

(京) 新登字 063 号

内 容 简 介

本书从计算机图形学的基本概念和基础知识入手,深入浅出地介绍了 GKS 图形程序设计语言的功能和使用方法,重点阐述了图形程序设计的实用技巧。全书自然地分成两大部分,前七章为基本部分,介绍了计算机图形学的基本概念和 GKS 的基本功能,后八章为提高部分,介绍了 GKS 中比较复杂的概念和功能。初学者只要掌握了基本部分的内容,就可以利用 GKS 编制出常用的图形应用程序。若能掌握提高部分的内容,就可以利用 GKS 编制出高级的图形应用程序。

为了便于读者学习,书中给出了丰富的应用实例,并针对每一章的具体内容给出了大量的练习。另外还配有一张书中全部例子和全部习题答案的源程序软盘供读者选购。

本书适合已经掌握 Fortran 语言或 C 语言的读者使用,可以作为 GKS 图形软件的培训教材。对于那些想精通图形程序设计或 GKS 软件的开发人员,也不失为了一本很好的参考书。

标准程序设计语言丛书

图形核心系统 GKS

方家骥 王裕国 编著

*

中国铁道出版社出版、发行

(北京市东单三条 14 号)

责任编辑 郭 宇 封面设计 陈东山

各地新华书店经售

北京市燕山联营印刷厂印刷

开本: 850×1168 毫米 1/32 印张: 13.25 字数: 351 千

1994 年 2 月 第 1 版 第 1 次印刷

印数: 1 2000 册

ISBN7-113-01637-5/TP·163 定价: 10.70 元

前 言

正如大家都知道的,不论国内还是国外,只要使用计算机,就不可避免地要接触程序设计语言,因此程序设计语言的书籍就如雨后春笋般地出版了。那么,我们又为什么要出版这套程序设计语言的丛书呢?或者说这套丛书又有什么特点呢?

在中国铁道出版社的大力支持下,我们——全国计算机与信息处理标准化技术委员会程序设计语言分技术委员会——组织编写了这套“标准程序设计语言”丛书。丛书的编著者是多年来勤勤恳恳工作在程序设计语言标准化最前沿的人们,对来自对口国际组织——ISO/IEC JTC1/SC22(国际标准化组织/计算机与信息处理技术委员会/语言分技术委员会)的各程序设计语言标准文本,我们都是国内的第一批接触者,并把它们及时地、严格地、具有立法权威地介绍给国内广大的软件工作人员。但我们在工作中深切地感到,能真正懂得文本真谛是一件很困难的事,标准文本对每个人的直觉是枯燥无味、晦涩难懂。那么在工作中,我们又怎能真正用好这些标准文本呢?

鉴于此,我们决心用通俗的语言编撰这套丛书。我们希望通过这套丛书能系统地并且严格地按照国家标准向读者介绍各有关程序设计语言,从名词、术语到内容上都严格地按照国家标准编写。全套丛书有统一的体例,介绍了有关该程序设计语言的发展历史及在我国如何进行标准化工作的。在内容上做到全面细致地讲解、介绍,可以学以致用,可作为教科书和手册使用,也可作为自学参考书。我们也把目前在国际标准化方面的最新动向介绍给读者,以使大家看到该语言的发展前景及方向。各册丛书的每一章都配有相应的练习题,使读者可以考验自己学到了多少,可以进行反思。我们同时也注意到在国家标准和国际标准中出现的一些难以理解

的“边角料”，并给予了解释，这样做有助于加深对标准的理解，有助于编译程序的开发。

在这里也想告诉读者一个好消息，在1987年召开的ISO/IEC JICI/SC22第二届年会上，通过我国代表团及各非英语国家代表团的努力，大会决定今后新推出的各项程序设计语言国际标准中都要考虑多字节字符集的加入问题。我们盼望着在国际标准中汉语将占有它应有的位置，盼望着这套丛书中将逐渐加入汉字字符的前景。

