

计算机外部设备发展概况

(内部资料)

上海市仪表电讯工业局科技情报研究所

一九七九年十二月

计算机外部设备发展概况

电子计算机的发明和应用，标志着现代的一场技术革命，它与前二次以机器代替人的体力劳动的工业革命不同，能够代替人的一部分脑力劳动，并成为人们脑力劳动的辅助工具，所以有人也把它称为电脑。电子计算机拥有巨大的计算能力和逻辑功能，在国民经济、科学技术和军事部门有着极其重要的作用和地位，因而它的研制水平和生产、应用规模也成了衡量一个国家现代化进程的重要标志之一。

1946年美国首创 ENIAC 电子计算机以来，迄今已有三十多年历史，虽然其基本原理未变，但在结构上经历了电子管、晶体管和集成电路三代，目前正向采用大规模和超大规模集成电路的第四代发展。与此同时，电子计算机的应用领域也空前扩大，特别在七十年代初出现微型计算机以后，已逐步渗透到家庭当中。据估计，目前世界上使用的计算机约达 40 万台，其中数美国最多，有 22 万台，占一半以上，其次为日本、西德、法国、英国和苏联。

计算机的应用范围很广，归纳起来主要有三大方面，即科学计算、信息处理和实时控制。美、日等工业先进国家在应用方面已相当成熟，普及程度较高，例如用计算机进行企业管理和生产过程的实时控制，科学技术、工农业和军事部门的大量设计、计算，航天、人造卫星和气象信息的迅速处理等等，效果十分显著。譬如美国七十年代初设计的一台年产 200 万吨的标准带钢热轧机，如用人工控制，每周产量仅 500 吨，采用电子计算机控制后达到了 5 万吨，工效为手工方式的 100 倍；日本二次大战后建设的一家 500 万吨钢厂，当时需要 15,000 名职工，近几年采用计算机的具有同等生产能力的钢厂，只需 4,000 多名职工，而且产品质量、设备利用率大大提高了。这方面的例子是举不胜举的。

我国自 1958 年制成第一台电子管计算机以来，已有二十年以上的发展历史，期间从无到有，由小到大，取得了很大的成绩，少数产品也已开始采用集成电路。一些主机，如 013 型、DJS-154 型和 DJS-220 型等，均应用了集成电路、直接存储器存取和微程序设计等新技术，去年美国电气与电子工程师协会访华代表团也认为相当先进。

在应用方面，我国目前还处于初级阶段，近年已取得了一些可喜的成绩，包括应用计算机进行地震研究、气象预报和各类科技、工程的设计计算；长春第一汽车厂于 76 年在企业管理方面应用计算机已初见成效，现已用来计算二万人的工资，编制生产计划和材料消费计划，核算产值与成本定额，编制生产日报表，作工程计算等；我局前几年自仪七厂建成的气动阀体计算机控制自动线，加工效率比手工提高了 65 倍；今年七月市电报局正式使用上无十三厂的 DJS-131 双机自动接收与转发发电报，传输速度比手工提高 10 倍以上，不仅节省了大量人力和设备材料，而且提高了电报质量，避免了漏转差错，收到显著效果；本市的上海电缆厂、第六织布厂、中国版纸厂、上海化工学院以及中科院上海有机化学所等单位，近年均已相继在自动测试、生产管理、流程控制、科技计算等应用方面获得了初步成功，为今后长期运转和推广应用积累了一定经验；而中科院声学所还研究成功用口令直接指挥计算机作加、减、乘、除、方次运算，计算机能识别上百条口令，在人-机用语言直接对话的语言识别工作方面达到了世界上少数工业先进国家的同类水平，在信息处理方面还具有我国的独创之

处。上述局况已显示了我国计算机工业所取得的重大成果。

但是,我国的电子工业从全局来看,同世界先进技术水平还相差一大段距离,电子计算机当然也不例外。在基础元器件品种少、质量不十分高和外设设备配套不齐全或未形成一定生产能力的情况下,要制出稳定、可靠的电子计算机并投入常规使用是相当困难的。据估计,我国电子计算机整机的研制水平比美、日等国要落后十五年左右,至于应用,目前仍处于初级阶段,还找不出一个经长期稳定而可靠连续运行的典型例子,这方面的差距尤为突出,这同工业先进国家(特别是计算机发祥地也只不过二十多年的日本)计算机应用已相当成熟、普遍的情况形成了鲜明的对照。

造成这一落后状态的原因是多方面的,除了林彪、“四人帮”一伙的严重干扰和专业队伍不强大这些客观因素以外,以生产角度来看,基础元器件发展速度跟不上、主机可靠性差(主要是生产方式落后,质量管理制度不健全,测试方法不完备等等)、外围设备不配套或未形成生产能力以及应用软件发展未相应跟上等,恐怕是主要原因,因此全国虽然拥有1,000多台计算机,事实上还远远没有充分发挥出它们的作用。

以主机可靠性为例,据宝钢赴日考察团代表介绍,日本各大钢厂应用的电子计算机,可靠性是以年来计的,运行中基本上不存在主机和外围设备出故障的问题,机房里没有维修人员,工作十分可靠安全。相比之下,我国电子计算机的可靠性一般只有数百小时。这些问题不逐一加以解决,计算机的推广应用是不堪设想的。

本文仅对计算机配套使用的主要外设设备的国内外情况作一介绍,包括磁带机、磁盘等各类外存设备和打印机、显示装置等输入/输出设备。由于搜集的资料不全,并限于业务水平,错误之处谨请批评指正。

一、外存设备

作为计算机辅助存储设备的外存贮器,常规使用的有磁鼓、磁带和磁盘三种。其中磁鼓的历史最长,国外已大多为后两种所取代,我国因磁带、磁盘未及时上马,目前使用得还较多。另外象磁泡、电荷耦合器件、电子束寻址器件、光盘和超导器件等新颖外存贮器,七十年代国外均有很大发展,作为大容量的辅助外存无疑是有发展前途的。

1. 磁 鼓

磁鼓作为外存,虽因容量、速度有限而大多已为其它外存取代,鉴于它所固有的稳定、可靠等特点,特别适于在恶劣环境中使用,目前还有一定地位。近年来磁鼓的性能又有较大改进,可同每道一头磁盘相比,在日本深受重视,产品水平亦较高。例如日立公司研制的H8575型磁鼓,位记录密度达3,910位/英寸,有1,024条磁道,每台总容量为15兆字节,数据传输速度达1.5兆字节/秒,平均存取时间为5.3毫秒,是目前较有代表性的一种磁鼓。

2. 磁带机

半英寸磁带机国外自1953年出现商品以来,一直成为计算机工业界的标准产品,目前应用仍然很广。这种磁带机开始时采用金属箔带,现已改用聚酯树脂磁带,但二者的操作原理相同。

