4 三维滑坡模型空间分析和工程应用

4.1 利用 z 缓存算法的空间坐标计算

可视化的三维模型是三维滑坡模型经过坐标变换、视图变换等过程形成的，由于屏幕显示的是二维图形，要根据屏幕坐标（x，y）求解三维坐标，需要使用摄影测量学中的单片后交算法（徐青，2000），根据屏幕坐标，逆向投影光线交到三维模型，求其与三维模型的交点。这种解法是用屏幕坐标(x，y)两个参数，来求解空间坐标（X，Y，Z）三个参数，需要利用数字高程模型进行迭代求解。这种方法的缺点是：①当投影光线入射角小于地形坡度时会出现迭代不收敛的情况；②需要估计地形的初始高程值，并以此作为初值进行迭代；③计算时间较长。

在三维滑坡模型的显示中，采用了坐标缓存（*Z-Buffer*）技术，对模型进行变换后得到的是（x，y，z）三个值，其中，(x，y)决定了模型点在屏幕上的位置，z 值作为 Z 缓存用于确定该点是否可见，Z 缓冲算法实现了模型的正确消隐，反过来，可以由此确定屏幕上显示的点的三维坐标；屏幕坐标和 z 缓冲值确定一个三维坐标（x，y，z），再扩展为齐次坐标(x，y，z，1)后，与三维滑坡模型的模型变换矩阵 M（为 4×4 矩阵）的逆矩阵（M^{-1}）相乘，可以得到三维齐次坐标（X，Y，Z，1）：

$$[X,Y,Z,1]^T = M^{-1}[x,y,z,1]^T$$

4.2 空间操作

（1）点的空间信息查询

在三维滑坡模型中可以查询模型对象上任一点的空间坐标，由于目前的三维模型是基于面对象形成的，查询的点只能落在面对象上。

（2）距离和路径长度测量

可以在三维滑坡模型的任一个面对象上测量两点（或多点）之间的直线距离，也可以计算这两点（多点）之间沿该对象表面的路径长度。

任意两点之间的直线距离为：

$$d_{1,2} = \sqrt{(X_2 - X_1)^2 + (Y_2 - Y_1)^2 + (Z_2 - Z_1)^2}$$

(X_1,Y_1,Z_1)、(X_2,Y_2,Z_2)为根据屏幕坐标反算出的空间坐标。

两点之间的路径长度 L 为路径上的相邻离散点间的线段长度之和，计算公式为：

$$L = \int_L dL_{i,i+1} = \sum_{i=1}^{n} d_{i,i+1}$$