

基于多光谱遥感的新疆皮山6.5级地震 灾情监测与分析

李金香, 温和平, 常想德, 谭明, 王伟

(新疆维吾尔自治区地震局, 新疆 乌鲁木齐 830011)

摘要: 2015年7月3日, 新疆维吾尔自治区和田地区皮山县发生6.5级地震, 震源深度10 km。利用地震应急期间快速收集的有限资料, 进行了基于地震前后同一传感器、相似时相的高分辨率遥感影像对比分析研究, 结合区域地质构造背景, 对房屋建筑物损毁情况、地震地质灾害调查、生命线工程损毁程度等方面开展了灾情遥感应急应用监测与分析。结果表明: 此次皮山地震的重灾区为固玛镇及皮西那乡, 地震造成老旧土木结构房屋毁坏严重。地震未形成大规模的地震次生地质灾害, 然而受地震断裂带及场地类型、土壤成分等因素影响, 出现小面积砂土液化及崩塌等, 但未对生命线工程造成严重损毁。

关键词: 皮山6.5级地震; 灾情; 遥感; 应急监测

doi: 10.16256/j.issn.1001-8956.2017.01.004

地震是一种严重危害人类生存安全、阻碍社会经济发展、破坏社会稳定的自然灾害, 其突发性和瞬时破坏性特点已成为全球严重的公共安全问题、社会问题, 甚至是政治问题^[1]。随着社会经济的发展, 地震造成的经济损失和人员伤亡都呈上升趋势, 而地震诱发的崩塌、滑坡等地质灾害易造成道路、河流阻断, 给应急救援工作带来了严重影响^[2]。为此, 对地震灾区的房屋损毁、地震次生地质灾害及生命线工程破坏程度展开快速、准确的监测, 对于灾情分析、应急救援、次生灾害防治都具有重要意义^[3]。

遥感技术具有获取信息快、信息量大、手段多、更新周期短, 能多方位和全天候动态监测等优势, 为快速完成地震灾害调查与损失评估提供了一种新的高效技术手段^[4]。在重大自然灾害的应急监测、快速评估、次生灾害预警等领域具有无可替代的优势^[5-8], 尤其是高分辨率民用遥感卫星的成功发射和应用, 使得遥感技术在地震灾情监测中的应用越来越普遍^[9-13]。日本、美国、加拿大、印度、新西兰等国家充分利用遥感技术, 准确、全面地获取地震灾情图像信息, 并对后续次生灾害进行动态监测^[14-15]。日本阪神大地震、土耳其地震、智利地震、雅典地震、海地地震、集集地震、印尼地震等发生后, 均采用了遥感方法及时、全面地获取灾区灾情信息, 对于及时开展应急救援行动、降低灾害损失起到了重要作用^[16-18]。如 Hajime 等^[19]利用1999年

收稿日期: 2016-01-14; 修回日期: 2016-03-14.

课题项目: 新疆地震科学基金项目(201510); 地震应急青年重点任务(CEA_EDEM-201511); 中国地震局地震行业科研专项(2013419018).

作者简介: 李金香(1984~), 女, 工程师, 硕士, 2011年毕业于新疆大学地理信息系统专业, 现主要从事地震应急与遥感震害监测研究. E-mail: ljxhappy365@163.com

Kocaeli 遥感影像识别震害信息, Miguel 等^[20]利用 Landsat 影像提取了地震灾情信息。我国从 20 世纪 60 年代中期开始,先后对 1966 年邢台地震、1975 年海城地震、1976 年唐山地震、1988 年澜沧—耿马地震和 1989 年大同地震等破坏性地震进行了灾区遥感调查工作^[21-23]。近年来,遥感快速灾情监测已经在伽师地震、汶川地震、玉树地震、鲁甸地震等地震的应急救援中发挥了重要作用^[24-29],主要用于道路阻塞、崩塌、滑坡、泥石流、堰塞湖及房屋损毁等方面的灾情监测^[30-33]。如柳稼航等^[34]采用 IKONOS 卫星影像识别 2001 年印度普吉的震害信息。赵福军等^[35]采用面向对象方法识别汶川地震震害信息。王晓青等^[36]在四川芦山 7.0 级地震后,获取了灾区多种高分辨率遥感影像,快速解译提取了灾区建筑物震害信息。易文斌等^[37]进行了面向对象的灾害信息遥感提取框架及其应用研究。遥感震害信息提取主要是通过遥感图像的变化检测和分类技术进行,包括对震前和震后遥感影像进行对比分析,或者直接从震后遥感图像中提取震害信息^[35]。本研究在收集灾区相关基础数据及影像数据的基础上,完成各类数据的预处理并进行空间匹配,采用地震前后同一传感器、相似时相的高分辨率卫星遥感影像进行对比分析,以探索基于国产遥感卫星的地震灾情遥感应急监测与分析,为地震应急提供决策支持。