近年来,磁带机通过一系列改革,性能和容量都提高了几个数量级。例如改用单主动轴驱动后,大大提高了起动速度和可靠性;低惯性直流电机和伺服控制技术的应用,改进了启/停特性;输带机构改用真空箱驱动,具有自动轴啮合、装盘和穿带等特点;数据记录方式

除普遍使用老式的不归零制和调相编码制以外，1974年出现了新的成组编码记录法，它对每8个字节组成的数据组都作误差检验，而每个8位字均配一单极性位用以测校单道误差，所以这种方法的可靠性高，记录密度也可高达6,250位/英寸（9边双缝磁头结构），这是磁带机技术的一项重大突破。这么高的记录密度，从理论上讲，2,400英尺长的磁带约可保存10亿位信息，位成本只有0.00001美分，但由于其驱动电路复杂，因此联机成本要提高到每位0.003美分左右。

不归零制和调相编码制虽然记录密度较低（800~3,200位/英寸），但鉴于使用历史长，用户面广，而且电路简单，成本便宜，仍然适用于中、小型机。预计成组编码法与调相编码法二者的组合驱动方式将来较有发展前途。

我局上表厂去年制成的SZ5型磁带机，可配用于各类中、小型机。该机也采用标准型的半英寸磁带，结构上广泛应用了先进技术，如单主动轴和双缝组合式磁头（9条磁道），在国内尚属先进水平。与国际水平相比，差距还很大，如记录方式还是老式的不归零制，记录密度、容量、送带速度等主要技术性能还远远比不上国外典型产品的指标（表1），所以还有待于进一步改进提高。

表1 典型磁带机性能比较

产品、公司	SZ5 (上表)	AT3427 (美Potter公司)	3420-8 (美IBM公司)	H8488 日立公司	飞利浦公司 盒式磁带
磁带(英寸)	0.5	0.5	0.5	0.5	0.15
记录方式	不归零	不归零/调相	成组编码	成组编码	调相
磁道数	9	9	9/7	9	2
记录密度 (位/英寸)	500	800/1,600	6,250	6,250	800
送带速度 (英寸/秒)	45	200	200	200	7.5
传输速度 (千字节/秒)		160/320	1,250	1,250	3.75

为适应大型机发展的需要，七十年代国外开始积极研制海量磁带存贮器，目前品种还较少，其特点是把廉价的磁带存贮介质和半随机联机存取操作这二者结合了起来。IBM和CDC公司系统的特点是采用了外磁带结构，带长只有770英寸，目的是为了 提高存取速度，如IBM1360系统的取数时间已缩外到只有4秒钟。Calcomp公司的7110系统是种全自动的联机磁带程序库，取带、装带、卸带全由计算机控制自动进行（也可手工装卸），存贮体可容纳7,000~8,000条磁带，总容量高达 10^{12} 位以上。IBM3850系统也采用相仿的塑制数据盘结构，采用三英寸宽、770英寸长的磁带（每盘容量为50兆字节），存放在峰房式存贮体里，调用时由机械机构自动把所需的那只数据盘送至读出台。SDC/Ampex公司在1972年制成的TBM系统，借用了录象磁带记录技术的长处，数据记录在录象磁带介质上，好处是可以提高记录密度。例如在同等位容量情况下，TBM系统所需的底面积为112平方英尺，而IBM3330系统则要2,100平方英尺，大大缩小了体积。几种新型海量磁带存贮系统的性能见表2。

表2 海量磁带存贮系统

产品、公司	7110 Calcomp公司	38500 控制数据公司	3850 IBM公司	TBM SDC/Ampex公司
记录介质	半英寸磁带(8,000条)	磁带盘(2,000盘)	磁带盘(9,500盘)	录象磁带
单位容量	10^9 位/条	8兆字节/盘	50兆字节/盘	45×10^9 位/条
系统容量	8×10^{12} 位	2.4×10^{11} 位	3.8×10^{12} 位	2.9×10^{12} 位
介质尺寸	0.5英寸 $\times$ 2,400英尺	2.7英寸 $\times$ 150英寸	3英寸 $\times$ 770英寸	2英寸 $\times$ 3,800英寸
存取时间	10秒	7秒	15秒	15秒
传输速度	1.2兆字节/秒	806~983千字节/秒	806千字节/秒	700千字节/秒
位成本	0.00002美分	0.00026美分	0.00017美分	0.00064美分

3. 磁 盘

磁盘外存贮器已有二十年以上历史,因其容量大、速度较快,曾一度在外存领域中占统治地位,目前地位仍很稳固。据报道,1976年资本主义各国活动磁头磁盘驱动机构的总销售额(包括硬盘与软盘)达20亿4千多万美元,其中美国占90.3%;估计到1980年之前的年增长率为15.3%。磁盘的种类很多,下面介绍几种较有代表性的磁盘系统的发凡情况。

(1) 大型磁盘系统

在大型磁盘系统方面,以美国IBM公司为代表,这类磁盘系统在技术上经历了三个发凡阶段:

- ①六十年代中期,IBM2314磁盘技术开始建立了大型磁盘的工业标准;
- ②1970年出现的IBM3330磁盘技术,代表了磁盘性能和大容量存贮方面的主要成绩;
- ③七十年代初期研究成功的Winchester磁盘技术,标志着磁盘技术今后的发凡方向。

磁盘技术发凡的总目标,一直是努力设法扩大存贮容量,缩短存取时间,提高工作可靠性以及降低位成本这四个主要方面。

IBM公司在技术上采取了一系列措施,收到了较大的效果。为了扩大存贮容量,首先是改进定位技术:IBM2314采用的是液压式机械/光学控制方法;3330技术因磁道间距较小,所以改用音圈电子电路控制定位,而Winchester技术为了适应更大的存贮容量,又在此基础上运用了音圈/旋转型激励器电子控制方式,使功率要求减少了40%,发热也减少了,这样更有利于磁道记录密度的提高,同时因减少了机械零件,在尺寸、使用寿命和可靠性诸方面都有较大改善。

其次,对提高组装密度有直接关系的是设法降低读/写磁头的浮动高度,因为磁通量是向远处扩散的,读/写磁头与磁盘表面之间的间隙越小,越能做到高密度记录。最理想的办法是象磁带机那样使磁头与盘面直接接触,实际上显然是不可能的,因为盘速要高达100英里/时,二者一接触就立即会损坏盘面上的介质。Winchester技术采用了一种具有空气动力学形状的轻质磁头,仅重0.25克,加载10克(前两种技术磁头质量为3~5克,加载350克),能在磁盘高速旋转所形成的空气轴承上保持“飞行”状态,磁头靠一层气膜粘附于盘面,这样大大降低了磁头的浮动高度,二者的间隙现已做到0.5微米(即20微英寸)以下。这是Winchester技术所以能大大提高磁道记录密度的一个关键所在。另外,降低磁头浮动高度也同减窄磁道宽度有关。Winchester技术的磁道宽度已减至0.001英寸(25.4微米),这样

