

文章编号: 1008-2786-(2011)4-433-09

基于 GIS 的汶川地震灾区小流域土壤侵蚀评价 ——以彭州龙门山区为例

司渤洋¹, 第宝锋^{1*}, 张斌², 余波¹

(1. 四川大学建筑与环境学院, 四川 成都 610065; 2. 西华师范大学国土资源学院, 四川 南充 637002)

摘 要: 汶川大地震对龙门山区造成了严重破坏。地震引发的次生山地灾害以及剧烈的土壤侵蚀仍将长期持续地影响着当地居民的生产与生活。对地震前后小流域的土壤侵蚀严重性进行评价并分析其变化, 将对灾后小流域水土保持综合治理及生态恢复与重建工作具有重要的指导意义。基于 GIS 技术, 以四川省彭州市龙门山区为研究区, 以小流域作为基本单元, 针对研究区地震灾区小流域土壤侵蚀, 构建侵蚀严重性指数评价及分级方法, 对地震前后土壤侵蚀严重性及变化特征并进行评价与分析。结果表明, 地震后绝大部分小流域的土壤侵蚀趋重。震后土壤侵蚀程度不严重、较严重的小流域数量别由震前 8 个及 21 个降至 5 个及 8 个, 新增严重、极严重小流域分别为 12 个及 4 个, 相应面积分别为 183.76 km², 52.70 km²。空间上流域土壤侵蚀严重性由西北向东南递减。地震前后小流域平均海拔、平均坡度与侵蚀严重程度正相关, 且平均坡度对侵蚀严重程度加重贡献更大。

关键词: GIS; 汶川大地震; 小流域; 土壤侵蚀; 侵蚀严重性指数

中图分类号: S157

文献标识码: A

2008-05-12, 四川汶川发生的大地震引发了大量的滑坡、崩塌、泥石流、落石等次生山地灾害, 形成了总量巨大的松散堆积体、冲积堆。这些堆积松散物质在强降雨的诱发下容易再次启动, 产生剧烈侵蚀, 使灾区土壤侵蚀面积和强度增加, 对灾后生态恢复与重建造成巨大影响。因此, 对于不同区域内土壤侵蚀状况进行量化评价, 对灾后生态恢复与重建具体工作的部署有现实指导意义。目前, 国内外在土壤侵蚀研究中, 基于侵蚀量的评价常使用产沙数学模型^[1]、土壤侵蚀数学模型^[2-3]、地球化学法^[4]等方法进行土壤侵蚀模数的计算并推求侵蚀总量。而以小流域为单元进行大区域尺度的土壤侵蚀严重性评价研究较少, 特别是地震灾区的相关研究更为少见。因此, 本研究以小流域为基本分析及

评价单元, 基于地理信息系统(GIS)技术, 综合前人成果, 构建地震灾区小流域土壤侵蚀严重性评价方法, 并应用这一方法对地震前(2007)后(2008)彭州市龙门山地区小流域土壤侵蚀严重性进行分析评价, 在评价结果基础上, 初步探讨侵蚀严重指数同海拔、坡度之间的相互关系。

由于震后的重建工作繁重, 用于生态恢复重建以及土壤侵蚀治理的人力物力有限。同时, 小流域是全流域生态系统的基本单元, 是流域综合治理的基础和关键^[5]。因此对于研究区进行小流域划分, 以小流域为基本单元, 进行土壤侵蚀评价并分析, 可以有效的指导小流域的治理及水土保持综合治理工作, 同时可以促使将有限的资源分配至土壤侵蚀最严重最急需治理的小流域区域, 使相应措施

收稿日期(Received date): 2011-07-02; 改回日期(Accepted): 2011-07-07。

基金项目(Foundation item): 中国科学院山地灾害与地表过程重点实验室开放资金项目(LF08006); 国家重点基础研究发展计划(973)项目(2008CB425803)。[Supported by National 973 program (Grant No. 2008CB425803) and Key Laboratory of Mountain Hazards and Surface Process, Chinese Academy of Sciences(Grant No. LF08006) in China.]

作者简介(Biography): 司渤洋(1988-), 男, 北京人, 大学本科, 研究方向为 GIS。[Si Boyang(1988-), male, born in Beijing, Bachelor Degree. Major in GIS.] E-mail: espie.uni@gmail.com

* 通讯作者(Corresponding author): 第宝锋(1978-), 男, 博士, 副教授, 研究方向为 GIS 及山地环境。[Di Baofeng(1978-), male, h. D.] E-mail: diwubf@gmail.com

更加具有针对性。

1 研究区域

研究区位于四川省彭州市龙门山镇、小鱼洞镇辖区内,距离彭州市中心约 20 km,距离汶川县约 20 km。区域范围 $103^{\circ}40' \sim 104^{\circ}55'E$, $30^{\circ}8' \sim 31^{\circ}26'N$, 南北长约 32 km,东西宽约 23 km,面积约 450 km²;属于沱江水系的湔江上游,水系较发达。湔江自流域北端发源流向东南,之后沿河谷向南偏西方向至龙门镇中心处与白水河交汇,流经小鱼洞后向东南转向,流出研究区域。

区域地处西川高原边缘,地形起伏变化大,梯度特征明显^[6],气候较温和,年均日照时数为 1 131 h、均温 15.7℃;年均降水量 1 224 mm。降水多集中在 5—10 月^[7]。由于山地特征明显,植被具有垂直分布特征,在植被分区上属于川西高山峡谷山原针叶林地带^[8]。海拔 1 800 m 以下,主要分布有常绿阔叶林;海拔 1 800~2 200 m,主要分布有常绿和落叶混交林;海拔 2 200~3 200 m,主要分布有亚高山针叶林,较高海拔处分布主要为冷杉林,较低海拔处分布主要为铁杉林^[8]。区内生物多样性较为丰富^[7]。地貌属岷山—龙门山地貌单元^[9]。应用 DEM(Digital elevation model)的研究表明,区内平均海拔 2 249 m,平均坡度 35°。区域地势由西北至东南呈阶梯状降低,地形起伏变化,加之地质构造复杂且运动活跃,降雨分布不均,森林破坏严重^[10],地质灾害时有发生^[11]。

