

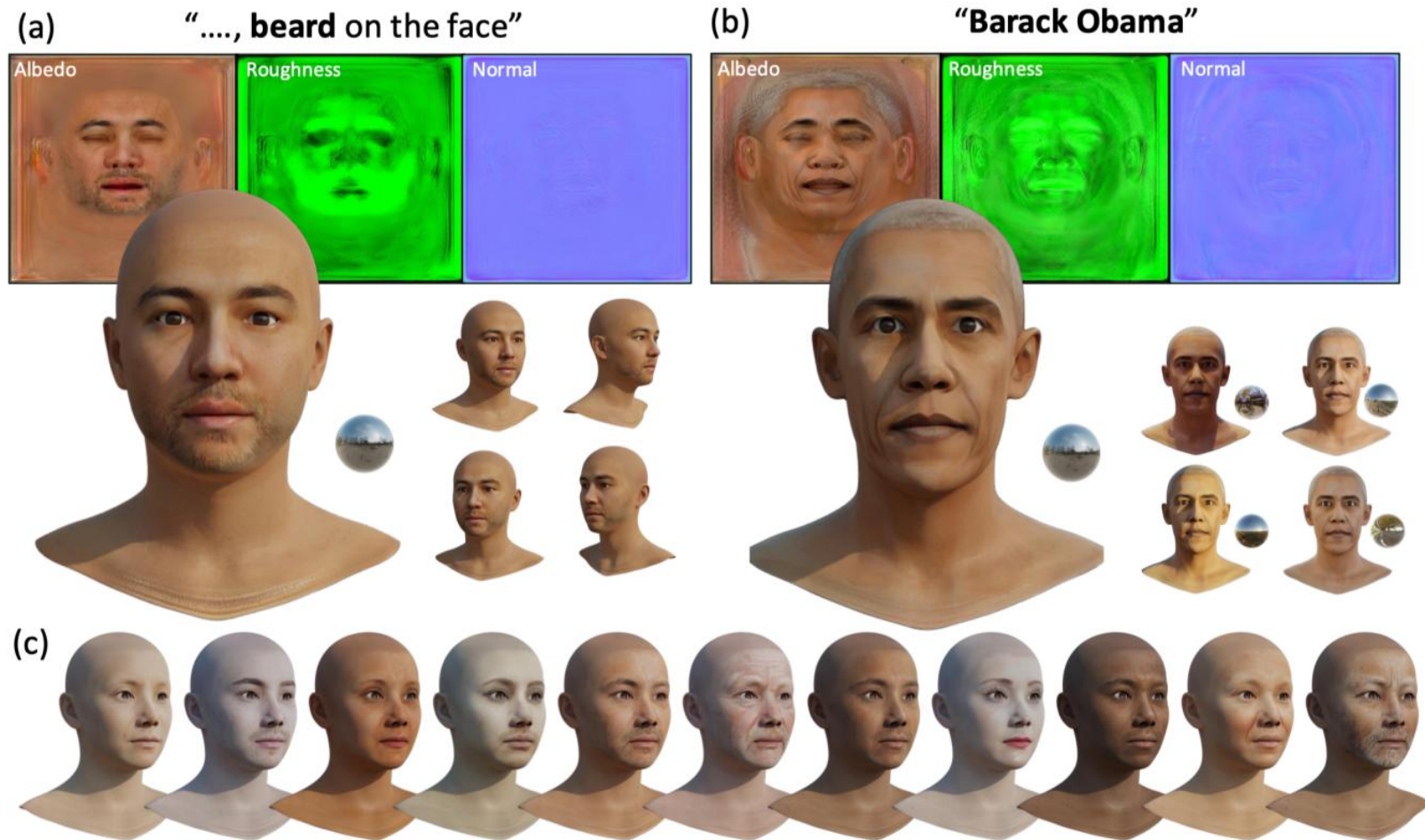
PBRGAN

文本引导的 三维人脸材质生成

从自然人脸数据学习
可渲染的显式 PBR 材质

Physically Based Facial Texture
Generation In The Wild

IEEE TPAMI 2025



研究动机与数据挑战

自然人脸图像丰富，但显式材质生成仍面临表示、数据与效率的限制

隐式表示

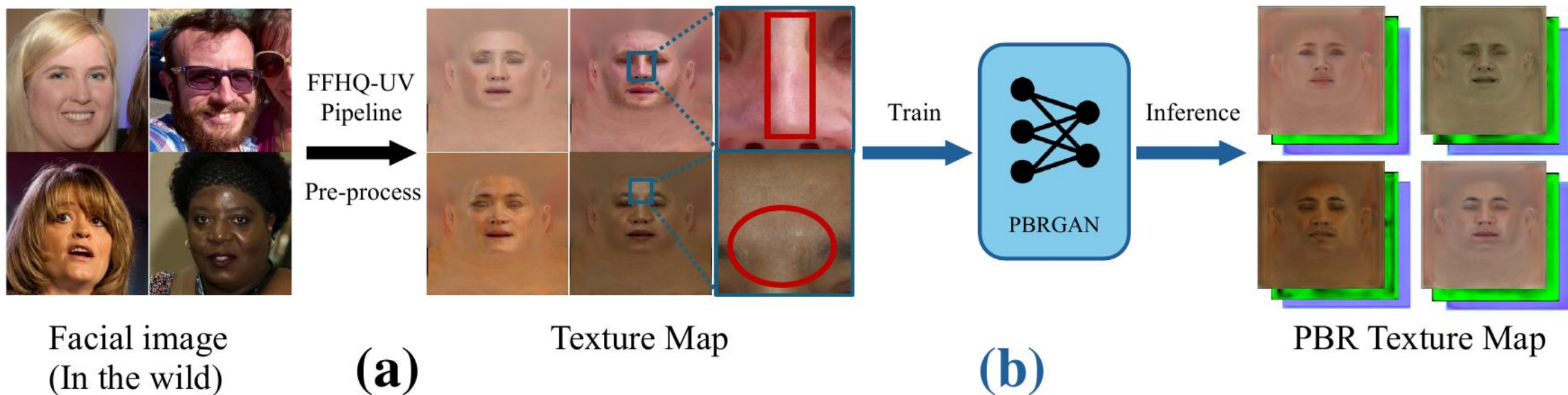
接入工业渲染管线不便

逐提示词优化

需要迭代，质量与效率受限

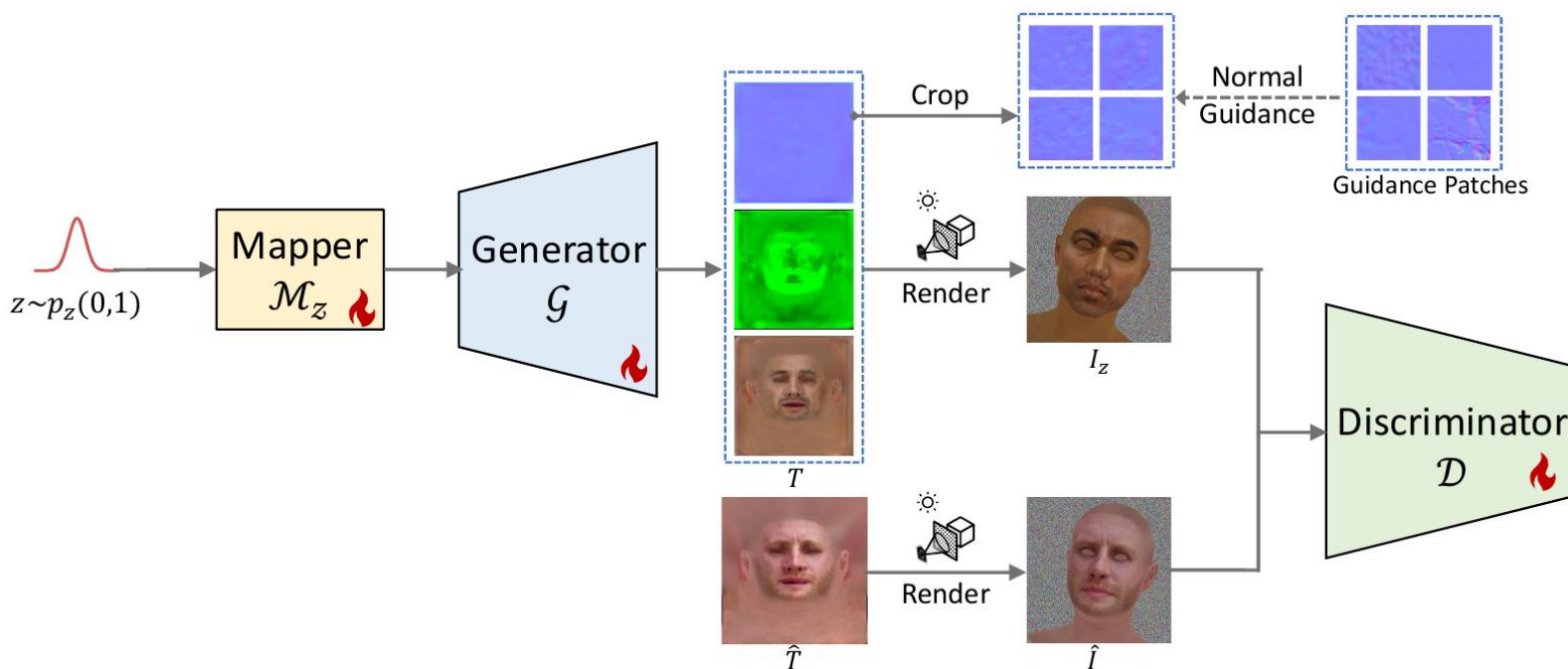
