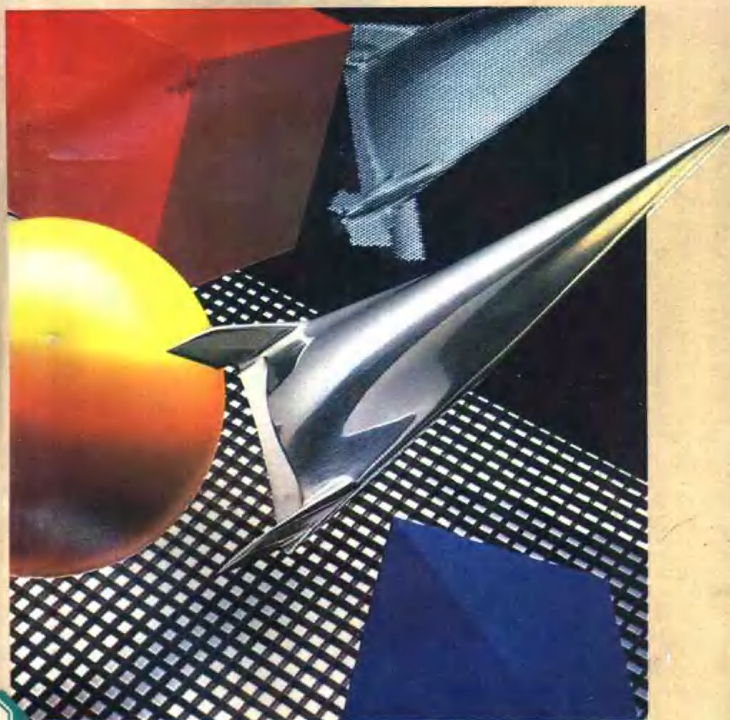


用C开发高性能CAD图形

李经纬 编 田丁 校



北京科海培训中心

用C开发高性能CAD图形

李经纬 编 田 丁 校

科海培训中心

怎样使用本书

本书提供的内容是在与IBM兼容的个人计算机上进行三维模型化，绘制和动画的大量编程技术。通过使用象Quick C或Turbo C这样的流行C编译器，你就可以写出其图象足以同商用软件匹敌的图形程序。

本书包含6,500多条有价值的源代码。你将学到许多经验丰富的程序设计人员使用的高编技术。使用程序清单中的完整程序，你将看到怎样建立编好的实体三维图象，你可以选择这些图象在屏幕上的显示方式——透明的线框模型或实心模型。如将C的源代码做些改动，就可以旋转这些模型及将视点变近或变远。

你将学会建立全带明暗处理的模型，方法是让计算机去计算光源的位置，并且按几个键后可以改变光源的位置。你将学到使你建立的模型运动的两种高速的方法。

简言之，本书是一本易读的，以其它书编的终点为起点的高级图形教程。

本书的对象

如果你使用个人计算机并对计算机图形感兴趣，你可以阅读本书。如果你是C程序设计的新手，那么计算机产生图象的动人世界正等着你去发现。如果你是一个有经验的用户，本书将展示给你一些高性能的图形技巧，这些或许是你认为用普通的个人计算机干不了的。如果你是一个专业C程序设计人员或软件作者，你将学到改进你的图形程序的一些有用技术。如果你使用一专业CAD系统，本书将使你许多昂贵的CAD软件包中的概念和算法有深刻的认识。

关于本书

本书是做为C程序设计人员的学习工具仔细编纂的。你可以折起建关键处的页角以使将来再次软快地返回来。用笔做些记号也是很有益处的。将你自己的见解和观点记录在书旁也将太有补益。

本书指导你在与IBM兼容的个人计算机上用有良好组编的C代码和模块化程序设计环境进行模型化，绘制和动画处理。本书的风格用一句话叙述就是：这里是这样做的！有30多个专业化水平的模程序可供在你的个人计算机上运行。

