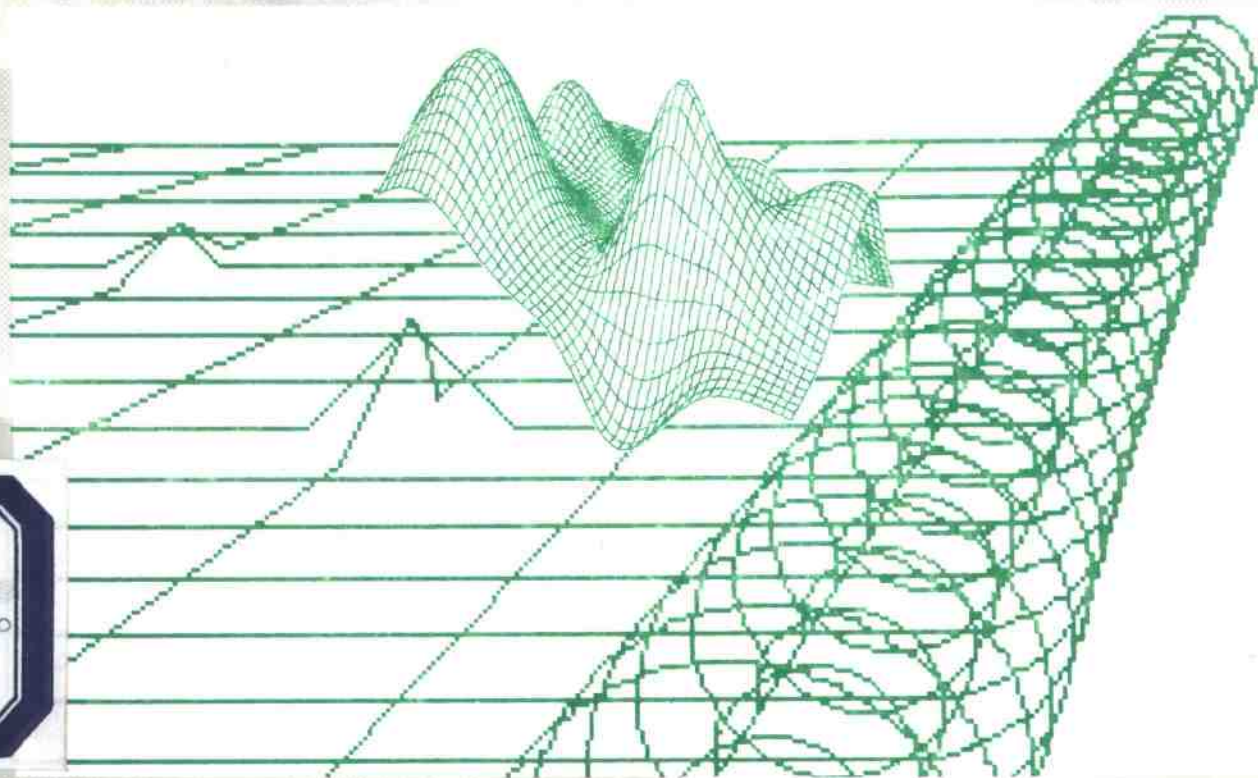


数字化仪应用方法

瓮正科 编



北京科海培训中心

数字化仪应用方法

瓮正科 编

北京科海培训中心

单 位：北京科海培训中心
通讯地址：北京海淀路82号科海培训中心
门市地址：海淀文化馆平房
(332、320、302路黄庄站下车，沿海淀
剧院北马路往东100米)
电 话：2562449 2562954

前 言

计算机图形学是计算机科学中一门非常重要的学科，计算机辅助设计（CAD）在国民经济中发挥着越来越重要的作用，原来人工若干繁杂劳动正在不断地被计算机所代替，使得工作效率大大提高，新产品的开发周期大大缩短。CAD 系统是一个涉及到计算机硬件设备比较多的系统，一般有计算机，高级打印机，大屏幕显示器，绘图机，数字化仪，扫描仪，硬拷贝机等。数字化仪是 CAD 系统中一个重要的输入设备，它能够实现计算机交互式作图，输入大型精密图片等等。在实际使用中，发现很难找到一本详细介绍数字化仪的书籍，至于如何利用数字化仪进行程序设计，更是无从下手，为此，作者结合工作实际，撰写了这本书，仅供参考。

本书共分九章，简介如下：

第一章 数字化仪引论 介绍了数字化仪的组成、工作原理、分类。

第二章 数字化仪性能及其比较 介绍了数字化仪各种参数，包括输出格式，数据转换率，操作方式等等，以及这些参数的相互关系和计算方法。最后简要比较了各种数字化仪的性能。

