



全国本科院校机械类**创新型**应用人才培养规划教材

机械CAD基础

主 编 徐云杰

优化机械CAD基础课程内容
涵盖三大常用软件基本应用
介绍机械产品实际开发过程



北京大学出版社
PEKING UNIVERSITY PRESS

全国本科院校机械类创新型应用人才培养规划教材

机械 CAD 基础

主 编 徐云杰
副主编 钱孟波 张雪芬 杨俊凯
参 编 郑慧萌 方明辉



北京大学出版社
PEKING UNIVERSITY PRESS

内 容 简 介

本书系统地介绍了机械 CAD 的基本原理以及常用二维、三维软件的主要功能及其使用技巧, 通过丰富的机械设计案例, 以机械设计过程为主线, 引导读者快速掌握计算机辅助机械设计技术。

全书共分 8 章, 包括: 绪论、机械 CAD 系统的基本原理、AutoCAD 软件及其应用、Unigraphics NX 软件及其应用、Pro/ENGINEER 软件及其应用、CAD 二次开发、综合工程案例、机械 CAD 及其相关领域的发展。

本书结构严谨, 内容翔实, 实例针对性强, 步骤讲解细致, 特别适合于初学者自学。本书适用于普通工科院校机械类、自动化类专业的学生和大专院校软件教学专用, 也适用于各类成人高校及从事机械设计工作的工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

机械 CAD 基础/徐云杰主编. —北京: 北京大学出版社, 2012.2

(全国本科院校机械类创新型应用人才培养规划教材)

ISBN 978-7-301-20023-0

I. ①机… II. ①徐… III. ①机械设计: 计算机辅助设计—AutoCAD 软件—高等学校—教材 IV. ①TH122

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 281181 号

书 名: 机械 CAD 基础

著作责任者: 徐云杰 主编

策划编辑: 童君鑫

责任编辑: 陈 庆

标准书号: ISBN 978-7-301-20023-0/TH · 0284

出 版 者: 北京大学出版社

地 址: 北京市海淀区成府路 205 号 100871

网 址: <http://www.pup.cn> <http://www.pup6.cn>

电 话: 邮购部 62752015 发行部 62750672 编辑部 62750667 出版部 62754962

电子邮箱: pup_6@163.com

印 刷 者: 北京鑫海金澳胶印有限公司

发 行 者: 北京大学出版社

经 销 者: 新华书店

787 毫米×1092 毫米 16 开本 16.75 印张 393 千字

2012 年 2 月第 1 版 2012 年 2 月第 1 次印刷

定 价: 34.00 元

未经许可, 不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有 侵权必究

举报电话: 010-62752024

电子邮箱: fd@pup.pku.edu.cn

前 言

机械产品的设计不只是单纯追求某项性能指标的先进和高低,而是应注重综合考虑质量、市场、价格、安全、美学、资源、环境等方面的影响。随着设计手段的计算机化和数字化,CAD 软件系统得到了广泛的使用,促进了机械产品的创新设计、快速设计、虚拟设计、绿色产品设计等现代设计理论和技术方法的不断发展。计算机辅助设计已经成为工科类学生和工程技术人员必须掌握的设计技术之一,本书也正是为适应这一需要而编写的。

本书的编者均是长期工作在教学一线的教学人员,深知软件类教学中教与学的特点。全书内容贯穿了相应的机械 CAD 原理内涵和理论知识,重点讲述了应用目前常用的三大软件 AutoCAD、Unigraphics NX (UG)、Pro/ENGINEER 进行实际机械产品设计和开发的过程,因此在本书的编排上力求做到如下几点。

(1) 侧重对工程技术应用方面的人才培养,适当淡化了纯理论分析,加强了学生创新能力的培养。

(2) 力求贯彻少而精、理论与实践相结合的原则,紧密结合机械设计过程,应用实例尽量与机械设计制造方面的知识相结合,具有较强的针对性和实用性。

(3) 对机械 CAD 基础课程内容进行整合、优化,把先修及后续课程有关的内容穿插到各章,知识的连贯性突出,每章后配有习题,方便学生自学。

本书由浙江农林大学徐云杰担任主编;浙江农林大学钱孟波、张雪芬,湖州师范学院杨俊凯担任副主编;参编人员有湖州师范学院郑慧萌、方明辉。具体写作分工如下:第 1 章、4.3 节、4.4 节、5.1 节、5.2 节和第 7 章由徐云杰编写,第 2 章由郑慧萌编写,第 3 章由张雪芬编写,4.1 节、4.2 节由钱孟波编写,5.3 节、5.4 节由杨俊凯编写,第 8 章由方明辉编写,浙江农林大学的宿晨骏、刘俊杰、陈涵三位同学参与了第 7 章的编写。

