

图 7：扫描的基板和提取的配置文件数据。

提取 3D 基板数据后，将生成高度图 H 和法线贴图 \tilde{N} 可以很容易地生产（见图7）。我们使用它们来模拟新的物体空间干刷效果并增强基材的颗粒化和变形。它们还可以生成交互式基板照明。

4.1 干刷制粒

干刷技术在自然绘画媒体中很常见。然而，它尚未在对象空间中进行探索，这可能是由于它强烈依赖于准确的基板数据。干刷是水彩艺术家应用的一种绘画技术，目的是显示纹理外观。它的用途因艺术家而异，但通常用于描绘粗糙的纹理，例如由树叶、云彩或反射产生的纹理。当粘性颜料（“干”）仅达到基材的峰值时会导致粗糙的外观。这允许它的山谷保持未涂漆，显示它们的颜色（或以前涂漆的颜料）。因此，干刷应用的外观会因基材轮廓、颜料沉积量和压力而有很大差异，放置笔触的方向和速度。我们的对象空间方法不会考虑笔划本身，而是考虑干刷区域的总体外观。

为了开始模拟这种效果，我们首先让艺术家通过全局缩放因子控制基板粗糙度 r 调制原始高度图的深度/高度 $H \in [0, 1]$ 在等式 1 中。

$$H = ((H - 0.5) \times r) + 0.5. \quad (1)$$

然后我们继续计算正确的颜料应用。由于干刷效果与底材造粒密切相关，这对应于颜料在底材谷部的堆积。

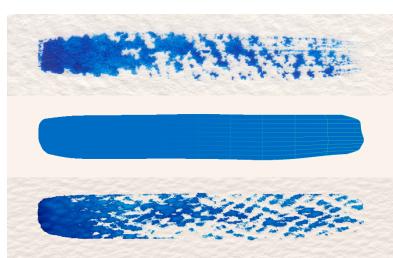


图 8：对象空间中的干刷和造粒结果。从上到下：扫描真实水彩、3D 渲染、水彩化 3D 渲染。

在纸上，这两种效果在一个联合颜料应用程序中得到了巩固。可通过参数在本地控制一种 $\epsilon \in [-1, 1]$ ，由艺术家直接在3D上绘制

几何学。颜料应用磷一种受以下管辖：

$$\text{磷一种} = \begin{cases} \text{喷干燥} | Hr - 1 | (Cs - C) + C & \text{如果 } Hr < 1 \\ Cd - 1 & \text{如果 } Hr \geq 1 \end{cases} \quad (2)$$

如果应用参数一种大于高度图的高程 H （等式 2 中的情况 1），通过在基材颜色之间进行线性插值来应用干刷 Cs 和原来的颜色 C ，和喷干燥用于平滑干燥边缘的全局干刷阈值。否则（等式 2 中的情况 2），会发生底物造粒，颜色变深 C 由累积密度 d 一种。在 [Bousseau et al. 2006; 雷和常 2005; 勒夫特和杜森 2006a; 蒙特斯德奥卡等人。2017]，因此我们可以调整基板数据和应用参数以利用这一特征效应。首先，我们将应用参数转换为局部颗粒密度 $d_a = |1 - \epsilon| + d$ 分钟和 d 分钟 = 0.2 默认的造粒量。然后，为了获得更深的颜料浓度以获得更亮的颜色，我们增加了造粒密度 ($\times 5$) 通过密度贡献与对象颜色亮度的线性插值大号：

$$da = d_a(1 - 大号) + (d_a \times 5) 大号. \quad (3)$$

在使纸谷处的颜料变暗以产生颗粒之前，高度图幅度减小、移位和反转： $Hiv = 1 - ((Hr \times 0.2) + 0.8)$ 。执行此调制以仅在纸的山谷处增加密度，并调整我们的基材数据以遵循 Montesdeoca 等人的方法。[2017]。最终颜料密度累积 d 一种因此由等式 4 给出，其中 D 是影响整个图像的全局密度参数：

