

137

7B237-43
S88

面向 21 世纪高职高专规划教材

计算机辅助工程绘图

主 编 宋宪一
副主编 杨 嫄
参 编 傅雅宁 邹维刚 赵清
杨永明 高秀芬 吕丽
主 审 李世杰



A0999416



机械工业出版社

本书紧密结合我国目前高职教育现状、课程设置和教材内容的实际情况,通过大量的典型实例,介绍有关 AutoCAD 2000 的使用和开发,及其最新特性和功能。

本书强调理论与实践相结合,在内容上主要涉及到国内、外 CAD 系统的发展过程,AutoCAD 2000 的二维绘图功能、三维绘图功能、编辑功能、打印功能以及 Visual LISP 的二次开发。本书从组织上,每一章都是从概念入手,接下来通过实例介绍各个功能命令的操作步骤,并在每章的后面都附以练习题,以巩固学生的学习。

本书可作为高等职业技术学院计算机辅助设计专业、机械与自动化专业、数控技术应用专业和机电一体化专业的教材,也可供有关教师、工程技术人员和相关专业的研究人员参考。

本书是面向 21 世纪高职高专“计算机辅助设计”专业规划教材之一,其他书籍请参见本书封底及书末的简介。

图书在版编目(CIP)数据

计算机辅助工程绘图/宋宪一主编. —北京:机械工业出版社,
2002.9

面向 21 世纪高职高专规划教材

ISBN 7-111-09862-5

I. 计… II. 宋… III. 自动绘图—应用软件, AutoCAD 2000—高等学校:技术学校—教材 IV. TP391.72

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 005819 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

责任编辑:邓海平 冯春生 版式设计:冉晓华 责任校对:韩 晶

封面设计:鞠 杨

责任印制:路 琳

中国建筑工业出版社密云印刷厂印刷·新华书店北京发行所发行

2002 年 3 月第 1 版·第 1 次印刷

1000mm×1400mm B5·9.875 印张·381 千字

0 001—5000 册

定价:24.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换
本社购书热线电话 (010) 68993821、68326677—2527

前 言

随着科学技术的不断发展,特别是计算机技术的日新月异,CAD技术越来越引起人们的重视。广大工程技术人员迫切希望能够采用一种方法和工具来有效的取代传统的设计及手工绘图方式,从而把他们从沉闷、重复的工作中解脱出来,以便有更多的时间来进行更有效的创造性劳动。为此,人们对采用计算机进行辅助设计这一新技术领域有着很高的兴趣与迫切需求。计算机辅助设计(CAD)作为电子信息技术的-一个重要组成部分,是涉及各行各业技术的关键和共性技术,亦是提高企业技术创新、市场竞争能力和管理水平的重要手段。计算机辅助设计技术广泛应用于工程中的各个领域。

计算机辅助设计技术在我国出现于20世纪70年代,现已在机械、航空、电子、造船、汽车、石油、建筑、地质、测绘及轻工等各个部门得到应用。由于这项技术在我国应用较晚,所以普及和国产化程度较低。目前,我国一些科研机构、高等院校正继续加紧研究开发适合我国国情和符合民族工业发展并能与国际同类技术接轨的CAD系统技术。国内的一些理工科院校也正在逐步的开设有关课程。所以说,普及和推广应用这一新兴学科,促进我国科学技术的迅速发展,提高产品设计水平,已势在必行。

该项技术是技术人员必备的技能之一。目前在各高等职业教育和中等职业教育院校普遍开设这门课程。在众多的计算机辅助绘图与设计应用软件中,以美国Autodesk公司研制的AutoCAD软件应用最为广泛,它是一种开放型人机对话——交互式软件包。

为此,我们根据高职高专教材的要求和不同层次读者的实际情况,组织编写了这本计算机辅助工程绘图培训教材。在编写过程中,本着由浅入深、循序渐进及通俗易懂的指导思想与原则,以突出机械工程绘图为主入手,内容丰富,叙述深入浅出,并配有丰富的综合应用实例,同时为了便于广大读者自学,在每章末都编写了一定数量的习题。

