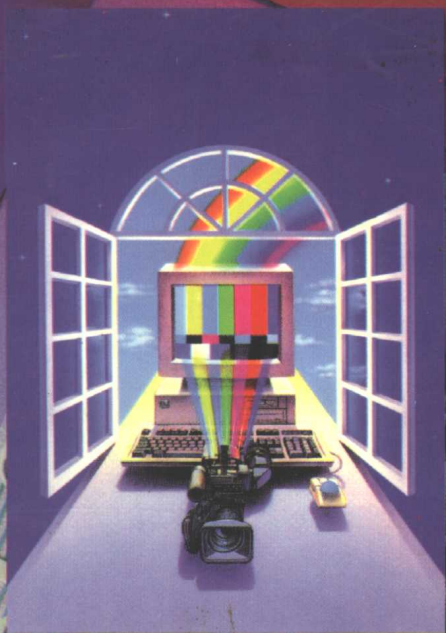


电 脑

美术设计指南

楼颖 李薇 ● 编著

上海书店出版社



DIANNAO MEISHU SHEJI ZHINAN

美术专业系列教材

TP391.4
L787

电脑

美术设计指南

楼颖 李薇 编著

上海书店出版社

DIANNAO MEISHU SHEJI ZHINAN 美术专业系列教材

电 脑 美 术 设 计 指 南

楼 颖 李 薇 编著

上海书店出版社出版

(上海福州路 424 号)

新华书店上海发行所发行

上海展望印刷厂印刷

开本 787 × 1092 毫米 1/16 印张 8.5 彩图印张 1

1999 年 9 月第一版 1999 年 9 月第一次印刷

印数: 1-2000

ISBN 7-80622-516-1/J·164

定价: 22.00 元



美术专业系列教材编委会

主 任：汪大伟

副主任：张培础

常务编委：张国雄

编 委：（以姓氏笔划为序）

刘森林 汪大伟 李 难 步欣农 张培础

张国雄 杨艾强 周国斌 徐建融 唐锐鹤

章德明 黄建平 黄源熊 葛春学 潘耀昌

责任编辑：陈 琪 柯国富

封面设计：谷 夫

序

编写出版一套适用于综合性高等美术院校各学科的美术教育系列教材，是我院师生和历届院领导多年来的夙愿，在各方面的努力和支持下，第一批教材行将出版发行，这是令人感到十分欣慰的。

改革开放以来，随着经济建设的发展和人民生活水平的提高，上海的美术教育事业得到迅速发展，开设美术专业的院校和考生逐年递增，可是至今上海没有出版过一套自己编写的美术教育系列教材，目前使用的专业用书主要来源于外省市或国外引进，内容和资料陈旧、不切合教学实际的弊端相当普遍，影响到美术院校教学质量的提高。因此迫切需要组织有教学经验的教师和专家学者编写一套高质量、高水平、具有时代气息的美术教育系列教材。

上海是我国海派艺术的发祥地，不仅有着强大的经济优势和文化根基，而且集中了大批国内外的艺术家，对外交流十分频繁，信息量大，著书立说具有不可多得的地域优势。上海大学美术学院是上海唯一的综合性高等美术学院，在国画、油画、雕塑、环艺、装潢、广告、史论等艺术学科方面的整体实力在美术院校中占有一定的优势，近年来形成了从中专、成人教育、留学生、本科生到研究生比较完整的教学体系，正副教授占教师队伍的三分之一，还聘请了一批国内外著名的专家学者任兼职教授。建院十六年来，广大教师在实践中积累了丰富的教学经验，撰写了不少专著论文。因此我们有责任有义务组织广大教师把这些宝贵的经验加以总结提高，汇集和整理相关的研究资料，完成编写美术教育系列教材的任务。