$$d - 1 = 1 + (da \times Hiv \times D). \quad (4)$$

累积密度 d 一种最终由方程式 2 处理以获得粒状颜料应用 磷一种（参见图 8 和 9）。

4.2 基板照明

一幅画总是受到外部照明条件的影响，因此考虑会影响最终水彩图像的基材照明是很重要的。与油画不同 [Hertzmann 2002]，在水彩画的情况下，纸张的轮廓

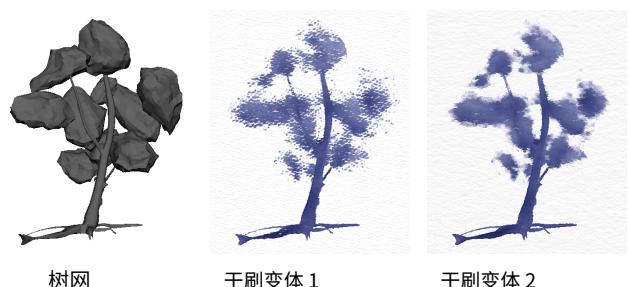


图 9：使用干刷对树网格进行样式化，以模仿具有不同基材和参数的图 2b。



图 10：描绘渲染管道及其不同着色器操作的系统示意图。绿松石元素代表处理必要数据和算法的阶段。



图 11：从不同角度照亮的三个水彩纸样本。有关它们对渲染图像的影响，请参见随附的视频。

往往基本保持不变。载体蒸发，剩余的色素沉着对基材轮廓几乎没有影响——这意味着阴影水彩画将主要受基材粗糙度的影响。由于获取了物理基材的法线，因此可以轻松地在绘制的图像上进行延迟着色，模拟水彩画上的外部照明条件并增加数字基材的有形性（参见图 11）。

由于不可用的基板轮廓数据，这种效果以前无法控制，并且被固定为扫描基板纹理的预先存在的阴影。通过提取的基板轮廓和法线，我们实现了一个简单的漫射照明模型— πd

可以通过照明方向轻松定制大号，提取的法线贴图 N ，基材粗糙度 r 和漫反射阴影贡献 ds 通过公式 5。

$$\pi d = 1 - ((1 - (\text{大号} \cdot (r \times N))) \times ds). \quad (5)$$

5 附加效果和执行

除了本文提出和呈现的水彩效果外，我们还整合了颜料密度、颜色渗色、手颤和基材变形的效果，以增强水彩效果。这些是 [Bousseau 等人的先前方法中纳入的。2006；蒙特斯德奥卡等人。2017]。整个渲染管道如图 10 所示，并使用 Autodesk Maya 中开发的直接样式化框架实现。[2017]。该实现已大大扩展，接下来将对其进行简要描述。

第一个渲染阶段光栅化 3D 几何图形，该几何图形先前被对象空间中的震颤值偏移。多个渲染目标从这个初始阶段出来，包括彩色图像、

z 缓冲区，以及带有对象空间参数的控制掩码。在 NPR 准备阶段， z 缓冲区被转换为线性深度。然后，边缘检测运行 RGBD Sobel 滤波器，然后是颜料密度阶段，根据分配的湍流密度使图像的不同部分变暗或变亮。可分离的过滤器阶段为边缘变暗执行边缘模糊，为间隙和重叠执行扩展边缘，并为以后的出血模糊图像。之后，颜色渗色阶段混合部分模糊图像以产生局部渗色。此外，与基于边缘的效果相关的参数蒙版也进行了修改，因为在这些出血区域中不应出现变暗的边缘以及间隙和重叠。

在图 10 的第二行，处理了基于边缘和基板的效果。基于边缘的效果从边缘变暗阶段开始，将色素沉着集中在先前模糊的边缘。间隙和重叠使用先前扩展的边缘来找到它们的相邻颜色，并与它们混合或产生间隙。基于底物的效果从造粒和干刷阶段开始，从获得的高度图推导出每种效果。然后，基板变形会根据基板法线修改 UV，从而改变采样颜色。一旦计算了所有这些效果，就使用基板法线执行延迟基板照明。最后，渲染剩余的用户界面/平视显示器，并将最终的水彩化结果呈现给用户。

实时实施不存在重大问题。然而，与离线方法相比，着色器的并行特性需要特别考虑，因为只有当前评估

uated 像素可以在每个阶段进行更改。我们实现的开发也可以从模块化的、基于节点的方法中受益。这将使我们能够更快地迭代并减轻仅通过代码管理多个渲染目标和多个渲染阶段的复杂性。

