

福建省 VR/AR 行业职业教育指导委员会推荐
中国·福建 VR 产业基地产教融合系列教材

Substance Painter

次世代PBR材质制作

谢怀民 林鑫 蔡毅 / 主编



福建省 VR/AR 行业职业教育指导委员会推荐
中国·福建 VR 产业基地产教融合系列教材

Substance Painter 次世代 PBR 材质制作

主 编 谢怀民 林 鑫 蔡 毅

内 容 简 介

Substance Painter 是一个 PBR 贴图制作软件, 在这个软件中, 可以非常便捷且快速地通过 PBR 材质的属性设置来制作符合现实模型材质规律的 PBR 材质贴图。本书具体介绍基于 Substance Painter/PS 制作次世代场景模型材质的实战案例, 全书选取了生动的实例进行逐步演示和讲解。本书教学内容属于进阶型, 需要有一定的三维建模基础知识、数字雕刻知识、贴图绘制知识的基础。本书包含 7 章, 分别介绍了 Substance Painter 基础、高低模的制作与烘焙、PBR 贴图的作用分析、生物类 PBR 材质制作、金属类 PBR 材质制作、布料类 PBR 材质制作、复合材质实战。

版权专有 侵权必究

图书在版编目 (C I P) 数据

Substance Painter 次世代 PBR 材质制作 / 谢怀民, 林鑫, 蔡毅主编. -- 北京: 北京理工大学出版社, 2021. 10 (2021. 11 重印)

ISBN 978 - 7 - 5682 - 9022 - 7

I. ①S… II. ①谢… ②林… ③蔡… III. ①三维动画软件 IV. ①TP391. 414

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2020) 第 170826 号

出版发行 / 北京理工大学出版社有限责任公司

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街 5 号

邮 编 / 100081

电 话 / (010) 68914775 (总编室)

(010) 82562903 (教材售后服务热线)

(010) 68944723 (其他图书服务热线)

网 址 / <http://www.bitpress.com.cn>

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 / 雅迪云印 (天津) 科技有限公司

开 本 / 880 毫米 × 1230 毫米 1/16

印 张 / 9.5

字 数 / 328 千字

版 次 / 2021 年 10 月第 1 版 2021 年 11 月第 2 次印刷

定 价 / 64.00 元

责任编辑 / 王玲玲

文案编辑 / 王玲玲

责任校对 / 刘亚男

责任印制 / 施胜娟

图书出现印装质量问题, 请拨打售后服务热线, 本社负责调换

福建省 VR/AR 行业职业教育指导委员会

- 主任：**俞 飏 网龙网络公司高级副总裁、福州软件职业技术学院董事长
副主任：俞发仁 福州软件职业技术学院常务副院长
秘书长：王秋宏 福州软件职业技术学院副院长
副秘书长：陈媛清 福州软件职业技术学院鉴定站副站长
林财华 网龙普天教育副总经理
欧阳周舟 网龙普天教育运营总监
- 委员：**（排名不分先后）
- 胡红玲 福建第二轻工业学校
张文峰 北京理工大学出版社
刘善清 北京理工大学出版社
倪 红 福建船政交通职业学院
陈常晖 福建船政交通职业学院
许 芹 福建第二轻工业学校
刘天星 福建工贸学校
胡晓云 福建工业学校
黄 河 福建工业学校
陈晓峰 福建经济学校
戴健斌 福建经济学校
吴国立 福建理工学校
李肇峰 福建林业职业学院
蔡尊煌 福建林业职业学院
杨自绍 福建林业职业学院
刘必健 福建农业职业技术学院
鲍永芳 福建省动漫游戏行业协会秘书长
刘贵德 福建省晋江职业中专学校
沈庆焉 福建省罗源县高级职业中学
杨俊明 福建省莆田职业技术学校
陈智敏 福建省莆田职业技术学校
杨萍萍 福建省软件行业协会秘书长
张平优 福建省三明职业中专学校
朱旭彤 福建省三明职业中专学校
蔡 毅 福建省网龙普天教育科技有限公司
陈 健 福建省网龙普天教育科技有限公司
郑志勇 福建水利电力职业技术学院
李 锦 福建铁路机电学校
刘向晖 福建信息职业技术学院
林道贵 福建信息职业技术学院
刘建炜 福建幼儿师范高等专科学校
李 芳 福州机电工程职业技术学校
杨 松 福州旅游职业中专学校
胡长生 福州软件职业技术学院
陈 鑫 福州软件职业技术学院
方张龙 福州商贸职业中专学校
蔡洪亮 福州商贸职业中专学校
林文强 福州商贸职业中专学校
郑元芳 福州商贸职业中专学校
吴梨梨 福州英华职业学院

