

CAD 技术基础

主 编 刘衍聪

副主编 王慧艺 牛文杰

石油大学出版社

CAD 技术基础

主 编 刘衍聪

副主编 王慧艺 牛文杰

石油大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

CAD 技术基础/刘衍聪主编.-东营:石油大学出版社,2004.12

ISBN 7-5636-1768-X

I . C… II . 刘… III . 计算机辅助设计-应用软件
IV . TP391 . 72

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 132042 号

书 名: CAD 技术基础

作 者: 刘衍聪 主编

责任编辑: 周洁韶 沈玉英

封面设计: 傅荣治

出 版 者: 石油大学出版社(山东 东营,邮编 257061)

网 址: <http://sunctr.hdpu.edu.cn>

电子信箱: @mail.hdpu.edu.cn

排 版 者: 石油大学出版社排版中心排版

印 刷 者: 沂南县汇丰印刷有限公司

发 行 者: 石油大学出版社(电话 0546-8391797)

开 本: 170 × 225 毫米 印张:19.375 字数:366 千字

版 次: 2005 年 1 月第 1 版第 1 次印刷

印 数: 1—2000 册

定 价: 25.00 元

前 言

以计算机为平台进行产品设计、生产管理、加工制造及采购供销已成为现代企业的一种标志。作为其核心技术——计算机辅助设计(Computer Aided Design, CAD)的应用,已经基本结束了工程图纸的手工绘制时代,正朝着基于三维造型的产品设计方向发展。

“知其然,知其所以然”是本教材保留 CAD 基本原理内容的出发点;鉴于目前企业 CAD 主要基于某一软件平台,因此本教材选择最常见、最普及的 CAD 软件 AutoCAD 和 Solid Works 进行软件应用内容的教学,使学生能够知微见著、触类旁通。

本书主要介绍 CAD 技术的基本原理、应用软件进行工程图样绘制以及产品三维几何造型的方法,并简要介绍 CAD 基础知识、工程数据结构与数据库、系统接口与开发技术以及 CAD 技术当前的研究热点领域等。作为工科 CAD 技术基础教材,在深度、广度以及内容的选择上面向本科教学 30~40 学时的需要,也适合工程技术以及技术管理人员自学参考。

本书由中国石油大学刘衍聪博士任主编,王慧艺博士、牛文杰博士任副主编,陈福忠先生、闫成新博士、何冬青博士等参加了部分编写工作;承蒙许光明教授审阅全稿并提出了许多具体的建议,在此深表谢意。

尽管编者在 CAD 教学领域有着十余年的教学经验,对 CAD 技术在国内的发展、教学内容的变迁有切身体会,在编写过程中也参考了很多同行的佳作,但因为时间紧迫及其他条件的限制,书中难免会有不妥之处,恳请读者不吝赐教。

编 者
2004 年 10 月

目 录

第一章 绪论	1
1.1 CAD 技术的发展及其特点	1
1.1.1 CAD 技术的发展	1
1.1.2 机械 CAD 的特点与应用	3
1.2 CAD 系统组成	5
1.2.1 CAD 硬件系统	5
1.2.2 CAD 软件系统	10
1.2.3 CAD 系统分类	12
1.2.4 CAD 系统选择	14
第二章 工程数据结构与数据库	15
2.1 工程数据概述	15
2.1.1 机械 CAD 数据的特点	16
2.1.2 工程数据的组织形式	17
2.2 图形数据结构	18
2.2.1 线性表	18
2.2.2 树	25
2.3 工程数据库	30
2.3.1 工程数据库的特点	30
2.3.2 工程数据库的设计	31
2.3.3 工程数据库的管理	33
第三章 图形处理原理	38
3.1 图形变换	38
3.1.1 二维图形几何变换	38
3.1.2 三维图形几何变换	44
3.1.3 投影变换	46
3.2 二维图形的裁剪	55
3.2.1 窗口——视区变换	55
3.2.2 二维线段的裁剪算法	57
3.3 隐藏线和隐藏面的消除	60

