

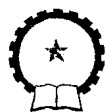
高等学校试用教材

自动显示技术及装置

下 册

计算机图形显示

上海机械学院李月景 编



机械工业出版社

自动显示技术及装置

下 册

计算机图形显示

上海机械学院李月景 编

*

机械工业出版社出版(北京阜成门外百万庄南街一号)

(北京市书刊出版业营业许可证出字第117号)

国防工业出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·新华书店经售

*

开本 $787 \times 1092^{1/16}$ ·印张 $20^{1/4}$ ·字数491千字

1981年8月北京第一版·1981年8月北京第一次印刷

印数00,001—10,000·定价2.10元

*

统一书号: 15033·5048

前 言

本书是高等工科院校自动化仪表专业的试用教材，分上下两册出版。上册叙述模拟及数字显示仪表；下册介绍计算机图形显示。

全书共分七章，前四章说明图形显示的一般概念、计算机图形显示用显示器件（CRT显示器）、矢量产生器及字符产生器的工作原理。这部分主要用到电子学、数字脉冲理论、逻辑线路、数字仪表及工业电视方面的一些知识。重点在于叙述产生字符及图形的方法，以及管头的控制原理。所以在字符产生器部分及矢量产生器部分列举的方法较多，尤其前者，国内外都有专门的文字显示器，所以对各种方法都作了阐述和比较，以便读者设计和使用时作为参考。第十章说明计算机图形显示的通信装置，主要介绍人-机通信的工具、通信方法及工作原理。特别对键盘控制作了较全面的说明，因为很多显示终端都可脱机运行，可凭借功能键、操作键等实现各种编排功能、操作功能、对显示器及计算机进行输入程序或修改程序。第十四章叙述接口及控制器，说明显示器与主机的连接方法及控制方法，重点在于组合逻辑控制，读者通过这两章的学习可以掌握整机的概念以及计算机图形显示的整个过程。学习这部分内容时除了上述基本的知识外，还必须掌握计算机的工作原理并熟悉计算机的工作过程。最后一章是计算机图形显示软件，说明显示档案的编制过程、图形显示器-计算机对话式显示基本软件及二维图形、三维图形的变换，使读者对整个计算机图形显示有更深一步的了解。特别是从使用角度来看，这部分是必须的。由于计算机图形显示应用范围极广，这部分不可能写得很全面，所以只能作一般性的概括叙述，读者可以在此基础上，结合具体任务，编写各种应用软件程序。

本书在编写中，注意反映近来国外的先进技术，理论联系实际，但由于国内在这方面还起步不久，有些器件如磁芯只读存储器还在生产使用，所以在这方面也作了较多的叙述，以便能着重解决国内计算机图形显示机的设计、制造和使用中的实际问题。另外，对于先进的半导体只读存储器也作了原理性的一般叙述。

在教学过程中，全书有些内容可以删减，例如CRT部分，如果在先前电子学课程中已有详细叙述，则这部分可以删略；另外，软件部分如光笔响应、二维图形变换及三维图形变换，对于制造专业的学生来说，可以适当精简，而在制造工艺及结构方面，则可作适当补充。至于书中的其他内容，各专业也可按照自己的教学要求决定取舍。

由于编者水平有限，书中缺点错误，在所难免，敬请读者批评指正。

本书由浙江大学吕维雪教授及朱长龄同志审阅，他们提出了许多宝贵意见。在编写中得到中国国防科技大学、上海大华仪表厂及华东计算机研究所同志们们的热情帮助，在此表示衷心感谢。

目 录

前 言

第三篇 计算机图形显示

第九章 计算机图形显示的一般概念	2	§ 10-5 z轴部件及管头控制	56
§ 9-1 计算机图形显示的概况	2	一、z轴部件(辉亮电路)	56
一、计算机图形显示的分类	2	二、管头控制	69
二、计算机图形显示的主要技术指标	5	第十一章 线(矢量)产生器的	
三、图形显示原理框图	8	工作原理	78
§ 9-2 人-机联系的重要意义	12	§ 11-1 概述	78
§ 9-3 计算机图形显示应用领域	14	§ 11-2 速率乘法器(数字脉冲乘法器)	79
第十章 计算机图形显示用显示器件	16	一、速率乘法器原理	79
§ 10-1 CRT工作原理	16	二、速率乘法器的基本逻辑电路	81
一、电子枪	17	§ 11-3 矢量产生器的构成	82
二、偏转系统	21	§ 11-4 矢量产生器的启停电路与线长	
三、荧光屏	24	检测	83
四、几种CRT比较	26	一、启停电路	83
五、CRT的调整	26	二、线长检测	84
§ 10-2 彩色图形显示工作原理	27	§ 11-5 矢量产生器的工作过程	85
一、彩色图形显示原理	27	§ 11-6 用加法器构成矢量产生器	87
二、穿透式彩色显示原理	31	§ 11-7 带有速度倍增器的数字式线产	
§ 10-3 偏转电路的工作原理	33	生器	92
一、偏转电路概述	33	§ 11-8 模拟式线产生器	94
二、偏转扫描方法介绍	35	一、采用x和y矢量分量数据的模拟式线	
三、偏转放大器	36	产生器	94
四、偏转电路的设计原理	39	二、采用终点坐标数据的模拟式线	
五、推拉式电流开关电路分析	42	产生器	96
六、二进-一进译码电路	44	三、模拟和数字式线产生技术的结合	97
七、实际偏转电路举例	45	第十二章 字符产生器	98
八、偏转线圈的结构要求及绕制		§ 12-1 字符产生器的主要指标分析及产生	
方法概述	48	字符的方法	98
§ 10-4 字符偏转电路	51	一、字符产生器的主要指标	98
一、偏转线圈	52	二、产生字符的方法	99
二、电流开关	52	§ 12-2 点阵法字符产生器原理	100
三、字符大小控制	52	一、只读存储器	101
四、驱动译码器	53	二、矩阵产生器	101