饶绪黎	福州职业技术学院
江荔	福州职业技术学院
刘薇	福州职业技术学院
孙小丹	福州职业技术学院
王超	集美工业学校
张剑华	集美工业学校
江涛	建瓯职业中专学校
吴德生	晋江安海职业中专学校
叶子良	晋江华侨职业中专学校
黄炳忠	晋江市晋兴职业中专学校
许睿	晋江市晋兴职业中专学校
庄碧蓉	黎明职业大学
陈磊	黎明职业大学
骆方舟	黎明职业大学
张清忠	黎明职业大学
吴云轩	黎明职业大学
范瑜艳	罗源县高级职业中学
谢金达	湄洲湾职业技术学院
李瑞兴	闽江师范高等专科学校
陈淑玲	闽西职业技术学院
胡海锋	闽西职业技术学院
黄斯钦	南安工业学校
陈开宠	南安职业中专学校
鄢勇坚	南平机电职业学校
余翔	南平市农业学校
苏锋	宁德职业技术学院
林世平	宁德职业技术学院
蔡建华	莆田华侨职业中专学校
魏美香	泉州纺织服装职业学院
林振忠	泉州工艺美术职业学院
程艳艳	泉州经贸学院
庄刚波	泉州轻工职业学院
李晋源	泉州市泉中职业中专学校
卢照雄	三明市农业学校
练永华	三明医学科技职业学院
曲阜贵	厦门布塔信息技术股份有限公司艺术总监
吴承佳	厦门城市职业学院
黄臻	厦门城市职业学院
张文胜	厦门工商旅游学校
连元宏	厦门软件学院
黄梅香	厦门信息学校
刘斯	厦门信息学校
张宝胜	厦门兴才职业技术学院
李敏勇	厦门兴才职业技术学院
黄宜鑫	上杭职业中专学校
黄乘风	神舟数码(中国)有限公司福州分公司总监
曾清强	石狮鹏山工贸学校
杜振乐	石狮鹏山工贸学校
孙玉珍	漳州城市职业学院
蔡少伟	漳州第二职业中专学校
余佩芳	漳州第一职业中专学校
伍乐生	漳州职业技术学院
谢木进	周宁职业中专学校

编 委 会

主 任：俞发仁

副主任：林土水 李榕玲 蔡 毅

委 员：李宏达 刘必健 丁长峰 李瑞兴 练永华
江 荔 刘健炜 吴云轩 林振忠 蔡尊煌
黄 臻 郑东生 李展宗 谢金达 苏 峰
徐 颖 吴建美 陈 健 马晓燕 田明月
陈 榆 曹 纯 黄 炜 李燕城 张师强
叶昕之

Preface

Substance Painter次世代PBR材质制作

前言

随着硬件发展与设备升级的强势势头，未来对 3D 及 VR 的需求会越来越强烈，硬件平台的诞生预示着需要大量的应用来支持其发展。VR 美术资源的应用领域很多，比如影视、游戏、地产体验、室内装潢、教育培训、医疗、军事等，此外，在房产方面也有应用，戴上眼镜走在房间里，看着房间的一切犹如真实的一般，并且可以进行虚拟装修。

次世代模型的最大特点就是真实感。次世代中静态模型大部分是关于场景类型的物体，比如场景中的道具或者物件，也可能是车辆，或者武器，这些物体在场景中都有一个共同的特征——它们的表面是坚硬的，坚硬的表面是次世代场景需要表达的关键点。柔软的物体在表达方式上和坚硬物体并不一样，通常可以使用数字雕刻的方式或者物理表现的方式来制作，并且次世代最重要的特点是其表现非常真实、细腻、精致。

次世代的贴图需要通过材质球结合起来使用和表现。材质球首先决定了模型能够表达出哪几种属性特征，再根据贴图的不同作用，放入材质球对应的通道中，一旦进入通道，贴图就会在材质球上发挥出自己的作用，使材质球呈现出用户想要控制或者看到的效果。也可以根据材质球的参数属性，结合贴图来表达不同的效果。

本书教学内容属于进阶型，需要有一定的三维建模基础知识、数字雕刻知识、贴图绘制知识的基础。例如已经掌握了 3ds Max、ZBrush、Photoshop 等软件知识。

本书将完全从实战角度出发，从案例的制作过程中分析案例的步骤及案例所需要的参数，并在制作的过程中讲解每个功能的原理，让读者在实践中记忆各类知识点。在教材的初期阶段，会介绍

PBR 材质与软件的基础操作。其中也包含了高模与低模的相互关系，以及烘焙的原理和作用。

本书将使用案例来介绍金属类材质、生物类材质、布料类材质和复合型材质的制作。

本书涉及的案例包括男性脸部、女性脸部，人物所穿的布料盔甲，维多利亚风格的华丽服饰，金属类型的战斗匕首、扳手等。每一个案例的材质贴图制作流程都被完整地记录在本书中。

在完成了案例的学习之后，学习者将能够独立地通过所学知识制作其他相关类型的材质，并且从中了解到次世代模型的特点，以及高模低模贴图和三维引擎之间的关系。

第 1 章 Substance Painter 基础

PBR (Physically Based Rendering), 即基于物理的渲染, 是一套尝试基于真实世界光照物理模型的渲染技术合集, 使用了一种更符合物理学规律的方式来模拟光线, 达到更真实的渲染效果, 并且可以直接通过物理参数来直观地达到想要的结果, 不用通过各种参数调整。物理参数一般直接通过贴图传递给着色器。

笼统地说, 这是一种基于物理规律模拟的渲染技术, 最早用于电影的照片级真实的渲染。近几年由于硬件性能的不不断提高, 已经大量运用于 PC 游戏与主机游戏的实时渲染。

Substance Painter Allegorithmic 公司的一套 PBR 贴图制作软件, 可以非常便捷且快速地通过 PBR 材质的特性设置来制作符合现实模型材质规律的 PBR 材质贴图。本章将具体介绍使用 Substance Painter 制作次时代场景模型材质的实战案例。

打开图 1.1 所示的“消防栓”项目文件, 了解“PBR 材质”的案例效果。



图 1.1 最终效果图

①如图 1.2 所示, 可以看到在消防栓的表面处, 材质体现的内容除了消防栓烤漆的颜色、光泽度之外, 还体现了更多现实中物体表面存在的凹凸细节。



图 1.2 表面凹凸

②如图 1.3 所示, 无论是模型表面体现的凹进去的部分还是凸出的部分, 都有一定的尘埃、污渍覆盖的粗糙感, 也就是在光泽度上有所区分。



图 1.3 转角细节

③将视线调转到模型的转角接缝处, 可以看到边缘部分, 模型的油漆质感被金属的光泽度所替代, 这模拟了现实中物体的磨损效果; 而接缝处则是被更多的油污、锈渍所遮盖。

