

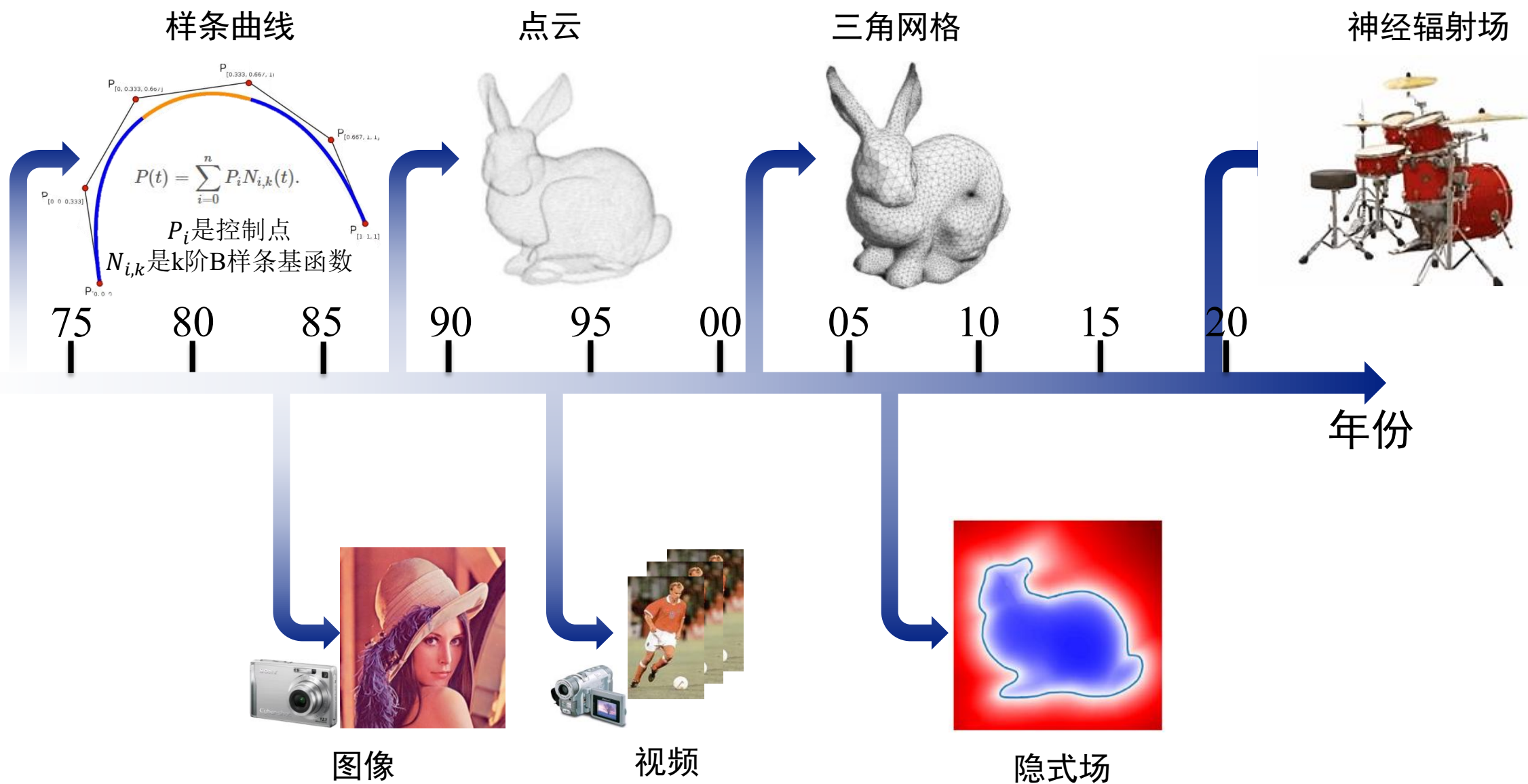
人物场的神经辐射场建模方法概览和 展望

高林

中国科学院计算技术研究所

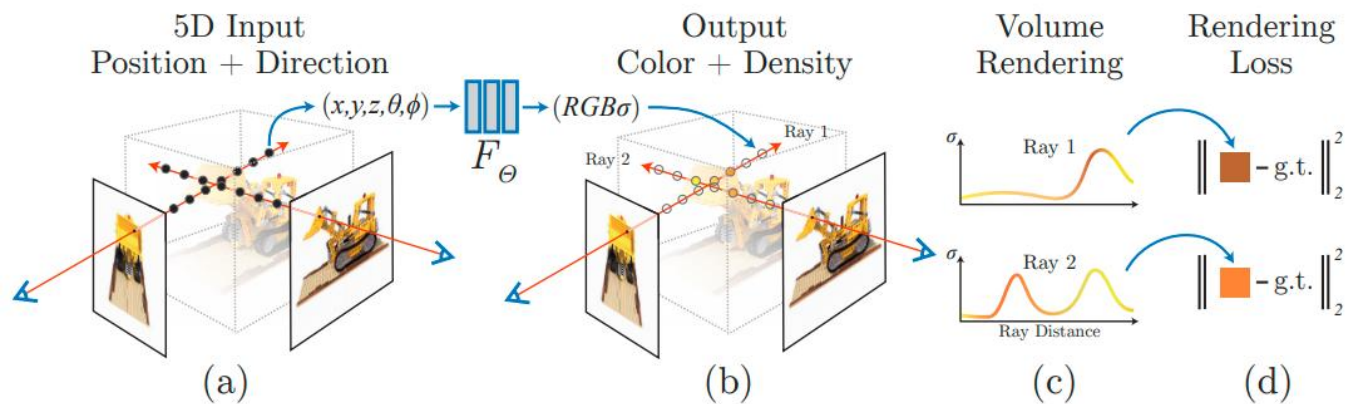


几何表征的发展



神经辐射场 (NeRF)

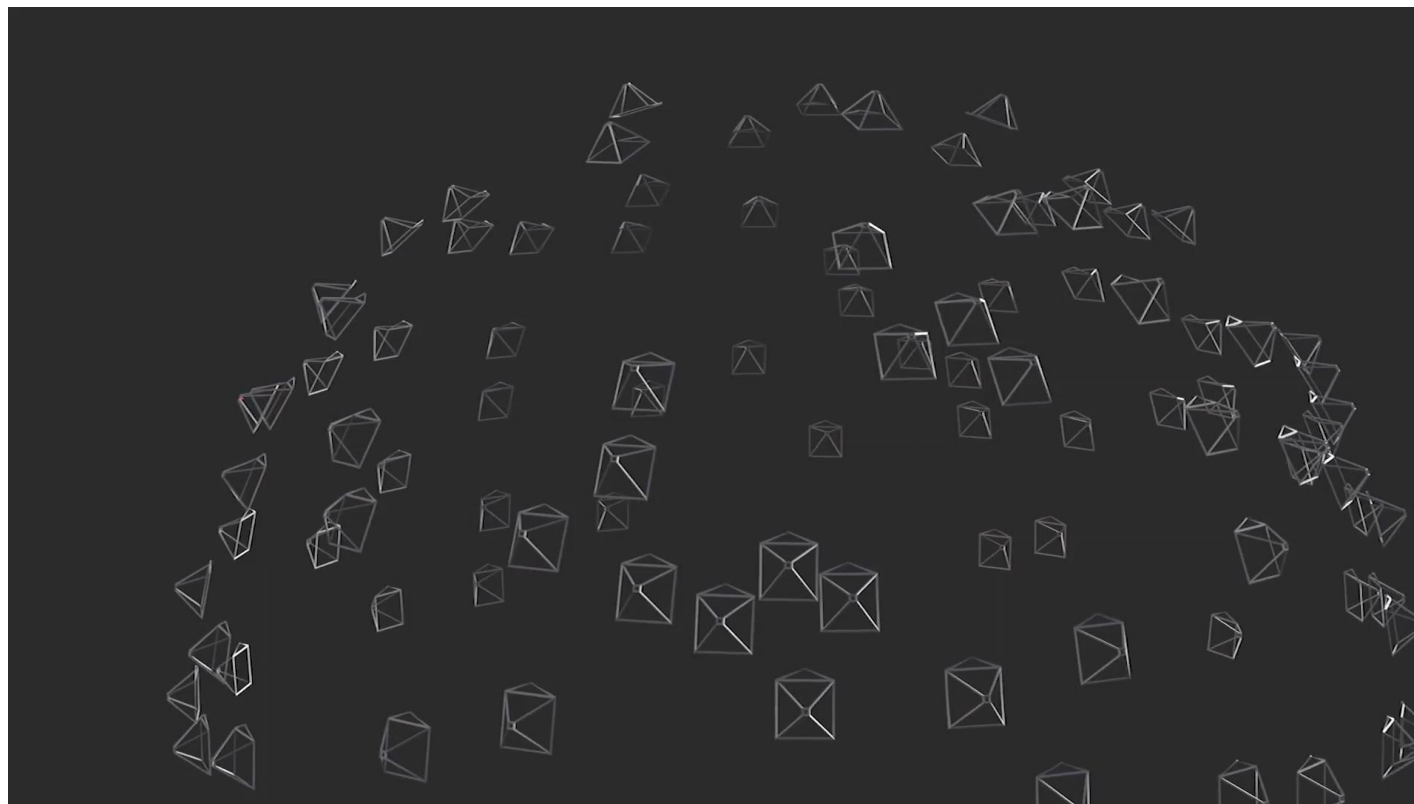
- 使用全连接网络建模5D全光函数，使用体渲染得到最终的图像



Ben Mildenhall, Pratul P Srinivasan, Matthew Tancik, Jonathan T Barron, Ravi Ramamoorthi, and Ren Ng. NeRF: Representing scenes as neural radiance fields for view synthesis. In European Conference on Computer Vision, pages 405–421.

神经辐射场 (NeRF)

- 基于神经网络的新型场景表征



神经辐射场 (NeRF)

■ 基于神经网络的新型场景表征



RGB渲染图

深度渲染图



螺旋视角渲染

固定视角, 不同光线方向

神经辐射场 (NeRF)

■ 基于神经网络的新型场景表征

- 结构简单，高真实感，受到广泛关注

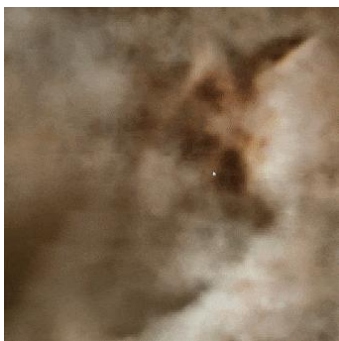
Nerf: Representing scenes as neural radiance fields for view synthesis

B Mildenhall, PP Srinivasan, M Tancik... - European conference on ..., 2020 - Springer

... We demonstrate that our resulting neural radiance field method quantitatively and qualitatively outperforms state-of-the-art view synthesis methods, including works that fit neural 3D ...

☆ 保存 引用 被引用次数: 1320 相关文章 所有 8 个版本

- 提升速度，实时训练



<https://github.com/NVlabs/instant-ngp>

- 大场景NeRF

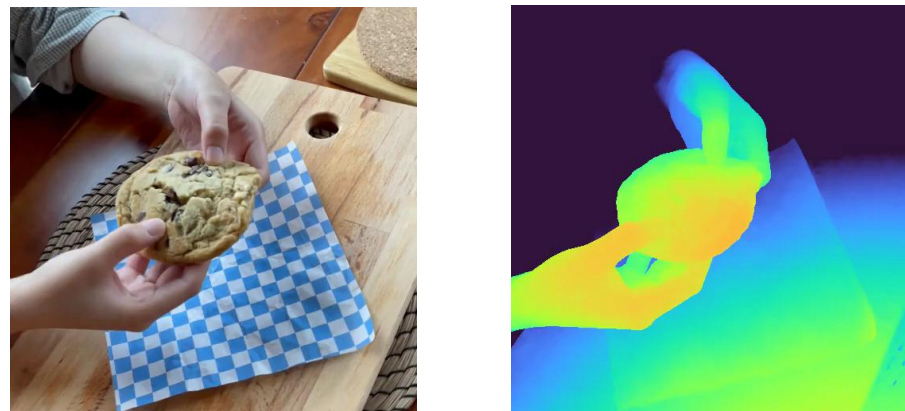


- 从NeRF中解耦光照



<https://pratulsrinivasan.github.io/nerv/>

- 建模动态场景



<https://hypernerf.github.io/>

神经辐射场 (NeRF)

■ 基于神经网络的新型场景表征

- 结构简单，高真实感，受到广泛关注

Nerf: Representing scenes as **neural radiance fields** for view synthesis

[B Mildenhall](#), [PP Srinivasan](#), [M Tancik](#)... - European conference on ..., 2020 - Springer

... We demonstrate that our resulting **neural radiance field** method quantitatively and qualitatively outperforms state-of-the-art view synthesis methods, including works that fit **neural** 3D ...

