

基于格网的汶川地震场地灾害监测分析

张俊^{1,2}, 周成虎², 郭兆成², 杨攀新³, 孙晓宇²

(1. 中国医学科学院药用植物研究所, 北京 100193;

2. 中国科学院地理科学与资源研究所 资源与环境信息系统国家重点实验室, 北京 100101;

3. 中国地震局地震预测研究所, 北京 100096)

摘要: 本文利用格网技术(Fishnet),对龙门山地区“5.12”大地震震后的多期次遥感影像数据及基础地理信息数据进行评价、整合并实现了动态管理,在此基础上得到覆盖整个龙门山构造带的、能够反映不同地物信息的影像群。汶川地震造成了大量山体崩塌、滑坡、泥石流等地震场地灾害,这些灾害体表现为成群、成带分布的特征,并且单一的小灾害体分布面积较小,但总体规模较大,难以从影像上准确无误提取所有单一的灾害体等特点。鉴于上述原因,本文提出以灾害体分布密度,将地震场地灾害分成6个密度等级,并结合格网(Fishnet),通过不同时相、不同数据源的影像之间的对比分析,解决了高起伏度地区影像中阴影区的场地灾害的提取等问题,完成了汶川地震场地灾害监测分析及野外验证,最终得到汶川地震场地灾害分布面积为972.081km²。汶川地震场地灾害的分布平行和垂直于龙门山断裂带均表现出明显的分段和分带特征。平行于龙门山断裂带,地震场地灾害的分布表现出明显的分段特征:西南部灾害体呈连片集中分布,影响范围较宽;中部表现为细脖子化,影响范围较窄;到东北部灾害体表现为以小规模的灾害体散点状分布,但是影响的区域较广。垂直龙门山断裂带方向,地震场地灾害的分布表现为分带特征:汶川地震场地灾害约80%分布在中山带;后山带,地震场地灾害主要沿着汶川—茂汶断裂及部分河流两侧分布于汶川境内;而在前山带,地震场地灾害一部分在绵竹市和安县境内的北部呈现密集分布,另一部分在江油市辖区内多呈散点状分布。

关键词: 汶川地震;地震场地灾害;目视解译;分布特征

DOI: 10.3724/SP.J.1047.2011.00184

1 引言

2008年5月12日在汶川映秀(北纬31.0°,东经103.4°)发生8级大地震。在短短的80秒时间内地壳释放了巨大的能量^[1],由于地震造成的地动山摇,产生大量崩塌、滑坡、泥石流等场地灾害,给当地人民的生命和财产带来了巨大的损失。

地震发生后,我国政府有关部门、大专院校、科研院所,以及世界许多国家的研究机构投入大量人力和物力,利用遥感影像数据对震后造成的各种资源损失开展了调查、评估和研究。其成果对抗震救灾和灾后重建发挥了重要的作用,同时产生了一大批多源遥感影像数据及调查数据。很多科研部门利用这批遥感影像数据,对汶川地震灾害的分布与

距发震断裂距离、坡度、高程、岩性等因素之间的关系进行GIS分析,对汶川地震造成的崩塌、滑坡、泥石流等地质灾害和次生地质灾害的空间分布特征,以及影响机制展开了探讨^[2-10],同时针对汶川地震开展了崩塌、滑坡、泥石流与构造地质、生态环境等问题的相关研究^[8-13],对地震发生机制、资源损失评估提供了很好的研究基础资料。

但是,针对汶川地震及震后造成的各种崩塌、滑坡、泥石流等灾害体的遥感目标提取的工作仍然存在较多的问题,不同学者解译出的场地灾害规模及空间分布存在较大的差异^[3-5,7-11]。其原因在于:一是受影像获取条件的限制,研究区在震后一直受多云多雨天气的影响,没有一景覆盖汶川地震区的完全无云的影像,大部分研究的遥感解译结果只是

收稿日期:2010-01-21;修回日期:2010-11-16.

