



21世纪高等学校新理念教材建设工程

CAD技术基础教程

李 雷 曾 红 李卫民 编著



NEUPRESS
东北大学出版社



TP391.72
267

21 世纪高等学校新理念教材建设工程

CAD 技术基础教程

李 雷 曾 红 李卫民 编著

东北大学出版社

• 沈 阳 •

© 李 雷 曾 红 李卫民 2005

图书在版编目 (CIP) 数据

CAD 技术基础教程 / 李雷, 曾红, 李卫民编著. — 沈阳: 东北大学出版社, 2005.2
(21 世纪高等学校新理念教材建设工程)
ISBN 7-81102-113-7

I. C… II. ①李… ②曾… ③李… III. 计算机辅助设计—应用软件—教材
IV. TP391.72

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 137183 号

出 版 者: 东北大学出版社

地址: 沈阳市和平区文化路 3 号巷 11 号

邮编: 110004

电话: 024—83687331 (市场部) 83680267 (社务室)

传真: 024—83680180 (市场部) 83680265 (社务室)

E-mail: neuph @ neupress.com

http: // www. neupress. com

印 刷 者: 沈阳市光华印刷厂

发 行 者: 新华书店总店北京发行所

幅面尺寸: 184mm × 260mm

印 张: 13.5

字 数: 354 千字

出版时间: 2005 年 2 月第 1 版

印刷时间: 2005 年 2 月第 1 次印刷

责任编辑: 张德喜

责任校对: 冬 雨

封面设计: 唐敏智

责任出版: 秦 力

定 价: 24.00 元

前 言

自 20 世纪 50 年代开始至今, CAD 技术已在各行各业得到了广泛的应用, 引起了社会和生产的巨大变革, 因此被视为 20 世纪最杰出的工程成就之一。

与传统的机械设计相比, 无论是在提高生产率、改善设计质量方面, 还是在降低成本、减轻劳动强度方面, CAD 技术都具有巨大的优越性。因此国内外的企业对 CAD 技术的发展及应用都十分重视, CAD 技术的应用水平已成为衡量一个国家技术发展水平及工业现代化水平的重要标志。

正因为此, CAD 技术已成为工程技术人员必须掌握的基本技术之一。为培养大批具备既懂专业设计理论又具有 CAD 应用开发能力的工程技术人员, CAD 教学在各高等院校业已普遍展开。但是, CAD 技术涉及的内容十分广泛, 它以计算机、外围设备及系统软件为基础, 包括二维绘图设计、三维几何造型设计、有限元分析及优化设计、仿真模拟、产品数据管理和虚拟设计及实时仿真等, 既有理论又有各种软件应用。本教材以培养学生软件应用开发能力为目标, 面向机械类本科学生, 在他们已掌握了计算机的基本知识、计算机编程语言及计算机辅助绘图的基础上, 系统学习一种 CAD 应用软件的开发技术。所以, 本教材在取材上考虑目前在工程上应用最广且具备二次开发能力的软件包——AutoCAD 绘图软件包, 向学生介绍其二次开发工具及利用这些工具进行参数化设计的方法。本教材的特点在于从实际出发, 将 CAD 的理论融于实际的开发方法中, 且结合目前工程上使用软件的实际情况, 讲授最流行的软件的开发方法, 简单实用。

本教材共分 8 章。第 1 章介绍 AutoCAD 的基本知识, 包括 AutoCAD 的性能、开发基础及开发方法简况; 第 2 章介绍图形库的建立方法; 第 3 章介绍命令组文件的开发方法; 第 4 章介绍 AutoLISP 语言及其开发方法; 第 5 章介绍数据交换的基本概念及 DXF 文件的读写方法; 第 6 章介绍访问图形数据库的方法; 第 7 章介绍对话框开发技术; 第 8 章介绍菜单的定制方法。

