# 计算机在 CAD 中的应用
## ——AutoCAD 应用

李大友　主编

机 械 工 业 出 版 社

本书共分 19 章，分别介绍了计算机绘图系统的硬件和软件组成、计算机图形学的基本理论和一些简单的算法。本书的重点内容在于介绍目前广为流行的 AutoCAD 软件。书中系统讲述了 AutoCAD 的绘图基础，基本的绘图、图形编辑命令，以及绘图设置及实体的精确定位，块及外部参照、文本、尺寸的标注，图案填充，还有图形信息的查询和三维实体造型。为了便于读者自学，每一部分都精心设计了详细的例子加以解释，使读者更易掌握。

基于 AutoCAD 的二次开发一直是工程技术人员研究的重点，本书最后 4 章着重研究了 AutoCAD 上的开发工具——ARX（AutoCAD Runtime eXtension）。详细讨论 ARX 的各种应用类型，相信读者读完本书后，可以把书中的技术应用到具体的工程设计中。

本书可作为应试用书，也可作为高校教材使用，还可作为广大工程技术人员从事 CG/CAD 工作的参考用书使用。

**图书在版编目（CIP）数据**

计算机在 CAD 中的应用——Auto CAD 应用/李大友主编.
—北京：机械工业出版社，2002.5
ISBN 7-111-10047-6

Ⅰ.计… Ⅱ.李… Ⅲ.计算机辅助设计—应用软件，AutoCAD Ⅳ.TP391.72

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2002）第 016212 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：何文军 版式设计：张世琴 责任校对：申春香
封面设计：张 静 责任印制：
印刷厂印刷·新华书店北京发行所发行

2002 年 6 月第 1 版·第 1 次印刷
1000mm×1400mm B5·10.25 印张·397 千字
0 001－4 000 册
定价：28.00 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
封面无防伪标均为盗版

# 前　言

随着计算机技术的发展，计算机辅助设计（CAD）技术正在被越来越多的工程技术人员所掌握。它在人机之间建立起一种形象直观和高效率的对话设计手段，正在改变着电子、机械、航空等各行各业，同时带来了巨大的经济和社会效益。CAD 技术甚至进入了家庭和办公自动化方面，给人们的生活、工作增添了乐趣和方便。

本书的主要内容有：计算机图形系统的组成、计算机图形学的基本原理；AutoCAD 绘图软件的详细介绍，包括图形绘制命令、编辑命令文本、尺寸的标注，图案填充、块的构造及使用、三维实体造型等内容。本书的最后四章重点介绍了基于 AutoCAD 的二次开发工具 ARX（AutoCAD Runtime eXtension）。ARX 作为最新的基于 AutoCAD 的二次开发工具已经越来越受到工程技术人员的重视。它结合了 AutoCAD 的强大绘图功能，同时给予了开发人员极大的能动性，可以开发出专业化的软件。

在编写过程中，力求深入浅出，通俗易懂，易于接受。为了方便读者学习，书中对每一个命令几乎都有详细的介绍和例子，从而使读者便于掌握。

本书由李大友教授主编和审定。参加本书编写的有潘风文、焦敬品、初红艳、胡凤来。潘风文编写了第 1～3 章；第 16～19 章由焦敬品编写；第 4～14 章由初红艳编写；胡凤来编写了第 15 章。