为使丛书使用起来更为有力，我们在国内首次推出对每本书中的例子都配有相应的软盘片，便于读者上机检验，加深感性认识，但考虑到经济负担，需要者可以直接和出版社联系购买。

我们希望这套丛书对我国广大的计算机用户、大专院校师生及从事计算机工作的技术人员都是适用的，希望成为你们的好助手。也希望大家在使用中把发现的不足之处及问题及时的告诉我们，以改进我们的工作。谢谢！

全国计算机与信息处理标准化技术委员会
程序设计语言分技术委员会 主任委员

吴庆宝

1988年3月25日于北京

目 录

第一章 引言	1
第一节 计算机图形学	1
第二节 图形核心系统 GKS	8
第三节 GKS 标准的制定过程	14
第四节 GKS 的中国国家标准	19
第五节 计算机图形标准的发展	21
第二章 图形输出	25
第一节 图形输出设备及其功能	25
第二节 图形输出图原	27
第三节 折线	30
第四节 输出图原的属性	33
第五节 折线属性	37
第六节 多点记号及其属性	44
第七节 填充区及其属性	48
第八节 简单的正文	57
第九节 像元阵列	61
习 题	64
第三章 坐标系和变换	65
第一节 变换的分类和用途	65
第二节 规格化变换	67
第三节 剪取	72
习 题	74
第四章 图段初步	76
第一节 图段的概念和用途	76

第二节	图段的操纵	77
第三节	图段的属性	81
第四节	图段的实例	86
习 题		88
第五章	图形输入	90
第一节	图形输入设备及其功能	90
第二节	逻辑输入设备	96
第三节	定位设备	99
第四节	笔划设备	102
第五节	定值设备	104
第六节	选择设备	106
第七节	拣取设备	110
第八节	字符串设备	115
第九节	图形输入的实例	117
习 题		120
第六章	工 作 站	121
第一节	逻辑工作站的概念	121
第二节	工作站的控制	123
第三节	工作站变换	126
第四节	工作站属性	128
第五节	工作站和图段	135
第六节	画面改变的延迟	137
第七节	向工作站发消息	141
习 题		142
第七章	初步应用实例	143
第一节	GKS 的打开和关闭	143
第二节	需求分析和概要设计	144
第三节	详细设计和程序结构	150
第四节	源程序	156

习 题.....	165
第八章 GKS 的结构和环境	166
第一节 GKS 的分级结构	167
第二节 GKS 的操作状态	174
第三节 GKS 的数据结构	176
第四节 询问功能.....	184
第五节 出错处理.....	196
习 题.....	199
第九章 输入设备的控制与交互处理技术.....	200
第一节 GKS 中的交互作用	200
第二节 交互作用的方式.....	201
第三节 输入设备的初始化.....	218
第四节 输入应用实例.....	231
习 题.....	236
第十章 高级的图段功能.....	237
第一节 独立于工作站的图段存储器(WISS)	237
第二节 WISS 特有的图段操作功能	239
第三节 图段优先级.....	246
第四节 画面改变的控制.....	247
习 题.....	254
第十一章 工作站特有功能的利用.....	255
第一节 广义绘图原语.....	255
第二节 逸出功能.....	257
第三节 应用例子.....	259
第十二章 GKS 元文件	268
第一节 元文件工作站.....	269
第二节 GKS 元文件输出	270
第三节 GKSM 输入	274

习 题.....	281
第十三章 再谈属性.....	283
第一节 图原属性的分类.....	283
第二节 图原属性的指定.....	284
第三节 复杂的正文属性.....	292
习 题.....	301
第十四章 应用实例.....	303
第一节 使用 GKS 的 Fortran 语言联编的 实用程序实例.....	303
第二节 使用 GKS 的 C 语言联编的实用程序实例	309
第十五章 三维图形系统初步.....	321
第一节 GKS-3D、PHIGS 和 GKS	321
第二节 GKS-3D 新增的功能	323
第三节 GKS-3D 的坐标系和变换	326
第四节 PHIGS 和 GKS-3D 的区别	330
附 录.....	336
附录 A 中英名词和略语对照表	336
附录 B GKS 出错表	338
附录 C GKS 的 C 语言联编	347
附录 D GKS 的 Fortran 语言联编	387

