

基于高阶方程的蒙特卡洛图像噪声移除算法

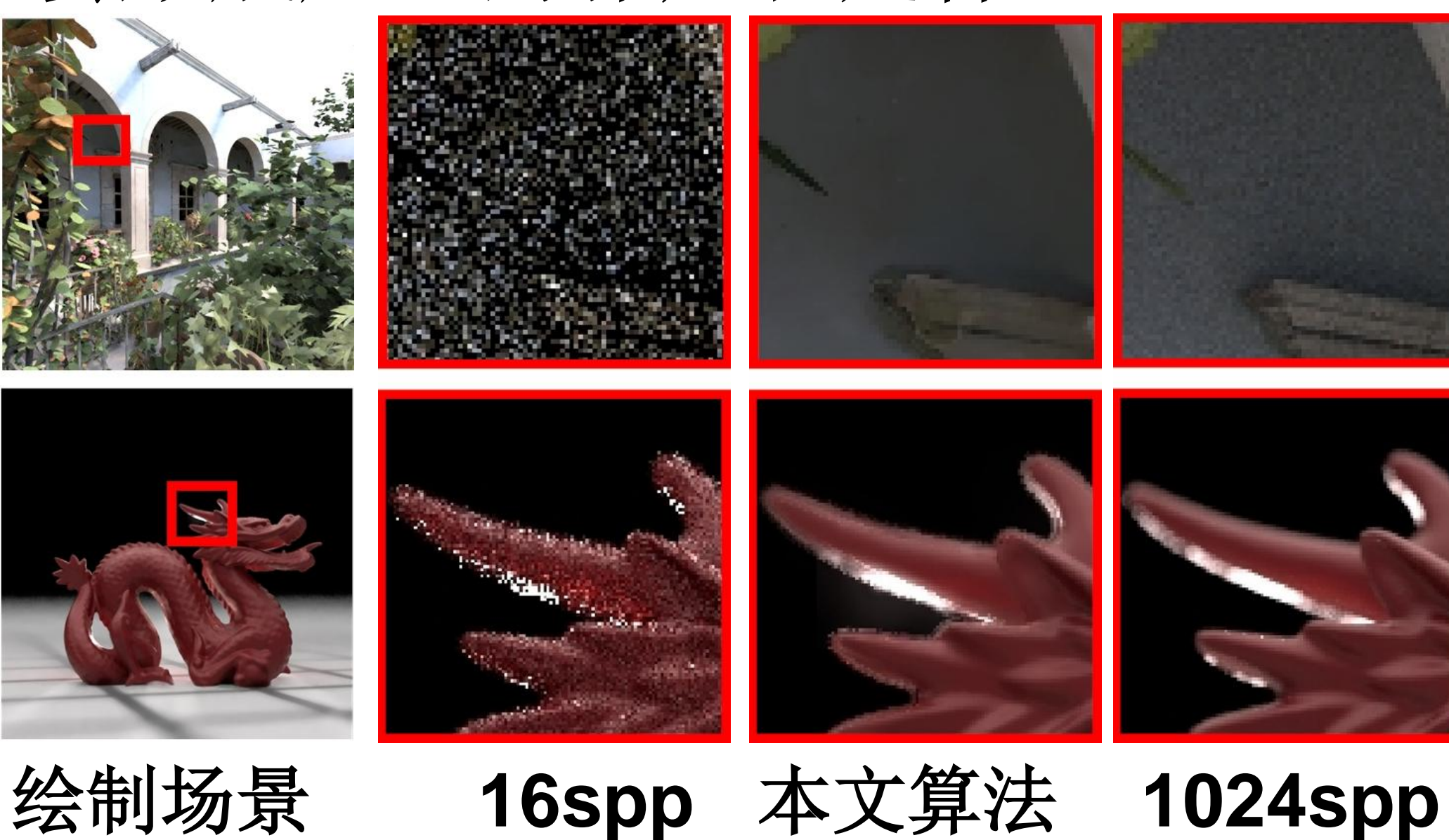
刘宇, 郑昌文, 袁红亮

Denoising Monte Carlo Noise based on a Robust High-order function, GRAPP2018, 2018:288-294

刘宇 (lyiscas@163.com, 15600602128)

科研背景:

蒙特卡洛路径跟踪算法 (MC) 是实现真实感绘制的重要方法, 能够有效模拟全局照明、运动模糊、景深等多种光照效果, 同时在计算机辅助设计、电影游戏特效以及科研仿真等领域被广泛应用。然而该算法严重受制于采样率: 低采样率时由于对高频场景信息的采样不完全, 会形成严重的噪声和走样。