PBR 材质的实质就是一种基于物理规律模拟的渲染技术。它按照现实物体对光的折射、反射规律, 使用引擎计算相应的材质表现方式, 从而模拟真实材质的效果。

※ 1.1 Substance Painter 基础操作

以图 1.4 为例, 学习 Substance Painter 引擎界面的各部分窗口的使用方式及作用, 通过添加图层来修改材质效果。Substance Painter 中图层的运作方式与 Photoshop 的类似, 上方的图层将会覆盖下方的图层效果。

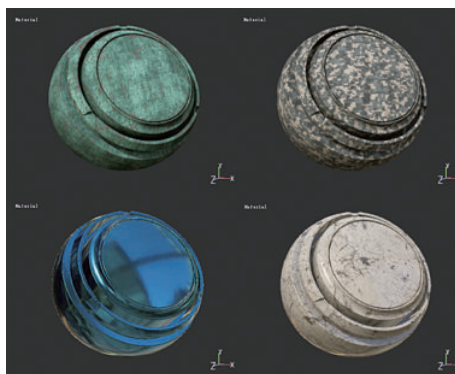


图 1.4 材质修改

Substance Painter 引擎主要由以下几个窗口组成: 预览窗口、材料架窗口、工具栏、图层窗口、属性窗口、环境设置窗口等。

打开配套光盘提供的文件“材质球.max”，这是一个已经设置好贴图的案例文件。下面以它为例讲解 Substance Painter 引擎界面知识及基本操作。

1. 预览窗

其主要作用是显示模型贴图的绘制渲染效果。

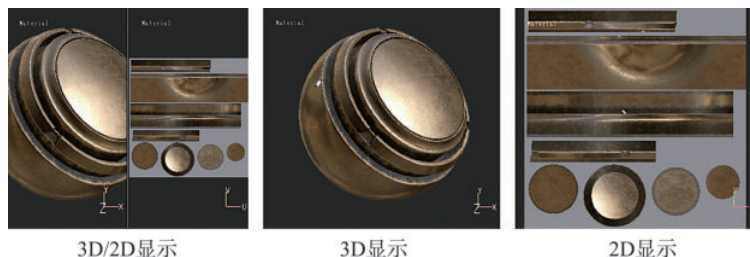


图 1.5 预览窗模式

可使用键盘及鼠标按键对视图进行角度切换，具体内容如下。

Alt + 鼠标左键：旋转窗口。

Alt + 鼠标右键：缩放窗口。

Alt + 鼠标中键：平移窗口。

Shift + 鼠标右键：旋转场景灯光。

2. 材质架窗口 (shelf)

其主要包含了制作贴图所需用到的工具，界面左侧是材料架的各部分工具选项，界面右侧是各个子菜单的全部工具内容，如图 1.6 所示。

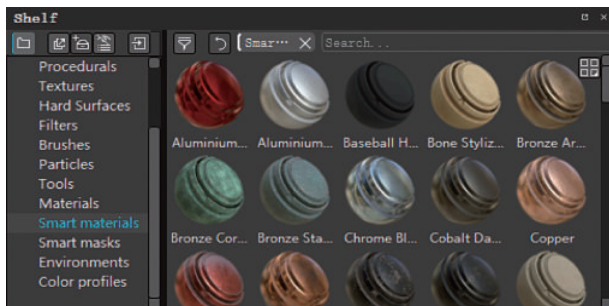


图 1.6 材质架窗口

在工具选项栏中，选中“Smart materials”（智能材质），然后在右侧内容窗口中选择“Fabric WOODLAND”材质，将其拖动到“Layers”图层窗的默认图层上方。观察预览窗口中的显示效果，如图 1.7 所示。

若在选择材质或笔刷时内容过多，不方便查找，可以单击材质架窗口的上方“Search”按钮 **Search...**，输入关键字进行查找。

3. 图层窗口 (layers)

与 Photoshop 中的图层类似，可以修改各个图层的属性及它们的关联关系，以改变模型材质的渲染效果。在这个窗口中，用来修改材质效果的功能有遮罩、滤镜等。如图 1.8 和图 1.9 所示。

可单击工具栏上方的  按钮，在弹出的新窗口中选择相应的按钮来切换视图显示模式。

快捷键 F1/F2/F3：切换窗口的 2D/3D 显示模式，如图 1.5 所示。



图 1.7 预览效果

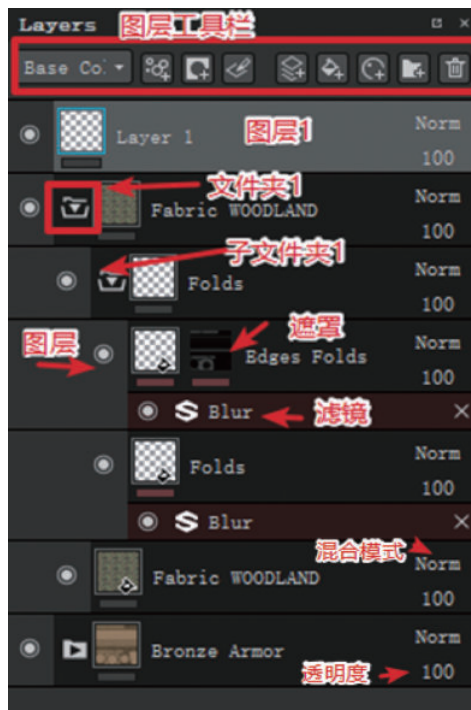


图 1.8 图层



图 1.9 编辑菜单

在图层中，通过单击 ，打开文件夹，预览完整图层；通过鼠标拖曳，可移动图层；单击 ，隐藏或显示右侧图层/文件夹；右击，可以打开图层编辑菜单。

4. 属性窗口 (properties)

