

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 11 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 织线密度，透光度，网格图.....	4
4.2.2 各向异性系数.....	6
4.2.3 各向异性高光强度.....	7
4.2.4 高光散射颜色，高光散射强度.....	7
4.2.5 高光噪声.....	8
4.2.6 织线样式.....	9
4.2.7 采样贴图.....	10
4.3 完整使用示例.....	10
5、镭射材质使用说明.....	12
5.1 面板总览.....	12
5.2 参数说明.....	12
5.2.1 饱和度.....	12
5.2.2 明亮度.....	13
5.2.3 视角颜色变化.....	13
5.2.4 视角偏移.....	14
5.2.5 视角偏移贴图.....	15
5.2.6 自定义取色范围.....	16
5.2.7 各向异性角度.....	17
5.2.8 视角映射曲线类型.....	19
5.3 完整使用示例.....	20
6、闪点材质使用说明（待补充）.....	22
6.1 面板总览.....	22
6.2 参数说明.....	22
6.3 完整使用示例.....	22
7、绸缎材质使用说明.....	23
7.1 面板总览.....	23
7.2 参数说明.....	23
7.2.1 各向异性系数.....	23
7.2.2 高光强度.....	24
7.2.3 高光颜色和第二层高光颜色.....	24
7.2.4 启用双向高光.....	26
7.2.5 高光噪声.....	27
7.3 完整使用示例.....	29
8、裘皮材质使用说明.....	32
8.1 面板总览.....	32

8.2 参数说明.....	32
8.2.1 Albedo	32
8.2.2 斑点颜色和斑点位置贴图.....	33
8.2.3 Standard Shader 参数	34
8.2.4 毛发分布贴图.....	35
8.2.5 毛发长度和毛皮环境光遮蔽.....	36
8.2.6 截断起点、截断终点和边缘淡化参数	37
8.2.7 外力和混合参数.....	38
8.2.8 外力贴图和外力贴图大小.....	39
8.2.9 高度图.....	40
8.3 完整使用示例.....	40

