

计算机图形

核
心
系
统

GKS与C

联编应用

陈德人 董金祥 编著

浙江大学出版社

计算机图形核心系统 GKS 与 C 联编应用

陈德人 董金祥 编著

浙江大学出版社

(浙)新登字 10 号

计算机图形核心系统
GKS 与 C 联编应用
陈德人 董海昇 编著
责任编辑 杜希武

浙江大学出版社出版
浙江印刷发行学校印刷厂印刷
浙江省新华书店发行

*

开本: 850×1168 1/32 印张: 18.5 字数: 460 千

1993 年 8 月第 1 版 1993 年 8 月第 1 次印刷

印数: 0001—1500

ISBN 7-308-01039-2/TP·076 定价: 5.80 元

前 言

图形核心系统 GKS 是第一个计算机图形国际标准。自从 1985 年颁布以来,已经越来越被国内外所广泛接受和重视。在近年来推出的各种型号的计算机和工作站上大多数都配置了 GKS 软件,其应用与开发系统日趋成熟与扩大。我国亦在国际标准 GKS 的基础上于 1988 年制定了 GKS 国家标准,并先后研制和开发了一批拥有我国自主知识产权的 GKS 系统和 GKS 应用软件。

GKS 标准的形成是几十年来计算机图形学及其应用发展的一个里程碑。它凝聚了计算机图形成熟技术和经验的结晶。许多随后制定的其它计算机图形标准以及许多计算机图形应用软件都广泛吸收了 GKS 的结构与技术。因此,了解和熟悉 GKS 系统不仅可以认为是学习计算机图形学和计算机辅助设计领域知识的一个直接入门,同时对于掌握这方面领域的技术来说也是必需的。

GKS 标准的功能集通过与宿主语言的联编形式提供给应用程序使用。C 语言是当前计算机图形学和计算机辅助设计领域应用得最广泛的宿主语言这一。GKS 的 C 联编国际标准经过 10 年的努力于 1991 年 12 月 15 日正式颁布。本书以 GKS 的 C 联编为界面形式分五个部分全面介绍了 GKS 从概念到应用的各个方面。第一部分概述了 GKS 的基本原理、总体结构及其运行环境,第二部分针对我国研制的 ZD-GKS 阐述了 GKS 系统的设计与实现的策略,第三部分介绍了 GKS 开发和应用的环境与方法,并给出了一个在 GKS 环境下实现的通用设计绘图系统 ZD-DDS 的构造,第四部分对 GKS 标准进行了进一步的讨论,包括 GKS 的更新和已正式成为 GKS 补充标准的 GKS 修订版 1,同时也简述了其

它图形标准(GKS-3D、PHIGS、CGM 和 CGI)及其与 GKS 的关系,第五部分作为全书的附录列出了 GKS 功能、函数、出错信息的对照,以及可供 GKS 应用时参考的 GKS/C 数据类型定义、函数定义及缺省宏定义等有用信息。书中有关标准的内容全部参照近年正式颁布的国际标准,即参考文献^{[1]~[13]}(除了 CGI 参照国际标准草案)。对于我国国家标准 GKS,由于它仅仅以国际标准 GKS 为基础,在输入、输出等相关功能上增加了汉字能力。因此书中的相应章节中同时进行提及。

何志均教授在百忙之中对本书进行了认真的审阅,并提出了许多有益的建议,我们在此表示由衷的感谢。本书有关 GKS 设计、实现、开发与应用的部分内容取自作者及其同事们近年来在这方面领域工作的科研成果和论文,特别是作为国家七·五科技攻关成果的图形核心系统 ZD-GKS 和设计绘图系统 ZD-DDS。因此作者对所有参加这方面工作的同事和同学们表示感谢。作者感谢何志均教授、石教英教授和金廷赞教授对这两个项目研究的支持和指导。作者至今仍非常留恋参加七·五攻关项目时那紧张的日日夜夜,想念在那些日子里一起工作的同事和同学。他们当中有:自始至终参加这两个项目开发的吕蓁,参加 ZD-GKS 研制的张伟明、谢坤、朱爽、蒋卫,以及参加 ZD-DDS 研制的胡敏、卞清平、吴含斌、沈洁、金红等等。

