

第 1 章 绪 论

1.1 计算机绘图概述

就工程界来说,工程图是表达设计思想、指导生产建设、进行技术交流的一种共同的“工程语言”。在我国,我们的祖先使用图来指导生产建设,可以追溯到公元前 4 世纪,距今已有 2300 多年的历史。但是,在这漫长的岁月里,绘图的方法和工具却变化不大,人们基本上还是一直使用简单的工具(比如直尺、三角板、圆规等)用手工操作绘图。这样不仅速度慢、精度低、出错率高,而且费用贵(因为人力是最宝贵的资源)。人所特有的创造精神被消耗在这种繁琐的、简单的重复劳动中,得不到充分的发挥。特别是到了近代,社会的生产规模,以及各种装备的复杂程度都大大提高了。这对工程图纸的要求(包括质量和数量两个方面)是更高了,手工绘图已经愈来愈难以满足这种需求。所以,人们一直希望能找到一种方法和工具,来代替手工绘图,而把人从繁重的绘图负担中解放出来。

自从发明了电子计算机和自动绘图机,人们终于梦想成真。计算机可以代替人进行设计计算工作;自动绘图机可以代替人的手工操作,完成绘图工作。这就是我们现在通俗理解的“计算机绘图”。

计算机绘图是随着计算机硬件技术和软件技术的发展而逐步发展并完善起来的。今天,它几乎可以给所有的生产和科研领域提供高速度、高效率和高精度的图形设计及输出方法。它不仅可以绘制工程图,还可以模拟自然景物直至产生艺术图。计算机绘图已经在我们面前展现了一个广阔的应用领域和前景。

1.2 计算机绘图的主要应用领域

近 30 年来计算机绘图得到了高度的重视和广泛的应用。目前,其主要的应用领域有:

(1) 计算机辅助设计(CAD)和辅助制造(CAM)。这是一个计算机绘图最广泛、最活跃和发展最快的应用领域。它被用来进行建筑工程、机械结构和部件等的设计;机械设计中的受力分析、结构设计与比较,材料选择,直至绘出加工图纸,甚至工艺卡和数控加工纸带等;汽车、飞机、船舶的外形数学建模,曲线、曲面拟合与光顺,并绘出外形图;在电子工业中,大规模集成电路的设计,印刷电路板的设计,直至绘出图形。这些由于其精度极高,已非计算机绘图莫属。

(2) 动画与系统模拟。用计算机产生的动画,无论其艺术效果还是经济效果,都比传统手工绘制的动画好,速度快。并且可以把动画技术广泛应用于商业广告。利用它,还可

以模拟各种反应过程,如核反应、化学反应,以及汽车碰撞、地震破坏等过程的模拟及测试,使这些试验变得安全、迅速并降低费用。还可以模拟各种运动过程,如人体的运动过程,用以科学地指导训练。在军事上,可以用于环境模拟、飞行模拟、战场模拟,以训练指挥员和战斗员。

(3) 绘制勘探、测量的图形。处理勘探和测量所得的数据,可以绘制出地理图、地形图、矿藏分布图、气象图,在微观中的电场、电荷分布图等。

(4) 办公自动化。可以用来绘制数学的或经济的各类信息的二、三维图表。如统计用的直方图、扇形图、工作进程图,仓库及生产的各类统计管理图表等。这些图可以用简明的方式提供形象化的数据和变化趋势,以增加对复杂现象的了解,并协助作出决策。

(5) 计算机辅助教学。由于计算机绘图技术能生成丰富的图形,可用于辅助教学,使教学过程变得形象、直观和生动,学生通过人机交互方式进行学习,有助于提高学生的学习和注意力,增强教学效果。

1.3 计算机绘图与计算机辅助设计

计算机辅助设计是一种技术,可用于很广泛的范围,例如机械、建筑、化工、轻工等。尽管各个行业的专业不同,其辅助设计所包含的内容有很大差别,但都离不开计算机绘图。

计算机绘图是计算机辅助设计的重要组成部分和核心内容。这一方面是因为各个领域内的设计工作,其最后的结果一般都要以“图”的形式来表达;另一方面,计算机绘图中所包含的三维立体造型技术,是实现先进的计算机辅助设计技术的重要基础。许多设计工作进行时,首先必须构造立体模型,然后进行分析、计算和修改,最终定型并输出图纸。在整个过程中,都离不开图形技术,因为图能给设计人员一个直观的形象。

可以看到,在CAD领域内要解决的问题中有许多是属于计算机绘图方面的内容。一些早期的或初级的CAD应用也只是利用计算机绘图来绘制工程图纸,而没有更深入地涉及到对设计进行计算和分析,所以那些CAD教科书中所介绍的内容基本上都是计算机绘图的内容。随着CAD技术的不断发展,CAD所包含的内容更加广泛深入,也就更加离不开计算机绘图,因为在整个设计过程中,无论是二维还是三维,需要处理的图形更多了,也更复杂了。因而可以说,只是由于计算机绘图技术的发展与应用才能使得CAD工作在各个领域内得到广泛深入的开展。所以要掌握CAD技术,首先必须掌握计算机绘图技术。

科学技术的发展,最后终将要使大量的工程技术人员从绘图板上解放出来,“甩掉图板”一定会成为现实。据对我国部分大中企业的调查,一些生产形势好的企业,在全部图纸工作量中,利用计算机绘图的图纸量已占50%。当我们跨入21世纪的时候,这个形势将会是什么样的呢?结果是不言而喻的。现在在校的大专院校学生,他们将在21世纪走向工作岗位,在校期间,努力学习一点计算机绘图的知识和技术,确实是形势的要求。

第 2 章 计算机绘图系统

2.1 计算机绘图系统的构成

计算机绘图系统是由计算机、图形输入输出设备等硬件和软件组成的综合系统,如图 2-1 所示。它除了具有一般的数值计算能力外,还兼有接收图形信息的手段和生成、输出图形的能力。

