

汶川地震极重灾区土地损毁研究

倪忠云^{1,2}, 何政伟^{1,2,3}, 赵银兵^{1,2}, 王乐^{1,2}, 高慧^{1,2}, 蔡柯柯^{1,2}

(1. 地质灾害防治与地质环境保护国家重点实验室, 成都 610059; 2. 成都理工大学 地球科学学院, 成都 610059;
3. 首都师范大学 资源环境与地理信息系统北京市重点实验室, 北京 100037)

摘要: 汶川地震造成灾区土地损毁, 土地损毁研究可间接揭示地震破坏模式。结合灾区多源信息, 应用遥感(RS)技术获取灾区地震前后的土地利用类型及分布格局, 应用地理信息系统(GIS)技术检测土地损毁类型及其空间特征。研究表明损毁土地沿地震带大致呈现椭圆分布形态, 且与断层分布呈正相关关系; 坡度 $5^{\circ} \sim 35^{\circ}$ 的地貌过渡带内集中损毁土地的71.23%; 海拔1 000~2 000 m的损毁土地约占总损毁土地面积的31.89%, 损毁土地类型多样; 海拔2 000~3 000 m的损毁土地约占总数的34.59%, 损毁土地类型单一。结果表明损毁土地空间格局与地震地表破坏机制吻合, 损毁土地信息可作为地震之后生态环境评价、恢复和重建的重要线索。

关键词: 土地损毁; 极重灾区; “3S”技术; 汶川地震

中图分类号: P315.725

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2011)03-0198-03

Study on Damaged Land in Heavy Disaster Area of Wenchuan Earthquake

NI Zhong-yun^{1,2}, HE Zheng-wei^{1,2,3}, ZHAO Yin-bing^{1,2}, WANG Le^{1,2}, GAO Hui^{1,2}, CAI Ke-ke^{1,2}

(1. State Key Laboratory of Geohazard Prevention & Geo-environment Protection, Chengdu 610059, China;

2. College of Geosciences, Chengdu University of Technology, Chengdu 610059, China;

3. Key Laboratory of Resource Environment and GIS in Beijing, Capital Normal University, Beijing 100037, China)

Abstract: The land in disaster area was damaged by Wenchuan earthquake. Study on the damaged land can indirectly reveal the earthquake destroy model. Based on multi-source information of disaster area, the land use types and distribution pattern before and after the earthquake based on remote sensing technology can be acquired. The damaged land and its spatial characteristics were detected based on geographic information system technology. Study shows that the damaged land distributed along the oval seismic belt, and it has positive relationship with the distribution of faults. Landform transition zone with slope of $5^{\circ} \sim 35^{\circ}$ covered 71.23% of the damaged land. Elevation of 1 000~2 000 m areas distributed 31.89% of the total damaged land. Types of damaged land were various. While elevation of 2 000~3 000 m areas distributed 34.59% of the total damaged land, and types of damaged land were single. Results show that the spatial structure of damaged land coincided with the surface failure mechanism by earthquake. Information of damaged land can be used as the important clues for ecological environmental evaluation, recovery and reconstruction after the earthquake.

Key words: disaster land; severely damaged area; 3S technology; Wenchuan Earthquake

1906年, G. R. Lawrence 利用风筝成功拍摄美国旧金山8.3级地震灾情, 标志着人类利用遥感技术记录地震灾害信息的开始^[1]。从20世纪60年代起, 日本、美国、加拿大、印度、新西兰和泰国等国广泛应用航空遥感开展地震灾害调查。20世纪90年代以来, 特别是高分辨率商业卫星发射, 利用航天遥感影像提取震害信息变得尤为普遍。Masashi Matsuo-

ka^[2]利用Landsat和SPOT数据分析1995年神户地震, 采用基于光谱特征分析的方法, 从遥感影像中提取倒塌建筑物、土壤液化和火灾信息。Ellen M. Rathje等^[3]基于阿尔及利亚北部震后Quick Bird卫星数据, 利用光谱值进行最大似然分类与考虑纹理结构和光谱值的最大似然法分类进行对比分析, 得出纹理结构与光谱值综合提取震害信息精度更高。杨喆