由于我们写作水平有限,加上教学、科研和其它事务的繁忙,成书仓促,书中无疑存在欠缺或错误之处,希望能有完善和改正的机会。

陈德人 董金祥

1992 年 4 月于浙大求是园

目 录

第一章 绪 论	1
1.1 计算机图形学概论	1
1.1.1 计算机图形学的含义	1
1.1.2 计算机图形学的发展过程	2
1.1.3 计算机图形学的应用领域	4
1.1.4 计算机图形学的研究内容	6
1.1.5 图形软件的分类	8
1.2 计算机图形软件标准概论	10
1.2.1 图形软件标准化的意义	10
1.2.2 图形软件标准的发展过程	11
1.2.3 图形软件标准分类	14
1.3 GKS 标准引论	17
1.3.1 GKS 标准的制订过程	17
1.3.2 GKS 功能	20
1.3.3 GKS 功能的分级	21
1.4 GKS 系统界面	26
1.4.1 GKS 的系统层次模型	26
1.4.2 工作站	27
1.4.3 C 联编界面	28
第二章 GKS 系统结构	33
2.1 GKS 系统控制表类	33
2.1.1 GKS 描述表	33
2.1.2 工作站描述表	34

2.1.3	GKS 状态表	36
2.1.4	工作站状态表	37
2.1.5	图段状态表	39
2.1.6	GKS 出错状态表	39
2.2	操作状态及其转换	39
2.2.1	GKS 操作状态流程	40
2.2.2	操作状态转换控制	46
2.2.3	操作状态的可用范畴	51
2.3	询问功能与出错处理	55
2.3.1	询问功能	55
2.3.2	GKS/C 存储管理	60
2.3.3	出错处理	73
第三章	坐标系统与图形输出	76
3.1	坐标系统及其变换	76
3.1.1	坐标系统	76
3.1.2	坐标变换	78
3.1.3	剪裁	84
3.2	图形输出与输出属性	86
3.2.1	输出原语	86
3.2.2	图原属性及其控制	94
3.2.3	全局属性设置	101
3.2.4	工作站属性设置	121
第四章	图形输入	126
4.1	逻辑输入设备	126
4.1.1	逻辑输入设备的概念	126
4.1.2	逻辑输入设备的输入类别	127
4.1.3	逻辑输入设备的操作方式	129
4.1.4	逻辑输入设备模型	134

4.2 逻辑输入设备的初始化	138
4.2.1 逻辑输入设备的初始化内容	138
4.2.2 定位设备初始化	140
4.2.3 笔划设备初始化	144
4.2.4 定值设备初始化	147
4.2.5 选择设备初始化	150
4.2.6 拣取设备初始化	153
4.2.7 字符串设备初始化	155
4.3 输入功能	157
4.3.1 输入变换	157
4.3.2 请求输入功能	160
4.3.3 采样输入功能	164
4.3.4 事件输入功能	167
第五章 图 段	173
5.1 图段及其操作	173
5.1.1 GKS 图段的概念	173
5.1.2 图段操作	177
5.2 图段属性	180
5.2.1 图段的变换属性	181
5.2.2 图段的交互属性	186
5.2.3 图段属性的动态修改	190
5.3 独立于工作站的图段存储器 WISS	192
5.3.1 WISS 的概念	192
5.3.2 WISS 的图段操作	195
第六章 GKS 元文卷	200
6.1 GKSM 的概念	200
6.1.1 GKSM 功能	200
6.1.2 为 GKS 设计的 GKSM 结构	202
6.2 GKSM 生成	217

