

浅析 PBR 贴图技术在金属贴图制作上的应用

孟子球

The Analysis of the Application of PBR Technology in Metal's Texture Making

Meng, Zi lu

2017 年 4 月 27 日

批注 [产1]: 论文标题字体为黑体二号
毕业论文（设计）题目字数不得超过 20 个汉字，题目过长时可加设副标题，副标题前加破折号，即“XXXXXXXX—XXXXXXXX”，副标题需另起一行与主标题居中对齐。

批注 [产2]: 英文题目应为 Times New Roman 斜体二号，除副词以外单词首字母大写，居中。中文标题在上，段前空 8 行，段后空 1 行，下接中文署名；外（英）文标题置于中文署名下，段前空一行。外（英）文标题与中文标题应在内涵上一致，斜体。此外，正文中若未设“引论”条次的标题，正文前也可冠以论文题目，三号黑体，居中，段前段后各空一行。

批注 [产3]: 毕业论文（设计）作者的中文署名置于中文标题下一行，三号宋体，居中，段前空一行。作者姓名的译名署名置于外（英）文标题下一行，三号字体，加粗，居中，段前空一行。中文译名一般用汉语拼音：姓前名后，中间为半角逗号并空格（即“，”）；姓氏的第一个字母大写，复姓连写；名字的首字母大写，双名中间空一格，名字不缩写；斜体。如：Zhang, Ying（张颖）；Wang, Xi lian（王锡联）；Zhuge, Hua（诸葛华）。

批注 [产4]: 数字应用 Times New Roman，毕业论文（设计）完成时间以“XXXX 年 X 月 X 日”格式列页底，汉字为三号宋体，加粗，段后空两行，与签名居中对齐。本页不要加页码。

摘 要

随着游戏产业的不断发展，次世代游戏逐渐走上游戏行业的主流，而伴随着主机显示器等设备的不断发展，玩家对于角色制作的要求也越来越高，如何在现有技术的支持下使角色更加写实成为重要课题。

本文针对已开发不同时期次世代主机游戏中金属物体在画面展示中的效果进行分析和探索，阐述了 PBR 贴图的含义。找出了 PBR 贴图在现有游戏中的应用，并且剖析了传统次世代游戏中金属物体的制作方式以及 PBR 贴图这一更先进的贴图制作方式。中国作为世界上最大的游戏市场对游戏质量的需求也是最大的，就美术造诣而言中国有着很大的优势但在技术上来讲还落后于国际上的发展。我们需要在悠久历史带来的艺术底蕴下活用先进的制作技术并主动开发新的制作流程以及制作方式来实现更好的视觉效果而努力，这也是对国际市场下广大游戏模型贴图艺术家的必然要求。

本文着重分析了国内外系列次世代主机游戏在不同时期不同贴图制作方式下的效果。对次世代游戏角色中 PBR 贴图技术的制作进行了学习，如何灵活的应用现有贴图软件制作 PBR 贴图并将其应用在游戏所需求的渲染当中是本文所探讨的问题。并根据研究结果，制作了毕业设计中金属物体的制作方案，并完成了毕业作品。最终对 PBR 技术的发展做了展望和分析。

本文主要创新体现在依据 PBR 贴图技术的概念总结出在金属贴图制作上的流程以及制作方法。

关键词： 次世代游戏；角色建模；贴图制作；PBR 贴图

批注 [产5]: 中文摘要应当单独设页。“摘要”两字间空两格，小二号宋体，加粗，占一行，居中，段前段后各空一行，结尾处无标点符号。摘要内容的版面设置与正文相同。

批注 [产6]: 中文“关键词”应当排在“摘要”正文下一自然段。“关键词”前空两格，小二号宋体，加粗，后接冒号“：”，各个关键词用小四号宋体，其间用分号“；”分隔，段前空一行。

Abstract

With the continuous development of the game industry, the next-gen game gradually becomes the mainstream of the game industry. With the continuous development of display devices like the host, players' requirement of characters is becoming higher and higher. So the important topic is how to make the role more realistic under the existing technical support.

This paper analyzes and explores the effect of metal objects in the next-gen of host games in different periods, which elaborates the meanings of the PBR. This paper finds out the application of the PBR map in existing games and analyzes the methods of making metal objects in traditional next-gen games and PBR map, which is a more advanced method of making maps. As the world's largest gaming market, China has the largest demand for quality of the game. China has a large advantage in terms of artistic attainments, but still lags behind the international development technically. We need to use advanced production technology and take initiative to develop new production processes and production methods under the artistic background brought by the history to create better visual effects, which is also the inevitable requirement of the game model mapping artists of the international market.

This paper mainly analyzes the effect of the next-gen host games in different times and by different mapping methods at home and abroad. Making a study to the PBR mapping technology of the next-gen game role. The topic of this paper is how to make the PBR map and apply it into rendering games under the existing mapping apps. According to the results of the study, the author produced the production plan of metal objects in the graduation design, and finally completed the graduation work. In the end, the author makes a outlook and analysis to the development of PBR technology.