大多数效果都包含三个不同级别的控制。在最高级别的控制中，全局参数有助于在整个场景中设置初始风格化值。然后，可以在每个对象的“材质”着色器中分配对象空间样式化参数。最后，通过绘制参数给出最低级别的控制，这些参数存储在网格每个顶点的不同顶点颜色集中。我们发现对象空间中的绘制参数提供了多种控制并且感觉自然，但是在复杂的场景中绘制每个对象可能需要大量时间，尤其是在考虑不同的视点时。



(一种) Lowpoly 房屋模型, CB拉斐尔·斯科普

(二)Spherebot模型,
CB巴斯蒂安·根布鲁日(C) 章鱼模型,
CB卢卡什·马雷克

(d)用(顶部) Montesdeoca 等人水彩化的果盘。[2016]方法和(底部)具有综合效果的管道。

图 12: 具有基于边缘和基片效果的渲染帧。请参阅随附的视频以查看它们的动态。

6 结果与讨论

水彩外观由一系列低级效果组成, 它们共同创造了一种明确的水彩风格。尽管本文特别关注基于边缘和基材的效果, 但我们将其他先前研究的水彩效果纳入我们的流程。通过这种方式, 我们可以将已开发效果的贡献尽可能接近其自然发生。在图 1、9、6 和 12 中可以找到一些具有本文所述效果的水彩图像示例。

在图 12a 中, 干刷被用于树叶、屋顶和灯柱以抽象和提供纹理。房屋墙壁的某些部分还显示了轻微的干刷应用, 以增加水彩外观的粗糙度。此外, 间隙和重叠被广泛用于提供粗略和粗略的外观。在图 12b 和 12c 中, 间隙用于描绘字符的形式并提供更粗略的外观。图 12c 还展示了一些适当的干刷应用。最后, 图 12d 提供了与 Montesdeoca 等人先前方法的比较。[2016], 展示了间隙和重叠以及干刷如何为水彩效果调色板做出贡献, 以生成精美的水彩渲染。要查看运动和动画下的这些示例, 请参阅随附的视频。

结果显示了干刷和间隙和重叠的整体令人愉快的整合, 形成了更粗略和更粗糙的外观, 类似于它们在传统水彩画中的使用。与之前的方法相比, 其他建议的效果 (例如基板照明) 可实现更逼真和有形的渲染结果, 而 RGBD 边缘检测有助于创建更一致和可控的边缘变暗。

尽管 GPU 管道 (参见图 10) 非常复杂, 但渲染可以轻松地在全高清 (1920×1080) 分辨率, 具有以下配置: NVIDIA GeForce GTX 1080、Intel Xeon E5-2609@2.4Ghz 和 16Gb RAM。由于大部分处理也是在图像空间中执行的, 因此风格化可以很好地适应场景复杂性。这对于交互性和艺术指导非常有益, 尤其是因为大多数效果都是本地化的。

6.1 限制

使用形状阴影技术获得的来自基板样本的数据对于我们的实验和美学目的来说足够准确。然而, 适当的物理轮廓扫描可以提高清晰度和保真度, 这可以进一步改善建模效果和整体水彩外观。

干刷效果与承印物尺寸有关, 因此, 在不同的纸张轮廓和比例下, 或者当相机靠近或远离拍摄对象时 (如果承印物比例保持静止), 它看起来会显着不同。这种行为在物理上是正确的, 但需要一些时间来适应并呈现动画中的时间连贯性问题。动态纸张纹理 [Bénard 等人。2009; 村子等人。2003; Kaplan and Cohen 2005] 可能能够减少由基板引起的时间相干性问题, 但可能会降低原始数据的保真度。此外, 干刷技术会根据笔触的方向而变化, 有时可能会留下痕迹。