本书由李雷主编，第 1 章、第 5 章、第 6 章、第 7 章由李雷编写，第 2 章、第 4 章由李卫民编写，第 3 章、第 8 章由曾红编写。

本教材的作者将多年积累的 AutoCAD 开发成果和经验融于本书，使本书的实用性很强，既适合机械类专业学生使用，也可供广大 AutoCAD 开发人员参考。

由于作者水平所限，书中谬误遗漏之处在所难免，如蒙读者惠予指正，将不胜感激。

编 者

2004 年 10 月

目 录

第 1 章 概 论	1
1.1 CAD 技术发展概况	1
1.1.1 CAD 技术的产生与发展	1
1.1.2 CAD 技术的发展趋势	2
1.1.3 流行的 CAD 软件简介	4
1.2 CAD 系统的组成及工作方式	4
1.2.1 CAD/CAM 系统的组成	5
1.2.2 CAD 系统的工作方式	7
1.3 AutoCAD 简介	8
1.3.1 AutoCAD 的性能	8
1.3.2 AutoCAD 的硬件环境与配置	8
1.4 AutoCAD 二次开发基础	9
1.4.1 点和坐标系	9
1.4.2 图形单位、比例和绘图界限	9
1.4.3 图形实体	10
1.4.4 图层、颜色和线型	10
1.5 AutoCAD 二次开发的主要方法及其特点	10
1.5.1 利用 AutoCAD 提供的功能, 创建自己的操作环境和 库文件支持	10
1.5.2 用 AutoCAD 提供的二次开发工具进行应用程序开发	11
第 2 章 建立高效的开发环境	12
2.1 创建和使用模板	12
2.1.1 创建模板	12
2.1.2 使用模板	19
2.2 图形库的建立和使用	20
2.2.1 用块建立图形库	20
2.2.2 调用图形符号	21
2.2.3 将属性添加到块中	22
2.2.4 其他建立图形库的方法简介	24

第 3 章 命令组文件	25
3.1 命令组文件概述	25
3.1.1 命令组文件的格式	25
3.1.2 命令组文件的建立	26
3.1.3 命令组文件的调用	26
3.1.4 命令组文件的常用命令	26
3.1.5 命令组文件应用实例	27
3.2 命令组文件的高级语言编程	30
3.3 应用开发实例	32
3.3.1 设计目标	32
3.3.2 程序实例	32
3.3.3 TEST3.C 程序分析	37
第 4 章 AutoLISP 开发方法	39
4.1 AutoLISP 基本知识	39
4.1.1 AutoLISP 概论	39
4.1.2 AutoLISP 数据类型	40
4.1.3 AutoLISP 文件结构	43
4.1.4 AutoLISP 的出错处理	43
4.2 AutoLISP 函数及其功能	44
4.2.1 逻辑运算功能	44
4.2.2 表的操作功能	46
4.2.3 数学计算功能	47
4.2.4 数与字符操作功能	49
4.2.5 测试判断功能	51
4.2.6 与 AutoCAD 有关的功能	52
4.2.7 AutoCAD 实体处理功能	55
4.2.8 输入功能	56
4.2.9 输入显示功能	57
4.2.10 文件输入/输出功能	58
4.2.11 对话框控制功能	59
4.2.12 运行调试功能	62
4.3 函数的定义和加载	63
4.3.1 函数的定义	63
4.3.2 加载 AutoLISP 程序	64
4.4 Visual LISP 开发环境	65
4.4.1 启动 Visual LISP	66
4.4.2 Visual LISP 用户界面	66
4.4.3 了解 Visual LISP 窗口	68

4.4.4 掌握控制台窗口	69
4.4.5 使用 Visual LISP 文本编辑器	70
4.4.6 装载和运行 AutoLISP 程序	70
4.4.7 退出 Visual LISP 环境	71
4.5 Visual LISP 开发基础	71
4.5.1 准备工作	72
4.5.2 常用 AutoCAD 命令的命令序列	72
4.5.3 常用 Visual LISP 函数及用法	74
4.5.4 应用实例	76
4.6 程序设计实例	78
4.6.1 AutoLISP 程序设计步骤	78
4.6.2 设计目标	79
4.6.3 程序 DQ.LSP 清单	79
4.6.4 程序分析	81
第 5 章 数据交换与 DXF 文件	84
5.1 数据交换概述	84
5.1.1 数据交换的作用	84
5.1.2 数据交换文件的类型	84
5.2 DXF 文件的结构及执行命令	85
5.2.1 文件结构	85
5.2.2 文件执行命令	89
5.3 读、写 DXF 文件举例	89
5.3.1 读取 DXF 文件数据	89
5.3.2 写一个 DXF 文件	92
第 6 章 访问图形数据库	95
6.1 实体在图形数据库中的表示	95
6.1.1 基本概念	95
6.1.2 实体在图形数据库中的表示	95
6.2 选择集操作函数	96
6.2.1 建立选择集的方法	96
6.2.2 选择集处理函数	98
6.3 实体标识及实体数据处理	100
6.3.1 获取实体标识的函数	100
6.3.2 实体数据处理	101
6.4 扩展实体数据	101
6.4.1 扩展实体数据结构	102
6.4.2 扩展实体数据处理	102