三、移位寄存器	101	二、比较器——符合信号产生器	156
四、控制器	102	三、游标的产生	157
§ 12-3 只读存储器 (ROM)	102	§ 13-6 打字的操作原理	159
一、只读存储器的功能及其技术指标	102	一、打字的操作原理	159
二、只读存储器的组成及其作用	103	二、关于防重打及错打	160
三、半导体只读存储器	108	§ 13-7 编排功能键的工作原理	161
§ 12-4 矩阵产生器	111	一、字擦去、行擦去、帧消去功能	161
§ 12-5 字符控制器	113	二、字插入功能	163
一、字符控制器的组成	113	三、行消去功能	165
二、显示一个字符的流程图及时间图	119	§ 13-8 显示器的显示命令格式	167
§ 12-6 快速点阵法字符产生器	121	§ 13-9 光笔概述	168
§ 12-7 程序点阵字符产生器的工作原理	122	§ 13-10 光笔的结构及光标	170
一、程序编制规则	122	一、光笔结构	170
二、程序编制实例	124	二、光标	171
三、程序点阵字符产生器方框图	124	§ 13-11 光笔的功能	176
四、程序点阵法字符产生器的控制器	126	一、指点	177
§ 12-8 笔划法 (逐次矢量法) 字符 产生器	130	二、跟踪	177
一、积分式笔划书写字符产生器	130	§ 13-12 光笔在图形显示设备中的用法 举例	180
二、用二极管整形的笔划书写字符 产生器	131	一、光笔传输 1	180
三、笔划法字符产生器举例	132	二、光笔传输 2	182
§ 12-9 线段法字符产生器	135	三、光笔传输 3	183
§ 12-10 采用电子束整形的 CRT 字符 产生器	137	§ 13-13 其它输入装置介绍	185
一、CRT 单象管字符产生器	138	一、电压笔指示器	185
二、字符管字符产生器	139	二、超声笔指示器	186
§ 12-11 各种字符产生器特性比较	141	三、跟踪球 (轨迹球) 指示器	187
第十三章 计算机图形显示的通信 装置	143	第十四章 图形显示机的接口、控制器 及自动照像记录	193
§ 13-1 键盘概述	143	§ 14-1 接口的作用	193
一、键盘的应用和分类	143	一、接口的概念	193
二、设计键盘时应注意的问题	145	二、接口的功能	193
§ 13-2 键盘编码	145	三、总线 (母线) 和它的连接方式	194
一、静态编码	145	四、外设和计算机的通信方式	194
二、动态编码	148	五、设计接口必须掌握的和 设计过程	195
§ 13-3 表格显示概述	150	§ 14-2 总线信号的名称和作用	196
§ 13-4 表格编排原理	152	§ 14-3 信息交换过程	197
一、编排键	153	§ 14-4 接口电路举例	200
二、启动主控时序和键盘时序	154	§ 14-5 控制器概述	204
三、关于画面清除	155	§ 14-6 控制器的主要组成部分	205
§ 13-5 游标及其产生原理	156	一、节拍产生器	206
一、概述	156	二、单节拍产生器	208
		三、指令模式寄存器及操作码译码器	209

四、参数寄存器	210	软件	249
五、C'计数器	211	一、概述	249
六、帧频电路	211	二、程序结构	253
七、微操作控制部件	212	三、程序使用说明	260
§ 14-7 指令系统	212	四、小结	261
一、显示指令	212	§ 15-4 光笔响应	261
二、隐指令	217	一、转换接口概述	261
三、通道指令	217	二、显示中断	263
§ 14-8 控制方式	219	三、光笔响应程序概述	267
§ 14-9 微操作控制线路	220	四、光笔自由手书	267
一、指令操作流程图	221	五、光按钮及其使用原理	271
二、指令操作时间表	225	§ 15-5 二维图形变换	273
三、微操作控制线路设计	228	一、概述	273
§ 14-10 处理机控制的图形显示	230	二、屏坐标与内部坐标	275
一、智能图形显示终端方案介绍	231	三、显示图形的移动与放大	276
二、智能图形显示系统的指令	232	四、两点联线对于规定窗口的剪取	280
§ 14-11 照像记录	234	五、图形的旋转变换	283
第十五章 计算机图形显示软件	238	六、级联及变换的矩阵表示法	285
§ 15-1 概述	238	§ 15-6 三维图形变换	288
一、什么是软件	238	一、计算机三维图形显示	288
二、算法与程序设计	239	二、三维变换	293
三、计算机指令的表示形式	240	§ 15-7 BASIC 语言图形显示软件	295
四、计算机的基本指令	241	§ 15-8 计算机图形显示系统软件方框图	298
五、程序语言概念	242	一、软件方框图	298
§ 15-2 显示器指令系统和显示档案的 编制	243	二、对话式计算机图形显示软件简述	301
一、显示器的显示过程	243	附录 DJS-130计算机基本指令	302
二、显示器指令系统	244	一、访内指令	302
三、编制显示器的脱机显示档案	245	二、算逻指令	302
四、显示档案的叠加	249	主要符号索引	303
§ 15-3 图形显示器-计算机对话式显示基本 软件	249	参考文献	305

第三篇 计算机图形显示

本篇介绍计算机图形显示。着重说明产生文字、图形的方法，以及显示它们的智能终端和人-机联系的主要手段-键盘、光笔、轨迹球等等。并介绍实现上述功能的软件。

无论是字符、曲线或图形，最终总是显示在一定的器件上。由于显示器件种类繁多，不胜枚举，所以只能挑选典型器件，作重点介绍。

从计算机图形显示的发展历史来看，最早是阴极射线管图形显示，简称 CRT 显示。它是目前较完善的一种图形显示器件。本书将着重围绕着 CRT 显示，介绍产生文字显示、图形显示的方法。但很多内容，特别是后面几章的叙述，对各种显示器件都是适用的。

