

# 大渡河加郡—得妥河段大型滑坡地质灾害遥感调查

吴俊峰<sup>1</sup>, 王运生<sup>1</sup>, 张桥<sup>2</sup>, 李浩<sup>1</sup>

(1. 成都理工大学 地质灾害防治与地质环境保护国家重点实验室, 四川 成都 610051;

2. 四川省煤田地质局, 四川 泸州 646000)

**摘要:** 大渡河加郡—得妥河段的地质环境特殊, 地质灾害发育, 对各种工程活动的潜在危害很大。传统的地面调查方法, 由于视野所限或交通不便等给区域地质调查带来许多困难。而利用遥感影像解译调查, 可以直接按影像勾绘出地质灾害的分布范围, 并确定其类别和性质, 同时还可查明其产生原因、规模大小、危害程度、分布规律和发展趋势。基于大渡河加郡—得妥河段的 Worldview (分辨率 0.5 m) 遥感影像, 通过对影像进行系统化处理, 建立正射影像地图及三维遥感图像模型, 并结合先进的工程地质分析方法, 对该河段内发育的大型滑坡地质灾害的发育特征及形成机理进行了研究, 结果认为, 该河段滑坡灾害主要受地形地貌和脆性断层控制, 地震为其触发因素。

**关键词:** 遥感解译; Worldview 影像; 大渡河; 滑坡

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2011)03-0113-04

中图分类号: P694, P237

## Investigation on Large-scale Landslides in Daduhe River Between Jiajun County and Detuo County Based on Remote Sensing

WU Jurfeng<sup>1</sup>, WANG Yursheng<sup>1</sup>, ZHANG Qiao<sup>2</sup>, LI Hao<sup>1</sup>

(1. State Key Laboratory of Geohazard Prevention and Geoenvironment Protection, Chengdu University of Technology, Chengdu, Sichuan 610051, China; 2. Sichuan Provincial Coal Geology Bureau, Luzhou, Sichuan 646000, China)

**Abstract:** Because of the particular geological environmental setting, the geohazards frequently occurred in Daduhe River between Jiajun County and Detuo County, undercutting the safety of engineering activities in this area. The traditional field survey is limited in its short vision fields and inaccessible remote areas, while the interpretation based on remote sensing images could be used to obtain the distribution and scale of the hazards and then to solve the dilemma. Furthermore, the interpretation can be used in boundary delineation, categorization and characterization, identification of disaster genesis, scale and harmful degree, and development trend. Based on the Worldview (resolution: 0.5 m) remote sensing image of Daduhe River between Jiajun County and Detuo County, this paper processed the image systematically to rebuild orthophoto map and three-dimensional remote sensing image. Combined with field survey and geologic engineering comprehensive evaluation, the features and forming mechanism of large-scale landslide were studied.

**Keywords:** remote sensing interpretation; Worldview image; Daduhe River; landslide

大渡河加郡—得妥河段河谷深切, 两岸高陡, 谷底纵比降大, 活动断裂发育, 地震烈度高, 而且气候类型多变, 工程地质条件复杂。区域内不良地质现象十分发育, 大型滑坡地质灾害在该段集中出现, 对各种工程危害很大。由于该地区山高谷深, 交通不便等因素, 加大了野外勘察的难度, 使得传统的地面调查难以对地质灾害全局加以把握, 加之不良地质体数量众

多, 这就要求采用遥感技术和地理信息系统(GIS)等新技术和新方法, 扩大地质调查范围, 提高地质调查水平和质量。

遥感是获取地表及其地物信息的一种重要手段, 启用遥感技术获取的基本资料可满足地质调查的部分需要。遥感影像具有视野广阔、影像清晰、地形形态逼真的特征。目前 Worldview 高分辨率遥感图像

的分辨率可以达到 0.5 m, 对其分析和解译成果与地面调查结合, 能够全面地了解滑坡等不良地质体的分布面积、方量、边界条件特征, 并对区域其它工程地质条件做出空间判断, 分析其形成原因、危害程度和发展趋势<sup>[4]</sup>。通过高精度遥感解译, 在该河段内共圈定大型—超大型滑坡 5 个, 为该区的重大工程建设提供了重要的依据。