3.3.1	隐藏线的消除	60
3.3.2	隐藏面的消除	63
3.4	三维实体的表示方法	65
3.4.1	体素构造表示法	65
3.4.2	边界表示法	67
3.4.3	八叉树表示法	69
3.4.4	其他表示法	70
第四章	工程图样绘制	74
4.1	工作界面设置与绘图准备	74
4.1.1	工作界面	74
4.1.2	多文档设计环境	77
4.1.3	图形文件的管理	77
4.1.4	绘图准备工作	79
4.2	图形的绘制与编辑	91
4.2.1	图形的绘制	91
4.2.2	图形的编辑	98
4.3	图层	121
4.3.1	图层的概念及作用	121
4.3.2	图层的创建及编辑	121
4.3.3	图层的颜色、线型、线宽设置	123
4.3.4	利用工具栏对图层的操作	123
4.3.5	非连续线型外观的修改	124
4.3.6	当前图元对象线型比例的概变	124
4.3.7	图形属性设置	125
4.4	图案填充与编辑	125
4.4.1	图案的填充	125
4.4.2	孤岛与填充方式	127
4.4.3	填充图案的编辑	128
4.5	文字处理	128
4.5.1	单行文字的书写	129
4.5.2	文字式样的定义	131
4.5.3	多行文字的输入	133
4.5.4	文字的编辑修改	134
4.6	图块及外部引用	135
4.6.1	图块	135

4.6.2 图块属性	139
4.6.3 外部引用	143
4.7 尺寸标注	146
4.7.1 尺寸标注方法	146
4.7.2 尺寸样式及其设置	153
4.7.3 尺寸标注的编辑	163
4.8 辅助绘图	164
4.8.1 辅助定位	164
4.8.2 对象捕捉	166
4.8.3 辅助作图	169
4.8.4 夹点编辑方式	171
4.8.5 图形数据的查询	172
第五章 三维几何造型	175
5.1 造型环境设置	175
5.1.1 三维坐标系	175
5.1.2 三维几何造型的观察方法	179
5.2 三维面的创建	183
5.2.1 三维面	183
5.2.2 直纹曲面	184
5.2.3 旋转曲面	184
5.2.4 平移曲面	185
5.2.5 三维基本形体表面	185
5.3 三维实体的创建	186
5.3.1 基本几何实体的创建	186
5.3.2 复杂几何实体的创建	189
5.4 三维实体的编辑与修改	194
5.4.1 三维实体的基本编辑方法	194
5.4.2 三维实体高级编辑	200
5.5 效果图表现技法	204
5.5.1 消隐	204
5.5.2 渲染	205
5.5.3 灯光	207
5.5.4 场景	210
5.6 特征造型法	211
5.6.1 工作界面	211

5.6.2	草图绘制	212
5.6.3	建立特征	215
5.6.4	特征编辑	218
5.6.5	工程图	220
5.5.6	零件装配	224
5.7	造型示例	227
5.7.1	法兰盘造型	227
5.7.2	斜面支架造型	231
5.7.3	旋转槽曲面造型	234
第六章	系统接口与开发	239
6.1	命令组文件	239
6.1.1	命令组文件的加载	239
6.1.2	应用举例	240
6.2	图形交换文件	241
6.2.1	有关命令	241
6.2.2	DXF 文件格式	242
6.3	自定义用户界面	247
6.3.1	菜单文件系统	247
6.3.2	下拉菜单	249
6.3.3	工具栏	251
6.3.4	菜单帮助与加速键	253
6.3.5	菜单样例	254
6.4	LISP 编程开发	256
6.4.1	Auto LISP 语言	257
6.4.2	对话框设计与管理	263
6.4.3	Visual LISP 集成开发环境	270
6.4.4	综合开发举例	274
6.5	VBA 编程开发	278
6.5.1	VBA 介绍	278
6.5.2	VBA 编程基础	279
6.5.3	AutoCAD ActiveX	284
6.5.4	VBA 集成开发环境(IDE)	285
6.5.5	VBA 简例	287
第七章	现代 CAD 技术的发展	291
7.1	集成化设计技术	291

