

汶川大地震灾害对区域生态系统的影响 ——以青川、平武和茂县为例

张春敏, 王根绪*

(中国科学院山地灾害与环境研究所, 四川 成都 610041)

摘要: 利用 Landsat-TM/ CBERS 遥感数据和 1:25 万高程数据, 分析汶川特大地震灾害前、后土地利用/土地覆被变化。为了研究地震对区域生态系统的影响, 定量对比分析了重灾区青川、平武和茂县主要土地利用/土地覆被的特征, 计算不同坡度和坡向影响下土地利用/土地覆被类型变化。得出以下结果: (1) 地震后造成区域内有林地、草地和耕地面积减少; 疏林地面积增加。有林地、草地和耕地分别减少了 92.09、46.98 km² 和 30.81 km²; 疏林地增加了 98.81 km²。 (2) 研究区自然和耕地生态系统受地震影响明显。通过对 3 县自然和农田生态系统分析, 青川林地、草地和耕地生态影响最严重; 平武和茂县也存在不同程度影响。 (3) 在不同的坡度下, 土地利用/土地覆被类型在 >35° 坡度段受地震影响面积变化最大, 依次是 0~8°、15~25°、8~15° 和 25~35° 坡段。这与震后诱发的崩塌、滑坡、水土流失等次生灾害, 促使大量覆被携带山体、岩石整体或局部的、不规则的运动有关。在不同坡向下, 土地利用/土地覆被类型在半阴坡坡向受地震影响面积变化最大, 其次是半阳坡、阴坡和阳坡; 这与区域内不同坡向上的土地利用/土地覆被类型优势度相关。

关键词: 汶川大地震; 生态系统; 土地利用/土地覆被

文章编号: 1000-0933(2008)12-5833-09 中图分类号: Q143 文献标识码: A

Impacts of Wenchuan Earthquake disasters on ecosystem and its spatial pattern: case study of Qingchuan, Pingwu and Maoxian counties

ZHANG Chun-Min, WANG Gen-Xu*

Institute of Mountain Hazards and Environment, CAS&MWC, Chengdu 610041, China

Acta Ecologica Sinica, 2008, 28(12): 5833 ~ 5841.

Abstract: Based on two periods of land cover maps derived from remotely sensed data, Landsat TM, CBERS and digital elevation model (DEM) derived from 1:250 000 topographic maps. Studies on land use/land cover changes (LUCC) of Qingchuan county, Pingwu County and Maoxian county before and after Wenchuan Earthquake, and the influences of two importance cause of slope and aspect in ecosystem. The main results are as follow: after earthquake, the area of woodland, grassland and farmland decreased obviously by 92.09 km², 46.98 km² and 30.81 km² respectively, open forest land increased by 98.81 km² for area. The open forest land area changes amplitude is most, the value is 6.20%. Results indicated the ecosystem is degenerating and in study regions after earthquake, especially Qingchuan county. Topographic conditions are of great importance to the distribution of land use/land cover and the process of land cover changes. Under different slopes, there are large area changes of LUCC great than 35° because of earthquake. The order are 0—8°, 15—

基金项目: 中国科学院百人计划(2005 年度)资助项目; 国家自然科学基金资助项目(40730634)

收稿日期: 2008-11-07; **修订日期:** 2008-12-04

作者简介: 张春敏(1983~), 男, 重庆人, 博士生, 主要从事宏观生态水文学研究. E-mail: chunminzhang@163.com

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: wanggx@imde.ac.cn

Foundation item: The project was financially supported by The Hundred Talents Project of CAS (No. 2005) and the National Natural Science Foundation of China (No. 40730634)

Received date: 2008-11-07; **Accepted date:** 2008-12-04

Biography: ZHANG Chun-Min, Ph. D. candidate, mainly engaged in macro eco-hydrology. E-mail: chunminzhang@163.com.

25°, 8—15° and 25—35°. These changes have obviously relation with earthquake and the secondary mountain disasters such as rock fall, landslide, and debris flow. Aspect has a large influence on the distribution of land cover types, especially in half-shady slope; the order is half-sunny slope, shady slope and sunny slope. The area changes amplitude of land cover types are obviously in different aspect.

Key Words: Wenchuan Earthquake; ecosystem; LUCC

2008年5月12日,四川汶川境内发生里氏8.0级大地震。地震诱发了大量的滑坡、崩塌、泥石流等次生山地灾害,造成大量土地覆被毁灭,对区域生态系统造成严重破坏。作为环境变化的重要组成部分,土地利用/土地覆被变化与重大自然灾害造成的生态环境演变密切相关^[1,2],近年来,对重大自然灾害造成的土地利用/土地覆被变化研究引起了广泛重视^[1,3~6]。土地利用/土地覆被为分析生态环境变化和生态环境保护及建设提供了可量化的研究途径^[7~10]。随着遥感技术的不断发展,遥感在重大自然灾害生态环境检测和评估中的应用越来越多,如土地利用/土地覆盖分类^[5,11]、次生灾害监测^[12,13]、生物多样性保护^[14]、水土资源调查^[15]等,并且取得了显著成果,已成为重大自然灾害预防和研究的重要手段。在GIS平台支持下,遥感技术已成为探讨土地利用/土地覆被格局演变和空间变化规律分析的重要方法^[11,16]。