属性窗口显示图层的属性并提供编辑。单击图层窗口中的各个图层，分别查看属性窗口中它们各自的图层内容，如图 1.10 和图 1.11 所示。



图 1.10 图层属性

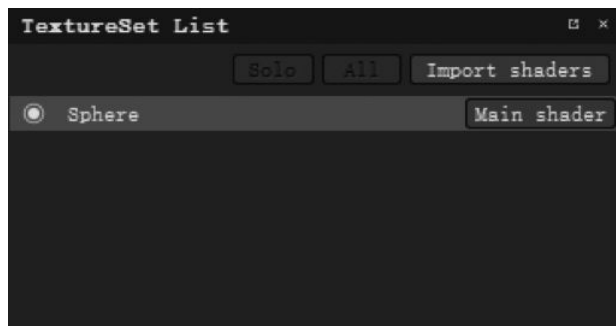


图 1.11 对象列表窗口

5. 其他窗口

对象列表窗口 (TextureSet List)：用于管理模型的贴图 Shader 及不同材质间的隐藏关系。根据模型在 3D 软件中的材质球设置来区分模型。

纹理设置窗口 (TextureSet Settings)：用于模型基础贴图 (包含有法线、空间法线、ID、AO、边线贴图 etc) 设置，引擎所有的材质运算都是基于这套贴图开始的。如图 1.12 所示。

显示设置窗口 (Display Settings)：用于控制预览窗口中对模型显示的调整，包含摄像机设置、特效设置及镜头滤镜等设置。

场景设置窗口 (Viewer Settings)：用于设置场景背景效果及 Shader 参数。

在观察窗口时，将鼠标放置在各个窗口顶部拖曳，即可自由调整界面窗口位置。

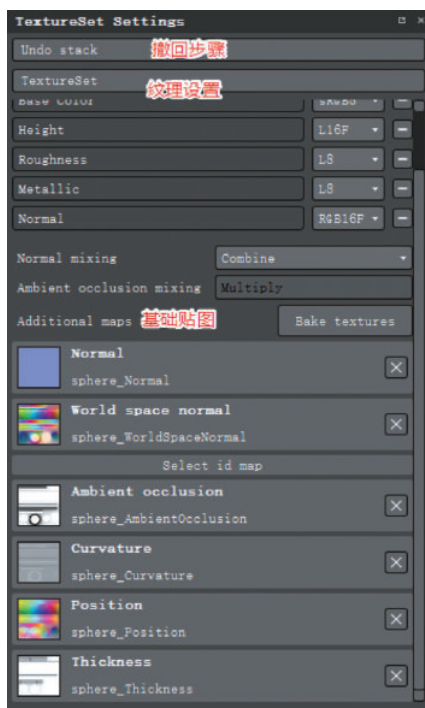


图 1.12 设置窗口

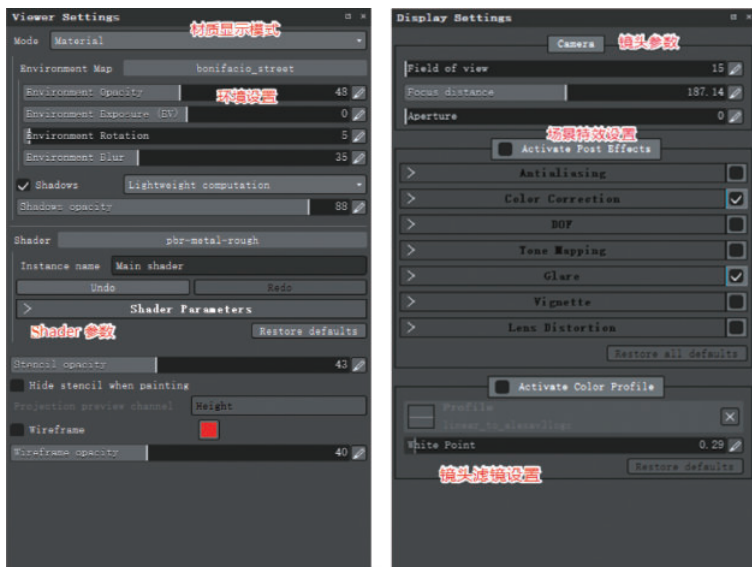


图 1.12 设置窗口 (续)

※ 1.2 Substance Painter 材质属性与聪明材质

修改材质架上黄铜材质的材质属性，如图 1.13 所示。通过本例的学习，了解聪明材质的运用。

聪明材质是由多个材质效果叠加而成的一个复合材质体。在 Substance Painter 中可以自由创作聪明材质并保存到材料架。

比较材质与聪明材质的图层差异，了解两者之间的关联。从图层页面可以看到，材质仅有一个图层，用于控制材质的固有色、金属度、光滑度等效果；而聪明材质是多个材质及文件夹的集合，是一个有完整表现的材质。

打开配套光盘提供的“材质球.max”文件。场景中已有案例模型，并且预设了一个黄铜材质，在“Shelf”材质架窗口选择材质或者聪明材质，并拖到“Layers”图层窗口，观察其图层属性与显示效果。

