

基于GIS的四川广安区地质灾害危险性评价

王磊,王运生,陈云,蒋发森

(成都理工大学 地质灾害防治与地质环境保护国家重点实验室, 四川 成都 610059)

摘要:近年广安区洪水灾害频发诱发大量地质灾害,严重威胁人民的生命财产安全。文章结合广安区地质灾害调查与区划项目,在地质灾害野外实际调查的基础上,选取坡度、坡向、地层岩性、地质构造、水系、降雨作为影响地质灾害发生的评价因子。运用层次分析法确定各评价因子的权重并建立地质灾害危险性指数模型,通过GIS系统的空间分析功能进行栅格运算,完成广安区地质灾害危险性区划。评价结果与实际调查情况基本相吻合,可为今后广安区地质灾害的预测及预防提供了科学参考。

关键词:广安区;地质灾害;危险性评价;GIS;层次分析法

文章编号:1003-8035(2013)01-0098-06

中图分类号:P642.2;P208

文献标识码:A

0 概述

地质灾害是指由于自然或人为作用,多数情况下是二者协同引起的,在地球表层比较强烈地破坏人类生命财产和生存环境的岩土体位移事件^[1]。崩塌、滑坡、泥石流、地面沉降等地质灾害的发生受地质环境的控制,这些地质环境因素主要包括地形地貌、地层岩性、气象水文、人文活动等。地质灾害危险性评价就是在考虑各种诱发地质灾害因素的基础上,进一步确定地质灾害发生的可能性及危险性。而地质灾害危险性评价就是对某个地区或某个隐患点的历史灾害活动状况、自然条件、地质环境条件、人类工程经济活动状况等进行综合分析,从而确定其发生危及人类生命财产安全的灾害事件的概率大小^[2]。

国内外利用GIS技术对区域地质灾害危险性评价已做了大量研究和应用。GIS以其强大的图像处理、数据管理和空间分析功能为地质灾害数据的处理、存储、分析提供了方便。GIS技术可以方便的管理多元数据,生成任意大小图元,解决了传统评价方法中研究区内区域地质环境的差异性和复杂性的难题,使地质灾害危险性评价更精确^[3]。黄润秋等运用GIS技术与多种数学模型进行了地质灾害区域评价与危险性区划,详细介绍了评价指标和数学模型选取方法,并在长江三峡库区新滩—巴东段和金沙江溪落渡水电站近坝库区得到了运用^[3];薛东剑等结合遥感数据解译和地面调查,综合运用GIS技术、信息量模型和Logistic模型完成了对青川、平武县的地质灾害危险性评价^[4];姚玉增等采

用信息量法、统计量法和层次分析法分别确定指标权重对辽宁凌源地区进行了地质灾害危险性评价,表明层次分析法效果最好^[5]。本文在对广安区地质灾害实地调查基础上,运用GIS技术和层次分析法确定地质灾害各影响因素权重,对广安区地质灾害进行了危险性评价。

1 研究区概况

广安区位于四川省东部,跨四川盆地红层丘陵区与华蓥山低山地区两个不同的自然地理区域^[6], $106^{\circ}30' \sim 107^{\circ}05' E$, $30^{\circ}20' \sim 30^{\circ}55' N$ 。总面积 $1533.65 km^2$,下辖43个乡镇和6个街道办事处。广安区交通便利,国家4A级景区邓小平故里为著名的红色旅游景点。

区内地形地貌复杂,山地、丘陵、平坝交错,以丘陵地貌为主,总体地貌走势为西高东低(图1)。渠江干流从东北向西南贯穿全境将广安区分为东西两部分,区内其他河流均为渠江水系支流。广安区年平均降雨量1082.2mm,降雨主要集中在5~10月份,近年广安区洪水灾害频发诱发大量地质灾害。

2011年8月,进行广安区地质灾害调查,共调查地质灾害点367处(图1)。崩塌94处,主要分布在观塘、护安、方坪等乡镇,崩塌规模上小型崩塌88处,占崩塌总量的93.62%。滑坡56处,主要分布在观