研究问题:

构造合适的自适应绘制算法, 在移除噪声影响的同时保持场景的高频细节特征。

- 对特征图像进行预过滤, 提高特殊效果的绘制质量
- 为每个像素选择合适的重构参数, 在偏差和方差之间进行权衡
- 降低绘制消耗, 单个模型可以重构窗口内的所有像素

算法描述:

- 高阶重构方程:

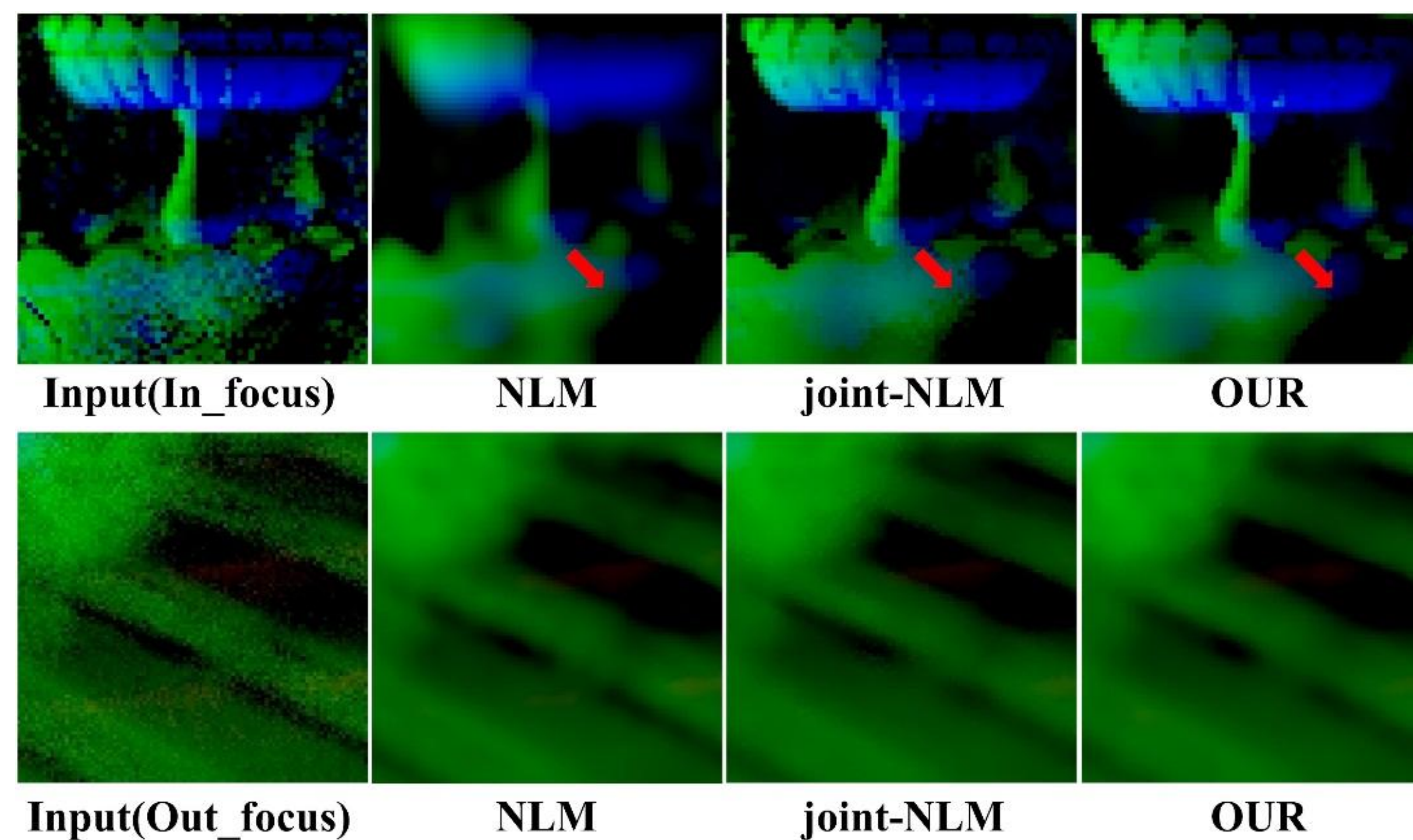
$$[\bar{y}_i, \nabla \bar{y}_i] = \arg \min_{\bar{y}_i, \nabla \bar{y}_i} \sum_{j \in N_i} (y_j - \bar{y}_i - \nabla \bar{y}_i (x_j - x_i))^2 w(i, j)$$