我们将重点放在帮助你理解编示程序中的诸多模念上，目的是为体将来编写自己的软件键平道路，当然这些软件是与模型化、绘制和动画有关的。使用本书的知识，你可以产生以下几方面的模验显示图形：建筑设计、工业部件、包装设计、绘制提划、车辆设计甚或飞行模拟。这些潜在的应用仅仅受到你想象力的限制。由于本书自始至终使用键块化的程序设计方块，所以使于调整并将源代码合入你自己的C程序中。

本书的特殊特征

本书的便于学习的方式组织。重要的基础知识放在前面介绍。以此为后面的高级应用内容奠定基础。以模块化程序设计方法给出完全指定功能的独立子程序。再次它们链在一处产生高级的程序，这些程序可在个人计算机上生成高质量的图形。

每个程序清单均是独立完善的。如果你阅读过其它关于C的书，而且它们将散布在全书的程序片段合在一起组成程序的话，你将会欣赏本书的方法。你只要将程序装入，就可在IBM PC，XT，AT，PS/2或其它兼容机上（具有任何IBM兼容的图形适配器），在microsoft的Quick C和Borland的Turbo C集成程序设计环境中运行这些程序。在每个程序中的一个特殊配置模块可以使软件一开始就自动适应你的硬件环境，以使产生可能的最佳的图形。如果使用了VGA，就经常选择640×480及16色方式。如果是EGA及增强的监视器，则使用640×350及16色方式。640×200及16色方式对应于EGA和标准彩色监视器。如是CGA或MCGA，程序就使用320×200及4色方式。

大多数程序均附有图形输出实际监视器显示的照片的便验证你的个人计算机产生的结果。有丰富的背景信息可供使用，以便于对程序的理解。每个程序还包含有描述程序逻辑的书面分析。

如果你希望选择适合于你的内容，有现成的内容列表和索引帮助去找到相应的内容。最后是详细的词汇表解释图形程序设计人员使用的应行词汇。

本书的组织

本书的内容由五部分组成。

第一部介绍图形基础知识。你将发现各种个人计算机的绘图潜力以及各种图形适配器、各种监视器的绘图潜力，再就是Quick C和Turbo C的始图潜力。你将学会面形指令和模块化程序设计技术，这些东西构成了在个人计算机上实现高性能模型化、始制及动画的基础。你将学会用C管理键盘及管理屏幕的全新方式。

集二部揭示了在个人计算机上进行模型化的动人世界。你将学会三维模型的重要概念，如自动消除隐藏面等。你将看到怎样去旋转、缩放和移动一个计算机产生的三维图象。演示程序始出产生立方体、球体和圆技术等基本形状的示例。你将看到产生三维平滑曲线的高放算法。你将学会怎样使用表面映射在圆技术你和立方体等三维容器的表面画出图形。

第三部讨论始制：个人计算机上关于光照与明暗处理的技术。我们介绍一些在专业系统中实现的重要的基本概念。著名的半色调技术和线藏动技术将来产生一系列浓浓的色调，还要解释一个由计算机技制的形成放淡色调的矩阵算法。模式程序表现用个人计算机产生经浓淡处理的立方体、球体和圆柱体的模型。另外还探讨了镜反射和阴影等高级技术。

第四部始出在个人计算机上产生高速动画的维程技术。首先是对各种微处理机、图形适配器和监视器在使用Quick C和Turbo C时的动画潜力有个一般的了解。你境够以每秒10至18帧的速度来做全屏幕帧动画。在VGA或EGA图形适配器上产生实时动画的于程序是述立生动画面的主要专业手段。

第五部探索在个人计算机上模型化、绘制和动画的一些实际用这。一个演示程序给

出怎样为一典型的卡通设计图形。你将学到怎样用一个全功能飞行模拟样板去模拟三维宇宙空间的飞行。一个软饮料容器设计的实例则进一步提供了高性能C图形的第一手资料和经验。