既有利于提高磁道密度，又便于使磁道之间有适当的分离，从而简化了磁盘驱动机构的模拟控制电路，相应地提高了可靠性。

数据记录编码技术的改进可以进一步提高直线方向的记录密度。Winchester 技术采用的代码消除了钟脉冲的渡越时间，从而缩短了数据在直线方向的记录长度，提高了位密度。

经过上述的改进，磁盘存贮容量已由2314技术的每轴100兆字节以下扩大到Winchester技术的300兆字节以上，位密度由前者的每英寸4,000位以下提高到6,000位以上，磁道密度也相应地由每英寸200道以下增加到400道以上。同时，由于提高了位息位之间的分辨能力，改革了磁头的空气动力学设计，快速的磁盘转速和更高的记录密度大大缩短了等待时间，导致磁盘系统与主机之间数据传输速率的飞跃增大，目前传输速度已由原来的每秒624千字节以下增大到每秒1,029千字节以上。Winchester技术除了缩短磁道间距以外，还把盘面分成内、外二层，每层均配一磁头，进一步缩短了存取时间，扩大了系统的吞吐能力。

以前磁盘在载放磁头以前，为避免磁头与盘面接触碰撞，磁盘一定要以“飞行速度”先旋转起来。这方面Winchester技术已有了突破，即它利用轻质磁头配用一种具有润滑性表面的磁盘，启/停时允许二者有轻微接触，解决了碰撞问题，具有接触式启/停特性。

在提高可靠性方面，Winchester技术把磁头、磁盘和定位机构都封装在一起，是种封闭式结构，操作者不必作磁头对准，因此既没有净洁环境的要求，也不存在因磁头浮动高度降低而带来尘埃污染的危险，可靠性有了保证，平均故障间隔时间可长达5,000小时。不过事情总是一分为二的，这样一来可卸性就差了，调换时要涉及到包括磁头和定位机构在内的整个磁盘组件。

大容量磁盘一般都用14英寸直径的涂氧化铁铝底板制成，它们有一个共同特点，即驱动电机、磁头驱动器和控制电路等等贵重零件的总成本一般是固定的，磁盘存贮容量就是扩大几倍，这些固定零件的成本并不增大多少。所以，降低磁盘系统位成本的一个主要途径就是设法扩大存贮容量，亦即增大记录密度、盘面磁道数和每根主轴的盘面数量，目前的位成本已可做到0.0007~0.001美分。

上述IBM公司在磁盘方面的三个技术发展阶段情况，构成了大型磁盘系统的基本方案，其它公司的一些产品，都是在此基础上改进发展的，日本也有类似的产品。表3是美国几家公司的典型产品情况。

表3 大型磁盘系统

产品、公司	33801A2 控制数据公司	3350A2 IBM	8350A2 STC	6316-2 Telex
主轴容量(兆字节)	400	317	317	317.5
存取时间(毫秒)	33.4	33.4	33.4	33.4
传输速度(兆字节/秒)	1.2	1.2	1.2	1.2
盘面数	19	30	30	19
磁道数	808	555	555	885
每道字节	13,030	19,069	19,069	19,069
位成本(美分)	0.0007	0.0014	0.0011	0.0007

(2) 小型磁盘系统

随着小型计算机的普遍应用，相应要求采用体积小、重量轻、有较大容量的小型磁盘。这方面小型盒式磁盘有很大的发展，从七十年代以来，特别是活动磁头盒式磁盘的产量很大，若以数量计，它占硬磁盘外存设备的第一位。其中绝大部分是存储容量为12兆字节的产品，据统计，77年底整个资本主义世界安装使用的已达44万台以上。这类产品的位密度和磁道密度分别为2,200~4,400位/英寸、100~200道/英寸，平均存取时间20~30毫秒。76年正式投产的一些新颖盒式磁盘，性能又有进一步提高，总容量达10~50兆字节，上述密度分别达到4,000字节/英寸和200道/英寸，有的甚至高达6,000字节/英寸和400道/英寸。

我国对磁盘技术的研制工作开展得较晚，最早于74年由上表厂开始试制、现刚通过鉴定的FW1型磁盘存储器，已同DJS-131机经过联机调试，性能尚良好，但其容量较小，二片共11.6兆位，位密度和道密度分别才41位/mm（约1,041位/英寸）和2道/mm（约50道/英寸），总的讲还是低水平的产品，同国外先进水平的差距很大。黄浦仪器厂制成的CP77型六片磁盘机的情况也雷同。随着我国小型计算机的逐步扩大应用，将来势必对这种小型磁盘提出更高的要求，以过去从研制到投产要经历四、五年这么长的周期来看，是远远不能适应我国实现四化的要求的。当然，要加快发展速度，象磁头和磁盘材料、记录介质以及精密机械加工、热处理设备、计量测试等等具体问题一定要设法解决，同时也要尽量采用先进技术，否则是无法持续稳定地迅速发展起来的。

每道一头的磁盘有一定的存储容量，特点是磁盘转速大，读出头移动迅速，所以存取速度很快，大多配用于小型机和某些专用场合。这种磁盘典型的存取时间为8.5~17毫秒，容量达4~32兆字节，数据传输速度可达每秒9兆位；有些产品采用密封结构后，可靠性水平已提高到一年（8,800小时）。这方面IBM公司于六十年代中期制成的2305型水平较高，磁盘转速高达6,000转/分，平均存取时间压缩到只有2.5毫秒，是同类产品中速度最快的一种。

在小型磁盘领域中，七十年代初期出现的塑料软盘系统发展十分迅速。这类软盘系统的应用对象主要是数据字处理、小型商业计算机和专用计算机，国外最近几年的年增长率达到了100%。76年时，资本主义各国软盘驱动机构的安装总数才20万台左右，而到今年年底估计将达200万台，数量上大大超过了各类硬盘系统。

软盘存储系统所以会有这么大的发展，是同小型、专用计算机的普遍应用和软盘存储系统所固有的特点分不开的。七十年代小型、专用机的发展，客观上要求配用廉价而可靠的外存设备，而且要求量很大。大、中型机配用的那套昂贵而容量过大的磁盘显然是不合适的，而软盘在性能上既有适当的容量、反应速度和高度的数据完整性，在系统构成方面又能充分发挥成本的作用而做得价廉物美，自然就适应了大量造价低的小型机、专用机对外存所提出的上述要求。所以，近年来软盘产量曾一度达到翻一番的程度，在可以预计的将来，软盘系统仍是小型机、专用机的一种主要外存设备，大有发展前途。