第 7 章 菜单的定制与开发	104
7.1 菜单文件的类型和结构	104
7.1.1 菜单文件的类型	104
7.1.2 菜单文件的结构	104
7.2 菜单调用过程	105
7.3 菜单项的构造	106
7.3.1 菜单项的表示方法	106
7.3.2 菜单控制符	106
7.3.3 控制子菜单	108
7.4 定制下拉菜单	108
7.4.1 下拉菜单的基本结构	108
7.4.2 下拉菜单标签的基本语法	110
7.4.3 下拉菜单的编写与调用	111
7.5 定制屏幕菜单	117
7.5.1 创建屏幕菜单	117
7.5.2 屏幕子菜单	118
7.6 定制工具栏	120
7.6.1 用工具栏对话框定制工具栏	120
7.7 图像控件菜单	124
7.7.1 图像控件菜单语法	124
7.7.2 生成图像控件菜单	126
第 8 章 AutoCAD 对话框开发技术	131
8.1 对话框结构设计	131
8.1.1 对话框文件语法	131
8.1.2 对话框的组成	133
8.1.3 对话框控件属性、设计原则及设计方法	133
8.2 对话框驱动程序	145
8.2.1 驱动程序的结构	145
8.2.2 对话框动作表达式或回调函数	146
8.2.3 对话框特殊处理	150
8.2.4 对话框控件处理	155
8.2.5 对话框应用举例	158
附录 A AutoCAD 系统变量	179
附录 B AutoLISP 的错误代码	203
参考文献	206

□ 第 1 章 概 论

1.1 CAD 技术发展概况

计算机辅助设计 (Computer Aided Design, 简称 CAD) 技术是电子信息技术的一个重要组成部分。其意义是在计算机和人组成的系统中, 工程技术人员利用计算机作为辅助工具, 完成包括产品的设计、绘图、工程分析与文档制作等设计活动。CAD 的功能可归纳为四大类: 建立几何模型、工程分析、动态仿真和自动绘图。所涉及的内容可包括科学计算、图形系统和工程数据库等。其中, 科学计算是指有限元分析、可靠性分析、动态分析、产品的常规设计和优化设计; 图形系统是指几何造型、特征造型、实体造型、二维工程图、三维实体图和动态仿真; 工程数据库对设计过程中使用和产生的数据、图形和文档进行存储和管理。

CAD 技术是人类 20 世纪取得的重大科技成就之一。它充分运用计算机高速运算和快速绘图的强大功能, 极大地提高了产品的开发速度和精度, 降低了产品成本, 使科技人员的智慧和能力得到了延伸。

1.1.1 CAD 技术的产生与发展

CAD 技术的研究最初起步于计算机图形显示硬件和交互式计算机图形学。1960 年, MIT 林肯实验室的研究生 I.E.Suthland 使用 TX-2 计算机, 开发了“Sketchpad”——“人机对话图形通信系统”。该系统支持设计者坐在图形显示器前操作光笔和键盘, 在荧光屏上显示图形。这一研究成果具有划时代的意义, 被认为是迈出 CAD 工业的第一步。1963 年, 在美国的计算机联合大会上, 他所宣读的博士论文, 被认为是开创了计算机图形学研究的先河。同年, 第一个被工业界发展的系统 DAC-1 (Design Augmented by Computers) 在通用汽车公司问世。其后, 美国的一些大公司和科研机构相继开展了计算机图形学的大规模研究与开发。

CAD 技术随着计算机图形学的发展而发展起来。在半个多世纪的发展中, 它经历了二维平面图形设计、交互式图形设计、三维线框模型设计、自由曲面设计、参数化设计和特征造型设计等发展过程。今天的 CAD 技术已同最初的 CAD 技术大大地不同了。在 CAD 领域广泛采用变量化技术、虚拟产品建模技术等先进技术, 集成化、智能化和协同化成为当代 CAD 技术的发展热点。

在 CAD 技术发展之初, 人们希望借助此项技术来摆脱繁琐、费时、精度低的手工绘图。20 世纪 60 年代至 70 年代, CAD 技术以二维绘图为主要目标, 研究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, 所以此时的 CAD 仅仅是图板的替代品, 即计算机辅助绘图 (Computer Aided Drawing or Drafting), 而非我们今天所说的计算机辅助设计 (Computer Aided Design)。

