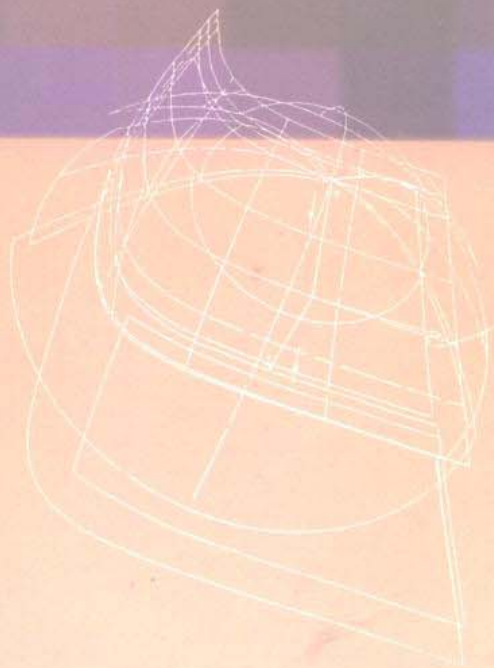


产品设计与 三维 CAD 系统

陈祝林 主编



同济大学出版社

● CHAN PIN SHE JI YU SAN WEI CAD XI TONG

产品设计与三维 CAD 系统

陈祝林 主编

同济

社

社

T4122

C61

产品设计与三维 CAD 系统

陈祝林 主编

同济大学出版社

内容提要

本书系统地介绍了运用三维 CAD 技术进行产品设计的基本理论、操作技术以及实际应用。详细阐述了三维 CAD 系统的建模技术、人机交互技术、图形显示及宏技术等,特别对产品方案的设计、标准零件库建立和运用设计方法理论开发产品系列化设计都作了一定程度的介绍。内容深入浅出,图文并茂,并注重联系实际。

本书可作为高等工科院校机械类研究生及高年级本科生的教材,也可供从事 CAD 技术研究与应用广大工程技术人员学习或参考。

责任编辑 陈晓东

封面设计 陈益平

产品设计与三维 CAD 系统

陈祝林主编

同济大学出版社出版

(上海四平路 1239 号)

新华书店上海发行所发行

同济大学印刷厂印刷

开本:787×1092 1/16 印张:10.75 字数:270 千字

1997 年 5 月第 1 版 1997 年 5 月第 1 次印刷

印数:1-2500 定价:19.00 元

ISBN7-5608-1738-6/T·8

前 言

CAD 是随着计算机技术的发展而发展起来的一门新技术。虽然它仅有 30 多年的历史,但它对提高产品和工程设计质量已经起到了明显的效果。它的优越性已逐渐被从事工程设计和产品开发人员所认识,并日益广泛地应用到工程实践中。目前在产品设计中已得到广泛应用的是二维系统。可是在机械、汽车、航空等领域内存在着大量的三维描述问题,这些问题虽然也已引起了工程设计人员的极大关注,但是如何运用三维计算机辅助设计系统解决此类产品的设计问题已成为设计中的重要组成部分。本书是我们在近年来从事计算机辅助设计的实际教学和科研工作的基础上,参阅了国内外大量有关文献资料,特别是得到了德国达姆施塔特工业大学设计方法学专家帕尔教授的指导和帮助而编写的。

本书共分 11 章。第一、二章概述计算机应用的目的和宗旨、CAD 系统的硬件;第三、四章介绍 CAD 系统的操作和程序结构,对象的描述;第五、六、七章介绍建模技术、人机交互技术、显示技术;第八、九章介绍宏技术和变型技术、产品结构及零件明细表的生成;第十、十一章介绍产品系统、目标模型的综合利用。

全书由陈祝林主编,黄宗益教授主审。张强生编写第一、二章,黄海荣编写第六、七章,其余部分由陈祝林编写。李斌、王涛奋、浦海英也参加了本书的部分编写和整理工作,在此向他们表示衷心的感谢。