The main innovation of the paper is reflected on the production processes and production methods of metal mapping which are summarized on the basis of PBR mapping technology.

Key words: The next-generation game; character modeling; texture; PBR texture

批注 [产7]: 外(英)文摘要及关键词的翻译信息应在“中文摘要及关键词”页后另起一页。

外文摘要项的英文标示词用“Abstract”，小二号字体，加粗，占一行，居中，段前段后各空一行，结尾处无标点符号。

批注 [产8]: 首段不缩进

批注 [产9]: 第二段起首行缩进 1 格

批注 [产10]: 外文关键词排在外文摘要正文下一自然段。英文用“Key words”，小三号字体，加粗，左顶格对齐，后接英文状态下的冒号“:”，各个关键词用小四号字体，其间用英文状态下的分号“;”分隔。第一个关键词的第一个字母大写，段前空一行。是从其题名、层次标题和正文中选出来的，能反映论文主题概念的词或词组。一般为 3~8 个关键词。

英文摘要也要另外起序

目 录

引 论.....	1
一、次世代贴图技术在金属制作中的国内外发展现状.....	1
（一）传统次世代贴图技术在国内外游戏中的应用.....	1
（二）PBR 贴图技术与传统贴图技术的比较分析.....	3
（三）PBR 贴图技术在国内外游戏中的应用.....	4
二、PBR 贴图技术在毕业设计《正义联盟》中的应用.....	6
（一）毕业设计的设计想法.....	6
（二）毕业设计的设计方案.....	7
三、毕业设计展示.....	7
结 语.....	12
主要参考文献.....	13

批注 [产11]: 目录应单设一页。“目录”两字间空两格，小二号宋体，加粗，占一行，居中，段前段后各空一行，结尾处无标点符号。

批注 [产12]: 目录下各项内容应标明与论文正文中相应内容相互对应的页序，标题与页序之间的空格应当用中圆点填充。目录内容只列两级：条次级（即“一、”）用四号黑体，加粗，左顶格；款次级（即“（一）”）用小四号宋体，左边缩进两个空格。目录各项相应页序统一为右顶格对齐。

目录要重新开始计算页码

引 论

1977 年 ATARI 公司出品了第一代游戏主机。虽然在此之前也有其他主机存在，但并不是用来玩游戏的。可以说 ATARI2600 开拓了真正的游戏机市场。电子竞技发展到 21 世纪，也逐渐融入了更多商业元素。伴随主机系统的不断升级能够实现的游戏品质也随之提升，作为视觉动物的人们对于游戏中带来的视觉感受在基于游戏优秀内容的前提下不断提升，这也给游戏美术的工作人员带来更高的要求。如何在现有技术的支持下提升画面品质，成为重要的研究课题。基于传统制作方式的瓶颈之下产生了这种全新的贴图技术 PBR。

PBR 的全称为 Physically Based Rendering 意思是基于物理的渲染，这是一种区别于原来需要对金属材质数值进行猜测而制作贴图的方式，而是直接从物理上来模拟不同场景下的灯光属性，这使得作为贴图制作者的我们有了更大的创作空间来追求物体本身颜色的搭配不被其物理属性所拘束。因此更早更好的引用这项技术也能够让我们的游戏在市场中占到更大的优势。

本文通过探讨 PBR 贴图技术的应用，并将其与传统方式进行比较，依据 PBR 技术的原理找出更高效便捷的 PBR 贴图的制作流程，并将其应用在毕业设计当中，给出 PBR 贴图金属材质的最终制作方案。

一、次世代贴图技术在金属制作中的国内外发展现状

（一）传统次世代贴图技术在国内外游戏中的应用

索尼公司在 2013 年 2 月 20 日发布的 Play Station3 和微软公司于同年 5 月 21 日发布的 Xbox 360 开启游戏的高画质品质时代，伴随对高画质品质要求的不断增加，游戏角色在视觉感官上写实效果要求也就越来越高，也因此走向“次世代游戏”^①这一新游戏形式。

制作次世代游戏角色贴图，为区别于原来低精度游戏模型，首先需要有一个高模来表现所制作角色的所有细节，然后通过拓扑将这个表现细节的高模制作成为一个高度概括形体的低模并且分展此低模的 UV。利用 3dmax 或者 Xnormal 等软件将高模信息烘焙成一张 Normal map 和一张 AO map^②，这也是次世代游戏角色制作方式的特点之一，次世代游戏贴图的种类根据所使用的引擎不同，也有所区别，如图 1 金属武器的三种贴图所示，对于金属材质物体而言主要分为 Diffuse map、Normal map 以及 Specular map。将真实的金属颜色纹理绘制在三种贴图

^①次世代游戏，代指“下一代游戏”，运行于 ps3 或 pc 等或更高端的平台之上的游戏。

^②AO map：全称为 Ambient Occlusion。环境吸收或者环境光吸收。

批注 [产13]:“引论”可作为一个单独条款排列，“引论”两字间空两格，但在标题前不加题序，格式规范同条款。一般情况下，论文应当有“引论”项，但其内容不宜分设款和项来表达作者观点，可用文字表达必须的层次。如果引论内容不长，也可不列“引论”字样作为标题，只用一个自然段综合表达即可。