6.3	GKSM 输入	224
第七章	系统的进一步控制	227
7.1	工作站画面变化的延迟控制	227
7.1.1	延迟方式	227
7.1.2	工作站画面的动态修改和隐含再生方式	229
7.1.3	工作站特殊控制	233
7.2	标准以外的功能控制	238
7.2.1	逸出功能	239
7.2.2	消息功能	241
第八章	GKS 设计与实现	243
8.1	GKS 系统设计	243
8.1.1	GKS 设计要求与原则	243
8.1.2	GKS 系统设计环境	245
8.1.3	图段数据结构	247
8.1.4	GKS 功能的出错处理	254
8.1.5	通用 GKS 设计与实现	254
8.2	输入输出技术	258
8.2.1	输出流程控制	259
8.2.2	GDP 功能设计	260
8.2.3	汉字功能	267
8.2.4	异步输入功能实现	269
8.3	语言联编	271
8.3.1	GKS 语言联编规则与 C 联编定义	272
8.3.2	GKS/C 表结构	273
8.3.3	C 联编到 fortran 联编的直接实现	275
第九章	GKS 开发与应用	280
9.1	GKS 应用环境	280

9.1.1	GKS 应用的两个方面	280
9.1.2	GKS 应用环境	282
9.2	GKS 应用系统——通用设计绘图系统 DDS	286
9.2.1	DDS 总体结构	287
9.2.2	图形的层次设计	289
9.2.3	图元及其数据流程	290
9.2.4	图块的两种生成形式	293
9.2.5	图形操作及其环境	293
9.2.6	工作状态流程	294
9.2.7	用户界面与例图	295
9.3	基于 GKS 的菜单命令环境	299
9.3.1	命令处理器 CP	301
9.3.2	GKS 函数的分解	302
9.3.3	GKS 菜单命令的特点	307
9.3.4	GKS 菜单命令操作	308
9.4	窗口环境下的 GKS 图形开发工具	311
9.4.1	X 窗口系统与 XGKS 环境	311
9.4.2	XGKS 结构	313
9.5	GKS 多任务环境与分布式结构	316
9.5.1	多任务环境的 GKS 应用	316
9.5.2	分布式 GKS 层次模型	321
第十章	GKS 应用样本程序	325
10.1	GKS 样本程序一	325
10.2	GKS 样本程序二	335
10.3	GKS 样本程序三	338
10.4	GKS 样本程序四	347
第十一章	其它图形标准及其与 GKS 的关系	357
11.1	三维图形核心系统标准 GKS-3D	357

11.2 层次结构的三维图形标准	370
11.2.1 层次结构的交互图形系统标准 PHIGS	371
11.2.2 PHIGS 的扩充 PHIGS+	380
11.3 计算机图形元文件标准	382
11.3.1 计算机图形元文件标准 CGM	383
11.3.2 CGM 的更新	391
11.4 计算机图形接口标准 CGI	394
第十二章 关于 GKS 标准的进一步讨论	398
12.1 GKS 标准述评	398
12.2 GKS 标准的更新	401
12.3 GKS 修订版 1	408
12.3.1 GKS 对话元文卷的概念	408
12.3.2 GKS 对话元文卷的生成	414
12.3.3 GKS 对话元文卷的解释	421
12.3.4 GKS 对话元文卷的形式化语法	427
附录 A GKS 英中文功能对照	449
附录 B GKS 功能与 C 函数名对照	456
附录 C GKS/C 数据类型定义	464
C.1 基本类型	464
C.2 枚举类型	465
C.3 简单结构	470
C.4 嵌套结构	475
C.5 依赖于实现的类型	480
附录 D GKS/C 函数定义	487
D.1 控制函数	487
D.2 输出函数	490
D.3 输出属性函数	491

D. 3.1	独立于工作站的图原属性函数	491
D. 3.2	工作站属性函数	495
D. 4	变换函数	497
D. 4.1	规格化变换函数	497
D. 4.2	工作站变换函数	498
D. 5	图段函数	498
D. 5.1	图段操作函数	498
D. 5.2	图段属性函数	500
D. 6	输入函数	501
D. 6.1	输入设备初始化函数	501
D. 6.2	输入设备方式设置函数	503
D. 6.3	请求输入函数	505
D. 6.4	采样输入函数	506
D. 6.5	事件输入函数	508
D. 7	元文卷函数	510
D. 8	询问函数	511
D. 8.1	操作状态值询问函数	511
D. 8.2	GKS 描述表询问函数	511
D. 8.3	GKS 状态表询问函数	512
D. 8.4	工作站状态表询问函数	521
D. 8.5	工作站描述表询问函数	531
D. 8.6	图段状态表询问函数	540
D. 8.7	象素询问函数	541
D. 8.8	出错状态表询问函数	541
D. 9	实用函数	542
D. 9.1	GKS 实用函数	542
D. 9.2	C 联编实用函数	543
D. 10	出错处理函数	543
附录 E	GKS/C 短函数名定义	544
附录 F	GKS 出错表	552

