

# 服 饰 材 质 模 型 研 究

(程序使用说明文档)



华中科技大学图形与视觉计算实验室  
Graphics and Visual Computing Lab

2022 年 10 月

## 目录

1、概述.....	1
2、运行环境要求.....	1
3、安装和使用方法.....	2
4、纱材质使用说明.....	4
4.1 面板总览.....	4
4.2 参数说明.....	4
4.2.1 Denier.....	4
4.2.2 Anistropy（各向异性系数）.....	5
4.2.3 SpecMag（各向异性高光强度）.....	6
4.2.4 Scatter Color（各向异性高光颜色）.....	7
4.2.5 Noise（高光噪声）.....	7
4.3 完整使用示例.....	9
5、镭射材质使用说明.....	10
5.1 面板总览.....	10
5.2 参数说明.....	10
5.2.1 Saturation 饱和度.....	10
5.2.2 Brightness 明暗度.....	11
5.2.3 LightSpan.....	12
5.2.4 LightOffset.....	12
5.2.5 LightOffsetMap 偏移量贴图.....	13
5.2.6 自定义取色范围.....	14
5.2.7 各向异性角度 AnisoColor.....	15
5.2.8 视角映射曲线类型 CurveType.....	17
5.3 完整使用示例.....	18
6、闪点材质使用说明（待补充）.....	21
6.1 面板总览.....	21
6.2 参数说明.....	21
6.3 完整使用示例.....	21
7、绸缎材质使用说明（待补充）.....	21
7.1 面板总览.....	21
7.2 参数说明.....	21
7.3 完整使用示例.....	21
8、裘皮材质使用说明.....	22
8.1 面板总览.....	22

8.2 参数说明.....	22
8.2.1 Albedo .....	22
8.2.2 Tip Color 和 Tip Locate Map.....	23
8.2.3 Standard Shader 参数 .....	24
8.2.4 Layer Map .....	25
8.2.5 Fur Length, Ambient Occlusion .....	26
8.2.6 Cutoff, CutoffEnd, EdgeFade.....	27
8.2.7 外力和混合参数.....	29
8.2.8 Force Map, Force Map Scale .....	29
8.2.9 Height Map .....	30
8.3 完整使用示例.....	31

## 1、概述

本软件使用 Unity 引擎，实现了基于 PBR 光照模型的服饰材质实时渲染。软件中通过扩展 Standard Shader 的方式实现了纱、镭射、带闪点服饰、绸缎、裘皮等服饰材质，并且建立了材质模型。用户将材质模型放入自己的 Unity 项目中即可使用。

## 2、运行环境要求

本程序适用于 Unity 2019.4.22。

Color space 选为 Linear，确保所有工作在线性工作流。

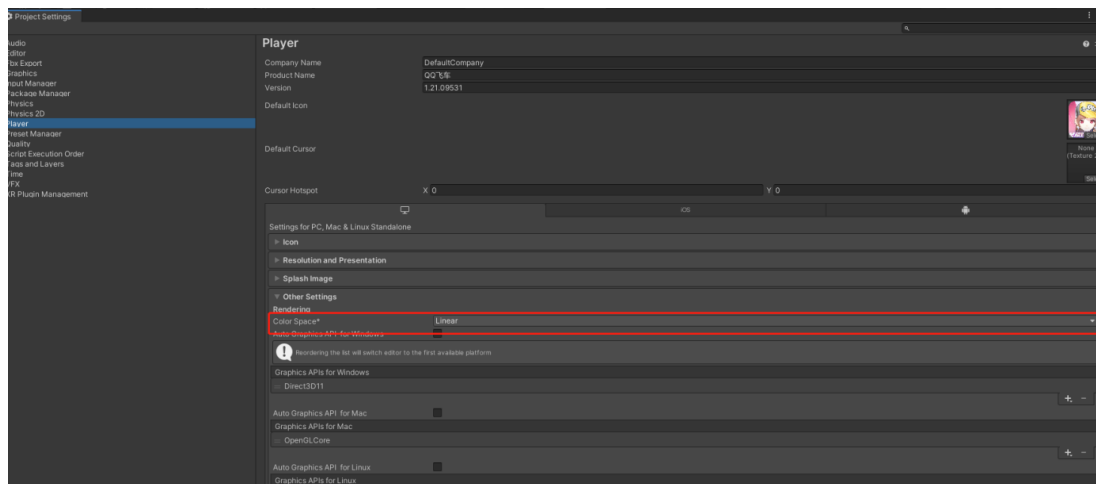


图 2.1 Color space 设置为 Linear

Graphics APIs for windows 选为 Direct3D 11。

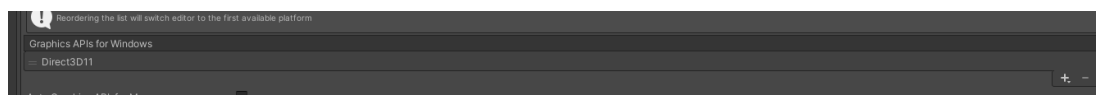


图 2.2 Graphics APIs for windows 设置为 Direct3D 11

RenderPath 的选择：

- 1、Built-in Render Pipeline;
- 2、Forward + HDR;
- 3、HDRmode :R11G11B10;
- 4、颜色类贴图通过勾选 SRGB 转线性。

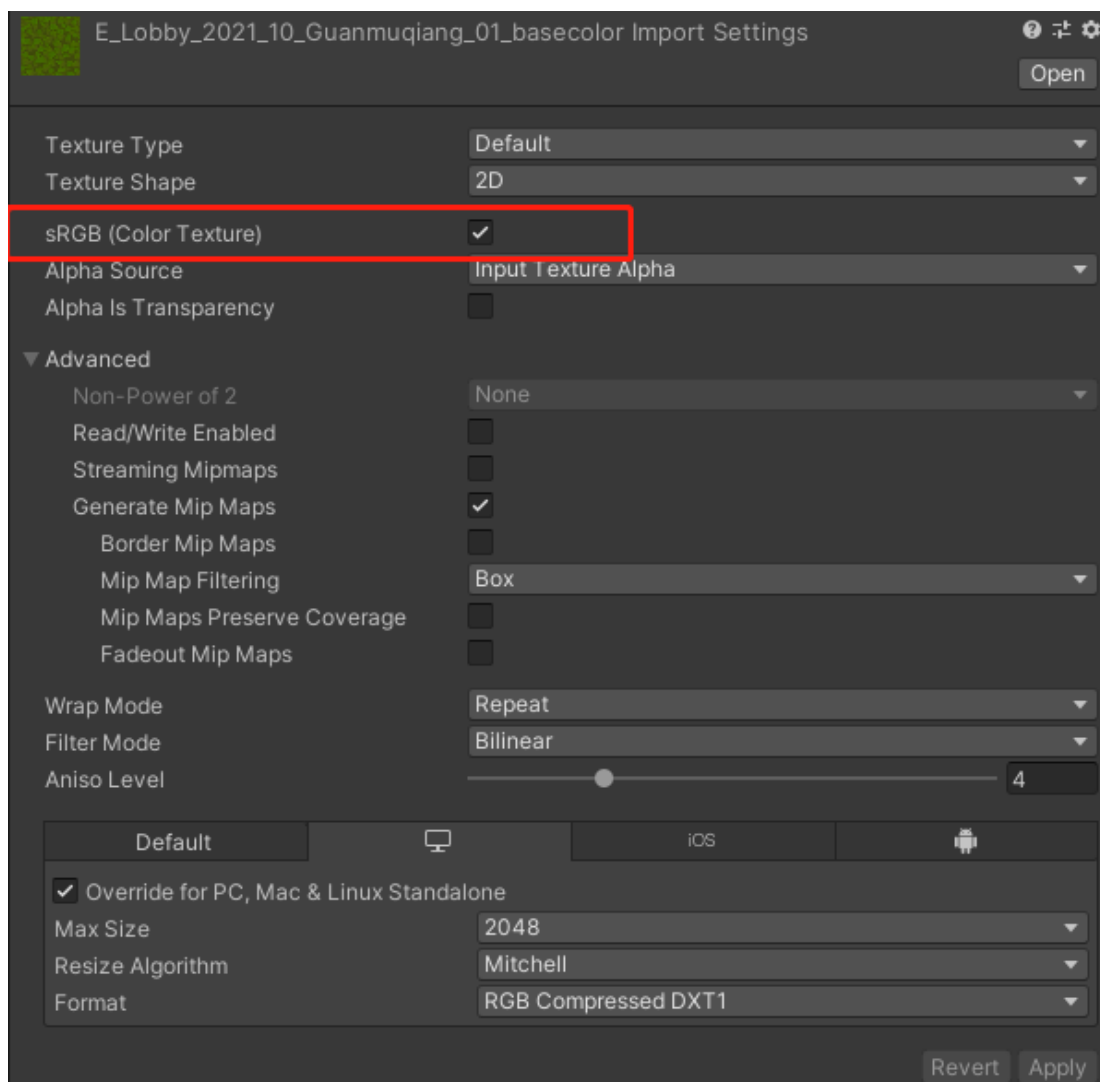


图 2.3 颜色类贴图勾选 SRGB 转性

### 3、安装和使用方法

首先将 shaders 文件夹里的文件放入项目中。

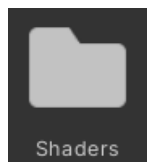


图 3.1 将 Shaders 文件夹的文件放入项目

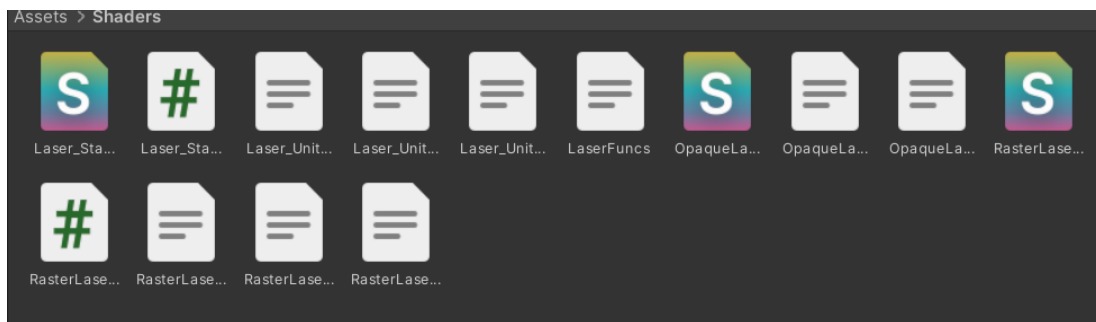


图 3.2 文件列表

然后创建新材质，选择 xxx\_StandardShader。

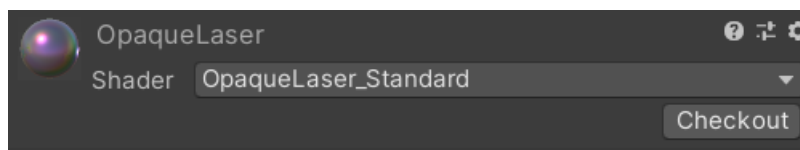


图 3.3 选择对应的 shader 文件

将材质应用到需要使用的模型中，并且按照需求调节参数即可。

若面板与下图不同，可在 Assets 目录下新建一个名为 Editor 的文件夹，并且将“xxx\_StandardShaderGUI.cs”文件拖入 Editor 文件夹中，即可将面板调整为下图样式。