本书由上海发展汽车工业教育基金会资助。

由于编者水平有限,编写时间仓促,故书中存在的问题一定不少,恳请广大读者批评指正。

编 者

1996 年 10 月

目 录

前 言

第一章 计算机应用的目的和宗旨	(1)
-----------------	-----

第二章 CAD 系统的硬件	(3)
---------------	-----

2.1 人机对话的基本功能	(3)
---------------	-----

2.2 计算机	(4)
---------	-----

2.2.1 中央处理器	(4)
-------------	-----

2.2.2 存储器	(4)
-----------	-----

2.3 图形显示器	(7)
-----------	-----

2.3.1 成像方法	(7)
------------	-----

2.3.2 基本结构及其特点	(8)
----------------	-----

2.3.3 智能型显示器	(11)
--------------	------

2.4 交互设备	(12)
----------	------

2.4.1 输入设备	(12)
------------	------

2.4.2 输出和文件编制设备	(13)
-----------------	------

2.5 设备配置和图形工作站	(18)
----------------	------

第三章 CAD 系统的运行和程序结构	(21)
--------------------	------

3.1 运行方式	(21)
----------	------

3.2 程序结构	(21)
----------	------

第四章 对象的描述	(24)
-----------	------

4.1 模型的构成	(24)
-----------	------

4.1.1 构思模型	(24)
------------	------

4.1.2 信息模型	(25)
------------	------

4.1.3 计算机机内模型	(26)
---------------	------

4.2 对象的信息模型	(26)
-------------	------

4.2.1 2D-模型	(26)
-------------	------

4.2.2 $2\frac{1}{2}$ D-模型	(28)
---------------------------	------

4.2.3 3D-模型	(30)
-------------	------

4.3 数据结构	(34)
----------	------

4.3.1 数据的组织单元和相互关系	(34)
--------------------	------

4.3.2 存储结构	(35)
------------	------

4.3.3 信息模块的结构	(37)
---------------	------

4.3.4 面向对象的程序设计	(39)
-----------------	------

4.4 面描述	(42)
---------	------

4.4.1 矢量描述和基本操作	(42)
-----------------	------

4.4.2 可描述面的分析	(44)
---------------	------

4.4.3 非描述面的分析	(44)
4.5 信息模型的合理选择	(46)
第五章 建模技术	(48)
5.1 模型构造功能	(48)
5.1.1 几何模型构造	(48)
5.1.2 技术模型构造	(49)
5.1.3 结构模型构造	(49)
5.2 粗造形	(50)
5.2.1 基本体素法	(50)
5.2.2 平面扫描法	(53)
5.2.3 辅助线技术	(54)
5.2.4 重建技术	(56)
5.3 定位	(58)
5.3.1 坐标系统	(58)
5.3.2 基本体素法	(60)
5.3.3 边界表示法	(62)
5.4 精造形	(63)
5.4.1 物体的存取	(63)
5.4.2 边和面的存取	(66)
5.4.3 完整成形元素	(69)
5.4.4 有效复合体的运用	(72)
5.4.5 形体构造操作	(76)
5.4.6 技术局部模型的数据结构	(78)
5.5 保护与储存	(78)
5.6 建模技巧	(79)
5.6.1 设计程序	(79)
5.6.2 一般技巧	(80)
5.6.3 生成技巧	(80)
5.6.4 调整与补充	(81)
5.6.5 三维建模操作方法举例	(81)
第六章 人机交互技术	(93)
6.1 交互技术的基本要求	(93)
6.2 “命令输入”功能	(94)
6.2.1 对命令语言和命令结构的基本要求	(94)
6.2.2 系统主导的人机对话	(94)
6.2.3 用户主导的人机对话	(95)
6.2.4 命令译码	(97)
6.3 “识别”功能	(98)
6.3.1 识别方法和要求	(98)

6.3.2	实际操作	(99)
6.3.3	有效零件表	(100)
6.4	辅助功能	(102)
6.4.1	辅助定位	(102)
6.4.2	辅助输入	(102)
6.4.3	辅助计算	(102)
6.5	辅助性功能	(102)
6.6	屏幕布局	(103)
第七章	显示技术	(106)
7.1	图形显示系统的结构	(106)
7.2	显示区域和视图布置	(108)
7.3	视图色彩	(110)
7.4	剖面构形	(111)
7.5	平面技术	(112)
第八章	宏技术和变型技术	(114)
8.1	目的与概念	(114)
8.2	结构宏	(114)
8.3	指令宏	(116)
8.3.1	定义和应用	(116)
8.3.2	命令序列的形成和调整	(117)
8.4	变型程序	(118)
8.5	参数模块	(120)
8.6	变型的生成和操作	(121)
8.6.1	变量	(122)
8.6.2	变型准备	(122)
8.6.3	原始模型的定义	(123)
8.6.4	变型的利用	(124)
8.7	标准件和重复件系统	(124)
8.7.1	基本结构	(124)
8.7.2	基本要求和功能	(125)
8.7.3	标准件和重复件的定义	(125)
8.7.4	标准件和重复件的表示法	(127)
8.7.5	NW-零件的显示和存取	(127)
8.8	结构系列开发	(129)
8.8.1	与变型技术的区别	(129)
8.8.2	计算机辅助的程式	(130)
8.8.3	计算机辅助的特点	(138)
第九章	产品结构和零件明细表的生成	(140)
9.1	产品结构的组成和修改	(140)

