然性能优越,图形处理速度快,但价格却十分昂贵,这在一定程度上限制了 CAD/CAM 技术的推广。随着 Pentium 芯片和 Windows 操作系统的出现并流行,以前只能运行在工作站上的 CAD/CAM 软件现在也可以运行在微机上。由于微机的价格远远比工作站低,性能也不比中低档工作站逊色多少,并且 Windows 2000/NT/XP 操作系统的安全性与 DOS、Windows 3.x、Windows 95/98 等操作系统相比有了很大提高。所以,微机平台为普及 CAD 应用创造了绝好的条件。在此基础上,CAD/CAM 软件厂商展开了新一轮的竞争。一方面工作站上著名的 CAD/CAM 的软件(如 UG、CATIA)全功能地移植到微机平台,使微机完全对等地实现了工作站环境的处理能力;另一方面 CAD/CAM 软件打破了原有 Unix 环境的限制,在 Windows 平台上全面拓展。Pentium 以上处理器和 Windows 环境已经或者正在成为 CAD/CAM 软件运行和应用的主流平台。

1. 当前应用特点

当前 CAD/CAM 软件具有如下特点:

(1) 采用 Windows 环境

采用 Windows NT 操作系统是新一代推出的微机 CAD/CAM 软件的共同特点。现在, 个人计算机已经具备了与中低档工作站竞争的實力, 再加上其价格低廉, 使得普及 CAD 应用成为可能。Windows 平台上的新一代 CAD/CAM 软件基本上都采用典型的 Windows 界面和操作规范, 同时由于 DDE 和 OLE 技术的广泛应用, 这些 CAD/CAM 软件可以与 Windows 平台的其他软件进行动态数据交换, 也可以在不退出 CAD/CAM 软件的前提下嵌入(或链接)其他应用程序的对象。

(2) 采用 COM 技术

COM(Component Object Model)是国际上为提高软件稳定性和开发效率而引入的重要技术。当前的 Windows 平台的 CAD/CAM 软件都或多或少地应用了 COM 技术。通过使用现成的组件, 软件开发商可以避免软件开发中许多烦琐和困难的基础部分, 从而可以从极高的起点出发, 大大缩短 CAD 软件上市周期, 这样容易取得竞争优势。

同时, 由于采用面向对象技术, 使得微机 CAD 软件的可维护性和可扩展性得以增强。

(3) 吸收 Unix 平台软件的优点

新一代微机平台 CAD 软件充分吸取 Unix 工作站软件的精华。诸如参数驱动、特征造型、动态导航、二维与三维双向相关、STEP 标准和动态图形显示等这些比较好的特点已经被微机平台软件全部吸收。

2. 中国的应用现状

根据 CCW Research 公司的调查与分析, 中国的 CAD/CAM 软件需求和销售量在 2003 年就已经达到了 10 亿人民币, 并均保持 9% 以上的年增长率, 机械制造行业的 CAD/CAM 应用良好, 并正经历从二维到三维系统的转变。

中国 CAD 技术的研究始于 60 年代之后, 通过“七五”和“八五”期间坚持不懈的科技攻关, 特别是机械行业, 自 1995 年以来, 相继开展的“CAD 应用 1215 工程”和“CAD 应用 1550 工程”, 使得中国 CAD 技术在理论与算法研究、硬件设备生产、支撑软件的开发与商品化、专业应用软件系统的研制与应用, 以及在人才培养与技术普及等方面均取得了丰硕的成果。目前, 中国企业 CAD 启蒙教育已基本完成, 企业对 CAD 应用有了更高层次的追求。大部分企业在完成了一期“甩图板”工程之后, 为了能利用 CAD 技术获取更大的经济效益, 已开始实现由二维向三维的转移, 以实现真正意义的 CAD 设计工作。随着以实现制造过程信息集成为目标, 以 CIMS 为主题的国家“863 计划”的实施, 一些企业已开始着手建立企业级的 CIMS 系统, 以解决计算机在设计制造过程中的“自动化孤岛”现象, 从而实现系统集成、信息共享。

