

21世纪

高等院校计算机系列规划教材

# 计算机辅助设计与绘图

## (AutoCAD 2011版)

主 编 王喜仓 刘 勇  
副主编 谭 姝 于利民



中国水利水电出版社  
www.waterpub.com.cn



## 内 容 提 要

本书是山东省高等教育面向 21 世纪教学内容和课程体系改革立项教材。全书共 10 章，主要内容包括：计算机绘图系统简介、AutoCAD 绘图系统、绘图入门、绘图命令、编辑命令、尺寸标注、图形的显示与图层、块与外部参照、绘制三维实体、图形输出；为了学习方便，本书讲解了大量工程图例的绘制方法和步骤，书中采用 AutoCAD 2011 绘图软件。

本书适合作为高等院校工程技术各专业学生学习计算机绘图课程的教材，同时也可作为工程技术人员以及教师学习计算机绘图的参考书。

本书配有免费电子教案，读者可以从中国水利水电出版社网站以及万水书苑下载，网址为：<http://www.waterpub.com.cn/softdown/>或 <http://www.wsbookshow.com>。

## 图书在版编目 (C I P) 数据

计算机辅助设计与绘图：AutoCAD 2011 版 / 王喜仓，刘勇主编. -- 北京：中国水利水电出版社，2010. 8  
21 世纪高等院校计算机系列规划教材  
ISBN 978-7-5084-7709-1

I. ①计… II. ①王… ②刘… III. ①计算机辅助设计—应用软件，AutoCAD 2011—高等学校—教材 IV. ①TP391.72

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 138090 号

策划编辑：雷顺加

责任编辑：宋俊娥

封面设计：李 佳

书 名	21 世纪高等院校计算机系列规划教材 计算机辅助设计与绘图 (AutoCAD 2011 版)
作 者	主 编 王喜仓 刘 勇 副主编 谭 姝 于利民
出版发行	中国水利水电出版社 (北京市海淀区玉渊潭南路 1 号 D 座 100038) 网址: <a href="http://www.waterpub.com.cn">www.waterpub.com.cn</a> E-mail: <a href="mailto:mchannel@263.net">mchannel@263.net</a> (万水) <a href="mailto:sales@waterpub.com.cn">sales@waterpub.com.cn</a> 电话: (010) 68367658 (营销中心)、82562819 (万水)
经 售	全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	北京万水电子信息有限公司
印 刷	北京蓝空印刷厂
规 格	184mm×260mm 16 开本 11.25 印张 271 千字
版 次	2010 年 8 月第 1 版 2010 年 8 月第 1 次印刷
印 数	0001—4000 册
定 价	19.00 元

凡购买我社图书，如有缺页、倒页、脱页的，本社营销中心负责调换

版权所有·侵权必究

# 前 言

本书是山东省高等教育面向 21 世纪教学内容和课程体系改革立项教材。

随着计算机与图形设备的日益普及与发展,计算机辅助设计(CAD)、辅助绘图(CG)、辅助制造(CAM)等在各行各业得到了广泛的应用。在工程制图的教学内容、教学模式上也从过去的手工仪器绘图为主,逐步过渡到手工仪器绘图与计算机绘图并存,并以计算机绘图为主的新教学模式。我们正是顺应这种教学改革趋势,在集合编者多年教学改革经验基础上,编写了这本《计算机辅助设计与绘图(AutoCAD 2011 版)》教材,本书适应的学时数为 30~50 学时。

本书主要有以下特点:

(1) 在教材内容的结构体系上,根据学生学习计算机绘图技术的思维特点,更好地调整、安排系统的内容顺序,使学生边学习理论知识,边上机实践,以利于教学和学习。

(2) 在内容的安排上,突出基本内容的学习和操作技能的培养,内容精练,图文并茂,通俗易懂,力求做到少而精,针对性强,简练实用。

(3) 本书在绘图软件选择方面,选用了目前最新版本 AutoCAD 2011。

本书由王喜仓、刘勇任主编,谭姝、于利民任副主编,由山东工程图学会理事长、山东大学教授范波涛主审。主要编写人员有王喜仓(绪论、第 1 章、第 3 章)、刘勇(第 2 章)、谭姝(第 4 章)、于利民(第 5 章)、许淑珍(第 6 章)、耿相军(第 7 章)、柳同音(第 8 章)、焦培刚(第 9 章)、张春娥(第 10 章)。参加大纲讨论及部分章节编写工作的还有阎金铭、乔向明教授等,在此表示感谢。