9.1.1	基本要求	(142)
9.1.2	产品结构的操作	(142)
9.2	产品设计中的零件明细表	(145)
9.2.1	零件明细表的内容	(145)
9.2.2	零件明细表的形式	(146)
9.2.3	产品设计中零件明细表的生成	(147)
第十章	产品系统	(151)
第十一章	目标模型的综合利用	(156)
11.1	目的和意义	(156)
11.2	硬件接口	(157)
11.3	软件接口	(157)
11.4	模型转换和未来的发展	(159)
11.4.1	组织和训练	(159)
11.4.2	三维模型和二维图形	(160)
11.4.3	未来模型	(160)

第一章 计算机应用的目的和宗旨

产品在设计、制造过程中会生成数据流。这些数据流可借助计算机得以完整的采集和充分的应用,从而实现:

CIM(Computer Integrated Manufacturing)——计算机集成(整体)制造 它是指把计算机作为完整的系统来控制生产的各个过程,即自合同生效起,经开发、设计、制订工作计划、安排生产进度、控制加工、装配、质量检验直至供货的全过程。计算机的这种应用随作业过程及任务范围不同而异。

CAD(Computer Aided Design)——计算机辅助设计 它是指一切利用计算机来帮助人们进行各种设计的技术,如设计、计算、制图或制订计划等。从狭义上来说,它只是承担与图形有关的设计内容,即用计算机对生成的产品实现图形和数据的人机交互。

CAE(Computer Aided Engineering)——计算机辅助工程 它是指利用计算机在设计计算方面予以辅助,它主要承担有限元、数值分析等计算任务,包括设计过程中的优化计算。由于设计任务书的设计过程对图形构造和计算分析是循环、交替进行的,所以难于明确细分 CAD 和 CAE。本书所提及的 CAD 均指同图形和计算相关联的设计内容,当然也包含工艺和组织方面的内容。重点是放在利用计算机实现构形及图形显示上。

CAP(Computer Aided Planning)——计算机辅助规划 它是指利用计算机帮助有关人员制订工作计划。工作计划的制订按使用设计范围内所拟定的设计参数及其他有关的要求,这项工作不仅可在总图和零件图完成后进行。而且还可提前到总体设计阶段中进行。用 CAD 技术在计算上可实现用产品的计算机内部模型获取早期的产品信息。

CAM(Computer Aided Manufacturing)——计算机辅助制造 它是指利用计算机控制生产制造过程。它将生产过程进行计算机控制,向数控机床和机器人发送控制数据(结构尺寸和工艺规程)。值得一提的是柔性制造系统,它还能在最佳经济技术状态下运行。

CAQ(Computer Aided Quality Assurance)——计算机辅助质量保证 它是指利用计算机确保产品质量可靠。它的任务是帮助收集各种资料(标准值和实际值及其评价准则),编制检测计划和参与质量检验。尤其根据设计,确定公称尺寸及其公差具有较重要的意义。

PPS(Productions Planung und-Steuerung)——计算机辅助生产计划及控制 它贯穿于整个生产过程(从合同实施起,备料直至按期交货)。其中包括制订材料需求计划和生产能力计划、审核成本与工时以及随时了解计划进度和所采取的各种措施。同时诸如设计中的尺寸标注、容积计算和展示结构参数及零件基本数据的明细表之类的加工信息,也能为生产计划及控制提供必需的数据。

纵观上述计算机应用的各个领域,它们除履行自身的作用外更需相互协调,如 CIM 就是一个综合性的系统,它必须共同协作才能实现其功能。所以,应用计算机有以下各点极为重要:

- 共享产品数据
- 调整信息模块及加工模块,使它在相应的程序模块里有所反映

- 配置适当的接口以实现产品与信息的传送
- 接口应具备修改和清除功能

在很大程度上,计算机的性能和价格取决于设计的范围,而设计范围的大小随其设计进程方式、工作内容和已规定的分类系统的不同而不同。

因此,利用计算机的最终目的有以下几个方面:

