

4K HFR HDR 立体三维 NPR* 动画制作技术与美学综述

张进年

2024 年 10 月 7 日

摘要: 本文综述了 4K HFR HDR 立体三维 NPR 动画的制作技术与美学表现, 重点探讨了这一新兴动画形式在结合传统二维动画美学与现代三维动画技术时所面临的挑战与机遇。分析了 NPR 动画在日式动画中的具体应用, 如非真实感渲染技术、模型布线优化等手段是怎样让 NPR 动画得以在三维环境中再现二维动画的视觉特征。最后讨论了高帧率、高动态范围和立体影像等技术在 NPR 动画中的应用及其对美学表达的影响。

关键词: NPR; HFR; HDR; 三维动画; 卡通渲染; 制作流程; 立体影像

0 引言

动画电影。

在观众对商业动画的印象中, 主要存在以下两种风格的区分:

- 以迪士尼为代表的欧美动画风格。其核心在于对“动画十二法则^①”的原始运用, 强调动作的流畅性和自然的动态表现, 尤其擅长通过精细的表情和动作传递角色的情感。经典作品如早期的《白雪公主》(*Snow White*, 1937) 和《狮子王》(*The Lion King*, 1997) 充分体现了这一风格的精髓。
- 以东映动画为代表的日式动画风格。虽然同样基于“动画十二法则”, 但在此基础上进行了更为夸张和风格化的延展。日式动画强调通过夸张的动态表现、富有张力的动作设计以及独特的叙事节奏, 来塑造强烈的视觉冲击力和情感传达。其作画风格具有鲜明的作者性特点, 常以原画师的名字命名独特的风格, 便于后来的学习和交流, 例如“金田系^②”、“中村方块^③”等。

随着计算机技术的飞速发展, 动画制作逐渐引入并广泛应用 3DCG 技术, 也有了完全依赖 3DCG 的制作流程。其中欧美动画因在 3DCG 制作流程上最为成熟和先进, 而成为行业的典范, 已然实现了 HFR HDR 立体的三维动画作品的产出, 如《功夫熊猫 4》(*Kung Fu Panda 4*, 2024), 梦工厂动画 (DreamWorks Animation) 宣布此为首部高帧率 48FPS 格式

而在日式动画领域, 东映动画于 1993 年在《美少女战士 R》(*Sailor Moon R*, 1993) 中率先引入了 3DCG 技术。随着制作流程的不断优化, 计算机技术和 3DCG 逐渐加入到日式二维动画制作的各个环节, 也出现了以三维流程为主、二维流程修正为辅的三维 NPR 动画作品 [1]。如三次元 (SANZIGEN) 工作室的 *Band Dream It's MyGo* (2023)、Orange 工作室的《宝石之国》(*Houseki no Kuni*, 2017)。尽管如此, 当前 NPR 动画的制作流程与表现形式仍然深受传统二维动画的影响。例如, 在分镜设计上缺乏大气感, 虚拟摄影机的运动幅度较小, 在一些情况下甚至没有利用三维空间进行摄影机动画设计, 转而只在平面上制作摄影机动画。这种以二维动画美学为主导的创作方式在一定程度上限制 NPR 动画的潜力, 使其未能充分发挥三维动画制作流程的优势。因此, NPR 动画在美学上的探索空间依然广阔, 有待进一步开发与创新。

随着以 Blender 为主的各种开源工具不断完善对 NPR 动画制作流程的支持, 这种动画类型正逐步进入深入探索的阶段。由于其美学风格大量受到二维动画的影响, 观众在认知上往往将其与二维动画进行比较。因此, 在讨论三维 NPR 动画的制作技术时, 不能忽视对其美学观点的阐述。

*NPR: 非真实感渲染 (Non-Photorealistic Rendering)。

①动画十二法则: 由动画师奥利·约翰斯顿 (Ollie Johnston) 和弗兰克·托马斯 (Frank Thomas) 总结出的动画原则, 描述了提高动画表现力的方法。

