

计算机图形学

陈真 孙伟 编译



北京航空航天大学出版社

计 算 机 图 形 学

陈 真 孙 伟 编译

张 微 元 译 校

北京航空航天大学出版社

内 容 简 介

本书从计算机软件专业角度出发,由浅入深、循序渐进地讨论了设计计算机图形软件系统过程中所要解决的各种主要技术问题。

本书选用美国图形设计标准协会开发的CORE系统作为教学上的模型。全书遵循理论与实践相结合的原则,学生参考本书中的算法就可建立起自己的图形系统。

全书共分12章,前6章首先介绍流行的几种图形软件,导出一些主要概念,然后讨论建立二维图形过程中应解决的向量生成、各种图元、多边形、图形变换、图段、开窗口及剪裁等问题。后6章先讨论图形交互技术,然后对三维图形的变换、剪裁、隐线、隐面、浓淡以及曲线的生成方法等进行了讨论。

读者对象:大学师生、有关科技人员。

计 算 机 图 形 学

Jisuanji Tuxingxue

编 译 陈 真 孙 伟

译 校 张微元

责任编辑 肖之中

北京航空航天大学出版社出版

新华书店总店科技发行所发行 各地新华书店经销

北京密云华都印刷厂印装

787×1092 1/16 印张:19.75 字数:506千字

1990年元月第一版 1990年元月第一次印刷 印数:6000册

ISBN 7-81012-046-8/TP·025 定价:3.95元

前 言

计算机图形学是随着电子计算机的发展而迅速发展起来的一门颇为活跃的新兴学科。目前它已渗透到了各行各业中，并已成为这些领域中不可分割的一部分。在我国对这门学科的研究和探讨虽然起步较晚，但是目前它也已经被学术界和工程界所重视，并已开始从各个不同的角度对它进行研究和应用。

由于计算机图形学已成为计算机应用学科的一个重要分支，为了适应教学和科研的需要，我们编译了“计算机图形学”一书。本书从计算机软件专业角度出发，由浅入深、循序渐进地讨论了设计计算机图形软件系统过程中所要解决的各种主要技术问题。

本书选用美国图形设计标准协会开发的CORE系统作为教学上的模型。全书始终遵循理论与实践相结合的原则。学生参考书中的算法就可以建立起自己的图形系统，而且由于书中系统的结构是累进的，故可按逐次扩展的方式来建立CORE图形系统子集。

全书共分十二章，前六章首先简要介绍了当前流行的几种典型图形软件，从而导出了图形学中的一些主要概念，然后讨论建立二维图形过程中应该解决的向量生成、各种图元、多边形、图形变换、图段、开窗口及剪取等问题。后六章首先讨论了图形的交互技术，然后对三维图形的变换、剪取、隐线、隐面、浓淡以及曲线的生成方法等进行了讨论。

本书还注意到实践过程中设备的通用性问题，即无需专门的图形设备也能进行“计算机图形学”的教学。

本书前六章由陈真同志编译，后六章由孙伟同志编译。全书由陈真同志校阅。参加本书工作的还有张萍、孟奇以及贾杰和张明同志。这里还要感谢张微元同志不辞辛劳通读了全部书稿，为本书进行了译校。由于时间仓促及编译者水平有限，书中难免有不妥之处，恳切希望广大读者批评指正。

编译者

1987年8月

目 录

前 言

第一章 导 论

§ 1.1 计算机图形学简介	(1)
§ 1.2 典型图形软件	(2)
一、PLOT-10 图形软件	(2)
二、Auto CAD 图形软件	(3)
三、GKS 图形核心系统	(5)
参考文献	(9)
习题	(9)

第二章 向量生成与图元

§ 2.1 向量及其生成	(10)
一、向量	(10)
二、向量的生成	(11)
三、显示	(14)
§ 2.2 基本图元	(16)
一、基本图元命令	(16)
二、显示文件及其算法	(18)
三、解释程序及其算法	(22)
四、显示控制	(25)
§ 2.3 正文图元	(26)
一、字符	(26)
二、正文	(28)
三、算法	(29)
§ 2.4 线型图元	(33)
§ 2.5 应用实例	(36)
参考文献	(37)
习题	(37)