根据应用需求和财力的不同,绘图系统的硬、软件配置情况也各不相同。至于绘图系统如何分类则没有统一的标准。一般说来,按计算机与绘图机之间的信息传递方式可分为联机绘图系统和脱机绘图系统;按硬、软件的配置情况又可分为被动式绘图系统和交互式绘图系统。

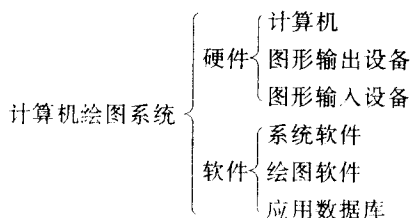


图 2-1 计算机绘图系统的构成

2.1.1 联机绘图系统与脱机绘图系统

图 2-2 是一个简单的绘图流程图。

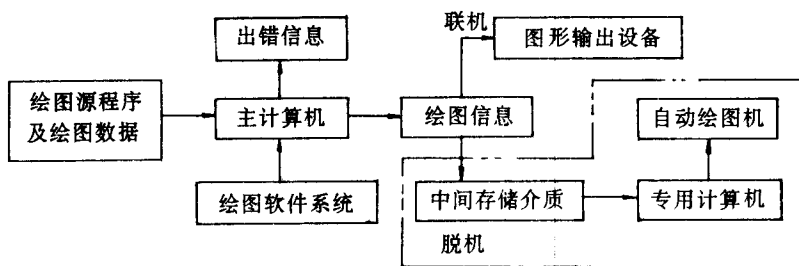


图 2-2 联机绘图与脱机绘图

2.1.1.1 联机绘图系统

在联机绘图系统中,主计算机将处理好的绘图信息直接传送给绘图机输出图形,而不必通过其他中间存储介质(磁带、磁盘等)传递信息,因而比较直观,获得图形的周期短。但这种系统有着明显的缺点,特别是用自动绘图机输出图纸时,由于绘图机采用机械传动方式驱动画笔,其绘图速度远远低于计算机的运算速度,产生计算机对绘图机的等待,从而

造成硬件资源的浪费。因此这种系统多用于微机系统中。在大型计算机绘图系统中,只有在配有分时操作系统,可同时控制多种外围设备时才是可取的。

2.1.1.2 脱机绘图系统

在脱机绘图系统中,主计算机将处理好的图形信息以指定的形式存储在中间存储介质(纸带、磁带、软磁盘等)上。绘图时,再将中间存储介质上的信息输给自动绘图机的专用计算机,从而控制绘图机输出图形。因此脱机绘图系统避免了计算机对绘图机的等待,从而提高了主计算机的利用效率,同时还可以多台计算机共享一台绘图机,以及实现绘图的批处理。

2.1.2 被动式绘图系统与交互式绘图系统

2.1.2.1 被动式绘图系统

所谓被动式绘图系统指的是在绘图过程中,人无法进行干预。即如果要对图形进行增加、删除、修改、缩放等操作,必须修改图形的输入信息(例如绘图源程序)重新生成图形。这是很不方便且效率很低的,难以在工程实际中推广使用。但这种系统对硬、软件的配置要求比较简单。在硬件方面只要有一台计算机,一台图形输出设备(例如绘图机)就可满足要求。在软件方面,只要有一个用户可以用高级语言调用的绘图软件包即可满足要求。因而成本较低。如果所绘图纸已经标准化、系列化(如一些标准件图),或绘制一些专用图纸(如统计图表等),只需修改数据,很少修改图形,那么采用这种系统还是比较经济实用的。

2.1.2.2 交互式绘图系统

交互式绘图系统又称会话式绘图系统。图 2-3 是这种系统的概念化模型。这种系统的一个主要特点是可以实现人——机通讯。设计人员通过显示屏幕观察设计的结果和图形,同时通过图形输入装置(例如鼠标器),配合软件(一般为菜单方式)对图形进行增加、删除、修改、缩放等各种操作(图 2-4 给出了交互过程的模型)。这就把计算机的高速运算速度、大容量的存储、人的观察与思考有机地结合起来了,因而被广泛地应用于 CAD/CAM 系统中。

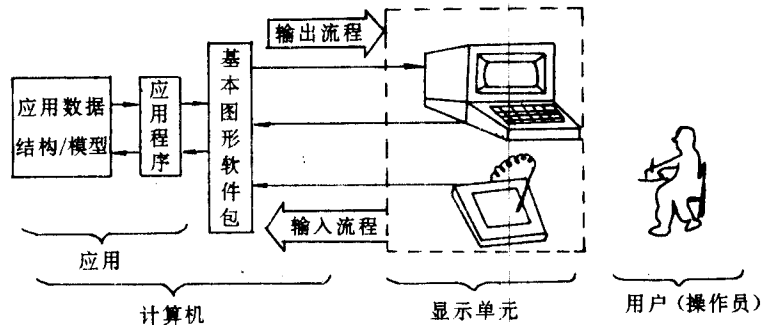


图 2-3 交互式绘图系统的概念模型

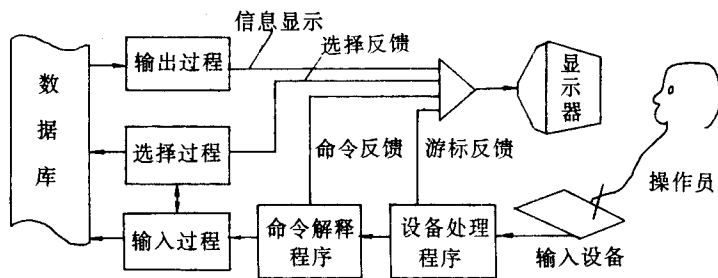


图 2-4 交互过程模型

交互式绘图系统的硬件部分包括计算机主机和由它驱动的图形显示设备,往往还有一组由外部设备组成的图形输入部件,如键盘、鼠标器、坐标数字化仪等。这些设备配合使用,使整个系统具有人-机交互的能力。