第三章 异步通信协议与程序设计 主要介绍了异步串行通信协议，异步通信原理和异步通信程序设计基础。

第四章 数字化仪与计算机之间的连接 介绍了各种数字化仪与计算机之间的连接方式。

第五章 数字化仪的参数设置方法 系统地介绍了菜单设置方法和开关设置方法，菜单设置方法主要针对 Calcomp 数字化仪感应板上的菜单进行设置；开关设置参数方法主要针对 Super 和 TG-8000 系列数字化仪。

第六章 MM、2000 和 Super 控制命令 首先介绍了 Summagraphics MM，CalComp 2000 控制命令，并论述了这两种数字化仪的兼容命令，最后介绍了 Super 控制命令。

第七章 CalComp 9X00 控制命令 主要介绍了 CalComp 9X00 系列的控制命令以及控制命令编程。

第八章 TG-8000 控制命令 主要介绍了 TG-8000 系列的控制命令。

第九章 数字化仪的程序开发 主要介绍了如何利用数字化仪进行程序设计，如参数的测试，作图程序设计和菜单程序设计等。

本书主要讨论了数字化仪的控制命令，参数设置和程序设计。书中使用大量的图表，使得言简意明，通俗易懂。由于关于数字化仪的书籍很少，若干名词也不规范，不统一，作者在这本书中作了相应的定义，例如英文 RUN 操作方式，是译成运行方式，还是译成连续方式呢？这两种译法作者认为都不贴切，应译成连续流，因为这种操作方式是指，当运行在该方式时，无论定标器的键处于什么状态，感应板都在向主机“连续不断”地发送座标数据。有的国外厂商把这种方式又称之为 Stream（流）方式。所以译成连续流操作

方式比较好。另外还有许多名词，如：感应板，数据转换率，开关流等等名词在本书中都得到统一定义。

这本书内容通俗易懂，适合从事 CAD 或者图形图像处理的科研人员参考，也适合作为数字化仪的入门教材。

瓮正科

1992.1

目 录

第一章 数字化仪概论	(1)
1.1 数字化仪的组成	(1)
1.1.1 感应板	(1)
1.1.2 点设备	(2)
1.2 数字化仪的分类	(2)
1.3 台架式数字化仪	(2)
1.4 自由游标式数字化仪	(3)
1.4.1 电磁感应式数字化仪	(4)
1.4.2 静电耦合式数字化仪	(6)
1.4.3 磁致伸缩式数字化仪	(6)
1.5 自动读取式数字化仪	(7)
第二章 数字化仪性能及其比较	(9)
2.1 性能参数的定义	(9)
2.1.1 操作方式的定义	(9)
2.1.2 其它参数的定义	(9)
2.2 输出格式	(10)
2.2.1 格式数据的定义	(10)
2.2.2 ASCII 输出格式	(10)
2.2.3 二进制输出格式	(15)
2.2.4 点设备输出与输出格式的关系	(18)
2.2.5 数字化仪与格式之间的关系	(19)
2.3 性能参数相互关系	(19)
2.3.1 数据转换率与输出格式的关系	(21)
2.3.2 数据转换率与波特率及格式的关系	(21)
2.4 数字化仪的主要性能比较	(22)
第三章 异步通信协议与程序设计	(24)
3.1 异步通信协议	(24)
3.1.1 并行与串行通信	(24)
3.1.2 异步通信协议规则	(25)
3.1.3 波特率	(26)
3.1.4 起始位	(26)
3.1.5 数据位	(26)

