



唐老狮系列教程

# 凹凸纹理基本概念



# 唐老狮系列教程-凹凸纹理基本概念

## | 知识回顾



# 唐老狮系列教程-凹凸纹理基本概念

## 知识回顾

单张纹理是模型的“皮”

它决定了模型的颜色表现

在建模时通过纹理隐射技术将顶点和纹理图片建立联系

在模型数据中记录顶点对应的UV坐标

之后我们进行Shader开发时

利用UV坐标从纹理图片中取出对应位置的颜色给片元“上色”



# 唐老狮系列教程-凹凸纹理基本概念

## | 主要讲解内容





# 唐老狮系列教程-凹凸纹理基本概念

## 主要讲解内容

- 1.凹凸纹理是用来做什么的?
- 2.高度纹理贴图
- 3.法线纹理贴图
- 4.为什么要使用切线空间下的法线纹理贴图



# 唐老狮系列教程-凹凸纹理基本概念

凹凸纹理是用来做什么的？



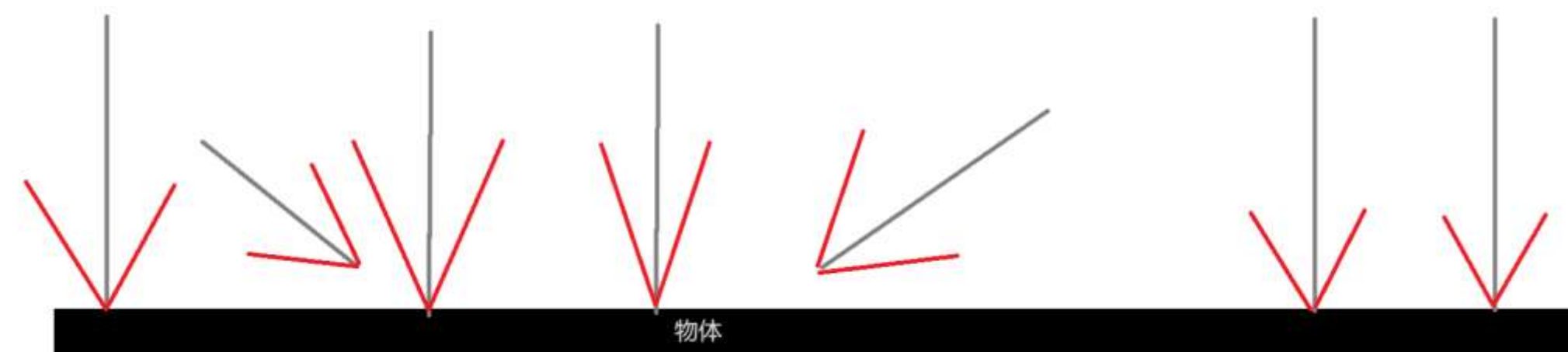
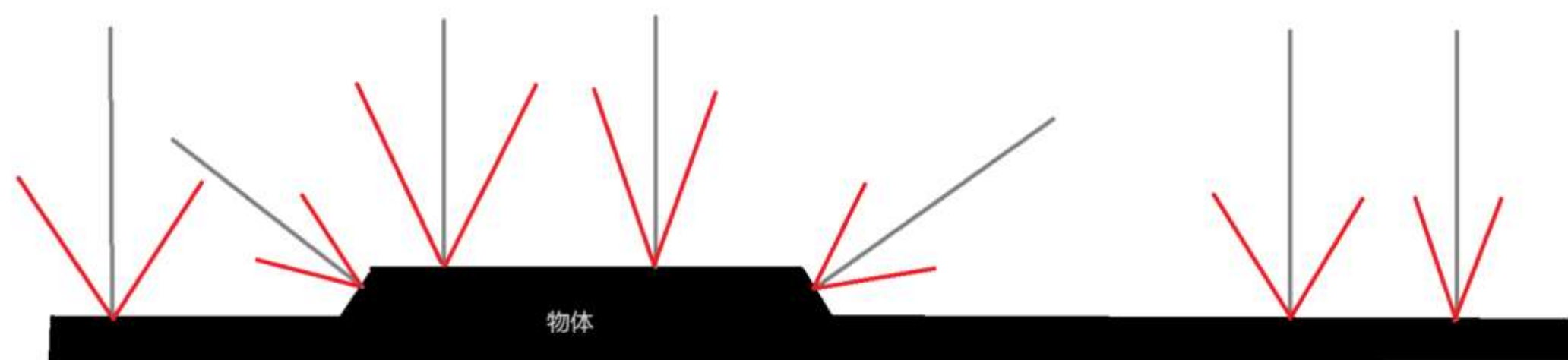
# 唐老师系列教程-凹凸纹理基本概念