本书可作为应试用书，也可作为高校教材使用，还可作为广大科技人员的参考书使用。

由于作者水平有限，加之时间匆忙，书中难免有错误和不妥之处，恳请各位读者批评指正。

# 目　录


前　言

第 1 章　引论 …… 1

1.1　CAD 概述 …… 1

1.2　CAD 的工作过程 …… 2

1.3　CAD 的特点 …… 3

第 2 章　CAD 系统的硬件和软件 …… 4

2.1　CAD 系统的硬件 …… 4

2.1.1　中央处理器 …… 4

2.1.2　存储器（RAM） …… 5

2.1.3　输出设备 …… 5

2.1.4　输入设备 …… 7

2.2　CAD 系统的软件 …… 7

2.2.1　概述 …… 7

2.2.2　操作系统和窗口系统 …… 8

2.3　CAD 支撑软件 …… 9

2.4　微机 CAD 系统的典型配置 …… 9

第 3 章　图形交互技术初步 …… 11

3.1　图形基本元素 …… 11

3.2　坐标系统 …… 11

3.3　二维图形变换 …… 12

3.4　三维物体的几何模型与表达 …… 15

第 4 章　AutoCAD 2000 概述 …… 18

4.1　AutoCAD 简介 …… 18

4.2　AutoCAD 2000 的工作界面 …… 21

4.2.1　标题栏 …… 21

4.2.2　菜单 …… 22

4.2.3　工具栏 …… 22

4.2.4　状态栏 …… 22

4.2.5　命令行 …… 23

4.2.6　图形窗口 …… 23

4.2.7　文本窗口 …… 23

4.2.8 AutoCAD 设计中心 …… 23
第 5 章 AutoCAD 绘图基础 …… 24
5.1 AutoCAD 的坐标系 …… 24
5.1.1 世界坐标系 (WCS) …… 24
5.1.2 用户坐标系 (UCS) …… 24
5.2 AutoCAD 的数据输入和命令输入 …… 24
5.2.1 AutoCAD 的数据输入 …… 24
5.2.2 AutoCAD 的命令输入 …… 26
5.3 文件操作 …… 27
5.3.1 绘制新图 …… 27
5.3.2 打开图形 …… 27
5.3.3 保存图形 …… 28
5.3.4 退出 AutoCAD …… 29
第 6 章 基本的绘图命令 …… 31
6.1 Point 命令 …… 31
6.2 Line 命令 …… 32
6.3 Pline 命令 …… 34
6.4 Circle 命令 …… 36
6.5 Arc 命令 …… 37
6.6 Ellipse 命令 …… 39
6.7 Donut 命令 …… 41
6.8 Polygon 命令 …… 42
6.9 Rectang 命令 …… 44
6.10 Spline 命令 …… 45
6.11 Trace 命令 …… 46
6.12 Sketch 命令 …… 47
6.13 Xline 命令 …… 48
6.14 Ray 命令 …… 50
6.15 Mline 命令 …… 51
6.16 Solid 命令 …… 54
第 7 章 基本的编辑命令 …… 56
7.1 实体选择 …… 56
7.1.1 实体选择方法 …… 56
7.1.2 实体编组处理 …… 58
7.1.3 设置和管理实体选择模式 …… 60
7.2 删除和恢复命令 (Erase、Oops) …… 61

7.3 复制类命令 (Copy、Mirror、Array、Offset) …… 62
7.3.1 Copy 命令 …… 62
7.3.2 Mirror 命令 …… 63
7.3.3 Array 命令 …… 63
7.3.4 Offset 命令 …… 65
7.3.5 综合举例 …… 66
7.4 移动变换命令 (Move、Rotate、Stretch、Extend) …… 68
7.4.1 Move 命令 …… 68
7.4.2 Rotate 命令 …… 68
7.4.3 Stretch 命令 …… 69
7.4.4 Extend 命令 …… 70
7.5 倒角命令 (Fillet、Chamber) …… 71
7.5.1 Fillet 命令 …… 71
7.5.2 Chamber 命令 …… 72
7.6 修剪命令 (Trim、Break) …… 74
7.6.1 Trim 命令 …… 74
7.6.2 Break 命令 …… 74
7.7 实体修改编辑命令 (Change、Ddmodify、Pedit、Splinedit) …… 76
7.7.1 Change 命令 …… 76
7.7.2 Ddmodify 命令 …… 76
7.7.3 Pedit 命令 …… 78
7.7.4 Splinedit 命令 …… 79
7.8 测量命令 (Measure) …… 81
7.9 等分命令 (Divide) …… 82
7.10 缩放命令 (Scale) …… 83
7.11 修改长度命令 (Lengthen) …… 84
7.12 添加光栅图像命令 …… 85
7.13 分解命令 (Explode) …… 86
第 8 章 绘图设置及实体精确定位 …… 88
8.1 设置绘图环境 …… 88
8.1.1 设置绘图单位及精度 …… 88
8.1.2 设置绘图界限 …… 90
8.2 设置图层、颜色与线型 …… 90
8.2.1 设置颜色 …… 90
8.2.2 设置线型 …… 92
8.2.3 图层操作 …… 94
8.3 实体精确定位 …… 100