1 皮山地震灾区概况

2015 年 7 月 3 日 9 时 7 分(北京时间),新疆维吾尔自治区和田地区皮山县发生 6.5 级地震,震源深度 10 km。地震震中距皮山县城仅有 7 km,距喀什地区叶城县 75 km。和田地区、喀什地区、阿克苏地区等多地震感强烈。

地震重灾区主要位于皮山县,皮山县位于新疆维吾尔自治区最南端,和田市西部,面积 39 800 km²,总人口达 266 400 人,是一个以维吾尔族为主体,汉、回、柯尔克孜、塔吉克、乌孜别克、锡伯等 12 个民族聚居的边境县,其中少数民族占 98.4%。全县辖 16 个乡镇、1 个良种场、1 个国营牧场、1 个农业综合开发区和新疆生产建设兵团第十四师皮山农场、四十七团及二二四团。灾区中部以风积、冲积平原及倾斜平原区为主,北部为塔克拉玛干沙漠南缘,南部为喀喇昆仑山山前中、低山及丘陵区。地震灾区有 2~3 条规模相对较大的河流,沿河谷地带为居民聚集地带,河谷两侧则为常年风沙堆积沙丘地带。

2 皮山地震灾情遥感监测分析

2.1 数据获取和处理

根据中国地震台网中心提供的地震三要素,收集了新疆维吾尔自治区和田地区皮山县的相关资料,包括国家测绘地理信息局提供的皮山县行政区划图(图 1)、震前灾区 2008 年 TM 影像镶嵌数据(图 1)、活动断裂带、县乡政府驻地、DEM、地形图、震前灾区“高分一号”2 m 分辨率全色影像和 8 m 分辨率多光谱影像数据 4 景(2014 年 10 月 2 日获取),以及震后灾区“高分一号”2 m 分辨率全色影像和 8 m 分辨率多光谱影像数据 4 景(2015 年 7 月 4 日获取),共 8 景遥感影像。利用同一传感器、相似时相的震前震后遥感影像进行对比分析,开展皮山地震灾情遥感应急监测与分析。

采用的高分一号遥感数据,没有云、雾和积雪等的影响,图像质量好。将影像进行正射校正、几何校正、融合、镶嵌等预处理(图2)。首先利用灾区 DEM 数据进行影像正射校正,利用

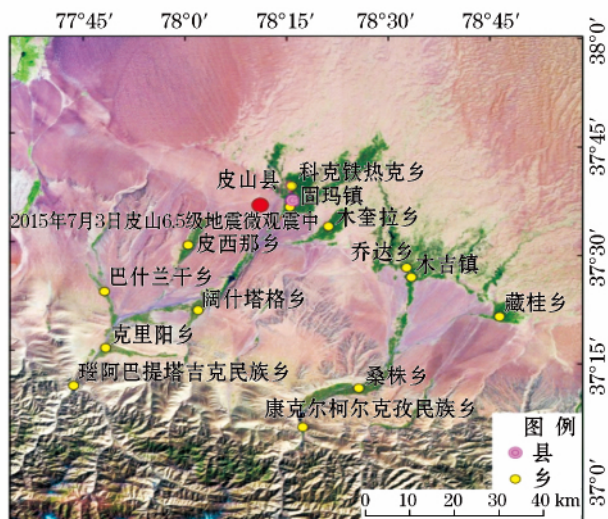


图1 震区地形地貌图

Fig.1 Topography map in earthquake region

可采用遥感手段解译断裂信息^[38],研究活动断裂的各类特征^[39-40]。

皮山地震灾区位于西昆仑山地隆起区与塔里木盆地的过渡地带,新构造运动以来,西昆仑山随着帕米尔隆升,而塔里木盆地则持续下降。西昆仑山山前与塔里木盆地的过渡地带分布有多条活动断裂,如泽普隐伏断裂、皮山东南隐伏断裂等。以震前2014年10月2日“高分一号”卫星影像拼接数据为底图,对皮山地震灾区的地质构造背景进行遥感分析(图3)。此次地震微观震中位于这两条隐伏断裂之间。

泽普断裂从莎车县起,西经泽普县至皮山县杜瓦镇,是塔里木盆地西南规模较大的隐伏断裂,断层断错第四系——寒武统,全长约210 km,逆断距106~278 m,断层倾角 $67^{\circ} \sim 76^{\circ}$,为第四纪隐伏活动逆断层。而皮山东南断裂为自皮山县城北部向南东方向延伸至和田市南部的一条与泽普隐伏断裂近乎平行分布的第四纪隐伏活动断裂。

