

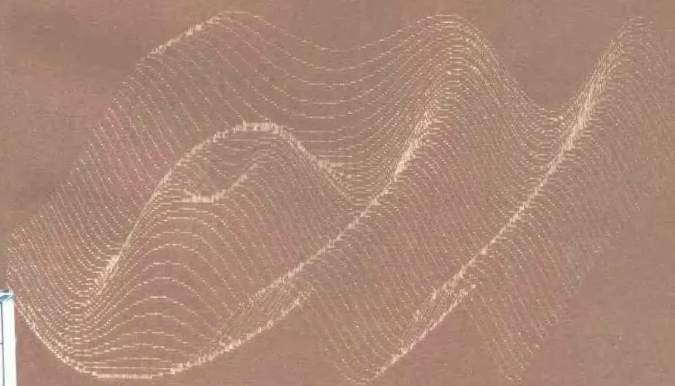
微机绘图原理与程序设计

Wei ji Hui tu Yuan li Yu Cheng xu She ji

微机绘图原理与程序设计

Wei ji Hui tu Yuan li Yu Cheng xu She ji

赵家惠 主编



● 北京理工大学出版社

711.72
=14

微机绘图原理与程序设计

赵家惠 主编

赵鸿德 刁宝成 宇京生 编



北京理工大学出版社

019761

内 容 提 要

本书介绍了计算机绘图的历史、现状与发展趋向;计算机绘图中图形编辑的数学原理与数学模型的建立方法;常用的图形软件系统与硬件结构;各种二维图形与三维图形软件的程序设计方法;通用剖面线与消隐的程序设计;二维图形并、交、差的逻辑运算等。

本书既有理论分析又有大量丰富的程序实例,全部程序均在 Apple-Ⅱ 与 IBM-PC/XT 微机上调试通过。

本书可作为大专院校本科生与研究生教材及有关教师的教学参考书,也可作为从事微机绘图的科技人员学习的参考资料。

JS407/26

微机绘图原理与程序设计

赵家惠 主编

*

北京理工大学出版社出版

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

北京理工大学出版社印刷厂印刷

*

787×1092毫米 16开本 27印张 672千字

1990年8月第一版 1990年8月第一次印刷

ISBN 7-81013-322-5/TP·23

印数:1 6000册 定价:5.65元

前 言

近年来由于微机 CPU 集成度的大幅度提高,内存容量不断扩大,各种交互图形软件包正在逐渐向微机上移植和开发;使微机图形工作站与 CAD 在我国得到迅速的推广应用。高等院校开设计算机绘图课的正在逐年增加,各专业技术人员也迫切需要有关计算机图形学方面的参考资料,作者从 1980 年开始就从事计算机绘图的教学与科研工作,并为 100 余所院校参加的各期助教进修班及本校本科生与研究生讲授微机绘图与程序设计课程,为适应当前计算机辅助设计与绘图的迫切需要,作者在总结多年教学经验的基础上编写了本书,本书具有以下几个方面的特点:

一、编写本书是以微机为基础,主要基于高校教学中较普及的 Appel- II 与 IBM-PC/XT 机,书中全部程序均在以上两种机型中调试通过。绘图输出是采用 SR-6602 及 DMP-29 绘图机,书中介绍了它们的绘图软件与指令。为适应读者学习的需要,本书中全部程序实例均配有软磁盘随同教材提供并提供由作者开发的在 Apple- II 上使用的交互图形软件包 Apple CAD。

二、本书编写的指导思想是力求将计算机图形学的数学原理与程序设计方法密切结合。因此各章在分析了基本数学模型建立方法的同时均介绍了丰富的程序设计方法实例,绝大多数程序均有详细流程框图,便于读者分析与阅读。

三、本书中的大部分章节内容与程序均来源于作者多年的教学与科研成果,其中一些内容是第一次公开发表的,它毫无保留地奉献给了读者,力求使读者真有所获,并从中得到启发。

四、为使读者对计算机绘图有一个全面的了解,本书还介绍了计算机绘图的发展史、现状、最新成就与发展趋势,并简要地介绍了当前在微机中广为使用的几种交互图形软件包。

五、为便于在微机上进行教学,全部程序均采用 BASIC 语言编程。全书各章节的数学建模与程序设计方法具有普遍意义,各程序稍加修改就可转为其他高级语言,并能在其他机型上运行。