8.3.1 Snap 命令 …… 100
8.3.2 Grid 命令 …… 102
8.3.3 Ortho 命令 …… 102
8.3.4 使用等轴测平面 …… 104
8.3.5 目标捕捉 …… 106
第 9 章 块及外部参照 …… 111
9.1 块的概念 …… 111
9.2 块的创建及插入 …… 111
9.2.1 定义内部块 …… 111
9.2.2 定义外部块 …… 114
9.2.3 插入块 …… 114
9.2.4 修改块定义 …… 116
9.3 块与图层的关系 …… 116
9.4 外部参照 …… 116
9.4.1 外部参照的概念 …… 116
9.4.2 使用外部参照绘制复杂图形 …… 117
第 10 章 文本标注 …… 120
10.1 设置文本样式 …… 120
10.2 文本的输入 …… 123
10.2.1 Text 命令 …… 123
10.2.2 Dtext 命令 …… 124
10.2.3 Mtext 命令 …… 125
10.2.4 特殊字符的输入 …… 128
10.3 文本的编辑及拼写检查 …… 130
10.3.1 Ddedit 命令 …… 130
10.3.2 Ddmodify 命令 …… 130
10.3.3 Spell 命令 …… 131
10.4 文本标注高级技术 …… 132
10.4.1 使用外部文件 …… 132
10.4.2 使用第三方文字编辑器 …… 133
第 11 章 尺寸标注 …… 135
11.1 尺寸标注基本概念 …… 135
11.1.1 尺寸标注的构成要素 …… 135
11.1.2 尺寸标注的类型 …… 135
11.2 设置尺寸标注样式 …… 136
11.3 长度尺寸标注 …… 139
11.3.1 水平、垂直、旋转标注 …… 139

11.3.2 对齐标注 …… 141
11.3.3 基线标注 …… 141
11.3.4 连续标注 …… 142
11.3.5 坐标标注 …… 143
11.4 角度尺寸标注 …… 144
11.5 径向尺寸标注 …… 145
11.5.1 半径标注 …… 145
11.5.2 直径标注 …… 146
11.6 引出标注和中心标记 …… 146
11.6.1 引出标注 …… 146
11.6.2 中心标记 …… 149
11.7 对尺寸标注进行修改和编辑 …… 150
11.7.1 尺寸标注的相关性 …… 150
11.7.2 使用 Ddmodify 命令修改已有尺寸 …… 150
11.7.3 利用关键点方式编辑尺寸 …… 150
11.7.4 使用 Dimedit 命令编辑尺寸标注 …… 151
11.7.5 使用 Dimtedit 命令编辑尺寸文字 …… 151
第 12 章 图案填充 …… 153
12.1 图案填充 …… 153
12.2 图案填充的编辑 …… 157
第 13 章 图形信息的查询 …… 159
13.1 定位点 …… 159
13.2 列表显示 …… 159
13.2.1 List 命令 …… 159
13.2.2 Time 命令 …… 160
13.2.3 Status 命令 …… 161
13.3 距离、面积和质量特性的查询 …… 162
13.3.1 Dist 命令 …… 162
13.3.2 Area 命令 …… 163
13.3.3 Massprop 命令 …… 164
13.4 系统变量的查询与设置 …… 165
第 14 章 控制图形显示 …… 167
14.1 视图的缩放 …… 167
14.2 视图的平移 …… 172
14.3 模型空间的视图与视口 …… 173
14.3.1 模型空间的视图 …… 173
14.3.2 模型空间的平铺视口操作 …… 175