- 通过减少误差和充分的优化来提高产品的质量
- 在合适的期限和较少的耗资情况下能迅速进行处理
- 通过柔性制造与装配将各产品构形设计的优点同其合理的制造工艺融为一体
- 使各方面的工作趋于合理化,日常维护尽可能地自动化。它将给人们提供改革创新的环境,不断使产品推陈出新

当前的当务之急是改变工作内容和进程方式,而且要相互协调。毫无疑问,计算机在辅助科研人员用现有知识解决高、尖端的课题任务的同时,又对他们提出了新的要求,即掌握计算机工作原理及其运行过程,以便正确、有效地利用计算机系统的各种功能。

尤其对高档次的计算机系统需经专门训练的高级人才来管理,他能对其工作状况发表权威性的意见。减少处理日常公务的人数,增加在产品的计划、控制、维修及开发部门和计算机系统方面的人数。

计算机辅助设计(CAD)是随着计算机及其外围设备的发展而形成的一门新技术,它的应用还要求设计人员精心策划,充分准备。并且要重视在各阶段中的相互协调合作。目前国内外已有不少文献或专著详细介绍了应用 CAD 技术进行产品开发和制造方面的经验。但从总体水平上看,我国在 CAD 技术的开发和应用方面虽然取得了较大的进展,与国外工业发达国家相比,还存在着较大的差距。因此在机械行业中大力开展 CAD 应用工程,应用普及 CAD 系统,必将成为机械行业中不可缺少的重要组成部分。可以预料,我国机械产品设计的 CAD 技术将会以更快的速度发展。

第二章 CAD 系统的硬件

2.1 人机对话的基本功能

正如设计方法学所确认的,信息转换有下列三种工作方式:

- 信息获取
- 信息处理
- 信息传送

同样,计算机系统也应具备这样的基本方式和功能,如图 2.1 所示。但对计算机系统来说,它还应有信息存储功能,而设计人员自身就是功能载体。

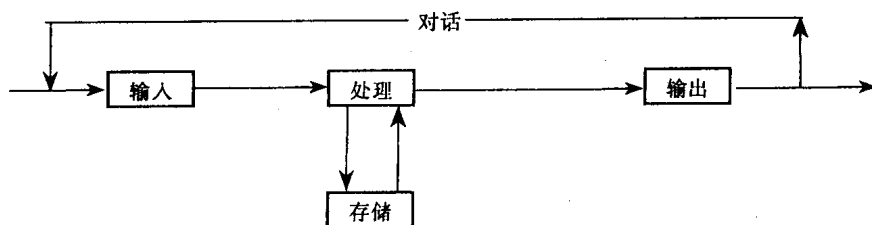


图 2.1 计算机系统的功能和基本结构

设计领域内所采用的 CAD 系统大多是人机交互方式运行的(参照第六章)。若不考虑实施人机交互过程的具体细节,输入输出功能有下述内容:

输入功能:

- 命令
- 位置
- 数值(实数和整数)
- 字符串(文本)
- 对象的识别

输出功能:

- 图形操作(对象在生成几何图形时的操作)
- 图形中间状态的操作以便文件编制
- 非图形元素(如标识符和辅助线)
- 带字符数字的信息(如系统报告,计算结果)
- 带字符数字的非几何图形(标准件信息资料)
- 绘图(如装配图、零件图或示意图)

操作员应当熟悉这些规定的对话功能。人机交互作用的窗口称为用户界面。

协调人与 CAD 系统之间的相互关系,除了输入输出设备的类型以外,计算机的计算能力也相当重要,因此,掌握计算机工作过程的基本知识是很有必要的。目前计算机硬件正以

日新月异的速度发展着,新工艺不断地普及推广并崭露头角。在此要说明的是:下文涉及到的内容只是 CAD 入门必备的基础知识,读者如要了解更深层次的内容可参阅相关的专业书籍。图 2.2 所示为计算机及其外围设备的连接情况。