3.1.6	奇偶检验	(27)
3.1.7	停止位	(27)
3.2	INS8250 异步通信控制器	(28)
3.2.1	异步通信控制器简介	(28)
3.2.2	8250 的寄存器地址分配	(29)
3.3	异步通信程序设计基础	(30)
3.3.1	8250 的初始化	(30)
3.3.2	通信编程步骤	(34)
3.3.3	BIOS 的异步 I/O 调用	(35)
3.3.4	异步通信板的程序检测	(37)
第四章	数字化仪与计算机的连接	(41)
4.1	RS-232C 接口引脚说明	(41)
4.2	Calcomp 系列数字化仪与计算机的连接	(42)
4.2.1	Calcomp 2000 系列数字化仪	(42)
4.2.2	Calcomp 9000 系列数字化仪	(43)
4.2.3	Calcomp 9100 系列数字化仪	(44)
4.3	Houston 系列数字化仪与计算机的连接	(45)
4.3.1	Houston Instrument Series 7000 数字化仪	(45)
4.3.2	Houston Instrument HIPAD 数字化仪	(45)
4.4	Summagraphics 数字化仪与计算机的连接	(46)
4.4.1	Summagraphics Bit Pad One 数字化仪	(46)
4.4.2	Summagraphics MM 系列数字化仪	(46)
4.4.3	Summagraphics Micro Grid 数字化仪	(46)
4.5	Hitachi 系列数字化仪与计算机的连接	(47)
4.5.1	Hitachi Hicomscan HDG 系列数字化仪	(47)
4.5.2	Hitachi Tiger 数字化仪	(48)
4.6	TG 系列数字化仪与计算机的连接	(49)
4.6.1	TG 数字化仪型号与面积关系	(49)
4.6.2	TG-8000 数字化仪的数据接口情况	(49)
4.6.3	TG-8000 数字化仪的联机方式	(50)
4.7	其它系列数字化仪与计算机的连接	(50)
4.7.1	GTCO Digipad 5 数字化仪	(51)
4.7.2	Kurta Series 1 数字化仪	(51)
4.7.3	Numonics 2200 系列数字化仪	(52)
4.7.4	SAC GP-7 Grafbar 和 GP-8 数字化仪	(52)
4.7.5	SUPER 数字化仪	(53)
4.8	通电检查	(53)

第五章 数字化仪的参数设置方法	(55)
5.1 菜单的定义与操作步骤	(55)
5.1.1 菜单的定义	(55)
5.1.2 菜单的操作步骤	(56)
5.1.3 参数存储与恢复的过程	(57)
5.2 菜单设置选择	(58)
5.2.1 设置方式和校验	(58)
5.2.2 波特率的设置	(59)
5.2.3 输出格式设置	(59)
5.2.4 数据转换率设置	(60)
5.2.5 分辨率设置	(61)
5.3 固定参数的设置情况	(61)
5.3.1 厂商缺省设置	(61)
5.3.2 软件包与数字化仪的固定参数搭配	(62)
5.4 Super 数字化仪的开关设置	(62)
5.4.1 开关组 1 的设置	(64)
5.4.2 开关组 2 的设置	(67)
5.4.3 设置举例	(65)
5.5 TG-8000 系列数字化仪的开关设置	(67)
5.5.1 内部参数锁定	(67)
5.5.2 波特率设置	(67)
5.5.3 停止位设置	(68)
5.5.4 奇偶校验	(68)
5.5.5 设置举例	(68)
第六章 MM、2000 和 Super 控制命令	(70)
6.1 MM 和 2000 控制命令	(70)
6.1.1 Summagraphics MM 命令	(70)
6.1.2 CalComp 2000 命令	(71)
6.2 MM 与 2000 的兼容命令	(71)
6.2.1 2000 和 MM 兼容命令	(71)
6.2.2 分辨率的控制	(72)
6.2.3 用 X,Y 刻度改变分辨率	(73)
6.2.4 其它控制命令简述	(74)
6.3 Super 控制命令	(75)
第七章 CalComp 9X00 控制命令	(76)
7.1 9X00 控制命令总论	(76)
7.1.1 命令关键词定义	(76)

7.1.2	9X00 控制命令表	(76)
7.2	异步通信参数控制命令	(76)
7.2.1	通信口控制	(77)
7.2.2	通信参数控制	(78)
7.3	数字化仪参数控制	(78)
7.3.1	操作方式控制	(78)
7.3.2	改变格式	(79)
7.3.3	提示的建立与取消	(79)
7.3.4	换行控制	(80)
7.3.5	设置分辨率	(80)
7.3.6	设置数据抓转换速率	(81)
7.3.7	存储当前设置参数	(81)
7.4	其它控制命令	(82)
7.4.1	边界数据设置	(82)
7.4.2	感应板复位	(82)
7.4.3	发送感应板尺寸	(83)
7.4.4	设置 X 增量值	(83)
7.4.5	设置 Y 增量值	(83)
7.4.6	设置边缘数据	(84)
7.5	综合举例	(84)
第八章	TG-8000 控制命令	(85)
8.1	输出格式的控制	(85)
8.1.1	输入格式定义	(85)
8.1.2	输出行注释	(88)
8.1.3	缺省状态与格式	(90)
8.2	用 16 键定标器设置参数	(89)
8.3	控制命令	(90)
8.3.1	基本控制命令	(90)
8.3.2	控制命令	(92)
8.3.3	输出格式控制命令	(92)
8.3.4	坐标原点控制命令	(92)
8.3.5	操作方式控制命令	(93)
8.3.6	查询命令	(95)
第九章	数字化仪的程序开发	(96)
9.1	通信与作图编程基础	(96)
9.1.1	通信编程基础	(96)
9.1.2	作图命令回顾	(97)