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。

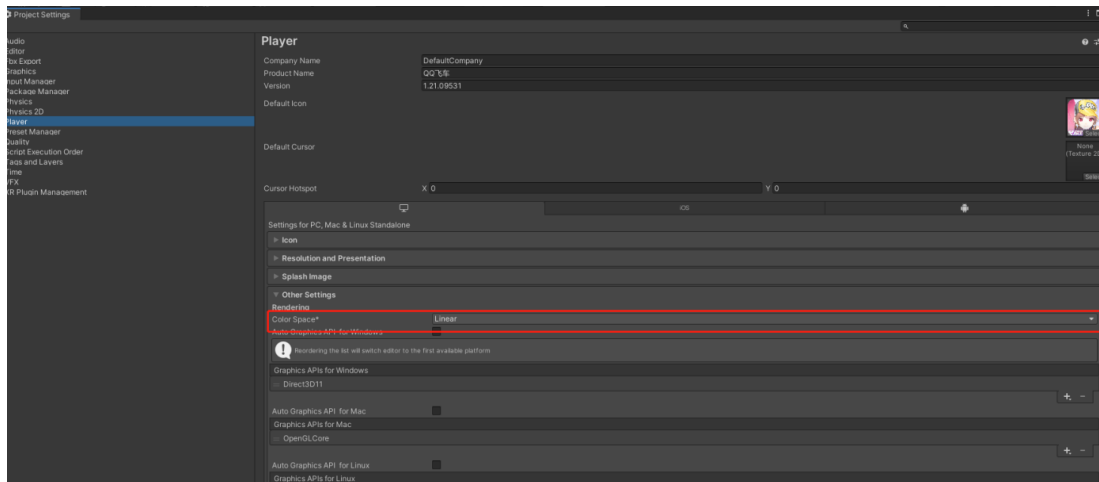


图 2.1 Color space 设置为 Linear

Graphics APIs for windows 选为 Direct3D 11。

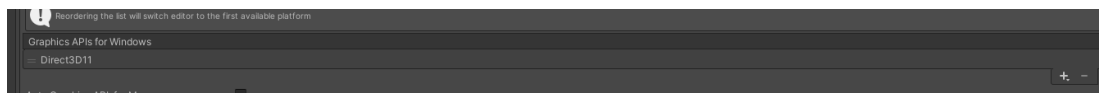


图 2.2 Graphics APIs for windows 设置为 Direct3D 11

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。

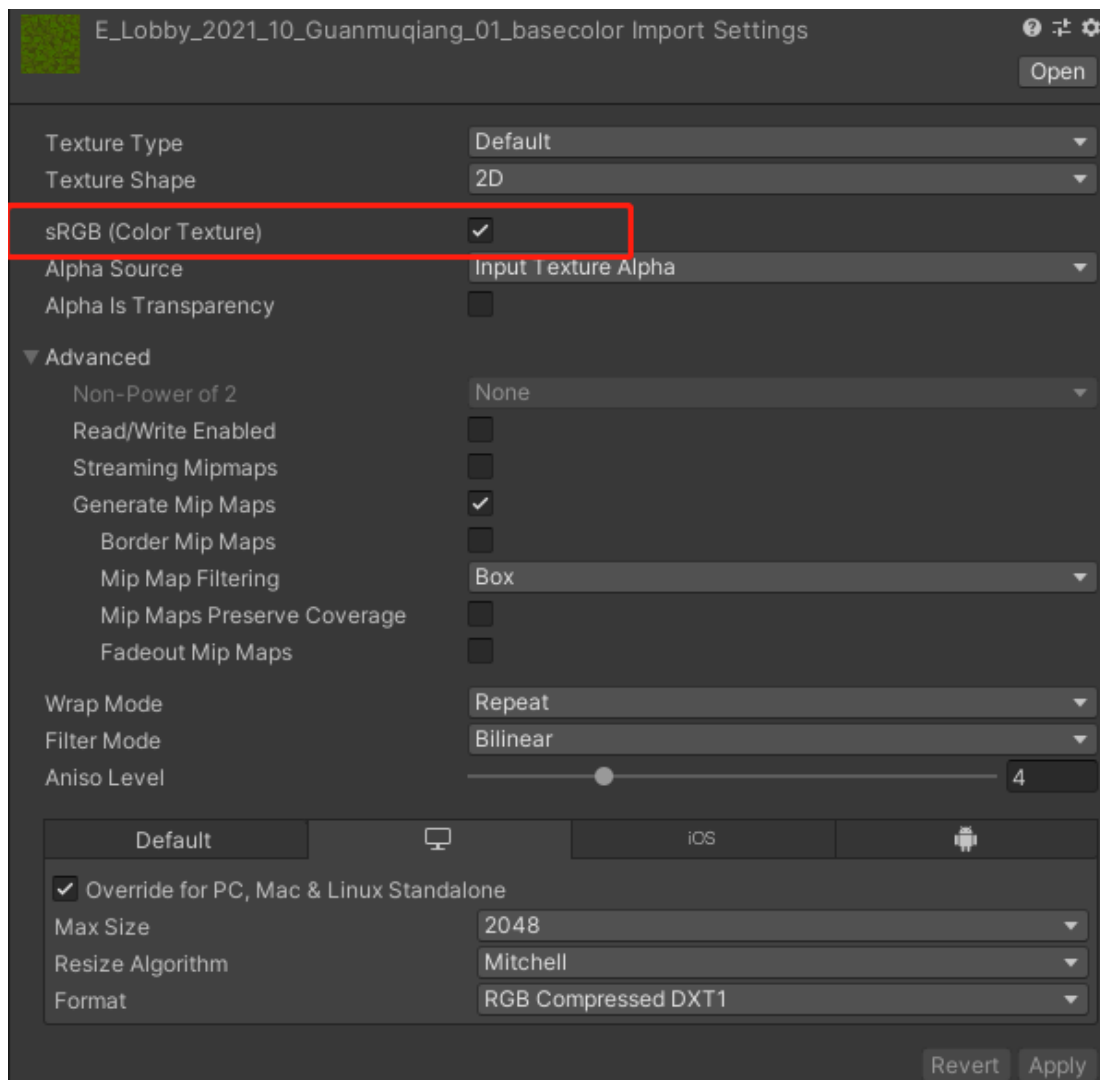


图 2.3 颜色类贴图勾选 SRGB 转性

3、安装和使用方法

首先将 shaders 文件夹里的文件放入项目中。

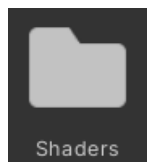


图 3.1 将 Shaders 文件夹的文件放入项目

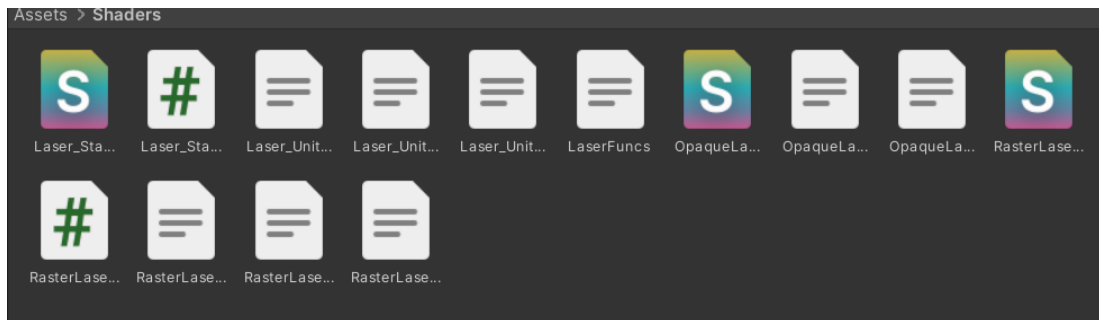


图 3.2 文件列表

然后创建新材质，选择 xxx_StandardShader。

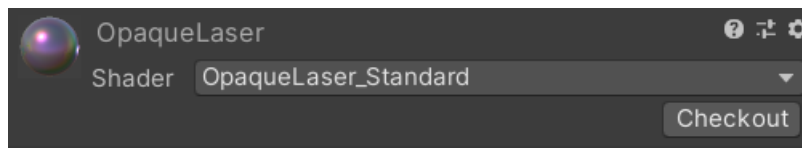


图 3.3 选择对应的 shader 文件

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。

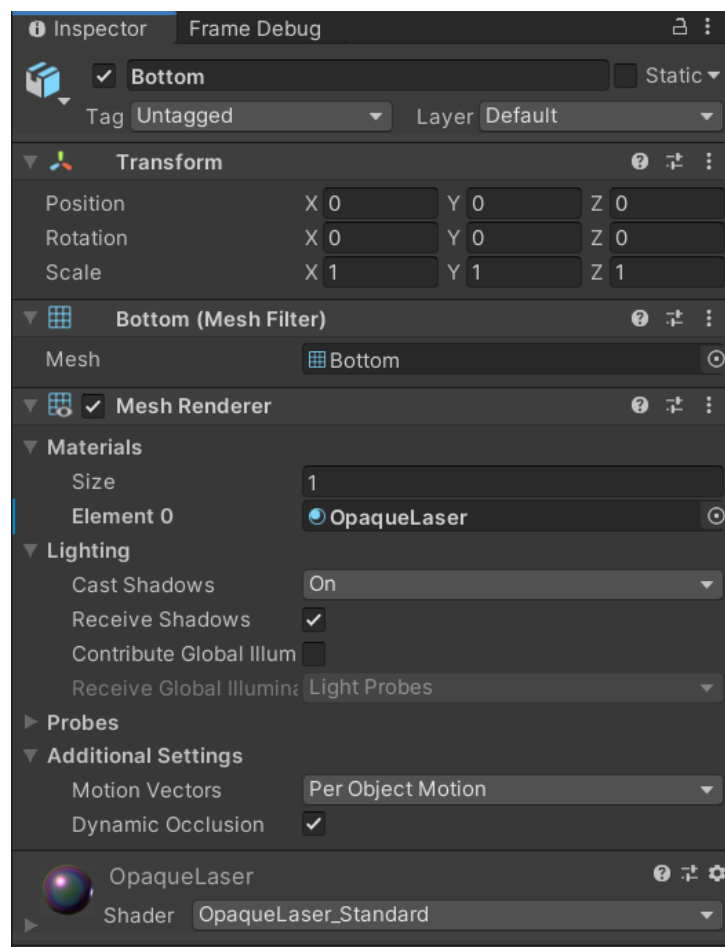


图 3.4 调整参数面板

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 织线密度，透光度，网格图

(1) 功能介绍

织线密度控制因织线密度而产生的透明度变化，织线透光度控制在不影响密度的条件下产生的透明度变化，网格图控制织线的网格结构。

(2) 操作方式

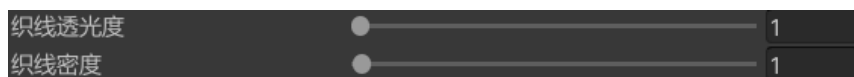


图 4.2 参数设置面板

拖动滑条即可，织线透光度范围为 1-1000，织线密度范围为 1-200。

(3) 参数说明

织线密度设置为 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。



图 4.3 织线密度值参数设置

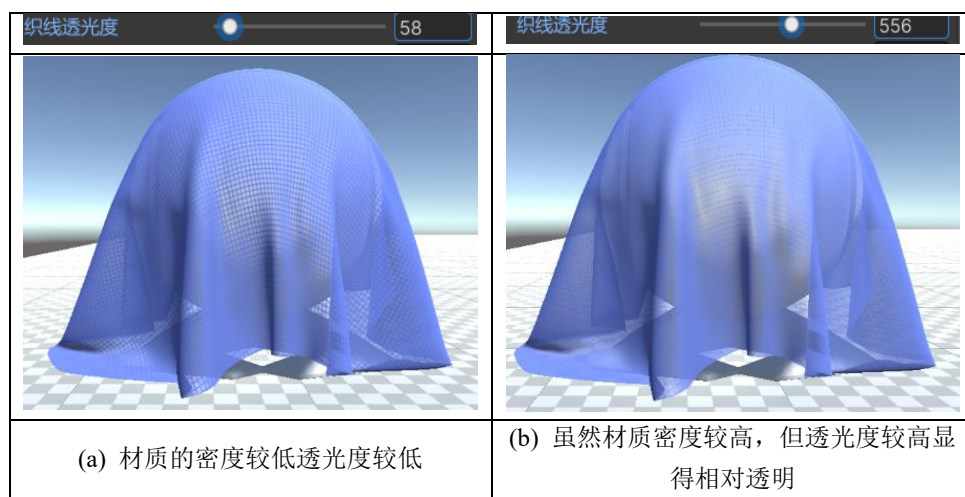


图 4.4 织线透光度参数设置

(4) 功能详解

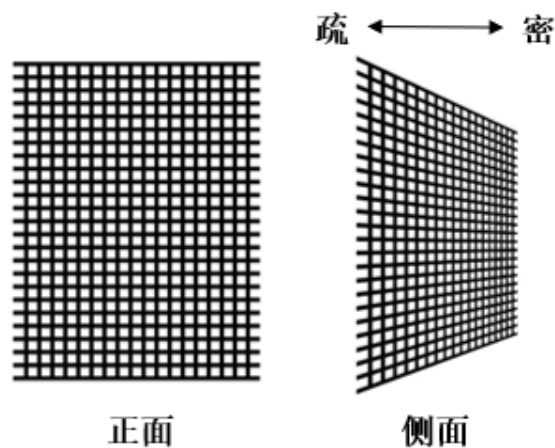


图 4.5 透光度值原理示意图

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，织线密度值用于控制这种变化的速度。织线密度值与透明度 α 的数学关系为： $\alpha = \sin^d \theta$ ，其中 d 即为织线密度值。

4.2.2 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



图 4.6 各向异性系数设置面板

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：

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

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：

$$\begin{aligned} ax &= rough * rough * (1 + anisotropic) \\ ay &= rough * rough * (1 - anisotropic) \end{aligned}$$