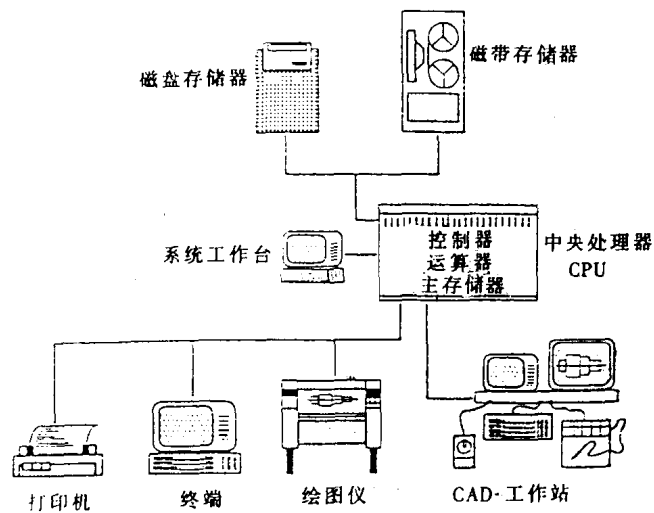


图 2.2 CAD 中计算机及其外围设备的配置

2.2 计算机

2.2.1 中央处理器

CPU——中央处理器是解释和执行指令的关键工作部件。它包含控制器、运算器和主存储器,负责完成下述工作:

- 算术运算:基本运算方式有: + ; - ; * ; 除法可用乘法的方式处理,因为除数的倒数可看作为乘数;
- 逻辑运算:比较与判定方式有: > ; ≥ ; = ; ≤ ; < ; ≠ ;
- 内务处理运算:对某地址发出转移指令;数据传送。

在运算过程中,控制器控制指令序列,接收检验程序,以实现指令译码并传送给运算器。数据是用二进制编码表示的(见表 2.1)。

CPU 能处理的字长是衡量数据传输效率和运算能力的主要性能指标。因为 CAD 在进行带图形的设计作业时,要求一定的计算精度,所以规定字长不得低于 32 位。对于用有限元进行解析计算和处理复杂图形的场合,64 位计算机为首选用机。

CPU 时间是指中央处理机需要运行的时间。它是计算机上机费用与成本的比值。

2.2.2 存储器

存储器是计算机中存放数据 and 应用程序的装置,它由控制器的调度实现信息存取。根据存储器的存储容量、存取时间和数据保护方式,存储器可分为以下存储类型:

表 2.1 数字处理及存储的概念

名 称	含义或内容								
二进制符号表	L/O; 1/0; 是/否								
位	二进制信息单位(二进制符号)								
位串	多位比特字:LOILOLOO								
字(字长)	二进制符号的固定组合。它表示每字占据的位数,与计算机型号有关(16, 32, 48, 64, 72 位)								
字节	八个二进制信息单位								
数字	实型常数:带浮点的数,如 21.5 整型常数:整数,如以 3 作为标识符								
CPU 时间	中央处理机的运行时间								
MIPS	百万条指令/秒。它与计算机结构和计数方式有关								
存储地址	为确保数据存取可靠,把字节地址及其地址空间标记为地址 <table border="1" data-bbox="359 817 680 966"> <tr> <td>字节地址</td><td>地址空间</td></tr> <tr> <td>8 位</td><td>$2^8 = 256$</td></tr> <tr> <td>16 位</td><td>$2^{16} = 65536$</td></tr> <tr> <td>32 位</td><td>$2^{32} = 4295 \times 10^9$</td></tr> </table>	字节地址	地址空间	8 位	$2^8 = 256$	16 位	$2^{16} = 65536$	32 位	$2^{32} = 4295 \times 10^9$
字节地址	地址空间								
8 位	$2^8 = 256$								
16 位	$2^{16} = 65536$								
32 位	$2^{32} = 4295 \times 10^9$								
存储容量	允许容纳的信息量 1 字节 = 8 位 1 千字节 = $2^{10} \times 8 = 1024 \times 8 = 8.192 \times 10^3$ 位 1 兆字节 = $2^{20} \times 8 = 1048576 \times 10^6 \times 8 = 8.39 \times 10^6$ 位 1 千兆字节 = $2^{30} \times 8 = 1073741827 \times 10^9 \times 8 = 8.56 \times 10^9$ 位								

主存储器是计算机的工作存储器。计算机工作时,所执行的指令和操作数均从主存储器中取出。CAD 系统中每个工作台至少享有 1M 字节的内存,系统具有三维功能时要求 4M ~ 6M 字节。随着技术的发展,计算机内存容量也在不断增大。存取周期一般为 10 ~ 100ns 之间($1\text{ns} = 10^{-9}\text{s}$)。主存储器内部的数据往往会因停电或发生电路故障造成丢失。