第一章 引言

第一节 计算机图形学

一、计算机图形学的定义

在正式介绍计算机图形标准:图形核心系统 GKS 之前,我们首先谈一下什么是计算机图形学(又称为计算机图形),以及它的发展过程和主要应用领域。什么是 GKS,它的制定过程,以及计算机图形标准今后的发展。

按照国际标准化组织(ISO)有关数据处理名词的定义,计算机图形学(Computer Graphics)定义如下:

通过计算机把数据变成图形显示(绘图)和把图形显示变成数据的方法和技术。

该定义提到了组成计算机图形系统的三个部分:数据、计算机和显示。然而,定义中没有说明计算机图形学要解决什么问题,它的重要性是什么。长期以来,计算机作为数据处理和计算的一个强有力的工具,一直存在着一个不易和人交换信息的弱点。人们往往很难看懂计算机输出的大量数据,通常这是一些由打印机输出的数字和文字。反过来,计算机也不能接受人们用图纸、照片等形式提供的图形信息。计算机图形学正是为了研究使计算机和人之间能用图形形式(人类习惯接受信息的形式)来交换信息的方法和技术。和字母、数字相比,图形具有信息量大、直观、快速等优点。图形作为视觉的对象,不但便于表示现实世界的模型,也可用来表示抽象的概念模型。这就是为什么计算机图形学在计算机技术的发展中越来越被人们普遍关注的原因。

二、计算机图形学的研究对象

计算机图形学的研究对象十分广泛。它不仅研究如何把数据

(例如图片描述)转变成显示设备(包括绘图设备)上的图片,还研究如何把图片经过计算机的处理和分析变成一个新的图片(通常更适合人来看)或变成内部的图片描述。后面一个问题通常称为图片处理和图片分析。它的主要内容又属于另一个学科,即图像处理 and 计算机视觉。通常,狭义的计算机图形学只指前者,而广义的计算机图形学同时包括前者和后者。

从计算机内部的图片描述数据来产生图形显示上的图片又称为生成式的计算机图形学。这里的图片泛指图纸一类的线划图形和照片一类的图像。组成图片的基本元素包括直线、像素(图像中的任何一点)、正文(字符串)、填充区(填充的多边形)等。狭义的计算机图形学除了研究基本图形元素的显示技术外,还研究它的变换、组合(又称分段)、储存和传输技术。考虑到交互绘图的需要,狭义的计算机图形学还包括了用图形输入板、鼠标器和光笔等交互图形输入的手段,但不包括用扫描方法直接输入图片的方法。后者属于图片分析和处理所研究的内容。

在狭义的计算机图形学和广义的计算机图形学之间存在着很密切的联系。对于图片分析和处理的研究来说,图片的显示是不可缺少的。随着自动化的图片扫描输入技术的发展,有可能用这种方法来代替传统的交互图形输入方法。这时就不再存在狭义计算机图形学和广义计算机图形学的明显区别了。不过目前,特别是本书所谈到的计算机图形学,主要是指狭义的、生成式的计算机图形学。

三、计算机图形学的发展过程

计算机图形学,包括它的设备和软件的发展,大略经过了三个阶段。

(一) 50年代中期到60年代末期

这一时期属于计算机图形学的初创时间。早期的计算机图形学是围绕绘图机,阴极射线管 CRT 显示发展起来的。这些设备的一个共同特点是只能单纯的显示图形信息,称为被动式图形设备。

当时这些设备,特别是 CRT 显示,价格昂贵、性能较差,只限于少数军事命令和控制系统使用。例如美国的北美防空系统 SAGE 就首次使用 CRT 来显示防空的态势图。由于计算机图形学在当时还刚刚诞生,还没有成套的方法和理论,当时的图形软件也十分简单,只有一些简单的绘图子程序。

