维普资讯 http://www.cqvip.com

QuickBird卫星图像在丹巴县城重点灾害区地质灾害详细调查中的应用研究

王 军　游丽君　宋 云　沈松平　王 猛　杨铭军
(四川省遥感中心，四川 成都 610081)

摘　要：论述应用QuickBird卫星图像在丹巴县城重点灾害区开展1∶1万地质灾害遥感调查的主要工作内容和工作方法、遥感数字图像处理及制作，总结了地质灾害遥感影像特征，查明了该区地质灾害类型、规模大小及危害程度，分析了该区地质灾害发育分布规律，并归纳了QuickBird卫星图像在地质灾害详细调查中的优势。

关键词：QuickBird卫星图像；地质灾害；详细调查；应用研究

1 引言

丹巴县隶属四川省甘孜州，地处四川省西北部高山峡谷区，地形高差悬殊，地层岩性复杂，地质构造发育，新构造运动强烈，气候复杂多变，降雨集中，人类工程经济活动较强烈，是四川省地质灾害较为严重的县(市)之一，且具有地质灾害分布广、规模大、成灾重、暴发频率高的特点，地质灾害已成为影响和制约丹巴县国民经济发展和社会稳定的一个重要因素。

丹巴县城章谷镇为全县政治、经济、文化中心，也是该县重点灾害区。2003年全县发生各类地质灾害150余处，经济损失上亿元。特别是2003年6月26日岳扎乡鹅狼沟发生特大泥石流，造成3人死亡，10人失踪，受灾40户140人，威胁67户234人，直接经济损失达800万元；2003年7月11日巴底乡邛山沟发生百年一遇的特大泥石流灾害，造成28人死亡，23人失踪，邛山一村、二村16户80人被围困，5000多人受灾，部分房屋、公路、桥梁受损，直接经济损失上千万元。2005年春节以来，县城章谷镇建设街滑坡每天以2～3cm的速度下滑，县城半数以上的单位、4600多人的生命财产安全受到严重威胁。

为规范1∶5万地质灾害调查与评价工作，有效地指导国土资源地质大调查项目—全国地质灾害高发区1∶5万地质灾害详细调查工作的开展，全面查清高发区地质灾害的现状，最大限度的减少灾害造成的损失和危害，中国地质调查局于2005年下达了地质灾害预警试点项目—“四川省丹巴县地质灾害详细调查”，为配合该项目地质灾害调查工作，开展了重点调查区1∶1万地质灾害遥感综合调查工作，其工作区范围以丹巴县城章谷镇为中心，面积100km^2，包括章谷镇和梭坡乡、中路乡、水子乡、革什扎乡、巴旺乡的大部分地区。

2 遥感工作内容

本次遥感工作的主要内容包括：在地质灾害背景条件(地貌类型、地层岩性、地质构造、活动构造及地震、工程地质特征、水文地质条件等)、森林植被和人类工程经济活动调查的基础上，开展1∶1万地质灾害详细调查，查明该区地质灾害的类型、规模大小及危害程度，分析地质灾害的发育分布规律，并提出地质灾害防治和预警的对策及建议，为四川省丹巴县地质灾害详细调查工作提供遥感解译基础资料。

3 地质灾害遥感调查工作方法

本次1∶1万地质灾害遥感综合调查工作，应用QuickBird高分辨率卫星图像和ETM卫星图像，同时结合GPS、GIS等新技术和新方法，通过资料收集、遥感数字图像处理及制作、遥感解译、野外调查和验证、解译成果图件的编制等工作程序和方法，有针对性地开展本次1∶1万地质灾害遥感综合调查工作。地质灾害详细调查遥感工作流程详见图1。

4 遥感数字图像处理及制作

4.1 遥感信息源的选用

选择2005年6月8日的QuickBird高分辨率卫星数据和2002年1月6日的美国陆地卫星Landsat-7 ETM卫星数据资料作为本次遥感调查工作的主要信息源(表1)。其中以QuickBird卫星数据资料为主，重点对丹巴县城重点灾害区的地质灾害体进行1∶1万遥感综合解译；以ETM卫星数据资料为辅，采用1∶5万比例尺对工作区区域地质环境背景条件进行遥感解译。两种不同类型的遥感数据相互补充，相互印证，提高了本次地质灾害遥感调查的质量和精度。

