

doi: 10.6046/gtzyyg.2017.s1.14

引用格式: 范敏, 孙小飞, 苏凤环, 等. 国产高分卫星数据在西南山区地质灾害动态监测中的应用[J]. 国土资源遥感, 2017, 29(s1): 85-89. (Fan M, Sun X F, Su F H, et al. Application analysis of remote sensing dynamic monitoring for geological hazards in southwest mountainous areas using domestic high resolution satellite data[J]. Remote Sensing for Land and Resources, 2017, 29(s1): 85-89)

# 国产高分卫星数据在西南山区地质灾害 动态监测中的应用

范敏<sup>1</sup>, 孙小飞<sup>1</sup>, 苏凤环<sup>2</sup>, 蒋华标<sup>1</sup>, 韩磊<sup>1</sup>

(1. 四川省地质调查院, 成都 610081; 2. 中国科学院水利部成都山地灾害与环境研究所, 成都 610041)

**摘要:** 为推动国产高分卫星数据在我国地质灾害遥感调查或动态监测中的应用, 以四川省、重庆市、贵州省地质灾害高易发区为研究区, 通过对 2014 年和 2015 年 2 期国产高分卫星数据的对比和分析, 进行了地质灾害的动态变化判识, 分析总结了国产高分卫星数据在四川省、重庆市、贵州省地质灾害动态监测中的应用结果, 评价探索国产高分卫星数据在地灾调查及动态监测中的实用性及前景, 为今后国产卫星在西南山区地质灾害调查和动态变化监测中的应用及推广提供客观依据。结果表明: 国产高分遥感数据在地质灾害遥感监测中数据质量表现为良好, 正射影像的人工交互解译效果好、准确率较高, 可用于西南山区地质灾害的遥感判识及新增灾害的动态监测, 具有较好的应用前景。

**关键词:** 国产高分卫星数据; 地质灾害; 动态监测

**中图法分类号:** TP 79 **文献标志码:** A **文章编号:** 1001-070X(2017)s1-0085-05

## 0 引言

西南山区地处我国第一阶梯青藏高原向第二阶梯云贵高原及四川盆地的过渡地带, 主要包括四川、云南、贵州、重庆、西藏 5 省市自治区。特殊的地质、地貌和气候条件使得该区成为我国地质灾害最为活跃的发育区。西南山区也是我国山区人类活动集中区, 人口、经济密集区与地质灾害危险区相重叠, 每年发生地质灾害数百起, 造成大量的人员伤亡和严重的经济损失<sup>[1-2]</sup>。西南山区面积广阔, 地形地貌多样, 地质背景复杂, 如采用传统的地面调查方法, 不但周期长、费用高, 而且难以覆盖所有区域; 同时对于突发地质灾害的调查、监测及应急抢险救灾难以满足其时效性<sup>[3]</sup>。

我国以往开展的地质灾害遥感调查采用的卫星数据多以国外数据为主<sup>[4-7]</sup>, 如利用 ETM 数据开展 1:10 万~1:25 万的地质灾害调查; 采用 SPOT5, Aster, IRS-P5/P6 和 ALOS 等开展 1:5 万地灾调

查; 采用 QuickBird, IKONOS 和 WorldView 等开展 1:1 万大比例尺地灾调查工作。采用国外卫星数据进行地质灾害调查与监测, 不但成本过高, 而且受数据获取、数据覆盖能力等方面的制约, 调查的时效性往往相对滞后, 难以真正实现对地质灾害进行动态实时监控。近年来我国发射了一系列资源和环境卫星, 特别是如资源三号、高分一号、天绘、高分二号等国产高分辨率卫星, 对地观测能力大幅度提高, 卫星的空间分辨率从米级到分米级, 可以满足不同比例尺的地质灾害监测要求, 为利用国产高分卫星进行中、大比例尺地质灾害的调查、动态监测等带来了契机。

