

学号	姓名	论文规范性 (10)	问题分析与调研 (30)	方案创新性 (20)	实验结果分析与讨论 (40)	结课论文总成绩 (100)
21301001	拜怡晨	7	21	15	36	79

没有参考文献



计算机图形学结课（论文）

基于 OpenGL 的室内场景光照模型研究：Phong 与
Blinn-Phong 的对比

学 院： 软件学院
专 业： 软件工程
学生姓名： 拜怡晨
学 号： 21301001
指导教师： 吴雨婷

北京交通大学

2024 年 6 月

中文摘要

本文研究了计算机图形学中 Phong 光照模型和 Blinn-Phong 光照模型的实现与对比。光照模型是计算机图形学中的关键技术，用于模拟现实世界中的光照效果，提高图像的真实感。本文通过使用 OpenGL 和 C++ 编程语言，构建了一个包含多个几何体和材质的室内场景，并在此基础上实现了 Phong 光照模型和 Blinn-Phong 光照模型。实验结果表明，Phong 光照模型能够生成较为逼真的高光效果，但在高光区域会出现较大的亮斑；Blinn-Phong 光照模型通过使用半程向量，使高光效果更加自然。

通过对比分析，本文总结了两种光照模型的优缺点，并提出了适用的应用场景。Phong 光照模型适用于对高光效果要求较高且计算资源充足的应用，而 Blinn-Phong 光照模型则适用于需要实时渲染和高效计算的场景，如实时 3D 游戏和交互式图形应用。

关键词： Phong, Blinn-Phong, 光照模型

目 录

中文摘要	1
目 录	2
1 引言	1
1.1 研究背景	1
1.2 研究目的	1
1.3 论文结构	1
2 相关工作介绍	2
2.1 光照模型的基本概念和历史发展	2
2.2 PHONG 光照模型的提出及应用	2
2.3 BLINN-PHONG 光照模型的改进及其应用	2
3 方法描述	3
3.1 PHONG 光照模型的理论基础和计算方法	3
3.1.1 漫反射、镜面反射和环境光的计算	3
3.1.2 Phong 光照模型的具体实现步骤	4
3.2 BLINN-PHONG 光照模型的理论基础和计算方法	4
3.2.1 漫反射、镜面反射和环境光的计算	4
3.2.2 Blinn-Phong 光照模型的具体实现步骤	4
4 实验设置	5
4.1 实验环境	5
4.2 实验场景	5
4.3 光源设置	6
4.4 测试方法	6
5. 实验结果与分析	7
6 结论	10

1 引言

1.1 研究背景

在计算机图形学中，光照模型是实现逼真图像的关键技术之一。光照模型用于模拟光线与物体表面相互作用的方式，从而生成具有真实感的图像。不同的光照模型对光的处理方式不同，直接影响到图像的视觉效果和计算效率。

1.2 研究目的

本文的研究重点是对 Phong 光照模型和 Blinn-Phong 光照模型进行详细的实现和对比分析。本研究旨在通过实验和对比分析，探讨这两种光照模型的优缺点及其适用的应用场景。

1.3 论文结构

本论文各章节主要内容如下：

第一章：引言，介绍了本文的研究背景、研究目的，最后总结了论文的组织结构。

第二章：相关工作介绍，回顾了光照模型的基本概念和历史发展，介绍了 Phong 光照模型和 Blinn-Phong 光照模型的提出及其应用。

第三章：方法描述，详细描述了 Phong 光照模型和 Blinn-Phong 光照模型的理论基础和计算方法，并进行对比分析。

第四章：实验设置，介绍了实验环境、实验场景的设置以及测试方法。

第五章：实验结果与分析，展示了两种光照模型在不同场景下的渲染效果，并进行视觉效果的对比较分析。

第六章：结论，总结两种光照模型的优缺点及其应用场景。

2 相关工作介绍

本章将简述光照模型的基本概念和历史发展，并介绍本文实验所采用的两种光照模型：Phong 光照模型和 Blinn-Phong 光照模型的提出和应用。

2.1 光照模型的基本概念和历史发展

在计算机图形学中，光照模型是用于模拟物体表面光照效果的一种数学模型。在光照模型中，光线通过环境光、漫反射和镜面反射等方式影响物体的视觉效果。环境光代表场景中的全局光照，漫反射模拟光线在粗糙表面上的扩散，镜面反射则模拟光线在光滑表面上的高光反射。

