

# 典型地质灾害遥感应急调查研究

薛东剑<sup>①·②</sup>,何政伟<sup>①·②</sup>,杨德生<sup>③</sup>,张东辉<sup>②</sup>

(① 地质灾害防治与地质环境保护国家重点实验室,成都 610059;

② 成都理工大学 地球科学学院,成都 610059;③ 重庆市国土资源和房地产信息中心,重庆 400015)

**摘要:**采用多源遥感影像数据,以平武县为例,进行了地质灾害调查分析,弥补了单一数据源信息提取能力的不足,尤其是在云、雨等气候恶劣条件下,无法清晰获得光学图像的时候,雷达影像可以提供丰富的可用信息,解译效果较好,这对加快应急信息化建设,减灾救灾业务具有重要借鉴意义。

**关键词:**地质灾害;遥感影像;调查

doi:10.3969/j.issn.1000-3177.2011.06.017

中图分类号:TP391 文献标识码:A 文章编号:1000-3177(2011)118-0083-04

## Emergency Remote Sensing Exploration of Typical Geohazards

XUE Dong-jian<sup>①·②</sup>, HE Zheng-wei<sup>①·②</sup>, YANG De-sheng<sup>③</sup>, ZHANG Dong-hui<sup>②</sup>

(① State Key Laboratory of Geohazard Prevention and Geoenvironment Protection, Chengdu 610059;

② College of Earth Sciences, Chengdu University of Technology, Chengdu 610059;

③ Information Center of Chongqing Land Resources and Housing Administration Bureau, Chongqing 400015)

**Abstract:** Landslides, mudslides and other geohazards are widely spread over most of the world, and pose a serious threat to people's lives and property. But geohazards are more frequent and disaster loss is extremely serious because of the complex geological and geographical environment in China. Remote sensing has many features such as strong macro and better timeliness and informative, so that it can explore sudden geohazards in real time and large-scale hazards investigation. In this paper, multi-source remote sensing data are used to Pingwu, to conduct a geohazards survey and analysis, to make up for the lack of information extraction capabilities of a single data source, especially in the cloud, rain and other bad weather conditions, when a clear optical image can not be obtained. The radar image can give better interpretation, which has an important meaning to accelerate the construction of information technology, and has reference meaning to the emergency response, disaster mitigation and relief operation.

**Key words:** geohazards; remote sensing image; investigation

### 1 引言

我国是世界上地质灾害最严重的国家之一,大量地质灾害致使交通中断,耕地、基础设施被毁,给人们的生命财产造成了巨大的损失,而其造成的间接损失更是无法估计。如2009年全国共发生各类地质灾害10446起,人员伤亡809人,直接经济损失达17.7亿元<sup>[1]</sup>。而2010年我国地质灾害更是呈现

群发、频发态势,尤其发生在甘肃舟曲泥石流(8月7日夜至8日凌晨)、汶川县映秀镇“8·14”泥石流及云南保山特大山山体滑坡(9月3日)等都给人们的生命财产造成了巨大的损失。随着我国经济建设的快速发展,由于对工程建设的地质勘查和评估重视不够,更是埋下了大量地质灾害隐患。如果逐一对这些隐患点进行调查与监测不但消耗人力、物力,而且在当前经济水平下,也很难满足要求。遥感技术的

收稿日期:2010-10-20 修订日期:2011-01-10

基金项目:国家863重点项目(2007AA120306)、国家自然科学基金(40972225)。

作者简介:薛东剑(1977~),男,博士,讲师,内蒙古赤峰人,主要从事环境遥感与地理信息系统应用等方面研究。

E-mail: xdj101@sina.com

特点及其快速的发展,已使其广泛地应用于地质灾害调查中,如吴忠芳等<sup>[2]</sup>采用 TM 数据对重庆市武隆县的大型滑坡进行了调查,取得了良好的效果;李铁锋等<sup>[3]</sup>基于多期 SPOT-5 影像进行了降雨型浅层滑坡遥感解译的研究,研究表明利用 SPOT-5 融合影像在中小型滑坡信息提取中是可行的;马瑛等<sup>[5]</sup>使用 QuickBird 高分辨率遥感图像对黄土高原中北部西气东输靖边—延川段输气管道沿线滑坡进行解译,其解译效果较好。纵观遥感技术在地质灾害中的应用,多采用单一遥感图像进行调查分析,综合利用多源遥感数据对地质灾害进行研究的还不多,这对于由地震等诱发的地质灾害应急具有一定的局限性。本文以四川省平武县为研究区,采用光学、极化雷达、DEM 等多源数据,进行影像的复合分析,结合 3D 可视化等技术解译了滑坡等地质灾害,对天气恶劣、气候异常区,采用雷达遥感数据可以弥补光学遥感获取能力的不足,提高了灾害应急速度和解译精度。