## 凹凸纹理是用来做什么的？

纹理除了可以用来进行颜色映射外，另外一种常见的应用就是进行凹凸映射

凹凸映射的目的是使用一张纹理来修改模型表面的法线，让我们不需要增加顶点，而让模型看起来有凹凸效果。

原理：光照的计算都会利用法线参与计算，决定最终的颜色表现效果。那么在计算“假”凹凸面时，使用“真”凹凸面的法线参与计算，呈现出来的效果可以以假乱真



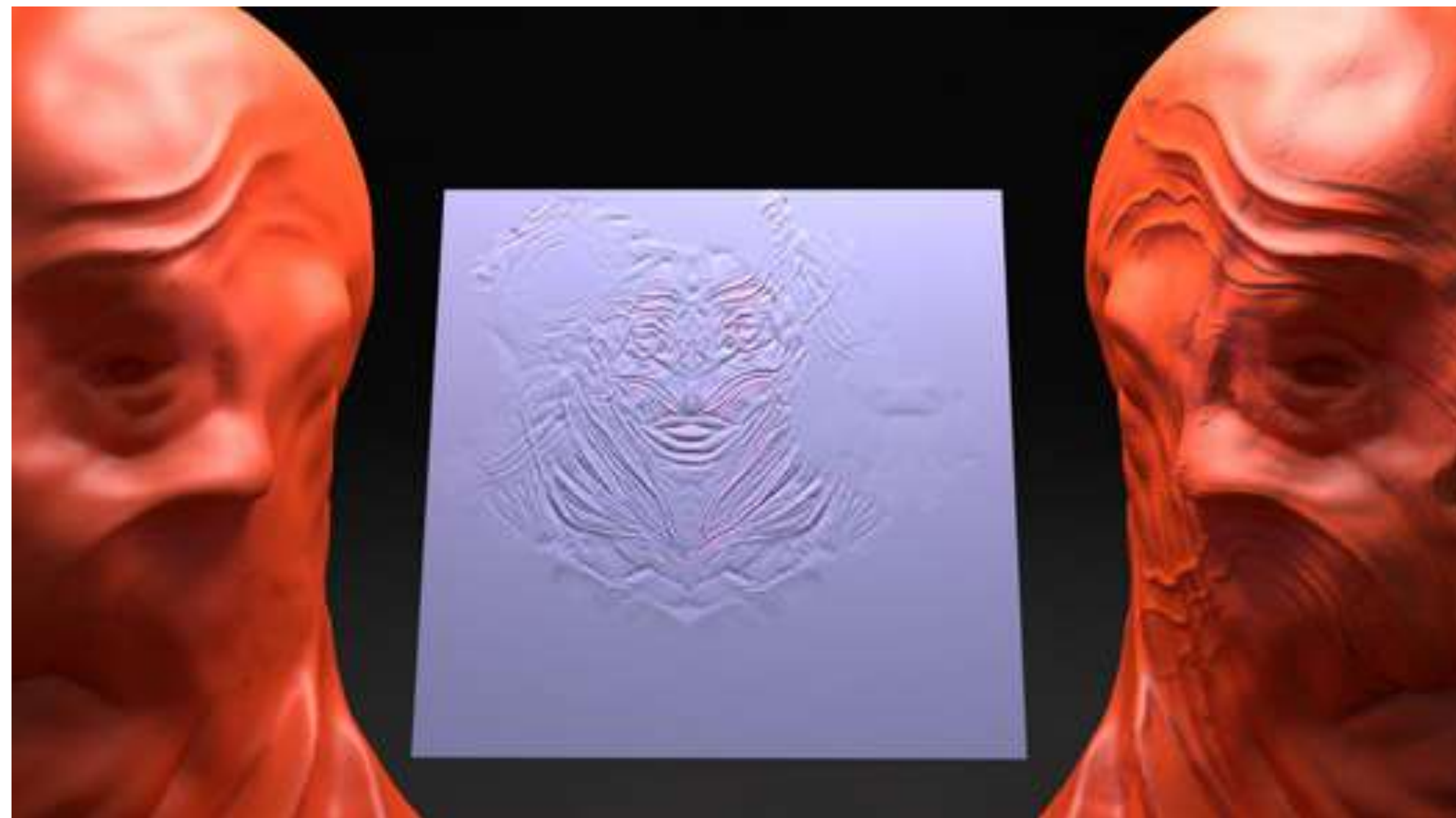




# 唐老狮系列教程-凹凸纹理基本概念

## 凹凸纹理是用来做什么的？

凹凸纹理最大的作用就是让模型可以在不添加顶点（不增加面）的情况下让模型看起来同样充满细节（凹凸感），是一种视觉上的“欺骗”技术。







# 唐老狮系列教程-凹凸纹理基本概念

## 凹凸纹理是用来做什么的？

要进行凹凸映射，目前有两种主流方式：