20 世纪 70 年代末至 80 年代中期, 由于飞机制造业和汽车制造业的蓬勃发展, 传统的自由曲面的表达方式已不能满足要求。为此, 开始了曲面造型和实体造型技术的研究。美国

MIT 的 Coons 和法国雷诺公司的 Bezier 先后提出了新的曲面算法,使得人们可以用计算机处理曲线及曲面问题。在此基础上,1977 年,法国达索飞机公司(Dassault Aviation)推出了三维曲面造型系统(Computer Aided Three-dimension Interactive Application, CATIA)。CATIA 的出现标志着 CAD 技术从二维走向三维,同时也使得 CAM 技术的开发有了实现的基础。

20 世纪 80 年代末至 90 年代初,随着单用户计算机系统的普及以及参数化技术和特征造型技术的发展,CAD 技术经历了一场巨大的变革。世界上第一个三维参数化特征造型软件是 PTC 公司的 Pro/Engineer。

20 世纪 90 年代中期至今,计算机软硬件技术的不断创新和发展,使 CAD 技术得到了非常好的发展。此时,参数化技术逐渐成熟起来,且针对参数化技术的不足,人们提出了一种比参数化技术更为先进的实体造型技术——变量化技术。变量化技术既保持了参数化技术原有的优点,同时又克服了它的许多不利之处,支持欠约束设计。第一个提出变量化设计技术的公司是 SDRC 公司。1993 年,它们推出了历经 3 年时间重新改写的全新体系结构的 I-DEAS Master Series 软件。

1.1.2 CAD 技术的发展趋势

目前 CAD 系统采用的主流技术是基于特征的造型和参数化设计等。人工智能技术、网络技术和工程数据库技术的发展为 CAD 技术的发展注入可信的活力,使 CAD 技术向着集成化、智能化、标准化和网络化方向发展。

(1) 集成化

随着计算机辅助技术的广泛应用,在产品的全生命周期中,引入了各种不同的 CA 技术。如 CAD 用于产品设计,CAE 用于产品分析,CAM 用于产品的加工生产,PDM 用于管理与产品有关的数据和过程等。为了保证产品数据的有效性、完整性、唯一性、最新性及共享性,必须建立集成产品信息模型,使之能够容易地进行产品生命周期的不同环节间的转换,能支持集成地、并行地设计产品及其相关的各种过程,能帮助产品开发人员在设计一开始就考虑产品从概念形成到产品报废处理的所有因素。

CAD 系统的集成化主要包括 3 个方面:产品数据模型的集成化、产品设计过程的集成化以及产品设计功能的集成化。产品数据模型的集成化,要求系统支持产品从功能设计到详细设计各阶段的产品信息,既支持完整精确的信息,也支持设计过程中大量的非精确、不完整的产品信息。产品设计过程的集成化,要求系统支持产品整个设计生命周期,包括设计过程的监控,不同设计过程之间的模型转换,同一设计过程中多个共存产品模型的转化及管理,设计历史维护等。设计功能的集成化,要求 CAD 系统将众多的单独设计功能组合成一个系统的设计环境,为设计人员提供各种设计活动的支持,它将传统的制造技术与现代信息技术、管理技术、自动化技术和系统工程等有机结合起来,使产品整个生命周期涉及到的人、经营管理和技术及其信息流、物流和价值流有机集成并优化运行,正在从当前企业内部的信息集成和功能集成,发展到过程集成(以并行工程为代表),并正在向企业间集成(以敏捷制造为代表)方向发展。

(2) 智能化

设计活动是设计人员的创造性活动,体现了人类特有的智能行为。随着人工智能技术的发展,智能 CAD 成为 CAD 发展的必然方向。智能 CAD 要求系统能深入了解人类设计的思

维模型,并用信息技术来表达和模拟它。在设计活动中,由于设计人员及设计的出发点不同,设计方案并不唯一,因此要求系统应以产品的全系统、全性能和全过程作为优化目标,集建模寻优、分析和再设计为一体,完成设计活动。智能 CAD 系统的智能行为包括捕捉设计者的设计意图、设计目标的规划、设计问题的自动求解、设计知识的获取与应用和约束求解等,从而使设计的自动化程度更高。

目前研究的热点如下。

① 基于并行设计理论建立新一代智能 CAD 系统,解决并行设计、方案设计和创新设计问题;

② 研究设计型专家系统基本理论及技术问题,如知识获取、推理机制、分布式系统结构、多推理机制、多知识表示结构及专家系统结构等;

③ 基于事例推理的设计方法研究;

