



万水计算机编程技术与应用系列



OpenGL

高级编程与可视化系统开发

系统开发篇

OpenGL

Open Graphics Library

和平鸽工作室 编著



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

万水计算机编程技术与应用系列

OpenGL 高级编程与可视化系统开发

（系统开发篇）

和平鸽工作室 编著

中国水利水电出版社

内 容 简 介

OpenGL 是最近几年发展起来的性能优越的开放式三维图形标准, 利用它可以创作出具有照片质量的、独立于窗口系统、操作系统和硬件平台的三维彩色图形和动画。目前, OpenGL 在可视化系统、虚拟现实系统和三维游戏方面得到了广泛地应用。

本书介绍了多个可视化仿真实例, 包括一个场景编辑系统、两个三维游戏和三个可视化仿真项目。充分利用这些源代码和编程思想, 可以大大节约读者开发可视化仿真项目的

时间。
本套丛书深入浅出、内容广泛, 可供从事可视化系统开发、三维游戏开发或其他图形应用程序开发的各大专院校学生、教员和研究人员参考, 也可作为 OpenGL 三维图形编程的培训教程或其他相关专业人士和计算机爱好者阅读。

图书在版编目 (CIP) 数据

OpenGL 高级编程与可视化系统开发. 系统开发篇/和平鸽工作室编著.

—北京: 中国水利水电出版社, 2002

(万水计算机编程技术与应用系列)

ISBN 7-5084-1309-1

I. O… II. 和… III. 图形软件, OpenGL—程序设计 IV. TP391.41

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2002) 第 094583 号

书 名	OpenGL 高级编程与可视化系统开发 (系统开发篇)
作 者	和平鸽工作室 编著
出版、发行	中国水利水电出版社 (北京市三里河路 6 号 100044) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: mchannel@public3.bta.net.cn (万水) sale@waterpub.com.cn
经 售	电话: (010) 68359286 (万水)、63202266 (总机)、68331835 (发行部) 全国各地新华书店
排 版	北京万水电子信息有限公司
印 刷	北京市天竺颖华印刷厂
规 格	787×1000 毫米 16 开本 26.25 印张 572 千字
版 次	2003 年 1 月第一版 2003 年 1 月北京第一次印刷
印 数	0001—4000 册
定 价	48.00 元 (含 1CD)

凡购买我社图书, 如有缺页、倒页、脱页的, 本社发行部负责调换

版权所有·侵权必究

前 言

科学可视化、计算机动画和虚拟现实是近年来在计算机图形学领域内的三大热门研究方向，它们的技术核心都是三维真实感图形。当前，三维图形在军事、航天、航空、医学、地质勘探、三维游戏和工业 CAD 设计等方面有着十分广泛的应用。

OpenGL（即开放性图形库 Open Graphics Library）是近几年发展起来的一个性能卓越的三维图形标准，它源于 SGI 公司为其图形工作站开发的 IRIS GL，在跨平台移植过程中发展成为 OpenGL。SGI 在 1992 年 7 月发布 1.0 版，后成为工业标准。1995 年 12 月批准了 1.1 版本，最新版规范是 1999 年 5 月通过的 1.2.1。OpenGL 作为一个性能优越的图形应用程序设计界面（API），具有广泛的可移植性，它独立于硬件系统、操作系统和窗口系统。OpenGL 适用于广泛的计算机环境，从个人计算机到工作站和超级计算机，用户都可以利用 OpenGL 创建漂亮的三维图形。由于许多在计算机界具有领导地位的计算机公司纷纷采用 OpenGL 作为三维图形应用程序设计界面，因此，OpenGL 是从事三维图形开发工作的技术人员所必须掌握的开发工具。

由于 OpenGL 能实现高性能的三维图形功能，这使得科学计算可视化、仿真可视化技术发展迅速。可视化系统不仅可以帮助技术人员形象直观地查看仿真结果，而且在一定程度上可以提高设计水平，减少错误的发生。因此计算机图形技术将在各行各业、各个领域内得到越来越广泛的应用。有人说 20 世纪是计算机多媒体技术发展的世纪，21 世纪将是虚拟现实飞速发展的世纪，因此，积极推动计算机图形领域的发展对于我国的经济建设、科学研究具有重要的现实意义。