第三章 多边形

§ 3.1 多边形命令及其算法	(43)
§ 3.2 多边形的填充	(45)
§ 3.3 多边形的应用	(59)
参考文献	(60)

习题.....	(60)
---------	--------

第四章 图形变换

§ 4.1 比例变换	(65)
一、矩阵乘法	(65)
二、比例变换	(67)
三、特殊变换	(69)
§ 4.2 平移变换	(71)
§ 4.3 旋转变换	(72)
一、绕原点的旋转变换	(72)
二、绕任一点的旋转变换	(73)
§ 4.4 图形变换算法	(75)
一、建立变换矩阵	(75)
二、对坐标点进行变换	(79)
§ 4.5 显示过程	(83)
§ 4.6 应用实例	(85)
参考文献	(86)
习题	(86)

第五章 图 段

§ 5.1 图段及其操作	(89)
§ 5.2 图段的属性	(96)
§ 5.3 图段的存储和显示	(101)
§ 5.4 其他显示文件结构	(103)
§ 5.5 光栅技术及图段的应用	(104)
参考文献	(106)
习题	(106)

第六章 开窗口和剪取

§ 6.1 窗口、视口及其变换	(108)
§ 6.2 视图变换的实现	(111)
§ 6.3 图形剪取	(115)
§ 6.4 剪取的一般形式	(124)
参考文献	(126)
习题	(126)

第七章 图形交互技术

§ 7.1 交互输入设备	(129)
§ 7.2 输入设备的处理算法	(132)
§ 7.3 事件处理	(134)

§ 7.4 采样设备	(141)
§ 7.5 图段的可检测性属性	(141)
§ 7.6 选图设备和定位设备的相互模拟	(142)
§ 7.7 交互技术	(146)
参考文献	(151)
习题	(151)

第八章 三维图形

§ 8.1 三维图元	(153)
§ 8.2 三维变换	(153)
§ 8.3 绕任意轴的旋转	(156)
§ 8.4 平行投影和透视投影	(158)
§ 8.5 视图参数	(161)
§ 8.6 向视平面坐标系的转换	(165)
§ 8.7 三维视图变换	(168)
§ 8.8 特殊投影	(171)
§ 8.9 应用实例	(173)
参考文献	(175)
习题	(175)

第九章 三维剪取

§ 9.1 剪取体、剪取面和剪取参数	(177)
§ 9.2 三维剪取算法	(182)
§ 9.3 进一步修订和完善	(187)
参考文献	(190)
习题	(190)

第十章 隐面和隐线

§ 10.1 背面移去	(191)
§ 10.2 画家算法	(197)
一、汇集多边形	(197)
二、将多边形分解为三角形	(203)
三、三角形的排序	(207)
(一) 极小极大检查	(207)
(二) 进一步检查	(209)
(三) 建立深度次序	(216)
四、进入显示文件	(219)
§ 10.3 消除隐线	(222)
一、三角形如何挡住直线	(222)
二、分割线段	(227)

三、三角形三条边的隐线检查.....	(231)
§ 10.4 扩展到对凹多边形的通用处理.....	(233)
参考文献.....	(239)
习题.....	(239)

第十一章 浓淡形成

§ 11.1 漫射照明.....	(240)
§ 11.2 点光源照明和镜面反射.....	(241)
§ 11.3 形成浓淡算法.....	(243)
参考文献.....	(249)
习题.....	(249)

第十二章 曲线与B样条

§ 12.1 曲线产生.....	(251)
§ 12.2 内插法.....	(252)
§ 12.3 B样条.....	(260)
§ 12.4 应用举例.....	(265)
参考文献.....	(266)
习题.....	(267)
附录A PIGDIN ALGOL 语言.....	(268)
附录B CORE 图形系统.....	(271)
附录C PLOT-10绘图子程序.....	(278)
附录D 在普通终端上作图.....	(287)
附录E 与 PLOT 10 的接口.....	(291)
附录F 在 APPLE II 上作图.....	(294)
英汉译名对照表.....	(298)