9.2	基于 ASCII 输出格式的程序设计	(98)
9.2.1	ASCII 输出格式测试	(98)
9.2.2	ASCII 输出格式下交互描点	(102)
9.2.3	ASCII 输出格式下的图形系统	(104)
9.3	基于二进制输出格式的程序设计	(111)
9.3.1	二进制输出格式测试	(111)
9.3.2	二进制输出格式下交互描点	(115)
附录	ASCII 码介绍	(118)
1.	ASCII 表	(118)
2.	图案字符	(118)
2.1	数字字符	(118)
2.2	拉丁字母表	(119)
2.3	特殊字符	(119)
3.	控制字符	(119)
3.1	物理设备控制字符	(120)
3.2	逻辑通信控制字符	(120)
3.3	物理通信控制字符	(121)
3.4	信息分隔字符	(121)
3.5	代码扩展的控制字符	(121)

第一章 数字化仪概论

在计算机图形学和 CAD 的大量应用中，一个至关重要的任务就是要把若干图形输入到计算机中去。这些图形计算机不能直接识别，必须数字化即将其坐标输入到计算机。专门实现这一功能的计算机外部设备叫数字化仪。即所谓数字化仪是指专门用来读取图形信息的计算机输入装置。

本章就数字化仪的组成、分类及几种典型的数字化仪原理进行简单地介绍。

1.1 数字化仪的组成

现代数字化仪设备比较简单，一般由两部分组成，第一部分是感应板部分（又叫画板 DrawingBoard，但叫感应板比较确切），第二部分是点设备（Pointing devices），又叫传送器或者游标。对于立式的数字化仪还有一个底座，是为了架感应板用的。下面简单介绍感应板和点设备。

1.1.1 感应板

感应板是数字化仪最重要的设备，其外形如图 1.1.1.1 所示。它根据不同的原理，其内部构造不尽相同，其板内有可能放的是磁致伸缩线，有可能是放的静电感应线圈等等。总之，感应板总是构造一个待感应的环境，当点设备在其上面移动时，就得到相应的电信号。

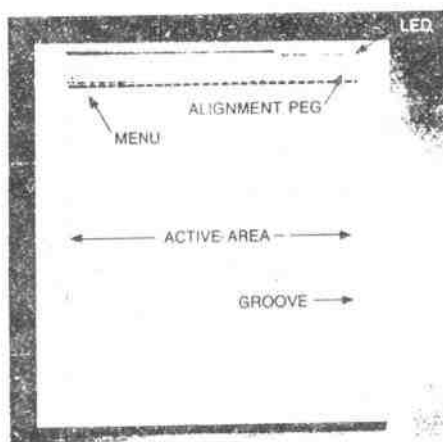


图 1.1.1.1 感应板外形

一个感应板不是所有的区域都有效，它总是要定义一个有效区域（Active area）。在有效区域内可以实现有效地数字化，超出有效区域就不保证数字化的精度和正确性。另外在感应板上，有的数字化仪还设有软菜单，用来设置数字化仪的性能参数，在后面章节中将详细论述。还有大多数数字化仪的感应板上都有指示灯（Indicator light），用来指示数

数字化仪的工作情况。

1.1.2 点设备

在现代数字化仪中，常常使用 4 键定标器，16 键定标器，接触开关笔，一键开关笔，两键开关笔和压力敏感笔等点设备。其形状如图 1.1.2.1 所示。

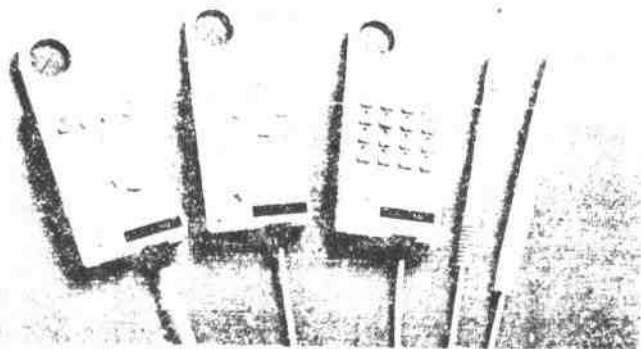


图 1.1.2.1 点设备

这些点设备的操作可用于绝对方式和相对方式，主要取决于你的用户程序包的选择。这些点设备的使用方法很简单，当你把图纸放在感应板的有效面积上，想将图形输入到计算机时，只要将定标器的十字线对准要输入的点，然后按一下键，就将信息输入到计算机中，在图纸上不断移动，就输入相应的信息。下面简述这些点设备的情况。