7.1.1 集成化设计的理论与方法	291
7.1.2 集成化研究方向	292
7.1.3 集成设计平台	294
7.2 网络化设计技术	294
7.2.1 网络经与协同设计	294
7.2.2 信息交换与共享	295
7.2.3 协同中的冲突与消解	295
7.3 智能工程	296
7.3.1 知识的表示	296
7.3.2 知识推理	297
7.3.3 基于知识的工程	298
7.4 虚拟设计	298
7.4.1 虚拟现实技术	298
7.4.2 虚拟设计	299

第一章 绪 论

CAD 技术是一项快速发展的新技术,它正在改变着传统的设计方法。应用 CAD 技术可以有效地提高企业产品开发的效率,缩短产品研制周期。CAD 已经成为现代制造业从业者的必备技能。

1.1 CAD 技术的发展及其特点

CAD 是计算机辅助设计(Computer Aided Design)的简称。CAD 是促进科研成果开发和转化、实现设计自动化的关键技术,是提高工程和产品设计水平、缩短科研和新产品开发周期、提高劳动生产率的重要手段,是科研单位提高研发能力、企业提高创新能力和管理水平的重要条件。

众所周知,设计是一个范围广泛的概念范畴,在这个范畴中含有差异颇大的众多成员,如机械设计、建筑设计、产品设计、环境设计、电路设计、视觉传达设计、程序设计、生产流程设计、加工工艺设计等,广义地讲,CAD 就是指利用计算机技术完成设计过程中的信息检索、分析、计算、综合、修改以及文件编制工作。

但是大多数人提到设计这个概念时,首先想到的是机械设计、建筑设计、产品设计等关于形状的设计,而不是程序设计、生产流程设计等关于过程的设计。关于形状的设计是一种造型活动规划,它必须满足功能的、技术的、经济的、美观的等等诸多要求中所指定的各种因素,其中形状的分析、综合、修改以及图纸绘制是最具有设计特色的典型设计环节。尽管计算机辅助完成设计过程中的任何一个设计环节都可以泛称为 CAD,例如内应力计算,但 CAD 的典型含义是计算机辅助含有典型设计环节的设计活动。因此,CAD 是指将产品设计中所涉及到的理论、技术、方法、数据以及设计人员的经验和智慧同计算机强大的功能有机结合起来,以人机交互方式高速度高质量地完成产品设计的一门技术;它涉及计算机科学、计算数学、计算机图形学、数据结构、软件工程、仿真技术、人工智能等学科领域。