由于编者水平有限,本书在编写过程中难免存在疏漏和不妥之处,恳请广大读者批评指正,以便再版时修正,联系邮箱 xyj9000@163.com。

编 者

2011 年 9 月

目 录

第 1 章 绪论	1	3.3.5 图块的定义	63
1.1 机械 CAD 系统概述	2	3.4 零件图	67
1.2 机械 CAD 系统的硬件和软件组成	3	3.4.1 零件图的绘制过程	67
1.2.1 机械 CAD 系统的硬件	3	3.4.2 样板文件的创建与使用	69
1.2.2 机械 CAD 系统的软件	4	3.5 装配图	71
1.3 常用的二维和三维机械 CAD 系统简介	5	3.5.1 由零件图组合成装配图	71
1.4 机械 CAD 系统的作用	7	3.5.2 标注零件序号	72
1.5 机械 CAD 系统的发展趋势	7	本章小结	74
本章小结	9	习题	74
习题	9	第 4 章 Unigraphics NX 软件及其应用	79
第 2 章 机械 CAD 系统的基本原理	10	4.1 UG 设置及基本操作	80
2.1 坐标变换	11	4.1.1 常用功能模块	80
2.2 几何变换	13	4.1.2 操作环境	80
2.3 图形的开窗和裁剪	17	4.2 UG 零件实体建模	84
2.4 图形的消隐	20	4.2.1 实体建模综述	84
本章小结	22	4.2.2 创建草图	88
习题	22	4.2.3 扫描特征	96
第 3 章 AutoCAD 软件及其应用	23	4.2.4 成型特征	98
3.1 AutoCAD 设置及基本操作	24	4.2.5 特征操作	100
3.1.1 AutoCAD 界面简介	24	4.2.6 特征编辑	105
3.1.2 设置绘图环境	25	4.3 UG 装配	107
3.1.3 基本操作	26	4.3.1 装配综述	107
3.2 基本图形的绘制与编辑	31	4.3.2 装配导航器	108
3.2.1 基本图形的绘制	31	4.3.3 引用集	109
3.2.2 基本图形的编辑	39	4.3.4 自底向上装配	110
3.3 尺寸标注	45	4.3.5 自顶向下装配	111
3.3.1 文本输入	45	4.3.6 装配爆炸图	111
3.3.2 利用表格创建标题栏和明细表	50	4.3.7 装配实例	113
3.3.3 尺寸的标注	53	4.4 UG 工程图	117
3.3.4 图层的定义	62	4.4.1 工程图概述	117
		4.4.2 工程图参数	118
		4.4.3 工程图管理	119

4.4.4 图幅管理	121	习题	194
4.4.5 视图管理	122	第 7 章 综合工程案例	195
4.4.6 工程图标注和符号	127	7.1 齿轮泵	196
本章小结	131	7.1.1 齿轮泵的结构及工作原理	196
习题	131	7.1.2 案例分析	196
第 5 章 Pro/ENGINEER 软件及其应用	134	7.2 台虎钳	208
5.1 Pro/E 基本操作	135	7.2.1 台虎钳的结构和工作原理	208
5.2 Pro/E 零件实体建模	141	7.2.2 案例分析	209
5.2.1 草图绘制	141	7.3 一级减速器	220
5.2.2 实体建模	144	7.3.1 减速器的结构和工作原理	220
5.2.3 直接特征	149	7.3.2 案例分析	220
5.2.4 复制特征	152	本章小结	245
5.3 Pro/E 装配	154	习题	245
5.3.1 组件设计界面简介	155	第 8 章 机械 CAD 及其相关领域的发展	248
5.3.2 约束装配	155	8.1 CAD/CAM 数据交换的意义及发展	249
5.3.3 元件放置操控板	156	8.1.1 CAD/CAM 技术的基本概念	249
5.3.4 爆炸视图	167	8.1.2 我国 CAD/CAM 技术现状	250
5.4 Pro/ENGINEER 工程图	170	8.1.3 CAD/CAM 技术的发展趋势	251
5.4.1 工程图概述	170	8.2 现代数字化制造技术	253
5.4.2 工程图绘图环境设置	171	8.2.1 数字化制造技术概念	253
5.4.3 建立基本工程视图	172	8.2.2 数字化制造技术的起源与发展	253
5.4.4 对齐视图	179	8.2.3 数字化制造技术的主要内容	254
5.4.5 工程图标注和符号	179	8.2.4 数字化制造技术的未来发展方向	256
本章小结	181	参考文献	259
习题	181		
第 6 章 CAD 二次开发	184		
6.1 CAD 系统二次开发技术简介	184		
6.2 CAD 系统二次开发的途径	185		
6.3 CAD 系统二次开发的基本过程	186		
6.4 常见 CAD 软件二次开发举例	186		
本章小结	194		