若要求外部存储器,可以考虑采用磁盘存储器和磁带存储器。磁盘存储器常用来存放操作系统、程序和数据,它是主存储器的扩充。磁盘按盘片安装方式分为固定和可互换两类。盘片上下两侧具有同心的磁道,工作时盘片以恒定的转速旋转。磁道数目随磁盘结构而异,一般可有 100 ~ 1000 条磁道(图 2.3)。浮动磁头在盘面磁层按磁道写入或读出数据,浮动磁头与盘片间保持稳定的微小间隙,经滤尘器滤清的空气不断送入盘腔,保持盘片和浮动磁头处于高度净化的环境内,以防止浮动磁头与盘面划伤。可互换磁盘便于保养。几片盘片同轴连装在一起的部件称为盘组。这种磁盘存储器的存储容量可达 100MB ~ 1000MB (100MB 为 50000 页打印纸的信息量),存取周期较短,一般随盘片位置而异,介于 0.02 ~ 0.1s 之间。而且在正常的环境条件下能采取数据保护措施。

磁带存储器用来保存数据、文本和存放目标模块及非当前需要的程序模块。图 2.4 所

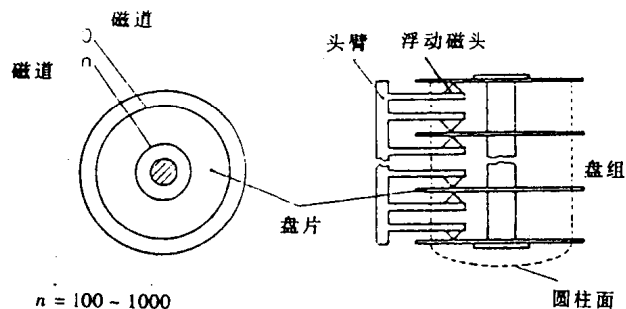


图 2.3 磁盘存储器的基本结构

示一磁带存储器结构。磁带通常长度为 730m, 宽度 1.3cm, 有 9 个磁道, 其中 8 个磁道用作记录数据, 第 9 道记录数据的奇偶性。当数据读出时, 它用以检查读写操作是否正常。

