**深 圳 大 学 实 验 报 告**

**课程名称：­ 计算机图形学**

**实验项目名称： 实验三 光照与阴影**

**学院： 计算机与软件学院**

**专业： 软件工程（腾班）**

**指导教师： 熊卫丹**

**报告人： 黄亮铭 学号： 2022155028 班级： 腾班**

**实验时间： 2024年11月21日 – 2024年11月27日**

**实验报告提交时间： 2024年11月27日**

**教务部制**

|  |
| --- |
| 实验目的与要求：   1. 掌握OpenGL三维场景的读取与绘制方法，理解光照和物体材质对渲染结果的影响，强化场景坐标系转换过程中常见矩阵的计算方法，熟悉阴影的绘制方法。 2. 创建OpenGL绘制窗口，读入三维场景文件并绘制。 3. 设置相机并添加交互，实现从不同位置/角度、以正交或透视投影方式观察场景。 4. 实现Phong光照效果和物体材质效果。 5. 自定义投影平面（为计算方便，推荐使用y=0平面），计算阴影投影矩阵，为三维物体生成阴影。 6. 使用鼠标点击（或其他方式）控制光源位置并更新光照效果，并同时更新三维物体的阴影。 |
| 实验过程及内容： 1Camera类 定义一个相机所需要的参数：位置参数、观察方向向量、观察正向向量和位于相机胶平面的向量。    图1相机类  1.1设置相机位置和视图平面  **实现思路**：   * 1. 我们首先要初始化一个四维的单位矩阵。   2. 然后根据相机的位置eye和物体中心（参考点）at计算VPN并归一化处理。使用数学公式表示为：   3. 再通过at和VPN生成与两者均垂直的方向向量并对其归一化，同时计算得到up（相机胶片平面的上方）在相机胶片平面上的投影。使用数学公式表示为：   4. 接下来我们将相机从坐标原点移动到视点，这一步骤使用实验2中的平移矩阵可以完成。使用数学公式表示为：   **代码实现**：glm库中已有相应的函数实现，因此这里我们可以选择直接调用对应的函数。    图2lookAt函数  1.2相机视角的旋转和平移  **实现思路**：  是对每个分量进行正确的赋值，根据图3，我们可以得出正确的赋值公式，下面将依次给出每个分量的赋值公式。    图3：相机位置   1. 对于，。 2. 对于，。 3. 对于，。   如果使用相对于at的角度控制相机，在upAngle大于90时候，相机坐标系的up向量就会变成相反的方向。因此，我们在对up向量赋值时，需要判断upAngle是否大于90。如果upAngle大于90（小于-90），则将up向量反向；如果upAngle小于或等于90，则不进行操作。  **实现代码**：代码实现如下图所示。    图4updateCamera函数  1.3投影  投影变换的目的则是定义一个视景体，使得视景体外多余的部分被裁减掉，最终进入到投影平面上的只是视景体内的部分。投影包含正交投影和透视投影两种。  两种投影的矩阵如下图所示。   |  | | --- | |  | | 图5a正交投影 | |  | | 图5b透视投影 |   根据上述矩阵，我们可以编写出正交投影函数和透视投影函数。需要注意的是，glm中的矩阵和数组矩阵是对称的，因此在初始化矩阵后还需要对矩阵实施转置的操作。  具体实现代码如下图所示。   |  | | --- | |  | | 图6a正交投影函数 | |  | | 图6b透视投影函数 |  2Phong光照模型 实现Phong光照模型可以分成如下几个核心部分：计算由三个顶点组成三角面片的法向量、计算顶点法向量、向顶点着色器传送数据、顶点着色器向片元着色器传送数据和在片元着色器中完成计算。  2.1计算三角面片法向量    图7计算面片法向量方法  我们需要根据面片的顶点的下表找到相应的顶点。然后计算面片的法向量，计算公式为。最后我们需要对向量进行归一化操作。  对于每一个面片，上述操作都需要进行一次。  综上所述，实现的核心代码如下图所示。    图8代码实现  2.2计算顶点法向量    图9：计算顶点法向量方法  一个顶点会被很多面片拥有。因此，计算该顶点处的法向量相当于计算包含该顶点的所有面片的法向量之和，最后对其进行归一化处理。  综上所述，实现的核心代码如下图所示。    图10代码实现  2.3向顶点着色器传送数据  该部分在函数实现。在该函数中，我需要完成的任务有两个：1）将向量数据传送到glfw的缓存中；2）仿照初始化顶点坐标，从顶点着色器中初始化顶点的法向量。  对于第一个任务，我们需要将向量数据的起始地址的指针以及向量数据的大小作为参数输入到函数中。  对于第二个任务，我首先使用函数获取顶点着色器中法向量的存储地址。然后允许传送数据，最后将缓存中的数据传送到相应的地址中。  具体代码如下图所示。    图11代码实现  2.4顶点着色器向片元着色器传送数据  该部分的实现非常简单。在顶点着色器中，我们已经定义了具有in属性的变量接收来自缓存的数据。