完美的硬件配置只是具备了交互式绘图的必要条件,但如果没有一个功能完善的软件的支持也很难发挥它的潜力。软件部分主要由基本图形软件包、应用程序和应用数据表组成。

基本图形软件包由一组图形子程序组成。使用这些图形子程序,可在图形显示器上生成图形元素。对图形进行各种操作和控制,并可实现人-机之间的交互对话。基本图形软件包介于应用程序与显示单元之间,起到隔离程序设计者与显示硬件的作用,使程序员不必过多地考虑显示设备的具体结构及性能,而利用基本图形软件包提供的功能直接进行绘图程序设计。

应用程序是由程序员在基本图形软件包的基础上根据用户的要求编制的程序。它使用特定的图形语言对所要产生的图形进行描述,并将说明显示几何特征的数据和作图步骤等有关信息存入应用数据表。也可以从应用数据表中提取图形信息,并通过基本图形软件包使它们显示出来。应用程序可根据用户输入的信息,相应地改变显示操作模式和状态。例如可以根据用户对菜单或命令的选择,调用有关控制过程以对用户的选择作出响应。

应用数据表是用数据形式对要显示的图形进行抽象。实际上就是用一些特定的数据表来描述要显示的图形。

一个较完善的交互式绘图系统应该具备下述功能:

(1) 计算功能

它由计算机实现。备有设计分析计算的程序库和有关图形几何坐标数据计算的程序库。

(2) 存储功能

在计算机内、外存储器中存储图形的数据信息以及这些信息之间的相互联系,并能根据用户的要求快速实现实时检索和修改。

(3) 输入功能

通过输入设备向计算机输入各种命令和图形数据。

(4) 输出功能

在 CAD 过程中或工作结束后,可输出计算结果,绘制图纸,以及信息的传送等(例如输出数控加工信息等)。

(5) 交互功能

进行人-机通讯,实现对图形生成的干预。

2.1.3 几种典型的计算机绘图系统

2.1.3.1 微机交互式绘图系统

图 2-5 是一个微机交互式绘图系统的配置。

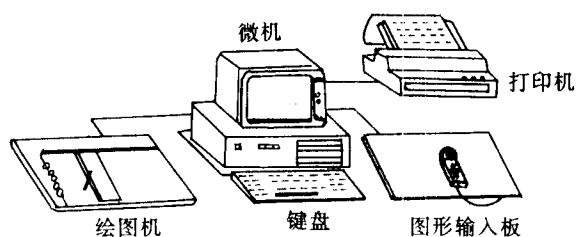


图 2-5 微机交互绘图系统的配置

在微机交互式绘图系统中,以前大部分采用 IBM PC/AT、PC/XT 及国产 0520 系列微机,这些都是 16 位机。随着计算机硬件技术的不断发展,目前多采用字长为 32 位的 486 系列微机。显示器通常采用光栅扫描型图形显示器,既可显示字符,又可显示图形。

在微机中所用的图形显示控制卡一般有下面几种:

1. CGA 彩色图形显示控制卡

它有字符、图形两种控制方式。在图形方式下,分辨率有两种:320×200 方式,四种颜色;640×200 方式,只有黑、白两种颜色。

2. EGA 增强图形显示控制卡

它有图形、字符两种控制方式。在字符方式下,每屏有 25 行×80 列,每个字符有 64 种颜色;在图形方式下,分辨率为 640×350,16 种颜色。改进型的 EGA,分辨率可达 640×480,16 种颜色。它兼容 CGA 显示方式。

3. VGA 视频图形显示控制卡

标准的 VGA 显卡分辨率是 640×480,16 种颜色。但现在用的几乎全是增强型的 VGA 显示控制卡,它的分辨率可以达 800×600,960×720,甚至到 1024×768,256 种颜色。

所有这些显示控制卡只有配上相应的显示器和相应的显示软件才能发挥它们的最大效能。

由于微机系统的性能价格比高,因而在 CAD 中得到广泛的应用。各种在微机上用的

绘图软件也比较多。比较有代表性的、在国内外应用较广的有美国 AUTODESK 公司在 1982 年研制并推出的 AutoCAD 图形软件包,它是一个功能相当齐全的微机交互式图形支撑软件,几年内先后更新了多种版本,现已推出 13.0 版本。

2.1.3.2 超级小型机及超级微型机绘图系统

进入 80 年代,特别是近年来,许多公司把硬件及软件一揽子配置组成 CAD 系统。在配置上有独立工作站、集中式、分布式、多主机式等型式,适用于做中型或大型的 CAD 课题。这些系统的图形功能较强,常以公共的实体造型几何数据库为基础,并有二维、三维线框造型,三维曲面造型等功能。

图 2-6 是独立工作站系统的硬件配置。

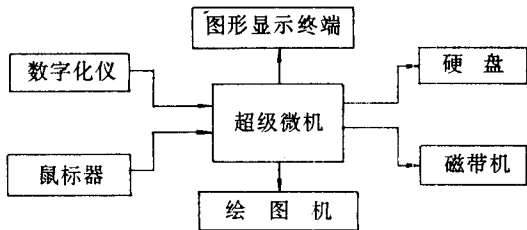


图 2-6 独立工作站系统

多个工作站构成的环形网络系统中,每个工作站是一台配有高分辨率显示器的 32 位超级微型计算机。它可以单独使用,也可以在网络系统中处理同一个工程项目,可以资源共享。

近年来,国内外也先后推出了各种版本的在超级微机上使用的图形软件。这些软件有的只限于图形功能,有的则把各种工程设计和分析计算软件融为一体,形成功能很强的 CAD/CAPP/CAM 集成化的软件系统。

在大、中型机械 CAD 系统中应用较多的 I-DEAS 软件系统中的 I-DEAS Drafting 模块是一个强有力的机械设计绘图工具。作为一个基于实体的绘图工具,I-DEAS Drafting 天衣无缝地与其它 I-DEAS 模块集成,并提供非同寻常的速度和响应性能以细化实体模型和生成产品图样。借助于 Master Model 几何形状、尺寸和特征的控制框架,很容易产生三视图、剖视图、局部放大图、向视图和轴测图。它除提供完善的详细绘图能力外,还具有用于概念设计的有效功能。变量化的草图设计功能提供了充分的几何造型功能并能捕捉设计意图从而简化了设计修改过程。清华大学精仪系对 I-DEAS Drafting 进行了二次开发,使其全部国产化(详见第 10 章),使这一软件更适用于我国的实际情况。