就 CRT 显示来说，首先作为记录用的可见式电子计算机图形显示器，是在 1949 年出现的。当时用来在 13cm(5 英寸)的屏幕上显示微分方程的解。从而导致进一步研究使用计算机和 CRT 组合而成的显示系统。1951 年美国 MIT 公司开始应用 CRT 作计算机的快速输出装置，于是操作者可利用显示屏很快读出计算机的计算结果。不过当时的显示方式比较简单，计算机在显示屏的矩阵上任意点来绘出字符、公式或图形，或用来显示数学计算的解。在此期间，美国开始应用到军事指挥系统中，最早是雷达显示，即平面显示(PPI-*plan position indicator*)。1953 年美国用于空中监视半自动地面防空警戒装备(SAGE)系统中，它是一种空中交通管理系统，用来监视和指示在大陆上空飞行的飞机位置。随着这一系统的进展，其它军用和民用电子计算机图形显示系统也就相继出现。而真正的 CRT 图形显示系统则是六十年代初期发展起来的，在开始阶段硬件比较简单，大部分图形功能都由软件来实现。因此，一般都由大型计算机来组成图形显示系统，设备庞大，造价高。以后，随着电子器件的飞速发展，图形显示设备中采用了各种专用硬设备，如字符产生器、矢量产生器、圆产生器、以及图形转换用的专用矩阵乘法器和剪切除法器，从而使图形处理的软件得到简化。同时，图形显示系统的应用也进一步得到推广。尤其到了七十年代，它不但用于较复杂的应用程序的工程设计、电路设计，而且广泛应用于集成电路的掩模设计、大型船体放样、复杂的电路网络等计算机辅助设计(CAD)，及军事指挥控制中心和大规模工业监控中心及大系统中。

另一方面，在图形软件上也逐步向用户开放，并提供一些通用的图形软件。同时，为了适应各不同用户的要求，各类具有不同独立功能的图形显示系统也分别问世。特别近几年来，由于小型计算机及微型计算机的飞速发展，更促进了图形显示系统的发展。现在图形显示系统能做到体积小、重量轻、功能全、分辨率高、速度快、方便灵活等，以至在国民经济、国防、科研等各个部门都起着极其重要的作用。那么要问，它究竟包括哪些部分？涉及哪些问题？它是如何转换各种信息成为可见字符、图形的呢？下面各章主要说明计算机图形显示的基本工作原理，设计方法及其部分应用。

第九章 计算机图形显示的一般概念

本章主要介绍计算机图形显示的分类、技术指标、方框图组成及人-机联系在工业自动化中的意义。

§ 9-1 计算机图形显示的概况

一、计算机图形显示的分类

从总体来看,计算机图形显示可分为文字显示(专门显示文字及字符)和图形显示。往往又总称为图形显示。

所谓图形显示,乃是利用现代电子技术和计算机技术,在显示器件上显示文字、图形等等,并对文字、图形等加以灵活的实时加工和处理的装置。

从不同的角度着眼,图形显示有各种不同的分类。一般,可从三方面进行区分;下面从显示器件上显示的内容,显示设备的系统结构,显示的技术体制等几方面加以说明。

(一)从显示器件上的显示内容讲,图形显示主要分成三种类型:

1. 文字、数字显示(简称文字显示) 它可以显示文字(拼音字、阿拉伯字、汉字……)及数字(0, 1, 2, …, 9),并对文字、数字进行灵活的实时加工和处理;有黑白和彩色文字显示;有简单的和复杂一点的文字显示,如由简单的字符可拼凑成各种简单的图形,用以显示生产流程上各种简单的装置,如阀门、反应塔等等。

所谓进行灵活的实时加工和处理,是指可以直接在显示屏上修改一个字、数个字、一行字……,可以根据人们的意图对显示屏上的文字进行取舍,直至满意时为止。这就如同人们在纸上编写修改一段文章一样。可以在显示屏上连续编写一页至若干页的文件,并逐页地送往存贮器,或从存贮器中取出逐页地进行重现;也可用照像的方法形成永久性的记录。这样,文字显示设备可提供像打字机打印出来的文件那样的形式,所以可作电子式打字机用。可提供信息、文章,并具有文件数据编辑的能力,如作课文编排、表格显示。可用于报社、出版社、印刷厂稿件的存贮、编排,对文章、课文及表格进行校对,以及图书馆书籍、资料、文献的检索、医院病人病历卡的检索等等。

2. 图形显示 可以显示各种线条和各类图形。它可以是简单的三角形或复杂的电路图、结构图、地图、三维空间旋转体的结构图、透视图等等,并可与随机配置的各类字母、文字、数字及符号一起显示。在显示过程中,能对这些图形、字符(字母、文字、数字及符号)进行灵活的实时加工和处理,其加工和处理的程度取决于人们的意图及预定程序。所以,图形显示提供了一种产生几何图形加上字符的方法,它广泛用于计算机辅助设计及监控系统中。

3. 形势显示 形势显示是比上述两种显示更为广泛的一类显示。它是包括字符和各种线条、图形,连同某些背景信息在一起的显示。对所有这些信息都能进行灵活的实时加工和处理。大量的这类信息可作为档案存贮于存贮器中,根据需要可以随时存取各种信

息。它比上述两种显示更为复杂，对其中器件的要求也更高。它主要用于指挥和控制系统中，如空中交通管理系统。其背景可以是雷达、声纳或地图信息。可以显示用这些作为背景的动态曲线，并加参数说明。

上述三类显示中，文字、图形以及背景的加工和处理，在很大程度上取决于显示软件，软件越丰富，功能越多，作用亦越大。

一台完整的显示系统应包括：显示器、控制器、缓冲存储器及接口等线路。下面就从显示系统的结构来看，它有哪些类型。

(二) 从显示设备的系统结构分类，大体上可分为下列三种 (见图 9-1)：

1. 一台控制器控制一台显示器 显示数据用的缓冲存储器也包括在显示设备系统中。对于计算机来说，图形显示是计算机的外围设备，除了数据传送以及来自控制台的中断处理外，它可以完全脱离计算机进行信息显示(脱机显示)。在脱机显示阶段，计算机可对其它的外设进行处理。这种方式的控制器是比较简单的。

2. 一台控制器控制几台显示器 它能处理从各显示器随机发生的中断控制。其它作用与第 1 类相同。这种控制方式比较复杂，但可共用缓冲存储器 and 通道设备，因而效率较高。