本文选择四川省、重庆市和贵州省地质灾害高易发区为实验区, 通过对 2014 年和 2015 年 2 期国产高分辨率卫星影像的对比和分析, 开展地质灾害的动态变化判识, 分析总结国产高分数据在西南山区地质灾害动态监测中的应用特点, 评价探索国产卫星数据在地灾调查、动态监测中的实用性及注意问题, 为今后国产卫星在西南山区地质灾害调查和

收稿日期: 2017-06-01; 修订日期: 2017-70-12

基金项目: 中国地质调查局地质调查项目“西南地区自然资源遥感综合调查(川黔区)、川黔区自然资源更新调查项目”(编号: DD2016007739)。

第一作者: 范敏(1982-), 男, 硕士, 主要从事资源环境遥感及应用技术研究。Email: 114135970@qq.com。

通信作者: 孙小飞(1993-), 男, 硕士, 主要从事国土资源调查及生态环境监测研究。Email: 1023376701@qq.com。

动态监测中的应用及推广提供客观依据。

### 1 研究区背景

研究区包括四川省、重庆市和贵州省3省,东接湖北省、湖南省,西连西藏自治区,北与青海省、甘肃省、陕西省为界,南与广西壮族自治区、云南省毗邻。地理位置为  $E97^{\circ}26' \sim 110^{\circ}11'$ ,  $N24^{\circ}37' \sim 34^{\circ}21'$  之间。

由于研究区内地貌类型以高原山地为主、地质背景复杂、活动断裂发育(约100余条主要活动断裂带)、地震活动频繁等因素的影响,最终造成研究区是我国地质灾害集中发育区之一。研究区内地质

灾害具有发育多、强度大、发生频繁、分布集中的特点,其中地质灾害高易发区面积约  $283\ 567\ km^2$ ,约占研究区总面积的38.84%;此外,近年来人类工程活动持续加剧,人为诱发的地质灾害呈上升趋势。

据收集的2015年度四川省、重庆市和贵州省地质灾害数据库资料,研究区共发育崩塌、滑坡、泥石流、地裂缝、地面塌陷及不稳定斜坡等6类灾害约59 796处,从发育的数量来看,以滑坡和崩塌灾害为主,分别占研究区地质灾害总数的61.11%和17.37%。从分布区域来看,地质灾害高易发区主要分布在川西高山高原区的江河两岸、川西南的中东部、盆周丘陵区的中东部、盆周山地区及云贵高原的中西部等地区。

