理力学特征…）经数字处理转换成与地理坐标配准的，基于滑坡地学原理的三维、多元滑坡专题数字信息模型及管理、应用这些信息与模型的 *GIS* 技术。“数字滑坡”技术的基础是遥感、全球定位系统数据和地理、地质资料，模型建立过程中要进行图像处理、数据存贮、三维可视化等工作，需要综合遥感、全球定位系统、数字摄影测量、三维 GIS、计算机图形学等学科的技术和方法。数字滑坡技术的发展将使现有的获取、处理、存贮和显示滑坡信息的方式发生根本性变化，开创一种新的实验条件，使能更准确的定性、定量地认识滑坡，方便、快捷地传输及交流滑坡信息，从而改善滑坡理论研究及灾害防治、灾情预测工作。

“数字滑坡”技术需要基于地学原理的三维滑坡表达，因此，三维滑坡模型研究是“数字滑坡”技术研究的一项重要内容。

“数字滑坡”技术中三维滑坡研究，就是在遥感、全球定位系统、地质调查等研究的基础上，形成表达滑坡地表特征和内部结构的数字化的可视化三维表达的过程。三维滑坡模型是对滑坡体的地形、地质结构、滑动面、滑坡要素等特征进行模拟、分析、解释、综合的可视化三维地质模型。根据模型的数据源、数据表达方式和空间位置等内容，三维滑坡模型可分为三维地形模型和三维地质模型两部分，前者表达滑坡地表的空间特征，以及与滑坡稳定有关的其它环境因素，后者表达滑坡体的内部结构和物质组成。

“数字滑坡”技术已在“数字二滩电站库区”、“西藏易贡滑坡卫星遥感监测”等项目中得到了应用（王治华，2002），这一方法在灾害表达及环境监测、定量计算等方面表现出比传统滑坡调查方法更少的工作量、更准确的结果和更高的效率。

0.4 滑坡灾害遥感研究进展简述

遥感技术的应用起始于上世纪 60 年代，经过多年的发展，目前遥感技术在遥感平台、传感器、遥感技术理论和应用等方面都已进入了一个新的时代。遥感技术可以提供广域的、连续的、周期性的和具有不同的光谱和空间分辨率的遥感数据，可以反映地面自然条件、生态环境的变化以及地质灾害的形成和发展过程，在地质灾害的预测、灾情监测、灾害治理等各项研究中，均发挥了重要作用，如 1987 年大兴安岭火灾监测、1998 年长江流域特大洪水的灾情监测和灾后重建、2000 年易贡滑坡监测、三峡库区滑坡地质灾害调查等重大项目中。

遥感技术在地质灾害研究的应用可以概括为以下几个方面(朱亮璞，1994，陈正宜，1996)：

地貌解译：滑坡作为一种自然灾害或地质现象，有其特定的发育、发展、发生过程，并表现出特殊的地貌特征，如特殊的圈椅状形状、滑坡前缘的舌状突起等。

构造解译：在遥感图像上识别各种构造信息，包括地质构造的存在标志、形态特征、分布规律、各种构造之间的交切关系等。

地层岩性识别：根据不同矿物具有不同的光谱特征，利用遥感资料可识别地面岩体的岩性特征。

地面特征定量分析，包括数字高程模型、坡度计算、坡向分析等。

灾害活动监测：利用遥感资料的周期性和重复性特点，确定地表地质灾害的范围，监测地质灾害的发展趋势和地表地质环境的变化。

目前，遥感技术已成为滑坡调查不可或缺的技术方法。从上世纪80年代末开始利用遥感方法进行滑坡调查，先后在雅砻江二滩电站、红水河龙滩电站、长江三峡电站、黄河龙羊峡电站、金沙江下游的溪落渡、白鹤滩、乌东德电站库区，宝成、宝天、成昆等铁路沿线，新疆乌奎公路、辽宁沈大公路、石太公路等沿线及西昌、重庆等城市开展了大规模的区域性滑坡、泥石流遥感调查（王治华，1995，1999），这些调查为确定滑坡、泥石流的空间分布特征及危害提供了信息源，在工程建设中发挥了重要作用。

滑坡遥感调查常用的数据是航空遥感数据，近年来高空间分辨率、高时间分辨率的卫星遥感数据也逐渐应用于滑坡遥感监测。用于滑坡灾害监测的卫星包括：*CBERS-1*、*LandSAT ETM*、*SPOT5*、*IKONOS*、*Quick Bird*、*ASTER*、*IRS*、*RADSAT* 等，这些分布在高、中、低不同高度的运行轨道上、有不同的运行和重复周期、具有不同的分辨率（空间分辨率从每像素 1km 到零点几 m；时间分辨率从几天到几十天；光谱波段从几个、十几个到几百个）、携带不同类型的传感器的遥感平台，为滑坡研究及动态变化监测提供了丰富的数据源。目前，高分辨率小卫星和微型卫星发展迅速，高光谱遥感研究也逐渐推广应用，这将为滑坡灾害遥感监测提供更多、更可靠的技术手段。

0.5 数字摄影测量学及其在滑坡研究中的应用

遥感数据提供了地表物体的影像，这是遥感解译的基础，通过进一步的处理、解译和计算机辅助信息提取，可获得大量的第二手空间数据。摄影测量方法是遥感数据信息获取的主要方法，通过摄影测量可获取地表物体的形状、大小（尺寸），地物之间的相互关系等内容，从而可测制各种比例尺的地形图，建立地形数据库，并为各种地理信息系统和土地信息系统提供基础数据（金为铣，1996）。根据影像处理方式，摄影测量有模拟摄影测量、解析摄影测量、数字摄影测量三类，目前全数字摄影测量方法已成为主要的发展方向。

模拟摄影测量中用光学或机械方法模拟摄影过程，采用两个投影器模拟摄影时相邻两像片的空间位置、姿态和相互关系，形成一个比实地缩小了的几何模型。这一模拟过程实现了摄影过程的几何反转，在此几何模型上进行几何量测，即相当于对原物体的量测。解析摄影测量用数字投影代替物理投影，采用计算机控制的坐标测量系统，利用电子计算机进行实时的共线方程的解算，从而交会被拍摄物体的空间位置。数字摄影测量采用数字摄影影像或数字化影像，应用计算机技术、数字影像处理、影像匹配、模式识别等多学科的理论和方法，在计算机中进行各种数值、图形和影像处理，获取表征目标的几何和物理特性的各种形式的数字化产品，数字摄影测量使用数字化图像，用计算机视觉代替人眼的立体观测，所使用的仪器是计算机及相应的外部设备，产品也是数字形式的，因而得到的广泛的应用（张祖勋，1996）。

目前全数字摄影测量主要用于生成数字高程模型和正射影像图，这对滑坡