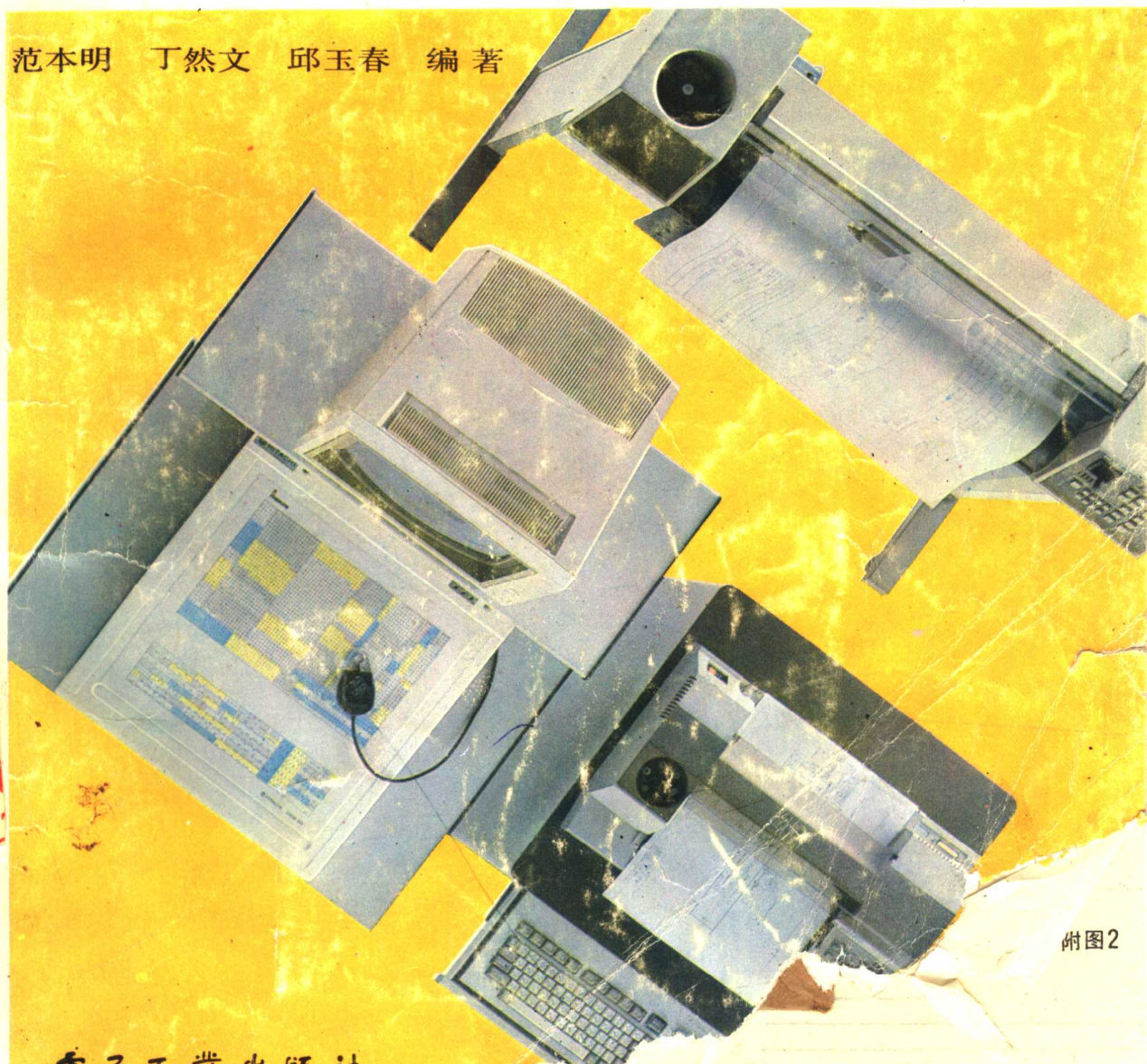


微型计算机电路分析与维修丛书

6

自动绘图仪与 图形数字化仪

范本明 丁然文 邱玉春 编著



附图2

电子工业出版社

《微型计算机电路分析与维修》丛书

自动绘图仪与图形数字化仪

范本明 丁然文 邱玉春 编著

电子工业出版社

(京)新登字055号

内 容 简 介

微型计算机图形设备在计算机辅助设计、辅助制造、辅助分析以及自动绘图、仿真等方面得到广泛应用。本书主要在于普及图形设备的基础知识和维修技术。

全书共分十二章：第一至六章阐述自动绘图仪工作原理，结合 DXY-800、DXY-101 和 SR-6602 型绘图仪介绍其结构、绘图命令、与 PC 的连接及维修技术；第七章介绍静电绘图仪；第八至十一章介绍图形数字化仪的工作原理，并结合 WT、TDS 和 TG 系列图形数字化仪介绍使用和维修知识。第十二章介绍图形软件。

