《计算机图形学实验》综合实验报告

题目　　OpenGL 实现三维图形渲染

学 号　　20201060360

姓 名　　唐庆勇

指导教师　　钱文华

日 期　　2022-6-19

摘要：

使用照相机或者手机的拍照功能，我们能把一些三维的图形留在我们的二维平面上。而借助 OpenGL 的一些相关函数，我们同样可以在二维的平面中观察到三维的真实感图形，这一技术便叫做三维观察。简而言之，先建立观察用到的坐标系（相当于我们摄像头的位置，拍摄方向与相机的正向上方向）并对观察空间进行裁剪，接着利用投影函数将我们所构建的对象投影到观察平面上，最后辅之以光照模型和透明处理、纹理贴图等，就可以实现对一个真实感三维图形的渲染。而本文便运用三维观察与三维旋转，并加以光照与纹理贴图，实现了对一个三维茶壶的绘制与旋转。

关键词：三维观察、光照模型、纹理贴图、三维旋转

目录

实验背景和内容

实验背景:

经过一学期的计算机图形学和 OpenGl 的理论知识学习以及实验课的操作后，在掌握画线算法、二维以及三维变换、二维观察及三维观察等技术的基础上实现对三维图形的渲染，并加入纹理、色彩或光照等效果，意在加深所学知识，并为以后绘制更为复杂的三维图形（如动物、建筑物）等打下基础。

实验内容:

利用 Visual C++，OpenGL，Java 等工具，实现三维图形渲染，并且加入纹理、色彩、光照、阴影、透明等效果，可采用光线跟踪、光照明模型、纹理贴图、纹理映射等算法。

开发工具：

Codeblocks20.03 以及 OpenGL。

程序设计、实现目的及基本模块介绍

该部分先从基本模块介绍入手，再描述每个模块中的程序设计及程序的目的。

1、光照实现模块：给予茶壶光照：

void init(void)//定义光源及茶壶的性质，进而实现光照

2、纹理贴图模块：实现对茶壶的贴图：

unsigned char *LoadBitmapFile(char *filename, BITMAPINFOHEADER)*bitmapInfoHeader)//读取纹理图片

void texload(int i, char *filename) //加载纹理的函数

void initWenli()//初始化纹理的函数

3、显示模块：实现茶壶的显示以用户的交互功能

void display(void)//生成茶壶，开启光照渲染

void reshape(int w, int h)//在窗口大小改变时维持图形的比例

void myKeyboard(int key, int x, int y)//键盘回调函数，实现与用户的交互

关键算法介绍和程序实现步骤

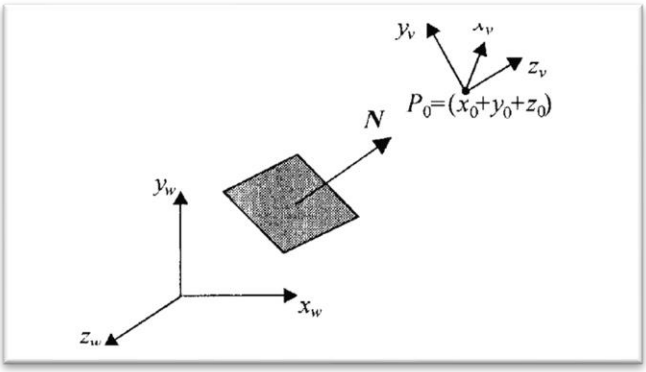
关键算法的理论介绍:

三维观察：

1、三维观察坐标系的建立：[1]

①挑选一个世界坐标点使其成为观察坐标系的原点。

②定义一个垂直于观察方向的平面，成为观察平面，该平面与 xy 平面平行。对象到观察平面的投影与场景在输出设备上的显示相对应。定义观察平面的法向量 N 为正 z 轴方向，即正 z 轴方向为观察方向的反方向。建立 z 的方向仅需要 N 的方向，与其模无关，因为可计算 N 得到规范化单位向量，如下图所示。



