

机械CAD

技术基础

◆单忠臣 / 主编 ◆哈尔滨工程大学出版社



机械 CAD 技术基础

单忠臣 主编

哈尔滨工程大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

机械 CAD 技术基础/单忠臣主编. —哈尔滨:哈尔滨
工程大学出版社, 2002. 8
ISBN 7-81073-359-1

I. 机... II. 单... III. 机械设计: 计算机辅助设
计—高等学校—教材 IV. TH122

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 058690 号

内 容 简 介

本书是为了满足机械设计制造及其自动化专业本科生的教学需要而编写的。全书共分 11 章。绪论部分介绍了 CAD 的基本概念、CAD 的发展概况和 CAD 技术的应用, 其它章节介绍了 CAD 系统的组成及其软硬件, 机械 CAD 中设计资料程序处理方法, 工程数据库的概念、数据结构 and 数据库系统, AutoCAD 系统菜单文件的结构与文件、DXF 文件的结构、AutoLISP 语言的数据类型、程序结构、内部函数和程序设计, 对话框控制语言、对话框构件和驱动程序设计, 图形变换、几何建模方法和特征建模的概念, 软件工程与 CAD 系统的开发方法, 世界主流的几种 CAD/CAM 软件系统的基本构成, 产品的虚拟设计、基于网络的虚拟协同设计和虚拟产品制造技术的基本知识等内容。

该书可以作为高等院校工科机械类专业计算机辅助设计课程的教学用书, 也可作为从事 CAD 应用软件开发和使用人员的参考书。

哈尔滨工程大学出版社出版发行
哈尔滨市南通大街145号 哈工程大学11号楼
发行部电话:(0451)2519328 邮编:150001
新 华 书 店 经 销
哈 尔 滨 工 程 大 学 印 刷 厂 印 刷

*

开本 787mm×1 092mm 1/16 印张 14.5 字数 353 千字

2002 年 9 月第 1 版 2002 年 9 月第 1 次印刷

印数:1~1 000 册

定价:17.00 元

前 言

随着计算机技术的飞速发展,CAD 技术迅速普及,并且已经在各个领域得到了广泛的应用。CAD 技术是一项综合性的高技术,它的发展和应用不仅在世界范围内引起一场深刻的产品设计与制造的技术革命,而且已经成为工业发达国家保持竞争优势、开拓市场的主要技术手段。CAD 技术从根本上改变了传统的设计、生产和组织模式,对产品结构、企业结构、管理模式、生产方式,以及人才知识结构等都产生了重大影响。在当前经济发展的新形势下,由于产品更新换代的速度加快,从而促进世界上许多国家把发展 CAD/CAM 技术作为本国制造业的发展策略。我国也非常重视 CAD 技术的研究,并把 CAD 技术的应用推广作为一件大事来抓。1986 年原国家科学技术委员会将 CAD/CAM 技术列为我国高技术发展计划 CIMS 主题中的一项关键技术进行跟踪研究,很多大中型甚至小型企业都在努力引进和应用 CAD 技术。CAD 技术已经成为衡量一个企业乃至一个国家科技进步和工业化水平的重要标志之一。

本书是为了满足机械设计制造及其自动化专业本科生教学需要而编写的。全书共分 11 章。绪论部分简要介绍 CAD 的基本概念、CAD 发展概况和 CAD 技术的应用;第 1 章介绍了 CAD 系统的组成及其硬件和软件;第 2 章介绍了机械 CAD 中设计资料的程序处理方法;第 3 章介绍了工程数据库的概念、数据结构和数据库系统;第 4 章介绍了 AutoCAD 系统菜单文件的结构与 DXF 文件的结构;第 5 章详细介绍 AutoLISP 语言的数据类型、程序结构、内部函数和程序设计;第 6 章介绍了对话框控制语言、对话框构件和驱动程序设计;第 7 章介绍了图形变换、几何建模方法和特征建模的概念;第 8 章介绍了软件工程与 CAD 系统的开发方法;第 9 章介绍了世界主流 CAD/CAM 软件系统;第 10 章介绍了产品的虚拟设计、基于网络的虚拟协同设计,以及虚拟产品制造技术的基本知识。

为了适应本科生教学的特点,本书力求在内容上详简得当,突出重点,便于学生自学。书中内容注重原理与实践并重,同时介绍了近几年来国内外在机械 CAD 领域中的某些热点研究问题。在重点章节中融汇了作者多年的教学经验和某些研究成果,编入了较多的程序和实例。学生在学习本书过程中,应结合有关章节内容进行上机实践,以便学会应用 CAD 技术解决实际问题,提高软件开发能力,从而达到良好的学习效果。

本书的绪论和第 5、6、8 章、第 7.3 节和第 7.4 节由单忠臣编写,第 1、3、10 章由张旭编写,第 2 章、第 7.1 节和第 7.2 节由邱英编写,第 4 章和第 9 章由祝海涛编写。全书由单忠臣负责统稿并担任主编。哈尔滨工程大学博士生导师张家泰教授对书稿进行了审阅,并提出了宝贵的建议,在此表示诚挚的谢意。