附录提供 DMP41/42、TG1000、SR666-2 和 WT-400 系列机的全部逻辑电路图。适用于微型计算机用户，有关培训班的教材和技术资料。

自动绘图仪与图形数字化仪

范本明 丁然文 邱玉春 编著
责任编辑：王德强

电子工业出版社出版 (北京市万寿路)
山东电子工业印刷厂印刷 (淄博市周村)
电子工业出版社发行 各地新华书店经售

开本：787×1092 1/16 印张：16 插页6 字数：395千字

1991年9月第一版 1991年9月第一次印刷

印数1—6000册 定价：8.50元

ISBN 7-5053-0547-6/TP·78

丛书出版说明

随着我国计算机应用的发展,各行各业对计算机应用人才的需求也将日益迫切,大力培养计算机的应用人才,对我国的现代化建设有着重要的战略意义。为了使计算机应用人才的培训工作逐步向正规化、系列化和多层次的方向发展,有效地提高计算机技术的培训质量,在全国计算机技术培训教材编审委员会的领导下组织编写《微型计算机电路分析与维修》丛书出版。

编写本丛书的目的是:

1. 为了维修人才的培养 我国微型计算机的装机量已达30万台,为了保证这些设备的正常运行,硬件维修与保养已是不可忽视的一项重要工作。因此,有必要进一步提高应用从业人员的硬件知识与维修能力。

2. 为了应用系统扩充的需要 计算机应用中常需针对特定的应用需要扩充系统的功能和设备。因此,要对硬件有一个深入的理解,否则扩充工作是难以进行的。

本丛书共分八册,各分册的内容为:1. IBM PC(XT和AT)电路分析;2. CCBIOS剖析;3. 5.25英寸磁盘机;4. 针式打印机;5. 显示器和显示终端;6. 自动绘图仪和数字化仪;7. 电源;8. 电路图集等。

为了切合我国微型计算机装备的客观情况。本丛书的取材主要是针对IBM PC/XT和/AT及其常用外设。BIOS虽属操作系统软件范围,但它是操作IBM PC各外设的重要部分,在了解硬件原理的基础上,掌握BIOS各模块的功能,才能对硬件各种操作建立完整的概念。

本丛书强调以实用为主,但限于篇幅,只能结合一些典型产品进行介绍。为了方便读者,在本丛书编写及编辑加工过程中搜集到的常用设备电路图也分类汇编成册陆续出版,这对应用及维修人员来说,无疑是有参考价值的。

鉴于本丛书内容涉及到较细致的结构与电路分析,资料搜集较难,编写难度较大,为此,我们邀请各方面专家组成丛书编审委员会,共同努力完成这项工作。

本丛书编审委员会如下:

主任 邵祖英

主编 王春元

名誉编委 朱家维 潘孝梅 徐培南 白英彩 邱百光

编委 邵祖英 王春元 钱基广 唐华栋 丁然文

陆世爵 是锦春 何积功

出版说明

在世界新技术革命中,计算机已成为一个崭新的、最活跃的、最先进的核心技术之一,在信息社会中发挥着她的强大威力。为使我国计算机应用事业尽快地赶上世界先进水平,人才的培养是十分重要的。电子部计算机技术培训中心和中国长城计算机集团公司技术培训网担负着在全国范围内对计算机应用人才进行培养的重任。

为了能迅速、有效地提高计算机技术培训的质量,使技术培训向正规化、系列化、分层次方面发展;为在我国建立一支宏大的应用计算机的队伍,电子部计算机技术培训中心、中国长城计算机集团公司培训网和中国计算机学会技术培训学组共同组织培训网系统内培训中心、培训部门及部分高等院校、科研所、计算机生产厂等单位的计算机专家组成了全国计算机技术培训网教材编审委员会。教材编审委员会从国内外计算机技术发展和我国实际情况出发,会同北京地区六个出版社,经过有计划地选题、编写和审定大纲、指定主审和主编、在全网范围内已经编写教材八十余种。自一九八六年开始编委会在事务处理、工业控制、微机局部网络、微机硬件分析和维修以及中华学习机等方面组织了一批丛书和系列教材,这些教材从一九八七年开始陆续与广大读者见面。

这些教材的主要对象是非计算机专业的广大科技人员和管理人员(在培训过程中将分成初、中、高各级技术人员的分层次培训),也可以做为高等院校的教学参考书及大专院校学生和从事计算机应用人员的自学教材。

这些教材本着两个指导思想进行编写,即实用性强:让读者学完后能立即用上;跟踪新技术、新成果、新趋势快:让读者及时掌握最先进的技术服务于社会。在培训工作方面遵循三条宗旨,即面向全国、面向应用、面向用户,为读者用好计算机服务。

我们热忱地欢迎有更多各方面的计算机专家参加培训教材的编写工作,热忱欢迎广大读者进行批评和帮助,也热诚欢迎更多的出版社支持我们的工作。

全国计算机技术培训网教材编审委员会

1989年5月

编委会名单:

名誉主任:陈力为

主任:邵祖英

副主任:吴洪来 黄安南 张振宇

委员:(按姓氏笔划为序)