②金田系: 以动画师金田伊功 (Kanada Yoshinori) 为代表的作画风格, 特点是较低的作画张数, 夸张的动作表现和透视效果。

③中村方块: 是动画师中村丰 (Yutaka Nakamura) 的独特风格, 指的是他在动作场景中常用的方形碎片效果, 这种风格以流畅、力量感而著称。

1 制作流程概览

对于 NPR 动画观众的审美预期通常建立在经典的二维动画基础上，所以其制作流程是在以三维流程为主的前提下，融合了二维动画工作者的美学指导和辅助。在尽可能保留二维动画审美观感的前提下，充分发挥三维动画的优势。

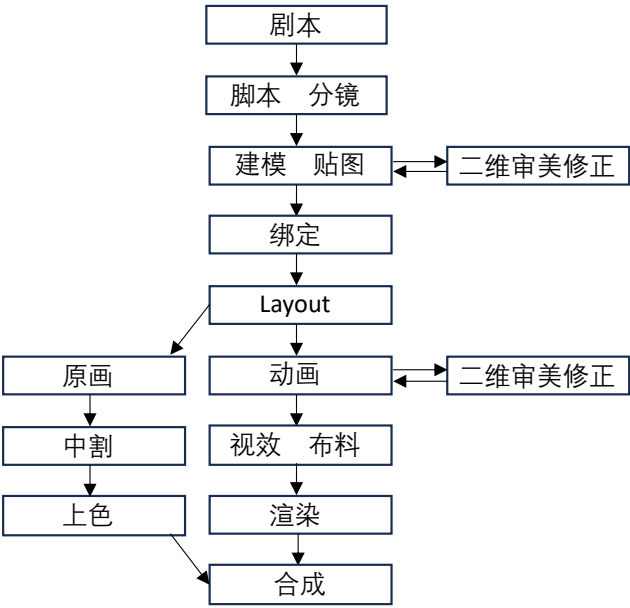


图 1: 简要制作流程

1.1 二维审美修正

在制作过程中，二维动画部门会对三维部门输出的资产建模和动画阶段的初步低质量渲染画面进行审查，并基于传统二维动画的美学标准，指出需要调整和优化的部分。其目的是让三维动画的视觉效果更接近观众所熟悉的二维动画风格，从而弥合技术和美学之间的差距。这种修正确保了虽然动画是通过三维技术制作的，但最终呈现的视觉效果仍保留了二维动画的独特美学特征，这一点在 NPR 动画中尤为重要 [2]。



图 2: 二维审美修正

二维动画部门的辅助是 NPR 动画,尤其是 CG 动画中至关重要的一环，它在很大程度上决定了 NPR 动画能否展现出与传统二维动画相同的魅力，特别是在角色设计、表情和动作表现方面。本论文所提出的高质量标准之一，正是基于部分二维动画美学的基础，但也主张抛弃某些阻碍三维动画优势发挥的审美观念，以更好地实现三维动画的独特潜力和创新表达。

1.2 二维作画流程

NPR 动画的创作者通常具备深厚的二维动画美学认知，因此在三维动画中融入手绘元素已成为一种常见的创作方式。因此，在制作流程中也会设置专门的二维作画环节，例如数海 DOVFX 工作室的《将进酒》(2022) 中有手绘的布料效果。

2 NPR 动画特别技术点

在 NPR 动画制作过程中，为了满足二维动画的美学倾向，创作者通常需要不断探索和创新，开发出适应这一特殊需求的全新制作方法和技术，这些方法通常基于二维动作工作者的美术指导与三维制作部门的交流。相比传统的三维动画制作，NPR 动画追求的并不是高度写实的画面效果，而是通过三维技术来实现具有二维视觉特征的动画风格，这一过程涉及多方面的技术调整和创新。以透视效果为例，三维动画通常依赖严格的网格和计算来构建精确的透视关系，而二维动画的透视则较为灵活，绘制时不必完全遵循真实的透视规则，更注重镜头的美感和构图的效果。因此，为了在三维 NPR 动画中实现更符合二维审美的透视效果，制作团队可能会在三维场景中进行手动调整，以达到更符合二维动画视觉风格的画面效果。[3]。