- 1.高度纹理贴图
- 2.法线纹理贴图

我们接下来就来详细的了解他们的基本原理



# 唐老狮系列教程-凹凸纹理基本概念

## | 高度纹理贴图





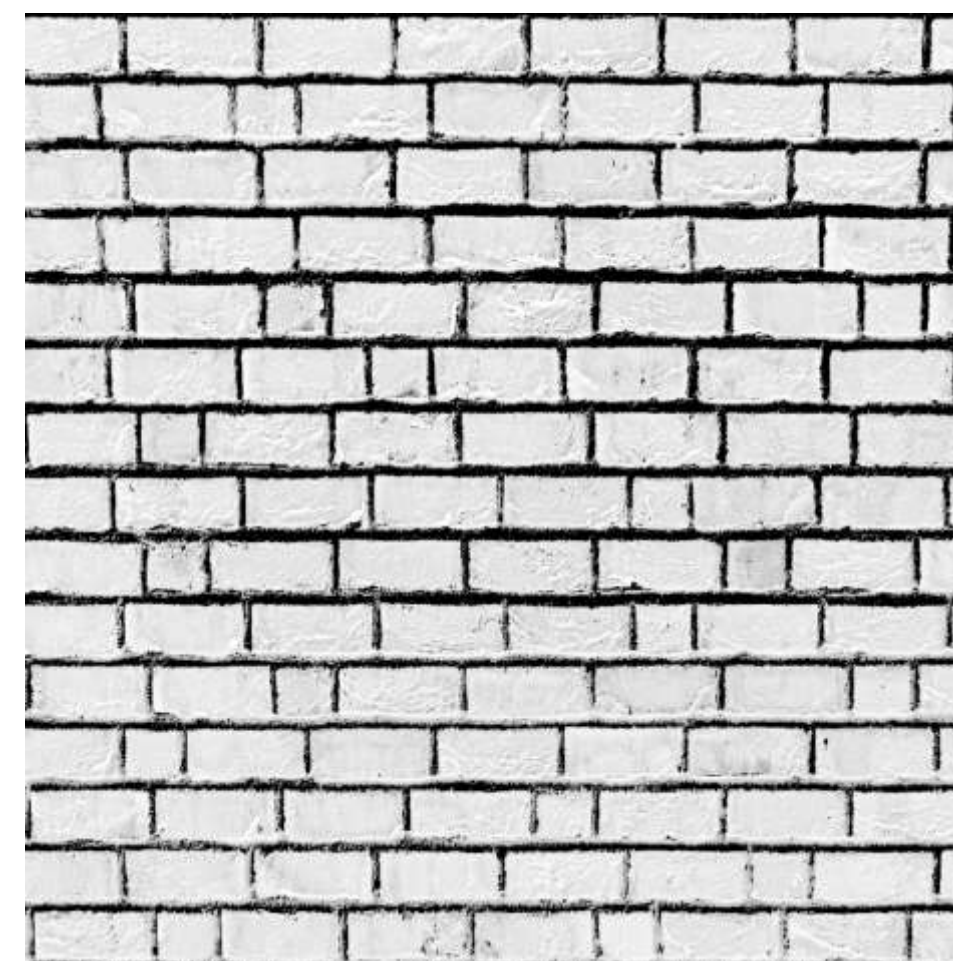
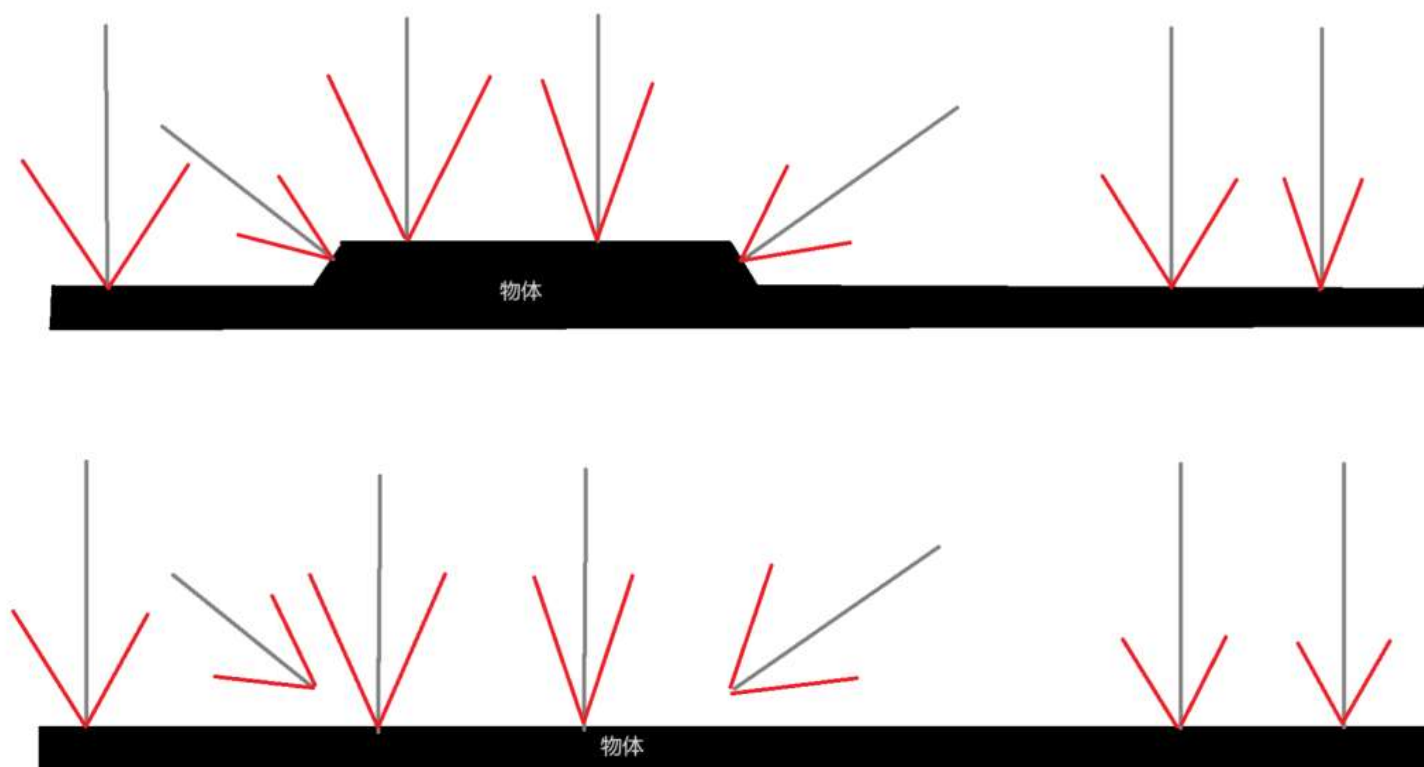
# 唐老狮系列教程-凹凸纹理基本概念