第1章 绪 论



本章学习目标

通过本章的学习,了解机械 CAD 系统的基本概念,了解机械 CAD 系统的软硬件组成、作用及其发展趋势。



本章教学要求

能力目标	知识要点	权重	自测分数
了解机械 CAD 系统的概念	机械 CAD 系统的基本设计流程	15%	
了解机械 CAD 系统的硬件和软件组成	机械 CAD 系统硬件和软件包含的内容	15%	
了解常用的二维和三维机械 CAD 软件	常用软件各自的优势	40%	
了解机械 CAD 系统的作用	应用机械 CAD 系统设计的作用	15%	
了解机械 CAD 系统的发展趋势	机械 CAD 未来发展的主要方向	15%	



引例

图 1.1 所示的掘进机是煤炭科学研究院太原分院的主导产品。通常,由于掘进机机型庞大、结构复杂并且缺乏先进的设计手段,设计周期较长,一般为半年左右或更长的时间。EBJ-120TP 型掘进机是分院 2001 年开发设计的新产品,由于在设计中广泛采用了 CAD 技术,特别是首次应用了 CAXA 二维实体设计软件,因而有效地缩短了设计周期,从方案设计到交付生产图纸仅用了 3 个月的时间。机械 CAD 系统正是为了适应产品不断变化的需要而产生的。

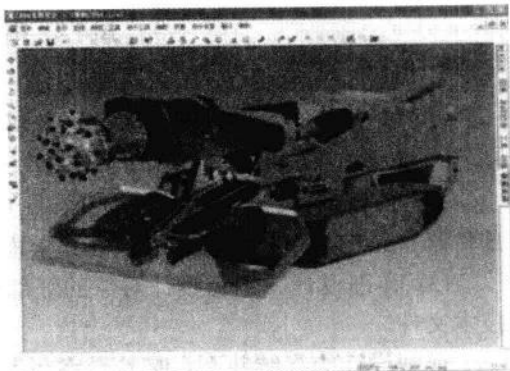


图 1.1 EBJ-120TP 型掘进机建模图

1.1 机械 CAD 系统概述

计算机辅助设计(Computer Aided Design, CAD)是用计算机系统协助产生、修改、分析和优化设计的技术。利用计算机强大的图形处理能力和数值计算能力,辅助工程技术人员完成工程或产品的设计和分析。自 1950 年诞生以来,CAD 已广泛应用于机械、电子、建筑、化工、航空航天以及能源交通等相关领域。随着产品设计效率的飞速提高,现已将计算机辅助制造技术(Computer Aided Manufacturing, CAM)和产品数据管理技术(Product Data Management, PDM)、计算机集成制造系统(Computer Integrated Manufacturing System, CIMS)及计算机辅助测试(Computer Aided Testing, CAT)融为一体。