## 2 遥感数据处理

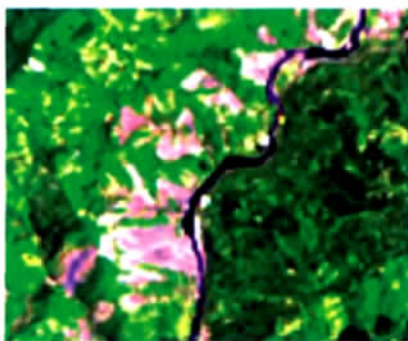
遥感图像在接收过程中,由于受遥感平台、运动状态、大气、地形起伏、地球表面曲率的影响,往往会产生误差,一般通过辐射校正、几何校正来处理。辐射校正可以提高遥感系统获取的地物表面光谱反射率、辐射率及后向散射测量值的精度;几何校正可以消除图像的变形影响如平移、缩放、旋转、偏扭等。

由于研究区地形起伏较大,须对所获得的影像进行正射校正,来消除影响,文中使用 ERDAS 遥感软件,采用 1:5 万 DEM 对 SPOT-5 遥感影像进行了正射校正处理,校正结果满足精度要求。

遥感图像的几何校正就是为了消除遥感图像中的几何畸变。在实际应用中,几何校正也称几何匹配,除完成误差的校正外,还可以把不同传感器的图像、地质、地理等数据中的地物要素进行精确地匹配。在本文的研究中,获得了大量的多时相、多平台、多传感器的遥感数据,为了消除误差,对这些数据进行了几何校正处理,从而使其转换到统一坐标系下,以便进行分析处理。如对 SPOT-5 遥感图像使用 ERDAS 软件中提供的多项式方法,采用 1:5 万地形图对其进行了校正处理,将控制点误差控制在 1 个像元精度内。

## 3 遥感调查分析

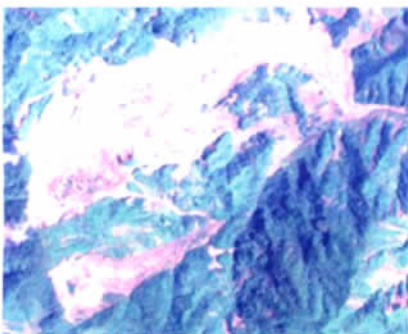
研究区平武县处于我国第一阶梯向第二阶梯过渡的地带,地质灾害极为严重,其特有的区域构造、地形地貌、地层岩性、气候特点,造成了滑坡、泥石流的高发。在遥感图像上,滑坡的最小可识别规模主要与所使用数据的空间分辨率有关,根据研究范围和目的,结合影像的尺度效应及经济合理性,在此采用光学遥感数据(主要使用 Landsat TM 和 SPOT-4、SPOT-5、航拍图像等)和雷达数据,利用地质灾害的形态特征及其发育环境建立遥感解译标志,进行解译。



(a) TM753 滑坡遥感影像特征(2008 年)



(b) 航拍王家坝堰塞湖(2009 年)



(c) 航拍窝前滑坡(2009 年)



(d) 平通南崩塌滑坡灾害(SPOT5)

图 1 研究区典型地质灾害遥感影像

滑坡的解译是斜坡地质灾害解译中比较复杂的,尤其是巨型古滑坡,其特有的形态特征破坏殆尽,更增加了解译的难度<sup>[6]</sup>。由于滑坡、崩塌等地质灾害主要是在重力作用下形成的,其解译可结合地貌特点进行,滑坡发生区常常会在山坡上出现陡坎或陡壁,其下部为舌状坡地,常突出于沟谷或河边,甚至使河道改道(图 1(a));在形状上,滑坡在高分辨率遥感图像上多呈簸箕形、舌形、椭圆形、倒梨型、树叶型及不规则形状等平面形态(图 1);在假彩色合成遥感图像上,水体色调为蓝色、植被为绿色、居民点为粉红色,滑坡、崩塌体显示出较均匀的紫粉色与周围环境的色调有很大的差异;通过图像上的色调、阴影、纹理及形态等,并结合附近地形、岩性、构造、植被、水系等环境因素综合判断解译,可以识别滑坡体,勾绘出范围,大型滑坡在 TM 中分辨率遥感影像上可以清晰地与周围地物区别开(图 1(a))。对于大区域的泥石流调查,利用 ETM 图像或 SPOT 图像能收到事半功倍的效果<sup>[2]</sup>。泥石流在平面上通常分为物源区、流通区和堆积区 3 个区,在遥感图像上多呈树叶形、瓢形,对泥石流的解译,除基于形态外,还应与物源(松散土体等)、地形、降雨等基本条件及区域水文、气象、地貌、岩性、构造、植被、不良地质现象(滑坡崩塌等)等因素相结合来解译。