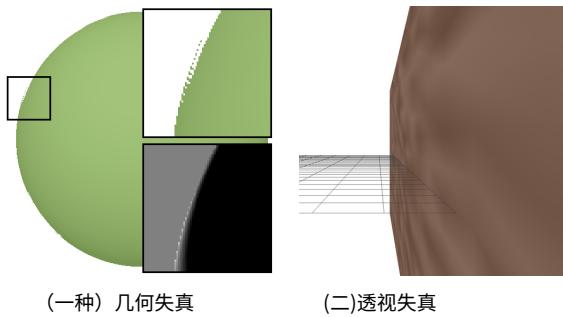


图 13：影响参数掩码的几何 (a) 和透视 (b) 失真示例。

刷毛（见图 8），这在我们的对象空间方法中没有考虑。

RGBD 边缘检测仍然容易出现噪声，尤其是在使用逼真的纹理时。纹理的一般预处理阶段 [Semmo and Döllner 2015] 将创建更健壮和有意义的边缘，尤其是对于间隙和重叠等效果。此外，边缘检测可能会受益于延迟渲染管道，因为边缘不会受到阴影条件（即镜面高光的锐利边缘）的影响。

我们方法的一个更普遍的限制来自绘制在对象表面上的参数掩码。虽然这种方法有助于渲染的空间连贯性并赋予对效果的更高控制，但 3D 表面会受到几何和透视失真的影响，这可能是不希望的。在图 13a 中，参数掩码的球面映射扭曲了参数的转换，增加了其突然性并可能产生像素伪影。当几何表面的法线几乎垂直于观察方向时，这种行为尤其明显（参见球体边缘的明亮像素参数）。在图 13b 中，具有其他均匀噪声图案的掩模通过透视失真被缩短，改变了参数化的比例相对于其与图像平面的距离。

7 结论和未来工作

本文提出的主要贡献包括间隙和重叠的基于边缘的效果以及干刷的基于基材的效果，这在之前在对象空间风格化方面鲜有研究。在努力模拟这些效果的同时，我们提取了边缘并获取了基板数据，这些数据有助于改进先前研究的算法，例如边缘变暗、基板颗粒化，并实现了使用外部光源对最终的水彩图像进行着色的可能性。

干刷效果以及间隙和重叠显着有助于生成整体更粗略和更粗糙的水彩图像，这在以前是不可能的。在计算机图形中实现自然存在的缺陷存在固有的困难，像水彩这样的挥发性自然介质也不例外。奇怪的是，这些缺陷可信地是通过诉诸

更强大的算法和更精确的基板的使用。物理基板还可以生成完全可控的外部照明条件，这在以前没有受到太多关注，但为数字创作提供了一个新的有形水平。这些效果以及对先前研究效果的一些较小的改进，扩大了水彩在对象空间中提供的可能性和应用——将媒介向前推进，并为其他标准渲染程序和外观提供风格上的改变。

对象空间水彩研究的未来工作可能集中在分层色素沉着和湍流色素混合上。这些是未开发的领域，可以解决水彩画中常见的美学复杂性。可以推动风格化的其他功能包括与对象空间数据通信以保持连贯性的动态图像空间基板，以及直接风格化管道中的纹理绘画，以增强艺术家与计算机的交互。一般来说，关于基于基板和边缘的效果，还有其他类型的表现力渲染可以利用对这两个因素的更深入的探索和分析。所有涂薄的天然介质都会受到其所涂基材的影响，并且边缘通常是艺术家风格化的主题。虽然在对象空间中绘制参数提供了广泛的控制和艺术指导，但在每个顶点处局部绘制复杂的场景可能会变得很麻烦。从交互式和美学的角度来看，对参数分配的更体积化的方法可能会将其自身呈现为一个有趣的研究课题。最后，在直接风格化管道中实现了我们的贡献之后，我们相信这样的系统可以推广到其他类型的风格，其中跨媒体参数化将创造前所未有的多功能性和表现力渲染技术的应用。从交互式和美学的角度来看，对参数分配的更体积化的方法可能会将其自身呈现为一个有趣的研究课题。最后，在直接风格化管道中实现了我们的贡献之后，我们相信这样的系统可以推广到其他类型的风格，其中跨媒体参数化将创造前所未有的多功能性和表现力渲染技术的应用。

