

doi:10.3969/j.issn.1009-8984.2017.02.026

# 广安市区城市总体规划用地地质灾害危险性评价

魏小佳<sup>1,3</sup>, 付博<sup>2</sup>, 邓雪莉<sup>3</sup>, 王梓龙<sup>3</sup>

(1. 四川志德岩土工程有限责任公司, 成都 610094; 2. 中国建筑西南勘察设计研究院有限公司, 成都 610052;  
3. 地质灾害防治与地质环境保护国家重点实验室, 成都 610059)

**摘要:**随着经济建设的发展,人类工程活动逐渐向地质环境复杂的山区扩展。受强烈构造作用影响,导致山区地质灾害频发,严重制约着交通建设和城镇化的进程。以广安市区城市总体规划用地为例,在详细调查的基础上,对区内地质灾害发育特点进行了分析,并结合规划用地需求,采用定性和半定量相结合的方法,将区内地质灾害进行综合分区评价:共划分为高、中、低易发3个大区,分别包含了3、7、15个亚区。同时结合规划用地类型,对场地适宜性做出了评价,从而指导人类工程活动,减少地质灾害的发生,避免造成不必要的人员伤亡和财产损失。

**关键词:**地质灾害;危险性;预测;分区评价;适宜性  
**中图分类号:**P694 **文献标志码:**A

**文章编号:**1009-8984(2017)02-0110-07

## 0 引言

我国山区面积约占国土面积的2/3,再加上地质条件复杂,构造活跃,约有32%的国土和45%的大中城市处在Ⅷ度以上的高烈度区。复杂的地质环境,在活跃的构造作用下,导致地质灾害频发,给人类的生命财产和经济建设造成了巨大损失<sup>[1-2]</sup>。

地质灾害评估可概括为灾害风险、损失性、生态环境评估和防灾工程的减灾效益评估等<sup>[3]</sup>。针对规划用地,灾害评估的核心内容主要是结合场地或规划用地属性,对区域的崩塌、滑坡、泥石流等地质灾害情况,进行风险性和危险性预测,对场地的危害程度和适宜性做出评价,并提出相应的预防和防治措施,为工程建设提供意见和建议。

本文以“四川省广安城市总体规划(2011—2030)”(图1)用地为例,在详细调查的基础上,对区内地质灾害发育特点进行了分析;并结合规划用地需求,采用定性和半定量相结合的方法,对区内地质灾害危险性和易发性进行综合分区评价。

## 1 工程地质概况

### 1.1 地形地貌

广安区的地势为东部边界地区最高,西部边界

次之,中偏西部隆起,南北较低下,自北东向南西斜贯县境的渠江河谷地带为全区地势最低的地区(图2)。区内山脉走向呈北北东向展布,渠江从东北向西南流经全境,把规划区切割成东西两半,渠江河谷为区内地势较低处,沿渠江河谷向西北和东南两侧逐渐升高,东西横剖面大致呈“凹”字形。东部边缘呈北北东向展布着低山、低中山,地势较高。区内地貌多为浅丘,部分为中、深丘和低山区,有少量浅丘带坝区。

### 1.2 地层岩性

区内地层出露以侏罗系中统下沙溪庙组( $J_2xs$ )和上沙溪庙组( $J_2s$ )为主,占全区总面积的80%,其他地层有侏罗系遂宁组( $J_3s$ )、新田沟组( $J_2x$ )、自流井组( $J_{1-2z}$ )、珍珠冲组( $J_{1z}$ )。另外第四系松散堆积层也有少量分布。岩层倾角较缓,地层倾角一般 $1^\circ\sim 5^\circ$ ;局部因构造影响,倾角 $17^\circ\sim 60^\circ$ 。以砂泥岩互层出露为主,强—中风化状态,为典型的四川红层地区。

### 1.3 地质构造

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拗陷构造区,龙女寺半环状构造东端,少部分属川东华蓑山方斗山褶皱带(图3)。地质构造简单,形态单一,褶皱宽缓。地震动峰值加速度为 $0.05g$ ,地震动反应谱特征周期为 $0.35s$ ,抗震设防烈度为Ⅵ度。