王秉湖 王春元 王路敬 刘国刚 刘洪斌

李大有 李潮义 李宁国 金锡智 张宇铭

何积功 钟圣雷 唐珍 夏涛 郭小清

秘书:邓小敏

DJS 35/05

前 言

随着计算机技术和图形设备的迅速发展,计算机图形系统,尤其是微型计算机及其图形系统在计算机辅助设计、计算机辅助制造、计算机辅助分析以及自动绘图、仿真等方面的应用日趋成熟。国内已有数以十万计的IBM PC/XT及其兼容机应用于工业、农业、国防和科学技术等各个部门、各个领域,而图形设备必将在其中发挥愈来愈大的作用,且它的应用面和装机量将日益扩大和增长。因此,有必要使计算机用户掌握设备方面的知识,并能从事应用、操作和维修。图形设备包括图形输入设备和图形输出设备,输入设备主要有图形数字化仪和光电扫描读入仪等,输出设备主要有自动绘图仪和屏幕显示器等。本书主要介绍图形系统中常用的图形数字化仪和自动绘图仪。

本书共分十二章,主要内容有:第一至六章阐述绘图仪的基本知识,并结合DXS 800, DXY-101, DMP41、DMP42和SR-6602等绘图仪,作原理、使用与维修方面介绍;第七章介绍静电绘图仪;第八至十一章结合TG、WT、和TDS系列数字化仪作原理使用和维修知识的介绍;第十二章介绍有关绘图软件方面的基础知识。

本书的第六、七、八、十一章由邱玉春编写,其它各章由范本明和丁然文编写。王春元同志进行审阅。钟圣雷和吴运忠两同志对本书的编写工作也给予了一定的帮助,在此表示深切感谢。

本书可供工矿企业、大专院校以及其它部门从事计算机应用的工程技术人员、大中专师生和操作使用人员学习和参考。

由于我们水平有限,书中难免有许多错误和不妥之处,欢迎读者批评指正。

编 者

1989. 8. 31

目 录

第一章 绪论	(1)
第一节 自动绘图仪和图形数字化仪的发展概况	(1)
一、绘图技术及自动绘图仪的发展	(1)
二、图-数转换及图形数字化仪的发展	(2)
第二节 计算机图形系统及其应用	(3)
一、计算机图学与图形系统	(3)
二、计算机图形系统的应用	(4)
第二章 自动绘图仪的组成及其动作原理	(6)
第一节 自动绘图仪的组成	(6)
一、自动绘图的基本原理	(6)
二、自动绘图仪的结构	(8)
第二节 自动绘图仪的主要技术指标	(11)
第三节 自动绘图仪的分类	(13)
第三章 自动绘图仪的插补原理	(16)
第一节 直线插补原理	(17)
一、逐点比较法	(17)
二、其它方法	(20)
第二节 圆弧及抛物线的插补原理	(23)
一、逐点比较法	(23)
二、其它方法	(25)
第三节 特殊的辅助控制	(29)
一、终点控制	(29)
二、速度控制和符合距离控制	(31)
三、恒速控制	(31)
第四章 DXY-800和DXY-101平台式自动绘图仪	(34)
第一节 基本动作原理和组成	(34)
一、动作原理和总体结构	(34)
二、主要特点和技术指标	(36)
第二节 与IBM PC 的连接	(38)
一、并行接口	(38)
二、串行接口	(39)
三、输入数据代码	(42)
第三节 绘图命令	(42)
一、绘图命令清单	(42)
二、绘图程序举例	(52)
第四节 绘图仪的安装和基本操作	(53)
一、绘图仪的安装	(53)
二、设置绘图原点	(55)
三、自测试方式和打印机方式的操作	(55)
第五节 自动绘图仪的正确使用和例行保养	(59)
第六节 DXY-800和DXY-101自动绘图仪常见故障的分析与排除	(57)

第五章 DMP41和DMP42滚筒式自动绘图仪	(60)
第一节 基本动作原理和组成.....	(60)
一、动作原理和总体结构.....	(60)
二、主要特点和技术指标.....	(62)
第二节 与IBM PC的连接.....	(63)
第三节 绘图命令及举例.....	(64)
第四节 绘图仪的操作和使用.....	(75)
一、基本操作.....	(75)
二、四种模式的操作.....	(79)
第五节 DMP41/42 自动绘图仪的故障分析与排除.....	(84)
第六章 SR-6602型六笔绘图机	(87)
第一节 绘图命令概述.....	(87)
第二节 接口及其功能.....	(95)
一、并行接口 (Centronix).....	(95)
二、RS-232C 接口.....	(96)
三、GP-IB接口 (IEEE-488-1978).....	(98)
第三节 SR-6602 和微计算机的联机.....	(99)
一、与主机的联接.....	(99)
二、联机举例.....	(101)
第四节 绘图程序的编制.....	(110)
一、点坐标的采集与计算.....	(110)
二、应用程序的编制.....	(112)
第五节 SR-6602的电路分析与维修.....	(114)
一、操作和日常维护.....	(114)
二、故障诊断方法.....	(115)
三、电源部分的维修与故障排除.....	(115)
四、电机部件的拆换.....	(117)
五、CPU控制板的维修与故障排除.....	(117)
六、RS-232C串行接口板及其检测.....	(121)
七、GP-IB插件板及其检测.....	(121)
八、有关部件的调整.....	(123)
第七章 VERSATEC8000 系列静电打印/绘图机	(125)
第一节 静电绘图机的工作原理.....	(125)
第二节 静电绘图机系统概述.....	(127)
第三节 VERSATEC静电绘图机的补给品.....	(130)
第八章 图形数字化仪	(132)
第一节 基本原理.....	(132)
一、电磁耦合式图形数字化仪.....	(132)
二、磁致伸缩式图形数字化仪.....	(135)
三、超声延时式图形数字化仪.....	(136)
第二节 主要技术指标和作用.....	(136)
第九章 TG系列图形数字化仪	(138)
第一节 工作原理及主要技术指标.....	(138)
第二节 与IBM PC的连接.....	(141)