软盘一般分标准型（直径8英寸）和小型（5.25英寸）两种，每种又有单、双面两类。标准型单面软盘最早于72年由IBM公司研制成功，当时的存储容量为1~3兆位，位密度3,200位/英寸，传输速度25万位/秒。后来该公司于76年又制成了标准型双面软盘，技术上也作了一些改进，利用双面双密度编码记录使存储容量达到了1.6兆字节，采用高速的金屑带/主动轮驱动机构使单道搜索时间由6~10毫秒缩外到3毫秒，另外传输速度也提高到30万位/秒，平均存取时间不到100毫秒。

5.25英寸的小型塑料软盘于76年由Shugart公司首先研制成功，可供微型机和小型机使用。小型软盘实际上是标准型单面软盘的一个扩充品种，即按8英寸标准型软盘的比例缩小

而成，记录密度降低了20%，能保存25~35页信息（容量110千字节）。但次年 Micropolis 公司试制成功的另一种小型单面软盘，一方面通过采用改进型调频数据记录技术使容量提高了一倍，另一方面把磁道数由35道扩充到77道（道密度提高到100道/英寸），使总容量达到了480千字节，因而小型双面软盘的存贮容量也可做到近1兆字节。目前小型软盘系统的不足之处仍在于存取速度和传输速度比标准型软盘要差一些。

软盘存贮系统今后的发展方向，一方面是继续扩大存贮容量和提高性能，另一方面是尽量降低成本。扩大容量的基本途径是提高位密度和道密度。改用厚度更薄、磁能级更高的磁性涂膜，并配用巧妙的数据编码、恢复技术，能进一步提高位密度，目前已做到6,800位/英寸，改进后有希望再提高一倍；现在软盘使用的记录介质一般是聚酯树脂，缺点是易受热效应和吸湿效应影响而劣化各向异性，尚能改用稳定性更好的材料，再加上更为精巧的定位/驱动机构，道密度再提高一、二倍也是完全可能的（即200~300道/英寸）。随着位密度的逐步提高，今后几年软盘的存贮容量仍可望提高几倍，预料8英寸标准软盘可达5~10兆字节，5.25英寸小型软盘也可超过5兆字节。

降低成本的关键因素在于省去某些并非绝对必要的功能和简化其它所必需的部分，例如可以消除磁头加载螺线管和变址传感器，简化主轴电机的伺服机构而允许有较大的速度变动范围，应用简易型磁头激励机构，或者加强主系统的公用电路等等，均可视实际情况采取具体措施。另外在制造方面，设计驱动机构时要考虑到能便于大量采用机加工，这同降低成本也有直接的关系。

目前我国在该领域还处于空白，少数单位前几年已开始试制，有关部门应予以积极支持，要刻不容缓地发展我国的软盘存贮设备。

4. 新颖外存贮口

上述三类外存设备技术上均已成熟，实际使用也大都较长历史，目前已成为计算机主要的外存手段。七十年代以来，随着新技术的迅速发展，陆续出现了几种新颖外存器件，它们虽还处于研制或试用阶段，有待进一步完善和提高，但总的说来，这些外存器件无论在性能上或制造成本方面都有各自独特的优点，进入实用阶段也并非是十分遥远的事。下面把磁泡、电荷耦合器件、电子束寻址器件和光盘这四种新颖外存作一介绍。

(1) 磁 泡

磁泡存贮器的研究工作始于六十年代中期，自从67年贝尔电话实验室提出把磁泡磁化成同单晶薄膜的平面相垂直，依靠磁场梯度作横向移动的设想以后，基本上解决了磁泡器件在理论上的问题，此后就进入了试制阶段。IBM公司于72年最先试制成功一种8千位的磁泡系统；到77年，西电公司、德克萨斯仪表公司和罗克韦尔公司等也先后投入小批量生产，并把磁泡器件应用到各类装置里使用：西电公司在贝尔电话公司的语音记录仪里应用了半圆盘传播结构的磁泡器件，磁泡直径3微米，以电磁驱动线圈传播，装置共用四块磁泡片子，每片68,121位，可通话12秒钟，数据率23千赫；得克萨斯公司在便携式计算机终端设备的海量存贮器里使用了92,304位的磁泡片，磁泡传播采用T棒结构；罗克韦尔公司则在销售点终端里采用了八块100千位的磁泡片。目前各大公司都在积极研制和应用磁泡存贮器件。

磁泡器件最根本的优点在于它吸取了固态存贮器和机械磁性存贮器二者的长处，是种没有活动部件的磁性器件，因而可靠性高，误差率小，具有不挥发性和高密度的优点，而且功耗小，尺寸小，接口简单，价格便宜。其不足之处是目前的数据传输速度还比不上固定式磁盘，位成本比软盘要高，但这些问题将来是有办法解决的。基于这些基本条件，作为一种新

颖的存贮器件，磁泡是很有发展前途的。

根据工作原理，磁泡器件要求采用能呈现磁畴单轴各向异性的材料来制造，因此材料选用是否得当，对磁泡器件的性能有很大影响。十多年来，国外研制过的材料有四大类：正铁淦氧、六角形铁淦氧、非晶形金属膜和合成石榴石。

正铁淦氧的组份一般为 AF_2O_3 ，典型的有钇正铁淦氧 (YF_2O_3) 和钐钽正铁淦氧 ($S_{m0.55}T_{b0.45}F_2O_3$)，这类材料制出的器件一般体积大，温度稳定性差，所以未普遍应用。六角形铁淦氧包括氧化铅铁淦氧磁体 ($PbFe_{12}O_{19}$) 一类的材料，它能做出尺寸极小的磁泡器件，缺点是数据传输速度太慢，目前用得也不多。非晶形金属膜由铁、钴、钕一类金属组成，尽管这种薄膜可以制出直径小至0.1微米的磁泡，但材料的稳定性和工作温度范围还不能适应实际应用环境，因此并不理想。合成石榴石是目前用得最广而且在今后一段时期里仍将主要应用的一种磁泡材料。这种材料比较复杂，基础成份为 $A_3B_5O_{12}$ ，其中A是离子半径较大的元素，象稀土族材料，B是离子半径较小的元素，象铁一类过渡金属。这种材料比较典型的是铕钇石榴石 ($EuY_5Fe_3O_{12}$)，制出的磁泡不仅尺寸小、迁移率大，温度特性也好，位密度很容易做到 10^8 位/英寸²，目前的实际工作频率也已超过100千赫。