通过对遥感数据进行解译发现,在微观震中西南约10 km,分布一系列北西西—北西走向,宽约2~4 km、长约20 km的线状影像(图4),结合震前地震行业专项等项目的调查结果,

1:5万地形图对高分一号遥感影像各波段进行几何校正,采用控制点多项式拟合校正法、高斯-克吕格投影模式及三次卷积内插法重采样进行图像点的精密校正(选择的GCP点的误差均小于0.5个像元)。再采用Gram-Schmidt(GS)方法进行影像融合,基于地理坐标方法的影像镶嵌等,完成遥感数据预处理工作,保证了灾情监测工作的顺利开展。

2.2 皮山地震地质构造背景遥感分析

由于断裂活动的影响,断裂带本身在结构特征方面与邻区存在较明显的差异,显示出图像色调和纹理结构的细微变化,根据这些影像特征,

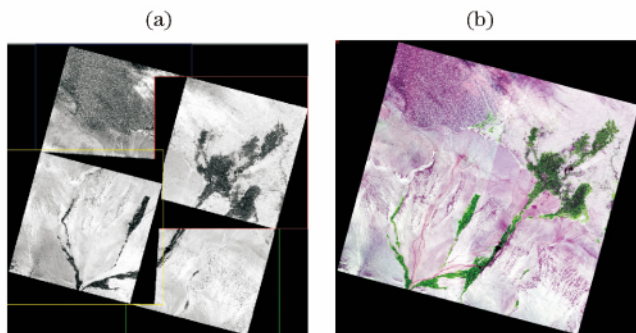


图2 遥感影像预处理图

(a) 正射校正、几何校正后的灾区影像数据

(b) 融合、镶嵌后的灾区遥感影像

Fig.2 Remote sensing image preprocessing

此处线状构造为断层陡坎,通过遥感解译,单条断层长度 0.5~3 km,间距 0.2~1 km,共计 80 余条。图 3 中红色短线即为基于“高分一号”遥感影像解译的灾区断层陡坎。此组断裂错断皮西那河两岸阶地,该断层上多条纹沟右旋错动。结合本次地震震源机制解结果^[41],该地震主压应力 P 轴方位为北北东向,震源断错类型为逆冲型,发震构造为北西西向逆冲为主,兼有少量右旋走滑分量(图 4)。震源机制解断层面走向(表 1)与此组断裂带走向基本一致,因此,从断裂性质、震源机制解结果、断裂活动时代及断裂在地表活动的最新表现等方面综合分析(图 5),此次地震可能与该组断裂有关。

2.3 皮山地震房屋建筑倒塌损毁分析

遥感图像初步判识结果显示,此次皮山地震房屋建筑及其附属基础设施损毁的总体分布位于皮西那乡

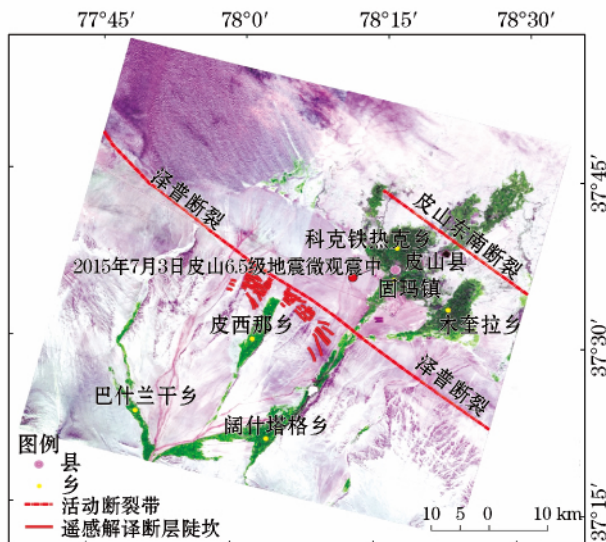


图 3 震区断裂带分布图

Fig. 3 Distribution of fault zone in earthquake region

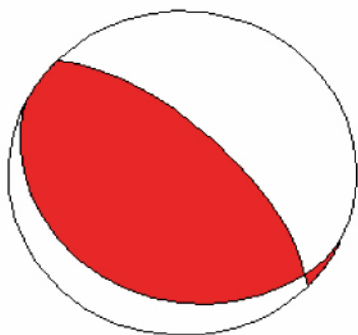


图 4 皮山 6.5 级地震震源机制解
(中国地震台网中心 2015 年)

Fig. 4 Focal mechanism solutions of
Pishan earthquake with
 $M_s 6.5$ (CENC 2015)

