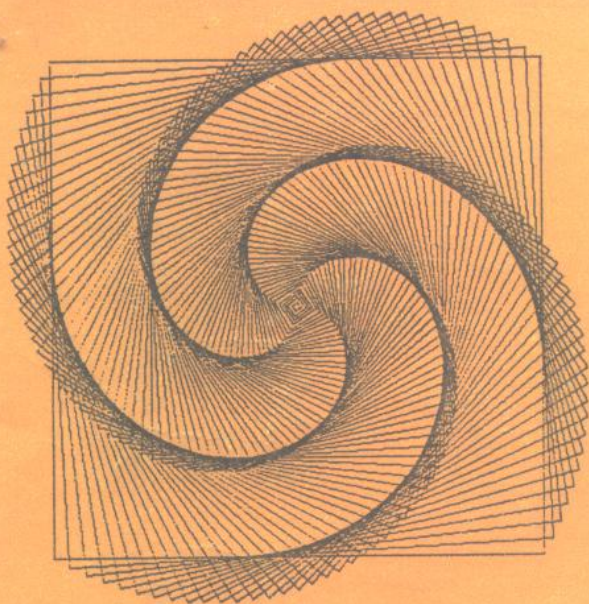


中等专业学校试用教材

微型计算机绘图



weixingjisuanji
huitu

陶宝铠 主编

中国铁道出版社

中等专业学校试用教材

微型计算机绘图

陶宝铨 主编

中国铁道出版社

1986年·北京

内 容 简 介

本书以智能式微绘图仪为对象,详尽地介绍了计算机绘图系统、图形程序设计知识以及绘图子程序等内容,并编入了初学者所易于掌握的程序实例。内容新颖,便于自学,可以在短期内提高读者设计程序的能力。

本书适用于工科中等专业学校各专业,也可供高等院校“计算机绘图”专业师生及厂、矿工程技术人员参考。

JS464/15

中等专业学校试用教材
微型计算机绘图

陶宝钺 主编

责任编辑 马时亮 封面设计 翟 达

中国铁道出版社出版

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

中国铁道出版社印刷厂印

开本: 850×1168毫米 印张: 6.75 字数: 176 千

1986年5月 第1版 第1次印刷

印数: 0001—10,000册 定价: 1.25 元

前 言

目前有部分铁路中等专业学校已经开设“微型计算机绘图”这门课程，本书就是在这门课程的教学实践基础上编写的。

“微型计算机绘图”是应用微型计算机输出图形，是“微机应用”的一个重要方面。本课程的开设是教育实现“三个面向”的具体体现，是提高教学质量、提高学生能力的可行手段。

本书由陶宝铠主编，黄觉民、刘克勤协编，并由国防科技大学王光忠副教授和湖南大学计算机绘图中心江涛副主任主审。

本书在编写过程中，铁道部永济电机厂技校吕国琦同志参加了插图的整理工作，全国中专制图教学研究会也给了许多支持，在此表示衷心感谢。

由于编者水平有限，不妥及错误之处在所难免，敬请使用本书的师生及其他读者不吝指正。

编 者

1985年4月

目 录

绪 论	1
第一章 自动绘图系统	8
§ 1—1 概 述	8
一 计算机的基本结构	8
二 联机系统和脱机系统	9
三 开环控制与闭环控制	9
四 绘图机的主要技术指标	10
§ 1—2 自动绘图机的构成	11
一 步进电机	12
二 滚筒式绘图机的送纸机构	13
三 平板式绘图机的绘图台板及传动机构	14
四 绘 图 笔	16
§ 1—3 WX-4675自动绘图仪	17
一 性能指标	17
二 结构和工作原理	18
三 操作过程	22
四 绘图命令	24
五 接口控制实例	31
§ 1—4 其他微绘图仪简介	32
一 SR-6602微绘图仪简介	32
二 PB-700微电脑绘图简介	40
三 PC-1500微电脑绘图简介	45
§ 1—5 插补计算	49
一 直线的逐点比较插补计算	49
二 微绘图仪的插补原理	54