本书由机械工业出版社组织编写,借本书出版发行之机,对在编

写过程中给予支持和帮助的各级领导及原机械部第五设计院胡仁隆、天津市交通建筑设计院赵洪启、天津市兴企公司韩洪猷、天津职业大学袁文革等同志表示真诚感谢！

由于时间仓促，作者水平有限，经验不足，书中错误遗漏的地方请广大读者批评指正，以便再版时修改和补充。

本书可作为高等职业技术学院计算机辅助设计专业、机械与自动化专业、数控技术应用专业和机电一体化专业的教材，也可供有关教师、工程技术人员和相关专业的人员参考。

本书是面向 21 世纪高职高专“计算机辅助设计”专业规划教材之一，其他书籍请参见本书封底及书末的内容简介。

编 者
于天津

目 录

前言

第一章 计算机辅助设计

系统概述 1

第一节 系统的作用 1

第二节 CAD 系统运行 要求的软、硬件 环境 4

第三节 系统工作 流程 7

第四节 CAD 系统的现状 与发展趋势 8

习题 12

第二章 CAD 的应用 13

第一节 AutoCAD 的发 展史 13

第二节 AutoCAD 2000 的 安装与启动 ... 13

第三节 开始使用 Auto CAD 2000 24

第四节 AutoCAD 2000 的 用户界面 36

第五节 AutoCAD 2000 的 坐标系统 42

第六节 CAD 系统的 使用命令 45

习题 47

第三章 系统的操作

命令 48

第一节 辅助绘图 工具 48

第二节 图形的显 示控制 71

第三节 图形信息 查询 81

习题 89

第四章 二维几何图形元素

生成与编辑 91

第一节 二维绘图 命令 91

第二节 二维图形几何 编辑命令 ... 114

第三节 块及属性 ... 136

习题 149

第五章 二维几何图形生成

的辅助功能 ... 153

第一节 层的基本 概念 153

第二节 层的设置与 操作 154

第三节 对象特性 ... 160

第四节 特性修改 ... 166

习题 170

第六章 机械工程尺寸标注及编辑 171

- 第一节 尺寸要素及尺寸类型 ... 171
- 第二节 设置尺寸标注样式 174
- 第三节 尺寸标注 ... 187
- 习题 198

第七章 三维几何图形的生成与编辑 199

- 第一节 用户坐标系 UCS 199
- 第二节 三维实体造型 207
- 第三节 三维曲面造型 221
- 第四节 三维操作 ... 229
- 第五节 三维图形显示 233
- 习题 243

第八章 机械工程图的输出 246

- 第一节 配置打印机或绘图仪 246
- 第二节 图形输出设置 249
- 第三节 数据的转换和文件格式的转换 264
- 习题 267

第九章 系统的二次开发简介 268

- 第一节 用户菜单及工具条设计 268
- 第二节 Visual LISP简介 283
- 第三节 程序参数文件 297
- 习题 301

参考文献 302

第一章 计算机辅助设计系统概述

随着电子信息技术的不断发展,计算机辅助设计系统在工程设计、产品制造与技术文件信息化管理等方面的应用也正在不断完善与发展。用户利用交互式图形技术设计机械、电子设备以及工程建筑等。随着图形技术的发展,计算机辅助设计已被广泛应用于飞机、轮船和汽车的外形设计、大规模集成电路设计以及建筑、服装、印染、玩具设计等领域。应用 CAD 系统进行设计,不仅可以获得对象的精确表示和显示结果,还可以在计算机中建立对象的数据模型,对它进行各种性能分析计算,设计人员根据计算结果修改设计,直到结果满意为止。这样就大大缩短了设计周期,降低了设计成本。本章将对计算机辅助设计系统的基本构成作简要介绍。

第一节 系统的作用

最早 CAD 的含义是计算机辅助绘图 (Computer Aided Drawing),随着计算机技术的不断发展,当今的 CAD 含义已变为计算机辅助设计 (Computer Aided Design)。由计算机以及其他外设组成,并通过系统软件和应用软件体现操作功能的集合系统称为计算机辅助设计系统。

CAD 技术是一门使用计算机来辅助工程师完成产品设计的软件技术。据有关资料分析,产品的成本有 80% 取决于设计过程。因此, CAD 技术的应用,对于企业提高效率、降低成本是至关重要的。经过多年的推广普及,我国制造业在 CAD 技术的应用方面取得了很大的成绩,许多企业甩掉了图板,大大提高了设计效率。

计算机辅助设计是以计算机为核心协助完成各种设计任务,并为产品以后加工、技术文件管理提供必不可少的图形与其它相关信息的一项专门技术。利用它可以在产品设计过程中对所设计产品的有关数据资源进行检索,对有关数据和公式进行高速计算,并利用输入设备以及人机交互方式结合设计人员本身的设计经验,使所设计产品生成各工作阶段的图形效果文件。也就是说,利用 CAD 系统不仅可以在设计工作中对产品的内部结构进行图形设计,而且也可以完成外形的美工设计。设计人员随时在计算机屏幕上对设计方案进行“实时修改、综合分析、审定和评价”,最后通过输出设备输出设计图形和设计信息资料。由于设计过程中所使用的的数据资料、公式图表以及图形文件等都存储在系统的数据库中,