收稿日期:2012-08-20;**修订日期:**2012-10-08

作者简介:王磊(1987—),男,山东滕州人,硕士,主要研究方向为地质工程、3S技术应用。

E-mail:sdwl87@126.com

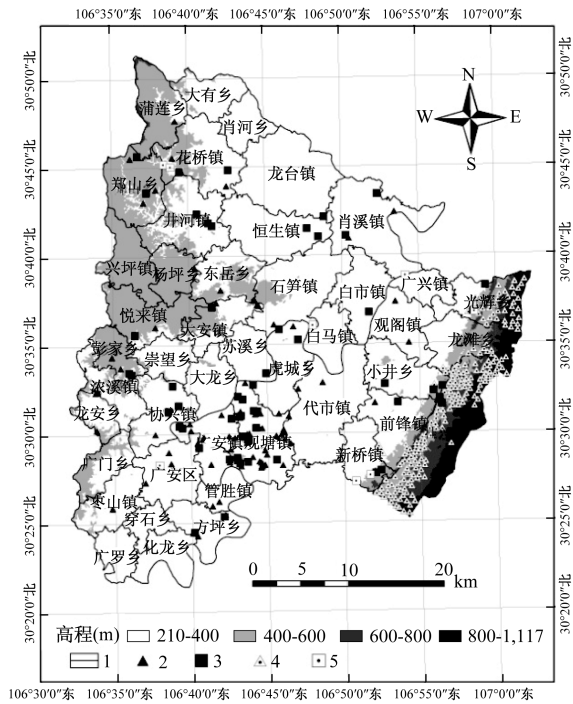


图 1 研究区地质灾害点分布图

Fig. 1 Distribution region of the geologic hazards of study area

1—乡界; 2—崩塌; 3—滑坡; 4—塌陷; 5—不稳定斜坡

塘、护安、方坪等乡镇,类型以浅层土质滑坡为主,残坡积土与基岩面和软、硬岩层面是形成滑坡的主要滑动面,人为削坡和汛期强降雨是引发滑坡的主要因素。塌陷是广安区地质灾害的主要灾种共 208 处,主要分布在桂兴及小井两个乡镇,这些塌陷隐患点主要由于地下煤矿开采,采空后形成,其次为地下岩溶发育形成空洞,其后顶板破裂形成。不稳定斜坡分布较少共 9 处,规模上以小型为主。

2 危险性评价因子的选取

影响和诱发地质灾害的地质因素很多,根据本区实际调查情况,本文主要选择坡度、坡向、地层岩性、地质构造、水系和降雨 6 个因素作为地质灾害危险性评价因子。

2.1 坡度

研究表明,重力是造成地质灾害发生的根本原因,在陡峭的斜坡上,下滑力增加,易产生滑坡、崩塌等地质灾害^[4]。首先利用 ArcGIS 基于等高线得到研究区 DEM 数字高程模型,然后运用 ArcGIS 空间分析功能对 DEM 进行坡度计算得到研究区坡度分级图(图 2)。广安区区的坡度分布在 0°~45°,运用自然