光照模型的历史发展可以追溯到 20 世纪 70 年代，早期的光照模型较为简单，仅考虑基本的光照效应。随着计算机图形学的进步，越来越多的复杂光照模型被提出，以提高图像的真实感和视觉效果。其中，Phong 光照模型和 Blinn-Phong 光照模型是最经典且广泛应用的两种光照模型。

2.2 Phong 光照模型的提出及应用

Phong 光照模型由 Bui Tuong Phong 在 1975 年提出，是计算机图形学中第一个考虑镜面反射的光照模型。该模型通过计算光线与物体表面的法线、视线和反射光线之间的夹角，生成逼真的光影效果。Phong 光照模型包括环境光、漫反射和镜面反射三部分，其中镜面反射部分采用反射向量与视线夹角的余弦值进行计算。

它是一个经验模型，并不完全符合真实世界中的光照现象，但由于实现起来简单方便，并且计算速度和得到的效果都还不错，因此在早期被广泛的使用。然而，Phong 光照模型在处理低反光度物体时会出现高光区域较大的问题，影响图像的视觉效果。

2.3 Blinn-Phong 光照模型的改进及其应用

为了改进 Phong 光照模型在处理镜面反射时的缺陷，1977 年，James F. Blinn 在冯氏着色模型上加以拓展，引入了 Blinn-Phong 着色模型。Blinn-Phong 模型与冯氏模型非常相似，但是它对镜面光模型的处理上有一些不同，Blinn-Phong 模型不再依赖于反射向量，而是采用了所谓的半程向量(Halfway Vector)，即光线方向与视线方向之和的单位向量，通过计算法线向量与半程向量之间的夹角来确定镜面反射部分的强度。

这种改进使得 Blinn-Phong 光照模型在处理低反光度物体时，能够生成更加自然的高光效果，避免了高光区域过大的问题。此外，Blinn-Phong 光照模型的计算效率更高，适用于实时渲染和复杂场景。由于这些优点，Blinn-Phong 光照模型被广泛应用于现代计算机图形学中的各种应用，如实时 3D 游戏、虚拟现实和计算机动画。

3 方法描述

本章将对 Phong 光照模型和 Blinn-Phong 光照模型的理论基础和具体计算方法进行详细的阐述。

3.1 Phong 光照模型的理论基础和计算方法

冯氏光照模型的主要结构由 3 个分量组成：环境(Ambient)、漫反射 (Diffuse)和镜面(Specular)光照。

环境光照(Ambient Lighting)：物体几乎永远不会是完全黑暗的。所以环境光照一般是个常量

漫反射光照(Diffuse Lighting)：模拟光源对物体的方向性影响, 物体的某一部分越是正对着光源，它就会越亮。

镜面光照(Specular Lighting)：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。

3.1.1 漫反射、镜面反射和环境光的计算

环境光：模拟场景中的全局光照，假设来自各个方向的光线均匀分布。

$$I_a = I_l \cdot K_a$$

其中， I_a 是环境光强度， I_l 是光源强度， K_a 是环境光反射系数。

漫反射：基于 Lambertian 反射模型，光线在表面均匀散射，光强与光线和法线的夹角有关。

$$I_d = I_l \cdot K_d \cdot \max(0, L \cdot N)$$

其中， I_d 是漫反射光强度， K_d 是漫反射系数， L 是光线方向， N 是表面法线。

镜面反射：模拟光滑表面的高光反射，光强与视线和反射向量的夹角有关。

$$I_s = I_l \cdot K_s \cdot \max(0, R \cdot V)^n$$

其中， I_s 是镜面反射光强度， K_s 是镜面反射系数， R 是反射向量， V 是视线向量， n 是高光指数。

3.1.2 Phong 光照模型的具体实现步骤

1. 计算光源、观察点和法线向量。
2. 计算环境光分量。
3. 使用光线方向和法线计算漫反射分量。
4. 计算反射向量并使用视线方向计算镜面反射分量。
5. 将各分量相加，得到最终颜色。