第二章 绘图程序设计的基本知识	55
§ 2—1 程序设计概述.....	55
一 语言分类.....	55
二 BASIC语言简介	59
§ 2—2 图形程序的编制方法与步骤.....	75
一 手工编程与自动编程.....	75
二 图形程序的编制步骤.....	76
第三章 绘图子程序	82
§ 3—1 概 述.....	82
一 子程序的种类.....	82
二 编制绘图子程序应注意的问题.....	83
§ 3—2 圆和圆弧的子程序.....	83
一 基本方法与数学模型.....	83
二 框 图.....	84
三 圆的子程序.....	85
§ 3—3 正多边形的子程序.....	86
一 正六边形的子程序.....	86
二 任意正多边形的子程序.....	87
§ 3—4 其他子程序.....	88
一 矩形子程序.....	88
二 尺寸箭头的子程序.....	89
三 点划线及虚线的子程序.....	90
四 剖面线的子程序.....	91
五 均布圆孔的子程序.....	94
六 对称图形的子程序.....	95
§ 3—5 几何计算子程序.....	96
一 求两相交直线的交点.....	98
二 求已知直线与圆的交点.....	99
第四章 绘图程序实例	107
§ 4—1 WX-4675微绘图仪的绘图	

程序实例	107
一 有关圆、圆弧及正多边形的绘图程序实例	107
二 有关椭圆及椭圆群的绘图程序实例	110
三 有关其他曲线的程序实例	118
§ 4—2 CASIO PB-700微型计算机的绘图	
程序实例	126
一 图形旋转的绘图程序实例	126
二 相贯线的绘图程序实例	132
三 螺栓与螺母的绘图程序实例	138
四 圆角、倒角与剖面线的程序实例	143
五 通过矩阵变换编制的绘图程序的实例	157
六 其他绘图程序实例	161
§ 4—3 其他微绘图仪的绘图程序实例	164
一 SR-6602的绘图程序实例	164
二 PC-1500绘图程序的实例	174
附录一 矩阵的乘法运算及应用	183
(一) 概 述	183
(二) 矩阵的乘法运算	184
(三) 两矩阵相乘的程序编制	185
(四) 图形的变换矩阵	191
附录二 上机操作的有关资料	195
(一) APPLE-Ⅱ的资料	195
APPLE-Ⅱ DOS主要操作命令	195
APPLESOFT错误信息表	195
MBASIC主要键盘命令	196
MBASIC错误信息表	197
(二) PB-700的资料	200
人工指令	200
程序命令	202
错误信息	205

绪 论

一、自动绘图的基本原理

由微型计算机带动自动绘图仪的画笔，完成八个方向的运动（图 0-1），其中有四个基本方向的运动（ $+X$ 、 $+Y$ 、 $-X$ 、 $-Y$ ），四个合成方向运动（ $+X+Y$ 、 $-X+Y$ 、 $-X-Y$ 、 $+X-Y$ ）。一切平面图形，都是由画笔的八个方向运动完成的。例如，画图 0-2 所示的直线 MN ，微型计算机根据图形程

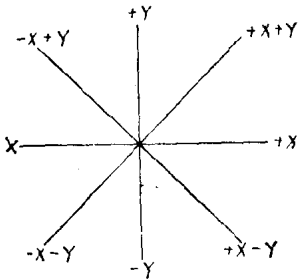


图 0-1

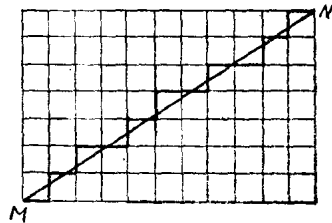


图 0-2

序的有关命令及坐标值，向绘图仪输出画直线的命令以及直线的两端点 M 与 N 的坐标值（或坐标增量值），绘图仪的微处理器随即进行“数据密化”工作，一边进行计算，一边根据计算结果向伺服系统输出脉冲信号，伺服系统将脉冲信号放大后，驱动相应的步进电机，经过传动系统，画笔就能在规定的方向一步一步移动，逼近出所需直线 MN 。因此，自动绘图机上所画出的曲线，是用直线逼近的，而直线都是用折线代替的。这种图线的数据密化称为插补，在插补过程中绘图仪芯片所进行的运算称为插补运