使用本书的环境

你很可能已经具备了本书大部分内容要求的环境。

一、软件要求

如果你有Quick C 1.00或microsoft C 5.00或Turbo C 1.5或比它们更新的版本就可以了。书中列出的程序只要键入就可在上述软件之下运行。(应该注意的是, Turbo C 1.5版以前的软件没有任何内部的图形功能。如果你用的是Turbo C 1.0, 应该予以更新以便充分利用个人计算机丰富的图形功能)。

二、硬件要求

如果你的机器是IBM兼容的个人计算机, 就足够了。书中的程序是为IBM PC, XT, AT及IBM PS/2系列写的。任何与它们兼容的个人计算机都可以运行演示程序。如果你的个人计算机可以运行MS-DOS而且是完全兼容的就可以了。

如果你有CGA (彩色/图形适配器), 程序将在320×200、4色方式下运行。如果是EGA (增强的图形适配器), 那么对于增强的显示监视器或多扫描(multiscanning)监视器, 程序以640×350、16色方式运行; 对于标准彩色显示监视器, 运行方式为640×200、16色。如果你用了VGA (视频图形阵列) 如基于80286和80386的PS/2系列50型、60型和80型等机器, 或者你用了如QuadVGA等类似于VGA的图形适配器, 程序将以640×480、16色方式运行。如果你使用了MCGA (多颜色图形阵列) 如基于8086的PS/2系列25型和30型, 程序将以CGA方式运行。

源程序盘

本书附带的源程序盘含有书中演示程序的C源代码。程序分两种, 一种对应于Microsoft C和Quick C, 另一种是Turbo C。有了源程序盘后, 就可以立即演示本书中的高级图形内容, 而且无需你再将程序键入一遍。你可以集中于学习。该盘不是反拷贝的, 你尽可以将完全测试过的子程序用到你自己的源程序中。程序有6,500多行。

演示程序的建立

本书中的演示程序是在IBM PC上建立的, 使用了IBM-DOS 3.20, Quick C 1.0, Turbo C 1.5, IBM增强型彩色显示监视器, NEC多同步监视器, Quadram的QuadVGA图形适配器及Quadram的QuadEGA+图形适配器。

程序实际上可在任何有图形功能的IBM兼容机上运行。它们在众多与IBM兼容的图形适配器、监视器及个人计算机上通过了测试。另外, 对于IBM-DOS, MS-DOS, Quick C或Turbo C的不同配置的测试也已通过。

程序输出的图片是用标准的35mm相机各柯达黑白胶制作的。

利用本书的内容

如果你想修改本书的材料以备自己使用,或如果你想用本书的内容编写商用软件或其它程序,应该注意以下情况。

作者费了很大的努力准备这些材料和列到书中的程序。它们包括开发、研究及对演示程序的全面测试以确定其有效和准确。然而,无论作者本人也好,出版者也好,可绝对担保本书的内容和程序可以解决你的特殊的程序设计问题。虽然你可以在本书中学到许多好的技术,但是你应该在对要利用的程序进行全面测试后再去考虑其精度的有效性。

程序一览表

本书演示程序可使用VGA, EGA, CGA和MCGA图形适配器及相应的监视器。许多程序可自动选择对于你的特定系统的最佳方式。对于VGA,使用640×480、16色方式。对于EGA和增强的显示监视器,使用640×350、16色方式。对于EGA和标准彩色显示器,使用640×200、16色方式。对于CGA或MCGA,使用320×200、4色方式。

所有列于此处的程序在源程序盘中均存在。

Quick C程序一览

QC_01.C	图形方式兼容管理器
QC_02.C	线框立方体
QC_03.C	实心立方体
QC_04.C	实心球体
QC_05.C	实心圆柱体
QC_06.C	三维空间的曲线
QC_07.C	将图案映射到立方体
QC_08.C	将图案映射到圆柱体
QC_09.C	明暗调色板
QC_10.C	经明暗处理的立方体
QC_11.C	经明暗处理的球体
QC_12.C	经明暗处理的圆柱体
QC_13.C	带镜反射的立方体
QC_14.C	三维模型的帧动画
QC_15.C	三维模型的实时动画
QC_16.C	实例研究:卡通设计
QC_17.C	实例研究:飞行模拟样板
QC_18.C	实例研究:软饮料容器设计
VGA_EGA.C	将VGA/EGA屏幕图象存盘
X_CGA.C	将CGA屏幕图象存盘