## 高度纹理贴图

高度纹理贴图一般简称**高度图**

它**存储了模型表面上每个点的高度信息**。通常它使用灰度图像，其中不同灰度值表示不同高度。**较亮区域通常对应较高的点，较暗的区域对应较低的点。**

它**主要用于模拟物体表面的位移。**







# 唐老狮系列教程-凹凸纹理基本概念

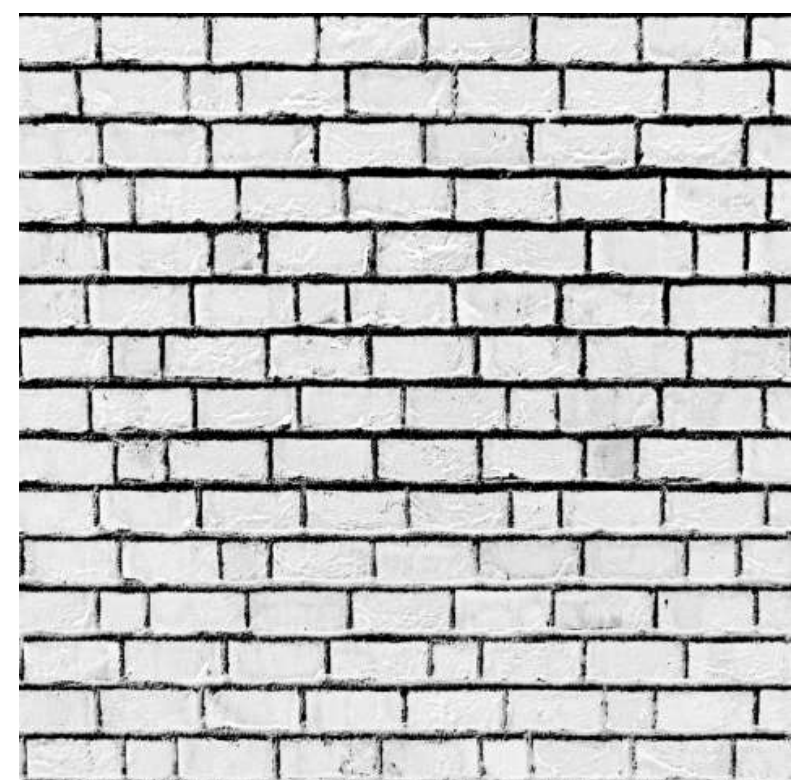
## 高度纹理贴图

**存储规则：**图片中的某一个像素点的RGB值是相同的，都表示高度值，A值一般情况下为1。高度值范围一般为0~1，0代表最低，1代表最高

**优点：**可以通过高度图很明确的知道模型表面的凹凸情况

**缺点：**无法在Shader中直接得到模型表面点的法线信息，而是需要通过额外的计算得到，因此会增加性能消耗，所以我们几乎很少使用它。

我们在使用凹凸纹理时，一般都会使用法线纹理贴图





# 唐老狮系列教程-凹凸纹理基本概念

## 法线纹理贴图





# 唐老狮系列教程-凹凸纹理基本概念

## 法线纹理贴图

法线纹理贴图一般简称**法线贴图** 或 **法线纹理**  
它**存储了模型表面上每个点的法线方向**。

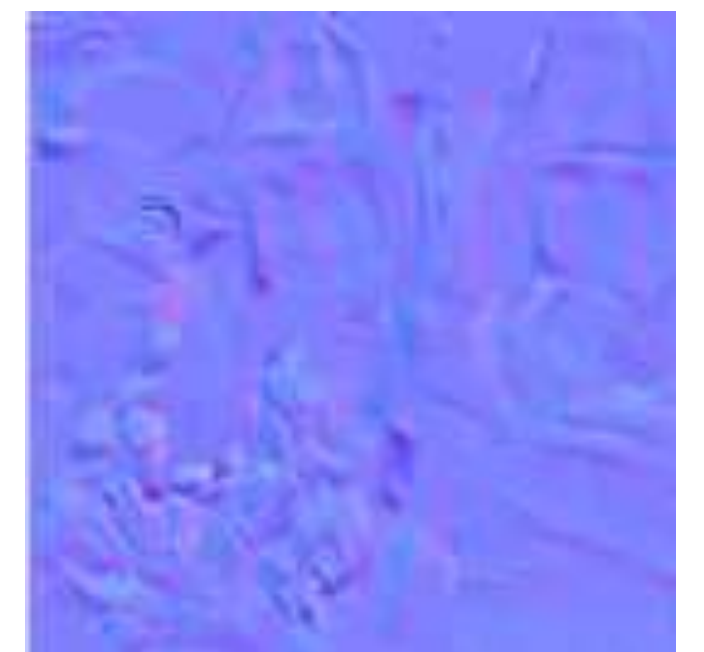
**存储规则：**图片中的**RGB**值分别存储**法线的X、Y、Z分量值**，A值可以用于存储其他信息，比如材质光滑度等。