本书在编写过程中,得到了所在单位有关领导及工程图学教师的支持与帮助,在此表示衷心的感谢。

由于编者水平所限,书中难免有错误与不当之处,敬请读者给予批评指正。

编者

2010 年 6 月



81	命令 (PEDIT) 编辑多段线	2.2.11
82	命令 (DDEDIT) 编辑文字	2.2.12
83	命令 (MLEEDIT) 编辑样条	2.2.13
83	命令 (MTEXT) 编辑多行文字	2.2.14
83	命令 (MTEXT) 编辑多行文字	2.2.15
<b>前言</b> ..... 2.2.15		
<b>绪论</b> ..... 1		
88	一、计算机绘图的概念	1
88	二、计算机绘图的特点与学习方法	1
89	三、计算机绘图的发展概况	1
<b>第1章 计算机绘图系统简介</b> ..... 4		
89	1.1 计算机绘图系统的组成	4
89	1.1.1 计算机绘图系统概述	4
89	1.1.2 计算机绘图系统的功能	4
89	1.1.3 常用图形输入和输出设备	5
89	1.2 常用的几种计算机绘图系统软件的特点	7
89	1.2.1 AutoCAD 2011 的主要特点	7
90	1.2.2 CAXA 电子图板的主要特点和功能	8
90	习题	10
<b>第2章 AutoCAD 绘图系统</b> ..... 11		
90	2.1 AutoCAD 概述	11
90	2.2 AutoCAD 的基本操作	12
101	2.2.1 启动 AutoCAD	12
101	2.2.2 AutoCAD 窗口操作	13
101	2.2.3 常用功能键	15
102	2.3 图形文件的使用	15
101	2.3.1 用新建 (NEW) 命令建立一幅新图	15
101	2.3.2 打开一幅旧图	16
101	2.3.3 保存图形	16
101	2.3.4 关闭图形	17
101	2.3.5 快捷菜单的使用	17
101	习题	19
<b>第3章 绘图入门</b> ..... 20		
103	3.1 国家标准《工程制图》的有关规定设置	20
101	3.1.1 图纸幅面的设置	20
111	3.1.2 文字样式	21
111	3.1.3 图层、线型、颜色、线宽的设置	21
111	3.1.4 设置尺寸标注样式	25
112	3.2 基本绘图命令	27
111	3.2.1 直线 (LINE) 命令	27

112	3.2.2 矩形 (RECTANGLE) 命令	28
112	3.2.3 画圆 (CIRCLE) 命令	29
112	3.2.4 圆弧 (ARC) 命令	29
112	3.3 基本编辑命令	30
112	3.3.1 选择对象	30
112	3.3.2 删除 (ERASE) 命令	32
112	3.3.3 移动 (MOVE) 命令	32
112	3.3.4 复制对象	32
112	3.3.5 偏移 (OFFSET) 命令	34
112	3.3.6 修剪 (TRIM) 命令	35
112	3.4 精确绘图	35
112	3.4.1 调整捕捉和栅格对齐方式	35
112	3.4.2 捕捉对象上的几何点	37
112	3.4.3 使用自动追踪	38
112	3.5 基本尺寸标注	40
112	3.5.1 尺寸标注的组成及类型	40
112	3.5.2 基本尺寸标注命令	40
112	3.6 屏幕显示	43
112	3.6.1 实时缩放和平移	43
112	3.6.2 定义缩放窗口	44
112	3.6.3 显示前一个视图	44
112	3.6.4 按比例缩放视图	44
112	3.6.5 显示图形界限和范围	44
112	3.7 实训	45
112	3.7.1 基本操作练习	45
112	3.7.2 简单平面图形作图	47
112	习题	48
<b>第4章 绘图命令</b> ..... 51		
112	4.1 绘椭圆和椭圆弧	51
112	4.1.1 绘制椭圆	51
112	4.1.2 绘制椭圆弧	51
112	4.2 绘制等边多边形	52
112	4.3 多段线和多线	53
112	4.3.1 多段线 (带宽度的实体)	53

4.3.2	多线	54	5.2.11	多段线编辑 (PEDIT) 命令	81
4.4	绘制样条曲线	57	5.2.12	文字编辑 (DDEDIT) 命令	82
4.5	绘制点	58	5.2.13	多线编辑 (MLEEDIT) 命令	83
4.5.1	绘制单点或多点	58	5.2.14	图案填充编辑	85
4.5.2	绘制等分点	58	5.2.15	对象特性	85
4.5.3	绘制测量点	59	5.3	实训	86
4.6	AutoCAD 的图案填充	59	5.3.1	绘制平面图形	86
4.6.1	定义图案填充边界	59	5.3.2	三视图的绘制方法和步骤	89
4.6.2	图案填充的操作	59	习题		92
4.6.3	剖面线填充示例	61	第 6 章	尺寸标注	95
4.7	绘圆环或填充圆	62	6.1	尺寸标注的基本方法	95
4.7.1	绘制圆环	62	6.1.1	尺寸标注的组成及类型	95
4.7.2	绘制填充圆	62	6.1.2	尺寸标注 (DIM) 命令	95
4.8	文字标注	63	6.2	尺寸变量	98
4.8.1	设置文字样式	63	6.2.1	尺寸变量显示 (STATUS) 命令	98
4.8.2	单行文字的输入	63	6.2.2	尺寸变量的改变	98
4.8.3	多行文字	66	6.3	尺寸的标注编辑	100
4.9	表格	66	6.3.1	用特性管理器修改尺寸特性	100
4.9.1	创建表格样式	66	6.3.2	编辑尺寸 (DIMEDIT) 命令	100
4.9.2	插入表格	68	6.3.3	尺寸标注的编辑	100
4.10	实训	69	6.3.4	修改尺寸文本的位置	101
4.10.1	平面图形作图	69	6.3.5	更新标注 (UPDATE) 命令	101
4.10.2	绘制剖视图	71	6.4	实训	102
习题		72	习题		103
第 5 章	编辑命令	75	第 7 章	图形的显示与图层	105
5.1	图形编辑的选择方式	75	7.1	图形显示	105
5.1.1	对象选取方法	75	7.1.1	图形缩放 (ZOOM) 命令	105
5.1.2	对话框确定选择目标	75	7.1.2	平移 (PAN) 命令	105
5.2	图形编辑命令	75	7.1.3	重画 (REDRAW) 与 重生 (REGEN) 命令	105
5.2.1	旋转 (ROTATE) 命令	76	7.1.4	图形信息的查询	106
5.2.2	镜像 (MIRROR) 命令	77	7.2	图层、线型和颜色命令	106
5.2.3	比例 (SCALE) 命令	77	7.2.1	图层	106
5.2.4	阵列 (ARRAY) 命令	77	7.2.2	线型 (LINETYPE) 命令	109
5.2.5	拉伸 (STRETCH) 命令	79	7.2.3	颜色 (COLOR) 命令	111
5.2.6	延伸 (EXTEND) 命令	79	7.3	实训	113
5.2.7	断开 (BREAK) 命令	79	7.3.1	图层、线型、颜色综合应用	113
5.2.8	圆角 (FILLET) 命令	80	7.3.2	房屋平面图的绘制方法和步骤	114
5.2.9	倒角 (CHAMFER) 命令	80	7.3.3	断面图的绘制方法和步骤	117
5.2.10	打散 (EXPLODE) 命令	81			