图 4.7 各向异性系数设置

4.2.3 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



图 4.8 各向异性高光强度设置面板

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）。

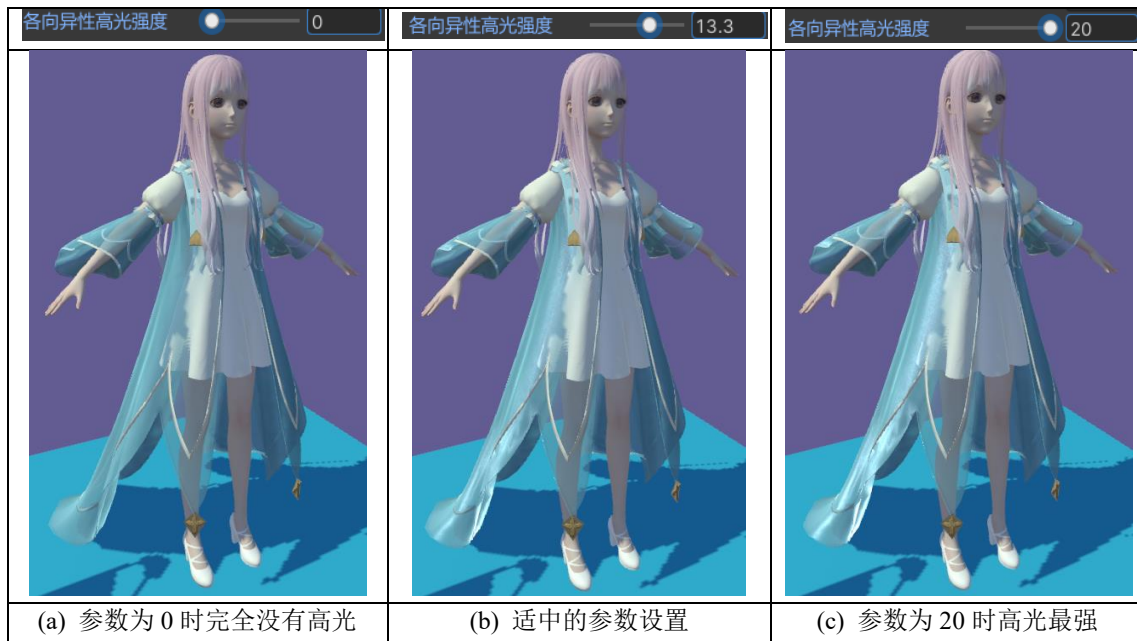


图 4.9 各向异性高光强度设置

4.2.4 高光散射颜色，高光散射强度

(1) 功能介绍

控制表面高光的散射颜色和散射强度。

(2) 操作方式



图 4.10 高光散射参数设置

高光散射颜色选择相应的颜色，高光散射强度拉动横条改变相应的值即可。

(3) 参数说明

所选颜色仅仅表现在高光上，与漫反射颜色无关，但推荐选择与漫反射颜色同饱和度但亮度更高的颜色。



图 4.11 高光散射颜色设置

4.2.5 高光噪声

(1) 功能介绍

控制各向异性高光噪声。

(2) 操作方式

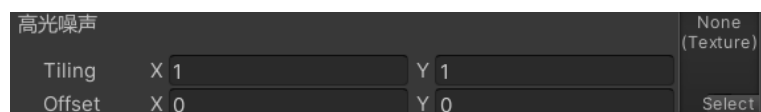


图 4.12 噪声贴图设置面板

将噪声贴图拖入贴图槽中即可。将噪声贴图拖入贴图槽中即可。



图 4.13 材质使用的噪声贴图

(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。



图 4.14 使用噪声贴图前



图 4.15 使用噪声图之后

4.2.6 织线样式

(1) 功能介绍

由于丝线相互交织的特性，会呈现相互交织的高光。通过织线样式贴图可以模拟出丝线交织的样式进而控制高光的样式。

(2) 操作方式

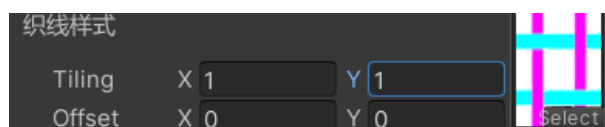


图 4.16 织线样式设置面板

选择相应贴图即可

(3) 参数说明

在计算高光过程中采样织线样式贴图，并判断是否超过阈值。若超过阈值则将高光旋转一定角度。

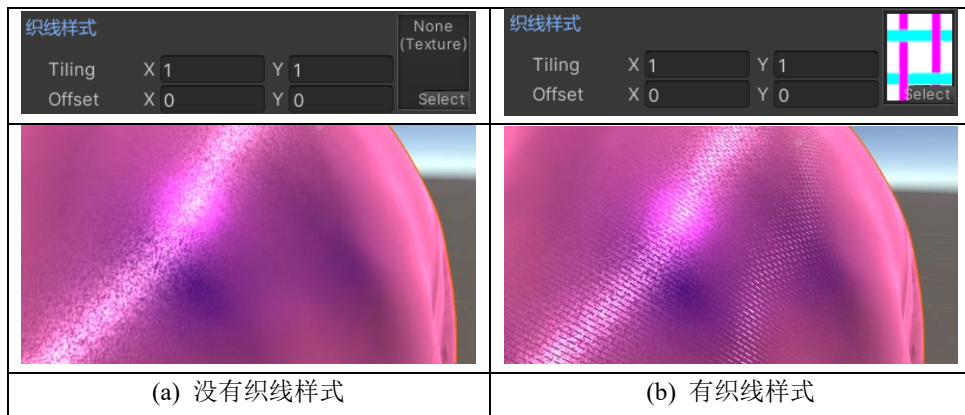


图 4.17 织线样式设置

4.2.7 采样贴图

(1) 功能介绍

控制织线样式、高光噪声、网格图的采样密度，越大采样越密集。

(2) 操作方式



图 4.18 采样密度设置面板

拖动滑条选择对应的值。

(3) 参数说明

控制对噪声贴图的采样密度，在采样噪声贴图时对 uv 乘上采样密度进行缩放，从而改变采样的频率。



图 4.19 采样密度设置

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。

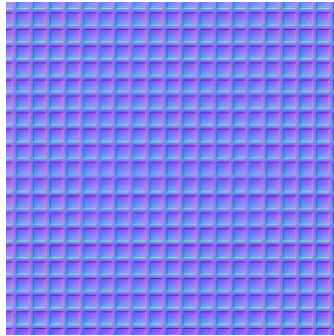


图 4.20 经纬线法线贴图

噪声贴图放入 Noise 槽。



图 4.21 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

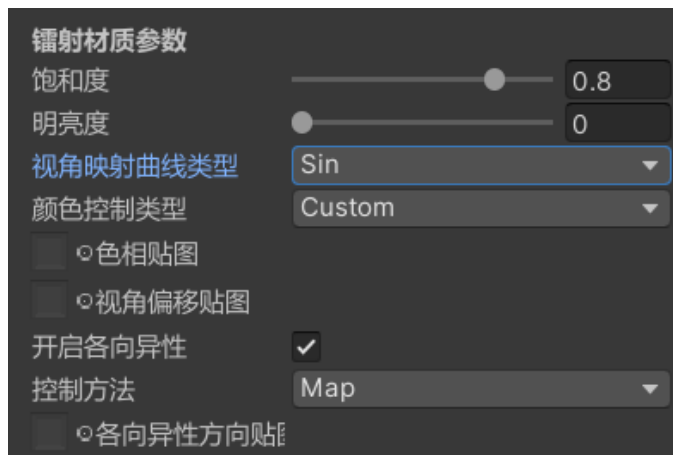


图 5.1 面板总览

5.2 参数说明

5.2.1 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



图 5.2 参数设置

拖动滑条即可，范围为 0-1。

(3) 参数说明

饱和度设置为 0 时完全没有镭射颜色，设置为 1 时镭射颜色的强度最强。

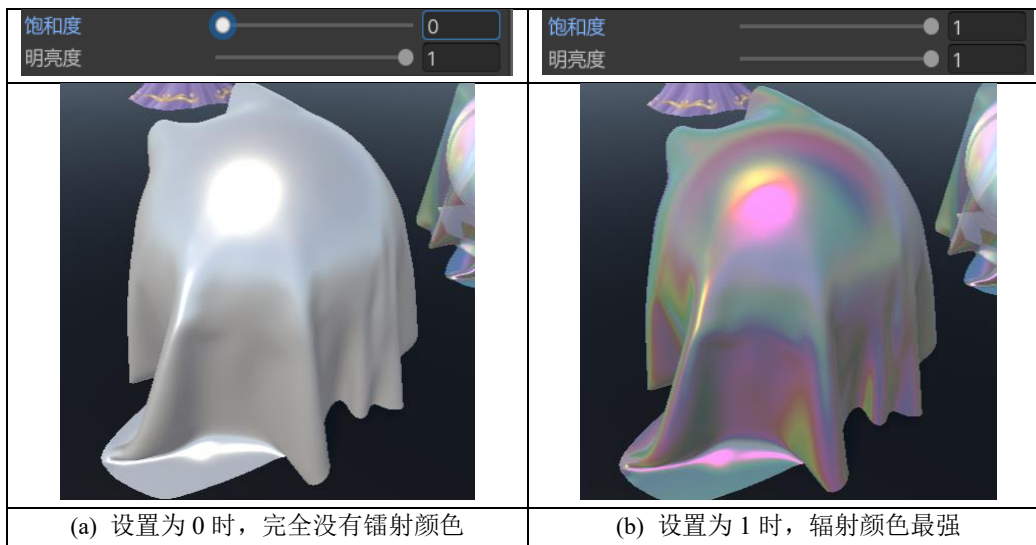


图 5.3 饱和度参数设置

(4) 功能详解

饱和度参数由用户输入，将色调、饱和度、明度构成的 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 明亮度

(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

明亮度设置为 0 时材质颜色最暗（为全黑），设置为 1 时颜色最亮（最白）。

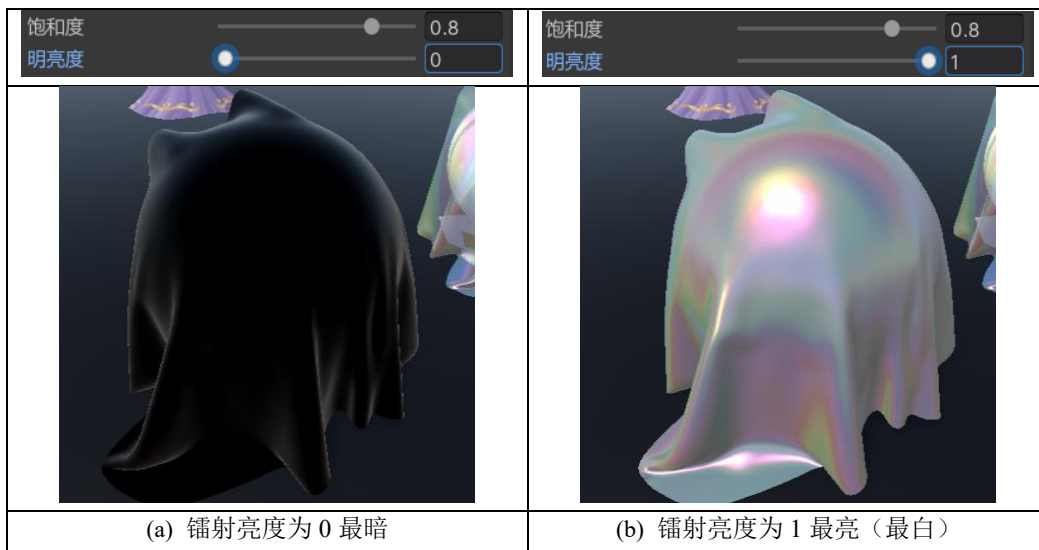


图 5.4 明亮度参数设置

(4) 功能详解

明亮度参数由用户输入，将色调、饱和度、明度构成的 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 视角颜色变化

(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

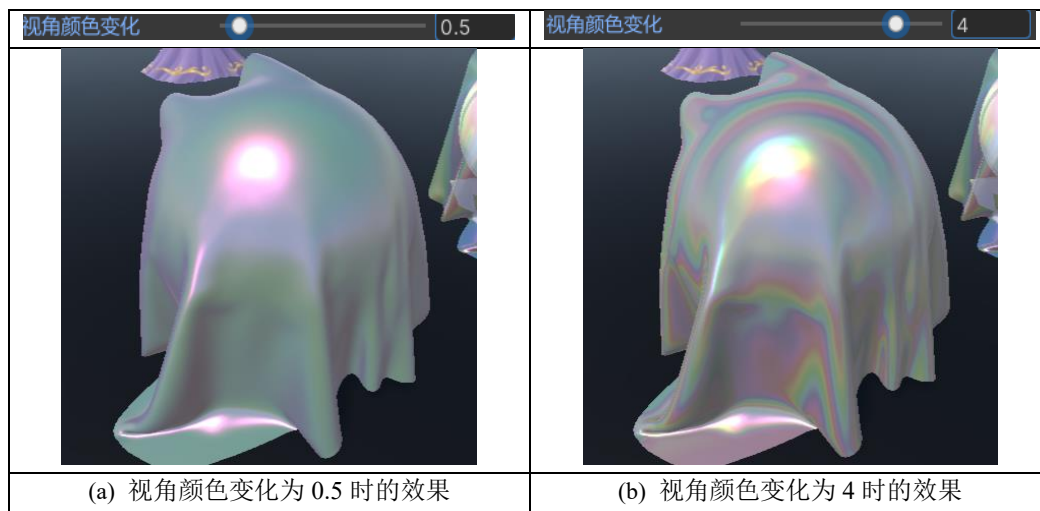


图 5.5 视角颜色变化参数设置

(4) 功能详解

根据公式 $\Delta\lambda = 2n_2d\cos(\theta_2) = k\lambda$; d 增大, 单个 λ 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 视角偏移