2.1 非真实感渲染

非真实感渲染 (NPR) 通过修改传统的 Phong 光照模型, 专注于实现卡通化的色块渲染风格。与传统的 Phong 渲染追求逼真光影效果不同, NPR 旨在通过描边突出物体轮廓、使用均匀颜色填充表面以及简化的阴影效果, 营造出更具艺术化和风格化的视觉效果, 模拟传统二维动画和卡通的独特风格 [4]。



图 3: 非真实感着色

从图 3 可以看到简洁的面部 NPR 效果, 呈现出干净利落的风格, 画面仅使用亮部和暗部两种颜色分割, 同时可加入高光颜色以增强细节层次, 阴影处理十分硬朗, 边缘通过描边突出轮廓感。这种渲染风格与日式动画的角色设计美学高度契合。

2.2 模型布线

NPR 动画对模型布线有着因镜头变化而不同的要求, 所有调整都以保证镜头下的视觉质感为核心目标。

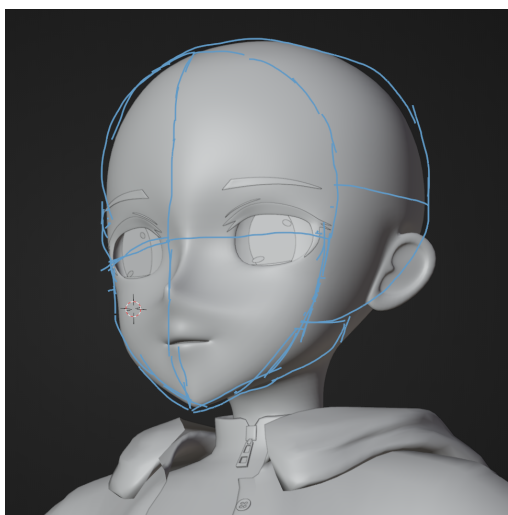


图 4: 辅助线定位五官

日式动画角色的脸部通常依靠平面上的辅助线来定位五官, 使其在不同角度下保持美观与一致性。在三维模型制作阶段, 应参考动画中的典型视角, 仔细观察模型在不同角度下的表现。最严谨的方法是在平面空间中通过辅助线来精确定位五官。然而, 未经特殊处理的三维模型在实际中很难完美呈现各个角度下符合二维审美的效果。

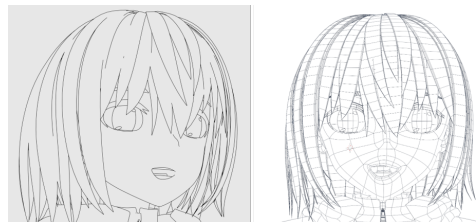


图 5: 嘴部扭曲

在动画制作阶段, 模型布线的唯一决定因素是摄影机视角下的效果。为了确保在特定视角下达到理想的美感, 必要时会对嘴部、脸部、鼻子等区域的原始布线进行刻意调整, 甚至做出较大的偏移。尽管这些调整可能会破坏模型在其他视角下的整体美感, 但优先保证摄影机视角下的视觉效果是核心目标。[5]。

3 4K HDR HFR 立体影像

在二维手绘动画的制作流程中, 通常分为两种类型: 一种是纸张手绘后扫描进入数字后期处理, 另一种是全数字化的制作流程。然而, 截至本文写作时, 前者仍然是业内的主流制作方式。在这种流程下, 为了保持可接受的线条细度, 难以在适合创作的纸张上完成 4K 分辨率的作画。