**第 15 章　三维实体造型** …… 180
15.1　**三维造型的基本知识** …… 181
15.1.1　**三维造型与三维绘图** …… 181
15.1.2　**三维形体的分类** …… 181
15.1.3　**坐标系与三维视点** …… 182
15.2　**基本体的绘图** …… 186
15.2.1　**各种实体命令的激活方式** …… 186
15.2.2　**基本体的绘图操作** …… 186
15.3　**组合体的绘图** …… 195
15.3.1　**叠加型立体支架的绘图方法** …… 195
15.3.2　**切割型立体槽架的绘图方法** …… 200
15.3.3　**实体的交运算——六角螺母外形的造型** …… 203
15.3.4　**复合形体的造型** …… 205
**第 16 章　ARX 应用程序设计概述** …… 222
16.1　AutoCAD **开发环境的发展** …… 222
16.1.1　**概述** …… 222
16.1.2　AutoLISP **和** ADS **应用程序与** AutoCAD **的通讯** …… 222
16.1.3　ARX **应用程序** …… 223
16.2　ObjectARX **应用程序开发环境介绍** …… 223
16.2.1　AcRx **类库** …… 223
16.2.2　AcEd **类库** …… 224
16.2.3　AcDb **类库** …… 224
16.2.4　AcGi **类库** …… 228
16.2.5　AcGe **类库** …… 229
16.3　ARX **应用程序的基本结构** …… 231
16.3.1　ARX **应用程序举例** …… 231
16.3.2　ARX **应用程序的生成方法** …… 233
**第 17 章　AutoCAD 图形数据库基础** …… 238
17.1　AutoCAD **数据库概述** …… 238
17.2　AutoCAD **图形数据库的基本操作** …… 239
17.2.1　**数据库的初始状态** …… 239
17.2.2　**创建数据库对象的基本方法** …… 239
17.2.3　**数据库的建立和存盘** …… 243
17.3　AutoCAD **数据对象的编辑** …… 244
17.3.1　**数据库对象的打开和关闭** …… 244
17.3.2　**获得数据库对象标识符的方法** …… 245
17.3.3　**数据库对象的常用编辑方法** …… 246

17.4 实体对象 …… 248
17.4.1 基本概念 …… 248
17.4.2 实体公共属性 …… 250
17.4.3 实体函数 …… 254
17.4.4 实体对象的创建 …… 255
第 18 章 容器对象 …… 257
18.1 数据库对象的层次关系和容器对象的概念 …… 257
18.2 符号表与字典的比较 …… 257
18.3 符号表 规则、分类、块表、层表、浏览器） …… 258
18.3.1 符号表命名规则、分类及操作函数 …… 258
18.3.2 块表 …… 261
18.3.3 层表 …… 266
18.3.4 浏览器 …… 269
18.4 字典 组、词组、多线式字典、创建浏览字典实体） …… 270
18.4.1 组和组字典 …… 271
18.4.2 多线式字典 …… 274
18.4.3 用户定义的对象字典 …… 276
18.4.4 创建字典 …… 280
第 19 章 使用 MFC 的 ARX 应用程序的可视化设计 …… 283
19.1 ARX 应用程序与 MFC 库的链接方式 …… 283
19.1.1 静态链接和动态链接的含义 …… 283
19.1.2 静态链接和动态链接的比较 …… 283
19.2 使用 MFC 的 ARX 应用程序结构和功能 …… 283
19.2.1 与 MFC 静态链接的 ARX 应用程序初始化部分 …… 284
19.2.2 与 MFC 动态链接的 ARX 应用程序初始化部分 …… 285
19.2.3 程序的主体部分 …… 285
19.2.4 使用 MFC 的 ARX 应用程序运行机制 …… 285
19.3 使用 MFC 的 ARX 应用程序建立方法 …… 286
19.3.1 创建 ARX 应用程序框架 …… 286
19.3.2 设计主体程序 …… 288
19.3.3 设计初始化部分 …… 292
19.3.4 模块定义文件的修改 …… 298
19.3.5 编译和链接选项设置 …… 298
19.4 三维实体参数化绘图程序设计实例 …… 301

# 第 1 章　引　　论

## 1.1　CAD 概述

CAD 是英文 Computer Aided Design 的缩写，中文就是计算机辅助设计。它是指技术人员在计算机系统的支持下，对产品进行分析计算、绘图和编写有关技术文件等设计活动的总称。CAD 系统包括硬件（中小型或者 PC 微机）、软件（操作系统、图形支持软件和专用应用软件等）以及外围设备（如打印机、绘图仪等），如图 1-1 所示。