Turbo的程序一览

TC_01.C到TC_18.C同QC_01.C到QC_18.C。Quick C的后两个程序无Turbo C的对应者。

目 录

第一部	基础	
第一章	概念	1
1.1	三维图形的差异	1
1.2	三维图形的用途	3
1.3	三维图形初步	4
1.4	三维图形的一种定义	4
1.5	机会之窗	4
第二章	硬件	5
2.1	图形适配器	5
2.2	图形方式	8
2.3	图形适配器的工作方式	8
2.4	显示内存映象	10
2.5	图形程序的可移植性	15
2.6	图形适配器标准	16
2.7	监视器	18
第三章	软件	21
3.1	C的优势之一：用途广泛	21
3.2	C的优势之二：功能强	21
3.3	C的优势之三：速度快	22
3.4	用C编译器编程要览	22
3.5	集成的C编程环境	23
3.6	集成的C编译器的工作方式	24
3.7	程序设计过程	25
3.8	典型的Quick C 编程环境	25
3.9	典型的Turbo C 编程环境	26
3.10	内存管理	27
第四章	程序控制	29
4.1	C的程序结构	29
4.2	C的程序控制	30
4.3	C的操作符	30
4.4	C的循环控制	31
4.5	C的分支指令	32
4.6	使用C的变量	33
4.7	使用C的数组	34

4.8	C程序的可移植性.....	35
4.9	语法的可移植性.....	36
4.10	同C编译器的通信.....	37
第五章	图形控制.....	38
5.1	初级图形函数.....	39
5.2	高级图形函数.....	44
5.3	与图形有关的语法.....	48
第六章	使用Quick C.....	49
6.1	系统内存映象.....	49
6.2	DOS环境.....	51
6.3	QLB函数库.....	52
6.4	实例研究:运行一典型的C程序.....	53
6.5	程序的分析.....	57
6.6	常见错误信息.....	58
6.7	建立EXE文件.....	59
第七章	使用Turbo C.....	60
7.1	系统内存映象.....	60
7.2	DOS环境.....	62
7.3	实例研究:运行一典型的C程序.....	62
7.4	程序的分析.....	66
7.5	常见错误信息.....	67
7.6	产生EXE文件.....	68
第二部	模型化	
第八章	三维图象的概念.....	69
8.1	世界生标.....	69
8.2	产生三维模型.....	70
8.3	模型组件.....	70
8.4	B_rep模型化.....	73
8.5	视图化.....	73
8.6	子实体.....	73
8.7	CSG模型化.....	73
8.8	显示选项.....	74
第九章	三维模型的操作.....	77
9.1	三维算法.....	77
9.2	旋转公式.....	77
9.3	平移公式.....	78
9.4	投影公式.....	79
9.5	模角变形.....	80
9.6	弧度与度.....	80
9.7	旋转—平移序列.....	83

9.8	关于缩放.....	84
9.9	关于构筑的操作.....	84
第十章	立方体.....	87
10.1	透明的线框立方体.....	87
10.2	全程变量和局部变量.....	88
10.3	主函数.....	88
10.4	初始化变量.....	90
10.5	消去隐藏面.....	91
10.6	光线预排序方法.....	91
10.7	光线排序方法.....	91
10.8	平面方程式方法.....	92
10.9	目标空间和图象空间.....	92
10.10	实心立方体; 平面方程式方法.....	92
10.11	平面方程式公式.....	93
10.12	优化的数据库.....	93
10.13	使用一种必要的部子.....	94
10.14	一种通用算法.....	94
10.15	编译器注意事项.....	95
第十一章	球体和圆柱体.....	121
11.1	实心球.....	121
11.2	区域填充种子点.....	123
11.3	显示监视器的精度.....	126
11.4	实心圆柱体.....	126
第十二章	三维空间中的曲线.....	160
12.1	三次参数曲线.....	160
12.2	三维自由曲线.....	161
第十三章	表面映射.....	175
13.1	表面映射.....	175
13.2	映射立方体.....	176
13.3	映射圆柱体.....	177
第十四章	多模型显示.....	213
14.1	隐藏面消除的种类.....	213
14.2	隐藏面消除的十种方法.....	213
14.3	模射角预排序方法.....	215
14.4	辐射角排序方法.....	216
14.5	平面方程式方法.....	216
14.6	隔离平面方法.....	216
14.7	深度排序方法.....	216
14.8	光线跟球方法.....	217
14.9	分解方法.....	217