③指定某一向量 V 来选择观察向上向量 它是用来标志物体朝向（朝上的方向）的矢量。定义正 y 轴方向为 V 在观察平面上的投影。观察向上向量 V 的选择是任意的，只要 V 不平行 N 即可。实际上在应用 中为了简化问题可以简单地选择 V 为平行于世界坐标系 y 轴的方向，即 V = （0，1，0）。

该点由 GluLookAt()函数完成。

2、三维世界坐标到三维观察坐标的变换

①平移观察参考点到世界坐标系原点，记该步变换所使用的矩阵为 T。

②进行旋转，让三维观察坐标轴对应到世界坐标轴，记该步变换所使用的矩阵为 R。

该步可以经过三维复合变换得到，即 R·T。

3、实现三维观察

运用下述函数即可实现三维观察:

glMatrixMode（GL_MODEVIEW）；//设定当前操作矩阵为模型视图矩阵堆栈

glLoadIdentity（）；//指定一个 4 阶单位矩阵为当前的操作矩阵

glMultMatrixfv（T）；//将 4 阶矩阵 T 与当前矩阵相乘并将结果返回到当前矩阵，实现观察参考点与世界坐标系原点的重合

glMultMatrixfv（R）；//将 4 阶矩阵 R 与当前矩阵相乘并将结果返回到当前矩阵，实现观察坐标轴与世界坐标轴的重合

纹理贴图：

1、定义纹理：纹理在指定的数组中，此数组可以表达网格点上的纹理值。而它的函数为 void glTexImage2D ()。

2、控制纹理：把纹理映射到模型上的第一步，会综合考虑“滤波”方面的问题（纹理图像的选取）与“重复与缩限”方面（纹理坐标的截取与纹理坐标的重复）的问题。

voidglTexParameterf(GLenum target,Lenumpname, GLfloat param); target 参数为目标纹理 ,pname 参数的取值有 GL_TEXTURE_MIN_FILTER 、 GL_TEXTURE _MAG_FILTER 、GL_TEXTURE_WRAP_S、GL_TEXT URE_WRAP_T。

3、纹理贴图模式：选择将纹理“贴”在图形上的方式。void glTexEnv {if} (GLenum target, GLenum pname, GLfloat param)。

4、纹理坐标 [2]：将纹理图像映射到建好的几何模型上。当在处理 纹理映射的图景的时候,需要给模型每一个端点界定 其坐标,同时还要给纹理的各个顶点界定其坐标。 几 何坐标和纹理坐标， 前者可以让模型端点绘制在屏 幕上的具体方位, 后者可以判定其图象里是何元素 给予这个端点。 纹理坐标正常情况下是一到四维的, 假如用齐次坐标去体现,设为(s,t,r,q)。它的函数为：glTexCoord2{sifd}(Glint s, Glint t);而 几何坐标的函数为 glVertex*()。

5、纹理对象：储存纹理的数据。

①生成纹理对象：利用函数 glGenTexture（）来提供使用的纹理对象名称。

②构建和使用纹理对象：利用函数 glBindTexture（）构建和使用纹理对象。

③删除纹理对象：使用 glDeleteTextures （ ）去消除纹理对象所占有的资源。

6、纹理数据的获取：以手动生成或读取外部资源的方式获取纹理数据。

经过上述 6 步、便可成功实现纹理贴图。

光照模型：

1、创建并启动光源：任意发出辐射的对象称为一个光源。定义光源的位置后便可让其产生指定方向的光照。该步由函数 gLight()完成。

此外，还需设立光照模型的性质：

①环境光：即使在黑暗的情况下，世界上通常也仍然有一些光亮（月亮、远处的光），所以物体几乎永远不会是完全黑暗的。因此需要一个背景光，它永远会给物体一些颜色，这便是环境光。