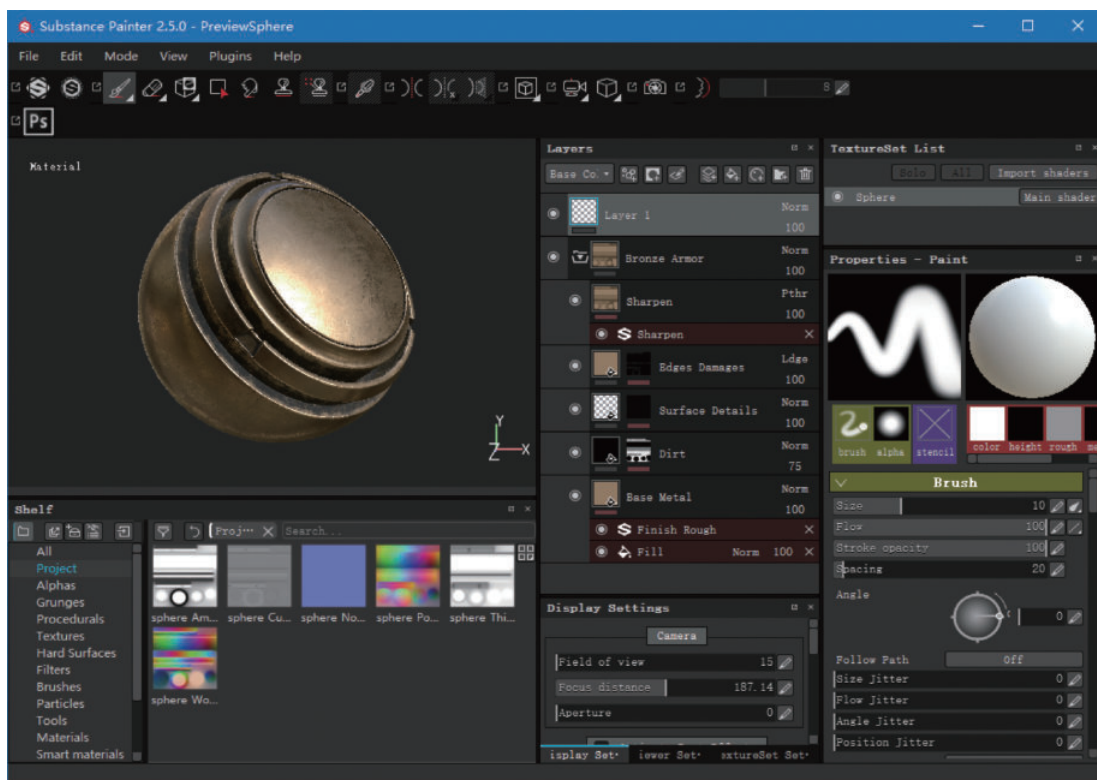


图 1.13 修改材质属性

1. 重置界面

单击菜单栏中的“View”，在弹出的菜单栏中选择“Reset UI”，重置 UI 界面。

2. 清空图层

在“Layers”界面中，可以看到场景默认自带了一个

“Layer 1”空白图层和“Bronze Armor”黄铜材质。选中“Bronze Armor”图层文件夹，右击，选择“Remove Layer”或者按下键盘上的 Delete 键删除该图层，如图 1.14 所示。

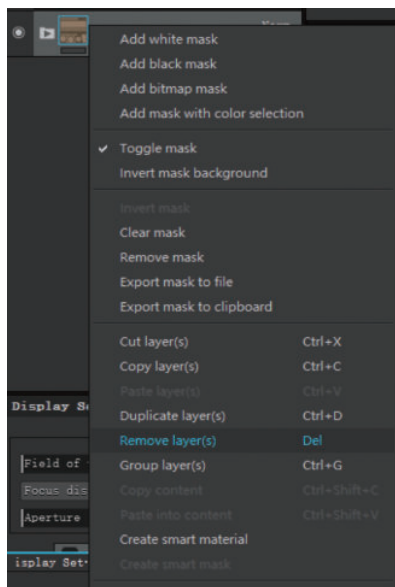


图 1.14 删除图层

3. 添加材质

在“Shelf”材质架窗口中，选择左侧列表中的“Materials”标签，在右侧窗口中找到玫瑰金材质“Copper Pure”，将其拖曳到“Layers”图层窗口默认图层上方，如图 1.15 所示。

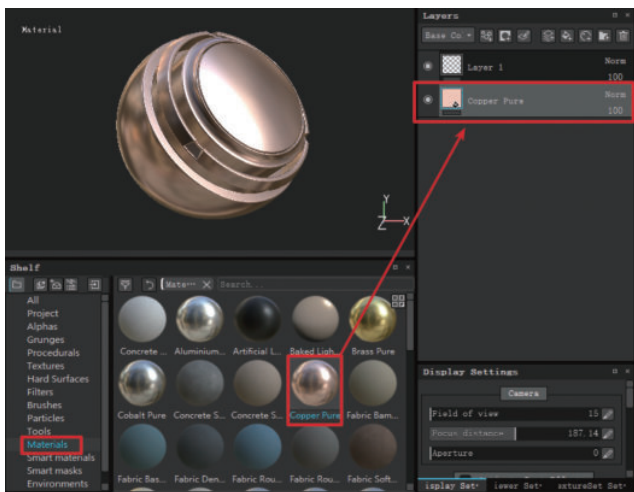


图 1.15 材质设置

4. 观察材质属性

在“Layers”图层窗口中单击此图层，在图层视图中可以观察到这是一个 Fill Layer 填充层，并且混合模式为 Normal 普通模式，显示比例为 100% 显示。

在材质属性中可以看到，模型材质的主要控制内容都集中在这里，并且每个图层可以在五个基本属性中选择其控制的数值与值。

在 PBR 材质中，主要把模型材质的数据分析为固有色、金属度、粗糙度这几个基本物理属性。固有色控制材质的基础颜色，金属度控制材质对于场景光的漫反射与反射比例，而粗糙度控制材质对反射光线的散射比。如图 1.16 所示。

