

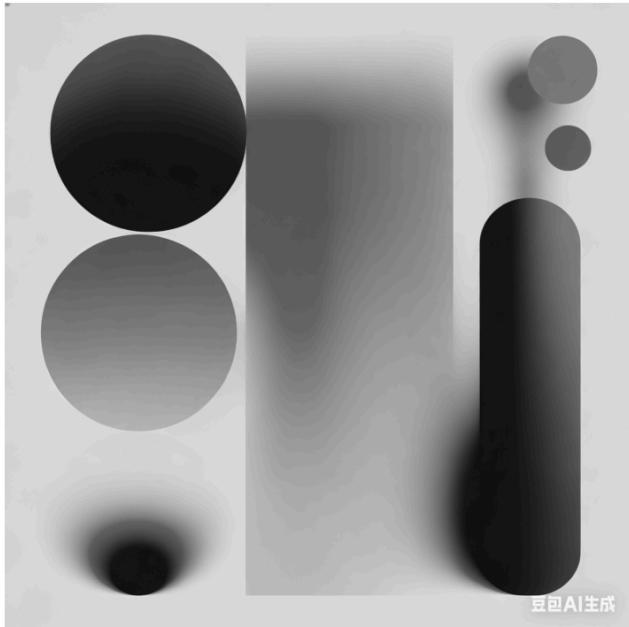
readme



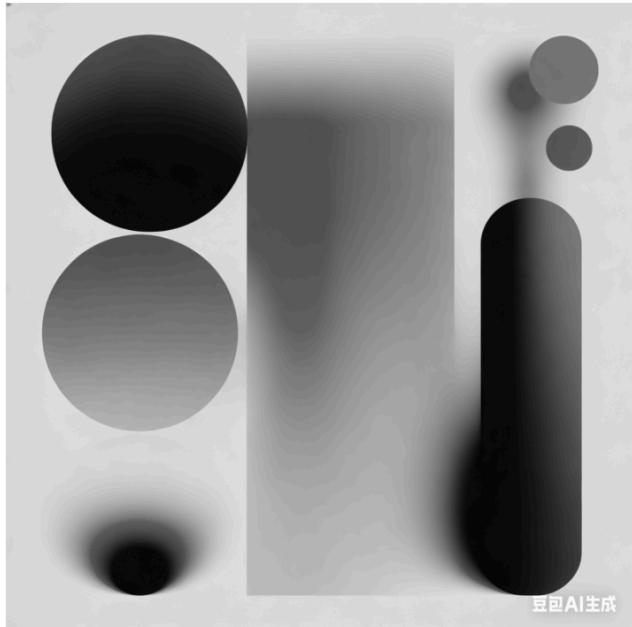
原图test.png

1) 不同核大小 $\backslash\sigma$ 的高斯模糊效果 (blur_compare)