所以完成设计以后,设计者可以根据生产实际需要,随时调用它们,然后利用交互装置对所显示的图形文件不断进行人工修改,直到获得满意结果为止。另外,通过系统之间的数据网络,还可以使某一处的数据资源实现多处共享。

总之,利用计算机辅助设计系统不仅可以极大地减轻设计人员重复、繁琐的工作,缩短新产品的设计周期,最重要的是可以提高设计质量,满足日益激烈的市场竞争需要,并且便于技术资源的管理与充分利用。

计算机辅助设计系统与传统的手工设计相比有投资大、工作环境要求高、人员知识水平要求较高等不足。

要使系统完成上述各项工作,系统的合理组合是十分必要的。计算机辅助设计系统由硬件和软件两部分组成(图 1-1)。该系统功能的强弱不仅直接影响整个系统是否能正常工作,而且在很大程度上会限制 CAD 技术的充分发挥和灵活运用。

在考虑 CAD 系统的合理构成时,既要注意能利用系统出色的完成当前的工作任务,又要顾及便于今后系统的更新及功能扩展。投入资金时既要考虑系统功能是否能充分发挥作用,又要考虑不能造成资金积压,所以,“物尽其用”是合理配置 CAD 系统的一个重要标准。

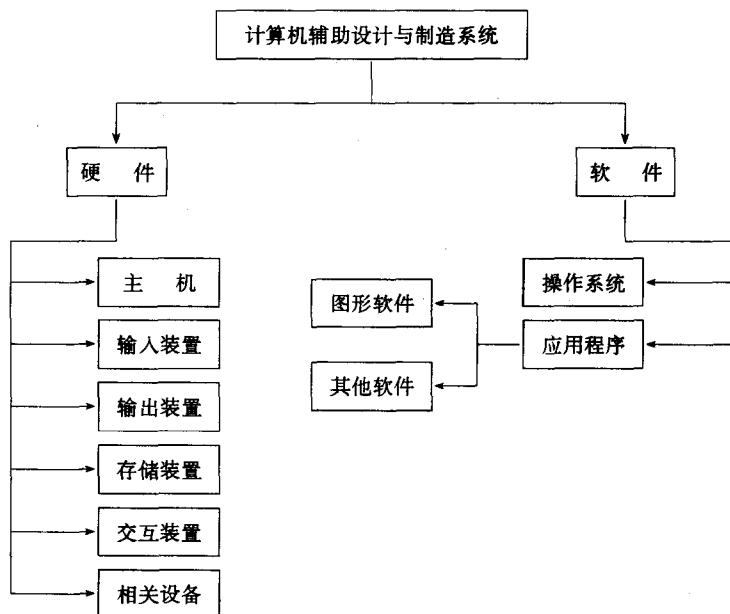


图 1-1 计算机辅助设计系统构成

微机 CAD 系统除处理完成各种图形、图表的绘制外,还可以完成一些常见的、较简单的工程计算。为了利用 CAD 系统完成整个工程设计,包括较复杂的

计算与各种性能模拟分析,乃至加工数据程序编制与加工设备的控制等工作,还需要在 CAD 系统的基础上加一些专用的程序模块,使之形成一个集设计、计算模拟分析与加工控制三位为一体的、功能更加强大的系统。

“广义 CAD/CAM 系统”由多个程序模块组成,常见的有 CAD 模块、CAM (计算机辅助制造)模块、CAE (计算机辅助工程)模块、CAPP (计算机辅助工艺设计)模块、CAQ (计算机辅助质量)模块等。这些模块又包括若干个子模块。这里需要说明,目前的 CAD 系统正朝着智能化、特征化、变量化、参数化、低运行条件化和低成本的方向发展。所以,应该广义的去理解 CAD 系统,而不能把它仅看作是一个计算机辅助绘图系统。当然,对初学者来说,能较熟练的使用 CAD 系统完成各种图形的绘制,特别是二维图形的绘制,是充分使用 CAD 系统的基础。

CAD 系统特点如下:

(1) 缩短设计周期 由于计算机本身在整个设计过程中,能高速准确地进行数据和设计资料的检索,也能对设计模型和方案进行分析比较,并通过对外设的控制将结果进行打印或绘图输出,存储必要的设计结果以备调用,所以,使用 CAD 系统能够大大缩短设计周期、提高工作效率。CAD 系统的“实时修改”能力也是传统的手工设计方法所不能相比的。