美国 Parametric Technology Corporation 公司的 Pro/Engineer 是一套机械设计自动化软件。其功能包括参数化特征定义实体零件及组装造型、三维上色实体或线框造型和完整的工程图的产生。造型不但可以在屏幕上显示,还可传送到绘图机上或一些彩色打印机上输出。它能在 50 余种不同工作站上运行,像 DEC、HP、IBM、SUN 和 SGI 等。

2.2 常用的图形输出设备

2.2.1 自动绘图机

2.2.1.1 滚筒式绘图机

图 2-7 和图 2-8 分别是滚筒式绘图机的外观图和结构示意图。

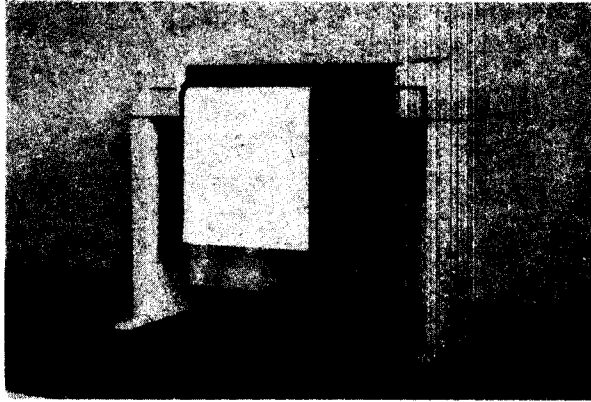


图 2-7 滚筒式绘图机的外观图

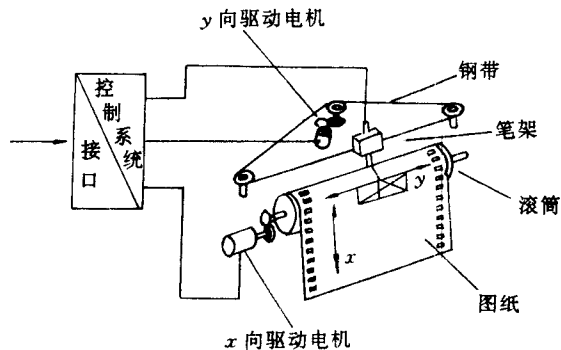


图 2-8 滚筒式绘图机的结构示意图

滚筒式绘图机主要由以下几部分组成：

- (1) 将计算机发出的脉冲指令转换成步进电机(脉冲马达)的机械运动。
- (2) 将电机的转动转换成使画笔沿 x 方向传送的滚筒的驱动部分。
- (3) 将电机的转动转换成使画笔沿 y 向移动的画笔驱动部分。
- (4) 固定画笔以及控制画笔抬、落的笔架部分。
- (5) 可使绘图纸紧贴在滚筒上,进行送纸、卷纸的送纸机构。
- (6) 进行各种控制操作的控制台部分。

滚筒式绘图机的工作过程是:步进电机根据计算机发来的脉冲指令作步进旋转。当 x 向电机驱动滚筒作正、反方向的旋转时,通过滚筒两端的链齿(或摩擦轮)带动绘图纸作正、反方向的往复移动,从而传送正、负 x 方向的运动。 y 向电机通过传动装置使笔架作往复直线运动,形成画笔的正、负 y 向移动。 x 向、 y 向运动的配合实现绘图功能。

这种绘图机的结构简单、紧凑,占地面积小,维修保养方便,绘图纸的长度有的可达几十米,纸宽随滚筒的长度有不同的规格。像惠普公司生产的大型滚筒式绘图机,可画零号图纸,是目前大、中型 CAD 系统中应用较多的一种绘图机。这种绘图机既可与计算机联机工作,也可脱机工作,靠磁带传递绘图信息。

滚筒式绘图机的精度相对较低,常用于对绘图精度要求不高的场合,如绘制机械图,土木建筑图等。

2.2.1.2 平台式绘图机

平台式绘图机最初是在数控机床的基础上发展起来的,不同型号的平台式绘图机的构造略有不同,一般由下面几部分组成:

- (1) 把计算机输出的电脉冲转换成电机的机械运动。
- (2) 把电机的旋转转换成使画笔沿 x 、 y 方向移动的传动机构。
- (3) 进行选笔以及控制画笔抬、落的画笔驱动部分。
- (4) 固定图纸的台板。
- (5) 进行各种控制操作的控制台部分。

图 2-9 是平台式绘图机的结构简图。当 x 向的电机作步进旋转时,通过滚珠丝杠(图 2-10)或齿轮齿条(图 2-11)传动使横梁在 x 向导轨上作往复运动,从而带动固定在横梁上