**优点：**从法线贴图中取出的数据便是法线信息，可以直接简单处理后就参与光照计算，性能表现更好

**缺点：**我们无法直观的看出模型表面的凹凸情况



模型空间的法线贴图



切线空间的法线贴图





# 唐老狮系列教程-凹凸纹理基本概念

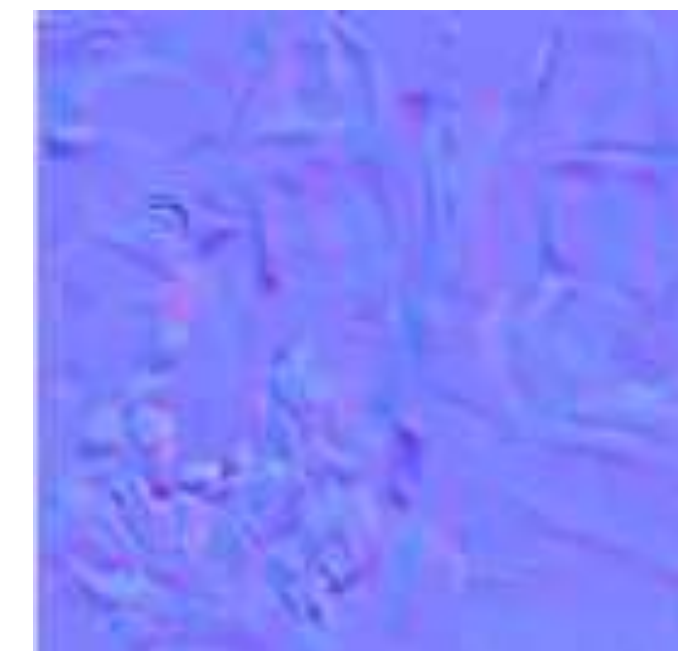
## 法线纹理贴图存储规则详解

由于法线纹理贴图是我们之后实现“凹凸感”的主要方式  
因此我们需要更详细的了解它

1. 读取分量数据的规则
2. 两种法线纹理贴图的存储方式



模型空间的法线贴图



切线空间的法线贴图



# 唐老狮系列教程-凹凸纹理基本概念

## 法线纹理贴图读取分量数据的规则

由于法线XYZ分量范围在 $[-1, 1]$ 之间

而像素RGB分量范围在 $[0, 1]$ 之间

因此我们需要做一个映射计算

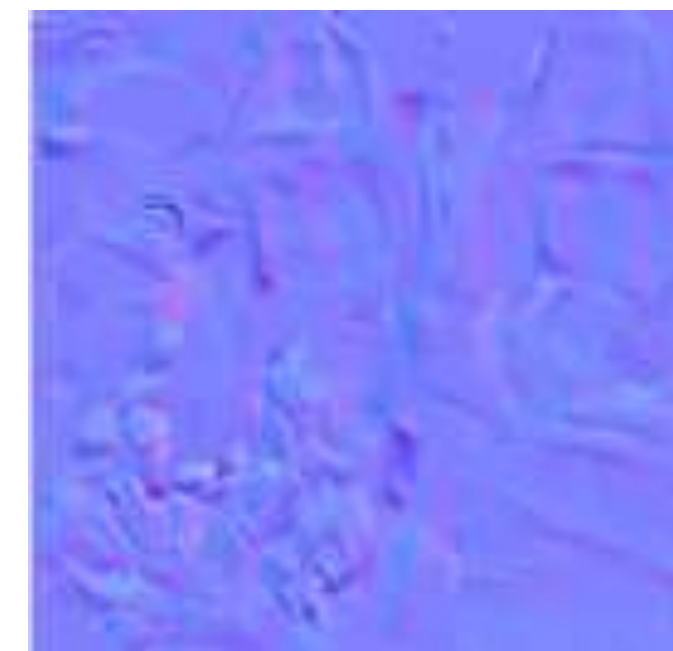
存储图片时：**像素分量 = (法线分量 + 1) / 2**

因此当我们取出像素分量使用时需要进行逆运算

读取数据时：**法线分量 = 像素分量 \* 2 - 1**



模型空间的法线贴图



切线空间的法线贴图



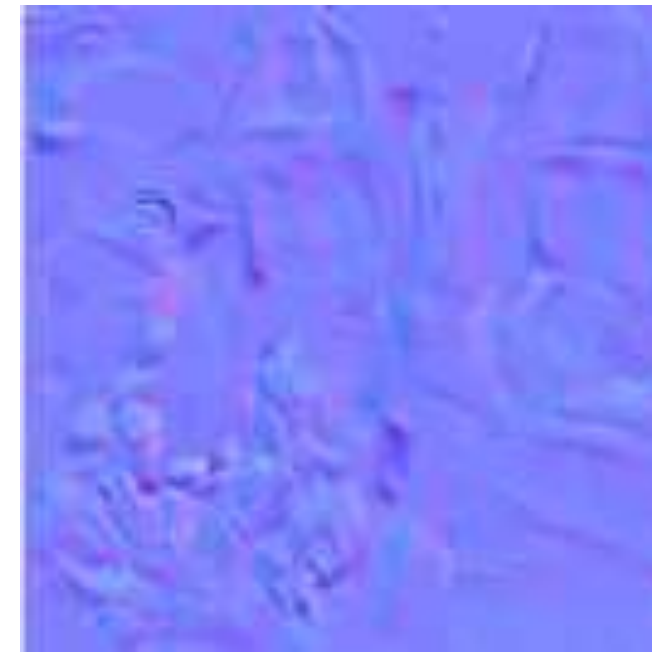


# 唐老狮系列教程-凹凸纹理基本概念

## 两种法线纹理贴图的存储方式



模型空间的法线贴图



切线空间的法线贴图

法线纹理贴图中主要存储法线信息，而法线信息其实就是个方向向量，而方向向量就得有相对坐标系

因此，法线贴图的存储方式按相对坐标系有两种方式：

1. 基于模型空间的法线纹理
2. 基于切线空间的法线纹理





# 唐老狮系列教程-凹凸纹理基本概念

## 基于模型空间的法线纹理

模型数据中自带的法线数据，是定义在模型空间中的，因此最直接的存储法线贴图数据的方式就是存储基于模型空间下的法线信息。

(注意：模型数据中的法线数据是“真”数据，法线贴图中对的法线数据是“假”数据)

