

文章编号: 1008 - 2786 - (2011)2 - 243 - 07

# 基于信息量模型的玉树地震次生地质灾害危险性评价

牛全福<sup>1,2,3</sup>, 程维明<sup>2\*</sup>, 兰恒星<sup>2</sup>, 刘勇<sup>1</sup>, 颀耀文<sup>1</sup>

(1. 兰州大学资源环境学院, 甘肃 兰州 730020; 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. 甘肃省电力设计院, 甘肃 兰州 730050)

**摘 要:** 2010-04-14 发生在青海省玉树的 Ms7.1 级地震引发了大量的地质灾害。基于 GIS 技术和信息量模型方法, 以坡度、坡向、高程、坡形、地貌类型、断层距和地层岩性为评价因子, 通过空间分析计算各因子的信息量, 分析地质灾害在各因子中的空间分布特征, 对各评价因子图层进行空间建模, 将获取的信息量图划分为高度、中度、轻度三级危险区, 通过遥感解译研究区实际滑坡分布, 与危险性分布图叠加表明: 本次研究得出的危险等级与实际的滑坡发生情况相吻合, 为灾区重建提供参考依据。

**关键词:** 地质灾害; 信息量模型; 评价因子; 危险性评价

**中图分类号:** P642.2, X141

**文献标识码:** A

2010-04-14 发生在青海省玉树藏族自治州(简称玉树州)的 Ms7.1 级地震给震区人民造成严重的生命和财产损失, 根据国土资源系统技术人员在玉树县开展的地质灾害应急排查成果表明, 震后在玉树县境内共发现地质灾害(包括隐患)总数达 243 处。其中崩塌 77 处、滑坡 29 处、不稳定斜坡 58 处、泥石流沟 66 处、地裂缝 13 处(总长约 4 km); 通过遥感解译, 震后玉树县城南部的巴塘河岸边形成约 4 km 长的滑坡地段, 在玉树县城西北的拢松达至堪和一带的巴塘河两岸产生大量崩塌滑坡群, 在却参达、扎拉达附近的泥石流沟上游产生大量滑坡崩塌, 同时在扎西科河等处也发现了大量崩塌与滚石, 以及长度达 1.5 km 的大型裂缝。大量的崩塌滑坡为泥石流形成提供了丰富的物质, 雨季遇到高强度降水, 将会引发大规模的泥石流灾害。虽然本次由地震诱发的崩塌滑坡灾害的破坏性比汶川地震要小

得多, 但震后次生灾害的威胁不容忽视, 因此进行地震重灾区次生地质灾害的危险性评价十分必要。

本文结合玉树地震诱发次生地质灾害的空间分布情况, 以坡度、坡向、相对高差、坡形、地貌类型、断层距、地层岩性等作为评价指标<sup>[1-9]</sup>, 应用 GIS 技术和信息量模型方法<sup>[10-15]</sup>, 对次生地质灾害的危险性进行评估和预测, 为地震重灾区抗震救灾和灾后重建规划提供依据。

## 1 研究区域与数据

### 1.1 研究区域的选择

玉树地震的震中位于玉树县城西北的郭达央宗一带, 震中地面海拔 4 400 m(玉树县城地面海拔为 3 800 m)。本次研究选取玉树州府所在地结古镇及达地乡作为评价范围(图 1), 评价面积为 146.2 km<sup>2</sup>。

收稿日期(Received date): 2010-07-06; 改回日期(Accepted): 2010-09-05。

基金项目(Foundation item): 863 专题(2009AA12Z103-3)、国家自然科学基金面上基金项目(40871177)和国家科技支撑计划(2008BAK50B01-5 和 2008BAK50B01-6)共同资助。[Supported by 863 program(2009AA12Z103-3), the National Natural Science Foundation of China(40871177) and national science & technology pillar program(2008BAK50B01-5 & 2008BAK50B01-6).]

作者简介(Biography): 牛全福(1973-), 男, 甘肃天水人, 博士研究生, 主要从事地理信息与地形分析方面的研究。[Niu Quanfu, male, born in Tianshui, Gansu. PhD Candidate, majoring in the research on GIS and topography analyse. ]E-mail: niuquanfu980703@163.com; Tel: 13893346034

\* 通讯作者(Corresponding author): 程维明(1973-), 男, 副研究员, 硕士生导师, 主要从事数字地貌提取与制图方面的研究。[Cheng Weiming, male, associate professor, Master tutor, majoring in the research on figure physiognomy and Mapping. ]E-mail: chengwm@reis.ac.cn; Tel: 13910239860

