在坐标变换过程中，仅对 X，Y 坐标进行计算，就可完成三维空间坐标向二维屏幕坐标的转换，但在实际转换中，对 Z 坐标也进行转换，其目的就是利用 Z 缓冲来完成物体的正确消隐。根据物体变换后的 X，Y 坐标，将物体坐标变换后的 z 坐标与 Z 缓冲区中的值进行比较，如果计算的 z 坐标小于缓冲区中的值，表明当前位置距视点更近，则绘制该点，同时将计算的 z 坐标取代缓冲区该点的值；否则，该点不可见。物体上所有点依次绘制，同时完成了不可见面的消隐。

（3）光线追踪算法

从视点出发，通过屏幕像素向绘制的三维物体投影一条光线，并求得光线与物体的第一个交点(可见点)，然后把屏幕上该光亮度设为物体交点的光亮度，对窗口内所有像素重复上述过程，就可以绘出完整的、经过不可见面处理的真实图形。

在这三种消隐算法中，画家算法深度排序计算量大，而且排序后，还要检查相邻的面，以确保深度优先表中面的优先次序的正确性，在多边形相交或物体之间互相重叠的情况，需要特殊处理，算法的效率很低，一般很少使用。光线追踪算法求交点的计算量较大，特别是在地形广阔、形状复杂的地物绘制时，计算机需要较多的时间和存贮空间。Z 缓冲算法在坐标转换的同时，可求得变换后的深度缓存值，算法简单，易于实现，在三维滑坡模型的不可见面消隐中采用了该算法。

3.2.5 纹理贴图

利用彩色合成技术可以模拟三维物体的颜色，但地物的光谱特征复杂，而且随时间和光照条件的变化而表现出不同的特征，基于计算机自动计算来模拟地物基本上是不可能的，例如绘制地形时树和草的模拟，如果单纯利用计算机模拟方法绘制，其效率将很低，而且要消耗大量机时，而采用纹理贴图的方法则可以快速的实现大致的效果。对三维滑坡模型而言，地表不仅有颜色的变化，而且地表地形的起伏更使地表色彩特征的计算机模拟难以准确实现，遥感影像表达了地表物体丰富的色彩信息，使用纹理贴图技术，可以把滑坡真实的色彩信息反映在三维滑坡模型中（向世明，1999）。

纹理贴图的具体过程为：根据图像坐标和地物三维空间坐标，建立物体表面点与纹理图像之间的对应关系，在三维物体完成消隐计算后，把纹理图像的颜色值与物体表面的亮度值相乘，得到三维物体表面的颜色值，从而把纹理图像附加到物体表面。

3.2.6 数据的多分辨率显示

与二维模型相比，三维模型的数据量增加很多，坐标转换、着色、消隐、纹理映射都需要进行大量的计算，这给模型的实时处理增加了困难，解决处理大量数据的方法主要有两种：(1) 增强数据处理能力，主要靠提高计算机硬件速度和容量，或者采用并行处理方式，通过多处理器来分解数据处理过程。(2) 采用多分辨率显示的方法。目前有两种方法可以实现多分辨率采样：

动态分辨率：对同一个数据集在不同部位采用不同的分辨率，对地形复杂部位，采用较高分辨率，而在地形相对简单的部位采用较低的分辨率，也可根据离视点的距离，采用不同的分辨率，即离视点近处采用高分辨率，离视点远的部位用较低分辨率，这种思路与人眼观看物体的效果是相同的，但其实现需要特殊的数据结构。

细节层次技术（Levels of Details），根据计算机处理能力，对原始数据进行空间采样，形成不同分辨率的空间数据，并在模型显示过程中根据需要调用相应分辨率的数据。

三维滑坡模型中采用 LOD 方法，根据显示精度和显示速度的具体需要，可采取[1，1/2，1/4，1/8，1/16，1/64，1/128，1/256]八种重采样因子。多分辨率方法是在速度和效果之间进行取舍，空间分辨率越低，模型生成速度越快，但原始信息丢失越多；空间分辨率增加，需要的处理时间越多，但表现的地物信息越丰富。

3.2.7 三维模型实时动态显示

三维模型的动态显示按照技术上从易到难的顺序可分为三个层次（徐青，2000.8）：

（1）逐帧计算、逐帧显示、逐帧记录。逐帧计算图像，再逐帧显示并记录，最后将记录的图像连续播放，这也是一般计算机动画最常使用的方法。

（2）逐帧计算、连续显示、连续记录。逐帧计算图像，结果存入内存，计算结束后连续显示并记录。

（3）实时计算、动态显示、交互控制。根据观察点及观察方向实时计算、实时显示。

逐帧计算的方法生成的图像在显示时的顺序由计算时的顺序来确定，但难以加入控制，观察点、观察方向不能改变。实时计算的方法则根据观察点的位置、方向确定显示的内容，观察点的位置和方向变化可以立即反映到显示的内容中，从而可以实现交互、实时的控制模型显示。

三维滑坡模型采用实时计算的方法完成动态显示，通过鼠标来控制模型的显示。鼠标移动后，当前位置与上一个位置形成一个矢量，利用此矢量的方向、长度计算模型的旋转矩阵，然后将此变换矩阵作用到三维模型上并刷新场景，完成实时显示。

模型飞行的实时显示是利用定时器定时产生的变换命令来实现的，变换参数则根据鼠标的移动来确定，通过移动鼠标控制模型飞行的方向和速度。记录每一个时刻模型的变换矩阵，通过重放来达到飞行模拟效果。

3.3 三维滑坡模型系统实现

3.3.1 三维可视化软件系统

目前常用的三维可视化软件系统如下：

(1) Vis5D（*Visualization of 5-Dimensional Data Sets*）和 *CAVE5D*