本套丛书主要介绍如何利用 OpenGL 开发可视化应用系统，它定位于 OpenGL 的高级编程和可视化系统开发，在书中并不对 VC++ 开发和 OpenGL 的基础知识进行讲解。因此要求阅读本套丛书的读者必须具有使用 VC++ 和 OpenGL 进行编程的基础知识。

《OpenGL 高级编程与可视化系统开发（高级编程篇）》共由 15 章组成。第 1 章至第 2 章简要地介绍了 OpenGL 与图形可视化的关系以及 OpenGL 编程的基础知识；第 3 章介绍了利用 OpenGL 读取各种外部三维模型的方法，如 3DS、OBJ、WRL 等；第 4 章至第 7 章介绍了三维地形、蓝天白云、星空和水的波动的模拟；第 8 章介绍了粒子系统的编程方法；第 9 章至第 10 章介绍了碰撞检测编程、LOD 编程技术；第 11 至第 15 章介绍了一些特殊效果的编程方法，如爆炸效果、霓虹效果、对象捕捉和自然现象的编程。

《OpenGL 高级编程与可视化系统开发（系统开发篇）》共由 16 章组成。第 1 章至第 11 章全面系统地介绍了一个三维场景编辑软件系统的编程实现过程，该软件系统结构清晰、功能齐全、可扩充性强，对于开发应用系统具有很高的借鉴价值；第 12 章介绍了一个三维空战

游戏的开发过程：第 13 章介绍了一个利用 OpenGL 开发的游戏引擎和一个利用该引擎开发的三维射击游戏“恐怖之战”；第 14 章至第 16 章介绍了三个 OpenGL 开发的可视化仿真实例，包括导弹飞行试验系统、飞行漫游系统、飞机飞行动力学系统。

为了便于用户使用，在书后附有包含该书全部应用实例的源代码光盘。全部程序在 Visual C++ 6.0 中编译通过，运行环境为 Windows 98 或 Windows 2000。读者可以充分利用其中的代码，有些只需稍许改动便可应用到自己的系统中，这些都是笔者多年的积累，非常珍贵，非常有用。

本书由和平鸽工作室全体成员齐心协力编写完成，是大家精诚团结才使本书顺利完成。感谢对本书的出版提供支持的所有老师、编辑。由于水平有限，书中难免存在疏漏和错误之处，敬请各位读者朋友批评指正。

和平鸽工作室

2002 年 5 月

目 录

前言

第 1 章 三维场景编辑软件简介	1
1.1 软件功能介绍	1
1.2 软件界面与基本操作	2
1.2.1 菜单	2
1.2.2 工具条	4
1.2.3 基本操作	5
第 2 章 建立程序框架	11
2.1 利用 MFC 建立基于多文档的应用程序框架	11
2.1.1 创建一个新工程	11
2.1.2 设置编译环境	12
2.1.3 加入 OpenGL 库	13
2.2 设置 OpenGL 图形绘制环境	13
2.2.1 添加 OpenGL 头文件	13
2.2.2 添加成员变量与成员函数	14
2.2.3 添加函数的执行代码	14
2.3 各种数据结构定义	19
2.3.1 类 Scene 的定义	20
2.3.2 类 ChunkFile 的定义	22
2.3.3 3DS 文件输入输出类的定义	22
第 3 章 实现 3DS 对象的输入与显示	27
3.1 添加“输入 3DS”对话框	27
3.1.1 编辑“输入 3DS”对话框	27
3.1.2 创建“输入 3DS”对话框类	27
3.1.3 添加成员变量	29
3.1.4 添加消息处理成员函数	29
3.1.5 添加 3DS 文件名称处理类	32
3.2 添加“正在输入”对话框	33
3.2.1 编辑“正在输入”对话框	33
3.2.2 建立“输入 3DS”对话框类	34