☆ 保存 引用 被引用次数: 1320 相关文章 所有 8 个版本

- 提升速度，实时训练



<https://github.com/NVlabs/instant-ngp>

- 大场景NeRF

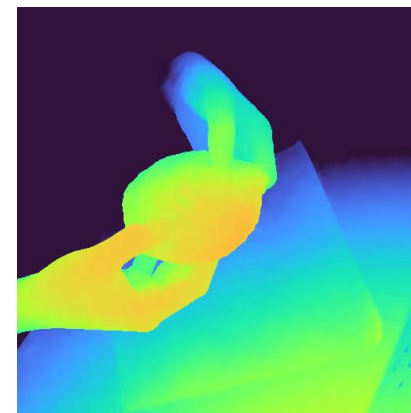


- 从NeRF中解耦光照



<https://pratulsrinivasan.github.io/nerv/>

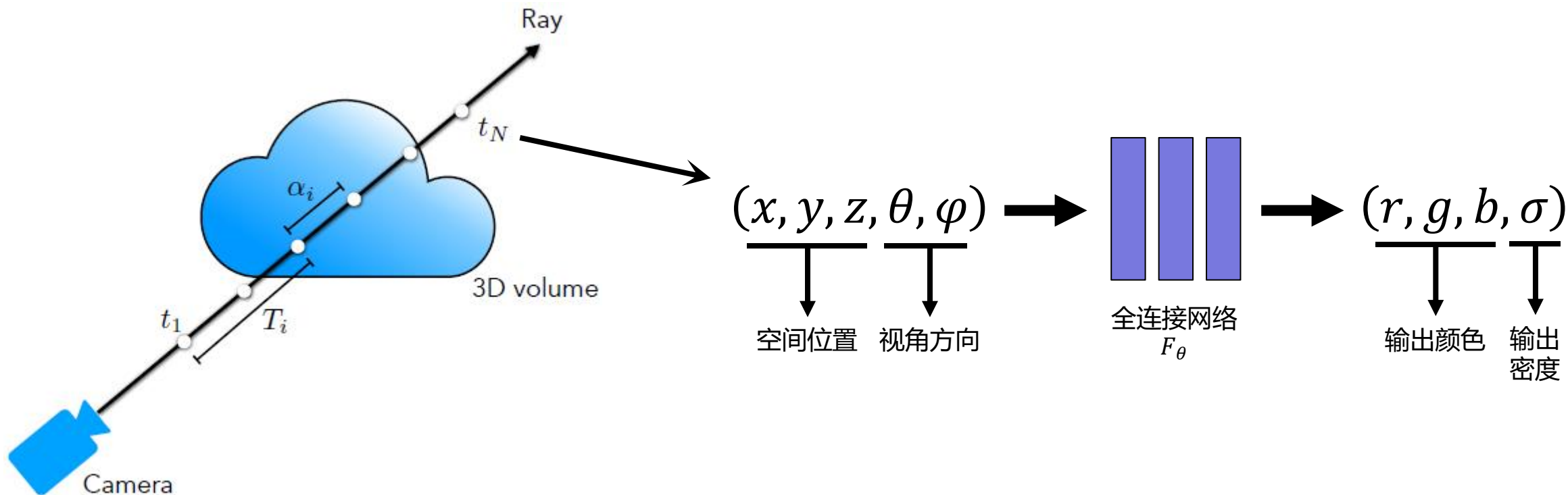
- 建模动态场景



<https://hypernerf.github.io/>

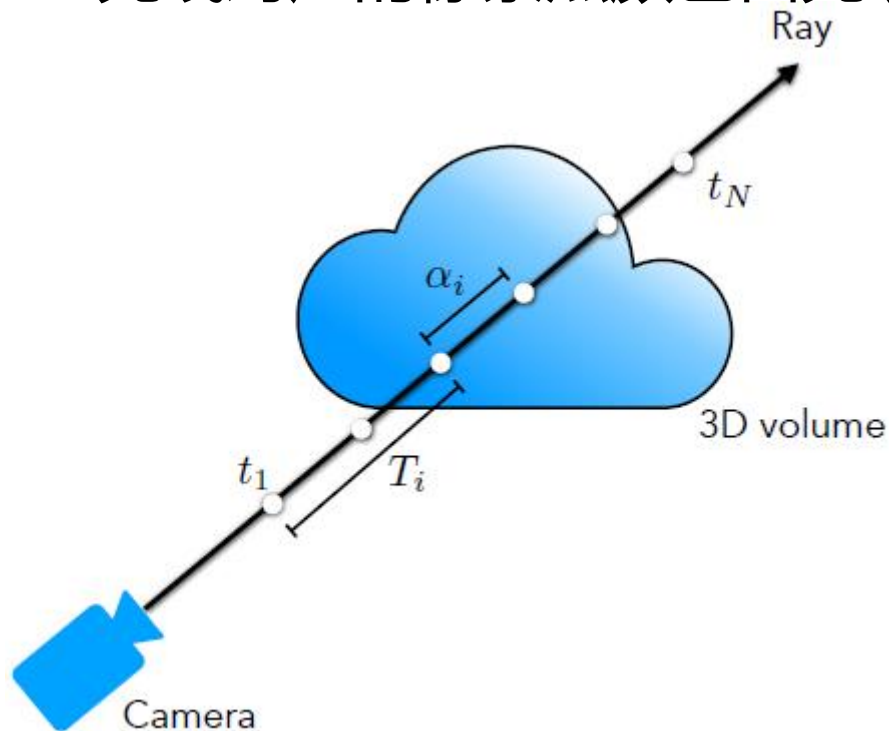
神经辐射场 (NeRF)

- 基于ray marching: 从相机出发, 向空间中投射光线, 并在光线上采样
- 每个采样点送入全连接网络, 预测颜色和密度值



神经辐射场 (NeRF)

- 基于ray marching: 从相机出发, 向空间中投射光线, 并在光线上采样
- 每个采样点送入全连接网络, 预测颜色和密度值
- 光线对应的像素点颜色由光线上采样点的颜色和密度值聚合得到



对于光线 $r(t) = \vec{o} + t\vec{d}$, 其对应像素的颜色值可以计算为

$$C \approx \sum_{i=1}^N T_i \alpha_i c_i$$

T_i 衡量了沿着光线有多少能量被提前挡住

$$T_i = \prod_{j=1}^{i-1} (1 - \alpha_j)$$

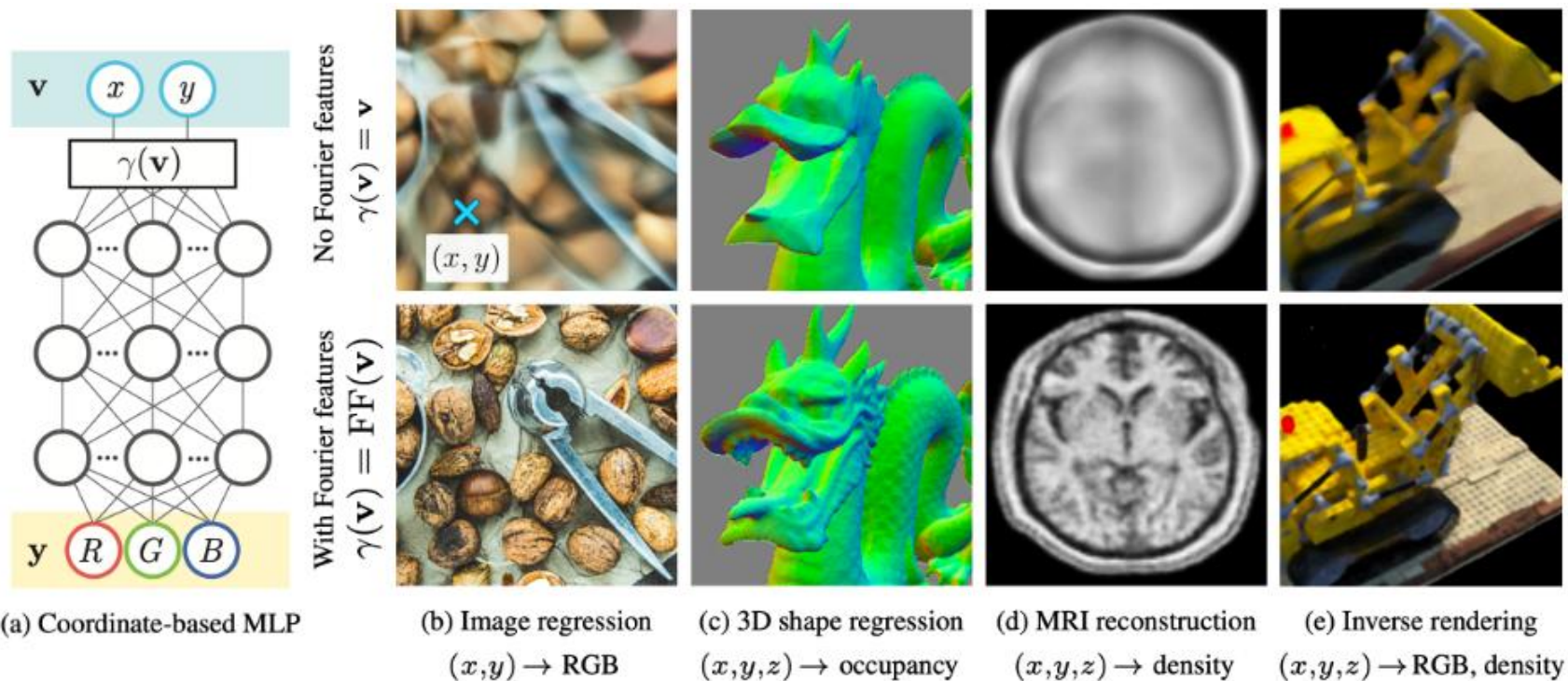
α_i 表示了分段 i 贡献了多少能量

$$\alpha_i = 1 - e^{-\sigma_i \delta_i}$$

神经辐射场 (NeRF)

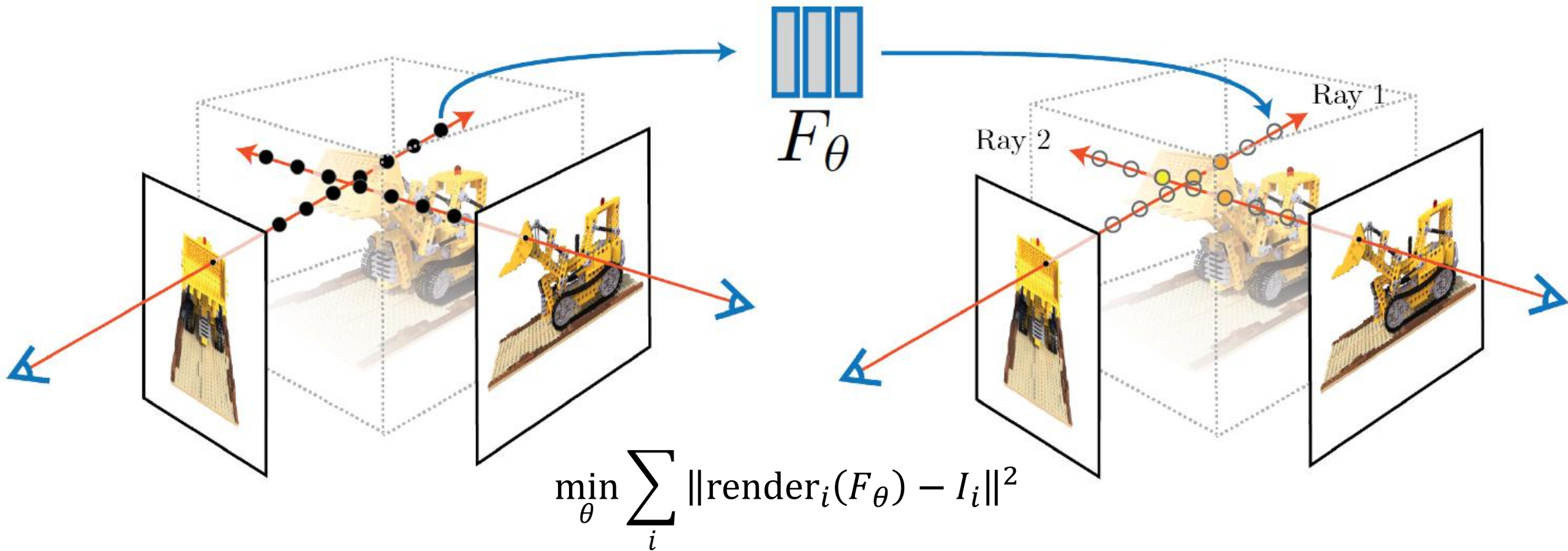
- Positional encoding: 将每个输入的5D向量映射到更高维空间
- 全连接深度神经网络倾向于学习低频信息
- 对输入加上傅里叶特征映射将帮助网络学习不同频率的信息

$$\gamma(p) = (\sin(2^0 \pi p), \cos(2^0 \pi p), \dots, \sin(2^{L-1} \pi p), \cos(2^{L-1} \pi p))$$



神经辐射场 (NeRF)

- 利用渲染图片与真实图片的损失函数优化网络



人、物、场的神经辐射场建模方法

高质量重建



EG3D [Chan et al. 2022] NeuralBody [Peng et al. 2021]



ObjectDrawer [Alibaba Group]



MegaNeRF [Turki et al. 2022]