(二) 60 年代末期到 70 年代中期

60 年代出现了带有光笔或图形输入板的向量刷新显示和后来出现的低成本的存储管显示大大改变了计算机图形学的面貌,它进入了一个成长时期。从技术上看,计算机图形学已从研究单纯的图形输出转向交互式的绘图。所谓交互绘图是指用户可以通过光笔、图形输入板等手段来输入和修改图形。这些图形立即出现在用户面对的图形显示屏上。通常我们把这一组设备称为交互式图形终端。把这些图形输出、输入设备和放在计算机内的图形软件结合起来,还可实现开窗放大、移动和复制画面上某些部分等一系列交互绘图功能。这些为当时方兴未艾的计算机辅助设计和制图(CAD)提供了一种有效的工具。而以交互绘图为其特点的计算机图形学也得到了巨大的发展。这个时期图形软件发展的特点是出现了一大批图形软件包、图形语言和图形系统。

图形软件包通常是指一组可以通过高级语言调用的子程序。当时著名的图形软件包有 PLOT 10、GINO-F 和 GPGS 等。图形语言又有两种情形,一种是全新的图形语言,另一种则是在通用高级语言,如 Fortran、Basic 中扩充了某些图形功能。至于图形系统则是把图形语言(或图形软件包)、交互绘图软件乃至图形数据库集成在一起,作为开发 CAD 一类图形应用程序的支撑环境。当时很多生产所谓“交钥匙(tumkey)”系统的 CAD 公司,大都开发了一个各不相同的图形系统。这个阶段图形软件发展的一个特点是百花齐放。他们各自的概念、方法乃至名词术语都不相同。有的软件依赖于设备(和制造这些设备的公司),有的依赖于应用,有的依赖于各个 CAD 公司。其结果是限制了计算机图形学的进一步发展。

(三) 70 年代中期至今

这一时期的特点是计算机图形学进入了成熟时期。在硬件方面,70 年代中期,以电视技术为基础的光栅显示逐渐取代了原有的向量显示。随着集成电路进入 VLSI 阶段,光栅显示克服了它早期分辨率不高的弱点,在性能和价格上都远远优于向量刷新显示和存储管显示,使它到 80 年代中期已处于主导地位。以至目前市场上已很少看到前两种显示设备了。

在图形软件的发展方面,这个时期有两个特点。一是为了便于应用程序的移植、人员的培训等原因,软件发展出现了标准化的趋势。其中第一个图形国际标准:图形核心系统 GKS 的出现和最后的公布代表了这个趋势。另一是和光栅显示技术相对应,出现了以显示二维平面(区域)、三维立体图形和真实感图形等新的技术。近年出现的以 32 位微机、高分率图形显示、鼠标器和局域网为其主要组成单元的高级图形工作站又把计算机图形学推向了一个新的高潮。上述工作站把 VLSI 技术、电视技术、数据库技术、网络技术和计算机图形的技术溶合在一起,创造了其性能价格比成十倍地高于原有以超级小型机和图形终端为基础的系统。这也为计算机图形学的广泛应用提供了十分良好的基础。

四、计算机图形学的应用领域

(一) 计算机辅助设计和制造(CAD/CAM)

CAD/CAM 是计算机图形学的一个最重要的应用领域。它是计算机图形学发展的主要推动力,近年来它对计算机图形学仍在不断提出新的要求。

早期的 CAD 的重点是交互绘图,最初的目的是用图形显示器、图形输入板和鼠标器等设备,加上一定的软件来代替传统的笔、尺和绘图板,提高设计人员的工作效率。近年来这方面又有了新的发展:一是采用了具有多窗口、动态屏幕菜单等新技术的高性能图形工作站,大大提高了交互绘图的工作效率;二是在机械、建筑 CAD 等领域广泛采用了三维几何造型和具有真实感的三维图