算。折线每一步之间的距离称为步距，由于步距很小，因此在宏观上是形似直线的。

二、自动绘图机的种类

1. 按照幅面大小分

(1) 大型机——有效绘图面积 $>1600 \times 1200\text{mm}$

(2) 中型机——有效绘图面积 $\leq 1600 \times 1200\text{mm}$

(3) 小型机——有效绘图面积 $\leq 600 \times 450\text{mm}$

2. 按结构形式分

(1) 平台式绘图机 又称平板式绘图机，具有固定的绘图台板，由画笔完成八个方向的运动（图 0—3）。

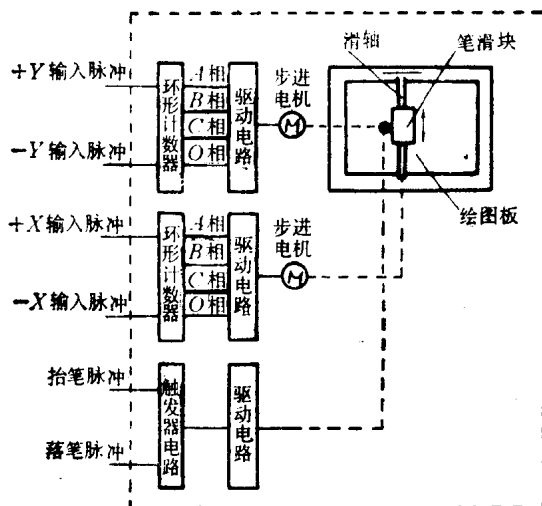


图 0—3

(2) 滚筒式绘图机 通过画笔的移动产生 X 方向运动，纸的进退产生 Y 方向运动（图 0—4）。

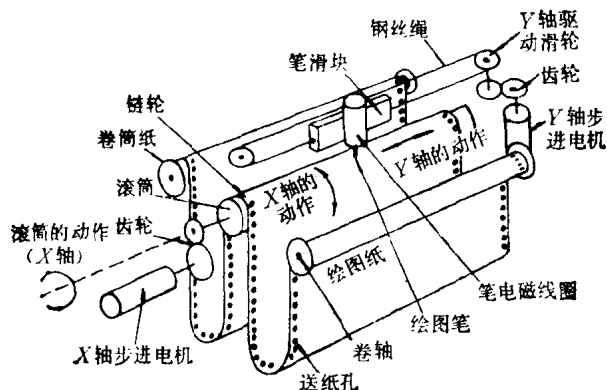


图 0—4

(3) 平面电机型绘图机 一种高速、高精度的平台式绘图机，将电动机的转子及定子由圆柱状展开为平面形，从而使转子的圆周运动，转化成动子（带有画笔）的平面运动。由于动子（图0—5）约重1 kg，且有空气轴承，因而兼有大型、高速、精密的特点，速度可达100m/min，分辨能力为0.01mm。

3. 按绘图机的功能分为增量式绘图机和智能式绘图机两类。智能式绘图机的特征为：

(1) 具有直线和字符插补演算处理以及自检测等智能功能；

(2) 具有为各种计算机使用的标准接口；

(3) 具有控制绘图速度和圆滑绘图的功能。

由微型计算机带动的绘图仪（俗称微绘图仪），由于内含微处理器，因而使绘图仪具有智能功能，能简单地使用多种绘图命令，这是增量式绘图机所没有的。

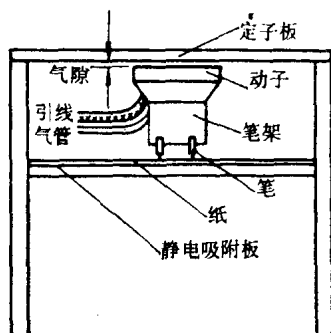


图 0—5

三、计算机绘图的产生及发展

自从1946年第一台数字式电子计算机问世以来,计算机得到了极快的发展,其硬件经历了第一代(1946~1956)电子管时代、第二代(1957~1962)晶体管时代、第三代(1963~1970)集成电路时代以及第四代(1971年以来)大规模集成电路时代。目前正向着第五代超大规模集成电路时代更新。相应于硬件的发展,软件及应用技术在各个时期也在不断地发展,近20年内,较高级的语言就超过二百种。因而,计算机目前已广泛应用于科学计算、工业生产的自动控制、宇宙航行、各种新型设备的辅助设计、文字翻译以及各种各样的数据处理、企业行政管理、银行金融管理、仓库管理、情报与资料的收集贮存检索等。