基金项目:“973”计划(2008CB425701);国家自然科学基金重点项目(40830529);“863”计划项目“基于多源遥感影像的灾害风险快速评估技术”(2009AA12Z101-3)。

作者简介:张俊(1973-),女,新疆石河子市人,博士。研究方向:RS与GIS在地学方面的应用研究。

E-mail: karlaz@126.com

针对重点区域;二是由于遥感影像存在同物异谱、同谱异物现象,造成场地灾害和山区斑块状的农田、裸岩、冰雪极易混淆;而从数据源可以看出,目前,所有研究应用的都是地震后的影像,缺乏有效的对比,因此,难免造成误差;三是汶川地震场地灾害在遥感图像直观反映出崩塌、滑坡等上下左右连成一片,加上后期暴雨对灾害体的再诱发和再改造,难以从遥感影像上区分和提取大多数的单个场地灾害的发育范围;四是场地灾害的分布也多是不均匀的,表现为成群性^[14],很多小灾害体在遥感影像上的图斑面积较小,单一图斑不足上图标准,但是数量较多,对这种现象如何处理直接影响着解译的结果。

此外,对这些由地震及震后降雨等原因造成的崩塌、滑坡、泥石流等灾害体,不同的研究人员有不同的称呼,例如:次生地质灾害^[2,6]、地质灾害^[5,14]、次生山地灾害^[7]、山地灾害^[8]、次生斜坡灾害^[12]等,并且很多文章中常常将地质灾害和次生地质灾害混用。震后研究区经历过几次暴雨,加上研究区多云、多雨的天气原因以及受卫星过境时间限制,要在地震发生后期的遥感影像上将由地震引发的崩塌、滑坡和泥石流与由暴雨等引发的次生地质灾害区分开是非常困难的。鉴于此,我们将由地震和震后暴雨等原因引起的崩塌、滑坡、泥石流统称为地震场地灾害(简称场地灾害)。

2 场地灾害的数据采集分析

本文所用到的影像数据主要包括覆盖整个研究区的震前 ETM 影像、覆盖震区的 2008 年 11 月 27 日的“北京一号”小卫星数据 4 景、从地震当天至 2009 年 3 月 17 日的所有中巴资源卫星的 CCD 数据及部分 HR 数据、少部分震后的 SPOT、福卫 2 号数据。

为了了解整个研究区地震场地灾害的空间分布及其展布规律,在进行场地灾害的解译之前,我们必须解决如下的问题:

(1)需选取研究区清晰无云的震后适时的遥感影像。

(2)龙门山断裂带是青藏高原周缘地形变化最为剧烈的边界之一,在 30~40km 的范围内地形从高原面的海拔 4 000m 以上突降到成都盆地的 500~600m,落差达 3 500m,其中,以北川—映秀断裂两侧的地形变化最为显著,落差多高于 2 000m。而

处于这些高起伏度区域的遥感影像的阴影部分,影像特征整体发黑,大多数的地物特征难以直接识别,故需作去阴影处理,再进行场地灾害的提取。

(3)大多数场地灾害成群、成带分布,每个场地灾害体在遥感影像上相互混杂、相互关联,对这些灾害体如何解译?另外,单个场地灾害面积差异较大,对于单一面积较小的场地灾害,面积不足上图标准,但是,这类小图斑整体面积加权不小,需合理删减和处理这部分图斑。

本文主要以“北京一号”小卫星数据为基础通过人工目视解译的方法实现地震场地灾害体提取,这四景数据清晰的覆盖研究区的绝大多数区域,仅仅在西南部有小部分地区有不同程度的云层覆盖,所占面积不足研究目标体的 10%。而其他的影像数据主要通过格网技术(Fishnet)进行整合,实现动态管理,用于阴影区、云层覆盖区、同物异谱、同谱异物现象造成的地物混淆现象区的场地灾害体的提取。

解决震后遥感影像的获取问题,我们采用了格网技术支持下(Fishnet)的影像评价、影像查询及管理技术;在 ArcGIS 中生成整个研究区的 1km×1km 的格网,以此作为影像数据评价及数据集成的基本单元和数据查询的基本索引。

将影像数据及研究区的各种基础地理信息数据转换到同一坐标系统下进行几何精纠正;

基于公里网格,对每景遥感数据进行数据质量评价,并将每种已有数据及其评价后的质量状况与公里网格相关联,生成格网的数据索引、查询和管理系统。

对于影像中的阴影区考虑到阴影的长度、形状和方向受到太阳高度角、地形起伏、阳光照射方向、目标所处的地理位置等多种因素影响,我们以格网技术(Fishnet)为支撑,利用不同太阳高度角、阳光照射方向的影像,其阴影表现方式不同的特点,选择具有不同太阳高度角、阳光照射方向的影像,从而实现阴影区地震场地灾害的解译。