习题	118	9.3.1 等轴测图的绘制	143
第8章 块与外部参照	120	9.3.2 三维实体绘制	143
8.1 块的生成和使用	120	9.4 三维实体的编辑	146
8.1.1 块的定义	120	9.4.1 三维实体的剖切与圆滑	146
8.1.2 块的使用	121	9.4.2 布尔运算	147
8.2 块属性及其应用	124	9.4.3 三维阵列	148
8.2.1 建立块属性	124	9.5 三维表面的绘制	148
8.2.2 插入带有属性的块	125	9.5.1 基本形体表面绘制	148
8.2.3 抽取属性数据	126	9.5.2 绘制三维面 (DFACE)	149
8.3 外部参照	127	9.5.3 绘制直纹面	149
8.3.1 外部参照	127	9.5.4 绘制旋转曲面	149
8.3.2 附着外部参照	129	9.6 三维图形的视觉处理	150
8.3.3 绑定外部参照	129	9.6.1 三维图形的消隐	150
8.4 实训	129	9.6.2 三维图形的视觉样式	150
8.4.1 工程图的绘制方法和步骤	129	9.6.3 渲染	152
8.4.2 标准件绘制方法和步骤	132	9.7 实训	157
8.4.3 由零件图拼画装配图	133	习题	161
习题	137	第10章 图形输出	164
第9章 绘制三维实体	140	10.1 打印图形	164
9.1 坐标系的建立	140	10.1.1 打印样式	164
9.1.1 用户坐标系 UCS 命令	140	10.1.2 样式管理器	165
9.1.2 管理已定义的 UCS	141	10.1.3 打印样式表编辑器	165
9.2 三维图形显示	141	10.1.4 打印输出	166
9.2.1 轴测视图和正交视图	142	10.2 图形格式转换	168
9.2.2 视点 (VPOINT)	142	10.3 实训	168
9.2.3 动态观察 (3D orbit)	142	习题	169
9.3 三维图形绘制	143	参考文献	171

## 绪 论

### 一、计算机绘图的概念

计算机绘图也称为计算机图形学, 英文名为 Computer Graphics, 简称 CG, 是应用计算机及图形输入、输出设备, 实现图形显示、辅助绘图及设计的一门新兴边缘学科。它建立在图形学、应用数学及计算机科学三者有机结合的基础上, 其研究内容和应用范围正在不断拓展。在人类的生产活动及正常生活中, 经常需绘制各种图样、图表、美术图案、动画及广告等。手工绘图是一项细微而繁重的劳动, 不仅效率低, 劳动强度大, 而且绘图精度不能保证。特别是随着现代科学技术的发展, 对绘图精度的要求越来越高, 同样也越来越复杂, 如超大规模集成电路掩膜图、印刷电路板的布线图、航天飞机及宇宙空间飞行器复杂曲面外壳等, 这些用手工绘图是无法完成的, 而且现代社会竞争激烈, 要求产品更新换代十分迅速, 就要求产品设计绘图必须高效完成。因此利用计算机的高速运算及数据处理能力, 实现计算机绘图 CAG 与计算机辅助设计 CAD 和计算机辅助制造 CAM 的联系, 是现代科学技术发展的必然趋势。

### 二、计算机绘图的特点与学习方法

计算机绘图简单地讲就是应用计算机将数据转换为图形, 并在绘图设备上进行图形显示或绘制的一门学科。它是一门空间概念和实践性都很强的课程, 涉及到多门学科知识, 如工程学科的专业知识、图学基础、数学基础、程序设计、计算机基础等。通过该课程的学习, 培养学生的空间思维、创新思维能力, 及看图、绘图与工程设计的能力。

在学习计算机绘图时, 要明确学习的目的, 做到“学以致用”, 学习是为了在实践中使用计算机绘图这一先进技术, 提高工作效率, 把设计和绘图从繁重的手工劳动中解脱出来。因此, 在计算机绘图的学习中应注意以下几点:

- (1) 要熟悉计算机设备的使用和细心的上机操作。
- (2) 要勤于空间构思和绘图的使用技巧。
- (3) 要及时总结、积累经验、提高绘图效率。
- (4) 要结合测绘、课程设计、毕业设计和实际课题的应用, 取得实际效果。