第三节 操作和维护	(144)
一、操作指示和输入部件	(144)
二、基本操作	(145)
三、例行保养	(147)
四、故障分析和排除	(148)
第四节 鼠标器的原理和使用	(149)
一、二种常用的鼠标器	(149)
二、与IBM PC的连接	(150)
三、鼠标器软件的安装	(151)
第十章 WT 系列图形输入板	(152)
第一节 WT系列图形输入板原理	(153)
第二节 WT-4000图形输入板的操作和连接	(155)
一、系统配置	(155)
二、存放和使用时注意的问题	(156)
三、连接和准备工作	(158)
第三节 功能设置	(157)
第四节 游标和输入笔的使用	(160)
第五节 接口	(162)
第六节 软件命令	(163)
一、操作方式命令	(164)
二、功能设置命令	(164)
三、传送和接收控制命令	(169)
四、特殊命令	(171)
五、BIT PAD 兼容功能	(173)
六、输出制据格式	(174)
七、命令格式一览表	(176)
第七节 图形输入板的应用与开发	(178)
一、坐标读取子程序	(179)
二、使用等待命令的读取子程序	(180)
三、功能设置	(180)
四、适于IBM PC的BASIC样板程序	(181)
五、图形输入板软件的开发	(182)
六、图形输入板功能检测程序实例	(183)
第八节 WT系列图形输入板的维护	(193)
第九节 WT-4000的零件表、电路图、技术指标	(199)
一、零件表	(199)
二、电路图	(199)
三、规格和技术指标	(199)
第十一章 TDS 系列数字化仪	(203)
第一节 基本工作原理	(203)
第二节 TDS-2型数字化仪框图与电路调试	(205)
一、模拟电路	(206)
二、X-K轴电路	(206)
三、时钟系统	(208)
四、系统控制与微处理器	(208)

五、微处理器电源控制电路	(211)
第三节 系统配置	(211)
第四节 命令和输出数据格式	(211)
第五节 TDS型数字化仪型号和技术指标	(213)
第十二章 图形系统软件概述	(215)
第一节 图形数字化处理程序	(215)
第二节 曲线拟合程序	(216)
一、拟合方程简述	(217)
二、局部三次样条	(220)
三、双圆弧逼近法	(222)
第三节 DAP-I绘图处理程序	(224)
第四节 宏指令装配程序	(230)
一、宏指令库的结构	(231)
二、宏指令库中的绘图信息	(232)
三、宏指令的处理	(233)
第五节 微型计算机通用绘图软件简介	(234)
一、CADKEY 软件	(234)
二、AutoCAD 软件	(236)
附录一 国内外部分自动绘图仪产品简况	(238)
附录二 国内外部分图形数字化仪产品简况	(238)
附录三 DMP41/42 自动绘图仪和 TG1000系列图形数字化仪逻辑电路图	(243)
附图1 DMP41/42绘图仪主振、面板控制及主控逻辑图	
附图2 DMP41/42 绘图仪电源及电机驱动电路图	
附图3 TG1000 图形数字化仪电源、输入及振荡、计数电路图	
附图4 TG1000 图形数字化仪接口、主控逻辑和栅格驱动电路图	
附录四 SR-6602CPU控制电路图	
附录五 WT-4000 图形输入板控制电路图	

第一章 绪 论

第一节 自动绘图仪和图形数字化仪的发展概况

一、绘图技术及自动绘图仪的发展

多少年来,人们习惯用图表达思想、表现生活,其原因是因为图具有直观和形象的特点。随着生产和科学技术的深入发展,图的用途日益广泛。例如在科学研究中用图来表示实验结果,用图来表示各种平面及空间几何元素之间的关系等;在工程技术中,图更成了不可缺少的共同语言,从产品的构思、设计到生产的每一个环节都离不开图和图纸。

然而,在相当长的一段时间里,由于物质条件的限制,人们只能使用简单的绘图工具,如直尺、三角板、圆规等,以手工的方式进行图形的绘制。这种绘图方式不仅工序繁琐,而且绘图精度低、费用大、周期长,甚至难以胜任大量的复杂图形的绘制。1879年坎坡(KEMPE)第一次从理论上证明了所有代数平面曲线都可以用适当的连杆机构绘制出来,这一成就为机械代替手工绘图奠定了理论基础。随着工业革命的到来,机械工业,特别是精密机械的发展,为机械式绘图设备的产生和发展创造了物质条件。较早的具有代表性的机械绘图设备要数瑞士的霍鲁采戈(HOLZEGGER)发明的彩纹雕刻机,该设备可以雕各种精美而细致的几何图案。