近几年出现的磁性石榴石薄膜，是在单晶非磁性石榴石衬底上采用液相外延生长工艺制成的，目前使用较广的衬底是钆镓石榴石（称为GGG单晶），材料组份为 $Gd_3Ga_5O_{12}$ 。此类材料能满足对磁泡器件衬底提出的几种特殊要求：衬底必须与薄膜同属某一类晶体，二者具有同样的晶格间距，热膨胀系数要尽量接近，衬底为非磁性，在高结晶状态下容易制备。用这类材料制出的衬底是无缺陷的，直径可达2英寸，可以锯开抛光加工，并具有外延淀积所需的表面光洁度。GGG单晶目前美国已大量生产，主要厂商是全美碳化物公司和应用化学公司二家，日本的日立金属公司已准备大批生产。

磁泡存贮器已进入商品阶段，但目前品种还不多，比较典型的有罗克韦尔公司的100千位和德克萨斯公司的92千位片子。以后者为例（TIM0103型），其性能如下：

有效容量：	92,304位
寄存器结构：	641×144位
磁场激励速率：	100千赫
数据传输速度：	50千位/秒
平均存取时间：	4毫秒（首位）
功 耗：	0.6瓦
片子尺寸：	2.5×2.8×1.0厘米

上述二公司都于今年生产256千位的磁泡芯片，而罗克韦尔和IBM公司已在实验室试制成功1兆位的芯片，传输速度高达1兆位/秒，计划于明年制成商品出售。日本今年也已开始大批生产64千位的磁泡存贮器，在电话电报交换系统中已获得应用，整个水平还比美国差一截。

目前磁泡器件的存贮密度一般为 5×10^5 位/厘米²，它主要取决于磁泡直径的大小、磁泡的间距以及光刻工艺的能力等诸因素。随着衬底材料、加工技术、器件结构、磁路设计等的改进，一般认为到80年和85年存贮密度将分别提高到 5×10^7 位/厘米² 和 4×10^8 位/厘米²。

(2) 电荷耦合器件 (CCD)

CCD存贮器也是最近十多年来出现的新颖存贮器件，它在MOS随机存贮器半导体工艺基础上发展而成。国外开始研制时积极性很高，后因速度慢，容量一下子未搞上去等缘故，

研制方面曾一度出现低落状态，期间英特尔和仙童公司虽然都在75年做过16千位的 CCD 存储器，然而销路不广。到77年不少公司制成64千位的 CCD 器件以后，僵局重被打破，CCD 似乎又得到了普遍重视。

CCD 器件的一个主要优点是存储密度可以做得很高，而且制造工艺简单，便于降低成本。这种器件每位所占面积仅数平方密耳，将来采用电子束、离子束加工还可进一步缩小，所以提高密度的潜力很大。以目前最大容量的64千位 CCD 商品为例，它是以4~6微米线宽采用双电平多晶硅栅工艺制造的（基本上是16千位动态 RAM 所采用的制造工艺），芯片面积仅26~27毫米²；其主要技术指标为：传输速度1~5兆位/秒，平均等数时间400微秒，最大功耗400毫瓦。目前实验室水平已达92千位，由霍尼威尔公司试制成功。表4为CCD存储器目前的生产水平。

表4 典型的64千位CCD存储器

产品、公司	CCD464 仙童	TMS3064JL 得克萨斯	2464 英特尔
结构(环路×位)	16×4K	16×4K	256×256×1
存取时间(微秒)	500	820	256
位传输率(兆赫)	1~5	1~5	250千~2.5兆赫
密度(位/英寸 ²)	1.68×10^8	1.52×10^8	—
操作/备用功耗	400/70毫瓦	260/50毫瓦	400/60毫瓦
位成本(美分)	0.1	0.1	—

提高CCD存储密度的关键在于器件本身的结构和集成工艺。从器件来看，CCD存储单元的最小尺寸是由其最外栅长决定的。这同MOS晶体管的栅长一样，不能任意缩短，因为栅长越短，就会出现外沟道效应、热电子隧道作用以及栅极绝缘介质击穿等问题，一般以0.5微米为限。尚以0.5微米计，CCD存储单元的尺寸就不到6微米²（与此相比，MOS动态RAM存储单元要15~20微米²，差不多大二倍），假设存储单元与周边电路在芯片上各占一半面积（目前情况基本如此），那么在面积为64毫米²的一块芯片上将可做出4兆位的CCD存储器！这说明CCD在高密度和大容量方面是大有潜力可挖的，远非MOS动态RAM所能及，这也是CCD深受人们重视的一个主要原因。

当然，要达到这一极限密度，实际上还要解决好多技术问题，例如应用多电平存储和新颖电荷检测电路，在控制漏泄电流方面要有所突破，在保证器件性能的同时又要适当维护周边电路、互连区域、功耗和引出脚，另外在结构上也需要研究新的方案。

CCD器件因其内部结构由串接延迟线（移位寄存器）组成，所以传输速度一般较慢，这是它的主要缺点，因此提高速度也是个关键因素。这方面可以通过把移位寄存器编排成更为合理的形式来提高移位速度，目前已达到5兆位/秒，这样有助于加快存取速度；也可以把数块芯片并联起来构成较宽的通路来提高传输速度，例如仙童公司曾试制过一种传输速度为8兆字节/秒的存储器，能在一秒钟内把所有数据全部送出。

CCD器件的价格，目前64千位器件在65美元左右，位成本为0.1美分，虽然还不是最便宜，但随着密度的提高，今后五、六年有可能降到0.005美分/位左右。

国外目前在CCD器件方面的目标有两个：一是改进、完善64千位器件的制造技术和推广使用，并把64千位器件的成败同CCD器件的未来命运联系在一起；二是积极研究下一代256千位的CCD器件，准备采用2.0~2.5微米的最小线宽做出面积为45~65微米²的存贮单元，使器件的存贮容量翻二番。估计到八十年代中期将制出4兆位的CCD器件，使器件的位密度猛增到 15.5×10^6 位/厘米²（目前得克萨斯公司采用电子束光刻工艺已能做到 $1.6 \sim 3.2 \times 10^6$ 位/厘米²），传输速度将达5~20兆位/秒，平均等数时间为100~400微秒。表5是国外设想的CCD器件的近期发展目标，可以看出，CCD器件今后的发展快慢同光刻工艺的进一步改进是有密切关系的。

表5 CCD存贮器近期发展目标

容量(位)	最小尺寸(μm)	单元面积(μm ²)	芯片尺寸(mm ²)	年 份
256K	2.0~2.5	45~65	24~34	1979
1 兆	1.0~1.5	13~26	27~54	1981~82
4 兆	0.75~1.0	7~12	59~100	1986~87

(3) 电子束寻址器件

这是一种阴极射线管式的存贮器件，曾在二次大战后不久造出的早期计算机里使用过，以后被磁心存贮器所淘汰。后经改进性能有了很大提高，目前虽未大批投产，但在实验室里正在试用，因其可以做成大容量，也引起了人们的注意。