等^[4]利用航空遥感方法对云南澜沧-耿马地震灾情进行调查,对震害特征、房屋破坏、山体崩落和滑坡进行定量量测、统计和分析,结果表明航空遥感方法对灾情调查十分有效。张景发等^[5]分析震前、震后的航空遥感图像,确定了提取震害信息的一些模型和方法,并结合样本图像做了震害分级、分类研究,初步表征了各种震害的特征。柳嫁航^[6]应用 IKONOS 影像提取 2001 年印度 Bhuj 的震害信息。利用遥感图像提取地震作用变化的土地利用状况是研究地震破坏机制的手段之一,日益受到重视,但是大多是应用高分辨率的影像研究震害信息,而应用中等分辨率研究震害信息的较少。本文从土地利用发生急剧变化的角度出发,应用“3S”技术,探讨研究区损毁土地的空间分布范围及损毁规律,进而为土地环境修复提供科学依据。

1 研究区概况

研究区包括四川省汶川县、北川县、绵竹市、什邡市、青川县、茂县、安县、都江堰市、平武县和彭州市 10 个极重灾区,系龙门山地震带控制的主要区域,地理坐标为东经 $102^{\circ}21' - 106^{\circ}35'$,北纬 $30^{\circ}45' - 33^{\circ}29'$,总面积近 3 万 km^2 。区内海拔高度由南向北、由东向西呈阶梯状变化,从川西平原逐渐过渡到平均海拔 4 000 m 以上的高山地区,西北边界地区主要是龙门山脉和邛崃山脉,高山耸峙、河谷深邃、悬崖壁立,区内沿地貌边界是崩塌、滑坡和泥石流等群发性地质灾害的高发地带。区内非金属和铁矿、铜矿和砂金等重要矿产资源丰富;林业资源广布,也是重要的生态屏障;河流落差大,水能资源理论蕴藏量大,可开发性高;人文历史资源与旅游资源闻名遐迩。

2 数据选择及研究思路

为提取地震前后土地利用情况及变化,根据数据的时效性和覆盖范围特点,选择 TM 影像数据(分辨率为 30 m)作为数据源,涉及 p129r037、p129r038、p129r039、p130r037、p130r038、p130r039 共 6 景数据,震前数据主要为 2001-2007 年 5-7 月数据,震后为 2008 年 7 月的数据,地震前后两个时期各景数据的获取时间相对集中,易于对比分析。

研究思路:通过获取地震前后的遥感数据、基础地理数据、气象资料和基础地质资料等,结合土地利用解译先验知识,对地震前后的遥感影像进行预处理,包括波段选择(波段组合采用 $R(4)/G(3)/B(2)$)、辐射校正、几何校正、图像拼接、图像裁剪、图像增强(采用比值法剔除地形阴影)等。综合使用人

机交互解译与计算机自动解译的方法,提取地震前后各种土地利用类型变化状况,包括城镇、道路桥梁和植被等;对比地震前后土地利用的变化,划定损毁土地的分布范围和类型,统计各类损毁土地面积等,研究土地损毁规律。

3 土地利用信息提取及分析

3.1 土地利用信息提取方法

基于山区复杂的地质构造和地形地貌,加之地震的链锁和累积破坏作用,地物识别变得愈加困难,因此,以地貌边缘为界,将研究区分为山地和平原两类宏观地貌。对山地采用人工目视解译的办法,发挥该方法的综合分析鉴别优势^[7],并结合实地调查和验证保证信息提取的精度。对平原地区采用计算机自动分类,针对局部出现低山和丘陵的情况,辅之以一定量的人工目视解译。

