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

研究具有重要意义。滑坡多发生在陡峻的地形上，要直接获取表征滑坡地表特征的数字高程模型十分困难，以往的遥感调查多是基于遥感影像进行的二维平面分析，对于地表的坡度、坡向等特征需要利用地形图和其它相关资料来进行分析；利用数字摄影测量方法获取数字高程模型，可进行真实滑坡三维研究。原始遥感影像多为中心投影，加之地表起伏的影响，像片比例尺随位置的变动而变化，经过正射纠正的影像为平行投影，消除了地形起伏的影响，整幅图具有恒定的比例尺，有助于滑坡识别和定量计算。

0.6 本文研究内容

本文主要研究“数字滑坡”技术中三维滑坡的建立和工程应用，这一过程涉及了遥感数据获取和分析、遥感图像处理、数字高程模型建立、正射影像获取、三维数据管理、计算机三维可视化、相关地学原理分析等。

首先讨论滑坡研究中遥感数据的基本处理方法、数字摄影测量方法获取数字高程模型和正射影像的基本过程；然后讨论三维滑坡模型研究中的的两项关键技术：滑坡三维数据结构、三维模型的可视化技术；最后通过对两个具体的工程实例的三维地形模型、三维地质模型的建立，形成相应的三维滑坡模型，并对三维滑坡模型的工程应用进行分析。具体内容包括以下方面：

- 遥感技术在滑坡灾害调查中的应用。
- 遥感数据提取数字地面模型的方法研究。
- 三维滑坡模型的数据结构研究。
- 三维地形模型建立。
- 三维地质模型的建立。
- 三维滑坡模型及其工程应用研究。
- 编写三维滑坡模型的可视化和工程分析软件。
- 工程实例：1、西藏易贡滑坡遥感调查和基于三维滑坡模型的计算，2、二滩库区金龙山滑坡三维滑坡模型和工程应用。

三维滑坡模型研究的主要特点可归纳为：利用现代遥感技术提供的反映地面特征的遥感映像，借助数字摄影测量等技术方法，形成表现真实地表特征的三维地形模型；根据滑坡的具体特点，提出了面向对象的三维数据结构和三维滑坡模型表示；基于计算机可视技术完成了三维滑坡模型的可视化工作。

三维滑坡技术研究是数字滑坡研究的重要，三维滑坡模型是目前较为完整、科学的滑坡表达方法。本文在“数字滑坡”技术的支持下，把遥感数据、全数字摄影测量学、*GPS*、三维可视化等技术方法引入到滑坡三维模型的研究中，给出了三维滑坡模型的建立过程，并在具体的工程实例中取得了良好的效果。