

教育部工科基础课程教学基地系列教材之一

CAD

基础及应用

李凌丰 曹 敏 编著



浙江科学技术出版社

00004750

CAD 基础与应用

李凌丰 曹 敏 编著

浙江科学技术出版社



C0480224

内 容 提 要

本书由浅入深地介绍了 CAD 的基础知识、操作方法和开发技术,使读者能够对目前广为流行的 AutoCAD 系统掌握操作并且进行二次开发。主要内容有:CAD 软件常用技术介绍;AutoCAD 的基本操作;AutoCAD 的绘图、编辑操作和辅助作图工具;AutoCAD 的尺寸标注;AutoCAD 的线型和阴影线图案定义、形的编码描述;DXF 文件的格式、结构及编程读写;AutoLISP 语言的数据类型、函数及其使用;用 C 语言开发 ADS 应用程序。书中还包括了综合练习和实例以帮助提高读者的应用能力。

本书已被列为教育部工科基础课程教学基地教材。它既可作为高等院校研究生、本科生学习 CAD 技术的教材,也可作为各类 CAD 培训班的教材,还可作为从事 CAD 应用或开发的技术人员的参考书。

书 名	CAD 基础与应用
编 著 者	李凌丰 曹 敏
出 版	浙江科学技术出版社
印 刷	杭州市长命印刷厂
发 行	浙江省新华书店
制 作	浙江科学技术出版社计算机图书工作室
读者热线	0571-5157523
电子信箱	hzzjkj@mail.hz.zj.cn
开 本	787×1092 1/16
印 张	12.25
字 数	296 000
版 次	1999年4月第一版
印 次	1999年4月第一次印刷
书 号	ISBN 7-5341-1259-1/TP·85
定 价	19.50 元
责任编辑	熊盛新
封面设计	潘孝忠

前 言

CAD 技术的应用在我国日益广泛,它是提高设计质量、加速产品更新换代、增强市场竞争能力的必备手段。Autodesk 公司为了满足用户的需求,推出了 AutoCAD 系统,由于 AutoCAD 强大的设计绘图功能、可定制的灵活适应性和便于开发与连接的开放性,表现了极强的生命力,拥有远比其他 CAD 系统多的用户,目前版本已到 AutoCAD R14。

最基本的 CAD 应用是使用 CAD 软件进行绘图,比如 AutoCAD 绘图,这是每个 CAD 用户所必须掌握的技能;有时,由于特定的需要,用户要设置适合自己的运行环境,比如定义用户线型、某些符号等;还有些更高级的用户,希望在特定领域开发一些应用程序,如将设计计算与绘图结合起来的程序等等。本书就是一本在介绍 CAD 的基本知识、AutoCAD 的操作方法和 AutoCAD 平台上的二次开发等技术的基础上来满足用户多层次的需要的参考书。

作者长期从事 CAD 的教学、开发和研究,本书就是作者在教学本科生和研究生的 CAD 软件技术、计算机绘图等课程的讲义基础上整理而成的,书中融入了作者多年课堂教学经验和项目的研究开发成果,是一本不可多得的参考书。

本书包含 CAD 的基础知识、操作方法和开发技术三方面的内容,共分 7 章,主要内容如下:第 1 章主要介绍 CAD 软件、CAD 系统总体结构和 CAD 交互技术;第 2 章主要介绍 AutoCAD 的基本操作和 AutoCAD 的绘图环境;第 3 章介绍 AutoCAD 图形实体绘制、编辑、辅助绘图工具和图形显示控制;第 4 章介绍 AutoCAD 的尺寸标注类型、格式、变量和尺寸编辑;第 5 章介绍建立和修改 AutoCAD 的线型、阴影线图案、形文件与命令组文件、DXF 文件的格式和结构和 DXF 文件的读写程序;第 6 章介绍 AutoLISP 语言的数据类型、函数及使用;第 7 章介绍 ADS 中定义的变量类型和值、ADS 函数、ADS 应用程序的结构编译和连接。