基于上述需要和可能，我院经慎重研究，决定把编写出版美术教育系列教材的任务作为一项基础工程，于九七年成立了编委会，制订了编写出版计划，组织发动全院 40 余位教师着手编写教材，计划用数年时间完成包括美术理论、绘画、美术设计、雕塑四大类 50 余册教材的工作。编辑的指导思想和努力方向是：一、突出新学科、新技术、新工艺、新材料及边缘交叉学科的介绍。二、加强美术专业基础训练方面的教学内容。三、力求由浅入深、循序渐进，与教学大纲、教学计划配套。四、文笔流畅、图文并茂，以专业教学需要为主，兼顾美术爱好者自学需要。五、争取与教材配套出版多媒体光盘，谋求最佳教学佳果。

要达到上述要求，任务是非常艰巨的，恳请各高校及美术界的同行给予批评指正。

汪大伟

1999 年 3 月

绪 论

与其它任何新生事物的产生、发展相比，计算机以其高速的发展性而为世人瞩目。诞生于 1946 年的第一台计算机 ENIAC，其占地面积达到 170 平方米，重量达 30 吨，化费了 40 万美元，而今一台便携式的计算机，虽然只有几斤重，只需化费几百美元，可随身携带，但它的功能远远超过 ENIAC，在当今社会，计算机已进入各行各业乃至家庭生活。

美术从原始的彩陶艺术、青铜艺术，到出现了纸、墨和笔砚的绘画艺术，从以金、木、土、火和笔、刀凿、斧为表现形式及手段的艺术，到如今以非物质化的材料——信息、人工智能的工具、计算机软件为手段的计算机艺术，计算机也进入了原本被许多人认为毫无应用可能的艺术领域，并在艺术领域里作出了令人震撼的成就。目前，在美国、日本和欧洲，各种各样的计算机绘图系统被用于广告、电视片、科幻电影、动画片的制作，被用于进行产品外型设计，进行特殊行业中的模拟试验；在美术设计界运用也日益广泛，计算机在报刊排版、封面设计、样本设计、产品包装设计、建筑设计、娱乐界等方面都得到广泛的应用，特别是计算机绘图已开始进入了服务性行业，如美容院利用计算机绘图为顾客进行发型设计；服装店利用计算机绘图为顾客进行服装设计或服装试穿等等，这一切都意味着未来世界将是三维动态图形的信息传播世界，是计算机世界。在我国，计算机的最近这些年得到了迅猛发展，各大计算机公司纷纷在中国抢滩登陆，运用计算机设计并制作的电视节目片头在电视台频频亮相，用计算机制作的广告片已屡见不鲜，许多广告业、印刷业的专家已意识到计算机对这行业将产生很大的影响，纷纷呼吁计算机应及早进入这些行业。当前，大量需求计算机美术设计人才，大量需要适合中国国情的计算机美术软件。

我们今天的时代已进入了信息化时代，信息量正以我们无法想象的速度迅猛发展，同时，在这个时代的人们的工作和生活已受到了信息的影响，而这种影响无时无刻、无论何时何地都产生着。为了使人们能够在短时间内准确无误地接受大量的信息，从事这方面工作的科学家们从信息学、语言学和思维科学的角度，对信息的各种传播形式进行了细致的研究，结果表明，图形信息能够开发人的右脑功能，而

绝大多数人的右脑应用程度比对左脑的应用要少得多，而图形信息量比文字信息量高出九百多倍，同时，图形信息由于不使用语言，可以避免和减少语言传播的误差。而由电视屏幕传播的彩色、三维、动态信息，自然具有更大的信息传播优势。许多学者预言，在本世纪末，电子传播媒介将全部取代印刷媒介，计算机网络传播和计算机教育将取代传统的学校，现在，已让我们感觉到了学者们的预言并非空想，如果到那时预言成真的话，今天的书籍、杂志和报刊需求的装帧设计将全部转化为对视屏艺术的需求，而视屏艺术正是计算机美术的一部分。此外，由于大量的文字信息转化为图形信息，也势必导致对计算机美术需求量骤然增长。因此，普及计算机美术的教育，进一步研究计算机美术是必要而紧迫的。作为这个革命时期的美术学校学生，应该意识到计算机绘图和计算机美术必然在我们生活中扮演一个重要的、不可缺少的角色，而我们这些学生将会在今后的工作中可能会成为预言的验证者。现在让我们一起步入计算机世界。