第一章 导 论

本章将首先讨论什么是计算机图形学?计算机图形学都涉及到那些问题?然后对当前常用的典型图形软件作简要的介绍,从而导出本书中所要介绍的有关计算机图形学中的一些主要内容。

§1.1 计算机图形学简介

计算机图形信息是计算机信息的另一种表达形式。它比一般信息的形式更加直观,因而具有更大的优越性。俗话说:“一幅画抵千字”,这就是说一幅好的画面能容纳大量的信息,更加容易为人们所理解,也便于记忆。而且用计算机构造图形既方便又准确,因而计算机图形学在各行各业中得到了广泛的应用。

什么叫计算机图形学?计算机图形学要探讨些什么问题呢?世界各国的专家学者对计算机图形学有着各自的定义。例如德国的Wolfgang K Giloi把它定义为:

计算机图形学 = 数据结构 + 图形算法 + 语言

而美国的James Foley则把它定义为:

计算机图形学是运用计算机产生、存贮、处理物体的物理模型和它们的画面。

在这众多的定义中,尽管各个定义皆不尽完善,但是从这些定义里却可以看出计算机图形学这门新兴学科所要涉及和探讨的主要问题有:

- 产生(或生成)图形的算法
- 图形信息的数据结构
- 图形信息的处理技术
- 图形信息的存储技术
- 图形语言
- 图形软件的标准化等等

为了使图形软件象高级语言那样与具体设备无关,图形软件的标准化问题就成为人们关心的重要问题之一。它就象螺钉、螺母必须标准化那样,为的是能使它们适用于各种不同的环境。

关于计算机图形学的标准问题,国际上早在1974年就已提出。1977年以来,美国相继发表了CORE/77, CORE/79。它后来成为建立图形软件标准的基础。与此同时,联邦德国的德国标准化协会DIN成立了计算机图形标准化小组NI-5.9。并于1977年开发出图形核心系统GKS(Graphical Kernel System)草案。1980年被推荐成为西德的国家标准。

GKS在吸取和采纳了国际上其它标准的特点之后,形成了GKS国际标准版本(ISO IS7942),并随即得到ISO的批准,这就是计算机图形学的第一个国际标准。

§1.2 典型图形软件

随着计算机图形学在各行各业的广泛应用,针对各种应用所需要的图形软件就应运而生。早期具有代表性的图形软件CALCOMP是1960年美国加利福尼亚州计算机产品公司(CALCOMP公司)为他们的绘图产品研制开发的。在这之后,无论是美国国内,或是日本等国,大都参照CALCOMP图形软件来开发自己的图形软件。例如日本的DAP-I就是武藤工业公司参照它开发的子程序库类图形软件。又如美国的Cerritos计算机服务公司(CCSI)开发的CCSI-PLOT图形软件包也是参照它而开发的。

上述图形软件都是早期的产品,本节将简要地介绍几种当前应用较为广泛的典型图形软件,以便将计算机图形学中的一些主要概念先介绍给读者。

一、PLOT-10图形软件

PLOT-10是美国Tektronix公司为它的图形显示产品开发的图形软件。它原来是为了支持4010系列终端的,PLOT-10绘图软件由下列三组标准程序组成:

4010A01 PLOT-10 终端控制系统

4662A01 PLOT-10 实用程序

4663A01 PLOT-10 实用程序

随着产品的发展,上述图形软件已不能满足4110系列终端的要求,因而对上述三组标准子程序作了必要的修改和补充,从而形成支持4110系列终端的绘图软件包,该软件包属于FORTRAN子程序库类型,它由300个可调用的子程序组成(请看附录C)。