本书可作为大专院校本科生及各专业研究生计算机绘图与 CAD 的教材,也可作为有关专业教师的教学参考书,及从事 CAD 工作的科技人员的参考资料。

全书共分十三章,第一、二、六、七、八、九、十、十一章及第五章的一部分由赵家惠教授编写,第三、四及第五章的一部分由刁宝成副教授编写,第十二章由宇京生工程师编写,第十三章由赵鸿德副教授编写,全书由赵家惠主编。万耀青教授负责本书的主审,并提出了许多宝贵意见,在程序调试中得到机房同志们的大力支持。全书的插图由陈军同志绘制,在此一并表示感谢。

由于作者水平有限,对书中的不妥之处,望读者提出批评指正。

作者

1988.10

目 录

第一章 绪论

§ 1-1 国内外计算机绘图概况	1
一、国外计算机绘图发展概况	1
二、我国计算机绘图发展概况	2
§ 1-2 计算机绘图在科研生产中的应用	3
§ 1-3 计算机绘图的基本原理	3
一、计算机绘图中一些常用的概念	3
二、插补原理	6
§ 1-4 计算机绘图的现状与发展趋势	10
一、由静态绘图向动态绘图方向发展	10
二、由二维图形软件向三维实体造型方向发展	11
三、向 CAD、CAM、CAG 三者一体化方向发展	11
四、向分布式高档微机工作站方向发展	11
习题	12

第二章 计算机绘图系统的硬件结构

§ 2-1 微机自动绘图系统的配置	13
一、IBM-PC/XT, AT 绘图系统的配置	13
二、Apple II 绘图系统的配置	16
§ 2-2 滚筒式绘图机	19
一、绘图机的精度指标	19
二、滚筒式绘图机的绘图流程与组成	20
三、脉冲马达(步进电机)	21
§ 2-3 平台式绘图机	23
一、平台式绘图机的种类	23
二、平台式绘图机的组成	23
§ 2-4 平面电机绘图机	24
一、平面电机绘图机的构造特点	25
二、SAWYER 平面电机的工作原理	25
三、平面电机绘图机的优点	26
习题	27

第三章 BASIC 语言简介

§ 3-1 基本概念	28
一、字符集	28
二、常数	28
三、变量	29
四、函数	29
五、运算符和表达式	30
§ 3-2 输入输出语句	31
一、赋值语句(LET)	31

二、键盘输入语句(INPUT)	32
三、读数/置数语句(READ/DATA)	33
四、恢复数据区语句(RESTORE)	33
五、应用举例	34
六、输出语句(PRINT)	35
§ 3-3 控制语句	36
一、无条件转移语句(GOTO)	36
二、条件语句(IF)	37
三、控制转移语句	38
四、循环语句(FOR/NEXT)	39
五、暂停语句(STOP)	42
六、注释语句(REM)	42
§ 3-4 子程序	43
§ 3-5 数组	44
§ 3-6 字符串	45
一、在赋值语句中	45
二、在读数/置数语句(READ/DATA)中	46
三、在键盘输入语句(INPUT)中	47
四、在条件语句(IF)中	47
五、字符串数组	48
六、字符串函数(LEN)	48
第四章 低、高分辨率绘图	
§ 4-1 低分辨率绘图指令及调用	51
一、低分辨率绘图指令	51
二、举例	52
§ 4-2 高分辨率绘图指令及调用	53
一、高分辨率绘图指令	53
二、虚线、点划线的生成	54
三、曲线的生成	55
§ 4-3 平面图形变换	59
§ 4-4 动态画面构成	62
一、延时作用的产生	63
二、GR, HGR, TEXT, HOME 的运用	63
习题	65
第五章 微机绘图软件	
§ 5-1 绘图软件概述	67
§ 5-2 微机交互图形软件包	67
一、Auto CAD 交互图形软件包	68
二、Personal Designer 交互图形软件包	68
三、CADKEY 交互图形软件包	68
四、Apple CAD 交互图形软件包	69
§ 5-3 SR-6602 绘图机软件	69
一、主要技术参数	69
二、主要绘图指令	69
三、应用举例	71