2 研究方法

2.1 研究数据

本文采用的数据除了野外考察及实地测量数据外,还收集了彭州龙门山地区数字高程模型(DEM)数据、研究区地震前后土壤侵蚀强度分布图^[7],研究区域水系图、行政区划图等。

表 1 本研究采用的数据

Table 1 Data used in the study

名称	数据类型	精度
DEM	栅格数据	1:5 万
河流水系数据	矢量数据	1:5 万
地震前(2007)土壤侵蚀强度分布图	栅格数据	30 m
地震后(2008)土壤侵蚀强度分布图	栅格数据	30 m
研究区域边界	矢量数据	1:5 万

万方数据

其中土壤侵蚀强度分布图^[7]是前人使用北京-1 号卫星影像、土地利用信息处理、并使用野外考察数据研究分析得出的。由于地震的剧烈性,震后新增的剧烈侵蚀,绝大多数是地震导致的次生山地灾害所造成的。本研究将震后土壤侵蚀强度分布图中新增的剧烈侵蚀面积(次生山地灾害引发的侵蚀面积)作为特殊侵蚀类型,与地震前研究区的剧烈侵蚀面积相分离进行统计(图 1)。

以上所有图谱数据加载至 ArcGIS9.2 软件中进行处理,数据采用 Krasovsky 1940 椭球、亚尔勃斯投影参数进行投影。

2.2 小流域划分

通过对比 Dem 地形数据与小流域划分,研究区小流域分界线基本处于真实地形的分水岭处,如图 2 所示。区内被划分为 29 个小流域,其中面积最大的小流域为 29 号小流域,面积为 29.76 km²,最小的为 4 号,面积为 4.4 km²。平均高程最大的小流域为 1 号,平均海拔 3 759 m,最小的为 27 号,平均海拔 1 145 m。地形最为平缓的小流域为 27 号,平均坡度为 16.9°,地形最为陡峭的为 4 号,平均坡度为 47.9°。通过加载 1:5 万河流水系图进行区域统计,得出河网长度最长的小流域为 29 号,河网长 40 231 m,最短的为 22 号,河网长 3 014 m。小流域的海拔、坡度由北至南,大致形成逐步降低的趋势,其分布规律也与研究区域的地形相吻合。

2.3 小流域土壤侵蚀面积统计

使用小流域划分结果与地震后土壤侵蚀强度分布图,在 ArcGIS 中进行叠加,分析求出各小流域不同土壤侵蚀强度面积。其中次生山地灾害造成的特殊侵蚀单独统计(表 2)。

2.4 土壤侵蚀严重性评价方法

土壤侵蚀严重指数最早是针对县级行政区为基本单元提出的^[12],而以小流域为基本单元对土壤侵蚀进行严重性评价则较为少见。因此本文使用土壤侵蚀严重指数应用于小流域尺度的严重性评价中。土壤侵蚀严重指数是中国水土流失与生态安全综合科学考察过程中,水土流失状况与基础数据集成专题研究组提出的,其既能全面反映某区域的土壤侵蚀面积,又区别反映不同强度侵蚀影响程度的综合指数,使用该区域各类各级侵蚀强度面积的加权平均数表示^[12]。

采用土壤侵蚀严重指数计算公式为:

$$I = \frac{\sum_{i=1}^5 M_i \times A_i}{A}$$

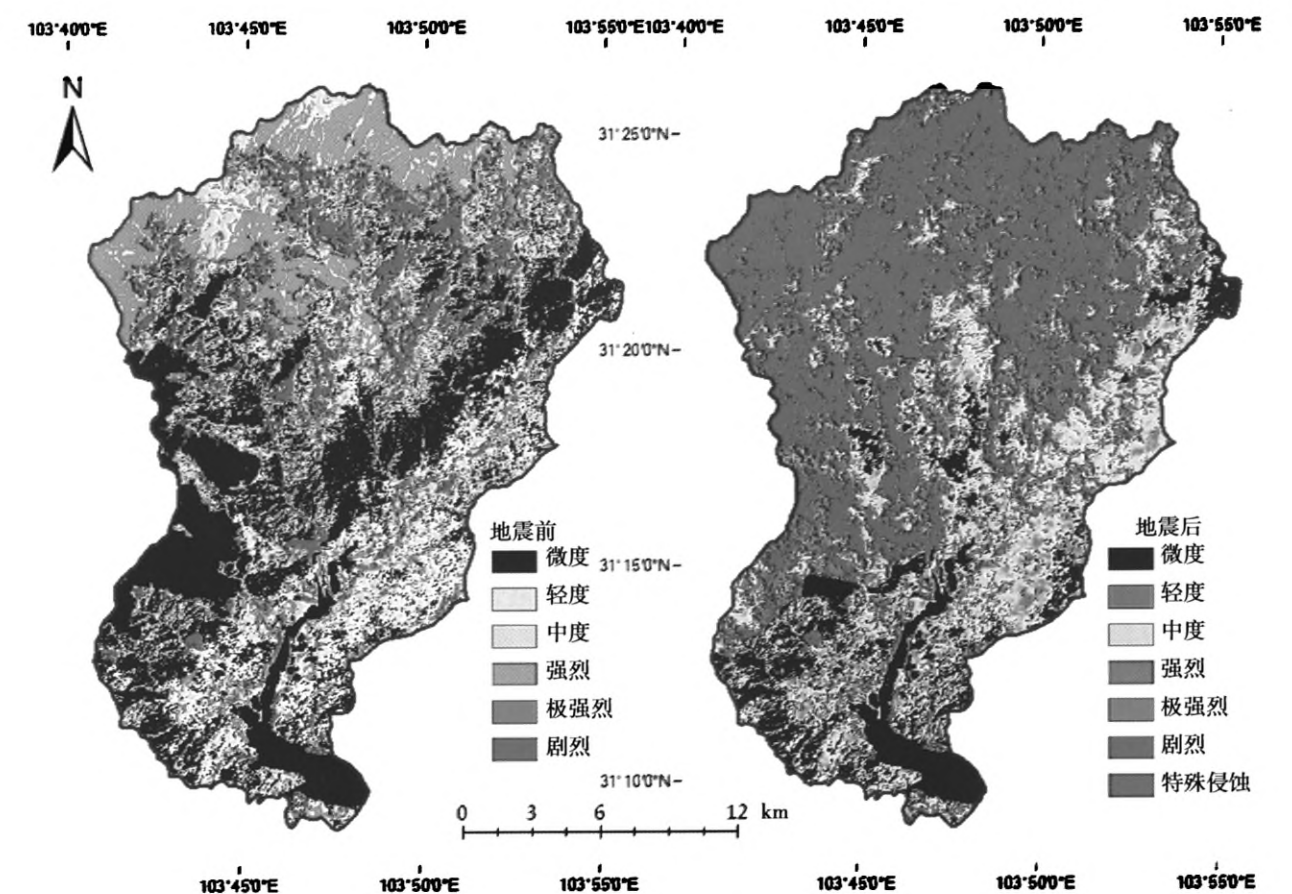


图 1 地震前后土壤侵蚀强度分布及对比

Fig. 1 Distribution of soil erosion of pre-and post-earthquake

表 2 地震后小流域侵蚀面积

Table 2 The area of soil erosion of post-earthquake in small watersheds /km²

流域 编号	微度侵蚀 面积	轻度侵蚀 面积	中度侵蚀 面积	强烈侵蚀 面积	极强烈侵蚀 面积	剧烈侵蚀 面积	特殊侵蚀 面积	小流域总侵蚀面积 (不包括微度侵蚀面积)
1	0.15	0.00	0.27	0.78	1.62	0.51	8.49	11.68
2	0.08	0.01	0.16	0.74	2.37	1.06	5.70	10.03
3	0.33	0.17	2.36	4.00	6.26	1.95	9.88	24.61
4	0.03	0.00	0.11	0.27	0.71	0.57	2.71	4.37
5	0.09	0.08	0.93	2.19	4.49	0.81	5.25	13.75
6	0.04	0.04	1.16	2.57	4.70	1.82	6.54	16.83
7	0.03	0.05	0.94	1.90	3.76	0.84	8.16	15.65
8	0.67	0.38	1.91	1.97	2.71	0.79	3.81	11.57
9	0.02	0.04	0.41	0.74	1.89	0.88	3.58	7.54
10	5.05	1.58	6.83	4.18	4.15	0.42	2.74	19.89
11	0.33	0.06	1.01	2.23	5.67	1.70	15.37	26.04
12	0.57	0.20	2.06	2.48	3.30	0.72	6.82	15.58
13	0.29	0.41	5.03	4.34	4.25	0.89	5.93	20.85
14	0.04	0.14	1.18	1.31	2.59	0.08	2.44	7.73

续表 2

流域 编号	微度侵蚀 面积	轻度侵蚀 面积	中度侵蚀 面积	强烈侵蚀 面积	极强烈侵蚀 面积	剧烈侵蚀 面积	特殊侵蚀 面积	小流域总侵蚀面积 (不包括微度侵蚀面积)
15	0.51	0.06	0.69	1.24	2.96	0.61	6.67	12.23
16	0.32	1.34	7.00	3.36	2.18	0.10	0.97	14.94
17	3.21	1.47	7.20	4.32	3.20	0.25	1.56	18.01
18	1.49	0.46	4.98	4.28	4.51	0.52	4.20	18.95
19	0.10	0.02	1.54	2.99	4.40	0.65	4.73	14.33
20	1.58	3.17	10.07	5.28	3.41	0.29	0.90	23.12
21	1.94	1.73	4.18	1.41	0.88	0.12	0.11	8.42
22	1.79	0.49	1.27	0.82	0.41	0.29	0.03	3.31
23	1.40	2.21	3.97	0.81	0.26	0.00	0.01	7.28
24	3.50	0.76	2.91	2.85	3.69	0.28	1.62	12.11
25	4.69	2.79	4.72	2.02	0.92	0.09	0.00	10.55
26	3.79	1.58	3.98	2.87	1.91	0.31	0.44	11.10
27	3.83	1.73	1.87	1.08	0.60	0.18	0.00	5.46
28	8.78	2.13	4.57	1.80	0.77	0.20	0.30	9.77
29	16.07	3.35	6.24	2.28	1.13	0.56	0.00	13.56
总计	60.72	26.45	89.53	67.12	79.71	17.50	108.94	389.26