传统机械设计和现代机械设计过程的区别如图 1.2 所示。

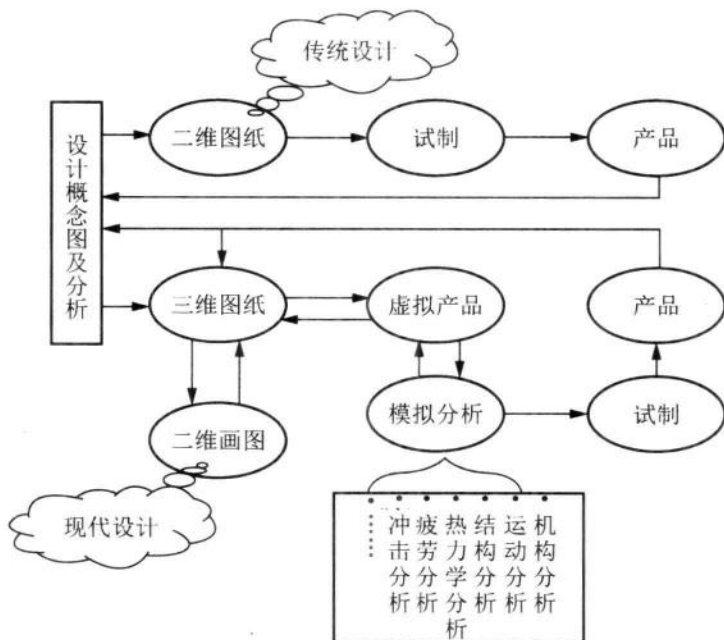


图 1.2 机械设计的过程的比较

机械设计一般由以下几个步骤组成。

(1) 概念设计。通过调查研究、资料收集,仔细分析用户需求,在此基础上确定产品功能,进而构思方案,进行分析与论证,最后获得一组可行的原理性方案。

(2) 初步设计。从一组可行的原理方案中选一个优化方案,绘制总布置草图,确定各部件基本结构和形状,建立相应的数学模型,进行主要设计参数的分析计算与优化。

(3) 详细设计。确定设计对象的细部结构,最终完成总布置图和零、部件图,并编写技术文件。

详细设计的终结并不意味着最终获得了一个好的设计。机械产品在经历了制造加工、样机测试、批量生产以及销售使用后,将返回大量信息,设计人员依据这些信息再对产品

进行不断修改。由此可见,机械设计是一个“设计—评价—再设计”的反复迭代、不断优化过程,在人工设计情况下,设计周期长。因此,实现某种程度的设计自动化,缩短设计周期、降低设计成本、提高设计质量,就成为机械设计发展的迫切要求,正是在这样的背景下产生了机械类计算机辅助设计系统(机械 CAD 系统)。

1.2 机械 CAD 系统的硬件和软件组成

机械 CAD 系统由计算机主机、外存储器、图形输入设备、图形输出设备和网络设备 5 个基本部分组成。外存储器可分为硬盘类、软盘类、光盘类和移动硬盘类;图形输入设备有键盘、鼠标、数字化仪、图形输入板、图形扫描仪等;图形输出设备有图形显示器、绘图仪和打印机等;网络设备包括网卡、传输介质、调制解调器等。图 1.3 为机械 CAD 系统的基本构成。

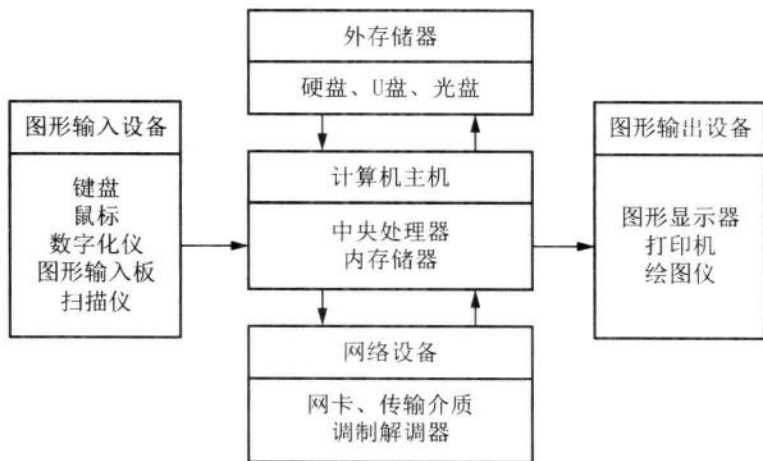


图 1.3 CAD 系统的基本构成

1.2.1 机械 CAD 系统的硬件

机械 CAD 系统的硬件组成包括以下内容:主机、外存储器、输入设备、输出设备及通信接口等。

1. 主机

机械 CAD 系统的硬件主机由中央处理器和内存存储器(又称内存)两部分组成,是计算机硬件的核心,用于指挥、控制整个计算机系统完成运算和分析工作。衡量主机的指标主要有 3 项,即运算速度、字长和内存容量。

2. 外存储器

内存直接与 CPU 相连,能够快速存取,但其价格较高。为了提高计算机的经济性,计算机不可能配置很大的内存,故计算机系统都配置了外存储器。外存储器用来存放暂时不用或等待调用的程序、数据等信息,常用的外存有 U 盘、光盘等。

3. 输入设备

输入设备将各种外部数据转换成计算机能识别的电子脉冲信号。对于交互式机械 CAD 系统来说,除需具备一般计算机系统的输入设备以外,还应能够提供以下功能:定位、笔画、输入数值、选择、拾取、输入字符串等。交互式输入设备主要有以下几种。

(1) 键盘。键盘属于输入设备,设有字符键、功能键及控制键等。字符键用来输入数据和程序。

(2) 鼠标。鼠标作为定位输入设备能十分方便地操纵图标菜单,加之其体积小、使用灵活、价格低廉,故鼠标的应用十分普遍。鼠标上有多个按键,可实现定位、选择等多种交互操作。鼠标按键可用程序定义,使它们在按下时实现不同的操作功能。