F.1	与实现有关的错误	552
F.2	操作状态错误	552
F.3	工作站错误	553
F.4	变换错误	554
F.5	输出属性错误	555
F.6	输出原语错误	558
F.7	图段错误	558
F.8	输入错误	559
F.9	元文卷错误	560
F.10	逃出错误	560
F.11	其它错误	561
F.12	系统错误	561
F.13	C 联编错误	561
F.14	保留的错误	562
附录 G 缺省宏定义		562
G.1	出错宏定义	562
G.2	函数宏定义	567
G.3	其它宏定义	571
G.4	GKSM 项目宏定义	572
参考文献		574

第一章 绪论

1.1 计算机图形学概论

1.1.1 计算机图形学的含义

计算机图形学是一门研究用计算机来生成和处理图形的科学。这里所说的图形包括各种二、三维图形如二维工程图、逻辑图、电路图、地图、三维线框图、真实感图、动态图以及各种抽象图形(包括艺术图案、广告图、美术图等)。与人们日常生活中见到的图形不同,计算机图形通过计算机来生成并由计算机的显示器、绘图仪、打印机等外部设备表现出来。人对图形的控制和处理通常是借助于显示器,通过鼠标器、数字化仪或键盘等输入工具来进行。这种人对图形的控制和处理过程也是人与计算机的一种交互式对话过程。

计算机本身是一种数字逻辑设备。在计算机图形得到应用之前,人们获取的计算机处理结果只是一串串的符号数字。这些符号数字串到真正的结果往往还需要经过一个转换或想像。而对于人的视觉器官来说,丰富多彩的图形要比那些枯燥无味的冗长的符号数字串不仅更直观、更易于理解,而且还能更多更快地获得其中的信息。真可谓“一幅图顶得上千言万语”。因此在人机交互中,将人与符号数字串打交道改变成人与图形打交道,这是计算机发展

史上的又一个开创性事件。计算机图形学就由此产生和不断发展起来了。

计算机图形学最初是与计算机辅助设计的应用密切相联的,因此开始时人们通常把计算机图形学仅仅看成是计算机的一类应用。随着计算机图形新技术的不断发展和计算机应用领域的日益广泛,计算机图形学已经渗透到计算机的其它应用领域和计算机科学的其它分支中去了。例如在操作系统、程序设计语言、数据库、人工智能等领域,都能够看到计算机图形学技术的应用。因此可以说,计算机图形学现在已经成了计算机科学的一个重要分支。

1.1.2 计算机图形学的发展过程

概括地说,计算机图形学的发展大致经历了 50 年代至 60 年代的形成,70 年代的发展以及 80 年代的兴旺三个过程。其过程是与计算机技术及其外部设备技术本身的发展过程密切相关的。

早在 1946 年世界上第一台计算机诞生没有几年后,一些可以用于计算机图形输出和输入的外部设备也相继问世。例如第一台图形显示器于 1950 年问世。当时这台 16 吋的 CRT 黑白显示器是美国麻省理工学院旋风一号计算机的附件,用于显示一些简单的图形。我们现在已知的大多数计算机图形外部设备如绘图仪、光笔、数字化仪、彩色显示器等至 60 年代初就已经出现了。1962 年,美国麻省理工学院林肯实验室的 Ivan E. Sutherland 在他的博士论文“Sketchpad: 一个人—机通讯的图形系统”中首次列入了计算机图形学(Computer Graphics)这个概念。这篇论文所提出的关于计算机图形学的基本概念和技术奠定了这门崭新学科的地位。论文中提述的 Sketchpad 也是最早将计算机图形学应用于计算机辅助设计(CAD)的系统。