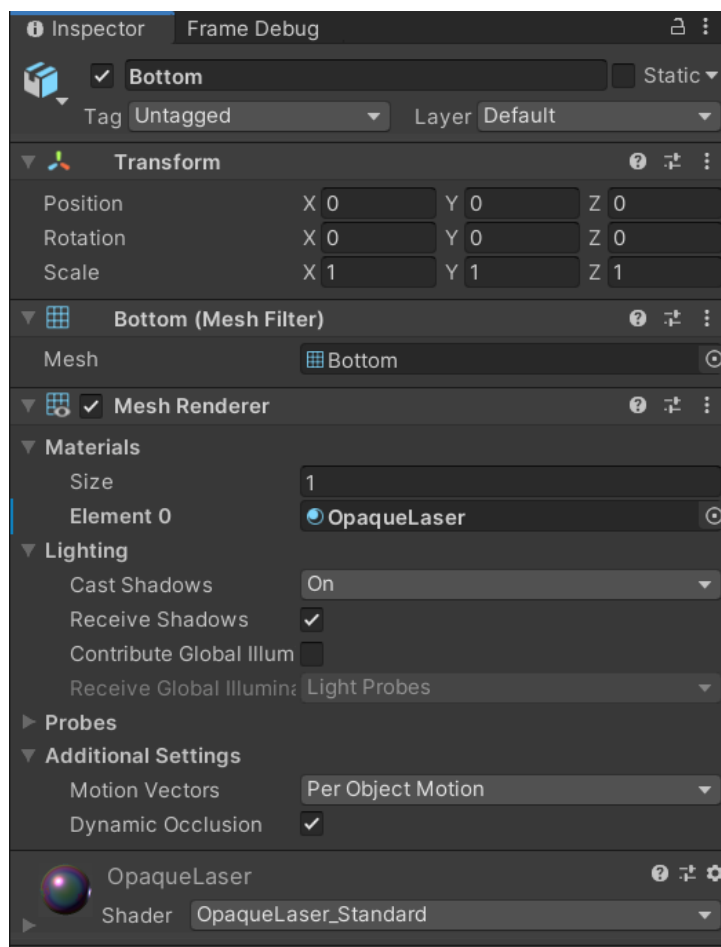


图 3.4 调整参数面板

## 4、纱材质使用说明

### 4.1 面板总览

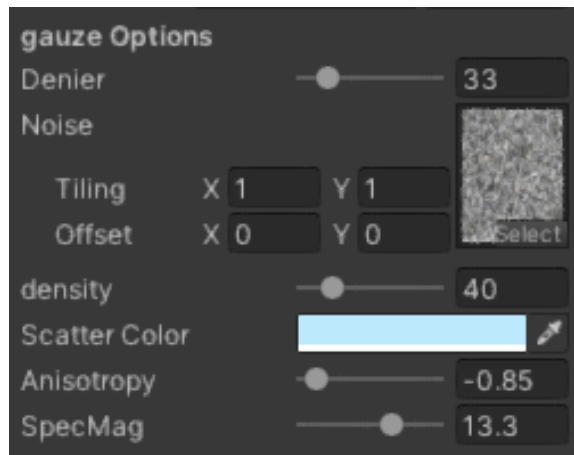


图 4.1 面板总览

### 4.2 参数说明

#### 4.2.1 Denier

##### (1) 功能介绍

控制因织线密度而产生的透明度变化。

##### (2) 操作方式

拖动滑条即可，范围为 1-200。

##### (3) 参数说明

设置为 0 时完全不透明，参数越大越接近垂直于视线的表面越透明，设置为 200 时完全透明。

Denier 0	Denier 29	Denier 200
		
(a) 设置为 0 时，完全不透明	(b) 参数越大越接近垂直于视线的表面越透明	(c) 设置为 200 时完全透明

图 4.2 Denier 参数设置

## (4) 功能详解

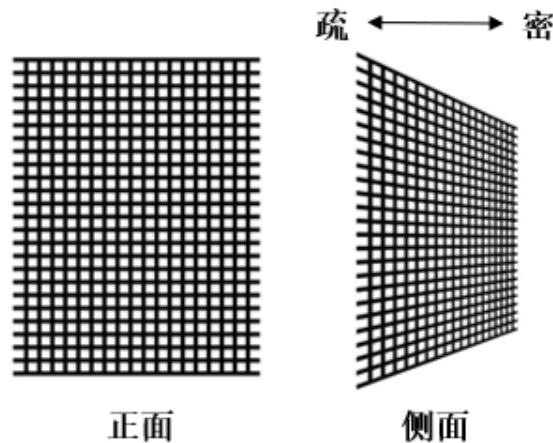


图 4.3 denier 值原理示意图

因为纱经纬线编织的特点, 边缘部分在视平面上的投影编织密度相比于中部更高, denier 值用于控制这种变化的速度。denier 值与透明度  $\alpha$  的数学关系为:  $\alpha = \sin^d \theta$ , 其中  $d$  即为 denier 值。

**4.2.2 Anistropy (各向异性系数)**

## (1) 功能介绍

控制各向异性高光分布。

## (2) 操作方式

拖动滑条即可, 范围为-1 到+1。

## (3) 参数说明

各向异性系数是控制高光是否为各向异性高光的核心参数, 当其值设置为 0 时高光不具有各向异性, 值越接近+1 或-1 时高光宽度越窄, 亮度越高(能量越集中)。正常将值设置在 0.7-0.9 都是比较合适的, 正负号影响高光分布位置, 可根据实际情况进行适当调整。

## (4) 功能详解

产生各向异性高光所使用的法线分布函数为 GGX 函数:

$$GGXAniso = \frac{1}{\pi \left( \left( \frac{T \cdot H}{ax} \right)^2 + \left( \frac{H \cdot B}{ay} \right)^2 + (N \cdot H)^2 \right)}$$

其中可调整参数为各向异性粗糙度  $ax$  和  $ay$ , 我们使用一个  $anisotropy$  参数同时控制  $ax$  和  $ay$ , 以保证其在 L1 范式上归一化。具体对应关系为:

$$ax = rough * rough * (1 + anisotropic)$$

$$ay = rough * rough * (1 - anisotropic)$$



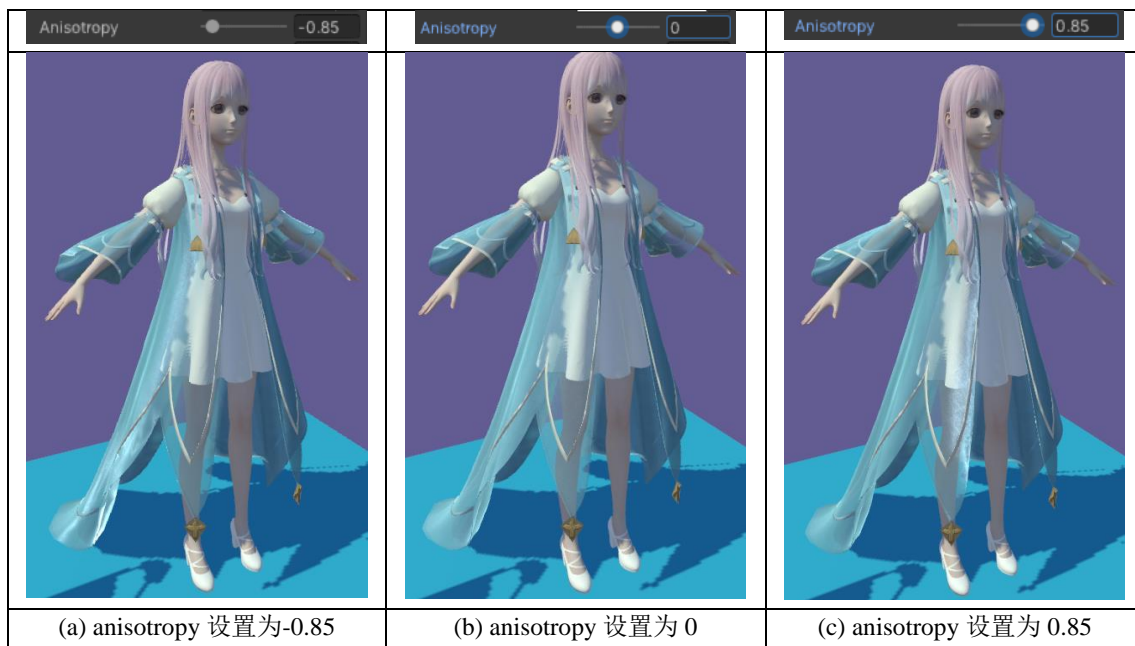


图 4.4 Anisotropy 设置

### 4.2.3 SpecMag（各向异性高光强度）

#### （1）功能介绍

控制各向异性高光强度。

#### （2）操作方式

拖动滑条即可，范围为 0-20。

#### （3）参数说明

参数为 0 时完全没有高光，参数为 20 时高光最强（可能会过曝）。

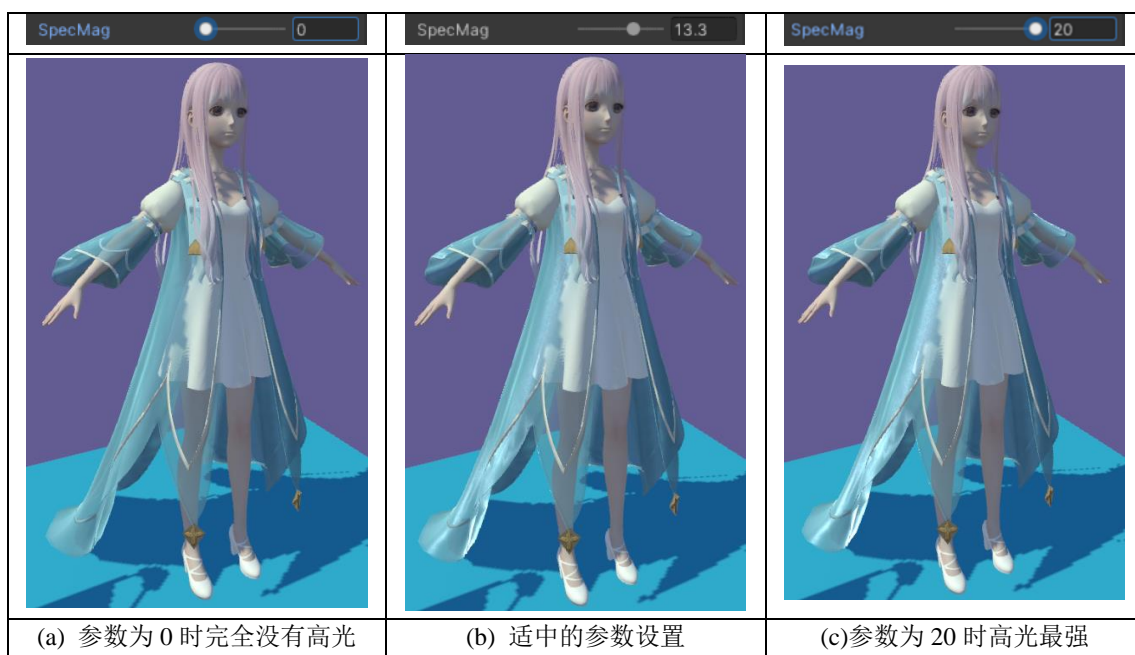


图 4.5 SpecMag 设置

#### 4.2.4 Scatter Color（各向异性高光颜色）

##### （1）功能介绍

控制各向异性高光颜色。

##### （2）操作方式

选择颜色即可。

##### （3）参数说明

所选颜色仅仅表现在高光上，与 albedo 无关，但推荐选择与 albedo 同饱和度但亮度更高的颜色。



图 4.6 Scatter Color 设置

#### 4.2.5 Noise（高光噪声）

##### （1）功能介绍

控制各向异性高光噪声。

##### （2）操作方式

将噪声贴图拖入贴图槽中即可。



图 4.7 材质使用的 Noise Map

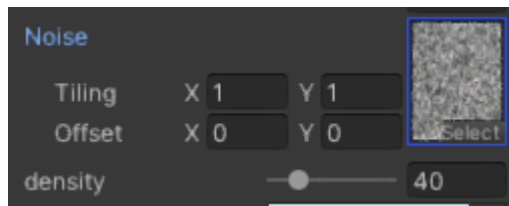


图 4.8 噪声贴图槽

### (3) 参数说明

通过对噪声贴图采样控制细节处的高光强度,以体现因绸缎材质表面的纹理效果而产生的局部非连续高光,让材质更具有真实感。

Density 参数控制对噪声贴图的采样密度。



图 4.9 使用噪声贴图前

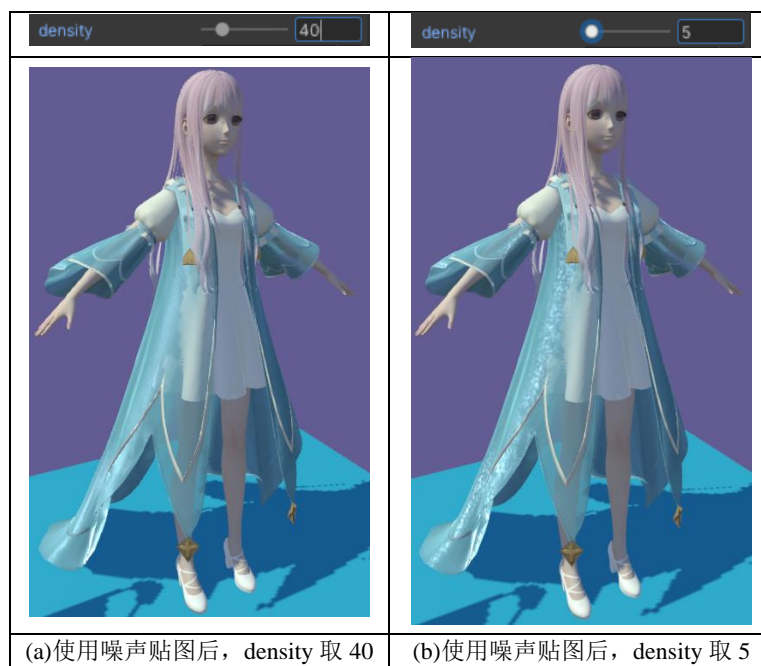


图 4.10 Density 参数设置

### 4.3 完整使用示例

n\_test3-1 为经纬线法线贴图，放入 secondary maps 中的 normal map 槽。

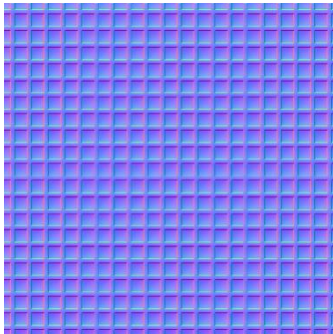


图 4.11 经纬线法线贴图

噪声贴图放入 Noise 槽。



图 4.12 噪声贴图

调整参数到合适效果即可（面板总览给出了一组参考参数设置）。经纬线法线贴图的 tiling 推荐设置为 20\*20。

## 5、镭射材质使用说明

### 5.1 面板总览

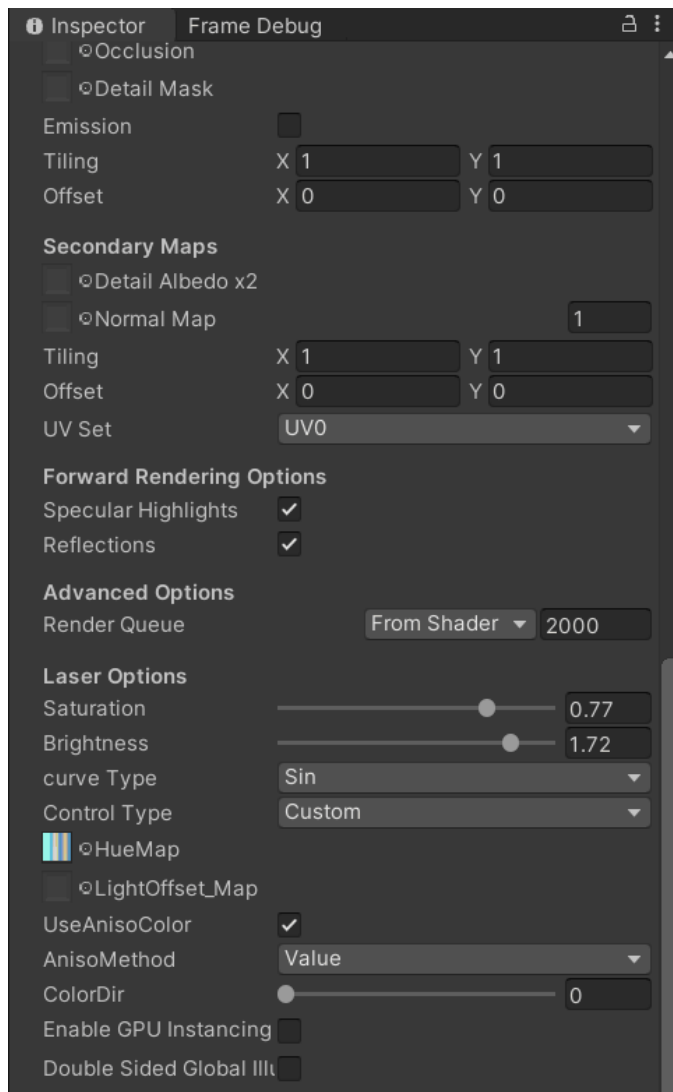


图 5.1 面板总览

### 5.2 参数说明

#### 5.2.1 Saturation 饱和度

##### (1) 功能介绍

控制镭射颜色的饱和度（鲜艳程度）。

##### (2) 操作方式

拖动滑条即可，范围为 0-1。

##### (3) 参数说明

设置为 0 时完全没有镭射颜色，设置为 1 时镭射颜色的强度最强。

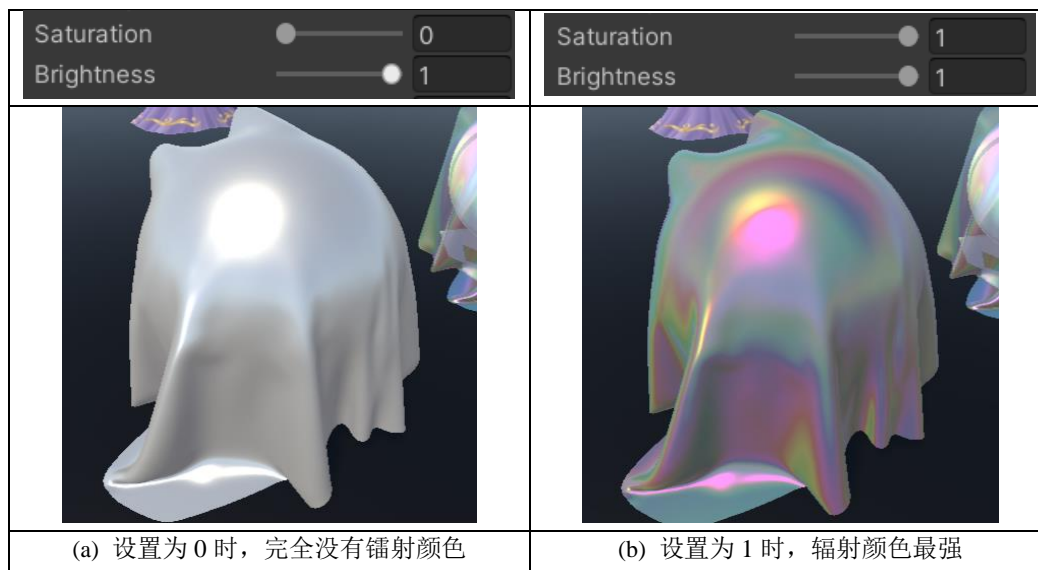


图 5.2 Saturation 参数设置

#### (4) 功能详解

参数 Saturation 由用户输入，将 Hue、Saturation、Brightness 构成的 HSV 色彩空间转化为 RGB 后，与材质原本的 albedo 相乘，嵌入到 Unity Standard 渲染流程。