(2) 提高设计质量 在进行传统的手工设计时,通常采用经验类比和估算的方法。这种方法不仅效率低,而且设计质量的可靠性较差。使用计算机则可以对大量复杂的数学模型和计算公式进行精确处理,可以采用优化设计的方法得到最佳的设计结果,使得产品的废品率下降,最终使产品整体成本减少。

(3) 降低劳动强度 利用 CAD 系统进行设计,可减少设计人员的重复性劳动,以便集中精力进行有创造性的技术工作,同时还可使人力资源需求下降。

(4) 实现文档管理数字信息化 利用 CAD 系统完成设计工作以后,其结果(如工程图文档、分析与计算过程、产品设计变更情况等)都可以转化为数字信息。这些数字信息可以通过 CAD 系统中的图文管理系统自动管理。在使用这些信息资源时,可根据实际管理模式授权使用,也可以按设计流程进行阶段管理,同时还可以满足技术文档的各级保密要求。可见工程文档的数字信息化是这些功能的实现基础。

从当今我国发展状况来看,CAD 系统与传统的手工设计方法相比还存在着一次性资金投入较大、技术人员知识结构要求较高等问题。另外,由于整个工作是在计算机屏幕上完成的,所以图形文件整体可视区域小、设计结果输出成本较高也是需要解决的问题。系统图形库的标准化、工作平台的国际通用化、中文字库字体的多样化等都是国产自主版权 CAD 系统软件有待改进的地方。

第二节 CAD 系统运行要求的软、硬件环境

一、CAD 系统硬件环境

CAD 系统的硬件环境对整个系统综合性能的发挥起着十分重要的作用。它不仅为 CAD 系统提供了必不可少的基本运行条件,而且对最大限度的提高工作效率和技术文档的可靠检索与管理,以及系统功能的进一步开发都起着不可忽视的作用。所以,在考虑配置 CAD 系统硬件时,要尽可能的做到配置科学合理,功能先进,主机与外设之间能正确协调的工作,易于操作与维护。一味追求高档次,而系统功能又得不到充分利用,则会导致投资效益低下,造成较大浪费。总之,在配置系统硬件时,要根据自己工作情况,参考事先已选定软件的运行条件,在资金许可的情况下,使所配置的硬件环境具有一定的超前功能。

下面以常见的人机交互型 CAD 系统为例,介绍系统硬件环境中各部分的情况。

系统硬件环境主要由主机、输入装置、输出装置、外部存储装置和人机交互装置组成(见图 1-2)。

1. 主机

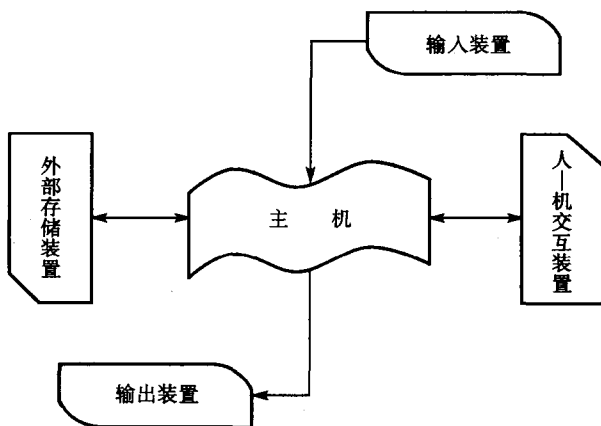


图 1-2 CAD 系统硬件环境构成

主机是系统的核心,用来控制和指挥整个系统,并进行数学运算和逻辑分析。它可以是大、中、小型计算机、工作站和卫星计算机。由于计算机类型不同,它们的运算速度、图形显示效果、信息存储量等技术参数和性能也不尽相同。采用哪种类型的计算机作为主机要视需要而定。选择时不仅要考虑满足当前的需要,还应考虑今后发展的需要。特别是在产品不断更新换代的市场经济情况

下,更应该使所选设备在性能上留有一定余地。另外,还应注意所选计算机型号要能满足软件运行的需要。计算的通用性和内部部件的可更换性也是不容忽视的问题。通常,大、中型计算机用来作为 CAD 网络系统中的主服务器,小型机和工作站用来运行较大且较复杂的 CAD 系统软件,微型计算机则用来运行相对小一些的系统软件。值得注意的是,由于微型机的价格比较便宜,发展速度较快,所以,微型机与其它类型计算机特别是工作站之间的某些功能差别在不断的缩小。