3.2 Blinn-Phong 光照模型的理论基础和计算方法

Blinn-Phong 光照模型由 James F. Blinn 提出，通过引入半程向量（Halfway Vector）改进了 Phong 光照模型中的镜面反射计算，使其在低反光度物体上的高光效果更加自然。

3.2.1 漫反射、镜面反射和环境光的计算

环境光：与 Phong 光照模型相同。

$$I_a = I_l \cdot K_a$$

漫反射：与 Phong 光照模型相同。

$$I_d = I_l \cdot K_d \cdot \max(0, L \cdot N)$$

镜面反射：使用半程向量替代反射向量，改进镜面反射的计算。

$$I_s = I_l \cdot K_s \cdot \max(0, H \cdot V)^n$$

其中， $H = \frac{L+V}{|L+V|}$ 是半程向量。

3.2.2 Blinn-Phong 光照模型的具体实现步骤

1. 计算光源、观察点和法线向量。
2. 计算环境光分量。
3. 使用光线方向和法线计算漫反射分量。
4. 计算半程向量并使用法线计算镜面反射分量。
5. 将各分量相加，得到最终颜色。

4 实验设置

4.1 实验环境

软件工具：

操作系统：Windows 10

编译器：Microsoft Visual Studio 2022

OpenGL 库：GLUT, GLM

开发环境：

编程语言：C++

图形库：OpenGL, GLUT, GLM

4.2 实验场景

本实验中使用了一个包含多种几何模型的场景，包括立方体、四棱台、球体和房间等对象。这些对象用于测试两种光照模型在复杂场景中的表现。

以下是本实验所应用的几何模型及部分代码：

立方体：顶点坐标：

```
1. // 将立方体的八个顶点保存到一个数组里面
2. static GLfloat v_cube[8][3] =
3. {
4.     {0.0, 0.0, 0.0}, //0
5.     {0.0, 0.0, 3.0}, //1
6.     {3.0, 0.0, 3.0}, //2
7.     {3.0, 0.0, 0.0}, //3
8.     {0.0, 3.0, 0.0}, //4
9.     {0.0, 3.0, 3.0}, //5
10.    {3.0, 3.0, 3.0}, //6
11.    {3.0, 3.0, 0.0} //7
12.};
```

四棱台：顶点坐标：

```
1. //*****画四棱台*****
2. static GLfloat v_trapezoid[8][3] =
3. {
```



```
4.    {0.0, 0.0, 0.0}, //0
5.    {0.0, 0.0, 3.0}, //1
6.    {3.0, 0.0, 3.0}, //2
7.    {3.0, 0.0, 0.0}, //3
8.    {0.5, 3.0, 0.5}, //4
9.    {0.5, 3.0, 2.5}, //5
10.   {2.5, 3.0, 2.5}, //6
11.   {2.5, 3.0, 0.5} //7
12. };
```