显然,不可能对这些子程序逐个地进行介绍。现仅以画电路

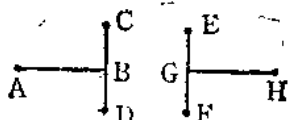


图1-1 图段1—电容器

图中的一个电容器为例(请看图1-1):

SUBROUTINE	SEGBLD	建立图段子程序
CALL PIVOT	(0,1000)	设置图段基准点坐标
CALL SEGVIS	(-2,0)	设置图段的可见性
CALL SEGMOD	(-2,1)	设置图段显示方式
CALL BEGSEG	(1)	图段1开始
CALL MOVABS	(0,1000)	抬笔移到A点
CALL DRWABS	(50,1000)	落笔画AB线
CALL MOVABS	(50,1100)	抬笔移到C点
CALL DRWABS	(50,900)	落笔画CD线
CALL MOVABS	(100,1100)	抬笔移到E点
CALL DRWABS	(100,900)	落笔画EF线
CALL MOVABS	(100,1000)	抬笔移到G点
CALL DRWABS	(150,1000)	落笔画GH线
CALL ENDSEG		图段结束

在上述例子里首先引出了图段的概念。它是画面上经常要出现的子图。然后引出了图

段的属性——可见性。当画面上需要该子图显示时，则其可见性为真，当画面上不需要显示该子图时，则其可见性为假。接着实现该图段的具体内容，其基本动作与人们作图的动作类似，即抬笔移动到某点和落笔画线到某点。由于电路图中经常要用到电容，所以先为它建立图段子程序，以备需要时对它进行调用。

二、Auto CAD图形软件

Auto CAD是由美国的Autodesk公司在1982年推出的一种辅助绘图系统，该系统适用于多种16位微型计算机，例如IBM PC/XT, Vector-9000等等。

Auto CAD原来在我国广泛采用的是其2.17版本，它提供了一组画二维图形的基本图元以及各种有关的命令，而且还提供了多层次的选单。因此Auto CAD系统除了具备良好的绘图功能外，使用也十分方便。用户只需从选单上选择有关的命令和输入有关的参数就可以很方便地画出所需的图形。自1986年以来，美国在我国市场上又推出其2.5版本，该版本的功能更强，使用更加方便，适用范围更加广泛。因此它适用于电子工业、机械制造业、建筑业、轻工业以及国防工业等等。

Auto CAD系统运行的最小环境为：

- IBM-PC/XT及其兼容机
- 640KB RAM
- 双软盘驱动器
- 图形显示器控制板
- 中分辨率（640×200）图形显示器
- MS-DOS操作系统

在上述条件下，其输入手段为键盘，其输出设备为图形显示器。

Auto CAD支持多种输入、输出设备，例如：

- 鼠标器 (Mouse)
- 触笔 (Touch-Pen)
- 数字化仪 (Digitizer或Tablet)
- 绘图机 (Plotter)

Auto CAD 系统的命令可分为十大类：

- | | |
|---------|------------|
| 1. 求助命令 | 6. 查询命令 |
| 2. 选单命令 | 7. 辅助绘图命令 |
| 3. 绘图命令 | 8. 标注命令 |
| 4. 编辑命令 | 9. 层次和颜色命令 |
| 5. 显示命令 | 10. 块命令 |

其中求助命令与一般软件包的求助命令类似，其目的都是帮助用户解决在使用软件包时遇到的困难。在使用Auto CAD系统的求助命令后，它随即向用户提供系统的全部命令清单，并对它们作简要的介绍，以供用户使用。