形显示。由于交互绘图是 CAD/CAM 系统的主要输入手段,直接关系到系统的效率和用户友善性。因此,这方面的工作仍然是今天计算机图形学研究工作的一个重点。例如,二维图形通过光电扫描自动输入并转换成内部符号表示(又称图片描述数据)的方法,三维图形数据的输入方法等。

图形在 CAD/CAM 中的另一个应用是显示模拟分析的结果、自动设计的结果、设计验证的结果和 CAM 模拟的结果。在电子 CAD 中,我们可以用波形图来显示逻辑模拟和电路模拟的结果,也可以用图形清楚地显示印制电路板或集成电路版图设计的结果,还可以显示设计规则检查(属于一种验证手段)程序对已设计的版图进行检查后发现的问题。在机械和建筑 CAD 中,最常用的有有限元分析网格划分和计算结果的显示,数控加工刀具路径模拟结果的显示。在这方面,随着新的计算机辅助技术的发展和应用领域的扩大,计算机图形的应用仍在不断扩大。如近年来出现的计算机辅助工艺过程的设计(CAPP)、工艺流程的设计和流水线的布局等。

(二) 面向地图的应用

地图的绘制是传统制图学的重要组成部分。用交互绘图的方法进行地图的编辑和绘制,自然也成了计算机图形学的一个重要应用。由于这方面应用和 CAD 有很多类似之处,它在建筑工程(AEC)CAD 又有重要用途,因此有人把这部分也划入 CAD 的领域。

面向地图的另一个应用是地理信息系统(GIS)。它的主要用途是进行地理信息的查询、监控和分析。例如查询从甲地到乙地的最短路径;显示和产生离一条河流两岸某一距离的区域,以分析洪水可能造成的影响。这些在城市和区域规划、土地利用和管理、城市交通规划和管理、环境污染控制等方面有广泛的用途。

和地理信息系统类似的一种应用领域是军队指挥自动化,亦称命令、控制、通信和情报系统(C³I)。在这类系统中,军事地图的显示、更新、查询通常是系统的一项重要功能。它还和军事作战模

拟、军事辅助指挥决策有密切的联系。

(三) 系统和过程模拟

计算机技术发展至今,计算机模拟(又称仿真)技术的应用已十分广泛。大至天体、气象的模拟,小至原子模型、化学反应过程的模拟。它可以模拟训练飞行员、宇航员,也可用军事作战模拟来培养指挥员。在机器人学、工业过程控制领域均有十分广泛的应用。

这些模拟的结果往往需要尽快显示出来,而且不论在显示的速度、还是质量,都有很高的要求。以飞行模拟为例,为了使使用模拟系统的飞行员尽可能有真实感,往往通过特制的显示系统来显示飞机在起飞、降落过程中看到的跑道、天空、大海、山峰等地面景物的图形。这就需要系统能实时地显示三维图形。

(四) 计算机艺术

这是近年来得到很大发展的计算机图形应用领域。早期的计算机艺术主要用于卡通片的辅助设计。当设计人员设计好两个具有时间间隔的场景后,系统自动地产生那些中间的画面。最近几年,由于计算机能产生越来越精致、复杂和具有真实感的图形,已有不少人用计算机来辅助创作美术作品。计算机在工艺美术上的应用就更多了。目前已有一些能用于花布设计、家具设计等计算机系统。实际上,计算机在建筑外观设计中的应用,也可归于计算机美术的一种。

五、计算机图形学的用户

根据用户和计算机图形系统(这是计算机图形学的体现)的关系,可以把计算机图形学的用户分成三类:一类是图形系统的实现者;一类是应用程序员;一类是操作员。他们互相之间的关系见图1.1。

图形系统的实现者是指根据图形系统的规格说明,用高级语言和其他软件开发工具来实现一个图形系统。这里所说的图形系统主要是指那些能为开发图形应用程序提供基本图形功能的软件,方便用户使用图形设备。其中本书要详细介绍的图形核心系统