李凌丰编著了第 1、5、6、7 章,曹敏编著了第 2、3、4 章。此外,谭建荣教授、范崇夏教授和唐伟达教授对作者的讲课以及本书的编写给予了热情帮助与大力支持。吴丹、封亚先、肖南、黄长林、龚祥国、许锦弘、徐臻、楼易、楼少敏、曹韵红等老师也参加了本书部分章节的编写工作。

本书虽然作为讲义在教学中多次使用,但 CAD 是一门新兴学科,发展十分迅速,加上作者水平有限,时间仓促,书中难免存在缺点和不足,恳请专家、读者批评指正。

编 者

1999 年 3 月于杭州

目 录

第 1 章 CAD 软件分析	1
1.1 CAD 软件概述	1
1.1.1 软件的层次	1
1.1.2 CAD 软件的发展简史	1
1.1.3 目前流行软件的状况	2
1.1.4 评价软件优劣的要素	2
1.1.5 AutoCAD 的情况	2
1.2 CAD 系统总体结构	3
1.2.1 计算机图形系统的功能及组成	3
1.2.2 图形输入/输出设备	4
1.3 交互技术	4
1.3.1 选择技术	4
1.3.2 定位技术	5
1.3.3 定向技术	6
1.3.4 定路径技术	6
1.3.5 定量技术	6
1.3.6 文本技术	6
1.3.7 橡皮筋技术	6
1.3.8 徒手画技术	7
1.3.9 拖动技术	7
1.4 AutoCAD 命令、数据输入	7
1.4.1 命令的输入	7
1.4.2 数据输入	7
1.4.3 实体选择	9
第 2 章 AutoCAD 的基本操作	10
2.1 进出 AutoCAD 流程	10
2.1.1 进入 AutoCAD	10
2.1.2 AutoCAD 界面	10
2.1.3 AutoCAD 菜单	11
2.1.4 AutoCAD 的几个功能键	13
2.1.5 AutoCAD 图形的建立、打开和存储	13
2.1.6 退出 AutoCAD	14
2.1.7 图形输出	14

2.2 AutoCAD 的绘图环境	16
2.2.1 图幅和单位	16
2.2.2 图 层	17
2.2.3 线型和颜色	19
2.3 综合练习一: AutoCAD 的基本操作	20
第 3 章 AutoCAD 绘图、编辑和辅助绘图	22
3.1 AutoCAD 基本图元绘制	22
3.1.1 绘制基本图形	22
3.1.2 书写文字	27
3.1.3 图案填充	28
3.1.4 块	30
3.2 AutoCAD 图形编辑	32
3.2.1 选择目标	32
3.2.2 复制图形	33
3.2.3 删除和恢复	35
3.2.4 修改图形	36
3.2.5 修改实体性质	40
3.3 AutoCAD 辅助绘图工具	42
3.3.1 栅格和捕捉	42
3.3.2 正交模式	43
3.3.3 建立用户坐标系统	44
3.3.4 目标捕捉	44
3.4 AutoCAD 图形显示控制	46
3.4.1 显示范围控制 (ZOOM)	47
3.4.2 移动显示 (PAN)	48
3.4.3 命名视图并存储 (VIEW)	48
3.4.4 透明命令的使用	49
3.4.5 其他显示控制	49
3.5 综合练习二: AutoCAD 绘图和编辑	51
第 4 章 AutoCAD 尺寸标注	57
4.1 尺寸标注的基本概念	57
4.2 尺寸标注类型	57
4.2.1 直线型尺寸标注	57
4.2.2 DIMANGUR (角度标注)	59
4.2.3 DIMDIAMETER (直径标注)	59
4.2.4 DIMRADIUS (半径标注)	59
4.2.5 LEADER (旁注线标注)	60
4.3 DIM 和 DIM1 尺寸标注工具	60
4.3.1 直线型尺寸标注	61