致谢

我们要感谢多平台游戏和创新中心 (MAGIC) 和 Inria - Rhône-Alpes 的 Maverick 团队支持这项国际合作。我们也感谢同事的意见和建议，以及匿名审稿人的建设性反馈。这项研究得到了新加坡南洋理工大学跨学科研究生院 (IGS) 和新加坡总理府国家研究基金会的 IDM 期货资助计划的支持。

知识共享署名 4.0 国际许可的条款位于：<https://creativecommons.org/>

参考

- Angelos Bampoutis、Eleni Bozia 和 Robert S. Wagonman。2010. 一个新颖的框架用于古代铭文的 3D 重建和分析。机器视觉与应用 21, 6 (2010), 989–998。DOI: <https://doi.org/10.1007/s00138-009-0198-7> Adrien Bousseau、Matt Kaplan、Joëlle Thollot 和 François X. Sillion。2006. 互动具有时间连贯性和抽象性的水彩渲染。在《非真实感动画和渲染国际研讨会论文集 (NPAR '06)》。ACM, 141-149。DOI: <https://doi.org/10.1145/1124728.1124751>
- Adrien Bousseau、Fabrice Neyret、Joëlle Thollot 和 David Salesin。2007. 视频使用双向纹理平流的水彩化。ACM 图形事务 26, 3 (2007), 104。DOI: <https://doi.org/10.1145/1276377.1276507> 克莱尔·韦特·布朗。2007 年。水彩花卉艺术家的圣经：重要参考
对于执业艺术家：查特韦尔图书。
- Jeremy Burgess、Geoff Wyvill 和 Scott A. King。2005. 实时 WA 系统三色渲染。在《国际计算机图形学》。IEEE, 234-240。DOI: <https://doi.org/10.1109/ICG.2005.1542730>