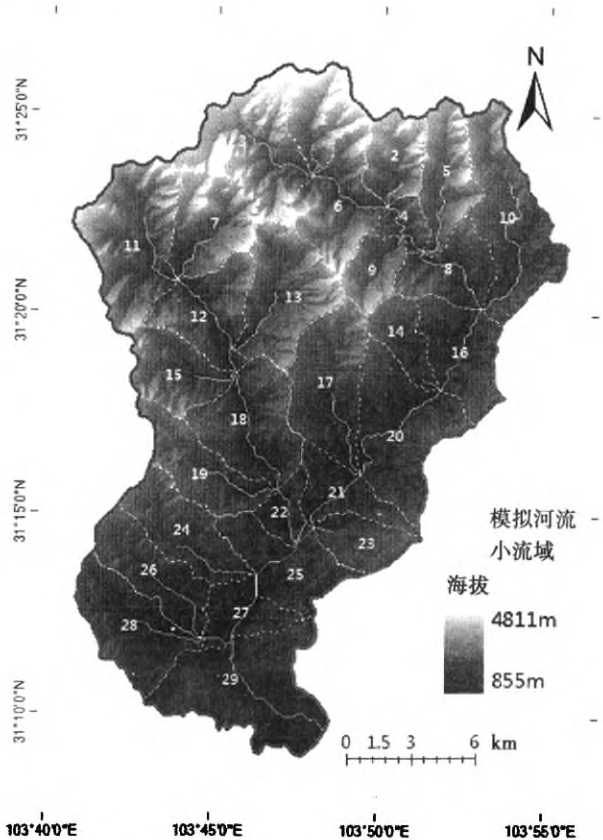


图 2 河网模拟及小流域划分结果

Fig. 2 The dividing result of small watersheds and simulation of river network

式中 I : 土壤侵蚀严重指数; M_i : 某侵蚀强度等级侵蚀面积的权重; A : 土壤侵蚀各级面积总和, 即 $A = \sum A_i$; i : 土壤侵蚀强度等级, 当其取值范围 0 ~ 5 之间的值时, A_i 含义为: $A_0 - A_5$: 土壤侵蚀微度、轻度、中度、强度、极强度、剧烈的面积; 公式中需要确定的参数为 M_i , 即各个侵蚀强度等级的权重 (其中剧烈侵蚀涵盖了特殊侵蚀类型) (表 3)。

由于地震造成土壤侵蚀的特殊性, 前人所采用的全国范围内的土壤侵蚀严重指数分级指标^[12], 并不适用于彭州龙门山地区的小流域评价。针对地震灾区土壤侵蚀, 必需对上述公式相关参数的确定及取值范围重新进行确定, 才能更有效应用于研究区内小流域土壤侵蚀严重程度评价。

为了更好的突出地震后的侵蚀现状, 分级指标以震后的土壤侵蚀严重指数分布为基础, 绘制地震后土壤侵蚀严重指数直方图 (图 3), 其中 X 轴为侵蚀严重指数 I ; 左 Y 轴频数指土壤侵蚀严重指数 I 大于等于某值时, 小流域的个数; 右 Y 轴为频数累计百分比: 土壤侵蚀严重指数 I 小于等于该值的小流域个数占小流域总数的百分比。可见, 侵蚀指数的分布集中在数个区间中: (0, 10), (10, 18), (18, 24), 结合侵蚀指数的分布, 以及水土保持工作的需要, 划定如表 4 所示的分级指标。

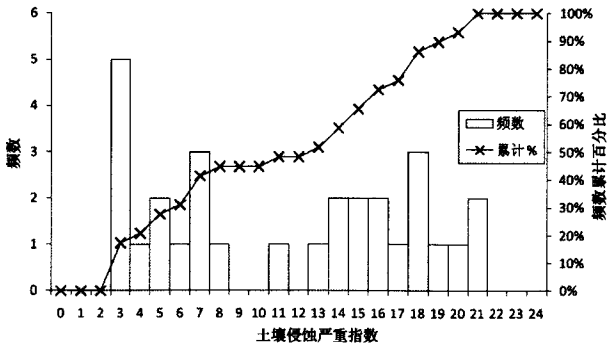


图 3 地震后土壤侵蚀严重指数直方图

Fig. 3 The histogram of Index of soil erosion severity (ISES) of post-earthquake

划定分级指标时,充分考虑侵蚀治理的人力物力资源条件,结合水土保持综合治理措施的可行性,结合管理角度划定相应的分级标准。

对于极严重区域:由于人力物力有限,极严重侵蚀区域在全部小流域中应占少数,以利于集中资源对其进行控制。以 18 ~ 24 作为区间,其面积占 11. 71% ,比例较小。

对于较严重及严重区域:应作为日常治理工作的主要区域,占主要比例,并且为了体现本地区地震造成土壤侵蚀的严重性,严重级别的区域应当较多。以 3 ~ 10 为区间,侵蚀较严重区域占总面积 29. 37% ;以 10 ~ 18 为区间,严重区域占总面积

40. 82% ,可以体现震后土壤侵蚀的剧烈性与普遍性。

不严重:不严重区域作为次要治理的区域,流域数应当较少且侵蚀严重程度相对本区域其他小流域较低。不严重流域比例适当,可以减轻震后小流域水土保持综合治理的压力。同时,对比李智广(2006)针对全国范围内的侵蚀严重分级指标,其中严重指数 0 ~ 3 为不严重及较严重级别,侵蚀程度相对较低。因此本研究将 0 ~ 3 作为地震后不严重区域较为合适。侵蚀不严重的流域占总面积 18. 11% ,体现了相对于地震引发的大量山地灾害土壤侵蚀的其程度、严重性上的轻微。

3 结果与讨论

3.1 土壤侵蚀严重性

用土壤侵蚀严重性评价方法对每个小流域区域进行分析计算,并对每个小流域的土壤侵蚀严重指数进行分级评价。结果表明(图 4),地震前研究区的 29 个小流域中,8 个流域为侵蚀不严重区域,总面积 126. 36 km²,占区内面积的 28. 08% ;剩余 21 个小流域全部为侵蚀较严重区域,总面积 323. 84 km²,占区内面积的 71. 97% 。土壤侵蚀严重指数最大为 9. 01 (26 号流域),最小的为 2. 01 (5 号流域)。