GKS 就是一个最基本、最典型的图形系统。这些系统可以是一个子程序包(或称软件包),或是一个图形程序语言,甚至可以是一个数据库或其他软件工具。由于这些软件是开发 CAD 一类图形应用程序的基础,目前大都已有其功能描述的标准,或正在制定这些标准。因此,系统的实现者往往要按照有关标准来实现图形系统。

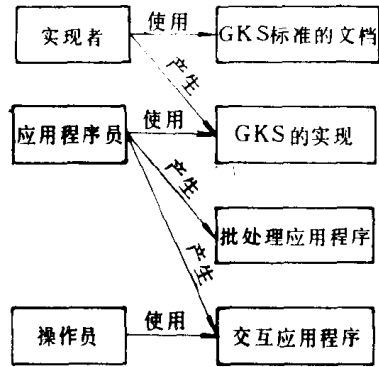


图 1.1 计算机图形学的用户

应用程序员(本书所指的只限于那些包含了计算机图形的应用)是指那些在编写应用程序时使用了计算机图形功能的程序员。如果图形系统是以子程序包的形式提供时(GKS 就属于这种情形),应用程序员就可用高级语言中的子程序调用功能来调用图形系统所提供的功能。例如 GKS 提供了一种画折线的功能子程序 GPL,应用程序员可以通过

CALL GPL(N,PX,PY)

在屏幕上显示一条折线。当然在实际使用时,还要复杂一些,我们将从第二章起逐步进行介绍。本书的主要任务就是给那些对于应用计算机图形感兴趣的应用程序员介绍如何用 GKS 这个有力的工具来编写应用程序。

操作员是指那些坐在图形工作站(或图形终端)前面,用鼠标器、图形输入板一类图形交互输入设备输入和操纵图形的设计人员、指挥人员和各种交互图形应用系统的使用者。这些人直接接触的是由图形应用软件提供的菜单命令和其他功能,而这些功能最终也是由图形系统所提供的。虽然这些图形设备的操作员并不需要像应用程序员那样清楚地知道 GKS 的各项功能,但是知道一些有关图形系统的概念、原理,对于那些用户无疑也是有益的。我们希望本书能使那些读者也感到兴趣。

第二节 图形核心系统 GKS

一、图形核心系统的功能

图形核心系统的功能覆盖了第一节中所述生成式计算机图形学的主要内容。具体地说,系统的主要任务是:

图片的表示和产生;

把在不同的用户坐标系中定义的图片变换到不同的图形设备(在 GKS 中统称为工作站)的坐标系中的图片;

控制工作站和系统之间的联结;

处理工作站上的输入;

允许图形元素的组合,并允许把它作为一个整体加以操纵;

进行图片的长期储存。

简单地讲,GKS 的主要功能包括图形的输出功能、输入功能、控制功能、变换功能、组合功能(又称图段功能)和元文件功能。其辅助功能还包括询问功能和出错处理功能。这里的图片泛指工程图纸一类的线划图形和照片一类点阵式图形。

可以看出,通过学习 GKS,既可以作为计算机图形学的入门,又可掌握编写图形应用软件的基本技巧,是学习计算机图形学的捷径。

(一) 输出功能

GKS 把众多的绘图功能归并成五种基本的绘图功能和一种扩充的绘图功能。五种基本绘图功能用来输出五种基本图形,它们是折线、多点记号、正文、填充区和像元阵列。一种扩充的绘图功能称为广义绘图原语(GDP)。用它可以绘制圆、圆弧、椭圆和样条曲线等。每个 GKS 具体有哪些 GDP 依赖于工作站的特性,在标准中不作统一的规定。绘制上述图形的功能称为输出原语(又称图形原语),简称为图原。应用程序员用上述五种基本图原,必要时再加上广义绘图原语,可以画出各种各样的图形来。其中:折线用来绘制线划图形(如机械制图);多点记号用来标记一串不同的位置,如一