## 1 遥感图像数字处理

### 1.1 遥感图像选择

目前, 常用的遥感图像资料主要包括 ETM 图像、ALOS 图像、QuickBird 图像、Worldview 图像和雷达图像等。随着现代科技的不断发展, 遥感技术水平的不断提高, 其遥感图像的波谱分辨率和空间分辨率有了很大提高。在该区域地质灾害研究中, 我们主要采用 Worldview 遥感卫星图像(表 1)为信息源, 辅以 ETM 图像进行信息提取。

表 1 Worldview1 卫星主要成像参数

发射日期	2007 年底
轨道参数	高度 450 km, 周期 93 min, 类型太阳同步, 降交点地方时上午 10:30
任务寿命	7.25 a(包括所有消耗品和降解物)
传感器波段	全色
传感器分辨率	星下点处: 0.45 m(GSD), 偏离星下点 200 处: 0.51 m(GSD)。对于非政府用户, 图像必须重采样成 0.5 m
单圈轨道最大连续成像区域	60 km × 60 km(相当于 4 × 4 幅方形图像) 30 km × 30 km(相当于 2 × 2 幅方形图像)
重访周期	以 1 m GSD 成像时, 为 1.7 d, 对偏离星下点 200 处以 0.51 m GSD 成像时为 5.9 d

### 1.2 遥感图像预处理

对于 QuickBird, WorldView, ALOS 及 ETM 遥感图像, 无论是原始单波段还是 RGB 彩色, 其色调对比度不大, 灰度级较集中, 遥感层次较少, 色彩不丰富, 明度和饱和度低, 影像分辨力和解译力均很差, 不适宜直接用于遥感地质解译。因此需用反差扩展、比值/差值法和主成分分析等方法对原始图像进行辐射增强、灰度级线性拉伸等增强处理<sup>[5-7]</sup>。

### 1.3 遥感图像精校正

精校正是在系统校正的基础上进行的几何校正和正射校正。由于该区没有经过地理编码的同一地区的遥感图像, 利用数字化仪进行控制点的选取费时费力, 且精度不高, 而传统的野外测量方法获取 GCP 的成本很高, 又很费时, 相反, 电子版的地形图, 选取

控制点具有方便、省时等优势。本文则将利用图像到矢量(数字线画图)的方法选取控制点, 对遥感图像进行精校正。

### 1.4 制作正射影像地图

数字正射影像地图是一种既具有遥感正射影像特征, 又具有线划地图数学、几何与制图特征, 同时叠加了等高线, 并根据一定的成图比例, 按照一定的图幅范围裁剪生成的简易地图。它具有高度的灵活性, 可以按不同比例尺、不同等高距在感光材料上得到影像图、等高线图以及影像地图。它既包含卫星遥感图像中地物丰富的影像信息, 又具有地形图的数学基础和几何精度、线划要素及图廓整饰等双重优势, 表现形式直观易读, 使用十分方便(图 1)。

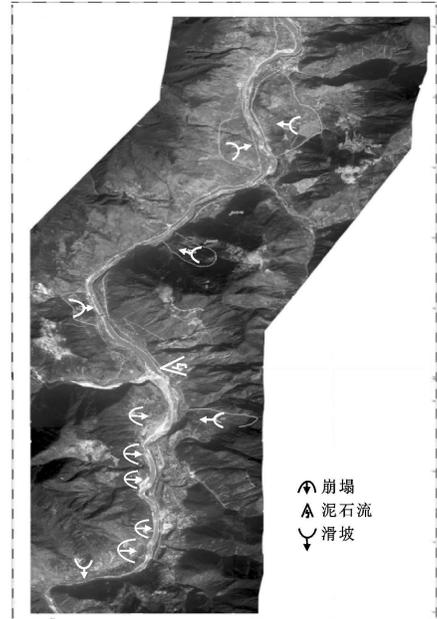


图 1 大渡河加郡—得妥河段正射影像地图

### 1.5 建立三维遥感图像模型

三维遥感模型可以使人们更加直观、形象地认识和了解地形地貌、地质灾害特征等, 有利于对地质灾害点的识别。高精度三维模型可以详细地观察灾害发生点的地形地貌特征, 如地形坡度、面积、规模、坡面形态、地质组成、沟谷特征和植被特征等, 同时根据三维遥感图像提供了一个虚拟的现实环境, 可以更加直观地进行灾害评估(图 2)<sup>[8-9]</sup>。