4.3.2	ANGULAR (角度标注)	62
4.3.3	DIAMETER (直径标注)	62
4.3.4	RADIUS (半径标注)	62
4.3.5	LEADER (旁注线标注)	62
4.4	尺寸标注变量	63
4.4.1	有关尺寸箭头的变量	63
4.4.2	有关尺寸文本的变量	63
4.4.3	有关尺寸界线的变量	64
4.4.4	有关尺寸线的变量	64
4.5	尺寸编辑	64
4.5.1	移动和旋转尺寸文本 (DIMTEDIT)	64
4.5.2	编辑尺寸文本 (DIMEDIT)	65
4.5.3	覆盖尺寸标注变量 (DIMOVERRIDE)	65
4.5.4	在 DIM 状态下编辑尺寸	65
4.6	尺寸标注格式	66
4.6.1	尺寸标注格式 (DIMSTYLE)	67
4.6.2	在 DIM 下设置尺寸标注格式	67
4.7	综合练习三: AutoCAD 尺寸标注	68
第 5 章	DXF 文件、建立图形与符号库	70
5.1	建立和修改线型	70
5.1.1	在 AutoCAD 之外定义线型	70
5.1.2	在 AutoCAD 内部定义	71
5.2	建立阴影线图案	71
5.2.1	参 数	72
5.2.2	带有虚线的图案	72
5.3	形文件	74
5.3.1	概 述	74
5.3.2	形的定义	74
5.3.3	形状描述	74
5.3.4	实例一: 机械图形符号库	75
5.4	命令组文件	81
5.4.1	命令组文件的特点	81
5.4.2	命令组文件的使用	82
5.5	DXF 文件格式	82
5.5.1	一般文件格式	82
5.5.2	组代码	83
5.5.3	注 释	85
5.6	DXF 的文件节	85
5.6.1	Header (标题) 节	86

5.6.2 Tables (表) 节	86
5.6.3 Blocks (块) 节	87
5.6.4 Entities (实体) 节	87
5.7 编写 DXF 接口程序	89
5.7.1 从 DXF 文件提取实体信息	89
5.7.2 编程构造 DXF 文件	92
5.8 实例二: DXF 文件向 SCR 文件转换	94
5.8.1 DXF 文件与 SCR 文件的比较	94
5.8.2 数据的提取与转换	95
5.8.3 讨 论	100
第 6 章 AutoLISP 语言基础	101
6.1 LISP 语言的特点	101
6.2 AutoLISP 中的数据类型	101
6.2.1 符 号	101
6.2.2 表	101
6.2.3 字符串	102
6.2.4 整 数	102
6.2.5 实 数	102
6.2.6 文件描述符	102
6.2.7 实体名	102
6.2.8 选择集	103
6.2.9 子程序和外部子程序	103
6.2.10 AutoLISP 表达式	103
6.2.11 注 释	103
6.3 记号约定	104
6.4 AutoLISP 函数及其使用	104
6.4.1 有关 AutoCAD 命令的函数	104
6.4.2 用户交互输入函数	106
6.4.3 串/数转换函数	110
6.4.4 文件操作函数	111
6.4.5 几何计算函数	112
6.4.6 坐标系统变换	113
6.4.7 屏幕操作函数	114
6.4.8 函数定义与加载	114
6.5 实例三: 参数化绘图	117
第 7 章 用 C 语言开发 ADS 应用程序	119
7.1 概 述	119
7.1.1 在 AutoLISP 中使用 ADS 应用程序	119
7.1.2 ADS 的文件和它们的内容	121

7.2	ADS 应用程序的结构	122
7.2.1	与 AutoLISP 通信的初始化	124
7.2.2	ADS 应用程序的请求码和结果码	125
7.2.3	外部函数	126
7.2.4	出错处理	128
7.3	ADS 中定义的变量、类型和值	128
7.3.1	一般类型及其定义	129
7.3.2	结果缓冲器和类型码	131
7.3.3	ADS 库函数的结果码	134
7.3.4	ADS 中的表和动态分配存储的数据	135
7.4	一般的实用函数	137
7.4.1	AutoCAD 的提问和命令	137
7.4.2	几何类函数	141
7.4.3	获取用户输入的函数	142
7.4.4	返回给 AutoLISP 函数的值	149
7.4.5	转 换	150
7.4.6	显示控制	154
7.4.7	通配符的匹配	156
7.5	选择集、实体和符号表函数	158
7.5.1	选择集和实体的名字	158
7.5.2	处理选择集	158
7.5.3	实体名函数	164
7.5.4	实体数据函数	166
7.5.5	实体数据函数和图形屏幕	172
7.6	ADS 程序的编译和连接	174
7.6.1	Microsoft C 的使用	174
7.6.2	Borland C++ 的使用	175
7.7	实例四：设计计算与绘图结合	176

