

全国CAD应用培训网络工程设计中心统编教材

计算机绘图(初级)

——AutoCAD 2004版

李启炎 主编

李光耀
郝泳涛 编著
卫 刚

同济大学出版社

全国 CAD 应用培训网络工程设计中心统编教材

计算机绘图(初级) ——AutoCAD 2004 版

李启炎 主 编

李光耀

郝泳涛 编 著

卫 刚

同济大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

计算机绘图——AutoCAD 2004 版:初级/李启炎主编;
李光耀,郝泳涛,卫刚编著. —上海:同济大学出版社,2004. 7
ISBN 7-5608-2855-8

I. 计... II. ①李...②李...③郝...④卫...
III. 计算机辅助设计-应用软件, AutoCAD 2004
IV. TP391.72

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 033087 号

计算机绘图(初级)——AutoCAD 2004 版

李启炎 主 编 李光耀,郝泳涛,卫 刚 编 著

责任编辑 王建中 责任校对 徐 栩 封面设计 李志云

出 版	同济大学出版社
发 行	(上海四平路 1239 号 邮编 200092 电话 021-65985622)
经 销	全国各地新华书店
照 排	南京展望文化发展有限公司
印 刷	同济大学印刷厂印刷
开 本	787 mm×1092 mm 1/16
印 张	16.25
字 数	41 600
印 数	1—11 000
版 次	2004 年 7 月第 1 版 2004 年 7 月第 1 次印刷
书 号	ISBN 7-5608-2855-8/TP·266
定 价	26.00 元

本书若有印装质量问题,请向本社发行部调换

普及计算机辅助设计
迎接人工智能新时代

宋健

前 言

计算机绘图是计算机辅助设计(CAD)的基础之一。设计人员通过创意构思,设计出新产品、新工程,需形成加工图或工程图才能付诸生产和施工。因此,计算机绘图是工程师和设计师从事 CAD 工作的必备技能。CAD 技术现在已经成为企业提高创新能力、提高产品开发能力、增强企业适应市场需求的竞争力的一项关键技术。大力推广应用 CAD 技术,开展全国性的“CAD 应用工程”是我国近十几年来重中之重项目。从未来十到十五年内,企业信息化将是我国企业发展并为之追求的一个主题,而所有这一切都必须基于“人才先行”的基本方针。国家科技部和国家教育部在上海设立的“全国 CAD 应用培训网络工程设计中心”的主要任务之一就是大力推广普及 CAD 技术应用。该中心以同济大学为依托,已在全国范围内建立了近 200 个二级培训基地。每年培训超过五万人次以上的各类 CAD 技术人才。

为了更好地统一教学,提高教学质量,“全国 CAD 应用培训网络工程设计中心”统一制定了各科目的教学大纲并积极组织力量编写统一教材。《计算机绘图(初级)》就是其中之一。该书从 AutoCAD R12 版开始,经过 R13、R14 和 2000 版三次改版,现在又进行 AutoCAD 2004 改版,每次在改版过程中都认真吸取读者和培训网点教师的宝贵意见,力争不断完善。

本书有以下几个特点:

1. 本书采用易于接受的、循序渐进的方式讲述计算机绘图知识,使初学者能由浅入深、由简到繁地掌握计算机绘图技术。
2. 本书在章节编排方面充分考虑到培训教学的特点,一改其他计算机书籍手册型的编写方式。在介绍 AutoCAD 命令时始终与实际应用相结合,学以致用原则贯穿全书,以使读者对绘图命令有深刻和形象的理解,有利于培养读者用 AutoCAD 独立完成设计绘图能力。
3. 本书的第一章着重讲述了 CAD 技术的基本知识,有助于读者了解 CAD 技术的发展历史和应用领域,以及计算机绘图在 CAD 应用中的地位。
4. 本书以 AutoCAD 2004 为基础,讲述了 AutoCAD 的基本知识、基本操作、二维图形绘制、图形编辑、图层、图块、图案填充、文字注释、工程标注以及绘图输出等内容。同时新增了 AutoCAD 2004 的一些新功能。
5. 与本书配套的《计算机绘图(初级)习题及实验手册》,作为培训教学用上机实验书,适合大专院校、初高等职业技术学院学生以及广大初学者的上机指导书,能使读者更加深入地理解、熟练操作 AutoCAD 的命令。