采集便捷



人

物

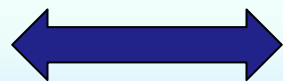
场

基于人的神经辐射场

难点

稀疏视角/单张图像输入

矛盾

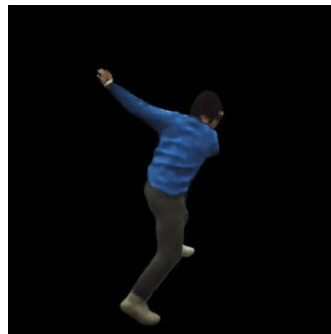


高动态高真实感立体视频

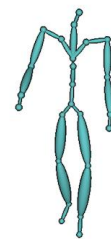
目标：生成高动态高真实感的人体人脸立体视频



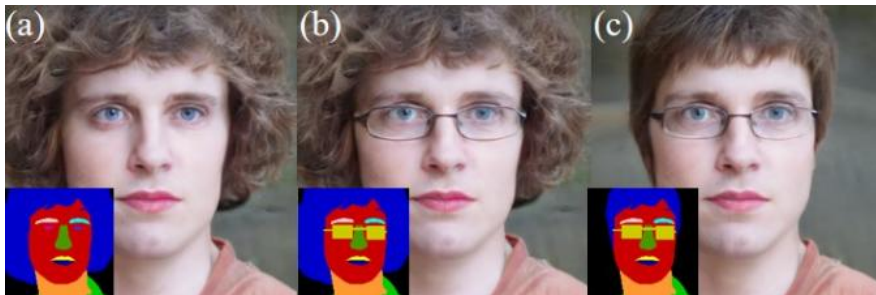
NeRFFaceEditing (SIGA 2022)
中科院计算所



NeuralBody (CVPR 2021)
浙江大学



Neural Actor (SIGA 2021)
马克斯普朗克研究所



IDE-3D (SIGA 2022)
清华大学



SLRF (CVPR 2022)
清华大学



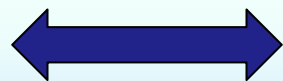
ST-NeRF (SIG 2021)
上海科技大学

基于人的神经辐射场

难点

稀疏视角/单张图像输入

矛盾

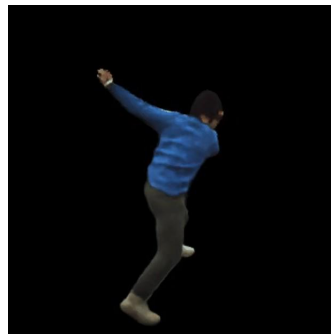


高真实感高细节动态视频

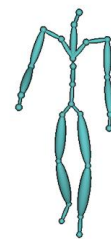
目标：生成高质量的人脸动态视频



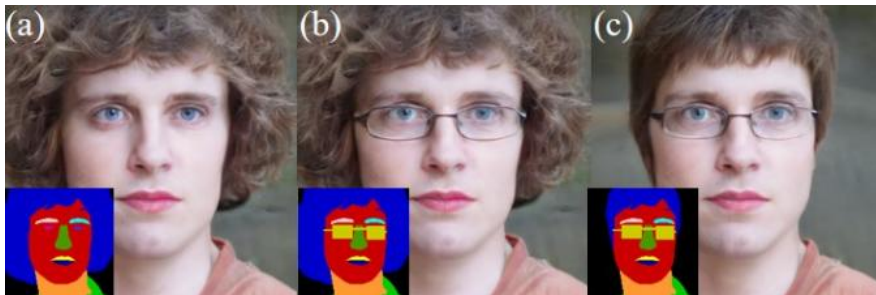
NeRFFaceEditing (SIGA 2022)
中科院计算所



NeuralBody (CVPR 2021)
浙江大学



Neural Actor (SIGA 2021)
马克斯普朗克研究所



IDE-3D (SIGA 2022)
清华大学

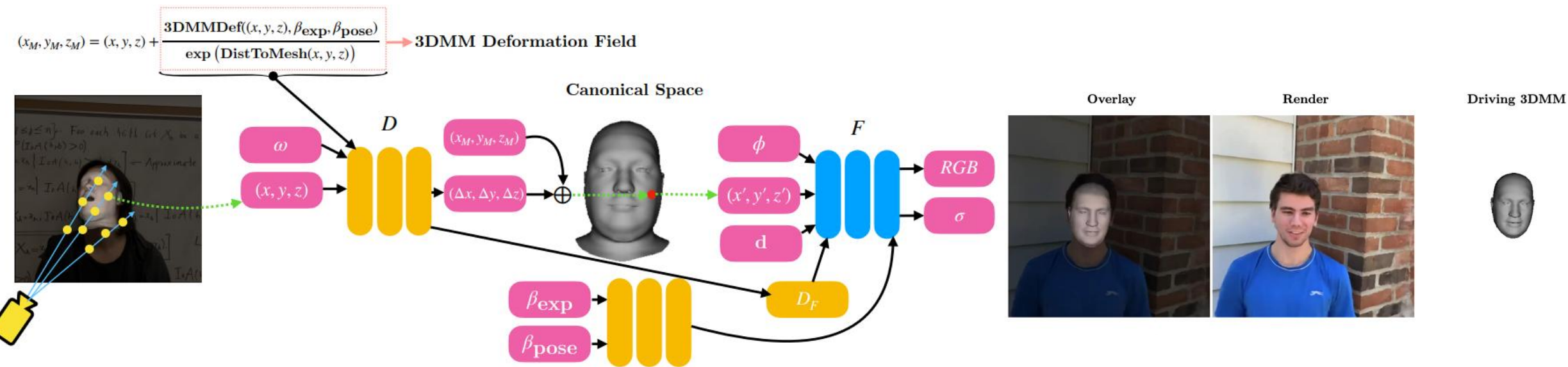


SLRF (CVPR 2022)
清华大学



ST-NeRF (SIG 2021)
上海科技大学

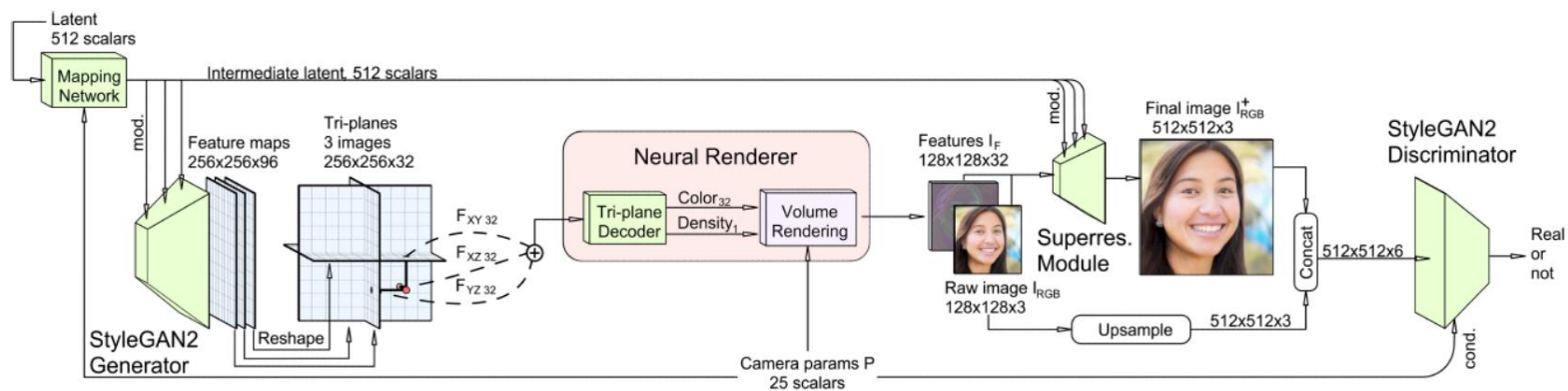
RigNeRF (CVPR 2022)



- 利用一段人脸视频，生成对应人脸在新姿态和新表情下的结果。
- 光线上的采样点，利用3DMM三维模型显式引导采样点位移
- 网络预测局部变形，3DMM姿态和表情参数作为条件输入隐式控制

RigNeRF: Fully Controllable Neural 3D Portraits. ShahRukh Athar, Zexiang Xu, Kalyan Sunkavalli, Eli Shechtman, Zhixin Shu. IEEE Conference on Computer Vision and Pattern

EG3D (CVPR 2022)

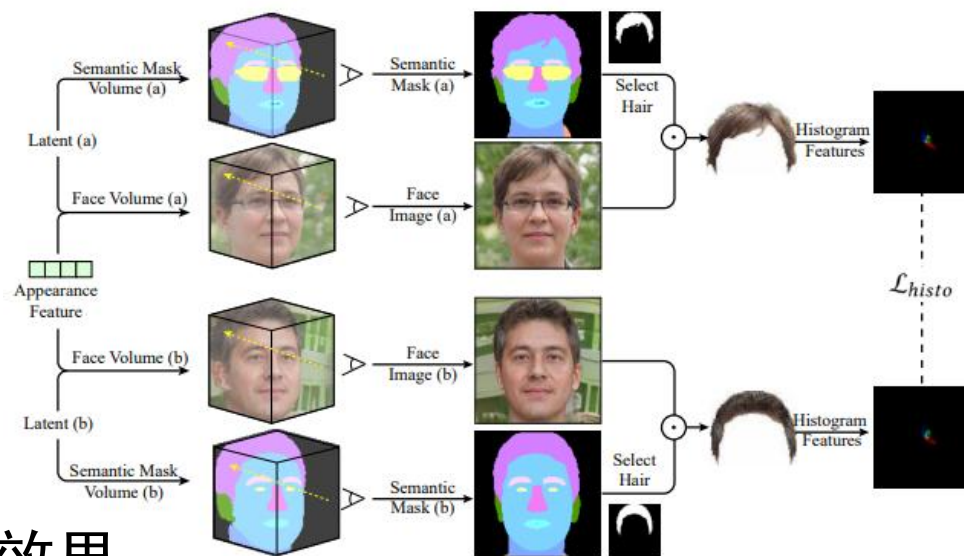
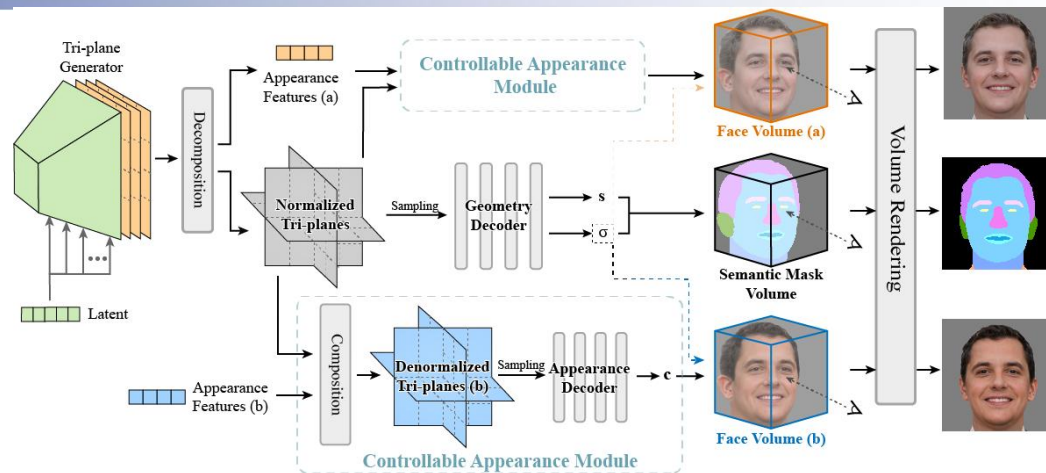


- 使用神经辐射场生成三维图像
- 提出三平面表示，充分利用2D StyleGAN的信息，生成多视角一致的高质量三维图像
- 从三平面上采样到的特征通过轻量级网络得到density和color
- 引入超分模块实现高分辨率的图像生成，为了保证超分后的一致性，改良了判别器，接收低分和高分的二元输入

Chan, E. R., Lin, C. Z., Chan, M. A., Nagano, K., Pan, B., De Mello, S., ... & Wetzstein, G. (2022). Efficient geometry-aware 3D generative adversarial networks. In CVPR (pp. 16123-16133).

NeRFFaceEditing (Siggraph Asia 2022)

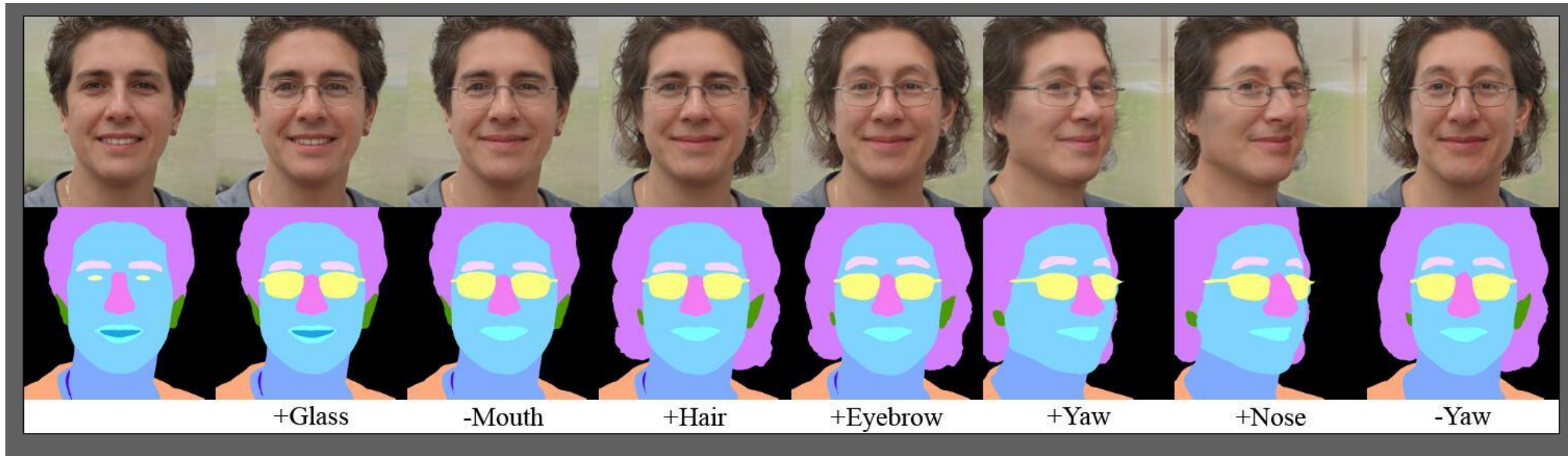
NeRFFace Editing



- 将三平面分解为几何特征和材质特征
- 解码器分为几何解码器和材质解码器
- 通过直方图颜色损失函数训练策略强化风格迁移效果

Kaiwen Jiang, Shu-Yu Chen, Feng-Lin Liu, Hongbo Fu, Lin Gao. NeRFFaceEditing: Disentangled Face Editing in Neural Radiance Fields. SIGGRAPH ASIA 2022.