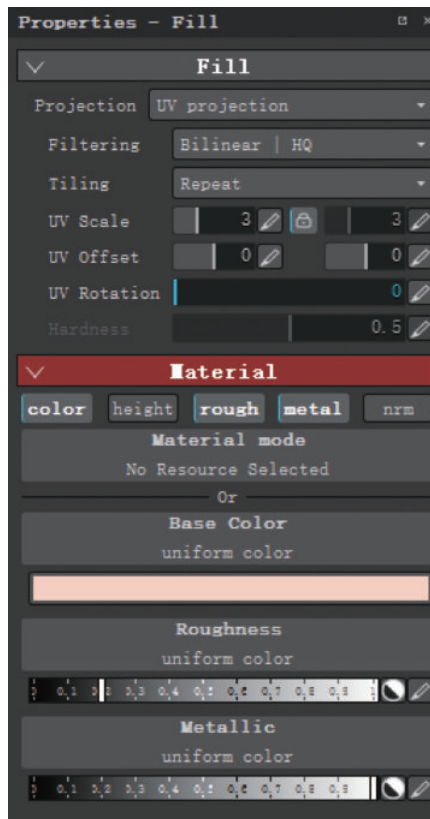


图 1.16 材质属性

通俗地讲，一个材质的金属度越高，那么在光线照射其表面时，反射率应该更高，当然，这也是金属的特性之一。

粗糙度越高，则材质表面对光线的散射程度越高。

光在材质表面的反射、漫反射的值永恒定小于入射值。

漫反射光线（材质吸收 + 散射）+ 反射光线 = 入射光线

5. 观察聪明材质属性

删除“Copper Pure”材质层，在“Shelf”材质架窗口中选择左侧的“Smart Materials”（聪明材质）标签，选择“Copper”（黄铜）材质，并拖入“Layers”图层视图，如图 1.17 所示。

在图层视图中可以观察到，黄铜材质是由多个文件夹、图层及图层上的多种特效复合而成的材质。它能表现更多材质细节，例如细节纹理、凹凸、污渍等。

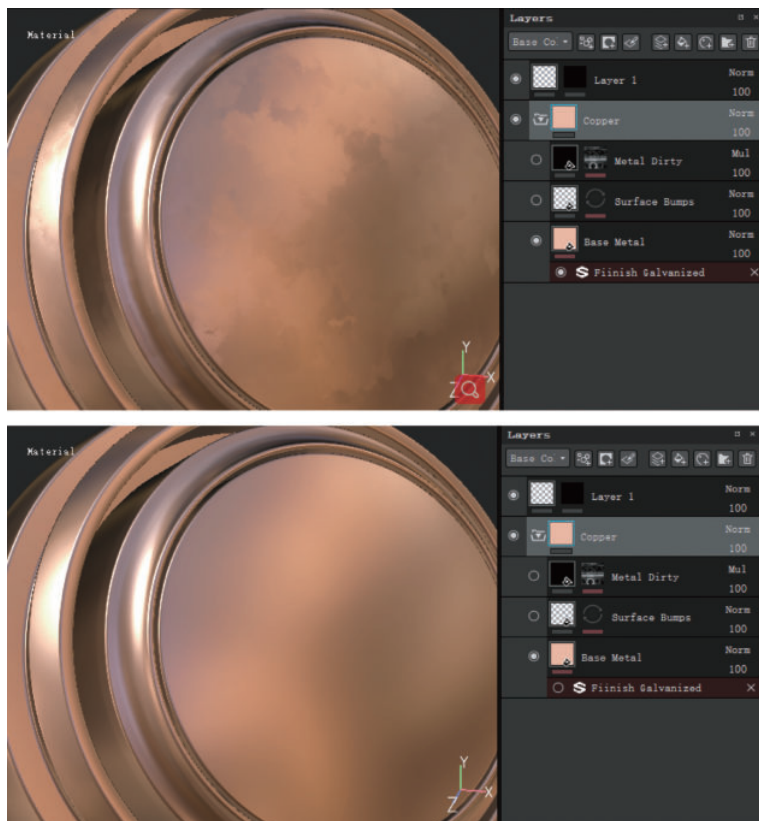


图 1.17 将“Copper”拖入“Layers”图层视图

关闭列表中所有的图层显示，从下至上依次开启图层显示，以观察各个图层的 effect。

在聪明材质图层设置中，通常是由底图控制材质基本颜色，进而上层添加部分表面的凹凸纹理，再往上的图层渐渐控制各部分细节例如脏渍、锈迹、磨损等效果。在多个图层的相互混合叠加下，组合而成一个完整的材质。



图 1.18 ID 贴图

※ 1.3 ID 贴图的作用和制作

由于在使用 Substance Painter 引擎制作模型贴图时，不同材质类型的贴图需要使用不同的方式，因此引擎提供了一个贴图通道用于区分不同材质间的模型关系，故需要学习制作 ID 贴图，以便后续的 PBR 材质渲染。

