A3: OpenGL & Phong Shading

一、概述

1.目 标：

（1）用 OpenGL 实现场景的窗口交互（已提供 glCanvas 类和 Camera 的控制方法）

（2）在 ray caster 中实现 Blinn-Phong 光照模型

2.知识点介绍：

要使用 OpenGL 来绘制，需要把之前的 primitives 重新用 OpenGL 的 API 实现。

*（1）画 Plane：*OpenGL 只能画一个很大的矩形来代替无边际的 Plane。平面的方程为 Ax+By+Cz+D=0。已知法线 Normal(A,B,C)和 D，平面到原点的距离。可以在空间中任取一个向量 v（通常取 v(0,0,1)，如果 v 和法线平行，则取 v（0,1,0）），和 Normal 做叉乘归一化之后可以得到平面正交基的一个向量 b1，再用 Normal 和 b2 做叉乘并归一化，可以得到另一个向量 b2。取一个 10^6 以下的数字作为边长，根据平面正交基，就可以算出这个矩形的四个顶点。

*（2）画球体：*通过在水平方向和垂直方向细分，用四边形或三角形拼接而成。y 是垂直方向，在空间中球上某点的坐标表示为：

x= radius * sin (angle_y) * cos (angle_xz)

z= radius * sin (angle_y) * sin (angle_xz);

y= radius * cos (angle_y);

其中 angle_xz 的变化范围是 0-2π，angle_y 的变化范围是 0-π。

着色方法：

（1）球体的两种法线表示方式：

Flat Shading:球的法线是画出的每个 QUAD 的法线。

Gouraud Shading:球心到构成每个 QUAD 的顶点的向量是法线，每个顶点单独设置一次发现，OpenGL 会将顶点间的法线进行插值。

*（2）Blinn-Phong：*包含 diffuseColor 和 specular color。本次在上次任务的基础上添加了 specular color，公式为：

myspecularColor = specularColor * pow (nDoth, exponent)*lightColor * nDotl;

其中 nDoth=dot(normal, (normal+dirToLight).Normalize())。

（3）specular lobe fix ：

当 nDotHh 小于 0 时直接截断到 0 会导致高光和阴影的分界处出现 hard edge。解决方法是，不直接 Clamp，而是再乘上 dot(normal,dirToLight)。由于本次不要求掌握用 OpenGL 的三个 Pass 方式进行修补，我只在 ray caster 中加上了修补效果。

二、实现细节

1. 用 OpenGL 画图元：

（1）Sphere：

```
void Sphere::paint () {
    material->glSetMaterial ();
    int M = n_phi; int N = n_theta;
    float step_y = PI / M;  float step_xz = 2 * PI / N;//每次步进的角度
    float x[4], y[4], z[4];//四个顶点坐标   float angle_y = 0.0;//起始角度
    float angle_xz = 0.0; int i = 0, j = 0;
```

```
    glBegin (GL_QUADS);
    for (i = 0; i < M; i++){
        angle_y = i * step_y; //每次步进step_y
        for (j = 0; j < N; j++){
            angle_xz = j * step_xz; //每次步进step_xz
            x[0] = radius * sin (angle_y) * cos (angle_xz);//:  :左上角
            z[0] = radius * sin (angle_y) * sin (angle_xz);
            y[0] = radius * cos (angle_y);
            x[1] = radius * sin (angle_y + step_y) * cos (angle_xz); //:  : 左下角
            z[1] = radius * sin (angle_y + step_y) * sin (angle_xz);
            y[1] = radius * cos (angle_y + step_y);
            x[2] = radius*sin(angle_y+step_y)*cos(angle_xz+step_xz);// :  : 右下角
            z[2] = radius * sin (angle_y + step_y)*sin (angle_xz + step_xz);
            y[2] = radius * cos (angle_y + step_y);
            x[3] = radius * sin (angle_y) * cos (angle_xz + step_xz);//:  : 右上角
            z[3] = radius * sin (angle_y) * sin (angle_xz + step_xz);
            y[3] = radius * cos (angle_y);
            Vec3f a(center.x () + x[0], center.y () + y[0], center.z () + z[0]);
            Vec3f b (center.x () + x[1], center.y () + y[1], center.z () + z[1]);
            Vec3f c (center.x () + x[2], center.y () + y[2], center.z () + z[2]);
            Vec3f d (center.x () + x[3], center.y () + y[3], center.z () + z[3]);
            Vec3f ab = a - b;  Vec3f bc = b - c;
            Vec3f normal; Vec3f::Cross3 (normal, bc, ab); normal.Normalize ();
            Vec3f n_a = a - center;  Vec3f n_b = b - center;
            Vec3f n_c = c - center; Vec3f n_d = d - center;
            //画出这个平面
            if (!gouraud) {//flat shading
            glNormal3f (normal.x (), normal.y (), normal.z ());
            glVertex3f (a.x(),a.y(),a.z()); glVertex3f (b.x (), b.y (), b.z ());
            glVertex3f (c.x(),c.y(),c.z()); glVertex3f (d.x (), d.y (), d.z ());
            }else {//gouraud shading
            glNormal3f (n_a.x(),n_a.y(),n_a.z());glVertex3f (a.x(),a.y(),a.z ());
            glNormal3f (n_b.x(),n_b.y(),n_b.z());glVertex3f (b.x(),b.y (),b.z ());
            glNormal3f (n_c.x(),n_c.y(),n_c.z());glVertex3f (c.x(),c.y (),c.z ());
            glNormal3f (n_d.x (),n_d.y(),n_d.z());glVertex3f (d.x(),d.y(), d.z());
            }
        }//循环画出这一层的平面
    }画出剩余层
    glEnd ();
}
```