由于作者水平有限,书中难免出现错误和疏漏之处,敬请读者批评指正。

编 者
2002 年 6 月

目 录

0 绪 论	1
0.1 CAD 的基本概念	1
0.2 CAD 的发展概况及发展趋势	2
0.3 CAD 技术的应用	6
习 题	8
1 CAD 系统的组成及其软硬件	9
1.1 CAD 系统的组成及工作方式	9
1.2 CAD 系统中硬件的配置及选型原则	10
1.3 CAD 系统的软件	15
习 题	21
2 设计资料的程序处理	22
2.1 数据表格的程序处理	22
2.2 线图的程序处理	27
2.3 函数插值	30
2.4 有关数据的处理	34
习 题	36
3 CAD 软件基础	37
3.1 有关数据的概念	37
3.2 数据结构	38
3.3 工程数据库	44
习 题	55
4 AutoCAD 菜单开发和数据交换技术	56
4.1 AutoCAD 菜单类型	56
4.2 菜单文件结构	59
4.3 下拉菜单设计	61
4.4 图标菜单设计	65
4.5 菜单的编译	68
4.6 CAD 数据交换	69
习 题	82
5 AutoLISP 程序语言设计	83
5.1 AutoLISP 程序语言概述	83
5.2 AutoLISP 数据类型	83
5.3 AutoLISP 程序结构	87
5.4 AutoLISP 内部函数	89
5.5 函数定义及装载	104

5.6 AutoLISP 程序调试与编程实例	107
习 题	110
6 对话框设计技术	111
6.1 对话框的组成	111
6.2 对话框构件的属性	117
6.3 对话框控制语言和设计原则	123
6.4 对话框驱动程序设计	130
6.5 对话框应用实例	137
习 题	143
7 图形变换与产品建模技术	144
7.1 图形变换的数学基础	144
7.2 图形变换	148
7.3 几何建模	157
7.4 特征建模	163
习 题	167
8 软件工程方法与 CAD 系统开发	169
8.1 软件工程方法和开发过程	169
8.2 机械 CAD 系统开发方法	174
习 题	181
9 世界主流 CAD/CAM 软件系统介绍	182
9.1 Unigraphics 系统介绍	182
9.2 Pro/Engineer 系统介绍	189
9.3 CATIA 系统介绍	196
习 题	203
10 虚拟产品开发与虚拟产品制造技术	204
10.1 现代产品设计方法概述	204
10.2 总体方案的虚拟设计实例	206
10.3 基于网络的虚拟协同设计	209
10.4 虚拟制造技术	213
10.5 基于虚拟现实的原型分析技术	216
10.6 虚拟样机技术	219
习 题	224
参考文献	225

0 绪 论

内 容 提 要

随着计算机技术的迅速发展,CAD 技术在各个领域,尤其是在机械、电子、轻纺和建筑等工业领域得到了广泛的应用。CAD 技术是一项综合性的高技术,它的应用和不断发展正在引起一场深刻的产品设计与制造的技术革命。

本章主要介绍 CAD 的基本概念,阐述 CAD 的兴起与发展过程和 CAD 系统的集成化、智能化、标准化和网络化的发展趋势,介绍 CAD 技术在各个领域,特别是在机械制造工业中的应用情况。

0.1 CAD 的基本概念

计算机辅助设计(Computer Aided Design,简称 CAD)是产品设计人员在 CAD 系统的辅助之下,根据产品的设计程序进行设计的一项新技术,是人的智慧和创造力与计算机系统功能的巧妙结合。设计人员通过人机交互操作的方式进行产品设计的构思和论证、产品的总体设计、技术设计、零部件设计,有关零件的强度、刚度、热、电、磁的分析计算(工程图纸)的输出,以及技术文档和有关技术报告的编制。然而应该指出,CAD 技术不能代替人的设计行为,而只是实现这些行为的先进手段。人的设计行为,则由专业技术人员的创造能力和工作经验,以及现代设计方法等所提供的科学思维方法和实施办法来确定。

CAD 技术是一项综合性的高新技术,该技术的应用和发展正在引起一场深刻的产品设计与制造的技术革命,并对产品结构、产业结构、管理模式、生产方式,以及人才知识结构等产生重大影响。因此,它是当前国际上科技领域的前沿课题,也是世界各国十分关注的、投资力度很大的计算机集成制造系统(Computer Integrated Manufacturing System,简称 CIMS)的重要组成部分之一。

目前 CAD 技术的鲜明优点已经被越来越多的人所公认。世界上发达国家不仅将 CAD 技术应用于机械、电子、航空航天、汽车、船舶等一系列产品和工程设计领域,而且迅速向其它工业产业(例如服装、家俱等轻工业)领域发展。

在当前经济发展的新形势下,产品更新换代速度加快,从电子技术到重型机电行业强烈提出了缩短开发周期,提高产品质量,减少开发费用等要求。在这种形势下,CAD 技术发挥着越来越重要的作用。

