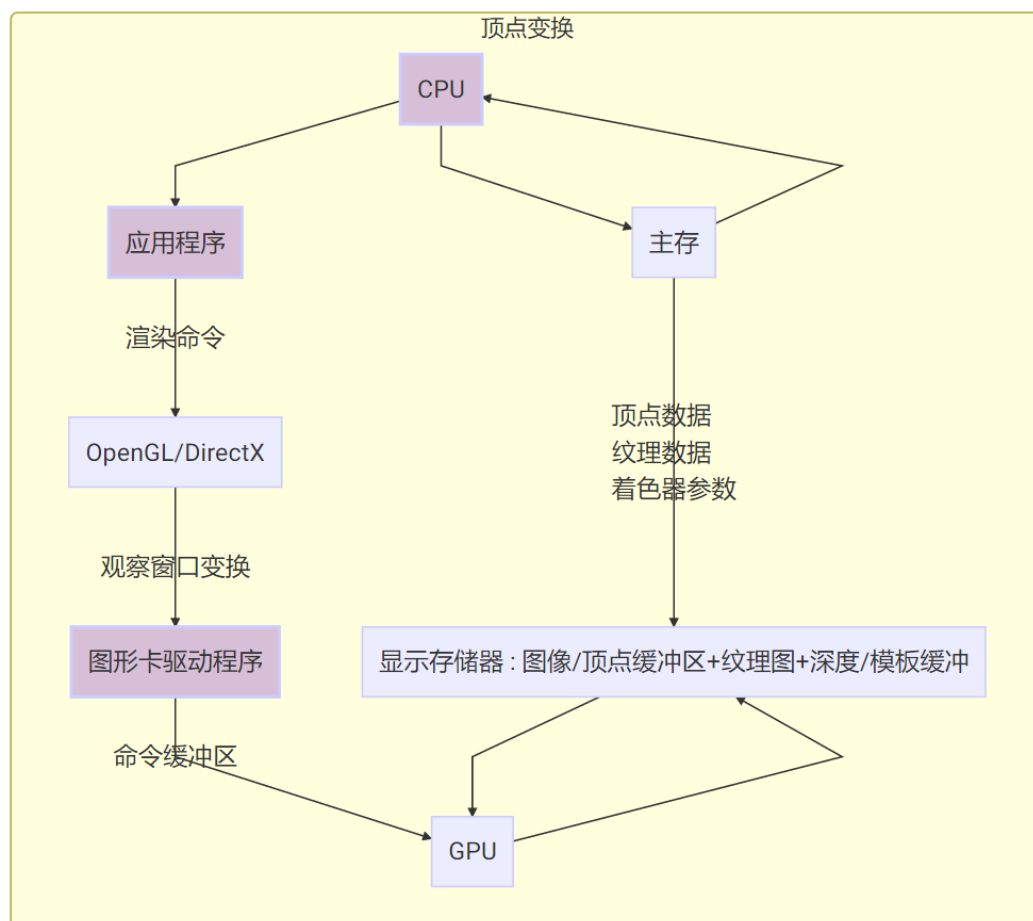


Graphics Processing Unit GPU 的指令独立于中央处理器 CPU 执行

GPU 接收 CPU 的命令执行渲染操作，CPU 则继续执行其他任务，称为**异步操作**

现在的 OpenGL 扩展库允许 CPU 上执行的程序确定一组渲染命令在 GPU 上完成的时间，

该**同步操作**很可能降低 3D 图形应用的效率，因此对于效率要求高的应用应避免该操作。

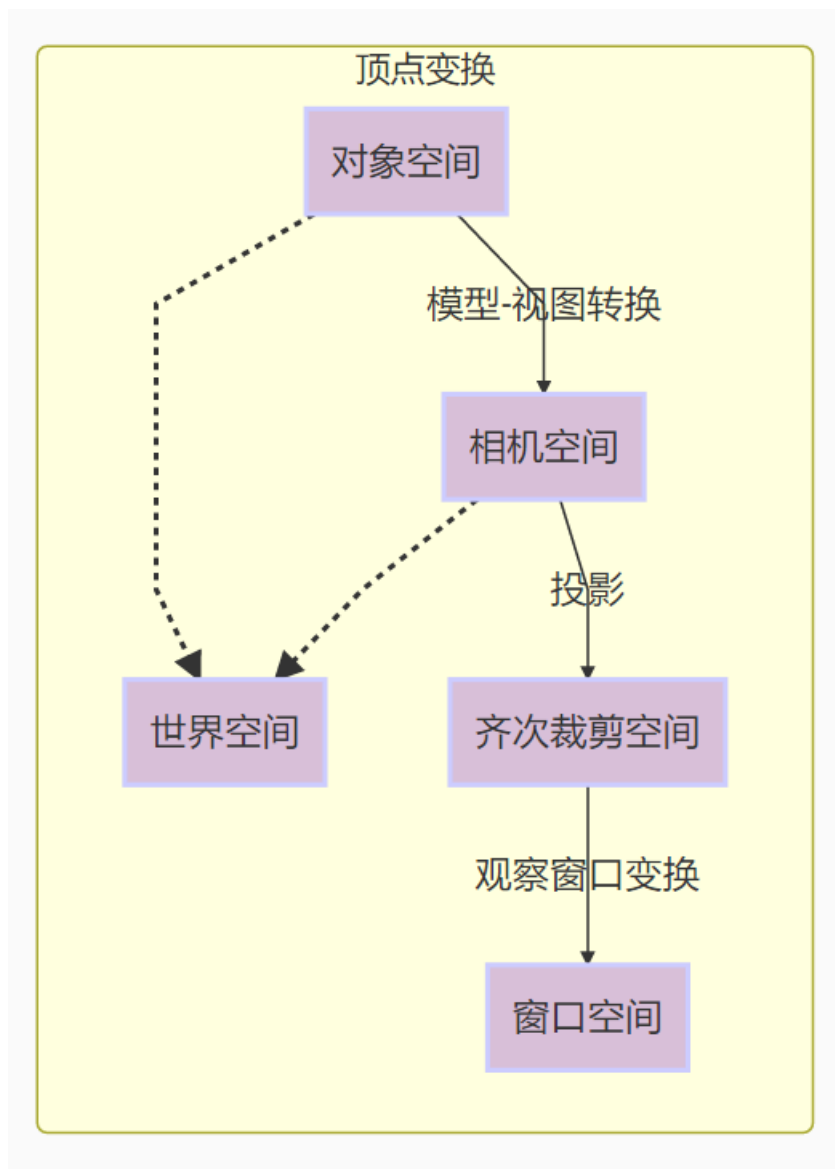


GPU 与 CPU 之间的通信

齐次裁剪空间

该空间的元素将被裁剪，场景的可视区域的边界就是裁剪边界，经该裁剪可以确保视见区以外的图形元素不会被渲染。