(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° ($\cos(\theta)=0$ 时呈现红色), 0 表示无偏移 ($\cos(\theta)=0$ 时呈现天蓝色)。

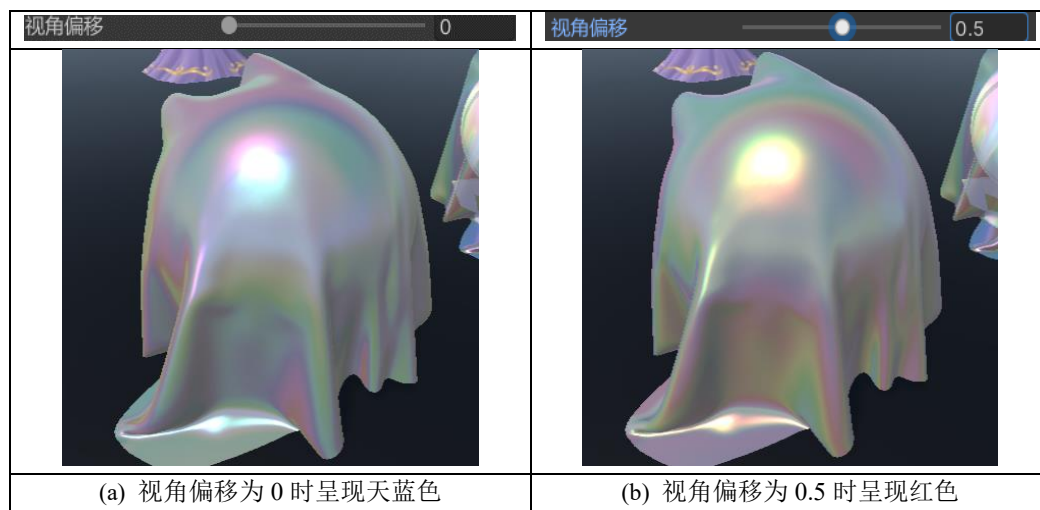


图 5.6 视角偏移参数设置

(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 视角偏移贴图

(1) 功能介绍

通过贴图的方式控制材质表面不同区域的视角偏移值，从而产生由不同折射颜色构成的图案。

(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 5.7 视角偏移贴图设置

(3) 参数说明

不使用偏移量贴图。



图 5.8 不使用偏移量贴图

使用偏移量贴图。



图 5.9 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

将控制类型设置为 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

先将颜色控制类型设置为 Custom，再选择一张贴图，拖动到色相贴图位置即可。

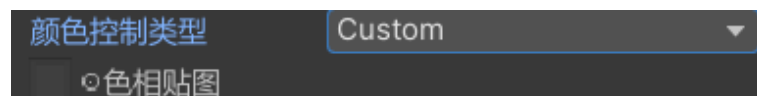


图 5.10 自定义取色范围操作方式

(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。

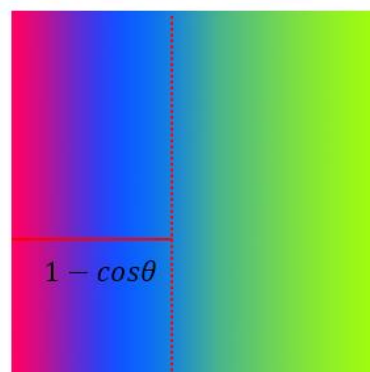


图 5.11 取色映射表

对比只使用视角偏移 (Offset) 和视角颜色变化 (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。



图 5.12 自定义取色效果和只调整视角偏移 (Offset) 和视角颜色变化 (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

(1) 功能介绍

勾选开启各向异性选项, 可以控制辐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

首先勾选开启各向异性选项。



图 5.13 开启各向异性选项

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

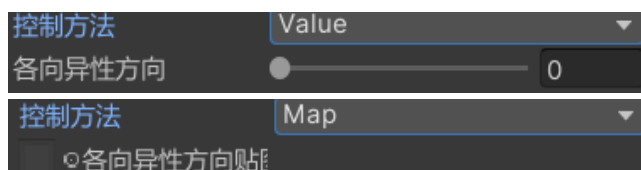


图 5.14 不同选值方式

(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。

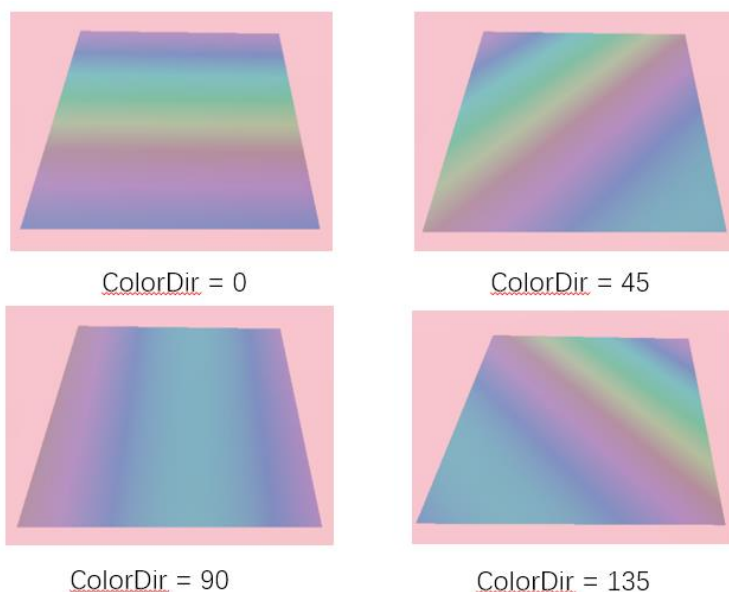
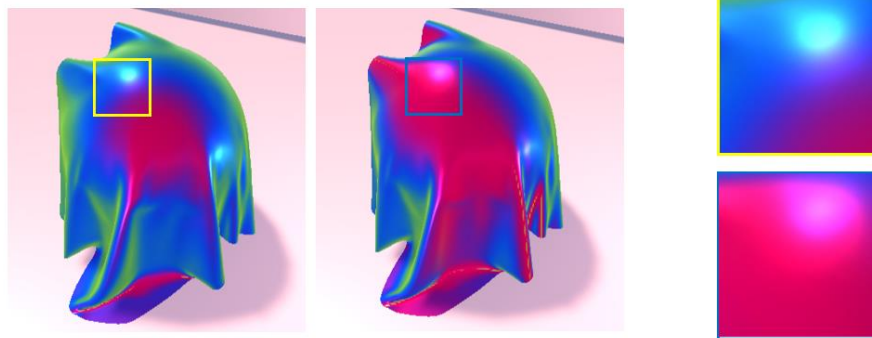


图 5.15 设置各向异性角度后, 颜色只会在特定角度变化

以下是使用和不使用各向异性颜色的区别：



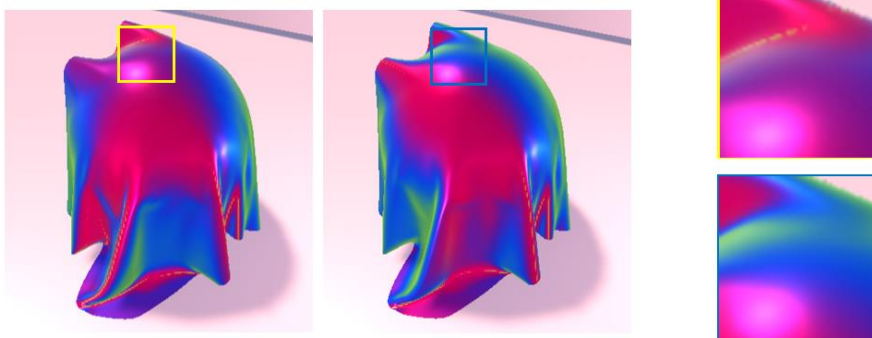
不使用各向异性颜色

使用各向异性颜色, ColorDir = 0

使用各向异性颜色减少不希望角度发生变化的方向上的辐射效果

图 5.16 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：



使用贴图方法

使用数值方法, ColorDir = 0

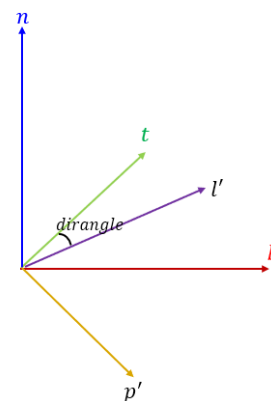
图 5.17 对比各向异性颜色贴图和使用数值方法

(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
- $dirangle = dir \times \pi/180$
- $l = float3(\cos(dirangle), \sin(dirangle), 0)$
- 利用tbn矩阵将 l 转换到世界空间 l'
- $p' = cross(l', n)$ 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'
- $m = \text{cross}(p', v)$
- $v' = \text{cross}(m, p')$
- $\cos\theta = \text{dot}(n, v')$

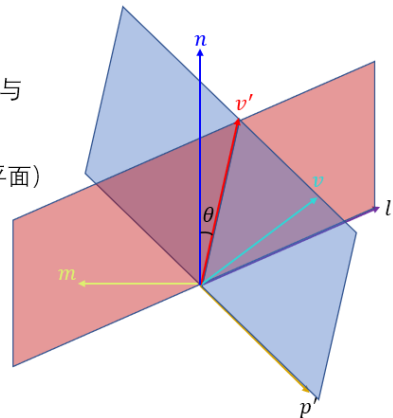


图 5.18 各向异性颜色实现原理图

5.2.8 视角映射曲线类型

(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

切换视角映射曲线类型参数即可。



图 5.19 视角映射曲线类型操作方式

(3) 参数说明

同一张色相贴图，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。

使用的色相贴图：



图 5.20 使用的色相贴图

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



图 5.21 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 5.22 使用裙子模型

采用的 albedo 贴图,法线贴图如下:

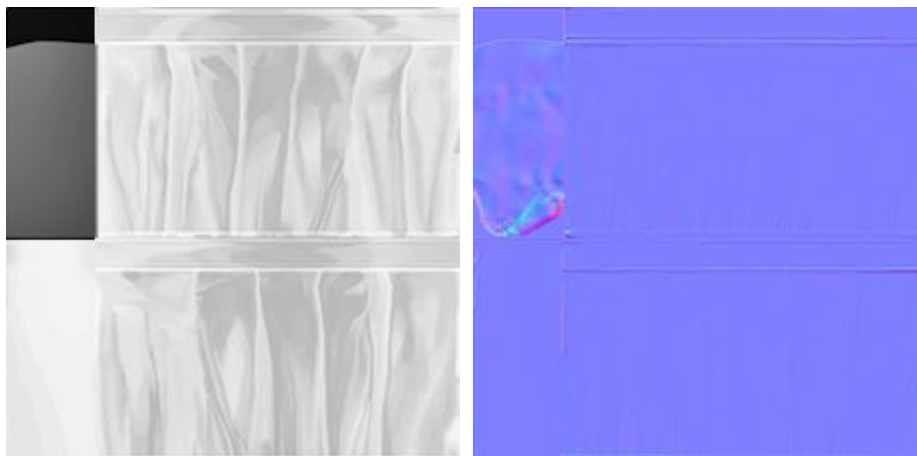


图 5.23 使用的 albedo 贴图



图 5.24 面板设置

其中自定义色相贴图如下：

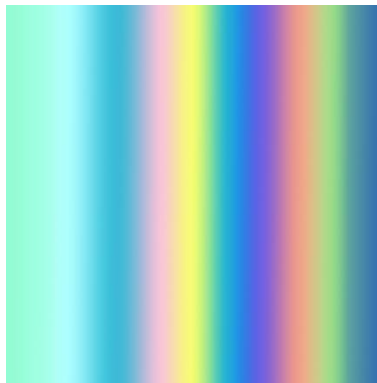


图 5.25 自定义的色相贴图

材质最终效果如下：



图 5.26 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

7.1 面板总览



图 7.1 面板总览

以上是绸缎材质的属性子面板。面板中包含高光噪声图、高光强度、高光颜色、第二层高光颜色以及各向异性系数参数。

7.2 参数说明

7.2.1 各向异性系数

(1) 功能介绍

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。

(2) 操作方式

各向异性系数面板如下：



图 7.2 各向异性系数设置

与高光强度类似，可以通过拖动滑块实现数值的调节，也可以通过在右侧数字框内直接输入数值实现精确调整。

(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 时光高宽度越窄，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，正负号不影响其效果（+0.9 和-0.9 效果基本一致），可根据实际情况进行适当调整。



图 7.3 左图为各向异性系数值为-0.816 时的效果，右图为各向异性系数值为 0.816 时的效果

(4) 功能详解

功能详解：各向异性系数决定了各向异性高光的分布方向。各向异性高光的方向由切线方向与副切线方向上的粗糙度共同决定，该粗糙度的计算利用到各向异性系数 *anisotropic*。设切线方向粗糙度为 *ax*，副切线方向粗糙度为 *ay*：

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

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

可以看出当 *anisotropic*>0 时，*ax*>*ay*，切线方向比副切线方向粗糙，高光沿着副切线方向分布；当 *anisotropic*<0 时，*ax*<*ay*，切线方向比副切线方向光滑，高光沿着切线方向分布；当 *anisotropic*=0 时，*ax*=*ay*，此时不具有各向异性。

7.2.2 高光强度

(1) 功能介绍

高光强度用于调节高光的整体亮度，可以根据需求进行调节。

(2) 操作方式

操作面板如下：



图 7.4 高光强度操作方式

使用时可以拖动圆形滑块实现数值的调整，也可以在右侧数字框内直接输入数值实现精准微调，这里给出一个高光强度较合适的参考值范围（7-20），由于高于 30 之后高光会出现过曝，且变化不明显，所以上限值设置为 30。实际使用时根据美术需要的效果可以随时进行调整。

(3) 参数说明

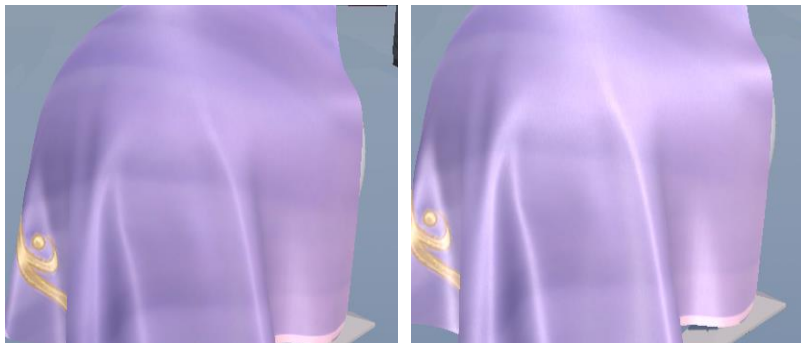


图 7.5 左图为高光强度设置为 3 的效果，右图为高光强度设置为 18 的效果

(4) 功能详解

功能详解：高光强度*mag*用于乘以高光项*specular*来实现强度调整

$$specular_{final} = specular * mag$$

7.2.3 高光颜色和第二层高光颜色

(1) 功能介绍

高光颜色用于调节高光主要颜色，由于绸缎反射颜色往往会比较多的体现绸缎自身的颜色而非光源颜色，所以添加这个参数供美术进行调节。

(2) 操作方式

两者的操作面板如下：



图 7.6 高光颜色和第二层高光面板

使用时可以点击右侧颜色部分（框选出区域），然后在下图的色轮中选择需要的颜色或直接设置 RGB 数值。



图 7.7 颜色调整面板

也可以通过点击最右侧的吸管标识（框选部分），此时鼠标所指到位置的颜色会被选取，将鼠标移动到你想要吸取的颜色区域然后点击左键即可。可以通过这种方式快速选择接近材质本身的色彩。



图 7.8 右侧吸管标识

(3) 参数说明

高光颜色用于调节高光主要颜色，由于绸缎反射颜色往往会比较多的体现绸缎自身的颜色而非光源颜色，所以添加这个参数供美术进行调节。绸缎材质使用到的高光为双层高光，第一层高光较窄，亮度较高，第二层高光较宽，亮度较低。分别设置两个参数对两层高光的颜色分别进行调节，可以实现更多的高光效果。

如果想要只显示其中一层高光的效果，只需要将另一层的高光设置为全黑即可（色块最右下角的颜色）。



图 7.9 左图为第一层高光，右图为第二层高光

不同的高光颜色搭配下表现效果如下，具体效果可以实际调节观察。

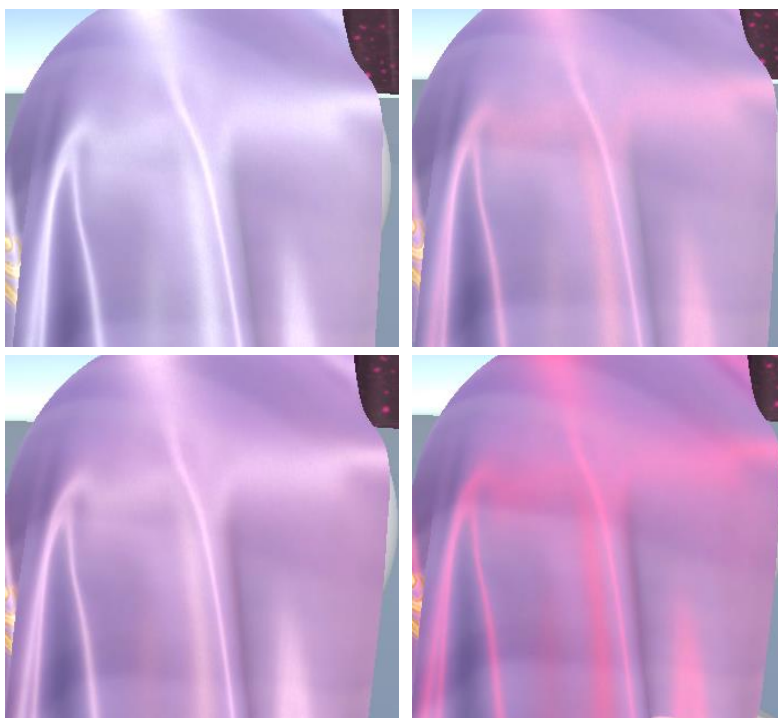


图 7.10 左上为双层高光白色；右上为第一层高光红色，第二层白色；
左下为第一层高光白色，第二层红色；右下为双层高光红色

(4) 功能详解

功能详解：高光颜色用于调整高光的表现颜色，由于照射光本身带有颜色，所以需要进行插值，假设高光颜色为 $specColor$ ，照射光颜色为 $light.color$ ，最终高光颜色计算公式如下：

$$gray = 0.2125 * light.color.r + 0.7154 * light.color.g + 0.0721 * light.color.b$$