0.2 CAD的发展概况及发展趋势

0.2.1 CAD技术的发展概况

(1) CAD技术的兴起

自1946年世界上第一台电子计算机在美国问世后,人们就不断地将计算机技术引入机械设计和制造领域。20世纪50年代中期,计算机主要是处理科学计算。尽管当时已在计算机中配置了显示器,但由于计算机图形显示技术的理论还没有形成,所以它只是作为字符的显示,不具备人机交互功能。1952年美国麻省理工学院研究成功了第一台三坐标数控铣床,并开始着手研制数控自动编程系统APT(Automatically Programmed Tools)。当时在美国学习的奥地利人H. Josph Gerber根据数控加工原理和方法为波音飞机制造公司研制出了世界上第一台平板绘图机。1959年美国的CALCOMP公司根据打印机的原理研制出世界上第一台滚筒式绘图机,从此开始了由计算机辅助绘图仪代替人工绘图的历史。

1963年美国麻省理工学院的I. E. Sutherland在他的博士论文《人机对话图形通信系统》中提出了SKETCHPAD系统。该系统允许设计者在图形显示器前操作光笔和键盘,同时在屏幕上显示图形。他的论文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,为CAD技术提供了理论基础。

由于计算机、自动绘图机、光笔、图形显示器等设备的问世和发展及图形数据处理方法的深入研究,从而促使CAD技术的形成。在经历了理论探讨、设备研制和简单CAD系统的实现及某些方面的实际应用研究等几个阶段后,计算机辅助设计技术开始形成。

(2) CAD技术的发展

由于交互式图形生成技术的出现,从而促使了计算机辅助设计技术的迅速发展。20世纪60年代中期,美国的一些大公司都十分重视这一高新技术。例如美国的IBM公司开发了以大型机为基础的CAD/CAM系统,该系统具有绘图、数控编程和强度分析等功能;美国通用汽车公司研制了DAC-1系统,用于汽车车身和外形的设计;洛克希德公司的CADAM等。此外,英国剑桥大学等也开展了CAD方面的研究工作。如在制造领域,1962年在机床数控技术的基础上研制成功了第一台工业机器人,实现了物料搬运的自动化;1966年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。

20世纪60年代中期到20世纪70年代中期,是CAD技术趋于成熟的阶段。随着计算机硬件的发展,以小型机、超小型机为主机的CAD系统进入市场,针对某个特定问题的CAD成套系统蓬勃发展。它由16位小型机、图形输入设备、显示装置以及绘图机等硬件与相应的应用软件配套而成。与此同时,为了适应设计和加工的要求,三维几何处理软件也随着发展起来,出现了面向中小企业的、商品化的CAD系统。

20世纪80年代是CAD技术迅速发展的时期。由于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库技术、有限元分析、优化设计等技术也迅速提高。这些商品化软件的出现,促进了CAD技术的推广应用。使其从用于产品设计向用于工程设计发展,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。在此期间,还

相应发展了一些与制造过程相关的计算机辅助技术,例如计算机辅助工艺过程设计(CAPP)、计算机数控编程(CNC)、计算机辅助工装设计(CAFD)、计算机辅助质量控制(CAQ)等,实现 CAD 与 CAM 的集成,称为 CAD/CAM 系统。进入 20 世纪 80 年代以后,人们在上述计算机辅助技术的基础上,致力于计算机集成制造系统(CIMS)的研究,这是一种总体高效益、高柔性的智能化制造系统。

20 世纪 90 年代,CAD 技术不是停留在过去单一模式、单一功能和单一领域的水平,而是向着标准化、集成化和智能化的方向发展。为了实现系统的集成,实现资源共享和产品生产与组织管理的高度自动化,提高产品的竞争能力,就需在企业、集团内的 CAD/CAM 系统之间或各个子系统之间进行统一的数据交换,为此,一些工业先进国家和国际标准化组织都在从事标准接口的开发工作。与此同时,面向对象技术、并行工程思想、分布式环境技术及人工智能技术的研究,都有利于 CAD/CAM 集成技术向高水平发展。

我国的 CAD 技术的引进是从 20 世纪 60 年代开始的,最早起步于航空工业,最近十几年发展很快,现已在机械、电子、建筑和服装等行业逐步进入实用阶段。一方面,直接引进一些国际水平的商品化软件投入实际应用,例如 I-DEAS、Pro/Engineer、CADAM、UG-II 等;另一方面,很多研究单位自行开发 CAD/CAM 系统,有些已达到国际先进水平,进一步促进了 CAD/CAM 技术在我国的应用和发展。

0.2.2 CAD 技术的发展趋势

为了不断提高 CAD 技术功能,使产品的生产向自动化方向发展,目前 CAD 技术的主要发展方向为集成化、智能化、标准化和网络化。

(1) 集成化

所谓集成化,一般包含下述内容:①提高 CAD 系统的集成度,即要求在整个产品设计过程中的各个阶段和每一设计步骤都能有效地使用 CAD 技术。②CAD 和 CAM 的集成,即要求设计信息能自动地转换成 CAM 系统的信息。③逐步形成一个以工厂生产自动化为目标的集成制造系统。