(3) 数字化仪。数字化仪也称为图形输入板。数字化仪由图形板和触笔(或游标)组成。当触笔在台面上接触或移动时,利用电磁感应原理,台面上相应的坐标(x, y)就被测到,并被计算机接受,映射显示屏幕上。游标在板上移动与屏幕上坐标的移动是一致的,当游标在图形输入板上连续移动时,屏幕上会出现相应的移动轨迹,这就为用户提供了随时可以观察的反馈信号,便于人机交互。因此,数字化仪可以用于画图,提高作图的速度和效率,但它只限于二维图形。对于三维设计,使用数字化仪是不合适的。

(4) 扫描仪。通过对将要输入的图样进行扫描,将扫描后得到的光栅图像进行去污处理及字符识别处理,再将点阵图像矢量化,这种矢量化的图形就可以进行编辑、修改成机械 CAD 系统所需的图形文件。这种输入方式对已有图样建图形库或在图像处理及识别等方面有重要意义。用扫描仪对数据进行输入具有速度快、成像准确、输入工作量小、存储数据量大等优点,因而对存储器容量要求高,且设备的成本也较高。

4. 输出设备

常用的输出设备有显示器、打印机、绘图仪等。

(1) 显示器。显示器是交互式系统主要的图形显示方式。显示器的主要性能包括显示图像的大小,常用的有 15、17、21(英寸)等;显示系统的空间分辨率,常用的分辨率有 800×600 像素、 1024×768 像素、 1024×1024 像素等,高的分辨率图形显示器可达 4096×4096 。

(2) 打印机。CAD 系统中设计的图形除了在显示器上显现以外,有时候还需要把图形显示在纸上,这就需要有打印机。打印机根据其工作方式可以分为:点阵式打印机、喷墨式打印机和激光打印机。打印机的分辨率可高达 1024dpi,甚至更高。

(3) 绘图仪。绘图仪主要用于大型图形绘制,有笔式、喷墨式、激光式等多种,其中笔式又可分为滚筒式和平板式。

1.2.2 机械 CAD 系统的软件

机械 CAD 系统的软件是指控制计算机运行,并使计算机发挥最大功效的各种程序、数据及相关的图形文件。软件着重研究如何有效地管理和使用硬件。当硬件配置完成后,软件配置水平的高低直接影响系统的功能、工作效率及使用的方便程度,软件包含了管理和应用计算机的全部技术。因此,在机械 CAD 系统中,硬件是物质基础,软件是核心。软件的成本已超过硬件,并且软件占据着越来越重要的地位。根据在系统中执行的任务及服务

对象的不同, 软件系统分为3个层次: 系统软件、支撑软件和应用软件。

1. 系统软件

系统软件是使用、管理、控制计算机运行的程序的集合, 是用户与计算机硬件的纽带, 一般由软件专业人员研制。系统软件首先为用户使用计算机提供一个清晰、简洁、易于使用的友好界面; 其次, 系统软件尽可能使计算机系统中的各种资源得到充分而合理的应用。系统软件具有两个特点: 一是公用性, 不同领域的用户都可以使用它, 即多机公用和多用户公用; 另一个是基础性, 即系统软件是支撑软件和应用软件的基础, 系统中软件的层次性要借助于系统软件的编制来实现。

(1) 操作系统。PC上常用的操作系统有DOS、Windows、UNIX等, 其主要功能是内存分配管理、文件管理、中断管理、外部设备管理和作业管理。操作系统密切依赖计算机系统的硬件, 用户通过操作系统使用计算机, 任何程序需经操作系统分配必要的资源后才能执行。

(2) 计算机语言。计算机语言分为低级语言和高级语言。如汇编语言属于低级语言, 是面向计算机的, 该语言执行速度快, 能充分发挥硬件功能, 常用于编制最低层的绘图功能; 高级语言与自然语言比较接近, 所编写的程序与具体的计算机无关, 经编译和链接后方可执行。应用比较广泛的高级语言有BASIC、C、C++等; 在人工智能方面用得较多的语言有LISP、Prolog等。

2. 支撑软件

支撑软件是机械CAD系统的核心, 它不针对具体的设计对象, 而是为用户提供工具或开发环境。不同的支撑软件依赖一定的操作系统, 又是各类应用软件的基础。通常, 支撑软件可以从软件市场上购买, 用户也可以自行开发。支撑软件从功能上划分, 一般可分成3种类型: 第一类解决几何图形设计问题, 如二、三维绘图软件, 解决零、部件图的详细设计问题, 输出符合工程要求的零件图或装配图; 第二类解决工程分析与计算问题, 如有限元分析、机构动态分析、注塑模分析等, 可进行工程分析和数学计算; 第三类解决文档写作与生成问题, 如Word、Excel等, 可编辑各种设计结果报告、表格、文件等。