本书由全国 CAD 应用培训网络工程设计中心主任李启炎教授主编,同济大学 CAD 研究中心李光耀博士、郝泳涛博士、卫刚讲师共同编写。其中第一章由李启炎执笔;第二、六、九、十、十一、十二章由李光耀执笔;第三、四、五章由卫刚执笔;第七、八、十三、十四、十五章由郝泳涛执笔;全书由李光耀统稿;孙培榆高工给予了很多关心。本书在编写过程中还得到

了全国 CAD 应用培训网络工程设计中心以及二级培训网点的许多老师的关心和支持,他们提出了非常多的宝贵意见,这些意见我们在改版时都加以了考虑。同济大学 CAD 研究中心许多同志也给予了热情支持和帮助。本书从编写之初到 AutoCAD 2000 版已经发行了近五十万册,取得如此成果应该说是以上所提到的所有同志的智慧结晶,编者由衷地感谢他们。

虽然尽心尽力,但要求在提高,期望也在提升,如有错误和不足之处,望广大专家和读者能给予批评和指正,并真诚希望大家能提出宝贵意见供下次改版参考。

编 者

2004 年 4 月

目 录

前言

第一章 CAD 技术概况	1
1.1 CAD 技术的发展史	1
1.2 CAD 系统的构成	3
1.3 CAD 技术的应用	11
1.4 CAD 技术发展展望	13
第二章 AutoCAD 2004 的基本概念	15
2.1 AutoCAD 2004 的启动	15
2.2 布局设置	16
2.3 AutoCAD 文件的基本操作方法和技巧	17
2.4 AutoCAD 绘图区域界限的设定	20
2.5 AutoCAD 几个辅助绘图工具的操作	21
2.6 坐标系	23
2.7 命令输入方法	25
2.8 点的输入方法	27
2.9 实体选择方式	31
2.10 夹点的操作	33
2.11 绘图区的概念和设置	36
2.12 AutoCAD 2004 新增功能介绍	36
第三章 基本绘图命令	39
3.1 画点(PPOINT)	39
3.2 画直线(LINE)	40
3.3 画圆(CIRCLE)	42
3.4 画圆弧(ARC)	45
3.5 椭圆和椭圆弧(ELLIPSE)	51
3.6 特殊点的捕捉	53
3.7 点的过滤	58
3.8 重新生成(REGEN)	60
第四章 高级绘图命令	61
4.1 等分点(DIVIDE)	61

4.2	参照线	63
4.3	多段线(PLINE)	64
4.4	矩形(RECTANG)	68
4.5	正多边形(POLYGON)	70
4.6	实多边形(SOLID)	72
4.7	圆环和实心圆(DONUT)	73
4.8	多线(MLINE)	75
4.9	样条曲线(SPLINE)	81
4.10	徒手绘图	82
第五章	基本编辑命令	84
5.1	命令的撤消和恢复(U或UNDO)	84
5.2	删除(ERASE)	85
5.3	平移(MOVE)	86
5.4	旋转(ROTATE)	87
5.5	比例缩放(SCALE)	88
5.6	对齐(ALIGN)	90
5.7	复制(COPY)	91
5.8	镜像(复制)(MIRROR)	93
5.9	倒角(CHAMFER)	94
5.10	圆角(FILLET)	96
5.11	拉伸(STRETCH)	98
5.12	拉长对象(LENGTHEN)	99
5.13	修剪(TRIM)	101
5.14	延伸(EXTAND)	103
5.15	夹点的操作	104
第六章	高级编辑命令	106
6.1	图形的偏移复制(OFFSET)	106
6.2	图形分解(EXPLODE)	107
6.3	编辑多段线(PEDIT)	108
6.4	图形阵列(ARRAY)	113
6.5	样条曲线的编辑(SPLINEDIT)	115
6.6	打断命令(BREAK)	117
6.7	用“对象特性”命令修改图形对象	118
6.8	设置“选项”对话框	118
第七章	AutoCAD 实体属性	121
7.1	图层	121