### 三、计算机绘图的发展概况

计算机绘图起源于 20 世纪 50 年代, 首先从美国开始。1950 年, 第一台图形显示器作为美国麻省理工学院 (MIT) 旋风 15L (whirlwind I) 计算机的外围设备诞生了, 它只能显示一



些简单的图形。由于受到计算机技术的限制而发展缓慢,进入 80 年代以后,计算机技术突飞猛进,特别是微机和 workstation 的发展和普及,再加上功能强大的外围设备,如大型图形显示器、绘图仪、激光打印机的问世,极大地推动了 CAG/CAD 技术的发展,CAD 技术已进入实用化阶段,广泛服务于机械、电子、宇航、建筑、纺织等产品的总体设计、造型设计、结构设计、工艺过程设计等环节。

早期的计算机绘图主要是静态的,人们根据要求,用高级语言编程,然后将程序输入计算机进行编译、连接,将输出的目的程序由绘图机执行并输出图形。人们无法干预执行过程,因为图形不能预先显示在屏幕上进行修改,所以输出设备主要以绘图机为标志。70 年代,由于人机对话式的交互图形系统逐步开始应用,推动了图形输入与输出设备的更新与发展,各国开始研制各种类型的显示设备,从 20 世纪 60 年中期的随机扫描显示器发展到 20 世纪 60 年代后期的存储管式显示器。20 世纪 70 年代中期,基于电视技术的光栅扫描图形显示器取代了以前落后的显示器。

图形输入设备也在不断更新。早期的光笔、操纵杆、跟踪球已逐渐被光电式鼠标代替。而在交互式计算机绘图中,屏幕菜单由于受到屏幕尺寸的限制,在屏幕上只能显示出全部菜单的一小部分,用户操作时必须不断切换菜单,寻找所需的指令,操作繁琐。因此,图形输入板与数字化仪成为交互式计算机绘图系统必不可少的输入设备。

图形输出设备一般为绘图机。1952 年美国 Gerber 仪器公司根据麻省理工学院的一台三维坐标数控铣床的工作原理,研制出了世界上第一台平台式自动绘图机。我国绘图机的研制是从 1967 年开始的,1969 年上海自动化仪表二厂生产出 LZ-5 型平台小型绘图机,相当于 A1 图面。近年已有数十家生产绘图机,并以大型为主,A0 彩色喷墨滚筒式绘图机已批量生产。

计算机绘图的应用促进了计算机绘图教育的发展,国家教委在各类专业工程制图课程基本要求中明确规定了计算机绘图的教学内容。各学校根据各专业培养目标要求确定相应计算机绘图的教学内容和时数,有的在工程制图课中为一章内容,有的则单独设课。由于现代各类工程设计均对图纸提出更高的要求,计算机绘图技术已成为工程技术人员必须掌握的一种技能。

近十年来,由于汽车、飞机、船舶、道桥、建筑、测绘等高技术重要工业和科研部门对计算机绘图这一新技术的促进和需要,许多国家在图形处理和绘图软件研究方面已取得很大成就,形成了一批高技术、高质量、使用简便,且适合不同专业绘图特点所需要的绘图软件,实现了工程设计、绘图、生产的自动化,计算机绘图已进入高技术实用阶段。

#### 1. 由静态绘图向动态方向发展

在交互式绘图中,不仅可以在屏幕上对图形进行修改、删除、编辑等,还可以进行动态分析,不仅对产品设计造型结构的优选提供动态变化依据,而且广泛应用于建筑、地震、体育动作等的分析预测中。

#### 2. 由二维图形软件向三维实体造型方向发展

目前在计算机上使用的软件包已从仅能表示空间设计对象的某个方向投影向空间三维实体造型功能方向发展,并能对所画空间形体进行修改及编辑,现已研制的激光全息三维造型系统,可以从不同角度观测,形成明暗度鲜明、色彩逼真的实体图像,再从三维图形自动生成二维视图、剖视图和剖面图等。



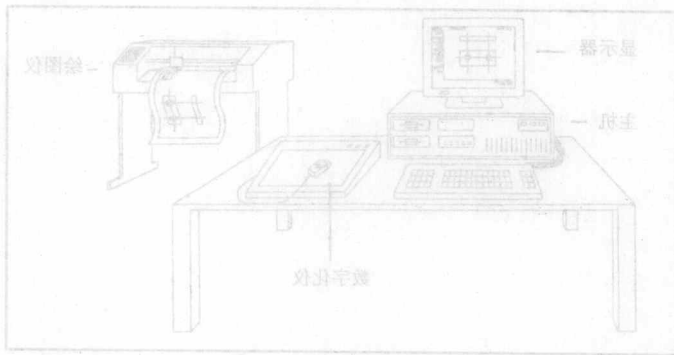
### 3. 向 CAD、CAM、CAG 三者一体化方向发展

研制一项新产品的生产过程，一般应是对产品进行科学计算，提出各种设计方案，进行优选，然后定型，绘出图纸，进行加工组装。现在 CAD/CAM 系统的软件包已可以完成产品的几何造型、设计、绘图、分析直至最后形成数控加工带。因此，从产品设计、造型、图纸生成，到指挥数控机床的加工等全部由计算机处理完成，使计算机辅助设计、计算机绘图、计算机辅助制造合为一体。