计算机技术的发展,必然导致其终端设备的相应发展。将离散点以图形形式输出的要求,促使人们去研制数字式自动绘图仪。世界上第一台自动绘图机就是模仿数控机床,用画笔代替刀具产生的。目前被广泛采用的滚筒式绘图机及平台式绘图机,它们在绘图时画笔与滚筒的运动形式,与数控车床和数控线切割机床刀具与工件的动作十分相似。六十年代初,数字式自动绘图机逐渐形成一种专用装置,并且研制成高速、高精度的平面电机驱动,采用空气轴承的平台式绘图机。六十年代,还发明了阴极射线管(CRT),从而形成了光笔图形显示系统,使计算机绘图由静态绘图发展到动态绘图。这一突破,为计算机辅助设计奠定了基础。向计算机输入原始资料,可以是数字资料,也可以是图像资料(如卫星照片等)或图形资料(如草图、设计图等)。六十年代末,制成了输入图像及图形资料的新型装置——图数转换器,从此,图形可直接输入,不要编程。这样,形成了一个由“数”到“图”,以及由“图”到“数”的两种功能完整的自动绘图系统。在经历了设备研制、理论探讨、系统建立、应用研究等阶段后,目前已经形成了一门新兴的计算机图学学科。

我国在1958年研制成电子计算机, 1968年研制成第一台 LZ-5 型平台式绘图机, 近年来制成的 X-Y 仪有 MSB-1、LS-1 及 LZ 等系列。1976年研制的 HTJ-1855 型自动绘图机, 幅面达 $1.8 \times 5.5 \text{ m}$, 轴向速度为 12 m/min , 精度为 0.15 mm , 分辨率为 0.0125 mm 。用平面电机构成的绘图机, 以 PDH-100、PB-1800 为代表, 性能达到国际同类水平。与此同时, 绘图机的应用软件的研究也取得了一定成就, 如正负法绘图、双圆弧逼近绘图法等。

四、计算机绘图的应用

计算机绘图随着软硬件的不断发展, 提供了迅速而准确地进行图形处理的手段, 目前在造船、航空、电子、气象、海洋、地形测绘、建筑及经济统计等领域得到非常广泛的应用。计算机绘图的强大生命力还在于它渗透到科研、设计、制造、管理乃至社会学的各个领域之中, 绘出人工所无法画出的图形, 甚至绘出人