批注 [产14]:论文的每一自然段、每一层次单行列示的题序和标题前均按汉字书写习惯缩进（即首行缩进两个字符，专门规定“居中”的除外），论文中所有英文大、小写一律用“新罗马体（Times New Roman）”半角字符。论文中所有中文表述内的标点符号应当统一用全角状态下的字符，而所有英文间的标点符号则统一用半角字符，但均应在标点符号后加一空格。论文中凡是涉及阿拉伯数字的一律用半角字符（如 12345），而不宜用全角字符（如 1 2 3 4 5）

批注 [产15]: 注释形式。论文中的注释一律采用随文加注的方式，运用脚注形式标注。

注释序号。注释序号一律以带圈的数字用上标编号，如“XXXXX^①，……”（提倡用 word 软件的“插入”——“脚注”中的自动编码功能）。注释的序号每页从“①”起重新编号，且不宜直接置于单列一行的条、款、项、目上，也不宜直接置于相关表格名、插图名以及公式之后，而应当置于相应的导入性文字中。除直接引注外，注释序号一般宜插于文尾的标点符号内。

注释格式。注释的内容用小五号宋体（即通用 word 软件的默认标准）。注释中凡是涉及引用相关文献时，其标示内容及格式规范与后述参考文献的要求相同。

本文要重新开始计算页码

并将其放入到游戏引擎^①中进行渲染，根据游戏场景中所需要的灯光文件不断进行调整，从而完成贴图的制作。

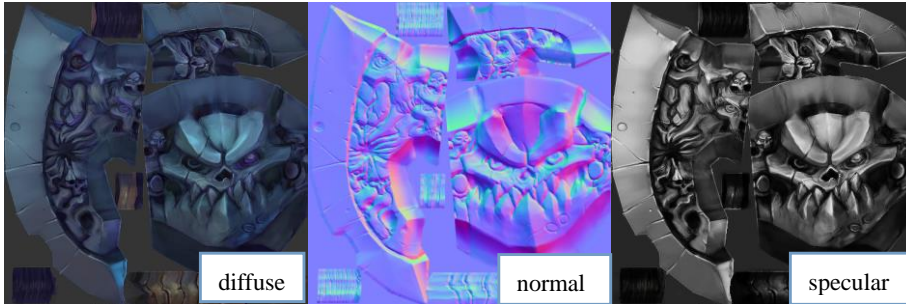


图 1 金属武器的三种贴图

在国际上，自 PS3 等游戏机的问世之后国际上大量次世代游戏涌入市场，例如：《使命召唤：现代战争》、《反恐精英：职业版》、《决战太平洋》、《虚幻竞技场》等等。采用了传统次世代贴图技术的游戏中无论是角色还是场景都从视觉上带来极大的冲击，画面从原来的 2D 变为立体的 3D，遵从于现实物理光照原理的贴图使得游戏画面更加的写实化，并且伴随主机的不断发展，画面质量也不断的提升，如图 2，图 3 所示。



图 2 《神秘海域 1》游戏场景图



图 3 《神秘海域 3》游戏场景图

相较于国际上的快速发展国内 2015 年发布了第一款次世代游戏《Phantom》。

^① 游戏引擎：指一些已编写好的可编辑电脑游戏系统或者一些交互式实时图像应用程序的核心组件。

批注 [产16]: 注释的序号每页从“①”起重新编号

批注 [产17]: 1. 图序统一用阿拉伯数字，且必须连续，不得重复或跳跃。若全文仅有一个插图时，亦可在图题前加“附图”字样。毕业论文（设计）中的插图以及图中文字符号应打印，无法打印时一律用钢笔绘制和标出

2. 图序和图题置于插图下方，标为“图 X XXXXXXX 图”，小四号宋体，加粗，居中。若某插图由若干个分图所组成，则各分图用“图 Xa”、“图 Xb”、“图 Xc”……标出。一般情况下，插图来源的交待用注释形式提供即可，若有特别需要时，也可于图序和图题下另设一段专列“资料来源：”项以及“图标说明项”（首行缩进，小五号楷体）。插图、图序、图名及必须的“资料来源”和“图标说明项”必须排于同一页内。

3. 文中凡导入插图时，均应使用类似“见图 X 所示”的导入语，不宜用“见下图所示”。插图导入语不宜直接用于论文各层级标题中，如：

“3. XXXXXX（详见图 1）”。

在此之前国内各大公司一直作为国际大型游戏的代理运营，例如：《魔兽世界》。在国内并没有自主研发的次世代游戏。

（二）PBR 贴图技术与传统贴图技术的比较分析

由于渲染方式的本质性变化这使得两种贴图在制作上呈现了两种不同的流程，对于传统制作方式的是 Specular 工作流而对于 PBR 来说则变成了 Metalness 工作流。新的工作流更加的完整，对于模型贴图制作者来说更容易理解。