$$specColor = specColor * (gray.r)$$

$$specColor_{final} = lerp(specColor, light.color, 0.5)$$

7.2.4 启用双向高光

(1) 功能介绍

由于部分表现上的需求，有时需要双向高光来体现材质的质感，所以设置了此选项。

(2) 操作方式

当勾选时开启双向高光，不勾选则不开启。



图 7.11 启用双向高光方式

(3) 参数说明

开启双向高光前后的对比图如下所示：

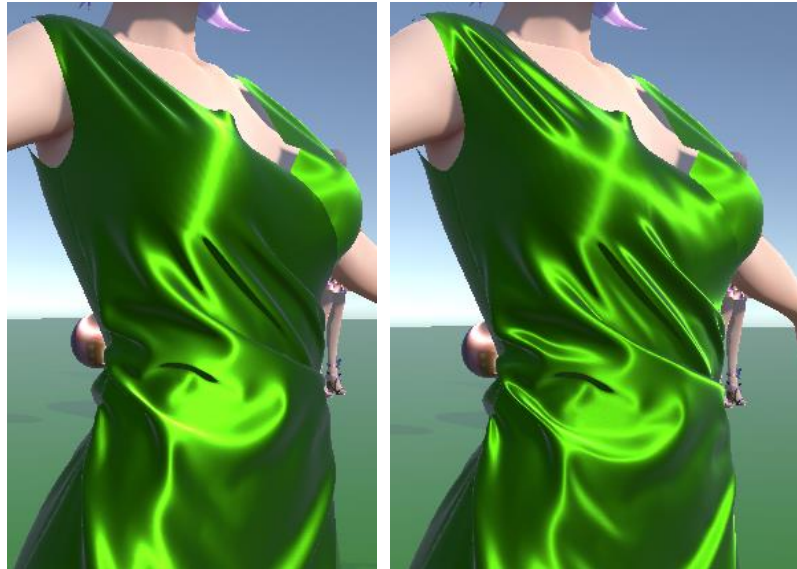


图 7.12 左图为开启前（不勾选）右图为开启后（勾选）

(4) 功能详解

功能详解：高光根据各向异性系数的正负会呈现不同方向的分布（具体见 6 各向异性系数部分），双向高光即为一次性显示两个方向的高光并将其叠加。

7.2.5 高光噪声

(1) 功能介绍

高光噪声贴图用于高光增加局部细节。

(2) 操作方式

使用高光噪声贴图时选择图片右下角的 Select 选项，选择想要使用的高光噪声贴图，或者直接将需要的图像拖到右边的 Select 图像位置。

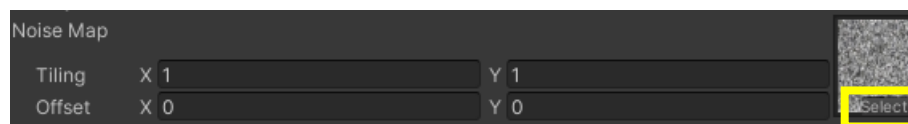


图 7.13 点击右下角的 Select



图 7.14 在此界面选择需要的高光噪声贴图

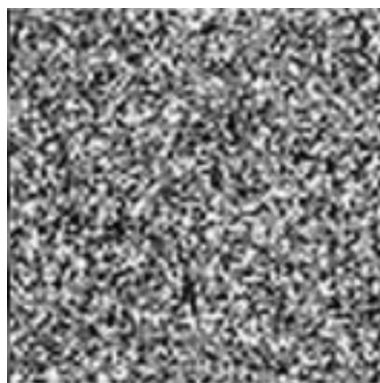


图 7.15 材质使用的高光噪声贴图

(3) 参数说明

高光噪声贴图上的各点的值为(0,1)上的随机分布，通过对高光噪声贴图上的值进行采样可以实现高光的明细节化处理。通过这种方式可以体现出绸缎材质表面的纹理效果，让材质更具有真实感。

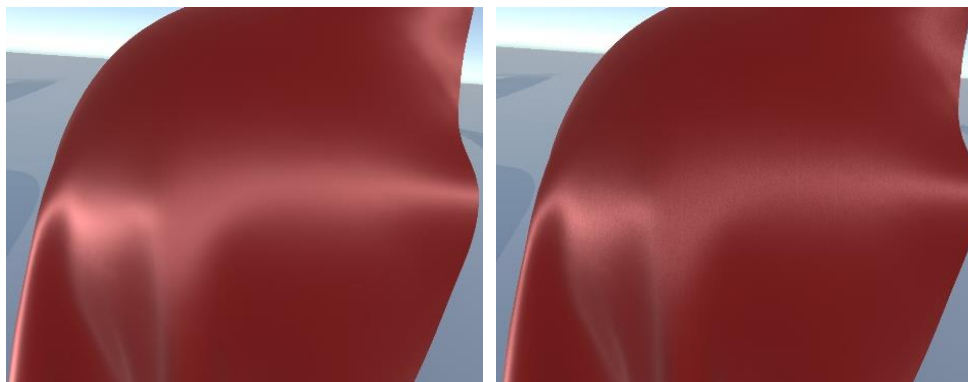


图 7.16 高光噪声贴图效果展示

(4) 功能详解

功能详解：根据纹理坐标对高光噪声贴图上的值进行采样得到值，由于取的值在 0-1，为了让整体高光不过于暗，将其映射到 0.5-1 的范围，映射公式为 $specular_{final} = specular * \alpha$ 。最后用高光项乘以该值得到最终高光。

7.3 完整使用示例

使用布料模型如下：



图 7.17 布料模型

使用 albedo 贴图、法线贴图如下：



图 7.18 albedo 贴图和法线贴图

使用的 metallic 贴图如下：



图 7.19 metallic 贴图

主面板设置如下：

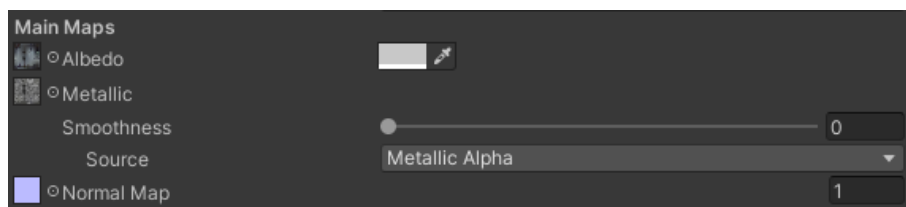


图 7.20 主面板设置

绸缎参数面板设置如下：

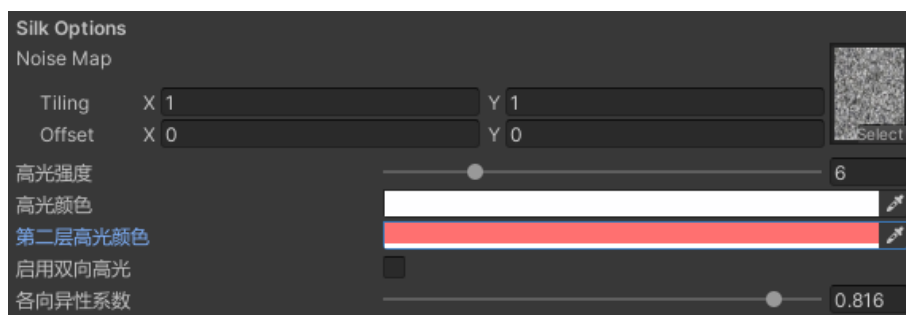


图 7.21 绸缎面板设置

其中使用的噪声贴图为：

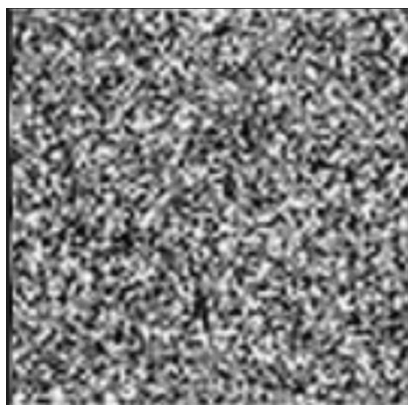


图 7.22 噪声贴图

材质最终效果如下：

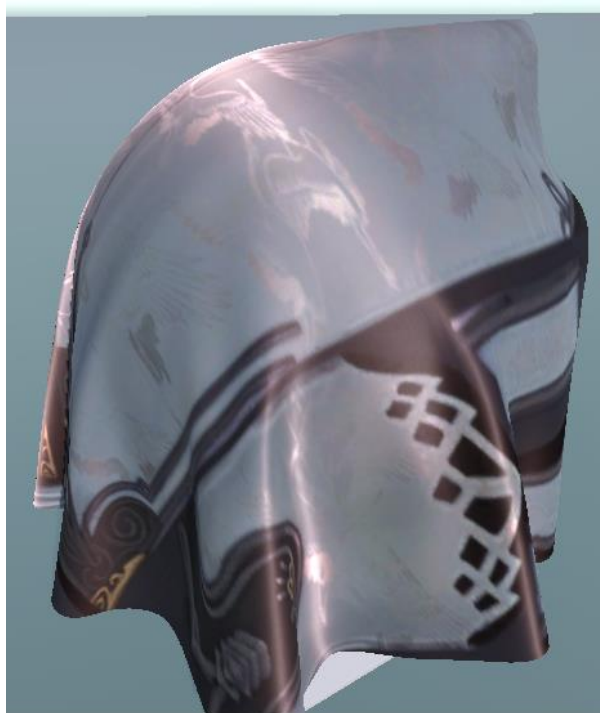


图 7.23 使用 metallic 贴图的最终示例效果

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，和 Unity Standard Shader 中的 albedo 贴图相同。