4.2 遥感数字图像处理及制作

根据QuickBird和ETM卫星数据各波段的光谱特征，选择对地质灾害和生态环境反映较好的QuickBird 3、2、

〖第一作者简介〗王军，男，(1966—)，四川仁寿人，1987年毕业于原成都地质学院工程地质专业，学士学位，现任四川省遥感中心主任，高级工程师，主要从事国土资源与环境遥感应用研究工作，先后负责或参与完成了国家、省(部)、局级遥感应用研究项目十余项，曾获得省部级科技进步奖多项，现已公开发表论文二十余篇并获不同奖励。

维普资讯 http://www.cqvip.com

1和ETM 5、4、3三个波段，利用计算机对数字图像按一定的数学模式进行运算，即按一定的图像处理功能对该数字图像进行计算机处理，以增强和提取地质灾害及其环境地质信息。

遥感数字图像处理主要包括波段组合、几何校正、色调匹配、数据融合、图像镶嵌和各种增强处理等功能，遥感数字图像处理及制作工作流程见图2。

5 地质灾害遥感调查

5.1 地质灾害遥感影像特征

(1)滑坡

该区滑坡主要为土质滑坡，在地貌上多位于缓坡区，山间凹地或半坡台地。在QuickBird卫星图像上(图3、图4见中间彩页，下同)，典型的滑坡地形为一圈椅状，滑坡周界多为浅绿灰色色线围绕的半圆形、舌形、矩形、长三角形、不规则形等形态，边界清楚；滑坡体以浅棕灰色、浅绿灰色、灰白色为主，间墨绿色构成块状、片状、不规则状斑点、斑纹，表面凹凸不平，较为粗糙；滑坡壁、滑坡周长、滑坡台阶、封闭洼地等滑坡要素常清晰可见；滑坡体色形组合与背景色彩明显有别，滑坡体上常见灰白色斑块，多为新近滑动，植被破坏，有裸土、砾石影像显示；滑坡壁多陡峻，后壁近月牙形，侧壁呈弧线状，两者均色彩较浅，呈灰白色或浅棕灰色；前缘色彩较浓，且地势较陡，具临空面所致。

(2)崩塌

该区崩塌主要为岩质崩塌，在QuickBird卫星图像上(图5、图6)，危岩体因坡陡或植被发育而色彩较浓，或较缓、无植被而呈灰白色、白色、浅棕色，为连续或断续条块状，表面凹凸不平，且常发育多组节理裂隙；堆积体多呈浅绿灰白色，不规则的长带状，或分叉状，表面多见斑点纹，具粗糙感，一般从高处顺坡向下散落，堆积于陡岩下方的山坡和坡脚，有时可见巨大的块石影像。新近发生的崩塌不长植被，多呈浅色调，而老崩塌体多有灌草植被滋生，常比周围色调稍深。