在 PBR 贴图的制作中 Diffuse map 变成了 Albedo map^①，这种贴图就是物体的固有色，在制作上不用区分它的材质信息。但是 Metalness 工作流只是简单的将物体分为了金属材质和非金属材质，因此在游戏的制作中在其表现上制造了麻烦。除此之外 Metalness 工作流极大的减少了储存空间。

如图 4 所示，金属作为一种特殊的材质它的光反射率在 60%~90%之间，这就意味着大多数的光线在照射的时候都不能进入物体内部而是反射出去。也正是由于金属物体与非金属物体具有这种光反射的特点因此使用 Metalness map 来控制材质的属性。这让贴图制作者在色彩的搭配上能够投入更多的精力而不是靠原来的 Diffuse map 和 Specular map 搭配，在考虑环境光对物体影响的情况下来进行制作。

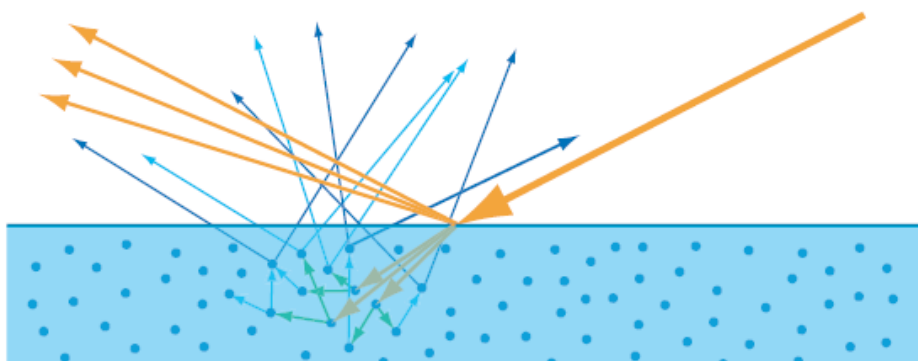


图 4 金属物体与非金属物体的反射强度示意图

对于游戏玩家来讲，PBR 贴图技术让游戏中的画面更加真实，人物角色的装备更加细腻，而新版本的游戏《天谕》就很好的为我们展现了这一特征，如图 5 所示。

批注 [产18]: 避免背题。论文中凡是单列一行的各级标题均不得背题（即标题出现在某页的最后一行，内容在次页），必要时应强制使用相关软件中另起一页的排版功能。

^①Albedo map: 反射率贴图。



图 5 《天谕》游戏新旧版本角色金属装备的比较图

（三）PBR 贴图技术在国内外游戏中的应用

PBR 贴图技术的发展让次世代游戏的发展走上一个新的高潮。PBR 作为一种着色与渲染的方法，它提供了一种更为精确的方法，来变现光如何与表面交互^①。在金属物体的制作过程中，在拥有 Normal map 以及 Diffuse map 之后将要制作 Metalness map^②和 Gloss map^③ 来表现金属物体在现实环境当中的视觉效果。针对于这一系列种类贴图的需求出现了 Quixel SUITE 和 Substance Painter 贴图制作工具，实现了贴图自动化的制作方式，大大加速了贴图制作者的工作效率。

国际上在 2016 年发布的次世代 PC 游戏当中绝大部分应用了这一技术，例如：《幽浮 2》、《看门狗 2》、《杀出重围：人类分裂》、《巫师 3》等等。而其中《巫

^① 资料来源于：Wes McDermott. *PBR Guide*. www.allegorithmic.com, 2015-02-08.

^② Metalness map: 金属性贴图，变现物体对光吸收能量的多少

^③ Gloss map: 光泽贴图

师 3》的画面效果尤为突出，如图 6 所示，其利用这一技术将画面中出现的事物给人一种如临其境的感觉。



图 6 《巫师三》游戏画面图

《巫师三》通过对模型以及贴图在尺寸上的升级使得画面的表现更加精致，通过 PBR 贴图技术让画面中物体尤其金属物体的质感更加真实，从《巫师》三个系列可以看出在角色身体上的金属配饰的不断变化。如图 7 所示从左至右分别是游戏第一部、第二部和第三部中主人公的画面，在画面中我们可以清晰的看到主人公身上的金属铠甲配饰逐渐的写实化。第一部中主人公手部的金属配饰只表现了它的颜色并没有表现出金属的光泽，第二部中配饰以及剑柄上虽然在反光的处理上做了一定的处理但是并不自然只表现了金属扣以及配剑边角上的高光，没有细节上的处理。到第三部中角色身体上大面积的出现了金属铠甲和金属护腕，从高光到细节上的反光以及金属物体出现划痕都有了更加细腻的表现，在铠甲上出现的锈迹，在光泽的变化上也有了区别，这让玩家从视觉上直接能分辨出物体材质的区别。并且随着场景的变化，角色身上铠甲的反光也会跟着变化，这也明显区别于前两部中金属物体固定的反光区域，带来更加真实的视觉效果。