制作如图 1.18 所示的 ID 贴图，熟悉并掌握 ID 贴图的制作方法与作用。

引擎对于模型材质的区分条件是 ID 贴图投影在模型 UV 的色块区域，如图 1.19 所示，所以，在制作贴图时，要十分注意 ID 贴图是否有额外的非目标色块。

ID 贴图的制作主要有三个步骤：划分 UV 贴图的有效区；把模型的同材质部分的 UV 修改成不同颜色；导出贴图。

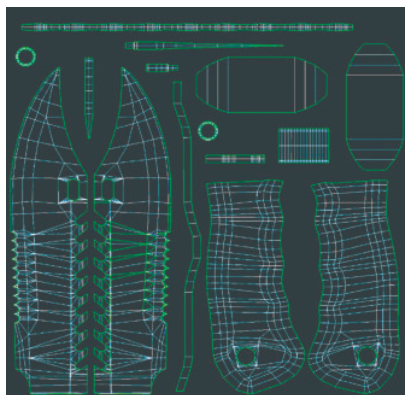



图 1.19 UV 案例


使用 Photoshop 打开配套光盘提供的文件“jundao_UV.png”，这是案例模型制作好的 UV 贴图。下面将以它为例来制作 ID 贴图。

选择图层中的 UV 图层。为了查看方便，将其图层名字修改为“UV”，将底色图层名字修改为“底色”。

1. 划分贴图有效区

①单击 Photoshop 的图层界面下方的“新建图层”按钮，新建一个图层，并且打开调色板，选择一种深灰色，选中新图层并且拖曳到图层最下方，按住 Alt + Backspace

组合键填充底色，如图 1.20 所示。

②单击 Photoshop 界面左侧工具栏中的“魔术棒”按钮或者按下键盘快捷键 W，在 UV 图层中单击空白的地方，选中空白区域。若 UV 有被隔离的空白小区域，可按住 Shift 键，再单击小区域加选。

确保选中所有空白处后，右击，弹出快捷菜单，单击“选择反向”进行反向选取。单击工具栏中的“选择”→“修改”→“扩大选区”，将扩展量设置为 4 像素，单击“确定”按钮，如图 1.21 所示。