3.2.3	添加成员变量.....	34
3.2.4	添加消息处理成员函数.....	34
3.2.5	添加输入线程函数.....	37
3.3	添加对象的显示源代码.....	39
3.4	添加 3DS 输入菜单.....	43
3.4.1	编辑菜单资源.....	43
3.4.2	添加菜单响应函数.....	43
第 4 章	实现对象的编辑功能.....	47
4.1	添加“细节编辑”对话框.....	47
4.1.1	编辑“细节编辑”对话框.....	47
4.1.2	建立“细节编辑”对话框类.....	48
4.1.3	添加控件变量.....	49
4.1.4	添加消息处理成员函数.....	49
4.2	添加“材质编辑”对话框.....	60
4.2.1	编辑“材质编辑”对话框.....	60
4.2.2	建立“材质编辑”对话框类.....	62
4.2.3	添加控件变量.....	62
4.2.4	添加消息处理成员函数.....	63
4.3	添加“映射编辑”对话框.....	72
4.3.1	编辑“映射编辑”对话框.....	72
4.3.2	建立“映射编辑”对话框类.....	73
4.3.3	添加消息处理成员函数.....	73
4.4	添加菜单项.....	80
4.4.1	编辑菜单资源.....	80
4.4.2	添加菜单响应函数.....	81
4.5	添加对象选择功能.....	84
4.5.1	添加鼠标左键单击函数.....	84
4.5.2	选择功能的实现.....	85
第 5 章	实现场景的编辑功能.....	89
5.1	修改背景颜色.....	89
5.1.1	编辑菜单.....	89
5.1.2	添加菜单响应函数.....	90
5.1.3	添加背景修改源代码.....	92
5.2	修改环境光照.....	93
5.2.1	编辑菜单.....	93

5.2.2	添加菜单响应函数.....	94
5.2.3	添加环境光照设置源代码.....	96
第 6 章	增强显示功能	98
6.1	改变对象的显示模式	98
6.1.1	编辑菜单	98
6.1.2	添加菜单响应函数.....	99
6.1.3	添加对象的不同绘制模式源代码.....	101
6.2	改变观察视点	105
6.2.1	编辑菜单.....	105
6.2.2	添加菜单响应函数.....	106
6.2.3	添加不同视点的对象的绘制源代码.....	108
第 7 章	实现文档的存取功能	113
7.1	三维场景文档的数据结构	113
7.2	文档串行化机制	115
7.3	文档存取功能的具体实现	115
7.4	CObject 类的读写	125
第 8 章	实现场景 3DS 文件输出	130
8.1	输出 3DS 文件的类的定义	130
8.2	添加菜单响应函数	144
8.2.1	编辑菜单.....	144
8.2.2	添加菜单响应函数.....	144
第 9 章	实现视频捕捉功能	148
9.1	捕捉静止图像	148
9.1.1	添加捕捉静止图像的类.....	148
9.1.2	添加菜单响应函数.....	155
9.2	捕捉动态图像	157
9.2.1	添加捕捉动态图像的类.....	157
9.2.2	添加“设置捕捉”对话框.....	162
9.2.3	添加菜单响应函数.....	164
第 10 章	实现三维场景的渲染输出	170
10.1	添加“光线追踪”对话框.....	170
10.1.1	编辑“光线追踪”对话框.....	170
10.1.2	建立“光线追踪”对话框类.....	171
10.1.3	添加成员变量.....	171
10.1.4	添加消息处理成员函数.....	172

10.2	添加“图形”对话框	176
10.2.1	编辑“图形”对话框.....	176
10.2.2	建立“图形”对话框类.....	177
10.2.3	添加消息处理成员函数.....	177
10.3	添加菜单响应	184
10.3.1	编辑菜单资源.....	184
10.3.2	添加菜单响应函数.....	184
第 11 章	其他功能的实现.....	187
11.1	全屏显示功能的实现.....	187
11.1.1	添加全屏显示菜单项.....	187
11.1.2	添加源代码.....	187
11.2	屏幕打印功能的实现.....	190
11.2.1	添加内存管理的类.....	191
11.2.2	添加打印源代码.....	194
11.3	添加软件封面.....	195
第 12 章	三维空战游戏实例	198
12.1	三维游戏概述	198
12.2	游戏内容简介	199
12.3	关键技术简介	201
12.4	数据结构定义	201
12.4.1	基本类的定义.....	201
12.4.2	星空背景的的定义.....	210
12.4.3	飞行器的定义.....	211
12.4.4	爆炸效果的定义.....	217
12.4.5	三维流星实体的定义.....	223
12.4.6	游戏类的定义.....	229
12.4.7	屏幕文字的绘制.....	241
12.5	声音效果处理	243
12.5.1	音频播放设备处理.....	244
12.5.2	音频文件处理.....	244
12.6	编程实现步骤	246
12.6.1	建立程序框架.....	246
12.6.2	宏定义与全局变量.....	247
12.6.3	添加成员变量与成员函数.....	247
12.6.4	添加成员函数的执行源代码.....	247