及固玛镇,由于地震发生区域距离县城较近,接近于城市直下型地震,因此地震对皮山县城固玛镇影响较大。根据影像判读结果,皮山县城多为砖混结构房屋,房屋倒塌率较低,除了周边不规则老旧土木结构房屋倒塌外,砖混结构房屋只有零星倒塌,县城框架结构房屋无倒塌。

在皮西那乡,根据地震前后高分辨率遥感影像对比分析:震区内的低矮老旧土木结构建筑损毁严重,从震后影像上无法分析其纹理信息,必须以震前高分辨率影像作为辅助数据进行判识。图 6(f)为震前 2014 年 10 月 2 日获取的皮西那乡遥感影像图,图 6(a1)、(b1)、(c1)、(d1)为震前影像局部放大图,图 6(a2)、(b2)、(c2)、(d2)为震后 2015 年 7 月 4 日获取的遥感影像。对比分析房屋在震前和震后的影像特征发现,震前房屋建筑影像纹理清楚,可以清晰辨识。而震后房屋建筑影像纹理

表 1 皮山 6.5 级地震震源机制解参数表

| 发震时刻 (年-月-日 T 时:分:秒) | 震中位置 | | 节面 I | | | 节面 II | | | 矩震级 (M_w) | 质心深度 /km |
|-------------------------|-------------|-------------|------------|------------|-------------|------------|------------|-------------|------------------|-------------|
| | φ_N | λ_E | 走向/ (°) | 倾角/ (°) | 滑动角/ (°) | 走向/ (°) | 倾角/ (°) | 滑动角/ (°) | | |
| 2015-07-03T09:07:45 | 37.5° | 78.1° | 115 | 23 | 72 | 314 | 68 | 97 | 6.5 | 22 |

模糊,呈现不规则扩张现象,表明土木结构房屋损毁严重,房屋成片倒塌现象明显,低矮老旧土木结构房屋倒塌率达到80%,但单体房屋建筑识别率较低。大范围影像分析表明,皮西那乡震害相对比较严重,这是由于该区域土质松软,结构不够稳定,且位于断裂带附近,加上土木结构房屋抗震能力差,基础稳定不好造成的。因此,在灾后重建和今后批准住宅用地时应尽量避开这类地区。

在皮西那乡土木结构房屋大量倒塌的同时,富民安居工程显示出良好的减灾效果,在影像上可清晰辨识出连片分布及沿公路规则分布的安居房,其影像特征纹理清楚,排列规则。图6(e1)为震前灾区安居富民房屋建筑影像,图6(e2)为震后影像,通过对比,发现富民安居房屋纹理清楚,变化不大,单体房屋建筑可清晰识别,房屋较少倒塌,不会造成人员埋压。