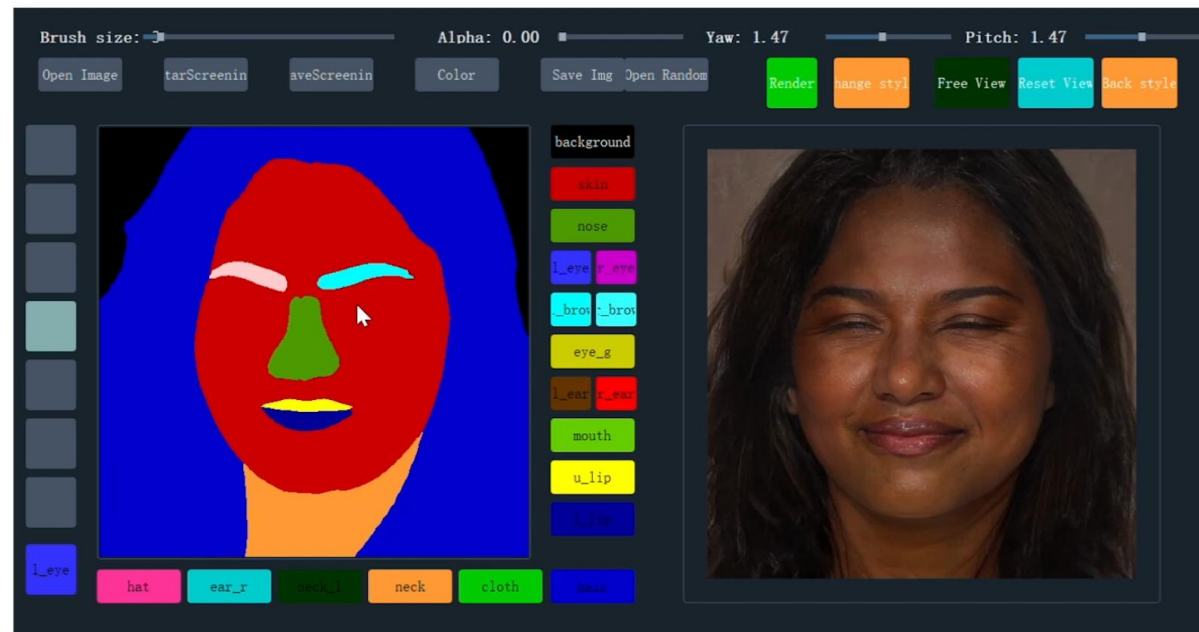
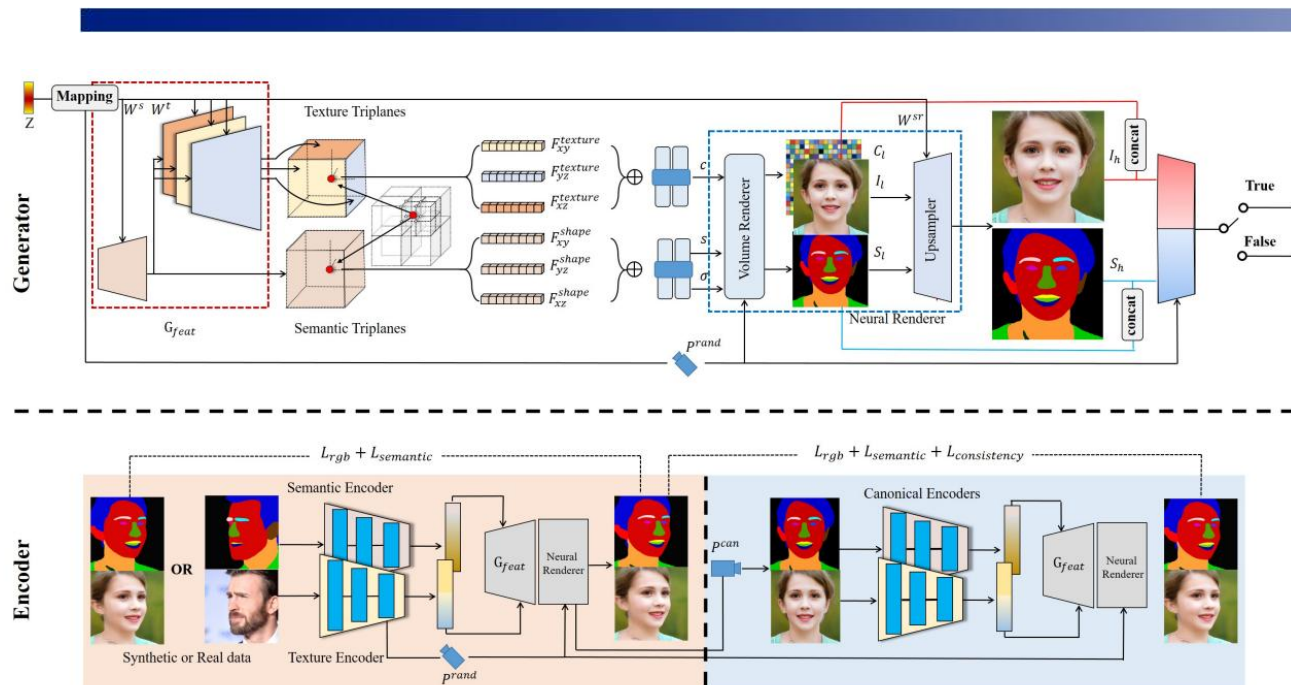
NeRFFaceEditing (Siggraph Asia 2022)



NeRFFace Style Transfer

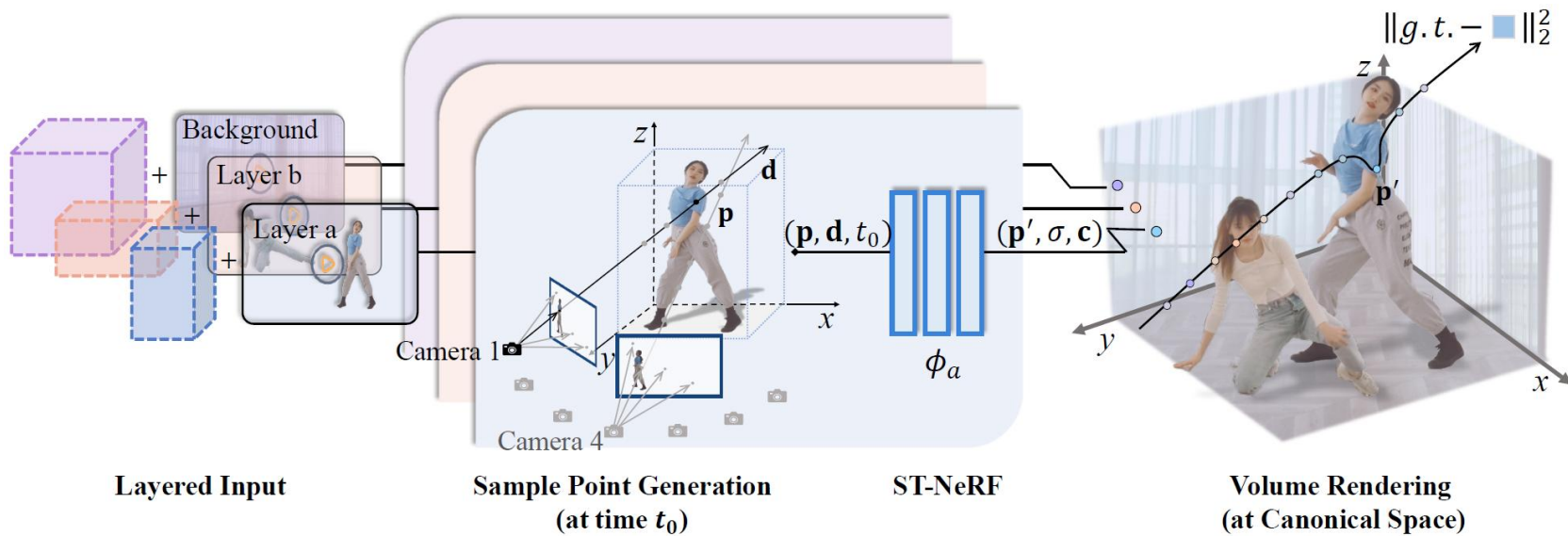
Kaiwen Jiang, Shu-Yu Chen, Feng-Lin Liu, Hongbo Fu, Lin Gao. NeRFFaceEditing: Disentangled Face Editing in Neural Radiance Fields. SIGGRAPH ASIA 2022.

IDE-3D (Siggraph Asia 2022)



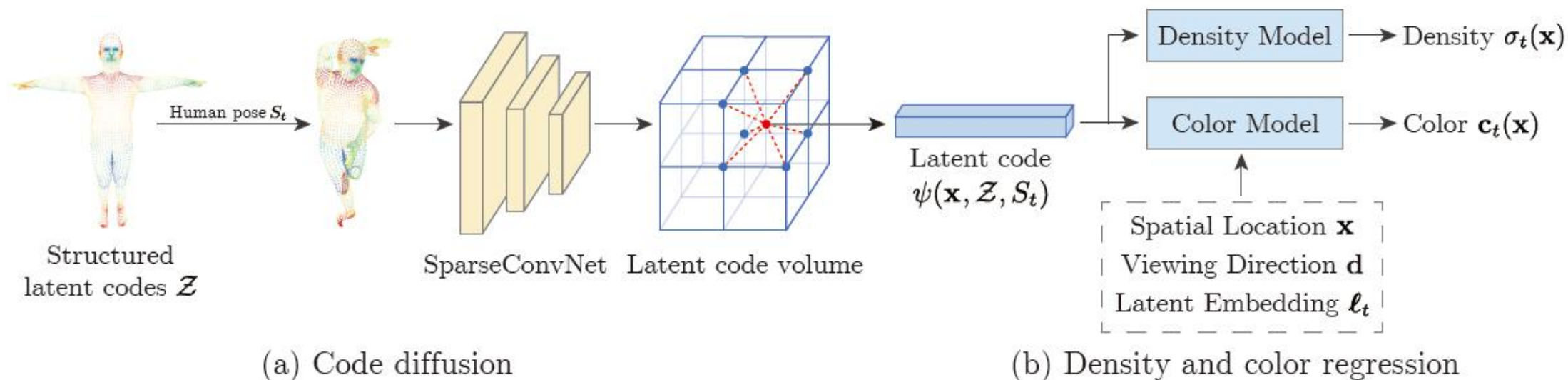
- 几何三平面和材质三平面将几何和材质解耦，几何分支额外输出语义mask
- 提出基于单视角的语义mask和人脸图像的混合反投影方法，实现更高质量的真实2D图像的三维重建
- 提出输入语义mask和人脸图像的编码器，允许用户实时对人脸进行语义编辑

ST-NeRF (Siggraph 2021)



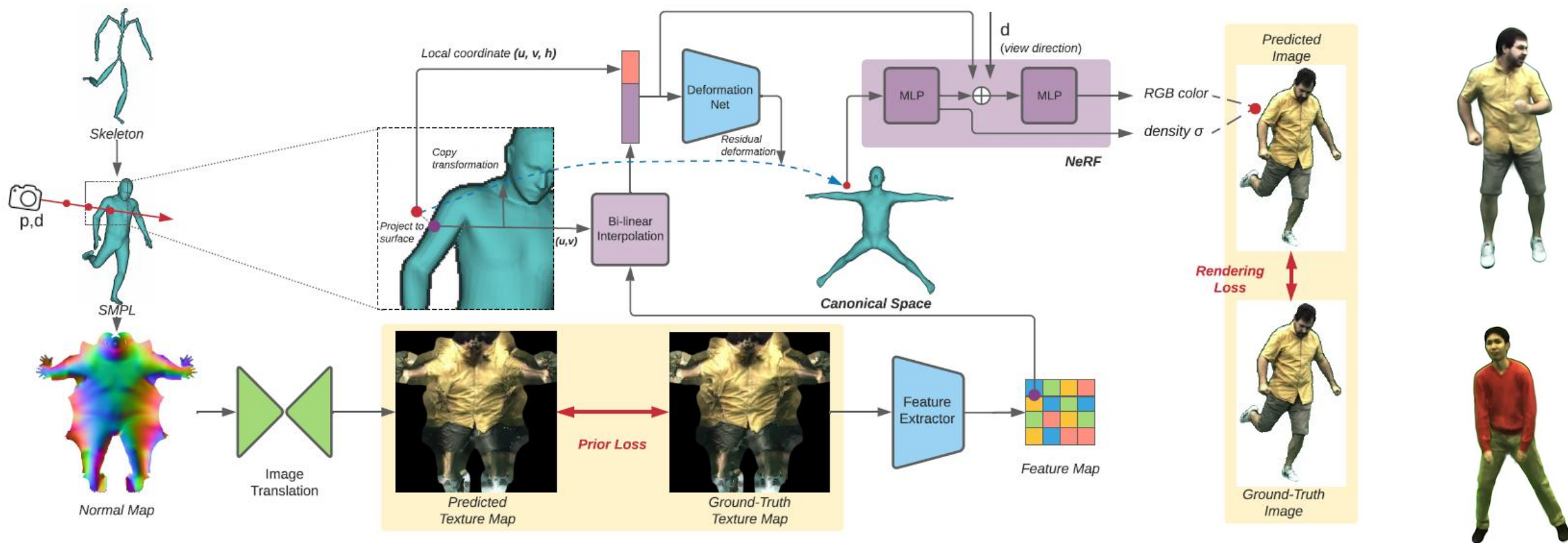
- 利用人体分割方法，将场景分解为包含不同人的不同层
- 每层使用不同的动态神经辐射场网络建模，最后利用体渲染聚合
- 通过修改人体的3D包围盒，能够改变视频中的动态人位置、大小，复制、删除场景中的人物

Neural Body (CVPR 2021)



- 使用人体先验模型SMPL重建人体网格模型
- 网格模型上的每个顶点都定义了可学习的表示向量，并通过卷积扩散到覆盖空间的体网格顶点上
- 网格模型随着时间改变姿态，带动表示向量改变空间位置，充分利用不同时刻的图像训练网络

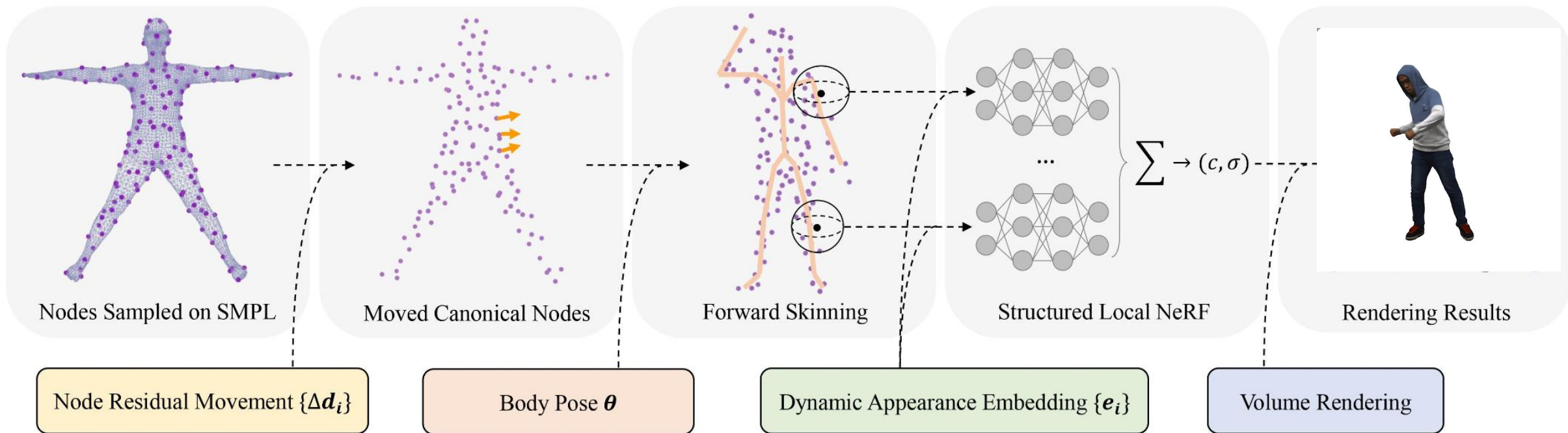
Neural Actor (Siggraph Asia 2021)



- 利用SMPL先验模型建模人体运动，并使用额外的网络预测变形残差
- 将纹理信息融入到残差变形预测中，利用纹理增强对细节的预测
- 测试阶段从法向图通过图像翻译得到纹理图

Liu, L., Habermann, M., Rudnev, V., Sarkar, K., Gu, J., & Theobalt, C. (2021). Neural actor: Neural free-view synthesis of human actors with pose control. ACM Transactions on Graphics (TOG), 40(6), 1-16.