球体：

使用 `glutSolidSphere` 函数绘制，半径为 3.0，20 条纬线，16 条经线。

房间：

包含地板、墙壁等部分，采用纹理映射技术，通过加载外部图像文件实现。

4.3 光源设置

实验中设置了多个光源，包括环境光、漫反射光和镜面反射光等。以下是不同光源的参数和位置：

光源 1：

环境光：{0.3, 0.3, 0.3, 1.0}

散射光：{1.0, 1.0, 1.0, 1.0}

镜面光：{1.0, 1.0, 1.0, 1.0}

位置：{5.0, 5.0, 8.0, 1.0}

光源 2：

环境光：{0.5, 0.5, 0.5, 1.0}

散射光：{1.0, 1.0, 1.0, 1.0}

镜面光：{1.0, 1.0, 1.0, 1.0}

位置：{0.7, 1.5, 9.0, 1.0}

聚光方向：{0.3, -1, -0.8}

聚光角度：35.0

4.4 测试方法

实验数据的收集方法和分析手段包括以下几点：

光照模型的切换测试：

通过按键切换光照模型，观察场景中物体的光照效果变化。

使用 `useBlinn` 变量控制光照模型的切换，按键 'p' 进行切换。

光源开关测试：

通过按键控制光源的开关，观察场景的光照变化。

使用 `switchOne` 和 `switchLamp` 变量控制光源开关，按键 '1' 和 '2' 进行控制。

光照参数调整测试：

调整光源的环境光、漫反射光和镜面反射光的强度，观察光照效果的变化。

通过调整光源参数，如 `light_ambient`, `light_diffuse`, `light_specular`，测试不同参数下的光照效果。

实验数据通过场景渲染结果的图像截图进行保存，并通过对比分析不同光照模型和参数下的渲染效果，评估光照模型的性能和效果。

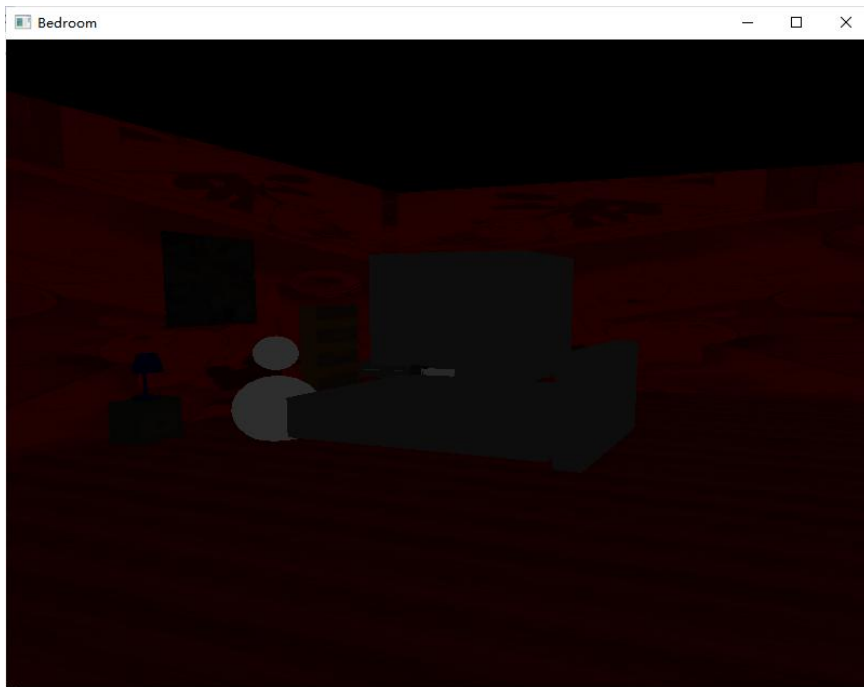
5. 实验结果与分析

本章将对 Phong 光照模型和 Blinn-Phong 光照模型在不同场景下的渲染效果进行对比分析，并讨论两种模型在计算复杂度和渲染速度上的差异。通过具体案例分析两种模型在处理高光、阴影等方面的表现。