3.2 震前土地利用状况

震前土地利用具有稳定和明晰的边界,在各类地貌之间平稳过渡(附图 10)。有林地面积约 8 661 km^2 ,占研究区总面积比例为 33%,主要分布于汶川县北部、茂县西部、都江堰北部、彭州市北部、什邡市北部、绵竹市北部、安县西北部和平武县北部;疏林地、灌木林地面积约 5 788 km^2 ,占研究区总面积比例为 22%,主要分布在都江堰市西部、彭州市中部、茂县东部以及平武县和文县的大部分区域。草地面积约 4 829 km^2 ,占研究区总面积比例为 19%,主要分布在茂县北端、平武县东北端以及青川县,裸岩石砾地面积约 764 km^2 ,占研究区总面积的 3%,主要分布在汶川西北部、彭州市北部、茂县西部以及平武县东北部。平原耕地面积约 2 209 km^2 ,占研究区总面积的 9%,主要分布在都江堰市、彭州市、什邡市、绵竹市以及安县;丘陵耕地面积约 1 358 km^2 ,占研究区总面积的 5%,主要分布在山前过渡区的丘陵地带,山地旱地约 1 825 km^2 ,占研究区总面积的 7%,主要分布在岷江及其支流两侧、山坡沟谷地带。

3.3 震后损毁土地利用分析

受地震影响,土地利用在宏观、中观和微观尺度上均表现出破坏变形特征,各个地类因其所处环境差异和自身特点不同表现出破坏的差异性(附图 10)。

(1) 损毁土地总体特征。震后损毁土地主要分布在研究区中部以南的地区,形成一个以映秀-北川断裂带为轴线的椭圆形区域,该区域地震损毁比较集中,涉及县(市)包括汶川县、都江堰市、彭州市、什邡市、绵竹市、茂县、安县。由安县北端为始点,经北川县东南部,至平武县南部,地震引起的损毁面逐渐减

小,形成线状的狭长损毁区域。平武县东部、青川县西南部有部分损毁区,呈点状零星分布,南部平原受地震影响较小。损毁农田主要集中在两个区域:汶川北部至茂县的岷江流域分布一条状山地旱地损毁区;北川东南部、平武南部、青川西南端分布一线状农田损毁区,主要损毁农田类型为山地旱地与丘陵旱地。

(2) 损毁土地的高程特征。研究区内最小高程为 497 m, 最大 5 946 m, 相对高差 5 449 m, 平均高程 2 037 m。损毁土地主要分布在高程为 1 000~1 500 m 和 1 500~2 000 m 的范围内, 面积约占整个损毁范围的 14.32% 和 17.57%, 土地类型斑块数量多而面积小, 主要分布在汶川县、都江堰市、什邡市、绵竹市、安县和青川县等地。高程 2 000~2 500 m 和 2 500~3 000 m 的区域, 损毁面积比例分别为 17.20% 和 17.39%, 损毁的土地利用类型单一, 单个斑块面积大, 主要分布在汶川县和茂县。

(3) 损毁土地的坡度特征。研究区最大坡度 75°, 平均坡度 23°, 损毁土地主要分布在坡度 25°~35°、15°~25°和 5°~15°三类分区内, 面积分别占整个损毁范围的 26.04%、25.57% 和 19.62%, 主要分布在汶川县、都江堰市、什邡市、绵竹市、安县、青川县和茂县等地。

(4) 损毁土地与断层的关系。损毁土地范围主要受映秀-北川断裂带、茂汶断裂、彭灌断裂等断裂控制, 在断裂破碎带的重合区域, 如在茂汶断裂和映秀-北川断裂南段(汶川县北部、都江堰北部、彭州北部、什邡北部、绵竹北部) 损失惨重; 断裂带一侧区域受损严重, 如北川县, 主要分布在映秀-北川断裂带中部的一侧; 断裂带与断裂带交叉的区域, 如在青川县内, 多条实测性质不明断层的交汇处和茂汶断裂带一侧的另外两条性质不明断层的交汇处, 损毁土地分布比较集中。