Auto CAD系统所提供的选单命令的功能较强。它共有三种形式：

- 屏幕选单

选单在屏幕的右侧显示，可用键盘或鼠标器选择。

• 图形输入板选单

在图形输入板上最多可划分出四个选单区，并可在各区内直接选择命令。

• 鼠标器按钮选单

当鼠标器上有多个按钮时，就可以分别对它们进行定义，使各按钮都分别对应于某一规定的命令。

现以屏幕选单为例，它是一树形结构。在使用时首先从树的根部开始，然后按层次逐步展开，直到所需要的某一分支为止。它可以是执行一条具体的命令，也可以是返回到上一层选单，或是直接返回到选单的根部。如若打算画一条直线和一个圆，则首先在根选单上选绘图命令“DRAW”，在此情况下系统将按用户的意图显示“DRAW”绘图子选单，然后再根据该子选单上的命令选择“LINE”画线命令。系统则自动进入下一层子选单，即显示“LINE”子选单。在此情况下根据系统提示，给出要画线段两端点的坐标，则屏幕上随即画此直线。最后从“LINE”子选单退出并返回到上一层选单，即“DRAW”选单。然后再按类似的步骤画圆，并返回到根选单。请看图1-2。

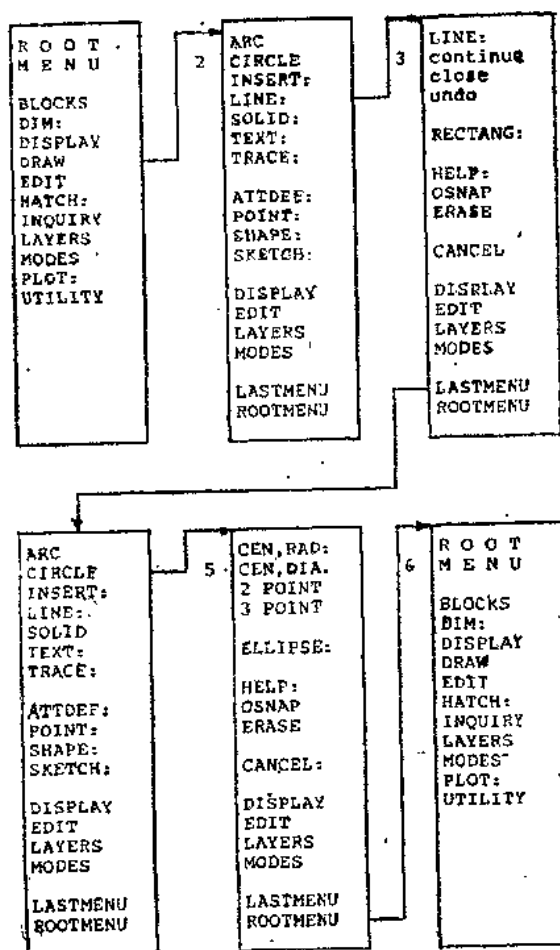


图1-2 Auto CAD的各级选单

由以上选单可以看出绘图命令所具备的各种功能，它可以画直线、画圆弧、画圆、画宽线、画闭合的几何体、画字符串等等。

Auto CAD的图形编辑命令，除包含一般文本编辑所具有的修改、删除等功能外，还可以恢复由于误动作刚删除的图形，以及将图形中的子图进行移动、复制及变换。

显示命令的主要功能是可以通过该命令将整幅画面放大或缩小，或是对整幅画面取景，以观看画面的不同部分。

利用查询命令可以查阅输入项所存储的数据，它取决于输入项的类型，例如对于直线则给出两端点的坐标及所在的层号，它还可以查阅两点之间的距离、两线之间的夹角，或计算闭合区域的面积等等。

辅助绘图命令可以用来标定线、角及圆的尺寸大小，为闭合区域涂上图案阴影，以及根据需要建立网格等等。

在绘制图形时，无论是对整幅画面，还是其零件图，都经常需要对它们作些说明或注解。Auto CAD不仅具备这一功能，

而且在图形绘制完毕后，还能将这些标注成批地或单个地提取出来，并送到数据库中加以统计。

Auto CAD还具有将图分成许多层的功能,在每一层上可以建立自己的图形,并设置颜色和线型,而在各层之间则是相互独立的。但是如果需要又可以将各层用不同的颜色同时显示在屏幕上,或是在绘图机上画出。