②漫反射：模拟光源对物体的方向性影响。它是冯氏光照模型中视觉上最显著的分量。

物体的某一部分越是正对着光源，它就会越亮。

③镜面反射：模拟有光泽物体上面出现的亮点。镜面光照的颜色相比于物体的颜色会更倾向于光的颜色。

最后，启动光源，相当于打开手电筒。用函数 glEnable()实现。

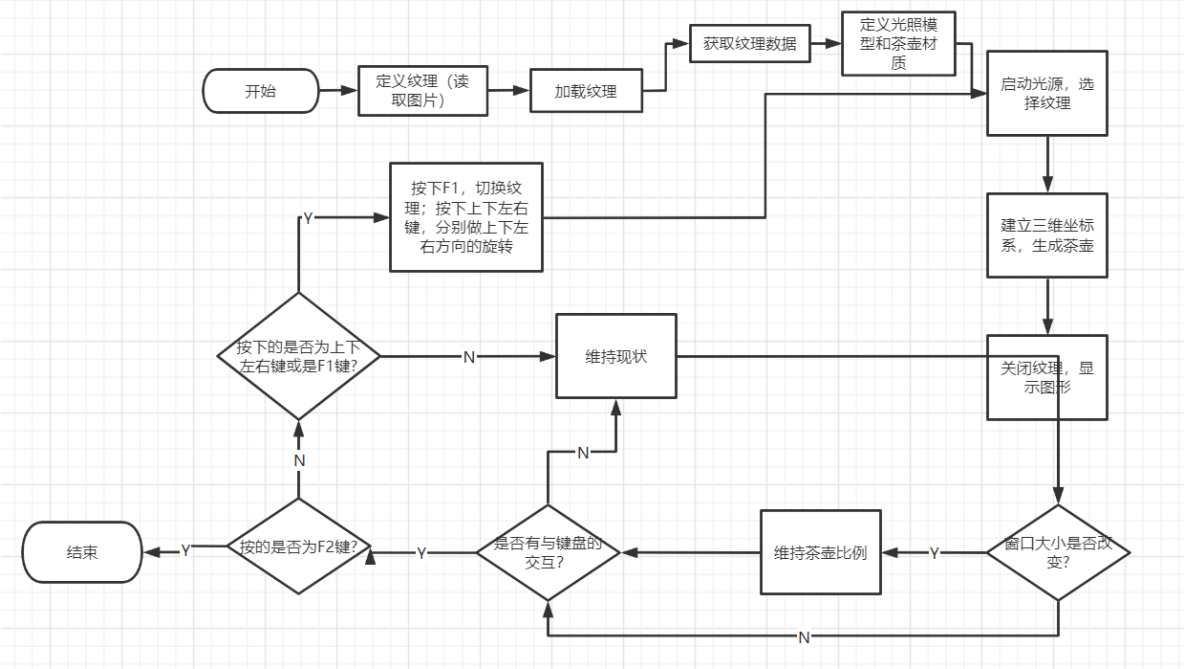
2、选择光照模式：创建光源后还要为场景选择确定光照模式，OpenGL 的光照模式由三个部分组成，分别为全局环境光 RGB 值的设定，观察点位置和物体是前面受光，还是双面受光的确定。函数为:

gl Light Model* ( );

glShade Modle (GL-SMOOTH/FLAT) 函数用来设定 Gouraud 或平面明暗处理方式。

3、设置材质的性质，该步与 2 点类似。该步由函数 glMaterial()完成。

程序实现步骤:



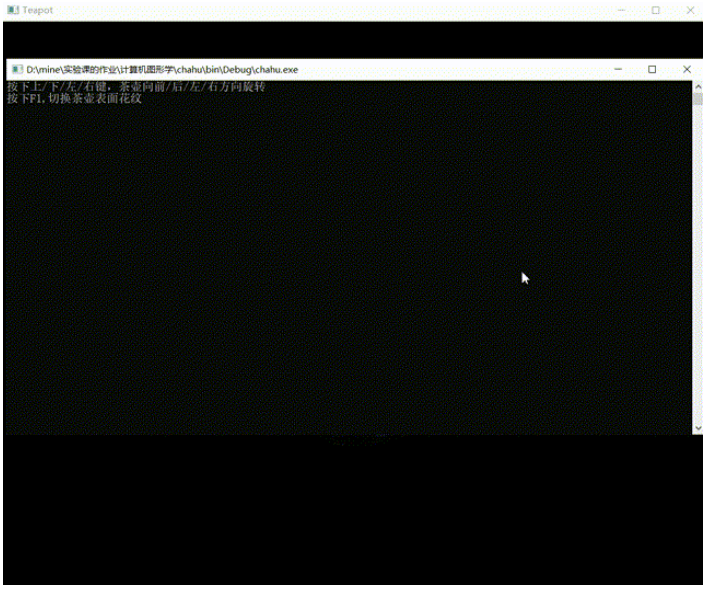
注：向上旋转是指按照用户观察到的二维平面的数值向上方向旋转，向下则与向上相反；

向左旋转是指按照用户观察到的二维平面的水平向左方向旋转，向右则与向左相反；

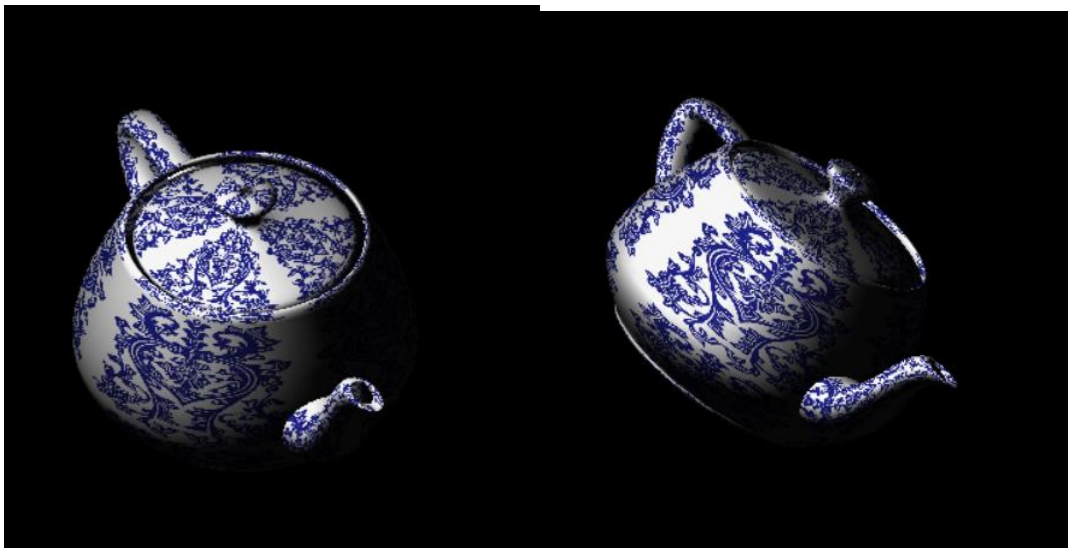
实验结果及存在问题：

实验截图:

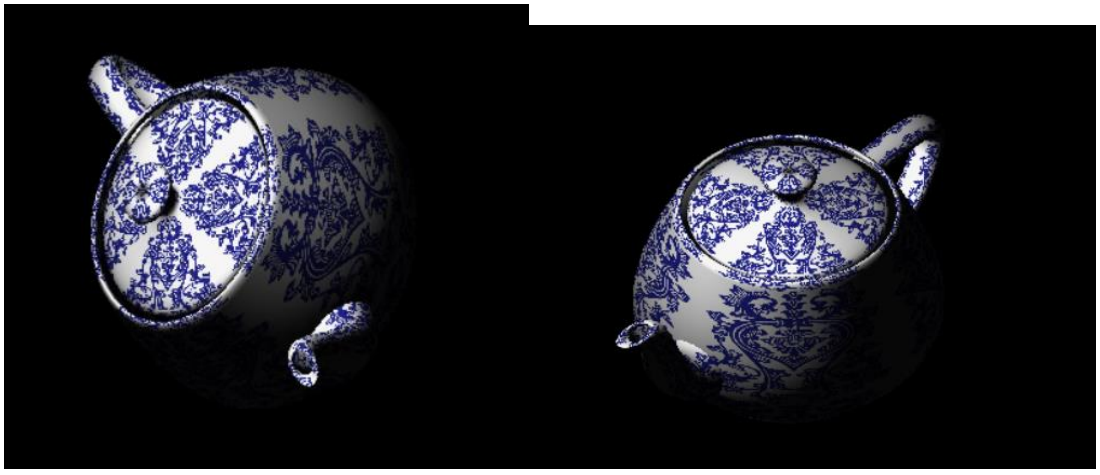
（1）动态演示（GIF）：



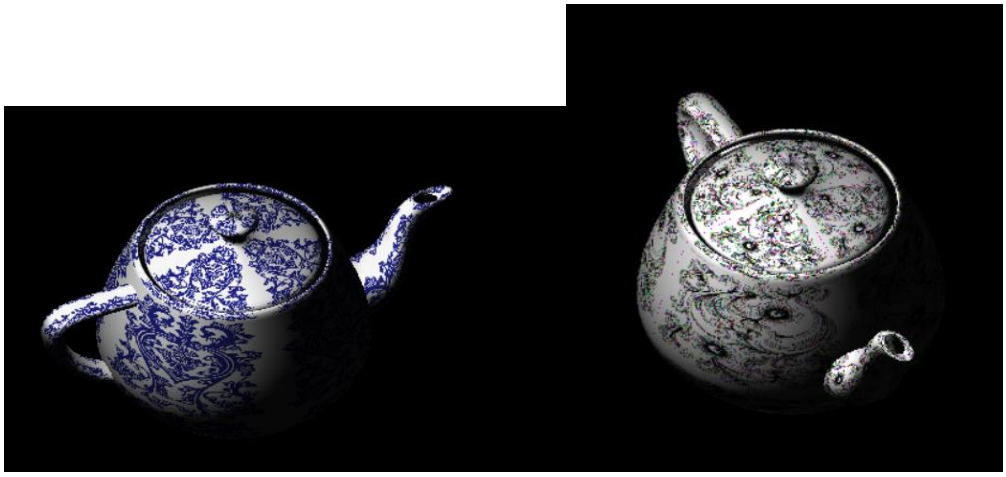
（2）静态截图：



原始茶壶　　向上旋转（↑键）



向下旋转（↓键）　　向左旋转（←键）



向右旋转（→键）　　切换茶壶纹理（F1 键）

实验结果分析:

程序首先生成了一个在用户看来面向东南方向的茶壶，并成功加载了第一个纹理（青花瓷花纹）与光照（光照方向在用户看来从左到右）。其后成功调用键盘回调函数，实现了对茶壶的三维旋转与纹理切换。

当前存在的问题:

①程序读入的图案被分成四部分贴在了茶壶的表面，从而导致以其他图案作为纹理图案时（如水墨画）不美观。
②对光照颜色的把握不够精准。
③茶壶使用函数直接生成，表面的刻画不够细致。

实验体会及小结：

通过本次实验，我对三维变换与三维观察等知识的理解更加深刻，同时接触并初步学习了纹理贴图及光照渲染等相关方面的知识。

在本次实验中，我也遇到了不少的问题。比如面对陌生知识的茫然：光照渲染以及纹理贴图等知识没有接触过；比如面对程序 bug 时的“憔悴”：读取纹理的失败，键盘回调无响应或是三维显示没有达到预想的效果，等等。但“世上无难事，只怕有心人”，通过在网络上查询相关书籍、在 bilibili 等平台观看演示视频以及与同学讨论等方式，这些问题便一一化解。