为了分析汶川大地震灾害对区域生态环境的影响,本文利用地震前、后青川、平武和茂县 Landsat-TM 影像和中巴资源卫星(CBERS)CCD 遥感数据,与区域 DEM 相结合,分析土地利用/土地覆被变化特征、地震后不同坡度、不同坡向下土地利用/土地覆被对区域生态系统的影响,为生态重建和生态环境恢复提供基础数据和科学依据。

1 研究区概况

汶川大地震灾害重灾区覆盖岷江、涪江、嘉陵江等上游源区,面积约 $15 \times 10^4 \text{ km}^2$,区内地质构造复杂,断裂发育,属于滑坡、泥石流等山地灾害多发区。四川省内主要集中在汶川、茂县、北川、平武和青川等县(市)(图1),地理位置介于 $102^\circ 50' \sim 105^\circ 40' \text{ E}$, $30^\circ 43' \sim 32^\circ 57' \text{ N}$ 之间,面积约为 $2.86 \times 10^4 \text{ km}^2$ 。地震的震中汶川以及余震震中均位于四川西部的龙门山断裂构造带上,属于我国地形、气候、土壤、植被以及生物多样性汇集的一条重要过渡交错带(岷山-邛崃山脉)。区域地势由东南向西北方向逐渐增高,最高点为四姑娘山,海拔6250m,地貌类型包括高山、中低山、丘陵以及山间平原等。属于北亚热带山地湿润性季风气候,气候要素随着海拔高度的变化而呈垂直分布。受东、夏季风交替作用,全年干雨季比较明显,从6、7月份开始受副热带环流影响,雨水多且降雨较为集中,冬季受西风环流的控制,寒冷干燥。区内自然条件复杂、水系众多、景观及其组合类型多样,生态环境脆弱,抗干扰能力弱,严重退化后恢复困难。

青川县地处四川盆地北部边缘,白龙江下游,川、陕、甘三省交界,总面积 3271 km^2 ,年平均气温 13.7°C ,年降水量 1027.2 mm ;平武县位于四川盆地西北部,青藏高原向四川盆地过渡区的东缘地带,长江支流涪江的上游地区,总面积 5959.71 km^2 ,年平均气温 14.7°C ,年降水量 866.5 mm ,日照时数 1376 h ,无霜期 252 d ;茂县位于阿坝藏族羌族自治州东南部,青藏高原向四川盆地过渡带,岷江上游地区,总面积 3885.6 km^2 ,年平均气温 11.2°C ,年降水量 490.7 mm ,日照时数 1557.1 h ,无霜期 215.8 d 。

2 数据处理和研究方法

2.1 数据来源和处理

遥感影像采用2008年4月中、下旬的 Landsat-TM 影像及2008年5月中、下旬中巴资源卫星(CBERS) CCD 影像,结合区域1:25万DEM数据进行分析。遥感影像的预处理包括辐射校正、几何校正、光谱增强、波段选择、图像裁剪等,纠正误差 $\text{RMS} \leq 1$ 像元。土地利用/土地覆被信息提取基于人机交互解译完成,在 Arc/info 操作平台下对地震前、后期遥感影像运用人工屏幕判读的方法,勾绘出地类图斑,并同时赋予相应的地类代号,进行解译、修改和编辑;并利用相同的精度控制建立拓扑关系,得出青川、平武和茂县地震前、后土地利