图 0-1 为 CAD/CAM 集成系统模式图。在 CAD/CAM 集成系统中,工程数据库管理系统是一个重要的组成部分。在该系统中,所有 CAD/CAM 功能模块都同工程数据库直接连

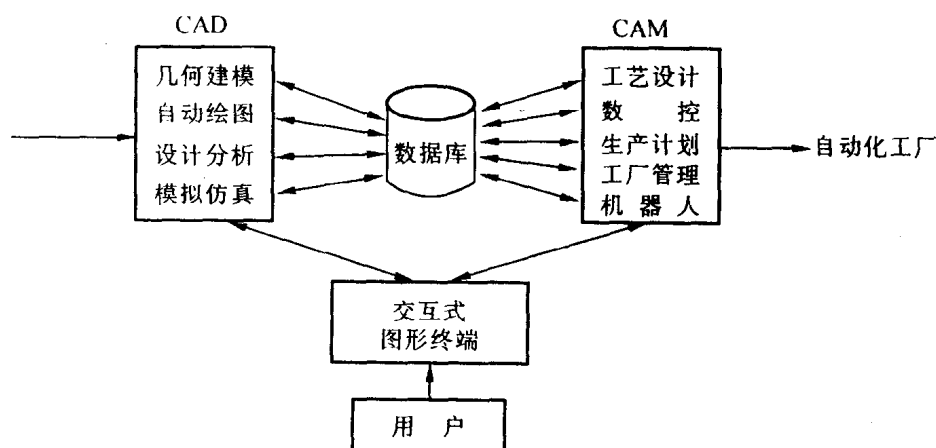


图 0-1 CAD/CAM 集成系统模式

接。设计人员利用图形终端与计算机对话,使用存储在公共数据库中的有关信息,实现对产品的设计、控制和制造过程的自动化。

图 0-1 中的 CAD 部分主要以三维实体建模软件为基础。设计人员用它建立设计对象的几何模型,并使用有关机构运动和动力分析软件对各机构进行运动学和动力学的分析计算,采用有限元分析软件对主要部件进行强度和刚度分析计算。在此基础上对产品性能指标进行仿真和综合评价。如果不符合设计要求,可进一步对有关部分进行修改。最后自动绘出二维工程图纸或把有关数据传送到公共数据库中供 CAM 系统调用。CAM 部分,根据设计输出信息进行工艺过程设计、数据程序编制,以及生产计划的编制等,实现产品的加工制造过程。

从目前的实际情况看,对于一个产品的设计与制造的全过程而言,CAD 和 CAM 技术一般仍处于单独的使用状态。就是说,使用 CAD 系统完成其设计任务后所形成的有关信息,只能作图形输出,而不能自动地传送给与之相关的 CAM 系统,在 CAD 与 CAM 之间形成一个间隙,使产品的数据流中断;在 CAD 阶段形成的数据,往往在 CAM 系统中还需再进行人工干预,这不仅造成时间上的浪费,而且还容易出错。为了真正地实现 CAD/CAM 系统的集成,目前正在开展以工程数据库系统和网络通信技术为主要技术内容的集成化技术的研究,达到共享硬件和软件资源,使集成系统内部的信息按需要自动地流动。

CIMS 技术是更高层次的集成系统,从理论上讲,是在上述的 CAD/CAM 集成系统的基础之上,再加上企业的生产管理信息系统就可实现。但实际上,它还存在许多具体问题有待解决。

(2)智能化

机械 CAD 技术在近 20 年来有很大的发展。工程工作站的问世极大地推动了 CAD 技术的发展,并产生了一批功能很强的商品化软件,如 I - DEAS、CATIA、UG - II、Pro/Engineer、CADDS 和 CADAM 等。这些软件都可用于进行机械设计,在产品几何造型、分析计算与绘图方面的功能都很强。设计人员在这些软件支持下能对设计对象进行交互式设计,但这样的 CAD 系统存在着明显的不足。众所周知,产品设计过程是一个复杂的过程,也是一个综合、分析和反复修改的过程,设计人员只有具备多学科的综合知识与丰富的经验才能得到一个较佳的设计结果。产品设计是一项创造性的活动,设计过程中很多工作是非数据计算性的,不是以数学公式为核心的,是需要通过反复思考、推理和判断来解决的。因此,目前以分析计算和图形为核心的 CAD 系统是不能解决上述问题的。对于同一设计对象,由于设计人员不同,可能设计出不同的结果,即设计结果与设计者的经验和掌握专业知识的程度有关。

在产品设计初始阶段,特别是在概念设计和构思及评价阶段,专家在该领域的经验十分重要。为此,提出了在 CAD 系统中引进人工智能(Artificial Intelligence)技术。而专家系统(Expert System)是将人工智能技术首先引入产品设计领域的。