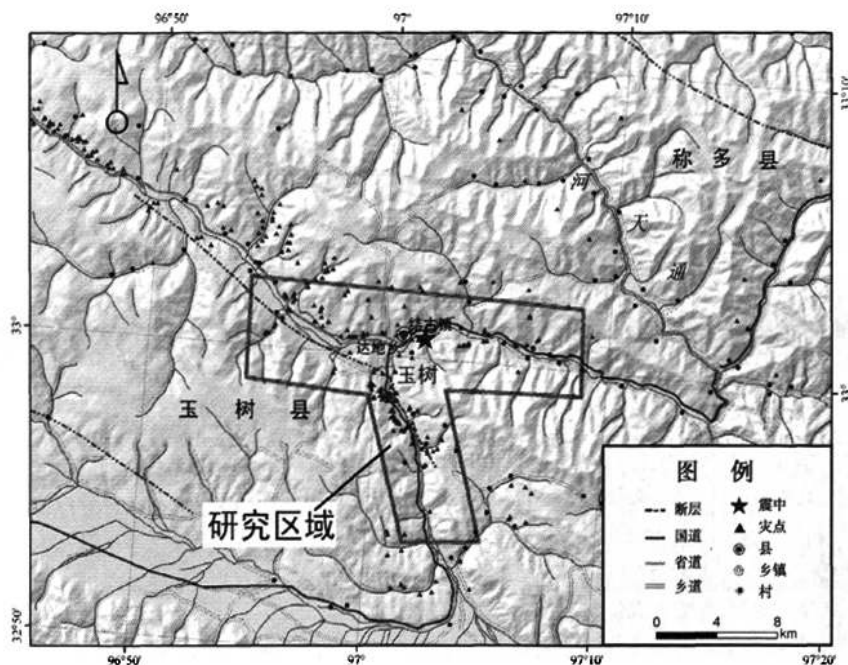


图1 玉树地震研究区域

Fig. 1 The study region of Yushu earthquake

由于结古镇人口密集,是玉树州的经济、政治、文化中心,也是本次地震受灾最严重的地区。研究区三面环山,在震前地质灾害危害就很大,本次地震又造成了大量山体滑坡激活,遥感解译表明山坡上存在许多土体滑坡,雨季遇到高强度降水,极易形成泥石流灾害,对灾区人们的财产和生命安全影响长远。

## 1.2 采用的数据源

本次研究的数据包括:震区 SRTM-DEM (90 m) 数据、国家地质调查局提供的 1:50 万数字地质数据、研究区的 10 m DEM 高程数据、0.41 m 的航空影像数据、其他基础地理数据和专题数据、以及由中国科学院地理科学与资源研究所玉树地震灾后重建规划项目组解译和获取的震后地质灾害数据等。

## 2 研究的方法与流程

### 2.1 信息量模型的原理

信息量的概念已被广泛应用于滑坡灾害的空间预测和危险性评价等研究中。信息量模型是一种统计分析预测方法,它是通过已变形或破坏的地质体的现实情况和提供的现实信息,把反映各种评价地质体稳定性因素的实测值转化为反映地质体稳定性的信息量值,即用评价地质体稳定性的各因素的

息量来表征其对地质体变形破坏的“贡献”的大小,进而评价地质体稳定性程度。信息量用概率计算,实际计算时可用频率估计条件概率来估算<sup>[10,15]</sup>,即

$$I(L, x_1) = \ln \frac{N_i/N}{S_i/S} \quad (1)$$

式中  $S$  为研究区评价单元总数;  $N$  为研究区含有次生地质灾害分布的单元总数;  $S_i$  为研究区内含有评价因素  $x_1$  的单元数;  $N_i$  为分布在因素  $x_1$  内特定类别内的次生地质灾害单元数。

一般来说,每个评价单元的影响因素都是由多项因素综合的结果,各种因素又存在若干类别。对单元各类别的信息量求和,即可确定该单元的总信息量  $I_i$ 。  $I_i$  值表示该单元多种因素共同作用下边坡稳定性的综合指标

$$I_i = \sum_{j=1}^n I(L, x_j) = \sum_{j=1}^n \ln \frac{N_j/N}{S_j/S} \quad (2)$$

式中  $I_i$  为评价单元总的信息量值,  $n$  为参评因子数。

用总的信息量  $I_i$  作为该单元影响次生地质灾害发生的综合指标,其值越大表明越有利于次生地质灾害的发生,该单元的次生地质灾害危险性也越高。最后对最终的全部单元的信息量值划分类别,分成不同的危险等级。

2.2 数据处理流程

研究中主要使用 ArcGIS 软件,利用 DEM 提取地形影响因子,包括坡度、坡向、相对高差、坡形等;利用地质数据获取地质因子,即:岩性、断层距;利用地貌数据获取地貌类型因子。然后栅格化各评价因子,利用灾害数据通过 ArcGIS 软件空间分析计算各因子的信息量,针对输入的各评价因子图层进行空间分析建模,获得研究区的危险性分布图层。