如右下角图所示，由于模型空间中每个点存储的法线方向是各式各样的  
比如

法线  $(0,1,0)$  映射到像素后  $(\text{法线分量} + 1) / 2$  是  $(0.5,1.0.5)$  绿色

法线  $(0,-1,0)$  映射到像素后  $(\text{法线分量} + 1) / 2$  是  $(0.5,0,0.5)$  紫色

因此基于模型空间的法线纹理一般是五颜六色的

这种法线纹理贴图数据取出来直接参与Shader计算即可



模型空间



模型空间的法线贴图



# 唐老狮系列教程-凹凸纹理基本概念

## 基于切线空间的法线纹理

虽然基于模型空间的法线纹理贴图看起来很符合计算需求

但是在**实际开发**时，美术同学给到我们的**法线贴图一般都是基于切线空间的**

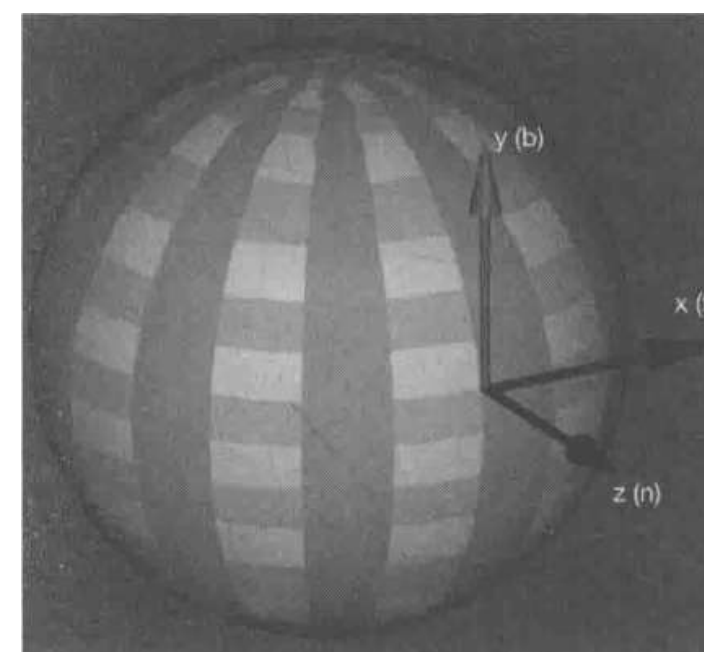
每个顶点都有自己的切线空间

**原点：顶点本身**

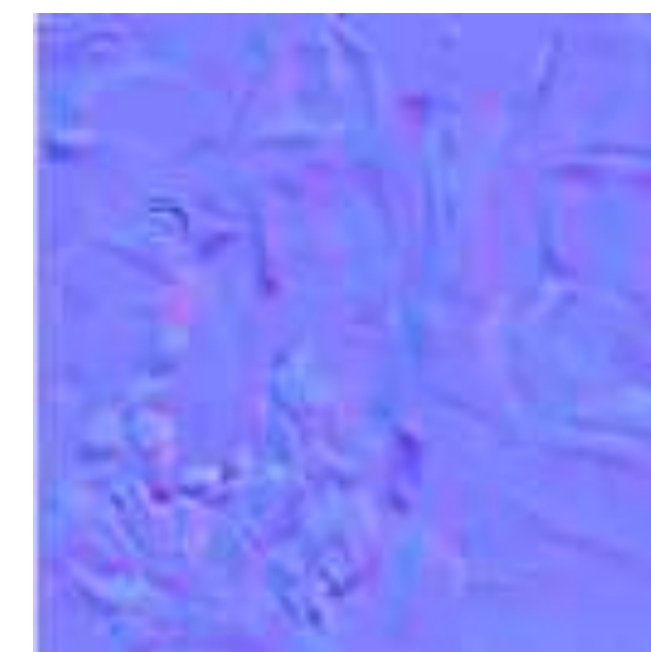
**X轴：顶点切线**

**Z轴：法线方向（顶点的原法线）**

**Y轴：X和Z的叉乘结果，也被称为副切线**



切线空间



切线空间的法线贴图





# 唐老狮系列教程-凹凸纹理基本概念

## 切线空间下的法线纹理贴图是蓝色的原因

在切线空间下，如果该顶点的法线不变化（不需要“凹凸感”）  
那么它的坐标是(0,0,1)，因为在切线空间下，Z轴就是原法线方向  
因此：

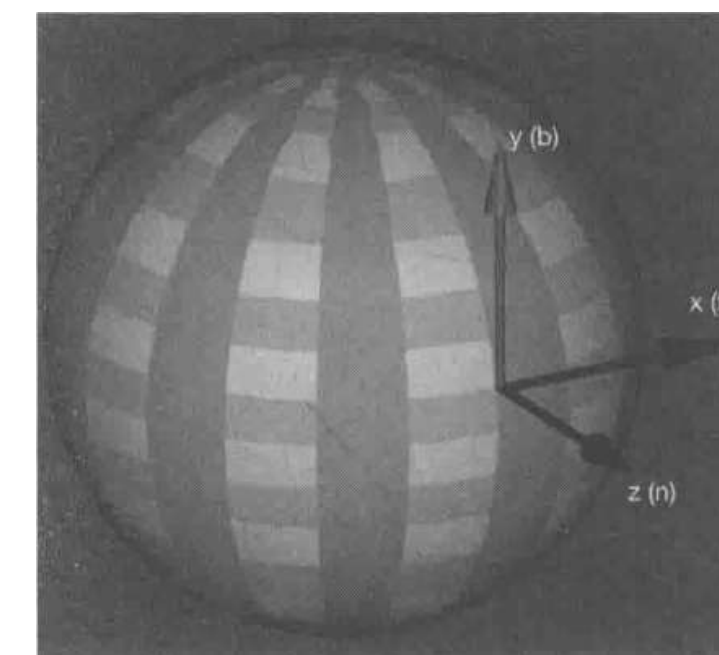
法线 (0,0,1) 映射到像素后  $(\text{法线分量} + 1) / 2$  是 (0.5,0.5,1) 浅蓝色