## 如朕的叁系图会屏算机 1.1

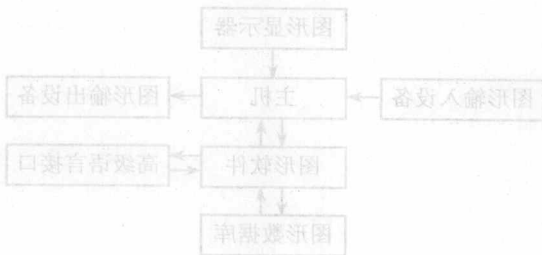
### 叁系图会屏算机 1.1.1

如朕的叁系图会屏算机由要主叁系图会屏算机示图 1-1 图成，各各出能味入能识图，各各暗代能要必其及屏算机部要主叁系图会屏算机



叁系图会屏算机 1-1 图

显示，叁系图会屏算机出能识图味入能识图，各各暗代能要必其及屏算机部要主叁系图会屏算机



叁系图会屏算机 1-1 图

显示，叁系图会屏算机出能识图味入能识图，各各暗代能要必其及屏算机部要主叁系图会屏算机

### 叁系图会屏算机 1.1.1

显示，叁系图会屏算机出能识图味入能识图，各各暗代能要必其及屏算机部要主叁系图会屏算机

# 第 1 章 计算机绘图系统简介

计算机绘图系统是指能用计算机和外部设备输入数据和图形信息，进行运算并在计算机屏幕上或其他外部设备上进行图形输出的一整套设备及其应用软件。因此，计算机绘图系统是一个以计算机为主的系统，它除了有计算能力之外，还应具有产生图形的能力。

## 1.1 计算机绘图系统的组成

### 1.1.1 计算机绘图系统概述

计算机绘图系统主要由硬件和软件组成。

硬件系统主要包括计算机及其必要的外部设备、图形输入和输出设备等，如图 1-1 所示。

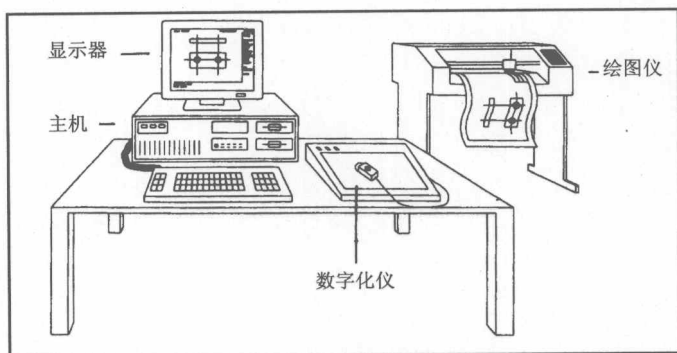


图 1-1 计算机绘图系统

软件系统是指能使计算机进行编辑、编译、计算和实现图形输出的信息加工处理系统，通常分为三部分：应用程序、数据库和图形系统。应用程序将信息存入数据库或从数据库中提取信息，向图形系统传送图形命令，说明物体的几何特征，并要求图形系统读取输入设备的值，将一系列画图子程序转换成图形，显示在终端上。数据库则用以保存被显示物体的信息。图形系统应是能提供对图形的数据描述，包括物体的几何坐标数据，物体的属性及物体各部分连接关系的坐标数据。一个完整的计算机绘图系统的组成及相互关系如图 1-2 所示。

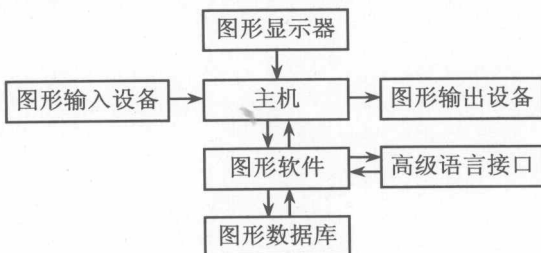


图 1-2 计算机绘图系统

### 1.1.2 计算机绘图系统的功能

根据计算机绘图系统的组成，一个计算机绘图系统应该具有下述几项功能：

(1) 计算功能: 包括设计、分析、计算的程序库和有关图形数据及几何分析的程序库。  
 (2) 存储功能: 在计算机的内存和外存中, 能够存放图形数据, 尤其要存放图形数据之间的相互联系。

(3) 对话功能: 通过图形显示器直接进行人一机对话。

(4) 输入功能: 向计算机输入各种命令及图形数据。

(5) 输出功能: 输出计算结果及所需要的图形。

以上是一个计算机图形系统所具备的最基本功能。为实现这些功能, 就要有一套合适的硬件和软件把计算机的快速分析计算、大容量的存储记忆和人的直接观察、丰富的经验、卓越的创造力有效地结合起来。

### 1.1.3 常用图形输入和输出设备

在计算机绘图系统中, 图形输入设备是将用户的图形数据、各种命令转换成电信号传送给计算机; 图形输出设备则是将计算机处理好的结果转换成可见的图形, 呈现在用户面前。