因此，我们需要定义具有out属性的变量，然后将in属性的变量赋值给out属性的变量即可完成顶点着色器向片元着色器传送数据的过程。  2.5在片元着色器中完成计算    图12：反射模型  其中p为三维物体表面上的一点，l是从点p指向光源位置的向量，n表示p点的法向量，v是从p点指向相机（观察者）的向量，r是沿着l方向入射光线按照反射定律的出射方向。  为了简单考虑，我们这里假设衰减系数。  我们的任务为：1）计算上述四个向量并进行归一化处理；2）根据下面的公式计算漫反射分量和镜面反射分量。  该等式右边一共有三部分，第一部分为漫反射，第二部分为镜面反射，第三部分为环境光。  在片元着色器完善和修改的代码如下图橙色框所示。    图13：完善片元着色器 3生成阴影 **理论知识**：以z=0为投影平面例。  下面我们来推导阴影投影矩阵如下。假设光源位置在，三角形任意一个顶点坐标为，投影到投影平面之后的坐标为，因为该点在平面上，所以。根据比例关系可得如下公式：  求解可得：  同理可得：  为了能够方便的通过矩阵表示出投影关系，我们将所有坐标设置在齐次坐标系下，那么投影关系就能表示成如下公式:  综上所述，我们得到了阴影的投影矩阵：。需要注意的是glm库中的矩阵是数组矩阵的转置。  在完成投影矩阵的求解之后，我们将投影将矩阵右乘物体的模型矩阵即可得到物体阴影的模型矩阵。然后仿照物体的绘制方法绘制阴影即可。  **代码实现**：    图14阴影投影矩阵    图15绘制物体阴影 4鼠标、键盘交互 4.1鼠标交互  我们可以使用鼠标控制光源的位置（x方向和y方向），z方向是固定的（光源的高度固定）。具体代码实现如下图所示。    图16键盘回调函数  4.2键盘交互   1. 我们可以通过键盘的U、I和O键控制相机的旋转角度、俯仰角度和相机与原点的距离。同时，我们也可以通过键盘的空格键重新初始化。     图17控制相机   1. 我们可以通过键盘的Q、W、A和S控制输入的模型。     图18控制模型输入   1. 我们可以通过键盘的数字键1-3控制环境光的数值，数字键4-6控制漫反射的数值，数字键7-9控制镜面反射的数值。这里以控制环境光的代码为示例进行展示，其余部分的代码均类似。     图19控制环境光   1. 我们可以通过键盘的数字键0控制高光系数的数值。     图20控制高光系数   1. 我们还可以按下键盘的ESC键退出程序，按下键盘的H键获取帮助信息。     图21其他键盘反馈 5其他 5.1材质应用  我在该网站<http://www.it.hiof.no/~borres/j3d/explain/light/p-materials.html>找到了如下材质对象。我们可以根据网站给出的材质的环境光反射、漫反射、镜面反射和高光系数等，为自己的模型赋值。     6结果展示 6.1控制光源位置   |  |  | | --- | --- | |  | - |   图22光源位置（左：左下 右：左上）  6.2控制相机位置   |  |  |  | | --- | --- | --- | |  |  |  | | 图23a相机位置（左：初始 中：改变rorate 右改变rorate和up） | | | |  |  |  | | 图23b相机位置（左：初始 中：减小radius 右增大radius） | | |   6.3改变形状、环境光反射   |  |  | | --- | --- | |  |  |   图24（左：初始 右：增加环境光反射）  6.4改变形状、漫反射   |  |  | | --- | --- | |  |  |   图25（左：初始 右：增加漫反射）  6.5改变形状、镜面反射、高光系数   |  |  |  | | --- | --- | --- | |  |  |  |   图26（左：初始 中：增加镜面反射 右：增加镜面反射、高光系数） |

深圳大学学生实验报告用纸

|  |
| --- |
| 实验结论：   1. 实验结果表明，我成功地设置相机并添加交互，实现从不同位置/角度、以正交或透视投影方式观察场景。此外，我们通过鼠标实现光照位置的改变。 2. 通过本次实验，我成功地掌握了OpenGL三维场景的读取与绘制方法，深入理解了光照和物体材质对渲染结果的影响，并强化了场景坐标系转换过程中常见矩阵的计算方法。 3. 在实现Phong光照效果和物体材质效果的过程中，我通过计算三角面片的法向量、顶点法向量，并在顶点着色器和片元着色器中完成光照计算，成功地模拟了光照效果。 4. 通过本次实验，我了解了如何计算阴影投影矩阵，为三维物体成功生成阴影。 |
| 指导教师批阅意见：  成绩评定：  指导教师签字：  年 月 日 |
| 备注： |

注：1、报告内的项目或内容设置，可根据实际情况加以调整和补充。

2、教师批改学生实验报告时间应在学生提交实验报告时间后10日内。