这种存贮器用电子束把数据写在MOS存贮芯片上（靶），MOS靶则把数据当作正电荷贮存在它的二氧化硅平面上。读出时，以低能量电子束对每个存贮单元寻址访问，对应于由电子束造成的靶极电流的大小，分别表示为“1”或者“0”。存贮器采用随机存取方式，存贮是不挥发性的，但读出过程为半破坏性，读出几次以后要重写。目前存贮方式大多采用平行多管组合形式，这样便于制出高效的大容量存贮系统，不仅存取速度同单管形式一样快（可达10~20微秒），而且位成本要低得多。

目前积极研制这类存贮器的主要是美国通用电气公司和Microbit公司，前者正在研制存贮管、矩阵透镜、偏转系统和MOS靶，现已将射至靶极的单地址光点尺寸缩小到1.2微米，器件存贮容量高达32~100兆位。

电子束寻址存贮器典型样品的存取时间一般为100微秒，传输速度达10兆位/秒，很容易同大型机的通道速度相匹配。这类存贮技术虽然历史很长，但仍未完全成熟，特别在配用于大型机时，数据在并行多管组合形式里的存、取以及多路传输方面，还要解决数据库管理技术和管子损坏、对准、维修等问题。

(4) 光 盘

光盘存贮器是光学存贮器的一种，国外近年发展很快，作为一种大容量的廉价型存档存贮系统很有前途，目前已搞出几种样机，下面以飞利浦公司的DRAW（写后即读）仪息系统为例作一介绍。

光盘的基本原理是利用强光束在光盘记录介质上烧出直径为1微米的小坑来代表仪息进行数据记录，读出时，利用弱光束对记录介质进行扫描所反射的光强大小来读取数据；光源采用激光器。光盘系统有这样一些独特的优点：①不要求防尘的洁净环境并恒温条件；②密

度高、容量大；③存放寿命长；④“写后即读”功能消除了光盘的记录差错；⑤成本极低。

光盘主要由底板和记录介质二者构成，类似于磁盘。DRAW 系统光盘在选用底板材料时，考虑的因素主要是平整度、厚薄均匀度、强度、光学特性、成本以及与记录介质的粘附性诸方面，最后采用了聚甲基丙烯酸甲酯（PMMA）作为主材料。记录介质（金层膜）以灵敏度、分辨率、重现性和作为档案存贮器应具备的要求为选用标准，一般以碲、铋为佳。飞利浦选择了碲基膜，因其灵敏度高，允许数据以10兆位/秒速度作记录，记录激光束的功率小，不到8毫瓦，而且它的稳定性也好。据加速老化寿命试验估计，这种材料室温下的搁置时间长达十年，在25°、55°、75°和90℃试验温度下碲膜保持稳定。

光盘在数据记录的前、后，为了达到防尘、防损伤和防指印，一般涂以一层1毫米厚的透明防护层作自身保护。另外，该公司还研究了一种“空气夹层”的光盘防护机构，即由上、下二张光盘组成“夹层”，四周用环形垫圈相隔，由此形成的环形腔实际上就是个超小型“洁净室”。

光盘的光学系统采用激光器，它分成两条强度不等的光束，强光束（90%）作记录，弱光束（10%）作读出，被录信息用光调制器编码。记录光束的有效功率为12毫瓦，数据以10兆位/秒速率记录在碲基光盘表面（功率8毫瓦）；读出光束在距离上滞后于记录光束数微米，数据记录后即能读出检查，保证数据正确无误。激光器在光学系统中很关键，其功率大小直接决定着记录速度、光盘速度和定位臂速度。

光盘存贮器同目前常用的磁性存贮器相比，虽然它是一种不可擦的永久存贮器，在某些需要擦去信息的场合中不能使用，但总的说来，无论在存档特性、成本还是记录密度方面，都显示了它的独特之处：磁性记录的极限密度一般在 10^8 位/英寸²以下，精密仪表公司制成的光盘现在已达 10^8 位/英寸²，估计不久可达 10^9 位/英寸²以上；其位成本比磁性记录的低几个数量级；光盘的存放寿命达十年以上，而磁性存贮器只有二、三年左右。表6是这两种存贮系统性能的具体比较结果。

表6 海量存贮系统特性比较

存 贮 系 统	容 量 (兆字节)	存取时间 (毫秒)	数据速度 (兆位/秒)	介质位成本 (美分)	存放寿命 (年)
IBM3340磁盘	70	35	7.0	4×10^{-4}	2 ~ 3
IBM3420-8磁带	91	45,000	3.3	2.2×10^{-6}	1 ~ 2
IBM3850海量系统	462,500	16,000	7	5×10^{-6}	1 ~ 2
飞利浦光盘	2,500	100~500	5~10	5×10^{-8}	>10
飞利浦自动唱机式	25,000,000	3,000	20~50	5×10^{-8}	>10
飞利浦光盘组	125,000	50~100	20~50	1.5×10^{-8}	>10

目前对光盘存贮器的研制主要着重于四个方面。一是设法把光盘每面的存贮容量从现在的 10^{10} 位提高到 10^{11} 位，办法是进一步减小记录坑直径，缩小记录轨迹的间距，采用更有效的数据编码方式，或者增加每个记录坑的编码位数；二是采用多光盘组合“自动唱机”技术大大提高光盘的存贮总容量；三是把数据速率提高到50兆位/秒，同时在成本、激光功率和速度方面采取折衷办法；四是运用磁盘驱动机构的现有经验把存取时间由目前的100~500毫秒减到几十毫秒。

二、输入输出设备

1. 打印机

打印机在输出设备中是最常用的，可以说没有一个计标机系统不配用打印设备。普通的打印机只能作输出打印，只有带键盘的控制台打印机才能作键盘输入；输出打印机或者称为印刷机，在计标机外围设备中占的比重较大。国外制造打印机的厂商很多，品种也各异，最常用的有输出打印机、终端打印机、控制台打印机等形式。

就输出打印机来说，有多种分类方法，按打印方式可以分为击打式和非击打式打印机，按输出方式可分为串行输出和并行输出打印机，按字符来分可以分为全字符和点阵式打印机。但不管何种形式，它们的字符组成无非是两种：一种是全个字符通过不同方式装在打印头上，另一种则以点阵形式（也称矩阵式）组合起来构成一个字符。下面介绍均以输出形式来划分。

(1) 串行输出打印机

①串行击打式打印机：串行击打式打印机主要有以下几种：球型、针型、菊花轮、字轮、杯型等。串行击打式打印机的速度比较低，一般每秒从几个到几百个字符左右，适用于小型计算机和微型计算机，也有的在工业控制中用作计算机输出打印。其特点是价格便宜，操作方便，而且机械结构简单，控制电路也比较简单，并能复制多份打印（最多可复6份），所以目前在打印机市场中占有相当的地位。