高质量显式方案

依赖昂贵的受控 PBR 采集



阶段一：通过渲染学习材质解耦

在渲染图像上接受监督，联合生成相互匹配的 PBR 分量



(a) Disentanglement

输出：反照率（颜色） / 粗糙度（反光） / 法线（凹凸）

图像级对抗监督

三类贴图经过可微渲染与 FFHQ-UV 渲染图像进行分布匹配

反照率平滑约束

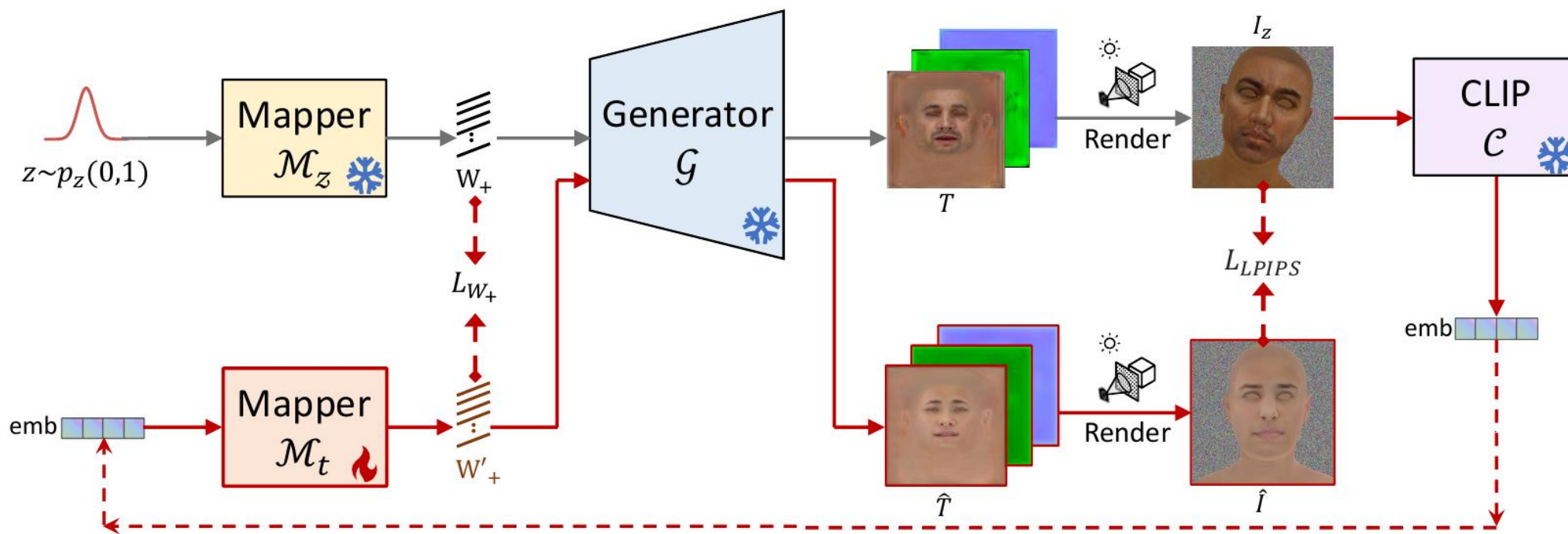
减少高光残留
抑制不合理颜色变化

局部法线先验

增强毛孔、皱纹等
微细结构

阶段二：文本与材质空间对齐

借助 CLIP 的图文共享空间，实现一次前向的文字驱动生成



(b) Alignment

训练