## 2 滑坡灾害特征及成因分析

滑坡一般具有明显的地貌特征。滑坡的判释主要是通过形态、色调、阴影、纹理等进行的。判释时除直接对滑坡体本身作辨认外, 还应对附近斜坡地形、

地层岩性、地质构造、地下水露头、植被、水系等进行判释。通过对大渡河加郡-得妥河段 Worldview 遥感影像进行滑坡地质灾害解译, 我们发现该河段明显发育有加郡滑坡、上奎武滑坡、摩岗岭滑坡、烂田湾滑坡和得妥滑坡等 5 处大型-超大型滑坡地质灾害(图 2)。它们沿着大渡河谷依次分布, 其滑坡壁等边界特征明显, 几何特征和面积可以直观地从正射影像地图上读取。结合详细的地面调查及部分滑坡(如摩岗岭崩滑体)的实地勘探作业, 可以得到堆积体厚度、物质组分和滑带土抗剪强度等重要参数资料, 据其可以分析滑坡具体方量、稳定性状态、危害程度、发展趋势和形成机制等, 具体分析结果见表 2。

根据遥感影像及对滑坡区具体的工程地质调查, 分析得出该河段的 5 个大型-巨型滑坡的形成主要受地形地貌和断层等 2 类因素控制, 且均为地震触发。

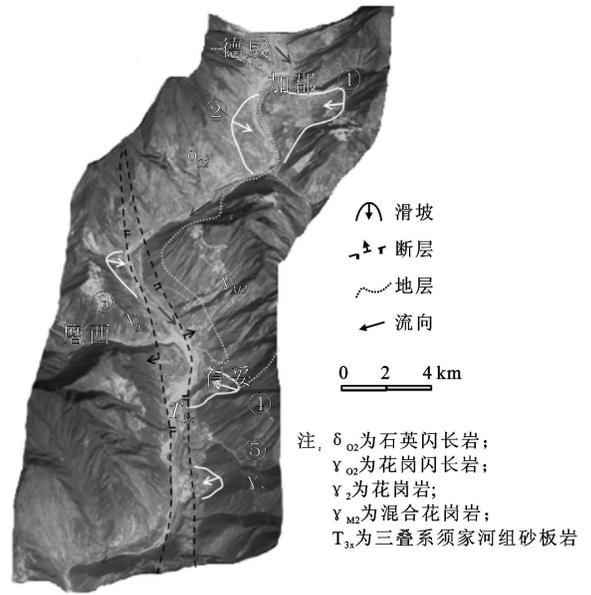


图 2 大渡河加郡-得妥河段三维遥感地质模型

表 2 大渡河加郡-得妥河段大型滑坡地质灾害发育特征

滑坡名称	经纬坐标	地质特征	几何特征	稳定性、危害程度
加郡滑坡	102° 12′ 15.33″ E 29° 40′ 26.47″ N	晋宁期混合花岗岩 (Y <sub>M2</sub> ), 主滑方向 277°	位于河流左岸。滑坡平面形态不规则, 呈簸箕状, 形态明显。分布面积 2.34 km <sup>2</sup> , 方量 1.30 × 10 <sup>8</sup> m <sup>3</sup> 。	整体稳定性好, 前缘有小规模落石现象, 威胁到附近公路及河道。危害程度低。
上奎武滑坡	102° 11′ 30.05″ E 29° 39′ 47.11″ N	石英闪长岩 (δ <sub>02</sub> ), 主滑方向 100°	位于河流右岸, 前缘被改造成为 II 级阶地。滑坡平面形态呈三角形, 地形突出, 形态明显。分布面积 0.61 km <sup>2</sup> , 方量 3.90 × 10 <sup>7</sup> m <sup>3</sup> 。	整体稳定性好, 前缘有小规模落石现象, 危害到附近公路及河道。危害程度低。
摩岗岭滑坡	102° 09′ 41.19″ E 29° 37′ 30.73″ N	晋宁期花岗闪长岩 (Y <sub>02</sub> ), 主滑方向 105°	位于河流右岸 I 级阶地上。滑坡呈圈椅状, 形态明显, 边界可见滑坡壁。分布面积 0.41 km <sup>2</sup> , 方量 2.40 × 10 <sup>7</sup> m <sup>3</sup> 。	整体稳定性好, 前缘有小规模落石、滑塌现象, 危害到附近公路、河道及水工建筑。危害程度低。
烂田湾滑坡	102° 10′ 46.91″ E 29° 35′ 27.28″ N	晋宁期混合花岗岩 (Y <sub>M2</sub> ), 主滑方向 280°	位于河流左岸 II 级阶地上。滑坡地形突出, 呈帚状, 后缘可见滑坡壁。分布面积 0.64 km <sup>2</sup> , 方量 5.60 × 10 <sup>7</sup> m <sup>3</sup> 。	整体稳定性好, 前缘有小规模落石现象, 危害到附近公路及河道。危害程度低。
得妥滑坡	102° 10′ 54.79″ E 29° 34′ 12.99″ N	晋宁期花岗岩 (Y <sub>2</sub> ), 主滑方向 252°	位于河流左岸 IV 级阶地上。滑坡呈肾状, 边界明显, 后缘可见凹槽。分布面积 0.43 km <sup>2</sup> , 方量 4.30 × 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> 。	整体稳定性好, 无危害对象。危害程度低。