图 7 《巫师》三部游戏中主人公画面图

就国内而言 PBR 贴图技术作为一种前端技术逐渐被大型公司所引进，但目前而言并没有广泛的普及开来，只有极少数的游戏进行了更新，例如：《天谕》、《天涯明月刀》。少数动画公司将 PBR 贴图技术应用在了 CG 动画当中，例如：《画江湖》、《秦时明月》。同样在动画中 PBR 贴图技术减小了传统 Maya 动画中渲染压力，通过引擎的渲染能够更加高效制作出写实的作品。就这一发展形势来看，PBR 贴图技术将会逐步普及。综上所述，PBR 贴图技术在革新了传统制作流程的同时给美术品质也带来了革新变化，但目前并没有对于 PBR 贴图制作明确详细的讲解，因此本次毕业设计将根据 PBR 的理论依据，把传统制作技巧应用到新的 Metalness 工作流当中，通过 Quixel SUITE 等工具的帮助制作出更加写实的金属物体。

二、PBR 贴图技术在毕业设计《正义联盟》中的应用

（一）毕业设计的设计想法

在角色的制作中将 PBR 贴图技术应用到金属物体的制作当中效果相对突出的便是神奇女侠金属制成的铠甲以及蝙蝠侠的金属武器配饰，漫威漫画在国内有着雄厚的粉丝市场，并且漫威超级英雄主题电影在国内热度也不断提高，刚刚结束的《蝙蝠侠大战超人》中三位超级英雄的联合出演给人们留下深刻印象，如图 8 所示，也将这三位演员与三位超级英雄的形象紧紧联系在一起。随着话题热度不断提高很快依据电影而改编的游戏也会出现在各大平台，有着依靠市场热度而创作的内容如果将角色画面能够做的栩栩如生，那么将会吸引大批的漫画迷和影迷来玩这款游戏。



图 8 《超人大战蝙蝠侠》海报图

（二）毕业设计的设计方案

在毕业设计初期的构思中，结合当前的市场需求分析以及体现金属材质的表

现选择了热度较高的《正义联盟》三位主人公。

制作的初期笔者查找了大量关于这三位演员的照片资料以及漫画中三位角色形象的图片资料，结合大量人体结构的书籍掌握人体结构规律，由于这三个角色都属于超级英雄，因此在肌肉体块的表现上要比正常人更加健壮，超人具备超级能力，肌肉的线条相对优美，蝙蝠侠作为没有超能力的英雄角色在漫画的设定中身体更加强壮，肌肉体块更加宽厚。学习了游戏模型制作中硬表面的表现方式，制作好的贴图的前提是要有好的模型作为基础，因此在初期对于三个角色的模型制作要下很大功夫。此外在漫威的漫画中关于角色的外貌有着鲜明的特征，男性超人角色的下巴中间都有一条沟壑，并且正义的角色面部的棱角都很分明，两位男性演员都具备了这一鲜明的特点，因此在制作中也应牢牢抓住这一特点。在女性角色的制作中严格的遵循了电影中的形象以及服饰特点，服饰中的装饰以及护甲都是金属材质，这在最后展示中能够更加表现出 PBR 贴图技术的优势。在制作计划中人物模型主要使用 Maya 进行初步的低模制作概括人物角色的主要形态，然后进入到 Zbrush 中进行高模雕刻更加精准的调节角色的脸部特征和体态，参考电影画面当中角色性格来进行体态表现和衣着道具的细节雕刻，最大程度在视觉上还原角色外貌特征。贴图的制作使用 Photoshop、Quixel SUITE、Substance painter，金属物体的制作在传统次世代贴图的制作流程之上应用了 Metalness 工作流程来进行表现，由于这一 workflow 只能简单的区分金属和非金属物体，因此在角色的皮肤上应用了 Marmoset 渲染器中模拟 SSS 贴图^①绘制方法。最终通过游戏渲染引擎 Marmoset Toolbag2^②进行打灯渲染将角色呈现出更符合概念设定中角色性格的效果。

三、毕业设计展示

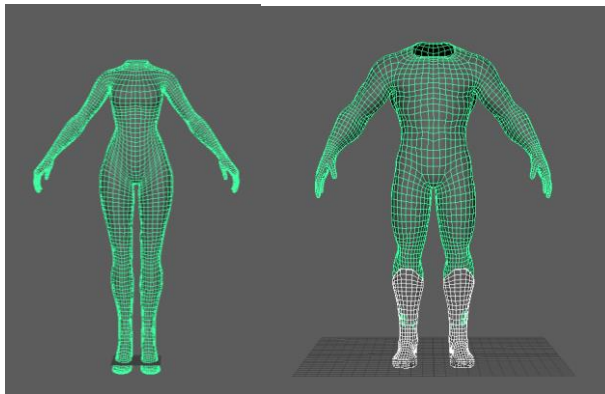


图 9 制作初期图

^①SSS 材质：Sub-Surface-Scattering 的简称，是指光线在物体内部的色散而呈现的半透明效果。

^②Marmoset Toolbag2：八猴渲染器，实时渲染器。

如图 9 所示，制作初期在 Maya 中建立初步的人体模型，由于模型的目的是要让角色动起来所以在布线上要严格按照圈线进行分布并且为了更好的制作贴图，线与线之间的距离也要平均分配。为了骨骼的绑定，角色的关节部位都要由三条线环绕且全部都为四边面，为了合理的分配布线要严格的控制五边线的应用，将其分布在腋下、臀部以及脚踝处。为了保障脸部能够在 Zbrush 中进行更好的雕刻来获取更精细的 Normal map，因此将头部模型与身体模型分开进行制作。为了纹理的绘制，在此期间便将模型的 UV 分展完好。

