**5 渲染流水线**

**渲染流水线**

**What：**

以摄像机为观察视角而生成2D图像的一系列完整步骤。

**Why：**

**How：**

渲染流水线的内容

输入装配器阶段

顶点着色器阶段

外壳着色器阶段

曲面细分阶段

域着色器阶段

几何着色器阶段

光栅化阶段

像素着色器阶段

输出合并阶段

**输入装配器阶段**

**What：**

**Why：**

输入装配器阶段会从显存中读取几何数据，再将它们装配为几何图元。

**How：**

**描述几何图元的三个要素**

顶点，索引和拓扑结构

**图元拓扑的分类**

点列表，线条带，线列表，三角形带，三角形列表，具有邻接数据的图元拓扑，控制点面片列表，其中最常用的是三角形列表

**顶点着色器阶段**

**What：**

**Why：**

每个被绘制的顶点都须经过顶点着色器的处理再送往后续阶段。

**How：**

**空间转换中的空间**

局部空间

世界空间

观察空间

投影和齐次裁剪空间

规格化设备坐标NDC

**另一种更常用的坐标系变换方法**

定义一系列的变换组合W，即W=SRT。首先，缩放矩阵S将物体缩放到世界空间，其次，旋转矩阵R用来定义局部空间相对于世界空间的朝向，最后，平移矩阵T定义的是局部空间的原点相对于世界空间的位置。

**观察空间的确定**

在观察空间中，摄像机位于原点，并沿着z轴的正方向观察，x轴指向摄像机的右侧，y轴指向摄像机的上方。只要给定摄像机的位置，观察目标点以及世界空间中向上方向的向量，我们就能构建出对应的摄像机局部坐标系，并推导出相应的观察矩阵。

XMMATRIX XM\_CALLCONV XMMatrixLookAtLH( FXMVECTOR EyePosition,

FXMVECTOR FocusPosition, FXMVECTOR UpDirection);

**投影和齐次裁剪空间**

除了摄像机在世界空间中的位置和朝向外，还有一个关键的要素：即摄像机可观察的空间体积。下一个任务是：将平截头体内的3D几何体投影到一个2D投影窗口之中。将3D顶点变换至其投影线与2D投影平面交点的透视投影变换。

**定义平截头**

在观察空间中，我们可以通过近平面n，远平面f，垂直视场角α以及横纵比r这4个参数来定义平截头。

使用XMMatrixPerspectiveFovLH函数构建透视投影矩阵

XMMATRIX XM\_CALLCONV XMMatrixPerspectiveFovLH(

float FovAngleY, float Aspect, float NearZ, float FarZ);

**横纵比的确定**

纵横比的定义为投影窗口的宽度/投影窗口的高度。

投影窗口实质上即为观察空间中场景的2D图像。由于该图像终将被映射到后台缓冲区中，因此，我们希望令投影窗口与后台缓冲区两者的纵横比保持一致。为此，我们通常将投影窗口的纵横比指定为后台缓冲区的纵横比。如若不一致，那么映射的过程中，就会进行不等比缩放，继而导致图像出现拉伸变形的现象。

**NDC**

在顶点乘以投影矩阵之后但还未进行透视除法之前，几何体会处于所谓的齐次裁剪空间或投影空间之中。待完成透视除法之后，便是用规格化设备坐标(NDC)来表示几何体了。

**曲面细分阶段**

**What:**

曲面细分是一个可选的渲染阶段。

**Why:**

利用镶嵌化处理技术对网格中的三角形进行细分，以此来增加物体表面上的三角形数量。再将这些新增的三角形偏移到适当的位置，使网格表现出更加细腻的细节。

**How:**

**曲面细分的优点**

1．我们能借此实现一种细节层次LOD机制，使离虚拟摄像机较近的三角形经镶嵌化处理得到更加丰富的细节，而对距摄像机较远的三角形不进行任何更改。

2．我们在内存中仅维护简单的低模网格再根据需求为它动态地增添额外的三角形，以此节省内存资源。

3．我们可以在处理动画和物理模拟之时采用简单的低模网格，而仅在渲染的过程中使用经镶嵌化处理的高模网格。

**几何着色器阶段**

**What：**

几何着色器是一个可选渲染阶段。几何着色器接受的输入应当是完整的图元。

**Why：**

几何着色器的主要优点是可以创建或销毁几何体。我们可以利用几何着色器将输入的图元拓展为一个或多个其他图元，抑或根据某些条件而选择不输出任何图元。

**How：**

**裁剪**

**What:**

**Why:**

完全位于视锥体之外的几何体需要被丢弃，而处于平截头体交界以外的几何体部分也一定要接受被裁剪（clip）的操作。只有在平截头体之内的物体对象才会最终保留下来。

**How:**

**裁剪的实现**

裁剪操作是由硬件来负责的，一种比较流行的方法：苏泽兰（萨瑟兰德）-霍奇曼裁剪算法。

**光栅化阶段**

**What:**

**Why:**

光栅化阶段的主要任务是为投影主屏幕上的3D三角形计算出对应的像素颜色。

**How:**

**视口变换**

裁剪操作完成后，硬件会通过透视除法将物体从齐次裁剪空间变换为规格化设备坐标（NDC）。一旦物体的顶点位于NDC空间内，构成2D图像的2D顶点、坐标就会被变换到后台缓冲区中称为视口的矩形里。待此变换完成后，这些、坐标都将以像素为单位表示。通常来讲，由于坐标常在深度缓冲技术中用作深度值，因此视口变换是不会影响此值的。

**背面剔除**

每个三角形都有两个面。根据观察者的视角看去，顶点绕序为顺时针方向的三角形为正面朝向，而顶点绕序为逆时针方向的三角形为背面朝向。

由于背面朝向的三角形都被正面朝向的三角形所遮挡，所以绘制它们是没有意义的。背面剔除就是用于将背面朝向的三角形从渲染流水线中除去的处理流程。这种操作能将待处理的三角形总量削减一半。

**顶点属性插值**

插值的属性：顶点位置，颜色、法向量，纹理坐标和深度值等属性。

为了得到屏幕空间中各个顶点的插值属性，往往要通过一种名为透视校正插值的方法，对3D空间中三角形的属性进行线性插值。从本质上来说，插值法即利用三角形顶点的属性值计算出其内部像素的属性值。

**输出合并阶段**

**What：**

**Why：**

深度缓冲区测试或模板缓冲区测试

混合操作

**How：**