这个浅蓝色就是 切线空间下法线贴图 存在大片蓝色的原因

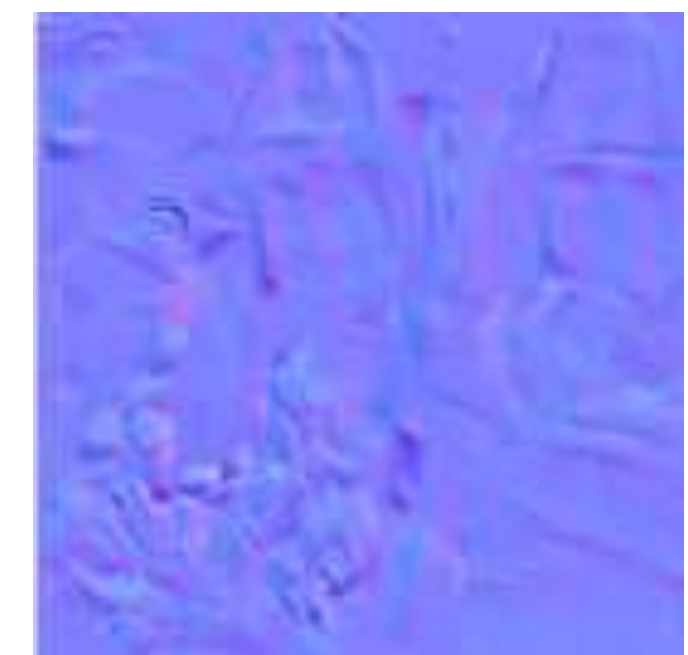
因为大部分顶点的法线和模型本身法线是一致的

只有凹凸部分的颜色才会有些许差异

这种法线纹理贴图数据取出来后需要进行坐标空间转换  
再参与Shader计算



切线空间



切线空间的法线贴图





# 唐老狮系列教程-凹凸纹理基本概念

## 为什么要使用切线空间下的法线纹理贴图



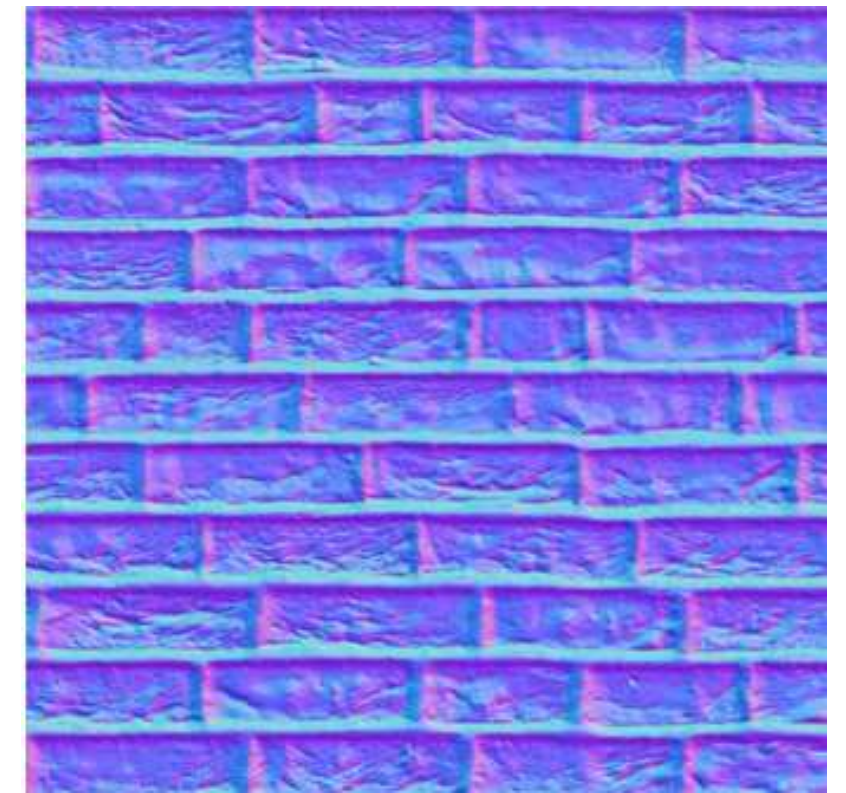
# 唐老狮系列教程-凹凸纹理基本概念

## 为什么要使用切线空间下的法线纹理贴图

之所以在实际开发时要使用切线空间下的法线贴图

原因有以下几点：

1. 可以用于不同模型 —— 如果模型空间下法线，不能用于其他模型
2. 方便处理模型变形 —— 同上
3. 可以复用 —— 一个砖块，6个面贴图都是一样的，可以只用一张法线贴图即可用于6个面计算
4. 可以压缩 —— 可以只存储两个轴的分量
5. 方便制作UV动画 —— UV坐标改变可以实现凹凸移动效果，如果是模型空间下法线贴图表现会有问题等等







# 唐老狮系列教程-凹凸纹理基本概念

## | 总结



# 唐老狮系列教程-凹凸纹理基本概念

## 主要讲解内容

1.凹凸纹理是用来做什么的？

**通过高度纹理或法线纹理在不添加顶点（不增加面）的情况下让模型看起来同样充满细节（凹凸感）**

**原理：计算“假”凹凸面时，使用“真”凹凸面的法线参与计算**

2.高度纹理贴图

**RGB都存储高度值，表现为一张灰度图，由于需要更多额外计算，我们一般不使用**

3.法线纹理贴图

**RGB分别存储法线的XYZ值，有相对模型空间（彩色）和切线空间（蓝色）两种法线贴图**

4.为什么要使用切线空间下的法线纹理贴图

**切线空间法线贴图虽然要产生额外计算，但是能让法线贴图更加的通用，灵活**





# 唐老狮系列教程

Thank

谢谢您的聆听