磁带单元的基本结构

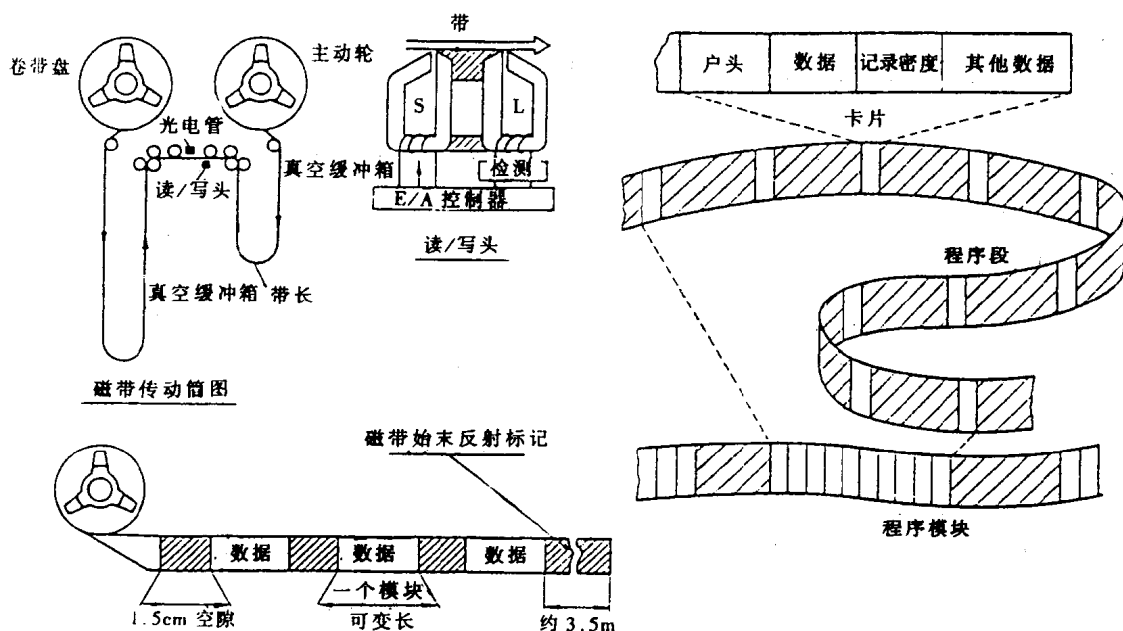


图 2.4 磁带机结构原理图和带面数据组织

数据块是磁带读写数据的基本单位。磁头用以识别和控制当前的数据块。鉴于起动时会引起加速的缘故, 在数据块之间设置 1.5cm 的空白间隔。将若干个数据记录在一个数据块内。这种做法提高了磁带存储容量和读写过程中数据的传送量。磁带存储容量达 30 兆字节(记录密度: 1600 字节/英寸), 按前述折算法推知: 它相当于近 1.5 万页打印纸的信息量。存取时间随数据存放的位置而异, 可为一秒到几分钟的范围内。磁带能脱机保管, 在正常的环境下能实现长期的数据保护。

在设备安装尺寸受限制的情况下, 优先选用较小规格的磁带。诸如光学系统或光磁系统之类的新工艺在存储媒介领域内也逐步开始使用。

2.3 图形显示器

2.3.1 成像方法

本节只扼要地介绍成像方法和图形显示器的基本结构。

两点之间的连线能用矢量来描述,矢量发生器可以用来描述两点之间的连线。此外,还有字符如字母、数字和专用符号,而这些字符往往是由字符发生器根据 ASCII 码生成的(参照第 11.2 节)。

如图 2.5 所示,线段的成像可考虑采用两种方法:向量显示法和光栅扫描显示法。前者利用矢量发生器控制显像管的阴极射线,从矢量的始端发向矢量的末端(参照图 2.8)。画线时需存取屏幕上图形坐标位置及其对应关系,所以要求图像存储管提供一定的存储单元。图形数据取自于计算机,以备图像存储管所用(参照图 2.6)。后者只能逐点成

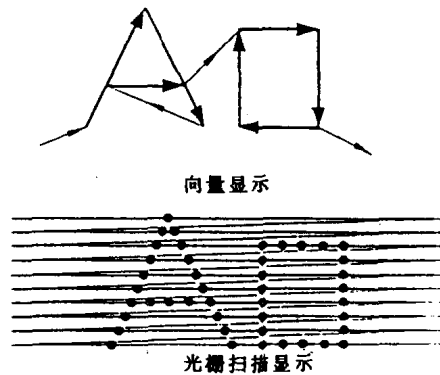


图 2.5 显示器的工作方式

像,因而要先把矢量发生器输出的信息转换成像素,再将它们存放在像素矩阵存储器内,进而才能逐行显示各像素,如图 2.5 和图 2.6 所示。显然,这种成像法需要大量的存储单元。由于光栅扫描是从左到右、自上而下一行行地有规律地进行,所以会使倾斜线段产生微小的偏转,并使光滑的曲线呈现锯齿状,如图 2.7 所示。这意味着该现象受行扫描增量的制约,并与显示器的分辨率有关。

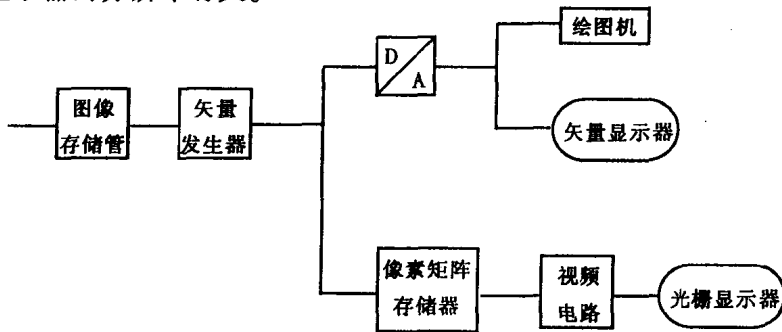


图 2.6 矢量发生器控制的输出器件

分辨率的高低是反映图形显示器性能优劣的重要指标,在此将像素间距离理解为分辨率。光栅扫描法把图素尺寸视为像素尺寸,它的数值接近于像素间距。最近,有人推荐使用如下的光栅显示器分辨率计算公式:

$$\text{像素间距} = \frac{\text{行长}}{\text{像素的数目}}$$

并建议在工程应用时它应低于 0.3mm。

若对采用向量显示法的显示器进行分辨率计算,只要先将可控制点数量置换成像素数目,然后再进行计算。

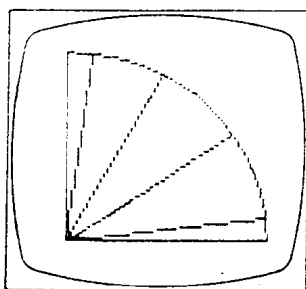


图 2.7 光栅扫描方式显示斜线或曲线时的锯齿形效应
(低分辨率显示器)