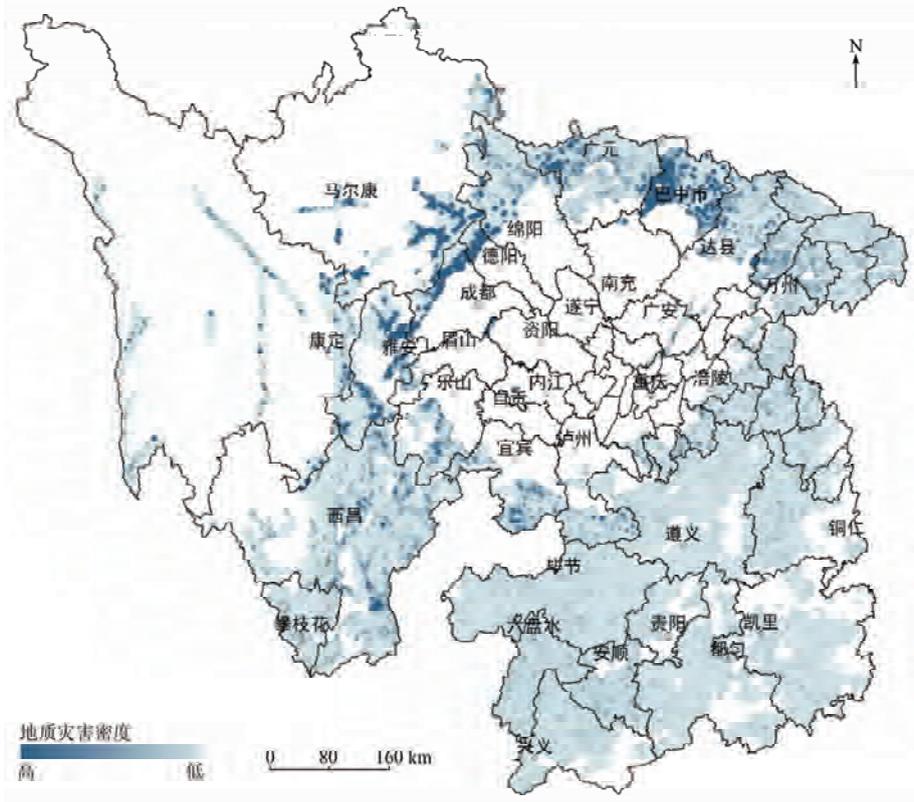


图1 研究区地质灾害密度分布示意图

Fig. 1 Density distribution map of geological hazards in the study area

### 2 研究方法

#### 2.1 数据源

研究区采用的高分卫星数据为2014年和2015年2期高分辨率正射影像数据。其中国产高分辨率影像数据包括高分一号(GF-1)、天绘(TH)和资源三号(ZY-3);国外高空间分辨率影像如SPOT6, Resurs-P1及RapidEye等影像则作为补充数据。

#### 2.2 监测方法

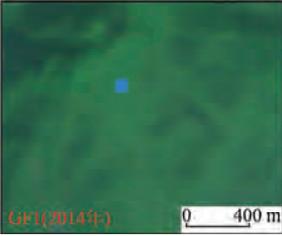
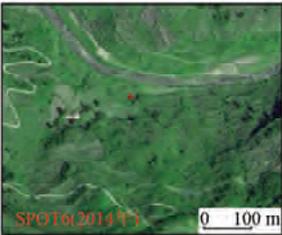
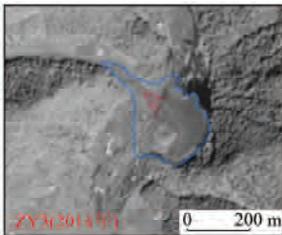
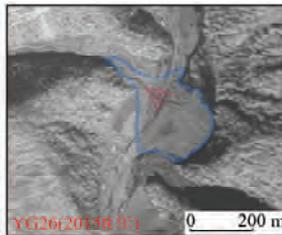
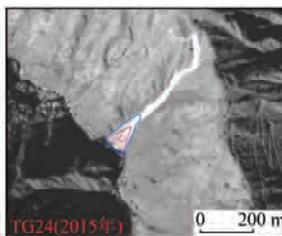
实验区采用数据为正射影像,可以直接进行2

期地质灾害动态判识,无需进行诸如融合影像、裁剪等预处理工作。对地质灾害的遥感调查与监测,主要有目视解译、人机交互解译以及针对高分辨率影像开发的面向对象影像分析方法。

本文开展高易发区崩滑流地质灾害动态监测工作,在ERDAS或ArcGIS等软件平台下,主要采用2015年和2014年度2期遥感影像数据进行叠加、对比分析,进行不稳定灾害和新发生灾害体的判识。通过分析,不稳定灾害和新发生灾害体影像特征清晰,灾害体特征与周边地物的边界明显,易于圈定灾害范围(表1)。