§ 5-4 DMP 系列绘图机软件	77
一、主要技术参数	77
二、主要绘图指令	77
习题	79
第六章 二维图形矩阵变换原理	
§ 6-1 预备知识	80
一、向量	80
二、矩阵	83
三、图形的几何变换	90
§ 6-2 二维图形的矩阵变换	92
一、恒等变换	92
二、比例变换	92
三、镜射	93
四、错切	94
五、旋转	95
六、连续变换	96
七、二维图形变换后面积的变化	98
八、平移——齐次坐标概念的引入	100
九、齐次坐标的几何意义	101
十、齐次坐标的优点	103
十一、二维变换矩阵具有透视仿射对应的性质	104
十二、绕任意点的二维旋转	107
十三、绕 X、Y、Z 轴的二维旋转变换矩阵	108
十四、二维图形变换的程序设计	110
十五、二维图形变换菜单文件的制作	114
习题	127
第七章 三维图形矩阵变换原理	
§ 7-1 三维变换矩阵各算子的作用	128
一、三维比例变换	128
二、三维错切变换	130
三、三维镜射变换	130
四、三维平移变换	131
五、三维旋转变换	131
六、绕过原点的任意轴的旋转变换矩阵	133
七、绕过任意点 $P(l, m, n)$ 的轴线旋转 θ 角的变换矩阵	136
习题	136
第八章 三维正投影变换及程序设计	
§ 8-1 三维正投影变换矩阵	138
一、三维物体数学模型的建立	138
二、获得六个基本视图信息的思路	138
三、六个基本视图的变换矩阵	139
四、举例	143
§ 8-2 平面立体三视图的程序设计	145
一、原始图形的存贮	145
二、绘图信息的生成	145

三、坐标系的变换	147
四、走笔顺序的设计	149
五、流程框图的设计	150
六、程序的编写	151
七、举例	154
§ 8-3 曲面立体三视图的程序设计	161
一、走笔顺序的设计	161
二、程序设计	162
三、程序实例分析	163
习题	178
第九章 三维图形信息的生成与程序设计	
§ 9-1 任意旋转角三维图形信息的生成	179
一、三维正轴测图变换矩阵	179
二、轴向变形率	180
三、轴间角	180
§ 9-2 正等轴测投影图信息的生成	181
一、正等轴测图的轴向变形率	181
二、正等轴测图的轴间角	182
三、正等轴测图的变换矩阵	182
§ 9-3 正二等轴测投影图信息的生成	183
一、正二等轴测图的轴向变形率	184
二、正二等轴测图的轴间角	184
三、正二等轴测图变换矩阵	184
§ 9-4 正轴测图的程序设计	185
一、平面立体正轴测图的程序设计	186
二、曲面立体正轴测图的程序设计	194
§ 9-5 斜轴测投影图信息的生成与程序设计	200
一、斜轴测投影图信息生成的基本原理	201
二、斜轴测图变换矩阵分析	201
三、斜轴测图轴向变形率与轴间角	203
四、标准斜二轴测图的变换矩阵	204
五、标准斜轴测图的程序设计	204
六、程序实例分析	205
§ 9-6 三维建筑俯瞰图信息的生成与程序设计	219
一、三维建筑俯瞰图的特点	219
二、三维建筑俯瞰图信息生成的原理	219
三、三维建筑俯瞰图信息生成的数学模型	220
四、三维建筑俯瞰图的程序设计	221
五、住宅小区程序实例分析	222
习题	229
第十章 三维透视变换及程序设计	
§ 10-1 透视图的基本概念	231
一、术语	231
二、垂直于画面直线的透视投影	232
三、正面透视图的画法	233

四、平行于物面 H 的直线(水平线)的透视投影	233
五、成角透视图的画法	234
§ 10-2 三维透视图信息的生成	235
一、透视变换矩阵	235
二、一点透视变换(即透视图中的正面透视)	235
三、二点透视变换(即成角透视)	242
§ 10-3 三维透视图的程序设计	249
一、透视变换关系	250
二、输入的参数	250
三、框图设计	250
四、举例	251
§ 10-4 三维图形消除隐藏线处理	255
一、算法原理	255
二、消隐的计算方法	256
三、消隐的程序设计	258
习题	270
第十一章 零件图的程序设计	
§ 11-1 概述	271
一、零件图的内容	271
二、零件图的处理方法	271
三、常用图形元的程序编制	273
§ 11-2 图幅及标题栏的程序设计	276
一、通用图幅的程序设计方法	276
二、标题栏的程序设计	278
三、图幅与标题栏的子程序	280
§ 11-3 尺寸标注与粗糙度的程序设计	282
一、尺寸标注的程序设计	282
二、粗糙度符号的程序设计	285
§ 11-4 剖面线的程序设计	285
一、典型专用图形剖面线的程序设计	286
二、通用剖面线的程序设计	293
§ 11-5 典型零件图的程序设计	304
一、轴类零件图的程序设计——拼图法	304
二、轴类零件交互软件包的程序设计	309
三、标准件的程序设计——检索法	312
§ 11-6 子程序库的调用与程序之间的连接	320
习题	322
第十二章 交互图形系统及二维图形的逻辑运算	
§ 12-1 数据结构简介	323
一、数组	323
二、链表的概念	325
三、单链表	325
四、循环链表	328
五、双链表	328
§ 12-2 平面几何构形算法	329