7.2	实体的颜色	129
7.3	实体的线型	130
7.4	实体的线宽	132
7.5	实体的特性匹配	133
第八章	显示控制	135
8.1	使用缩放和平移	135
8.2	使用鸟瞰视图	137
8.3	打开或关闭可见元素	138
8.4	控制图形的显示精度	140
第九章	图块	141
9.1	块的基本概念与特点	141
9.2	内部图块的定义	142
9.3	外部图形块	145
9.4	插入图形块	146
9.5	图块以矩形阵列形式多重插入	147
9.6	图块的分解(EXPLODE 命令)	148
9.7	图块的重新定义	149
9.8	定义属性	149
第十章	图案填充与编辑	156
10.1	图案填充的基本概念	156
10.2	图案填充操作	158
10.3	应用实例	164
10.4	编辑填充的图案	164
10.5	利用界标点功能编辑填充对象	165
10.6	对图案填充编辑与说明	165
第十一章	文字标注与编辑	167
11.1	设置文字样式	167
11.2	单行文字标注	170
11.3	特殊字符的输入	171
11.4	用 MTEXT 命令标注多行文本	172
11.5	文本编辑	174
第十二章	工程标注	176
12.1	概述	176
12.2	尺寸标注的构成及类型	176

12.3	设置尺寸标注样式	177
12.4	尺寸标注的类型	188
12.5	尺寸标注的编辑	195
12.6	尺寸变量	197
第十三章	图纸空间	199
13.1	图纸空间与模型空间	199
13.2	使用布局向导指定图纸空间的布局	200
13.3	图纸布局的使用与编辑	203
13.4	图纸视口的使用与编辑	207
13.5	浮动视口中对象的显示	210
13.6	创建非矩形视口	211
13.7	图纸空间应用实例	213
第十四章	AutoCAD 设计中心	217
14.1	设计中心的界面	218
14.2	使用树状视图	219
14.3	使用控制板	220
14.4	使用 AutoCAD 设计中心搜索内容	221
14.5	将图形内容添加到图形文件中	223
第十五章	图形的打印输出与图形数据格式转换	226
15.1	图形打印输出简介	226
15.2	打印设备的配置	226
15.3	打印样式和笔指定	228
15.4	指定打印区域、旋转、图纸尺寸和缩放比例	229
15.5	创建用户自定义图纸尺寸	231
15.6	修改标准图纸尺寸的可打印区域	232
15.7	图形数据格式转换	233
第十六章	AutoCAD 与 Internet	239
16.1	从 Internet 上打开或保存文件	239
16.2	使用超级链接	242
16.3	网络图形文件 DWF 文件	246
16.4	在外部浏览器中使用 DWF 文件	249

第一章 CAD 技术概况

1.1 CAD 技术的发展史

1. 20 世纪 60 年代以来 CAD 技术发展史

CAD 是 Computer Aided Design 的缩写,即计算机辅助设计,也就是使用计算机和信息技术来辅助工程师和设计师进行产品或工程的设计。CAD 技术是一项综合性的、正在迅速发展和应用的高新技术。

纵观 CAD 技术的发展历史,它起源于计算机图形学技术的发展。早在 20 世纪 60 年代初,美国麻省理工学院(MIT)的博士生 Ivan SutherLand 研制出世界上第一台利用光笔的交互式图形系统 SKETCHPAD,并且在一篇题为“计算机辅助设计纲要”的论文中提出了“设计师坐在 CRT(显示屏)的控制台前用光笔操作,从概念设计到生产设计以至制造,都可以实现人机对话,设计人员可以随心所欲地对计算机显示的图形进行增、删、改……”。这里第一次提出了计算机辅助设计和制造的概念。但在 20 世纪 60 年代,由于计算机及图形设备价格昂贵,技术复杂,只有一些实力雄厚的大公司,如波音公司、通用汽车公司等才能使用这一技术。作为 CAD 技术的基础,计算机图形学在这一时期得到了很快的发展,如 Coons 曲面片技术。洛克希德公司还研制了用于数控的图形系统。

20 世纪 70 年代是 CAD 技术充实提高的时期。由于电子电路设计采用了 CAD 技术,使集成电路技术得到很大发展。集成电路用于计算机,使计算机平台的性能大为提高。20 世纪 70 年代推出了以小型计算机为平台的 CAD 系统。同时,图形软件和 CAD 应用支撑软件也不断充实提高。图形设备,如光栅扫描显示器、图形输入板、绘图仪等都相继推出和完