事实上，问题启发着我们去思考，启发着我们去动手实践。有句古话叫做“学而不思则罔，思而不学则殆”，这是说在学习上，不能只一昧地学，也不能只一昧地空想，只有“学而思”，并且“思而行”，我们才能真正学好一门课程，掌握一项技术。同时在面对问题时，不要惧

怕困难，因为任何人的人生都不是一帆风顺的，直视挫折，勇敢应对，我们才可以穿过重重障碍，站在新的高度，接触到新的世界。

参考文献：

[1]蒋亚军.世界场景中三维观察变换的实现[J].吉首大学学报(自然科学版),2006(05):31-33.
[2]兰一麟涛,钱伟,田明银.基于 OpenGL 的三维纹理贴图绘制技术研究与实现[J].甘肃科技,2015,31(22):32-34.

附录：

```
#include <windows.h>
#include <GL/glut.h>
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
#include<iostream>
#define BITMAP_ID 0x4D42
#define Height 16
#define Width 16


static GLfloat xRotate = 0.0;//x 方向旋转角度
static GLfloat yRotate = 0.0;//y 方向旋转角度
static GLfloat controlValue = 10.0;

GLuint texture[2];
int status;

//定义光源及茶壶的性质，进而实现光照
void init(void)
{
   glClearColor(0.0, 0.0, 0.0, 0.0);
   glShadeModel(GL_SMOOTH);//设定平面明暗处理方式

   // 定义光源
   GLfloat light_position[] = { -100.0,100.0,100.0,1.0 }; // （点）光源的位置
   GLfloat light_ambient[] = { 0.1f,0.1f,0.1f,1.0f }; // 环境光
```

```
    GLfloat light_diffuse[] = { 1.0f, 1.0f, 1.0f, 1.0f };  // 漫反射光，白色
    GLfloat light_specular[] = { 0.8f,0.8f,0.8f,1.0f };  // 镜面反射光，白色
    glLightfv(GL_LIGHT0, GL_POSITION, light_position);
    glLightfv(GL_LIGHT0, GL_AMBIENT, light_ambient);
    glLightfv(GL_LIGHT0, GL_DIFFUSE, light_diffuse);
    glLightfv(GL_LIGHT0, GL_SPECULAR, light_specular);//位置属性

    // 开启光源
    glEnable(GL_LIGHTING);
    glEnable(GL_LIGHT0);
    glEnable(GL_DEPTH_TEST);

    // 定义壶的材质
    GLfloat mat_ambient[] = { 0.1f,0.1f,0.1f,1.0f };
    GLfloat mat_diffuse[] = { 0.8f,0.8f,0.8f,1.0f };  // 材质的漫反射光，白色
    GLfloat mat_specular[] = { 0.8f,0.8f,0.8f,1.0f };  // 材质的镜面反射光，白色
    GLfloat mat_emission[] = { 0.0f,0.0f,0.0f,1.0f };  // 材质的幅射光，黑色
    GLfloat mat_shininess[] = { 5.0 };

    glMaterialfv(GL_FRONT, GL_AMBIENT, mat_ambient);//用光照计算当前材质的属性
    glMaterialfv(GL_FRONT, GL_DIFFUSE, mat_diffuse);
    glMaterialfv(GL_FRONT, GL_SPECULAR, mat_specular);
    glMaterialfv(GL_FRONT, GL_EMISSION, mat_emission);
    glMaterialfv(GL_FRONT, GL_SHININESS, mat_shininess);

}

//读纹理图片
unsigned char *LoadBitmapFile(char *filename, BITMAPINFOHEADER *bitmapInfoHeader)
{
    FILE *filePtr;    // 文件指针
    BITMAPFILEHEADER bitmapFileHeader;    // bitmap 文件头
    unsigned char*bitmapImage;        // bitmap 图像数据
    int imageIdx = 0;        // 图像位置索引
    unsigned char tempRGB;    // 交换变量

    // 以“二进制+读”模式打开文件 filename
    filePtr = fopen(filename, "rb");
    if (filePtr == NULL) {
        printf("file not open\n");
        return NULL;
    }
    // 读入 bitmap 文件图
    fread(&bitmapFileHeader, sizeof(BITMAPFILEHEADER), 1, filePtr);