表 1 地质灾害影像特征

Tab. 1 The remote sensing image characteristics of geologic hazard

灾害类型	2014 年	2015 年	影像特征
不稳定崩塌			该灾害点发育在四川省平武县白马乡厄哩村。在影像上呈亮白色、白色,崩塌壁呈不规则状,参差不齐,呈锯齿状,堆积物结构粗糙,呈斑点状。2015 年度和 2014 年度相比,崩塌面扩大,为不稳定崩塌灾害,发生大
新生崩塌			该灾害点发育在四川省绵竹市清平乡前沟村。2014 年影像上崩塌灾害特征不明显; 2015 年影像上呈白色、灰白色,崩塌壁呈不规则状,参差不齐,堆积物结构粗糙,呈斑点状,该灾害为新生崩塌灾害
新生滑坡			该灾害点发育在贵州省修文市中寨乡蜈蚣桥村。2014 年影像上滑坡灾害特征不明显; 在 2015 年度影像上呈灰色,崩塌壁呈不规则状,参差不齐,堆积物结构粗糙,呈斑点状、蝌蚪状纹理,滑坡体造成河面变窄,完整性较好,推测为基岩类新生滑坡灾害
高频泥石流			该灾害点发育在四川省黑水县知木林乡木都村。2014 年影像上表面有流水形成的网状细沟,呈灰白色线状展布特征等; 2015 年影像上,堆积物面积较 2014 年度有所扩大,堆积区表面沟床增多、冲淤变化明显,冲沟新鲜,为高频山区泥石流灾害
新生泥石流			该灾害点发育在四川省雅江县牙衣河乡彭古村。2014 年影像上泥石流特征不明显; 在 2015 年度影像上流通区和堆积区呈亮白色,条带状展布,堆积区斑点状纹理,发育在峡谷地貌区,属于山区泥石流

2.3 最大成图比例尺对比

对于给定空间分辨率的遥感影像,如何设置合适的专题图比例尺,清晰、有效地反映影像包含的地物信息,是非常重要的。从表 1 可以看出,研究区采用的影像都能够满足 1:5 万地质灾害遥感监测的需求。空间分辨率越高,越能判识出规模较小的灾害体信息。

地图制图工作中,通常将人眼视觉分辨率取为 0.1 mm,限差定位 0.02 mm,根据公式(1)确定人眼视觉分辨率与成图比例尺的数学关系<sup>[8-9]</sup>,即

$$A = L / (1/M) \quad (1)$$

式中: A 为比例尺精度; 1/M 为比例尺; L 为人眼视觉分辨率。

为保证卫星影像成图时能达到地图比例尺的精度需求,遥感影像的空间分辨率 R 不应大于地图比例尺的精度 A,即

$$R \leq L / (1/M) \quad (2)$$

利用式 2 可以求得不同空间分辨率的卫星数据对应的成图比例尺(表 2)。

表 2 不同空间分辨率卫星数据对应的成图比例尺

Tab. 2 Mapping scale corresponding to satellite data with different spatial resolution

数据源	空间分辨率/m	可制图比例尺/M <sup>①</sup>		最佳成图比例尺
		L <sub>1</sub> = 0.1 mm	L <sub>2</sub> = 0.2 mm	
GF-2	1	10 000	5 000	10 000 或 5 000
TH-1	2	20 000	10 000	20 000
ZY-3	2	21 000	10 500	25 000
SPOT6	2	15 000	7 500	10 000
ZY1-02C	2	20 000	10 000	20 000
YG24 或 YG26	1	10 000	5 000	10 000 或 5 000

①: “M”为比例尺的分母。

### 3 监测结果及分析

#### 3.1 监测结果

在进行人机交互解译时,主要取决于遥感影像对灾害体特征及边界的识别能力和灾害体内部细节的反映能力。通过 2015 年度和 2014 年度国产卫星数据对比分析、解译及验证,研究区共新增解译崩滑流灾害 124 处,其中崩塌 21 处(其中小型崩塌 3 处、中型崩塌 18 处),滑坡 92 处(其中小型滑坡 15 处、中型滑坡 56 处,大型滑坡 21 处),泥石流 11 处(其中小型泥石流 4 处、中型泥石流 5 处、大型泥石流 2 处),主要分布在中低山分布区。总体来看,高分二号(GF-2)、天绘(TH)、资源三号(ZY-3)、遥感系列(YG24 和 YG26)等国产高分卫星数据在崩滑流灾害的空间展布、形态特征等方面具有较好反映,已经达到同等分辨率国外卫星数据的水平,能够对崩滑流灾害进行有效的监测。

#### 3.2 误判原因分析

经野外实地查证,在室内遥感解译的 145 处崩滑流灾害内,误判灾害点约 20 处,解译正确率约 86.21%,其中在误判灾害点 20 处中,小型灾害约占 70%。误判原因主要为人为工程活动和影像精度造成的误判,主要包括以下 3 种情况:

1) 居民开挖边坡变成耕地造成误判。

2) 工矿活动和道路修建造成的边坡裸露以及形成的碎屑物在地势较低的地方堆积造成误判,但本类图斑应该引起关注,在强降雨作用下,可能会转化为泥石流,形成新的灾害。

3) 空间分辨率优于 2 m 的高分二号、天绘、资源三号、遥感系列等国产遥感影像数据对于监测中、大型灾害效果明显,对小型灾害监测效果不很明显。例如,中大型滑坡的色调、纹理、形状等直接解译标志容易与背景影像区别出来,但对于小型滑坡,因影像分辨率相对较低,前缘边界和鳞状陡坎较模糊,滑坡特征影像容易被背景信息淹没,造成误判。

## 4 结论

本文以四川省、重庆市、贵州省地质灾害高易发区为研究区,通过利用 2015 年和 2014 年 2 期高分卫星数据进行对比判识,开展地质灾害的动态监测,客观分析和评价了国产卫星数据在地质灾害遥感调查或监测中的实用性和应用成效,取得的主要结论如下:

1) 处理后的高分二号、天绘、资源三号及遥感系列等国产高分卫星数据清晰,信息丰富,质量良好。在影像上地质灾害的空间展布、形态特征等方面具有较好反应,已经达到同等分辨率国外卫星数据的水平。灾害体解译时的最大成图比例尺可达到 1:5 000,可用于西南山区大面积地质灾害监测的扫面工作及不稳定灾害的动态监测工作。

2) 利用国产高分卫星数据解译的新增灾害正确率较高,约 86.21%。

3) 利用国产高分卫星数据能够容易、准确地将人类工程活动区判识出来,该类图斑在影像上易于和新发生的灾害体混淆,造成灾害体的误判。因此该类信息图斑应结合地形地貌特征、人类工程特点及一定量的野外查证进行综合判定,如对于道路开挖形成的裸露图斑,需要先结合地形地貌特点分析该图斑位于道路的上方还是下方,然后进一步作出判断,另外对于有公路到达的裸露图斑,一般为工矿开挖区,多为灾害隐患。

4) 分析结果表明,国产高分遥感数据在西南山区地质灾害定性监测方面具有较好的效果,但受数据分辨率、时相的影响,其在灾害规模判定及监测时效性等方面的应用还有待进一步研究。

#### 参考文献 (References):

- [1] 崔鹏. 中国山地灾害研究进展与未来应关注的科学问题[J]. 地理科学进展, 2014, 33(2): 145-152.  
Cui P. Progress and prospects in research on mountain hazards in China[J]. Progress in Geography, 2014, 33(2): 145-152.
- [2] 季伟峰, 胡时友, 宋军. 中国西南地区主要地质灾害及常用监测方法[J]. 中国地质灾害与防治学报, 2007, 18(s1): 38-41.  
Ji W F, Hu S Y, Song J. Main geological hazards and monitoring methods in common use in the southwest region of China[J]. The Chinese Journal of Geological Hazard and Control, 2007, 18(s1): 38-41.
- [3] 姚鑫, 戴福初, 陈剑. 金沙江干热河谷区地质灾害遥感研究[J]. 长江流域资源与环境, 2007, 16(5): 655-660.  
Yao X, Dai F C, Chen J. Analysis of geological disasters in drought-heat vale of Jinshajiang river by remote sensing[J]. Resources and Environment in the Yangtze Basin, 2007, 16(5): 655-660.