④ 基于神经网络设计方法的研究,包括知识获取、智能 CAD 系统,专家系统、基于理论的设计方案综合评判方法以及 ICAD 实现策略研究等。

(3) 标准化

工程上,任何产品的开发都离不开标准。没有标准化就没有现代工业。软件开发也离不开标准化。软件的标准化有助于提高软件的一致性、完整性和可理解性。软件产品的开发可能不同的地区、不同的企业或者采用不同的软硬件环境进行。要使得这些产品开发信息能够进行交换和共享,就涉及到 CAD 数据的相互交换,因此必须有一个数据交换的标准。现在有一些国际标准(如 IGES、STEP)被广泛地应用在工业界,几乎所有国际知名的 CAD 系统都支持 IGES 接口,但是,通过这些标准进行的 CAD 数据交换,可能会使高层的设计信息丢失。因此,研究人员正在致力于开发更有效的产品数据交换标准。

(4) 网络化

在网络时代,人们通过互联网获取信息并与外界进行交流。互联网为 CAD 开创了一个新天地,实时交流和协作及资源共享成为可能。所以,网络化是 CAD 系统发展的一个必然趋势。

基于网络的 CAD 技术是计算机辅助设计和因特网及网络计算相集成的新兴技术,是一个重要而崭新的交叉学科,涉及实体造型、计算几何、数据库、分布计算和远程通信,是 21 世纪设计与制造的发展方向。

从研究的角度和深度来看,已进行的网络 CAD 研究,主要是 CAD 可视化、集成化、智能化三方面的延续。可视化延续的研究内容除涉及数据获取、数据理解与分类、可视化建模、图形处理等方面外,还与计算机支持协同工作 CSCW (Computer Support Cooperative Work)、多媒体技术和虚拟现实技术等交叉发展;智能化延续的研究涉及协同工作与设计问题的描述、逻辑推理、知识表示、知识获取、模式识别、问题求解、机器学习和 Agent 理论等诸多方面。集成化延续的研究表现为在计算机辅助几何设计 CAGD (Computer Aided Geometric Design) 基础上 CAD 与 CAM 的整体连接技术。

网络 CAD 涉及的技术主要包括:

① 面向对象方法、可视化技术与多维视觉化模型;

② 多媒体技术;

③ CAD 虚拟环境技术;

④ 分布式数据库;

- ⑤ 元数据;
- ⑥ 标准数据交换格式;
- ⑦ 数据压缩技术;
- ⑧ 智能制造技术与智能制造系统;
- ⑨ 人工神经网络;
- ⑩ 计算机支持的协同工作 CSCW;
- ⑪ 并行工程 CE。

1.1.3 流行的 CAD 软件简介

目前,国内外出现了许多不同层次各具特色的 CAD 软件,这些软件有二维的也有三维的,以下仅对在工程上应用较广泛的几种软件作一下介绍。

(1) Pro/Engineer

该软件由 Parametric Technology Crop. 公司推出,以其参数化、基于特征、全相关等概念闻名于 CAD 界。其参数化造型的功能贯穿于整个系统,包括特征、曲面、曲线及线框模型等。不支持欠约束,所有几何实体都必须被完全约束,是第一个实现参数化造型的软件。

(2) I-DEAS

这是一个高度集成化的 CAD/CAE/CAM 软件系统。在单一数字模型中完成从产品设计、仿真分析、测试直至数控加工的产品开发全过程。该软件采用 VGX (Variational Geometry Extended, 超变量化几何) 技术,扩展了变量化产品结构,允许用户对一个完整的三维数字产品从几何造型、设计过程、特征到设计约束,都可以实时直接设计和修改,在全约束和非全约束的情况下均可顺利地完成任务。

(3) CATIA

由 BM (Bassault Systems) 公司开发,是一个全面的 CAD/CAM/CAE/PDM 应用系统。具有一个独特的装配草图生成工具,支持欠约束的装配草图绘制以及装配图中各零件之间的连接定义,可以进行非常快速的概念设计。它支持参数化造型和布尔操作,支持与绘图和 NC 的双向数据关联。

(4) UG

以 Parasolid 几何造型核心为基础,采用基于约束的特征建模和传统的几何建模为一体的复合建模技术,在基于约束的造型环境中支持各种传统的造型方法如布尔操作、扫描、曲面缝合等。