1. 4 或 16 键定标器 这类定标器，其功能类似一个小键盘，用户程序可以通过接收其按键状态数据而运行相应的程序。定标器上的键可以在用户程序中进行定义设置。这种功能在一些专业 CAD 中是十分有用的。

2. 接触开关笔 这种笔允许你迅速画草图和点菜单。笔尖类似于定标器的键。把笔放在你所希望数字化的点上，然后轻轻一压，你会听到一声卡搭声，然后抬起，就发送了一对坐标数据。如果要发送一系列数据，只要拿住笔按一定的速度移动即可。

3. 一键笔 这种笔可作为标准笔使用，边上的开关可用于设置命令，笔尖等于定标器的 0 键，开关等于定标器的 1 键。

4. 两键笔 这种笔同样可作为标准笔使用，边上的按键可用来设置命令。这种两键笔的功能相当于四键定标器的三键功能。笔尖是 0 键，开关是 1 键和 2 键。这悬可组合使用。

5. 压力敏感笔 压力敏感笔允许用户通过改变视在笔尖上的压力，实现用户和系统的数据通信。软件可对压力的级别设置相应的值，用来改变诸如行宽和颜色之类的参数。

6. 其它 除上述点设备之外，还有 3 键定标器，12 键定标器等等。

1.2 数字化仪的分类

数字化仪根据尺寸和使用条件的不同，大致可分为两大类，即大型数字化仪和小型数

数字化仪。大型数字化仪能够读取大面积的图形信息，它们常常被做成立式。小型数字化仪则读取小面积的图形信息，能够放在桌子上，使用起来灵活、方便，通常叫做图形输入板或平板式数字化仪 (Tablet)。本书对这类输入装置不加区别，统称为数字化仪。

数字化仪还可以按操作方法分类，有自动式和非自动式两大类。自动式又分为扫描式和线性跟踪式，而非自动式又分为台架式和自由游标式。根据定位的测试方法还可以进一步细分。图 1.2.1 是数字化仪的分类情况。

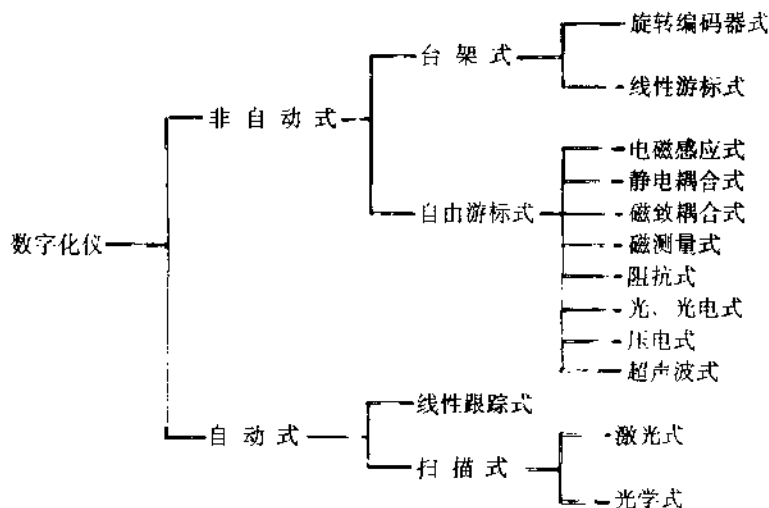


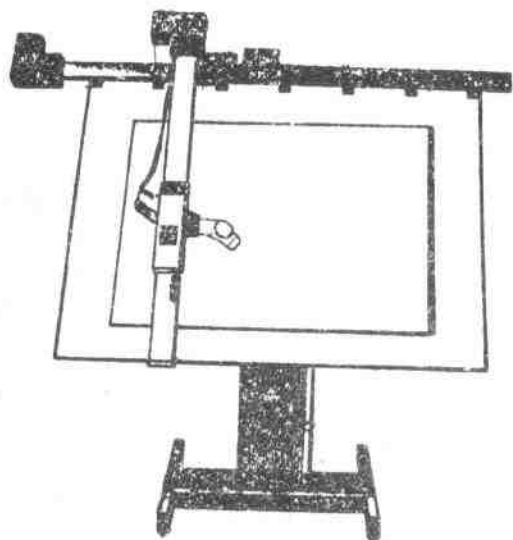
图 1.2.1 数字化仪的分类

自动式数字化仪的图形输入既快又省力。但一张图纸往往由数万个，甚至数十万个信息组成。对这么多的信息一下子全部输入计算机，需要大容量的存储器。所以，硬件的造价比较高。这就给自动式数字化仪的应用带来了一定的限制。相反，非自动式数字化仪成本低，在技术上容易实现，所以在实际中被大量采用。