- <https://doi.org/10.1109/CGI.2005.1500426>
- 皮埃尔·贝纳德、阿德里安·布索和乔尔·托洛特。2009. 动态实体纹理
实时相干风格化。在*交互式3D图形和游戏研讨会论文集*. ACM, 121-127。DOI:
<https://doi.org/10.1145/1507149.1507169> Pierre Bénard, Forrester Cole,
Michael Kass, Igor Mordatch, James Hegarty, Martin Sebastian Senn, Kurt Fleischer, Davide Pesare 和 Katherine Breeden。2013. 通过示例对动画进行风格化。*ACM图形事务*32, 4 (2013), 119。DOI: <https://doi.org/10.1145/2461912.2461929>
- 陈东东、廖静、陆源、余能海、华刚。2017. 相干在线
视频风格转移。*ArXiv电子版*(2017)。<http://https://arxiv.org/abs/1703.09211> [访问时间: 2017-04-04]。
- 陈志立、金炳文、伊藤大一和王华敏。2015. 湿刷: GPU-
基于刷毛级别的3D绘画模拟。*ACM图形事务*
34, 6 (2015), 200:1-200:11。DOI: <https://doi.org/10.1145/2816795.2818066>
- Nelson SH Chu 和 Chiew-Lan Tai。2005. MoXi: 实时墨水分散在
吸水纸。*ACM图形事务*24, 3 (2005), 504-511。DOI: <https://doi.org/10.1145/1073204.1073221>
- 约翰 P 科洛莫斯、大卫朗特里和彼得 MHall。2005. 描边表面: 暂时
视频中连贯的艺术动画。*IEEE可视化和计算机图形学汇刊*11, 5 (2005), 540-9。
DOI: <https://doi.org/10.1109/TVCG.2005.85> Matthieu Cunzi, Joëlle Thollot, Sylvain Paris, Gilles Debuinne, Jean-Dominique Gascuel, 和弗雷多·杜兰德。2003. 用于沉浸式非真实感演练的动态画布。在*图形界面论文集*. AK彼得斯有限公司, 121-130。Cassidy J. Curtis, Sean E. Anderson, Joshua E. Seims, Kurt W. Fleischer 和 David H. 销售。1997. 计算机生成的水彩画。在*第24届计算机图形与交互技术年会论文集 (SIGGRAPH 1997)*. ACM, 421-430。DOI: <https://doi.org/10.1145/258734.258896>
- Stephen DiVerdi, Aravind Krishnaswamy, Radomír Měch 和 Daichi Ito。2013. 绘画
多边形: 程序水彩引擎。*IEEE可视化和计算机图形学汇刊*19, 5 (2013), 723-735。
DOI: <https://doi.org/10.1109/TVCG>。2012.295
- Jakub Fišer, Ondřej Jamriška, Michal Lukáč, Eli Shechtman, Paul Asente, Jingwan Lu, 和丹尼尔·西科拉。2016. StyLit: 照明引导的基于示例的3D渲染样式化。*ACM图形事务*35, 4 (2016), 92:1-92:11。DOI: <https://doi.org/10.1145/2897824.2925948>
- 吉恩·弗兰克斯。1988年。水彩: 干刷技术. 沃尔特福斯特酒吧。
- Leon A. Gatys, Alexander S. Ecker 和 Matthias Bethge。2015. 一种神经算法
的艺术风格。*心电图绝对*/1508.06576 (2015年)。<http://arxiv.org/abs/1508.06576> [访问时间: 2016-10-28]。
- 内森·戈塞特和陈宝全。2004. 受油漆启发的色彩混合与合成
用于可视化。在*IEEE信息可视化研讨会*, 113-118。DOI: <https://doi.org/10.1109/INFVIS.2004.52>
- 亚伦·赫兹曼。2002. 快速油漆纹理。在*国际研讨会论文集*
关于非真实感动画和渲染(NPAR'02). ACM出版社, 91。DOI: <https://doi.org/10.1145/508530.508546>
- Aaron Hertzmann, Charles E. Jacobs, Nuria Oliver, Brian Curless 和 David H. Salesin。
2001. 图像类比。在*第28届计算机图形与交互技术年会论文集 (SIGGRAPH '01)*. ACM, 327-340。DOI: <https://doi.org/10.1145/383259.383295>
- 克劳斯·詹森。2003年。DC漫画上墨漫画指南. 沃森·古普蒂尔. 亨利·约翰·桥本
亮太和西田智之。2004. 创作水彩画
考虑到绘画技巧的风格图像。艺术与科学学会杂志3, 4 (2004), 207-215。DOI:
<https://doi.org/10.3756/artsci.3.207> Mizuki Kagaya, William Brendel,
Qingqing Deng, Todd Kesterson, Sinisa Todorovic,
- 帕特里克·J·尼尔和尤金·P。2011. 具有时空变化风格参数的视频绘画。*IEEE
可视化和计算机图形学汇刊*17, 1 (2011), 74-87。DOI: <https://doi.org/10.1109/TVCG.2010.25>
- 马修·卡普兰和伊莱恩·科恩。2005. 动态画布的生成模型
运动。在*图形计算美学欧洲图形学会议论文集 (CAe '05)*. 欧洲图形学协会,
49-56。DOI: <https://doi.org/10.2312/compaesth/compaesth05/049-056>
- Su Ian Eugene Lei 和 Chun-Fa Chang。2005年。水彩的实时渲染