### 1.4 气象与水文条件

#### 1.4.1 气象条件

广安县属亚热带湿润季风气候区,四季气候分明,冬季温和少霜雪,春早雨少光照宜,夏热偏长多

收稿日期:2017-03-01

作者简介:魏小佳(1990—),男(汉),成都,硕士  
主要研究工程地质与地质灾害。

伏旱,秋常阴晦多霪雨。全县多年平均降雨量 980~1 250 mm,多年平均径流深 350~750 mm。降雨季节分布不均:降雨集中于 5 月—10 月,占全年降雨的

70%。多年平均气温 17.35℃,最热月为 7 月,平均气温为 28℃左右,极端最高气温 41.5℃;最冷月 1 月,平均气温为 6.5℃,极端最低气温零下 3.1℃。

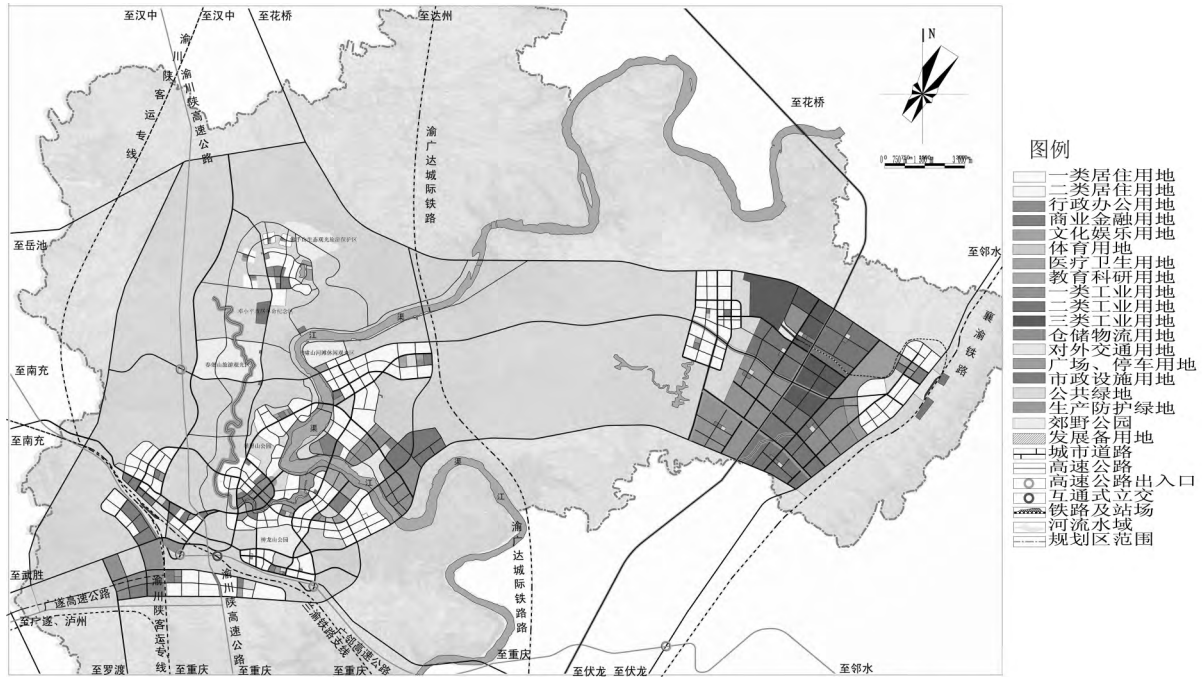


图 1 广安市城市总体规划(2011—2030)图

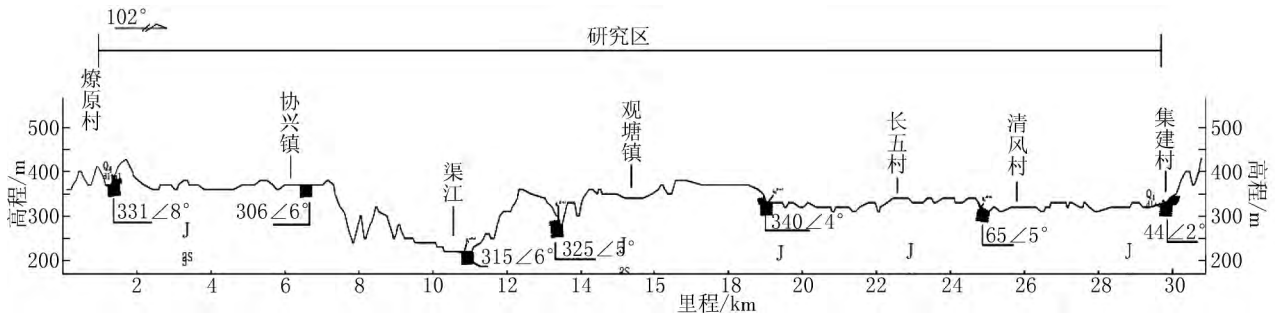


图 2 研究区典型地形走势图

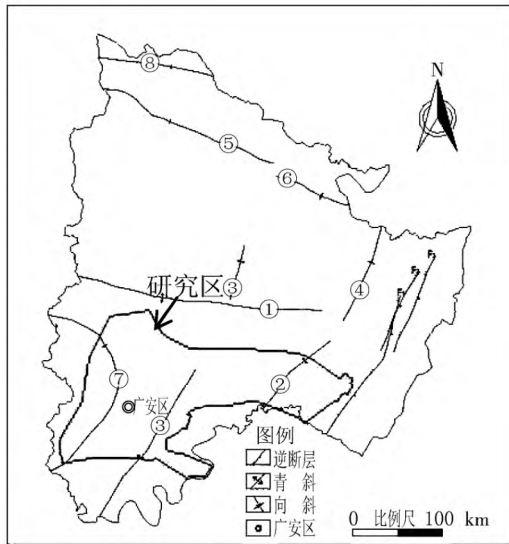


图 3 构造纲要图

### 1.4.2 水文条件

广安水资源丰富,总量 355 亿  $m^3$ ,其中地下水 436 亿  $m^3$ ,平均产水系数 6.47。区内河流均属外流的长江二级支流渠江水系。县境溪河从东西两岸注入渠江。渠江干流从东北向西南流经规划区,全长 113 km,区内长约 30 km,河道曲折率 1.79,坡降约 0.14‰,水面宽 100~500 m,水深 1.3~27 m,多年平均径流量约  $2.37 \times 10^{10} m^3$ ,年平均流量约 750  $m^3/s$ 。区内支流较多,如:西溪河、驴溪河、肖溪河等。

