粒子系统是什么

粒子系统[1474]是由单独小物体使用一些相同运动算法的集合。 常见的应运包括模拟火灾、雾气、爆炸、水流、旋转星系和其它现象。 因此，粒子系统控制动画以及渲染，用于创建、移动、更改和删除粒子。

粒子的模型

单个像素

线段：使用粒子前一帧的位置和现在位置的连线，比如Nvidia 下雨效果

Billboard（使用频率最高，一般包含纹理）

生成方式

Geometry Shader

Point Sprite

Vertex Shader, 据说比Geometry Shader快[146]

渲染方式

包含半透明纹理贴图时，需要按深度值由远及近的排序，然后渲染。这种方式比 较昂贵。

粒子渲染

半透明粒子（整个粒子都是半透明）渲染方式

1. 打开深度测试；
2. 关闭深度写入功能（防止影响不透明物体的渲染）;
3. 开启Alpha Blend, glBlendFunc(GL\_ONE, GL\_ONE), 根据需要调整
4. 由远及近的对粒子排序，保证Alpha Blend正确。注意，Additive Blend模式下可不排序。

不透明粒子（中心区域不透明，四周圆角，Alpha Mask）渲染方式

1. 打开深度测试
2. 最好是关闭深度写入功能，如果粒子周围的圆角过渡不需要特别清晰的平滑，可以 开启深度写入功能
3. 开启Alpha Blend，glBlendFunc(GL\_ONE, GL\_ZERO)
4. 不需要排序

高效渲染粒子的建议：

1. 使用镂空纹理代替半透明纹理，能避免排序问题
2. 如果半透明粒子是必须的，可以考虑使用加法(Additive)和减法(Subtractive)混合模式来避免排 序[987][1971]
3. 使用少量动画的粒子比静态粒子能提供相似的质量和更好的性能(没明白)
4. 为了保证帧数稳定，可以对渲染粒子的数量设置一个上限
5. 不同的粒子系统使用相同的shader能避免状态切换带来的损耗[987,1747]
6. 使用纹理集(Texture Altas)或纹理数组(Texture Aray)能避免切换纹理带来的损耗[986]，也能使多种粒子一起渲染，降低draw calls。
7. 平滑地将变化的粒子(例如烟雾)绘制到低分辨率的buffer，然后再合并[1503]，或者在MSAA resolved之后渲染。

[1747]将粒子渲染到1/16分辨率大小的buffer中，并利用vairance depth map来计算粒子效果的累计分布函数。

较小的或对比度较低的粒子不需要排序。

如果粒子的透明度一致，使用加权混合透明技术(Weighted Blending Transparency)，则不需要排序[394, 1180]

Green [589]描述了如何将流体系统作为球形粒子渲染到深度贴图，随后的步骤是模糊深度贴图，从中导出法线，并将结果与场景合并。

小型粒子诸如烟雾或灰尘可以在每个几何体或每个顶点处着色[44]。然而，这种着色方式会使不同表面的粒子看起来很平坦，解决该问题的一个方法是为每个粒子增加一个合适的normal map，但是会增加纹理访问。在圆角粒子的四个角上导出四个法向量也能有效改善[987, 1650]

烟雾粒子系统可以有更精细的光散射模型[1481].

可以在粒子四边形的四个顶点上计算光照，然后在整个四边形上插值计算。这种方式很快但是对于较大的粒子会产生较低的质量，相距很远的顶点可能会错过小光源的贡献。[384, 1682]提供了tile based方法。

粒子的体积阴影和自阴影的产生需要特别小心。对于接收来自其他遮挡物的阴影，小

粒子通常只能在它们的顶点处对阴影贴图进行测试，而不是每个像素。

由于粒子是朝着相机的简单多边形，所以投射到其它物体的阴影不能使用ray marching通过shadow map来实现。这可以通过splatting方法实现[44]半透明阴影效果。

粒子的自阴影效果：

Fourier opacity maaping[816]

Adaptive volumetric shadow maps[1531]

GPU optimized particle shadow maps[120] (similar to opacity shadow maps[894])

Transmittance function mapping[341] (similar to FOM)

Volumetric粒子效果 [742, 1739]

基于GPU的粒子管理：出生、死亡、状态更新等[522, 700, 146, 1503, 1911]

粒子的基本模拟[211, 986, 987]

Physic Based 粒子模拟 [197]

Others: [1879, 445, 1229, 1808, 1911, 539, 1767, 1936, 1650]