一、基本原理	331
二、包容性测试	333
三、求取交点	334
四、新图形的生成	335
§ 12-3 微型计算机交互图形系统——Apple CAD	336
一、定位与选择	337
二、基本图形实体的产生	339
三、图形编辑	340
四、图形的逻辑运算	340
五、出错处理	341
第十三章 IBM-PC 及其兼容机的绘图与程序设计	
§ 13-1 图形显示	343
一、屏幕显示方式的选择	343
二、屏幕坐标系	346
三、画点	347
四、画线	348
五、圆、圆弧、椭圆及曲线	357
六、着色与涂阴影	362
§ 13-2 交互式作图	369
一、基本概念	370
二、使用键盘的交互作图技术	371
三、窗口与裁剪操作	380
四、视见变换	387
§ 13-3 动画技术	389
一、字符动画	390
二、直线运动	391
三、曲线运动	394
四、快速动画	396
五、复合运动与背景运动	401
§ 13-4 三维图形简介	404
一、透视投影举例	404
二、曲面的显示与隐藏线的消除	409
三、三维变换	411
四、三视图及轴测图程序举例	415
参考文献	

第一章 绪 论

自从 50 年代世界上第一台自动绘图机诞生以来,计算机图形学已成为一门新兴的边缘学科,特别是近十几年,由于硬件与软件方面都得到了飞速的发展,交互性计算机绘图已由过去的大中型主机扩展到微机工作站,计算机绘图已开始进入普及化与实用化的阶段,这就使传统的工程设计工作发生了巨大的变化。

本章介绍计算机绘图的兴起,它在工程中的应用以及计算机绘图的基本原理与发展趋势,以便读者对计算机绘图的全貌有一个概括的认识。

§ 1-1 国内外计算机绘图概况

一、国外计算机绘图发展概况

计算机绘图是 50 年代首先在美国开始的,它由数控机床演变而来。1952 年美国麻省理工学院研制成了第一台三坐标数控铣床,使用美国伊利诺斯大学研制的 APT 语言进行数控加工,当时在美国学习的奥地利人 H. Joseph Gerber 创办了 Gerber 科学仪器公司,他根据数控机床的工作原理,研制了世界上第一台平台式自动绘图机,该绘图机为倾斜式的,长 4.6 米,高 1.8 米,重约 975 公斤,并首先用于美国波音飞机公司中。1959 年,美国 Calcomp 公司 (California Computer Products Incorporation 的简称)根据打印机的原理研制了世界上第一台滚筒式绘图机,目前该公司生产的大型高速滚筒式绘图机在性能上仍处于领先地位,我国不少单位引进了该公司生产的 960 型与 965 型大型滚筒式绘图机,80 年代该公司推出的起先锋作用的 Calcomp 1070 系列也开始进入我国市场。另外,美国 H. P 公司与 Houston 公司也以生产绘图设备闻名,特别是 Houston 公司生产的 DMP 系列滚筒式绘图机从 1983 年以后大量拥入我国市场,并与 IBM-PC/XT,AT 机配套使用。

在日本计算机绘图是从 60 年代中期开始的。1963 年日本生产数控机床的企业引进美国 Gerber 公司专利,开始生产了日本第一台平台式绘图机,1964 年日本另一批生产打印机的企业引进了美国 Calcomp 公司专利,1965 年生产了日本第一台滚筒式绘图机。近年来,由于微机工作站的普及,日本大量厂家开始转向 2 号与 3 号图幅的小型平台式绘图机的生产,如 SR-6602, Roland DG, MP/1000 等。

联邦德国绘图机的生产则是以汉堡市 ARISTO 工厂为主。该厂创办于 1862 年,生产各种精密仪器已有 100 多年历史,60 年代开始转向生产图形输出设备,包括各种数字化仪与自动绘图机,它生产的绘图机以精密大型为主,从 4000 系列至 8000 系列共有 30 余种型号。平台幅面从 0.5×0.7 平方米至 3×10 平方米各种规格,由于价格昂贵,我国进口较少。

法国的绘图机进入我国市场较早,它与联邦德国西门子主机配套使用的在我国为数不少。法国 Benson 绘图机,有平台式与滚筒式两种,由于该机带有 Benson 绘图软件,对我国早期计算机图形学的发展具有较大的影响,70 年代中期,不少文献与资料及教材都是以 Ben-

son 软件编程的。80 年代初期 Benson 公司推出了改进型的 16 系列 8 笔滚筒式绘图机也进入我国市场。

早期计算机绘图主要是被动式的,或者说是静态的,人们根据提供的绘图软件用高级语言编程,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。在绘图过程中人们无法进行干预,因此,输出设备主要以绘图机为标志。