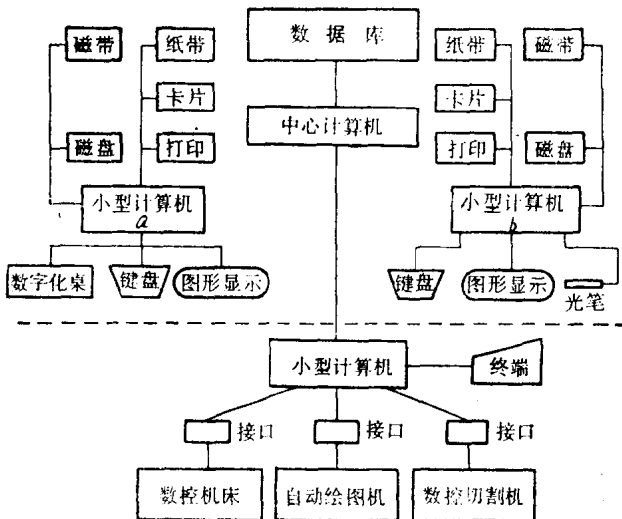


图 0-6

的思维难以推断的形态结构。它已日益成为人类探索未来、征服自然、解放自己的有力工具。

图 0—6 所示的系统，显示了计算机图形学在计算机辅助设计与计算机辅助生产过程中的作用和地位。图的上部为辅助设计部分，小型计算机 a 连同数字化桌、图形显示器及其他外部设备组成输入/编辑站，用来输入信息；小型计算机 b 连同光笔、图形显示器及其他外部设备组成设计编辑站，用来对产品进行交互式设计。中心计算机则执行调度和控制功能，协调各小型机的工作，并存储各种图纸数据、文件等信息，供设计计算及绘图使用。图的下部为辅助生产部分。整个系统使大量信息的存贮、交换与检索得以解决，并以计算机图形学为核心使设计、生产技术准备与生产过程三者之间的信息得以沟通。

计算机辅助设计可分为非交互方式及人机交互方式两类。所谓非交互方式，是指人仅在使用计算机之前，准备对象的数学模型和初始信息，并将其输入计算机。而在计算机进行设计、分析及绘图时，人并不参与。在计算机输出图形后，再由人分析其效果，若不满意再进行参数甚至方案的修改，并重复以上过程。所谓人机交互方式，是指在使用计算机进行设计、分析及绘图的一切环节中，人均参与其活动，其流程如图 0—7 所示。

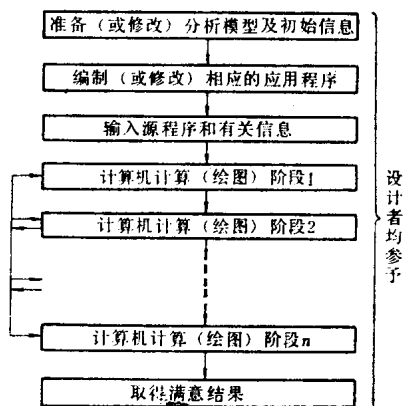


图 0—7

五、本课程在培养现代化人才中的作用

现代化的技术是以计算机在各领域被广泛应用为基本特征

的,应用计算机的能力显然是现代化人才的必备能力之一。《计算机绘图》上承算法语言,下启计算机辅助设计与辅助制造,是工科学校实现计算机不断线的重要环节,不但如此,计算机图形的学还渗透到几十门课程之中,有的课程过去相当抽象,应用了计算机输出图形之后,收到了突出的效果。因而开设本课程,可以推动教学计划的改革,提高学生的算法与程序编制以及形象与逻辑思维能力,有助于学生更深刻地学习相关课程。

六、本课程的基本要求和学习方法

学生学完本课程后,应达到如下要求:

(1) 了解自动绘图机和计算机绘图系统,了解自动绘图机的绘图原理;

(2) 掌握用BASIC语言编制图形程序的方法和技巧;

(3) 为学习相关课程时能广泛使用计算机进行图形输出打下基础。

本课程实践性强、涉及的知识面广,在学习过程中要多编程序上机验证。对于同一图形,可以编制不同的程序,并在对比及优化过程中提高编制程序的技巧。另外,还要参考计算机图学方面的理论、计算几何、图形处理等方面的书籍,以扩大自己的知识面,更好地学好本课程。

第一章 自动绘图系统

§ 1—1 概 述

自动绘图系统主要包括计算机和自动绘图机两部分。

一、计算机的基本结构

电子计算机由存贮器、运算器、控制器、输入和输出设备五大部分组成，如图 1—1 所示。

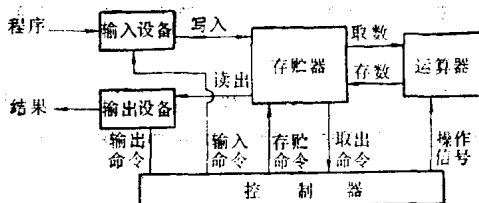


图 1—1

1. 运算器

主要用来对数据进行算术运算和逻辑运算，还有取数、存数、比较和移位等功能。

2. 存贮器

用来存放原始数据、中间计算结果、最终计算结果和解题步骤。

存贮器分成一个个单元，每个单元由若干个记忆元件组成。每一记忆元件可反映一位二进制信息。设一个单元由八个记忆元件组成，则一个单元可以记忆八位二进制信息。八位二进制代码的集合为一个字节， $2^{10} = 1024$ 个字节称为 1 K。一个存贮器能存放信息的总量称为存贮容量，其大小标志着存贮器存贮信息的能力。存贮器的每个存贮单元都有编号，一个单元的编号称为该