$$\text{正规方程求解: } \bar{y} = X(X^T W X)^{-1} X^T W Y = H Y$$

- 协同预过滤:

$$\text{NLM滤波器 } \bar{f}_m = \text{NLM}(f_m, 0.25, \text{true})$$

$$\text{引导滤波器 } \hat{f}_m = \text{GUID}(\bar{f}_m, \bar{f}_m)$$

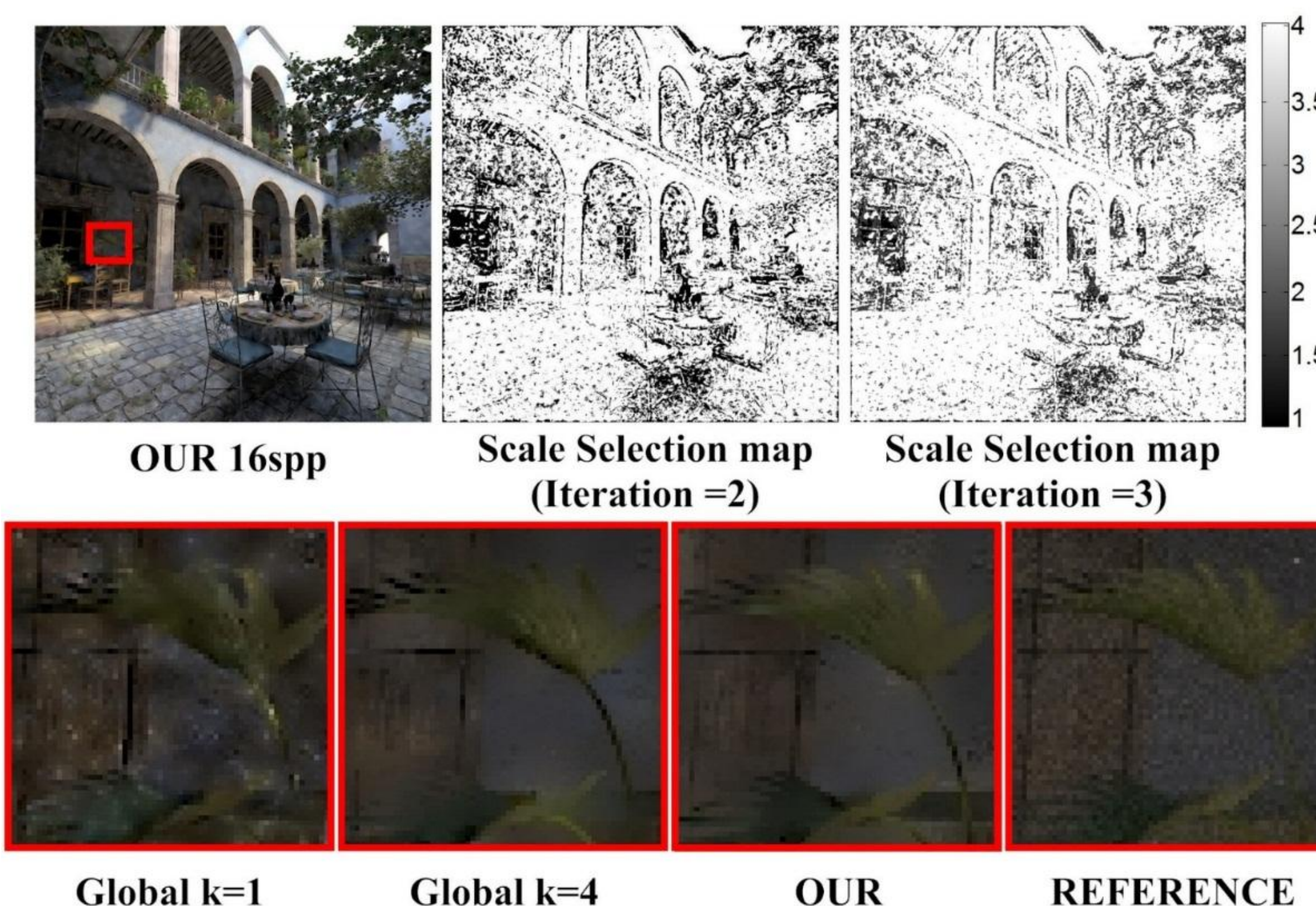


- 迭代重构误差估计策略:

$$d(i, j) = \frac{\|y_i - y_j\|^2 - (\text{var}_i + \min(\text{var}_i, \text{var}_j))}{\varepsilon + k^2(\text{var}_i + \text{var}_j)}$$