第1章 CAD 软件分析

1.1 CAD 软件概述

1.1.1 软件的层次

CAD应用软件可分为系统软件、CAD应用支撑软件和企业内部产品应用软件三部分。系统软件包括操作系统、各种语言和必要的工具软件等。这类软件很重要，也容易选择。企业内部产品应用软件是专门为企业产品设计而开发的，和企业产品设计密切相关，通常难以买到，即使可以买到，它的价格也十分昂贵，一般由企业自己开发或委托有能力的高等院校、研究机构开发。CAD应用支撑软件包括二维设计和绘图、三维建模、运动学/动力学模拟及前后置处理、数据自动编程、工程数据库及产品数据管理、集成技术、用户界面以及相关的开发工具等。CAD应用支撑软件的选择是进行CAD应用的重要部分，它的选择对开发企业内部产品的应用软件起决定性作用。

1.1.2 CAD 软件的发展简史

CAD技术已广泛应用于各个工程领域，如机械、电子、土木等。CAD技术在机械工程设计中的应用已有30多年的历史，它是衡量一个国家的科学技术现代化和工业现代化水平的重要标志，也是衡量一个企业的技术水平和管理水平的重要标志。

机械CAD软件系统发展经历了三代：

第一代CAD软件系统在20世纪60年代中期就开发出来了，它是以图形学为基础而建立的应用技术系统，主要解决二维绘图和简单的数控加工。

第二代CAD软件系统在70年代开发出来，这一代的系统是一个二、三维绘图和数控加工、线框、曲面、实体建模等多个数据库和分散数据结构、顺序设计过程的系统。不过，它也有着许多问题，如难以实现系统真正集成、修改困难、获取信息受限制、使用难度大、缺乏数据管理功能等，它采用了混合语言编码。

第三代CAD软件系统则在80年代中后期开发出来。这一代系统使用单一数据库和统一数据结构，使系统真正集成和各分系统间全关联并支持并行工程，提供产品数据管理功能，获取信息完整，使用方便，它采用了C或C++语言编码。

预计到21世纪，将开发出第四代机械CAD集成软件CAPE(Concurrent Art-To-Product Environment，现代同步产品制造环境)。CAPE将在第三代CAD的基础上，并在软件结构、建模器、面向对象开发工具、数据模型、智能设计、统一产品数据管理、质量控制和多媒体技术应用等方面实现新的突破，真正实现并行的从构思到产品完成的环境，提供更完善、更高效的设计、分析、管理、控制、制造等方面的环境和工具。

1.1.3 目前流行软件的状况

国际上出现的机械CAD系统很多,其中较著名的大约有10个,即Applicon公司的bravo系统、Autodesk公司的AutoCAD系统、Computervision公司的CADDs系统、Dassault公司的Catia系统、EDS公司的Unigraphics系统、HP公司的PE系统、Intergraph公司的I/EMS系统、Matra Datavision公司的Euclid系统、PTC公司的PRO/Engineer系统以及SDRC公司的I-DEAS系统。

1.1.4 评价软件优劣的要素

1.1.4.1 CAD/CAM 软件功能检测指标

90年代初,国际上开始对CAD系统进行功能检测,将CAD的功能分为22大类,其中包括:综合功能——34条、坐标系统——5条、2d图形生成——15条、尺寸标注——22、通用数据库——13条、符号——2条、模型——7条、曲线定义——15条、曲线处理——21条、编辑/检验——3条、非几何信息——11条、专用功能——2条、数控——26条、曲面接口——3条、有限元接口——12条、特性计算——6条、运动分析——4条、体素模型——4条、设计语言——5条、几何模型的扩充——20条、数字化——7条和作图——27条,总计264条。并且每项功能都按下列4级评分:0表示无此功能、1表示有此功能但工作不稳定、2表示工作正常、3表示工作得很好。