间断点分级法将坡度分为 4 个级别,分别是:0°~5°、5°~10°、10°~20°、20°~45°。

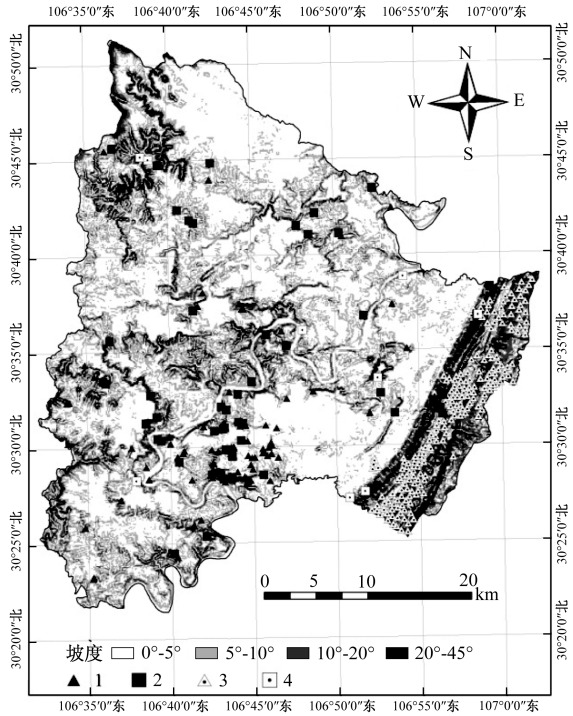


图 2 研究区坡度图

Fig. 2 Zoning of slope in the study area

1—崩塌; 2—滑坡; 3—塌陷; 4—不稳定斜坡

2.2 坡向

不同斜坡坡向的太阳辐射强度等条件不同,影响了水蒸发量、植被覆盖、坡面侵蚀等诸多因素,从而影响了斜坡地下水孔隙压力的分布及岩土体物理学特征,因而影响了斜坡稳定性^[7]。运用 ArcGIS 空间分析功能对 DEM 进行坡向计算,将广安区的坡向划分为 8 个级别(图 3),对野外调查所得 367 处地质灾害点与坡向进行了叠加分析(表 1)。

表 1 地质灾害点与坡向关系

Table 1 Relation of geologic hazards and aspect

坡向	灾害点数	坡向	灾害点数
0°~45°	37	45°~90°	27
90°~135°	50	135°~180°	33
180°~225°	43	225°~270°	39
270°~315°	67	315°~360°	71

从表中可以看出坡向 270°~360°地灾点分布较多,坡向 90°~135°、180°~225°次之,坡向 225°~270°、0°~45°分布较少,坡向 135°~180°、45°~90°最少。

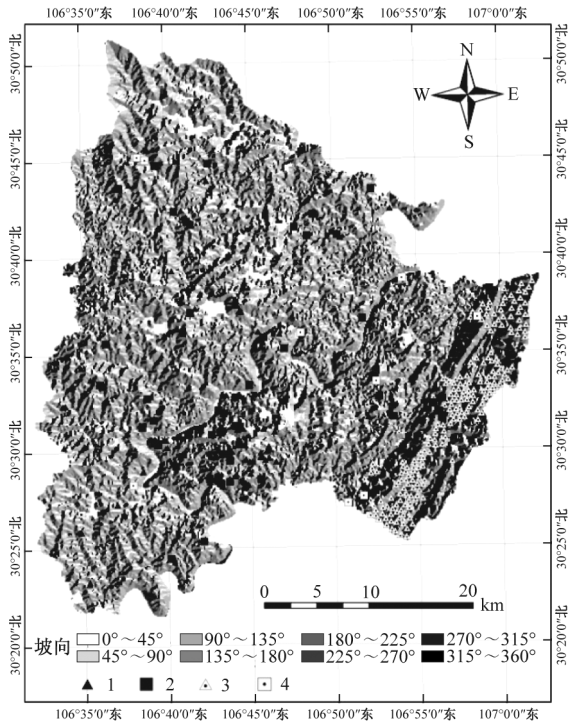


图3 研究区坡向图

Fig.3 Zoning of exposure in the study area

1—崩塌; 2—滑坡; 3—塌陷; 4—不稳定斜坡

2.3 地层岩性

地层岩性及其结构特征是影响地质灾害发育和分布的重要内在因素之一。岩层的工程地质性能取决于原岩的岩性,又取决于后期遭受褶皱、断裂破碎的程度和风化情况^[8]。研究区区内地层出露主要为侏罗系上统蓬莱镇组、侏罗系中统下沙溪庙组、上沙溪庙组、三叠系上统须家河组、三叠系中统雷口坡组、三叠系下统嘉陵江组和飞仙关组(图4)。对野外调

查所得367处地质灾害点所处地层岩性进行了统计分析(表2),从表中可以看到嘉陵江组和飞仙关组地质灾害点较密,雷口坡组和须家河组次之,下沙溪庙组和上沙溪庙组分布较少,蓬莱镇组分布最少。