14.10	Z缓冲器方法.....	218
14.11	最小最大法.....	219
14.12	扫描线方法.....	219
14.13	关于程序设计的一些问题.....	219
14.14	适合C的方法.....	220
第三部 绘制		
第十五章	光照与明暗处理.....	221
15.1	明暗处理算法.....	221
15.2	入射角.....	222
15.3	光照与反射.....	223
15.4	表面类型.....	224
15.5	光线跟踪.....	225
15.6	个人计算机上的光照与明暗处理.....	226
第十六章	PC上的明暗处理模式.....	228
16.1	半色调.....	230
16.2	半色调能力演示.....	230
16.3	位铺盖: 两种策略.....	232
16.4	线抖动(line dithering).....	233
第十七章	计算机控制下的明暗处理.....	246
17.1	一般算法.....	246
17.2	一个特定算法.....	247
17.3	演示: 计算机明暗处理的立方体.....	248
17.4	子程序illumination().....	248
17.5	子程序shade().....	250
17.6	子程序dither().....	252
17.7	用立方体做试验.....	252
17.8	演示: 球的计算机明暗处理.....	252
17.9	演示: 圆柱的计算机明暗处理.....	253
第十八章	反射与阴影.....	316
18.1	镜面反射.....	317
18.2	阴影.....	317
18.3	演示程序: 镜面反射.....	318
第四部 动画		
第十九章	动画的概念.....	340
19.1	BITBLT动画.....	340
19.2	线框动画.....	341
19.3	实时动画.....	342
19.4	优点和缺点.....	342
19.5	其它动画技术.....	342
第二十章	帧动画.....	344

20.1	具有硬件速度的软件.....	344
20.2	选择图形方式.....	344
20.3	演示: 三维实体模型的模动画.....	344
20.4	main() 例程.....	346
20.5	动画管理程序.....	346
20.6	造型过程.....	346
20.7	用程序做试验.....	346
20.8	模动画的潜力.....	347
第二十一章	实时动画.....	362
21.1	实时动画的机理.....	362
21.2	提高性能的四方法.....	362
21.3	演示: 实时动画.....	363
21.4	实时动画的潜力.....	363
第五部	应用	
第二十二章	实例研究: 包装设计.....	369
22.1	准备包装盒.....	369
22.2	为设计做准备.....	369
22.3	演示: 包装设计.....	372
22.4	程序工作原理.....	372
22.5	改进.....	372
22.6	硬件考虑.....	372
第二十三章	实例研究: 飞行模拟.....	395
23.1	飞行模拟的三维计算公式.....	395
23.2	空战模拟的三维计算公式.....	396
23.3	使用飞行模拟原型.....	396
23.4	程序工作原理.....	397
23.5	对程序模块的逐个分析.....	398
23.6	利用源代码做实验.....	401
第二十四章	实例研究: 容器设计.....	425
24.1	程序工作原理.....	425
24.2	今后的路.....	426
附录A	用C绘图数学基础.....	452
A.1	移动光源.....	452
A.2	三角学定理.....	453
A.3	几何学定理.....	454
A.4	弧度表示.....	455
A.5	消除隐藏面.....	455
A.6	向量乘法.....	455
A.7	计算机控制下的明暗处理.....	457
A.8	旋转公式.....	457