表 3 各侵蚀强度等级权重

Table 3 The weight of each Soil Erosion Intensity grade

侵蚀等级	水蚀平均侵蚀模数 /t · km ⁻² · a ⁻¹	风蚀侵蚀模数 /t · km ⁻² · a ⁻¹	模数中值 /t · km ⁻² · a ⁻¹	权重指标 /Mi
微度	<200,500,1 000	<200	200	M0 = 0
轻度	200,500,1 000 ~ 2 500	200 ~ 2 500	1 300	M1 = 1. 5
中度	2 500 ~ 5 000	2 500 ~ 5 000	3 750	M2 = 3
强度	5 000 ~ 8 000	5 000 ~ 8 000	6 500	M3 = 6
极强度	8 000 ~ 15 000	8 000 ~ 15 000	11 500	M4 = 12
剧烈	> 15 000	> 15 000	23 000	M5 = 24

表 4 土壤侵蚀严重指数分级指标

Table 4 The grading index of soil erosion severity (ISES)

土壤侵蚀严重等级	土壤侵蚀严重指数	小流域个数	频率/%	总面积/km ²	占总面积百分比/%
不严重	0 ~ 3	5	17. 2	81. 54	18. 11
较严重	3 ~ 10	8	27. 6	132. 21	29. 37
严重	10 ~ 18	12	41. 4	183. 76	40. 82
极严重	18 ~ 24	4	13. 8	52. 70	11. 71

地震后,研究区内土壤侵蚀不严重小流域数量为5个,面积81.54 km²,占区内面积的18.11%;较严重小流域为8个,面积132.21 km²,占区内面积的29.37%;新增严重等级的小流域12个,面积183.76 km²,占区内面积的40.82%;新增极严重的小流域为4个,面积52.70 km²,占区内面积的11.71%。土壤侵蚀指数最大的为20.37(1号),最小的为2.18(29号)。

将研究区地震前后小流域土壤侵蚀严重指数分级变化进行对比(图4)。可以直观的看到由于汶川地震各个小流域的侵蚀严重指数有所上升,严重级别也有所增加。震后侵蚀极严重的小流域主要分布于西北侧高海拔地区,总体上侵蚀严重程度由西北向东南递减。

3.2 地震前后侵蚀面积变化

由于微度侵蚀面积区侵蚀模数较小,其流失量小于土壤容许流失量,对总的土壤侵蚀贡献率较小,因此统计研究区土壤侵蚀面积时未包括微度侵蚀区域。地震前,区内总侵蚀面积为302.96 km²,占全

区面积的67.29%;各小流域中,侵蚀面积占小流域面积比例最大的为1号流域,占98.80%;侵蚀面积比例最小的为24号流域,占35.93%。

地震后,区内土壤侵蚀面积新增86.3 km²,总面积已达到389.26 km²,占研究区面积的86.46%。地震后小流域内侵蚀面积所占各自流域面积比例最大的为7号流域,达99.81%,比例最小的为29号流域,占45.58%。

将地震前后侵蚀面积比例及变化与侵蚀严重指数及变化进行对比。地震前后(图5),各个小流域的侵蚀严重指数与侵蚀面积比例变化趋势具体有一致性。通过上述对比,可以看出。土壤侵蚀严重指数综合了土壤侵蚀面积变化以及土壤侵蚀强度变化带来的影响,与土壤侵蚀面积比例相比,能更全面体现地震对小流域土壤侵蚀的综合影响。