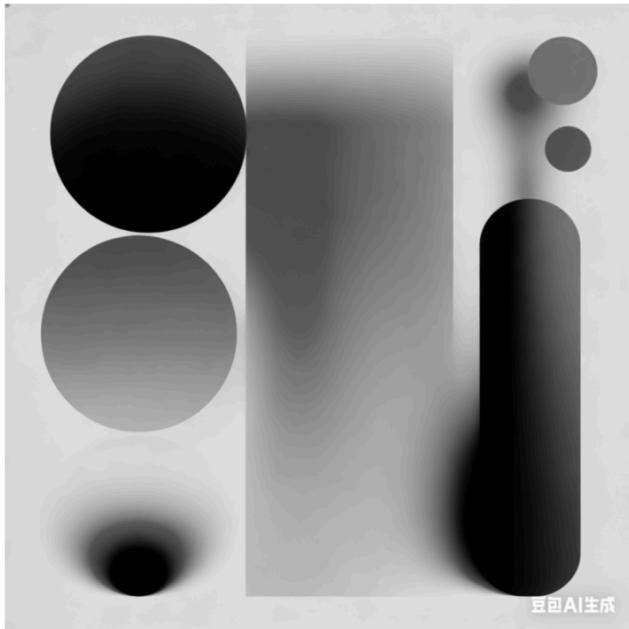
Original Gray



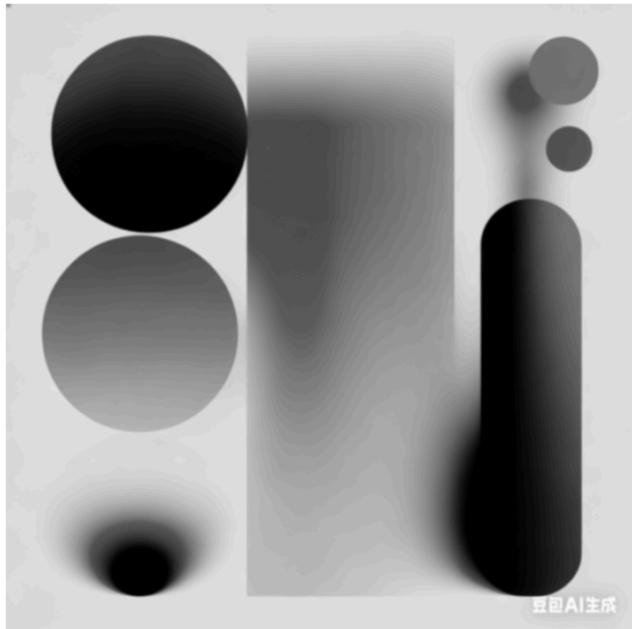
Blur (manual) $k=3, \sigma=0.8$



Blur (manual) $k=7, \sigma=1.5$



Blur (manual) $k=15, \sigma=3.0$



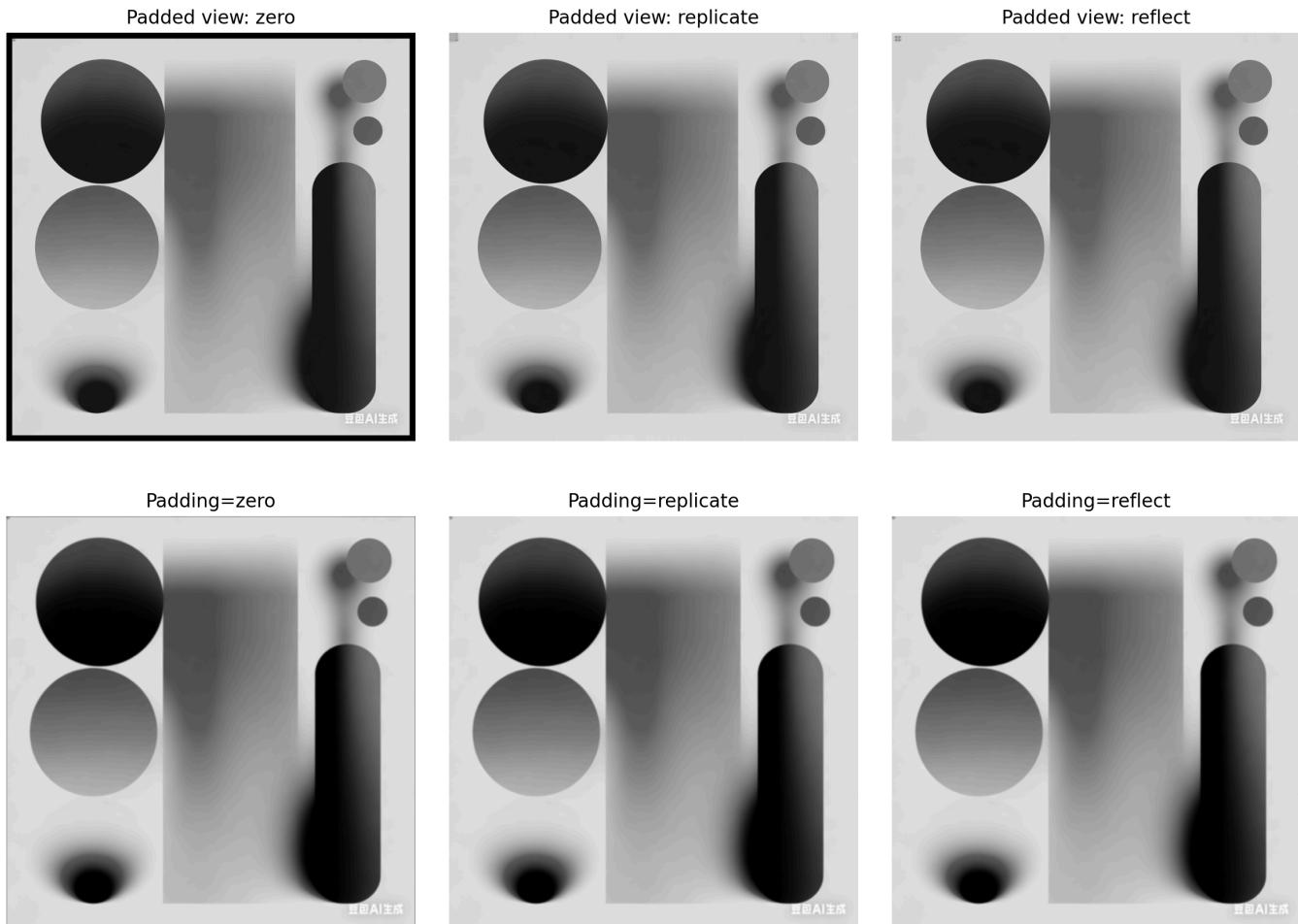
- $k=3, \sigma=0.8$: 模糊很轻，边缘还比较锐利（细节保留多）。
- $k=7, \sigma=1.5$: 模糊明显增强，圆/矩形边缘更柔和。
- $k=15, \sigma=3.0$: 模糊最强，边缘过渡很宽，整体“更糊”，细节损失最大。