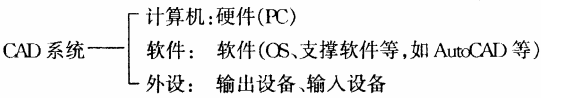



图 1-1　CAD 系统的组成

计算机辅助设计即 CAD 的概念产生于 20 世纪 50 年代后期。1955～1959 年 Ross 领导的 Massachusetts Institute of Technology 研究了 APT（Automatically Programmed Tools），形成了 CAD 的概念范畴。1963 年，美国麻省理工学院的 I. E. Southerland 开发了真正的最早的 CAD 系统。CAD 系统最早应用于电子和机械等行业，在 20 世纪 60 年代前期建立了比较完善的对话设计系统。20 世纪 70 年代从设计的某些环节发展为整个设计的系统工程，进而为 CAD/CAM，并向 CAE 和 CIMS 系统发展。我们可以把 CAD 发展概括为图 1-2 所示。

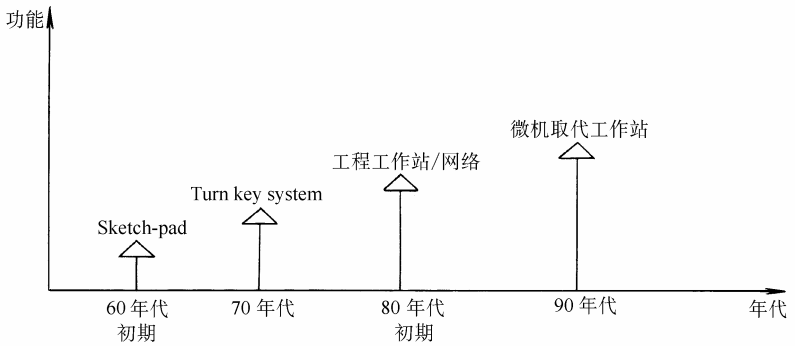



图 1-2　CAD 发展简图

1) Sketch-pad 系统：开发者：I. E. Southerland;

时间：20 世纪 60 年代初；
主要观点：分层法（目前的图层技术）；
贡献：交互式图形学和 CAD 技术奠定了基础。

2) Turn-key system：即“交钥匙系统”，将 CAD 硬件和软件配套一起交给用户使用，在机械、电子行业得到发展应用。

3) 工程工作站/网络：由于 CAD 的绘图需要做大量复杂的计算，以前一般微机功能不够强大，所以采用工作站方式。采用网络方式，几个人可同时做一个复杂的图形，然后组合到一起，提高效率。

4) 微机取代工作站：由于计算机受“每 18 个月功能就会翻一倍”的摩尔定律的影响，功能、速度等变化迅速，现在的 PC 机完全胜任绘图工作。同时由于 PC 机便宜耐用，迅速抢占了 CAD 市场，也客观地为 CAD 的应用、推广起到了巨大的作用。

至于 CAD 应用的行业，非常广泛，如机械、电子、建筑、航空、冶金等等，基本上机械 CAD 系统占大部分，电子 CAD 和建筑 CAD 占一部分，其余占一小部分，具体数值，由于 CAD 发展较快，没有一个确切的值。

近十几年来，CAD 在国际上发展是极快的。在 20 世纪 70 年代中期，只有少数公司致力于 CAD 的研制，但到了 20 世纪 80 年代初，新的公司激增。在 1982 年国际计算机图形协会会议上，与会代表一半是新参加者，半数是新成立的公司。美国国家科学基金会认为：“CAD/CAM 技术是电子技术发明以来，与其他技术相比，有更大的潜力，并且是能更快地发挥和提高劳动生产率的强有力工具。

经过各国 CAD 技术人员和研究者的努力，CAD 的技术工作已有大量的研究成果。CAD 系统的发展也经历了由小到大、日臻完善的过程，并且成为今天各个企业竞相采用的热点技术之一。人们站在不同的角度，以不同的理论，联系不同的学科开展对 CAD 的研究，研究 CAD 的算法、研究 CAD 的建模、研究 CAD 的结构以至于研究 CAD 系统的开发工具，将逐渐形成一套完整的理论体系和技术方法。

目前市场上已经有很多流行的 CAD 软件，既有二维软件，也有直接从三维建模设计开始的软件。如 Solid Edge、SolidWorks、Lonicera(金银花)、Pro/Engineer 等。本书将重点介绍目前最为流行的 AutoCAD 软件。