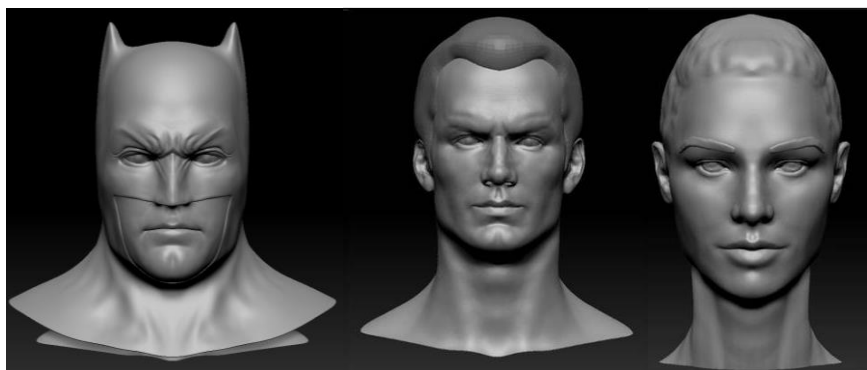


图 10 头部高模雕刻图

如图 10 所示，在 Zbrush 中进行高模雕刻，在电脑可以承受的模型面数内尽可能多的将物体的信息表现出来。这样才能保证 normal map 的质量。

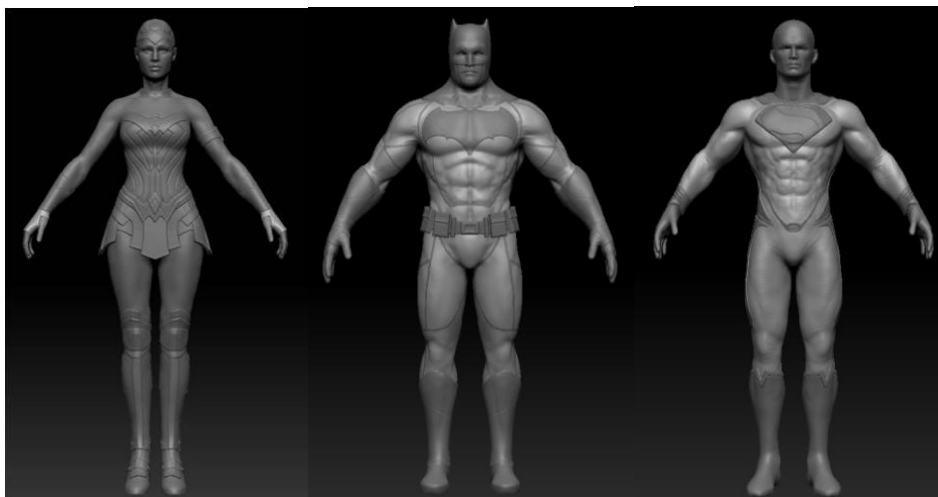


图 11 身体高模雕刻图

角色的头部制作使用了先高模后导入 TopoGun^①中拓扑的方式，将制作好的头部低模放入身体文件当中进行匹配，依据头部比例对身体比例进行调整后进行细节雕刻(如图 11 所示)。在蝙蝠侠和超人的雕刻中为了表现衣服细节上的纹理，

^① TopoGun: 拓扑软件。

我选择了 Zbrush4R7 中 NANOMESH^①功能进行制作，使纹理的拼接比传统的笔刷绘制更贴合，更接近于现实中衣服的纹理分布，制作效率也大大提高。

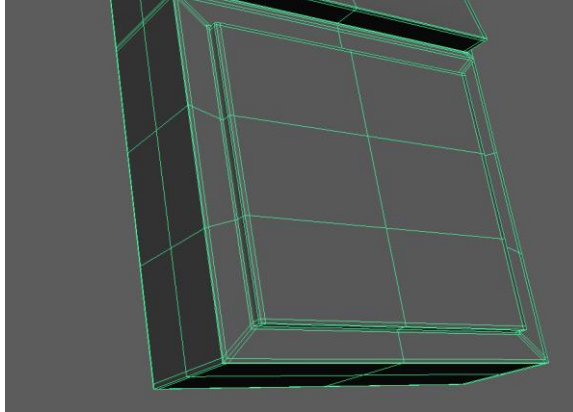


图 12 硬表面建模图

如图 12 所示，对于角色身体上的金属物体的低模构建，为了在 Maya 中 3 的模式下进行渲染，在每个模型转折的边界处都构建了三条边线。

使用 xNormal 烘焙物体的 Normal map 以及 AO map，并通过带有 UV 边线的贴图制作 ID map^②用来区分同一张贴图中物体的不同颜色属性。