3. 应用软件

应用软件是用户为解决实际问题而自行开发或委托开发的程序系统。它在系统软件的基础上, 用高级语言编程, 或在某种支撑软件基础上, 针对待定的问题设计研制。此项工作又称为二次开发, 如模具设计软件、机械零件设计软件、机床设计软件等, 是既可为一个用户使用, 也可为多个用户使用的一类软件。

1.3 常用的二维和三维机械CAD系统简介

1. AutoCAD及MDT AutoCAD系统

AutoCAD及MDT AutoCAD系统是美国Autodesk公司为微机开发的一个交互式绘图软件, 它基本上是一个二维工程绘图软件, 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。它是目前世界

上应用最广的 CAD 软件, 占整个世界个人微机 CAD/CAE/CAM 软件市场的 37%左右。

AutoCAD 提供 AutoLISP、ADS、ARX 作为二次开发的工具。在许多实际应用领域(如机械、建筑、电子)中, 一些软件开发商在 AutoCAD 的基础上已开发出许多符合实际应用的软件。据称目前已经装机两万余套, MDT 的用户主要有中国一汽集团、荷兰飞利浦公司、德国西门子公司、日本东芝公司、美国休斯公司等。

2. Pro/ENGINEER

Pro/ENGINEER 系统是美国参数技术公司 PTC 的产品, 它刚一面世(1988 年), 就以其先进的参数化设计、基于特征设计的实体造型而深受用户的欢迎, 随后各大 CAD/CAM 公司也纷纷推出了基于约束的参数化造型模块。完整而统一的模型能将整个设计至生产过程集成在一起, 它一共有 20 多个模块供用户选择。基于以上原因, Pro/ENGINEER 在最近几年已成为三维机械设计领域里最富有魅力的系统。

Pro/ENGINEER 系统主要功能如下。

- (1) 真正的全相关性, 任何地方的修改都会自动反映所有相关的地方。
- (2) 具有真正管理并发进程、实现并行工程的能力。
- (3) 具有强大的装配功能, 能够始终保持设计者的设计意图。
- (4) 容易使用, 可以极大地提高设计效率。

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 建立在工作站上, 系统独立于硬件, 便于移植。

3. Unigraphics(UG)

UG 是起源于美国麦道(MD)公司的产品, 1991 年 11 月并入美国通用汽车公司 EDS 分部。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。

1997 年 10 月, Unigraphics Solutions 公司与 Intergraph 公司签约, 合并了后者的 CAD 产品, 将微机版的 Solidege 软件统一到 Parasolid 平面上, 由此形成一个从低端到高端, 兼有 UNIX 工作站版和 Windows NT 微机版的较完善的企业级 CAD/CAE/CAM/PDM 集成系统。UG 自 20 世纪 90 年初进入中国市场。

4. CATIA

CATIA 系统是法国达索飞机公司工程部开发的产品。该系统是在 CADAM 系统(原由美国洛克希德公司开发, 后并入美国 IBM 公司)基础上扩充开发的, 它在 CAD 方面购买原 CADAM 系统的源程序, 在加工方面则购买了有名的 APT 系统的源程序, 并经过几年的努力, 形成了商品化的系统。CATIA 系统如今已经发展为集成化的 CAD/CAE/CAM 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。

CATIA 系统在全世界 30 多个国家拥有近 2000 家用户, 包括波音、克莱斯勒、宝马、奔驰、米其林轮胎、伊莱克斯电冰箱和洗衣机、法国的幻影 2000 系列战斗机等知名企业。

5. SolidWorks

SolidWorks 是一套基于 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 系统的四分之一。该软件采用自顶向下的设计方法,可动态模拟装配过程,它采用基于特征的实体建模,自称 100%的参数化设计和 100%的可修改性,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。

该软件于 1996 年 8 月由生信国际有限公司正式引入中国,由于其基于 Windows 平台,而且价格合理,在我国具有广阔的市场前景。

1.4 机械 CAD 系统的作用

由于机械制造业产品结构复杂、工艺复杂,因此工程设计任务很重,不仅新产品开发要重新设计,而且生产过程中也有大量的变型设计和工艺设计任务,设计版本也在不断更改。为了不断推出知识含量高且价格能被用户接受的新产品,机械制造企业必须具备强有力的新产品开发能力。因而,计算机辅助设计或工艺在机械制造业中越来越普遍地被使用,计算机辅助设计或工艺覆盖产品结构设计、工程分析、工程绘图、工艺设计、数控编程和仿真,其技术包括二维、三维绘图及装配检查 CAD、模拟整机性能的 CAE、工艺设计 CAPP、数控加工编程为主的 CAM。