崩塌一般发生在节理裂隙发育的坚硬岩石组成的陡山坡及峡谷陡岸上,在遥感图像上常呈浅色调,其上部较陡峻,一般无植被生长,但随着时间的推移稳定后的崩塌体会生长出植被。在此主要采用航片及 SPOT 等高分辨率遥感影像结合地形特点来解译(图 2),在 TM 图像上仅能识别规模较大的崩塌堆积体。堰塞湖主要是由地震活动、火山作用等引起山体滑坡、崩塌,河水冲击泥土、砾石等堵塞河谷后存水而形成的湖泊(图 1(b)),解译标志较为明显。

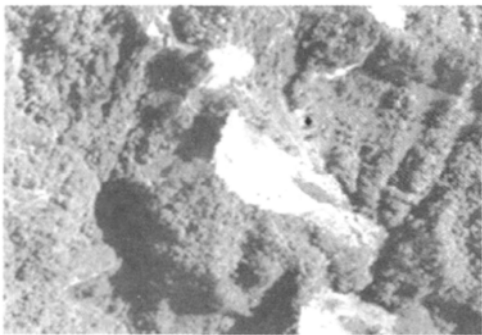


图 2 航拍崩塌体



图 3 HH 极化雷达滑坡特征

地质灾害发生地区多伴有恶劣天气,尤其由地震诱发的地质灾害,灾区多云、雨等天气,仅凭光学传感器很难获得清晰的图像,对于应急调查很难满足时效性,SAR 可作为光学遥感的补充,在气候恶劣条件下,能提供及时准确的信息。滑坡、崩塌地质灾害在雷达图像上的目视解译,除与崩塌体的形状有关外,还与其物质组成、周围地物的类型、堆积物的含水量、粗糙度和组成的结构等有关。一般崩滑体主要由岩石、土等组成,其岩石的散射特性主要取决于它们的组成成分,通常,暗色矿物含量高的岩石介电常数高,散射的回波响应强,同时,岩石的含水量也影响矿物岩石的介电常数,从而影响雷达图像的色调,对于含水量比较大、粗糙度比较高的崩滑体,在影像上主要呈灰亮色调(图 3)。从而对崩滑体等的解译,可借助于堆积物的粗糙度、地形地貌差异等所形成的雷达图像色调和纹理结构的差异,进行解译。对于一个刚发生不久的滑坡,其滑坡面基本没有植被覆盖等,与周围地物在色调上形成强大的反差。

对于滑坡等地质灾害除运用上述解译标志进行解译外,还可使用三维遥感影像模型,把地表纹理图像映射到地形上来模拟真实的地表形态,这对于地质灾害的分析和解译具有较好的效果(图 4)。

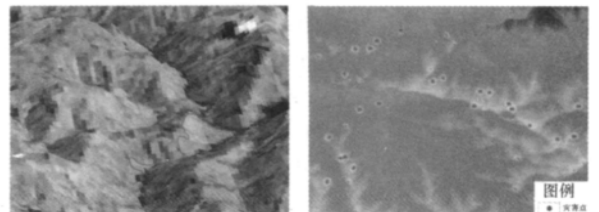


图 4 遥感图像三维可视化

从遥感解译发现,在整个研究区,滑坡、崩塌是主要的地质灾害类型,主要分布在涪江及公路沿岸,其中以南坝镇、平通镇等地质灾害居多。这些灾害的形成与修路挖土、河流侵蚀有着密不可分的关系,在地震或强降雨下诱发了地质灾害。

## 4 结束语

地质灾害具有突发性,造成的损失大等特点,使得遥感技术在地质灾害应急调查中发挥着越来越重要的作用。文中针对地质灾害调查目的与任务,以平武县为例,运用遥感技术进行了地质灾害调查研

究,通过野外调研分析,解译效果较好。实践表明,采用多源遥感数据,尤其是雷达遥感,能提供丰富的地质灾害信息,弥补单一数据源信息提取能力的不足,具有较强的现势性,这对地质灾害的风险区划、灾情应急具有一定的借鉴意义。