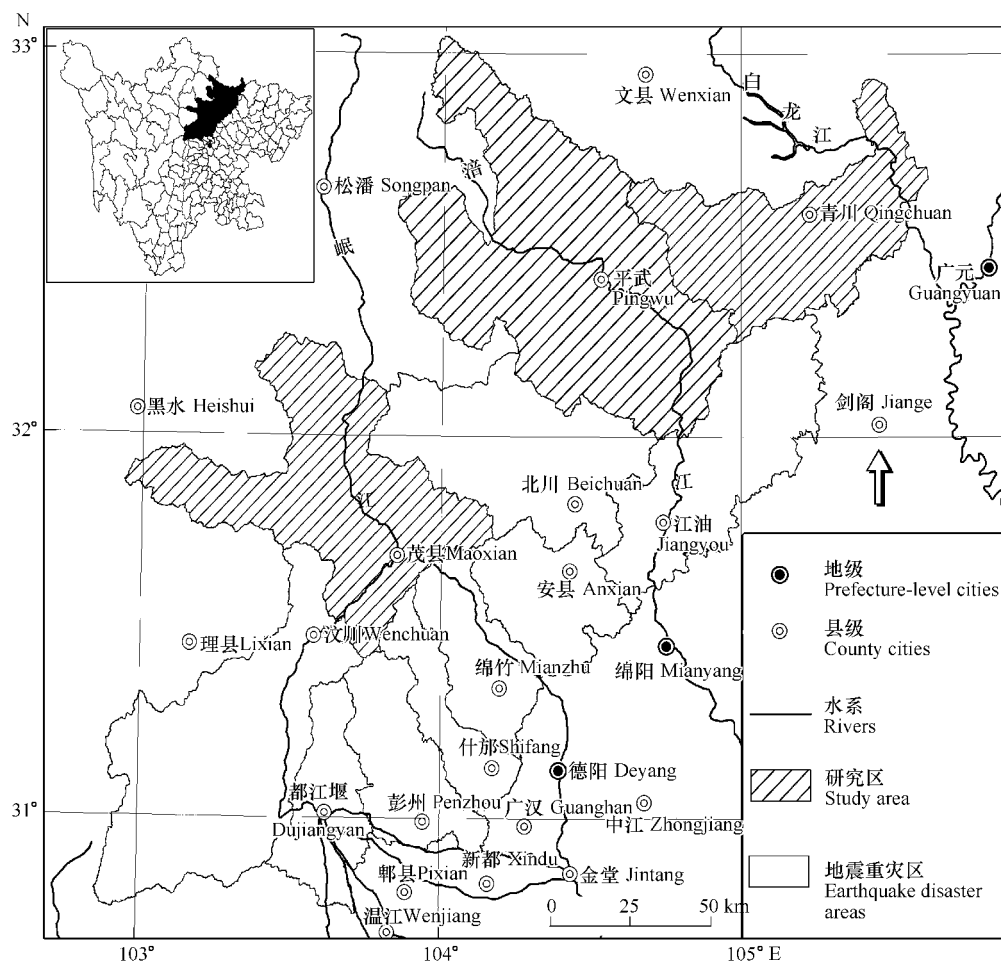


图1 研究区地理位置图

Fig. 1 The location map of study area

用/土地覆被空间分布图,使用 Arc GIS 的 Surface Analysis 模块中的 Slope、Aspect 功能,进行坡度、坡向分级、栅格-矢量转换,提取各级土地利用/土地覆被信息;最后,依据 Arc GIS 的 Frequency 命令,统计得出各类型土地利用/土地覆被面积及其变化。

2.2 土地利用/土地覆被分类

确定适宜的基本分类单元是土地利用/土地覆被类型划分的关键^[17,18]。本文结合区域土地利用/土地覆被实际情况,根据中国西南地区陆地卫星 TM 假彩色数据土地资源信息提取标识,将研究区土地利用/土地覆被类型分为有林地、疏林地、草地、水域、城乡建筑用地、裸地和耕地。

2.3 研究方法

本文通过土地利用/土地覆被在地震前后的变化幅度来表征研究区土地利用过程以及不同覆被类型在总量上的变化:

$$R_d = (U_b - U_a) / U_a \times 100\% \quad (1)$$

式中, U_a 和 U_b 分别为研究期初和研究期末某一覆被类型的面积; R_d 为研究时段内某一覆被类型的净变幅度。

2.4 影响评价指标的取值与分级

地形是导致景观格局差异的重要原因,地形特征通常成为控制土地利用/土地覆被空间分布的决定要素。不同地形因子(坡度、坡向)梯度上的土地利用/土地覆被类型分布特征可为综合反映土地利用/土地覆被空

间变化提供科学依据^[19,20]。根据生态环境评价指标,综合考虑区域的土地利用/土地覆被分布特征,按照坡度和坡向对区域土地利用/土地覆被变化进行量化。

(1)坡度:取值范围分为 0~8°,8~15°,15~25°,15~35°, >35°。

(2)坡向:正北为 0°(或 360°),正南为 180°,顺时针方向旋转。按四分法进行划分,其中 337.5~22.5°为阴坡;22.5~157.5°为半阴坡;157.5~212.5°为阳坡;212.5~337.5°为半阳坡。

3 结果与讨论

3.1 地震前后土地利用/土地覆被变化情况

根据对地震前、后期遥感数据解译过程分析得出(图 2、表 1),震后诱发的崩塌、滑坡、水土流失等次生灾害,引起坡面水动力场和坡面稳定性的变化,使得山坡更容易塌,水土流失加剧,大量的山体、岩石携带不同的覆被崩塌积于河谷平缓地带。覆被类型主要表现在在空间上整体或局部的、不规则的“移动”至平缓地带。在新的稳定条件下,覆被覆盖在原有的覆被之上且面积发生变化。地震前,研究区内有林地、疏林地、草地、耕地分别占研究区面积的 38.78%、12.45%、33.54% 和 14.12%;地震后,覆被类型所占面积比例发生变化,所占比例分别为 38.05%、12.14%、33.18% 和 13.87%;面积变化上,有林地减少最多,达到 92.09km²,其次是草地,减少量为 46.98km²,耕地减少了 30.18km²;相应的疏林地面积增加了 98.81km²。