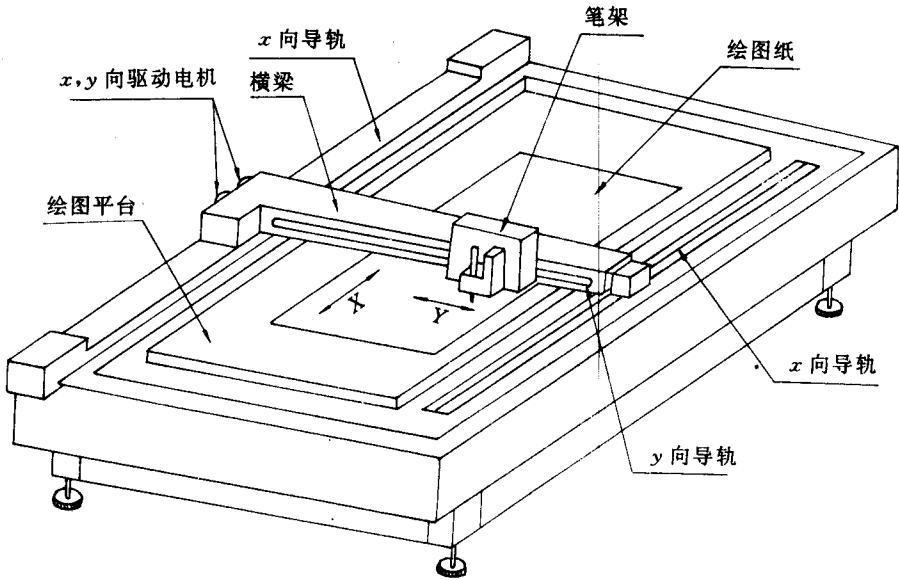


图 2-9 平台式绘图机结构简图

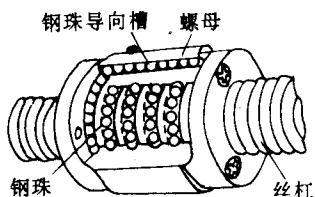


图 2-10 滚珠丝杠传动

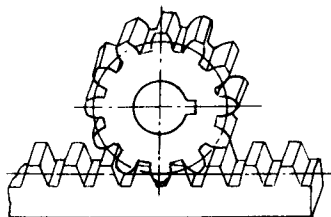


图 2-11 齿轮齿条传动

的笔架作正、负 x 方向的移动,形成画笔沿 x 向的画图。 y 向驱动电机驱动笔架沿横梁作往复运动,形成画笔沿 y 向画图。 x 向、 y 向运动的配合实现绘图功能。

平台式绘图机的优点是精度高,有效绘图面积大,像 HTJ-1855 平台式绘图机,其绘图台面的面积为 $1.8\text{m} \times 5.5\text{m}$ 。因此,这类绘图机特别适用于画高精度、大画面的图形,如飞机、汽车、轮船、大规模集成电路图等。但是这类绘图机结构复杂,占地面积大,特别是大型平台式绘图机价格较贵。

在平台式绘图机中,有一种采用平面电机驱动的大型绘图机,如日本第二精工舍生产的 XYnetics 自动绘图机。如图 2-12 所示。它主要由天花板、绘图头、绘图平台三部分组成。

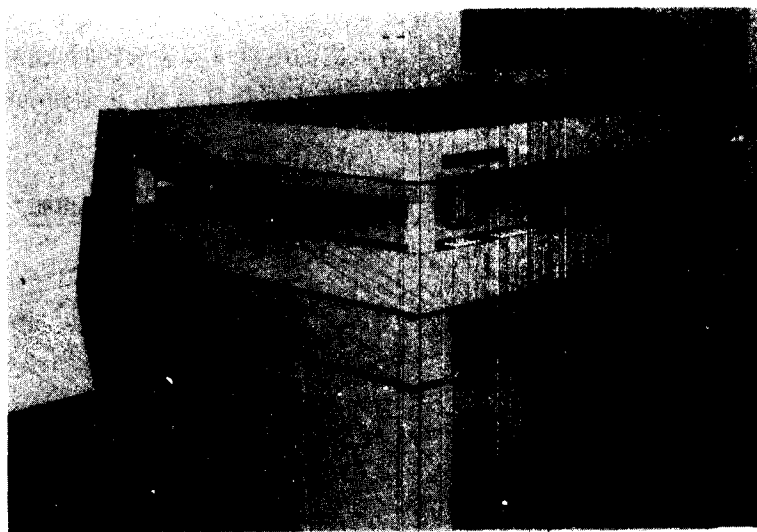


图 2-12 平面电机型绘图机

天花板在绘图平台的上方,与绘图平台平行,由四根支柱支承,面积与绘图台面一样大,它实际上是平面电机的定子。

绘图头悬浮在台板下面,在它与会台板接触的表面上有许多小孔,从孔中吹出高压空气,在两表面之间形成 $10\mu\text{m}$ 的间隙,称为“空气轴承”,因此绘图头可在台板下自由滑动。

自由滑动的动力是由安装在绘图头内的四个平面电机的动子(或称移相器)与台板的作用产生的,其中两个控制 x 方向的移动,两个控制 y 方向的移动。

绘图平台主要用来固定图纸。固定方式一般采用真空吸附或静电吸附法。

这种绘图机的优点是绘图速度快,可达到 $1\sim 1.5\text{m/s}$,而一般绘图机的速度在 $0.05\sim 0.5\text{m/s}$ 之间。由于没有机械磨损,工作可靠性和精度也大大提高。这种绘图机的绘图头上可同时装四支画笔,还可装刻刀,直接刻集成电路的掩膜板或其他模板,因而在电子行业中应用较多。这种绘图机一般与计算机脱机工作,靠磁带或纸带传递绘图信息。

在平台式绘图机中,还有一种智能型小型绘图机。如图 2-13 所示。它的整机构造与前面谈到的平台式绘图机没有什么本质区别,和主机之间的连接采用 RS-232C 标准串行接口。图纸一般采用 A3 规格,图纸的固定方式多采用磁力压紧装置。从这种绘图机的特点来看,与其用于绘制生产图纸,不如用于设计工作中作为辅助设计手段更为适宜。目前在个人用微机系统中多配置这种绘图机。