## 参考文献

- [1] 《2009年中国国土资源公报》[Z]. 2010:17-20.
- [2] 吴忠芳,周廷刚,等. 基于RS与GIS的大型滑坡解译—以重庆市武隆县为例[J]. 长江流域资源与环境, 2008, 17(1): 138-143.
- [3] 李铁锋,徐岳仁,等. 基于多期SPOT-5影像的降雨型浅层滑坡遥感解译研究[J]. 北京大学学报(自然科学版), 2006, 42(3): 1-6.
- [4] 王治华,吕杰堂. 从卫星图像上认识西藏易贡滑坡[J]. 遥感学报, 2001, 5(4): 312-316.
- [5] 马瑛,田望学. 高分辨率遥感图像在黄土高原滑坡解译中的应用[J]. 资源环境与工程, 2007, 21(2): 167-169.
- [6] 黄润秋,许向宁,等. 地质环境评价与地质灾害管理[M]. 北京:科学出版社, 2008.
- [7] 李志中,赵长英. 川藏公路中段地质灾害现象的航空遥感研究[J]. 国土资源遥感, 1998, 37(3): 14-18.
- [8] 王猛,王军,等. 汶川地震地质灾害遥感调查与空间特征分析[J]. 地球信息科学学报, 2010, 12(4): 480-486.
- [9] 黄润秋,李为乐. 汶川大地震触发地质灾害的断层分析[J]. 工程地质学报, 2009, 17(1): 19-28.
- [10] 王超. SAR图像处理新进展[J]. 遥感学报, 2009, 14(1): 1-2.
- [11] 翁友玲,田庆久. 遥感数据融合方法分析与评价综述[J]. 遥感信息, 2003(3).
- [12] 陶和平,刘斌涛,刘淑珍,等. 遥感在重大自然灾害监测中的应用前景[J]. 山地学报, 2008, 26(3): 276-279.
- [13] 何宏林,孙昭民,等. 汶川Ms8.0地震地表破裂带[J]. 地震地质, 2008, 30(2): 359-362.
- [14] 曾琪明,等. 合成孔径雷达遥感原理及应用简介[J]. 遥感信息, 1998(4).
- [15] 王猛,王军. 汶川地震地质灾害遥感调查与空间特征分析[J]. 地理信息科学学报, 2010, 12(4): 480-485.

(上接第7页)

## 参考文献

- [1] TATEM A J, LEWIS H G, ATKINSON P M, et al. Super-resolution target identification from remotely sensed images using a hopfield neural network[J]. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 2001, 39(4): 781-796.
- [2] ATKINSON P M. Mapping sub-pixel boundaries from remotely sensed images[C]//Innovations in GIS 4. London: Taylor and Francis, 1997: 167-180.
- [3] Charles Ichoku, Arnon Karnieli. A review of mixture modeling techniques for sub-pixel land cover estimation[J]. Remote Sensing Reviews, 1996(13): 161-186.
- [4] VERHOEYJ, WULF D. Land cover mapping at sub-pixel scales using linear optimization techniques[J]. Remote Sensing of Environment, 2002, 79(1): 96-104.
- [5] 凌峰,张秋文,王乘,等. 基于元胞自动机模型的遥感图像亚像元定位[J]. 中国图象图形学报, 2005, 10(7): 916-21.
- [6] 王旭红,郭建明,贾百俊,等. 元胞自动机的遥感影像混合像元分类[J]. 测绘学报, 2008, 37(1): 42-48.
- [7] 吴波,张良培,李平湘. 基于支撑向量回归的高光谱混合像元非线性分解[J]. 遥感学报, 2006, 10(3): 313-318.
- [8] JU J C, KOLACZYK E D, GOPAL S. Gaussian mixture discriminant analysis and sub-pixel land cover characterization in remote sensing[J]. Remote Sensing Environment, 2003(84): 550-560.
- [9] Small, C. Estimation of urban vegetation abundance by spectral mixture analysis[J]. International Journal of Remote Sensing, 2001, 22(7): 1305-1334.
- [10] Chang, C. -I, A. Plaza. A fast iterative algorithm for implementation of pixel purity index[J]. IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters, 2006, 3(1): 63-67.
- [11] Kruse F A, Lefkoff A B, Boardman J w. The spectral image processing system (SIPS)-interactive visualization and analysis of imageing spectrometer data[J]. Remote Sensing of Environment, 1993(44): 145-163.