3. 一台小型控制计算机控制一台显示器 由于可将计算机内存的一部分作为显示数据的存储器来使用，并能进行各种控制，所以该系统比较灵活，而且方便，有利于满足各种不同用户的要求，尤其对要求不太复杂的图形分系统，宜采用这类小型计算机驱动的图形显示系统。但在遇到极为复杂的图形系统时，由于数据庞大，运算复杂，则必须与大型计算机相联接，利用大型机的计算结果，再输送给小型机对显示器进行控制。

国内的文字显示设备已有十余种产品，小型计算机图形显示设备(本身带有小型计算机的显示设备)亦已生产。国外的文字显示设备有数百种之多，而计算机图形显示设备也有近百种产品。下面就从技术体制上来区分，看看图形显示系统有哪些类别。

(三) 从技术体制上看，国外的图形显示系统，大致分为下列六类：

1. 缓存驱动式图形显示系统 如图 9-1 a，图 9-1 b 所示，它带有一个缓冲磁芯存储器或缓冲半导体存储器，作为显示屏上图形重复显示之用。在显示图形不作变动的时间内，显示设备可脱离计算机。电子束在屏面上一般作随机方式扫描。

2. 智能终端型图形显示系统 具有独立处理功能，利用小型计算机控制的图形显示系统在第 1 类图形显示设备的基础上，使显示设备具有更进一步的独立性。能对主计算机送

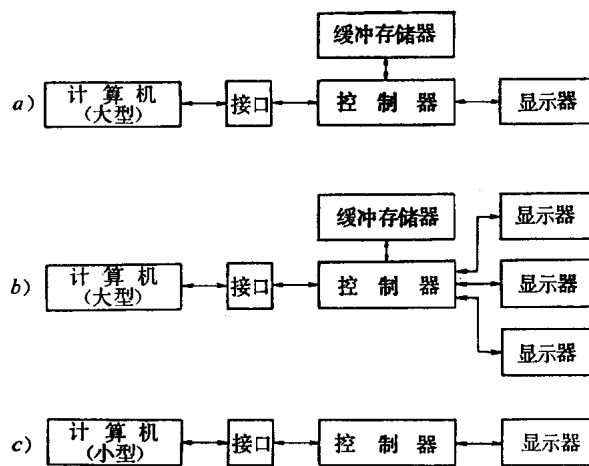


图9-1 显示设备系统的结构

a) 一台控制器控制一台显示器 b) 一台控制器控制几台显示器 c) 一台小型控制计算机控制一台显示器

来的图形作放大、平移、旋转、剪取等处理。其目的是使显示设备更少地占用主计算机，使显示设备可以远离主计算机。由于它带有小型多功能计算机，能独立完成上述各种功能，所以又称为智能终端，它特别适合于构成计算机网络。

3. 简易型图形显示系统 采用直读式存贮管，取代高价的磁芯存贮器，以便降低显示设备的造价。显示的图形画面也可以很复杂，且造价便宜。其缺点是屏面较小，对比度较低，图形质量较差，无灰度等级，动态运动能力有限，但在许多应用场合，这些并非是十分紧要的。

4. 精密型图形显示系统 主要用于显示有复杂背景图形的显示内容，或要求显示象照片那样复杂的图形时，必须考虑用电视扫描的方式。它需要有大容量的存贮器。往往用于大的监视中心。

5. 带有新型显示器件的图形显示系统 非电子束管的各种新型显示器件，正在国内外广泛研制中，这些新型显示器件包括等离子显示、液晶显示、电致发光显示、激光显示、光阀显示和固体显示等等。

6. 其他图形显示系统 上述五类图形显示系统以外的显示系统，如大型显象管式图形显示、平面型显象管显示。两者都采用阴极射线管作为显示器件，后者尚处于探索阶段，而前者亦可归属于大屏幕显示范畴。其它还有立体显示，可以显示三维空间的立体图形，这还在研究中。

上述图形显示设备包括黑白和彩色两种类型，彩色图形显示设备是近年来才发展起来的。但彩色电视管一般都用于文字显示，作图形显示时质量不高。近几年研制生产了一种穿透式显示管 (*penairon*)，它采用双层荧光粉，靠改变阳极高压 (从 6 kV 到 13 kV) 可显示出红、橙、黄、绿四种颜色，可以达到与黑白图形显示管同样高的分辨率。它广泛用于指挥控制中心及雷达显示设备中。

除了以上所谈内容外，还得提一下文字识别、图像处理 and 图像识别以及其中的显示。它是近几年在国外开始发展起来的新型系统。国内亦已开始研究。它所用的显示属精密电视式显示范畴，用于极其复杂的信息显示系统，例如卫星拍下的照片，信息量非常大，辉度等级区分可多达 256 种，干扰也极其严重。要从所有这些信息中取出有用信息，并直接在屏幕上显示出图像 (*image, pattern* 或 *picture*)。它属于图像识别，而非简单的图形显示 (*graphical display*)。其间的主要区别在于处理的方法不同，前者复杂得多。图像识别对卫星拍下的照片能及时反映，及时处理，及时显示。从而及时反映实际情况，便于人们作出判断。特别是在军事上，使指挥员能够及时掌握情况，采取对策。由于它采用精密电视式扫描方式，所以又称为精密电视式图象显示。例如其中比较简单的 CRT 文字识别装置，是采用飞点扫描管、光电倍增管等设备，将字符信息直接转换成光电信息，进行显示。并可将信息大量存贮，如对一些文件及书刊，可由它直接转换成电信息，存贮于数据库 (档案库) 中，无需将字符一个个编成代码，用汇编语言或高级语言，再经汇编程序或编译程序编译成机器语言，用穿孔纸带送入计算机处理。从而做到既及时准确，又无需很多输入软件及一整套外围设备。