2. 输入装置

输入装置是向计算机送入数据和各种字符信息及程序的设备,即用它们输入用户对 CAD 系统进行作业的操作指令。输入装置是人与 CAD 系统进行信息交互的主要工具。

常见的输入装置有:键盘、鼠标、光笔、轨迹球和操作杆、图形输入板、数字化仪、工程扫描仪、光电式纸带输入机、卡片式输入机、信号采集设备、声音信息输入设备等。

3. 输出装置

CAD 系统中用来输出设计结果的设备称为输出装置。按照它们的工作成本和输出效果的不同又分为:中间结果输出设备和最终结果输出设备。常见的输出设备有:打印机、绘图仪、纸带穿孔输出机、信息卡片输出机等。

4. 外部存储装置

外部存储装置是用来辅助 CAD 系统完成存储信息任务的。当 CAD 系统工作时,会有许多计算程序或数据以及图形文件由计算机的控制部分进行经常的调用与存储,而计算机内部的存储空间可能不够用。外部存储装置如:磁盘机、磁带机、软盘驱动器、硬盘驱动器等就是用来对它们进行存放的。

5. 人机交互装置

常用的人机交互装置可以是控制式打印机和 CRT 图形显示器。它们既可作为输入装置又可作为输出装置,是在人机交互型 CAD 系统中进行实时观察和实时修改时不可缺少的工具。显示屏幕在 CAD 系统中用来显示输出图形和文字。在 CAD 系统中图形数据是指:线、圆或圆弧、阴影线(剖面线)、样条、曲线等,或由它们所组成的各种几何图形以及文字。

随着科学技术的不断发展,CAD 系统的硬件运行条件也将不断完善和发展。在配置硬件时,既要考虑各部分间能正确协调地工作,又要综合考虑价格、潜在能力、可靠性、先进性和售后服务等。在进行 CAD 系统配置时,应根据选定的软件和实际生产及设计任务需要配置硬件,不可一味追求设备的高档次。

总之,当能满足工作任务时,应力求将系统的硬件环境配置得实用、科学、先进合理和价格低廉。

二、CAD 系统软件环境

对于一个完整的 CAD 系统来说,只有硬件是不能进行工作的,还必须配置好软件。这就好比有了录像机还要放入录像带一样。通常把操作系统(系统管理软件)和应用程序都称为软件。无论是哪种软件,它们都是由若干个子模块组成,每个“子模块”又由许多子程序组成,而每个子程序则是由若干条命令语句组成的。

1. 系统管理软件

系统管理软件(操作系统)是整个 CAD 系统运行的指挥与管理的核心,是应用程序的运行环境。

常见的操作系统管理软件有:MS-DOS(PC-DOS)、UNIX、Windows 等。运行一个功能强大的 CAD 系统,往往需要一个良好的操作系统支持。过去一些功能强大的 CAD 系统都是在 UNIX 操作系统下运行的,这是因为以前 UNIX 是唯一的 32 位操作系统,而 DOS 和 Windows 早期的版本不是 32 位的。另外,许多功能较强的 CAD 系统都是在工作站以上档次的主机上运行,而大多数工作站采用的是 UNIX 操作系统。随着微型计算机技术的不断发展,DOS 和 Windows 本身也不断更新与完善,功能越来越强大,例如 Windows 95/98/2000/NT 也提供了真 32 位操作环境。为此,许多 CAD 软件开发商不得不重视对要求在 DOS 和 Windows 运行平台上的 CAD 软件加快开发速度。这使得在 Windows 环境下运行的 CAD 系统软件占有了较大的市场份额。

2. 应用程序

应用程序是 CAD 系统的核心,代表系统功能的强弱,是整个工作任务能否完成的基础。所以,正确选用 CAD 系统的应用软件就显得十分重要。

根据 CAD 系统应用软件分类方法的不同,可分为:

1) 按照应用软件对系统运行环境要求的不同,CAD 系统的应用软件可分为:①微型机版应用软件;②工作站版应用软件;③小型机及其以上机型版应用软件。

2) 按照应用软件适用工作领域的不同,应用软件可分为:①机械行业类应用软件;②电子行业类应用软件;③建筑行业类应用软件;④美术行业类应用软件;⑤服饰行业类应用软件等。

3) 按照应用软件内部结构和用户对象的不同,可分为:①专业基础型应用软件;②专业应用型应用软件(专业应用软件是指软件本身具有适用范围广、专业命令少、运行环境开放、具有较多种数据传输接口形式并具有较强的多专业二次开发工具的 CAD 系统软件。专业应用型软件的特点是:系统操作命令专业特点突出;带有专为某一领域设置的标准图形数据库;并带有完成同专业相关工序模块的程序接口)。