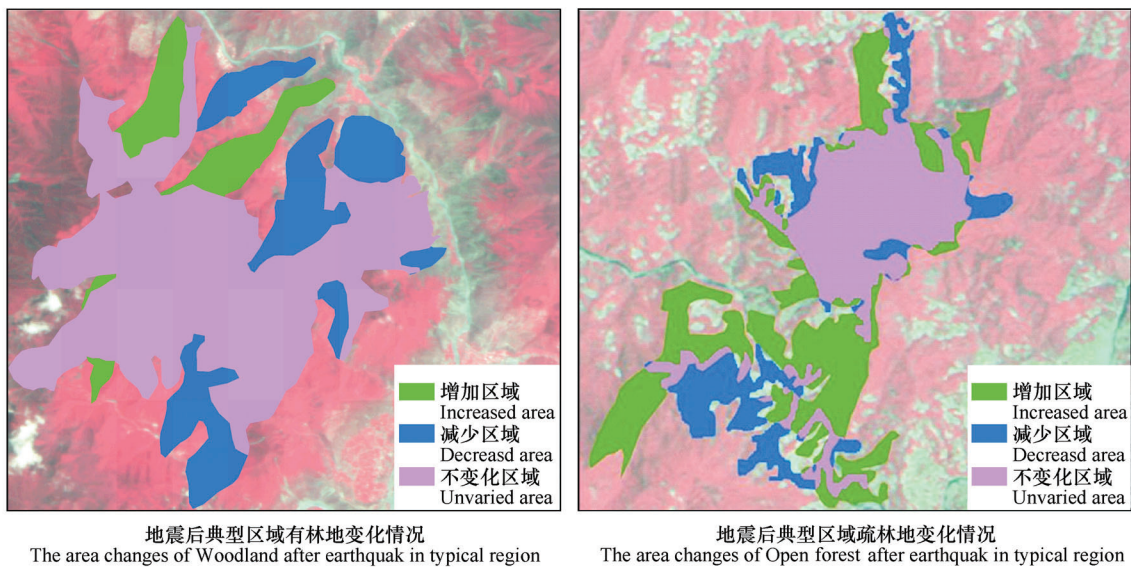


图 2 地震前后典型区域植被覆被变化

Fig. 2 The land use/land cover changes of study area

表 1 地震前后研究区主要土地利用/土地覆被类型面积统计

Table 1 Area statistics of land use/land cover in study area before and after earthquake

植被类型 Vegetation types	地震前 Before quake(km ²)	地震后 After quake(km ²)	变化量 Variable amount(km ²)	变化幅度 Variation range(%)
有林地 Woodland	4966.06	4874.00	-92.09	-1.85
疏林地 Open forest land	1594.97	1683.78	98.81	6.20
草地 Grassland	4296.12	4249.14	-46.98	-1.11
耕地 Farmland	1766.58	1735.30	-30.81	-1.74

从面积变化幅度分析得出:有林地、草地和耕地面积幅度分别减少了 1.85%、1.11% 和 1.74%,而疏林地面积增加了 6.20%。根据主要土地利用/土地覆被类型分析,青川以耕地、草地、有林地和疏林地为主,地震前分别占全县面积的 28.62%、23.83%、23.46% 和 22.02%;发生地震后,耕地、草地、有林地面积减少,疏林地面积增加,所占比例分别为 28.00%、23.38%、23.12% 和 20.66%;平武以有林地、草地、疏林地和耕地为

主;震前占全县面积比例分别为 36.35%、34.62%、14.85% 和 13.12%,地震后分别为 35.88%、34.45%、15.89% 和 13.29%;茂县以有林地、草地为主,震前面积分别为 55.36%、39.82%,地震后面积分别为 54.41%、39.22%。从研究区面积总量和面积变化幅度统计结果知:地震后,有林地、草地和耕田面积减少且面积变化幅度较小,疏林地面积增加,地震过程对区域生态系统影响明显。

3.1.1 地震前后自然生态系统变化

研究区分布着大面积的林地和草地(表 2),而具有较高生物生产力的有林地和草地是区域生态系统变化的风向标。对 3 县自然生态系统对比分析得出:地震后,平武、茂县的林地面积减少明显,减少了 34.33 km²、32.80 km²,减少幅度为 1.12%、1.47%。青川林地面积变化仅为 5.19 km²,变化幅度分别为 0.41%。其变化过程表现为从有林地→疏林地类型转移,其中青川县有林地减少幅度达 4.26%,茂县为 1.73%,平武为 1.27%;同期青川疏林地增加幅度为 4.98%,茂县 7.35%,平武为 7.00%。总体上,研究区林地生态系统呈现受地震影响明显,其中青川有林地面积幅度受地震影响变化最大,其实是茂县、平武;青川、平武和茂县均分布大面积的草地。地震后,区域内草地面积呈现减小趋势,3 县减少总面积为 46.98 km²;表明草地生态系统在地震后影响明显。其中青川县草地减少 13.10 km²,减幅为 1.91%,茂县和平武总量上分别减了 23.65 km² 和 10.19 km²,减幅为 1.54% 和 0.50%;在地震灾害对草地生态系统的影响过程中,青川草地生态系统影响最大,其次是茂县和平武。

表 2 地震前后研究区自然生态系统各类型分布特征

Table 2 The area changes and amplitude of natural ecosystems in study regions before and after earthquake

县名 County	时段及变化量 Time and amount	有林地 Woodland	疏林地 Open forest land	草地 Grassland
青川 Qingchuan	震前 Before quake(km ²)	632.97	645.99	699.09
	震后 After quake(km ²)	605.98	678.17	685.99
	变化量 Variable amount(km ²)	-26.99	32.17	-13.10
	变化幅度 Variation range(%)	-4.26	4.98	-1.91
平武 Pingwu	震前 Before quake(km ²)	2165.75	885.09	2063.06
	震后 After quake(km ²)	2138.15	947.02	2052.87
	变化量 Variable amount(km ²)	-27.60	61.93	-10.19
	变化幅度 Variation range(%)	-1.27	7.00	-0.50
茂县 Maoxian	震前 Before quake(km ²)	2167.37	63.89	1559.13
	震后 After quake(km ²)	2129.87	68.59	1535.48
	变化量 Variable amount(km ²)	-37.50	4.70	-23.65
	变化幅度 Variation range(%)	-1.73	7.35	-1.54