概括以上所述，可得表 9-1 所示的分类，供读者参考。

二、计算机图形显示的主要技术指标

现以应用最广，比较完善的 CRT 图形显示为例，说明其主要技术指标。但有些指标则是共同的，适用于各种显示器件。

表9-1 计算机图形显示概略分类

分类方法	分类	功用及优缺点比较
(一) 根据显示器件上显示的内容分	1. 文字显示	显示文字及数字。结构简单，但功能少，用于一般的文字、数字显示。可提供一定数量的字符信息，并具有文件、数据编辑的能力。作为计算机终端设备，如电子式打字机用
	2. 图形显示	显示文字、数字、线条及图形。结构较复杂，但功能多，可作计算机辅助设计及监控，计算机终端等用
	3. 形势显示	显示文字、数字、线条、图形及某些背景信息，如雷达、声纳或地图信息。结构复杂，功能多，可用于指挥中心及监控中心，亦可作计算机辅助设计等用
(二) 根据显示设备的系统结构分	1. 一台控制器控制一台显示器（带有缓存）	可有上述（一）分类中1.2.3.类功用。控制器较简单，适于连接进行多种问题处理的大型计算机，或作为其终端设备
	2. 一台控制器控制多台显示器（带有缓存）	可有上述（一）分类中1.2.3.类功用。控制方法较复杂，但可共用缓存及通道设备，效率较高
	3. 小型计算机作控制器	有上述（一）分类中1.2.3.类功用。这类系统较灵活，方便，具有较大的独立性；但当数据庞大时，还必须依靠大型计算机
(三) 根据技术体制分	1. 缓存驱动式	属（二）中1.2.类
	2. 小型计算机驱动式	属（二）中3.类
	3. 简单型	用于某些要求不高的场合，价格便宜
	4. 精密电视式	质量高，价格贵，多用于大的监视中心及指挥中心
	5. 采用新型显示器件型	尚在研究、试制阶段
	6. 其它类型	尚在探索阶段，如立体显示、平面型显象管显示等

(一) 帧频与荧光粉的余辉时间

帧频是指文字或图形每秒钟在屏幕上出现的次数。它应保证显示的文字或图形不闪烁。它与环境平均照度、荧光粉余辉时间及图形的复杂程度有关。通常保持在 30Hz 左右时，可对人形成不闪烁的感觉。一般，根据环境平均照度，可调节在 25~50 Hz 范围内。

对于随机扫描方式的显示设备，帧频越低，则画面上所能画的线条数就越多，图形越细致。例如对于 26cm 见方的显示画面，当帧频为 25Hz、数字扫描时钟频率为 4MHz 时，能画的线条总长度为 41 m 左右。若用来显示字符，大致在两千字左右。

这是由于帧频为 25Hz，电子束扫完一帧的周期 $T = \frac{1}{25\text{Hz}} = 40\text{ms}$ 。时钟频率为 4 MHz，其脉冲周期 $\tau = \frac{1}{4\text{MHz}} = 0.25\mu\text{s}$ 。在扫完一帧时间内，可产生 $\frac{40\text{ms}}{0.25\mu\text{s}} = 160 \times 10^3$ 个脉冲。而 26cm 长对应着 1024 个栅格点，每两个栅格点之间的距离为 $\frac{26}{1024}\text{cm}$ ，所以 160×10^3 个脉冲可画成长为 $160 \times 10^3 \cdot \frac{26}{1024} \approx 41\text{m}$ 。

设显示一个字符需要 80 个栅格点(需 80 个脉冲), 则可显示 $\frac{160 \times 10^3}{80} = 2 \times 10^3$ 个字。

但帧频与余辉的关系并非线性单值的。图像的闪烁现象与发光点的亮度及环境照度有关。在一般室内照明的情况下, 肉眼的自然闪烁频率为 30Hz 左右。所以为了获得比 30Hz 更低的帧频, 则必须采用长余辉荧光粉, 但亦非余辉愈长, 帧频就能线性下降, 而是略有下降。

荧光粉对图形显示的质量影响很大, 国际上的荧光粉种类繁多, 现有 48 种之多, 它们按照荧光粉的成分、用途及特性编成 48 种型号, 以 P_1 、 P_2 、 P_3 、 \dots 、 P_{48} 表示。现介绍广泛使用于显象管中的 P_7 、 P_{31} 、 P_4 及其它几种荧光粉, 如表 9-2 所示。

图形显示与雷达显示不同, 它要求有较高的亮度, 并且还带有光笔。光笔要求荧光粉是短余辉的, 最好余辉要短于数字扫描的时钟周期, 但这又和降低帧频的要求相矛盾, 所以实际上采用双层荧光粉, 一层为极短余辉的荧光材料, 余辉时间在 $0.5\mu\text{s}$ 以下, 一层为中长余辉的, 余辉时间在 1ms 以上。为了使光笔检出短余辉的光脉冲, 要求这两种荧光粉的发光脉冲特性不同, 希望短余辉的发紫色或紫外光, 而长余辉的发绿色或黄绿色光。长余辉的有高亮度, 这一层主要用来给人观看, 短余辉的也要有足够的亮度, 使光笔加滤光镜后能检出光脉冲。因此荧光粉的质量和余辉时间是值得研究的。

表9-2 几种常用荧光粉特性

编号	成分	构成	发光颜色		峰值波长 (nm)	衰减至10% 余光时间	衰减方式	主要用途
			激励中	激励后				
P_7	ZnS:Ag+(Zn, Cd) S:Cu	双层	青白	黄绿	430	40~60 μs 400ms	t^{-n}	雷达; 余辉性示波器
P_{31}	Cu_2 , ZnS:Cu		绿	绿	530	比 P_2 稍短	t^{-n}	同步仪用示波管
P_4	ZnS:Ag+(Zn, Cd) S:Ag	混合	白	白	440 565	20 μs 60 μs	t^{-n}	电视(一般接收)
P_2	$\text{He} \times \text{ZnS:Ag:Cu}$		绿白	绿白	543	30~100 μs	t^{-n}	同步指示器
P_1	$\text{Zn}_2\text{SiO}_4 \cdot \text{M}_{11}$		黄绿	黄绿	525	25ms	e^{-80t}	一般示波管
P_{22}	赤: $\text{V}_2\text{O}_5 \cdot \text{Eu}$ 绿: $(\text{ZnCd})\text{S:Cu}$ 青: AlZnS:Ag	三色整 齐排列	赤绿青		610~620 520~540 450			彩色电视