(1) 受地形地貌及河谷二次应力场控制。加郡滑坡及上奎武滑坡的形成受突出的地形控制明显, 结合地质图件分析该两处滑坡形成范围及周边地层中无断层发育, 且为坚硬的花岗岩地层, 岩性成分单一, 岩体结构较完整, 但原始斜坡体处于河流凹岸, 孤立山嘴, 或单薄山脊上。在大渡河强烈下切过程中, 由于该区地处高应力区且河谷走向与区域最大主应力方向大角度相交, 河谷强烈下切, 谷坡岩体的卸荷回弹强烈, 在斜坡内部产生平行临空面的卸荷拉张裂隙。

(2) 受脆性断裂及断层上盘效应控制。摩岗岭滑坡、烂田湾滑坡和得妥滑坡的形成则主要受到脆性断层的控制, 根据遥感影像图, 在摩岗岭附近大渡河流向由南西转为南东, 且下游两岸的岩性差异较大,

与地质资料中该处发育得妥断层的记录相符。断层在近地面表现为脆性, 如果高储能花岗岩斜坡体中发育有与坡体走向一致的陡倾坡外结构面, 当河谷下切并切穿断层时, 由于断层带塑性变形的牵动, 导致上覆岩体产生压缩-剪胀错动变形<sup>[10]</sup>, 沿强卸荷带的裂隙连通率进一步提高, 在地震力作用下, 滑源区强卸荷带岩体以外的岩体被抛射, 形成高速地震滑坡。

加郡滑坡与上奎武滑坡的形成年代久远, 通过滑坡上游堰塞堆积体粉质黏土的测年资料, 堰塞堆积的沉积年龄为距今 1.7~1.9 万年, 由于测年样品并未采到堰塞堆积底部, 因此, 加郡滑坡的发生时间应在距今 1.9 万年前, 即形成于末次副冰期早期或初期。而据历料记载, 摩岗岭崩滑体和烂田湾滑坡形成于

1786 年 6 月 1 日泸定磨西大地震期间<sup>[11]</sup>。

通过建模等计算分析得到该几处滑坡灾害的整体稳定性较好。调查过程中也仅在滑坡局部地段(如前缘、后壁等)发现小规模滑塌落石现象,对公路、河道产生一定影响。这种局部破坏虽规模不大,但对公路、河道及水电施工影响大。

### 3 结论

遥感技术已成为区域地质灾害及其发育环境宏观调查的不可缺少的先进技术之一,用遥感技术对滑坡等地质灾害进行解译,可以有效地对因交通不便,地质灾害数量多等地面调查无法全面获取资料的高山峡谷地区进行调查指导和资料补充。

通过对 Worldview 遥感影像进行解译及详细的地面地质调查,本文对大渡河加郡-得妥河段发育的 5 处大型滑坡地质灾害进行了实体位置圈定,灾害范围测算等工作,对它们的成因、危害程度等进行了详细分析。认为加郡-得妥河段大型滑坡灾害的形成主要受地形地貌及脆性断裂控制,地震为其触发因素。由于形成年代久远,整体变形迹象不明显,滑坡整体稳定性较好,仅在局部有小规模落石和滑塌现象,对周围环境和工程活动的危害有限。

致谢:邓辉教授和刘汉湖副教授在本文遥感图像处理方面给予了帮助,特此致谢!