4 结论

通过对地震前后的遥感图像进行处理, 结合野外

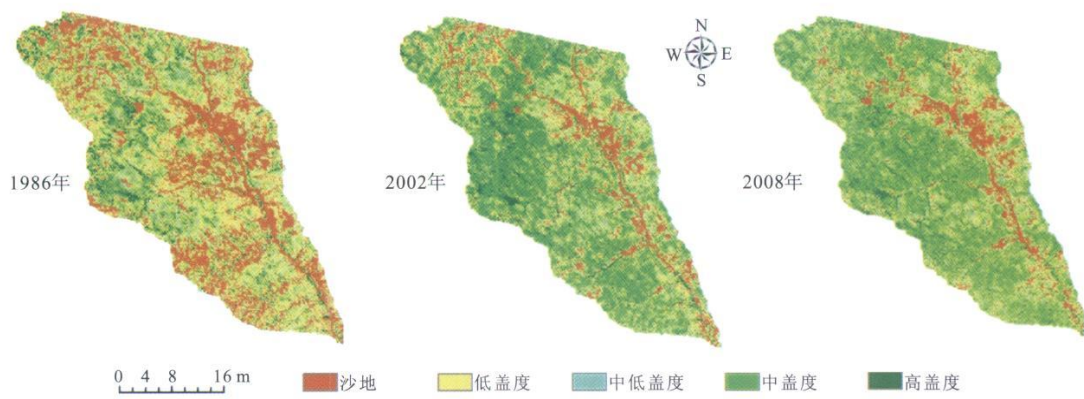
调查样地, 建立了土地利用解译标志, 获取了汶川地震极重灾区的土地损毁信息, 统计出了损毁类型、面积和百分比, 并运用多源数据及 GIS 模型, 对获取信息进行综合分析, 研究表明: 特殊的地质及地理条件决定了龙门山断裂带特殊的土地利用景观格局, 损毁土地沿地震破坏形成的椭圆形态分布, 损毁程度由震中向外围逐渐减弱; 损毁农田是损毁土地的重要组成部分, 但绝对毁损面积有限, 由农田破坏引起的次生灾害链和生态链演变有限; 农田损毁面积相对较小。

根据毁坏的不同形式, 从生态恢复和政策监管方面进行防治: 区别对待损毁土地, 开展地质灾害相关评估, 及时开展地质灾害及其隐患的整治工作; 建议引入恢复生态学领域的最新成果, 重建一个更加稳定、流通性更好的生态系统; 在人口聚集区, 作好重建规划, 科学优化土地利用类型和方式。

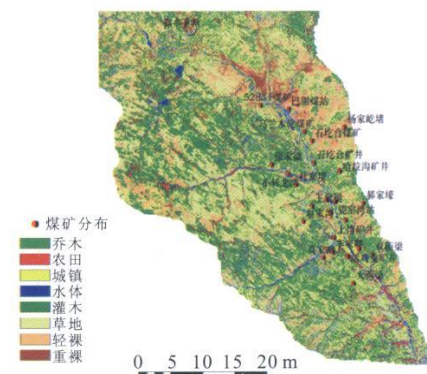
参考文献:

- [1] 王晓青, 魏成阶, 苗崇刚. 震害遥感快速提取研究: 以 2003 年 2 月 24 日新疆巴楚一伽师 6.8 级地震为例[J]. 地学前缘, 2003, 10(8): 285-291.
- [2] Matsuoka M, Yamazaki F. Identification of damaged areas due to the 1995 Hyogoken-Nanbu Earthquake using satellite optical images[C]. Proceedings of the 19th Asian Conference of Remote Sensing, 1998.
- [3] Rathje E M, Woo K, Crawford M, et al. Earthquake damage identification using Multi-Resolution Optical satellite imagery[C]. International Geoscience and Remote Sensing Symposium, IEEE, 2005, 7: 5045-5048.
- [4] 杨喆, 程家喻. 澜沧-耿马地震灾情的航空遥感调查[J]. 国土资源遥感, 1993, 5(1): 17-22, 42.
- [5] 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.
- [6] 柳家航. 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.
- [7] 阎守. 遥感影像群判读理论与方法[M]. 北京: 海洋出版社, 2007.
- [8] 边振兴, 王秋兵, 于淼, 等. 基于景观农业理论的综合土地整理项目规划实证[J]. 农业工程学报, 2008, 24(2): 95-100.
- [9] 青岛市农业区划委员会办公室. 青岛市综合农业区划[M]. 青岛: 青岛出版社, 1988.
- [10] 刘洋, 李春阳, 龙翼. 岷江源头区农林复合景观变化对土壤侵蚀强度的影响[J]. 农业工程学报, 2009, 25(7): 232-236.
- [11] 李春平, 关文彬, 范志平, 等. 农田防护林生态系统结构研究进展[J]. 应用生态学报, 2003, 14(11): 2037-2043.
- [12] 王礼先, 朱金兆. 水土保持学[M]. 北京: 中国林业出版社, 2005.
- [13] 骆世明. 生态农业的景观布局、循环设计及生物关系重建[J]. 山西农业大学学报, 2008, 7(5): 463-467.
- [14] 郑云开, 尤民生. 农业景观生物多样性与害虫生态控制[J]. 生态学报, 2009, 29(3): 1508-1518.
- [15] 孔祥安, 李广海, 郑锋先, 等. 青岛崂山主要植被类型及物种丰富度研究[J]. 中国农学通报, 2009, 25(10): 241-245.