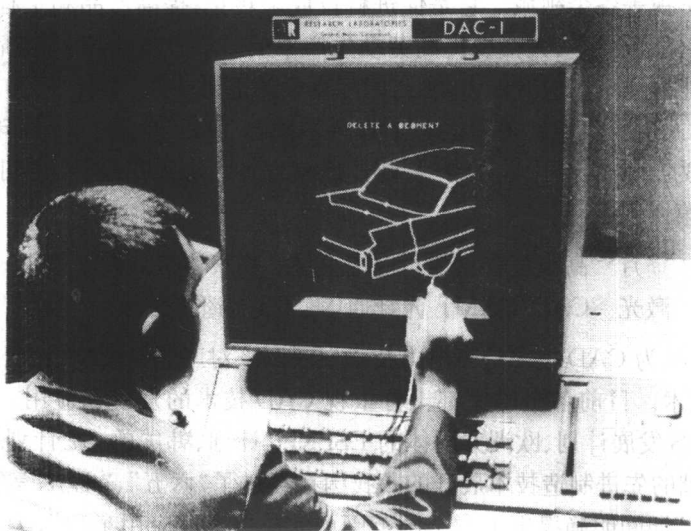


图 1-1 通用汽车公司早期使用的 DAC-1 系统

善。于是,20 世纪 70 年代出现了面向中小型企业商品化 CAD 系统。如 1970 年美国 Applicon 公司首先推出基于小型计算机的 CAD 系统。接着,Computer Vision(CV), Intergraph, Calma 等公司相继推出各自的 CAD 系统。因为这种系统包含了计算机、CAD 软件、图形输入及输出设备,用户只要学会操作即可进行计算机辅助设计工作。人们称这种系统为 Tumkey,即交钥匙系统。

20 世纪 80 年代是 CAD 技术取得大发展的时期。由于集成电路技术的进一步发展,出现了大规模和超大规模集成电路(VLSI)。计算机硬件平台又向前推进了一大步,微型计算机进入市场。1980 年美国阿波罗公司生产出第一台以超级微型计算机为平台的工作站(Workstation)。接着 Sun 微系统公司提出了开放性系统的概念,推出了以 UNIX 系统支撑的 SUN 工作站。这种系统推出的初衷即是为满足工程师、设计师们的需求,提供给他们一个性能好、价格便宜、便于开发的图形处理系统。一经推出就受到广大科技界和工业界的青睐。其后,DEC, HP, SGI, IBM 等供应商都相继进入工作站这一广阔的市场,展开了激烈的竞争。市场需求的驱动,促进了 CAD 技术的不断发展和完善。特别值得一提的是,20 世纪 80 年代中后期 RISC(精简指令集计算机)技术在 CAD 工作站系统上的应用使 CAD 系统的性能大大提高了一步。与此同时,图形软件更趋成熟。二维、三维图形处理技术、真实感图形技术以及有限元分析、优化、模拟仿真、动态景观、科学计算可视化等各方面都已进入实用阶段。包括 CAD/CAE/CAM 一体化的综合软件包,使 CAD 技术又更上一个层次。

20 世纪 90 年代是 CAD 技术广泛普及、继续完善和向更高水平发展的时期。出现了成熟的高度标准化、集成化的 CAD 系统,由于 PC 平台的性能越来越好,基于 PC 平台的价廉物美的系统相继出现,使 CAD 技术的普及应用更具广阔诱人的前景。

2. CAD 技术的地位

CAD 技术综合了信息技术和制造业、工程设计等各个行业、各个领域的技术,日趋成熟。它应用广泛,几乎覆盖了机械、汽车、航空航天、电子、建筑工程、轻工、纺织、服装、家电乃至体育、文艺影视等各个领域。它是促进科技成果转化、提高产品和工程设计水平、缩短新产品开发周期、降低成本、大幅度提高劳动生产率的重要手段,是提高企业自主开发能力、技术创新能力和市场应变能力,参与国际竞争的重要条件。其作用和地位日益为广大学科技界和产业界人士所认识。美国国家工程科学院在 1989 年成立 25 周年时,曾将 CAD/CAM 技术评选为当今最具影响的十大科技成就之一。从以下列表中可以看出: CAD/CAM 技术名列第四项。

登月 高级复合材料 应用卫星 喷气客机 微处理机
激光 CAD/CAM 光纤通信 CT 遗传工程

也有人甚至认为 CAD 技术是自电力技术发展以来对工业界影响最大,能牵动整个产业界向前发展的技术。目前各个国家都十分重视 CAD 技术的发展和运用。如美国的 AMT 计划、日本的 IMS 发展计划、欧洲共同体的 ESPRIT 计划、韩国的 G7 计划等都是围绕着以 CAD 技术为基础的先进制造技术展开的。我国在经过了“六五”、“七五”等科技发展计划的准备后,在“八五”期间明确提出了在全国范围内实施“CAD 应用工程”,大力推广应用这一