(2) Plane：

```
void Plane::paint () {
    mat->glSetMaterial ();
    Vec3f v(0,0,1);
```

```
    if (normal.x () == 0 && normal.y () == 0 && normal.z () == 1) {
        v = Vec3f (0,1,0);
    }
    Vec3f b1; Vec3f::Cross3 (b1, normal, v); b1.Normalize ();//x轴
    Vec3f b2; Vec3f::Cross3 (b2,normal, b1); b2.Normalize ();//y轴
    float big=100;
    Vec3f a = b1 * big + b2 * big + this->d*normal;
    Vec3f b = b1*big - 1 * b2*big + this->d * normal;
    Vec3f c = -1*b1 * big - 1 * b2*big + this->d * normal;
    Vec3f d = -1 * b1 * big + 1 * b2*big + this->d * normal;
    glBegin (GL_QUADS);
        glNormal3f (normal.x(), normal.y(), normal.z());
        glVertex3f (a.x (), a.y (), a.z ());
        glVertex3f (b.x (), b.y (), b.z ());
        glVertex3f (c.x (), c.y (), c.z ());
        glVertex3f (d.x (), d.y (), d.z ());
    glEnd ();
}
```

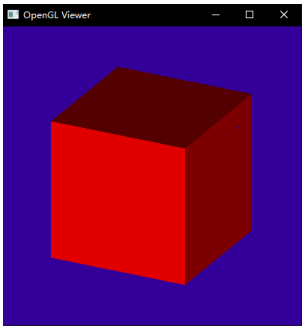
（3）Blinn-Phong& specular lobe fix：

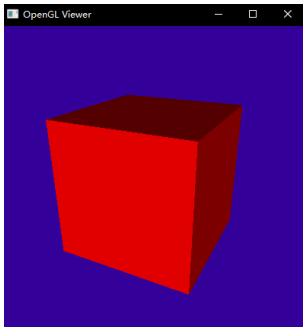
```
//myspecularColor
    Vec3f v = ray.getDirection ()*-1.0f;
    Vec3f h = v + dirToLight;   h.Normalize ();
    float nDoth = n.Dot3 (h);
    bool isFix = true;
    if (nDoth < 0) {
        if (!isFix) {nDoth = 0;}
        else {nDoth*=nDotl;if (nDoth < 0) nDoth = 0;}
    }
    myspecularColor = specularColor * pow (nDoth, exponent)*lightColor * nDotl;

    return mydiffuseColor + myspecularColor;
```