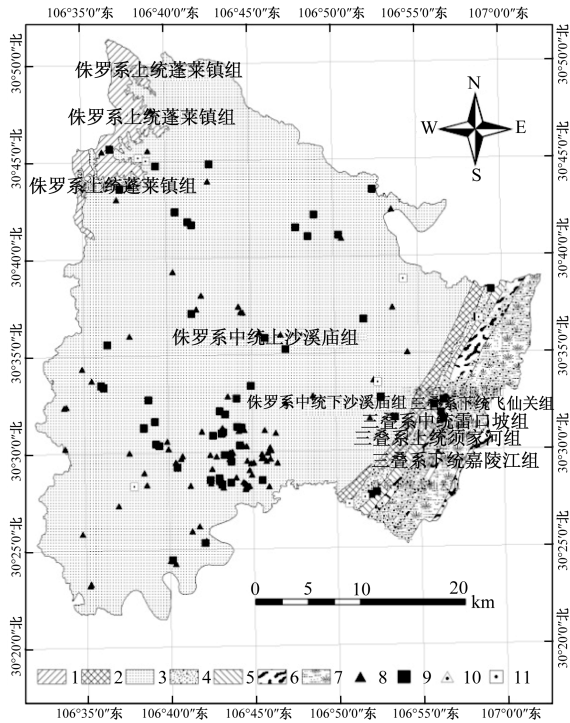


图4 研究区岩性分布图

Fig.4 Zoning of lithology in the study area

1—侏罗系上统蓬莱镇组; 2—侏罗系中统下沙溪庙组;
3—侏罗系中统上沙溪庙组; 4—三叠系上统须家河组;
5—三叠系中统雷口坡组; 6—三叠系下统嘉陵江组;
7—三叠系下统飞仙关组; 8—崩塌; 9—滑坡;
10—塌陷; 11—不稳定斜坡

表2 地质灾害点与地层岩性关系

Table 2 Relat of geologic hazards and lithology

地层	岩性	灾害点数	面积(km ²)	灾害点密度(处/100km ²)
侏罗系上统蓬莱镇组	紫红色泥岩夹数层细砂岩	2	48	4.17
侏罗系中统下沙溪庙组	紫红色泥岩夹灰紫、黄灰色岩屑长石砂岩	3	25.77	11.647
侏罗系中统上沙溪庙组	紫红色泥岩夹灰紫、黄灰色砂岩、紫红色泥质粉砂岩	146	1300.3	11.23
三叠系上统须家河组	长英砂岩、岩屑砂岩、砂质页岩、页岩、泥岩不等厚互层	11	16.68	65.95
三叠系中统雷口坡组	白云岩、灰岩、泥质灰岩、白云质灰岩、页岩互层	12	17.81	67.42
三叠系下统嘉陵江组	中~厚层状灰色含泥质灰岩夹生物碎屑灰岩	60	38.49	155.88
三叠系下统飞仙关组	灰紫、灰绿、灰色中厚层状泥灰岩夹黄绿色紫红色泥岩	133	86.6	153.58

2.4 地质构造

广安区在大地构造上属扬子准地台川中台拗,在区域构造上属新华夏系四川盆地沉降带川中坳陷构造区。区内的地质构造主要受华蓥山大断裂的影响,

主要构造有华蓥山大断裂、广安背斜、大石桥背斜、鲜渡河背斜、斗湾寨向斜、月山向斜、王家坪向斜、龙女寺向斜、大有背斜。在 ArcGIS 软件中对研究区内构造进行缓冲区分析,按照距构造距离 $d \leq 300\text{m}$, 300m

$< d \leq 600\text{m}$, $600\text{m} < d \leq 900\text{m}$ 和 $d > 900\text{m}$ 将广安区分为 4 个级别(图 5)。