12.6.5	进入游戏.....	250
第 13 章	构建一个三维游戏引擎.....	251
13.1	三维游戏引擎简介.....	251
13.2	一个三维游戏引擎实例.....	252
13.2.1	引擎介绍.....	252
13.2.2	数据管理.....	253
13.2.3	输入系统.....	271
13.2.4	引擎核心和游戏循环.....	278
13.2.5	处理摄像机.....	282
13.2.6	音频系统.....	287
13.2.7	场景管理.....	295
13.2.8	其他数据的定义与处理.....	297
13.2.9	主程序.....	301
13.3	“恐怖之战”游戏制作实例.....	303
13.3.1	游戏介绍.....	303
13.3.2	添加“敌人”.....	303
13.3.3	添加游戏者.....	311
13.3.4	添加武器.....	312
13.3.5	处理爆炸效果.....	317
13.3.6	处理人机界面.....	321
13.3.7	编辑场景.....	324
13.3.8	编辑主程序.....	330
13.3.9	进入游戏.....	331
第 14 章	导弹试验模拟系统.....	333
14.1	设计思想介绍.....	334
14.2	导弹三维模型和纹理输入.....	335
14.2.1	BMP 纹理数据的读取.....	335
14.2.2	MilkShape 3D 模型的读取.....	338
14.3	编程实现步骤.....	347
14.3.1	建立程序框架.....	347
14.3.2	宏定义与结构体定义.....	348
14.3.3	添加成员变量与成员函数.....	350
14.3.4	导弹发射架的绘制.....	352
14.3.5	地形的绘制.....	353
14.3.6	导弹的绘制.....	354

14.3.7	目标靶的绘制.....	355
14.3.8	导弹尾焰的绘制.....	360
14.3.9	爆炸效果的绘制.....	361
14.3.10	爆炸碎片的绘制.....	362
14.3.11	视点的设置.....	363
14.3.12	数据初始化操作.....	366
14.3.13	场景绘制.....	367
14.3.14	编译运行.....	369
第 15 章	飞机地形漫游系统.....	370
15.1	设计思想介绍.....	370
15.2	编程实现步骤.....	370
15.2.1	建立程序框架.....	371
15.2.2	宏定义与结构体定义.....	371
15.2.3	添加成员变量与成员函数.....	373
15.2.4	地形的初始化与绘制.....	375
15.2.5	飞机数据的初始化.....	376
15.2.6	飞机飞行与绘制.....	377
15.2.7	子弹数据的初始化.....	378
15.2.8	子弹的飞行与绘制.....	379
15.2.9	飞机尾焰的初始化与计算.....	380
15.2.10	飞机尾焰的绘制.....	381
15.2.11	视点设置.....	382
15.2.12	场景绘制.....	384
15.2.13	编译运行.....	385
第 16 章	飞行动力学模拟系统.....	386
16.1	设计思想介绍.....	386
16.2	编程实现步骤.....	387
16.2.1	建立程序框架.....	387
16.2.2	宏定义与结构体定义.....	387
16.2.3	添加成员变量与成员函数.....	388
16.2.4	全局变量的定义.....	390
16.2.5	地形的初始化.....	391
16.2.6	粒子系统的初始化.....	392
16.2.7	线框模式绘制.....	393
16.2.8	纹理模式绘制.....	394

16.2.9	地形的绘制.....	394
16.2.10	天空的绘制.....	396
16.2.11	太阳的绘制.....	397
16.2.12	水的绘制.....	397
16.2.13	飞机与尾焰的绘制.....	398
16.2.14	添加按键响应函数.....	401
16.2.15	场景绘制.....	403
16.2.16	各种数据计算.....	404
16.2.17	编译运行.....	405

第 1 章 三维场景编辑软件简介

1.1 软件功能介绍

三维场景编辑是进行可视化系统开发的一个必不可少的工作，现在市面上三维建模软件层出不穷，如 3DS Max、Maya 和 MultiGen 等，但是这些软件主要是侧重于三维对象的建模，缺乏对场景和模型的实时控制，因而很难进行可视化系统的二次开发。因此，本文将详细介绍一个基于 OpenGL 的三维场景编辑软件的设计全过程，该软件既能实现对场景的编辑，也能实现对场景和对象的实时控制。