2.4 皮山地震地质灾害监测分析

破坏性地震易形成地震断层、地裂缝、崩塌、滑坡等地质灾害,以及滑坡堵塞河流引发的堰

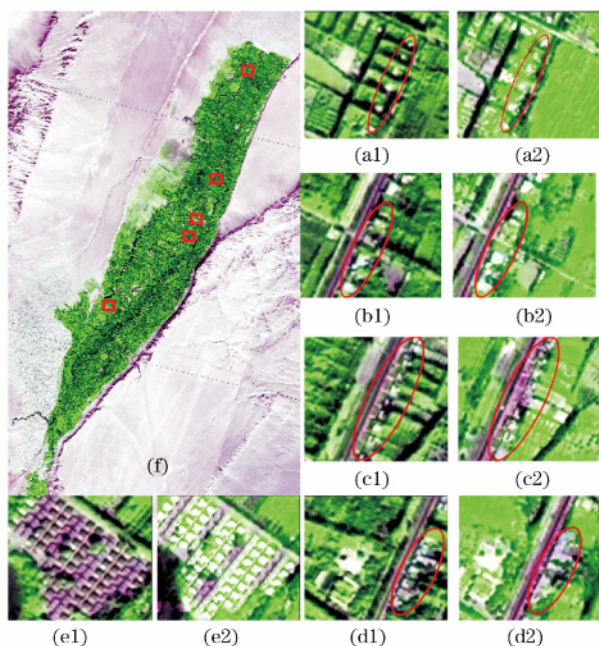


图6 皮西那乡震前、震后遥感影像比对显示房屋损毁情况图

Fig. 6 Comparison of building damage in Pixina town with remote sensing image

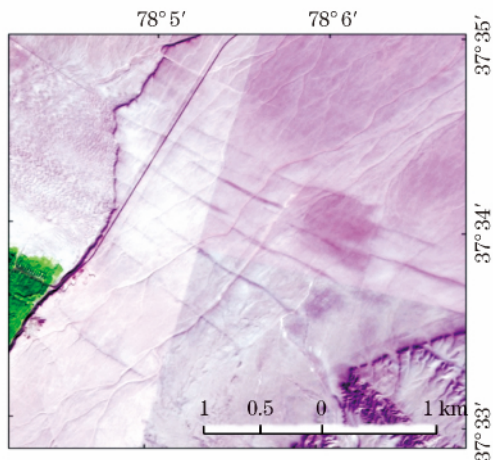


图5 皮西那乡东北Ⅱ级阶地上断层陡坎影像

Fig. 5 Fault scarp on II terrace in the northeast of Pixina town

塞湖、水库大坝垮塌等次生灾害,会给人们带来巨大的伤害,如果处置不当其造成的伤亡甚至超过地震本身^[44]。遥感技术因其独特的优势,在地质灾害及次生灾害监测中的应用越来越普遍^[45]。

本次地震极震区范围内沿河谷地带分布的乡村地下水位相对较浅,根据遥感监测结果分析,在此次地震中除房屋震害较重外,还造成了砂土液化、崩塌等,然而面积不大,未形成大规模的滑坡等地质灾害。

通过遥感监测对比分析,在河岸边、水塘边、干涸的水库区等地下水位较浅的区域易发生砂土液化现象,形成众多喷砂口(图7)。图7(a)为固玛镇阿热亚村河边地区震前2014年10月2日“高分一号”影像,图7(b)为该区域震后2015年7月4日

“高分一号”卫星影像。通过对比发现, 河边地区砂土液化现象明显。震后该区域影像亮度明显增强, 类似影像特征在兵团十四师皮山农场水库 2 号无水库区、固玛镇亚普泉北等地下水位较浅的地区出现较多。图 8 为地震灾区现场调查照片, 调查点位于固玛镇阿热亚村边, 在干涸的河床内出现砂土液化现象, 形成众多喷砂口, 从图中可知, 喷砂口及其附近区域由于有外喷的砂土覆盖, 色调明显亮于其他区域, 与遥感影像特征一一对应, 相互印证。

通过遥感监测对比分析, 发现皮山县巴什兰干乡绿洲边缘存



图 8 砂土液化现场调查照片

Fig. 8 Investigation picture of sand liquefaction

遥感影像监测范围内, 省道和国道(G315) 等主干道路未受地震灾害严重影响, 未出现道路严重损毁情况, 总体上地震监测区内道路通行情况良好。

震后灾区水库大坝完好, 无坝体垮塌、溃坝现象发生, 未出现大的次生灾害。图 11 为震区兵团第十四师皮山农场水库大坝遥感影像, 通过震前震后影像对比分析, 发现水库无任何溃坝现象,



图 7 砂土液化影像特征图

(a) 震前 (b) 震后

Fig. 7 Features of sand liquefaction

在多处崩塌(图 9), 图 9(a) 为震前卫星遥感影像, 该区域位于绿洲与山区交界地区, 震前该区域场地比较稳定。图 9(b) 为震后卫星遥感影像, 发现明显崩塌区, 崩塌区域位于绿洲外围, 未给人们生产生活带来影响。图 10 为皮山县巴什兰干乡现场调查点照片, 在陡峭的陡坎边缘, 形成小规模崩塌现象, 崩塌的土块沿坡滑下直至绿洲边缘, 所覆盖的区域色调纹理特征均有所变化, 结合现场调查点位置及震前震后影像对比, 与遥感影像特征一一对应。

2.5 皮山地震生命线及重点工程监测分析

通过遥感影像监测对比分析, 在卫星

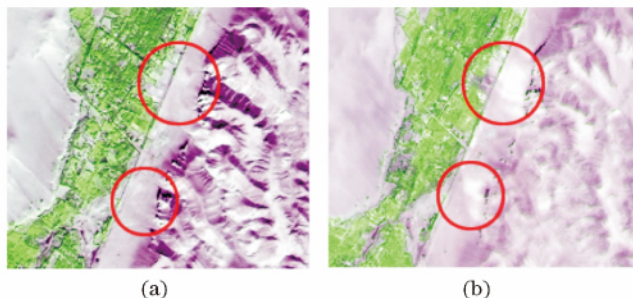


图 9 崩塌灾害影像特征

(a) 震前 (b) 震后

Fig. 9 Features of collapse hazard

整体坝体完好。监测区内主要河流基本顺畅,未发现堰塞湖现象。图 12 为水库大坝现场调查照片,图中调查人员对水库大坝坝体建筑材料、外在特征、破坏情况及地理位置进行认真检查、量测并详细记录,通过野外调查发现,皮山农场水库大坝完好,无坝体垮塌、溃坝现象出现。