从手工绘图发展到采用机械绘图,不能不说是一个技术上的很大进步,但是这种进步一方面还没有从根本上完全摆脱手工操作的状态,另一方面由于科学实验和生产实践的不断发展,加上机械绘图设备本身的局限性,因此机械绘图还是适应不了生产和科学技术的发展。为了适应生产和技术的发展,除了要加强对各种图的性质和规律的深入研究外,还必须考虑采用最先进的手段和最新的成果来革新传统的绘图工具和绘图设备。

电子计算机的诞生及其飞速的发展,为本世纪科学技术得以迅猛的进步起了极其重要的作用,同时也为绘图技术和自动绘图设备的发展和变革开拓了新的道路。

本世纪50年代末至60年代初,美国GERBER公司首先开发应用APT(AUTOMATIC PROGRAMMING TOOLS)语言控制工作机工作,随后该公司根据数控机床的原理,用绘图笔代替刀具,从而诞生了世界上第一台数控绘图仪。该绘图仪是一台大型精密平板式结构的绘图仪,长4.6m,宽1.8m,重1179kg,并首先在飞机制造业上得到了应用。

与此同时,美国的CALCOMP公司也将数控技术与该公司的X-Y记录仪结合,制成了一种滚筒式结构的自动绘图仪。这种自动绘图仪的特点是结构简单、绘图速度较快,该类绘图仪主要用作计算机外部设备。此外,CALCOMP公司在开发硬件的同时,还开发出了成套绘图软件,以能为用户提供从图形输入到图形输出的全部软硬件设备。

60年代至70年代,由于计算机技术、数控技术、精密加工技术和精密测量技术的发展,为绘图技术和自动绘图仪的进步创造了条件。各种类型自动绘图仪不断涌现,技术

性能显著提高,从超大型的到台式小型的,其中包括精密型、高速型以及普及型的适合各种不同使用对象的自动绘图仪。采用平面电机传动方式的高速平台式绘图仪就是一种符合高速度高精度要求的图绘设备。在计算机图形输出设备中,还发展了一种COM装置,这种装置可以直接将计算机输出的图形记录在缩微胶片上。

近十余年来,随着微处理机的出现和发展,一种将微处理机直接与自动绘图仪相结合在一起的新颖绘图仪应运而生了。这种智能化的绘图仪,不但简化了设备的控制逻辑,而且还具备一定的存储功能、自检功能和某些处理功能。此外,这种绘图仪一般还可选配多种与计算机连接的标准接口,常见的有IEEE-488(GP-IB)、RS-232C及CENTRONICS等标准接口。

二、图-数转换及图形数字化仪的发展

随着计算机图形系统的发展,为了方便人-机会话和解决计算机识别图形资料,人们对图-数转换技术进行了深入的研究。在此基础上先后出现了带光笔的CRT显示器和包含有作成笛卡尔坐标形式的图形数字化板的图形数字化仪。带光笔的CRT图形显示器虽然是一种交互式图形系统的重要输入设备,但是这种输入设备在CAD/CAM或CAA技术中不能直接将平面图形以坐标的形式与计算机交互。

较早形式的图形数字化板是“蓝德板”(RANDTABLET),它仅作为光笔在CRT显示屏上的替换物,弥补了上面提到的光笔的不足之处。图1-1画出了利用“蓝德板”的图形交互系统示意图。

图1-1中的输入板相当于显示屏面,触针相当于光笔,它有254mm(10英寸)见方的平面绘图面积,在图形输入板上有1024条平行于X轴以及1024条平行于Y轴的金属导线,每条单独的线具有唯一能被触针检测到的数字编码信号。

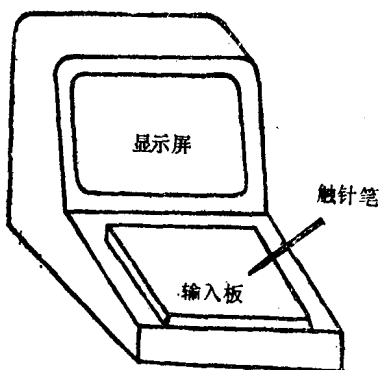


图1-1 “蓝德板”图形交互系统示意图

从60年代末到70年代初,随着图-数转换技术的深入研究,图形数字化仪得到了迅速发展。采用超声延时原理作成的图形数字化仪,无论在精度方面,还是在图形数字化板的尺寸和制造工艺方面都比“蓝德板”大大前进了。美国胜马(SUMMA)公司在70年代初相继推出了采用磁致伸缩原理的图形数字化仪系列和采用电磁耦合效应的图形数字化仪系列,图形数字化板的尺寸大的有1.5m,小的只有280mm,精度范围也比较宽,从几 μm 到几mm。胜马公司是美国一家比较专门化的图形数字化仪厂家,其产品在图形数字化仪市场中占有重要地位。

此外,美国CALCOMP公司的图形数字化仪主要采用静电耦合和电磁耦合的原理。它的产品主要为本公司配置图形系统服务,并以成套软硬系统提供用户。

近几年来,微处理机以其独特的优越性,已越来越渗透到各个领域,图形数字化仪与自动绘图仪一样,一代新颖的智能型产品脱颖而出,微处理机技术的应用不仅提高了设备的可靠性,而且提高了设备的功能、精度和速度等指标。