(二) 亮度和亮度等级

由于图形显示要在比较亮的室内照度下使用, 所以要求尽量亮。一般, 必须大于 120nt (尼特)。通常定为 120~150nt。

为了获得不同的亮度, 可将亮度划分为若干等级。一般分为四等: I 等——暗; II 等——淡; III 等——亮; IV 等——特亮。并可提供闪烁, 以引起人们注意。

(三) 分辨率

为了使小的字形及图形观看清楚, 要求显示器具有较高的分辨能力。所谓分辨率, 是描述分辨能力大小的物理量, 它是两光点之间的最小距离。事实上, 肉眼能分辨的最近两点距离和肉眼离开屏面的远近有关。一般, 显示器的分辨率在 0.4~0.5mm 之间。

对于 CRT 显示来说,显示器的分辨能力,直接与显象管有关,也与显示设备的电路有关。因为显示器光点的有效直径,是直接影响着分辨率的,所以对于图形及文字显示,显象管光点的有效直径为 $0.25\sim 0.5\text{mm}$,已满足要求。另外,在显象管制作过程中,由于显象管涂层技术方面的原因,往往使屏面中央能获得较高的分辨率,而屏面边缘,特别是四个角的分辨能力较低,这是在制作中必须改进的。在这方面它比一般的电视用显象管要求高,要使屏面中央和边缘获得同样的分辨率。对于供照像记录用的小屏面管及图像识别用显象管,一般要求能分辨一千线以上,才能获得较清晰的图形记录及图像显示。

(四) 显示屏面的网格数(增量点数目)

显示屏面的网格数,分 x 方向网格数及 y 方向网格数。它们主要影响直线的平滑程度。在同样大小的屏面内,网格数越多,直线越平滑。网格数一般为 1024×1024 ;少数为 2048×2048 ; 4096×4096 ; 512×512 ; 384×489 ; 1024×768 等等。

(五) 时钟脉冲

时钟脉冲决定了速度,有 4MHz , 8MHz 甚至 12MHz 等等。一般,主偏的速度要求达到每走一个增亮点为 $0.25\mu\text{s}$ (对应于 4MHz); 辅偏(字符偏转)速度达到每走一个增亮点为 $0.125\mu\text{s}$ (对应于 8MHz)。所以画线速度为 $2\text{mm}/\mu\text{s}$,画矢量的总长度大于 $40\text{米}/\text{帧}$ 。

主偏及辅偏以外的时钟,可根据逻辑电路的具体情况选用。

(六) 每帧显示的字符数和线数

显示器中显示的字符有大、中、小之分。图形显示设备与文字显示设备又不同。一般,在图形显示设备中,每帧字符数由数百至一万(个别为 20×10^3),通常为 $2\times 10^3\sim 3\times 10^3$ 个(例如:2000, 2398, 2400, 2873, 2875, 2720, 2380, 3333, 3327, 3072, 6060……);在文字显示设备中,每帧字符数为 32×12 , 32×16 , 32×8 , 32×24 , 32×25 , 64×13 , 64×32 , 64×64 , 80×13 , 80×20 , 80×24 , 80×36 , 100×24 , 125×64 ……等等。

在中等水平下:

文字显示时间 小于 $20\mu\text{s}$;

自动间隔时间 小于 $15\mu\text{s}$;

换行间隔时间 小于 $40\mu\text{s}$ 。

写字符及汉字的方法,随采用的扫描方法不同而异,如在随机扫描中,字符常采用 7×9 点阵或 5×7 点阵,汉字采用 15×16 点阵,总称为点阵法;在电视扫描中,例如大多数文字显示,则采用电视行扫描、场扫描的原理。

在中等水平下,可保证产生满帧不闪烁的文字数为一千左右,高档可达两千左右;每帧显示 2cm 长矢量不少于两千条。

(七) 线段类型

线型的种类与质量,决定了图形的质量。通常从工程图中选取几种线段类型,由电子电路保证 CRT 电子束扫出这类线型,以达到构成标准设计图的要求。常采用图 9-2 所示的四种线型。

(八) 再现图形用存贮器(缓存或内存)

采用 CRT 的图形显示器,虽然能快速地显示计算机的处理结果,并可由光笔、键盘



图9-2 四种线型

a) 实线 b) 虚线 c) 点线 d) 点划线

等操作进行显示数据的修改、补充等项输入工作。但是，若显示数据不进行每秒钟25~50次（帧频25~50Hz）的重复显示，就不能显示稳定的画面。因此，需要一个能存贮显示数据，并能进行重复读出的缓冲存贮器或内存贮器。

缓冲存贮器的容量视不同显示器而异，如图形显示，一般为 $(4k \sim 16k) \times 8$ 位，或 $(4k \sim 16k) \times 16$ 位；文字显示，为 $(1k \sim 4k) \times 8$ 位或 $(1k \sim 4k) \times 16$ 位。直接用小型计算机作为控制器的图形显示器，则用计算机的内存作为缓冲存贮器。

（九）阴极射线管（CRT）类型

图形显示管用于计算机精确地显示图形及数据，需要有较大的工作面。为配合计算机 1024×1024 或 2048×2048 等计算单元，采用 $25 \times 25\text{cm}^2$ 或 $30 \times 30\text{cm}^2$ 有效工作面的正方形屏幕。

文字显示用管，每字大小通常为 $3 \times 4\text{mm}^2$ 到 $6 \times 8\text{mm}^2$ 。每行32字多至80字，每帧16行多至32行。以此来考虑文字显示管的屏幕尺寸。

图形显示用管（黑白与彩色）采用正方形，对角线长为40cm、47cm、59cm；或采用圆形，直径为43cm等。

文字显示用管采用矩形（4:3），其对角线长度为23cm、31cm、40cm等。

国产43SS81D显示管，是一种质量较好的图形显象管，可带光笔。

（十）光笔及键盘功能（人-机联系功能）

光笔作为输入设备，是人-机通信的重要工具。利用光笔可向计算机发中断；配合计算机在屏上任意画图 and 写字，实现有迹跟踪；也可将光标拖到屏上某一预定位置，将光标中心坐标位置告之计算机，通过软件配合来作图，实现无迹跟踪。从而对图形修改，向计算机输入数据或调出数据。