(5) AutoCAD

这是一个以二维绘图为主的软件,是最流行的二维软件,将在 1.3 节中作介绍。

1.2 CAD 系统的组成及工作方式

CAD 技术是主要用于研究如何使用计算机、外围设备、图形输入输出设备和相应的软件,实现工程产品设计的技术。CAD 系统是一个人与计算机软硬件相结合的系统,能够帮助从事设计、制造和生产的工程技术人员提高工作效率,扩展工作能力,逐步将传统的分散、重复和串行的作业方式集成起来,实现分布式并行作业。要达到此目的,CAD 系统必须具备这样一些功能:快速数字计算及图形处理能力,大量数据、知识的存储及快速检索、

操作能力, 人机交互通信的功能, 输入输出信息及图形的能力。

1.2.1 CAD/CAM 系统的组成

CAD/CAM 系统由一系列的硬件和软件组成。硬件主要指计算机及各种配套设备, 如各种档次的计算机、打印机和绘图机等, 广义上说, 硬件还应包括用于数控加工的各种机械设备等。软件一般包括系统软件、支撑软件和应用软件等。

1.2.1.1 CAD 系统硬件

CAD 系统的硬件主要由计算机及其所属外围设备组成。

(1) 计算机

计算机在 CAD 中起着主导作用。计算机的主体是主机。主机由中央处理器 (CPU) 和内存存储器两部分组成。中央处理器的功能是处理数据, 由控制器和运算器两部分组成。运算器的功能是执行指令所规定的算术运算和逻辑运算。控制器负责解释指令, 并控制指令的执行顺序, 访问存储器等操作。主机是 CAD 系统的核心, 其性能将直接影响 CAD 系统的工作。评价主机的指标主要有如下 3 个。

① 运算速度。以 CPU 每秒可执行指令数目或可进行浮点运算次数表示, 常以 MIPS 或 MFLOPS 为单位。即每秒钟执行一百万条整数或浮点数运算指令, 其值越大, 表示处理速度越快。或者根据取决于芯片类型的时钟频率来比较其处理速度的高低, 时钟频率越高, 速度越快。

② 字长。是指中央处理器在一个指令周期内从内存提取并处理的二进制数据的位数。位数越多, 表明一次处理的信息量越大, CPU 工作性能越好。字长取决于微处理器芯片类型, 如 80286 为 16 位, 80386 为 32 位等。目前市场上常见的计算机字长有 32 位, 64 位等。

③ 内存容量。内存单位为字节 (Byte), 或 KB (1 千字节), MB (1 兆字节)。内存容量越大, 主机能容纳和处理的信息量越大。目前一般微机的内存容量为 64KB, 128KB 或 256KB。

(2) 存储器

计算机存储器分内存存储器和外存储器两类。内存存储器由集成电路芯片构成, 用于存储 CPU 工作程序、指令和数据。外存储器一般由磁盘和光盘组成。

① 磁盘。分为硬磁盘和软磁盘两种。反映硬盘工作质量的主要技术参数是硬盘存储容量、读写速度及传输数据的速度。硬盘存储器存储容量大, 目前在微机上配备的硬盘均有几十兆乃至几百兆存储单元。硬盘存取速度是指主机从硬盘读写数据的平均存取时间, 它受多个因素影响, 包括硬盘转速、寻道时间、外部传输速率以及硬盘驱动器内部结构等。

软磁盘与硬盘相比, 存储原理相同, 但转速低, 存取速度慢。

② 光盘。光盘是用激光技术实现的一种海量存储器, 泛指光盘只读存储器 CD-ROM。光盘的特点是容量大, 可靠性高, 信息存储成本低及随机存取速度快。

(3) 图形输入设备

① 键盘。是计算机最常用的输入设备, 通过它, 用户可输入 CAD 系统所需要的数据, 建立交互式 CAD 系统。

② 鼠标。是 CAD 系统常用的输入设备, 主要用来控制屏幕上光标位置。以便在显示屏幕上指示图形、字符等数据的输入位置或者用于激活菜单。

鼠标有机械式和光电式两种。机械式鼠标其底部装有一个滚子, 通过滚子滚动及传感器

机构来控制屏幕光标的移动；光电式鼠标在底座上有两个光电管，通过光电传感机构控制屏幕光标的移动。

鼠标结构简单，价格便宜，使用方便，操作简单。

③ 数字化仪。又称图形输入板，用于输入图形，跟踪控制光标及选择菜单。它是由一块尺寸为 A4~A0 的图板和一个类似于鼠标的定位器或触笔组成的。工作时，将图纸贴在数字化仪的面板上，用定位器或触笔跟踪图形的特征点，使这些点的位置数字化后输入计算机。