3.1.2 地震前后耕地生态系统变化

耕地是人类改造自然的结果,对维系人类赖以生存的环境,具有重要社会价值与生态价值。耕地的分布变化可以揭示区域生态环境状况及其演变方向,其减少程度是生态系统退化的表现形式。进行耕地生态系统特征分析,为研究地震影响条件下的生态环境变化提供理论参考。地震后,青川县耕地减少量最大,为 21.32 km²,减少幅度为 2.54%;平武减少 9.5 km²,减少幅度为 1.11%;茂县的耕地面积变化不明显(表 3)。

表 3 地震前后研究区耕地生态系统变化特征

Table 3 The area changes and amplitude of farmland in study regions before and after earthquake

县名 County	地震前 Before quake(km ²)	地震后 After quake(km ²)	变化量 Variable amount(km ²)	变化幅度 Variation range(%)
青川 Qingchuan	839.65	818.32	-21.32	-2.54
平武 Pingwu	791.86	782.36	-9.5	1.11
茂县 Maoxian	135.07	134.62	-0.45	-0.33

3.2 地震前后地形因子对土地利用/土地覆被的变化分析

坡度和坡向影响地表水热条件再分配及径流过程、土壤侵蚀和水力侵蚀强度。坡度越大,坡面岩土稳定

性越弱,土壤侵蚀和水力加剧,引起强烈的水土流失,因而影响着土地利用方式和土地覆被类型。坡向影响地表覆被生长所需的光照、水分等条件^[19~21]。因此研究土地利用方式在各坡度、坡向上的特征,对研究地震对区域生态系统影响有重要意义。

3.2.1 坡度对土地利用/土地覆盖动态变化影响

在不同坡度条件下,由地震引起的次生灾害(滑坡、泥石流、崩塌等)与地表土地利用/土地覆被类型存在明显响应。根据生态环境影响评价指标,将分析 5 个坡度段(0~8°、8~15°、15~25°、25~35°和>35°)对土地利用/土地覆被的影响。

根据图 3 分析可知,由于受地震及其诱发的次生山地灾害等影响,区域土地利用/土地覆被类型在>35°坡度段受地震影响面积变化最大,然后依次是 0~8°、15~25°、8~15°、25~35°坡度段。在>35°度坡段,坡面稳定性差,受强烈地震震动作用,区域内不同覆被类型均会随大量的山体、岩石和水流发生崩塌和滑坡,土地利用/土地覆被影响最大的是疏林地,震后面积变化幅度为-4.33%,依次是耕地、草地和有林地,变化幅度分别为-3.91%、-2.39%和 0.90%;在 0~8°坡段区域,为由崩塌、滑坡等次生灾害引起的大量水、岩石、覆被运动的“接受区”。区域内疏林地、有林地和草地面积分别

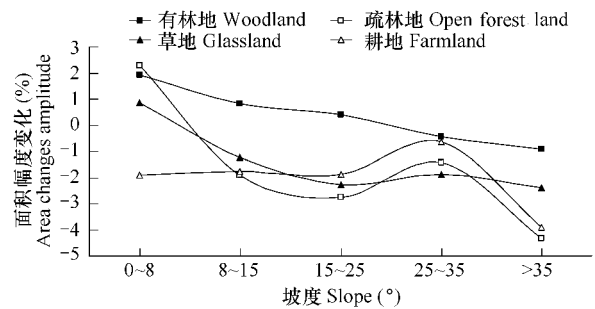


图 3 地震前后不同坡度下植被覆被的面积幅度变化

Fig. 3 Area change amplitude of land use/land cover under the slope before and after earthquake

增加了 2.88%、1.93%和 0.87%,在 0~8°坡段范围内,耕地为主要覆被类型,地震前耕地面积占该区段的 36.29%,由次生灾害引起大量的冲积物移动到平缓区后覆盖在耕地之上,造成地震后耕地面积减少,震后面积减少了 1.89%;在 8~35°坡段范围内,地震引起次生灾害使各类覆被,岩石和土体存在不同程度滑动。

从土地利用/土地覆被变化分析,疏林地受到坡度的影响最大,在不同的坡度下,地震前后其面积变化率大于 2%,其中,在>35°坡段面积减少 4.33%。有林地受坡度影响较小,其面积变化率小于 2%;随着坡度的增加,草地受地震的影响程度明显,在>35°坡段达到-2.39%;耕地由于在平缓地带比例较大,地震后受到滑坡等灾害和“外来覆被”的覆盖和破坏,在不同坡度下面积变化均较小。

表 4 列出了青川、平武和茂县不同坡度段主要的土地利用/土地覆被地震前后面积变化幅度。

表 4 不同坡度下研究区土地利用/土地覆盖变化幅度(%)

Table 4 Area change amplitude of land use/land cover before and after earthquake periods