利用航空影像经几何校正后,解译研究区的地质灾害<sup>[16-18]</sup>,并与危险性分布图进行叠加,分析验证制作的危险性分布图的评价效果(图2)。

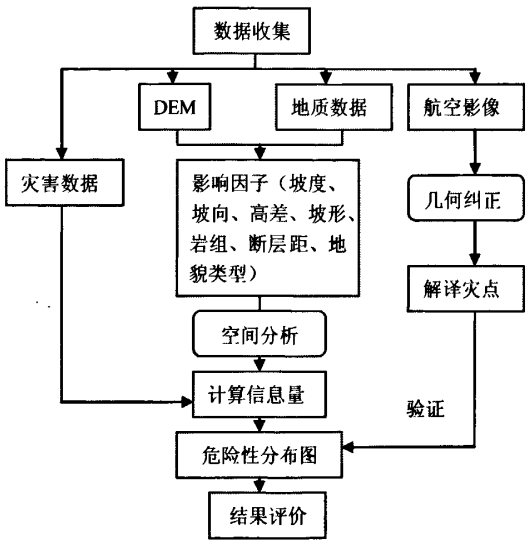


图2 地质灾害危险性评价流程  
Fig.2 Flow chart of secondary geological disaster assessment

3 基于信息量模型的地质灾害危险性评价

3.1 次生灾害影响因子提取与分析

1. 坡度 一般来说,地形坡度为松散物质势能对动能转化的主要因素,对滑坡而言,坡度的大小对于斜坡表面土体所承受的重力、斜坡表面的径流能量等都具有重要的作用。本文坡度图层的提取是利用 DEM 数据在 ArcGIS 软件中的 slope 工具生成。为了具体表示次生地质灾害与坡度的关系特征,把坡度以 5° 为间隔分为 9 个类别,然后与提取的次生地质灾害进行叠加统计计算(图3)。从灾害点与坡度关系图中可以看出,整个研究区的坡度分布在 0° ~ 89.48°,平均坡度值为 23.6°,次生灾害大多集中在坡度为 10° ~ 20° 的区间内,占整个灾区获取

灾害点的 96.4%。经航空影像解译,该范围处于斜坡靠近山脚处,人类工程(如修路、建房开挖等)活动较多,在靠近山一侧形成陡崖或临空面,在地震的触发下,极易形成滑坡体。

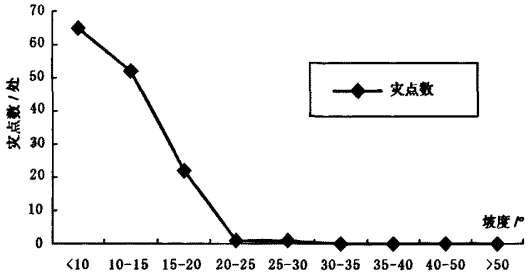


图3 次生地质灾害与坡度的关系  
Fig.3 Relation between geological disasters and slope

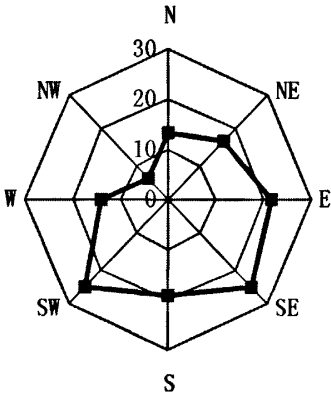


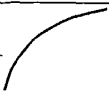


图4 次生地质灾害与坡向的关系  
Fig.4 Relation between geological disasters and aspect

2. 坡向 在 ArcGIS 中,利用空间分析的 Aspect 工具和 3×3 窗口进行扫描,获得研究区的坡向图层,经计算统计分析,制作灾点与坡向的关系(图4)。可以看出研究区绝大多数灾害点分布在正东、东南和西南方向,表明不同坡向的边坡对地震响应存在差异。从航空影像上解译发现,正东、东南和西南方向为研究区的阳坡。通常在地质地理条件类似情况下,阳坡比阴坡的日照时间长,气温高、日较差大,蒸发强烈,湿度低。这种水热条件的坡向差异可导致植被、水文、土壤、地形等自然地理要素的规律性分异,从而使滑坡等的分布呈现坡向差异规律。在自然状态下,阳坡水热条件变化应比阴坡要大,天然植被生长状况较阴坡弱,土坡的风化崩解较快,地表径流对坡面物质的冲刷侵蚀作用较强,因而滑坡形成的地理过程较快。

表 1 坡形分级描述  
Table 1 Description of slope shape classification

坡形	直线型	凹形	凸形
描述			
成因分析	进入地貌演化中期	地貌演化成熟期	地貌剧烈演化期， 滑坡作用强烈

3. 坡形 坡形是局部地表曲面的曲折状态。一般可分为直线形斜坡、凸形斜坡、凹形斜坡和台阶形斜坡 4 种基本类型,在自然界中这几种坡形常常相互结合,形成一些复杂的坡面。本次研究中提取的坡形分为 3 类(表 1),即坡形值小于零部分作为凹形坡,等于零部分定义为直线形斜坡,而将大于零部分作为凸形坡。经与灾害点叠加计算信息量值,在凹形坡范围内,其信息量值为 -1.08,在直形坡范围的信息量值为 1.28,在凸形坡范围的信息量值为 8.49。由此可见,研究区的次生地质灾害主要发生在凸形坡,从坡形成因分析可知,凸形坡处于地貌剧烈演化期,滑坡等作用也较强烈。

4. 高程 研究区为冻融分布区,冻融使得斜坡物质反复蠕动、冻结,为泥石流的发育提供固体物质来源,本区内主要有 3 种类别:季节性冻土带,永久性冻土带,岛状冻土带。季节性冻土带在夏季解冻如遇强降雨,极易形成泥石流。从航空遥感影像解译的崩塌滑坡数据与 DEM 进行叠加分析得出,研究区大多数次生灾害的分布在高程 3 800 ~4 200 m,该区属于季节性冻土带,受人类活动工程(如道路开挖、建房开挖等)的影响,使得房屋、公路等的靠山一侧形成较陡的斜坡,在地震的触发下,产生了大量的土质滑坡,解译的大多数灾害点(71.3%)就位于这一区域。