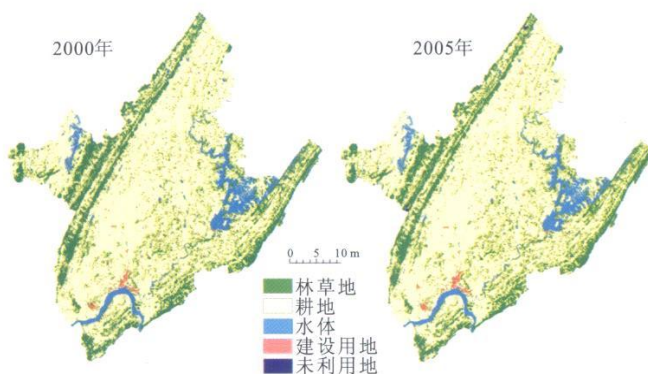
(上接第 197 页)



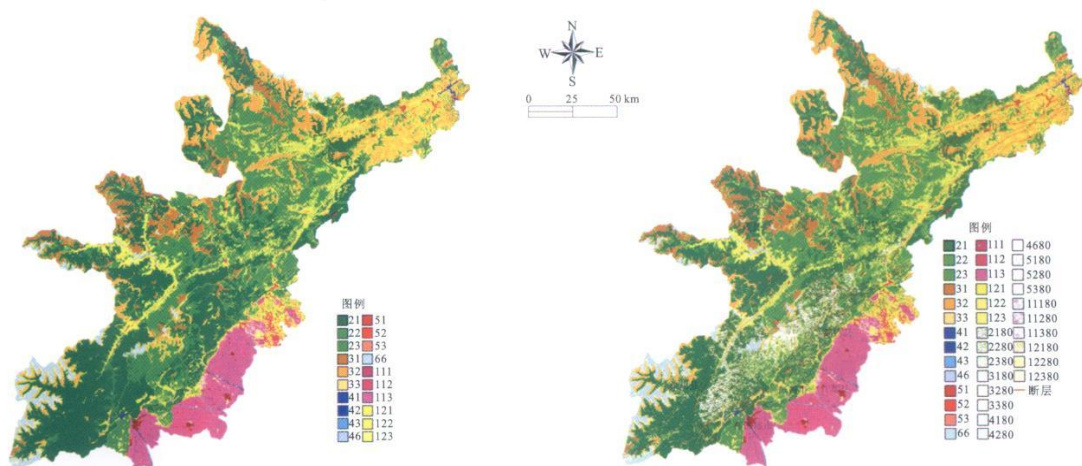
附图7 不同年限乌兰木伦河流域植被盖度图



附图8 2008年乌兰木伦河流域煤矿分布及土地利用图



附图9 重庆市长寿区不同年份土地利用类型图



21有林地,22灌木林,23疏林地,31高覆盖度草,32中覆盖度草,33低覆盖度草,41河渠,42湖泊,43水库坑塘,46滩地,51城镇用地,52农村居民地,53其他建设用地,66裸岩石砾地,111山地水田,112丘陵水田,113平原水田,121山地旱地,122丘陵旱地,123其他旱地,2180有林地变损毁,2280灌木林变损毁,2380疏林地变损毁,3180高覆盖度草地变损毁,3280中覆盖度草地变损毁,4180河渠变损毁,4680滩地变损毁,5280农村居民地变损毁,11180山地水田变损毁,11280丘陵水田变损毁,11380平原水田变损毁,12180山地旱地变损毁,12280丘陵旱地变损毁,12380平原旱地变损毁

附图10 汶川地震极重灾区震前与震后土地利用类型对比