3 基于格网技术(Fishnet)的场地灾害的监测分析

3.1 场地灾害体的分类及提取

在 15m、20m、32m 的遥感影像上区分单一的崩塌、滑坡和泥石流等是较为困难的,加上这些灾害

体在遥感影像上互相穿插、相互连接,降低了对单一场地灾害体的识别率,如果在这几种分辨率的影像上硬性将这几类灾害体区分开来其解译精度也是非常有限的。鉴于此,对这些灾害体不加以细分,而是通过将其作为统一的地震场地灾害对待。我们对地震场地灾害采用目视提取。其原则:能够提取单一的场地灾害体,就直接提取;如果场地灾害体在遥感影像上表现为连片或者是个体比较小的场地灾害体,只要是成群的,对目标体的提取则并非针对单一的场地灾害体,而是场地灾害群。

对于场地灾害群的解译,按地震场地灾害聚集密度将其分为 5、6、7、8、9、10 六个级别,分别表示,场地灾害占所提取斑块面积的 45%~55%,55%~65%、65%~75%、75%~85%、85%~95%和 95%~100%,表示为 b_i 。其中,每一级别的斑块面积为 S_i ,相应每一级别的斑块中的场地灾害面积为 $A_i = b_i \times S_i$,总的地震场地灾害面积 $S = \sum A_i$ (其中, $i = 5, 6, 7, 8, 9, 10$)

3.2 地震场地灾害的监测与特征分析

在已经发表的文章中,对地震场地灾害体的解译及其分布出入较大的部分,主要在北川以北地

区,通过对影像地物的分析,发现山区的农田较容易与场地灾害体发生混淆,这也是不同作者解译结果分布趋势不同的原因所在。本文通过震前、震后不同期次、不同数据源的影像数据对比分析,表明这一区域很多影像上的高亮点是山区的农田,并非场地灾害体,例如,松潘县小河乡山间盆地中的农田在影像中显示为白色高亮图斑,与地震场地灾害在遥感影像上的影像特征极为相似,但是,通过震前、后的影像对比表明其为山区农田,并得到野外实地考察验证。

从遥感解译结果得到,汶川地震所引发的地震场地灾害主题分布范围长 320km 左右,宽 115km 左右,最南到崇州和大邑县境内,北至青川、文县和武都,东至黑水、松潘、文县境内。

龙门山逆构造带存在 3 条主干断裂,均倾向西北,自西向东分别为汶川—茂汶断裂、北川—映秀断裂和安县—灌县断裂^[12,15-16]。除此之外,还存在一条大断裂,即青川断裂,它被认为是汶川—茂汶断裂的北东向延伸^[15-16]。它们将龙门山自西向东分成后山带、中间带和前山带。场地灾害的分布平行和垂直于龙门山断裂带均表现出明显的分段特性(图 1)。

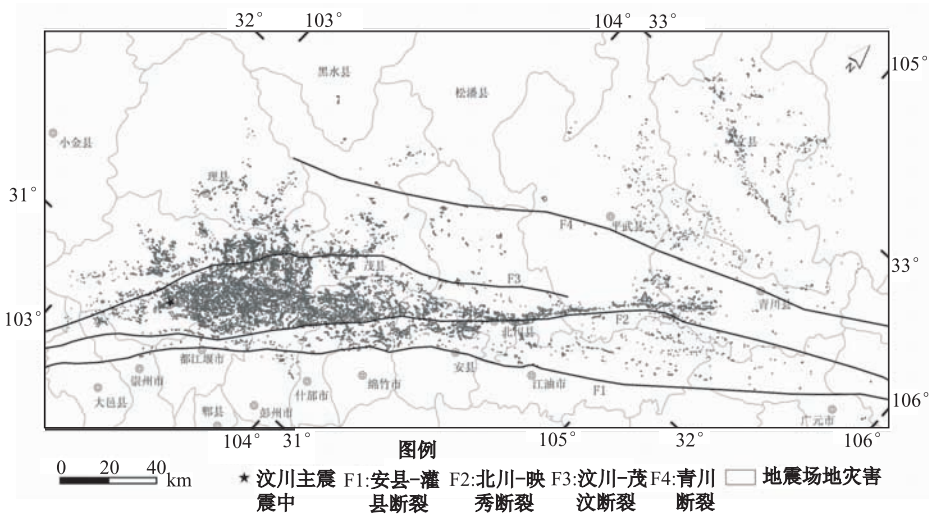


图 1 汶川地震场地灾害分布图

Fig. 1 Distribution map of Wenchuan Earthquake disaster

平行龙门山断裂带,由南西至北东,场地灾害分布趋势明显分成四段:什邡—茂县县界南段以南,场地灾害成密集片状分布,并且东西向分布范围较宽,EW 向分布平均宽度在 70km 左右;其次,茂县—什邡县至北川县南界附近及安县中部,场地灾害的东西向分布宽度和分布密度较前者明显减