技术,并在“863”高科技发展计划中确立了以先进制造技术为内容的主题工程。这一切都反映我国对该技术极端重视,并尽其全力推广普及。

1.2 CAD 系统的构成

1. CAD 系统对支撑环境的要求

(1) 高速数据处理能力和数值计算能力,以适应大量工程计算、有限元分析、机械设计、机械运动分析及模拟仿真的需求。这就要求系统有高速中央处理机 CPU,有大容量的主存储器,有优良的数值分析算法乃至并行处理的机制。

(2) 很强的图形处理能力,以适应设计与制造过程中二维及三维图形处理以及透视渲染、真实感图形处理、可视化、虚拟现实等种种高级图形处理技术的需求。这要求系统不仅有高速 CPU,还必须配备强有力的图形处理硬件,以实现图形裁剪、消隐、变换等处理过程。同时,系统应配备性能优良的图形显示器及图形输入输出设备。当然,与之相适应的是高效的图形处理算法及实现手段。

(3) 有效的数据管理功能,以适应大量非结构化的工程数据、图形图表、标准规范以及图像、语音等各种类型数据的管理工作。这要求系统必须有高效的数据存储及传输能力,大容量的存储设备,以及各种媒体数据的录入及管理输出手段、性能良好的工程数据库管理系统。

(4) 系统应符合标准化,适应当前通用的各种国际标准和工业标准,这包括系统的开放性标准,用户界面标准,数据存储与数据交换标准,图形处理标准以及各国家制定的工业标准。如设计规范、标准件库、制图格式标准、编码标准等等。以便于各种系统间的交换及协同设计、并行工程。

(5) 良好的文字处理能力,以便于进行设计文档、报表、清单的制作。这就要求该系统有可能集成当今流行的字处理软件,如 Word 和 Excel 等。

(6) 友好的用户界面,以便于学习和使用。这就要求系统具有符合国际标准的图形用户界面、醒目方便的菜单以及适宜于多媒体操作以及中文化的界面。

(7) 系统应具有较强的适合各领域应用的功能。如几何造型、参数化、渲染效果、尺寸驱动、自动导航、特征抽取、有限元分析、机构运动分析、可视化、数控加工等。同时,还应具有较强的二次开发能力和接口,以适应用户自我开发及本地化的需求。

2. CAD 系统组成

(1) 从以上分析可知,CAD 系统是一个综合的、集成了各种技术在内的系统,它将信息技术与应用领域技术紧密集成在一起。它所涉及到的信息技术有:

计算机技术:包括计算机硬件,即主机(CPU 和存储器)、外围设备、接口技术等;计算机软件,包括操作系统 OS 和编程语言、软件工具、开发方法(面向对象技术)等。

图形学:包括图形学算法及其实现、图形软件及其标准化、图形设备(显示器、绘图仪、数字化仪、扫描仪)。

数据管理:工程数据库管理系统,能处理文本、图形、图像、CAD 文件、标准、规范等各种工程数据。

数值分析：包括有限元分析、模拟、仿真等技术。

智能技术：包括知识工程、专家系统、人工智能及智能化接口等。

人机界面：如图形用户界面 GUI、多媒体界面等。

网络通信：包括局域网、广域网、分布式处理、客户机/服务器即 Client/Server 系统、Internet 和企业内联网 Intranet、外联网 Extranet。