表 2.2 所列数据表明:分辨率与显示器规格原则上无关。这就是说小尺寸显示器可能有高分辨率,大尺寸显示器也有可能低分辨率。

表 2.2 各种规格显示器的像素与分辨率

	显示屏尺寸	像素数目	水平分辨率
矢量显示器 (具有存储功能) 例:T4014	363mm × 274mm 19"	12.7×10^6	0.09mm
光栅显示器 例:13070	548mm × 411mm 27"	2.08×10^6	0.33mm
T4115	343mm × 274mm 19"	1.31×10^6	0.27mm
T42XX			
T4107	240mm × 180mm 13"	0.307×10^6	0.372mm
T4207			
简易显示器 例:DEC VT220	207mm × 127mm 12"	0.285×10^6	0.53mm

注:T—Tektronix 公司;I—Interpro 公司。

2.3.2 基本结构及其特点

存储式矢量显示器是有较长余辉持续时间的存储显示器,如图 2.8 所示。电子束轰击阴极射线管表面的荧光涂层,使荧光粉发光。通过控制电子束的能量对图形显示位置加大辉度,从而在荧光屏上扫描出任意的图形。射到荧光屏面的电子束的扫描轨迹马上就会暗下来。为了让人能够识别图形,电子束的扫描线必须保持一段时间。

优点:

- 随电子束偏转精度而确定的很高的分辨率,分辨率约 0.07mm;
- 能显示具有清晰的线条和字符的任意复杂的图形;
- 具有一定存储图形显示功能。

缺点:

- 阴极射线管或其荧光涂层寿命低;

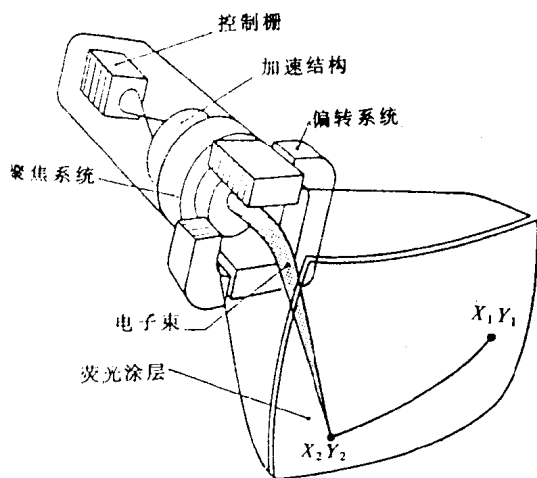


图 2.8 阴极射线管结构

- 难以实现彩色显示；
- 对比度低,即对工作环境有光照要求；
- 一般不能有选择地显示图形去进行修改,而且这往往又是十分必需的。

刷新式矢量显示器可以存储图形显示,并将其显示在较短余辉的荧光屏上。它能以恒定的速率反复显示屏幕上的图形。

优点:

- 分辨率很高,约 0.07mm；
- 可对显示的图形进行修改；
- 良好的对比度；
- 提供实时仿真,如显示某个运动的画面。

缺点:

- 不宜显示复杂画面,因像素多,刷新时间长会引起画面的闪烁；
- 无法以阴影反映层次；
- 颜色范围有限,因为靠电位使电子束穿透荧光层使之发光,而可供使用的荧光粉颜色不多；
- 必须用向量集的形式显示文本；
- 价格较高,尤其是用于显示画面有彩色要求的场合。

刷新式光栅显示器采用与家用电视画面相同的原理。

如图 2.9 所示,荧光屏内表面涂有排列成三角形的荧光粉点阵。每个点阵有三个点,它们被各自的电子束击中,分别发出彼此无关的绿光、蓝光和红光。由于三种颜色的电子枪相互紧挨,排列成三角形;况且三点组又如此之小,使观察者所感觉到的不是红、绿、蓝三个独立的点,而是三种颜色的混合色。紧靠屏幕后面是影孔板,它的任务是保证三点组的每个点仅仅受到一个电子枪的电子束作用。所显示彩色画面的刷新频率为 30 ~ 120 次/s。

优点:

- 颜色范围广,灰度级别多,只要每像素存储 8 个比特就能获取 256 种色调；