个离散的函数值或过程的采样值;正文用来在图上注字,原有国际标准只允许注西文,在国家标准中增加了汉字;填充区用来绘制用直线段包围起来的多边形,它可以分别用单一的颜色、阴影线、图案来填充其内部,或者只划一个边框;像元阵列用来显示一块矩形的图像。前两种图原比较适合于在绘图机一类线划图形设备上使用,后两种图原则适合于在光栅图形设备上使用。至于正文,它既适用于线划图形设备,又适合于光栅图形设备。尽管如此,通过适当的硬软件处理,它们均可在两类图形设备上使用。

单单这五种基本绘图功能加上一种广义绘图功能,还不能完全刻画出所有需要的绘图特性。例如,对于折线需要控制它所用的线型和颜色;对于正文需要控制其字符高度、所用字体乃至字符的走向。在 GKS 中,把这些和图原有关的外表特性称为图原属性。它们可以用图原属性设置功能加以控制。按照图原属性是否和几何尺寸有关,GKS 把它们分成几何属性和外表属性。由于外表属性在不同类型的图形设备上可以有不同的表现形式,允许应用程序员用与工作站(即图形设备)无关的方式来指定图原的外表或用依赖于工作站的方式来指定它们。在 GKS 中,前一种方式称为单独指定,后一种称为成束指定。

(二) 输入功能

和绘图功能一样,GKS 也把各种交互图形输入设备所具有的功能抽象成与设备无关的六种逻辑输入设备。它们是:定位器、笔划器、定值器、选择器、拣取器和字符串设备。其中:定位器用来输入单个位置信息;笔划器用来输入一串位置信息;定值器用来输入一个实数值,它相当于一个旋钮;选择器用来选一个号码,它相当于按钮;拣取器用来指点画面上的图形实体或图原;字符串设备相当于键盘,可用来输入字符串。在 GKS 国家标准中规定,可以用字符串设备来输入汉字串。

每个逻辑输入设备可以在三种不同的方式下工作,称为操作方式。这三种方式是请求方式、采样方式和事件方式。逻辑输入设备在请求方式下工作时,要由应用程序先发出输入请求,程序挂起

等待操作员的输入动作,如用鼠标器标定输入位置并击一键通知系统。系统经处理后把这个位置信息传送给应用程序。这种方式类似于从普通终端上输入一串字符。采样方式适于从图形输入板上用跟踪方式输入一串位置,它避免了输入过程中不必要的“击键”、“等待”动作。事件方式有点类似于请求方式,但是操作员可以先于程序的请求进行输入操作,系统把这些输入信息作为“事件”存入一个队列中。当应用程序需要输入时,可直接从队列中取走一个事件,避免了不必要的等待。

(三) 控制功能

各种图形输入输出设备在 GKS 中统称为工作站。GKS 的控制功能是指那些用来打开和关闭 GKS、打开和关闭工作站以及其他对工作站的控制功能。在 GKS 中,对工作站的控制就是对图形设备的控制。主要的控制功能还包括启用和停用工作站,对工作站上画面更新的控制。

GKS 用启用工作站来启动图形输出原语向工作站的实际输出。可以同时启用几个工作站。输出原语同时向所有已启用(活动)的工作站输出图原。GKS 还提供了一组功能来控制工作站上画面的更新。对于那些需要通过重画(或称再生)才能实现的操作(如删除画面上的某些内容),应用程序可以使 GKS 自动地重画(隐含再生),或者暂时禁止隐含再生,到适当的时候通过重画功能或更新工作站功能使其重画。提供这些功能可以使应用程序以最佳的方式来更改画面。

(四) 变换功能

GKS 使用了三种坐标系和三种变换,即世界坐标系(WC)、规格化设备坐标系(NDC)和设备坐标系(DC)。应用程序用世界坐标系定义图原中的坐标。图原中的世界坐标通过规格化变换变成规格化设备坐标,再通过工作站变换变成设备坐标。上述两个变换均是从窗口到视口的变换,即只允许平移和缩放。第三种变换是图段变换,这是一个从 NDC 到 NDC 的任意二维坐标变换。

GKS 允许定义多个规格化变换,以便在一个画面上可以同时