就上面的几种打印机来说，球型打印机已经逐渐淘汰，到目前只剩下寥寥无几的几家厂商在生产。其主要原因，在于串行打印机中球型打印机的机械结构比较复杂，加工精度要求较高，而且打印速度也不算快，所以逐渐被其它产品所代替。

以目前串行打印机的发展趋势来看，菊花轮和针型打印机发展比较快，尤其是针型打印机发展特别快，目前生产厂商很多。它的特点是打印速度快，机械结构比较简单，有单、双向打印（双向打印速度较快，但控制电路相应要复杂一点）。在串行击打式打印机中，针型打印机的打印速度最快。富路里特数据公司 PB-600A 针型串行打印机采用了双向打印，每秒打印速度可达600字符，现用于M6800微处理器作输出设备。它的速度要比普通针型打印机或其它串行击打式打印机的速度快2~3倍。串行击打式打印机作为小型计算机和微型计算机的输出打印设备是比较适用的。最近国外又介绍了一种杯型打印机，其打印头象羽毛球的羽毛那样排列，同杯子相象，故称为杯型打印机。

②串行非击打式打印机：由于串行击打式打印机的噪声大，为了克服噪声问题，以后就研制了各种串行非击打式打印机，这是一种基本上无噪声的打印机（除了机械结构发出声音外）。串行非击打式打印机大致包括下面几种：热印式、放电式、电敏式、墨水喷射式等。这几种打印机各有其自己的特点，目前比较理想的是墨水喷射式打印机，其最大优点是可以与串行击打式针型打印机的打印头交换，即只要将针型打印头改成墨水喷嘴头就可以了。这种打印机的另一个优点是可以使用普通纸，降低了打印价格。其它类型的串行非击打式打印机一般需要特殊纸，打印价格就高。墨水喷射式打印机的速度可高达600字符/秒。现在有些厂商就有针型和墨水喷射一起出售的，因为它只要配备两种形式的打印头即可。以打印速度来说，放电式打印机较高，如SCI设备公司放电式打印机的速度可达2,200字符/秒。

大、中型计算机对外部设备的速度要求比小型、微型计算机的速度要求要高，而且随着

计算机速度的日益提高，显然对打印设备提出的速度要求也更高了，这样串行输出打印机的速度就跟不上这些机器的速度，从而导致了并行输出打印机的发展。最初的并行打印机也是击打式的，自从出现非击打式打印机后，并行输出打印机才得到了进一步的发展。

表 7 输出串行和并行打印机比较

输出方式	低 速	中 速	高 速
串 行	10~20字/秒	20~80字/秒	100字以上/秒
并 行	100~500行/分	500~900行/分	1,000~3,000行以上/分

表 8 击打式和非击打式比较

打印方式	速度范围	复制能力	用 纸	噪 声
击 打 式	几个~600字/秒	多 份	普 通	有
非击打式	几行~21,000行/分	单 份	特 殊	无

(2) 并行输出打印机

①并行输出击打式打印机：并行击打式打印机与串行击打式打印机相比，只是输出方式不同而已，另外在打印头子上也有些不同。并行击打式打印机大致有以下几种：鼓式、链式、带式、字轮式和点阵式等。并行击打式打印机在速度上比串行击打式打印机快1~2个数量级，一般在大、中型计算机中用作输出打印，有时一台计算机配有几台并行输出击打式打印机。

上述几种并行击打式打印机中，鼓式打印机比较老式，但目前使用仍较多，所以国外的制造厂商也不少。例如数据公司的2420鼓式打印机每分钟打印速度为1,250行，日立的H-8276、H-8277分别每分钟打印1,500~2,000行。鼓式打印机如果鼓上有一个字符坏了，则要把整个鼓都换掉，这是一个比较大的缺点，目前使用较多的主要一个原因就是因为它打印速度比较快。在其它类型中，带式打印机的打印速度也比较快，比如数据公司2500采用击打带打印速度可达1,500行/分钟，而且维修比较方便，有代替鼓式的可能性。另外数据设备公司的DDC200圈式打印机，打印速度也达2,000行/分钟。点阵式打印机每分钟的打印速度达上千行。这些打印机在今后一段时期内，作为计算机的快速输出打印设备，仍将发挥巨大作用，目前对这些打印机的研制工作也一直没有停止过。

②并行输出非击打式打印机：并行输出非击打式打印机主要以电敏、放电、热敏、静电、传真、点阵（墨水喷射）和激光为主，式样繁多。由于它们的打印速度极高，适用于大型、巨型计算机。在这些打印机中，速度最快的要数激光式打印机，例如日本卡农公司 LBP-2020/C1激光打印机速度可达8,318行/分钟，可见速度之快是其它打印机所不可比拟的。日本电气公司N-7388激光打印机的速度更高达10,500~21,000行/分钟，行宽可达272字符，这样高的速度和这么大的宽度是很宝贵的。因此，激光打印机用于大型、巨型计算机作输出打印极为有利。但是它们作为最新的打印技术，其成本之高也是可想而知的。这些设备不仅可用作计算机的外围打印设备，还适用于通信及其它领域。

打印机种类繁多，而各种打印机的性能也各不相同，它们所采用的技术当然也不会相

同。目前墨水喷射式打印机在计算机打印设备当中所占的比例正在逐渐扩大，其本身也在不断改革着。下面介绍一下墨水喷射式打印机的几种打印方式。

a. 静电发射型：这种打印机的打印方式是墨水在墨水池受一定压力从喷嘴中射出，利用静电偏转进行打印。这种方式的射频(喷射频率)较低，但具有结构简单、体积小巧的特点。

b. 电荷控制型：利用高压和超声振荡器形成墨水微粒，同时通过电路上的同步控制，由静电偏转进行印刷。这种打印方式具有速度快、打印质量好的特点。但要有复杂的墨水喷射技术和复杂的机械结构。

c. 墨水喷雾型：这是一种静电打印方式，射出墨水通过电晕极产生雾状带电微粒悬浮在空中，通过电路控制实现打印。这种方式具有超高速打印的特点，同时需要极为复杂的设备。

d. 墨水点型：这种系统将墨水引至喷嘴尖经加压射出，墨水的微粒由装在喷嘴附近的高压振荡器产生。这种类型的结构非常简单，因为不需要复杂的电荷控制技术。

表 9 静电喷射与电荷控制型性能比较

控制方法	电路控制	电荷控制
微粒形成	静电加速	电压振荡器
偏转方式	双轴静电偏转	单轴静电偏转
微粒频率	2~6kHz	20~100kHz
墨水压力	0.02~0.1kg/m ²	1~40kg/cm ²
喷嘴直径	80~250μm	10~80μm
打印速度	30~80字符/秒	100~500字符/秒