小;第三段至青川县的南边界附近,场地灾害东西向分布宽度急剧减小,呈现出明显的细带状分布,EW 向分布宽度平均为 5km 左右;而青川以北,场地灾害东西向宽度突然增加,EW 向分布宽度在 100km 以上,呈现出散点状撒开式的面状分布。这一分布特征与 NW 向断裂表现出的分段性符合非

常好,显示出汶川地震场地灾害分布与 NW 向断裂的分布具有相关性^{[17]①}。

垂直于龙门山断裂带,汶川地震场地灾害约 80%分布在中山带;后山带主要沿着汶川—茂汶断裂两侧在汶川境内有较多的场地灾害分布;而在前山带,地震场地灾害的主要分布在两个区域,一部分体现在绵竹市和安县境内的北部呈现密集分布,另一部分体现在在江油市辖区内多呈散点状分布。

从解译结果统计出(表 1),场地灾害总面积为 972.081km²,各种场地灾害体所共形成 5 492 个大大小小的斑块体。从密度 10 至 5,场地灾害面积所占面积表现出呈线性下降的趋势(图 2),其中,分布密度为 8-10 的斑块数和所占面积占场地灾害面积的 90%以上,反映出场地灾害以高密度灾害链、灾害群的分布的特点。而场地灾害体以密度为 10 的斑块最多,占到 68%以上,这主要与龙门山断裂带北部以离散分布的小斑块占优势有关。

表 1 汶川地震场地灾害分布表

Tab. 1 Data of field damages in Wenchuan Earthquake		
密度比(%)	斑块数(个)	面积(km ²)
10	3775	329.546
9	491	287.519
8	533	231.507
7	370	180.976
6	201	78.502
5	122	49.557
总计	5492	972.081

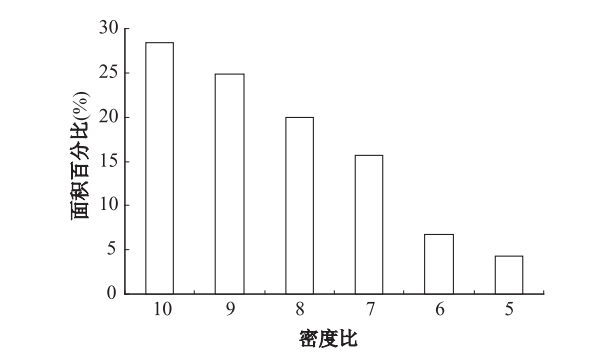


图 2 汶川地震场地灾害面积分布百分比
Fig. 2 Area distribution percentages of field damages in Wenchuan Earthquake at different crowding levels

4 结论

汶川地震造成了大量的滑坡、泥石流、崩塌等地质灾害和次生地质灾害,本文通过将前人发表的基于遥感影像的灾害体的解译结果和技术与目前研究区所有的影像特征进行对比分析,在此基础上形成了本文提出的基于格网技术(Fishnet)的影像分析、查询方法。同时,根据灾害体的表现特征,提出本文的目视解译原则为:能够提取单一的场地灾害体,就直接提取;如果场地灾害体在遥感影像上表现为连片或者是个体比较小的场地灾害体,只要是成群的,对目标体的提取则并非针对单一的场地灾害体,而是场地灾害群。结合上述两种技术和方法对龙门山地区地震场地灾害体作了提取及分析。

最终本文解译出场地灾害总面积为 972.081km²,各种场地灾害体共形成 5 492 个不同密度的斑块体;从解译结果看,发生在龙门山构造带的场地灾害体平行龙门山断裂带方向上表现出明显的分段性,垂直龙门山断裂带表现为分带性。

参考文献:

[1] 王振荣,兰江华. 四川汶川大地震的构造分析[J]. 矿物岩石, 2008, 28(2): 1-5.

[2] 王治华,徐起德,徐斌,等. 5.12 汶川地震航空遥感应急调查[J]. 中国科学(E辑), 2009, 39(7): 1304-1311.

[3] 张永双,雷伟志,石菊松,等. 四川“5.12”地震次生地质灾害的基本特征初探[J]. 地质力学学报, 2008, 14(2): 109-116.

[4] 姚鑫,许冲,戴福初,等. 四川汶川 Ms 8 级地震引发的滑坡与地层岩性、坡度的相关性[J]. 地质通报, 2009, 28(8): 1156-1162.

[5] 黄润秋,李为乐. “5.12”汶川大地震触发地质灾害的发育分布规律研究[J]. 岩石力学与工程学报, 2008, 27(12): 2585-2592.