4) 按照应用软件产生图形效果的不同,可分为:①二维(2D)图形应用软件(二维图形是指在两个坐标轴上产生的平面几何图形);②三维(3D)图形应用软件(三维图形的每个坐标轴的值是可变的,它不仅方便地产生表面呈三次数学方程的空间曲面,并可根据需要产生线框几何模型、任意曲面几何模型或实体几何模型。)

随着 CAD 技术的不断发展与成熟,以及软件版本的不断升级换代,使用户总有难以决策的感觉。而且目前我国也自行开发研制了一大批具有自主知识产权的 CAD 系统应用软件,以及相关的集成系统。尽管国产 CAD 系统应用软件在三维图形生成与处理方面符合国际 STEP 产品数据标准,但在多用户图形库开发和软件产品商品化以及二次开发等方面与国外 CAD 系统应用软件还存在一定的差距。

第三节 系统工作流程

了解了计算机辅助设计系统的硬件及软件环境后,现在看看它们之间是怎样进行协调工作的。一般来说,对于机械产品的设计都要经过以下工作环节:

1. 确定设计方案

根据用户提出的要求,确定产品设计的指导思想和原则,研究和确定工作原理,构思产品结构,绘制各种草图。

2. 施工设计

在方案设计的基础上,进行产品整体设计和零部件设计。完成这些工作需要利用机械制图、画法几何等相关知识。在绘制图样时,主要绘制产品整体和部件装配图,并反映出各零件间前后的遮挡关系,此外,还要拆画零件图、绘制标准件或其它相似产品的“借用件”,并对所需数据进行计算与统计。

3. 最终设计

施工设计时难免出现参数变化、尺寸变更、错误与遗漏等情况,这些都需要设计人员反复细致地去检查和修改。修改一处尺寸,往往会引发若干张设计图样的变动。除图样外,编写其它技术文件也会花费许多精力,如撰写各种明细表、整理设计计算结果等。

从系统工作流程看到,在整个设计过程中,有两项工作贯穿始终:一是方案的建立与确定;二是对方案不断地修改和完善。

当利用 CAD 系统进行产品设计时,首先需要建立一个类似草稿或草图的构思方案,这个构思方案称为建立模型,简称建模。所建模型可以是二维平面的,也可以根据需要将二维图形变换成三维立体的,或者直接建立一个三维立体模型。建立这些模型主要是通过系统的主机、输入设备和显示屏幕来完成。整个过程可以在图形显示屏幕上观察。建模是利用 CAD 系统工作的开端,也是十分重

要的步骤。要想成功地完成这一步骤,除了设计人员应具备良好的专业知识外,还要具备较好的数学知识和几何学知识。因为,在生成几何图形元素时,特别是建立复杂三维立体模型,经常要涉及到数学计算和解析几何方法。所以,有时又把所建立的模型称为数学几何模型。

如图 1-3 所示,建立模型后的结果可以在图形显示屏幕上显示,因其只是一个中间结果(通常需要进行修改),如果需要修改,也可将它们通过低成本的输出设备绘制在纸上。在建立模型并进行显示时,系统还将对图形内容与操作过程进行正确性、逻辑性的分析与审定。当然,这个过程很快,用户觉察不到。通过了系统分

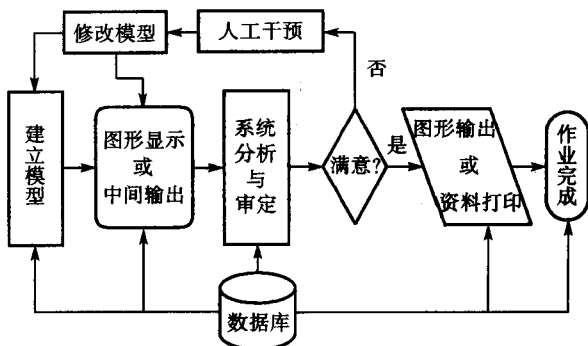


图 1-3 系统工作流程图

析与审定,就被系统认为是“满意”的。用户也可以参加“意见”。这时,所得到的显示结果才能说是最终结果。对于最终结果,可以进行打印。在完成文件的管理(如存储、确定所定义的文件属性)后,整个工作就完成了。

如果在分析与审定过程中出现错误信息提示,即系统认为“不满意”,此时就没有必要进行下一步的正式输出操作,而要进行“人工干预”。所谓人工干预是指通过一些操作命令,特别是通过几何图形变换或元素属性改变等功能对模型进行实时修改,以便得到一个新模型。这是 CAD 系统的一个重要优势,也是传统手工设计方法做不到的。可以不断地进行“人工干预”直至“满意”为止。最后,进行正式输出操作。