自动绘图仪和图形数字化仪开发得较早的国家是美国,上面已经提及 GERBER 公司开发了世界上第一台自动绘图仪;CALCOMP 公司从另一个应用面开发了不同类型的自动绘图仪;XYNETICS 公司采用索耶原理制作成功了平面永磁式线性脉冲电机的自动绘图仪,这是一种从根本上改变了传统绘图仪结构的新型自动绘图仪。以上这些厂家开发和生产的是较大型或较专用的自动绘图仪,HP公司、TEKTRONIX公司和 HOUSTON INSTRUMENTS公司则主要生产中小型的自动绘图仪。

除美国外,还有日本、法国、西德、挪威和苏联等国也有不少厂家生产自动绘图仪。

我国自动绘图仪的研制工作,始于60年代后期,于1968年研制成功了 LZ-5自动绘图仪,到70年代初,自动绘图仪得到了比较迅速的发展,先后开发出了 LZ系列、MSB-1、LS系列、CTS-1以及 HTJ-1855和 JHT-2等多种型号和系列的自动绘图仪。与此同时,还开发出了平面永磁式线性脉冲电机型自动绘图仪PDH-1000和PB-1800型等品种。近几年来,又开发成功了带有微处理机的新一代自动绘图仪。

几乎在自动绘图仪开发的同时,我国的图形数字化仪也相继开发成功,早期的产品有光电式的、跟踪式的和磁致伸缩式的几种。70年代中期以来,相继开发了电磁耦合式的和超声延时式的TSS系列、磁致伸缩式的TSM系列以及SGD型等产品。

随着自动绘图仪和图形数字化仪的发展,我国在绘图软件的研究和开发方面,也取得了较大的成果,这些成果主要表现在曲线的绘制、拟合和数字化等方面,并为具体应用于绘图作出了一定贡献。本书末附录中列出了国内外部分自动绘图仪产品的情况和国内外部分图形数字化仪产品的情况。供读者选购时参考。

第二节 计算机图形系统及其应用

一、计算机图学与图形系统

计算机图学就是应用计算机处理图形信息的一门学科。它主要包括:图形信息的输入、输出和显示,图形的变换、增强、识别,图形与图形间的运算,以及人机交互式绘图等内容。

由于计算机技术和集成电路技术的迅猛发展,各种新型价廉的外部设备,如自动绘图仪、图形显示器和图形数字化仪等图形设备的产生和发展,以及一些高级图形软件包的开发和应用,使计算机图学得到了飞速的发展,并广泛地应用于工业、农业、国防、科学、教育、文化乃至娱乐等方面。

计算机图学所研究的对象主要是如何运用计算机的先进技术,对图形进行数学处理,进而研究图学领域中各种理论和实践问题,并通过计算机图形系统进行计算和处理以及由自动绘图仪将计算和处理的结果画出图来。因此,在研究和学习计算机图学中,除了要研究和学习有关设备和系统之外,还要研究和学习绘图数学,即图形的数学处理,如研究产生各种基本曲线的数学方法;研究用若干较易产生的基本曲线去光滑地连接各种离散点的方法;研究用若干较易产生的基本曲线去逼近任意平面曲线的方法;研究立体图形的平面表示方法;研究高次离散点产生等高线、等值线的方法等等。图形经过数学处理之后,需编成绘图程序,要使这种程序为计算机所接受,就必须按计算机所配置

的语言来编制各种绘图程序和绘图软件。

一个完整的图形系统，不仅要具备由“数”变成“图”，而且还要具备由“图”变成“数”的功能。整个系统由硬件和软件两大部分组成。电子计算机、自动绘图仪、图形显示器、图形数字化仪以及其它有关设备及其相应的接口等装置称为硬件，其基本组成如图1-2所示；而产生图形的数学处理方法和程序系统称为软件。

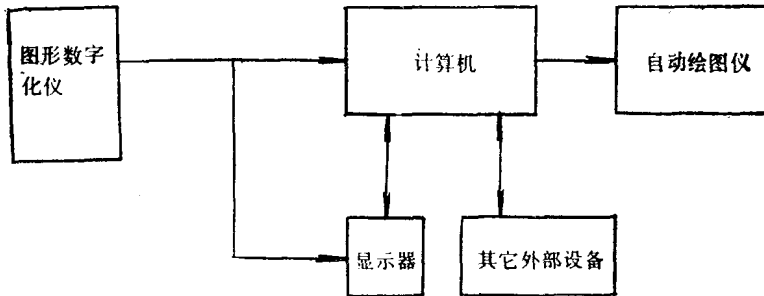


图1-2 计算机图形系统的基本配置

计算机是整个系统的核心，它起到运算、处理和控制的作用。

图形数字化仪是一种实现图-数转换的装置，它借助于输入板和游标（或感应笔），以手工跟踪的方式，在X、Y平面直角坐标系内将图形资料实时地转换成相应的数字量。经转换以后的数字量可提供给电子计算机进行分析和处理。在配有图形数字化仪的系统中，CRT显示器可用作监控和终端输出，并有助于对输入的图形进行编辑和修改。