1.1.1 CAD 技术的发展

1950 年,麻省理工学院(MIT)在它研制的“旋风”计算机上采用阴极射线管(CRT)做成的图形终端显示出图形。20 世纪 50 年代后半期出现的光笔可拾取

阴极射线管发出的光线。1962年由美国学者 Ivan Sutherland 提出的 Sketchpad 系统,能够在屏幕上进行图形设计与修改。从此掀起了大规模研究计算机图形学的热潮,并开始出现 CAD 这一术语。其后,1964年美国通用汽车公司宣布了它们的 DACS-1 系统,1965年洛克希德飞机公司推出了 CADAM 系统,贝尔电话公司宣布了 GRAPHIC-1 系统等。但由于当时刷新式图形显示器价格十分昂贵,因此 CAD 系统很难普及与推广。60年代后期存储管式显示器以其低廉的价格进入市场,使 CAD 系统的成本一下子下降了许多,变得能为许多企业所接受。于是出现了一批厂商,他们将硬、软件放在一起成套出售给用户,即所谓 Turnkey 系统(译为交钥匙系统),CAD/CAM 开始产业化。整个 70 年代是计算机图形学及计算机绘图获得广泛应用的时代。交互式计算机图形处理日渐成熟,在工业界中日益得到应用,各种论文、文献、教程及学术会议大量涌现。这些系统大多是 16 位机上的三维线框系或二维绘图系统,只能解决一些简单产品的设计问题。进入 80 年代,工业界认识到 CAD/CAM 技术对生产的巨大促进作用,于是在设计与制造方面对 CAD/CAM 销售商提出了各种各样的要求,导致了新理论、新算法的大量涌现,在软件方面做到了将设计与制造的各种单个软件集成起来,使之不仅能绘制工程图形,而且能进行三维造型、自由曲面设计、有限元分析、机构及机器人分析与仿真等各种工程应用。实体造型(Solid Modeling)理论的发展促使许多实体造型系统(表 1-1)出现。与此同时,计算机硬件及输入输出设备也有很大发展,32 位的工作站及微机达到了过去小型机、甚至中型机的性能;价格低廉的彩色光栅图形显示器占据了统治地位,计算机网络获得了广泛的应用。所有这些形成了工作站和网络环境下的高性能的 CAD/CAM 集成系统。

表 1-1 CAD 发展过程

阶 段	时 间	特 征
诞生期	~ 1960	提出 CAD 思想,CAD 系统配置设想。绘图设备出现。
实验期	~ 1970	CAD 试验性系统研制成功。如美国通用汽车的 DAC-1,洛克希德的 CADAM 系统,贝尔的 GRAPHICS-1 系统等。
产业化	~ 1985	专业开发 CAD 系统的公司及国际图形标准出现。二维 CAD 系统实用化,三维曲线、曲面设计应用于飞机、船舶、汽车领域。代表系统有 PLOT-10、CALCOMP、AutoCAD、GKS、CGS 等,表现为高端设计、低端绘图的应用特征。
产品升级	~ 1995	随着图形处理问题的完善,计算机硬件性价比大幅提高,软件理论的成熟,应用于低端硬件的三维 CAD 系统不断涌现,如 UGII、PRO/E、Solid Work 等。
应用普及	~ 现在	基于三维造型系统的结构设计、有限元仿真分析、机构运动分析等数字设计分析手段正在成为设计人员的有力工具,CAD/CAM/CAE 集成化设计方法正在取代传统的产品设计开发模式。

CAD 这一新兴学科能充分运用计算机高速运算和快速绘图的强大功能为工程设计及产品设计服务,因而发展迅猛,目前已在机械、建筑、轻纺、铁道、航空

航天、石油化工等行业得到普遍应用。CAD 技术之所以在短短的 30 年内发展如此迅速,是因为它是人类在 20 世纪取得的重大科技成就之一,它几乎推动了一切领域的设计革命,彻底改变了传统的手工绘图方式,极大地提高了产品开发的速度和精度,使得科技人员的智慧和能力得到了延伸。据 1989 年美国国家工程科学院对人类 25 年间(1965 - 1989)当代十项最杰出工程技术成就进行评比的结果显示,CAD 技术的开发应用排在第 4 位。

应用 CAD 技术来进行产品设计,能使设计、生产、维修工作快速而高效率进行,所带来的经济效益是十分明显的。例如:过去生产一个大规模集成电路芯片,要花两年时间,用 CAD 只要两周即可完成;美国道格拉斯公司生产 F15 战斗机,用 CAD 技术试制第一架飞机便解决了发动机气道和机舱藏密封等关键问题;哥伦比亚航天飞机表面防热系统的成功组装,也是采用 CAD 技术的成功典范;英国的三叉戟飞机比美国的波音 747 飞机早开工,却晚一年完成,其原因就是美国的 747 采用了 CAD 技术;美国 GM 公司汽车设计中应用 CAD 技术,使新型汽车的设计周期由 5 年缩短为 3 年,新产品的可信度由 20% 提高到 60%;法国一家公司在飞机设计中应用了 CAD 技术能在很短的时间内设计出几十个方案,供用户进行选择,使新产品的性能提高了 9%;以前波音公司的飞机维修手册叠在一起有 3 米多厚,而现在一张光盘上可储存 1 000 多张图样信息,如此等等,都是采用 CAD 技术的结果。

