2 三维地质模型研究

三维滑坡模型分为地表模型、地质模型两部分，利用遥感数据可以获取表达滑坡地表特征的三维地形模型，它包括了能表达地形起伏的数字高程模型和地形特征的影像数据。但完整表达滑坡，还需要表达滑坡物质组成和结构特征，即建立滑坡三维地质模型。

三维地形模型的数据可以通过遥感数据、全站仪实测或地形图数字化获取，这些数据是可以直接观测或直接测量的，其结果也可通过现场调查进行验证。与此相比，滑坡三维地质模型需要表达地下地质信息，由于这些信息不可能大量量测，因此三维地质模型建立需要更多的分析、解释和综合。滑坡物质组成和内部结构信息如地层岩性、产状、线性构造可以通过遥感数据获取，但大量的、准确的滑坡内部数据还需要通过勘探方法获取，限于经费和滑坡特殊的地形条件，勘探工作量的布置往往是有限的，直接获取的数据不可能覆盖滑坡的整个三维空间。三维地质模型的构建过程就是利用有限的信息对不可直接观测的滑坡结构进行解译。

滑坡三维地质模型研究内容主要包括：滑坡结构数据获取、滑坡三维数据结构表达、滑坡三维地质特征的计算机模拟。

2.1 滑坡地质研究

在滑坡地质研究中，数据主要有以下来源：

(1) 钻探资料：钻探是滑坡研究中获取滑坡物质组成和地质结构的最基本手段，包括钻孔（垂向）、平洞（侧向）、探坑（槽、井，主要用于边界和滑动面等）。钻探可以揭露滑坡内的岩性、地层分布、地下水位、断裂带位置、宽度和方位等信息。

(2) 地球物理勘探资料：利用滑坡内部不同性质界面上的电/磁特性差异来探测这些不连续界面，主要用于地下水位、滑动面或地层界面等的确定。

(3) 遥感数据:可以得到地表出露的岩性、地层产状、断层分布及产状等。

传统的滑坡地质结构描述过程可归纳为：

1)绘制地质剖面图，在纸质图上，选定比例尺，将所获得的资料转换为地质剖面。

2)推断地层和地质构造的不连续性，通过连接属于同一地质属性的点来完成。

3)地质预测，采用线性插值技术，在剖面方向上对数据的整体分布进行预测。

4)空间分析，在剖面上求取地质体的面积，一般用剖面上的面积乘多个剖面的间距，得到计算块体的体积。

在这一描述过程中，对每个剖面的预测和分析很少考虑地质体在第三维上的变化情况，要得到反映滑坡整体情况的三维模型，需要建立大量的地质剖面，通过重复上述过程来获取；但在滑坡研究中很少能有足够的信息来建立大量的

剖面。而且，纸质图或基于 *CAD* 的电子图件的数据维护和更新困难，很难加入新的资料。三维地质模型就是希望通过有限的资料，获取表达滑坡三维空间分布，这一过程是交互的、可控制的，采用计算机可视化技术显示，并可动态更新。

与二维图形相比，三维模型的数据量呈几何级数增长，为方便数据存贮和模型快速显示，必须考虑三维模型的数据结构。

2.2 滑坡三维地质模型数据结构

随着三维空间数据研究的深入，已经形成了各种空间数据的表达方法。根据几何特征，空间数据结构可以分为基于面表示的和基于体表示的两大类方法（*Rong Xin Li*，1995，李清泉等，1996，李青元等，2000）。基于面表示的方法是借助微小的面单元/面元素来描述对象的几何特征，基于体的表示方法则是用体信息代替面信息来描述物体内部联系。在具体描述数据结构时，可采用矢量、栅格或矢量/栅格混合的方法。三维数据结构描述形式如表 2- 1（程朋根，龚健雅，2001）。

表 2- 1 三维数据结构描述形式

几何特征	数据描述形式	
	栅　格	矢　量
基于面的表示	格网、形状模型	面片结构、边界表示、非均匀有理样条
基于体的表示	三维栅格、针状结构、八叉树	不规则四面体、结构实体几何表示

2.2.1 三维栅格数据结构

(1) 格网结构

格网结构主要用于建立数字地形模型（*DTM*）/数字高程模型（*DEM*），基于格网的方法可以很容易地产生等高线和三维格网。格网结构数据表示方法是将地形表面划为规则的网格，每个网格点对应有一个属性（高程），基本元素为点，见图 2- 1(*a*)。

(2) 形状结构

形状结构是通过对象表面点的偏导数（斜率）描述来进行的，基本元素是对象表面各单元的法向矢量，可用于对象表面的三维重建，格网点的坡度值可以用像素的灰度（明暗）变化来确定，通过坡度的变化可以求出像素之间的高程变化，最终确定 *3D* 表面，见图 2- 1(*b*)。

(3) 3*D* 栅格结构

3*D* 栅格结构是格网结构的三维扩展，将空间对象划分为立体栅格，每个栅格的元素值为 0（表示该点未被对象占有）或 1（该点被对象占有），三维栅格（体元）多采用正方单元，见图 2- 1(*c*)。