从 70 年代开始,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 60 年代中期的随机扫描显示器发展到 60 年代后期的存储管式显示器,其中以美国 Textronix 计算机显示终端使用得最为广泛,如在我国使用较多的 4014、4114 系列均属存储管式,虽然存储管式显示终端具有分辨率高,显示图形不闪烁的优点,但它的交互性能差,对图形不能进行选择与删除。因此,到 70 年代中期,存储管式显示终端又逐步被基于电视技术的光栅扫描图形显示器所取代。

随着输出设备不断更新发展的同时,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的鼠标器所取代,由于鼠标器只能指示屏幕菜单和光标的定位与拾取,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,用户必须不断地切换菜单进行操作,这很不方便,因此,图形输入板与数字化仪已成为图形工作站必不可少的输入设备,它可以将图形坐标与图形的命令快速地送入计算机。目前,我国以美国 Houston 公司的图形输入板在微机上使用得较为普及。关于软件的情况将在其它章节介绍。

二、我国计算机绘图发展概况

随着科学技术的迅猛发展,我国对自动绘图系统的需求亦日益迫切,在引进国外绘图设备的同时,各科研生产单位均在自力更生的基础上,根据不同的需要,先后研制了各种型号的自动绘图机。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(现上海大华仪表厂)生产了 LZ-5 平台式小型绘图机,幅面为 500×700 ,mm。1971 年内蒙呼和浩特电子设备厂制成了 MSB-1 平台式小型绘图机,其幅面为 550×700 ,mm。1973—1974 年上海组织了我国大型数控绘图机的大会战,参加会战的有上海自动化仪表二厂,沪东造船厂,上海船舶工艺研究所等 40 多个单位,并于 1976 年研制成功了 HTJ-1855 型大型绘图机。它是倾斜式小模数齿轮齿条传动式的大型绘图机,幅面为 1800×2400 ,mm 至 1800×5400 ,mm 各种规格,主要用于船舶与航空工业。

此外,各科研生产单位也研制了各种类型的绘图设备,如 1973 年上海求新造船厂以正负法插补原理研制了 JHT-2 平台式绘图机,70 年代后期,我国亦对平面电机驱动的高速绘图机进行了研制,中国科学院电工所 1974 年开始研制气浮的平面步进电机,并把它应用到绘图机制造领域,在研制两台 600×600 ,mm 样机的基础上又研制了半闭环式的幅面为 1200×1400 ,mm 大型平面电机驱动的绘图机,该机 1981 年通过国家鉴定,并获得中国科学院科技重大成果一等奖,1979 年该项成果移交给哈尔滨龙江仪表厂正式生产,目前的产品有 PDH-1 至 PDH-IV 四种型号,幅面从 1000×1400 ,mm 至 1600×2800 ,mm。另外,上海微电机所也生产了 PB 系列平面电机驱动绘图机,有 PB-800、PB-1800 等四种型号。

除一般绘图机外,龙江仪表厂还首次研制成功 PCH 型彩色墨喷绘图机,这是一种新型计算机硬拷贝彩色图象输出设备,它可以完成一切书写式绘图仪所难以表达的精细详图。由

墨喷绘图机输出的图形具有不同的阴影区及明暗面,并有立体感及三维彩色图象的特殊功效,它具有喷笔与记录介质表面之间无机械接触的的优点,适用于地理、地貌描绘、地质岩层剖面、遥感、遥测、气象、医学等复杂图形的图象处理。

§ 1-2 计算机绘图在科研生产中的应用

计算机绘图早期主要应用于具有流线型曲面的外形产品,如飞机机身外形设计,汽车与船舶的外形设计。由于这类产品外形过去都是以型线图表示,要求准确性高,而且离散的数据量极大,过去在小轿车的改型中,一般常规的生产从方案设计到产品出厂,大约需要三年时间。据统计,一艘 20 万吨级油船,大约有四万张图纸(转换成 4 号图纸),需要设计时间 10 万小时,其中 60% 花在绘图中。而飞机设计过去长期采用模线样板法进行绘图,工作量极大。因此,在这类产品设计中国外早就开始采用计算机辅助绘图,并开发了许多专用软件系统,如麦克唐纳飞机公司的 CADD 系统,洛克希德飞机公司的 CADAM 系统等。在最近十几年,由于微型机 CPU 芯片容量逐年成倍增长,交互技术硬件与软件的不断开发与使用,使得计算机绘图在各个生产领域都得到广泛的应用。据统计,美国 1985 年 CAD/CAM 市场销售为 25 亿美元,1986 年就增长到 43 亿美元,根据 1986 年 1 月的统计数字,美国 1985 年 CAD/CAM 领域的市场分配为:MCAD(机械)占 54%,AEC(建筑)占 17%,EDA(电子)占 10%,PCB(电路板)占 9%,MAP(地图等)占 5%,IC(集成电路)占 4%,在所有 CAD 系统中计算机辅助绘图的工作量占 53%,而辅助设计仅占 30%,分析占 7%,计算机辅助制造占 10%。由此可见计算机绘图已成为 CAD/CAM 领域中极为重要的组成部分。