(上接第 87 页)

(3) 不同林分的饱和持水量、毛管持水量、田间持水量、凋萎系数、有效含水量、贮水能力、渗透系数  $K_{10}$  等差别较大,均以水曲柳纯林最高,其次为红松与水曲柳混交林,红松纯林最低。就整个土层的平均值而言,混交林较红松纯林分别增加 32.68%, 24.29%, 42.22%, 19.72%, 27.71%, 12.17% 和 39.44%。

#### [ 参 考 文 献 ]

- [1] 邓仕坚, 张家武, 陈楚莹, 等. 不同树种混交林及其纯林对土壤理化性质影响的研究[J]. 应用生态学报, 1994, 18(3): 236-242.
- [2] 冯宗炜. 一种高生产力和生态协调的亚热带针阔混交林: 杉木火力楠混交林的研究[J]. 植物生态学与地植物学学报, 1988, 12(1): 165-180.
- [3] 胡润田. 水曲柳、胡桃楸、黄菠萝、紫椴与不同针叶树种混交生长的探讨[J]. 东北林业大学学报, 1991, 19(S1): 115-120.
- [4] 王乐祥, 张同余, 吕玉臣. 红松、水曲柳混交林营造技术初报[J]. 吉林林业科技, 2002, 31(1): 6-8.

#### [ 参 考 文 献 ]

- [1] 付小林, 黄学斌, 郭希哲, 等. 3S 技术整合在地质灾害调查评价中的应用[J]. 地质力学学报, 2004, 10(1): 81-87.
- [2] 沈芳, 程东, 黄润秋, 等. 3S 技术在国土资源调查、环境保护及地质灾害评价与预测中的应用展望[J]. 成都理工大学学报, 2000, 27(S): 235-238.
- [3] 乔彦肖, 李密文, 张维宸. 基于遥感技术支持的地质灾害及孕灾环境综合评价[J]. 中国地质灾害与防治学报, 2002, 13(4): 83-87.
- [4] 张振德, 何宇华. 遥感技术在长江三峡库区大型地质灾害调查中的应用[J]. 国土资源遥感, 2003, 2(6): 11-26.
- [5] 杨武年, 濮国梁. 长江三峡库区地质灾害遥感图像信息处理及其监测和评估[J]. 地质学报, 2005, 79(3): 423-430.
- [6] 严红萍, 俞兵. 主成分分析在遥感图像处理中的应用[J]. 资源环境与工程, 2006, 20(2): 168-170.
- [7] 董增寿, 张凤春, 刘明君. 卫星遥感图像增强处理方法研究[J]. 计算机仿真, 2009, 26(4): 249-252.
- [8] 秦军. 铁路工程地质信息的遥感图像处理[J]. 铁道工程学报, 2006(S): 258-263.
- [9] 江煜, 谭娟, 马晓波, 等. 遥感图像处理在“5.12”汶川地震抗震救灾工作中的应用[J]. 四川地质学报, 2010, 30(2): 249-253.
- [10] 黄润秋. 中国西南岩石高边坡的主要特征及其演化[J]. 地球科学进展, 2005, 20(3): 292-297.
- [11] 国家地震局震害防御司. 中国历史强震目录(公元前 23 世纪—公元 1911)[M]. 北京: 地震出版社, 1995: 490-492.
- [5] 郭德武. 水曲柳红松混交林的研究: I. 混交林的综合效果及其群落稳定性[J]. 东北林业大学学报, 1991, 19(S): 89-91.
- [6] 姜瑞凤, 董哲. 红松大青杨、红松水曲柳混交林实验效果分析[J]. 东北林业大学学报, 2003, 31(3): 77-78.
- [7] 陈永亮. 水曲柳与红松混交对根际 P 素有效性的影响[J]. 福建林学院学报, 2008, 28(3): 267-270.
- [8] 张万儒, 许本彤. 森林土壤定位研究方法[M]. 北京: 中国林业出版社, 1986: 33-36.
- [9] 杨弘, 李忠, 裴铁璠, 等. 长白山北坡阔叶红松林和暗针叶林的土壤水分物理性质[J]. 应用生态学报, 2007, 18(2): 272-276.
- [10] 阿姆森 K A. 森林土壤: 性质与作用[M]. 林伯群, 周重光, 译. 北京: 科学出版社, 1984: 139-166.
- [11] 林建椿. 枫香与杉木、马尾松混交林土壤水分物理性质的研究[J]. 亚热带水土保持, 2007, 29(3): 1-4.
- [12] 张光灿, 夏江宝, 王贵霞, 等. 鲁中花岗岩山区人工林土壤水分物理性质[J]. 水土保持学报, 2005, 19(6): 44-48.
- [13] 王伟, 张洪江, 杜士才, 等. 重庆市四面山人工林土壤持水与入渗特性[J]. 水土保持通报, 2009, 29(3): 113-117.