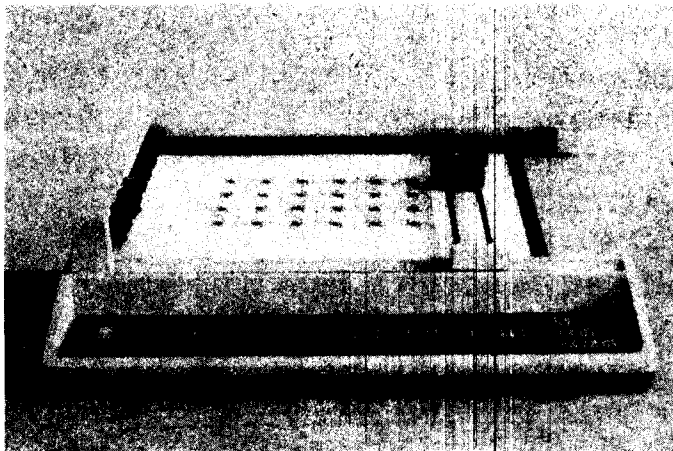


图 2-13 智能型小型绘图机

2.2.1.3 特殊类型的自动绘图机

1. 彩色喷墨绘图机

喷墨式绘图机的工作原理如图 2-14 所示。绘图机的墨水泵可将黄、红、兰三种颜色的墨水分别注入三支细微的喷笔。墨水在高压作用下通过喷笔内细而长的毛细管(喷嘴直径 $1.5\mu\text{m}$,长 50mm)形成一个细小的墨水流。采用电磁偏转、磁场偏转或机械偏转等方法控制墨水的喷射方向。用控制电荷或控制电场等方式控制墨水滴的产生。滚筒每旋转一周,喷笔架由步进电机和丝杠驱动,沿滚筒轴向步进一次(每次步进 0.2mm)。这样周而复始,在纸上扫描出行距为 0.2mm 的密集的直线簇。三支喷笔的物理位置各相差 1cm 。每个像素由一个 4×4 点阵组成,每一像素的颜色由黄、红、蓝三种基色合成。绘图时,读出每一个像素的颜色值后,绘图机控制器根据颜色值分别控制三支喷笔喷出的墨点到达该像素的数量,使该像素涂上所需颜色,颜色各异的像素阵列形成一幅色彩鲜艳的图象。图象的分

分辨率可达 5 点/mm。这种绘图机一般采用脱机工作方式。

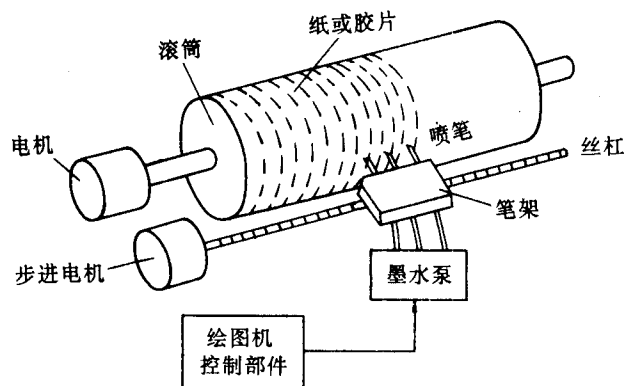


图 2-14 喷墨绘图机的基本原理

2. 静电式绘图机

图 2-15 是静电式绘图机的基本原理。由程序控制的电压信号作用在写头的写针针尖上,在针尖和纸接触的地方产生极小的静电点,纸进入装有液态颜色的调色盒后,纸上的静电点可着色(不带静电的点不能着色)从而产生图象和字符。这种绘图机既可采用联机方式也可采用脱机方式工作。它的可靠性高,噪音小,分辨率高(4—8 点/mm)。但它需要用对静电有敏感反应的特种纸,一般只有一种颜色,只能产生黑、白色调的阴影图。目前有些改进型的静电式绘图机可装多种颜色的调色盒,可产生套色效果的彩色图象。

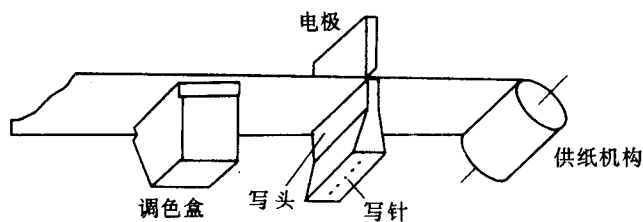


图 2-15 静电式绘图机的基本原理

2.2.1.4 自动绘图机的驱动方式

自动绘图机的驱动方式主要有两种:开环驱动方式和闭环驱动方式。

1. 开环驱动方式

如图 2-16 所示。这种驱动方式采用步进电机做驱动元件,它有调整自身位置的特性,因而不需要反馈机构,结构简单,操作方便。

2. 闭环驱动方式

如图 2-17 所示。这种驱动方式采用伺服电机做驱动元件,它可以通过位置检测器检测出自动绘图机的移动量,由速度调节器进行适当的速度调整。这种驱动方式常用在大

型、高速绘图机上。



图 2-16 开环驱动方式

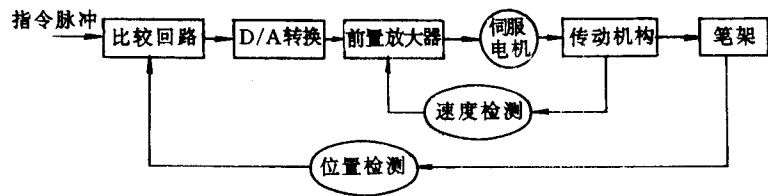


图 2-17 闭环驱动方式

2. 2. 1. 5 自动绘图机的绘图原理

如前所述,自动绘图机一般采用步进电机或伺服电机作为驱动元件。计算机每向步进电机发送一个电脉冲,步进电机就做一次步进回转,通过一套传动装置使画笔沿 x 向或 y 向移动一步,每步移动的距离称为绘图机的“步长”或“脉冲当量”。绘图机装有 x 向和 y 向两个步进电机,分别驱动画笔沿正、负 x 向和正、负 y 向移动,因此在一般情况下,画笔的移动只有 4 个基本方向,如图 2-18(a) 所示。如果两个电机可同时动作,则画笔的移动可有 8 个基本方向,如图 2-18(b) 所示。

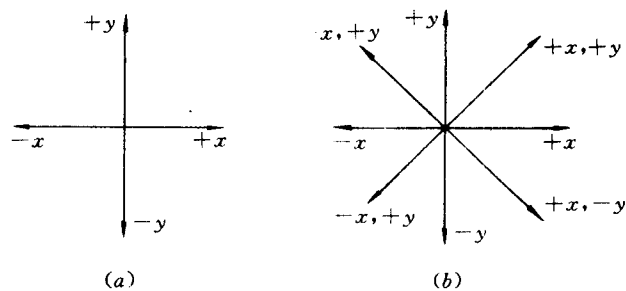


图 2-18 画笔移动的基本方向

和上述基本方向一致的线段绘图机可以精确地绘出,不符合这 4 个或 8 个基本方向的直线段或曲线段则由这些基本方向的线段逼近画出,即“以折代直”或“以折代曲”,如图 2-19 和图 2-20 所示。只不过由于绘图机的步长较小,一般情况下肉眼不易觉察罢了。