目 录

序	1
绪 论	1
第一章 计算机预备知识	1
第一节 计算机的发展简史	1
第二节 计算机的基本组成及工作原理	2
第三节 计算机的基本工作原理	4
第四节 计算机图形学的应用	13
第五节 计算机美术设计、动画设计系统简介	20
第二章 美术工作者的良友——Autodesk Animator Pro 软件操作指南	26
第一节 启动和退出系统	27
第二节 主屏幕介绍	28
第三节 工具面板	32
第四节 颜料面板	41
第五节 调色板面板	50
第六节 图形文件的处理	58
第七节 动画	59
第三章 三维电脑动画的设计与制作	70
第一节 三维电脑动画的基本常识	74
第二节 运用 3DS 软件创作三维电脑动画的设计	

	制作实例详解	90
第三节	以 3DS 为基础的三维电脑动画创意设计	
	制作练习	107
第四节	附录 (3DS 软件主要命令英汉对照)	108
第五节	三维电脑动画的常用辅助软件及其作用	
	简介	128

第一章 计算机预备知识

第一节 计算机的发展简史

在人类征服大自然的斗争中，能够模拟和代替部分脑力劳动的机器——电子计算机的出现，标志着科技发展史上的里程碑。大量的实践表明，电子计算机是人类脑力劳动的工具，它不仅可以进行大量的数值运算，而且可以进行逻辑推理、判断和选择；电子计算机是人类智力的放大器，这一点正逐渐被更多的人所认识。1946年建成了世界上第一台电子数字计算机ENIAC，这台计算机是美国奥伯丁武器试验场为了满足计算弹道的需要而研制的，它每秒能进行5,000次运算，用了18,800个电子管，体积为3,000立方英尺，耗电150千瓦，重量达30吨，占地面积达170平方米，这在今天看来可算是一个庞然大物。

计算机自从问世以来，已经经历了四代。第一代是电子管计算机，采用磁鼓存储器。第二代是晶体管计算机，内存存储器主要采用磁芯，外存储器大量采用磁鼓，输入输出方式有了很大的改进，有了算法语言和编译系统。第三代是固体组件计算机（主要采用中、小规模集成电路），有了操作系统，计算机已成为一个由硬件和软件构成的系统。在此期间，小型计算机得到了广泛的应用和发展，出现了终端和网络。第四代是大规模集成电路计算机。

50年代至60年代初，是计算机图形学的开创阶段，有一些科学家开始试验在计算机上进行图象处理，开始用阴极射线管CRT作为计算机的输出设备，它既可以显示信息，又可用于拍照。CRT好像一支神奇的画笔，能够画出各种人们看不见的电信号波形（示波器），能够重现客观世界的形象（电视机）。在一套1953年投入使用的北美空中防御系统SACE中，该系统是将雷达回波信号转换成由计算机产生的影像，它首次使用光笔在屏幕上标识目标，是最早的实时控制计算机显示系统。DEC公司60年代推出的30机，它具有人机对话功能的DEC338计算机的先导。在这些系统上，科学家们试图对图象予以存储、处理、显示，这些系统耗资巨大，但在技术上获得了成功。随着计算机图形系统的诞生，除军事目的以外，若干个汽车制造公司也纷纷引入计算机图形系统作为CAD/CAM的工具。CAD计算机辅助设计，即是指使用电子计算机来帮助设计人员进行设计，或者说，计算机直接参与设计过程。而“设计”包括了工程设计、建筑设计、城市规划、工业设计、平面设计等。CAM是计算机辅助制造的简称。为了解决应用问题，60年代系统软件和应用软件发展特别迅速，因此，把该年代称为软件开发阶段，但那时计算机的价格非常昂贵，只有一些象美国通用汽车公司（GM）、洛克希德公司（Lockheed）、波音公司（Boeing）等大公司才有。尽管计算机图形系统有很多吸