对于 HDR 内容, 上色阶段已经数字化, 因此实现这一规格并不困难。

HFR (高帧率) 内容则对动画美学提出了新的探索甚至挑战, 不仅工作量巨大, 且从美学角度来看, 过去的一拍二、一拍三等传统动画理论将需要重新定义和解释。至本文写作时, 唯一实现 4K HDR 120FPS 手绘动画的作品是 Netflix 制作的 *Sol Levante*(2020)。对比真人电影关于 HFR 的争论, 真人电影许多人认为 HFR 影片的流畅动作过于, 失去了戏剧感, 将明显的运动模糊和起伏节奏, 以及为避免运动伪影的镜头语言认为是真正电影感和电视视觉 [6]。在动画领域, 低帧率仍然是不可否认的风格特征, 因其独特的力量感和表现力而被广泛接受。然而, 面对 HFR 动画的未来, 可能需要总结并发展出新的动画理论,

以适应高帧率的表现方式，这也将逐渐演变成为一种全新的动画风格。

在立体影像方面，二维手绘动画的局限性较大，几乎没有突破。唯一的例外是《美食猎人 TORIKO 3D 开幕！美食家的冒险！！》(*Toriko 3D: Kaimaku Gourmet Adventure!!*, 2011)，该作品只是通过将背景图层的构图元素进行拆分，转制成简单的立体影像。

因此，4K、HDR、HFR、立体影像这四种规格在二维手绘动画领域的实现仍面临诸多技术与美学上的难题。相比之下，对于 NPR 动画而言，由于引入了三维制作流程，这些规格的实现变得更加可行。尽管一些创作者强调要遵循传统二维动画的美学风格，这在一定程度上限制了 NPR 动画的发展，阻碍了其在 4K、HDR、HFR、立体影像等规格上的突破。

4 总结

高规格 NPR 动画的发展具有非常深远的意义，尤其是在日式风格 NPR 动画中，传统的二维美学与三维技术相结合，已经展现出独特的视觉魅力。而高规格 NPR 动画的发展将进一步拓宽这种美学表达的边界。这种动画形式也促使了对艺术美学的重新定义。随着 NPR 技术与物理真实感渲染（PBR）的结合，动画不仅局限于传统的二维风格再现，还能探索更多融合了写实与风格化的新形式。

在写这篇综述时，我原本打算深入探讨我对 NPR 动画，特别是日式 NPR 动画发展的看法。然而，在实际写作过程中，我发现涉及的内容非常广泛，难以在短时间内展开详细说明。这其中包括优化流程的自动化脚本工具、高规格 NPR 动画在模拟上的技术要求，以及 NPR 与 PBR 视觉结合的具体美学

解释等方面。为此，我考虑将毕业论文的方向聚焦在 NPR 动画领域的一个更小的主题上进行深入探讨。

至于这篇综述，我认为它是对 NPR 动画制作流程的整体理解和大局观，是极其重要的基础。因此，尽管现在无法一次性完成，但我计划在后续的时间里继续完善和补充。如果这篇文章能够为推动高规格 NPR 动画的普及提供帮助，那也将是非常值得的。

参考文献

- [1] Takeyasu Ichikohji. *A Development Strategy for Hybrid Products: The Case of the Japanese Animation Industry*, chapter 6.3.1. Springer Singapore, 2022. 10.1007/978-981-16-4353-8.
- [2] 宝石の国アニメcg制作メイキング. *CGWORLD vol.231*, 11 2017.
- [3] Takeshi Okuya and Shigekazu Sakai. Reproduction of perspective in cel animation 2d composition for real-time 3d rendering. In *European Conference on Visual Media Production*, volume 237 of *CVMP '19*, page 1–10. ACM, December 2019.
- [4] Philippe Decaudin. Cartoon-looking rendering of 3d-scenes. *Syntim Project Inria*, 6(4), 1996.
- [5] オレンジ流フェイシャルの最前線 trigun stampede の物語. *CGWORLD vol.295*, page 82, 3 2023.
- [6] 赵欣甘杨雨, 李菁. 高帧频 hfr 电影电视影像发展与探究. *现代电视技术*, pages 146–151, 4 2020.