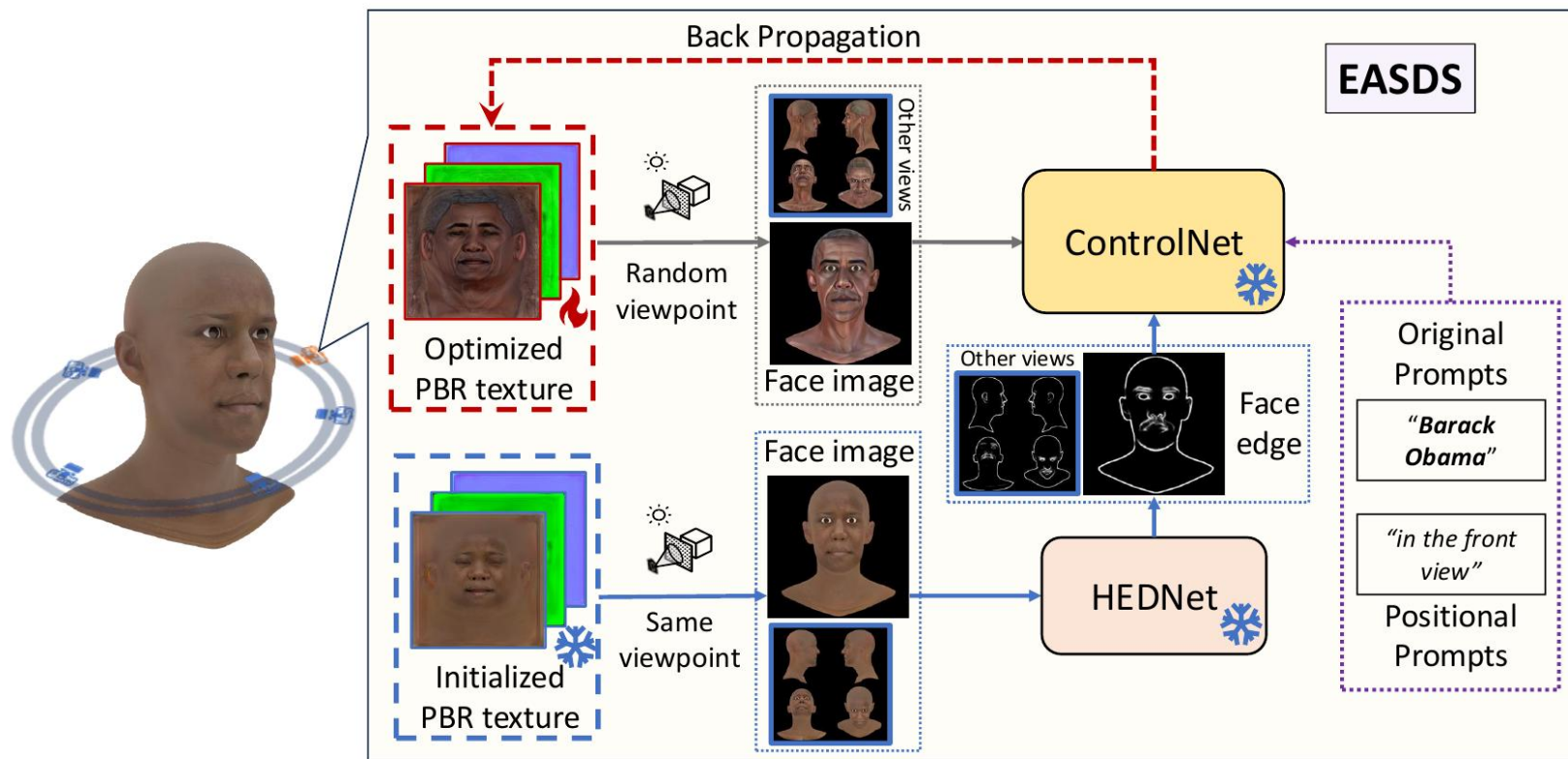
冻结 CLIP 与生成器
用潜编码距离和感知损失学习映射

推理

文字编码经映射网络
一次前向生成 PBR 贴图

阶段三：EASDS 增强不常见属性

用 GAN 提供起点，用多视角边缘条件约束扩散优化中的人脸结构



(b) EASDS

先生成，再优化

GAN 提供合理初值
缩短 SDS 优化路径

边缘条件引导

减少五官与轮廓错位
改善多视角结构一致性

扩展生成范围

增强结果可蒸馏回
GAN 的潜在空间

文本属性的定性对比

选取疤痕与紫色嘴唇两个提示词，观察常见与不常见属性的表达

DreamFace

PBRGAN

EASDS + SDFT

刀疤与胡茬

男性、浅肤色
薄嘴唇、明显刀疤