Structured Local Radiance Fields (CVPR 2022)



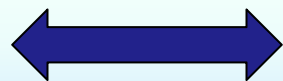
- 使用一组结构化的局部辐射场建模宽松衣服的动态人体
- 三层动态表示：全局骨架运动、每个顶点的局部运动、时间变化的细节
- 在SMPL模型上采样结点，每个结点都有局部的辐射场网络
- 从姿态向量得到动态细节表示向量，输入网络预测外观

基于人的神经辐射场—未来展望

难点

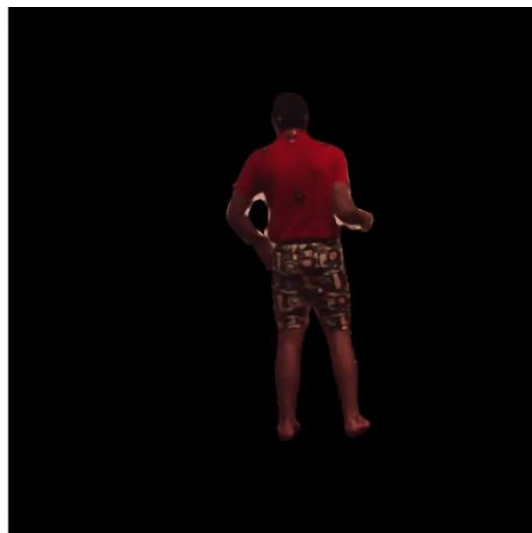
稀疏视角/单张图像输入

矛盾



高动态高真实感立体视频

目标：生成高动态高真实感的人体人脸立体视频



从单目视频生成立体视频



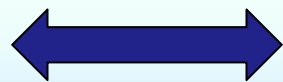
如何恢复细节

基于物的神经辐射场

难点

随意拍摄，移动设备

矛盾

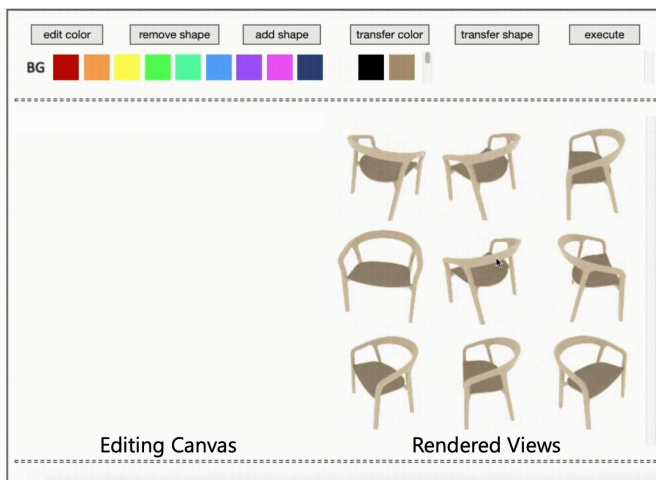


鲁棒重建，任意编辑

目标：鲁棒重建高质量的可编辑的神经辐射场



RGB-D NeRF
中科院计算所



EditingNeRF (ICCV 2021)
麻省理工大学

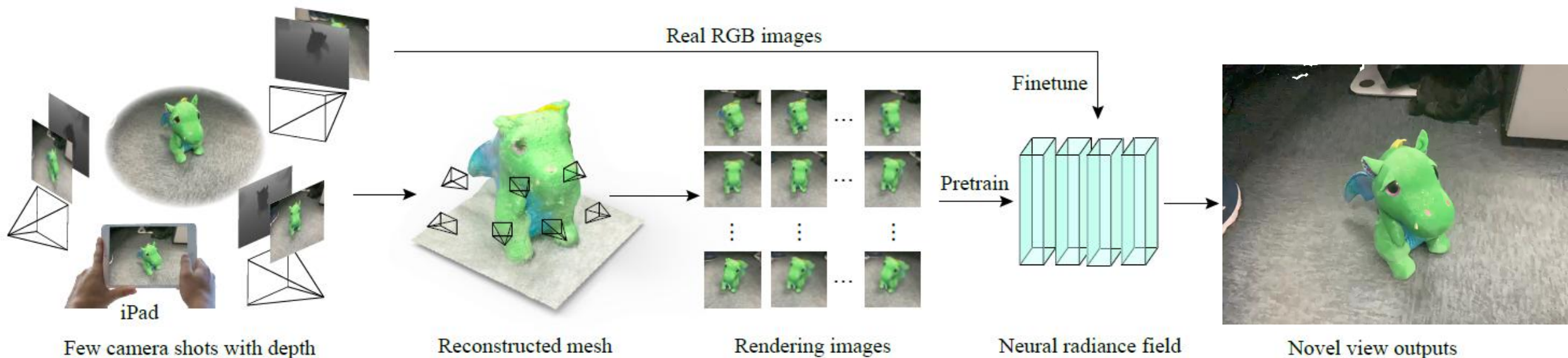


NeRF-Editing (CVPR 2022)
中科院计算所



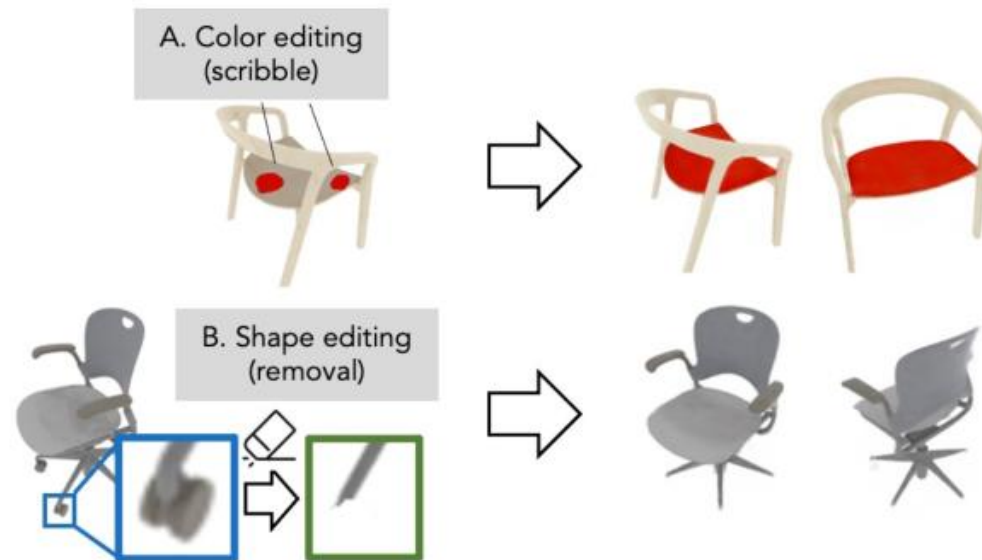
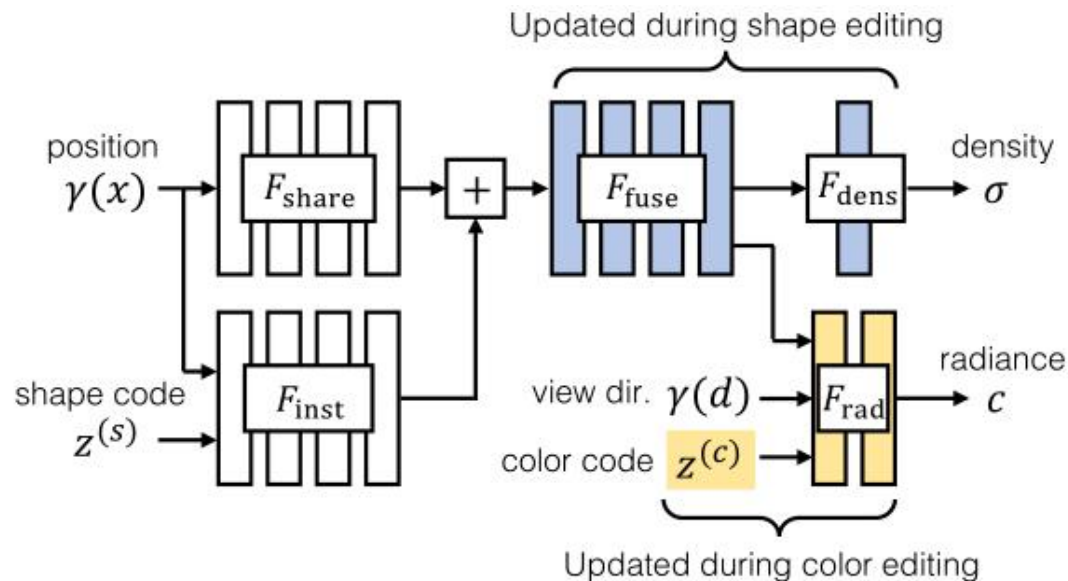
NeuMesh (ECCV 2022)
浙江大学

RGB-D NeRF



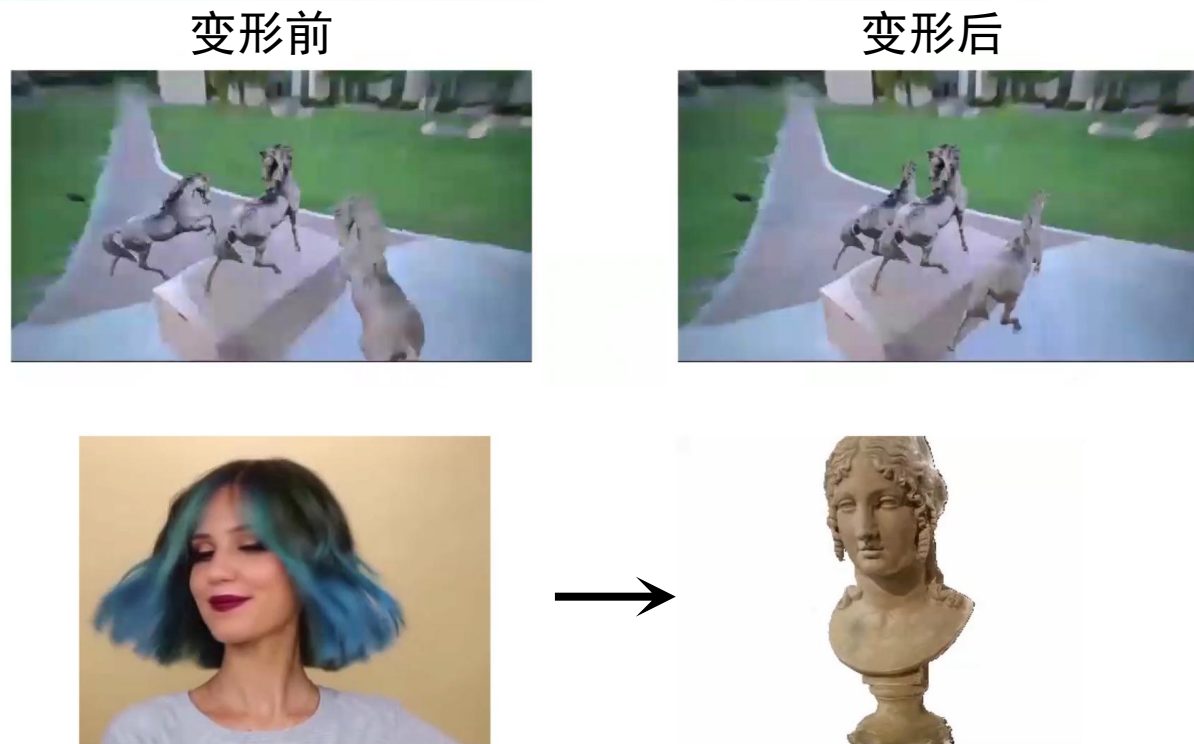
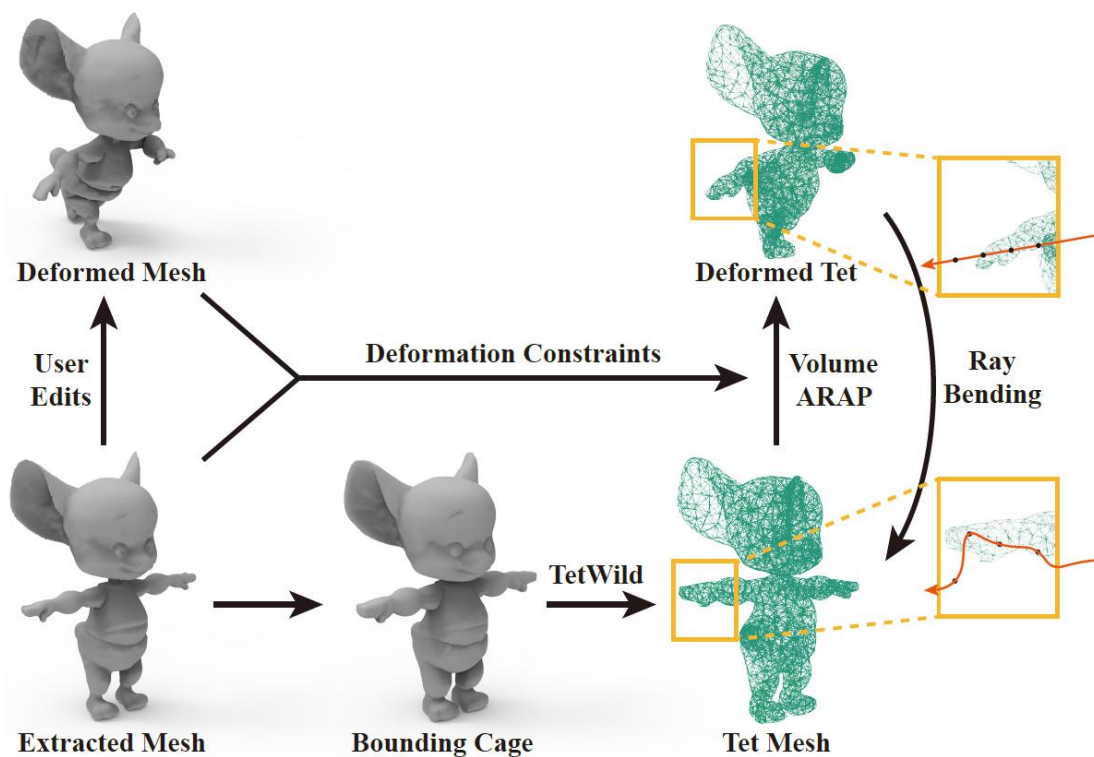
- 提出预训练-微调训练框架，通过引入深度，减少拍摄图片数量需求
- 利用RGB-D图片重建场景粗糙几何表示，并使用渲染图预训练神经辐射场网络
- 拍摄的少量真实图像被用于微调神经辐射场网络，引入3D颜色先验和图像块判别器增强合成图像真实感