(3)泥石流

图1 地质灾害详细调查遥感工作流程图

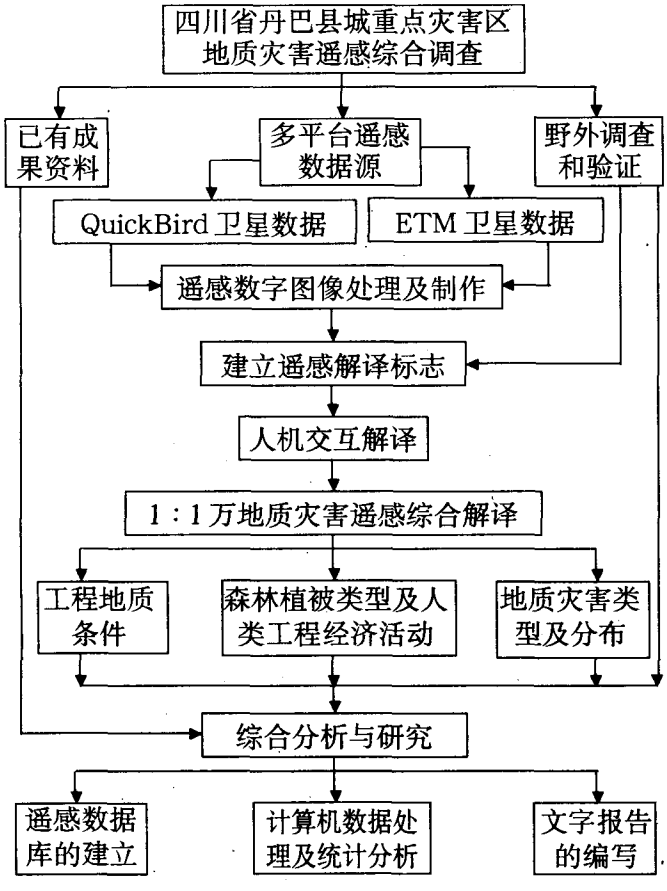


图2 遥感数字图像处理及制作工作流程图

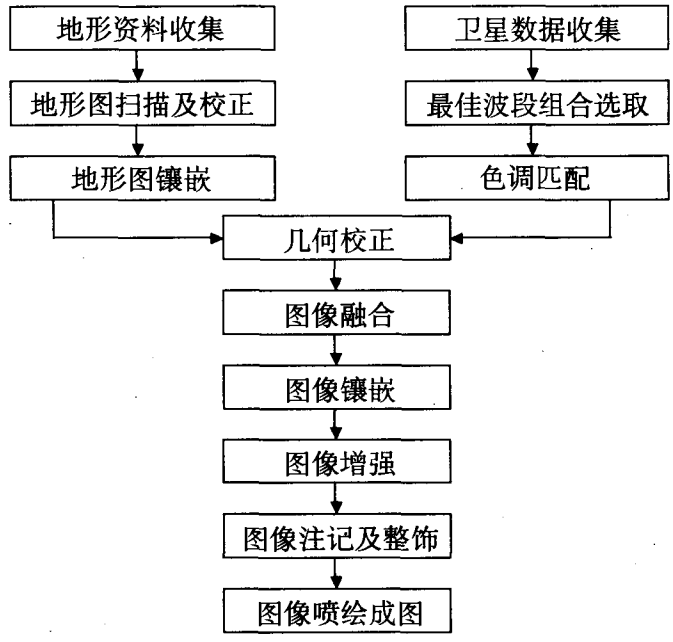


表1 卫星遥感数据特征表

卫星数据类型	成像时间	光谱特征	空间分辨率	主要用途
Landsat-7 ETM	2002.01.06	可见光至中红外7个波段，全色1个波段	全色15m、多光谱30m、中红外120m	用于区域地质环境条件解译
QuickBird	2005.06.08	蓝色、绿色、红色和近红外4个波段，全色1个波段	全色0.61～0.72m，多光谱2.44～2.88m	用于地质灾害体解译

维普资讯 http://www.cqvip.com

在QuickBird卫星图像上泥石流极易辨别(图7)，通常可清楚的看到沟谷型泥石流的三个区，形成区一般呈瓢形或漏斗形围谷，呈浅灰色，山坡陡峻，支沟呈树枝状，植被稀少，岩石风化严重，松散固体物质丰富，常伴有小型滑坡、崩塌发生，有利于风化岩屑的聚集；流通区多为一深切峡谷，沟床较短而直，呈线型，纵坡较形成区缓，但较堆积区陡，沟谷一般较窄，断面形态呈“V”形或“U”形沟槽，为泥石流的运动通道；堆积区位于沟谷出口处，呈浅色调，地势较平缓，地形开阔，常形成“扇”形堆积，轮廓明显，多见弧突和挤压大河的现象。扇面上可见固定沟槽或漫流状沟槽；新泥石流堆积扇多呈灰白色，而老泥石流堆积扇多农耕，呈杂色镶嵌状斑块，表面平滑。

5.2　遥感解译结果

5.2.1　地质灾害类型

区内工程地质条件总体较差，在地层岩性、地质构造、降雨和人类工程经济活动的影响和作用下，地质灾害十分发育，其地质灾害类型主要有滑坡、崩塌(危岩)和泥石流等。

通过本次遥感调查，全区共发现地质灾害体50处，其中滑坡19处，占总数的38%；崩塌(危岩)16处，占32%；泥石流15处，占30%。

5.2.2　地质灾害规模大小及危害程度

(1)规模大小

根据本次遥感解译结果，区内发现有滑坡、崩塌(危岩)和泥石流等地质灾害50处，并通过对每个解译地质灾害体的面积计算，可估算出每个灾害体的体积，从而确定其规模大小。本区地质灾害主要以中、小型为主，其中小型25处、中型18处、大型7处，分别占总数的50%、36%、14%。