县名 County	植被类型 Vegetation types	坡度(°)				
		0~8	8~15	15~25	25~35	>35
青川 Qingchuan	有林地 Woodland	-2.79	-3.99	-5.74	-4.05	2.78
	疏林地 Open forest land	7.44	7.11	6.08	3.83	-23.81
	草地 Grassland	-0.39	-4.18	-2.42	-1.31	-0.001
	耕地 Farmland	1.19	-1.61	-3.41	-2.46	-6.18
平武 Pingwu	有林地 Woodland	-8.23	-4.68	-3.12	-3.87	-4.56
	疏林地 Open forest land	6.54	4.41	5.23	5.67	14.02
	草地 Grassland	-3.37	-8.56	-2.86	-0.62	-6.41
	耕地 Farmland	-1.87	-0.57	-0.43	1.77	7.59
茂县 Maoxian	有林地 Woodland	-14.82	-2.01	-11.05	-3.52	-0.12
	疏林地 Open forest land	-17.22	-59.65	-74.46	-74.55	-44.88
	草地 Grassland	-6.44	-4.72	-8.89	-0.90	-0.46
	耕地 Farmland	-0.07	-0.18	-0.10	-0.13	-2.10

根据表征生态环境变化的有林地和草地植被类型来分析(表 4)。0~8°坡度段,茂县有林地和草地面积

变化最为显著,面积减少幅度分别为 14.82% 和 6.44%。其次是平武、青川,主要表现为面积向林地→疏林地转移;8~15°坡度段内,平武的有林地和草地变化最大,面积减少幅度为 4.68% 和 8.56%,其次是青川、茂县;15~25°坡度段内,以茂县变化最为显著,有林地和草地面积减少幅度为 11.05% 和 8.89%,其次是青川、平武。25~35°坡度段内,以青川变化幅度最大,面积减少幅度为 4.05% 和 1.31%,其次是平武、茂县;在 >35° 的坡度段范围内,以平武的有林地和草地变化明显。

3.2.2 坡向对土地利用/土地覆被动态变化影响

图 4 表明:坡向对土地利用/土地覆被变化影响明显。土地利用/土地覆被在半阴坡受地震影响面积变化最大,其次是半阳坡、半阴坡和阳坡。这与区域内土地利用/土地覆被类型有关,在阳坡、半阳坡分布着大量的耕地,震后耕地在这两坡向上面积变化幅度分别为 -2.30% 和 -2.17%,在阴坡和半阴坡,耕地面积较小,受地震影响不明显;疏林地在阴坡分布占优势,地震后面积变化幅度为 2.76%,在半阴坡坡向上,有林地和草地分布占优势,震后两面积变化幅度分别为 -1.43% 和 2.23%。

根据表征生态环境变化的有林地和草地覆被类型来分析(表 5)。地震后,在阴坡坡向,平武有林地和草地变化最大,面积减少幅度为 7.58% 和 7.52%;其次是茂县和青川。在半阴坡,平武有林地和草地变化最大,面积减少幅度为 5.00% 和 8.11%,其次是青川、茂县。在阳坡,以茂县变化最为显著,有林地和草地面积减少幅度为 11.30% 和 3.06%;其次是平武、青川。在半阳坡坡向上,以青川变化幅度最大,面积减少幅度为 2.56% 和 7.88%,其次是平武、茂县。

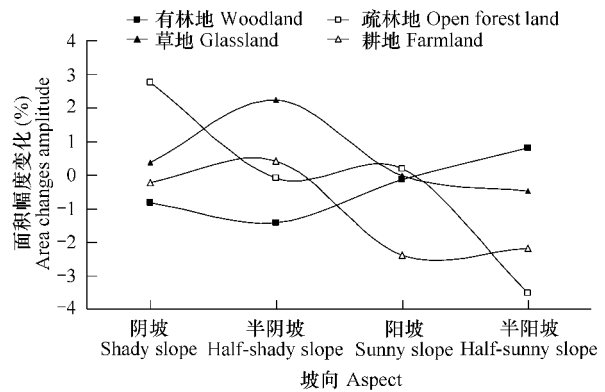


图 4 地震前后不同坡度下植被覆被的面积变化
Fig. 4 Area change amplitude of land use/land cover under the aspect before and after earthquake

表 5 不同坡向下青川县土地利用土地覆盖变化幅度(%)

Table 5 Area change amplitude of land use/land cover before and after earthquake periods

县名 County	植被类型 Vegetation types	阴坡 Shady slope	半阴坡 Half-shady slopes	阳坡 Sunny slope	半阳坡 Half-sunny slope
青川 Qingchuan	有林地 Woodland	-1.87	-5.12	-1.23	-2.56
	疏林地 Open forest land	7.94	1.45	5.50	8.88
	草地 Grassland	-0.63	2.59	13.65	-7.88
	耕地 Farmland	-2.70	-4.04	-2.90	-0.27
平武 Pingwu	有林地 Woodland	-7.58	-5.00	1.25	-3.01
	疏林地 Open forest land	8.54	4.21	8.31	10.90
	草地 Grassland	-7.52	-8.11	-9.04	-7.17
	耕地 Farmland	2.93	0.89	-1.21	0.55
茂县 Maoxian	有林地 Woodland	-2.16	-2.35	-11.30	-2.03
	疏林地 Open forest land	-13.99	-19.64	-24.52	-25.17
	草地 Grassland	-2.45	16.99	-3.06	-4.84
	耕地 Farmland	-0.71	-0.04	-0.44	-0.63