EditNeRF (ICCV 2021)



- 在一类数据上训练，使用合成数据集，借助模型先验
- 利用不同的网络和隐含向量解耦形状和外观
- 用户在图片上涂抹，网络和隐含向量利用反向传播进行优化，实现编辑
- 针对几何编辑，只能实现增加/删除操作

NeRF-Editing (CVPR 2022)



- 允许用户交互式编辑静态神经辐射场的隐式几何表征
- 用户在重建的网格表示上编辑，该编辑借助四面体表示被传播到连续空间中
- 渲染光线根据传播到空间中的用户编辑弯曲，得到编辑后的渲染结果

Yuan, Y. J., Sun, Y. T., Lai, Y. K., Ma, Y., Jia, R., & Gao, L. (2022). NeRF-editing: geometry editing of neural radiance fields. In CVPR (pp. 18353-18364).

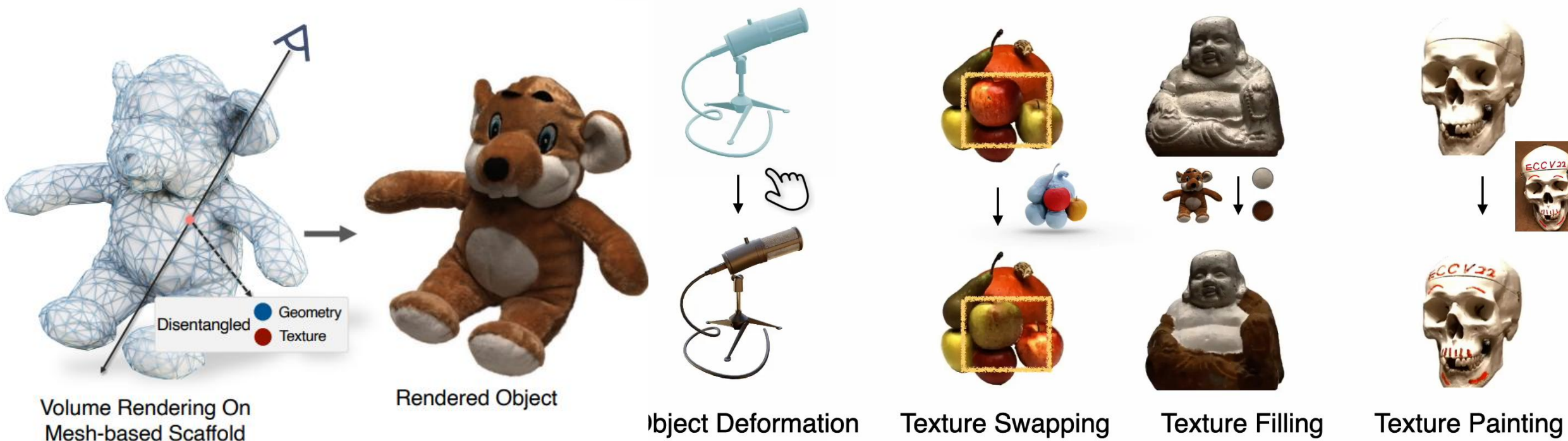
NeRF-Editing (CVPR 2022)



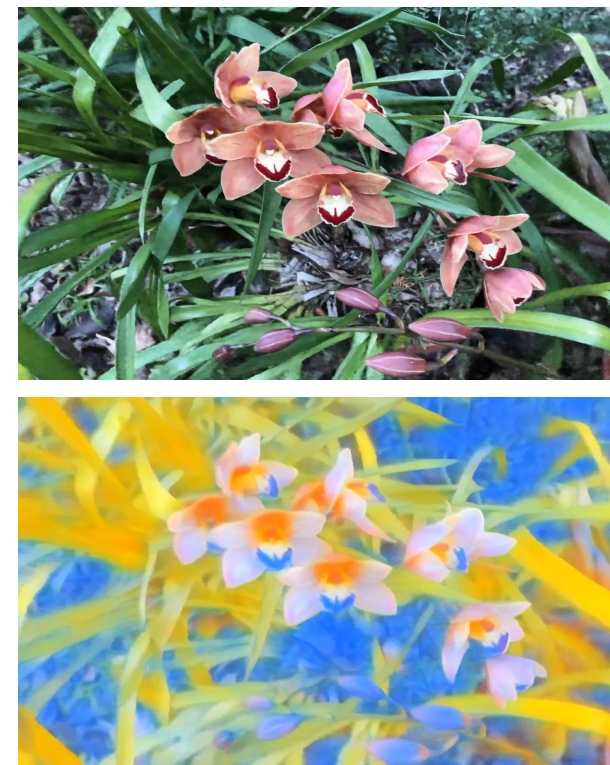
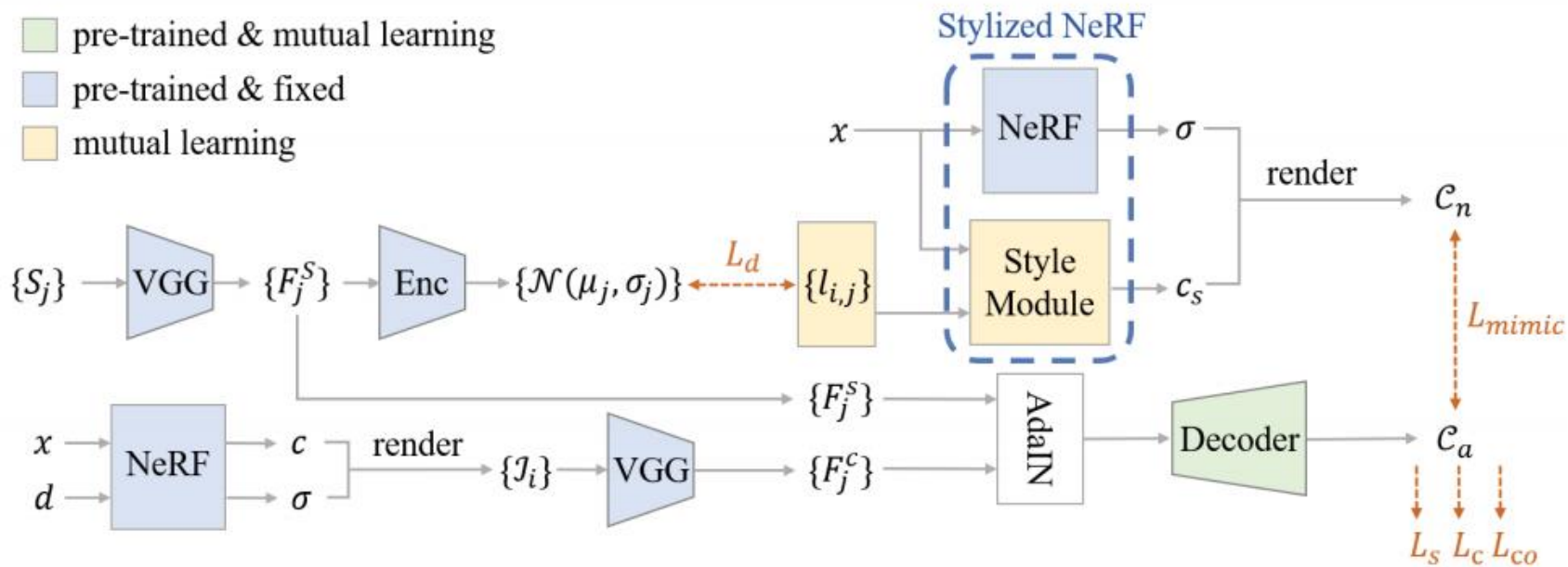
Yuan, Y. J., Sun, Y. T., Lai, Y. K., Ma, Y., Jia, R., & Gao, L. (2022). NeRF-editing: geometry editing of neural radiance fields. In CVPR (pp. 18353-18364).

NeuMesh (ECCV 2022)

- 构建可编辑几何和纹理的NeRF
- 网格表示几何，顶点存储可学习参数表示几何和纹理，实现几何和纹理解耦编辑
- 变形网格达到编辑NeRF几何效果，同时提供多种纹理编辑方式

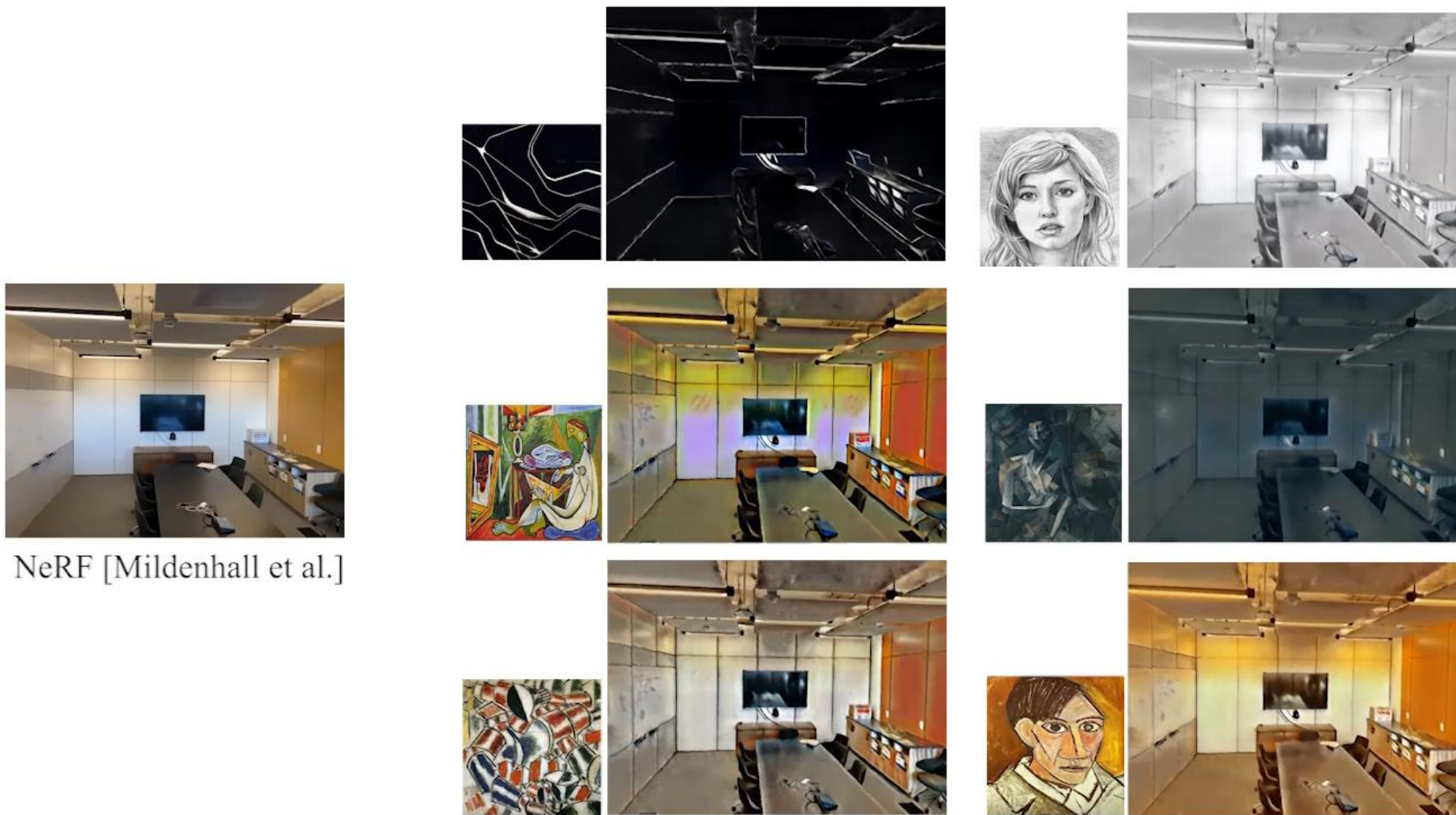


StylizedNeRF (CVPR 2022)



- 给定风格图片，对神经辐射场建模场景的外观进行风格化编辑
- 互学习策略：NeRF约束卷积网络的一致性，二维卷积网络指导NeRF进行风格化
- 对风格条件概率建模，实现对场景在不同风格下的风格化

StylizedNeRF (CVPR 2022)



NeRF [Mildenhall et al.]