①滑坡

区内滑坡有19处，其中大型5处，中型4处，小型10处，分别占总数的26%、21%、53%，以小型滑坡为主。按物质组成结构可划分为土质滑坡和堆积层变形体两种类型，其中以土质滑坡主为，共17处，占总数的89%；其次为堆积层变形体2处，占11%(表2)。

②崩塌

区内崩塌均为岩质崩塌，共有16处，其中中型10处、小型6处，分别占总数的63%、37%，以中型崩塌为主。见表3。

③泥石流

区内泥石流均为沟谷型泥石流，共有15处，其中大型2处、中型4处、小型9处，分别占总数的13%、27%、60%，以中小型泥石流为主(表4)。

(2)危害程度

根据本次遥感调查资料统计，现已查明区内有各类地质灾害点50处，其中，滑坡19处、崩塌16处、泥石流15处，构成直接威胁和危害的地质灾害点有40处，已造成了巨大的经济损失和严重的人员伤亡。

①滑坡

区内滑坡危害性较大，直接威胁和危及乡镇、村落、厂矿、重要交通干线沿线及主要河流沿岸等人民生命财产安全，具体表现为房屋拉裂变形甚至歪斜倒塌、毁损土地资源、影响灌溉、阻断交通、中断通讯、堵塞或挤压河道等。如亚喀则滑坡、一只碉滑坡、梭坡滑坡、碉堡滑坡、方家湾湾滑坡、老豆腐厂滑坡等对主干公路沿线构成了直接威胁和危害；建设街滑坡、红军桥1号、2号滑坡等直

表2　滑坡遥感调查统计表

类　型	规模大小（处）			稳定性分析（处）			危害程度（处）			小　计
	大型	中型	小型	不稳定	基本稳定	稳定	严重	中	轻	
土质滑坡（处）	3	4	10	12	4	1	1	6	10	17
堆积层变形体（处）	2				2			1	1	2
合　计	5	4	10	12	6	1	1	7	11	19

表3　崩塌遥感调查统计表

类　型	规模大小（处）		稳定性分析（处）		危害程度（处）				小　计
	中型	小型	不稳定	基本稳定	严重	中	轻	无	
岩质崩塌（处）	10	6	13	3	1	2	5	8	16

表4　泥石流遥感调查统计表

类　型	规模大小（处）			稳定性分析			危害程度			小　计
	大型	中型	小型	发展期	衰退期	停歇期	中	轻	无	
沟谷型泥石流（处）	2	4	9	3	9	3	5	8	2	15

维普资讯 http://www.cqvip.com

接威胁着县城章谷镇半数以上的单位、数千人的生命财产安全。

按地质灾害危害程度分级标准划分，区内滑坡轻度危害的有11处、中度危害7处、严重危害1处(表2)。

②崩塌

区内崩塌具有突发性强、隐蔽性强、危害性大的鲜明特点，分布于居民点、交通干线上方的崩塌体直接威胁和危及当地居民的生命财产安全和道路交通安全。如县城老车站因崩塌危害而搬迁，左拉坝危岩崩塌危及下方水子乡政府、民族小学、居民房屋和S303公路安全，崩塌直接危及S303省道的行车安全。而分布于人类活动较少的较高海拔的崩塌，虽对生态环境造成局部严重破坏，但一般不具直接危害性。

区内具有危害性的崩塌有8处，占总数的50%，其中轻度危害5处，中度危害2处，严重危害1处(表3)。

③泥石流

区内泥石流虽然大多处于衰退期或停歇期，但由于沟口都为人类聚居区，除有3条泥石流正处于停歇期外，其它均存在不同程度的危害，还有3条泥石流正处于发展期。如四道沟泥石流于2003年6月26日曾发生山洪泥石流灾害，冲毁村民房屋1间、农田40余亩，幸无人员伤亡；分布位于县城后山的白岩沟、干桥沟、二台子沟、西河桥沟、磨子桥沟等5条泥石流沟，处于白呷山残坡积层分布区，5条泥石流沟平行排列，1994年7月22日因暴雨突发泥石流，排洪工程毁于一旦，县城设施受到严重破坏，民房倒塌20余幢，直接经济损失达1417万元以上。经过多年治理，上述5条泥石流沟的危害性已明显减弱或被控制，但仍应进行长期的监测和防范。