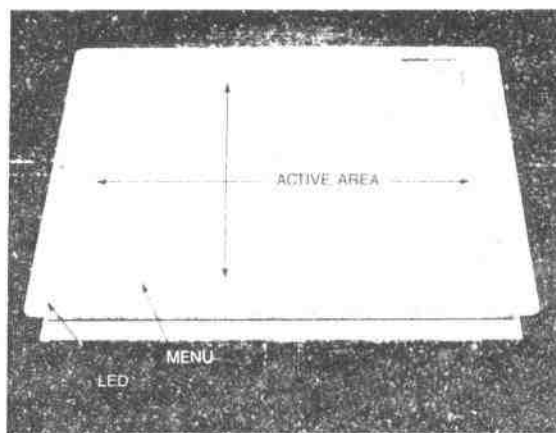
下面就上述所分类的几种数字化仪进行简要介绍。

1.3 台架式数字化仪

在非自动式数字化仪中，台架式一般用于大型数字化仪。现在一种国产的台架式数字化仪如“英雄”牌，利用旋转编码器或者直线刻度尺确定座标的位置。它是将 X 轴和 Y 轴交叉点对两轴的位移量以机械方式读取，并把它转换成点信号后，输给计算机，求出 X 轴和 Y 轴的座标。它的精度取决于旋转编码器或直线刻度尺的精度。一般这类台架式数字化仪的分辨率为 0.01~0.02 毫米。其综合精度在 ± 0.1 毫米以下。读取范围在 900 毫米 $\times$ 1200 毫米左右。这种数字化仪操作复杂。现在国外的一些台架式数字化仪，大部分的读数方式是采用磁致方式，其精度可以做得很高，且操作也更方便，灵活。图 1.3.1 是两种台架式数字化仪。



A. 国产台架式数字化仪



B. 国外台架式数字化仪

图 1.3.1 台架式数字化仪

1.4 自由游标式数字化仪

在前面的分类中，我们把大型的数字化仪分为台架式。另一方面，从点设备的角度划分，又分为自由游标式和刻度滑尺式。在国产的台架式数字化仪中，大都采用刻度滑尺式的。现在国外不论是大型数字化仪还是小型数字化仪都是采用自由游标式的。它的使用范围很广。一般分辨率为 0.025 毫米-0.1 毫米。综合精度为 $\pm 0.1-0.5$ 毫米。读取范围从 280×280 毫米到 1075×1530 毫米。

自由游标式数字化仪的种类繁多，即使采用同样的原理，所生产的厂家不同，其结构也不相同。下面通过具有代表性的电磁感应式，静电耦合式和磁致伸缩式的数字化仪作一简单介绍，使得读者对数字化仪有一个初步的了解。

1.4.1 电磁感应式数字化仪

电磁感应式数字化仪，是根据电磁感应的原理来确定自由游标位置的。具体方法有两种，第一是相位差方法，第二是二极管定位方法，下面分别介绍。

1. 相位差方法 利用相位差方法确定游标位置的数字化仪，其结构如图 1.4.1.1 所示。它由游标和平板两部分组成。在游标里面没有设置输入线圈，而在平板里面设置相互垂直的两组线圈。当游标在平板上移动时，通过这两组相位差为 90 度的检测线读出感应信号，来确定游标的座标位置。

设在图 1.4.1.2 所示的输入线圈的两端输入交流电压为 E_1 ，

$$E_1 = A_1 \cos \omega t \quad (1.1)$$

公式中， A_1 表示常数； ω 表示角频率。

则在这两组检测线产生如图 1.4.1.2 (B) 所示的感应电压。此感应电压值与输入线圈距离的关系如下。

$$E_{\sin} = A_2 \sin(2\pi x / p) \cos \omega t \quad (1.2)$$

$$E_{\cos} = A_2 \cos(2\pi x / p) \cos \omega t \quad (1.3)$$

式中, A_2 为常数, p 为检测线间距, x 为输入线圈的位置。用时间 t 对 $E_{\cos}$ 求导, 则有:

$$E'_{\cos} = \frac{A_2}{\omega} \cos(2\pi x / p) \sin \omega t \quad (1.4)$$

将(1.2)和(1.4)两相加, 则得

$$E_0 = E_{\sin} + E'_{\cos} \quad (1.5)$$

从(1.1)和(1.5)两式可知, E_0 和 E_1 之间存在相位差, 且这个相位差的大小与输入线圈的移动距离成正比。因此, 通过计算 E_0 和 E_1 之间的相位差, 就能求出一个周期内在检测线上输入线圈的位置。