## 2 地质灾害概况

### 2.1 地质灾害分布情况

广安市城市总体规划用地范围多分布于沿渠江、西溪河及其支流两岸的中、浅丘地带,局部少量

在深丘地带,地势相对平坦开阔。据调查,目前规划区内调查到的各类地质灾害点共计 112 处,其中:中型共 11 处,占 9.82%;小型 101 处,占 90.18%。灾害规模以小型为主,少量中型,未发现大型地质灾害。灾害类型以川东红层地区常见的小型崩塌(危岩)灾害为主,有少量的滑坡、人工开挖形成的潜在不稳定斜坡。其中崩塌灾害(含危岩)点 70 处,占地质灾害隐患点总数的 62.50%;滑坡 27 处,占地质灾害隐患点总数的 24.11%;不稳定性斜坡 10 处,占地质灾害点总数的 8.93%(图 4)。

研究区为典型的四川红层地区,出露地层主要为砂泥岩互层,强—中风化状态。由于砂岩和泥岩的抗风化能力差距较大,从而易形成崩塌地质灾害。区内坡表存在残坡积、崩坡积等土层,再加上该区丰富的降雨条件,从而促使该区植被茂密,固坡效果良好;因此,该区泥石流灾害不发育,几乎不存在具备威胁的泥石流沟,反而增加的是洪涝灾害。

从灾害点的分布情况(图 5),可看出,灾害隐患

点主要集中在观塘镇和护安镇,约占 65%,其次主要集中在渠江沿线附近,方量从 50~1 500 m<sup>3</sup> 不等。这与地形地貌密切相关,在观塘镇和护安镇地区,主要以深丘地貌为主,坡体较陡,以出露砂泥岩互层为主,在差异风化作用下,更易形成崩塌地质灾害;而城北、城南、协兴、代市等片区则主要为中丘—浅丘地貌,破表存在较厚的残坡积物,植被发育较好,植被固坡效应明显,从而限制了地质灾害的发育。