区内泥石流共有15处，具有危害性的泥石流有13处，占总数的87%，其中轻度危害8处、中度危害5处，轻度危害占有危害性泥石流总数的62%，占泥石流总数的53%(表4)。

6 地质灾害发育分布规律

6.1 地质灾害分布特征

由于受地形地貌、地层岩性、地质构造、降雨及人类工程经济活动的影响，区内地质灾害主要集中分布在大渡河及其支流的斜坡、沟口地带，而区内西北部和南部地质灾害不发育或相对较少。地质灾害的发育分布规律受空间和时间的影响较为明显，年内、年际分布明显不均。

表5 各乡镇地质灾害分布统计表

乡 镇	地质灾害（处）				占总数的(%)
	滑坡	崩塌	泥石流	合 计	
章谷镇	5	4	6	15	30
梭坡乡	7	1	4	12	24
中路乡	4	6	2	12	24
水子乡	3	2	3	8	16
革什扎乡		2		2	4
巴旺乡		1		1	2
合 计	19	16	15	50	100

6.1.1 地质灾害空间分布特征

(1) 按行政区划的分布特征

根据本次遥感调查结果，全区涉及的6个乡镇均不同程度的发育分布有地质灾害，但在行政区域上具有一定差异性。其中以章谷镇、梭坡乡、中路乡、水子乡等乡镇较为发育，受地质灾害威胁较为严重，其地质灾害数量均超过8处，最多的为章谷镇达15处，占总数的30%；梭坡乡和中路乡次之，均分布有16处，各占24%(表5)。

(2) 按不同流域的分布特征

在空间分布上，滑坡、泥石流主要沿大渡河及其支流两侧分布，较集中于东谷河、大渡河、大金川、小金川高山峡谷区的中、下部；而崩塌多集中分布于河谷间分水岭山脊两侧陡崖，部分分布于东谷河北岸陡崖。按地质灾害发育于不同流域来统计可以看出(表6)：区内地质灾害以东谷河最为发育，共16处，占总数的32%；大渡河次之，有13处，占26%；大金川12处，占24%；小金川7处，占14%；革什扎河2处，占4%。并且分布于河流右岸的地质灾害稍多于左岸，其中右岸29处，占总数的58%；左岸21处，占42%。

表6 地质灾害按流域分布统计表

河流名称	境内长度(km)	河口高程(m)	年均流量(m^3/s)	地质灾害（处）				
				左岸	右岸	合计	占总数的(%)	发育密度(处/km)
大渡河	6.54	1850	734.0	3	10	13	26	3.98
大金川	8.20	1858	544.8	6	6	12	24	2.93
小金川	5.61	1855	103.0	3	4	7	14	2.50
东谷河	5.53	1860	34.2	8	8	16	32	5.79
革什扎乡	4.03	1964	51.5	8	1	2	4	0.99
合 计	29.91			21	29	50	100	1.67

维普资讯 http://www.cqvip.com

从地质灾害发育密度上看，区内地质灾害平均发育密度为1.67 处/km。相对而言，区内在东谷河、大渡河、大金川、小金川的河谷地带地质灾害发育密度较大，而革什扎河则相对较小；沿河谷地带则较高山山麓地质灾害发育，在人类聚居地地质灾害相对较发育，分布密度也较大。

(3) 按海拔高程的分布特征

由于受地形地貌的控制，区内地质灾害的分布在垂直高程上具有明显地不均一性。本区地质灾害多发育于1800m～2800m高程上，在此高程分布的地质灾害有42处，占总数的84%，以滑坡、泥石流为主，多为中小型;2800m以上的高程段仅有地质灾害8处，主要为崩塌，均为中型。由此可以看出，随着海拔高程的增加，地质灾害的分布减少，发育密度降低，地质灾害类型以较大规模的崩塌(危岩)为主。