自动绘图仪受计算机的控制，它根据计算机分析、运算和处理的结果，按要求绘制出有关的图形。其它外部设备可根据系统的需要加以配置。

要实现自动绘图，除硬件之外，还需配置相应的软件。一个完整的图形系统，既要有性能良好的硬设备，又要有能充分发挥硬件功能的软设备——系统软件和图形处理软件。还需配备基本作图程序、功能子程序、应用子程序以及具有专用语言的绘图程序系统。

作为自动绘图系统可根据不同情况分为联机系统和脱机系统。联机系统是指计算机和自动绘图仪直接联在一起工作，此时，自动绘图仪相当于计算机的输出设备。当图形的数据繁多，计算工作量大，占主机时间长的情况下，也可采用脱机系统。在这种系统中，计算机和自动绘图仪是分开工作的，它们之间以某种媒介（如磁带等）将计算机处理过的图形信息传递给自动绘图仪，再由自动绘图仪进行图形的绘制输出。

二、计算机图形系统的应用

目前，计算机图形系统已深入到许多行业和领域，用途极广，可广泛地应用于计算机辅助设计(CAD)、计算机辅助制造(CAM)和计算机辅助分析(CAA)以及自动绘图、仿真和动画等方面。如在电子工业中可以绘制复杂的逻辑图和线路图、精密的印刷板布线图以及大规模集成电路掩膜制版图；在机械工业中可以绘制各种机械工程图；在造船、航空工业中可以绘制高精度的外形模线和结构模线；在建筑行业可以绘制管道线路图和比较理想的透视图；在地震、地质、气象等部门中可以绘制地震图、地质断面图、矿

藏分布图、石油钻探图、天气图和地图等；在医疗卫生部门中可以绘制人体骨骼图、药效分析图、心电图、染色体图；在经济部门中可以绘制各种直方图、条形或扇形统计图、计划进程图、产品库存和产量变化图以及其它各种各样的图表；在其它有关部门中可绘制海、空航运图、人口密度分布图、服装裁剪图和各种精细的花纹图案；另外，还可用来对图形进行动态显示，从而可以对流体的流动、核反应、化学反应、动植物生理系统、组织器官以及物体在重负荷下结构的变化等进行仿真，形象地表示出各种动态变化的图形。

图形设备和计算机图形系统的应用所显示出来的主要作用和效果是：

- (1) 能绘制高精度、高复杂程度等人工所不能绘制的图形；
- (2) 能大幅度地提高绘图速度。使设计和绘图人员能从繁重的手工操作中解放出来，以便把精力集中到更高级更重要的工作上去；

(3) 构成CAD、CAM和CAA系统，从而使产品的设计和制造以及有关的分析处理工作能向着更高的自动化方向发展。从国外的情况和国内近十多年来的实践（如机械结构、印刷线路板、逻辑电路图、大规模集成电路、服装裁剪、船舶放样、光学仪器、高层建筑等方面的辅助设计和辅助制造）表明了：这类设备和系统的应用，不但可以大大提高生产效率，而且还可以大大改进产品质量。随着科学技术的不断发展，对图形系统的需求更为迫切，甚至有许多产品，如果没有这类设备和系统，没有应用CAD、CAM技术的话，将无法制造。

当前，正面临着一场世界新技术革命的挑战，我们相信随着计算机和图形输入输出设备及其相应的软硬件技术的发展，计算机图形系统必将在我国各个应用领域中产生出更加深远的影响。

第二章 自动绘图仪的组成及其动作原理

第一节 自动绘图仪的组成

自动绘图仪是一种机电一体化的设备，它与多数数控设备一样，由控制系统、传动机构和执行部件组成。图2-1给出了典型的自动绘图仪的结构示意图。

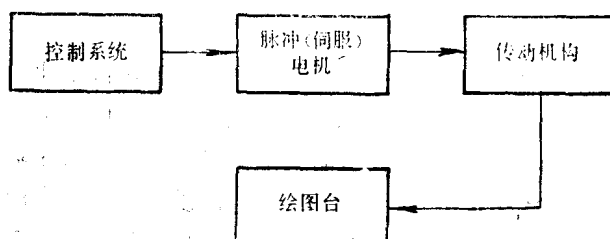


图2-1 自动绘图仪结构示意图

自动绘图仪的控制系统是自动绘图仪的核心部分。它的作用除了将计算机输出的绘图命令和绘图信息加工成一组组有序脉冲列外，还要将这一组组有序脉冲列转换和放大成驱动脉冲电机旋转的驱动信号。驱动

脉冲电机转动，带动传动机构和执行部件在绘图台上画出图来。

由此可见，自动绘图仪作为计算机的外部设备，与计算机系统当中的其它输入/输出设备一样，也是在系统的控制和支持下工作的。由于自动绘图仪具有独立于主机的控制系统，所以当计算机给出绘图命令或绘图信息后，自动绘图仪就能独立处理和控制整个图形的绘制过程。