### 5.2.2 Brightness 明暗度

#### (1) 功能介绍

控制辐射颜色的亮度（明亮程度）。

#### (2) 操作方式

拖动滑条即可，范围为 0-1。

#### (3) 参数说明

设置为 0 时材质颜色最暗（为全黑），设置为 1 时颜色最亮（最白）。

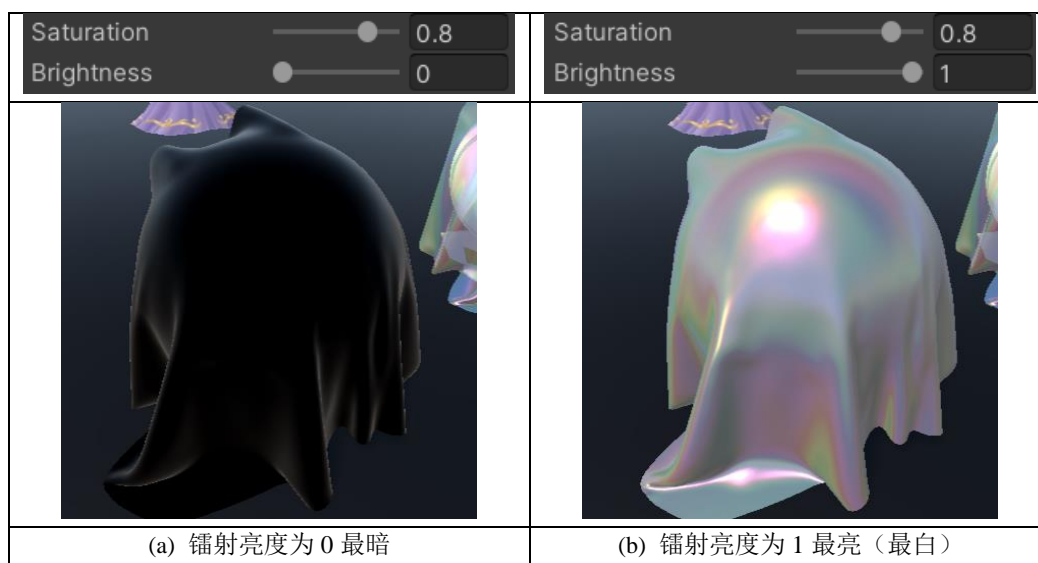


图 5.3 Brightness 参数设置



#### (4) 功能详解

参数 **Brightness** 由用户输入，将 Hue、Saturation、Brightness 构成的 HSV 色彩空间转化为 RGB 后，与材质原本的 albedo 相乘，嵌入到 unity standard 渲染流程。

### 5.2.3 LightSpan

#### (1) 功能介绍

控制辐射颜色随视线与法线夹角变化的速度。

#### (2) 操作方式

拖动滑条即可，范围为 0.2-5。

#### (3) 参数说明

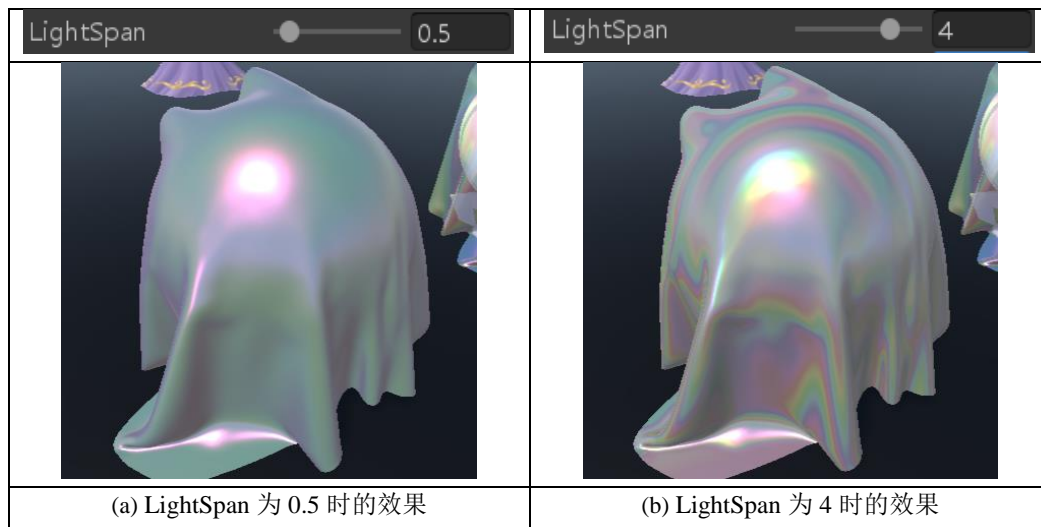


图 5.4 LightSpan 参数设置

#### (4) 功能详解

根据公式  $\Delta\lambda = 2n_2d\cos(\theta_2) = k\lambda$ ； $d$  增大，单个  $\lambda$  周期内  $\cos(\theta)$  的变化范围缩小，即颜色随角度变化更快。

### 5.2.4 LightOffset

#### (1) 功能介绍

控制当  $\cos(\theta)=0$  时，表面出现的颜色效果。

#### (2) 操作方式

拖动滑条即可，范围为 0-1。

#### (3) 参数说明

可设置范围为 [0, 1]，其中 0.5 表示色相偏移  $180^\circ$ （ $\cos(\theta)=0$  时呈现红色），0 表示无偏移（ $\cos(\theta)=0$  时呈现天蓝色）。

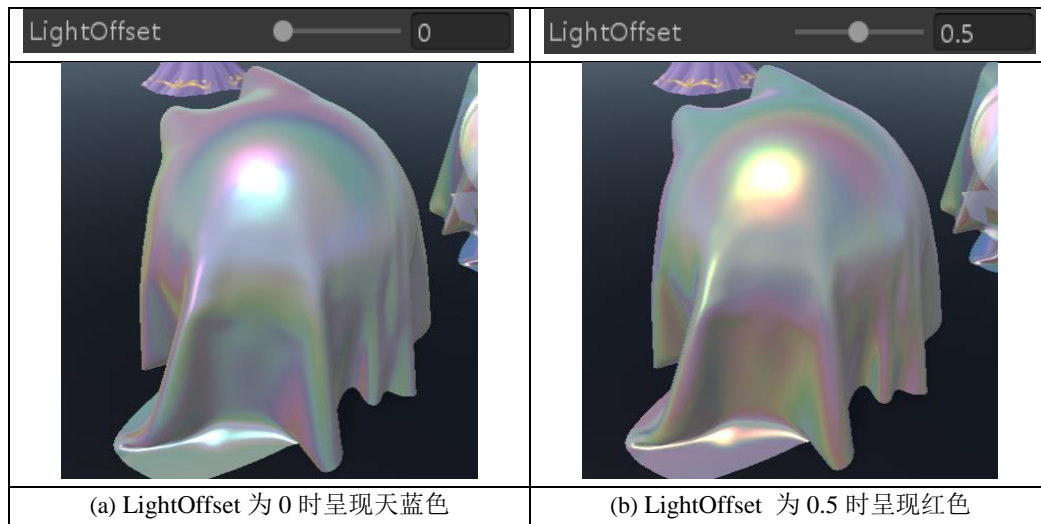


图 5.5 LightOffset 参数设置

#### (4) 功能详解

根据公式  $\Delta\lambda = 2n_2d\cos(\theta_2) = k\lambda$ ；根据  $d$  的取值落在不同的范围内，当  $\cos(\theta)=0$  时，表面出现的颜色是不一定的，该参数正是在控制这一效果。最后的色相公式为  $Hue = \text{frac}((1 - \cos\theta) \times \text{span} + \text{offset})$

### 5.2.5 LightOffsetMap 偏移量贴图

#### (1) 功能介绍

通过贴图的方式控制材质表面不同区域的 offset 值，从而产生由不同辐射颜色构成的图案。

#### (2) 操作方式

选择一张贴图，拖动到目标位置即可。注意这张贴图不要勾选 srgb 选项，因为它并不是颜色贴图。



图 5.6 LightOffsetMap 不要勾选 srgb

#### (3) 参数说明



不使用偏移量贴图。



图 5.7 不使用偏移量贴图

使用偏移量贴图。



图 5.8 使用偏移量贴图

#### (4) 功能详解

0 表示无偏移，0.5 表示色相偏移 180 度，1 则相当于没有偏移，颜色偏移效果与 LightOffset 相同，分别在一张贴图的 r 和 g 通道内写入两个不同层级的偏移，控制薄膜辐射材质的两个渲染层，也就能控制表面产生辐射图案。

### 5.2.6 自定义取色范围

#### (1) 功能介绍

将 Control Type 设置为 Custom 后，可以选择自定义取色贴图，代替原本在色相环上选区的范围。

#### (2) 操作方式

先将 Control Type 设置为 Custom，再选择一张贴图，拖动到目标位置即可。

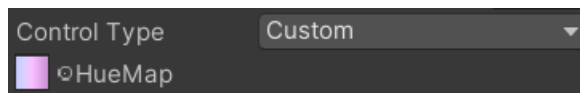


图 5.9 自定义取色范围操作方式

## (3) 参数说明

贴图的左端是夹角 $\theta=0$ 时选取的颜色，贴图的右端是夹角 $\theta=\pi/2$ 时选取的颜色。

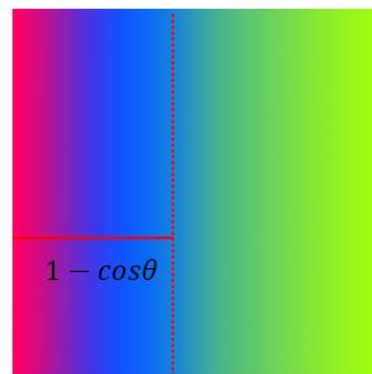
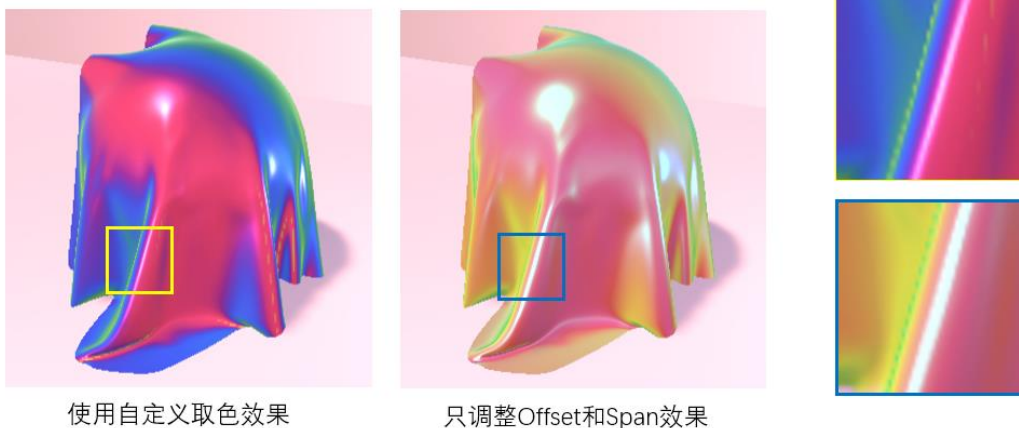