总之,从用户的角度考虑,检测CAD/CAM软件应该主要考核以下这几个方面:①功能满足需求,性能可靠,杜绝死机;②用户界面友好;③可扩展,提供二次开发平台,能够根据用户需要进行开发。

国内于1992年与1995年分别举行了CAD自主知识产权软件评测。

1.1.4.2 软件评价要素

软件评价要素有:

- 软件的功能要素:软件的基本功能、软件的详细功能。
- 软件的可靠性要素:正确性、健壮性、安全性、容错性、可恢复性。
- 软件运行的硬件要素、易用性要素、实用要素和效率要素。
- 软件的可移植要素和可维护要素。
- 软件的过去使用的实绩、供方提供的支持和文档。
- 经费、安装与合同。

1.1.5 AutoCAD 的情况

Autodesk公司在80年代期间成为以绘图为中心的微机机械CAD的主导供应商。从80年代末期,该公司就开始研制用于工作站的、企业长期策略的3d机械CAD/CAM技术。AutoCAD是它的核心产品,目前版本为R14。AutoCAD使用assembler和c语言编码,采用了面向对象的软件结构,并且用户界面也提供了Command和Icon-Driven两种模式,最重要的是AutoCAD在3D参数化特征设计制造和数据管理有了突破性的进展。

AutoCAD 自 1995 年来销售量一年比一年多,许多对手只能望其项背,因此,AutoCAD 变成了一种能在世界范围内互相协作的工具,AutoCAD 软件也渐渐成为一种世界标准。

1.2 CAD 系统总体结构

CAD 的基本环境是计算机图形系统。

1.2.1 计算机图形系统的功能及组成

一个计算机图形系统起码应具有计算、存储、对话、输入和输出五方面的基本功能。

(1)计算功能:包括形体设计、分析算法程序库和描述形体的数据库。其中最基本的功能应有点、线(含直线和曲线)、面(含平面和曲面)的表示及其求交、分类(用于形体的集合运算),几何变换,光、色模型的建立和计算,干涉检验等内容。

(2)存储功能:在计算机的内存、外存中能存放图形数据,尤其是存放形体几何元素(点、线、面)之间的连接关系以及各种属性信息,并且可以按设计人员的要求对有关信息进行实时检索、变化、增加、删除等操作。

(3)对话功能:该功能可通过图形显示器直接进行人-机对话。用户通过屏幕观察设计的结果和图形,用选择、拾取设备(在屏幕上是通过光标,具体的物理设备可以是鼠标器、光笔等)对不满意的部分作出修改。除了与图形文字的对话功能外,系统还应恢复以前的操作步骤的功能,跟踪检索出错的操作,并对用户执行的错误操作提供必要的提示或跟踪。

(4)输入功能:把图形设计和绘制过程中的有关定位、定形尺寸及必要的参数和命令输入到计算机中去,其中约束条件、属性参数也是必不可少的。同时,还要能够接受来自其他系统的信息。