1.2 CAD/ CAM 技术发展趋势

CAD/CAM 技术正处在一个高速的发展过程中。随着其他相关学科技术的发展和 CAD/CAM 技术应用的深入, CAD/CAM 技术的含义在不断地扩展和延伸, 不仅实现了 CAD/CAM/CAE/CAPP 等各项单一技术的集成, 更产生了许多新的学科和技术, 如计算机辅助概念设计、虚拟现实等技术。

1.2.1 CAD/CAM 技术发展的特点

当前的 CAD/CAM 技术研究主要存在以下几个特点:

1. 集成化

为适应设计与制造自动化的要求, CAD/CAM 正在向计算机集成制造 (CIM) 技术方向发展, CIM 的最终目标是以企业为对象, 借助于计算机和信息技术, 使生产中各部分从经营决策、产品开发、生产准备到生产实施及销售过程中, 有关人、技术、经营管理三要素及其形成的信息流、物流和价值流有机集成, 从而达到产品上市快、高质量、低消耗、服务好, 使企业达到赢得市场竞争的目的。CIMS 是一种基于 CIM 理论构成的计算机化、信息化、智能化、集成化的制造系统。它适应于多品种、小批量市场要求, 有效地缩短生产周期, 强化人、生产和经营管理的联系, 减少在制品, 压缩流动资金, 提高企业的整体效益。

2. 智能化

随着 CAD/CAM 技术的发展, 除了集成化外, 人工智能技术, 特别是专家系统也应用到了 CAD/CAM 系统中, 形成了智能化的 CAD/CAM 系统, 该系统具有人类专家的经验 and 知识, 具有学习、推理、联想和判断功能及智能化视觉、听觉、语言能力, 从而解决那些必须由人类专家才能解决的概念设计问题。

人工智能就是通过对人类的智能或思考过程的分析, 将其作用过程化、模式化, 并使用统一的语言来描述并实现。

专家系统是人工智能技术的一个具体应用, 是指在某个领域内, 能够起到人类专家的作用, 具有大量知识和经验的智能系统。它能利用人类专家的知识 and 经验进行推理和判断, 模仿人类专家的思维过程并作出决定, 来解决那些需要人类专家才能解决的问题。

在集成的 CAD/CAM 系统中, 不仅需要处理数值型的工作, 如计算、分析与绘图, 而且还存在另一类推理性工作, 包括方案构思与拟定、最佳方案选择、结构设计、评价、决策以及参数选择等, 这些工作需要知识、经验和推理的结合。把人工智能技术, 特别是专家系统与传统的 CAD/CAM 技术结合起来, 形成智能化的 CAD/CAM 系统是 CAD 发展的必然趋势。

3. 网络化

自 20 世纪 90 年代以来, 计算机网络已成为计算机发展进入新时代的标志。计算机网

络是用通信线路和通信设备将分散在不同地点的多台计算机,按一定的网络拓扑结构连接起来。把独立的计算机按网络协议进行通讯,实现信息交换、资源共享,即构成一个计算机网络系统。该系统是实现 CAD/CAM 集成的基础。

随着 CAD/CAM 集成化程度的提高,应用的范围也越来越大,这些系统往往不是一个人、一个企业能够完成的,需要多人、多企业共同合作应用与实施,从而对 CAD/CAM 系统提出网络分布式的需求;Internet 的发展更加剧了这一需求,针对产品设计的异地工作环境已经具备,因此需要具备网络协同设计能力的 CAD/CAM 软件。

4. 并行化

并行工程(Concurrent Engineering)是随着 CAD、CIMS 技术发展提出的一种新系统工程方法。该方法的思路就是并行的、集成的设计产品开发的过程。它要求产品开发人员在设计的阶段就考虑产品整个生命周期的所有需求,包括质量、成本、进度、用户要求等,以便最大限度地提高产品开发效率及一次成功率。并行工程的关键是并行设计方法代替串行设计方法。

随着市场竞争的日益激烈,并行工程必将引起越来越多的重视。目前为了给并行工程的实现创造必要的条件和环境,对 CAD/CAM 技术有以下发展要求:

- (1) 特征建模技术研究;
- (2) 制造仿真技术和虚拟制造技术研究;
- (3) 企业经营过程重构;
- (4) 数据共享环境建设;
- (5) 多学科开发小组的协同工作环境建设。