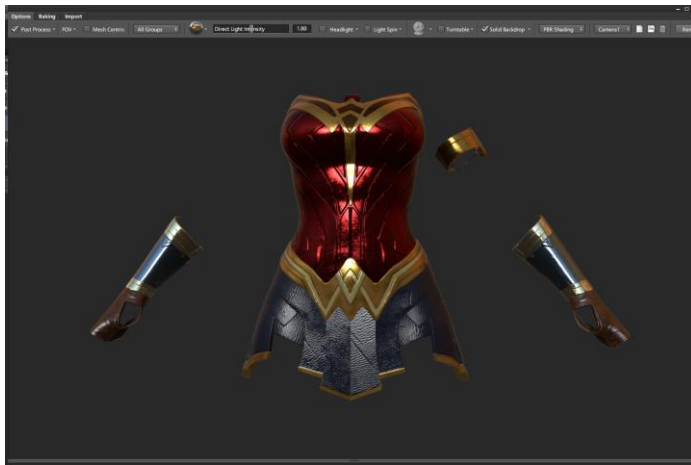


图 13 贴图制作图

将已经制作好的三张贴图以及整理好的 OBJ 模型导入到 Quixel SUITE 中进行绘制（如图 13 所示）。如图 14、图 15 所示，从图片中可以看出贴图种类发生了变化。

^① NANOMESH: Zbrush 软件中制作纹理的功能名称。

^② ID map: 身份贴图，用来区分同一张 UV 中的不同颜色材质的物体。

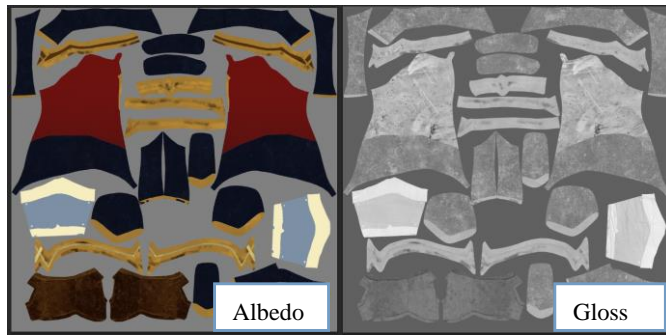


图 14 贴图绘制图

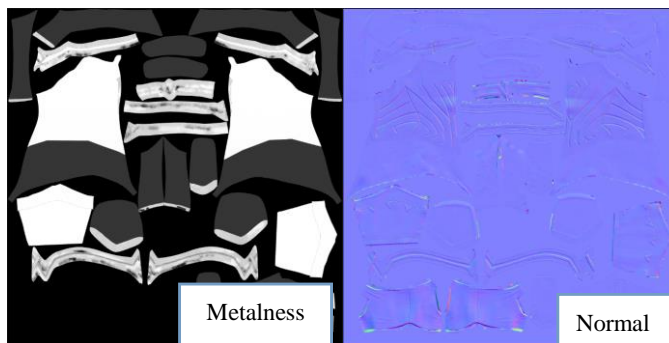


图 15 贴图绘制图

将制作好的贴图储存成 TARGA 格式后导入 Marmoset Toolbag2 中进行实时渲染测试，在基础灯光的场景中不断对金属物体表面的颜色以及划痕进行调整。



图 16 渲染测试图



图 17 头发的制作图

如图 17 所示，头发的制作选择用面片和透明贴图来进行表现，这样能够保障在表现头发最佳效果的同时最大化的减少模型面数，虽然用体块的模型也能表现体积但是在效果上不能表现出头发层层叠加和穿透的效果。



图 18 最终效果图

在最终的渲染上我选择了 Marmoset Toolbag2，它作为一款渲染引擎能够实时呈现出角色的渲染效果，并且在材质球上遵循了 PBR 的原理，在角色皮肤的表现上模拟了 SSS 材质球的表现形式，使其在渲染上最大程度的写实化（如图 18 所示）。