(5)输出功能:为了能长期地保存分析计算的结果或对话需要的图形和非图形信息,图形系统应有文字、图形、图像信息的输出功能,并且输出设备是多种多样的。

上述五种功能是一个图形系统所具备的最基本功能,至于每种功能中具有哪些能力,要因不同的系统而异。计算机图形系统的基本功能框架如图 1.1 所示。

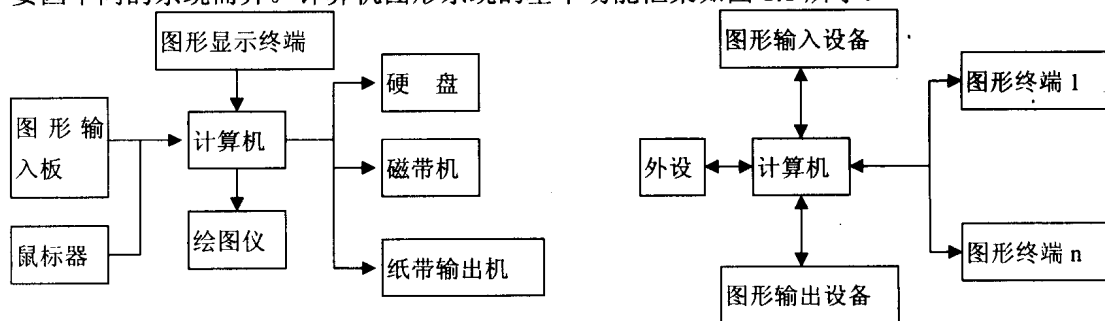


图 1.1 计算机图形系统基本组成框图

1.2.2 图形输入/输出设备

1.2.2.1 图形输入设备

图形输入设备从逻辑上分有六种，如表 1.1 所示。

表 1.1 图形输入设备的逻辑分类

名 称	相应的典型设备	基本功能
定位(Locator)	叉丝、拇指轮	输入一个点的坐标
笔划(Stroke)	图形输入板	输入一系统点的坐标
数值(Valuator)	数字键盘	输入一个整数或实数
选择(Choice)	功能键、叉丝、光笔选择菜单	由一个整数得到某种选择
拾取(Pick)	光笔或叉丝接触屏幕上已显示的图形	通过一种拾取状态来判别一个显示着的图形
字符串(String)	字符键盘	输入一串字符

实际的图形输入设备往往是某些逻辑输入功能的组合，下面介绍几种常用图形输入设备：

- 鼠标器：光电式、光机式、机械式。
- 光笔。
- 触摸屏：电阻式、电容式、红外线式、声表面波。
- 坐标数字化仪。
- 图形扫描仪。

1.2.2.2 图形显示设备

目前使用的图形显示设备有：阴极射线管、彩色阴极射线管、随机扫描的图形显示器、存储管式的图形显示器、光栅扫描式的图形显示器、液晶显示器、等离子显示器和触摸屏。

估计今后相当长的时间内，阴极射线管(CRT)显示器仍占统治地位，液晶显示器主要使用在便携式计算机中。触摸屏既是一种图形显示设备又是一种图形输入设备。

CRT 显示器可分为刷新式和存贮式两大类，刷新式 CRT 又可分为随机扫描和光栅扫描两大类，常见的即为刷新式光栅扫描显示器。

1.2.2.3 图形绘制设备

目前使用的图形绘制设备有：喷墨打印机、激光打印机、静电绘图机、笔式绘图机。

1.3 交互技术

针对不同的交互任务需要采用不同的交互技术。

1.3.1 选择技术

选择技术要求确定可选择集合的大小及选择值，该集合可以是固定的，也可以是变长

度的，选择要求有拾取设备。选择技术有以下几种：

- (1)用光笔选择。
- (2)用图形输入板或鼠标器光标控制器选择。
- (3)键入名字、名字缩写或排列的唯一序号或标识号作选择。
- (4)用功能键作选择。
- (5)语音选择和笔划识别。

在选择中最常用的是命令选择，见表 1.2。

表 1.2 选择技术

选择对象	选择方式
命令的组织	单层的
	多层的
命令的排列	按字母顺序
	按使用频率
	按类别
表示方式	图形的
	文字的
输出形式	静态的
	动态的(弹出式
选择对象的排列	按水平
	按垂直
	按块状
选择对象的尺寸	固定
	可变的

选择区域无论是字符还是图形，它都尽可能地大，以减少定位时间和出错率，实验结果表面明，移动定位器从一点到另一点的时间是随着选择区域的增大而减少的，但是，如果选择区域选择得过大，也会影响图形区域的有效利用面积，因此，用户应协调好这两方面的关系。