在 CAD 绘图工作过程中,需要随时从系统的数据库里调用操作命令、几何图形的信息、硬件设备的驱动程序和文件属性信息等。

第四节 CAD 系统的现状与发展趋势

一、CAD 系统应用现状

二维 CAD 辅助工程绘图技术在我国机械行业应用较早,随着应用的普及,得到迅速发展,并已取得了一批重要应用成果。从我国企业 CAD 技术应用的总体水平来看,大多还停留在二维绘图水平上。

众所周知,CAD/CAM 技术不仅大幅度提高设计效率和产品质量,改善劳动条件,更为重要的是它已成为现代工业中必不可少的主要技术手段。

常见的 CAD 系统按作用方式可分为三种类型。

1. 信息检索型设计系统

该系统是将部分设计过程中所用的标准机械零、部件和设计信息（如标准图形信息和材料信息、加工工艺条件、操作管理指令等辅助信息）存入 CAD 系统。在实际设计过程中，设计人员无需再对这些标准零、部件进行重复性设计，而只要将设计要求输入 CAD 系统，便能得到满意的设计结果，并可立即输出。但是，由于需要输入大量的相关设计信息，这种 CAD 系统前期工作量较大，而且可交互性差，故多用于一些较成熟且已经标准化的行业产品设计。

2. 试探型设计系统

试探型设计系统除具有信息检索型设计系统的优点外，还可以实现将一些成熟的设计图形存入 CAD 系统中。当设计人员需要修改某些产品图形时，可通过系统与图形显示装置将其调用并显示出来，然后根据设计人员的设计构思对其进行修改，从而产生新的设计结果。这种系统多用于产品生产过程中的修改设计。

3. 人机交互式设计系统

随着计算机与相关领域技术的不断发展，在综合前面两种设计系统的基础上，出现了被人们广泛使用的人机交互式设计系统。所谓交互，是指操作者与计算机系统之间的信息与要求的往来。这种“往来”是通过 CAD 系统中的输入、输出和交互装置实现的。但是，这些信息的调用与判别则由系统的软件来完成。人们把这种系统又叫做“人机会话型系统”。人与机器之间的信息“交互”，除了系统本身由若干硬件组成外，交互语言（软件）起着桥梁的作用。正是通过特定的交互语言，设计人员才能向系统表达自己的设计构思，同时系统也以最快的信息传输速度及时将计算结果反馈回来。通过这样不断的交换信息，使设计工作不断完善，最后达到满意的效果。由于这种系统需要配置较多质量好的计算机、外设和相应软件，所以一次性投资较大。

无论是哪种 CAD 设计系统，系统的构成都是由硬件和软件两部分组成，通常把他们称为 CAD 系统的外部运行环境和内部运行环境。对于一个配置优良的 CAD 系统来说，要想使其充分发挥作用，人的因素十分重要。特别是设计人员的设计经验与系统功能的结合，是获得最优设计结果和最佳投资效益的重要保证。同时，也只有这样才能充分体现出 CAD 系统作为一种设计手段的真正意义。所以，一个功能齐全的 CAD 系统是设计人员完成工作任务的工具，而不是用来研究系统本身的场所。

在一个 CAD 系统软件上附加一些其它模块软件就可以组成一个新的系统软件，例如 CAD/CAM 集成系统。这项工作往往是由软件制造商完成。大多数集成系统可按用户的需要购置，而且还可以有选择的购置某些大模块中的子模块。

二、CAD 系统的发展趋势

计算机辅助绘图与设计技术萌芽于 20 世纪 50 年代的美国；60 年代在日本、德国和法国得到进一步发展，但当时的 CAD 技术只是被动的静态绘图，在绘图过程中人们无法干预；从 70 年代开始，人机对话式的交互式图形软件包开始使用，计算机绘图与设计进入了一个新的时代。随着计算机硬件技术的发展，CAD 已成为现代计算机技术的一个重要组成部分，是促进科研成果的开发和转化、促进传统产业和学科的更新和改造，实现设计自动化，增强企业及其产品在市场上的竞争能力，加强国民经济发展和国防现代化的一项关键性高科技；是进一步向计算机集成制造系统（CIMS）发展的重要技术基础，也是现代工程设计的基本特征。CAD 技术的应用使得产品和工程设计、制造的内容和工作方式发生了根本性的变革。表 1-1 中列出了目前市场上常见国外微机版 CAD/CAM 软件。