5. 岩性 研究区主要为晚三叠世巴塘群变质砂岩、板岩互层,砂板岩互层是地质灾害的易发地层,在地形高差满足地质灾害启动动能及降雨强度满足的条件下,极易发生大规模地质灾害。按照国家工程地质场地建设划分标准,将含有泥岩、页岩、千枚岩、蛇绿岩、粘土岩等软岩的岩组均划分为软岩岩组,花岗岩、闪长岩等划分为硬岩岩组,白云岩、石灰岩、砂板岩等划分为次硬岩岩组,第四系及单轴抗压强度小于 5 MPa 的极软岩(含未成岩)岩组,划分为极软岩岩组,这样将整个研究去划分为三个等级,

极软岩、软岩和硬岩。岩性与地质灾害的关系如表 2。

表 2 地层岩性与灾害点的关系  
Table 2 Relation between lithology and disasters

地层岩性	面积/km <sup>2</sup>	百分比/%	灾害点/个	百分比/%
极软岩	28.4	14.0	5	3.6
软岩	136.5	78.3	88	62.4
硬岩	21.2	7.7	48	34.0
合计	146.2	100	141	100

由表 2 可以看出,研究区极软岩占总面积的 14%,诱发的灾害点占总灾害的 3.6%;软岩岩组占总面积的 78.3%,灾害点为 62.4%;硬岩岩组占总面积的 7.7%,灾害点为 34%。由此可以看出,研究区的灾害点主要发生于软岩岩组,该岩组为地质灾害的易发层。

6. 断层距 玉树地震形成的次生地质灾害具有 NNW - SSE 向沿地表破裂带呈带状分布的特征,主要分布于地表破裂带两侧。将地质灾害点以破裂带为中心做缓冲区分析,进行空间统计(图 5),结果表明 77.3%的次生地质灾害分布在破裂带 3 km 的范围内,这说明地震引发的次生地质灾害主要分布在断裂带附近,在空间上符合沿发震断层呈指数递减规律,其相关性达到 87.86%。

7. 地貌类型 研究区的地貌类型<sup>[19]</sup>主要为冰缘作用下的高海拔平原、小起伏高山、中起伏高山和大起伏高山。将灾害点与地貌类型进行叠加统计得出,约 75%的灾害点分布于中起伏高山,其次为高海拔平原、小起伏高山,大起伏高山地貌灾害点分布极少。

3.2 基于信息量的地质灾害危险性区划

本次研究选用坡度、坡向、高程、坡形、地貌类型、断层距和岩性 7 个因子作为参加次生地质灾害

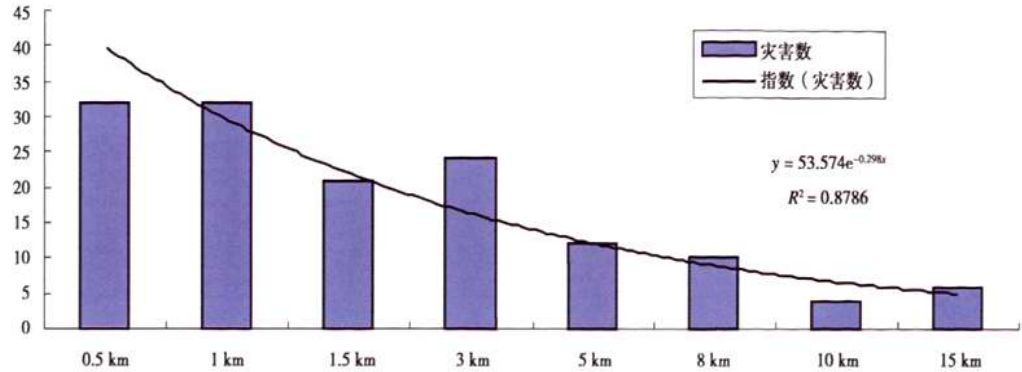


图 5 地质灾害与距断裂带距离的关系

Fig. 5 Relation between secondary geological disasters and fault

风险性评价的因子。利用 GIS 的空间分析功能,结合已有灾害数据进行叠加运算,获取地质灾害在不同因子类别中的分布密度,再按照信息量模型计算各评价指标的信息量值。对各类别赋予其计算的信息量值,得到 7 幅单因子信息量图层,然后将这 7 个因子的信息量图层进行栅格累加,得到本次研究区的综合信息量图。利用统计学中的自然断点法 (natural break) 将信息量图进行重新分类,划分为 3 级:高度、中度和轻度,按此标准分类后的危险性等级图即为最终次生灾害危险性区划图 (图 6)。

3.3 结果分析及评价

解译航空影像数据共获得研究区的次生地质灾害为 76 处,解译发现绝大多数发生于人工开挖的公路、房屋靠山一侧,少量位于斜坡地区,且灾害点在影像上能完全分辨,主要为崩塌、滑坡。将解译的灾害点评价图叠加,可以看出 (图 7),崩塌、滑坡基本