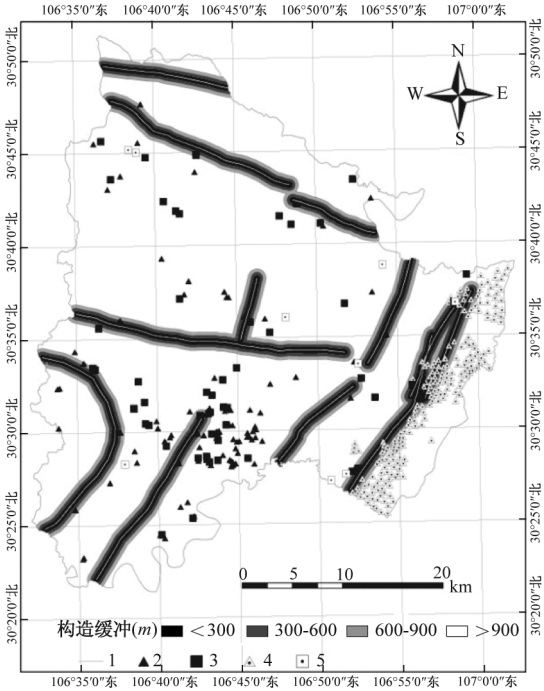


图 5 研究区构造及缓冲区

Fig. 5 Faults and buffer of study area

1—构造线; 2—崩塌; 3—滑坡; 4—塌陷; 5—不稳定斜坡

2.5 水系

渠江干流从东北向西南流经广安区全境,长 113km,河面宽 100 ~ 500m,境段内多年平均流量 $657\text{m}^3/\text{s}$,年均径流量 $207 \times 10^8\text{m}^3$,其它河流均属渠江水系支流。在 ArcGIS 软件中对研究区内水系进行缓冲区分析,按照距水系距离 $d \leq 200\text{m}$, $200\text{m} < d \leq 400\text{m}$, $400\text{m} < d \leq 600\text{m}$ 和 $d > 600\text{m}$ 将广安区分为 4 个级别(图 6)。

2.6 降雨

降雨尤其是强降雨是诱发地质灾害的最重要因素之一。据突发性地质灾害的分类统计,发现持续降雨诱发者占其总发生量的 65%。其中,局地暴雨诱发约占总发生量的 43%,占持续降雨诱发总量的 66%^[9]。广安区年平均降雨量 1082.2mm,降雨主要集中在 5 ~ 10 月份,占全年降雨的 70%,月降雨平均最多的 7 月 188.07mm,近年广安区洪水灾害频发诱发大量地质灾害。在 ArcGIS 软件中对广安区年平均降雨量进行分级,按照降雨量 $\leq 1000\text{mm}$, $1000\text{mm} < \text{降雨量} \leq 1100\text{mm}$, $1100\text{mm} < \text{降雨量} \leq 1200\text{mm}$ 和降雨量 $> 1200\text{mm}$ 将广安区分为 4 个级别(图 7)。