引人的优点，但昂贵的价格使许多中小公司望而却步。直到那时，几乎没有一个艺术家去运用计算机，因为需要支付的机器费用非常昂贵，即使是能够画电子线路的工程师和数学家也办不到。而且这样一个穿孔卡片和洁净的科学实验室环境，对艺术创作并无帮助。艺术家更喜欢呆在他们温暖亲切的小画室里。

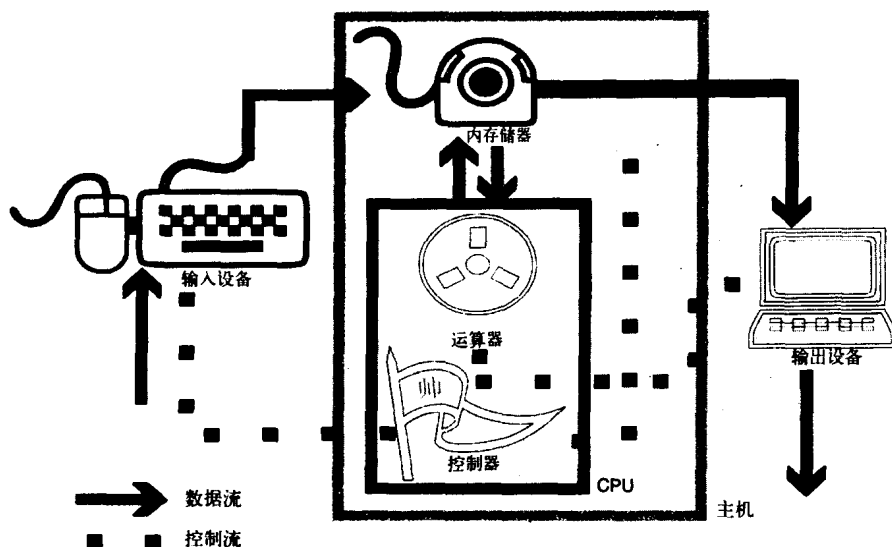
直到 70 年代初，存储管被引入计算机图形系统，删去了当时价格昂贵的刷新存储器，为降低成本提供了有利的条件，同时集成电路的推广使用，使计算机图形系统的成本也大大降低，价格相对便宜的套机系统的出现使众多的中小企业有能力购买并将其用于工程制图。计算机图象学开始应用于不同的行业之中，例如：医学照片、商业电视、建筑草图、动画片、产品设计和电子游戏。随着软件和硬件技术的发展，私人家庭计算机在市场上成为现实。编制程序的革新者们开始为商业艺术家的使用制作具体的程序。

70 年代到 80 年代是蓬勃发展的阶段，这十年中的一个转折点是解决了图形的输入问题，使用户和显示屏的交互会话更加直接。大规模集成电路的发展，使 CRT 能与存储管显示器相竞争。而同时又有大量供计算机图形学用户使用的软件包被推出，使计算机图形有可能推广运用于各个领域，除传统的建筑、机械制造、造船、航空航天、汽车制造等工程技术领域外，仿真、模式识别、辅助教学、办公室管理、文化艺术等也向计算机图形学提出了要求。随着计算机技术的发展以及各种绘画软件的推出，使得用计算机进行美术创作已不是幻想，而且运用计算机进行美术设计的好处被越来越多的美术工作者所认识，许多绘画软件的出现，使用计算机进行艺术创作与传统的绘画方式非常接近，在许多发达的国家里，计算机是艺术院校和设计院校的学生的必修课程，设计人员都是用计算机图形系统来进行设计。在我国，一方面，时代的发展要求美术设计人员用计算机进行创作设计，另一方面，计算机图形系统的发展，使美术设计人员使用这些系统并非难事，越先进的绘图系统使用起来更为便利，功能更强、更全面。

第二节 计算机的基本组成及工作原理

美术工作者在绘画时，使用的工具一般是纸、笔和颜料，而对那些想从事计算机美术创作的人，他们必须熟悉新的创作工具：计算机硬件系统和计算机软件系统。

计算机硬件系统和计算机软件系统组成了一个计算机系统。计算机的硬件系统是由五个功能独立的主要部件组成：输入设备、存储器、算术逻辑部件、输出设备和控制器。存储器又分为内存储器和外存储器，通常把算术逻辑部件和控制器称为中央处理器（CPU），而中央处理器和内存又被称为计算机主机，也常把输入设备和输出设备称为输入/输出设备。计算机硬件系统的组成如图所示：