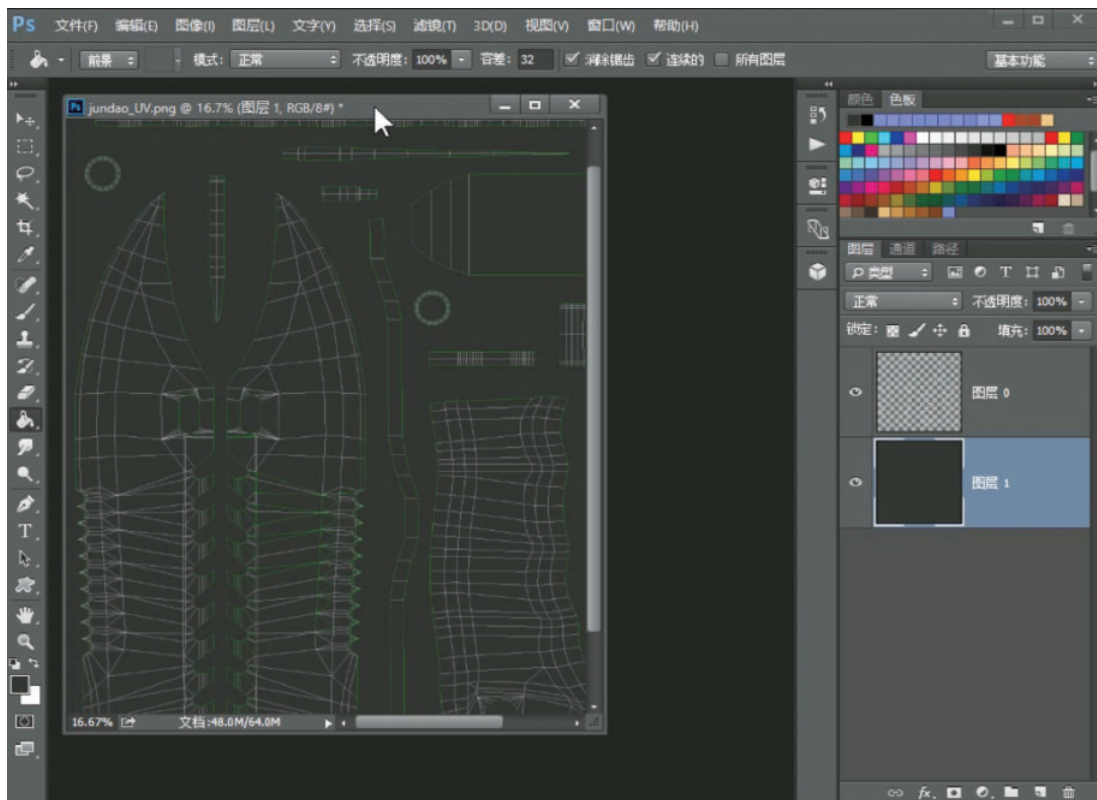


图 1.20 填充底色

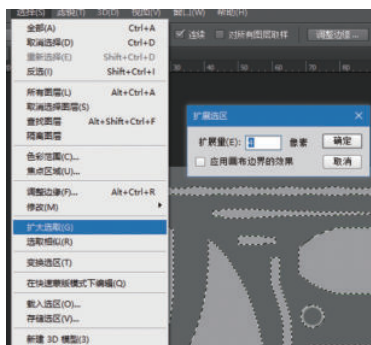


图 1.21 扩充区域

扩充好选区后，新建图层，选择一种与底色有明显区分度的颜色，填充进选择的贴图有效区，如图 1.22 所示。

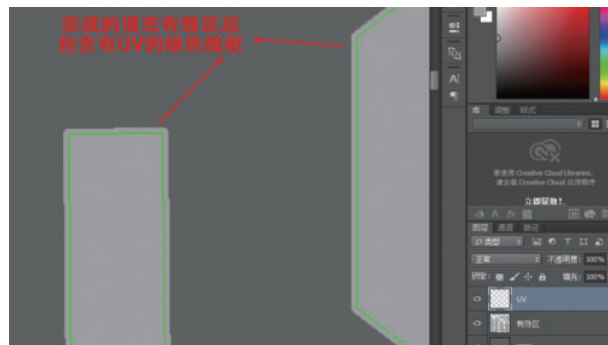


图 1.22 完成效果

2. 制作 ID 贴图

①在有效区图层上选中所有模型刀刀的 UV 部分，在调色板中选择一种较为鲜艳的颜色，例如橙红色。按

Alt + Backspace 组合键填充颜色。这样刀刃部分的 ID 贴图就制作完毕了，如图 1.23 所示。

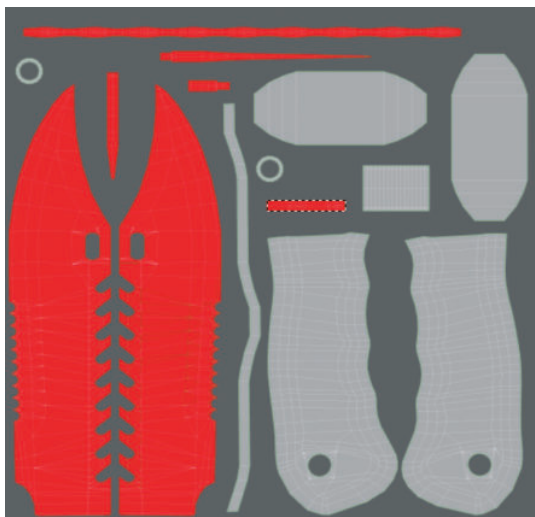


图 1.23 刀刃部分 ID 贴图

②挡板、金属环与军刀握把部分的 ID 贴图制作流程与上一步类似，分别为其添加黄色、绿色、蓝色或其他高对比度颜色即可，如图 1.24 所示。

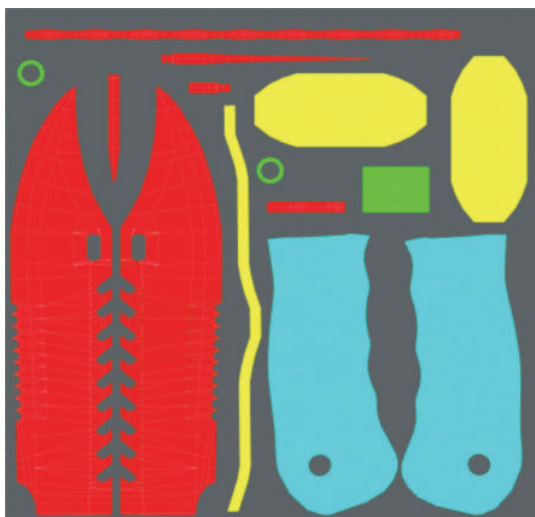


图 1.24 四部分 ID 贴图效果

③还需要为军刀的刀刃开刃部分添加一个 ID 选区，这将会是一个较为烦琐的步骤，因为刀刃开刃部分 UV 是刀刃 UV 的一部分，是无法直接用魔术棒工具选取的，因此只能使用多边形套索工具手动选取该区域，如图 1.25 和图 1.26 所示。

在左侧工具栏中选择第三个套索，右击，切换至多边形套索工具。

放大图层，在刀刃左侧的锯齿状 UV 部分中，使用多边形套索工具沿着 UV 网格选取开刃部分 UV。

④待选取好左侧所有开刃部分 UV 后，新建图层，选取颜色并且填充该区域。由于刀刃开刃部分（图 1.27 中

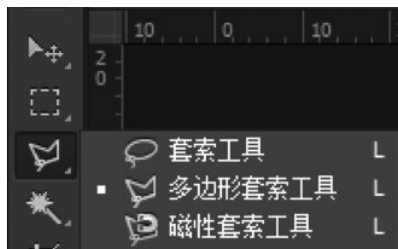


图 1.25 多边形套索工具

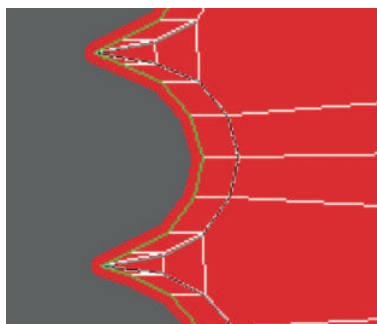


图 1.26 手动选取示例

的深蓝色)与刀刃部分(图 1.27 中的红色)有重叠，因此需要确认图层中刀刃开刃图层在刀刃图层的上方。这样在显示画面时，蓝色 ID 才不会被红色 ID 遮盖。

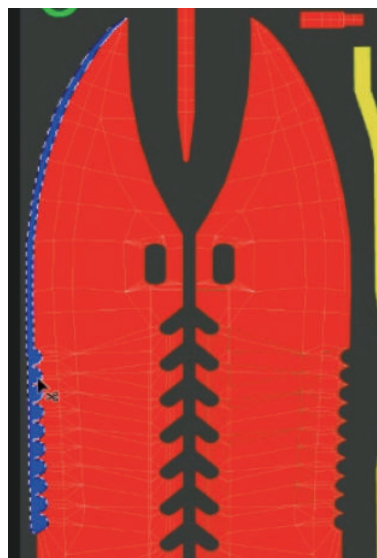


图 1.27 刀刃开刃

由于 UV 部分有左、右两个刀刃部分 UV，并且垂直镜像分布，因此该开刃部分内容可以直接复制到右侧。

选中开刃 ID 图层，按下 Ctrl + Alt 组合键，移动鼠标复制图层区域。按 Ctrl + T 组合键，将该区域变更为自由变换区域。右击，在快捷菜单栏中选择“水平翻转”，按 Enter 键确认更改，如图 1.28 所示。

将图层移动到右侧刀刃开刃部分，对准 UV 线框即可，如图 1.29 所示。