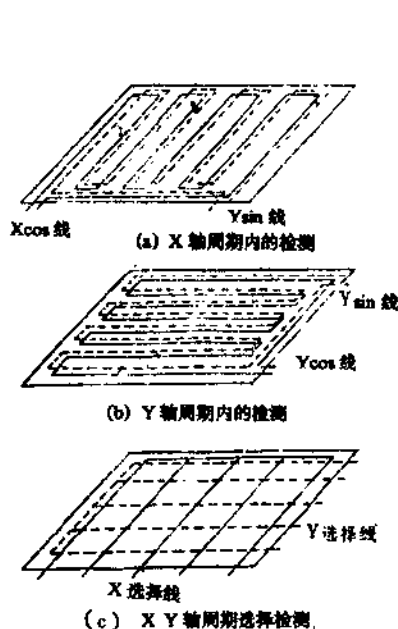


图 1.4.1.1 相位法数字化仪的结构

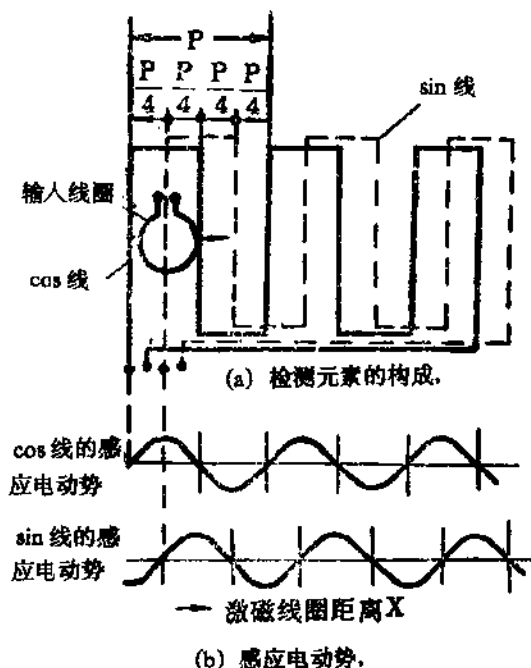


图 1.4.1.2 两组检测线的感应输出信号

2. 二极管法 利用二极管定位的数字化仪结构如图 1.4.1.3 所示。这种数字化仪由二极管、环形计数器和游标(输入线圈)组成。环形计数器的每个输出端与二极管连接成扫描线。在图中每个二极管的负极与环形计数器相连, 正极连在一起, 形成一个公共端, 并通过一个电阻接到电源的高电平。在图中画出的是 X 轴的扫描线, 为了确定输入线圈在 X 轴方向的坐标, X 轴环形计数器依次向相应的扫描线发出扫描脉冲, 这时, 游标附近的各扫描线通过公共输出点输出感应信号。一般这种结构的扫描线的间隔为 10.24 毫米, 而游标的输入线圈内径为 25.5 毫米。