CAD 技术大发展与应用水平已经成为衡量一个国家的科学技术现代化和工业现代化的重要标志之一。世界各国对 CAD 新技术的研究和应用十分重视,已经推出了各种可供应用的 CAD 设计绘图系统,充分显示了这一新技术在设计生产领域中的优势和广阔的应用前景。因为当今世界工业产品的市场竞争,归根结底是设计手段和设计水平的竞争,任何工业产品要在世界市场占有一席之地,不采用 CAD 技术是不可行的。

1.1.2 机械 CAD 的特点与应用

1. 机械产品设计过程

机械产品设计的一般过程可以概括如下:

(1) 确立设计任务。企业根据市场需求提出产品开发任务,设计者将这种需求转化为某种功能装置,提出设计任务是设计的第一步。根据设计任务,通过对现有资料的检索及调研,确定详细的量化设计指标。

(2) 方案设计。在满足设计要求的前提下,由设计人员构思若干可行的方案,优选出一个功能满足要求、工作原理可靠、结构设计可行、成本低廉的方案,并以总体布局的方案图或原理图表现出来。

(3) 详细设计。在方案设计的基础上完成产品的总体设计、部件设计和零

件设计。经具体的受力、变形、静态、动态分析计算,确定零部件的几何形状及结构,绘制工程图样,提交设计计算书。

(4) 工艺方案设计。按照具体加工条件、材料条件、经济性等因素,在工作图的基础上进行工艺设计、工夹具设计等,拟订加工工艺方案、绘制加工工序图。

(5) 修改设计。由加工制造、样机试验或现场试用过程中发现的问题反馈给设计人员,修改设计或重新设计,直至产品被市场接受。

以上每个阶段,常需要多次反复。其中的许多工作是重复性计算、检索数据、查阅标准和规范,修改各阶段的图纸和设计说明书,工作量占总设计时间的70%以上。CAD 将人与计算机的特长结合起来:计算机进行信息加工、管理和交换,而设计人员进行构思、判断和决策。由计算机对大量设计资料进行检索,根据设计要求进行计算及优化设计,将初步设计结果图示出来,由设计人员提出修改方案,改变设计参数,重新计算直至最终结果达到设计要求。因此,基于 CAD 的产品设计包括以下三方面的基础:

(1) 产品设计数据库。产品设计数据库存储某类产品设计时所需的各种信息,如有关标准、线图、表格、计算公式等。数据库可供 CAD 作业时检索和调用,也便于数据的管理及数据资源的共享。

(2) 结构图形库。结构图形库可进行二维、三维图形的信息处理,能绘制工程设计图样、函数曲线,可进行图形变换和投影变换、三维几何造型和形体的真实感处理。

(3) 应用程序库。应用程序库汇集某一类产品设计中的设计计算程序。如传动效率计算、机构载荷计算、结构优化设计、系统振动分析等程序。

2. 机械 CAD 特点

(1) 分析计算与结构设计相统一,使产品性能达到最优。

设计需要使用很多公式、图表求取设计参数;运用系统分析方法,认识产品的整体性能。这些分析计算结果将对产品的最终形式产生直接影响。而产品的结构也将影响设计公式、图表的选取、系统分析方法。因此,二者之间的相互作用使设计方案得到优化。

(2) CAD 系统具有强有力的图形处理和数据处理功能。

图形和数据是设计过程中信息存在与交流的主要形式。图形处理系统和数据库是 CAD 系统顺利作业的基础。利用机械 CAD 系统进行产品开发时,图形处理系统为设计者生成设计模型,并从不同角度,按三视图、剖面图、透视图的形式显示出来,让设计者确认或及时修改,这些图形信息可存于图形数据库中,供随时调用,也可以由自动绘图机输出作为生产图纸。数据库存储 CAD 作业所作的分析计算数据资料,能对分析计算结果进行信息再加工,其结果可供设计人员修改设计时参考。因此,图形处理能力和数据库功能的强弱是衡量一个 CAD 系