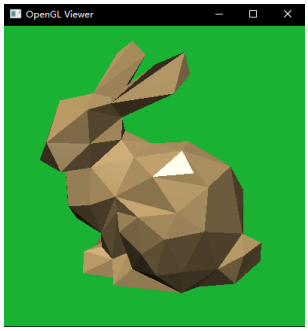
三、结果展示

1.glCanvas 测试：

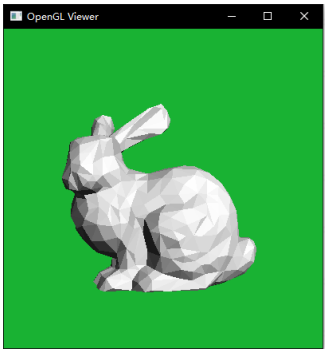


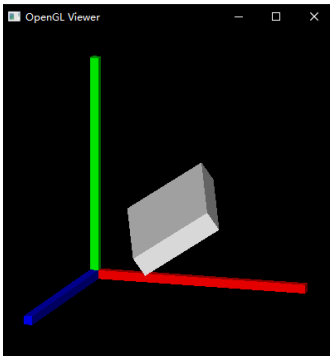


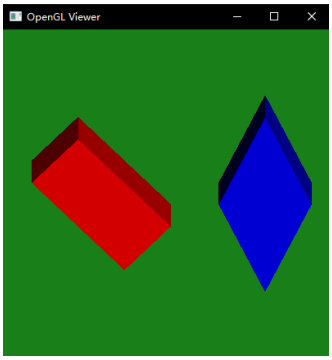
2. Blinn-Phong 测试：



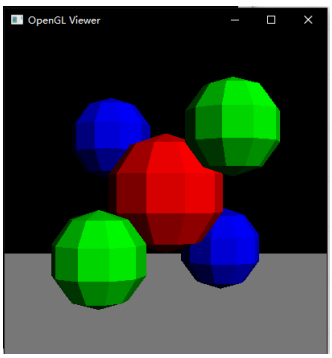
3.OpenGL Transform 测试：

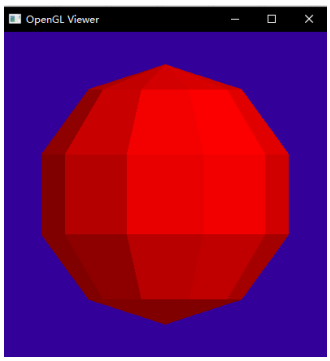


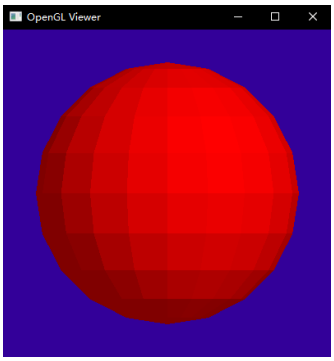




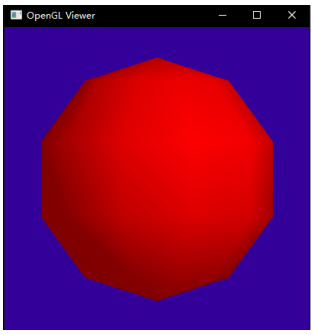
4.Plane&Sphere 测试：

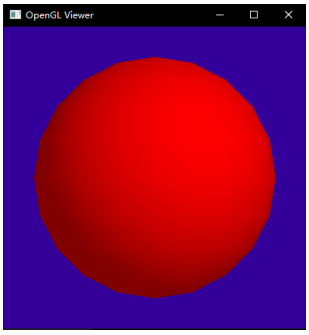


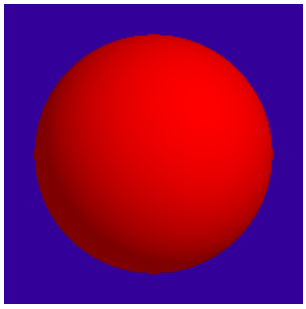




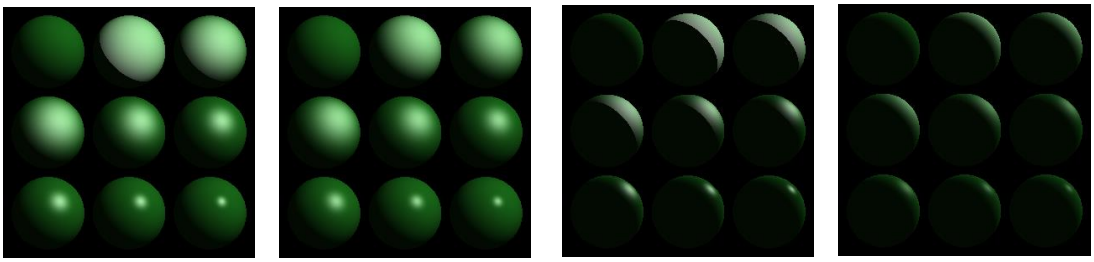
5.Gouraud 测试：



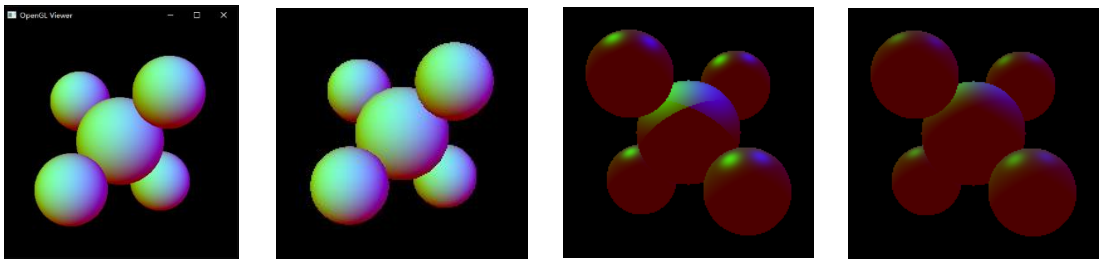




6. specular lobe fix 测试：



7. weird_lighting 测试：



四、心得体会

使用 OpenGL 后，三角形绘制是十分方便的，但是球体就比较麻烦，因为不能用数值定义确定点的位置而必须使用四边形或三角形拼接。但是使用 OpenGL 后渲染速度变得很快很快，同时也封装了很多内容，使用起来比较方便。通过前面 ray caster 的实现，可以说对 OpenGL 的一些内部工作方式有了理解。