3.3 侵蚀严重指数与流域平均海拔、坡度的关系

本研究针对研究区域地震前后各个小流域的侵蚀严重指数,与小流域平均高程、平均坡度分别进行一元线性回归分析讨论。

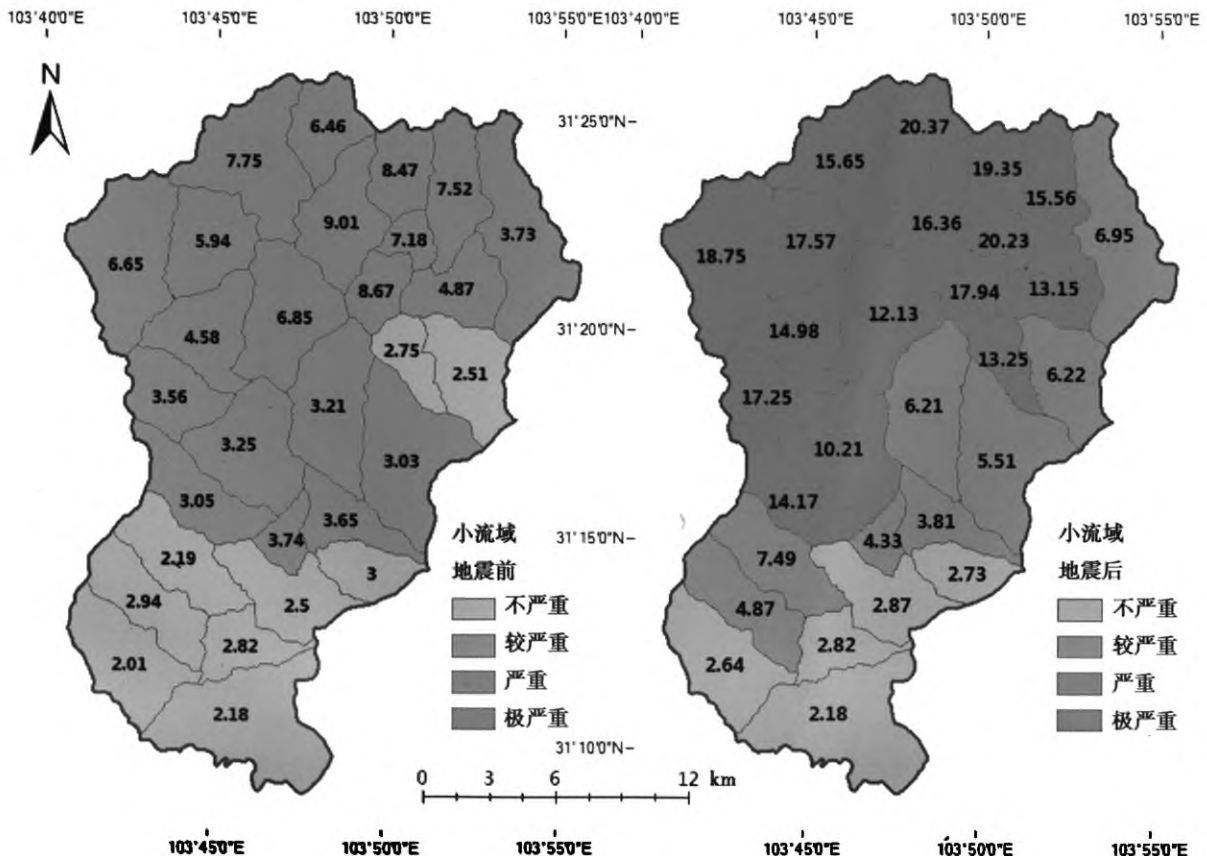


图4 地震前后小流域侵蚀严重程度指数及分级

Fig. 4 The grading of Index of soil erosion severity (ISES) of post-earthquake

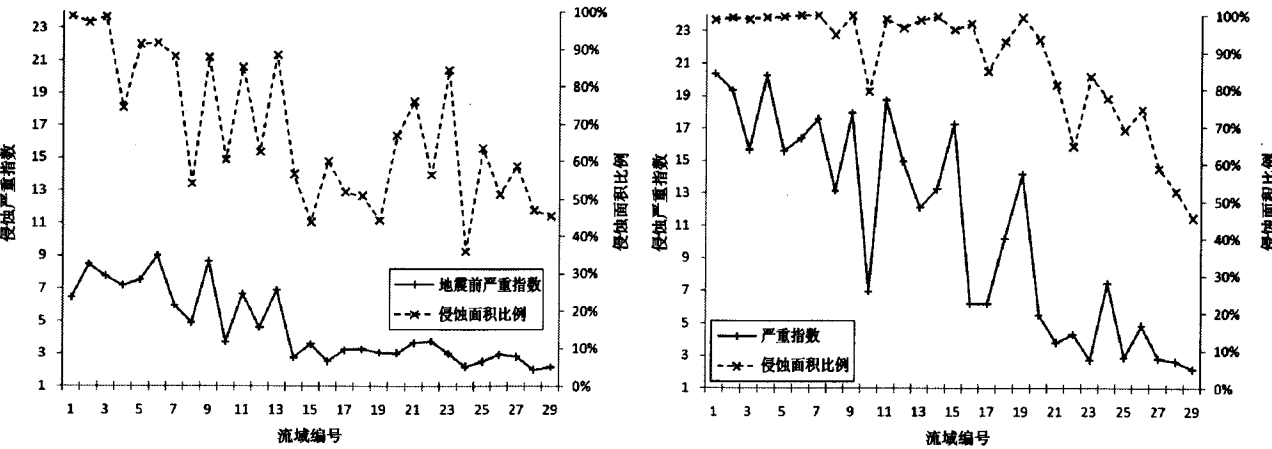


图5 震前(左)与地震后(右)侵蚀严重指数与侵蚀面积比例对比趋势

Fig.5 The comparison between Index of soil erosion severity and percentage of erosion area of pre-earthquake (Left) and post-earthquake (Right)

地震前回归分析结果表明,震前小流域土壤侵蚀严重指数与平均高程、平均坡度分别存在显著一元线性回归关系,如图6,小流域严重指数与其平均高程回归方程为 $y = 271.2x + 1080.9$,相关度达到 $R^2 = 0.644 (n = 29)$;小流域严重指数与其平均坡度 $y = 2.8183x + 22.493$,相关度达到 $R^2 = 0.513 (n = 29)$ 。

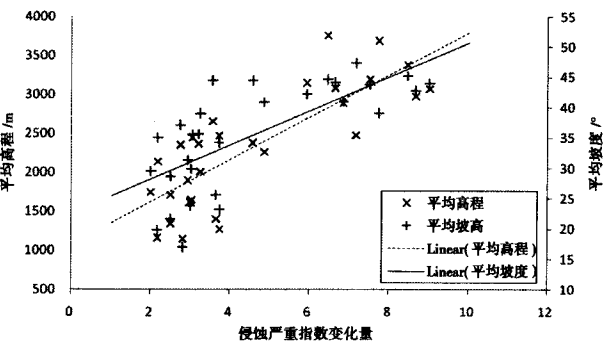


图6 震前侵蚀严重指数与高程、坡度一元线性回归分析

Fig.6 Results of one-dimensional linear regression analysis between ISES and gradient, altitude of pre-earthquake

地震后,小流域严重指数与其平均高程回归方程为 $y = 105.24x + 1189.6$,相关度升至 $R^2 = 0.771 (n = 29)$;小流域严重指数与其平均坡度 $y = 1.2863x + 21.527$,相关度增大至 $R^2 = 0.851 (n = 29)$ (图7)。两类关系均显著相关,并且相比震前相关度不同程度增长,坡度与侵蚀严重指数的相关系数增长显著。这表明地震前后小流域平均坡度、海拔愈大,其侵蚀愈严重;且平均坡度、海拔两因素均对小流域侵蚀严重性有所贡献,其中坡度因素对小流域土壤