## 1.2 CAD 的工作过程

我们以某一零件设计为例，说明 CAD 的工作过程：

1) 零件的建模，即形体设计；
2) 对零件的结构尺寸进行分析、计算、修正；
3) 生产模拟（仿真），修正有关尺寸；

4) 绘制生产图样；

5) 用零件的工作图样在计算机上进行加工工艺的规程设计。

我们可以用一个简单的流程图表示，如图 1-3 所示。

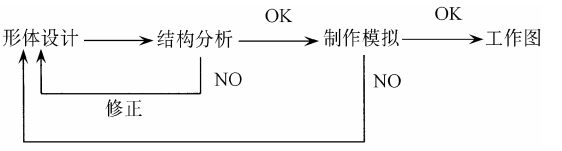



图 1-3　CAD 工作流程

## 1.3　CAD 的特点

CAD 系统有以下优点：

1) 绘图速度快，大大缩短产品的设计周期。技术人员采用 CAD 软件进行图形绘制，可以提高工作效率 5~10 倍，大大加速了设计的过程，使产品能够早日进入市场。

2) 图样的格式统一，质量高。采用手工绘制图形时，由于不同的技术人员习惯不一，绘出的图形格式不尽相同，给生产带来很大不便。采用 CAD 软件进行绘制，图纸设计规范、图纸整洁、标注清晰、标准化程度高，减少了手工设计的许多错误，这是手工绘图无法比拟的。

3) 降低成本。传统的产品实验，一般采用“试制法”，一旦产品不合格，就成了废品，使新产品的研制费用大大加大。采用 CAD 技术后，可以在设计中随时计算、模拟产品试制过程，求得最佳结果，既保证了产品的性能，又大大降低了成本。如美国波音公司在生产波音 747 型飞机时，需要先生产 12 架试验飞机才能达到装配的精度要求，而采用计算机辅助设计和模拟技术之后，生产的第一架波音 747 型飞机就达到了要求。

4) 提高了产品开发能力、市场竞争能力。由于 CAD 技术的以上特点，可以使企业在日益激烈的市场竞争中，在短时间内作出其他企业做不出来的产品，取得市场竞争的先机。如沈阳变压器厂在竞争三峡工程大合同项目时，采用三维立体彩色产品设计图和计算机分析数据参加竞标，取得了极大的成功。

5) CAD 是 CAM 和计算机集成制造系统 CIMS 的前提和基础。

# 第 2 章　CAD 系统的硬件和软件

## 2.1　CAD 系统的硬件

微型计算机有 4 个基本组成部分：输入设备、中央处理器（Central Processing Unit 既 CPU)、存储器和输出设备，如图 2-1 所示。

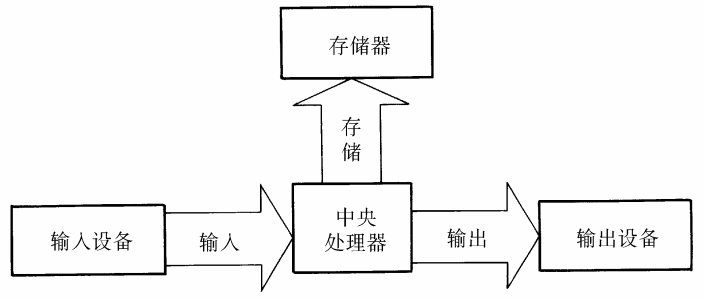



图 2-1　微型计算机的基本部件

在计算机内部，所有数据的传输是通过二进制数据来进行的。通常把一个二进制位称为 Bit，位；8 个连续的二进制位称为 Byte，字节；16 个连续的二进制位称为 Word，字。

下面我们简单地对以上 4 个组成部分作简要的说明，详细情况可参考相关文献。

### 2.1.1　中央处理器

中央处理器的功能是处理数据，它是由进行算术运算、逻辑运算的寄存器和控制整个系统工作的控制器两部分组成，CPU 按照程序指令指示控制器工作。根据中央处理器中数据传输的宽度（按位数计算)不同，目前有 16 位、32 位、64 位处理器。