表 1-1 常见国外较有影响的微机版 CAD/CAM 软件

	软件名称	版权公司	工作平台
机械类	AutoCAD	美国 Autodesk 公司	Windows
	Pro/Engineer	美国 PTC 公司	Windows & UNIX
	SolidWorks	美国 SolidWorks 公司	Windows
	Trispectives	美国 3D/Eye 公司	Windows
	Ungraphics	美国 EDS 公司	Windows & UNIX
	Drawbase	美国 CAD Works 公司	Windows
建筑类	Form-Z	美国 Auto.des.sys 公司	Windows
	Visio Technical	美国 Visio 公司	Windows
	ArchiCAD	匈牙利 Graphisoft 公司	Windows
	SurfCAM	以色列 Image Ware 公司	Windows & UNIX
加工类	ArtCAM	美国 DEL CAM 公司	Windows & UNIX
	TYPE 3	Vision Numeric 公司	Windows
	Casmater-Pro	Scan Vec 公司	Windows

我国计算机辅助绘图与设计是从 20 世纪 60 年代后期开始的，随着科学技术的发展，我国计算机辅助绘图与设计发展非常迅速，在工程界已进入了广泛的应用阶段。

目前市场上比较流行的国内自主知识产权的二维 CAD 软件主要有：开目 CAD 和 CAXA 电子图板。开目 CAD 以中国工程师的绘图习惯为设计思路，具有鲜明的中国工程特色，操作非常简单。开目软件注重实用、立足普及、强调集成。开目 CAD 软件于 1991 年开始开发，经过多年的完善，已经以其完美友好的界面及强大的功能享誉全国。特别是创造性的引入了画法几何原理、多视图概念、图板化

的界面、模仿手工绘图的绘图工具、多视图参数化设计功能、多视图系列图形库等优秀的功能，以极大的魅力吸引着工程技术人员。由北航海尔软件有限公司开发的 CAXA 电子图板是功能齐全的通用 CAD 系统。它以交互图形方式，对几何模型进行实时的构造、编辑和修改，并能够存储各类拓扑信息。CAXA 电子图板适合于所有需要二维绘图的场合，利用它可以进行零件图设计、装配图设计、零件图组装装配图、装配图拆画零件图、工艺图表设计、平面包装设计、电气图样设计等。

许多大型企业从事三维设计的软件以工作站上运行大型软件为主，如 Pro/E、I-deas、Euclid 和 UG II 等，但这些软件系统结构庞大复杂，使用非常不便，加上软、硬件价格昂贵，很难在企业普及推广。随着微机三维 CAD/CAM 系统的日趋完善及 Windows 操作平台的普及和微机性能价格比的不断提高，国内一批自主知识产权的三维 CAD 系统蓬勃发展起来，目前市场上使用最为普遍的是由广州红地公司开发研制的“金银花”MDA 软件。该软件采用二维/三维关联设计技术，高效率生成符合国标的工程图样。用传统方式绘制工程图（不论是手工绘制，还是用二维 CAD 绘制），设计者必须将产品的三维结构构思好，再用线条绘制表达，加上各种尺寸公差标注，工作量大而且繁琐，修改、插图更是费时，这对于高职学生来说无疑是件很困难的事。而使用金银花软件后，学生只需交互的进行各种视图布局方式、类型的选择，即可方便快捷的完成整个工程图样设计。

随着 CAD 技术的不断发展与成熟，以及软件版本的不断升级换代，使用户总有难以决策的感觉。特别是在机械、建筑和电子行业，除建筑行业的 CAM 模块中建筑结构分析功能水平尚需提高外，其余系统都比较成熟。所以，CAD、CAD/CAM 等集成系统的全球销售金额逐年增长见表 1-2，仅 1991~1995 年的年销售增长率超过了 10%。

表 1-2 1991~1995 年全球 CAD/CAM 软件销售统计表

(单位：百万美元)

行业	1991 年	1992 年	1993 年	1994 年	1995 年
机械	1926.2	2104.7	2296.2	2520.3	2764.8
建筑	673.4	736.5	786.3	871.8	1017.0
电子	720.6	795.4	834.3	922.2	1029.2
总额	3320.2	3636.6	3916.8	4314.3	4811.0

目前我国自行开发研制了一大批具有自主知识产权的 CAD 系统应用软件，以及相关的集成系统。这些应用软件的特点如下：

(1) 功能较强 由于许多软件是在借鉴国外著名软件基础上开发研制的，所以除了保持原来一些较成熟功能外，又增加了许多新的功能。这些功能的加入使