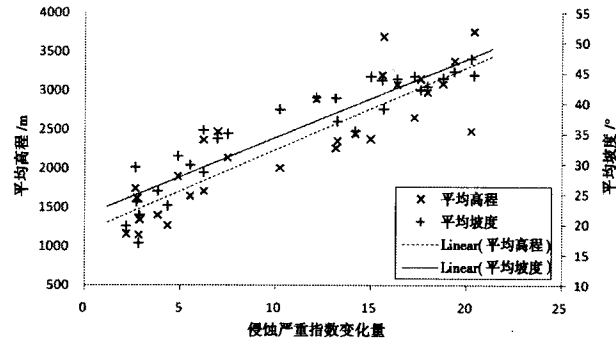


图7 震后侵蚀严重指数与高程、坡度一元线性回归分析

Fig.7 Results of one-dimensional linear regression analysis between ISES and gradient, altitude of post-earthquake

侵蚀严重性影响更为明显。

4 结论

通过考察震后小流域侵蚀严重指数的分布并结合实际水土保持综合治理的需要,本研究所确定的小流域土壤侵蚀严重指数分级指标综合面积及侵蚀强度因素,可以有效的评价震后小流域土壤侵蚀的严重性。地震后绝大多数小流域的侵蚀严重指数有所增加,侵蚀更为严重。29个小流域中,土壤侵蚀程度较轻微的不严重、较严重的小流域数量分别由震前8个及21个降至震后的5个及8个,面积分别减少44.82 km²及191.64 km²,严重性分级发生变化的小流域皆转为严重及极严重级别,震后新增严重及极严重小流域分别为12个及4个,面积分别新增183.76 km²及52.70 km²。总体分布上,震后土壤侵蚀严重性由西北向东南递减。

对于以小流域为单元的评价,土壤侵蚀严重指数相比总土壤侵蚀面积能更加全面地体现地震及其引发的山地灾害造成的土壤侵蚀面积、强度两方面的综合影响。地震前后小流域平均坡度、海拔愈大,其侵蚀愈严重;且平均坡度对小流域土壤侵蚀严重性影响更为明显。

针对震后土壤侵蚀严重的小流域,特别是对居民的生产生活及基础设施存在严重威胁的灾害点及其周边,可以采用工程措施,如边坡治理、排导拦截工程等进行重点治理。对于侵蚀严重且海拔较高的小流域,可充分结合本区域良好的水热条件,进行生态自然修复。

参考文献 (References)

- [1] Tang Liqun, Chen Liguang, Cai Mingyang. A mathematical model of sediment yield on small watershed in the gullied-hilly Loess Plateau [J]. Journal of Hohai university, 1990, (06): 10 - 16 [汤立群, 陈国祥, 蔡名扬. 黄土丘陵区小流域产沙数学模型[J]. 河海大学学报, 1990, (06): 10 - 16]
- [2] Pu Zhaohong, Sun Jinzhuang, Zhou Fujian, et al. The research of The progress of quantitative remote sensing method for annual soil losses and its' application [J]. Acta Pedologica Sinica, 1997, (03): 235 - 245 [卜兆宏, 孙金庄, 周伏建, 等. 水土流失定量遥感方法及其应用的研究[J]. 土壤学报, 1997, (03): 235 - 245]
- [3] Pu Zhaohong, Tang Wanlong, Yang Linzhang, et al. The progress of quantitative remote sensing method for annual soil losses and its application in Taihu lake catchments [J]. Acta Pedologica Sinica, 2003, (01): 1 - 9 [卜兆宏, 唐万龙, 杨林章, 等. 水土流失定量遥感方法新进展及其在太湖流域的应用[J]. 土壤学报, 2003, (01): 1 - 9]
- [4] Wang Yufei, Pu Lijie. A review on the ^{137}Cs applications in the soil erosion study in China [J]. Journal of Nanjing University: Natural Sciences, 2002(06): 803 - 812 [王宇飞, 濮励杰. ^{137}Cs 应用于我国土壤侵蚀研究评述[J]. 南京大学学报: 自然科学版, 2002, (06): 803 - 812]
- [5] Xu Tianshu, Peng Shikui, Yue Cairong, et al. Evaluation of Soil Erosion Based on GIS in a Small Watershed [J]. Journal of Nanjing Forestry University: Natural Science Edition, 2002, 26(4): 43 - 46 [徐天蜀, 彭世揆, 岳彩荣, 等. 基于 GIS 的小流域土壤侵蚀评价研究[J]. 南京林业大学学报: 自然科学版, 2002, 26(4): 43 - 46]
- [6] Zhou Rongjun, Li Yong, Densmore Alexander L, et al. Active tectonics of the eastern margin of the Tibet plateau [J]. Journal of Mineralogy and Petrology, 2006, (02): 40 - 51 [周荣军, 李勇, Densmore Alexander L, 等. 青藏高原东缘活动构造[J]. 矿物岩石, 2006, (02): 40 - 51]
- [7] Di Baofeng, Zeng Hongjuan, Zhang Minghua, et al. Quantifying the spatial distribution of soil mass wasting processes after the 2008 earthquake in Wenchuan, China; a case study of the Longmenshan area [J]. Remote Sensing of Environment, 2010, 114(4): 761 - 771
- [8] Cooperative Group of Sichuan Vegetation. Sichuan vegetation [M]. Chengdu: Sichuan People's Publishing House, 1980: 267, 309 - 316 [四川植被协作组. 四川植被 [M]. 成都: 四川人民出版社, 1980: 267, 309 - 316]
- [9] Zhang Huiping. Research of eastern edge of Qinghai-Tibet Plateau, northeastern margin of the Late Cenozoic geomorphologic processes [D]. Beijing: China University of Geosciences (Beijing), 2006: 30 - 33 [张会平. 青藏高原东缘、东北缘典型地区晚新生代地貌过程研究 [D]. 北京: 中国地质大学(北京), 2006: 30 - 33]
- [10] Wang Tingting. Tuojiang different bacteria in sediments in different seasons and different distribution patterns of arsenic [D]. Chengdu: Chengdu University of Technology, 2008: 8 - 9 [王婷婷. 沱江不同季节沉积物中不同菌群和不同形态砷的分布规律研究 [D]. 成都: 成都理工大学, 2008: 8 - 9]
- [11] Fan Jihui. Cascade Reservoir Operation Simulation and its' environmental impact on river ecology [D]. Chengdu: Institute of Mountain Hazards and Environment, CAS, 2007: 62 - 64 [范继辉. 梯级水库群调度模拟及其对河流生态环境的影响 [D]. 北京: 中国科学院研究生院(成都: 中国科学院水利部成都山地灾害与环境研究所), 2007: 62 - 64]
- [12] Li Zhiguang, Luo Zhidong. On method for evaluating soil erosion severity in county scale——index of soil erosion severity and its application [J]. Bulletin of Soil and Water Conservation, 2006, (04): 41 - 51 [李智广, 罗志东. 县域土壤侵蚀严重性评价方法初探——土壤侵蚀严重指数的定义与应用[J]. 水土保持通报, 2006, (04): 41 - 51]