在 CPU 中，集成有一个受外部石英晶体控制的时钟。时钟频率以 MHz（兆赫兹）为单位，它的大小将影响到计算机的速度。我们通常所说的计算机速度就是指 CPU 的时钟频率，如 Pentium733 等。这里 733 就是指 CPU 时钟的速度。

时钟频率是微处理器处理数据的速度指标之一。同一型号的处理器若时钟频率不同，其运算速度也不同，当然，速度越快越好。目前 CPU 的速度已经接近 1.5GHz（$10^3$MHz）的速度了。

### 2.1.2 存储器（RAM）

存储器可以分为内存储器和外存储器。外存储器通常就是我们所指的软盘和硬盘以及光盘。软盘容量相对较小，目前容量为 1.44MB 的较为流行。硬盘容量很大，可以达到 15G、20G，甚至更高。容量越大，存储的信息量就越多。光盘近几年来也越来越流行，容量约为 640MB。光盘因其容量大、易于携带等特点，越来越受到使用者的欢迎。

内存储器根据存储信息的功能，可以分为 RAM（Random Access Memory）和 ROM（Read Only Memory）。

我们知道，RAM 是 CPU 用于存取信息的存储器，常用若干价格低廉的动态存储（DRAM）芯片组成。这种存储器在工作期间对它周期地刷新，再冲电，以免丢失信息。由于 CPU 的技术比 RAM 发展的快，就出现了 CPU 速度比（DRAM）RAM 速度快，造成了 CPU 读取信息时产生“等待”现象，为了弥补这种存取速度不匹配现象，引入了一个中间存储的缓存技术（CACHE），一般由价格较高的静态随机存储芯片（SRAM）组成。由于这种 SRAM 读写速度快，弥补了内存读写速度比 CPU 慢的缺陷。具体做法是：预先把某些数据存放在 CACHE（从 DRAM 或 RAM 取出）中，CPU 在读取数据时，首先查看 CACHE 中是否存在需要的数据，如果有，则直接读入，否则再到 RAM 中查找。显然，这种方法有一个命中率（即 CPU 在多次查询数据中有几次直接从 CACHE 获得的比例）。同时，如果 CACHE 容量越大，命中率越高，则整个计算机速度越快，性能越好。目前，一般计算机中，CACHE 为 512KB、1M 等多种配置。

### 2.1.3 输出设备

#### 2.1.3.1 图形显示设备

1. 图形显示器

图形显示是将计算机 CPU 当前所做工作的数字信息，通过显示处理单元 DPU（Display Process Unit），转换成显示装置（显示器）所需的电压值，将图形或文字立即显示在显示器阴极射线管（CRT）的屏幕上。

在早期的计算机中，图形与字符的生成都是在 CPU 中生成，增加 CPU 负担。随着计算机技术的发展，现在图形和字符由显示器的显示处理器负责（DPU），从而增加了 CPU 的性能，使整机性能大为提高。

在 CRT 上显示图形和文字，是通过“扫描”达到的。早期采用随机扫描技术，也叫矢量或笔划的方法，速度慢。目前已采用了与电视机相同的光栅扫描技术。

扫描时，电子束从第一行扫描到最右端，立即转到第二行，如此循环到最右下角时，然后再返回最左上角，开始循环。扫描时，根据显示要求，确定了某些扫描线上的部分点的亮/灭与色彩，从而产生了用点构成的图形。扫描方式有以下两种，如图 2-3 所示。

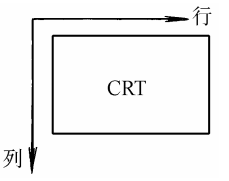



图 2-2　CRT 坐标系统

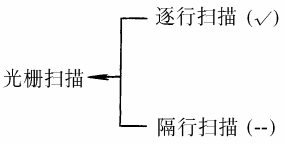



图 2-3　显示器扫描方式

在 CRT 上显示的图形和文字，都是由一系列按一定规律排列的点的组合，这些点就叫像素（pixel），若水平扫描线由 1280 点构成，垂直扫描线有 1024 条，则该显示器的分辨率为 1280×1024 像素。