光有硬件，计算机还是什么事也干不了的，要计算机正确地运行以解决各种问题，必须给它编制各种程序，程序连同有关的说明资料称为软件。配上软件的计算机才成为完整的计算机系统。软件系统又分为系统软件和应用软件。

系统软件是指那些由机器的设计者提供的，为了使用和管理计算机的软件。系统软件包括：

1. 各种语言的汇编或解释、编译程序。
2. 机器的监控管理程序，调试程序，故障检查和诊断程序。
3. 程序库。
4. 操作系统。

应用软件是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。应用软件也可以逐步标准化、模块化，逐步形成了解决各种典型问题的应用程序的组合就称为软件包。

计算机包括各种各类的机器，这些机器的规模、速度和价格大不相同。比较流行的做法是以专用名称来表示计算机中的各个种类。较小的机器称为“小型计算机”，这是因为它们规模较小，价格和计算能力较低。二十世纪七十年代初期，出现了一个新的术语——“微型计算机”，用它描述一种规模很小，价格低廉，并且只包含几片大规模集成电路的计算机。

大型机、小型机及微型机在规模、处理能力、价格、复杂程度以及设计技术等方面都有很大差别。然而，依赖于一些明确的概念，各种计算机的基本原理都大体一样。由于图像信息量比文字的信息量大得多，因此，用于处理图像的计算机要求较高，特别是用于创作高质量动画的计算机。

计算机的工作就是对我们输入的大量信息进行高速度的处理，一般地，我们把输入的信息分为两类：指令及数据。指令为发给计算机的命令，完成一个操作任务的一组指令称为程序。数据是用来作为指令操作数的一些数字或编码符号。我们需要计算机为我们处理信息，就必需把信息转换成计算机能懂的形式。在计算机中，采用的是二进制编码，为什么呢？这是因为，无论从技术实现的难易还是从经济性、可靠性等诸多因素考虑，采用二进制要比十进制优越。

1. 二进制只有 0 与 1 两个字符。而计算机是用电子器件表示信息的。开关的接通和断开、灯的亮与暗、晶体管的导通与截止都可表示 0 与 1 两个符号，由于状态少，工作可靠，所以数字的传输也不容易出错。

2. 二进制的运算规则简单。二进制运算使计算机运算器的结构大大简化，控制也简单得多，设备将大大节省。从存储数据而言，二进制将节省空间。

3. 由于计算机只进行对 0、1 数字的运算，使得逻辑代数成为计算机设计的数学基础。由于计算机采用二进制，可进行逻辑运算，使计算机具有一定的“思维能力”。

但用户直接用二进制工作，会有许多不方便。因此，用户通常是用十进制输入信息，然后由计算机自动转换成二进制。因此，由计算机处理的信息必须以适当的格式编码，编码的方法有好多种。最常见的有 ASCII（美国信息交换标准代码），每一个符号由七位二进制码表示。另一种编码方式的 EBCDIC（扩充的二——十进制交换码），它用八位二进制表示一个符号。

计算机中，每一个二进制数称为 1 个“比特”（BIT），也称作位。在机器中，通常是以固定的规模或成组地进行处理，这种组就称为“字”，一个字由几位二进制组成。不同的计算机每个字所包括的二进制位数不同，通常把每个字的数称为该计算机的字长。计算机中字长有 8 位、16 位、32 位、64 位等等。对 8 位字长，又通常叫一个字节。现在机器的字长大多是字节的整数倍。在存储器中，存储的信息往往是以字节为单位来计算的，运用时，是以“千字节”为单位，记为“K”， $1K = 1024$ 字节。更大的计算单位是“兆字节”，记为“M”， $1M = 1024K$ 。