统性能的重要指标。

(3) CAD/CAM 一体化,大大降低产品成本。

CAD 系统可以迅速地完成设计过程中的各种繁重而费时的的工作,如复杂的分析计算,繁重而费时的绘图劳动等,因此可以大大缩短设计周期,并提高设计质量。据统计,CAD 可以使机械产品的设计周期缩短 66% - 80%,工艺周期缩短 80% - 90%,基建费用降低 10% - 30%,经济效益提高 10% - 25%。由于计算机还可直接输出数控加工纸带,因此,CAD 系统可以与 CAM 联成一体,从而实现设计制造一体化,大大降低产品研发费用。

3. 机械 CAD 技术的应用

机械 CAD 技术主要应用在以下几方面:

(1) 二维绘图。这是最普遍最广泛的一种应用,用来代替传统的手工绘图。

(2) 图形及符号库。将复杂图形分解成许多简单图形及符号,先存入库中,需要时调出,经编辑修改后插入到另一图形中去,从而使图形设计工作更加方便。如管路图、液压系统图。

(3) 参数化设计。标准化或系列化的零部件具有相似结构,但尺寸需经常改变,采用参数化设计的方法建立图形程序库,用一组新的尺寸参数就能生成一个新的图形。

(4) 三维造型。采用实体造型设计零部件结构,经消隐及着色等处理后显示物体的真实形状,还可作装配及运动仿真,以便观察有无干涉等。

(5) 工程分析。常见的有:有限元分析、优化设计、运动学及动力学分析等。此外针对某个具体设计对象还有它们自己的工程分析问题,如滚动轴承的接触问题、铸造中的冷却问题等。

(6) 设计文档及报表生成。许多设计属性需要制成文档说明或输出报表,有些设计参数需要用直方图或曲线图等来表达。这些工作常由一些专门的软件来完成,如文档制作软件及数据库软件等。

1.2 CAD 系统组成

CAD 系统包括硬件系统和软件系统两大部分。硬件系统是计算机辅助设计技术的物质基础;软件系统是计算机辅助设计技术的核心,它决定了系统所具有的功能。

1.2.1 CAD 硬件系统

1. 系统的基本构成及分类

CAD 系统的硬件一般由计算机主机、常用外围设备、图形输入设备和图形

输出设备组成。图形输入和输出设备的种类很多,可以根据实际需要进行选配。现代 CAD 系统均为交互系统,交互是靠用户操作图形输入设备来实现的。常用的 CAD 硬件系统总体结构配置一般有单机式系统和 workstation 网络系统两类。

单机式系统模式(如图 1-1 所示)为单用户单任务环境,主机常采用微机,通常只配一个图形终端,以保证对操作命令的快速响应。由于微机在速度、精度、内外存容量等方面已能满足 CAD 应用