3 结语

本文中利用地震前后同一传感器、相似时相的国产高分辨率卫星遥感影像



图 10 崩塌灾害现场调查照片

Fig. 10 Investigation picture of collapse disaster

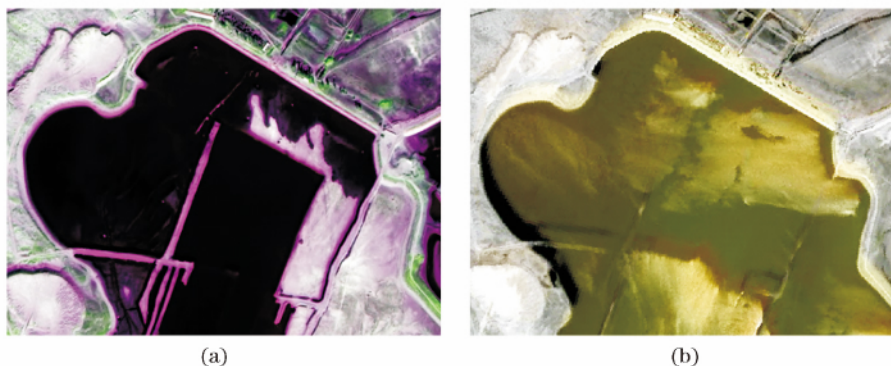


图 11 皮山农场水库大坝影像

(a) 震前 (b) 震后

Fig. 11 Reservoir dam of Pishan farm

进行对比分析,结合区域地质构造背景,对皮山地震房屋建筑物损坏情况、地质灾害、生命线工程的损毁情况等开展了遥感监测与分析。新疆皮山 6.5 级地震的重灾区为固玛镇及皮西那乡,地震造成灾区房屋不同程度受损,其中县城房屋倒塌率较低,农村成片修建的安居富民房屋无倒塌,而农村老旧房屋损毁严重,出现成片倒塌现象。地震未形成大规模的地震地质灾害,然而受地震断裂带及场地类型、土壤成分等因素影响,出现小面积砂土液化及崩塌等,主要位于



图 12 水库大坝现场调查照片

Fig. 12 Investigation picture of reservoir dam

固玛镇阿热亚村干涸的河床内出现一系列的喷砂冒水现象,形成众多喷砂口。在皮山县巴什兰干乡奥依托格拉克村,陡立的阶地岸边出现小面积地震崩塌。这次地震未对国道省道及水利设施造成严重损毁,灾区水库大坝完好,无坝体垮塌、溃坝现象发生,未出现大的次生灾害,生命线工程基本完好。地震灾区安居富民工程房屋总体表现良好,对避免人员伤亡、减少损失起到了重要作用。地震断裂带附近建筑设施损坏严重,成为本次地震的重灾区,今后恢复重建规划应避让地震断裂带,选择地势较高、地下水位较深的地带建设,避开洼地、沼泽等不利地带,减少地质灾害影响。“高分一号”遥感数据获取高效便捷,本研究是对国产卫星影像数据在地震应急期的应用的有益探索,今后可在新疆地震应急救援时推广应用,为地震应急提供决策支持。

在皮山地震遥感应急监测与分析过程中,新疆遥感应用中心提供了及时、丰富的地震前后卫星影像数据,新疆地震局防御自然灾害研究所提供了地震断裂带数据,王晓青研究员给出了宝贵的建议,在此一并致谢!

参考文献:

- [1] 曹彦波,李永强,曹刻,等.云南数字等震线模型在 2007 年宁洱 6.4 级地震预评估中的应用研究[J].地震研究,2007,30(4):389-394.
- [2] 李爱农,张正健,雷光斌,等.四川芦山“4·20”强烈地震核心区灾损遥感快速调查与评估[J].自然灾害学报,2013,22(6):8-18.
- [3] 王福涛,周艺,王世新,等.基于多光谱遥感的青海玉树地震震害监测与评估[J].光谱学与光谱分析,2011,31(4):1 047-1 051.
- [4] 魏成阶,刘亚岚,王世新,等.四川汶川大地震震害遥感调查与评估[J].遥感学报,2008,12(5):673-682.
- [5] Crowley J K, Hubbard. Analysis of potential debris flow source areas on Mount Shasta, California, by using airborne and satellite remote sensing data [J]. Remote Sensing Environment, 2003, 87(2-3):345-358.
- [6] David M T, Ronald G B, Victor Z, et al. Satellite remote sensing of earthquake, volcano, flood, landslide and coastal inundation hazards [J]. ISPRS Journal of Photogrammetry & Remote Sensing, 2005, 59(4):185-198.
- [7] Xu M, Cao C X, Zhang H. Change detection of an earthquake-induced barrier lake based on remote sensing image classification [J]. International Journal of Remote Sensing, 2010, 31(13):3 521-3 534.
- [8] 王福涛,王世新,周艺,等.多光谱遥感在重大自然灾害评估中的应用与展望[J].光谱学与光谱分析,2011,31(3):577-582.
- [9] 朱博勤,魏成阶,张渊智.航空遥感地震灾害信息的快速提取[J].自然灾害学报,1998,7(1):34-39.
- [10] 杨器,任德凤.利用机载 SAR 震害影像特征快速圈定极震区[J].地震地质,1999,21(4):524-528.
- [11] Tertulliani A, Pierdicca N, Chini M, et al. Satellite radar and optical remote sensing for earthquake damage detection: results from different case studies [J]. International Journal of Remote Sensing, 2006, 20(1):4 433-4 446.
- [12] 王龙,王晓青,丁香,等.基于遥感和 GIS 的建筑物震害损失评估方法研究与实现[J].地震,2007,27(4):77-83.
- [13] 陈文凯,何少林,周中红.基于多源数据的震害快速评估方法探讨[J].西北地震学报,2010,32(1):76-81.
- [14] Kodama T, Molchanov. Nasda earthquake remote sensing frontier research——feasibility of satellite observation of seismoelectro magnetics [J]. Advances in Space Research, 2000, 26(8):1 281-1 284.
- [15] Christian, Geiß, Hannes, Taubenböck. Remote sensing contributing to assess earthquake risk: from a literature review towards a road map [J]. Nat Hazards, 2013, 68:7-48.
- [16] Turker M, San B T. Detection of collapsed buildings caused by the 1999 Izmit, Turkey earthquake through digital analysis of

- post-event aerial photographs[J]. International Journal of Remote Sensing 2004 25(21):4 701-4 717.
- [17] Saito K ,Spence R J ,Going C et al. Using high-resolution satellite images for post-earthquake building damage assessment: A study following the 26 January 2001 Gujarat earthquake[J]. Earthquake spectra 2004 20(1):145-169.
- [18] Guo H D ,Chen Y ,Feng Q et al. Assessment of damage to building and farms during the 2011 M9.0 earthquake and tsunami in Japan from remote sensing data[J]. Chinese Science Bulletin 2011 56(20):2 138-2 144.
- [19] Hajime M ,Fumio Y ,Masashi M. Automated detection of building damage due to recent earthquakes using aerial television images[C]//Asian Conference on Remote Sensing. Proceedings of the 21st Asian Conference on Remote Sensing. Taiwan: Taipei , 2000 401-406.
- [20] Miguel E ,Fumio Y. Use of Landsat images for the identification of damage due to the 1999 Kocaeli ,Turkey earthquake[C]//Asian Conference on Remote Sensing. Proceeding of the 21st Asian Conference on Remote Sensing. Taiwan: Taipei 2000 1 185-1 190.
- [21] 蔡山 ,张景发 ,陈文凯 ,等. 利用遥感资料绘制汶川地震烈度图方法研究[J]. 大地测量与地球动力学 2009 29(1):31-35.
- [22] 王晓青 ,魏成阶 ,苗崇刚 ,等. 震害遥感快速提取研究——以 2003 年 2 月 24 日伽师 6.8 级地震为例[J]. 地学前缘 , 2003 10(S1):285-291.
- [23] 柳稼航 ,单新建 ,尹京苑. 遥感图象自动识别城市震害房屋——以 2001 年印度库奇地震和 1976 年唐山地震为例[J]. 地震学报 2004 26(6):623-633.
- [24] 王丽涛 ,王世新 ,周艺 ,等. 青海玉树地震灾情遥感应急监测分析[J]. 遥感学报 2010 14(5):1 053-1 066.
- [25] 曾涛 ,杨武年 ,黎小东 ,等. 面向对象的高空间分辨率遥感影像信息提取——汶川地震城市震害房屋案例研究[J]. 自然灾害学报 2010 19(5):81-87.
- [26] 王晓青.《汶川地震建筑物震害遥感解译图集》的编制[J]. 灾害学 2011 26(4):103-105.
- [27] Zhang W J ,Lin J Y ,Peng J et al. Estimating Wenchuan earthquake induced landslides based on remote sensing[J]. International Journal of Remote Sensing 2010 31(13):3 495-3 508.
- [28] 窦爱霞 ,王晓青 ,丁香 ,等. 遥感震害快速定量评估方法及其在玉树地震中的应用[J]. 灾害学 2012 27(3):75-80.
- [29] 王岩 ,王晓青 ,窦爱霞. 面向对象遥感分类方法在汶川地震震害提取中的应用[J]. 地震 2009 29(3):54-60.
- [30] 程家喻 ,杨掂 ,唐汉军 ,等. 利用航空摄影进行震害调查的精度估计[J]. 地震地质 1995 17(1):89-95.
- [31] 张景发 ,谢礼立 ,陶夏新. 建筑物震害遥感图像的变化检测与震害评估[J]. 自然灾害学报 2002 11(2):59-64.
- [32] 王龙 ,王晓青 ,丁香 ,等. 基于遥感和 GIS 的建筑物震害损失评估方法研究与实现[J]. 地震 2007 27(4):77-83.
- [33] 陈文凯 ,何少林 ,张景发 ,等. 利用遥感技术提取震害信息方法的研究进展[J]. 西北地震学报 2008 30(1):88-93.
- [34] 柳稼航. 利用遥感技术进行城市建筑震害的自动识别与分类方法研究[D]. 北京:中国地震局地质研究所 2003.
- [35] 赵福军 ,张磊. 面向对象的遥感震害信息提取方法——以汶川地震为例[J]. 地震 2009 29(增刊):130-138.
- [36] 王晓青 ,窦爱霞 ,王龙 ,等. 2013 年四川芦山 7.0 级地震烈度遥感评估[J]. 地球物理学报 2015 58(1):163-171.
- [37] 易文斌 ,唐宏 ,杨晋科. 面向对象的灾害信息遥感提取框架及其应用[J]. 自然灾害学报 2009 18(5):157-162.
- [38] 张景发 ,王四龙 ,侯孝强. 活动断裂带中遥感数字图像处理技术——以鲜水河活动断裂带为例[J]. 地震地质 1996 18(1):1-10.
- [39] Ganas A ,Papadopoulos G ,Pavlidis S B. The 7 September 1999 Athens M_s 5.9 earthquake: Remote sensing and digital elevation model inputs towards identifying the seismic fault[J]. International Journal of Remote Sensing 2001 22(1):191-196.
- [40] 董彦芳 ,袁小祥 ,王晓青 ,等. 2010 年青海玉树 M_s 7.1 地震地表破裂特征的高分辨率遥感分析[J]. 地震 2012 27(4):77-83.
- [41] 中国地震台网中心. 新疆皮山 6.5 级地震震源机制解[EB/OL]. [2015-08-05]. <http://www.cea.gov.cn/publish/dizhenj/468/553/101527/101538/20150703221340444810340/index.html>
- [42] 张云峰 ,王海涛 ,徐锡伟 ,等. 2003 年 2 月 24 日新疆巴楚—伽师 6.8 级地震[J]. 国际地震动态 2003 (3):1-10.
- [43] 谭明 ,常想德 ,孙静 ,等. 2014 年 2 月 12 日新疆于田 7.3 级地震抗震安居(安居富民)房破坏比初步分析[J]. 内陆地震 , 2014 28(2):97-103.