第三节 计算机的基本工作原理

今天的计算机不仅仅能记录数字和运算数字，而且能处理数字以外的信息。我们可以这样说，计算机是这样一种装置：它对输入的信息能自动进行加工，并输出加工的结果。现在，有许多人改称计算机为电脑，认为电脑这个称呼比较确切。

计算机并不神秘，构成计算机的原理正是人们日常处理问题时惯用的方法和规则的归纳和提高。

就拿计算机解题的过程来说吧。它是和人用算盘解题的过程相类似的。先来看一下人用算盘解题的过程。

我们要算一道题目，先用眼或耳接受算题（相当于计算机的输入器），将其记忆在脑子里（相当于计算机的存储器），由中枢神经控制用手拨打算盘进行运算（相当于计算机的运算器），然后由中枢神经控制将运算结果通过纸或笔或嘴（相当于计算机的输出器）输出。

计算机的工作过程大致是这样的，先通过输入设备输入二种信息，一种是我们给计算机的指令，许多指令编在一起，就是计算机的程序。先把程序放在计算机的内存储器，用时送到控制器，控制器执行每条指令，指挥计算机工作。另一种信息就是我们要处理的数据，数据不用时也被送入内存储器中保存，要用的时候，根据控制发出的指令，取出这些数据，并送入运算器中进行运算，运算中，把中间结果也放到内存中，当计算最后结果时，控制器会发出指令，将计算结果通过输出设备输出。

从上面计算机的工作过程，我们再来看一下计算机的各部件的作用。

一、中央处理器 CPU

中央处理器是计算机的核心，它是由及其复杂的电子线路组成，它的作用是完成各种运算，并控制计算机各部件协调地工作。微型计算机的 CPU 采用现代高技术制成一片或几片象手指大小的集成电路片，简称微处理器。微处理器有：Intel 公司的 8080, 8086, 80286, 80386, 80486, Pentium 等；MOTOROLA 公司的 M6800, 68000, 68020, 68030, 68040 等；Zilog 公司的 Z80, Z8000, Z80000 等。功能越来越强，工作速度越来越高，内部结构也越来越复杂，从每秒几十万次基本运算发展到几千万次，每个微处理器中包含的半导体电路从二千多个发展到三百多万个。使用不同系列 CPU 的计算机不能兼容，它们使用的软件不能通用。CPU 的发展如此之快，使得计算机能够处理越来越复杂的问题，在计算机图形学中，可以用计算机绘制很复杂、很精致的图画，受到越来越多的美术设计者的喜爱。计算机的 CPU 是衡量计算机档次的最主要标志。

二、存储器

计算机的另一个重要组成部件是存储器，存储器是用来保存和记录原始数据、运算中间步骤和中间结果。存储器可分为内存储器和外存储器。内存储器也称为主存储器，它可以直接与运算器交换数据。内存的价格较贵，其容量也不太大，但其存取的速度非常快。内存中有一小部分用于永久存放特殊的专用数据，运算器对它只取不存，这一部分称为只读存储器，简称 ROM，其余部分可取可存，称为随机存储器，简称 RAM。内存的大部分由 RAM 组成，在计算机工作时，能稳定准确地保存数据，但这种保存功能需要电源的支持，一旦切断电源（关机或事故），其中的所有数据立刻完全丢失。

内存的容量相对于计算机面临的应用任务而言，远远不能满足存放所有数据的

需要，另外，内存储器中的 RAM 在断电时，不能保存数据，因此需要更大容量的、并能永久保存数据的存储器，这就是外存储器。外存储器与运算器不发生直接的联系，但它可以与内存储器成批交换代码。目前计算机上最常用的外存储器是磁盘。磁盘是涂着磁性物质的圆盘，工作时高速旋转，通过专门的电子线路和读写磁头（工作原理与录音磁头相类似），可把计算机中的数据录到盘上（称为写入）或从盘上把数据传回到计算机（称为读出）。