#### 1.1.3.1 图形输入设备

随着图形输入设备的快速发展, 现已提供使用的有键盘、光笔、坐标数字化仪、图形输入板、鼠标、操纵杆、轨迹球等。下面介绍常用的几种图形输入设备。

##### 1. 光笔<Light Pen>

光笔是一种检测光的装置, 是实现人与计算机、图形显示器之间联系的有效工具。光笔的主要功能是指点与跟踪。所谓指点就是在屏幕上有图形时, 选取图形上的某一点作为参考点, 对图形进行处理。跟踪就是用光笔拖动光标在显示屏幕上任意移动, 从而在屏幕上直接输入图形。光笔的两个主要部件是光电管和一个能把光笔视见范围内的所有光聚在上面的光学系统。它的外壳像支笔, 如图 1-3 所示。

##### 2. 鼠标<Mouse>

鼠标是一种屏幕指示装置。在其上部有一个或多个按钮。当进入图形编辑程序时, 可以在平台上适当地移动鼠标, 带动屏幕上的十字光标向任意方向移动。为了从屏幕拾取菜单选择项、捕捉目标或者为了输入点, 鼠标设置了拾取键、消除键、定位键, 如图 1-4 所示。



图 1-3 光笔



图 1-4 鼠标

##### 3. 数字化仪

数字化仪是一种图形数据采集装置, 如图 1-5 所示。它由固定图纸的平板、检测器和电子处理器三部分组成。工作时, 将十字游标对准图纸上的某一点, 按下按钮, 则可把该点的坐标输入。连续移动游标, 可将游标移动轨迹上的一连串点的坐标输入。因此, 它可以把图形

转换成坐标数据的形式存储,也可以重新在图形显示器或绘图机上复制成图。坐标数字化仪能够读取的范围最小为  $280 \times 200$ ,最大可为  $1070 \times 1520$ ,分辨率一般为  $0.1\text{mm}$ ,精确的可达  $0.025\text{mm}$ 。

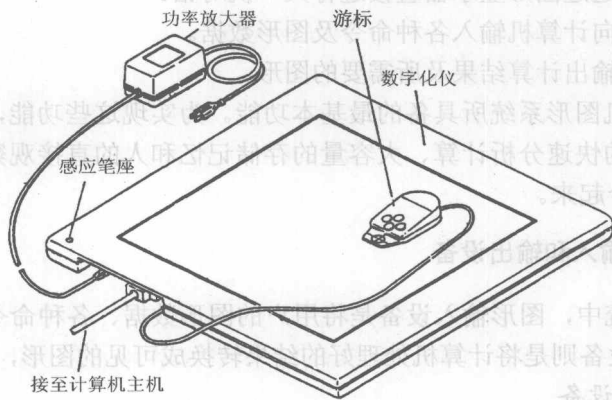


图 1-5 数字化仪

### 1.1.3.2 图形输出设备

常用的图形输出设备一般可分为两类。一类是用于交互式作用的图形显示设备,另一类是在纸上或其他介质上输出可以永久保存的图形绘图设备。常用的有图形显示器、硬拷贝机、绘图机等。

#### 1. 显示设备

图形显示器是交互式绘图系统中不可缺少的图形输出设备。常用的图形显示设备有随机扫描式图形显示器和光栅扫描式图形显示器两种。

#### 2. 绘图设备

自动绘图机是绘图系统的主要设备,由计算机控制自动绘图机完成各种绘图动作。常用的绘图设备有以下几种:

(1) 滚筒式绘图机。这种绘图机是用两台电机分别带动绘图纸和绘图笔运动,从而产生图形轨迹。其主要特征是绘图纸随滚筒作正、反方向的旋转运动,即正、负 X 方向的运动。画笔则作横向往复的直线运动,即正、负 Y 方向的运动。这两个方向的运动合成,即可画出所需图形。其特点是结构简单、紧凑,占地面积小,易于操作,但精度低,速度不高,常用于对绘图精度要求不高的场合,如绘制机械图、土木建筑图等。滚筒式绘图机如图 1-6 所示。

(2) 平台式绘图机。平台式绘图机将图纸固定在平台上。根据平台板面的大小分为不同型号,适合绘制不同幅面的图纸。绘图笔在笔架上可沿横梁导轨做 Y 方向的移动,而横梁又能在平台上做 X 方向的移动,这两个方向运动的合成,使画笔可移动到平台图纸上所需的任一位置。其特点是绘图精度高、绘图面积大、可监视绘图的全过程。平台式绘图机如图 1-7 所示。

