## 4.3 工程应用分析

(1) 坡度分析

坡度表示斜坡的倾斜程度，为一矢量，有方向和长度；*DEM* 面上某点的坡度可由其模和方向表示。坡度矢量从数学上来讲，它的模等于地表曲面函数在该点的切平面与水平面间的夹角的正切，其方向等于在该切平面上沿最大倾斜方向的某一矢量在水平面上的投影方向也即坡向（李志林，2000）。通常用坡度值作为坡度使用。

在三维滑坡模型中，可以求解出任何一个面对象的坡度。某点的坡度，可以根据待求点和相邻 DEM 格点的高程， 采用拟合曲面法求解。

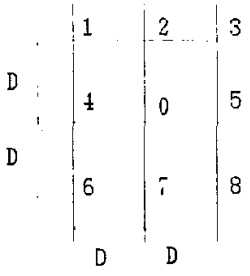



图 4- 2 坡度计算图

求图 4- 2 中 0 点的坡度，可用其相邻点 2，4，5，7 的高程求取，假定 1～8 点的高程为 $h_1$～$h_8$，面对象的网格间距为 D，坡度可以通过下式计算：

$$\alpha = \tan^{-1}(\sqrt{S_n^2 + S_t^2})$$

其中：$S_n = \dfrac{h_2 - h_7}{2D}$，$S_t = \dfrac{h_5 - h_4}{2D}$

(2) 地形分析

三维滑坡模型同时使用了数字高程模型和遥感影像，能够反映地表的起伏状况和地表植被、岩性、构造等特征，借助于地形等高线，还可以分析地表水文特征等。

地形等高线可以用面对象的高程内插生成。内插包括两个步骤：一是利用 *DEM* 的高程值内插出等高线点，并进行排序；二是利用这些按顺序排列的等高线点的平面坐标 *X*、*Y* 进行插补，即进一步加密等高线点并绘制成光滑的曲线。

(3) 剖面切取

在三维模型的观察中，除了利用改变层面对象的显示属性来显示内部特征外，另一种重要的显示方法就是利用三维模型的二维剖面功能。

剖面切取的过程是：在三维模型中通过直线或折线确定要切取剖面的位置，将这一直线/折线扩展为直立的平面/曲面，用这个面和三维滑坡模型中的每个层面对象进行交切计算，求出它和每个面对象的交线，把所有的交线绘制在二维平面上，形成剖面图。

（4）地质分析

三维地质模型可用于有效的地质解译分析，解释滑坡的空间地质结构，确定滑坡成因，分析滑坡的稳定状况，并可根据滑坡的空间结构，确定滑坡工程治理方案。

（5）滑坡动态分析

滑坡的最终表现为物质沿滑动面的运动，这种运动会改变地表形态，并反映到 *DEM* 随时间的变化中，如果能够获得滑坡滑动前、后各个时期的 *DEM*，则可确定滑坡在地表的运动情况、分析滑坡特征，确定滑坡的发展趋势。

（6）真三维滑坡分析计算

三维滑坡模型可以用于滑坡的三维计算，如三维极限平衡分析、三维有限元计算等。