5. 标准化

为满足 CAD/CAM 集成的需求,提高数据交换的速度,保证数据传输的完整性、可靠性和有效性,必须使用统一的数据交换格式。国际标准化组织(ISO)和一些产品开发商和行业都在数据交换文件的标准化方面作出了自己的贡献。例如,面向图形设备接口的标准 CGI、面向用户和程序员的 GKS 和 PHIGS、面向不同 CAD/CAM 系统的数据交换标准 IGES 和 STEP,这些标准都是由 ISO 所制定的,而 DXF 则是由 Autodesk 公司制定的事实上的行业标准,与这些标准的兼容性是 CAD/CAM 软件发展的主流和趋势。当前国内的标准化进行主要存在以下特点:

- (1) 研究开发符合国际标准化组织颁布的产品数据模型,促进 CAD/CAM 技术与国际交流与合作。
- (2) 研究制定网络多媒体环境下的不同层次、不同类型的数据信息的表示和传输标准,支持异地协同设计与制造。
- (3) 建立图文并茂、参数化的标准件库,替代现行的各种形式的标准化手册,促进企业掌握并使用标准,减少重复劳动,提高生产效率。

1.2.2 CAD/CAM 系统的关键技术和新技术

1. 高速加工

高速加工要求 CAM 软件提供新的刀具切入方式,使刀具在不同的切削形式下与被切削材料保持相对恒定的接触状态,以及合适的刀具进给和切削深度等参数,这些工艺方案必须符合高速切削的实际要求。常规的 CAM 后置处理提供两种插补:即直线插补和圆弧插补。传统的 CNC 系统需要后置处理器把在 CAD 系统中开发的零件描述转为 CNC 语言。CNC 系统并不能直接描述复杂的零件表面,而是将其转变为非常近似原始表面的短直线区域,从而引起加工误差。随着高速加工技术及设备的不断成熟,出现了基于 NURBS 理论的机床插补控制器,这使得 CNC 系统具备了能自动进行 NURB 格式定义下的加工域 NC 代码生成的能力。在 NURBS 插补的情况下,CAD 系统描述的实际表面被直接装入 CNC,以消除传统直线或圆弧插补带来的不精确问题。加工模型的表示方法和格式对于数控代码的计算以及机床插补指令的生成有非常重要的作用。在基于精确表示的特征、曲面造型系统中,加工域的表示采用了零件模型的原始精确描述,在某种程度上符合高速切削的基本要求。

2. 复合化加工

NC 计算针对一个零件模型进行,这个零件对应哪些加工方式,各工步如何安排,选用什么刀具,采取什么进给姿态等等都可以直接在 CAM 系统中确定。问题是如何合理地确定各个工步,以及各工步的切削参数。因为这里面存在一个为了减少变形,必须平衡各工步在各加工阶段(粗铣、半精铣和精铣)的切削量的过程。复合化切削机床对于传统工艺规划的制定赋予了新的意义,工艺制定的过程中,已经不用再考虑在多道工序上的多次装夹和定位问题,夹具和对刀定位是机加工尤其是 NC 加工中一个非常耗时并且繁琐的辅助工艺。在复合多功能机床上,针对零件特点,选择一个易于进行多道工序的姿态夹紧毛坯,利用工作台的旋转或多面加工可以方便且快速地完成多工位、不同刀具的多姿态加工。这样,CAM 计算中就不须考虑如何装夹零件,可以在一个或多个加工坐标系中完成 NC 代码计算,只是在后置阶段利用面向加工坐标系的几何变换生成 CNC 指令。

3. 分布式协同工作

分布式协同工作方式是指在同一企业内不同部门之间或在不同企业之间,通过各个计算机进行通信、交流与协商,同时参与同一产品的设计制造过程。为此 CAD/CAM 系统必须在网络环境下进行开发,并且需要完成以下各项工作:

(1) 工程图纸的数字化表示;

(2) 分布式的数字化产品数据管理。在分布式协同工作环境下,数字化的产品数据模式应该为各协作者共同理解。数据库及其管理系统应该能够满足各协作者对信息的共享。实际上是分布式的实现共享的数据库;

(3) 人—人交互协商界面。不同协作者之间,应该可以通过这一界面,利用各种手段