目前对专家系统还没有统一的严格的定义,但在以下三方面的认识是一致的,即它是一个智能的程序系统;在系统内部具有大量的专家水平领域知识和经验;它能使用人类专家可用的知识、解决问题的方法来解决某领域的问题。因此,专家系统是一个具有大量专家知识与经验的程序系统。它应用人工智能技术,根据一个或多个人类专家提供的特殊领域知识、经验进行推理和判断,模拟人类专家作决定的过程来处理那些需要专家才能决定的复杂问题。简单地说,专家系统是一种计算机程序,可以达到某一领域专家的水平,完成专门的、

般是困难的专业任务。由于专家系统的功能主要是依赖于大量的专家知识,所以,又称它为“知识基系统”,这个领域有时也称为知识工程。一个专家系统一般由以下五个部分组成:①知识库;②数据库;③推理机;④解释系统;⑤知识获取部分,如图 0-2 所示。

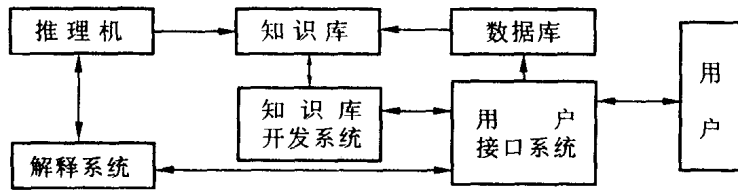


图 0-2 专家系统的组成

由上述可知,将人工智能引入 CAD 系统是必然的发展趋势,而专家系统又是人工智能在产品和工程设计中最早获得成功应用的一个领域。

(3) 标准化

所谓 CAD 软件的标准,其实是指图形软件的标准。图形标准是一组由基本图素(点、线和面)与图形属性(线型和颜色等)构成的通用标准图形系统。当应用程序调用这些图形标准子程序时即可生成图形和图像,并通过交互显示设备实现图形的输入和输出。

① 图形核心系统

图形核心系统 GKS(Graphical Kernel System)是 1979 年由德国标准化组织(DIN)提出草案的,国际标准化组织(ISO)于 1985 年采用。作为国际标准,它是一个为应用程序服务的基本图形系统。它提供了应用程序和一组图形输入、输出设备之间的功能性接口。该接口包括在各式各样的图形设备上为交互或非交互的二维作图所需的全部基本功能,即输出功能、输入功能、控制功能、交换功能、图段功能、元文件功能、询问功能和出错处理功能。这是一个二维图形软件标准。

为了满足三维图形的需要,德国 DIN 与 ISO 合作制作了三维图形核心系统 GKS-3D 图形国际标准作为 GKS 的扩充。GKS-3D 与 GKS 完全兼容。

② 初始图形交换规范

初始图形交换规范 IGES(Initial Graphics Exchange Specification)是由美国国家标准和技术研究所(NIST)主持,波音公司和通用电气公司参加编制的,后经 ANSI 批准于 1980 年发布的美国国家标准。它建立了用于产品定义的数据表示方法与通信信息结构,作用是在不同的 CAD/CAM 系统间交换产品定义数据。其原理是:通过前处理器把发送系统的内部产品定义文件翻译成符合 IGES 规范的“中性格式”文件,再通过后处理器将中性格式文件翻译成接受系统的内部文件。IGES 定义了文件结构格式、格式语言,以及几何、拓扑和非几何产品定义数据在这些格式中的表示方法,其表示方法是可扩展的,并且独立于几何造型方法。

目前,绝大多数图形支撑软件都提供读、写 IGES 文件的接口,使不同软件系统之间交换图形成为现实。

③ 产品模型数据交换标准

产品模型数据交换标准 STEP(STandard for the Exchange of Product model data)是由 ISO 制定,并于 1992 年公布的国际标准。它是一套系列标准,其目标是在产品生存周期内

为产品数据的表示与通信提供一种中性数字形式。这种数字形式完整地表达产品信息并独立于应用软件,也就是建立统一的产品模型数据描述。它包括为进行设计、制造、检验和产品支持等活动而全面定义的产品零件及其与几何尺寸、性能参数及处理要求等相关的各种属性数据。STEP 标准为 CAD/CAM 集成、CIMS 提供产品数据共享的基础,是当前被广泛关注、依据并作为计算机集成应用领域的热门标准。

(4) 网络化

利用通信系统将各种计算机以及有关的外围设备连接在一起即成一个网络系统。

计算机联网改变了计算机系统的组成方式和使用模式。过去由单独一台计算机完成的任务,在网络系统中可由各自独立而又相互连接在一起的多台计算机共同完成。这样就能充分发挥系统内各台计算机的能力,而且计算资源可直接送到各用户面前。这种使用模式极大地提高了对信息采集、处理和分配的能力,促进了计算机的应用。一般地讲,计算机联网的目的是:

①共享网络资源。在网络内的各台计算机可以共享程序和数据及其它资源。

②平衡负载。当在网络上的某台计算机工作特别繁重时,可把一部分工作分配到其它计算机去完成,特别是要处理复杂计算或图形时,可把这些任务交给具有高速计算能力和处理图形能力强的计算机。