如何根据所画线段决定画笔每步的走步方向,这是由“插补算法”解决的问题。早期关于直线和圆弧的插补均是通过软件实现的。随着硬件技术的不断发展,现在的绘图机中多数带有硬件插补器,如直线插补器、圆弧插补器、抛物线插补器等。因此,画直线和圆弧时,

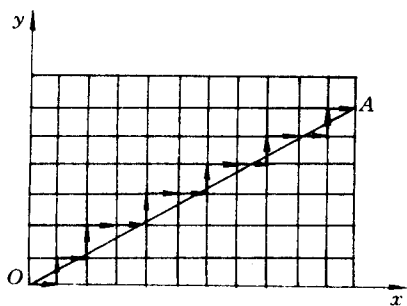


图 2-19 以折线逼近直线

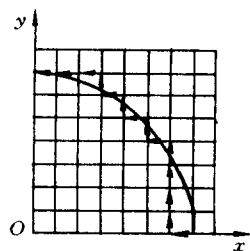


图 2-20 以折线逼近圆

只需向绘图机传送相应的命令就可以了。

2.2.1.6 绘图机的主要技术指标

1. 绘图速度

绘图速度指画笔移动的速度,有最高速度和最低速度两个指标。画图时,画笔由静止状态到运动状态,再到静止状态是一个变速运动过程。因此,画笔运动的加速度也决定了绘图速度的高低。只有画笔的加速度和画线时的移动速度都较大时才能实现高速度、高效率的绘图工作。

2. 步长

步长又称脉冲当量,它是决定绘图精度的一个重要指标。步长越小,绘图精度越高,图的质量就越好。绘图机的步长一般在 $0.1 \sim 0.01\text{mm}$ 之间,更精密的绘图机的步长可达 $0.005 \sim 0.001\text{mm}$ 。通常, 0.1mm 的步长就可满足一般图形的要求; 0.05mm 的步长肉眼则觉察不出图线的阶梯状波动; 0.01mm 的步长就可满足较精密的绘图要求了。

3. 绘图精度

(1) 静态精度 指画笔做单向移动时,实际位移与按脉冲计算的理论位移之差。

(2) 重复精度 画笔从一点出发移动一段距离,再返回到出发点时,实际返回的点与原来出发点之间的偏差。

(3) 总精度 即积累误差的允许值。

4. 绘图机的功能

绘图机的功能指绘图幅面的大小、插补功能(插补直线、圆弧、抛物线等)、画笔的颜色与数量等。

2.2.2 图形显示器

常用的图形显示器有三种,即:随机扫描动态刷新式图形显示器、随机扫描存储管式图形显示器、光栅扫描型图形显示器。

2.2.2.1 随机扫描动态刷新式图形显示器

随机扫描动态刷新式图形显示器是一种画线显示器。它的构造原理如图 2-21 所示。

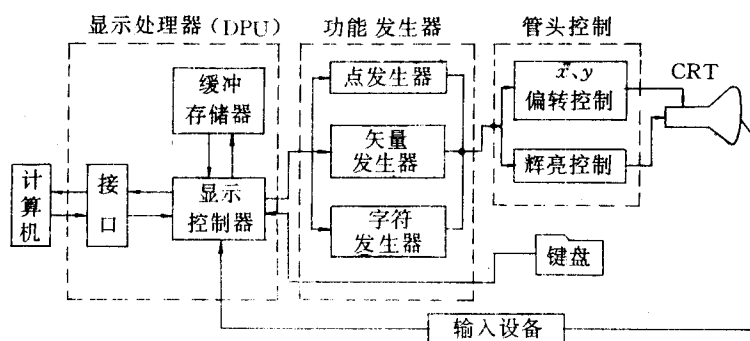


图 2-21 动态刷新式图形显示器结构原理图

随机扫描动态刷新式图形显示器是利用电子束在荧光屏上扫描的轨迹来显示图形的。电子束在荧光屏上扫描的路径随显示内容而变化。首先将欲显示的图形用显示文件的形式存放在显示器的刷新存储器中。在显示文件中，图形由显示控制命令及组成该图形的线段数据描述。显示控制器按照由刷新存储器送来的显示文件，将其中的每一条线段转换成模拟电压，产生使电子束在荧光屏上进行移动的偏转信号，从而使电子束依次在荧光屏上画出组成该图形的线段。

由于随机扫描动态刷新式图形显示器使用的 CRT 内涂的是短余辉的荧光材料，所以电子束的一遍扫描只能使一幅图形保持很短的时间。要使图形长时间地显示并保持画面稳定，显示控制器一般按每秒 50—60 次的频率用刷新存储器的内容对荧光屏进行反复地刷新。

随机扫描图形显示器的主要功能部件如下：

1. 显示器件

(1) 阴极射线管 CRT

CRT 的基本构造如图 2-22 所示。密封的锥形玻璃管的细端是电子枪，它发射高速并经过精细聚焦的电子束。在荧光屏的内表面涂有荧光粉，荧光粉受到高速电子束的轰击而发出光亮。管颈部装有 x 、 y 偏转部件，它的作用是将代表光点位置的数字代码通过数/模转换，产生相应的偏转电压或偏转电流。如果 CRT 是静电偏转系统（装在管内），则数字代码转换成偏转电压；如果 CRT 是磁偏转系统（管颈外的偏转线圈），则将数字代码转换成偏转电流。由偏转电压或偏转电流驱动电子束偏转，以使电子束轰击由代码所指定的屏幕上的位置。

电子枪利用静电场使电子束聚焦和加速。电子枪由多个部件组成，如图 2-23 所示。由灯丝加热的阴极发射出电子。

围在阴极周围的是控制栅极，它的电位稍低于阴极，改变控制栅极的电位，就可改变由阴极发射出的电子的数量，从而控制图象的亮度。聚焦系统由处于不同电位的两个阳极组成，第一阳极产生环形电场，使电子束沿管轴方向高度集中。第二阳极又称加速极，加有高压，使经过聚焦的电子束高速运动。