地质灾害随高程的增加而减少，地质灾害一般发育于海拔＜2800m，尤以河谷以上500m范围最发育，＞2800m陡崖易发生崩塌。

6.1.2　地质灾害时间分布特征

区内地质灾害的发生具有群发性，在时间分布上主要集中发生在每年6～9月，占地质灾害总数的70%以上。如四道沟泥石流(2003.6)、黄土坎沟泥石流(每年5～8月)、宋达沟泥石流(2003.6)、红军桥沟泥石流(1993.7)、方家湾湾滑坡(2003.6)、中路乡四组滑坡(2005.7)等地质灾害均发生在夏季，这主要与该地区的降雨有关。近年来，随着气候的变化，地质灾害的发生数量总体呈现上升趋势，且有所增强。

6.2　地质灾害发育特征

(1) 地质灾害与地层岩性关系密切。土层滑坡都发育于第四纪残坡积和崩坡积分布区;泥石流多发育穿越松散岩类的沟谷中，沟谷中、上游两侧松散堆积物是其主要物质来源；而崩塌则发育于岩性较坚硬的二云片岩、石英岩、斜长片麻岩夹大理岩分布的地段。

(2) 岩质崩塌的发育分布最明显受断裂构造控制。区内16处崩塌有14处危岩壁发育两组以上节理裂隙。区内N45° W和N35° E两组节理裂隙十分发育，这与崩塌的形成密切相关。

(3) 地质灾害与地形地貌关系密切。崩塌多发育于陡岩处，滑坡多发育于前缘具临空面的缓坡区、山坡凹地和半坡台地。据统计，泥石流山坡坡度多为25° ～40° ，少数＞40° ；滑坡一般发生于坡度25° ～40° 的地段；崩塌多发生于坡度＞65° 的自然陡坡地段。

(4) 人类工程经济活动加剧了本区地质灾害的发生。森林植被的过度砍伐、筑路建房等不规范切坡、削坡，矿山开发矿渣不当堆放，以及不当耕作和浇灌等诱发了区内一些地质灾害的发生。

7　结束语

在全国1∶5万地质灾害详细调查试点工作中，首次采用美国QuickBird高分辨率卫星图像，对四川省丹巴县城重点灾害区开展了1∶1万地质灾害遥感综合调查工作。在较短的时间内，准确而迅速地查明了该区地质灾害的类型、形态特征、分布范围、规模大小及危害程度等，分析了该区地质灾害发育分布规律，为丹巴县1∶5万地质灾害详细调查工作提供了基础资料，并取得了较好的应用效果，同时也提高了本次地质灾害遥感调查的质量和精度。

通过本次地质灾害详细调查试点工作实践证明:遥感图像特别是QuickBird卫星图像具有分辨率高、视域广、信息量丰富，并具有实时性等优势，同时又能客观、真实、动态和快速地反映地质环境和地质灾害信息的特点，结合GPS、GIS等新技术、新方法，在地质灾害调查中发挥着重要的作用，遥感技术已成为地质灾害调查与监测最有效的方法和手段之一。

参考文献:

[1] 中国地质调查局，《滑坡崩塌泥石流灾害详细调查规范(1∶50000)》(送审稿)，2005；
[2] 四川省地质环境监测总站，《丹巴县地质灾害调查与区划》，2004.12；
[3] 中国科学技术出版社，刘纪远，《中国资源环境遥感宏观调查与动态研究》，1996.12；
[4] 科学出版社，王桥、杨一鹏等，《环境遥感》，2005.1；
[5] 中国宇航出版社，庄逢甘、陈述彭，《2003年遥感科技论坛》，2003.10。

(上接第16页)

4　结束语

遥感数据客观地反映了地物的光谱特性，遥感监测技术已逐步成为国家决策支持和生产管理的重要手段，农业部的农业资源和农作物遥感监测已进入业务化运行，遥感监测工作和监测结果已纳入国务院和农业部的宏观决策体系之中。

参考文献:

[1] 胡如忠、刘海启　遥感技术应用与欧美农作物估产[M]. 北京:气象出版社
[2] 庄逢甘、陈述彭　2006年《遥感科技论坛》，中国宇航出版社