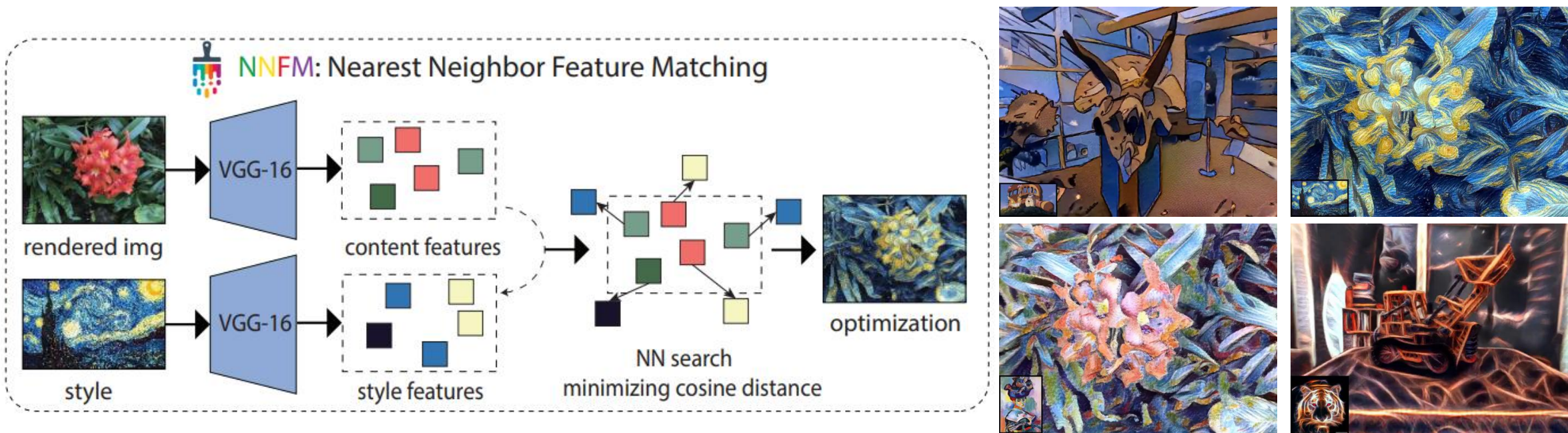
Yi-Hua Huang, Yue He, Yu-Jie Yuan, Yu-Kun Lai, Lin Gao*. StylizedNeRF: Consistent 3D Scene Stylization as Stylized NeRF via 2D-3D Mutual Learning. CVPR 2022.

SNeRF (Siggraph 2022)



- 通用的，即插即用的框架，支持对于各种NeRF模型的风格化训练
- 使用2D方法风格化NeRF结果，使用风格化的NeRF结果微调NeRF，不断重复
- 训练算法有效减少了GPU显存开销，可以在单张显卡上进行训练和推理

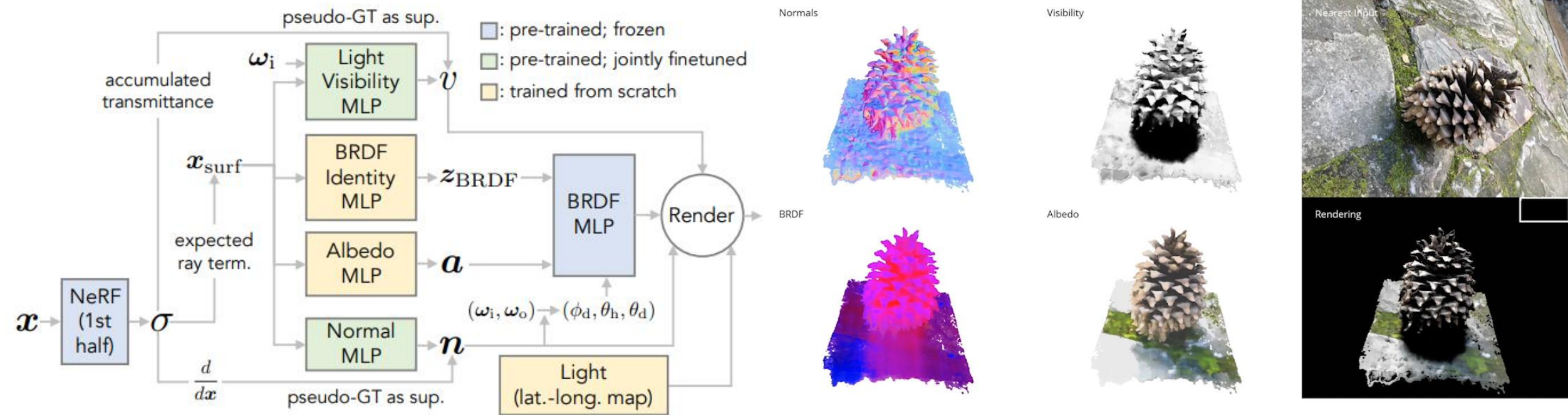
ARF: Artistic Radiance Fields (ECCV 2022)



- 引入最近邻特征匹配损失和延迟反向传播的方法
- 使用风格化NeRF渲染出整张图片，通过VGG提出特征，与风格化图片进行最近邻匹配，最小化最近邻距离损失和内容损失，梯度缓存在各个像素上
- 在图片上采样patch，用NeRF渲染后，将缓存的梯度传播到NeRF参数上用于优化

Zhang, K., Kolkin, N., Bi, S., Luan, F., Xu, Z., Shechtman, E., & Snavely, N. (2022). ARF: Artistic Radiance Fields. In European conference on computer vision

NeRFactor (SIGGRAPH 2021)



- 分为两步训练，第一步训练一个原版NeRF，目的是得到几何信息减少二义性
- 通过分立的网络映射空间位置到不同的分量，然后基于传统光照模型渲染
- 采用预训练的解码器输出每个点的BRDF；利用环境图（envmap）模拟光照
- 通过更换envmap可以达到重光照（Relighting）的效果

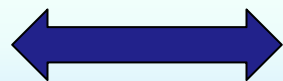
Xiuming Zhang, Pratul P. Srinivasan, Boyang Deng, Paul E. Debevec, William T. Freeman, Jonathan T. Barron, NeRFactor: neural factorization of shape and reflectance under an unknown illumination. ACM TOG

基于物的神经辐射场—未来展望

难点

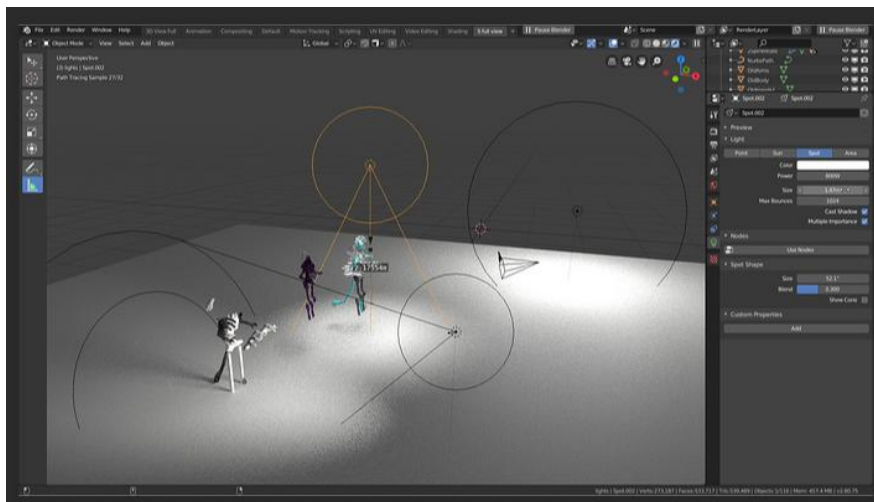
随意拍摄，移动设备

矛盾



鲁棒重建，任意编辑

目标：鲁棒重建高质量的可编辑的神经辐射场



方便的重光照



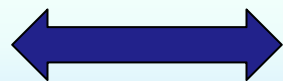
鲁棒灵活的编辑

基于场的神经辐射场

难点

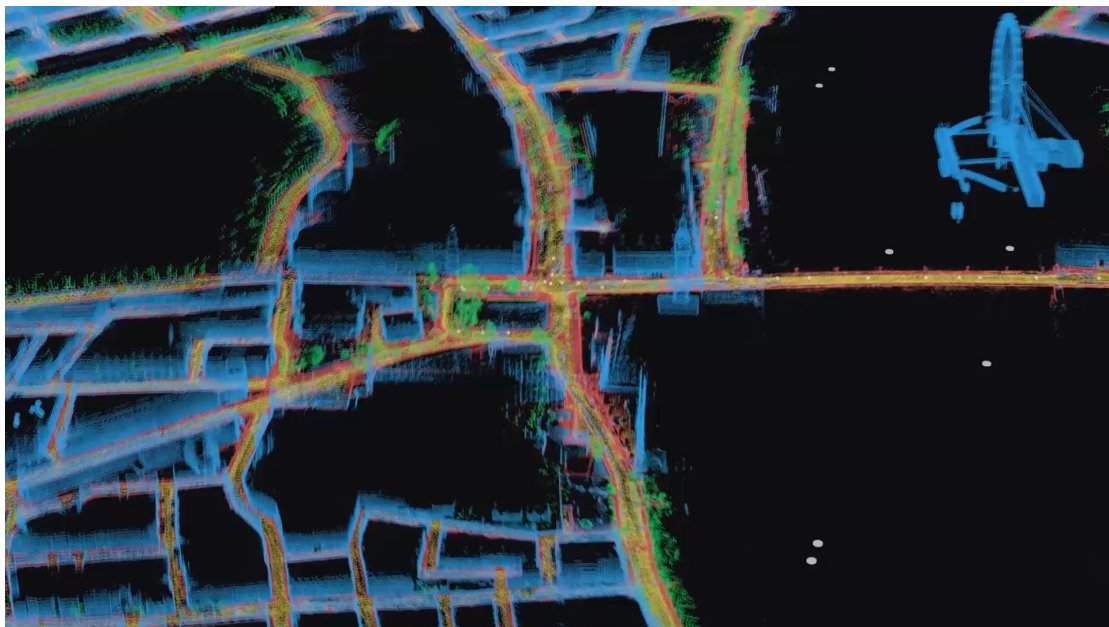
空间尺度大，场景变化大

矛盾



实时大范围的自由浏览

目标：实现城市级别自由浏览



谷歌地图 Immersive View



BungeeNeRF (ECCV 2022)
香港中文大学



MegaNeRF (CVPR 2022)
卡内基梅隆大学

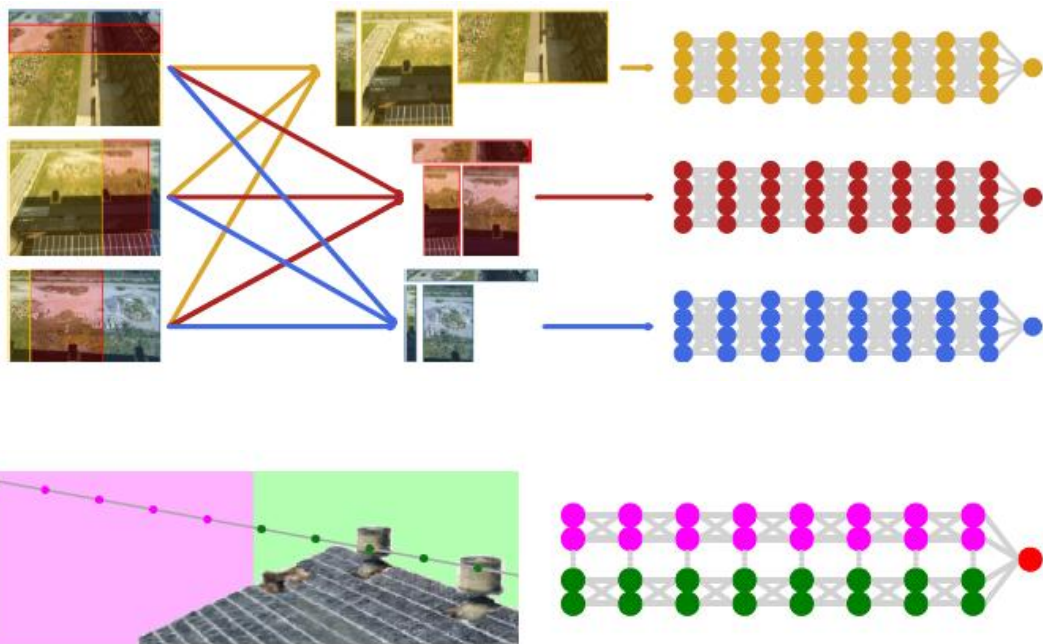


URF (CVPR 2022)
谷歌



Block-NeRF (CVPR 2022)
Waymo

Mega-NeRF (CVPR 2022)



- 解决大尺度场景训练、推理速度慢，效果不好的问题（针对空中俯视浏览）
- 对场景分块，每一块使用不同的NeRF进行分块训练
- 推理时每次只渲染场景中新出现的部分，并使用几何减少采样数量

Urban Radiance Fields (CVPR 2022)



- 大尺度场景物体众多，每个物体只有少量图片覆盖（针对地面移动浏览）
- 每张图片针对不同的曝光情况有单独的建模；对天空单独建模
- 引入LiDAR数据，对几何进行约束

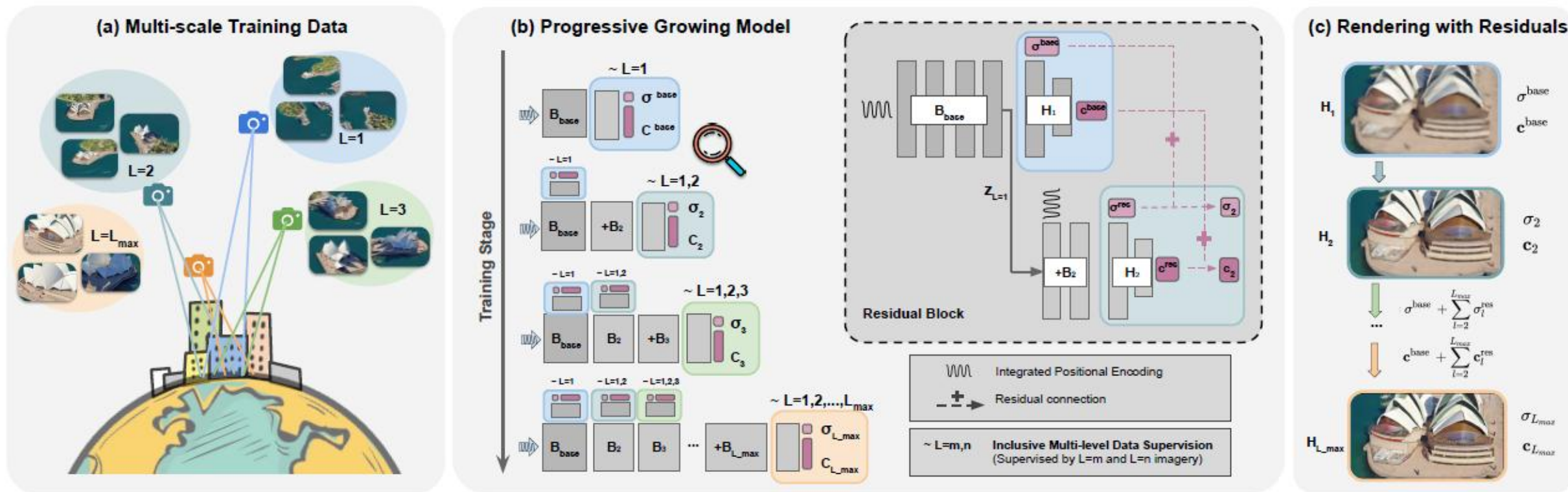
Block-NeRF (CVPR 2022)



- 大尺度场景难以用单个网络建模，训练数据存在环境变化（针对地面移动浏览）
- 对场景分块，每块使用不同的NeRF网络建模，块与块之间有重叠保证平滑过渡
- 每张图片针对外观差异引入可学习的嵌入向量；相机姿态在训练中被一起优化

Matthew Tancik, Vincent Casser, Xincheng Yan, Sabeek Pradhan, Ben Mildenhall, Pratul P. Srinivasan, Jonathan T. Barron, Henrik Kretzschmar. Block-NeRF: Scalable Large Scene Neural View Synthesis. CVPR 2022.