图 5.10 取色映射表

对比只使用 `offset` 和 `span`，使用自定义取色可以创造出真实色相环中不存在，但更符合美术效果要求的色彩变化规律。



使用自定义取色效果

只调整Offset和Span效果

图 5.11 自定义取色效果和只调整 Offset 和 Span 的效果对比

## (4) 功能详解

首先根据视线与法线的夹角获取采样坐标： $Texcoord.x = 1 - \cos\theta$ ；

然后根据采样坐标获得贴图上的采样颜色  $rgb = tex2D(map, Texcoord)$ ；

接下来两步，将 RGB 取色，转换为 HSV 乘以用户自定义饱和度和亮度，再返回 RGB，得到最终输出到原渲染管线的颜色： $hsv = RGBtoHSV(rgb)$ ,  $final\_color = HSVtoRGB(h, s * Saturation, v * Brightness)$ 。

## 5.2.7 各向异性角度 AnisoColor

## (1) 功能介绍

勾选 `UseAnisoColor` 选项，可以控制镭射颜色变化只出现在特定方向上，控制方式由值方式 (Value) 和贴图方式 (Map) 两种。

## (2) 操作方式

首先勾选 UseAnisoColor 选项。

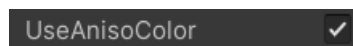


图 5.12 勾选 UseAnisoColor

然后根据需要选择值方式或者贴图方式。如果选择值方式，则可以调节 0-180 度方向，如果选择贴图方式，则拖选贴图到目标位置。

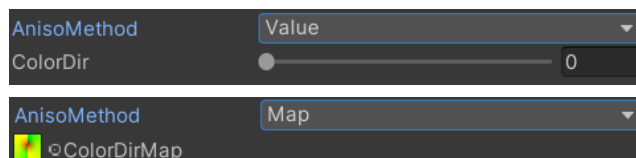


图 5.13 不同选值方式

## (3) 参数说明

设置各向异性角度之后，颜色会只在特定的角度上变化。

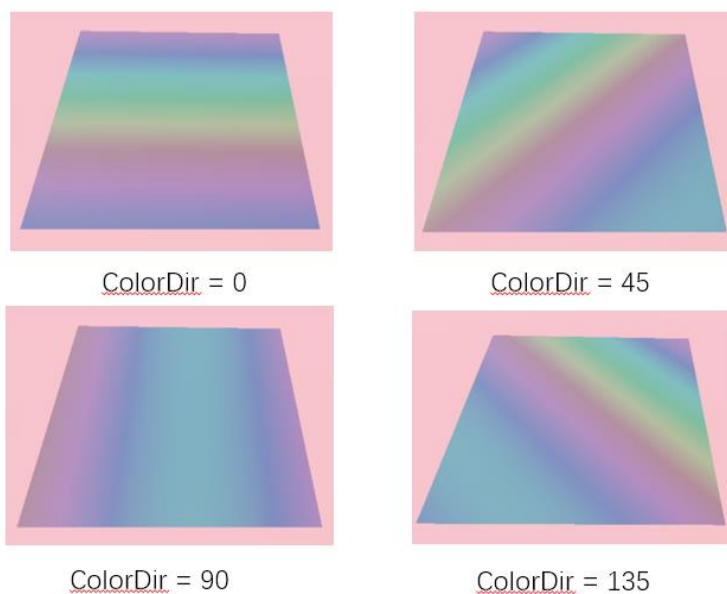


图 5.14 设置各向异性角度后，颜色只会在特定角度变化

以下是使用和不使用 AnisoColor 的区别：

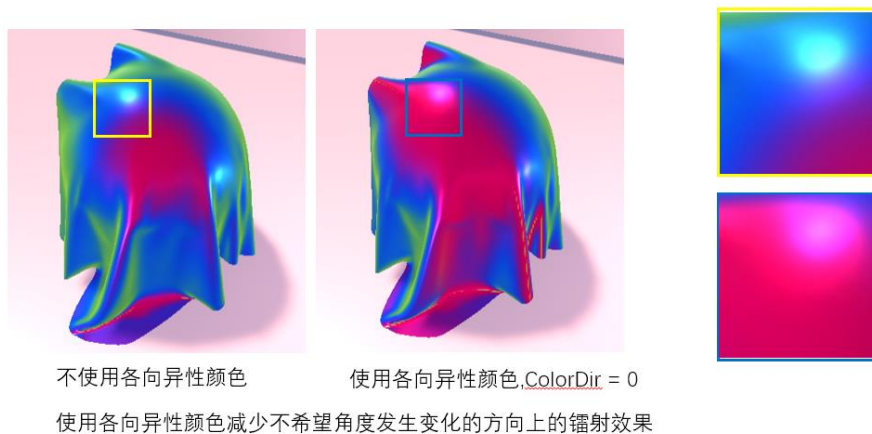


图 5.15 对比使用和不使用各向异性颜色

以下是使用各向异性颜色贴图和使用数值方法的区别：

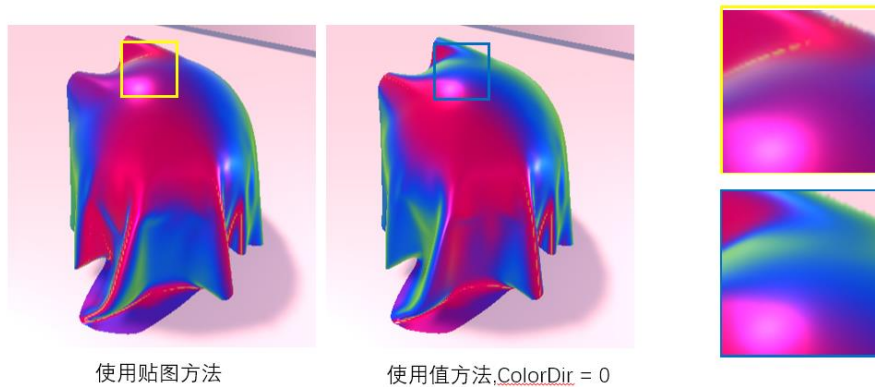


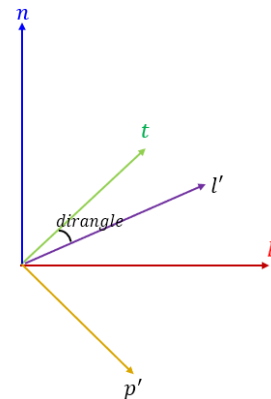
图 5.16 对比各向异性颜色贴图和使用数值方法

#### (4) 功能详解

该功能基于模型的切线方向来判断视线夹角的该变量是否发生在了用户预期的方向上，实现方式如图：

##### 各向异性颜色实现原理part1:

- 根据ColorDir的值获取切线空间的基准向量 $l$
- $dirangle = dir \times \pi/180$
- $l' = \text{float3}(\cos(dirangle), \sin(dirangle), 0)$
- 利用tbn矩阵将 $l$ 转换到世界空间 $l'$
- $p' = \text{cross}(l', n)$  获取垂直于 $l'$ 和法线的向量 $p'$



##### 各向异性颜色实现原理part2:

- 最终要获取的是“在ColorDir方向”上，视线 $v$ 与法线 $n$ 的夹角余弦 $\cos\theta$
- 尝试获取 $v$ 在 $l'$ 与 $n$ 形成的平面（图中红色平面）上的投影向量 $v'$
- $m = \text{cross}(p', v)$
- $v' = \text{cross}(m, p')$
- $\cos\theta = \text{dot}(n, v')$

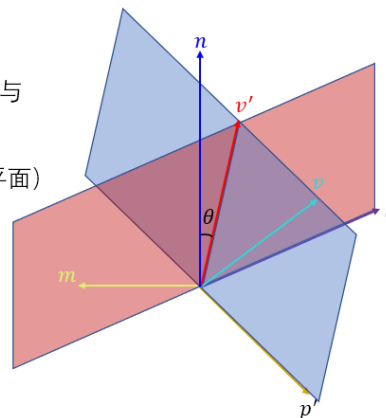


图 5.17 各项异性颜色实现原理图

## 5.2.8 视角映射曲线类型 CurveType

### (1) 功能介绍

通过切换选项，可以让原公式中的  $1-\cos(\theta)$  重新映射到  $\sin(\theta)$ ，可以解决与自定义贴图搭配使用时，贴图颜色变化速率在实际表现中不均匀的问题。

### (2) 操作方式

切换 `curvetype` 参数即可。

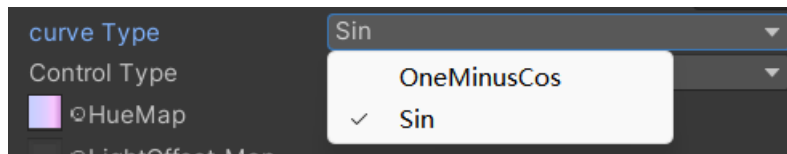


图 5.18 CurveType 操作方式

### (3) 参数说明

同一张 **HueMap**，选择的曲线映射方式不一样，效果有较大的差别，可以看到在自定义曲线贴图的制作上，使用 `sin` 曲线映射更符合贴图制作人员观察到的比例。

使用的 **HueMap**：

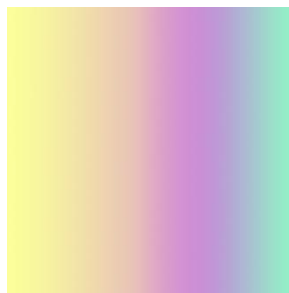


图 5.19 使用的 HueMap

左图为使用  $1-\cos(\theta)$  的效果，右图为  $\sin(\theta)$  的效果：



图 5.20 两种效果对比

### (4) 功能详解

该功能原理为，当选择 `sin` 曲线时，将用于采样的  $1-\cos(\theta)$  替换为  $\sqrt{1-\cos(\theta)} * \cos(\theta)$ ，也就是  $\sin(\theta)$ 。