③提高系统的性能价格比。在网络系统中可用一些小型机、工作站和微机来代替价格昂贵的大型计算机,它们共同完成要在大型机上处理的工作任务。

④提供远距离的数据通信介质。

0.3 CAD 技术的应用

目前 CAD 技术已成为产品和工程设计及新一代生产技术发展的核心技术。现在应用得比较成熟的是机械、电子、轻纺和建筑等工业领域,已有一些基础软件和专业软件商品化。下面从几个主要领域来讨论它的应用情况。

0.3.1 在机械制造业中的应用

机械制造业是应用 CAD 技术的主要领域。开始时,主要是应用计算机绘图技术,绘制二维工程图纸。目前,已能用三维几何造型技术描述和分析计算产品及其零、部件的形状和结构,以及生成数控加工信息等。

(1) 航空和航天

早在 20 世纪 60 年代,美国的洛克希德公司(LOCKHEED)就研究开发用于飞机设计的 CAD/CAM 软件。CADAM(Computer - graphics Augmented Design and Manufacturing)就是该公司研制的大型 CAD/CAM 软件。该公司首先应用该软件成功地设计各型战斗机。在设计中首先应用计算机辅助几何外形设计,将机翼、机身的几何外型用数学加以描述并存于计算机中;然后用交互式图形系统进行设计、绘图,并进行气动和结构与计算;最后,根据几何与加工数据绘制工装模具图纸或者相应的数控加工纸带。我国的航空航天部门早在 20 世纪 70 年代中期开始使用 CAD 技术。现在在航空航天部门各企业,CAD 技术已经普遍得到了推广和应用。

(2) 造船工业

造船工业也是应用 CAD 技术较早的部门之一。与飞机设计相类似,在设计中首先是应用 CAD 技术对船体外形作计算机辅助几何外形设计;然后以船体外形几何数据为依据,计算出船体零件图并生成切割钢板所需的数控纸带。我国的造船工业也是应用 CAD 技术较好的领域之一。早在 1973 年,我国的造船行业就已引进了大型 CAD/CAM 系统,该系统可提高船体钢板切割下料的精度,每艘万吨级的船舶就此一项就能够节约钢材约 150t~200t。另外,船舶管道 CAD 系统对管路布置、干涉检查也起到很好的作用,提高了设计效率。

(3) 机床制造

机床制造是最古老的传统工业之一,也是应用 CAD 技术较早的部门之一。开始时,主要是用计算机绘制二维工程图纸,而现在的 CAD 技术不仅能用来绘制零件和装配图,而且还能直接生成产品的三维实体图形和进行一系列的分析计算(如强度、振动计算)等,并且对某些零件(如回转体零件)还开发了计算机辅助工艺设计系统(CAPP),实现了工艺规程的自动编制。

(4) 工模具

这里所说的工模具主要包括制造机械零件时使用的刀具、夹具(组合夹具)和模具。在用传统方法进行工模具的设计与制造过程中存在三个主要问题:生产周期长;精度很难保证;成本很高。这些因素直接影响产品的质量和生产周期及产品的价格问题。为此,在工业发达的国家中十分重视工模具的 CAD 技术。如美国、德国、日本和瑞士等国家从 20 世纪 60 年代中期就开始进行研究工模具 CAD,20 世纪 70 年代投入使用,到 20 世纪 80 年代应用已较普遍,并有商品化的软件销售。我国工模具 CAD 技术已经取得不少的研究成果,并在生产中得到实际应用。

0.3.2 在电子工业中的应用

在电子工业中应用 CAD 技术主要包括:

- (1) 印刷板电路生产;
- (2) 集成电路生产;
- (3) 电子产品(或设备)中的机械结构件的设计。

0.3.3 在其它方面的应用

(1) 建筑工程方面的应用

CAD 技术在建筑方面的应用主要是:总体布局(如一个工厂的设计,用 CAD 系统确定厂房、办公用房、生活用房和交通道路及绿化等方面的平面布置图)。在总体布局的基础上然后对房屋的外形和结构及内部的装饰设计、通风和供热及照明设备的布置、结构件的力学结构等进行分析。应用 CAD 技术来处理这些工作不仅可以提高设计效率,更主要的是使设计结果能达到最优化,还可以节省建设费用。所以,CAD 技术已成为建筑方面重要的新技术之一。

(2) 轻纺和服装工业中的应用

CAD 技术在轻纺工业中,主要是用于花布和地毯的花纹图案与色彩的设计,而在服装行业中的应用主要是服装款式的设计、排料和放样及衣料裁切等。

应用花纹图案和调色软件系统,设计师可以灵活方便而迅速地设计出花布和毛毯的彩色花纹图案以及进行调色,并能把设计好的图案实时显示在显示器上供用户挑选或进一步

修改,使用十分方便。

在服装设计中,首先使用服装款式设计 CAD 软件进行款式的设计,其中包括各种各样的款式和布料及布料颜色的选择。通过交互设计技术,最后可以获得最佳的服装款式。该软件要具有较强的曲线和曲面的处理功能。服装的排料和放样是款式设计之后,即在获得各衣片的形状和数据后,把这些数据输入到排料和放样软件系统中,然后通过优化排料,显示出最紧凑的合理的布料较省的排料图形。

此外,CAD 技术的应用范围越来越广,如飞行员、汽车驾驶员、航海员的模拟训练;自然景物的模拟;地理和地貌的分析研究等,而且随着计算技术的发展,应用范围还将不断扩大。

习 题

1. 什么是 CAD,什么是 CAD/CAM?
2. 简述 CAD 技术开始形成的技术条件。
3. 从 20 世纪 90 年代开始,CAD 的发展方向是什么?
4. CAD 技术在机械行业有哪些应用?
5. 什么是 STEP 标准,它有什么用途?