BungeeNeRF (ECCV 2022)



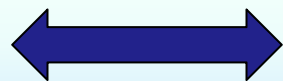
- 解决从不同尺度自由视角浏览城市场景的问题
- 采用渐进式学习，在小尺度上使用更深的网络，并学习上一尺度的残差

基于场的神经辐射场—未来展望

难点

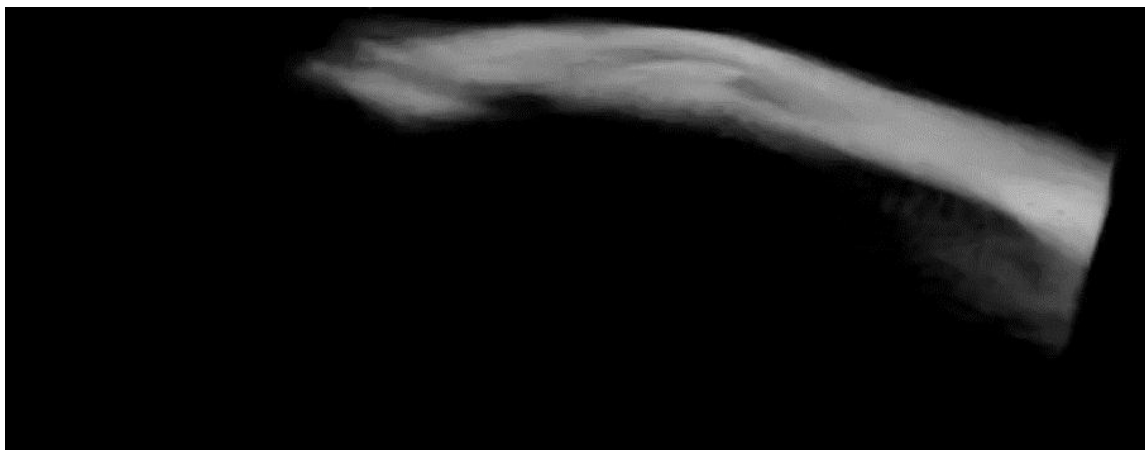
空间尺度大，场景变化大

矛盾



实时大范围的自由浏览

目标：实现城市级别的自由浏览



烟雾、气体模拟

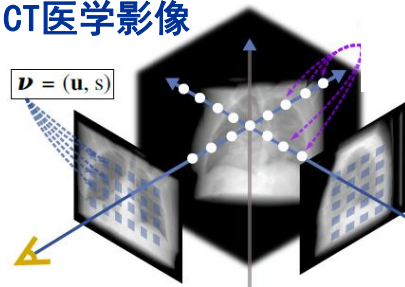


自然现象（雨天）模拟

未来研究挑战



CT医学影像



倾斜摄影



空间



数字中国



FPS: 34.3

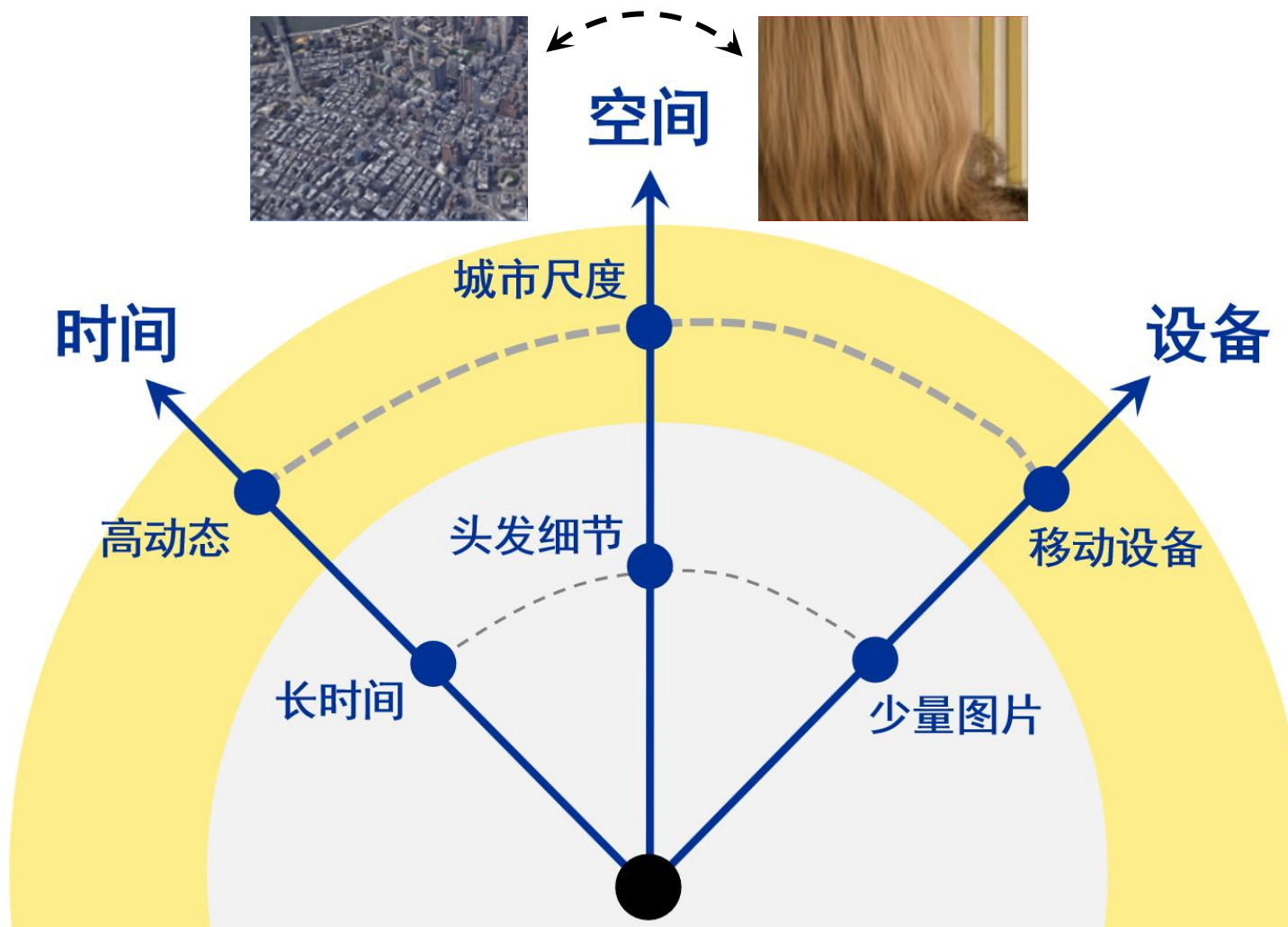


NeRF专用芯片

人物场的神经辐射场建模方法

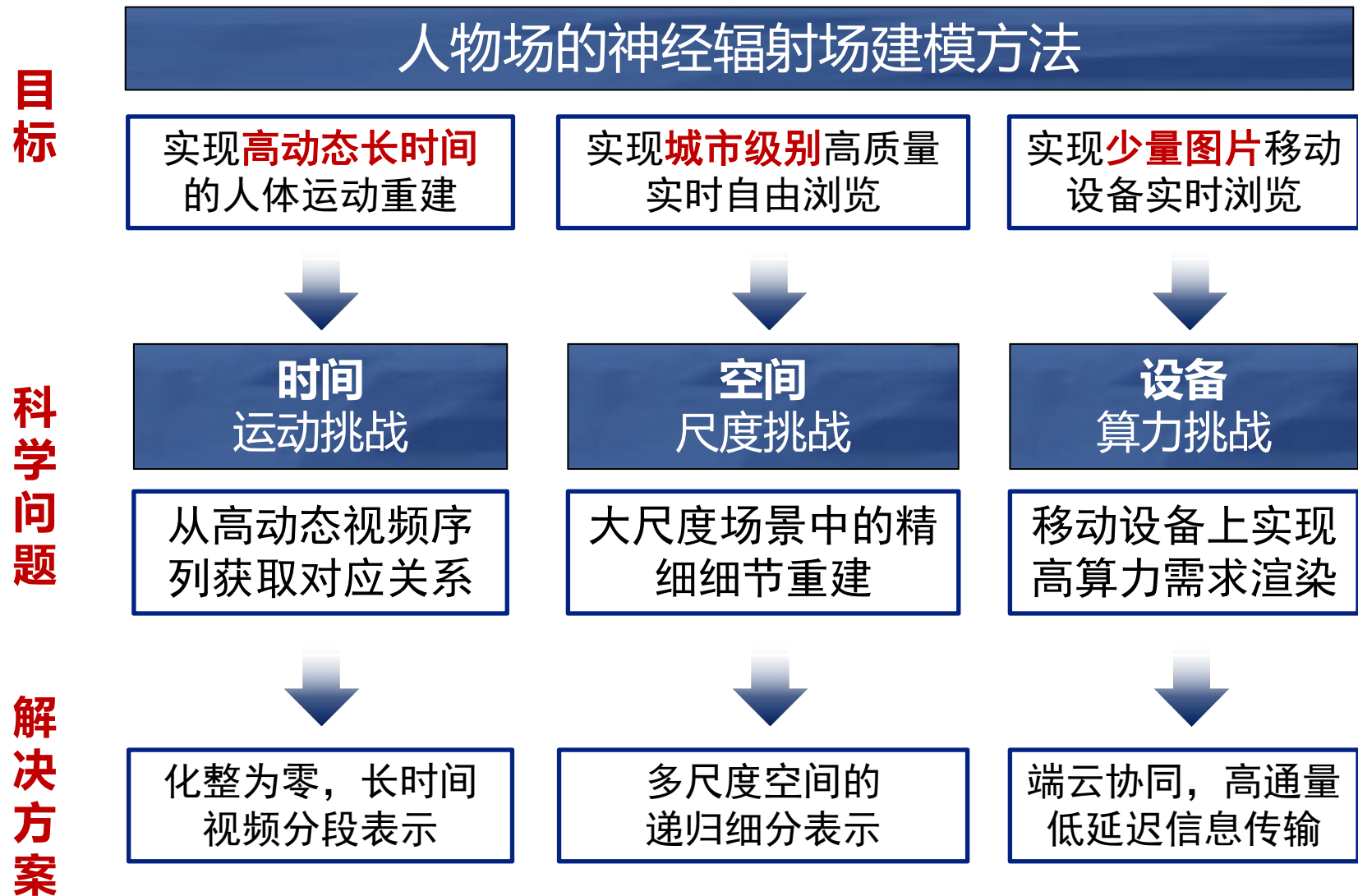
谢谢聆听！

未来研究挑战



人物场的神经辐射场建模方法

未来研究内容

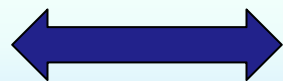


基于物的神经辐射场—未来展望

难点

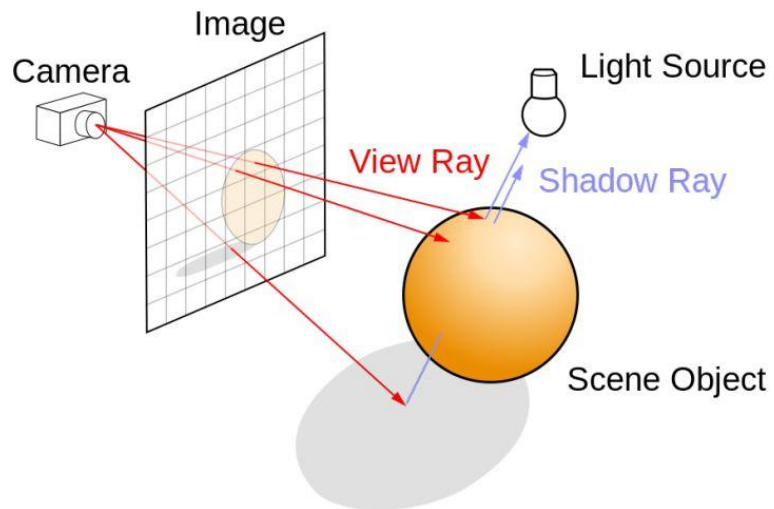
随意拍摄，移动设备

矛盾



鲁棒重建，任意编辑

目标：鲁棒重建高质量的可编辑的神经辐射场



结合光线追踪渲染方法



=



编辑如修图