(2) CAD 系统的组成如图 1-2 所示。

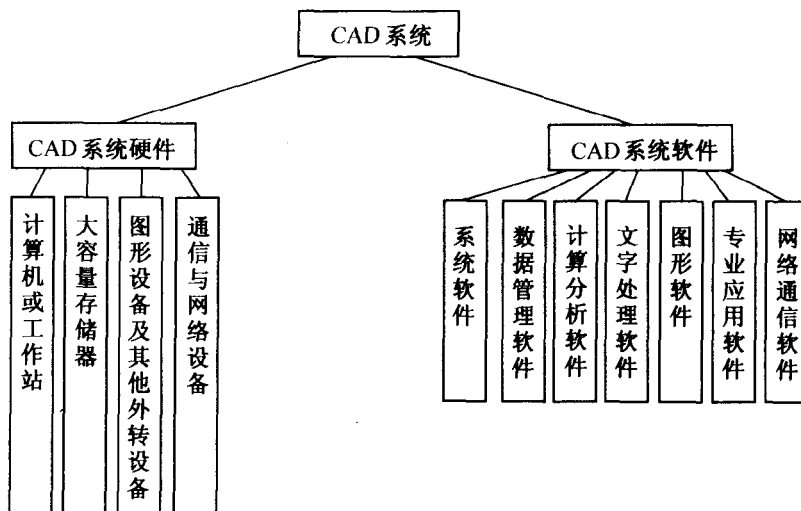


图 1-2 CAD 系统的组成

3. CAD 系统中的计算机平台

目前,CAD 系统主要有建立在超级微型机平台上的工程工作站和以个人计算机 PC 为平台的系统。CAD 系统要求计算机有高速运算、处理数据的能力。反映工作站 CPU 的性能指标过去常用 MIPS,即每秒钟能执行的指令数,其中 M 为兆,即百万之意。使用 RISC 技术的工作站,其 CPU 的运行速度达几十~几百 MIPS,即每秒执行几千万次指令。现在,是用一种能反映 CPU 综合性能的指标 SPEC int 和 SPEC flop。其中前者表示整数运算的能力,后者表示浮点(即带小数点的)运算能力。

当今,最著名的工程工作站供应商及其型号有:

SUN Microsystem 公司的 Ultra 系列;

HP 公司的 HP9000/700 系列;

SGI 公司的 Indigo 系列;

IBM 公司的 RISC/6000 系列。

反映工作站性能的另一个重要指标是图形处理能力。高性能的工程工作站都配有很强的图形加速器。其性能指标以处理二维、三维向量的速率表示,如一秒钟处理多少 k(千)向量,1 200k/s 表示每秒处理 $1\,200 \times 1\,000$ 即 120 万条向量。

以高档 PC 为平台的 CAD 系统,由于其低廉的价格和越来越高的性能,正在被人们广泛使用。特别是 20 世纪 90 年代,推出了奔腾(Pentium)系列,其处理速度也已达几十个

MIPS,再加上大容量的内存和外存储器,可以配置成一套价廉物美的 CAD 系统。

由于 CAD 系统或图形工作站对计算速度和图形处理能力要求较高。在 PC 机和 Windows 环境下构造 CAD 系统或图形工作站,要采取以下几方面的措施来提高计算能力和图形处理能力:

- * 采用高性能 CPU,如奔腾 CPU 的时钟频率已由几百兆赫提高到 1 000 兆赫(1 GHz)以上。图形工作站大多采用 1.8、2.0、2.4、2.8 GHz 的 CPU。

- * 采用多 CPU,如 2CPU、4CPU……等组成并行处理系统,以提高 CPU 的计算处理能力。

- * 增加内存容量。由于内存速度快,加大其容量,如 512 MB 以上,使常驻内存的数据量增加,以减少内存和外存交换的次数和时间。

- * 采用性能卓越的高性能显示卡或图形加速器,其上具有容量较大的显示缓存,如 32 M、64 M、128 M 字节以上,以建立较大的显示缓冲器。同时,配备高性能的图形加速器。其中,固化了能完成 Open GL 绘图功能的固件,如能完成三维裁剪、消隐、反走样、渲染等图形、图像操作等功能,从而大大提高了图形处理能力。

目前各大主流计算机厂商,如 IBM、HP、COMPAQ、DELL 以及我国的联想及台湾地区的 Acer 等都推出了多 CPU 的带有高性能图形显示卡的图形工程站或 CAD 工作站。

4. 图形设备

(1) 图形输入设备

图形输入设备的作用是将平面上的坐标或图像送入计算机。常见的输入装置有光笔、鼠标器、操纵杆、跟踪球、数字化仪、图形输入板、扫描仪等。

图形输入设备的主要指标有:分辨率、直线性、重复性及工作范围。分辨率指在单位距离内设备所能鉴别的点数;直线性是测量设备随操作者手的移动所给出的输出坐标增减值的大小;重复性是指从某点出发并返回该点时产生的最小误差;工作范围指幅面大小。

根据工作原理,图形输入设备可分为矢量式和点阵式。前者的特点是图形输入工作量大、速度慢,但设备成本低,矢量存储信息量小,但图形加工方便,例如:定向键、操纵杆、跟踪球、鼠标器、光笔、图形输入板、数字化仪等。后者的特点是工作量大、速度快、成像准确。由于输入信息量大,则图形的加工复杂、矢量化困难、成本较高。但从发展观点看,点阵式输入设备将成为今后各类图形输入的主要手段。因而下面不仅讨论一般的矢量设备,同时也对点阵式的扫描仪作一些介绍。