视觉效果对比：

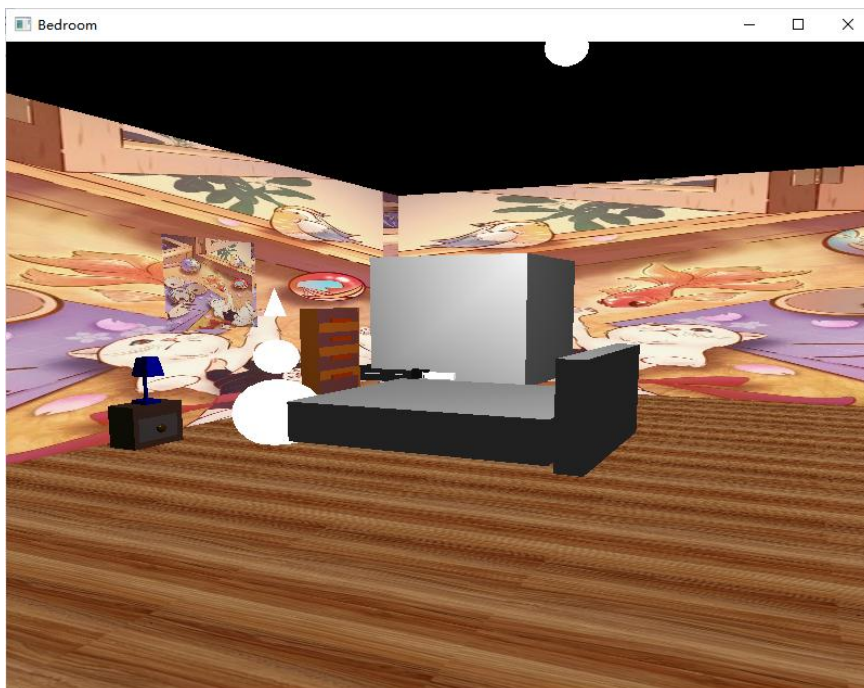
下图展示了在不同光照条件下，两种光照模型的渲染效果：

没有开启光源：



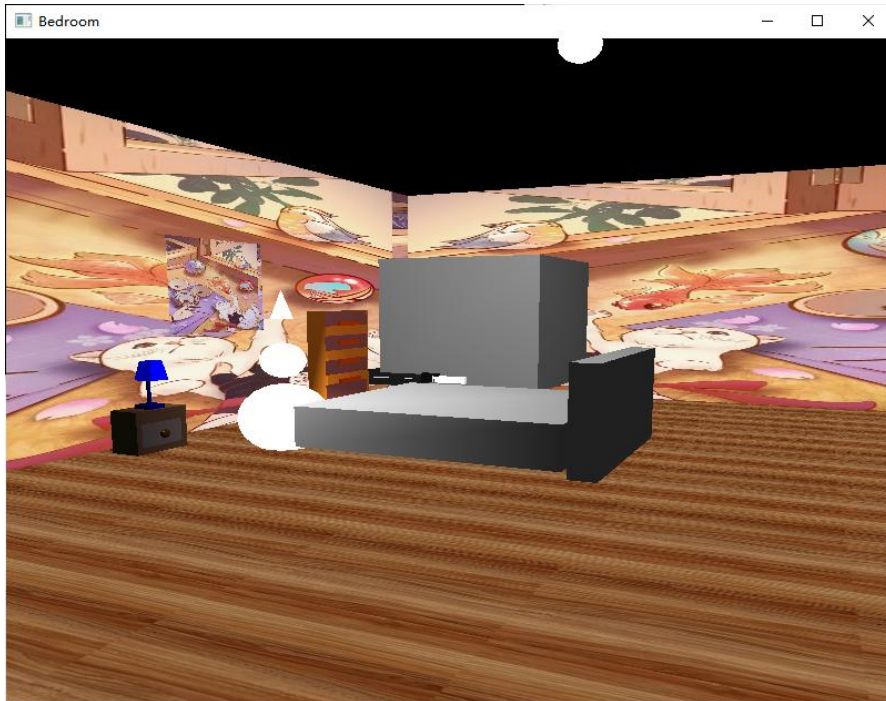
从图中可以看到，在没有开启任何光源的情况下，整个场景非常暗淡，无法看清物体的细节。