数字化仪的主要技术指标是分辨率和精度。分辨率指数字化仪所能检测的最小移动量，一般用每英寸能识别的点数或线数表示，可达每英寸几千线。精度指位置识别的准确度，一般可达 $\pm 0.125\text{mm}$ 以上。

④ 扫描仪。利用光学扫描原理，可快速将整张图纸信息自动进行高精度扫描成点阵图像信息，用专用的矢量化软件处理成矢量图。将扫描输入与光盘存储技术结合起来，可以方便地实现图纸文档管理。

扫描仪一般有大型和小型两种。中等水平的扫描仪光学分辨率已达 $600 \times 1200\text{dpi}$ 以上。

(4) 图形显示设备

显示器是 CAD 系统中重要的输入输出设备。它的主要器件是阴极射线管 (CRT)。阴极射线管显示器依据工作原理分为 3 种类型：存储管式显示器、随机扫描刷新式显示器及光栅扫描式显示器。目前 CAD 系统中普遍采用的是光栅扫描式显示器。光栅扫描式显示器的工作原理与电视机相似，不同之处在于电视机是使用电视摄像机产生的模拟信号构成屏幕上的图像，而光栅扫描计算机图形显示器则是用计算机产生的数字信号来构成屏幕上的图像。显示器的重要性能指标是其分辨率。所谓分辨率，指的是屏幕上能显示的像素点的个数，通常以“水平像素数 $\times$ 垂直像素数”表示。例如，分辨率 640×480 ，表示屏幕上沿水平方向有 640 条分辨线，每条分辨线上有 480 个扫描点，在屏幕上构成 $640 \times 480 = 307200$ 个像素数。像素数越大，分辨率越高，显示的图形也越清晰。一般按屏幕在水平方向分辨线的线数，将分辨率分为三等：400 线以下为低分辨率，400~800 线为中等分辨率，800 线以上为高分辨率。分辨率的高低取决于显像管荧光粉的粒度、荧光屏的尺寸、CRT 电子束的聚焦能力及图形控制卡的性能等。

(5) 图形输出设备

图形显示设备只能在屏幕上产生各种图形，而在 CAD 中还必须把图形输出到纸上，产生工程图纸。常用的绘图输出设备有打印机和绘图仪两种。

① 打印机。包括针式打印机、激光打印机和喷墨式打印机。

- 针式打印机：针式打印机是由微型计算机、精密机械和电气构成的机电一体化设备。针式打印机一般装有各种字库。工作时，根据主计算机发来的打印指令，由打印机内部的 CPU 处理后，控制打印头中的电磁铁的吸合及释放，驱动打印针出针击打色带，从而在打印纸上打出文字和图形。针式打印机最大的优点是价格较低，日常消耗成本小。但由于其结构原因，打印图形质量较差，所以在 CAD 系统中主要用于文本打印。

- 激光打印机：激光打印机是激光扫描技术和电子照相技术相结合的非击打式打印设备。它的主要组成包括负责数据处理的控制器和激光扫描系统、电子照相系统和送纸机构等。特点是打印速度快、质量高、打印噪声低。激光打印机有单色型和彩色型，是目前最先进的打印机，其打印速度以每分钟打印 A4 纸的页数计算，低速打印机为 4~8 页/min，高

速打印机一般在 10 页/min 以上；而分辨率以每英寸印点点数计算，一般为 600dpi，高分辨率可达 1200dpi。

- 喷墨式打印机：喷墨式打印机在功能、品质、速度和效果等方面都远远优于针式打印机，而价格却低于激光打印机，因此应用较广泛。普通喷墨打印机的打印速度一般为 3~7 页/min，分辨率为 360~720dpi。

② 绘图机。包括笔式绘图机和喷墨式绘图机。

- 笔式绘图机：笔式绘图机是一种高速、高精度的图形输出装置，其绘图是通过控制笔和纸的相对运动及抬笔落笔实现的。通常可分为平板式和滚筒式两种。平板式绘图机的特点是具有一个绘图平台，图纸可平铺在绘图平台上，绘图精度高，速度快。但结构复杂，占地面积大，价格比较昂贵。滚筒式绘图机具有结构简单，价格便宜，占用空间少，图纸长度不受限制等优点。但绘图精度比平板式低。