(2) 操作方式

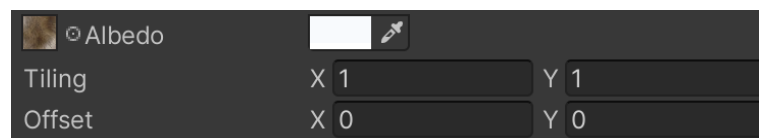


图 8.2 Albedo 材质面板

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：

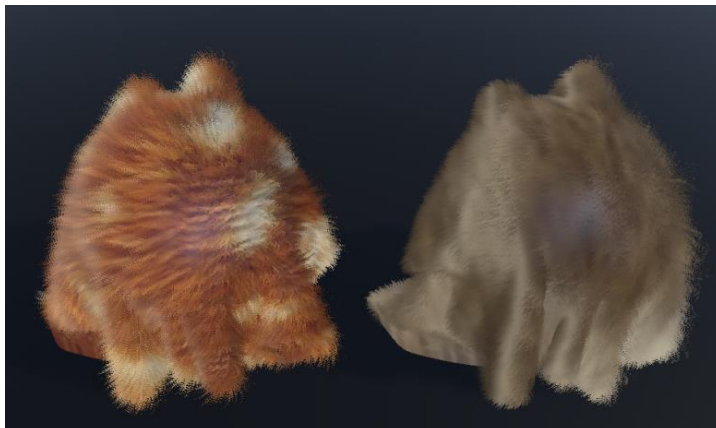


图 8.3 使用不同 Albedo 贴图效果

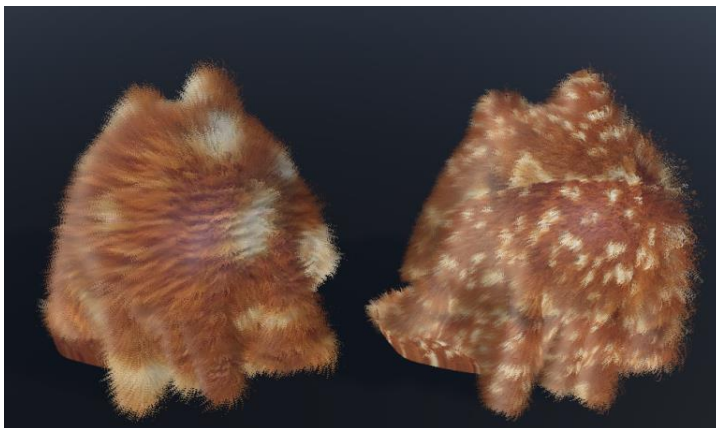


图 8.4 同一贴图不同 Tiling 的效果

(4) 功能详解

和标准 unity shader 中的 albedo 贴图相同。

8.2.2 斑点颜色和斑点位置贴图

(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，当不选取斑点位置贴图时，该部分不会对材质外观产生影响。

(2) 操作方式



图 8.5 毛发斑点设置面板

图 8.5 中，斑点颜色主要用于控制斑点的颜色，斑点位置贴图主要负责控制斑点位置。shader 通过对斑点位置贴图的 R 通道采样，判断材质在某处是否产生斑点。

(3) 参数说明

具体演示效果如下：

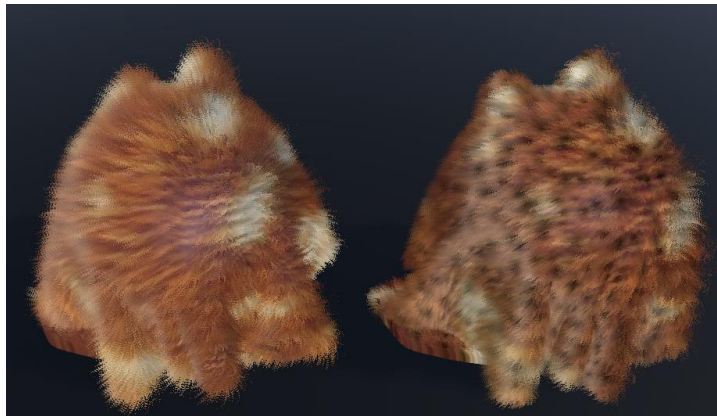


图 8.6 无斑点（左）与斑点（右）对比效果

（4）功能详解

在着色过程中读取斑点位置贴图获得斑点在当前着色点是否存在（[0,1]值）。接着用该值对原着色值和斑点颜色值插值，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

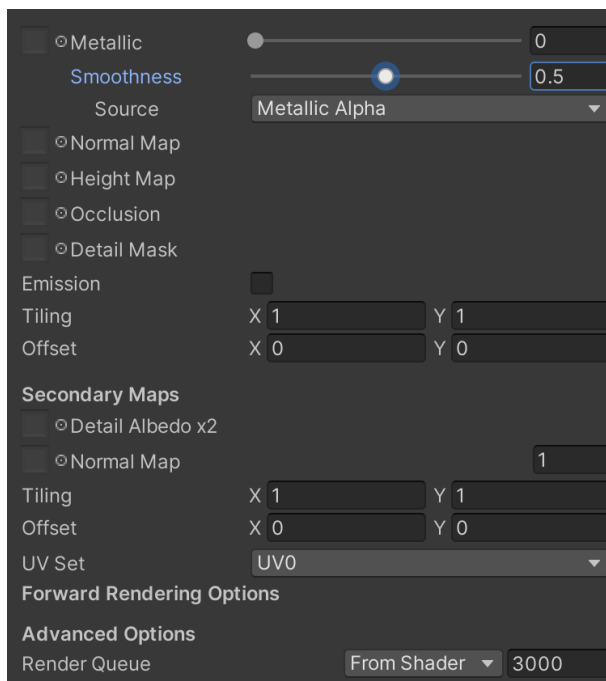


图 8.7 Standard Shader 参数

上图所示的参数与 Unity Standard 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 毛发分布贴图

(1) 功能介绍

毛发分布贴图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

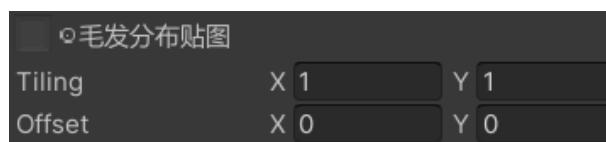


图 8.8 毛发分布贴图面板

如图 8.8 所示，和一般贴图的操作类似，通过点击毛发分布贴图左边圆圈选择贴图。为了让毛发有细密感，需要将 Tiling 值适当调大。

(3) 参数说明

通过毛发分布贴图选取一张贴图（通常使用黑白噪声图）控制毛发形状，通过改变 Tiling 可以改变毛发的密度。

具体演示效果如下：

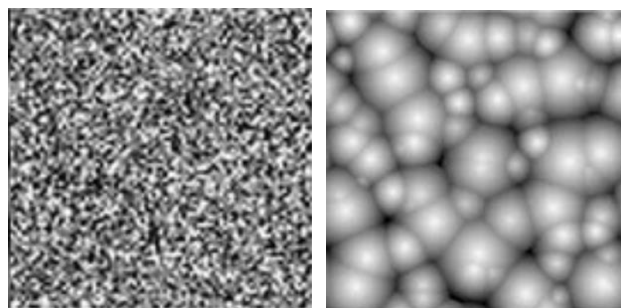


图 8.9 两种噪声图

分别使用以上两种噪声图，可获得不同形状的皮毛。

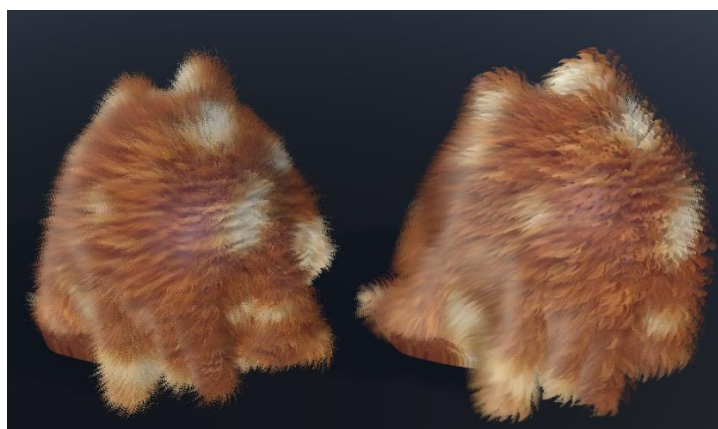


图 8.10 使用噪声图 1（左）和使用噪声图 2（右）的表现效果

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

毛发分布贴图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。而毛发分布贴图提供了毛发的位置信息。毛发分布贴图值较大的部分，计算得到的 alpha 值越大，对应毛发在 layer 上的切片内部。毛发分布贴图值较小部分，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 毛发长度和毛皮环境光遮蔽

(1) 功能介绍

毛发长度用于控制毛发长度，毛皮环境光遮蔽用于控制毛发内的遮蔽效果。

(2) 操作方式



图 8.11 毛发长度和毛皮环境光遮蔽操作方式

(3) 参数说明

具体演示效果如下：

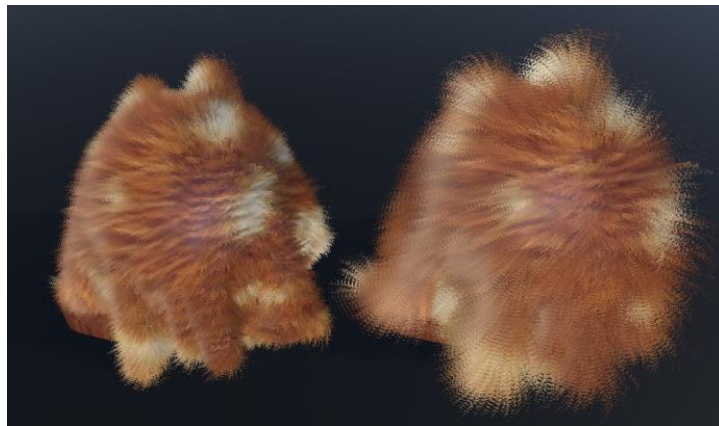


图 8.12 不同毛发长度的材质

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 8.13 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, 乘上毛皮长度系数以达到通过毛皮长度控制毛发模拟的厚度(即毛发的长度)的效果。

在着色的时候通过毛皮环境光遮蔽项和 Fur Offset 计算衰减因子(毛皮环境光遮蔽越大, Fur Offset 越小值越小), 最后对着色的颜色乘上衰减因子改变光照效果。