规律总结：核越大、 σ 越大 \Rightarrow 平滑越强 \Rightarrow 高频细节越少、边缘越软、阴影扩散更明显。

用简单的“平均梯度强度”粗略衡量高频：大概从 $0.426 \rightarrow 0.324 \rightarrow 0.288$ ，确实在下降，符合预期

2) 不同 padding 的边界影响 (padding_blur_compare + padding_view_compare)

你对比得非常典型：padding_view_compare只做了 padding (没卷积)



padding_view_compare (原因图) : 只做 padding, 不卷积。

用来说明三种 padding 在边界外分别补了什么：

- zero: 补 0 → 黑框
- replicate: 复制边界像素
- reflect: 镜像反射延拓

padding_blur_compare (结果图) : 在同一个高斯核下做卷积 (模糊) ,

用来观察“补边方式”对最终模糊图的影响：

- zero: 因为卷积窗口会混入很多 0 → 边缘被拉暗/出现伪影
- replicate/reflect: 不会混入 0 → 边缘更自然, reflect 通常最平滑

高斯核的 k 和 σ 越大, 平滑越强、细节越少; 在边界处理上, zero padding 会引入明显的边缘伪影, 而 replicate 与 reflect 更自然, 其中 reflect 通常最优。

(OpenCV kernels vs Manual kernels) 验证手写的二维高斯核是否正确, 同时也展示了 ksize / σ 改变时核的分布规律。

1) Manual 与 OpenCV 的核几乎一模一样

- 三组参数下，两排热力图的形状、数值分布完全一致（ $1e-8$ 量级）。
- 都满足**中心最大、向四周对称递减**，并且是标准的“圆形等值线”趋势（各向同性高斯）。

2) 随着 σ 增大（同时 ksize 也更大），核更“平”、更“分散”

- **k=3, $\sigma=0.8$** ：权重高度集中在中心（中心值最大，周围衰减很快），所以模糊较弱、细节保留多。
- **k=7, $\sigma=1.5$** ：权重开始向周围扩散，中心峰值下降，周围权重上升，模糊增强。
- **k=15, $\sigma=3.0$** ：分布最平缓、扩散最广，中心峰值进一步变小（因为总和仍然要归一化为1），所以平滑范围更大、模糊最强。

核越大、 σ 越大，**单个像素的最大权重越小**（能量被分摊到更多位置）。

手写二维高斯核与 OpenCV 生成的高斯核在三组参数下几乎完全一致（误差仅为浮点精度量级），说明手写实现正确；并且随着 σ 和核尺寸增大，高斯核的权重分布更分散、中心峰值下降，导致滤波的平滑范围增大、模糊效果更强。

高斯核具有**对称性和可分离性**（2D 核可由 1D 核外积得到）

代码运行结果

```
D:\python\python.exe F:\h1\1.py
[Saved] outputs\kernels_manual.png
[Saved] outputs\kernels_opencv.png
[Kernel diff] k=3, σ=0.8, max|manual-opencv| = 0.00000003
[Kernel diff] k=7, σ=1.5, max|manual-opencv| = 0.00000001
[Kernel diff] k=15, σ=3.0, max|manual-opencv| = 0.00000000
[Saved] outputs\blur_compare.png
[Saved] outputs\padding_blur_compare.png
[Saved] outputs\padding_view_compare.png
```

Done. 输出已保存到：F:\h1\outputs

进程已结束，退出代码为 0