我国计算机绘图早期首先应用于造船工业,最近 10 年中已开始应用到航空、汽车、建筑、电子、地图、天气预报,以及轻工部门的服装剪裁、花布设计、鞋面设计,甚至体育与文艺中也开始应用计算机绘图技术。如对跳高运动员,女排的瞬时动作分析,拉班舞谱的计算机动态模拟等,特别在最近 5 年中,由于美国 AutoCAD 交互图形软件包在 IBM-PC 机上得到广泛的应用,计算机绘图已经深入到各个基层生产设计部门。

§ 1-3 计算机绘图的基本原理

一、计算机绘图中一些常用的概念

1. 硬件与软件

组成计算机绘图系统基本结构的物理装置统称为硬件,如主机、显示器、键盘,以及信息输入设备与输出设备等。仅有硬件,计算机还不能工作,要计算机正确运行并能进行辅助设计、绘图等,必须给它编制各种程序。为了运行、管理和维护计算机而编制的各种程序的总和统称为软件。软件分系统软件、支撑软件与应用软件三大类。为了使用和管理计算机的软件统称为系统软件。用户利用计算机以及它所提供的各种系统软件编制解决用户各种实际问题的程序就称为应用软件,如各种绘图软件。对绘图软件逐步标准化,模块化,逐步形成为解决各种典型专业问题的应用程序的组合称为专用绘图软件包,如建筑绘图软件包,电路图软件包等。用以解决一般绘图的应用程序的组合称为通用绘图软件包。具有菜单选择,对图形

能进行实时修改、删除和具有对图形进行各种编辑功能,进行人机对话的软件包称为交互图形软件包,如 AutoCAD 软件包、AppleCAD 软件包均属交互图形软件包。

2. CAD, CAM, CAG

“计算机辅助”的概念是指依靠计算机技术来得到比人工方法更好、更快、更精确的设计、制造和绘图过程。

CAD (Computer Aided Design) 为计算机辅助设计的简称,它的含义为使用计算机系统来辅助一项设计的形成、修改、分析和优化。CAD 的专业范围很广,如机械 CAD,建筑 CAD 等。各类专业 CAD 主要由 CAD 软件包所提供,以减轻用户设计过程中的工程量。

CAM (Computer Aided Manufacturing) 为计算机辅助制造的简称,其含义为直接或间接地把计算机和工厂的生产设备联系起来,使用计算机系统进行计划、管理和控制加工设备的操作。

CAG (Computer Aided Graphics) 为计算机辅助绘图,也简称计算机绘图,它是通过交互图形软件包,使用输入设备在屏幕上画图,可对图形进行各种编辑、修改、删除等,一旦图形认可后,可将图形存贮在磁盘上,或通过打印机或绘图机将图形输出。

3. 2D, 2.5D, 3D

D 为 Dimension 的简写,即维数的含义。2D 一般是指二维图形,即每个图形是由二维坐标组成的平面图形。2.5D 一般是指 2 维半的图形,即将 XY 平面上的平面平行于 Z 轴移动后所定义的立体,即这种立体沿 Z 轴方向上下是一样大的立体图形,也称假三维图形。3D 是指三维图形。

4. 微机 CAD 工作站

以微型计算机基本系统为基础能独立进行计算机辅助设计和绘图的成套装置就构成一个独立的工作点,也称工作站。基本系统由主机(包括软磁盘和硬盘驱动器)、图形显示器、键盘及打印机组成。图形输入装置包括一个鼠标器或图形输入板,图形输出装置至少包括一台绘图机,这样就构成一个独立的工作站的硬件部分。另外还需要与主机操作系统兼容的各种 CAD 软件与交互图形软件包,工作站才能进行工作。