8.2.6 截断起点、截断终点和边缘淡化参数

(1) 功能介绍

毛发外形控制。

(2) 操作方式

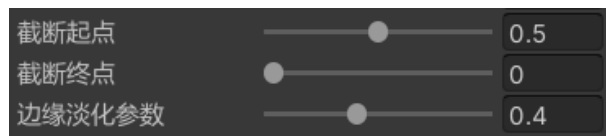


图 8.14 参数面板

通过滑动控制条改变截断起点, 截断终点和边缘淡化参数的大小(均为 0~1 之间值)。

(3) 参数说明

参数的说明如下:

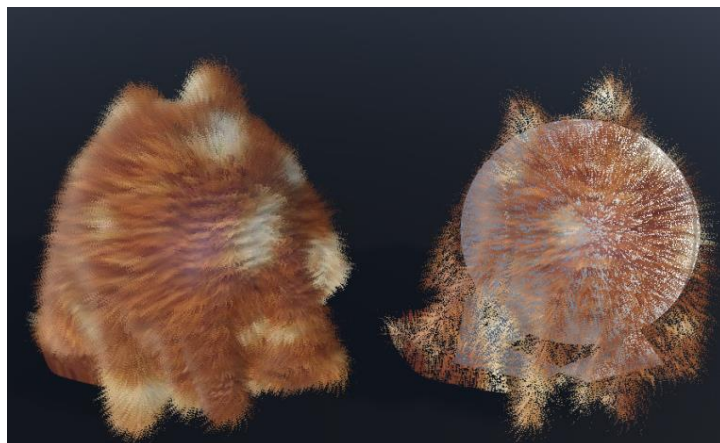


图 8.15 截断起点为 0 (左侧) 和 0.28 (右侧)

截断起点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。

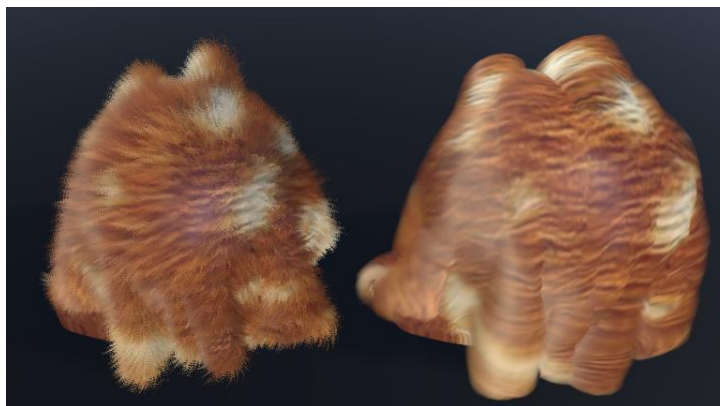


图 8.16 截断终点为 0.8 (左侧) 和 0 (右侧)

截断终点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。

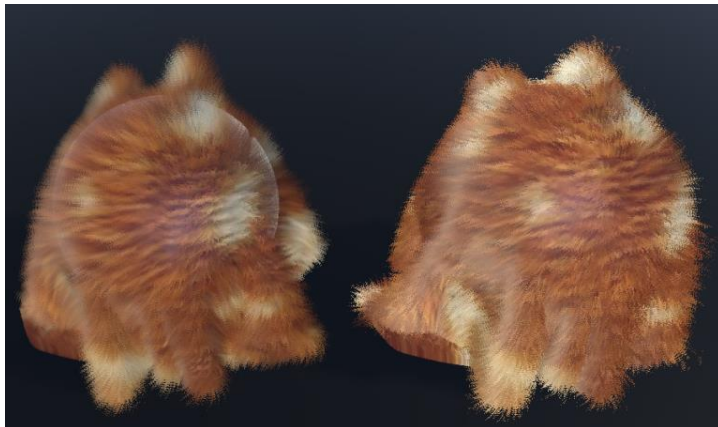


图 8.17 边缘淡化为 1（左侧）和 0（右侧）

边缘淡化参数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 α 值时会根据毛皮的 fur offset 在截断起点和截断终点之间线性插值。最后以毛发布贴图的值为准，若插值的值大于阈值则该点 α 值为 1，否则为 0。因此，当截断起点越大，底部的 layer 剔除的越多，截断终点越大，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 α 值做衰减，夹角越大衰减越大。而边缘淡化参数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

外力方向和外力大小控制了毛皮材质的受力情况。

（2）操作方式

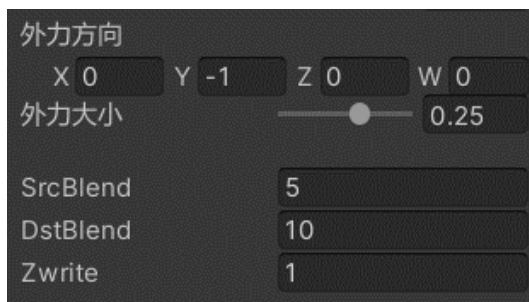


图 8.18 外力参数面板

（3）参数说明

外力方向决定所受外力的方向，外力大小决定受力程度的大小。

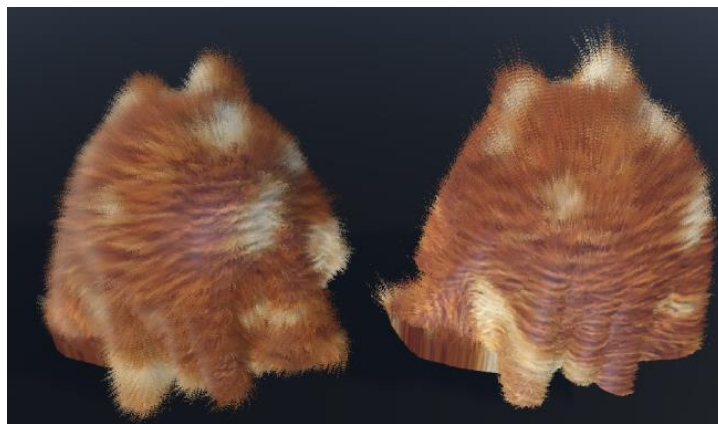


图 8.19 右侧为受竖直方向外力作用的效果

SrcBlend, DstBlend 为混合参数, Zwrite 为深度写入, 使用时应保持与图 8.18 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毛发外力方向的偏移以实现毛发沿着外力方向生长的效果。

8.2.8 外力贴图和外力贴图大小

(1) 功能介绍

使用外力贴图为毛发不同位置添加不同方向的力。

(2) 操作方式

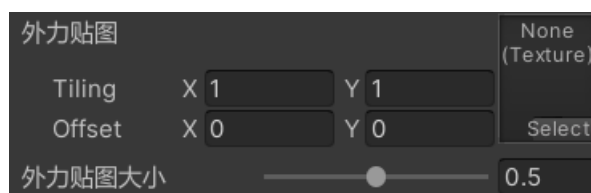


图 8.20 外力贴图参数面板

(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, 外力贴图大小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 8.21 左侧为受外力贴图作用, 右侧无外力贴图作用

(4) 功能详解

和外力方向参数类似，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 高度图

(1) 功能介绍

使用高度图控制毛发不同区域的生长高度，高度图大小控制高度图作用的剧烈程度。

(2) 操作方式

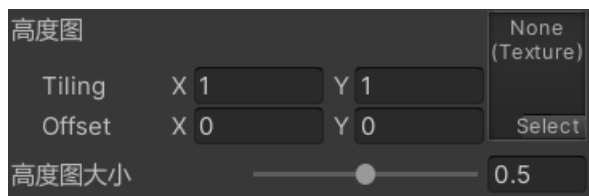


图 8.22 参数面板

(3) 参数说明

高度图通过对贴图采样控制毛发的生长高度，高度图大小用于调节贴图的作用程度。实际演示效果如下：



图 8.23 右侧为高度控制最大时的效果

(4) 功能详解

高度图控制了毛发长度的相对尺度(高度图值越大部分的毛发比值小部分的毛发高度相对较高)，高度图大小控制了整体毛发的绝对长度，高度图大小越大，毛发整体越长。原理和毛发长度参数类似。

8.3 完整使用示例

首先将 shader 文件夹放入项目中。

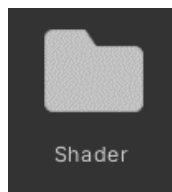


图 8.24 shader 文件夹

然后创建新材料，选择 Fur_Standard 或 Fur_Standard10。



图 8.25 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。

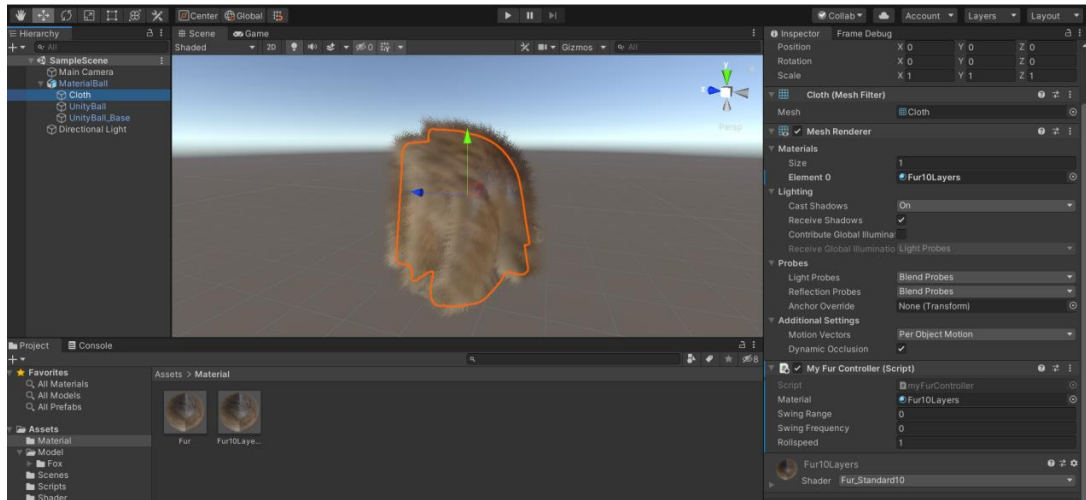


图 8.26 综合示例