[6] 许冲,戴福初,陈剑,等. 汶川 Ms8.0 地震重灾区次生地质灾害遥感精细解译[J]. 遥感学报, 2009, 13(4): 754-762.

[7] 谢洪,王士革,孔纪名. “5.12”汶川地震次生山地灾害的分布与特点[J]. 山地学报, 2008, 26(4): 396-401.

[8] 苏凤环,刘洪江,韩用顺. 汶川地震山地灾害遥感快速提取及其分布特点分析[J]. 遥感学报, 2008, 12(6): 956-963.

[9] 王猛,王军,江煜,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.

[10] 潘世兵,李小涛,宋小宁. 四川汶川“5.12”地震滑坡堰塞湖遥感监测分析[J]. 地球信息科学学报, 2009, 11(3): 299-299.

魏成阶,杨攀新,张俊等. 汶川地震区北西向断裂带的遥感探测.
(待发)

- [11] 祁生文, 许强, 刘春玲, 等. 汶川地震极重灾区地质背景及次生斜坡灾害空间发育规律[J]. 工程地质学报, 2009, 17(1): 39 - 49.
- [12] 王二七, 孟庆任. 对龙门山中生代和新生代构造演化的讨论[J]. 中国科学(D辑), 2008, 38(10): 1221 - 1233.
- [13] 吴树仁, 石菊松, 姚鑫, 等. 四川汶川地震地质灾害活动强度分析评价[J]. 地质通报, 2008, 27(11): 1900 - 1906.
- [14] 乔彦肖, 马中社, 吕凤军. 汶川地震地质灾害发育特点及动因机制分析[J]. 中国地质, 2009, 36(3): 736 - 740.
- [15] 刘和甫, 梁慧射, 蔡立国, 等. 川西龙门山冲断系构造样式与前陆盆地演化[J]. 地质学报, 1994, 68(2): 101 - 118.
- [16] Burchfiel B C, Royden L H, van der Hilst R D, *et al.* Tectonics of the Longmen Shan and Adjacent Regions, Central China [J]. International Geology Review, 1995, 37: 661 - 735.
- [17] 魏成阶. 中国地震灾害遥感应用的历史、现状及发展趋势[J]. 遥感学报, 2009, 13(增刊): 332 - 344.

Analysis of Field Damage Distribution in Wenchuan Earthquake Based on Fishnet Technology

ZHANG Jun^{1,2}, ZHOU Chenghu², GUO Zhaocheng², YANG Panxin³, SUN Xiaoyu²

(1. Chinese Academy of Medical Sciences Institute of Medicinal Plant Development, Beijing 100193, China;

2. State Key Laboratory of Resources and Environmental Information System, Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, CAS, Beijing 100101, China; 3. Institute of Earthquake Science, CEA, Beijing 100036, China)

Abstract: Based on Fishnet technique, by implementing data estimate, data integration and dynamic management to remote sensing images after Wenchuan Earthquake and to basic geographical information for Longmen Shan region, we got a cluster of remote sensing images which can cover the whole Longmen Shan region. Because the distribution of field damages mainly shows in group and in strap, so, slight field damages, although can not be interpreted accurately from a remote sensing image, their summation occupies a considerable area. Therefore, we divided the damages into six density classes on remote sensing images. With Fishnet technique, we resolved some troublesome problems about pick-up of filed damages from remote sensing images, by means of contrasting and analyzing among the number of different time and different data sources remote sensing images. These troublesome problems mainly were pick-up of filed damages in the deep shallows of highly relief mountain region and pick-up the field damages which takes on same characteristics or color in remote sensing image, etc. We finished the remote sensing image interpretability of field damages by artificial visual interpreting comparison and the verified partly results of interpretability in the field. Ultimately, acquired area of field damages is 972.78km². The distribution of field damages shows apparently the characteristics in subsection parallel to Longmen Shan faults and in zoning perpendicular to Longmen Shan faults. Subsection parallel to Longmen Shan faults: in southwest zone, field damages take on sheet lumped distribution and impact on wider surface area; in the middle zone, distribution of field damages shows bottle-necked shape and range of influence is minor in surface; in the part of east north, field damages take on scattered distribution. Subsection perpendicular to Longmen Shan faults: 80% of field damages distribute in the middle mountain zone, field damages mainly distribute along Wenchuan-Maowen faults and partly river in latter mountain zone. Disasters mainly scatter in two areas, around Mianzhu and Anxian regions and Jiangyou Municipal District in the anterior mountain.

Key words: Wenchuan Earthquake; field damages in an earthquake; artificial visual interpreting; distribution characteristics