(2) 电子束穿透式彩色 CRT

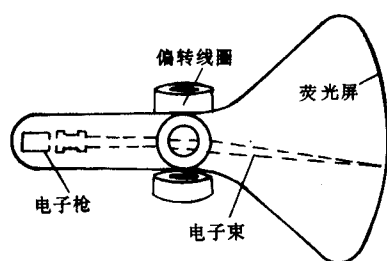


图 2-22 CRT 的基本构造

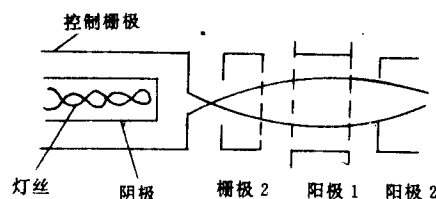


图 2-23 CRT 的电子枪

由于荧光粉的限制，一般的 CRT 只能显示单一颜色。电子束穿透式 CRT 则是一种彩色 CRT 器件。这种 CRT 的内部结构和普通 CRT 一样，只是在荧光屏的内表面涂了两层不同的荧光粉，即在原来的绿色荧光粉后面沉积一层红色荧光粉。当轰击的电子束的电位较低时，只有红色荧光粉受激发而产生红色光迹。提高加速电压时，电子束的速度增加，穿透到绿色荧光层，从而增加输出光中的绿色成份。根据加速电压的不同而形成红、橙、黄、绿四种颜色。

(3) 荫罩式彩色 CRT

这是最常用的彩色图象显示器件，图 2-24 是这种 CRT 的结构简图。

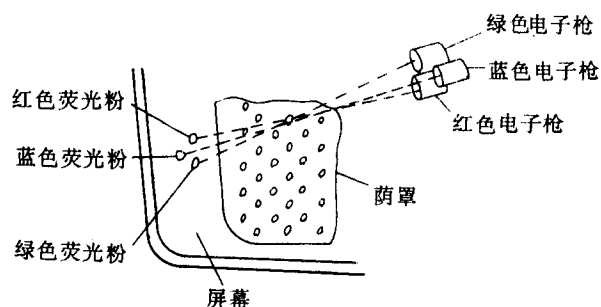


图 2-24 荫罩式 CRT 结构简图

这种 CRT 采用按三角排列的红、黄、蓝三个电子枪。在电子枪与荧光屏之间放置一块称为荫罩的金属板，上面按三角形图案钻有许多小圆孔。CRT 的偏转系统同时对三个电子枪发出的电子束起作用，使三者聚焦于荫罩板上的同一点，共同穿过荫罩板上的同一个小孔，打在屏上稍微错开的三个点上。

荧光屏上的每一个象素由排列成三角形的红、绿、蓝三个荧光点组成，而且使得每一点只能被相应的电子枪发射出的电子束所打中。因此，调节各个电子枪的电子束的电流就可控制输出光中相对应的三种颜色的成份。

2. 管头控制部分

管头控制部分包括 x 、 y 方向的驱动控制及辉度控制。

x 向和 y 向的驱动装置接收各个功能发生器发来的控制信号，然后通过各自的 D/A

电路,将信号转换成电流或电压去驱动偏转线圈,从而使电子束作 x 向或 y 向的偏转。

辉度控制根据命令中的亮度信息,通过改变控制栅极和阴极(见图 2-23)之间的电位差控制电子束的强弱,从而使显示的点、线、字符等具有不同的亮度。

3. 功能发生器

(1) 点发生器

点发生器也叫定位器,它是将定位指令的坐标信息分别送给 x 向及 y 向的 D/A 转换器,产生驱动电子束偏转的模拟电压或模拟电流,使电子束轰击屏幕上的指定位置产生一个亮点。

(2) 矢量发生器

矢量发生器的功能是产生直线,它是画图形的重要部件。画线的步骤为:先定矢量的起始点,然后从起始点出发,按规定的方向和长度画出矢量。

矢量发生器可直接用逻辑电路拼合成,图 2-25 是一种常用的数字或矢量发生器的原理图。

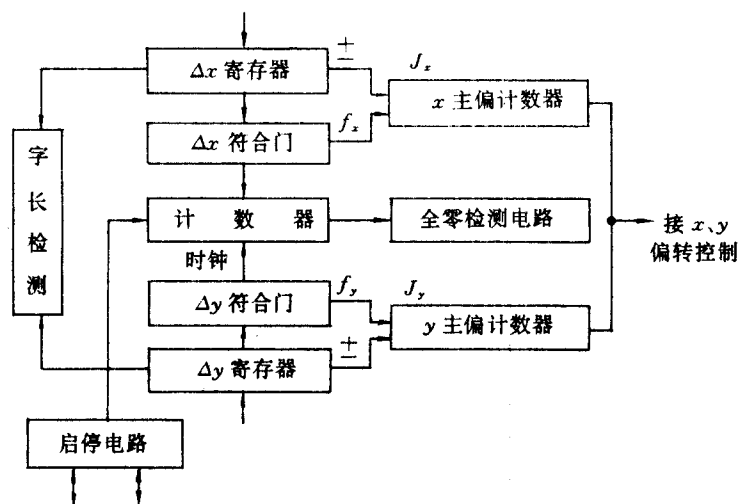


图 2-25 数字式矢量发生器原理图

(3) 字符发生器

如图 2-26 所示。字符指令译码逻辑把从缓冲存储器中接收的字符指令译成该字符的代码,根据字符代码形成地址,在字符库中找出描绘这个字符的辉度信息,经字符发生线路去控制 x 、 y 向的偏转部件及辉度控制部件,从而使电子束在屏幕上形成一个相应的亮度字符。

4. 显示处理器 DPU

(1) 缓冲存储器

缓冲存储器存储显示图形的信息。它既是计算机与显示器交换信息的缓冲装置,又是保存显示信息的存储装置。

(2) 显示控制器