据统计,到 20 世纪 90 年代初,CAD 技术的应用已进入近百个工业领域。公认应用比较成熟的是机械、电子、建筑等领域。CAD 软件销售额逐年增长,社会需求量越来越大,应用前景十分广阔。航空航天、造船、机床制造都是国内外应用 CAD 技术较早的工业部门,CAD 技术主要用于飞机、船体、机床零部件的外形设计与分析计算等。机床行业应用 CAD 系统进行模块化设计,缩短了设计制造周期,提高了整机质量。CAD 技术之所以得到如此迅速的发展和应用,是因为它能够带来显著的经济效益。例如,沈阳鼓风机厂将 CAD 技术用于透平压缩机生产,报价周期从原来的 6 周缩短到 2 周,技术准备周期从原来的 12 个月缩短到 6 个月,设计周期从原来的 6 个月缩短到 3 个月,整机运行效率提高了 3%~5%。

综上所述,将 CAD 技术应用于机械制造领域大大提高了新产品的开发能力,具有明显的优越性。其主要体现在如下方面。

- (1) 减少了手工计算、制图、制表所需的时间,提高了计算速度,解决了复杂的计算问题,缩短了设计周期。
- (2) 把设计人员从大量烦琐的重复劳动中解放出来,充分发挥了他们的创造性。
- (3) 便于修改设计。
- (4) 有利于实现产品的标准化、规格化和系列化。
- (5) 提高了产品的质量和生产效率,给企业带来了综合效益。

1.5 机械 CAD 系统的发展趋势

机械 CAD 系统软件的发展阶段大致可划分如下。

- (1) 二维交互式绘图系统。技术已经成熟,已被广泛使用。

(2) 以实体模型为基础的 CAD/CAM 集成系统。在这种系统中,一般将三维线框造型、曲面造型、实体造型、三维装配、二维绘图、工程分析、机构分析、数控编程等模块集成在一起,提供功能强大的设计、分析能力。该技术已经成熟,商品化软件市场发育良好,并成为当前 CAD 支撑软件的主流。

(3) 以特征建模、参数化、变量化设计为特点,能支持自顶向下设计,具有内部统一数据模型的 CAD/CAM 集成系统。这种系统正在发展,像特征建模、参数化、变量化设计等技术已能实现,但作为功能完善的商品化系统尚待时日。

(4) 遵照 STEP 标准,以统一产品数据模型为核心,以产品数据管理为平台,以互联网和 Web 技术为集成环境的高级 CAD/CAM 集成系统。此类系统已成为当前研究的热点,但许多技术尚待解决,系统尚不成熟,是未来追求的目标。

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、网络化、智能化和标准化。

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 CAD/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。

2. 网络化

互联网及 Web 技术的发展迅速将设计工作推向网络协同的模式,因此, CAD 技术必须在以下几个方面提高水平:①能够提供基于互联网的完善的协同设计环境,该环境具有电子会议、协同编辑、共享电子白板、图形和文字的浏览与批注、异构 CAD 和 PDM 软件的数据集成等功能,使用户能够进行协同设计;②提供多种网上 CAD 应用服务,例如,设计任务规划、设计冲突检测与消解、网上虚拟装配等工具。

3. 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 Pro/ENGINEER、UG-II、CATIA、SolidWorks、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的支持下能对设计对象进行交互式设计,但这样的 CAD 系统也存在着明显的不足。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。

4. 标准化

随着 CAD 技术的发展,工业标准化问题越来越显出它的重要性。迄今已制定了不少标准,例如,面向图形设备的标准 CGI、面向用户的图形标准 CKS 和 PHIGS、面向不同 CAD 系统的数据交换标准 IGES 和 STEP,此外还有窗口标准,最新颁发了《CAD 文件管理》、《CAD 电子文件应用光盘存储归档与档案管理要求》等标准。随着技术的进步,新标准还会出现,基于这些标准推出的有关软件是一批宝贵的资源,用户的应用开发常常离不开它们。更为重要的是有些标准还指明了 CAD 技术进一步发展的道路,例如 STEP 既是标准,又是方法学,由此构成了 STEP 技术,它深刻地影响着产品建模、数据管理及接口技术等。

本章小结

本章首先介绍了机械 CAD 系统的基本概念,从机械制图的角度描述了机械 CAD 系统的软硬件组成。之后对各类常用的二维、三维机械 CAD 软件进行了介绍,其中,重点介绍了各软件适用范围。最后,在以上内容的基础上讨论了机械 CAD 系统的作用及其发展趋势。

习 题

- 1.1 新产品开发过程中为什么要选用 CAD 软件辅助开发?
- 1.2 一般的机械 CAD 对硬件和软件有什么要求?
- 1.3 AutoCAD、UG、Pro/ENGINEER 分别具有什么优势?