A.9	三次参数曲线.....	459
附录B	用C绘制图形的磁盘程序.....	460
B.1	保存VGA和EGA的屏幕图象.....	460
B.2	保存CGA的屏幕图象.....	460
附录C	变量字典.....	472

第一部 基础

第一章 概念

从事计算机图形的程序设计人员的机会越来越多。在世界各地，大约有八百万台IBM个人计算机和兼容机用于办公室和家庭。绝大部分计算机拥有VGA、EGA或CGA的图形功能——越来越多的计算机用户期望程序使用图形。这些用户评经验认识到，图形是帮助学习、理解和掌握他们手中软件的节约时间的方式。由于当今大部分软件是用C写的，那么对于缺乏图形技术的C程序设计人员在软件市场竞争日益激烈的今天则不能不说是深深的遗憾。

对于支持计算机图形的程序设计算法的理解——特别是对三维图形——将使你具有专门的技能以实现极理想的模型、富有影响力的说明、高性能的模拟和高速的动画。你的这些编程技术将有助于写出娱乐软件、汇报软件、商用软件、台式出版软件及辅助设计软件等等。

1.1 三维图形的差异

在程序中增加三维图形后会有很大差异吗？也许解释这个问题的最好方法是让你们来决定。图1-1中的材料给出了三种不同的方式。图1-1上面部分只展现了正视图。对于模型的正视、背视、左侧视、右侧视、俯视和仰视图常称为正交视图。你已看到，正交视图是一简单的二维视图，它只给出了有限的视觉信息。

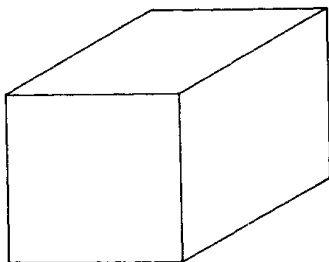
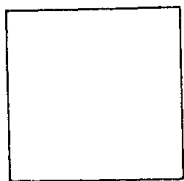


Fig. 1-1. Top: orthogonal view.
Center: isometric view.
Bottom: 3D view.

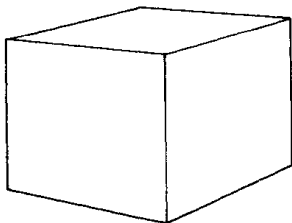


图1-1的中间部分是同一模型的等角视图。

一等角视图中表现深度的直线以30度角画出，通常叫2.5维，实际上只是二维。为了便于线段的度量，等角视图对线段不进行比例缩小。用这种方法画出的长模型将严重扭曲。虽然等角视图比正交视图更富于视觉信息，但它还不能是现实世界的准确表示。

图1-1下面部分是一真三维图象。可见三维图形反映了真实的模型。三维图形精确地表现了存在于现实世界的景物。你的个人计算机可以象产生二维模型那样产生同一模型的三维图形。

然而尽管图1-1多出一种三维图形，其全部意义还不仅于此。图1-1中的图象只是现实世界景物的静止描述。如果你将该模型放在手上，大概还要换几个角度去视察它吧。类似地，图1-1表示的三维图象也可以在个有计算机上旋转（使用第二十章中帧动画表现的高速技术）。这样，观察显示器的人就看到了原物的丰富的信息。科学研究表明，当三维图形和动画加入计算机图象领域后，形象化更加容易了。

如果你想迅速有效地表达事物，请使用图形。如果希望进行更好的交流，请使用三维图形。如果希望进行最佳的交流，请使用运动的三维图形。

1.2 三维图形的用途

使用三维图形或运动的三维图形的软件一般是综合性较强的。CAD、CAM、CAE、CAS和MCAE程序没有三维图形就无法存在。

CAD是计算辅助设计之意。CAM是计算机辅助制造，CAE是计算机辅助工程。CAS是计算机辅助式样设计，主要用于设计包装。MCAE是机械计算机辅助工程，包括利用有限元分析等高级手段。