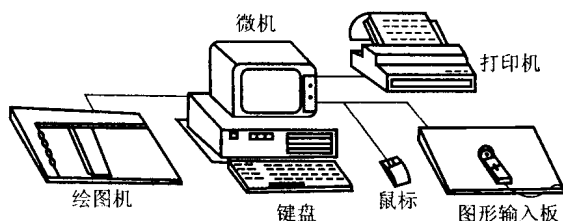


图 1-1 单机式 CAD 系统模式

的要求,因此微机系统在中小型企业中得到了广泛的应用。

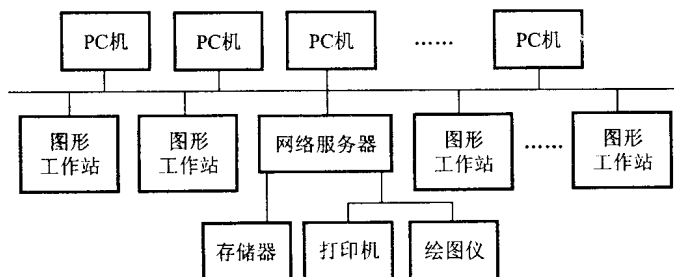


图 1-2 工作站网络 CAD 系统模式

工作站网络系统(如图 1-2 所示)以开放式标准化的功能向用户提供有效的网络接口,操作系统也包含了完整的网络功能,并以标准的通信协议为基础。同时它还提

了一系列的数据通信功能,使工作站可与各类计算机连接工作。这保证了用户无论在什么地方,都可以利用网络中的程序、数据和设备,真正实现了资源共享。

2. 图形输入设备

在计算机辅助设计中,图形输入设备是人与计算机进行通讯的重要设备。早期使用的图形和数据输入设备是键盘、光笔、操纵杆和跟踪球等,现在普遍使用的图形输入设备主要有鼠标、数字化仪、图形输入板、扫描仪等。

(1) 鼠标(mouse): 鼠标结构简单、价格便宜,可以方便地进行定位,目前已成为计算机操作中使用频率最高的外部设备。移动鼠标可以驱动光标在图形显示器的屏幕上运动,用于拾取坐标点或选择菜单命令等。

(2) 数字化仪(digitizer): 将图形的坐标数据输入到计算机中是件令人头痛的事,尤其在图形比较复杂的情况下,靠人工读坐标点的方法往往容易出错。借助于坐标数字化仪,用游标来拾取图形坐标和命令,就可以使这项工作大大简化。

数字化仪由一块平面输入板和可以在平板上移动的游标定位器组成,目前常用的是电磁感应式数字化仪,如图 1-3 所示。

电磁感应式数字化仪台板下面覆盖了一层用印刷线路的方法制成很密的网状金属线基体,构成感应阵列。游标上有一检测线圈,它将交流信号施加于网络金属线上,当游标触及数字化仪台板时,在游标的线圈内产生磁通,于是在台板下的纵横两根金属线上产生感应电压。由于不同的金属线代表了不同的 X 、 Y 坐标位置,当金属线上的感应电压信号输入到计算机系统,就获得了相应游标所在的精确位置,同时显示在屏幕上。将游标在数字化仪台板上移动,对准图纸的某一个位置,按动游标的按钮,就可以将该点的坐标输入到计算机或选择该位置的功能菜单。

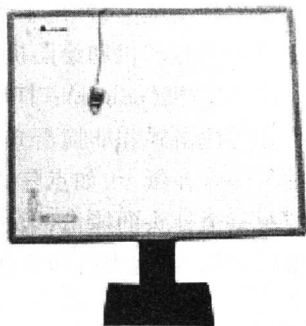
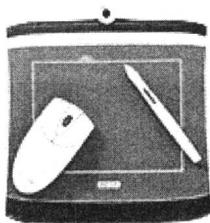


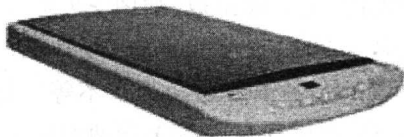
图 1-3 数字化仪

(3) 图形输入板(tablet):主要用于交互设计。图形输入板是一种在结构和



原理上都类似于数字化仪的输入设备,只是面积比较小,常见的面积是 $280\text{ mm} \times 280\text{ mm}$,如图 1-4 所示。这种设备配有特制的感应触笔,操作时,靠笔上的压力敏感开关接通电路,输入所在位置。

(4) 扫描仪(scanner):扫描仪是直接把图形或图像扫描到计算机中,以像素信息进行存储表示的设备,如图 1-5



所示。扫描仪综合了光电机机械电子技术,并通过与矢量转换软件结合,提供了一系列光栅格式与矢量格式的转换功能,以便存储和修改。

矢量化扫描系统工作时,首先用扫描仪扫描图纸,得到一个光栅文件,接着进行矢量化处理,变成一种格式紧凑的二进制矢量文件,然后再针对某种 CAD 系统进行矢量文件的格式转换,变成该 CAD 系统可以接受的文件格式,最后输出矢量图。