5. 接口

接口包括硬件接口与软件接口,硬件接口可定义为微型计算机系统的一个部件和另一些部件的相互连接,以形成一个完整的工作单元。因为要构造一个实用的系统,仅有微处理器是不能工作的,必须要有广泛的接口,才能构成一个有用的微型计算机系统。一般微机系统是由相当多的芯片构成,通常包括微处理器(CPU)芯片,若干存储器(RAM, ROM)芯片和几片 I/O(输入/输出)接口芯片,一般接口主要就是指 I/O 芯片。接口有四种基本类型,即运算辅助操作接口、用户交互接口、传感接口和控制接口。在微机绘图系统中,我们经常与之打交道的是用户交互接口,它是这样一些电路,这些电路能将用户指定的数据发送给处理系统、或接受从处理系统发来的数据,这些接口主要是计算机图形终端接口、键盘接口、打印机接口以及图形设备接口等。

人和计算机使用完全不同的语言工作,因此,要求计算机能从一种语言转换成另一种语言,转换工作基本上要作两件事,即表示方法上的转换和数据传送速率的转换。表示方法的转换任务传统地分配给计算机外部设备去完成,而传送速率的转换则分配给 CPU 来完成。如标准键盘电传打字机或图形终端就是这方面的典型例子。用户通过键盘输入数据,该数据

转换成 ASCII 码并用计算机表示的方法——一连串的 1 和 0 传送给 CPU, 由 CPU 及其相关的接口用中断或软件等待循环与用户数据的输入速率取得同步, 这样便实现了传送速率的转换。

由于人们只能以比计算机处理慢得多的速度接收数据, 因此, 一般都是以串行接口驱动外部设备, 即把多位的 ASCII 码分开, 数据按一位一位的顺序传送, 每次发送一位。这就是串行接口的特点, 因此, 它只须要一条传送数据线, 串行接口是完全标准的接口, 即 RS-232C 串行标准接口, 如绘图机、图形输入板等外设多数都是由串行接口连接的。

许多高速外部设备, 要求比慢速串行接口更快的数据流, 这时, 可使用高速并行接口, 即数据位同时传送, 并行通讯中数据有多少位, 就要有同样数量的传送线, 如许多高速行式打印机, 光栅扫描系统显示终端都采用并行接口连接。

使用并行接口时, 由于控制器一般不做在外部设备中, 因此, 须要用许多线与外部设备相连, 一般都使用一种带 CPU 的接口插件板, 在该板上备有大量外设控制电路, 使用并行接口时, 设计人员通常要决定使用哪些线来与外部设备通讯。

6. 静态绘图与动态绘图

所谓静态绘图, 也称被动式绘图, 是指计算机通过用户编写的图形处理程序控制绘图机输出图形, 在整个绘图过程中, 人们不能再对图形进行干预。因此, 用户必须要具有一定的编程能力。静态绘图的优点是用户可以将有关专业的辅助设计、计算与绘图结合在一起运行。

所谓动态绘图, 也称交互式绘图, 或人机对话式绘图, 用户通过屏幕菜单在图形终端上绘图, 并可对图形随时进行修改、删除和编辑, 直到屏幕上的图形满意后, 再由绘图机将图形输出。交互式计算机绘图可以省去繁重的编程, 但首要的条件必须有一个功能齐全的人际图形软件包。

7. 联机绘图与脱机绘图

联机绘图系统的特点是由中央处理机不通过中介介质直接控制绘图机的绘图工作, 一般微机绘图主要是采用联机绘图方式, 而在大型计算机系统中, 大部都是采用脱机方式, 即由大容量的中央计算机对图形进行信息加工, 将加工好的信息以完全指定的形式记入指定的磁带, 中央计算机就停止工作, 当需要绘图时, 将磁带通过磁带机读入小型专用计算机进行绘图(图 1-1)。

8. 开环系统与闭环系统

这主要是绘图机中的两个概念, 图 1-2 为开环系统示意图, 它由拖动控制器、脉冲马达及滚珠丝杠传动系统等组成, 其核心元件是脉冲马达, 当给脉冲马达输入一个电脉冲时, 它

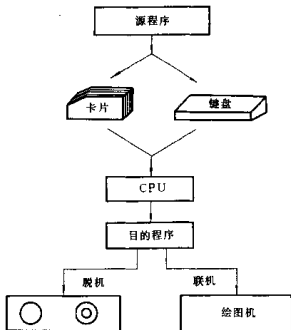


图 1-1 联机绘图与脱机绘图

就转动一个确定的角度(走一步),通过滚珠丝杠上的螺母带动行动部分(绘图机的横梁与笔

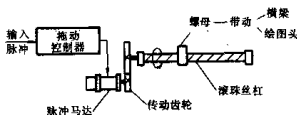


图 1-2 开环系统

架)。

开环系统没有位置及速度检测反馈元件,其速度由进给脉冲频率决定,在开环系统中,精度主要决定于传动系统的精度,因此,在中型绘图机中,一般均采用滚珠丝杠传动。因为滚珠丝杠具有传动精度高,便于消除反向间隙,反应灵敏,磨损小,寿命长,传动效率高等优点。