第2章 机械 CAD 系统的基本原理



本章学习目标

通过本章的学习,了解计算机图形处理的基本方法,熟悉基本的计算机图形变换的技术和概念。



本章教学要求

能力目标	知识要点	权重	自测分数
了解坐标变换的概念	坐标系的定义及窗口与视区变换	10%	
了解几何变换的概念	二维和三维基本几何变换	15%	
了解图形的开窗和裁剪技术	二维和三维图形的裁剪	40%	
掌握图形消隐的基本方法	图形消隐的基本方法	35%	



引例

机械行业中不可避免地要产生和复制各种类型的图形,如二维的平面图、三维的线框图和立体图(图 2.1)以及机械的零件图(图 2.2)、部件图、装配图等。计算机图形处理的任务就是利用计算机存储、生成、显示、输出、变换图形以及图形的组合、分解和运算,并在计算机的控制下把过去由人工一笔一划完成的绘图工作由自动绘图输出设备来完成。机械 CAD 系统正提供了这种高效的工具。

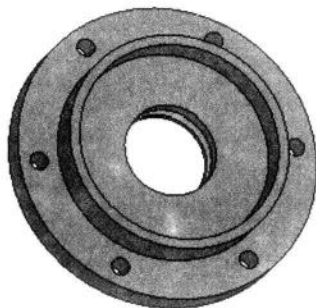


图 2.1 轴承端盖立体图

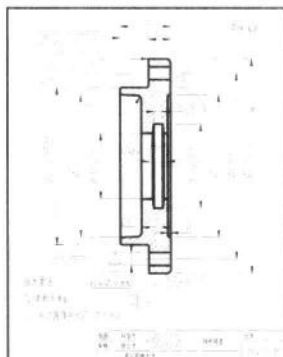


图 2.2 轴承端盖零件图

2.1 坐标变换

从定义零件的几何形状到图形的输入以及图形设备生成和显示相应的图形,一般都需要建立相应的坐标系来描述图形,并通过坐标变换来实现图形的表达。二维机械CAD系统常用的是笛卡儿坐标系,某些特殊情况也采用极坐标系。

1. 世界坐标系

按照形体结构特点由设计者(用户)建立的坐标系称为用户坐标系,也称世界坐标系。如图2.3所示,该世界坐标系使用的是笛卡儿坐标系,通常取向右为 X 轴正向,向上为 Y 轴正向,坐标为实数,范围从负无穷到正无穷。图中坐标轴的单位是米、厘米或英寸、英尺。

2. 设备坐标系

图形设备像绘图机、显示器等用来绘制或显示图形建立的相对独立的坐标系称为设备坐标系或物理坐标系。

图2.4为某显示器的坐标系。它的原点设置在屏幕左下角,横向为 X 坐标轴,向右为正增量,竖向为 Y 坐标轴,向上为正增量。

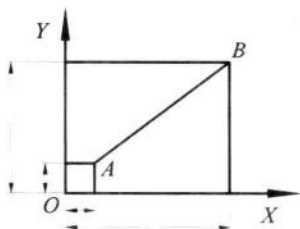


图 2.3 世界坐标系

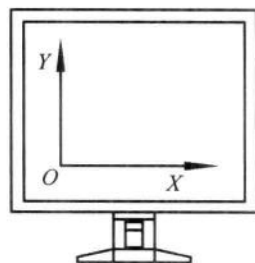


图 2.4 设备坐标系

设备坐标系上的一个点一般对应图形设备上的一个像素。设备坐标系一般采用整数坐标,其坐标范围由具体设备的分辨率决定。对于分辨率达 1024×768 像素的显示器来说,屏幕上坐标值最大的一点就在屏幕右上角,其坐标值为(1023, 767)。由于具体设备的限制,设备坐标系的坐标范围一般是有限的。

3. 窗口与“窗口”技术

在处理图形时,为了将指定的局部图形从整个复杂图形中正确分离出来,通常需要定义一个观察框,对该观察框内的图形进行裁剪和处理,使观察框内的图形显示出来,而框外的图形不可见,这种技术称为“窗口”技术,该观察框即为窗口。为了便于处理图形,窗口形状通常为矩形方框,有时根据实际需要,也可以是圆形窗口或者多边形等异型窗口。如图2.5所示的矩形窗口,它的位置和大小在用户坐标系中一般用矩形左下角点的坐标(X_{l1} , Y_{l1})和右上角点的坐标(X_{l2} , Y_{l2})表示,也可以给定左下角点的坐标和矩形。基于“窗口”技术,系统认为矩形方框内的图形是可见的,而方框外的图形是不可见的,所以用户