虚拟环境的效果. 施普林格柏林海德堡, 474-481。DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-540-30543-9_60
- Jingwan Lu, Connelly Barnes, Stephen DiVerdi 和 Adam Finkelstein。2013. 真实画笔:
用物理媒体的例子绘画。*ACM图形事务*32, 4 (2013), 1-12。DOI: <https://doi.org/10.1145/2461912.2461998>
- 托马斯·勒夫特和奥利弗·德森。2006a。用于动画的实时水彩。杂志
计算机科学与技术学士21, 2 (2006), 159-165。DOI: <https://doi.org/10.1007/s11390-006-0159-9>
- 托马斯·勒夫特和奥利弗·德森。2006b。植物的实时水彩插图
使用模糊深度测试。在*非真实感动画和渲染国际研讨会论文集 (NPAR '06)*。
ACM, 11-20。DOI: <https://doi.org/10.1145/1124728.1124732>
- Thomas Luft, Frank Kobs, Walter Zinser 和 Oliver Deussen。2008. 水彩画
CAD数据的示例。在*图形计算美学欧洲图形学会议论文集 (CAe '08)*. 欧洲图形学协会。
DOI:
- <https://doi.org/10.2312/COMPAESTH/COMPAESTH08/057-063>
- Eric B. Lum 和 Kwan-Liu Ma。2001. 使用水彩进行非真实感渲染
启发纹理和照明。在*第九届太平洋计算机图形学与应用会议论文集*, 322-330。
DOI: <https://doi.org/10.1109/CISPC.2001.962888>
- 吕朝晖、陈小龙。2014. 基于视觉权重的图像水彩化-
地图。在*国际图像和信号处理大会 (CISP) (CISP)*, 233-237。DOI: <https://doi.org/10.1109/CISP.2014.7003783>
- Santiago E Montesdeoca, Hock Soon Seah 和 Hans-Martin Rall。2016. 艺术指导
水彩渲染动画。在*非真实感动画和渲染国际研讨会论文集 (NPAR '16)*. 欧洲图形
学协会, 51-58。DOI: <https://doi.org/10.2312/exp.20161063>
- Santiago E. Montesdeoca, Hock Soon Seah, Hans-Martin Rall 和 Davide Benvenuti。
2017. 艺术指导的实时3D动画水彩风格化。*计算机和图形*65 (2017), 60-72。
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cag.2017.03.002> 贝桑·莫里斯。2010年。*时尚
插画师*. 劳伦斯金出版社。
- Marc Nienhaus 和 Jürgen Döllner。2005. 蓝图渲染和草图。
在*GPU Gems II: 高性能图形和通用计算的编程技术*. Addison-Wesley
Professional, 第15章, 235-252。朱塞佩·帕帕里和尼古拉·佩特科夫。2011.
面向边缘和线的轮廓检测:
最先进的。*图像和视觉计算*29, 2-3 (2011), 79-103。DOI: <https://doi.org/10.1016/j.imavis.2010.08.009>
- Takafumi Saito 和 Tokiichiro Takahashi。1990. 可理解的3-
D形。在*第17届计算机图形与交互技术年会论文集 - SIGGRAPH '90*4, 4 (1990),
197-206。DOI: <https://doi.org/10.1145/97879.97901>
- 艾哈迈德·塞利姆、穆罕默德·埃尔加里布和琳达·多伊尔。2016. 绘画风格转移
使用卷积神经网络的头部肖像。*ACM图形事务*35, 4 (2016), 129:1-129:18。DOI:
<https://doi.org/10.1145/2897824.2925968> Amir Semmo 和 Jürgen Döllner。
2015. 交互式图像过滤级别
虚拟3D场景的抽象纹理。*计算机和图形*52 (2015), 181-198。DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cag.2015.02.001>
- Amir Semmo, Tobias Dürschmid, Matthias Trapp, Mandy Klingbeil, Jürgen Döllner,
和塞巴斯蒂安·帕斯瓦尔特。2016. 移动设备上具有多级控制的交互式图像过滤。
在*ACM SIGGRAPH亚洲移动图形和交互应用研讨会论文集*. ACM, 北美。DOI:
<https://doi.org/10.1145/2999508.2999521>
- 大卫·斯莫尔。1991. 通过模拟扩散、颜料和纸张模拟水彩
纤维。*SPIE诉讼*1460, 图像处理和复制系统集成 (1991), 140-146。DOI:
<https://doi.org/10.1117/12.44417>
- 黑兹尔·索恩。2014年。艺术家色彩指南 - 水彩: 了解调色板、颜料
和属性。F&W媒体公司。<https://books.google.com.sg/books?id=GSAUngEACAAJ>
- 汤姆范拉尔霍文和弗兰克范里斯。2005. 实时模拟流水
画。*电脑动画和虚拟世界*16, 3-4 (2005), 429-439。DOI: <https://doi.org/10.1002/cav.95>
- 王焱懿、王斌、云飞、钱康来、王和平、陈嘉廷、
君海勇。2014. 走向具有艺术逼真度的照片水彩画。*电视CG*20, 10 (2014), 1451-
1460。DOI: <https://doi.org/10.1109/TVCG.2014.2303984> Mi You, Taekwon
Jang, Seunghoon Cha, Jihwan Kim 和 Junyong Noh。2013. 现实
基于流动性、扩散和吸收的油漆模拟。*电脑动画和虚拟世界*24, 3-4 (2013), 297-
306。DOI: <https://doi.org/10.1002/cav.1500>