磁盘又分为软盘和硬盘。

目前计算机上使用的软盘，主要有 5.25 英寸与 3.5 英寸两种，如图 1.3.2 所示。软盘是带有护套的圆形薄膜，护套上开有一些孔洞，其中一个沿着半径方向的长形孔称为读写窗口，读写磁头就在这个窗口中与薄膜接触时进行读写。按其容量分为 360K、1.2M、1.44M 等几种。5.25 英寸一般是采用软性塑胶套，所以容易被弯曲。但 3.5 英寸一般采用质地较硬的塑胶外壳，所以不容易被弯曲，且可以装入口袋中带出。由于它们都是一片一片分开的，所以又称之为盘片。

5.25 英寸盘的护套边缘上有一方形缺口，3.5 英寸盘的护套上有一个带有活动滑块的方形小孔，如果用专门的不透明的纸片贴住 5.25 英寸盘，或移动 3.5 英寸盘上的滑块露出小孔，磁盘驱动器对这片软盘就只能读出原有数据而不能写入新的数据或改写原有数据。这个缺口和小孔分别称为写保护口和写保护孔。

硬盘的存储容量比较盘大得多，而且它的存储速度也比软盘要快得多，但它的工作原理与软盘相似。硬盘的磁性圆盘用硬质材料制成，有很高的精密度，硬盘一般是固定且密封于主机的内部。但有些硬盘是属于可抽换式的。一般微机使用的硬盘的容量为几十到几百兆，其他计算机硬盘还要大。

无论是硬盘还是软盘，在第一次使用前，必须先执行格式化工作。格式化后，所具有的容量，就是用户真正能使用的空间大小。磁盘和磁盘驱动器是计算机中最容易发生故障的部件，一旦损坏，记录在其中的信息就会丢失，从而会造成难以弥补的损失。因此，使用时应特别注意保护，做到以下几点：

1. 软盘要避免热，避灰，避潮，避磁，不用时即将盘片装入封套内。
2. 不要弯曲盘片，不用时将盘片放入盒内。
3. 不能用手或其他物体触碰软盘的暴露部分。
4. 盘片应存放在温度介于 10 度到 52 度的地方。
5. 带有硬盘的微机切忌剧烈震动，长距离搬运前必须用专门操作使读写磁头移到较耐震的位置。

除盘片外，也常用磁带做外存储器，磁带一般用来保存大量不经常使用的数据，但磁带存取速度比磁盘慢得多。90 年代发展起来的激光盘也被用作外存储器，光盘存储量比磁盘有大幅度的提高，一般在 100MB 到 1000MB 以上，是最先进的软磁盘系统。

三、输入输出设备

输入输出设备是计算机和外界进行联系的通道和纽带，能常也叫做外部设备。计算机要按人的要求进行工作，就必须能够接受人的命令，完成各种工作所需的原始数据也必须送入计算机内部。承担这些任务，从计算机外部获取信息的设备称为输入设备。

1. 输入设备

最常用的输入设备是键盘。键盘的种类有很多种，但它们的结构形式和使用方式都差不多。它们和英文打字机相类似，键盘上的按键分为两大类：一类称为字符键，另一类称为功能键。键上标有各种字符，当按下某个字符键时，就向计算机输入相应字符的代码信息，这个操作通常称作“键入”或“敲入”。利用键盘的方向键也可以控制显示屏上的一个光标，但它不如使用另一种输入设备方便，这种逐步普及的输入设备是鼠标器，鼠标器上的按钮有两个或三个，鼠标器又可分为机械式、光电式。鼠标器可用手握住在桌面上或专用的平板上滑动。计算机通过连接电缆获取滑动的方向、距离，并使屏幕上的一个特殊标记——光标跟随鼠标的滑动而同步移动。这样操作者就能用手移动屏幕上的标记来直观地表达自己的意图。但它对要绘制具有精确尺寸的图纸时，显得无能为力。

要绘制精度要求高的图形时，可以利用数字化仪，数字化仪由一块平板、一支笔组成，它与人们平时绘图习惯一致，这是一种较为理想的交互装置。当特制的笔在特制的板上画过时，笔经过的点的座标就被输入到计算机内。这种绘图板的原理简单，但为了读取坐标值，必须使笔和板面接触，要是在这之间铺上一层纸，那么就无法工作。