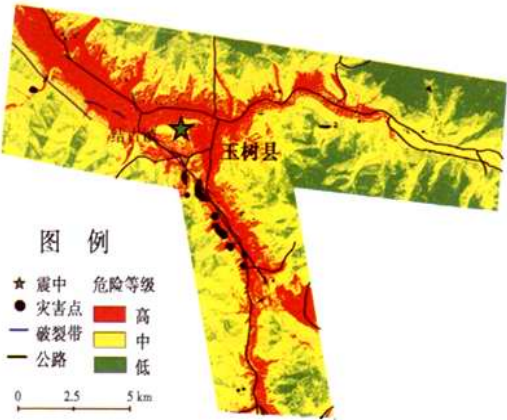


图 7 玉树次生地质灾害分布图

Fig. 7 Distribution map of secondary geological disasters

位于高危险区域,表明本次制作的危险性分布图较客观的反映了研究区的地质灾害分布。利用图 6 划分的危险性等级与实际解译的滑坡分布对比见表 3。

表 3 划分的危险性等级与实际灾点分布对比列表

Table 3 Comparison list between disasters investigated and assessment

级别	S/km <sup>2</sup>	a/%	N/km <sup>2</sup>	b/%	b/a
轻度	36.99	25.1	0.023	1.4	0.06
中度	105.07	72.1	0.572	35.5	0.49
高度	4.12	2.8	1.015	63.1	22.54
SUM	146.18	100	1.61	100	

其中:S 为该级别的面积,a 为该级别占研究区的百分比,N 为落入该级别的灾点,b 为落入该级别的灾点占总灾点的百分比。

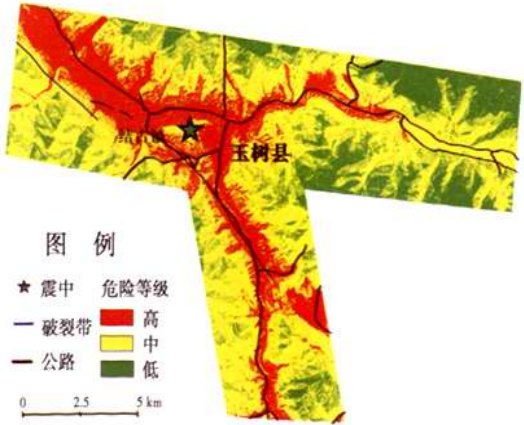


图 6 次生地质灾害危险性评价图

Fig. 6 Assessment map of secondary geological disasters

由图 7 和表 3 可以得出:1. 研究区次生地质灾害大多数分布在划分的高度危险区,部分落入中度

危险区,说明地质灾害危险性区划结果中稳定性最差的地段与已有的地质灾害分布具有较好的对应关系,地质灾害频发区对应着地质灾害高度危险区,同时也从另一方面说明评价结果的可信度较高,划分结果比较理想;2. 地质灾害高度危险区主要分布在三山相交的沟谷及斜坡的坡脚处,占研究区的25.1%;中度危险区位于斜坡及其阳坡区域,占研究区的72.1%;轻度危险区多位于冻土区,占研究区的2.8%;3. 次生地质灾害的高发区主要与研究区内相对强烈的人类工程活动及三叠纪通天河蛇绿混杂岩、晚三叠世巴塘群火山岩灰岩组有关。该区域是玉树县人口分布最为密集和工程、经济活动强度最大的地区,分布着玉树州政府重要的集镇(结古镇和达地乡)及国道214、省道308线等重要交通设施,区内人类开挖建房、修路等工程活动活跃,临空条件好,在地震的触发下,形成大量的滑坡,有的阻断交通,破坏渠道,掩埋房屋,给当地人们的生命和财产造成严重的损失。

## 4 结论与讨论

1. 研究区的地质灾害主要发生在沟谷靠山侧,具有沿地表破裂带呈带状分布的特征,主要分布于地表破裂带的两侧。从坡度来看,次生地质灾害主要分布在 $10^{\circ} \sim 20^{\circ}$ 的斜坡;在坡向上表现为正东、东南和西南呈大量集聚;从高程来看,主要发生于海拔为3 800~4 200 m,属季节性冻土带;从地质岩组来分析,地质灾害主要发生于三叠纪通天河蛇绿混杂岩、晚三叠世巴塘群火山岩灰岩组;从地貌来分析,主要分布于冰缘作用下的中起伏高山,该区域为次生地质灾害的易发区。

2. GIS技术在地质灾害研究中得到广泛的应用,为滑坡的空间分析提供了方便、快捷的环境,利用空间分析方法可自动获取滑坡各影响因子的数据,将因子图层根据不同的需求和精度进行叠加,从而很方便得到所需的结果。

3. 尽管本次地震诱发的次生地质灾害的破坏性比汶川地震要小得多,但从航片解译的结果表明,在重灾区还是引发了相当数量的崩塌、滑坡等地质灾害,震后潜在次生灾害的威胁依然存在。本次研究采用GIS技术和信息量模型方法,结合研究区的地形地貌特点,选用了坡度、坡向、高程、坡形、地貌类型、断层距和地质岩性作为评价因子,经定量计算