键盘的作用很广，分为字符键、汉字键、游标功能键、编排键、中断键、命令格式键等等。利用它可直接在屏面上显示字符和汉字，它还有上下、左右、归零、字擦去、字插入、字消去、行插入、行擦去、行消去、帧消去等功能。总之，键盘的好坏及功能的多少直接影响着显示器的功用，它与光笔一起是实现人-机联系的重要工具，是图形显示器质量优劣的一个重要指标。

三、图形显示原理框图

框图的组成，主要依据显示系统的功能。如前所述，图形显示系统的种类很多，所用硬设备亦各不相同。在此主要介绍图9-1c，带有小型计算机控制的显示系统（带有缓存的显示系统，后面亦作适当介绍），其原理框图如图9-3所示。该显示系统要求较高，它不仅能显示一般的图形、字符，而且能进行图形的处理，如图形的平移、放大、旋转、开窗口

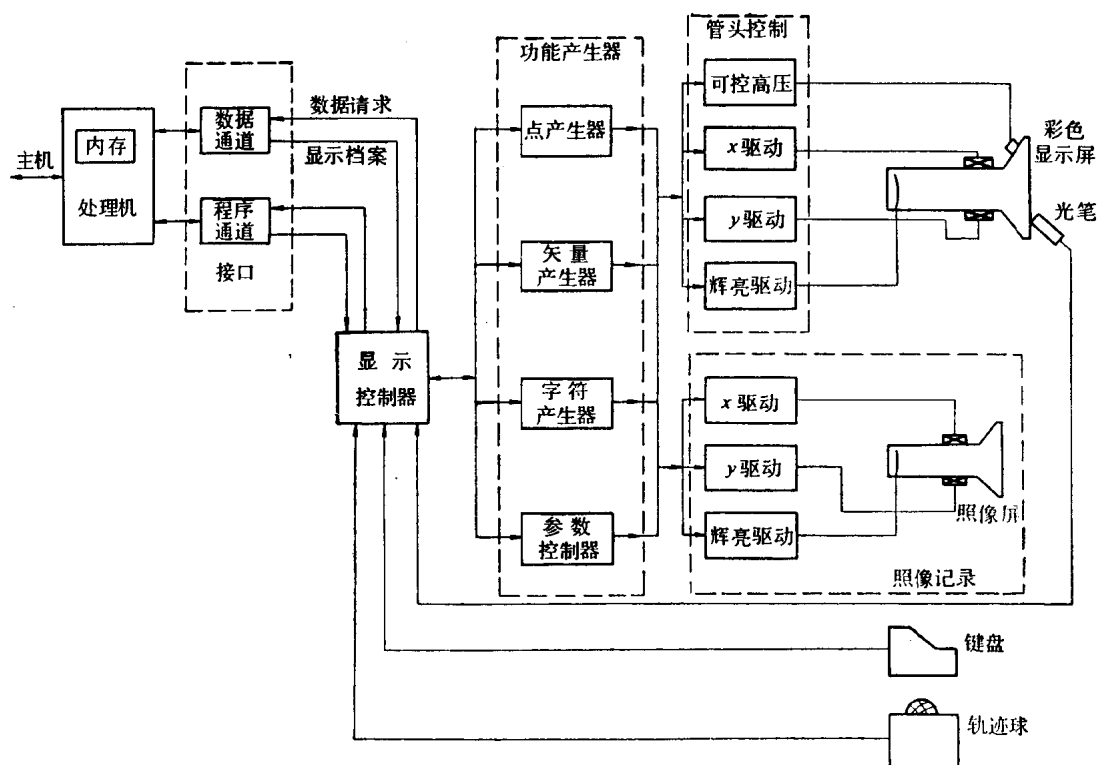


图9-3 图形显示原理框图

等等；还能实现光笔跟踪、光笔修改、键盘及轨迹球控制；并且，为了增加控制信息，它还具有红、橙、黄、绿四种颜色。可随时照像记录。除大量数据及大量运算外，可脱离主机单独运行。它由下列各主要部分组成：管头控制，功能产生器，显示控制器，再现图形用存贮器（缓存或内存），照像记录部分，人-机联系装置，接口，管头部分。现分别加以说明。

（一）管头控制

管头控制主要控制下述四个参量，使屏幕上的电子束，根据控制信息以一定的色彩、一定的亮度向规定方向移动。

这四个参量是：

1. x 驱动 它接受各功能产生器的控制信息，使电子束作 x 方向的运动。一般，CRT 都采用磁偏转原理，所以，通过改变水平偏转线圈中的电流，便可控制电子束作水平方向移动。

2. y 驱动 接受各功能产生器的控制信息，使电子束作 y 方向的运动。它是通过改变垂直偏转线圈中的电流来实现的。

3. 辉亮控制 改变阴极射线管调制极和阴极间的电压，即可改变电子束电流的大小，从而实现辉亮控制。实际上，辉亮控制包含三方面的内容：一是亮暗控制，如字符显示写一个字，只能让点阵上形成那个字的那些点辉亮，其它的点不允许辉亮，二是人工控制辉亮，即在显示器面板上设置旋钮，转动旋钮改变阴极电压，从而调节整个画面的平均亮度；

三是区分亮度等级，将亮度分为淡、亮、特亮三个等级，用来赋予图形各部分以不同的亮度特征，可通过给栅极以不同的电压来实现。这三个等级联同上述亮暗控制就构成了亮度的四个等级。