图 1-5 扫描仪

3. 图形显示设备

显示器是 CAD 系统中必备的图形输入输出设备,大多采用阴极射线管。阴极射线管显示器根据工作原理可分为三类:随机扫描刷新式显示器、存储管式显示器以及光栅扫描式显示器。目前 PC 机及其他计算机上使用最普遍的显示器是光栅扫描式显示器。此外还有液晶显示器和等离子显示器,它们体积小、功耗少,主要用于笔记本式计算机。

4. 绘图输出设备

图形显示设备只能在屏幕上显示图形,但 CAD 系统最终还必须将设计好的

图形输出到图纸上,产生工程图纸。这类输出设备统称为硬拷贝机,常用的图纸输出设备有打印机和绘图机两种。

1) 打印机(printer): 打印机是廉价的产生图纸的硬拷贝设备,从机械动作上可分为撞击式和非撞击式两种,如图 1-6 所示。撞击式打印机使字符或图形通过色带印在纸上,如点阵式打印机,打印头分别有 9、24、32 针等几种,由计算机控制每个针头的撞击,通过色带印在纸上。非撞击式打印机采用激光打印机、喷墨打印机等,这类打印机速度快、无噪声。

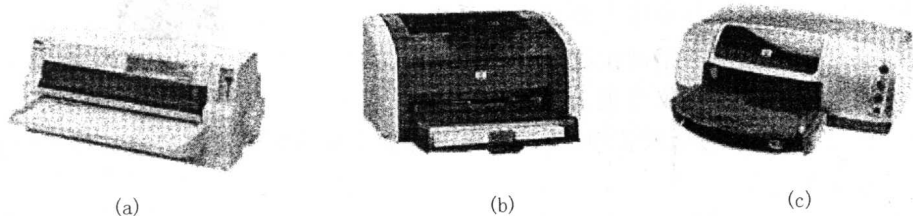


图 1-6 打印机

(a) 点阵式打印机; (b) 激光打印机; (c) 喷墨打印机

2) 绘图机(plotter): 绘图机是一种高速、高精度的图形输出设备,按其工作方式可分为平板式和滚筒式两种。

(1) 平板式绘图机

平板式绘图机由绘图平台、导轨、驱动机构、笔架等组成,如图 1-7 所示。平台板面从 200 mm × 300 mm 到 1 800 mm × 5 500 mm,甚至长达几十米不等。机械传动的绘图机具有 X 和 Y 向两组导轨,横梁可沿 X 向导轨移动,笔架则沿固定在横梁上的 Y 向导轨移动,它们均由步进电机驱动,传动装置一般用钢丝绳或齿轮齿条。

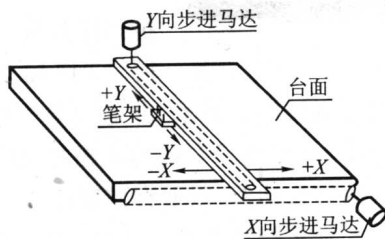


图 1-7 平板式绘图机

平板式绘图机的特点是绘图纸平铺在绘图平台上,精度高、速度快。由于绘图纸完全平铺在平台上,因此便于设计人员监视绘图过程,但是其结构复杂、占地面积大、价格比较贵。

(2) 滚筒式绘图机

滚筒式绘图机由笔架、卷筒、走纸机构、驱动机构等组成,是用两只步进电机分别带动绘图纸和绘图笔运动从而产生图形轨迹。其主要特点是将横梁沿 X 方向的运动,由卷筒带动纸的运动来实现,如图 1-8 所示。

滚筒式绘图机的特点是结构简单、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,并且滚筒式绘图机工作时图纸不停地上下运