得到研究区的次生地质灾害危险性分布图,并与解译的灾害点叠加分析,得出本研究制作的地质灾害分布图具有一定的可靠性。

本文仅选用一部分致灾因子进行研究区次生地质灾害的危险性评价,其他因子对研究区灾害的影响还需进一步的研究,以系统地探讨多种致灾因子对高原冻融分布区次生地质灾害的影响。

致谢:感谢中科院地理科学与资源环境研究所资源与环境信息系统国家重点实验室提供研究区基础地理数据和技术支持。同时感谢中国科学院对地观测与数字地球科学中心和国家测绘局提供航拍影像和高精度DEM数据。

## 参考文献 (References)

- [1] Liu Fengmin, Zhang Lihai, Liu Haiqing, et al. Danger assessment of earthquake-induced geological disasters in China[J]. Journal of Geomechanics, 2006, 12(2):127-131 [刘凤民, 张立海, 刘海青, 等. 中国地震次生地质灾害危险性评价[J]. 地质力学学报, 2006, 12(2):127-131]
- [2] Sun Chongshao Cai Hongwei. Developing and distributing characteristics of collapses and landslides during strong historic earthquake in China[J]. Journal of Natural Disasters, 1997, 6(1):25-30 [孙崇绍, 蔡红卫. 我国历史地震时滑坡崩塌的发育及分布特征[J]. 自然灾害学报, 1997, 6(1):25-30]
- [3] Chen Xiaoli, Ran Hongliu. Triggering factors susceptibility of earthquake-induced landslides in 1976 Longling Earthquake[J]. Acta Scientiarum Naturalium Universitatis Pekinensis, 2008, 2:50-56 [陈晓利, 冉洪流. 1976年龙陵地震诱发滑坡的影响因子敏感性分析[J]. 北京大学学报:自然科学版, 网络版(预印本), 2008, 2:50-56]
- [4] Su Qiang. Research on Loess landslide hazard zonation based on DEM[D]. 2006 [苏强. 基于DEM的黄土滑坡危险性评价研究[D]. 2006]
- [5] Qi Shengwen, Xu Qiang, Liu Chunling, et al. Slope instabilities in the severest disaster areas of 5·12 Wenchuan earthquake[J]. Journal of Engineering Geology, 2009, 17(1):39-49 [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]
- [6] Huang Runqiu, Li Weile. Fault effect analysis of geo-hazard triggered by Wenchuan earthquake[J]. Journal of Engineering Geology, 2009, 17(1):19-28 [黄润秋, 李为乐. 汶川大地震触发地质灾害的断层效应分析[J]. 工程地质学报, 2009, 17(1):19-28]
- [7] Han, J. L., Wu, S. R., He, S. J., et al. Basal characteristics and formation mechanisms of geological hazards triggered by the May 12, 2008 Wenchuan earthquake with amoment magnitude of 8.0[J]. Earth Science Frontiers, 2009, 16(3):306-326
- [8] Huang Runqiu, Li Weile. Research on development and distribution rules of geohazards induced by Wenchuan earthquake on 12th May, 2008[J]. Chinese Journal of Rock Mechanics and Engineering, 2008, 27(12):2585-2592 [黄润秋, 李为乐. “5.12”汶川大地震



- 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]
- [9] Zhang Yong-shuang, Lei Wei-zhi, Shi Ju-song, et al. General characteristics of 5.12 earthquake-induced geohazards in Sichuan[J]. Journal of Geomechanics, 2008, 14(2): 109-116 [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析[J]. 地质力学学报, 2008, 14(2): 109-116]
- [10] Du Jun, Yang Qing-hua, Yan Jia, et al. Hazard evaluation of secondary geological disaster based on GIS and information value method[J]. Earth Science: Journal of China University of Geosciences, 2010, 35(2): 324-330 [杜军, 杨清华, 等. 基于 GIS 与信息量模型的汶川次生地质灾害危险性评价[J]. 地球科学—中国地质大学学报, 2010, 35(2): 324-330]
- [11] Anbalagan, R. Landslide hazard evaluation and zonation mapping in mountainous terrain[J]. Engineering Geology, 1992, 32: 269-277
- [12] Tang Hong-mei, Lin Xiao-song, Chen Hong-kai, et al. Risk zonation assessment of geological disaster in Wanzhou area, Chongqing City [J]. The Chinese Journal of Geological Hazard and Control, 2004, (15): 1-5 [唐红梅, 林孝松, 陈洪凯, 等. 重庆万州区地质灾害危险性分区及评价[J]. 中国地质灾害与防治学报, 2004, (15): 1-5]
- [13] R. Greco, M. Sorriso-Valvo, E. Catalano. Logistic Regression analysis in the evaluation of mass movements susceptibility: the aspromonte case study, Calabria, Italy [J]. Engineering Geology, 2007, 89: 47-66
- [14] Lin, M. L., Tung, C. C. A GIS-based potential analysis of the landslides induced by the Chi-Chi earthquake [J]. Engineering Geology, 2003, 71(1-2): 63-77
- [15] Ruan S Y, Huang R Q. Application of GIS-based information-model on assessment of geological hazards risk [J]. Journal of Chengdu University of Technology, 2001, 28(1): 89-92 [阮沈勇, 黄润秋. 基于 GIS 的信息量法模型在地质灾害危险性区划中的应用[J]. 成都理工学院学报, 2001, 28(1): 89-92]
- [16] Wei Cheng-jie, Liu Ya-lan, Wang Shi-xin, et al. Investigation and assessment of damage in earthquake Wenchuan Sichuan quake based on remote sensing [J]. Journal of Remote Sensing, 2008, (05): 673-682 [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, (05): 673-682]
- [17] Zhuo Baoxi. Remote Sensing interpretation & application of geology engineering [M]. Beijing: China Railway Publishing House, 2002 [卓宝熙. 工程地质遥感解释与应用[M]. 北京: 中国铁道出版社, 2002]
- [18] Su Feng-huan, Liu Hong-jiang, Han Yong-shun, et al. The extraction of mountain hazard induced by Wenchuan earthquake and analysis of its distributing Characteristic [J]. Journal of Remote Sensing, 2008, 12(6): 956-963 [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]
- [19] Cheng Weiming, Zhou Chenghu, Chai Huixia, et al. Quantitative extraction and analysis of basic morphological types of land geomorphology in China [J]. Journal of Geo-Information Science, 2009, 11(6): 725-736 [程维明, 周成虎, 柴慧霞, 等. 中国陆地地貌基本形态类型定量提取与分析[J]. 地球信息科学学报, 2009, 11(6): 725-736]