在Auto CAD中,将一些有联系的基本图形元素的集合称之为“块”。它一旦由命令生成就成为图形的零件,用块命令可以将该零件插入到图形的任何位置上,并且还可以对它进行比例变换和旋转变换。

综上所述,Auto CAD图形软件包是一个功能较强的绘图辅助工具,它可以按照用户意图所发出的命令快速而准确地画出所需要的图形。也可以将它看成是一个功能较强的图形编辑程序。用户可以在显示屏幕前对图形进行任意的修改和编辑。

但是由于Auto CAD的图形文件(DWG文件)是以压缩形数据格式存储在图形数据库里,因而,由用户用高级语言编写的应用程序就无法直接去访问Auto CAD的图形文件。为了解决这一问题,Auto CAD引入了“图形交换文件(DXF文件)”。它是一种既严密又易读的ASCII文本文件,当Auto CAD要与由高级语言编写的应用程序相联接时,首先应将Auto CAD内部图形数据库中的图形文件(DWG文件)转换为DXF文件的格式,然后再由该应用程序来对它读取、加工和处理,经加工处理后的DXF格式文件,若要送回Auto CAD的图形数据库去,则也要先将它转换为DWG文件的格式。由此可见Auto CAD与高级语言的联接比较麻烦,这也是Auto CAD图形软件在应用方面有局限性的一面。

三、GKS图形核心系统

如前所述,GKS已被国际标准化组织ISO接受为国际图形软件标准。现将有关它的一些基本概念及其主要功能简述如下:

1. 工作站

GKS将一组由操作员操纵使用的图形输入、输出设备定义为一个工作站。每个工作站可以有多个输入设备,但是其输出设备最多只能有一个。每个工作站都有自己的标识符。GKS将输出图元发送到与系统相连接的所有已激活的工作站上。所有打开的工作站都可进行图段管理及图元输入。工作站上的所有输入设备都由工作站标识符、输入方式和输入设备号这三者来标识。不同的工作站其图形的属性可以各不相同,但根据需要可以对它进行修改。在GKS系统中备有记录每个工作站的特点和能力的工作站描述表,以及已打开的工作站的状态表,用户程序可以通过GKS询问工作站的能力。

由于GKS图形核心系统不依赖于所连接的图形设备,因此在GKS和输入/输出设备之间就存在一个界面问题,而工作站正是充当了该界面的角色。

2. 坐标系及其转换

GKS共有三种不同的坐标系和两种坐标转换。

• 自然坐标系 WC (World Coordinate)

它是与具体设备无关的笛卡尔坐标系。它供应用程序描述图元的位置和大小并用于图形的输入/输出。

• 规格化设备坐标系 NDC (Normalized Device Coordinate)

它是GKS内部使用的与具体设备无关的中间坐标系。一般其坐标值在0到1之间。

- 设备坐标系 DC (Device Coordinate)

它是各个工作站所使用的依赖于具体物理设备的坐标系。

GKS可以通过下面的两种坐标转换将上述三种坐标系建立起一一对应的相互关系,以便使应用程序用自然坐标系所描述的物体的图形,能在具体的物理设备上正确地输出。这两种坐标的转换是:

- 规格化设备坐标转换

它又称为窗口/视口转换,它是将输出图元从自然坐标(WC)空间映射到规格化设备坐标(NDC)空间上。

- 工作站坐标转换

它是将由规格化设备坐标系确定的窗口映射到以设备坐标系确定的工作站视口上,从而将以规格化设备坐标NDC表示的图形信息转换为用设备坐标DC来表示。

GKS的三种坐标系及其转换关系请看图1-3。

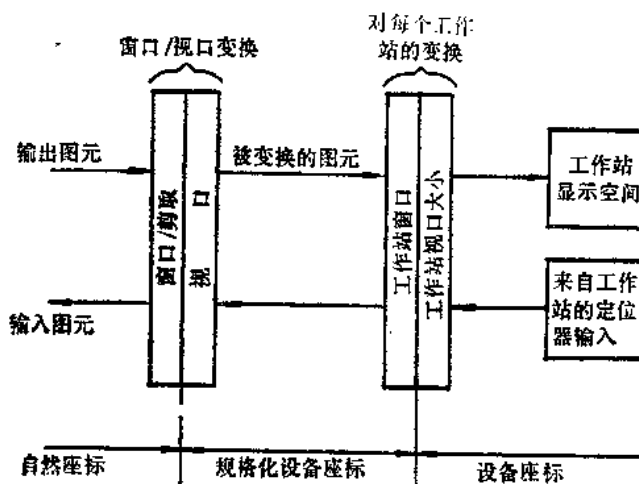


图1-3 GKS 坐标系及其转换

3. 输出功能

计算机图形学里所有的图形都是由其基本的图形元素 (Graphical Primitives) 或简称为图元所组成。GKS系统共有六类输出图元。它们分别是:

- 折线 (POLYLINE)

它是一组首尾相连的线段,并可以将它们设置成各种线型、线宽和颜色。

- 多点标记 (POLYMARKER)

它是一组互相离散的点标记,它也具有标记类型、标记大小、标记颜色等属性。

- 正文 (TEXT)

它是在指定位置处输出的一组字符串,用来对图形进行标注和说明,正文的属性有字符高度、方位、间距、字符串方向、正文字体,颜色等。

- 填充域 (FILL AREA)

它是由闭合多边形围成的区域其内填充各种颜色的图案或影线。填充域的属性有

填充影线的颜色、线型,影线间的间距,图案类型,图案大小,图案参考点,图案颜色等。

- 单元矩阵 (CELL ARRAY)

它是由若干行和若干列组成的矩形存储区域,其中每个单元具有各自的颜色或灰度,它除检取标识符之外无其它属性。

- 广义图元GDP (Generalized Drawing Primitives)

它是除上述图元以外的其它图元,例如:画圆、椭圆、样条曲线等等。它们由具体的工作站所决定。

4. 输入功能

GKS可以从任一台打开的工作站获得图形的输入信息。GKS将提供各种类型输入信息的设备划分成六种逻辑设备。其内容如下:

- 定位设备 (LOCATOR)

在自然坐标系里提供一个位置信息 (x, y) 。其响应的方式是十字准线或图形光标的移动。可选用的具体典型物理设备是鼠标器,操纵杆及跟踪球等。

- 笔划设备 (STROKE)

在自然坐标系里提供一组位置信息 (x_i, y_i) ,其响应方式为在每个位置上显示一个标记,其典型物理设备为数字化仪。

- 检取设备 (PICK)

它提供一图段标识(图段名)及图元标识符。其响应方式为显示该图段。其典型物理设备为触笔。

- 选择设备 (CHOICE)

它提供所选择项目的编号。其响应方式为使选中的项目明亮或闪烁、其典型物理设备为按钮及功能键。

- 数值设备 (VALUATOR)

它提供一个实数。其响应方式为显示该数值或刻度。其典型物理设备为数字键及电位器。

- 字符串设备 (STRING)

它提供一组字符串,其响应方式为显示出所打入的各个字符。其典型物理设备为ASCII码键盘。

所有这六种输入都可以从任一个打开的工作站以三种不同的操作方式进行输入,这三种输入的操作方式是:

- 请求方式 (REQUEST)

在此方式下GKS等待从工作站读入输入的信息,直到输入结束为止。

- 采样方式 (SAMPLE)

GKS 检查输入设备的当前状态,并送回其当前值。它无需等待操作者的动作。

- 事件方式 (EVENT)