单元的地址。

存贮器可分为随机存贮器 (RAM) 和只读存贮器 (ROM) 两类, 只读存贮器又分为可编程序只读存贮器 (PROM) 和可擦去的只读存贮器 (EPROM)。

3. 控制器

用来实现计算机各部分联系及计算过程自动进行的装置。

4. 输入、输出设备

用来完成信息的输入和输出。常用的输入设备有键盘、纸带输入机、卡片输入机、数字化桌等。常用的输出设备有宽行打印机, 电传打字机, 图象显示器, 自动绘图机等。

二、联机系统和脱机系统

1. 联机系统

计算机通过接口和自动绘图机直接相连, 称为联机系统。此时自动绘图机相当于计算机的一种输出设备, 其优点是计算机与绘图机同时工作, 可以迅速看到图形, 缺点是占机时长, 影响主机工作, 计算机的高速特点不能充分利用。

2. 脱机系统

计算机不和绘图机直接相连, 先通过计算机对给定数据进行计算处理, 将图形信息记录在磁盘或磁带等载体上, 再以载体为媒介, 来控制绘图机绘图, 从而提高了计算机的使用效率。

三、开环控制和闭环控制

开环控制和闭环控制属于两种不同的伺服系统, 伺服系统的作用, 是将插补运算后发出的 X 、 Y 方向运动的指令脉冲, 经逻辑处理和变换放大后, 输给有关的驱动电机, 使电机转动, 从而驱动绘图机进行工作。根据伺服电路中是否有检测元件和反馈回路, 分为开环控制及闭环控制。

1. 开环控制

如图 1—2 所示。以步进电机为驱动元件, 没有反馈机构的均属于开环控制。它结构简单、操作方便但绘图精度低。

2. 闭环控制

如图 1—3 所示。以伺服电机为驱动元件，有反馈机构，可以测出画笔的位置，进行位置调节，这就提高了绘图精度。但它结构复杂，多用于大型精密绘图机。

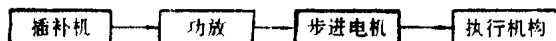


图 1—2

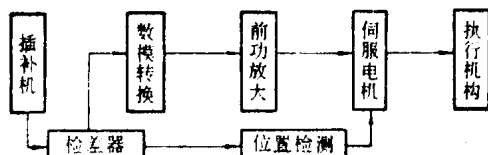


图 1—3

四、绘图机的主要技术指标

1. 绘图速度

绘图速度，就是画笔移动的速度。如图 1—4，画笔从静止、起动、加速、正常运行、减速到停止，必然经历三个阶段：

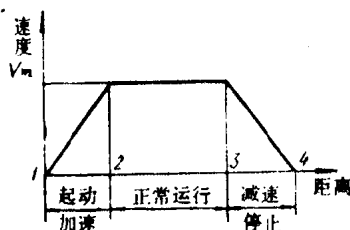


图 1—4

第一阶段 由 $V_1=0$ 加速到 $V_2=V_m$ ；

第二阶段 2、3 点之间以 V_m 运行；

第三阶段 由 $V_3=V_m$ 减速到 $V_4=0$ 。

绘图机说明书上所标明的速度，一般指的正常运行速度 V_m ，在选择绘图速度时，应注意以下三个问题：

(1) 当绘图速度达到 1000mm/s 时，画笔将因速度过快而供水不畅，甚至不能使用；

(2) 绘图速度由正常速度 V_m 与加速度 g 两个指标组成。如果 V_m 大而 g 小，则因加、减速距离长，因而平均速度并不高。只有 V_m 与 g 都大，才有真正高的绘图速度；