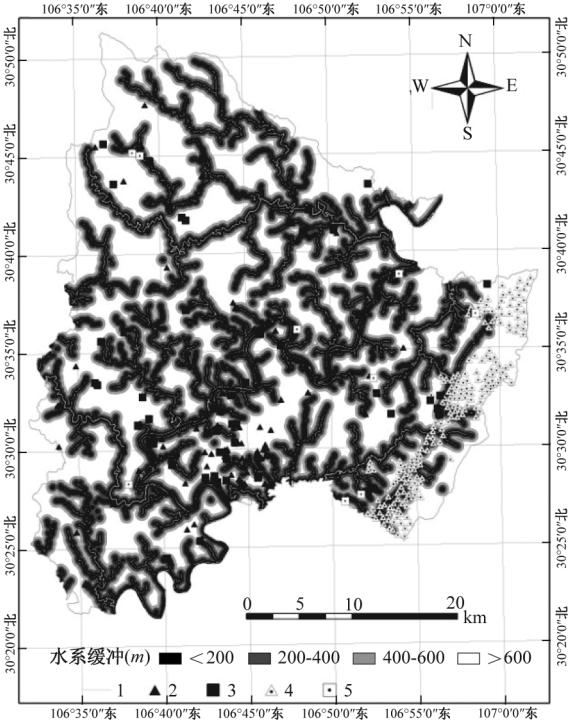


图 6 研究区水系及缓冲区图

Fig. 6 Water system and buffer of study area

1—水系; 2—崩塌; 3—滑坡; 4—塌陷; 5—不稳定斜坡

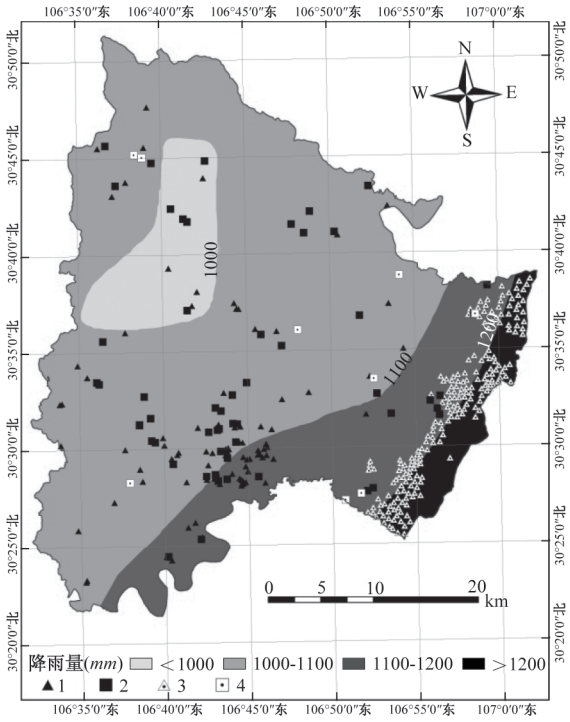


图 7 研究区平均降雨量图

Fig. 7 Average rainfall map of study area

1—崩塌; 2—滑坡; 3—塌陷; 4—不稳定斜坡

为了便于在 ArcGIS 中对数据进行空间叠加分析,需对各评价因子进行分级并赋值,结合野外实际情况,对各因素进行分级和赋值如表 3 所示。

表 3 评价因子分级及赋值				
Table 3 Grade and evaluation of assessment factors				
分值	1	2	3	4
评价因子				
坡度	0°~5°	5°~10°	10°~20°	20°~45°
坡向	135°~180° 45°~90°	225°~270° 0°~45°	90°~135° 180°~225°	270°~360°
地层岩性	蓬莱镇组	下沙溪庙组、 上沙溪庙组	雷口坡组、 须家河组	嘉陵江组、 飞仙关组
构造缓冲区(m)	大于 900	600~900	300~600	小于 300
水系缓冲区(m)	大于 600	400~600	200~400	小于 200
降雨(mm/a)	小于 1000	1000~1100	1100~1200	大于 1200

3 各影响因子权重的确定

层次分析法是由美国的运筹学家 T. L. Satty 等人在 20 世纪 70 年代提出的,是多目标的综合评价指标权重确定的主要方法之一^[10]。通过专家打分构建的坡度、坡向、地层岩性、构造、水系和降雨 6 因素的判断矩阵 A。在 Matlab 软件中求得该判断矩阵的最大特征值 $\lambda_{\max} = 6.1582$, $\lambda_{\max}$ 对应特征向量为 $(-0.5678, -0.1166, -0.2691, -0.2293, -0.1519, -0.7183)$ 。

$$A = \begin{bmatrix} 1 & 4 & 3 & 3 & 4 & 1/2 \\ 1/4 & 1 & 1/3 & 1/3 & 3/4 & 1/4 \\ 1/3 & 3 & 1 & 4/3 & 2 & 1/3 \\ 1/3 & 3 & 3/4 & 1 & 4/3 & 1/3 \\ 1/4 & 4/3 & 1/2 & 3/4 & 1 & 1/4 \\ 2 & 4 & 3 & 3 & 4 & 1 \end{bmatrix}$$

计算一致性指标

$$CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1} = \frac{6.1582 - 6}{6 - 1} = 0.0316$$