Phong 光照模型，开启第一个灯光：



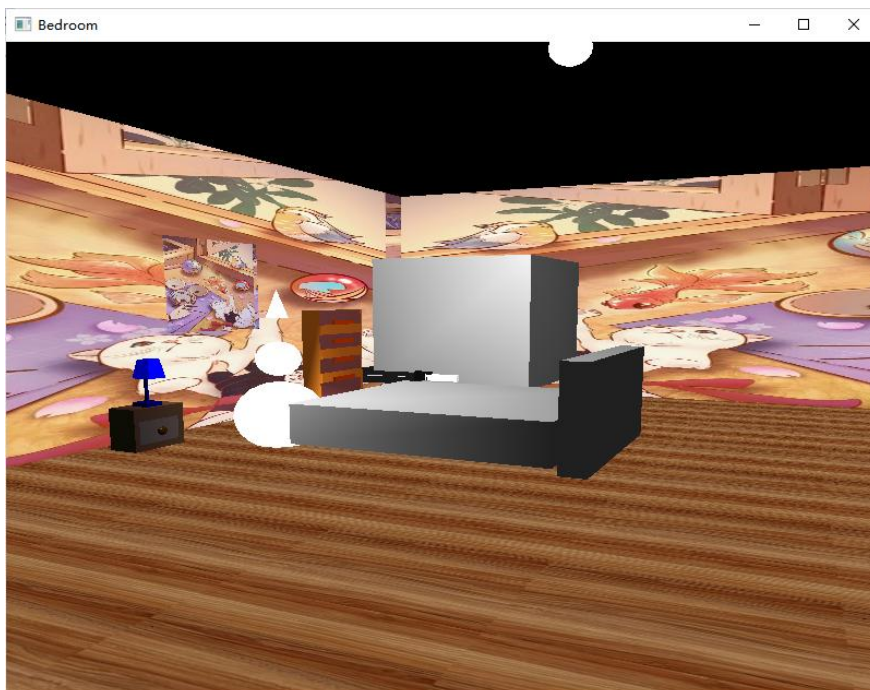
图中显示了使用 Phong 光照模型并开启第一个灯光后的效果。可以看出，场景中的部分区域被照亮，但整体效果仍然较暗，特别是靠近床头柜的部分。

Phong 光照模型，开启两个灯光：



当开启第二个灯光后，使用 Phong 光照模型的场景变得更亮，但床头柜部分仍然处于阴影之中，无法清晰展示其细节。

Blinn-Phong 光照模型，开启两个灯光：



采用 Blinn-Phong 光照模型并开启两个灯光后，场景整体亮度提升明显。特别是床头柜部分，被光线直接照亮，细节清晰可见，效果更接近于实际光照。

光照模型对比

高光效果：

Phong 光照模型在处理高光时，光斑边缘较为模糊，无法展现出强烈的光反射效果。

Blinn-Phong 光照模型采用半程向量计算高光，使得高光区域更为集中，边缘更为清晰，呈现出更真实的反射效果。

阴影表现：

Phong 光照模型在阴影处理上较为简单，阴影区域较大，细节缺失明显。

Blinn-Phong 光照模型通过精确计算反射和折射角度，使得阴影边缘过渡更自然，细节表现更为丰富。

6 结论

本实验探讨并比较了 Phong 光照模型和 Blinn-Phong 光照模型在场景中的应用。通过实验结果可以看出，两种光照模型在处理高光、阴影呈现方面各有优劣：

Phong 光照模型具有较高的计算效率，平均帧渲染时间较短，适用于实时性要求较高的场景。然而，在处理反光度较低的高光区域时，效果不如 Blinn-Phong 模型自然。

Blinn-Phong 光照模型在视觉效果上更为真实，特别是在处理细腻的高光效果时表现出色，但其计算开销较高，平均帧渲染时间较长，适用于对视觉效果要求较高的静态或非实时场景。