- 喷墨式绘图机：喷墨式绘图机的实质是大型喷墨式打印机，外形与笔式滚筒式绘图机相似，有单色型和彩色型。与笔式绘图机比较，绘图速度快，但耗材成本高。

1.2.1.2 CAD 系统软件

软件是与计算机系统操作有关的程序、规程、规则及任何与之有关的文档和数据。CAD 系统软件由系统软件、支撑软件及应用软件三部分组成。

(1) 系统软件

系统软件是用于管理计算机硬件资源及各种软件资源，提高计算机的使用效率并为用户提供各种服务的基础软件。系统软件包括操作系统、网络软件、各种语言的编译程序、数据库管理系统、文件编辑系统、系统检查与诊断软件等。

(2) 支撑软件

支撑软件是支持应用软件开发的软件开发工具。所有 CAD 应用软件均是在支撑软件的基础上开发的，CAD 系统的功能和效率在很大程度上取决于支撑软件的性能。支撑软件通常都是已商品化的通用性功能软件，一般由专门的软件公司开发。它们包括图形支撑系统软件、数据库管理系统软件及各种程序设计语言、面向计算机对象的专用语言等。用户在设计 CAD 系统时，要根据使用要求选购配套的支撑软件。

(3) 应用软件

应用软件是指用户针对实际问题，在计算机及各种系统软件和支撑软件的基础上自行开发的软件。一个 CAD 系统的功能最终都反映在这些自行开发的软件的功能上。

1.2.2 CAD 系统的工作方式

CAD 系统是建立在计算机系统之上，在系统软件和支撑软件的支持下工作的软件系统。它是否具有人机对话功能而分为交互型和自动型两种功能。

(1) 交互型系统

这种系统具有人机对话功能。在人的直接参与下，通过交互作业方式进行工作。这种系统适用于设计目标不能用明确的目标函数来定量描述的设计问题。

(2) 自动型系统

这种系统不具备或很少有人机对话功能。系统根据用户编制的程序自动地完成各个设计步骤，整个过程不需要人的参与或只要很少的人工参与，所以这种系统适用于设计目标可以用明确的目标函数来定量描述的问题。

1.3 AutoCAD 简介

AutoCAD 是进行 CAD 的重要图形支持工具, 其强大的绘图功能、开放的体系结构、友好的用户界面及图形数据交换能力, 使其用户量远远超过任何其他 CAD 软件系统。

1.3.1 AutoCAD 的性能

AutoCAD 是由美国 AUTODESK 公司于 20 世纪 80 年代初在微机上开发的绘图软件包, 经过多次重大修改, 如今已经推出了十多个版本。

(1) 绘图功能

AutoCAD 可在二维、三维空间内方便地对图形进行绘制、修改、编辑和显示等, 并能对图形实体赋予不同的颜色、线型和其他属性特征。所绘制的图形具有高度的精确性, 绘图精度可达小数点后 8~16 位, 同时对图形文件具有保存、描述、输入和输出等多种功能。

(2) 开放的体系结构

AutoCAD 除具有强大的绘图功能外, 还具有开放式的体系结构的特点。该特点使得用户可根据自己的需要, 扩充软件的功能, 如开发适合自己的命令、标准库文件和各种应用程序等。

(3) 图形数据交换能力

在不同的 CAD 之间及 CAD 与其他应用程序之间进行数据交换采用的方法是利用中间数据文件, 这些文件可以是标准的, 也可以是专用的。AutoCAD 系统提供了 DXF 和 IGES 数据文件格式, 以便用户进行数据交换。

IGES 是美国初始图形交换标准文件。

DXF 是由 AUTODESK 公司制定的图形交换文件, 但由于 AutoCAD 的市场优势, 使得 DXF 已成为事实上的工业标准。

1.3.2 AutoCAD 的硬件环境与配置

(1) 硬件环境

- ① IBM 80386 及其以上或兼容机, 至少 4MB 内存, 带协处理器;
- ② 至少一个软盘驱动器和一个硬盘驱动器, 硬盘最低要求有 35MB 的自由空间;
- ③ 高分辨率彩显和显示卡, 如 VGA, Super VGA 等;
- ④ 计算机至少有一个串行口或者一个转换开关;
- ⑤ 数字化仪或鼠标器;
- ⑥ 绘图仪 (任选);
- ⑦ 打印机 (任选)。

(2) 配置

用户通过配置告诉 AutoCAD 系统将与什么设备一起工作。所需配置的外部设备包括显示器、鼠标器、数字化仪、绘图机和打印机等。AutoCAD 提供了世界上主要生产厂家的各种型号的外设驱动程序, 用户只需在菜单中选择与自己的外设相匹配的驱动程序, 并设置好缺省值即可。