GKS 建立一个输入图元的队列,该队列由应用程序检查,以便及时发现输入图元的出现。

5. 图段

所谓图段 (SEGMENT) 是指能作为一个整体来进行管理操作的一组输出图元的集

合。通常整幅图形总是由若干图段所组成，每一图段都有它自己唯一的图段标识（或图段名）。GKS的图段有下列五种属性：

- 可见性 (VISIBILITY)
用它来表示在输出设备上该图段为可见或不可见。
- 醒目性 (HIGHLIGHTING)
它表示该图段是否以比较醒目的方式显示，例如以加亮、闪烁、加边框等方式显示。
- 可检取性 (DETECTABILITY)
表示该图段能否用检取设备（如PICK设备）对它进行选择。
- 优先性 (PRIORITY)
它表示该图段与观察者之间距离的远近，若靠近则该图段有可能挡住在它后面的图段。
- 图段变换 (SEGMENT TRANSFORMATION)
它表示在图段送往具体输出设备之前，属于该图段的所有图元，在规格化设备坐标系内进行的二维几何变换，它包括图段的平移变换、比例变换以及旋转变换（请看图1-4）。

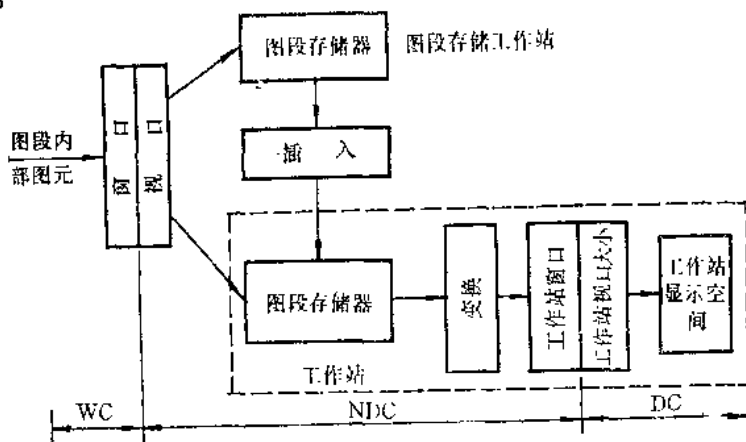


图1-4 图段变换

此外对GKS的图段，可进行如下的操作：

- 图段的创建（或图段的打开）。
- 图段的删除。
- 图段的重新命名。
- 图段的插入（插入到另一个打开的图段里）。
- 图段的关闭。

由以上图段的操作可见，GKS的图段管理机制可以较方便地解决图形信息的短期存放问题。对于需要长期归档保存的图形信息，GKS提供了一个对串行文件的接口，它称作GKS元文件GKSM (GKS Metafile)。

GKSM类似于一个工作站，为了保证一致性，GKSM只能在GKS控制下读写。为了能够正确地重构GKSM上的图形目标，在GKSM上除了存放图形的图元信息外，还存放有其属性和状态信息。

6. 分级

由于GKS是按通用目的而设计的图形核心系统,因此它的功能很强,GKS支持大多数现有的各种类型的图形设备,它们包括从简单的绘图机到高级复杂的实时光栅扫描设备。然而对于每个具体的图形用户来说,显然并不需要GKS的全部功能,因此为了适应各种不同类型用户的需要。在GKS系统中引入了分级的概念。

GKS系统根据它所具备的输入功能和输出功能的不同而分成不同的级别。其输出功能可分成三种,它们是:

- 0 最小输出功能
- 1 全部输出功能及基本图段功能
- 2 图段存储输出功能(全部图段功能)

其输入功能也分成三类,它们是:

- a 无输入功能
- b 只有REQUEST请求输入功能
- c 全部输入功能

根据上述不同的输入、输出功能,可以组合成九种不同的级,即0a级,0b级,0c级,1a级,1b级,1c级,2a级,2b级和2c级。各个应用领域的用户,可以根据自己的需要来选择相适应的级。

参考文献

PLOT-10 User's Reference Guide.

Auto CAD—十六位微机辅助设计及绘图软件包.

G.Enderle K.Kansy G.Pfaff Computer Graphics Programming GKS-The Graphics Standard(1984).

习 题

- 1-1 就你所知,试述计算机图形学有那些应用范围?
- 1-2 为什么计算机图形学要在国际上形成标准,它的必要性何在?
- 1-3 试述 GKS 分级的必要性,它有什么实际意义?