镜面反射与观察方向之间的夹角，N 为镜面反光汇聚指数，与物体表面的光滑度成正比。

（3）*Cook-Torrance* 光照模型

在 *Phong* 光照模型中，物体表面的漫反射系数 I_d 和镜面反射系数 K_s 多被视为常数，根据光学原理，物体对不同波长的入射光有不同的漫反射系数和镜面反射系数，而且，漫反射率还与入射角度有关，为此，*Cook-Torrance* 模型引入双反射率 R 表示物体表面漫反射系数和反射系数与入射光波长和入射角的关系，即：

$$R = K_d R_d + K_s R_s$$

式中 K_d、K_s 为自由参数，与物体表面性质有关，满足 $K_d + K_s = 1$，R_d、R_s 分别为物体表面的漫反射和镜面反射的双向反射率，光的强度表示为：

$$I = K_d I_a R_a + \sum_i I_i (NL_i) d\varpi (K_d R_d + K_s R_S)$$

其中，R_a 为双向泛反射率。

（4）Torrance-Sparrow 光照模型

假定物体表面是由许多细小的、法向随机分布的微平面组成，当光线照射到物体表面时，反射情况由微平面的法向分布情况、反射率、微平面之间的相互遮盖关系决定，物体反射光亮度为：

$$I = K_a I_a + (K_d (N \cdot L) + K_s DFG / (N \cdot E)) I_j$$

式中，D 为微平面方向分布函数，F 为反射率函数，G 为几何衰减因子，L 为光源方向，E 为视线方向。

3.2.4 消隐处理

经过坐标变换、颜色模型和光照设定后，可以在计算机屏幕上显示生成的三维图形，由于计算机绘制是基于二维屏幕坐标，三维物体的深度不可能在屏幕上表示出来，为了生成逼真的三维物体视图，必须在显示前进行物体不可见部分的隐藏，通过计算处理后，不绘制那些实际观察中不可见的部分；如果不进行消隐，则不管两个物体之间的真实的空间位置关系如何，后绘制的物体将覆盖先绘制的物体。常用的消隐算法有画家算法、深度缓存法、光线追踪法。

（1）画家算法

先设置背景颜色，然后把物体的各个面按其距视点的远近进行排序，离视点远的在表头，离视点近的在表尾，构成深度优先级表，绘制时，从表头到表尾依次取出各个面并在绘制区域内显示，从而完成由远及近的物体面的绘制，这一算法与画家作画的过程类似，因此称之为画家算法。

（2）深度缓存算法

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：