Evaluation of Soil Erosion Based on GIS in a Small Watershed in Wenchuan Seismic Disaster Area

——A Case Study of Longmen Mountain Areas in Pengzhou City

SI Boyang¹, DI Baofeng¹, ZHANG Bin², YU Bo¹

(1. College of Architecture & Environment, Sichuan University, Chengdu 610065, China;

2. Land and Resources College, China West Normal University, Nanchang 637002, China)

Abstract: The 8.0Ms Wenchuan Earthquake has caused severe damage to the Longmen mountain areas. Serious secondary disasters and soil erosion induced by the earthquake would constant influence on the life and production of the local people. It is of great significance to evaluate soil erosion in a small watershed for post-earthquake reconstruction and Soil and Water Conservation. Taking the Longmen mountain areas as an example, the study area was divided into 29 small watersheds by GIS technology. The evaluation model and grading method of Index of soil erosion severity (ISES) was determined by the overlay tools of GIS. We conducted the evaluation of the severity of soil erosion and analysis of the variation characteristics of soil erosion in every small watershed before and after the earthquake. The results indicated that soil erosion in all the small watersheds had worsened. The number of small watersheds moderately eroded decreased from 8 to 5, and severely eroded decreased from 21 to 8. 12 newly moderately eroded and 4 newly severely eroded small watersheds were increased, with the covered area were 183.76 km² and 52.70 km² respectively. The distribution of soil erosion severity decreases from west-north to south-east. The average altitude and average gradient showed positive correlation to ISES in small watersheds before and after the earthquake, furthermore, the average gradient contributed to the change of ISES more.

Key words: Geographical Information System (GIS); Wenchuan earthquake; small watershed; soil erosion, index of soil erosion severity (ISES)

作者: [司渤洋](#), [第宝锋](#), [张斌](#), [余波](#), [SI Boyang](#), [DI Baofeng](#), [ZHANG Bin](#), [YU Bo](#)
作者单位: [司渤洋, 第宝锋, 余波, SI Boyang, DI Baofeng, YU Bo \(四川大学建筑与环境学院, 四川成都, 610065\)](#), [张斌, ZHANG Bin \(西华师范大学国土资源学院, 四川南充, 637002\)](#)
刊名: [山地学报](#) [ISTIC](#) [PKU](#)
英文刊名: [Journal of Mountain Science](#)
年, 卷(期): 2011, 29(4)

参考文献(12条)

1. [汤立群;陈国祥;蔡名扬](#) [黄土丘陵区小流域产沙数学模型](#)[期刊论文]-[河海大学学报\(自然科学版\)](#) 1990(06)
2. [卜兆宏;孙金庄;周伏建](#) [水土流失定量遥感方法及其应用的研究](#) 1997(03)
3. [卜兆宏;唐万龙;杨林章](#) [水土流失定量遥感方法新进展及其在太湖流域的应用](#)[期刊论文]-[土壤学报](#) 2003(01)
4. [王宇飞;濮励杰](#) [137 Cs应用于我国土壤侵蚀研究评述](#)[期刊论文]-[南京大学学报\(自然科学版\)](#) 2002(06)
5. [徐天蜀;彭世揆;岳彩荣](#) [基于GIS的小流域土壤侵蚀评价研究](#)[期刊论文]-[南京林业大学学报\(自然科学版\)](#) 2002(04)
6. [周荣军;李勇;Densmore Alexander L](#) [青藏高原东缘活动构造](#)[期刊论文]-[矿物岩石](#) 2006(02)
7. [Di Baofeng;Zeng Hongjuan;Zhang Minghua](#) [Quantifying the spatial distribution of soil mass wasting processes after the 2008earthquake in Wenchuan,China:a case study of the Longmenshan area](#) 2010(04)
8. [四川植被协作组](#) [四川植被](#) 1980
9. [张会平](#) [青藏高原东缘、东北缘典型地区晚新生代地貌过程研究](#)[学位论文] 2006
10. [王婷婷](#) [沱江不同季节沉积物中不同菌群和不同形态砷的分布规律研究](#) 2008
11. [范继辉](#) [梯级水库群调度模拟及其对河流生态环境的影响](#) 2007
12. [李智广;罗志东](#) [县域土壤侵蚀严重性评价方法初探——土壤侵蚀严重指数的定义与应用](#)[期刊论文]-[水土保持通报](#) 2006(04)

引证文献(1条)

1. [秦纪洪;武艳镯;孙辉;王琴](#) [彭州市龙门山不同地震裸地次生演替初期土壤酶活性研究](#)[期刊论文]-[水土保持研究](#) 2013(3)

本文链接: http://d.wanfangdata.com.cn/Periodical_sdx201104007.aspx