如果写成 1280×1024×8，此处 8 指 8 个位面（bit plane）。位面表示图形浓度方向有色彩浓淡的变化。每个像素可以有 1 位（单色）和 8 位（彩色）或更多位面。注意：图形分辨率是由显示器和图形卡（显示适配器）决定的。

显示器由字符显示器和图形显示器两种，字符显示器构造相对简单，只显示字符，而我们一般用的都是图形显示器。

图形显示器不仅可以显示图形，而且能够显示字符，它是由字符产生器（显示字符）、矢量发生器（显示点、线等），以及与计算机做数据交换的显示控制器组成。由 15in，17in，19in，21in 等多种。现在，一般是 17in。

PC 的彩色显示器采用红（R），绿（G），蓝（B）（即 RGB）三种基色搭配，以获得各种颜色。

显示器的技术参数有屏幕尺寸、分辨率、水平扫描频率等三个。

2. 图形显示卡

图形卡必须与显示器匹配，图形显示器只有通过显示处理单元或图形控制器和主机的 CPU 连接才能显示图形。图形控制器就是图形卡，也叫显示适配器，插入 PC 机主板上的护展槽或直接插在主板上，与 CPU 相连接。图形卡有以下几种：

① 普通图形卡。

② 有图形处理芯卡的图形卡。具有高分辨率的显示控制功能以有图形处理功能，如 SGA，AGC 等。

③ 高级 3D 图形卡。图形显示卡的容量决定了图形的分辨率和它的色彩数，若容量一定，要求色彩越多，存储每个像素的色彩所需位面就越多，剩留给决定像素亮/灭的存储量就少，则分辨率就越低；反之则高。

2.1.3.2　其他输出设备

其他的输出设备包括打印机、绘图仪。打印机又可分为针式打印机、喷墨打印机以及激光打印机。激光打印机的打印质量高，但价格较其它两种都高，一般在要求配置较高的情况下配置。

绘图仪一般分为平板式绘图仪和滚筒式绘图仪。平板式绘图仪一般用于绘制图幅较小的图纸。滚筒式绘图仪具有体积小、结构紧凑、占用空间少等优点，是CAD系统必备的设备。

### 2.1.4 输入设备

图形输入设备是用来作为交互式绘图系统中人机对话的工具。图形输入设备多种多样，如键盘、光笔、数字化仪、鼠标等。根据这些图形输入设备的作用，我们按照它们的逻辑功能来划分，通常把图形输入设备分成6类；

1) 定位设备　用来指出显示屏幕上的某一位置，以便在该位置上添加图形、符号或进行其他有关操作。

2) 选择设备　用来进行菜单选择、图素选择的设备。

3) 赋值设备　用来向系统输入一个实数值，以指出图形坐标、移动距离等等。

4) 字符设备　用来作为文字输入，以便在图形上添加标号或者注释等。

5) 拾取设备　用来选择屏幕上某一特定的图形成分，以便对其进行缩放、旋转、移动、编辑等操作。

6) 笔划设备　用来提供一系列的位置坐标。

不同的物理设备，由于其构造和特性不同，它们往往具有上述某一种或几种逻辑设备的功能。如键盘主要用作字符设备，但同样可以用作模拟定位设备。下面我们从物理角度来介绍一些常用的图形输入设备。

① 键盘是计算机的标准外设。在进行零件设计时，产品的设计参数、图形的坐标值、命令及技术说明等字符都可以通过键盘输入计算机。键盘与主机上的键盘端口相连。

在图形系统中，键盘通常都有一定的扩展功能。如利用键盘上的扩展键（如↑、↓、←、→)来作为图形光标移动的控制键，从而对图形进行定位或者作为菜单选择的选择设备。用键盘来模拟输入设备是十分便宜的，但对交互式绘图的响应速度有一定影响。

② 鼠标也是计算机的标准外设。通常分为2键、3键两种。在目前Windows操作系统下，2键鼠标最为流行。利用鼠标可以非常方便的在显示器上进行定位、选取命令等操作，极大的减轻了操作人员的劳动。鼠标一般分为机械式和光电式两种。

③ 数字化仪是用来确定光标位置的，因此通常它用作定位设备。另外，还可以在数字化仪上添加一些可见的菜单，从而用来模拟选择设备。

## 2.2 CAD系统的软件

### 2.2.1 概述