- [4] 李宏杰,戴福初,许领,等. 地质灾害调查中 ETM + 与 SPOT 5 Pan 影像融合与评价[J]. 国土资源遥感, 2008, 20(1): 43 - 45, 54. doi:10.6046/gtzyyg. 2008. 01. 09.  
Li H J, Dai F C, Xu L, et al. The assessment of fused image of ETM and Spot 5 Pan in the investigation of geological hazards[J]. Remote Sensing for Land and Resources, 2008, 20(1): 43 - 45, 54. doi:10.6046/gtzyyg. 2008. 01. 09.
- [5] 曾磊, 黄玉华. 黄土高原河谷演变与地质灾害发育规律研究——以陕西省子长县为例[J]. 中国地质灾害与防治学报, 2010, 21(3): 67 - 72.  
Zeng L, Huang Y H. Valley evolution and geologic hazard occurrences in the loess plateau of China - a case study: Zichang County in the northern loess plateau of Shanxi Province[J]. The Chinese Journal of Geological Hazard and Control, 2010, 21(3): 67 - 72.
- [6] 王瑞国. 基于 WorldView - 2 数据的乌东煤矿地质灾害遥感调查及成因分析[J]. 国土资源遥感, 2016, 28(2): 132 - 138. doi: 10.6046/gtzyyg. 2016. 02. 21.  
Wang R G. Remote sensing investigation and analysis of geological disaster in the Wudong coal mine based on WorldView - 2 Data [J]. Remote Sensing for Land and Resources, 2016, 28(2): 132 - 138. doi:10.6046/gtzyyg. 2016. 02. 21.
- [7] 朱静, 唐川. 遥感技术在我国滑坡研究中的应用综述[J]. 遥感技术与应用, 2012, 27(3): 458 - 464.  
Zhu J, Tang C. An overview of remote sensing applications for landslide research in China[J]. Remote Sensing Technology and Application, 2012, 27(3): 458 - 464.
- [8] 奚歌, 吴正鹏, 侯晨, 等. 基本地形图更新卫星影像优选探讨[J]. 测绘与空间地理信息, 2012, 35(10): 70 - 73, 76.  
Xi G, Wu Z P, Hou C, et al. Research on satellite image update in basic topographic map [J]. Geomatics and Spatial Information Technology, 2012, 35(10): 70 - 73, 76.
- [9] 魏香琴, 顾行发, 余涛, 等. 面向应用需求的遥感卫星载荷空间分辨率标准化研究[J]. 光谱学与光谱分析, 2012, 32(3): 781 - 785.  
Wei X Q, Gu X F, Yu T, et al. Spatial resolution standardization of payload on board of remote sensing satellite based on application requirements [J]. Spectroscopy and Spectral Analysis, 2012, 32(3): 781 - 785.

## Application analysis of remote sensing dynamic monitoring for geological hazards in southwest mountainous areas using domestic high resolution satellite data

FAN Min<sup>1</sup>, SUN Xiaofei<sup>1</sup>, SU Fenghuan<sup>2</sup>, JIANG Huabiao<sup>1</sup>, HAN Lei<sup>1</sup>

(1. *Geology Investigation Institute of Sichuan Province, Chengdu 610081, China*; 2. *Institute of Mountain Hazards and Environment, CAS, Chengdu 610041, China*)

**Abstract:** For the purpose of promoting applications of domestic high resolution satellite products to geological hazard remote sensing survey and dynamic monitoring, the authors chose study areas in Sichuan, Chongqing and Guizhou, where people suffer from high risk and frequent geological hazards. On the basis of domestic high resolution satellite images obtained in 2014 and 2015, the authors conducted comparison and analysis to identify the dynamic changes in geological hazards. The authors also analyzed application results of domestic high resolution satellite products on geological hazard dynamic monitoring in the study areas, along with evaluating and exploring their practicability and prospect. In this way, the authors provide an objective basis for further applications and promotion of domestic high resolution satellite products on geological hazard remote sensing survey and dynamic monitoring in southwest mountainous areas. The results indicate that domestic high resolution satellites can provide good data quality in the remote sensing monitoring of geological hazards, and human - computer interactive interpretations for orthophoto images exhibit excellent results and accuracy. It is therefore held that the domestic satellites deserve application and promotion in the field of geological hazard remote sensing survey and dynamic monitoring in southwest mountainous areas.

**Keywords:** domestic high resolution satellite data; geological hazard; dynamic monitoring

(责任编辑: 李瑜)