该软件大体上具有以下基本功能：

- (1) 3DS 外部对象的输入。
- (2) 3DS 外部对象的输出。
- (3) 进行对象的细节层次编辑以简化 3DS 模型。
- (4) 进行对象的材质编辑。
- (5) 进行对象的纹理映射编辑。
- (6) 实现对场景的不同角度观看。
- (7) 对场景中的灯光进行控制。
- (8) 实现场景中对象的不同模式显示。
- (9) 将场景进行渲染输出。
- (10) 将屏幕图形保存为 BMP 格式、JPG 格式和 PNG 格式的图形文件。
- (11) 将一段动画录制为 AVI 文件。
- (12) 将屏幕上的图形打印输出。
- (13) 将编辑好的场景保存和再次打开。

当然，本软件还只是一个简单可视化系统的框架，很多功能还不完善，下一步可以进行如下工作：

- (1) 添加其他的模型输入方法，如简单的对象直接输入、外部地形数据、粒子系统，其他外部 3D 文件（如 OBJ 文件、WRL 文件等）的输入。
- (2) 增强场景中对象的编辑功能，如实现对象的剪切、拷贝、粘贴和删除等。
- (3) 实现对场景中的对象的位置进行控制，如实现平移、旋转和缩放等。
- (4) 添加外部数据对场景中的对象的实时驱动，实现可视化系统的动画显示，这样只需更改外部的数据产生模块，即可实现对不同行业、不同领域内的可视化系统进行二次开发。

在本软件源代码的基础上，读者完全可以根据自己所开发的可视化系统的实际需要进行删减或拓展。

1.2 软件界面与基本操作

界面设计是一项艺术性和技巧性极强的工作，它是一个软件成败的关键之一，友好的界面可以在用户第一次运行软件的时候就给用户留下了深刻的印象，这就在同类软件中取得了竞争的优势。由于本软件是一个最初版本，在软件界面设计上没有花费太多的时间，因此界面比较简单。读者可以在此基础上，充分考虑到软件的通用性、易用性和人性化的特点，设计出更适合用户操作使用、更吸引人的界面来。

本软件是一个基于多文档的应用程序，主要工作界面如图 1.1 所示，由标题栏、菜单栏和若干个浮动工具栏组成。在软件运行开始，除了标准工具条之外，其余的浮动工具条是不可见的，用户需要选择对应的菜单项，使需要的工具条可见。这种设计思想主要考虑到对图形的编辑尽可能获得足够大的图形显示空间，而大多数按钮命令可以选择对应的菜单来实现。用户也可以根据自己的喜好将菜单停留在主窗口的任何位置。