此外,随着科学技术的新发展,现在又有更多的新型绘图机投入市场,如静电绘图仪、喷墨绘图仪、热蜡绘图仪、热敏绘图仪等。

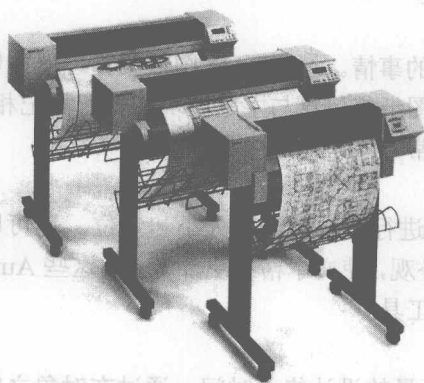


图 1-6 滚筒式绘图机

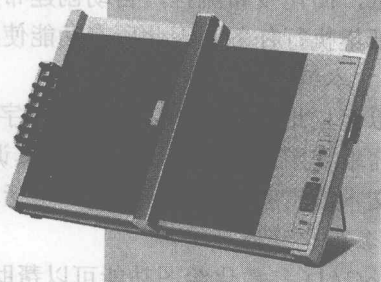


图 1-7 平台式绘图机

## 1.2 常用的几种计算机绘图系统软件的特点

目前在学校、科研院所及工矿企业中使用的各类国内外计算机绘图软件有几十种之多。美国 Autodesk 公司的 AutoCAD 软件是当今使用最广泛的通用绘图软件。德国西门子公司的智能型绘图软件 Sigrah-Design, 以独特的关系型图形数据库及全关联、全参数化的绘图功能令人瞩目。国内北京北航海尔软件有限公司的 CAXA 电子图板、华中理工大学的 KMCAD、中科院凯恩集团的 PICAD 及清华大学的 QHCAD、北京大恒公司的通用机械 CAD 系统 HMCAD 等软件, 均是国内自己开发或二次开发的, 更符合国情, 遵循国家标准, 因为设计绘图速度快、价格相对低廉而受到越来越多用户的欢迎。三维设计绘图软件最有代表性的产品为美国 SolidWorks 公司推出的 SolidWorks 软件及美国 Autodesk 公司的 Mechanical Desktop (MDT) 软件, 它们具有极强的参数化特征造型功能。国内北京北航海尔软件有限公司的 CAXA 三维电子图板软件, 也同样具有较强的三维参数化特征造型功能。下面简单介绍 AutoCAD 2011、CAXA 电子图板的主要功能。

### 1.2.1 AutoCAD 2011 的主要特点

最新版本的 AutoCAD 2011 中引入了全新功能, 其中包括自由形式的设计工具、参数化绘图, 并加强了对 PDF 格式的支持。

#### 1. 设计各种形状

AutoCAD 能够帮助用户加速文档编制, 更精确地共享设计方案, 更直观地在三维环境中探索设计构想。它为用户提供了卓越性能和灵活性, 并能根据特定需求进行定制。

#### 2. 加速文档编制

借助 AutoCAD 中强大的文档编制工具, 可以加速项目从概念到完成的过程。使用自动化管理和编辑工具可以最大限度地减少重复性任务, 并加快项目的完成速度。

可以使用新的 AutoCAD 设计中心确定内容(例如块、图层和命名对象)位置并将其加载到图形中。



### 3. 图纸集

在新版本中组织安排图纸不再是一件令人头疼的事情。AutoCAD 图纸集管理器能够组织安排图纸, 简化发布流程, 自动创建布局视图, 将图纸集信息与主题图块和打印戳记相关联, 并跨图纸集执行任务, 因此所有功能使用起来都非常方便。

### 4. 文本编辑

可以轻松地处理文本, 在输入文字时可以对对其进行查看、调整大小和定位。也可以根据自己的需求使用熟悉的 AutoCAD 工具调整文本的外观, 使文本格式更加专业。这些 AutoCAD 工具在文本编辑应用中比较常见, 包括段落和分栏工具。

### 5. 参数化绘图

AutoCAD 参数化绘图功能可以帮助用户缩短大量的设计修改时间。通过在对象之间定义持久关系, 平行线与同心圆将自动分别保持平行和居中。

### 6. 自动追踪

可以以极坐标角度或相对于对象捕捉点的角度, 并使用极坐标和对象捕捉追踪创建对象。

### 7. 高效的用户界面

同时处理多个文件不再是一件令人痛苦的事情。AutoCAD 的“快速视图”功能不仅支持文件名, 还支持缩略图, 因此可以更快地找到并打开正确的工程图文件和布局图。在菜单浏览器界面中, 还可以快速浏览文件、检查缩略图, 并查看关于文件尺寸和创建者的详细信息。

### 8. 实时三维旋转

使用新的 3DORBIT 命令可以方便地处理三维对象视图。

### 9. 动作录制器

可以录制正在执行的任务, 添加文本信息和输入请求, 然后快速选择并回放录制的宏。

## 1.2.2 CAXA 电子图板的主要特点和功能

### 1. CAXA 电子图板的主要特点

(1) 自主版权、易学易用。本系统是自主知识产权的中文计算机辅助设计绘图系统, 具有友好的用户界面, 灵活方便的操作方式。其设计功能和绘图步骤均是从实用角度出发, 功能强劲, 操作步骤简练, 易于掌握, 是用户充分发挥创造性思维的有力工具。

系统在绘图过程中提供多种辅助工具, 可以提供全方位的支持和帮助, 从而对使用者的要求降至最低, 经过短时间的学习即可独立操作。

(2) 智能设计、操作简便。系统提供强大的智能化工程标注方式, 包括尺寸标注、坐标标注、文字标注、尺寸公差标注、形位公差标注、粗糙度标注等。标注过程中处处体现“所见即所得”的智能化思想, 只需选择需要标注的方式, 系统自动捕捉用户的设计意图, 具体标注的所有细节均由系统自动完成。

系统提供强大的智能化图形绘制, 提供裁剪、变换、拉伸、阵列、过渡、粘贴、文字和尺寸的修改等。绘制和编辑过程“所见即所得”。

系统采用全面的动态拖画设计, 支持动态导航、自动捕捉特征点、自动消隐, 具备全程 Undo/Redo 功能。

(3) 体系开放、符合标准。系统全面支持最新国家标准, 通过国家机械 CAD 标准化审查。系统既备有符合国家标准的图框、标题栏等样式供选用, 也可制作用户自己的图框、标