## 5.3 完整使用示例

使用裙子模型如下：



图 5.21 使用裙子模型

采用的 albedo 贴图，法线贴图如下：

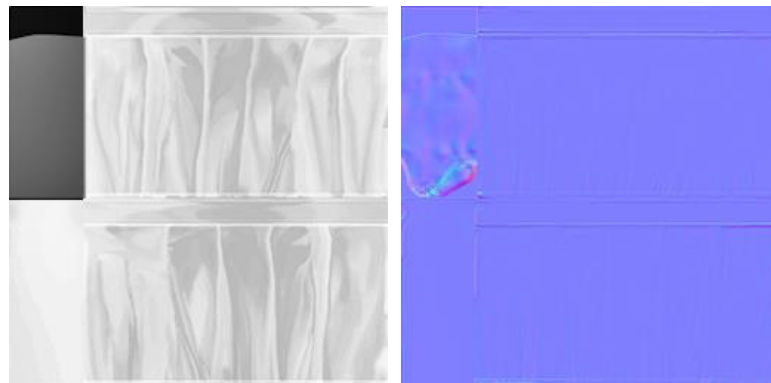


图 5.22 使用的 albedo 贴图

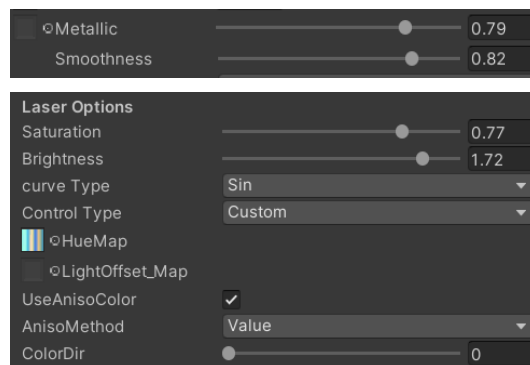


图 5.23 面板设置

其中自定义 HueMap 如下：

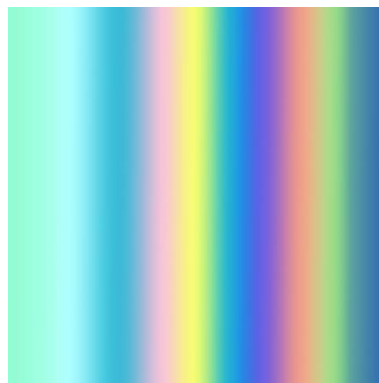


图 5.24 自定义的 HubeMap

材质最终效果如下：

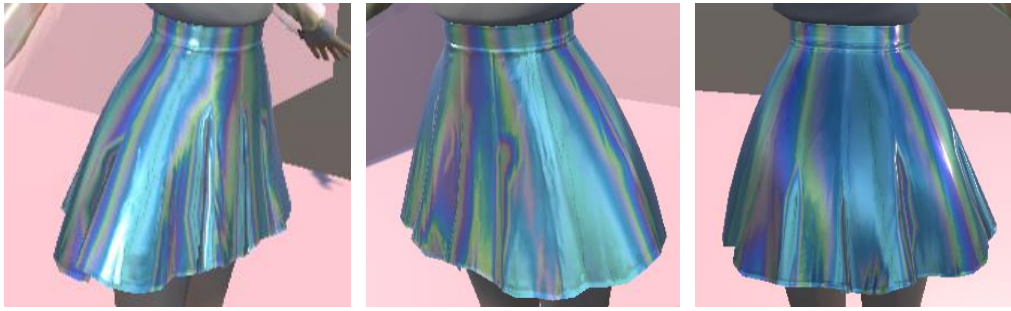


图 5.25 材质最终效果

## 6、闪点材质使用说明（待补充）

### 6.1 面板总览

### 6.2 参数说明

### 6.3 完整使用示例

## 7、绸缎材质使用说明（待补充）

### 7.1 面板总览

### 7.2 参数说明

### 7.3 完整使用示例



## 8、裘皮材质使用说明

### 8.1 面板总览

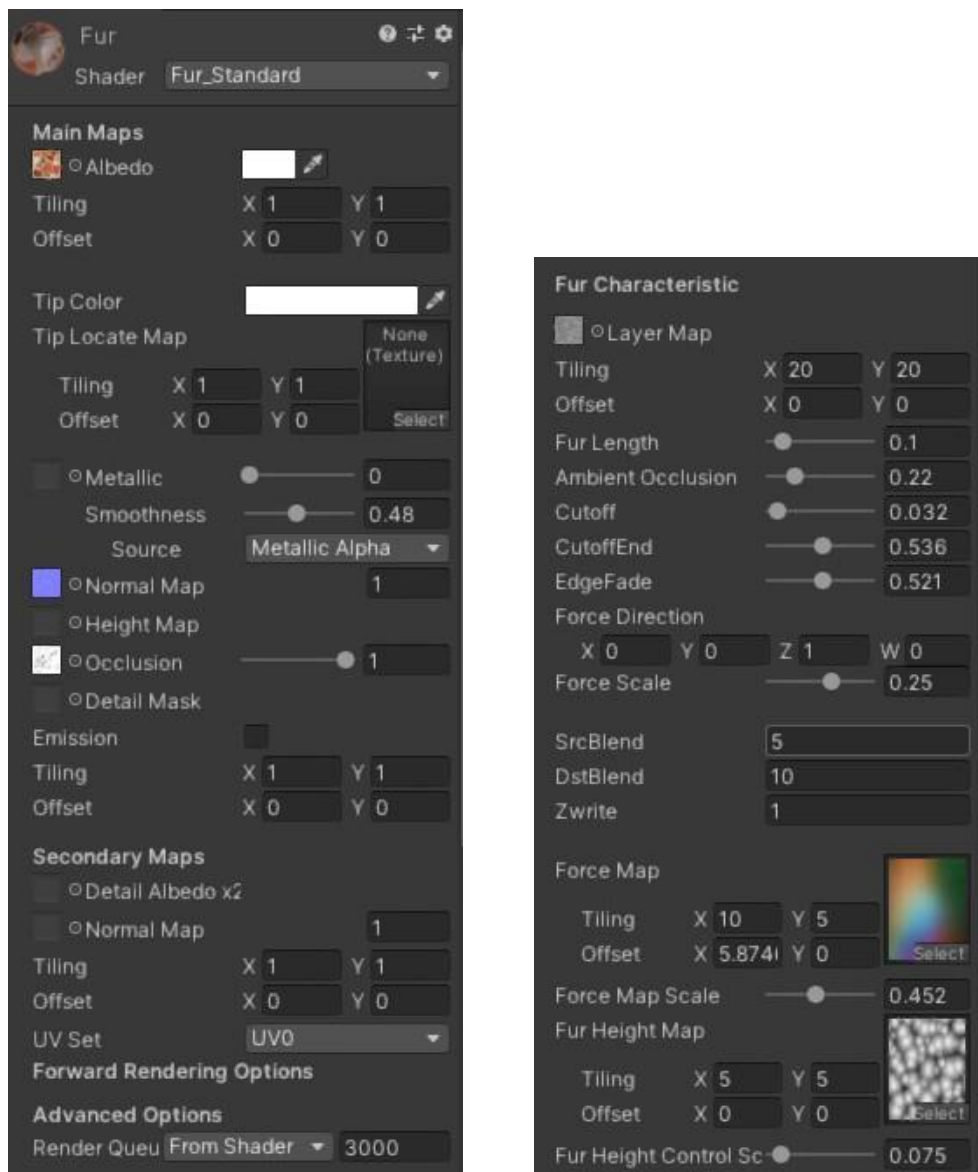


图 8.1 面板总览

### 8.2 参数说明

#### 8.2.1 Albedo

##### (1) 功能介绍

该部分主要控制材质的整体颜色外观。

##### (2) 操作方式

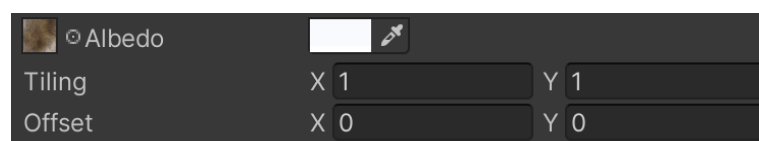


图 8.2 Albedo 材质面板

该部分主要控制材质的整体颜色外观，左上角用于选取 Albedo 贴图，右侧用于选取底色（通常为白色），窗口下方的 Tiling 和 Offset 用于控制 Albedo 贴图的平铺和偏移。

### （3）参数说明

具体演示效果如下：

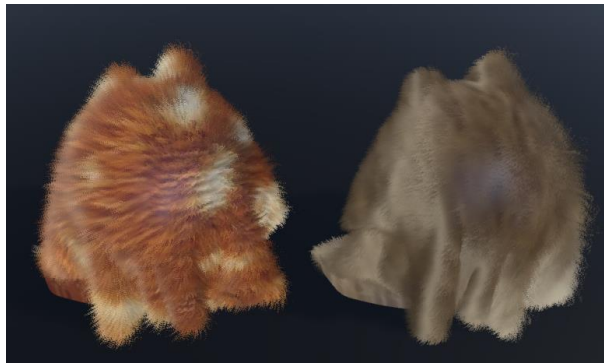


图 8.3 使用不同 Albedo 贴图效果

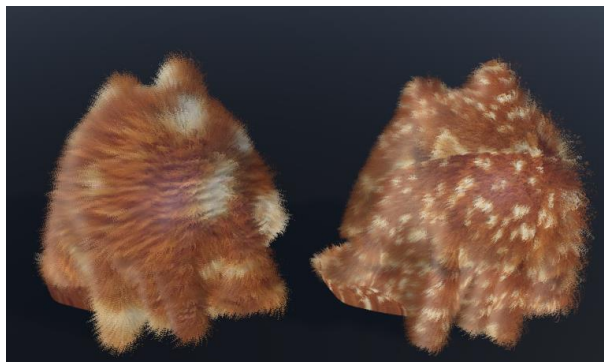


图 8.4 同一贴图不同 Tiling 的效果

### （4）功能详解

和标准 unity shader 中的 albedo 贴图相同。

## 8.2.2 Tip Color 和 Tip Locate Map

### （1）功能介绍

考虑到动物毛发普遍存在斑点，因此设置该项作为材质外观的补充。

该项为材质的可选项，当不选取 Tip Locate Map 时，该部分不会对材质外观产生影响。

### （2）操作方式

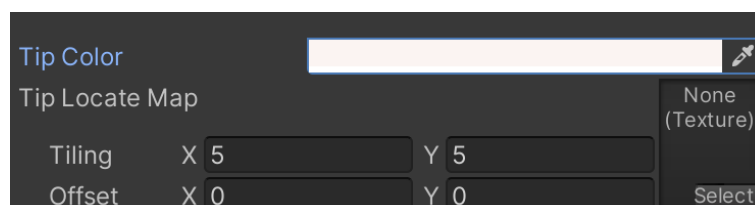


图 8.5 Tip Color 和 Tip Locate Map 面板

图 8.5 中，Tip Color 主要用于控制斑点的颜色，Tip Locate Map 选取的贴图主要负责控制斑点位置。shader 通过对贴图的 R 通道采样，判断材质在某处是否产生斑点。