虽然计算机图形学的相应技术在 60 年代开始就已经逐步形

成,但由于图形显示设备主要是价格昂贵的随机扫描式显示器或后期出现的只能进行简单图形处理的存储管式显示器,从而大大限制了其应用程度和普及范围。70年代以后,光栅扫描图形显示器得到了迅速的发展。由于这种显示器价格低廉而且产生的图形更加形象逼真,因此不仅使计算机图形学真正得以广泛实用化,而且也扩大了计算机图形学本身的研究领域如三维真实感图形、实时模拟等。另一方面,70年代以来,微电子和计算机技术有了迅猛发展。计算机内存容量、运算速度的成百倍地提高和性能价格比的大幅改善,为计算机图形学的应用和普及创造了必要的条件。各类不同型号的图形输入输出装置和各种不同应用目的图形软件系统应运而生。计算机图形学除了在机械、电子两大工业领域的计算机辅助设计方面得到了广泛的应用之外,也在建筑、工业控制、地理、艺术等…领域取得了应用。

在80年代以前,传统的计算机大都是主机+终端的分时体系结构的。这种传统的主机+终端结构在处理图形时往往需要主机提供很大的内存容量和计算能力,其响应速度很慢,这与图形学的要求是相悖的。80年代初,一类新的计算机——工程工作站异军突起,它不仅解决了传统计算机在图形处理上的弊病,而且几乎完全取代传统计算机,成了当今计算机图形学研究与应用的主流机。工程工作站是一类分布式计算机系统,它可以通过局部网和主机(服务器)连接。工程工作站由于具有理想的人—机交互环境和强有力的图形功能,所以也称为图形工作站。它的出现极大地促进了计算机图形技术的发展和应用的普及。图形工作站和高性能的微机(如386、486)是今天计算机图形学研究与应用的主要工作平台(图1-1)。目前图形工作站及其性能价格比仍在不断改善。其运行速度和内存容量通常都超过了10MIPS和8MB,并以几何级数速度上升。由此可见,计算机图形学的研究和应用也同样在不断深入和开拓,其发展前景是非常诱人的。

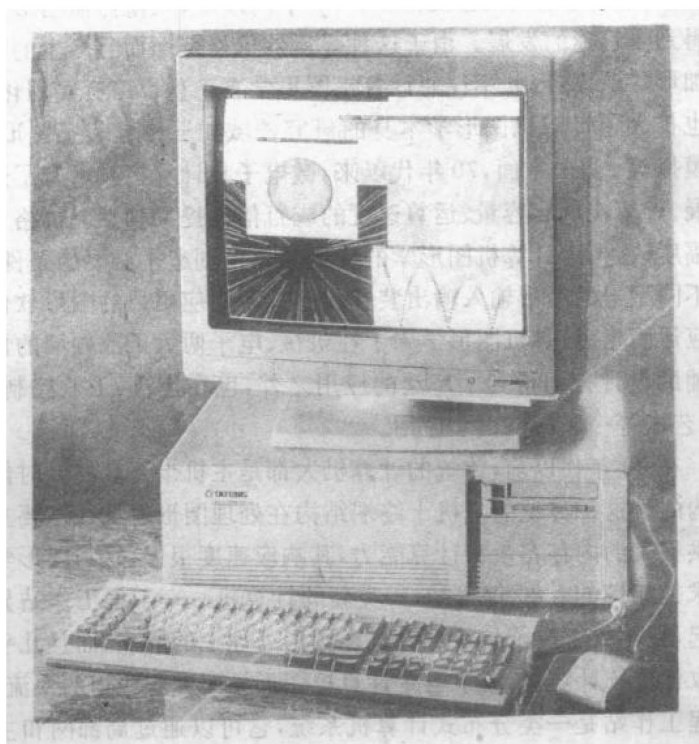


图 1-1

1.1.3 计算机图形学的应用领域

计算机辅助设计与计算机辅助制造(CAD/CAM)是近二十年来计算机图形学应用得最广泛的一个领域。利用计算机图形学技