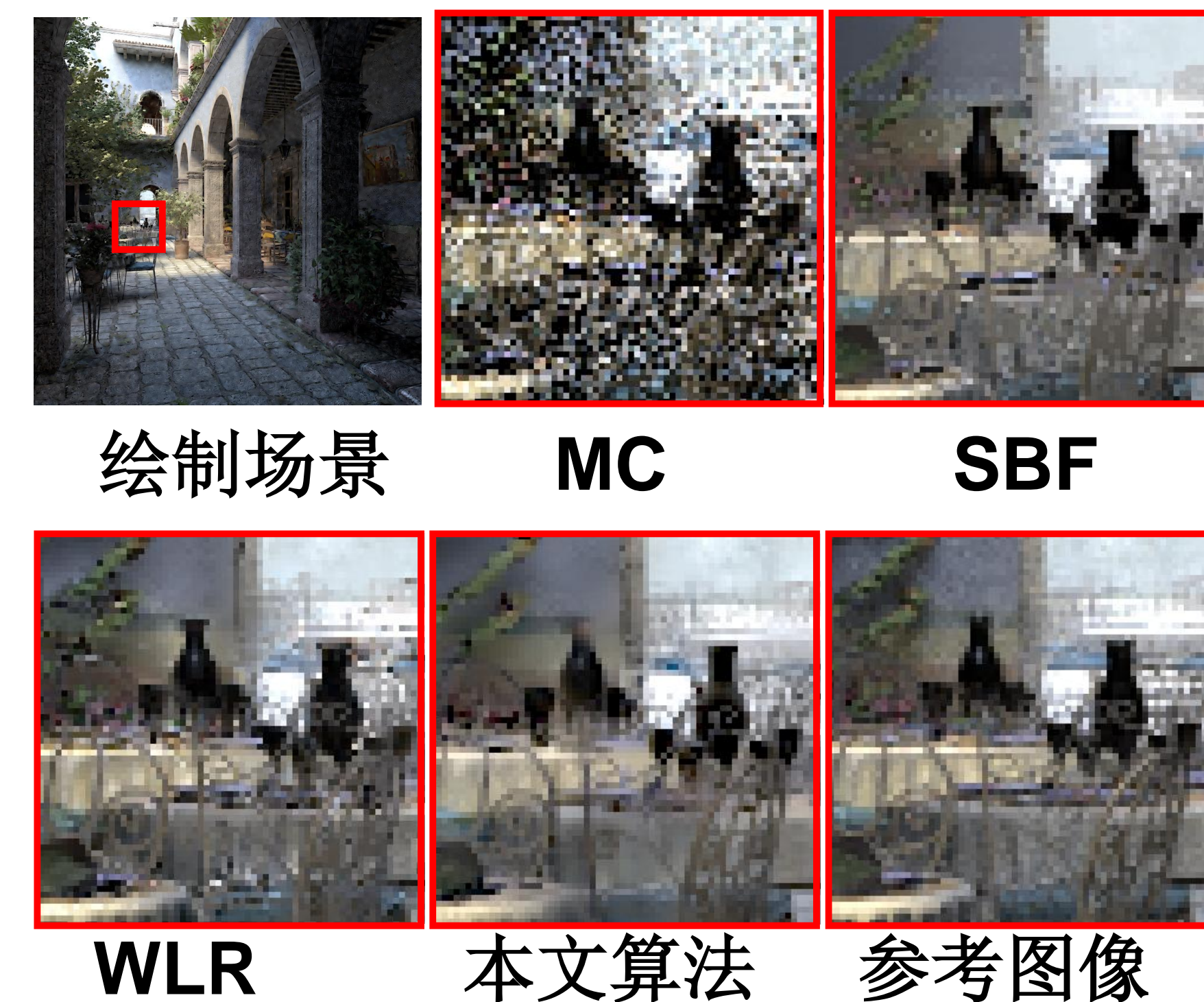
$$k_{opt} = \arg \min_k \sum_{j \in N_i} w(i, j) \text{err}_{j,k}$$

$$= \arg \min_k \sum_{j \in N_i} w(i, j) (\text{bias}^2(j, k) + \text{Var}(j, k))$$