事实上，普通自动绘图仪都由软件和硬件两部分组成。软件部分是指支配自动绘图仪的控制系统生成图形的数字处理程序（即生成一次或二次曲线的基本方法，这些方法将在第三章专门介绍）。这些程序一般固化在自动绘图仪的只读存储器中。绘图仪的硬件部分是指生成和绘制曲线的执行部件。

自动绘图仪的控制系统，根据不同的绘图要求分为开环控制式的和闭环控制式二种。采用开环控制方式的自动绘图仪，一般以脉冲电机作驱动元件，执行部件中没有位置反馈元件。控制系统输出指令脉冲的数目与执行部件实际移动距离有关，而输入与输出之间没有反馈存在。

采用闭环控制方式的自动绘图仪一般以交流或直流伺服电机作驱动元件，并在执行部件上带有位置反馈元件。在这类自动绘图仪中，执行部件的运动可通过位置反馈元件反作用于输入端。

一、自动绘图的基本原理

自动绘图仪的主要功能是按计算机输出的绘图命令和绘图信息自动绘制图形。那末要了解绘图仪是如何实现自动绘图的，首先要弄清楚绘图仪对平面（二维）曲线的处理方法。

普通自动绘图仪对平面（二维）曲线的处理方法有两种：

- (1) 按特定的代数方程, 根据笛卡尔坐标的原理, 直接生成相应曲线;
- (2) 将笛卡尔坐标平面上的某些给定参数的离散点(包括三次以上的高次离散点), 在满足精度的前提下, 用自动绘图仪生成的一次或二次曲线, 按处理程序分段逼近并连成相应的光滑曲线。

利用第一种方法可以生成并绘制出如图2-2和图2-3所示的三次方程和极坐标方程的平面图。

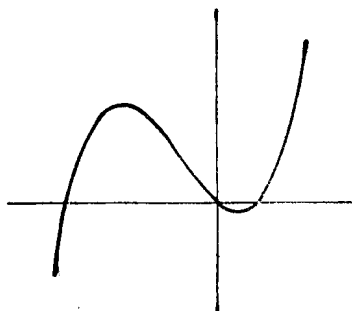


图2-2 $x^3 + 3x^2 - 4x - 5y = 0$ 的曲线

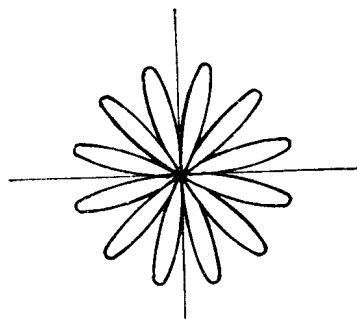


图2-3 $\rho = a \sin(n\phi)$ $n=6$, $a=3$ 的曲线

事实上, 所谓按代数方程绘制曲线, 就多数绘图仪而言, 也仅指一次或二次曲线中的特例, 如直线、圆、抛物线等。至于高次(三次以上)方程曲线的绘制, 一般也是采用基本曲线分段逼近的方法。

✓ 绘图仪在绘制任意平面曲线时, 之所以采用基本曲线分段逼近的办法, 主要基于经济性和实用性两个方面考虑。因为绘图曲线的生成须经反复的数学处理和运算。曲线越复杂, 不但花在数学处理和数学运算上的时间越长, 而且还会使控制电路复杂化。这样势必会影响自动绘图仪工作效率的提高。因此, 在保证绘图精度的前提下, 采用基本曲线分段逼近任意复杂平面曲线的方法是一种经济而实用的方法。

就绘图仪实际绘图而言, 无论是给定代数方程绘制曲线, 还是给定离散点的参数绘制曲线, 问题的性质是一致的, 都是为了解决“点”的变化规律。这种变化规律, 在绘图仪中是以控制 X、Y 两个方向的绘图笔来体现的。据此可以认为自动绘图仪上产生的任何平面曲线, 就是绘图笔在 X 和 Y 方向上合成运动的轨迹。

如果仅按方程或离散点参数, 自动绘图仪还不能直接进行图形绘制, 必须首先将已知的方程或离散点参数编程, 并送往计算机, 计算机对此进行必要的处理分段后, 在满足精度的前提下, 由自动绘图仪以基本曲线逼近。绘制相应的图形。

✓ 自动绘图仪的绘图过程通常是按步进形式进行的, 即控制器每送一个指令脉冲, 绘图笔就按规则在绘图平面上移动一个对应的距离, 如 0.0125mm, 0.025mm 或 0.05mm 等。该步进距离就是常说的“脉冲

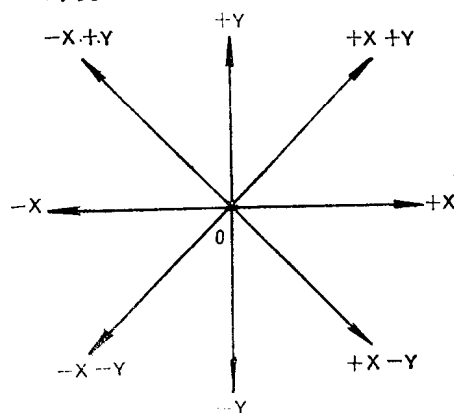


图2-4 X-Y 运动的基本动作