综上所述，击打式打印机绝大多数是机械式的，而大多数又是歪字符打印的，可能只有少数针型打印机为点阵式，非击打式打印机绝大多数为点阵式。对点阵而言，另有一个指标，即点阵的点密度。可想而知，点密度越高，则字符越清晰。上面介绍的墨水喷射式的电荷控制型，字符比较清晰，这是因为墨水点细小的缘故。激光式打印机采用的是激光扫描方法，这里也有扫描点的问题，目前比较高的密度为240点/英寸。所以，对要求字节清晰度比较高的特定场合，一般可使用全字符打印。

击打式打印机的最大特点是能使用普通纸，而且能同时复制多份，除针型打印机外，又具有字符清晰的特点。非击打式打印机则具有极快的速度，而且能打印各种图形甚至各种图象和特殊字符，无噪声，打印功能齐全，所以发展前途比较广阔。在击打式打印机中，针型打印机是比较灵活的一种打印机，另因具有点阵组字方式，因而可以打印特殊的字符和图形，这是其它击打式打印机难以做到的，也是它发展比较快的一个因素。

击打式打印机一般都为机械式，从理论上说，不管机械装置如何改进，打印速度如何提高，击打式打印机的最高速度一般认为不会超过3,000行/分钟，单从速度上看，击打式打印机的发展前途似乎不大。但因其价格便宜，所以目前仍拥有相当大的市场。今后，非击打式打印机代替击打式打印机也未必不可，但是这可能是很久以后的事情了。

2. 显示装置

显示装置在计算机外设系统里占有重要地位，其最大特点是具有快速的数据输出和目视

表10 各种打印机的比较

机 种	打印方式	输出方式	速 度 范 围	文字构成	用 纸	复制	噪声
菊花轮	击打式	串 行	10~60字/秒	全	普通纸	多份	有
针 型	击打式	串 行	10~600字/秒	4×7, 5×7 7×7, 7×9 9×9, 9×12	普 通	多份	有
	非击打式	并 行	75~500行/分	5×7, 7×9 5×9, 7×9 9×9, 9×12		单份	无
电 敏	非击打式	串 行	180~2 200字/秒	5×7, 7×9	涂 铝	单	无
		并 行	60~3,000行/分	5×7, 5×8 7×9, 10×18			
热 敏	非击打式	串 行 并 行	10~80字/秒 50~240行/分	5×7 5×7	热印纸 涂热反 应材料	单	无
鼓 式	击打式	并 行	70~2,000行/分	全	普 通	多	有
击打带	击打式	并 行	30~3,000行/分	全	普 通	多	有
打印轮	击打式	串 行	6~50字/秒	全	普 通	多	有
静 电	非击打式	并 行	180~18,000行/分	7×9, 16×16 24×24	静 电 感应纸	单	无
杯 型	击打式	串 行	30~45字/秒	全	普 通	单	有
激 光	非击打式	并 行	2,700~21,000行/分	点 阵	特 殊	单	无
电子传真	非击打式	并 行	2,640行/分		特 殊	单	无

显示监观能力,并附有硬拷贝输出,比一般打印机、绘图仪等设备的功能大得多,使用上也灵活得多。这类显示装置国外从七十年代以来已获普遍应用,连最小型的计算机也有配备,作为人-机通仪的一种有效手段,大大方便了计算机用户。

显示装置按其组成结构来分,有电真空器件和固态器件显示装置两大类,即阴极射线管、发光二极管、等离子体和液晶等显示装置。阴极射线管显示装置尽管比较老式,但它是显示大量动态数据最廉价的一种方式(数据一般达2,000字左右),现仍占主要地位;固态显示装置只限于显示较少的字符(一般480个),因其成本高,还未普遍使用。以显示方式来分,则有数字文字显示和图表显示两类,前者显示各种数字、符号和文字(包括汉字),后者可显示各种表格、直方图、曲线图和矢量图等,并配用一些字符说明。

显示装置由显示器和键盘二大件组成,新一代产品都配有光笔,具有用户编程能力。有些还配有微处理机智能,操作者可方便地修改有关数据和图形,设备本身能执行数据编辑、编排和处理等功能,具有定时询问、寻址和自动回答等专用通仪特性。

数字文字显示器的主要特性包括如下几条:

表11 击打式、非击打式打印机的性能价格

类 型	优 点	缺 点	价格(美元)
圆 筒	低 价	低速,可靠性低,打印质量差,并有噪声	1,000~2,000
球 型	打印质量好,字符组较长,可换字符, 低价	低速, 噪声较小	2,000~5,000
菊 花 轮	可靠性高, 打印质量好, 可换字符, 速度较球型高	速度比点阵慢(针型)	1,400~7,000
点 阵 (针型)	点密度越高, 字符越清晰有ROM可变字符、图象功能, 中速	可靠性与速度成反比, 点密度越低、字符越不清晰	击 打 1,000~10,000 非击打 2,500~25,000
鼓 型	可靠性高, 适合中速高工作周期	不宜换字符, 垂直度差	10,000~60,000
链 型	打印质量高,可换字符组, 128字符	链轨较易损	10,000~112,000
带 型	可换字符, 打印质量高, 可靠性高	带轨易损, 字段磨损时套段替换	3,000~87,000
热 敏	低价, 低噪声	低速, 特殊纸	1,000~5,000
电 敏	低价, 中速	特殊纸, 容易出错, 用针诱惑打印, 打印质量低	400~3,000
静 电	有图象功能, 多种字符, 高速	特殊纸, 湿显影	5,000~165,000
静 电 (干印术)	高速, 高分辨率, 无噪声, 多字符组	高价, 不易维修, 大容量应用	145,000~310,000

①彩色显示: 能以彩色标识数据的状态或类别, 常用色彩有 8 种, 因成本关系, 目前用得还不多。

②反象显示: 数据除了普通的黑底白字显示形式外, 可按需要还具有白底黑字显示方式。

③亮度电平: 不同类别的信息(如固定格式的数据与输入数据)采用不同的亮度电平显示, 以资区分。

④闪烁显示: 用于单个字符或全场闪烁, 目的在于引人注意。

⑤光标: 光标可标出下一次要读、写的字符在屏上的位置, 光标可闪烁, 可用键盘控制移动。

⑥滚动显示: 如要观文比一次满屏显示还多的数据, 滚动显示功能可把原显示行作上、下滚动, 以添加新的数据显示行。

⑦页调显示: 在存贮容量足够大的情况下(有二页以上数据), 用户可任选某页数据进行观文。