① 键盘(Keyboard) CAD 系统中,键盘主要用来输入文字、数据,对输入诸如图形显示中的标记之类的图形信息相当有效。键盘也可提供一些方便的屏幕坐标输入、功能选择或具有一些特殊的功能键。

一般键盘上有功能键、光标键和数字键。光标键能移动屏幕上的光标以选取坐标位置。特殊用途键可包括一些为特殊绘图功能而定制的功能按钮、旋钮或开关。按钮和开关用来输入一预先定义的函数,旋钮通常输入纯量值。

② 光笔(Light pen) 光笔是一种使用最早的交互式图形输入装置,可直接用于输入坐标点,并可用其改变显示点的坐标及拾取屏幕显示的图形和菜单项。

③ 操纵杆(Joystick) 由早期飞机上使用的控制杆而得名。操纵杆是由一个垂直的杆和一个用于控制游杆的基底做成。分移动式 and 感压式两种。移动式操纵杆的工作原理是指杆自中心位置移动的距离相当于屏幕光标在该方向上移动的位置,而感压式操纵杆是不能移动的,杆上的压力会通过应变计测量后再转换成光标在指定方向上移动。

④ 跟踪球(Trackball) 跟踪球的操作原理与操纵杆相似,只是光标的移动靠球而非靠杆。球的任一移动由电位计测量且转换成一数字量来控制光标的移动。球的转动方向决定光标的移动方向,球的移动速率决定了光标的移动速率。跟踪球由一底座和半嵌入其中的球体组成。

⑤ 鼠标器(Mouse) 鼠标器是一种控制光标移动的小型手控装置。它分成滚子式和光电管式两种,是一种复杂而精巧的输入装置。

光电式鼠标器底座上装有光电管。当它在具有网格线条的平面上移动时,光电管接收的亮度随网格线条的相对移动量和移动方向而定。由于鼠标器在某一位置拿起放下并不改变光标位置,它专用于屏幕光标的相对移动。

光电式鼠标器具有体积小、成本低且移动平滑、准确性高、可以迅速使光标移动而很小抖动等特点,与绘图板配合使用,是一种常用的 CAD 图形输入装置。

⑥ 图形输入板(Graphic tablet) 图形输入板又称数字转换绘图板,专门拾取屏幕上的坐标位置。小型图形板的尺寸一般为 $280\text{ mm} \times 280\text{ mm}$ 。图形输入板有许多方格线组成的方格,每一条线的电位不同,因此,图板的每一方向均有不同的电位差。利用指示笔或游标在图形板上移动,可记录各处的电位差,并随之转化为 x, y 的坐标,映射到屏幕上,这就是图形的定位功能,它也可以完成画线功能及选择功能。

⑦ 数字化仪(Digitizer) 图形输入板实际上是一种小型的数字化仪,而数字化仪则是一种大面积的图形输入板,其分辨率可达 0.025 mm ,图的面积可达 $914\text{ mm} \times 1219\text{ mm}$,能满足 0 号图样的输入要求。

数字化仪一般分成数字化台面、数字化处理机和传感器三大部分,其作用是把图形转化为数字(即 x, y 坐标),存放在计算机存储器或外存(如:磁盘、磁带、光盘)上。数字化仪给计算机二维数据,这对于大多数二维图形是很有用的。因为它与图形板一样,可以倾斜、提高或降低,从而使操作人员有一个舒适的工作环境。在操作时,把要数字化的图样固定在台面上,然后用指示笔或游标压在上面,对图形进行扫描,这就是对图形的数字化过程。

⑧ 扫描仪(Scanner) 现在应用较广的是光电滚筒扫描仪,又称鼓形扫描器。它由滚筒、光源、反射镜、光电倍增管及机械传动系统组成。

被扫描的图片覆盖在滚筒上,光源发出的光通过反射镜照到图片上,图片的反射光通过透镜及光孔,照射于光电倍增管上。由光电倍增管将光信号转换成电信号。在转换的同时,滚筒不停地转动,同时还作轴向运动。合成运动的结果,光点以螺旋形式对图片作顺序扫描。由于图片上灰度不同,反射光的强弱发生变化,经光电倍增管后产生了与图形内容相对应的大小变化的电信号。