4 结论与建议

在 GIS 平台支持下,应用遥感技术获取和分析汶川大地震灾害前、后期土地利用/土地覆被格局空间格局,以及不同坡度、坡向下土地利用/土地覆被对区域生态系统的影响,得出以下结论:

(1)地震诱发的崩塌、滑坡、水土流失等次生山地灾害,引起坡面水动力场和坡面稳定性的变化,使得山体更易崩塌,水土流失加剧,大量的岩石携带不同类型的覆被崩塌积于河谷平缓地带。土地利用/土地覆被类

型主要表现为在空间上整体或局部的、不规则的“移动”至平缓地带。在新的稳定条件下,覆被覆盖在原有的覆被之上且面积发生变化。地震后,主要表现为有林地、草地和耕地面积减少;而疏林地面积增加。地震过程对区域生态系统影响明显。

(2)研究区自然和耕地生态系统受地震影响明显。通过对3县自然和农田生态系统对比,青川林地、草地和耕地生态系统影响最严重;平武和茂县也存在不同程度影响。

(3)在不同坡度下,土地利用/土地覆被类型在 $>35^{\circ}$ 坡度范围内面积变化最大,依次是 $0\sim 8^{\circ}$ 、 $15\sim 25^{\circ}$ 、 $8\sim 15^{\circ}$ 、 $25\sim 35^{\circ}$ 坡度段,在 $>35^{\circ}$ 度坡段,坡面稳定性差,震后,不同覆被类型均会随大量的山体、岩石和水流发生崩塌和滑坡;在 $0\sim 8^{\circ}$ 坡段,为崩塌、滑坡等次生灾害引起的大量水、岩石、覆被运动的“接受区”。在此区段疏林地、有林地和草地面积分别增加了2.88%、1.93%和0.87%,由于次生灾害引起大量的冲积物移动到平缓区后覆盖在耕地之上,造成地震后耕地面积减少,震后面积减少了1.89%;在 $8\sim 35^{\circ}$ 坡段,地震引起次生灾害会使各种覆被,岩石和土体不同程度的滑动。从覆被类型分析,疏林地受到坡度的影响最大,有林地受坡度影响较小;耕地由于受到滑坡等灾害和“外来覆被”的覆盖和破坏,在不同坡度下面积均减小。在不同坡向下,土地利用/土地覆被类型在半阴坡坡向受地震影响面积变化最大,其次是半阳坡、半阴坡和阳坡;这与区域内的土地利用/土地覆被类型存在关系。

(4)汶川大地震灾害造成区域自然生态系统和耕地生态系统严重破坏,生态承载力和生态系统功能下降,对区域生态安全构成巨大威胁。结合区域地质、气候和生物等因素,应从整体和长远的角度来规划和考虑区域生态环境恢复与重建。以自然规律为基础、适应性为原则,采取自然恢复与生态、生物和工程等重建工作相结合,通过空间监测、定位研究,循序渐进的进行区域生态环境恢复与重建工作。

Reference:

- [1] Chen B M, Liu X W, Yang H. Review of most recent progresses of study on land use and land cover change. *Progress in Geography*, 2003, 22(1):22—29.
- [2] Li X B. a review of the international researches on land use/land cover change. *Acta Geographica Sinica*, 1996, 51(6):553—558.
- [3] Zhang X M, Yu X X, Wu S H, *et al.* Response of land use/land cover change to hydrological dynamics in typical watershed in Loess gullied-hilly region of China. *Acta Geographica Sinica*, 2007, 27(2):414—423.
- [4] Zhang Q J, Fu B J, Chen L D. Several problems about landscape pattern change research. *Geographical Science*, 2003, 23(3):264—270.
- [5] Zhang G K, Deng W, Song K S. On the land/use pattern shifting in Xinkai River Basin and its ecological significance. *Acta Geographica Sinica*, 2006, 26(9):3026—3034.
- [6] Zhu H Y, He S J, Zhang M. GIS spatial analysis and its application in the research of land use change. *Progress in Geography*, 2001, 20(2):104—110.
- [7] Wang G X, Ding Y J, Wang J. Land ecological changes and evolutionary patterns in the source regions of Yangtze and Yellow Rivers in recent 15years. *Acta Geographica Sinica*, 2004, 59(2):164—173.
- [8] Guo X D, Chen L D, Fu B J. Effects of land use/land cover changes on regional ecological environment. *Advances in Environmental Science*, 1999, 7(6):66—75.
- [9] Wang G X, Cheng G D. The spatial pattern and influence caused by water resources in arid desert oases. *Acta Ecologica Sinica*, 2000, 20(3):363—368.
- [10] Fu B J, Chen L D, Ma K M. The effect of land use change on the regional environment in the Yangquangou Catament in the Loess Plateau of China. *Acta Geographica Sinica*, 1999, 54(3):241—246.
- [11] Wu J G. Landscape ecology-concepts and theories. *Chinese Journal of Ecology*, 2000, 19(1):42—52.
- [12] Lu J T, Wang Z H, Zhou C H. A tentative discussion on the monitoring of the Yigong Landslide-blocked Lake with Satellites Remote Sensing Technique. *Acta Geoscientia Sinica*, 2002, 23(4):363—368.
- [13] Wang Z H, Xu Q D, Yang H R. Remote sensing survey for a landslide disaster in the boundary river between China and India. *Science and Technology Review*, 2007, 25(6):26—31.
- [14] Liu J Y. *The Macro Investigation and Dynamic Research of the Resource and Environment*. Beijing: Science Press, 1996.
- [15] Zhang J S, Kang R S, Zhao A F, *et al.* The studies of water resource utilization or water resource and ecology-environments safety in middle reach

of Heihe River Basin. *Advance In Earth Sciences*, 2003, 18(2): 207—213.