查找相应的平均随机一致性指标 $RI = 1.24$

一致性比例

$$CR = \frac{CI}{RI} = \frac{0.0316}{1.24} = 0.0255 < 0.1$$

判断矩阵有很好的 consistency, 判断合理。

在 Matlab 中对 $\lambda_{\max}$ 对应特征向量进行归一化处理得各因子权重 $(0.2766, 0.0568, 0.1311, 0.1117, 0.0739, 0.3499)$ 。

4 危险性评价

在 ArcGIS 中对广安区各评价因子图层进行栅格

化处理,单元网格大小 $100\text{m} \times 100\text{m}$,共剖分网格个数 153956 个。对广安区 6 个影响因子图层进行栅格叠加,叠加公式为:

$$R = \sum_{i=1}^n W_i X_i$$

式中: W_i ——第 i 个评价因子的权重;
 X_i ——第 i 个评价因子分级所赋值(表 3)。

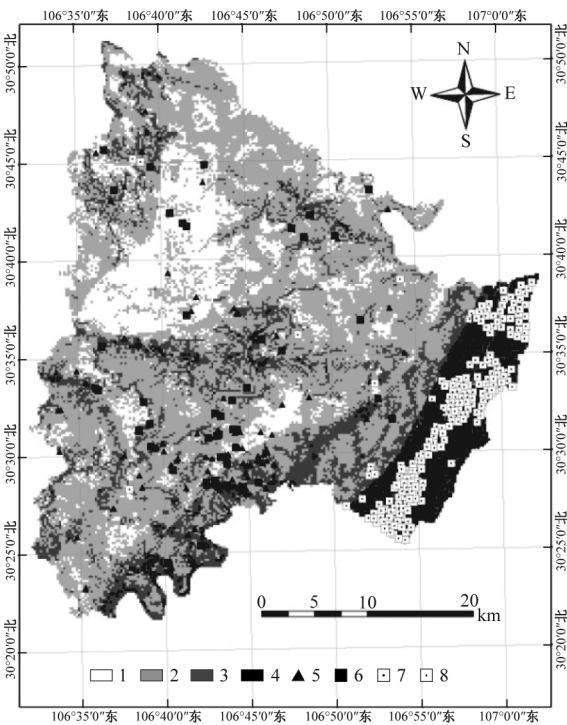


图 8 研究区危险性分区图
Fig. 8 The hazard assessment of study area
1—极低危险区; 2—低危险区; 3—中危险区; 4—高危险区;
5—崩塌; 6—滑坡; 7—塌陷; 8—不稳定斜坡

各评价因子的栅格数据叠加后得到危险性指数的范围在 1.13~3.66 之间。结合上面所做出的地质灾害危险性评价结果和现场调查的地质灾害点分布情况将危险性指数分为高易发区(2.64~3.66)、中易发区(2.10~2.64)、低易发区(1.60~2.10)、极低易发区(1.13~1.60)(图 8)。

5 结论

本次以评价 $100\text{m} \times 100\text{m}$ 大小单元网格分割研究区,共剖分网格 153956 个。评价结果显示高危险区 149.49km^2 ,占到评价区的 9.71%,地质灾害点个数 182 个,平均 1.22 个/ km^2 ,主要集中于广安区西部,区内危害对象主要为分散的农户,防治措施主要

为搬迁避让,工程治理为主,群测群防为辅。中危险区 320.19 km²,占到评价区的 20.80%,地质灾害点个数 103 个,平均 0.32 个/km²,主要分布于构造线两侧,区内包括广安城区,人口密度较大,经济活动频繁,防治措施以工程治理为主,专人监测为辅,另外应加强人类工程活动管理,减少削坡挖方。低危险区 798.64 km²,占到评价区的 51.87%,地质灾害点个数 78 个,平均 0.10 个/km²,分布于构造线和水系两侧,区内地质灾害点分布较少,防治措施以搬迁避让,群测群防为主,工程治理为辅。极低危险区 271.24 km²,占到评价区的 17.62%,地质灾害点个数 6 个,平均 0.02 个/km²,主要分布在广安区地势较平坦地区,区内地质灾害点分布极少,以搬迁避让,群测群防为主。

参考文献:

- [1] 刘传正. 地质灾害勘察指南[M]. 北京:地质大学出版社,2000.
LIU Chuazheng. The guide of geologic hazard survey [M]. Beijing: Geological University Press, 2000.
- [2] 李阔,杨景,唐川. 地质灾害危险性评价研究—以四川省青川县为例[J]. 中国地质灾害与防治学报,2007,18(2):54-57.
LI Kuo, YANG Jing, TANG Chuan. Risk assessment on geological hazards in Qingchuan county of Sichuan province[J]. The Chinese Journal of Geological Hazard and Control, 2007,18(2):54-57.
- [3] 黄润秋,许强,沈芳,等. 基于GIS的地质灾害区域评价与危险性区划系统研究[A]. 第三届海峡两岸山地环境灾害研讨会论文集[C]. 台北,2001.
HUANG Runqiu, XU Qiang, SHEN Fang, et al. Research on the regional geological hazard evaluation and hazard zoning system based on GIS [A]. The third research congress on both sides of the Taiwan straits of Mountain environment disasters memoir [C]. Taipei, 2001.
- [4] 薛东剑,何政伟,陶舒,等. “5.12”震后区域地质灾害危险性评价研究—青川、平武县为例[J]. 地球科学进展,2011,26(3):311-318.
XUE Dongjian, HE Zhengwei, TAO Shu, et al. The “5.12” Earthquake-after regional hazard assessment of geological disasters-Case study in Qingchuan and Pingwu county[J]. Advances in Earth Science, 2011,26(3):311-318.
- [5] 姚玉增,任群智,李仁峰,等. 层次分析法在山地地质灾害危险性评价中的应用—以辽宁凌源地区为例[J]. 水文地质工程地质,2010,37(2):130-135.
YAO Yuzeng, REN Qunzhi, LI Renfeng, et al. Application of analytic hierarchy process to the probability assessment of mountain geological disasters-A case study of Lingyuan region, Liaoning province [J]. Hydrogeology & Engineering Geology, 2010,37(2):130-135.
- [6] 朱菲菲,吴德超,王运生,等. 四川省广安区地质灾害发育特征研究[J]. 科技咨询,2007(1):103-104.
ZHU Feifei, WU Dechao, WANG Yunsheng, et al. Research on the development characteristics of geological hazard in Guangan county of Sichuan province [J]. Science & Technology Information, 2007(1):103-104.
- [7] 兰恒星,伍法权,周成虎,等. 基于GIS的云南小江流域滑坡因子敏感性分析[J]. 岩石力学与工程学报,2002,21(10):1500-1506.
LAN Hengxing, WU Faquan, ZHOU Chenghu, et al. Analysis on susceptibility of GIS based landslide triggering factors in Yunnan Xiaojiang watershed [J]. Chinese Journal of Rock Mechanics and Engineering, 2002,21(10):1500-1506.
- [8] 杨泰平,唐川,齐信. 基于GIS技术的汶川8.0级地震诱发地质灾害危险性评价—以四川省安县为例[J]. 灾害学,2009,24(4):68-73.
YANG Taiping, TANG Chuan, QI Xin. Evaluation on geological disasters triggered by the 5.12 Wenchuan earthquake based on GIS technology-A case study in Anxian county of Sichuan province [J]. Journal of Catastrophology, 2009,24(4):68-73.
- [9] 刘传正,温铭生,唐灿. 中国地质灾害气象预警初步研究[J]. 地质通报,2004,23(4):303-309.
LIU Chuazheng, WEN Mingsheng, TANG Can. Meteorological early warning of geo-hazards in China based on raining forecast [J]. Geological Bulletin of China, 2004,23(4):303-309.
- [10] 李为乐,唐川,杨武年,等. RS和GIS技术在县级区域泥石流危险区划中的应用研究—以四川省泸定县为例[J]. 灾害学,2008,23(2):71-75.
LI Weile, TANG Chuan, YANG Wunian, et al. Research on application of GIS and RS in debris flow hazard zonation at county level-A case study in Luding county of Sichuan province [J]. Journal of Catastrophology, 2008,23(2):71-75.

(下转第117页)