光电扫描仪可以扫描不透明的图片、照片及文档资料。这时由滚筒外的光电倍增管接收从图片表面反射的光线,输出图像信号。它也可以扫描透明的照相底片、显微镜照片、X 光片、电影胶片等。这时光电倍增管装在滚筒上,它接收透射光,给出图像信号。

光电滚筒扫描仪属于机械式传感器,它的优点是结构简单、实现容易、噪声低、准确度高、扫描幅度大;缺点是速度不快、分辨率不高。若采用激光作光源可大大提高精度。激光扫描仪用光束来代替电子束,光束由激光发生器产生。这种光束方向性强、单色性好、高亮度,因而最后生成的图像清晰,色彩逼真。

⑨ 三维输入设备 由于三维(3D)CAD/CAM 系统的广泛使用,及三维重构、几何造型、模具制造、快速成型等技术的发展和需要,三维输入设备得到了越来越广泛的使用。它可以通过测量和扫描装置直接获得被测物体的三维坐标。通过这些装置的接口将这些坐标输入到计算机或图形工作站。由三维 CAD 系统或专门的三维重构系统构造出物体的三维造型,以使系统进行处理或加工。

常用的三维输入设备有利用精密机械测量的三坐标测量仪。在实测样本上选择一些特征点将其三维坐标测量记录下来;另一种是利用数字化激光扫描装置,从不同角度对实测样本进行扫描,获得三维数据。

其他三维输入设备还有三维数字化仪,常用于三维形体及三维地形数据的输入。

(2) 图形显示设备

图形显示设备是 CAD 系统中必不可少的。大多数图形设备的监视器采用的是标准阴极射线管 CRT 结构,当然也有采用其他技术的显示器,如液晶平板显示器等。

CRT 的主要技术指标是分辨率和显示速度。分辨率是指 CRT 在水平和垂直方向上能识别出的光点(像素)间的最大距离。高分辨率的图形显示器其分辨率可达 $4\,096 \times 4\,096$ 像素,显示速度一般用每秒钟显示矢量线段的条数来表示。

常用的图形终端在荧光屏上产生图像有两种基本方法:随机扫描和光栅扫描。随机扫描是指显示器中电子束的定位和偏转具有随机性,可以画出很细的直线图形,分辨率可以做得很高,对刷新频率的要求是每秒 30~60 帧。而光栅扫描由于是显示器控制电子束依次扫描整个屏幕,可以控制每个像素的亮度和颜色,因此适合于输出局部彩色图形或具有明暗度差别的真实图形(分辨率在 $1\,280 \times 1\,280$ 像素以下)。由于帧缓冲器作为刷新之用,因此有助于用较低的刷新频率显示不闪烁的图形。

目前,在 PC 机上使用的显示器是光栅式显示器。分辨率为 $1\,024 \times 768$ 像素,通常采用的显示卡是 VGA, TVGA, SVGA 等。也可以根据 CAD 工作的需要和可能采用分辨率更高($1\,024 \times 1\,024$ 像素等)的大屏幕显示器。在工作站使用的显示器,其分辨率为 $1\,152 \times 900$ 像素(SUN 工作站)、 $1\,024 \times 1\,024$ 像素或者 $1\,280 \times 1\,024$ 像素等。显示的色彩种类有 16、256、64 k、16 M 等,这主要取决于显示卡,或显示适配器的性能、显示帧缓存的大小等。一般 PC 机显示器帧缓存配备 1 MB 以上,性能高的可达 32 M、64 M 字节等等。用户在选择 PC 机等设备时必须注意这一性能指标。帧缓存为 512 kB 一般只能显示 16 种颜色;1 MB、2 MB 以上者能显示 256 种颜色;可达到 HiColor 64 k 种,乃至真彩色(True Color),即 16 M 种颜色。这种高质量的显示在建筑 CAD 的表现图、方案设计上是很必要的,目前,除了 CRT 显示器,液晶显示器的应用越来越广泛,其性能也越来越高。

(3) 图形输出设备

工程 CAD 中常用的图形输出设备有如下几种:(笔式和喷墨)绘图机、硬拷贝装置、静电绘图机、计算机输出微缩胶片装置等。这些设备是工程 CAD 中必不可少的。当各种数据和指令经输入装置传送到电脑主机上,主机就以它的记忆、控制运算元件来处理这些数据和