## Susceptibility Assessment of Secondary Geological Disaster Based on Information Value Methodology for Yushu Earthquake Region

NIU Quanfu<sup>1,2,3</sup>, CHENG Weiming<sup>2</sup>, LAN Hengxing<sup>2</sup>, LIU Yong<sup>1</sup>, XIE Yaowen<sup>1</sup>

(1. College of Earth and Environmental Science Lanzhou University Lanzhou 730020, China; 2. State Key Laboratory of Resources and Environmental Information System, Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, CAS, Beijing 100101, China; 3. Gansu Provincial Electric Power Design Institute, Lanzhou 730050, China)

**Abstract:** Yushu Ms7.1 earthquake, occurred on 14 April 2010 in Qinghai province induced a kind of secondary geological disasters. Based on GIS and information value methodology, taking the factors including slope, aspect, altitude, morphology, slope characteristics, geomorphologic types, fault and lithology as assessment factors, information value of secondary geological disasters in different assessment factors was calculated by means of ArcGIS. Then the spatial distribution of secondary geological disasters in each of assessment factors was discussed. Space model for each map layer of assessment factors was performed. Information value map was calculated and categorized into three classes, specifically, “low”, “moderate”, “high”. According to the disasters acquired from remote sensing overlaid on the Information value map, the result can be summarized as follows. The hazard classes calculated by GIS and information value methodology preferably inosculate with field surveying. The result of this paper can provide the valid basis for the reconstruction of Yushu earthquake area in future.

**Key words:** geological disaster; information value methodology; assessment factors; susceptibility assessment

作者：[牛全福](#)，[程维明](#)，[兰恒星](#)，[刘勇](#)，[颜耀文](#)，[NIU Quanfu](#)，[CHENG Weiming](#)，[LAN Hengxing](#)，[LIU Yong](#)，[XIE Yaowen](#)

作者单位：[牛全福](#),[NIU Quanfu](#)(兰州大学资源环境学院, 甘肃, 兰州, 730020;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;甘肃省电力设计院, 甘肃, 兰州, 730050)，[程维明](#),[兰恒星](#),[CHENG Weiming](#),[LAN Hengxing](#)(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)，[刘勇](#),[颜耀文](#),[LIU Yong](#),[XIE Yaowen](#)(兰州大学资源环境学院, 甘肃, 兰州, 730020)

刊名：[山地学报](#)[ISTIC](#)[PKU](#)

英文刊名：[JOURNAL OF MOUNTAIN SCIENCE](#)

年，卷(期)：2011, 29 (2)