### （3）参数说明

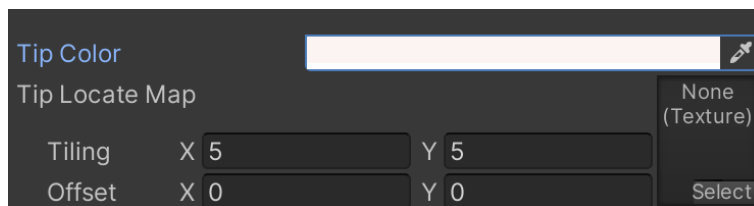


图 8.4 毛发斑点设置面板

上图中，Tip Color 主要用于控制斑点的颜色，Tip Locate Map 选取的贴图主要负责控制斑点位置。shader 通过对贴图的 R 通道采样，判断材质在某处是否产生斑点。

具体演示效果如下：

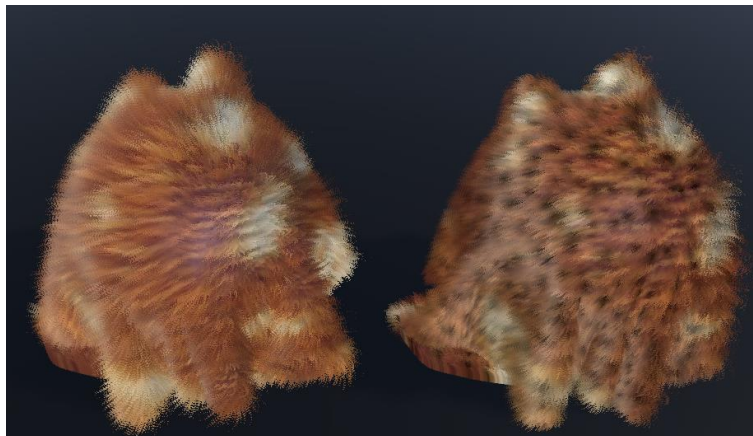


图 8.5 无斑点（左）与斑点（右）对比效果

#### （4）功能详解

在着色过程中读取 tip locate map 获得 tip color 在当前着色点是否存在（[0,1]值）。接着用该值对原着色值和 tip color 值插值。获得该点最终的着色值。

### 8.2.3 Standard Shader 参数

#### （1）功能介绍

Unity Standard Shader 中的参数，用于控制皮毛材质的外观。

#### （2）操作方式

参考 Standard Shader 的操作方式。

#### （3）参数说明

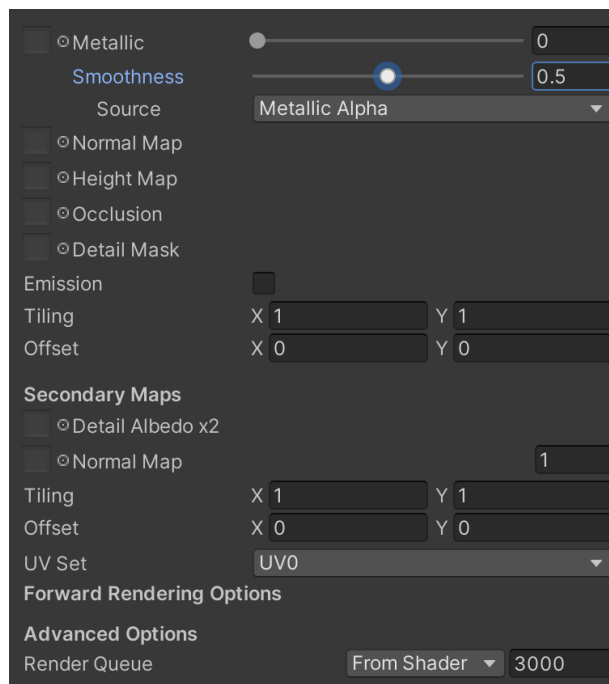


图 8.6 Standard Shader 参数

上图所示的参数与 Unity Standar Shader 中的参数一致。其中, 改变 Metallic 和 Smoothness 可以控制皮毛材质的外观。对于 Normal Map 等一系列贴图参数, 本阶段的 Fur Shader 中没有集成。

需要注意的一点是, 皮毛材质的 Render Queue 需要设置为 3000, 即透明物体所对应的渲染队列。这样能够保证毛发材质在场景的最后阶段被渲染, 产生正确的效果。否则, 会产生黑边等降低观感的视觉效果。

## 8.2.4 Layer Map

### (1) 功能介绍

Layer Map 起到了控制毛发分布 (白色噪点的分布), 毛发形状 (白色噪点的大小和形状) 的作用。

### (2) 操作方式

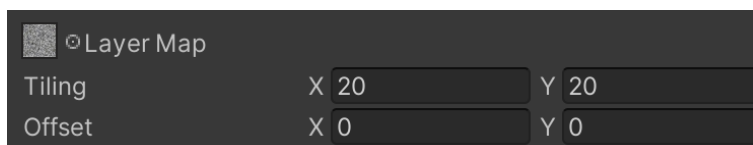


图 8.7 LayerMap 面板

如图 8.7 所示, 和一般贴图的操作类似, 通过点击 Layer Map 左边圆圈选择贴图。为了让毛发有细密感, 需要将 Tiling 值适当调大。

### (3) 参数说明

LayerMap 选取一张贴图 (通常使用黑白噪声图) 控制毛发形状, 通过改变 Tilling 可以改变毛发的密度。

具体演示效果如下:

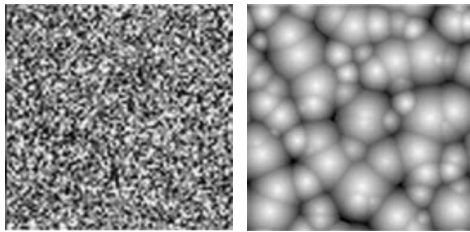


图 8.8 两种噪声图

分别使用以上两种噪声图，可获得不同形状的皮毛。

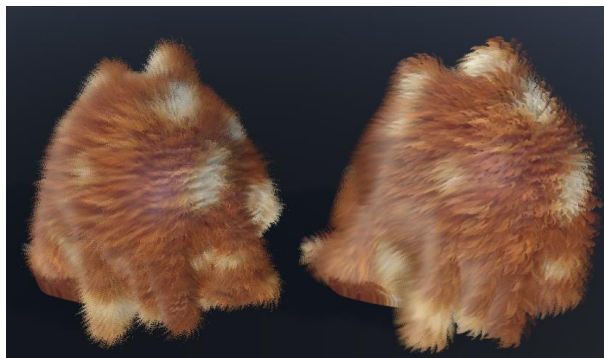


图 8.9 使用噪声图 1（左）和使用噪声图 2（右）的表现效果

从上图可以看出，噪声图 1 的黑白点分布较为密集，因此生成的毛发较为细腻，噪声图 2 的黑白区域呈块状分布，因此生成的毛发呈现出簇状结构。

#### （4）功能详解

Layer Map 是实现毛发渲染的核心。毛发渲染类似 3d 打印，由一层一层 layer 堆叠模拟出来。而 Layer Map 提供了毛发的位置信息。Layer Map 值较大的部分，计算得到的 alpha 值越大，对应毛发在 layer 上的切片内部。Layer Map 值较小部分，计算得到的 alpha 值较小，对应毛发与毛发之间的镂空部分。

### 8.2.5 Fur Length, Ambient Occlusion

#### （1）功能介绍

Fur Length 用于控制毛发长度，Ambient Occlusion 用于控制毛发内的遮蔽效果。

#### （2）操作方式

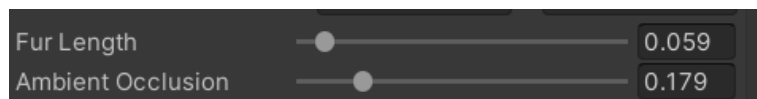


图 8.10 Fur Length, Ambient Occlusion 操作方式

#### （3）参数说明

具体演示效果如下：

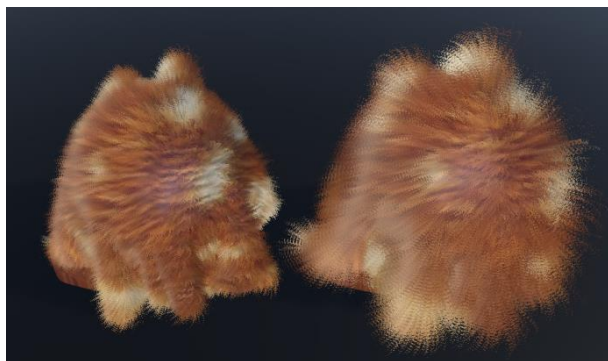


图 8.11 不同毛发长度的材质

Fur Shader 基于分层切片的思想绘制毛发（统一设置 20 层），因此毛发长度不宜过长，否则会增加层与层之间的空隙，导致皮毛材质效果下降。



图 8.12 最高遮蔽效果（左） 最低遮蔽效果（右）

遮蔽效果主要体现了毛发根部由于受到外层毛发的遮挡而颜色较深这一规律。适当为毛发材质添加遮蔽可以增强材质的层次感。

#### （4）功能详解

在计算切片间距离的时候，乘上 Fur length 系数以达到通过 Fur length 控制毛发模拟的厚度也就是毛发的长度的效果。

在着色的时候通过 Ambient Occlusion 项和 Fur Offset 计算衰减因子（Ambient Occlusion 越大，Fur Offset 越小值越小）。最后对着色的 color 乘上衰减因子改变光照效果。