图 1.1 软件的主要工作界面

1.2.1 菜单

本软件包含有六个菜单，下面分别介绍。熟悉各个菜单的功能，是进一步掌握后续编程思路的基础。

1. 【文件】菜单

【文件】菜单如图 1.2 所示，本菜单主要完成以下功能：

- 三维场景文件的保存和打开
- 3DS 文件的输入和输出
- 图像和动画的捕捉
- 屏幕图形的预览和打印等

2. 【编辑】菜单

【编辑】菜单如图 1.3 所示，本菜单主要完成以下功能：

- 编辑对象的细节层次，简化模型
- 编辑对象的材质、纹理映射
- 改变场景的背景颜色、摄像机
- 设置场景中的光照
- 场景的光线追踪渲染输出等

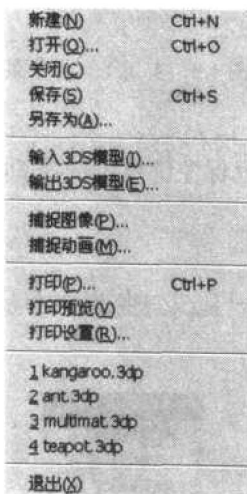


图 1.2 文件菜单

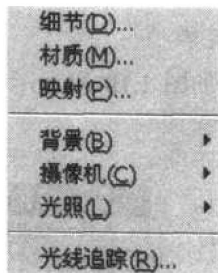


图 1.3 编辑菜单

其中【背景】子菜单如图 1.4 所示，【摄像机】子菜单如图 1.5 所示，【光照】子菜单如图 1.6 所示。



图 1.4 背景子菜单



图 1.5 摄像机子菜单

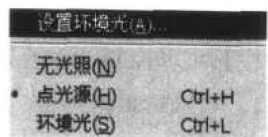


图 1.6 光照子菜单

3. 【查看】菜单

【查看】菜单如图 1.7 所示，本菜单主要完成以下功能：

- 以不同显示模式查看场景

- 以不同的着色方式显示场景
- 控制各个实用工具条的显示与隐藏
- 全屏显示图形区域等

其中【实用工具栏】子菜单如图 1.8 所示。

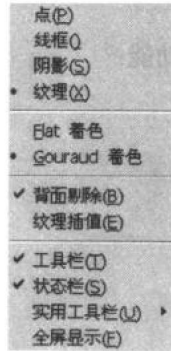


图 1.7 查看菜单

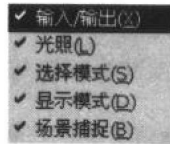


图 1.8 实用工具栏子菜单

4. 【选择】菜单

【选择】菜单如图 1.9 所示，本菜单主要设置鼠标左键单击选择的模式，可以是单个对象、元素（面片）和材质。

5. 【场景】菜单

【场景】菜单如图 1.10 所示，本菜单的功能主要是改变视点，对场景的不同部分进行详细观看。

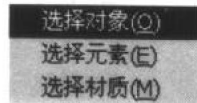


图 1.9 选择菜单

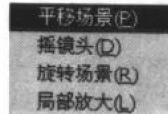


图 1.10 选择菜单

1.2.2 工具条

除了标准工具条之外，在软件中还定义了五个浮动工具条，使用菜单【查看】→【实用工具栏】可以控制这些工具栏的显示和隐藏。

1. 输入输出工具条

输入输出工具条如图 1.11 所示，该工具条中的四个按钮分别代表 3DS 文件的输入、3DS 文件的输出、对象的细节编辑和纹理映射编辑功能。

2. 光照工具条

光照工具条如图 1.12 所示，该工具条中的四个按钮分别代表点光源、环境光、无光照和光线追踪功能。

3. 选择模式工具条

选择模式工具条如图 1.13 所示, 该工具条中的按钮分别代表选择对象、选择面片、面片法向量反向、材质选择、材质编辑以及场景中视点的改变操作等功能。



图 1.11 输入输出工具条



图 1.12 光照工具条



图 1.13 选择模式工具条

4. 显示模式工具条

显示模式工具条如图 1.14 所示, 在该工具条中的按钮分别代表场景中对象的不同显示模式, 如点、线框、阴影、纹理、Flat 着色和 Gouraound 着色等功能。

5. 场景捕捉工具条

场景捕捉工具条如图 1.15 所示, 在该工具条中的按钮分别代表捕捉场景中的静止图像、捕捉动画图像、开始录制、暂停录制和停止录制。



图 1.14 显示模式工具条




图 1.15 场景捕捉工具条

1.2.3 基本操作

1. 输入 3DS 文件

执行以下操作可以输入一个 3DS 模型到当前场景中。

(1) 选择菜单【文件】→【输入 3DS 模型】或单击对应的按钮, 将弹出如图 1.16 所示的打开 3DS 文件对话框。

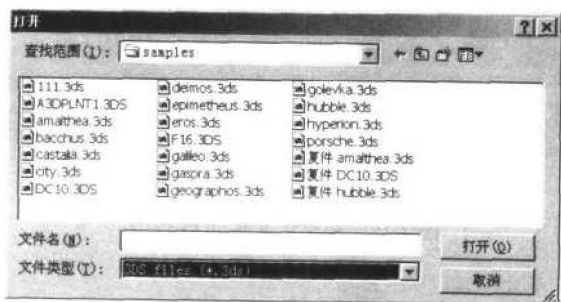


图 1.16 打开 3DS 文件对话框

(2) 选择好需要输入的 3DS 文件, 单击“打开”按钮, 将弹出如图 1.17 所示的选择对话框, 在该对话框中列出了 3DS 文件中包含的全部对象以及每个对象所包含的顶点数和面片数。