结 语

材质贴图的制作是 3D 游戏角色制作过程中非常重要的部分，好的贴图能够使模型表现出更加精细的效果，PBR 贴图在优化渲染运算的同时为贴图尺寸留下了更大空间供制作者来进行绘制，不用对物体表面属性以及反射程度等进行猜测，更加容易的获取带有真实感的资源。PBR 贴图技术的发展也推动了 CG 动画与游戏制作上的联动，让游戏画面更加优质，让 CG 电影动画在制作中节约更多的资源。中国作为国际上最大的游戏市场，国内优质游戏产量却供不应求，将大量的市场资源贡献给欧美国家，游戏产业作为第三产业能够为我国的经济市场带来巨大收益，但现有作品竞争力却远远不够，在生活当中绝大多数的玩家将画质的质量作为游戏升级换代的衡量标准，因此如果我们不能在国际大潮下快速追赶其制作技术，那么我们得天独厚的历史文化留下的艺术底蕴都无法呈现在作品当中。虽然国内 CG 动画的产出量在不断的增加，但是制作时间消耗大以及画面效果不够理想的问题层出不穷，如果能够合理利用 PBR 贴图技术，用更少的时间创作出更加优质的画面，那么也会带来巨大的经济收益，给国际动画市场带来冲击。鉴于次世代游戏逐渐走上主流方向，对 PBR 贴图的需求也会逐渐增加，越早越快的掌握这门技术能让我们在国际游戏市场的冲击下逆流而上。本文通过对 PBR 贴图技术的分析说明，结合近几年国内外优秀游戏作品进行分析，了解到 PBR 技术的重要性，要结合已有的制作软件，大胆创新制作方式，结合我们传统文化作为内容基础，不断提升画面质量和制作效率，不断提升我们原创的游戏作品的竞争力。

批注 [产19]: “结语”两字间空两格，但在标题前不加题序，规范要求同条次。如果结语内容不长，也可不加“结语”字样，而只是在正文后另起自然段写出结语类的文字即可（如：综上所述……），但段前空一行。

主要参考文献

- [1] 黄超. 浅谈写实绘画色彩对次世代游戏角色贴图绘制的影响. 美术教育研究, 2003(11):16.
- [2] 李浩. 世界游戏制作大师. 第 6 版. 北京: 中国传媒大学出版社, 2009:220-226.
- [3] 李然. 基于次时代游戏模型美术标准的制作技术研究. 湖北成人教育学院学报, 2015 (3): 31-32.
- [4] 刘永刚. 法线贴图原理与分析. 艺术科技, 2015 (9): 29-30.
- [5] 王伟, 姚勇. 3ds max&photoshop&zbrush 次时代游戏美术制作实例详解. 电子工业出版社, 2008: 42-45.
- [6] 王晓东. 次时代游戏视觉艺术研究. 技术与市场, 2011, 18 (12): 191-192.
- [7] 许广彤, 祁跃辉. 游戏角色设计与制作. 人民邮电出版社, 2010(4):32-33.
- [8] 游艺网教育部编. 次时代游戏角色制作. 清华大学出版社, 2015(12):45-46.
- [9] 张蕾. 网络游戏设计制作的发展趋势. 吉林大学硕士学位论文, 2012. 5.
- [10] 周飞. 法线贴图技术在次世代游戏图像中的原理及应用. 湖北经济学院学报(人文社会科学版), 2012, 09 (06): 40-42.
- [11] 湛宝业. 刘若海. 游戏美术设计宝典. 清华大学出版社, 2015(1):320-321.
- [12] Adams E.Wang Pengjie. *Fundamentals of Game Design*, 机械工业出版社, 2009(10):155-156.
- [13] Gaetan Lassagne, Wes McDermott. *The Comprehensive PBR GUIDE*. 2015(1):203-204.
- [14] Joe Wilson, *PBR Texture Conversion*, www.marmoset.com, 2016-09-16.
- [15] Wes McDermott. *PBR Guide*. www.allegorithmic.com, 2015-02-08.

批注 [产20]: 列示方位。 主要参考文献列于文末, 应另起页。“主要参考文献”字样位置居中, 段前段后各空一行, 小二号宋体, 加粗, 结尾处无标点符号。

批注 [产21]: 主要参考文献的列示数量不少于 15 项 (其中至少应包括 3 部以上的著作, 还应当至少包括 2 项以上的外文文献)。中文文献在前, 以拼音顺排列, 外文文献在后以 ABC 顺排列, 外文书名或文章名以新罗马斜体标识

批注 [产22]: ●论著图书类文献

[序号] 作者. 书名. 版次. 出版地: 出版者, 出版年: 引用部分起-止页. 示例:

[1] 余敏, 张光明. 企业集团问题研究. 第 3 版. 北京: 经济科学出版社, 2001: 179-193

批注 [产23]: ●学术刊物类文献

[序号] 作者. 文章名. 学术刊物名(版别), 年, 卷(期)/年(期): 引用部分起-止页.

示例:

[5] 张晓东, 张庆红, 叶瑾琳, 等. 企业管理学研究的若干理论问题. 北京大学学报(哲学社会科学版), 1999, 35 (2): 101-106.

批注 [产24]: ●译著图书类文献

[序号] 作者. 书名. 译者, 译. 版次. 出版地: 出版者, 出版年: 引用部分起-止页.

示例:

[4] 伯顿·克拉克. 研究生教育的科学研究基础. 王承绪, 译. 杭州: 浙江教育出版社, 2001: 38-42.

●学术刊物类文献

[序号] 作者. 文章名. 学术刊物名(版别), 年, 卷(期)/年(期): 引用部分起-止页.

示例:

[5] 张晓东, 张庆红, 叶瑾琳, 等. 企业管理学研究的若干理论问题...