对各种不同的应用，还有许多输入设备，可以用来输入图形、图象、声音等不同形式的信息。较常用的还有操纵杆，它类似于汽车上驾驶操纵杆，可上下、前后、左右运动。它运动的角度通过机械传动转动两个电位器，分别给出对应 X、Y 方向的电位，然后经过模数转换或数字信号输入计算机。控制光标或图形移动。

该输入设备常用于游戏软件应用。控制球也是一种常用的输入装置，它是一个手能握住的球形装置。可以任意转动，转换成两个方向的电位器转动，代表 X、Y 的坐标值的增量，经过数模转换器，输入计算机。如果要进行图象处理，常要用到的一个输入设备是扫描仪，扫描仪在后面章节中将再介绍。

2. 输出设备

输出设备与输入设备的作用正相反，输出设备的功能是把计算机的处理结果送回外界告诉用户。有些设备同时具有输出和输入功能，如：打字机、电传打字机及图象显示设备都属于这一类，输出设备包括显示设备和硬拷贝设备两类。

显示器是微机的基本输出设备，也是微机的必配设备。用户可以通过显示信息了解到自己的工作状态和程序运行情况。虽然已有各种各样的图形显示装置，但是

目前占统治地位的仍是 CRT（阴极射线管）显示器，它的核心部件是 CRT。

1. 单色 CRT

单色 CRT 主要由三部分组成：

(1) 电子枪

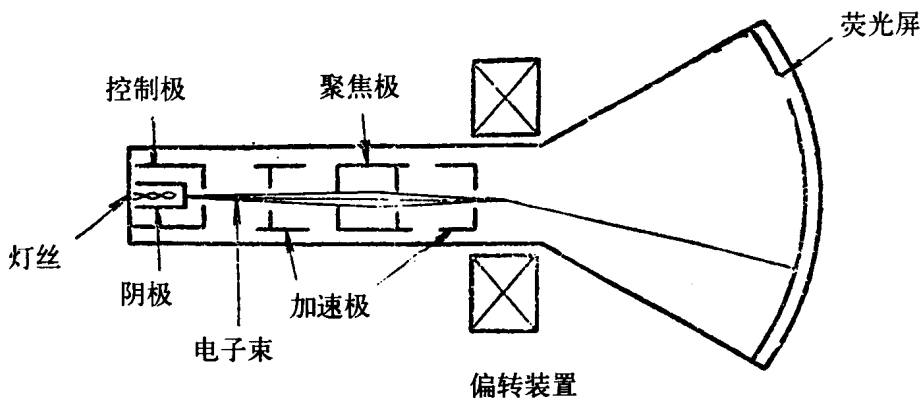
电流通过灯丝，产生热量，即对阴极加热，从而阴极发射出电子束。在聚焦极加上一定的正电压，使电子束聚焦，形成很细的电子束。再由加速极，通常不止一个加上正电压对电子束加速，使它具有足够的能量射向荧光屏，靠近阴极有一控制极，加上负电压能控制电子束的强弱，甚至使电子束截止。也就是说，控制极能够控制电子束打在荧光屏上所产生的光的强弱。

(2) 偏转系统

静电场或电磁场可以用来控制电子束的偏转方向。通常利用两组转板或两组转换线圈来产生静电场或电磁场，使电子束作左右、上下运动。

(3) 荧光屏

荧光屏上涂有荧光粉，电子束打在上面，荧光粉就会发光而形成光点。其颜色和余辉时间的长短决定于荧光粉的种类。



单色 CRT 结构

2. 彩色 CRT

彩色图形显示器采用彩色 CRT。彩色 CRT 通常有两种类型。

(1) 渗透型彩色 CRT

荧光屏上涂有多层荧光粉，例如：红、橙、黄、绿等。不同速度的电子射线能穿透不同颜色的荧光粉层而发出不同颜色的光。这种彩色 CRT 常用于随机扫描显示器。

(2) 多枪型彩色 CRT

多枪型彩色 CRT 采用多支电子枪发出的多束电子束。在电子枪和荧光屏间设