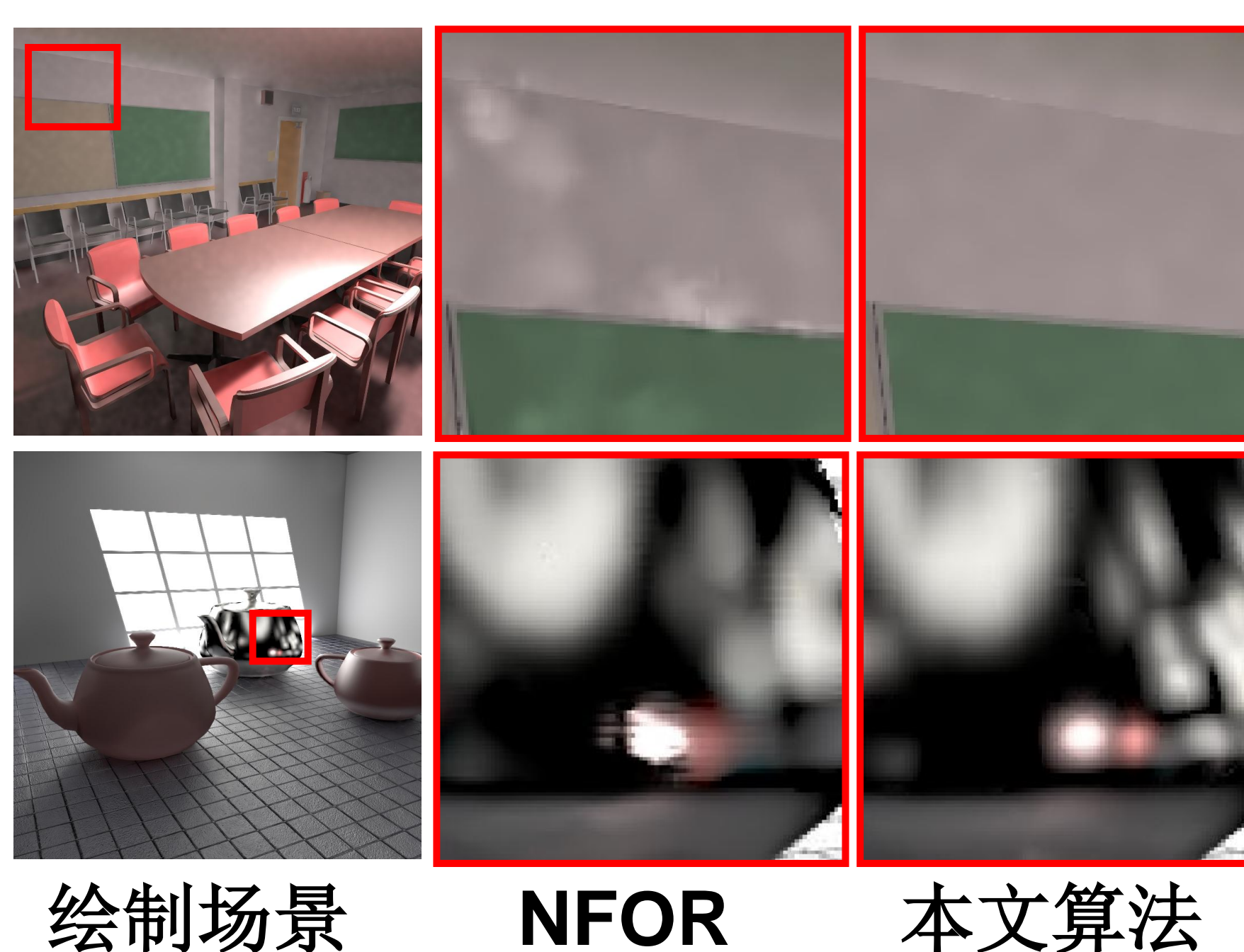


实验结果:

- 去噪效果对比



- 与NFOR对比



论文贡献:

- 利用线性回归构建高阶重构方程, 能够保持高曲率区域的绘制效果。
- 构建协同预过滤框架, 能够提高景深、运动模糊等特殊效果的绘制质量
- 将窗口作为整体构造迭代误差估计策略, 最终选择能够降低整体误差的重构参数, 产生平滑的细节特征。