### 8.2.6 Cutoff, CutoffEnd, EdgeFade

#### （1）功能介绍

毛发外形控制。

#### （2）操作方式

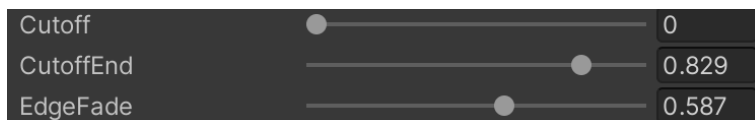


图 8.12 参数面板

通过滑动 Silde 控制 Curoff , CutoffEnd 和 EdgeFade 的大小（均为 0~1 之间值）。

#### （3）参数说明

参数的说明如下：



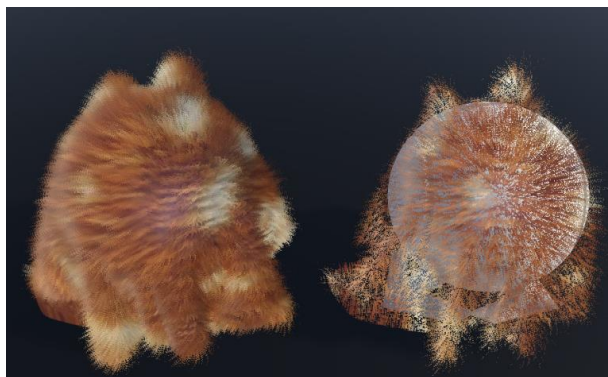


图 8.13 Cutoff 为 0（左侧）和 0.28（右侧）

Cutoff 控制毛发根部被剔除的程度，该值越高，毛发的根部越会被剔除。

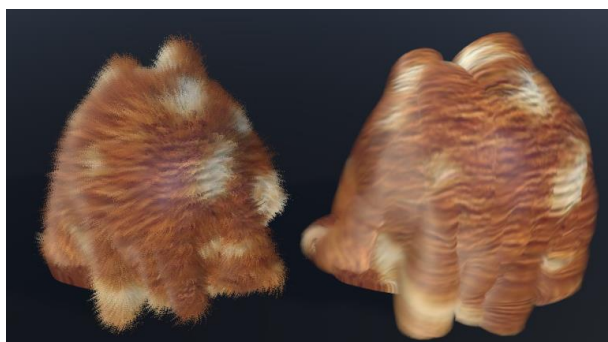


图 8.14 CutoffEnd 为 0.8（左侧）和 0（右侧）

CutoffEnd 控制毛发末梢被剔除的程度，该值越低，毛发的末梢越不会被剔除。

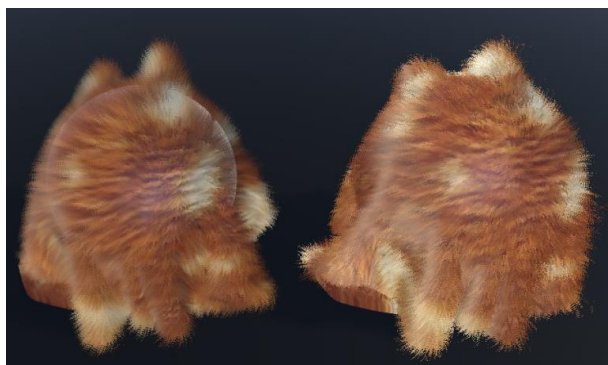


图 8.15 EdgeFade 为 1（左侧）和 0（右侧）

EdgeFade 主要控制毛发边缘的衰减程度，该值越大，对毛发边缘的剔除也越明显，设置改参数的目的是克服毛发在边缘处的走样现象。可以明显看出，左侧的毛发边缘比右侧的要柔和许多。

#### （4）功能详解

计算 alpha 值时会根据毛皮的 fur offset 在 cut off start 和 cut off 之间线性插值。最后以 layer map 的值为阈值若之插值的值大于阈值则该点 alpha 值为 1，否则为 0。因此，当 cut off start 越大，底部的 layer 剔除的越多，cut off 越大，顶部的 layer 剔除的越少。最后根据视角方向和法线方向的夹角对 alpha 值做衰减，夹角越大衰减越大。而 Edge Fade 控制了这种效

应的剧烈程度。

### 8.2.7 外力和混合参数

#### (1) 功能介绍

控制毛发的生长方向。

#### (2) 操作方式

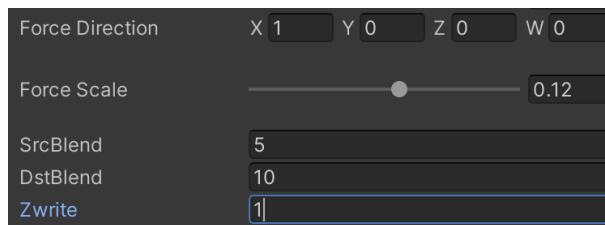


图 8.16 参数面板

#### (3) 参数说明

Force Direction 决定所受外力的方向，Force Scale 决定受力程度的大小。

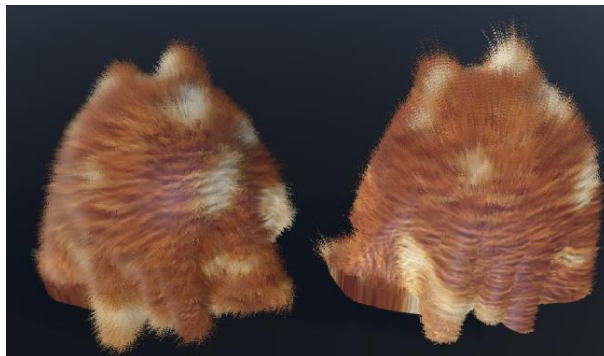


图 8.17 右侧为受竖直方向外力作用的效果

SrcBlend, DstBlend 为混合参数，Zwrite 为深度写入，使用时应保持与图 8.17 一致。

#### (4) 功能详解

在计算 layer 的屏幕空间坐标时将其坐标加上 Force Direction 方向的偏移以实现毛发沿着 Force Direction 方向生长的效果。

### 8.2.8 Force Map, Force Map Scale

#### (1) 功能介绍

使用 ForceMap 为毛发不同位置添加不同方向的力。

#### (2) 操作方式

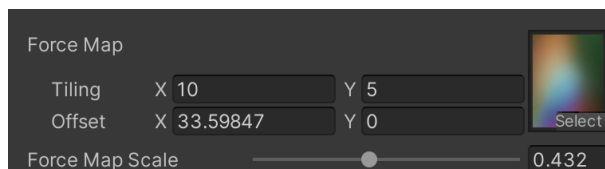


图 8.18 参数面板

#### (3) 参数说明

Shader 通过对贴图采样，将贴图的 rgb 对应外力的 xyz 方向，实现对毛发材质不同位置施加不同方向的力，ForceMapScale 控制外力作用的程度。通过脚本动态控制贴图的 Offset



可以实现毛发的飘动。



图 8.19 左侧为受 ForceMap 作用，右侧无 ForceMap 作用

#### (4) 功能详解

和 Force Direction 类似，只是控制粒度从全体毛发变为由贴图每个像素控制。XYZ 通过  $RGB=(XYZ + (1.,1.,1.))/2$  的方式映射到 RGB,在美术制作贴图时需要注意。

### 8.2.9 Height Map

#### (1) 功能介绍

使用 HeightMap 控制毛发不同区域的生长高度。

#### (2) 操作方式

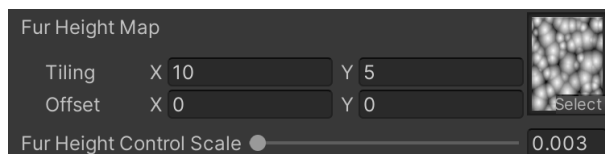


图 8.20 参数面板

#### (3) 参数说明

HeightMap 通过对贴图采样控制毛发的生长高度，Fur Height Control Scale 用于调节贴图的作用程度。

实际演示效果如下：



图 8.21 右侧为高度控制最大时的效果

#### (4) 功能详解

Height Map 控制了毛发长度的相对尺度（Height Map 值越大部分的毛发比值小部分的毛发高度相对较高），Fur Height Control Scale 控制了整体毛发的绝对长度，Fur Height Control Scale 越大，毛发整体越长。原理和 Fur length 类似。

### 8.3 完整使用示例

首先将 shader 文件夹放入项目中。

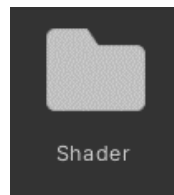


图 8.22 shader 文件夹

然后创建新材质，选择 Fur\_Standard 或 Fur\_Standard10。

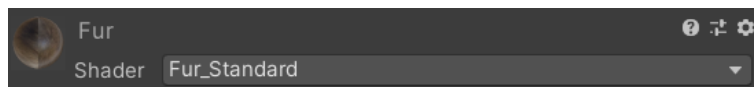


图 8.23 选择 Fur\_Standard 材质

将材质应用到需要使用的模型中，并且按照需求调节参数即可。

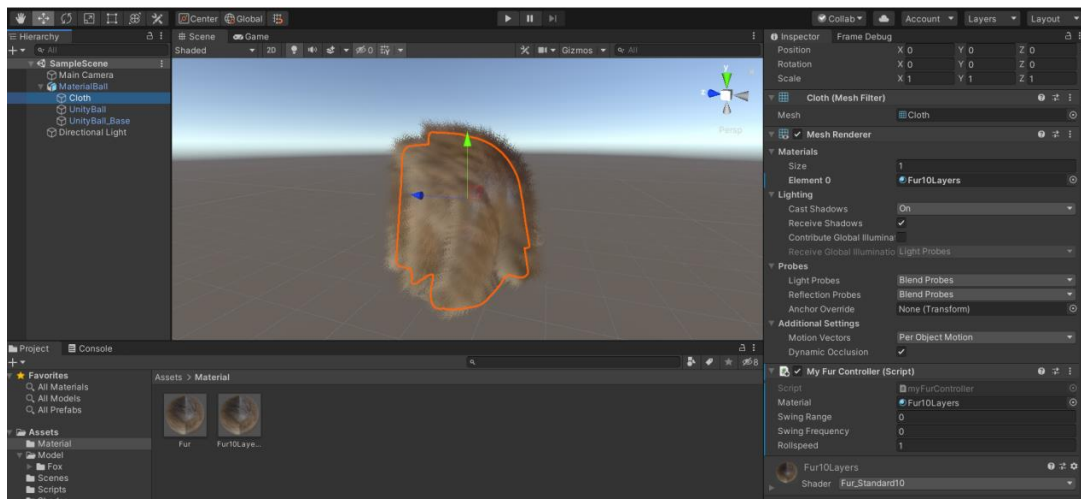


图 8.24 综合示例