```

```
    // 验证是否为 bitmap 文件
    if (bitmapFileHeader.bfType != BITMAP_ID) {
        fprintf(stderr, "Error in LoadBitmapFile: the file is not a bitmap file\n");
        return NULL;
    }
    // 读入 bitmap 信息头
    fread(bitmapInfoHeader, sizeof(BITMAPINFOHEADER), 1, filePtr);
    // 将文件指针移至 bitmap 数据
    fseek(filePtr, bitmapFileHeader.bfOffBits, SEEK_SET);
    // 为装载图像数据创建足够的内存
    bitmapImage = new unsigned char[bitmapInfoHeader->biSizeImage];
    // 验证内存是否创建成功
    if (!bitmapImage) {
        fprintf(stderr, "Error in LoadBitmapFile: memory error\n");
        return NULL;
    }

    // 读入 bitmap 图像数据
    fread(bitmapImage, 1, bitmapInfoHeader->biSizeImage, filePtr);
    // 确认读入成功
    if (bitmapImage == NULL) {
        fprintf(stderr, "Error in LoadBitmapFile: memory error\n");
        return NULL;
    }
    //由于 bitmap 中保存的格式是 BGR，下面交换 R 和 B 的值，得到 RGB 格式
    for (imageIdx = 0;imageIdx < bitmapInfoHeader->biSizeImage; imageIdx += 3) {
        tempRGB = bitmapImage[imageIdx];
        bitmapImage[imageIdx] = bitmapImage[imageIdx + 2];
        bitmapImage[imageIdx + 2] = tempRGB;
    }
    // 关闭 bitmap 图像文件
    fclose(filePtr);
    return bitmapImage;
}

//加载纹理的函数
void texload(int i, char *filename)
{
    BITMAPINFOHEADER bitmapInfoHeader;                                 // bitmap 信息头
    unsigned char*   bitmapData;                                       // 纹理数据

    bitmapData = LoadBitmapFile(filename, &bitmapInfoHeader);
    glBindTexture(GL_TEXTURE_2D, texture[i]);
    // 指定当前纹理的放大或缩小过滤方式
```

```
    glTexParameteri(GL_TEXTURE_2D, GL_TEXTURE_MAG_FILTER, GL_NEAREST);
    glTexParameteri(GL_TEXTURE_2D, GL_TEXTURE_MIN_FILTER, GL_NEAREST);

    glTexImage2D(GL_TEXTURE_2D,
        0,        //mipmap 层次(通常为，表示最上层)
        GL_RGB,    //纹理有红、绿、蓝数据
        bitmapInfoHeader.biWidth, //纹理宽带
        bitmapInfoHeader.biHeight, //纹理高度
        0, //边框(0=无边框, 1=有边框)
        GL_RGB,    //bitmap 数据的格式
        GL_UNSIGNED_BYTE, //每个颜色数据的类型
        bitmapData);    //bitmap 数据指针
}

//定义纹理的函数
void initWenli()
{
    glGenTextures(2, texture); // 第一参数是需要生成标示符的个数, 第二参数是返回标示符的数组
    texload(0, "C://Users//HUAWEI//Desktop//huawen.bmp");//茶壶花纹
    texload(1, "C://Users//HUAWEI//Desktop//huawen1.bmp");//另外一个花纹
}

//显示函数
void display(void)
{
    // 清除之前的深度缓存
    glClear(GL_COLOR_BUFFER_BIT | GL_DEPTH_BUFFER_BIT);
    glLoadIdentity();
    // 与显示相关的函数
    glEnable(GL_TEXTURE_2D);
    glBindTexture(GL_TEXTURE_2D, texture[status]);  //选择纹理 texture[status]