被引用次数：1次

## 参考文献(19条)

1. [刘凤民;张立海;刘海青](#) [中国地震次生地质灾害危险性评价](#)[期刊论文]-[地质力学学报](#) 2006 (02)
2. [孙崇绍;蔡红卫](#) [我国历史地震时滑坡崩塌的发育及分布特征](#) 1997 (01)
3. [陈晓利;冉洪流](#) [1976年龙陵地震诱发滑坡的影响因子敏感性分析](#)[期刊论文]-[北京大学学报（自然科学版）](#) 2008 (1)
4. [苏强](#) [基于DEM的黄土滑坡危险性评价研究](#)[学位论文] 2006
5. [祁生文;许强;刘春玲](#) [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](#)[期刊论文]-[工程地质学报](#) 2009 (01)
6. [黄润秋;李为乐](#) [汶川大地震触发地质灾害的断层效应分析](#)[期刊论文]-[工程地质学报](#) 2009 (01)
7. [Han, J. L;Wu, S. R;He, S. J](#) [Basal characteristics and formation mechanisms of geological hazards triggered by the May 12, 2008 Wenchuan earthquake with moment magnitude of 8.0](#)[期刊论文]-[Earthquake Science Frontiers](#) 2009 (03)
8. [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](#)[期刊论文]-[岩石力学与工程学报](#) 2008 (12)
9. [张永双;雷伟志;石菊松](#) [四川5.12地震次生地质灾害的基本特征初析](#)[期刊论文]-[地质力学学报](#) 2008 (02)
10. [杜军;杨青华](#) [基于GIS与信息量模型的汶川次生地质灾害危险性评价](#)[期刊论文]-[地球科学-中国地质大学学报](#) 2010 (02)
11. [Anbalagan R](#) [Landslide hazard evaluation and zonation mapping in mountainous terrain](#)[外文期刊] 1992
12. [唐红梅;林孝松;陈洪凯](#) [重庆万州区地质灾害危险性分区及评价](#)[期刊论文]-[中国地质灾害与防治学报](#) 2004 (15)
13. [R. Greco;M. Sorriso-Valvo;E. Catalano](#) [Logistic Regression analysis in the evaluation of mass movements susceptibility:the aspromonte case study, Calabria, Italy](#) 2007
14. [Lin, M. L;Tung, C. C](#) [A GIS-based potential analysis of the landslides induced by the Chi-Chi earthquake](#) 2003 (1-2)
15. [阮沈勇;黄润秋](#) [基于GIS的信息量法模型在地质灾害危险性区划中的应用](#)[期刊论文]-[成都理工学院学报](#) 2001 (01)
16. [魏成阶;刘亚岚;王世新](#) [四川汶川大地震震害遥感调查与评估](#)[期刊论文]-[遥感学报](#) 2008 (05)
17. [卓宝熙](#) [工程地质遥感判释与应用](#) 2002
18. [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](#)[期刊论文]-[遥感学报](#) 2008 (06)
19. [程维明;周成虎;柴慧霞](#) [中国陆地地貌基本形态类型定量提取与分析](#)[期刊论文]-[地球信息科学](#) 2009 (06)



#### 本文读者也读过(10条)

1. 岳文泽, 徐建华, 颀耀文 半干旱区城乡接合部景观镶嵌结构研究——以兰州市西固区为例 [期刊论文] - 干旱区研究 2002, 19 (1)
2. 曹恺, 李春贵, 陈亮, 刘文 信息量模型在地质灾害调查与区划中的应用研究 [期刊论文] - 安全与环境工程 2004, 11 (1)
3. 杨何群, 刘勇, YANG He-qun, LIU Yong 黑河分水后额济纳绿洲生态恢复的遥感定量测算 [期刊论文] - 兰州大学学报(自然科学版) 2006, 42 (4)
4. 颀耀文, 王君婷, XIE Yao-wen, WANG Jun-ting 基于TM影像和DEM的白碱湖湖面变化模拟 [期刊论文] - 遥感技术与应用 2006, 21 (4)
5. 王义祥, 刘勇, 潘保田, WANG Yixiang, LIU Yong, PAN Baotian 夷平面数字地形模型的生成、显示与分析初探——以美武高原为例 [期刊论文] - 遥感技术与应用 1999, 14 (1)
6. 刘勇 三维地貌影像图简介 [期刊论文] - 地球信息科学 2000, 2 (2)
7. 卢晓仓, 陈泰霖 信息量模型在区域滑坡灾害危险性分析中的应用 [期刊论文] - 贵州水力发电 2010, 24 (1)
8. 高娜, 石韧, 颀耀文, GAO Na, SHI Ren, XIE Yao-wen 落叶松早落病危害的光谱特征及与叶绿素浓度的关系研究 [期刊论文] - 遥感技术与应用 2007, 22 (6)
9. 刘勇, 王义祥, 潘保田, LIU Yong, WANG Yi-xiang, PAN Bao-tain 夷平面的三维显示与定量分析方法初探 [期刊论文] - 地理研究 1999, 18 (4)
10. 王英杰, 余卓渊, 程维明, WANG Ying-jie, YU Zhuo-yuan, CHENG Wei-ming 用一生织绘大地——论陈述彭先生的地图学思想实践 [期刊论文] - 地理信息世界 2009, 7 (5)

#### 引证文献(3条)

1. 陈远川, 陈洪凯, 唐红梅 山区沿河公路崩滑灾害危险性评价方法及应用——以横断山区美姑河流域公路崩滑灾害为例 [期刊论文] - 烟台大学学报(自然科学与工程版) 2013 (3)
2. 宁娜, 田黎明, 张鹏, 齐识, 马金珠 甘肃南部武都地区泥石流危险性评价 [期刊论文] - 山地学报 2013 (5)
3. 程维明, 夏遥, 曹玉尧, 宋杨, 刘海江 区域泥石流孕灾环境危险性评价——以北京军都山区为例 [期刊论文] - 地理研究 2013 (4)

本文链接: [http://d.wanfangdata.com.cn/Periodical\\_sdx201102014.aspx](http://d.wanfangdata.com.cn/Periodical_sdx201102014.aspx)