开环系统精度较低,但结构简单,可靠性高,多数普通绘图机均采用开环系统。

图 1-3 为闭环系统示意图,它由驱动器、伺服马达、传动齿轮、丝杠、行动部分(绘图机横梁与笔架)及检测反馈元件等组成。检测元件装在丝杠上,用测量得到的丝杠转动角度间接反映横梁和笔架的位移量,因此,称为半闭环驱动系统。若检测元件装在行动部分,直接测量出横梁和笔架的位移量,并与输入的模拟量相比较,用比较的结果控制伺服马达,则称半闭

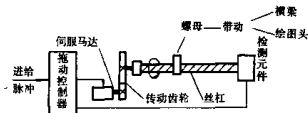


图 1-3 闭环系统

环系统。

在闭环与半闭环系统中,由于传动齿轮、丝杠与横梁、笔架等均包括在系统内,因此,整个绘图机的精度决定于检测元件的精度,整个系统的精度高于开环系统,但其比开环系统复杂,成本也较高。

二、插补原理

这里主要介绍绘图机的绘图原理。绘图机的横梁与笔架只能沿 X 和 Y 二个方向作直线运动,输入计算机的信息所以能绘制任意方向的斜线、圆弧或任意曲线,都是由绘图机的接口(或插补器)进行直线或圆弧的插补运算后,给出图形的 X, Y 方向的指令脉冲,并转化为电压量,经放大后去驱动 X, Y 方向的交流伺服电机或步进电机,再通过一套机械的减速机构带动横梁与笔架按照一定的规律运动,绘出所要求的图形。由于绘图机只能作 $\pm X$ 和 $\pm Y$ 方向的直线运动,因此,平面上绘制的直线和曲线取微小线段来看都是由 X, Y 二个独立方向上微小直线段的连续合成运动连接而成的折线,只是由于直线段的步距很小,一般在 0.1

~0.00625mm 之间,所以肉眼觉察不出来阶梯状的折线。

如图 1-4 所示,一般绘图机可用八个方向的矢量即 $+X, -X, +Y, -Y, +X+Y, -X+Y, -X-Y, +X-Y$, 去逼近一条直线或弧线,其中 $+X, -X, +Y, -Y$ 为四个基本矢量,另外四个矢量为这四个基本矢量的组合,其方向沿各象限中的 45° 方向。为简化程序,一般绘图机只采用四个基本方向的动作去逼近直线或弧线。

如何让绘图机自动地去逼近一条理想直线或弧线呢? 这就是插补法要解决的问题。插补的算法很多,有逐点比较法,正负法,数值微分法等等,就插补的对象而言,有直线插补,圆弧插补,抛物线插补等,就多数绘图机而言,只具备直线插补就可以了。本节只介绍逐点比较法的直线插补原理。

1. 逐点比较法插补原理

逐点比较法插补原理可概括为八个字,“逐点比较,步步逼近,”如图 1-5 所示,若以坐标原点为起点,画一条斜线到达终点 $E(X_e, Y_e)$,则须要沿 X 方向走 5 步, Y 方向走 3 步,最后到达终点。如何让计算机及时地给绘图机送来 X 或 Y 方向的电脉冲而不偏离理想直线呢? 一旦画笔到达终点又如何通知计算机停止输送信息呢?

逐点比较法的执行过程是绘图笔每走一步,就要算出画笔的当前坐标,并与理想直线进

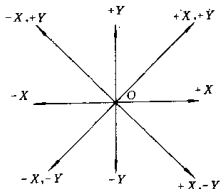


图 1-4 八个基本动作方向

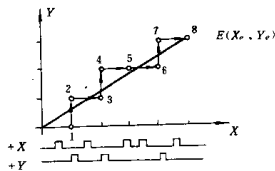


图 1-5 画笔运动轨迹

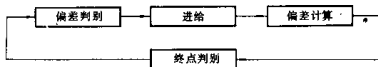


图 1-6 逐点比较法执行过程

行比较,然后再确定下一步画笔的走向,其过程共分四个节拍,如图 1-6 所示。

- (1)偏差判别:即判断画笔与理想直线相对位置,以确定画笔下一步的走向。
- (2)进给:即向 X 向或 Y 向步进电机发出电脉冲信号,使画笔向 X 或 Y 方向移动一个步距。
- (3)偏差计算:即画笔移动到新的位置后,再计算它与理想直线的偏差,以确定下一步走