    glTexEnvf(GL_TEXTURE_ENV, GL_TEXTURE_ENV_MODE, GL_MODULATE);//设置纹理受光照影响
    gluLookAt(20.0,20.0,10.0,0.0,0.0,0.0,0.0,1.0,0.0);
    glRotatef(xRotate, 1.0f, 0.0f, 0.0f);
    glRotatef(yRotate, 0.0f, 1.0f, 0.0f);
    //生成茶壶
    glutSolidTeapot(50.0);

    glDisable(GL_TEXTURE_2D);    //关闭纹理 texture[status]
    glFlush();
    glutSwapBuffers();
}
```

```
//维持图形比例
void reshape(int w, int h)
{
    glViewport(0, 0, (GLsizei)w, (GLsizei)h);
    glMatrixMode(GL_PROJECTION);
    glLoadIdentity();

    if (w <= h)
        glOrtho(-200, 200, -200 * (GLfloat)h / (GLfloat)w, 200 * (GLfloat)h / (GLfloat)w, -100.0,
100.0);
    else
        glOrtho(-200 * (GLfloat)w / (GLfloat)h, 200 * (GLfloat)w / (GLfloat)h, -200, 200, -100.0,
100.0);
    glMatrixMode(GL_MODELVIEW);
    glLoadIdentity();
}

//键盘回调函数
void myKeyboard(int key, int x, int y)
{
   switch (key)
   {
   case GLUT_KEY_DOWN:
   {
      xRotate = xRotate + 2.0;
      if (xRotate > 360)
         xRotate = xRotate - 360.0;
      glutPostRedisplay();
      break;
   }
   case GLUT_KEY_UP:
   {
      xRotate = xRotate - 2.0;
      if (xRotate > 360)
         xRotate = xRotate - 360.0;
      glutPostRedisplay();
      break;
   }
   case GLUT_KEY_LEFT:
   {
      yRotate = yRotate - 2.0;
      if (yRotate > 360)
         yRotate = yRotate - 360.0;
```

```
            glutPostRedisplay();
            break;
        }
        case GLUT_KEY_RIGHT:
        {
            yRotate = yRotate + 2.0;
            if (yRotate > 360)
                yRotate = yRotate - 360.0;
            glutPostRedisplay();
            break;
        }
        case GLUT_KEY_F1: { //切换茶壶纹理
            if (status == 0)status = 1;
            else if (status == 1)status = 0;
            glutPostRedisplay();
            break;
        }
        case GLUT_KEY_F2:
            printf("感谢您的使用\n");
            exit(0);
        default:
            break;
        }
    }

    int main(int argc, char** argv)
    {
        status = 0;//默认选用第一种花纹
        printf("按下上/下/左/右键，茶壶向前/后/左/右方向旋转\n");
        printf("按下 F1,切换茶壶表面花纹\n");
        printf("按下 F2，程序退出\n");
        glutInit(&argc, argv);
        glutInitDisplayMode(GLUT_DOUBLE | GLUT_RGB | GLUT_DEPTH);
        glutInitWindowSize(960, 960);
        glutInitWindowPosition(100, 100);
        glutCreateWindow("Teapot");
        init();
        initWenli();
        glutDisplayFunc(display);//注册绘图函数
        glutReshapeFunc(reshape);//注册调整窗口大小变化时的响应函数
        glutSpecialFunc(&myKeyboard);//注册键盘回调函数
        glutMainLoop();
        return 0;
    }
```