- [16] Zhen B H, Tian Z Q, Wang W J, *et al.* Analysis of recent land usage and survey in Western China. *Acta Ecologica Sinica*, 2004, 24(5): 1078—1085.
- [17] Luo G P, Zhou C H, Chen X. Process of land use/land cover change in the Oasis of Arid Region. *Acta Geographica Sinica*, 2003, 58(1): 63—72.
- [18] Chen L, Wang G X, Wang H L. Spatial-temporal Characteristics of LUCC in Zoige County using landsat TM Sensor Data. *Remote Sensing Technology and Application*, 2006, 26(4): 277—283.
- [19] Wu X P, Tang Z Y, Cui H T, *et al.* Land cover dynamics of different topographic conditions in Beijing. *Journal of Plant Ecology*, 2006, 30(2): 239—251.
- [20] Ma Z Z, Zhou A X, Jiang X B. Influences of altitude and slope on dynamical changes and Status Quo of land use/cover in Wushan County. *Journal of Soil and Water Conservation*, 2003, 17(2): 107—109.
- [21] Wang C, Yuan M, Wei C F. Farm land landscape pattern at different slope gradients in a shallow hilly region of Chongqing. *Chinese Journal of Ecology*, 2007, 26(9): 1424—1431.

参考文献:

- [1] 陈百明,刘新卫,杨红. LUCC 研究的最新进展评述. *地理科学进展*, 2003, 22(1): 22~29.
- [2] 李秀彬. 全球环境变化研究的核心领域——土地利用/土地覆被变化的国际研究动向. *地理学报*, 1996, 51(6): 553~558.
- [3] 张晓明,余新晓,武思宏,等. 黄土丘陵沟壑区典型流域土地利用/土地覆被变化水文动态响应. *生态学报*, 2007, 27(2): 414~423.
- [4] 张秋菊,傅伯杰,陈利顶. 关于景观格局演变研究的几个问题. *地理科学*, 2003, 23(3): 264~270.
- [5] 张国伟,邓伟,宋开山. 新开河流域土地利用格局变化及其生态学意义. *生态学报*, 2006, 26(9): 3026~3034.
- [6] 朱会义,何书金,张明. 土地利用变化研究中的 GIS 空间分析方法及其应用. *地理科学进展*, 2001, 20(2): 104~110.
- [7] 王根绪,程国栋,丁永建,王建. 近 15 年来长江黄河源区的土地覆被变化. *地理学报*, 2004, 59(2): 164~173.
- [8] 郭旭东,陈利顶,傅伯杰. 土地利用/土地覆被变化对区域生态环境的影响. *环境科学进展*, 1999, 7(6): 66~75.
- [9] 王根绪. 干旱荒漠绿洲景观空间格局及其受水资源条件的影响分析. *生态学报*, 2000, 20(3): 363~368.
- [10] 傅伯杰,陈利顶,马克明. 黄土丘陵区小流域土地利用变化对生态环境的影响——以延安市羊圈沟流域为例. *地理学报*, 1999, 54(3): 241~246.
- [11] 邬建国. 景观生态学——概念与理论. *生态学杂志*, 2000, 19(1): 42~52.
- [12] 吕杰堂,王治华,周成虎. 西藏易贡滑坡堰塞湖的卫星遥感检测方法初探. *地理学报*, 2002, 23(4): 363~368.
- [13] 王治华,徐起德,杨日华. 中印边界附近帕里河上的滑坡灾害遥感调查. *科技导报*, 2007, 25(6): 26~31.
- [14] 刘纪远. 中国资源环境遥感宏观调查与动态研究. 北京: 中国科学技术出版社, 1996. 1~119.
- [15] 张济世,康尔泗,赵爱芬,等. 黑河中游水土资源开发利用现状及水资源生态环境安全分析. *地球科学进展*, 2003, 18(2): 207~213.
- [16] 郑丙辉,田自强,王文杰,等. 中国西部地区土地利用/土地覆盖近期动态分析. *生态学报*, 2002, 24(5): 1078~1085.
- [17] 罗格平,周成虎,陈曦. 干旱区绿洲土地利用与覆被变化过程. *地理学报*, 2003, 58(1): 63~72.
- [18] 陈玲,王根绪,王惠林. 基于 Land sat TM 数据的若尔盖县 LUCC 时空特征研究. *遥感技术与应用*, 2006, 21(4): 277~283.
- [19] 吴晓蕾,唐志强,崔海亭,等. 北京地区不同地形条件下的土地覆盖动态. *植物生态学报*, 2006, 30(2): 239~251.
- [20] 马泽忠,周爱霞,江晓波. 高程与坡度对巫山县土地利用/覆盖动态变化的影响. *水土保持学报*, 2006, 17(2): 107~109.
- [21] 王成,袁敏,魏朝富. 浅丘带坝区不同坡度下耕地景观格局分析. *生态学杂志*, 2007, 26(9): 1424~1430.