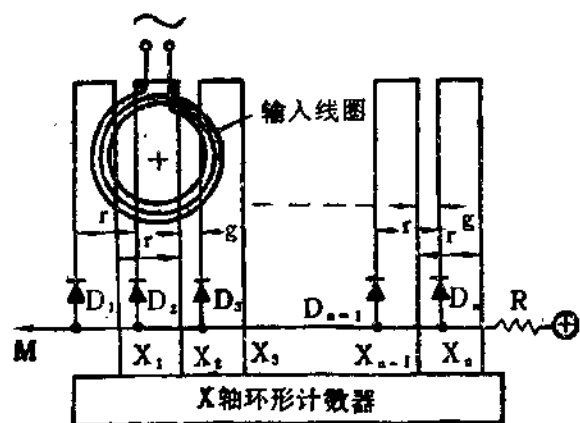


图 1.4.1.4 二极管法的数字化仪的结构

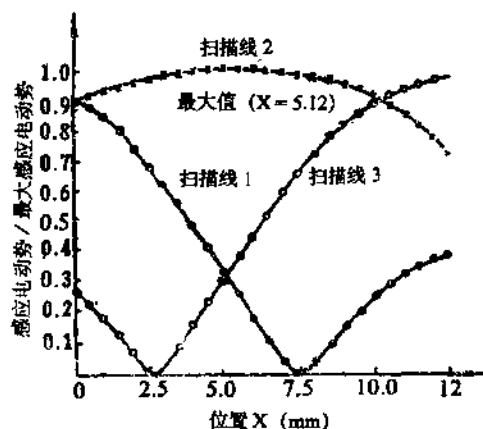


图 1.4.1.5 游标位置与感应电动势的关系

图 1.4.1.5 表示当输入线圈在平板上移动时，其位置与感应电压之间的关系。从图中可以看出，感应电压的最大值产生在输入线圈中部所对应的扫描线上。

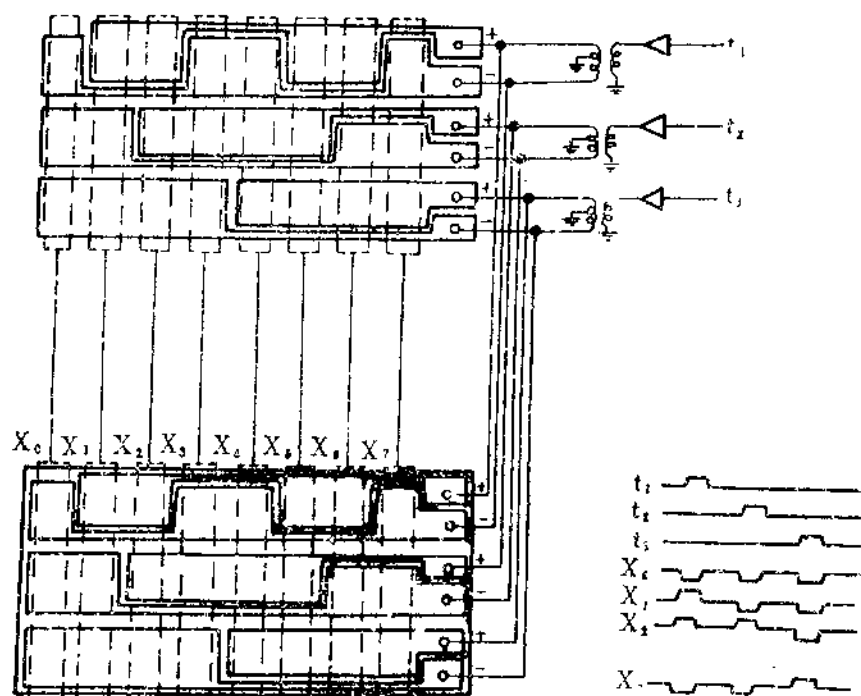
1.4.2 静电耦合式数字化仪

静电耦合式的数字化仪的结构如图 1.4.2.1 所示。在图 (A)，T1, T2, T3 表示输入信号，其波形如图 (B) 所示。当这种脉冲信号依次输入时，在电极线 X0-X7 上就感应出表示位置信息的电压。此时，如果将检测笔在数字化仪的平板上移动，通过检测电极线上的输出信号就可以求出笔的位置。这种静电式数字化仪与电磁感应式正好相反，它是利用笔的检测线圈来完成信号输出的。

1.4.3 磁致伸缩式数字化仪

磁致伸缩式的数字化仪的结构如图 1.4.3.1 所示。在平板面上预先偏置一定的磁场，并在平板里面设置了 X、Y 写线和磁致伸缩延迟线。当电流流过写线时，在磁致伸缩延迟线中就会产生振动。这种振动波在延迟线中传递的速度与传递距离成正比。因此在写线上通电流时，测定振动波到达测试笔检测线圈所需要的时间，就可以求出检测线圈的位置。

这种数字化仪的最大缺点是很容易受外界磁场的干扰，其优点是结构非常简单。由于振动波的传递速度和传递距离存在正比关系，所以精度可以做的很高。如果在抗干扰方面采取相应措施，这种方式的数字化仪其性能价格比是最高的，所以，目前国外所生产的数字化仪几乎都是磁致伸缩式的。



(A) 电极构成

(B) 时间图

图 1.4.2.1 静电耦合式数字化仪的结构

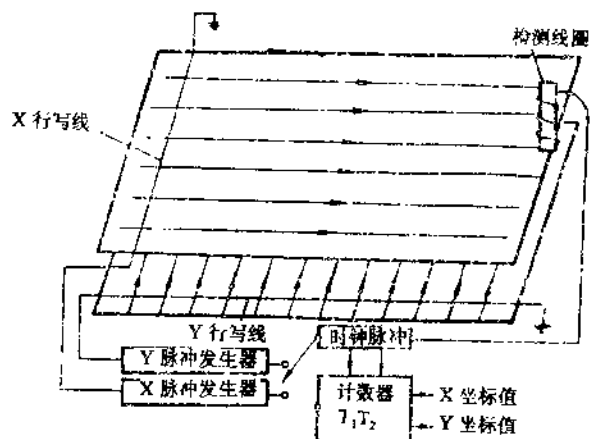


图 1.4.3.1 磁致伸缩式数字化仪的结构

1.5 自动读取式数字化仪

在非自动式数字化仪中，图形信息的输入是靠人工操作完成的。在手工操作中，由于