1 CAD 系统的组成及其软硬件

内 容 提 要

CAD 系统是由工作人员和硬件、软件组成的。硬件、软件和人有机地结合在一起,从而实现 CAD 系统的功能。硬件系统的核心是计算机,还包括其它外围设备。软件系统分为系统软件、应用软件和产品设计软件。系统软件又包括操作系统、程序设计语言处理系统和数据库管理系统。

本章主要介绍 CAD 系统的组成及工作方式,CAD 系统中硬件的配置及选型原则。介绍了系统硬件的选择原则、系统中计算机与显示器的配置及图形的输入、输出设备。分析了 CAD 系统的软件的有关问题,对系统软件、应用软件、产品设计软件进行了讨论。并简要介绍了一些常用的 CAD 软件。

1.1 CAD 系统的组成及工作方式

所谓系统,是指为一个共同目标组织在一起的、相互联系部分的组合。一个完善的 CAD 系统应具有的基本功能为:快速计算和生成图形的能力;存储大量程序、信息及快速检索的能力;人机交互通讯的操作功能;输入、输出图形及信息的能力。

为了实现这些功能,CAD 系统应由工作人员、硬件和软件三大部分组成。其中,电子计算机及其外围设备称为 CAD 的硬件系统;操作系统和应用软件称为 CAD 的软件系统。工作人员在 CAD 系统中起主导作用。他们通过人机对话的方式或批处理的方式控制和操纵 CAD 过程,从而完成诸如计算、绘图、模拟、数控编程等一系列任务。只有把软件、硬件及工作人员融为一体,才能更有效地发挥 CAD 系统的功能。

为了将人的创造性和计算机的优势有机地结合起来,人机对话式的 CAD 系统被广为应用。其运算结果以图形或数据的形式快速显示,供设计者观察和判断,并通过光笔、鼠标或键盘向计算机发出反馈信息或修改指令。这种系统与批处理形式相比具有更大的灵活性,很容易实现设计过程中的局部修改。

根据软、硬件间的依赖关系,CAD 系统还可分为配套系统和软硬件柔性系统。在配套系统中,软件和硬件是作为一个整体出售的,用户不需要再配置或移植软件;而在软硬件柔性系统中,软件与硬件可以任意选择。该系统最大的优点是:用户可根据需要自由扩展系统的功能。其中硬件柔性系统也称为混合硬件系统,可采用下述方式配置:①采用不同制造厂家的不同外围设备;②不同计算机采用相同的操作系统;③研究特定的硬件结构,确保整体结构中的元件可以互换。

1.2 CAD 系统中硬件的配置及选型原则

目前,CAD 系统主要有建立在超级微型机平台上的图形工作站和以个人计算机为平台的系统。

CAD 系统中的硬件是指应用的计算机及其所属的外围设备。它由计算机图形终端、字符终端、绘图机、打印机及一些交互装置组成。一般地,一个 CAD 系统的功能范围取决于它所采用的计算机容量、类型、通讯方式、外围设备的数目、类型及相互关系等。

计算机及其外围设备的布局,大致有三种类型:单计算机系统;中央计算机-卫星机系统;计算机网络系统。

- 单计算机系统是由一台计算机加上输入、输出设备组成。大多数早期的 CAD 系统属于这种类型。单机系统的优点是结构简单,用户有较大的可见性,使用时反应时间短。其缺点是:如果 CPU 失效,将会影响全部用户。此外它要求用户具备一定的数据处理及系统使用的基本知识。

- 中央计算机-卫星机系统是为方便多用户使用而由单计算机加上前、后置处理器组成。它提供必要的计算能力并可自由编程。

- 计算机网络系统是由一组联成网络的多个计算机组成。网络内的计算机各有分工,一部分用于面向用户的数据处理,一部分用于控制整个网络的通讯。各计算机之间信息的传递可通过局域网或 Internet 设备来实现。这些对 CAD 系统具有重大意义,因为它可不局限在一座工厂或一座建筑物之内,将逻辑上相关的组元都联接到同一网络上。

1.2.1 CAD 系统硬件选择的原则

CAD 硬件系统的选择不仅要适应 CAD 技术发展的水平,而且要满足它所服务的对象。从应用的观点出发,在选择硬件系统时应特别考虑:工作能力;经济性;使用方便性;工作可靠性;维修方便性;标准化程度及可扩充性;工作环境要求;响应时间及处理速度;采用的语言;磁盘容量等。