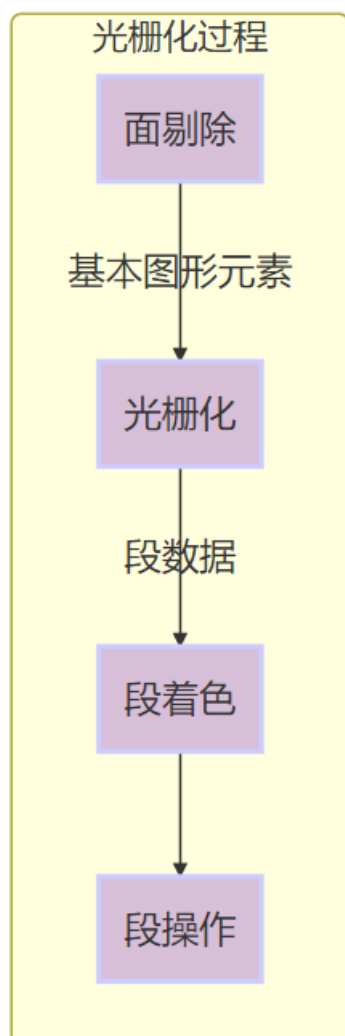
在齐次裁剪空间，顶点的坐标是规格化的设备坐标，规格化是指每个顶点的 x,y,z 坐标的取值范围 $[-1,1]$ ，可反映顶点在视见区显示的位置。



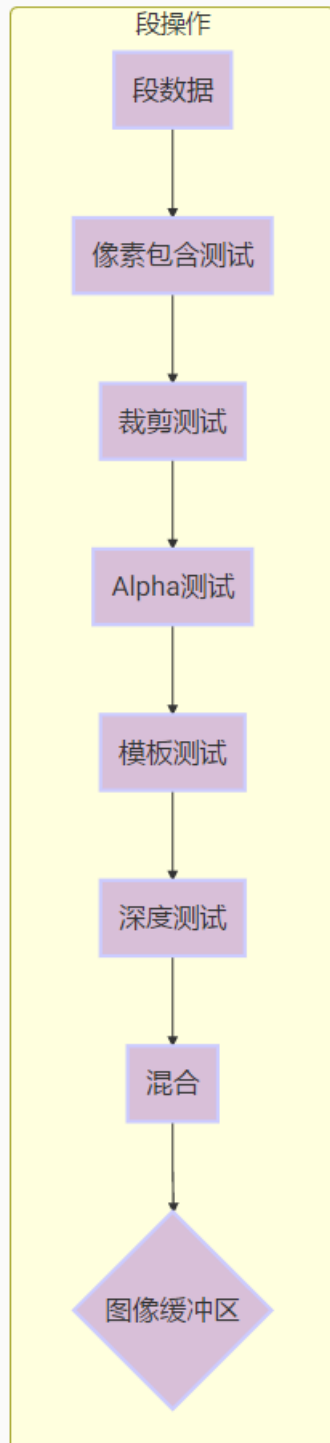
渲染管线中的坐标空间，对象空间中的顶点位置被输入图形库，最后变换成窗口空间进行图形元素的光栅化

几何模型的顶点经过裁剪并转换到窗口空间后，GPU 必须确定视见区内的哪些像素被图形元素覆盖。对几何元素覆盖的像素的水平填充过程称为**光栅化**。

GPU 计算出的每个像素的深度，来自顶点插值的颜色，差值得出的纹理坐标与像素自己的位置合称**段数据**。



光栅化过程中，基本数据元素被变成段的集合



将段数据写入图像缓冲区之前的操作