三维计算机图形可以搞建筑设计的草排，帮助人事先弄清管道的线路和构造成分的关系。这样就无需设计人员，草图员和建筑师去为它们的设计构造纸板模型。

三维计算机图形可在地球物理学领域提供有价值的分析能力。挖掘、采矿或钻井等工程可使用计算机去构造和分析地表及内那的土壤、水和矿物的储藏情况，从而带来经济效益。

三维计算机图学可用于医疗诊断。对人体的扫描可为从事外科和物理疗法的医生提供有价值的信息。计算机辅助层面X线照明（又称CAT扫描）即使在小的医疗中心也可以使用。

三维计算机图形是娱乐电影业的重要组成。许多特殊效果——工业上称为EFX——实际上是计算机产生的三维图象。象电影星球大战，星际斗士等都广泛地利用了三维计算机图形。

三维计算机图形还在技术图解中发挥越来越大的作用。插图及色彩丰富的说明常用于广告作品、指导手册、安装指南和训练文献中。

三维计算机图形是CAD/CAM的生命线。使用三维图象，计算机用户可检查不同部件的接合，检查工具的洁净程度（对于机器人和计算机控制制造方面），证实运动物体的动作……所有这些都没有必要预先做出现实的模型。三维计算机图形除了用于评估成模、加工及打铸部件外，还可用来评估复杂的铸件。CAD/CAM软件已用于设计诸如讲演台、水泵、家庭用具、相机盒、涡轮叶片、发动机部件等等多种完全不同的东西。

即使是用于表演和汇报的图形及用于分析的图形，加上三维模型也会增强效果。娱乐软件很善于使用三维图形，台式排版程序也开始支持三维模型的位图（方法是使用TIFF位图文件格式）。

这些令人激动和富于挑战的领域，当一个C图形程序设计人员一旦掌握了三维模型

化、隐藏面消除和计算机控制浓淡等基本算法后便均可涉足。用C开发高性能CAD图形将是你首先需要的技术。

1.3 三维图形初步

计算机图形学是程序设计的一个相对独立的领域，而三维图形学则是该领域中特殊的一部分。虽然许多商用软件包给你产生的印象是，三维图形学的算法是极为复杂的，实际不然，本书可澄清这一事实。

当今个人计算机系统令人生畏的能力和目前C编译器提供的崭新的图形功能使大多数C程序设计人员可以直接投入写C的图形函数，特别是三维图形函数了。C程序设计语言的模块化方法很容易使你的C源代码在各处受到公平的待遇（只要将测试后的子程序加入到你的新程序中即可）。比如，你一旦开发且调试了一个用于计算落于任一表面的光照强度的子程序后，你便可将它在你所有的三维的程序中使用。

1.4 三维图形的一种定义

现在正是揭去三维计算机图象神秘外表的时候。

三维计算机图象无非是具有一个物体的数学定义和几何模型之类的意思。几何模型可分三类：线框的、实心的和全具浓淡处理的。你的带有VGA、EGA或CGA图形适配器的IBM兼容个人计算机可以产生所有这三种几何模型。

一、线框模型

一线框模型是一个固定的模型，不涉及隐藏面消除的问题。

二、实心模型

一实心模型是一个消除了隐藏面的黑白两色的图象。实心模型可以用CSG法（可构造的实体几何法）或B_rep法（边界表示法）产生。这两个名子看似高深，但它们到第八章便可知是相当直观的表达。

三、全具浓淡的模型

一个全具浓淡的模型是表面经浓淡处理以模仿现实世界的光照和阴影的实心模型。该过程称为绘制。模型的产生称为模型化。

三维模型化和绘制程序的大多数高级特征只是基于对三维模型的旋转，平移和分析。

1.5 机会之窗

你做为C程序员将掌握三维图形这一锐利的武器。机会之窗向你招手。现有就去充实你的知识。如果你探索星空而却一无所获，那么也毕竟不会适得其反的。