在系统选择过程中,首先碰到的问题是系统规模的确定。系统规模是由要求的工作能力,即图形编辑功能、计算分析功能,以及图库和数据库的容量来决定的。一般来说,规模较大的系统应具有三维几何建模和图形编辑能力,它需要一台或几台分析计算能力很强的中央处理机,以满足诸如大型有限元分析、运动模拟分析,或其它要求内存容量大、运算速度快的课题需要,其磁盘及外存设备的容量应达几十亿字节。中等规模的系统要求的图形处理功能是二维或二维半居多,需要一台分析计算速度较快的中央处理机,以便完成诸如中小型有限元分析或一些计算虽复杂但内存要求不大的课题,其磁盘或外存设备容量可控制在十亿字节之内。较小规模系统的图形处理功能不很高,中央处理机具有一定的分析计算能力,外存容量一般在几千万字节左右,主要要求具有较强的交互操作功能。

根据当前计算机市场的情况,CAD 硬件系统的配置大致有四种类型,即主机系统(Main Frame System);成套系统(Turnkey System);超级微型机 CAD 工作站(Stand Alone CAD W/S);个人计算机 CAD 工作站(PC CAD)。这四种 CAD 硬件系统配置,仅规模大小存在一定差别,其中主机系统主要用于分析计算、数据处理,而超微型机 CAD 工作站和 PC CAD 则具有较好的交互功能,且价格低廉。

众所周知,CAD 硬件系统投资很大,因此在系统选择时应充分考虑分阶段逐步扩充系统的可能性。通过系统扩充和升级技术的分析,可大大压缩投资规模。尤其对于一些较大规模的系统而言,没有必要一次购买全套的硬件设置。

对于硬件柔性系统来说,在选择其组成部分时主要考虑经济性和使用方便性,但这两者往往是矛盾的。例如从经济性的观点出发,人们总是选择容量尽可能小的计算机和简单便宜的外围设备;然而从使用方便性出发,却要求快速计算机和全套现代化的外围设备。

另外,编程语言的采用与计算精度要求等均应在系统硬件选择考虑范围之内。

1.2.2 CAD 系统中计算机的配置

以下主要研究应用的计算机与显示器的配置。

计算机是指挥及控制整个 CAD 系统运行并执行实际运算和逻辑分析的装置,因此它是 CAD 硬件系统组成的核心部分。由于 CAD 系统要完成相当复杂的任务,因而在二十多年前,CAD 刚引入阶段,它只能在大型计算机上完成。至今,仍然有个别 CAD 软件包只能在大型机上运行。

大型计算机系统也就是前述的主机系统,它的主机由三部分组成:①一个容量有限的主存储器 and 快速的中央处理机;②外存储器;③外围设备,如输入、输出设备等。大型计算机的优点是具有很高的计算速度和很大的内存容量,但这类计算机在应用中因其快速中央处理机受慢速外围设备的限制而无法充分发挥效力。因此,近几年的发展趋势是从大型机转向小型机。开始时是 16 位小型机,后来发展到 32 位小型机。事实证明,32 位小型机完全可以完成 CAD 任务。

小型机在应用中又向更小单元发展,即只辅以一个或少数几个工作站。其优点是:价格便宜;并且,一个工作站出了故障,整个设计不会停顿。这种不依赖于一台大型机的计算中心的分散化趋势主要是为了满足顾客的需要,同时也是计算机网络技术发展的必然结果。

由于集成电路的出现,使微型计算机得以飞速发展。微型机不同于中、小型机,它把存储、控制和运算单元集成在一个芯片上。随着微处理功能的不断提高,尤其是超级 32 位微机的出现,微机系统正逐渐成为 CAD 的主要用机,它既可作为独立的 CAD 系统主机,又可作为大型计算机的卫星机,处理图像输入、输出。

计算机技术还在不断发展中,各类计算机之间的界线也不固定。根据计算速度、存储容量和用途,习惯上将计算机分为微型机、小型机、中型机、大型机、巨型机及专用计算机等,这完全是一种相对概念。

近几年,微型机的发展极为迅速,平均每 1~2 年就更新换代一次。尤其是自 1987 年以来,RISC 芯片的迅速发展,使得微型机已经可以与往日的小型机、大型机和巨型机的中央处理机速度相媲美。这一发展趋势将对上述传统的计算机分类方法和体系结构产生巨大的影响,使微型、小型、中型和大型计算机的界线变得更加模糊。这些机型的不同只在于实现技术上的差异。如加强微型机的图形功能,就可成为 RISC/UNIX 工作站;而采用双机系统,增强输入输出通道能力,扩大内存和外存容量,即可成为中大型机;如果采用并行处理技术,由多个处理机同时解算一个课题,以提高运算速度,即可达到目前大型机、巨型机的功能水平。

工作站的主要特点是采用高分辨率图形显示器以显示复杂图形,并有一个窗口驱动的用户环境。它的另一个特点是便于应用网络技术,用户可以随时利用网络资源。目前,CAD