题栏。在绘制装配图的零件序号、明细表时，系统自动实现零件序号与明细表联动。明细表还支持 Access 和 FoxPro 数据库接口。

系统为使用过其他 CAD 系统的用户提供了标准的数据接口，可以有效地继承以前的工作成果以及与其他系统进行数据交换。

系统支持对象链接与嵌入，可以在绘制的图形中插入其他 Windows 应用程序，如 Microsoft Word 文档、Microsoft Excel 的电子表格等，也可以将绘制的图形嵌入到其他应用程序中。

系统支持 TrueType 矢量字体和 Shx 形文件，可以利用中文平台的汉字输入法方便地在图纸上输入各种字体的文字。

(4) 参量设计，方便使用。系统提供方便操作的参量化图库，可以方便地调出预先定义好的标准图形或相似图形进行参数化设计，从而极大地减轻了用户的绘图负担。对图形的参量化过程既直观又简便，凡标有尺寸的图形均可参量化入库供以后的调用，未标有尺寸的图形则可作为用户自定义图符来使用。

## 2. CAXA 三维电子图板的主要功能

CAXA 电子图版 XP 新增加和改进了 60 余项功能，成功地提高了数据接口的兼容性，改善了打印排版的性能和质量，新增了对鼠标中键的支持等。

(1) 二维绘图与编辑。CAXA 电子图板提供了强大的智能化图形绘制和编辑功能，可以绘制各种复杂的工程图纸。其绘图功能包括基本曲线的点、直线、圆弧、矩形、样条线、中心线、轮廓线、等距线和剖面线等，高级曲线的多边形、椭圆、孔/轴、波浪线、双折线、公式曲线、填充、箭头、齿轮等图形的绘制。其编辑功能包括裁剪、过渡（圆角、倒角、尖角）、齐边、打断、拉伸、平移、旋转、镜像、比例、阵列以及局部放大等。

(2) 工程标注。依据《机械制图国家标准》，提供了对工程图进行尺寸标注、文字标注和工程符号标注的一整套方法。其尺寸类标注包括尺寸标注、坐标标注、倒角标注、文字标注和引出说明等。其工程符号类标注包括基准代号、粗糙度、形位公差、焊接符号和剖切符号等。同时提供标注编辑、尺寸风格编辑和尺寸驱动功能，可以随时随地编辑标注的内容和形式。

(3) 国标图库。提供了符合国家标准参数化图库，共有 20 大类 1000 余种，2 万多个规格的标准图符，涉及机械行业的连接件、紧固件、轴承、法兰、密封件、润滑件、电机、夹具等，电气行业的连接件、开关、半导体、电子管、逻辑单元、转换器等，液压气动的各类零部件，以及液压零件图库、农业机械零部件图符、轴承零件图符、腹板式齿轮零件图符等。同时，提供了对图库的编辑和管理及模糊查询功能，并提供开放的定制图库手段，用户不需编程，只需把图形绘制出来，标上尺寸，将尺寸进行定义后，即可建立自己的参数化图库。

(4) 二维数据接口。全面支持各种版本的 DWG、DXF 文件；可以将 DWG/DXF 文件批量转换为 EXB 文件，并可设置转换的路径；可读入 WMF、HPGL 图形文件；可读入和输出 IGES 格式的文件；可读入以文本形式生成的数据 DAT 文件，获取 CAXA 加工软件的几何数据。

(5) 工程图输出。支持目前市场上主流的 Windows 驱动打印机和绘图仪，而且在绘图输出时提供了拼图功能，大幅面图形文件可以通过小幅面图纸输出后拼接而成，拼图方式可以选择用户指定的幅面实现拼图，也可以打印指定页码图形实现拼图；还提供了多份图形在一张图纸上输出的打印排版功能，可以按最优的方式进行排版，可以批量打印 CAXA 三维图板

XP 绘制的图纸, 最适合在安装滚筒纸的大幅面打印机或绘图仪上输出整套图纸。

(6) 工程图纸管理。可以直接提取 CAXA 图形文件的属性信息; 自动建立产品结构树, 检查一套产品图纸的完备性; 可根据用户自定义的规则将提取的属性信息分别输出为用户需要的报表。

(7) 三维数据接口。提供了多种数据接口, 包括 Parasolid、ACIS 内核数据格式, CATIA 的 model 格式, Pro-E 的 prt、asm 格式, 通用格式 IGES、STEP、STL、VRML 等总共 20 几种格式。

(8) 三维零件设计。提供三维曲线、曲面、实体混合造型能力, 可以完成复杂零件的三维设计, 可以修改和调整读入的三维模型, 实现曲面模型和实体模型之间的相互转换, 进行视图操作和三维尺寸标注, 并对完成的三维模型进行渲染和输出。

(9) 从三维到二维的转换。可以自动创建三维模型的各个视向的二维正交视图、轴测视图、任意给定视向视图等; 创建剖视图和局部放大图; 投影生成二维视图, 并可以任意排列, 对视图进行修改、尺寸标注和工程标注等操作。可以输出二维剖视图, 包括阶梯剖、旋转剖, 可以实现对零件和装配的全部、半剖、阶梯剖、旋转剖等, 并且可以随三维模型的修改自动更新。

## 习 题

1. 计算机绘图系统由哪几部分组成?
2. 计算机绘图系统应具有哪几项功能?
3. 常用的图形输入、输出设备有哪些?
4. CAXA 电子图板与 AutoCAD 2011 绘图软件有哪些主要功能?