- [44] 魏成阶, 刘亚岚, 王世新, 等. 四川汶川大地震震害遥感调查与评估[J]. 遥感学报, 2008, 12(5): 673-682.
- [45] 付碧宏, 时丕龙, 王萍, 等. 2008 年汶川地震断层北川段的几何学与运动学特征及地震地质灾害效应[J]. 地球物理学报, 2009, 52(2): 485-495.

MONITORING AND ANALYSIS OF XINJIANG PISHAN EARTHQUAKE WITH $M_s6.5$ DISASTER DAMAGE USING MULTI-SPECTRAL REMOTE SENSING

LI Jin-xiang, WEN He-ping, CHANG Xiang-de, TAN Ming, WANG Wei

(1. Earthquake Administration of Xinjiang Uygur Autonomous Region, Urumqi 830011, China)

Abstract: On July 3rd 2015, earthquake with $M_s6.5$ occurred in Pishan county, Hetian Prefecture, Xinjiang Uygur Autonomous Region with focal depth of 10 km. With urgent monitoring data collecting in limited time, pre-earthquake and post-earthquake high resolution remote sensing images in the disaster region were researched. Combined with geological structure analysis, disaster situation were monitored and analyze, including damage degree of buildings, earthquake induced geological disasters and damage degree of the lifeline engineering. Results showed that: the worst-hit area of Pishan earthquake were Guma town and Pixina town. The earthquake caused old adobe structures houses serious destroyed problem. It did not formed large-scale geological disasters, however, due to factors of fault zone, site type and soil composition, there were sand liquefaction, landslides and other geological disasters within a small range. And serious damage of lifeline engineering were not being seen.

Key words: Pishan earthquake with $M_s6.5$; Disaster; Remote sensing; Urgent monitoring