1.3.2 定位技术

定位技术用来指定一个坐标，一般要确定维数（一维、二维或三维）、分辨率（精度）以及是离散点还是连续点。定位技术主要有三种：

- (1)使用图形输入板或鼠标器控制光标来定位。
- (2)键入坐标定位。
- (3)用光笔或叉丝定位。

应用定位技术还需要进一步考虑坐标系问题（是使用用户坐标还是设备坐标）、光标的形状及特征(如闪烁、彩色、光强度)以及合适的控制/显示比率。

控制/显示比率是手的移动量和光标的移动量的商。低比率适合快速移动，高比率适合微调、精确定位；一般地，坐标数字化仪采用绝对定位，鼠标器、操纵杆采用相对定位（即相对于前一次的移动来定位）。为了提高定位速度和精度，还经常采用网格、辅助线、比例尺技术等。

1.3.3 定向技术

定向即在一个坐标系中规定形体的一个方向,此时需要确定坐标系的维数(即自由度)、分辨率、精度和反馈类型,所需的设备有数值器、定位器、键盘。定向技术有两种:

(1)用度盘或操纵杆控制方向角。

(2)键入角度值。

在使用定向技术时要考虑坐标系、旋转中心、观察效果等问题。坐标系一般采用用户坐标系,旋转中心则可是用户坐标系的原点,也可是物体中心点或任意参考点。屏幕上则是用X、Y、Z的正方向来表示旋转的效果。

1.3.4 定路径技术

定路径即是在一定的时间或空间内,确定一系列的定位点和方向角。虽然路径可以由定位和定向这两个更基本的交互任务组成,但由于定路径中要考虑现实世界中的时间参数,因此,仍把它列为基本的交互任务。这时,用户关心的不是某一点及其方向,而是一系列的定位点和方向值及其次序。产生路径的技术与定位和定向一致,应用方面的要求有定位点的最大数目和两个定位点之间的间隔。计算间隔一般有两种方法:基于时间和基于距离,基于时间是按时间采样,基于距离是按相对位移达到某个距离采样。但需考虑维数问题和分辨率问题及响应形式。响应形式可以是平滑的曲线,也可以是带有标志的一系列定位点。

1.3.5 定量技术

定量技术在交互过程中应用最多,而且是必不可少的。用户经常需要输入一个数值,指定一个数量,完成这种任务需要确定精度(单位),所需的设备有键盘或电位计。定量技术也有两种:

(1)键入数值。

(2)改变电位计阻值产生要求的数量,当然,用户也可用模拟的方式来实现电位计功能。从应用的角度需要考虑,则需确定定量的范围,如最大值、最小值以及控制/显示率等。

1.3.6 文本技术

文本技术需要确定字符集及字符串的长度。实现文本的技术有:键入字符、菜单选择字符、语音识别和笔划识别。

在交互过程中,用户还可以用其他办法来模拟字符键盘,如在屏幕上产生一个键盘。

1.3.7 橡皮筋技术

橡皮筋技术主要是针对变形类的要求,动态地、连续地将变形过程表现出来,直到产生用户满意的结果为止的一种技术。其中最基本的工作是动态、连续地改变相关点的设备坐标。常用的工具有橡皮筋、带水平或垂直约束的橡皮筋线、橡皮筋圆、橡皮筋多边形、

橡皮筋棱锥等。

1.3.8 徒手画技术

为了实现用户任意画图的要求。徒手画技术的实现分为基于时间和基于距离采样取点，然后用折线或拟合曲线连接这些点，生成图形。如果是粗笔画，则也可用区域填色技术跟踪笔划过的区域。

1.3.9 拖动技术

拖动技术是将形体在空间拖动的过程动态地、连续地表示出来，直到满足用户的位置要求为止。这种技术常用于部件的装配、模拟现实生活中的实际过程。

1.4 AutoCAD 命令、数据输入

1.4.1 命令的输入

在命令提示区出现“Command:”的状态下，表明AutoCAD此时处于命令状态并准备接受命令。用户可以下列任何一种方式输入命令：

(1)从键盘输入。从键盘输入命令名，接着按空格键或回车即可。

(2)从屏幕菜单输入。用鼠标或键盘方向键将光标移到屏幕右侧，选择关键项目菜单项(如Draw1)，上下移动鼠标到要选的菜单项命令，并按鼠标左键即可。

(3)从下拉式菜单输入。使用鼠标将光标移动至下拉菜单栏(绘图屏幕的上方)。左右移动光标，选择所需要的项目，然后按下鼠标左键，即出现下拉式菜单。利用鼠标上下移动，以选择适当命令。