胡茬



紫色嘴唇

女性、饱满紫唇
法令纹



人脸质量与生成效率

30 条文本提示；100 名参与者对图像质量和图文一致性评分（1–5 分）

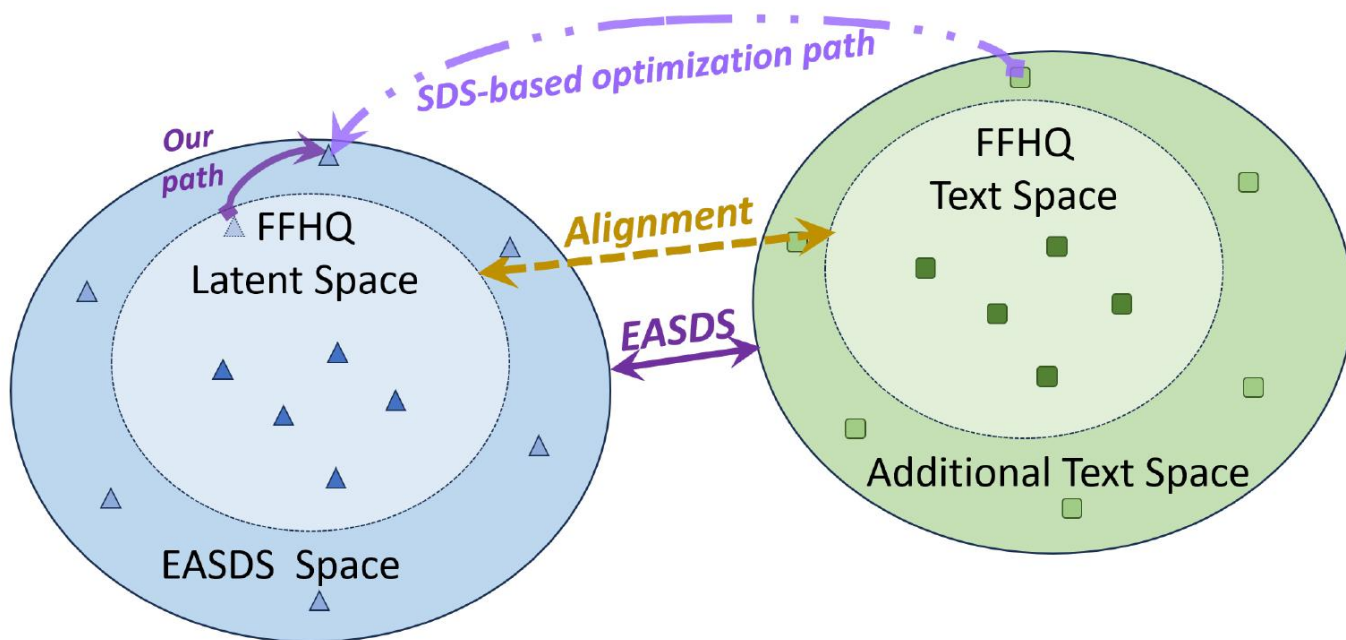
方法	hyperIQA ↑	TOPIQ_face ↑	用户评分 ↑	生成时间	GPU
TANGO	0.50	0.35	1.52	10 分钟	1 × 3090
Fantasia3D	0.66	0.57	2.04	45 分钟	8 × 3090
ClipFace	0.63	0.52	2.11	90 分钟	1 × 3090
DreamFace	0.76	0.77	2.78	5 分钟	1 × A6000
PBRGAN	0.68	0.84	3.47	<0.5 秒	1 × 3090
PBRGAN + EASDS	0.66	0.81	3.36	约 1 分钟	1 × 3090

24.8% 用户平均评分相对 DreamFace 的提升
3.47 对比 2.78，体现主观质量与图文一致性

EASDS 消融：TOPIQ_face 为 0.81，普通 SDS 为 0.71

结论与适用边界

以自然人脸数据为基础，兼顾显式材质、文本控制与生成效率



材质解耦、文本对齐与按需增强

免去成套人脸 PBR 真值采集，保留必要的局部法线先验

数据与表示

自然人脸数据支撑
显式 PBR 材质生成

效率与可控性

一次前向生成
按需使用扩散先验增强

当前边界

给定几何，主要生成材质
复杂多属性提示仍有局限