4. 高压控制 采用高压穿透式彩色显象管，由于它是通过改变高压来达到改变颜色效果的，所以根据功能产生器的控制信息，改变管头高压，就能控制色彩的变化。

(二) 功能产生器

图形显示器的显示内容，是以指令的形式存放在计算机的内存中，称为显示档案。这些显示档案中的图形指令，可分成四种类型：置点（亦称定点），矢量，字符（包括汉字）及参数。将这四类指令组合起来，便可完成各种图形及字符。而实现这些指令，则需要专门的硬件去执行，所以相应的有点产生器，矢量产生器，字符产生器及参数控制电路。这四部分是从功能的作用上来划分的。当然，它们可以公用某些硬件。这四部分电路在执行图形指令的过程中，控制管头部分的 x 驱动、 y 驱动、辉亮控制及高压控制，按照指令的要求有规律地控制电子束动作，以显示预期的图形。

1. 点产生器 亦称定位器，它根据定位指令转换成一定大小的电流供给 x 和 y 驱动器，将电子束光点置于荧光屏上一定的位置。 x 和 y 是位置的横坐标和纵坐标。坐标原点设在荧光屏的左上角。横坐标向右为正，纵坐标向下为正。

2. 字符（文字）产生器 所谓字符，是指英文字母、数字、专用符号及汉字的统称。

字符以数码形式存贮于只读存储器中。字符产生器的功能，是将这些用数码形式表示的字符转换成图像形式的字符。其作用是当显示字符命令到达字符产生器后，字符产生器根据收到的字符数据（字符代码）控制电子束，在屏上某一预定的小范围内运动，并同步地产生加辉脉冲，形成有合适亮度调制的字符。

字符结束后，字符产生器向控制器送结束信号。

3. 矢量产生器 矢量产生器是图形显示设备的重要部件。如前所述，显示设备有两个主要功能：一是文字显示，一是图形显示。图形显示这一功能是通过矢量产生器来完成的。任何复杂的图形，都可分解为直线和曲线两部分，而曲线又可用许多短的直线段来逼近，线段越短，画出的曲线越真实。矢量产生器就是用来画各种不同长度线段的。各种矢量数据是以二进制码的形式存贮于内存或缓存中，当画矢量的命令发出后，这些二进制码就送给矢量产生器，它根据这些数据产生相应的控制信号，通过主偏计数器和偏转电路，控制电子束运动，从而在屏上画出矢量。

4. 参数控制电路 所谓显示器的参数，是指显示的颜色、亮度、闪烁、旋转、线型、字符大小。这些参数是以二进制码，用参数指令的形式存贮于内存或缓存中。在显示过程中，将这些指令送给参数控制电路，再送往管头控制部分以产生不同的颜色、亮度及线型等等。

(三) 显示控制器

图形显示设备在计算机配合下，能够快速地在荧光屏上显示字符、表格和各种曲线，便于人们及时作出处理；能够利用键盘进行课文编排，并将编排内容送往计算机进行加工；可用键盘在显示屏上打命令语句，让计算机执行；亦可通过光笔实行图形修改、进行辅助设计等等。要有机而合理地执行这些功能，必须统一指挥，协调动作才行。控制器的任务，就是管理数据信息，按照先后缓急，在显示器内部有节奏地进行传送。

显示控制器的功能，从整体上看可以分为两个方面：一方面是管理显示档案中各条指令，按照正确的顺序执行；另一方面是掌管显示器和处理机之间的通信。这些作用是经过两个通道进行的：一个是数据通道，另一个是程序通道。所谓数据通道，是指显示器直接访问处理机的内存，以取得显示档案的通道。显示档案所传送的信息是大量的，例如每帧显示两千个字符或一千条矢量，档案长度就占两千个字。因为阴极射线管的帧频最高达50 Hz，所以每秒要访问处理机内存 $2000 \times 50 = 100 \times 10^3$ 次。若要显示更复杂的图形，则需要访问的次數就更多。这样高的信息传送率，只有通过直接访问内存（DMA 数据通道）才能实现。程序通道是指显示器向处理机发出中断请求，然后在中断服务程序的干预下，完成预定的数据交换。光笔、键盘和轨迹球向处理机送数据，就是通过这一通道进行的，程序亦可通过这一通道直接操作显示器。

（四）再现图形用存贮器（内存或缓存）

无论那一种图形显示器，都有再现图形用存贮器（小型计算机控制的图形显示器，计算机的内存即作再现图形用）。存贮器中存有形成图形和文字的显示数据，显示控制器顺序地读出这些数据，将其分别送入各功能产生器，以便在屏幕上显示文字及图形。为了保证在屏幕上产生不闪烁的图形及文字，控制器每秒 25 次到 50 次连续不断地，重复顺序读出这一数据。一般都从存贮器的零地址开始，读到帧末符为止，然后再从零地址开始，周而复始地进行下去。

存贮器中的显示数据（或称显示档案）可以由主机送来，亦可由自带的小型纸带机送入。在送显示数据时，显示过程停止。数据送完后，再从零地址开始显示。存贮器中的数据在编排状态时也可用键盘送入或修改。

存贮容量的大小，视各种不同的机器而异，如小型计算机控制的图形显示，一般为 $28k \times 16$ 位。

（五）照像记录部分

照像记录部分和直观显示部分是并联的，作用原理与直观部分相同，但结构及组成较其简单。一般为黑白显像管，并且尺寸远小于前者，通常为 10cm 或 23cm。平常其辉亮被封锁住，只有在照像记录时才接通。照像命令可由处理机发出，亦可由照像键控制。前者称为程序照像，后者称为人工照像。人工照像所照的内容，就是直观显示屏上即时的图形，程序照像则不受此限制。

（六）人-机联系装置

在图形显示系统中，计算机不单纯作数据运算，而且发展到图形处理等复杂信息的加工。要完成这些功能，单靠计算机本身是不行的，必须设有相应的外部设备，构成人-机联系系统。它由光笔、键盘及轨迹球等组成。

（七）接口

带有处理机的图形显示系统虽能独立完成很多操作，具有很多复杂功能，但在遇到大量数据重复运算，以及更为复杂的运算时，必须依赖于主计算机，而显示系统只能作为主机的终端设备。对于不带处理机，具有缓存的图形显示设备来说，则更离不开主机。这样，在计算机与显示设备之间，必须要有信息交换的转换电路。另外，对带有处理机的显示系统来说，在处理机与显示器之间，大量数据传送是不间断的，其间也必须有转换电路。这