(4)从工具栏图标输入。用鼠标将光标移至工具栏，移动到要选的图标，并按鼠标左键即可。

(5)重复命令。无论使用何法输入一命令，都可以在下一个“Command:”提示符出现后，通过按空格键或回车或鼠标右键来重复该命令。

(6)透明命令，如：

Command: Line

From Point: Help

当启动一条命令并想中止它时，按Esc键即可。

1.4.2 数据输入

当调用一条命令时，通常需要提供某些附加信息，指明执行动作的方式、位置和对对象、大小。

如果输入的数据与命令所要求的数据类型不匹配时，就会出现下列的一种信息：

Invalid Point [点无效]

Invalid Option Keyword [所选的关键字无效]

Requires Numeric Distance Or Two Points [要求距离值或两个点]

多数命令会重新提示用户，直至输入正确的数据为止。

1.4.2.1 指定点

提示: Point [点]

用户一般用UCS命令来指定点在当前用户坐标系统中的位置，当该点指定后，即有一个小小的标记在那个位置上出现，以供参考。

指定点时，可通过键盘键入点的绝对坐标或相对坐标、用定标设备在屏幕上拾取点、用键盘的箭头键在屏幕上拾取点、使用目标捕捉来指定现存图形上的点。

(1)绝对坐标：如 3.5, 74.225。

(2)相对坐标和极坐标。已知前一点坐标是(10,6)。敲入@2.5, -1.3相当于指定该点绝对坐标是(12.5, 4.7)。从前一点出发，指定一个极坐标，格式为：@距离<角度，例如：@4.625<30.5，从前一点到该点距离是4.625，角度是30.5度。

(3)上次坐标。@符号本身相当于输入相对坐标“@0,0”。

(4)通用坐标。点的位置一般用UCS表示，但用户可使用某种方法来指定点在WCS中的坐标位置。为此，必须在X值前加一个星号*。如*3,4。

通用坐标分相对坐标和极坐标，如@*0, 1.5和@*1.5<90。

1.4.2.2 距离和数值

许多提示符都要求输入某个距离或数字。例如，Height、Width、Radius和value。从键盘为这些提示符输入距离和数值时，可以用字符：+、-、0、1、2、3、4、5、6、7、8、9和e。例如，22、35.7、-10、7.2e+6(720000)。但对某些提示，必须输入整数。

当AutoCAD要求某个距离时，用户可指定一个点的位置，AutoCAD会测量从某个明显基点到指定那个点的距离，以作响应。

1.4.2.3 角度

提示: Angle。

角度的增加是以逆时针方向计算，如图1.2所示。

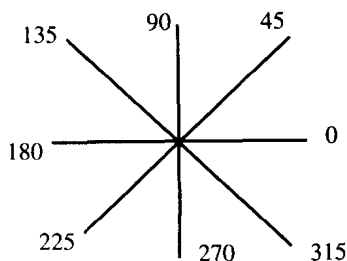


图 1.2 角度的增加是以逆时针方向计算

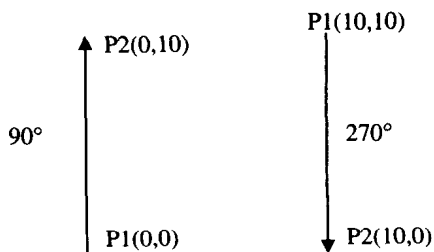


图 1.3 指明线的起点和终点来表示角度

(1)从键盘上键入数字。

(2)通过按所需的方向，指明一条线的起点和终点来表示角度，如图1.3所示。