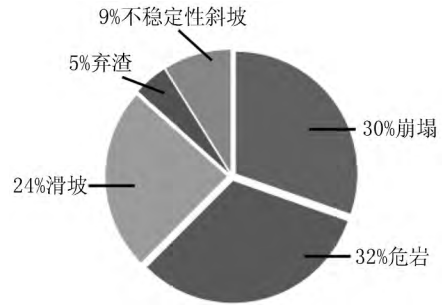


图 4 灾害类型及比例图

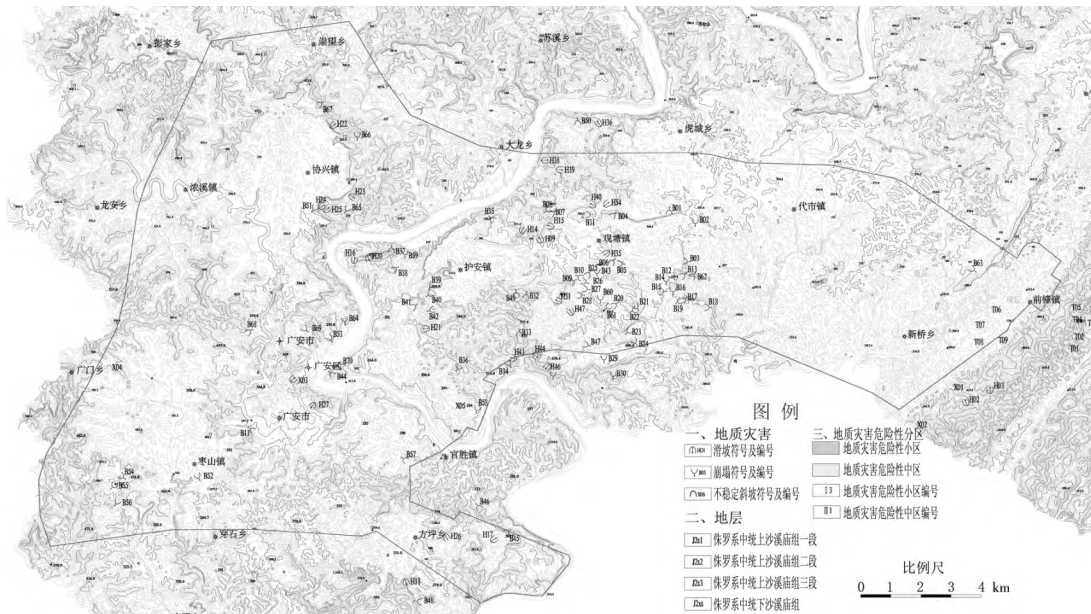


图 5 灾害点分布图

### 2.2 地质灾害成因简述

区内主要以崩塌、危岩地质灾害为主,约占 62%,符合红层地区地质灾害发育特征。近水平的砂泥岩互层,由于岩石本身物理学性质的差异,其抗风化能力存在差距较大。在长期的风化作用下,导致砂岩的风化强度明显低于泥岩的风化强度,一般处于微—中风化状态,而泥岩大多均处于强风化状态,部分地区甚至处于全风化状态。

在差异风化作用下<sup>[4]</sup>,泥岩风化流失,逐渐掏

蚀,在斜坡处往往形成“凹腔”。上部砂岩受卸荷、构造裂隙的控制,在长期的自重作用下,逐渐拉裂扩张,最终因失去支撑而崩落,形成地质灾害,对坡脚的居民、交通安全等造成危害。

## 3 地质灾害危险性预测

### 3.1 预测方法和范围

危险性预测是在综合分析评估区地质环境条件的基础上,依据城市建设规划,预测工程项目建

设过程中和建成后,对地质环境条件的改变和影响,评价是否诱发加剧地质灾害,以及工程建设是否遭受地质灾害的危害<sup>[5-6]</sup>。本次主要采用分区段、分灾种的方法对评估区工程建设诱发加剧地质灾害的危险性和遭受地质灾害的危险性进行预测评估。

根据本次城市整体规划用地范围、当前整体城市功能分区、预期的城市总体规划发展方向、场地地形地貌条件等,将评估区划分为城北片区、城南片区、临港片区、奎阁片区、协兴片区、枣山片区、代市片区、新桥片区、前锋片区及周边郊野片区共 10 个区段进行评估(如图 6)。

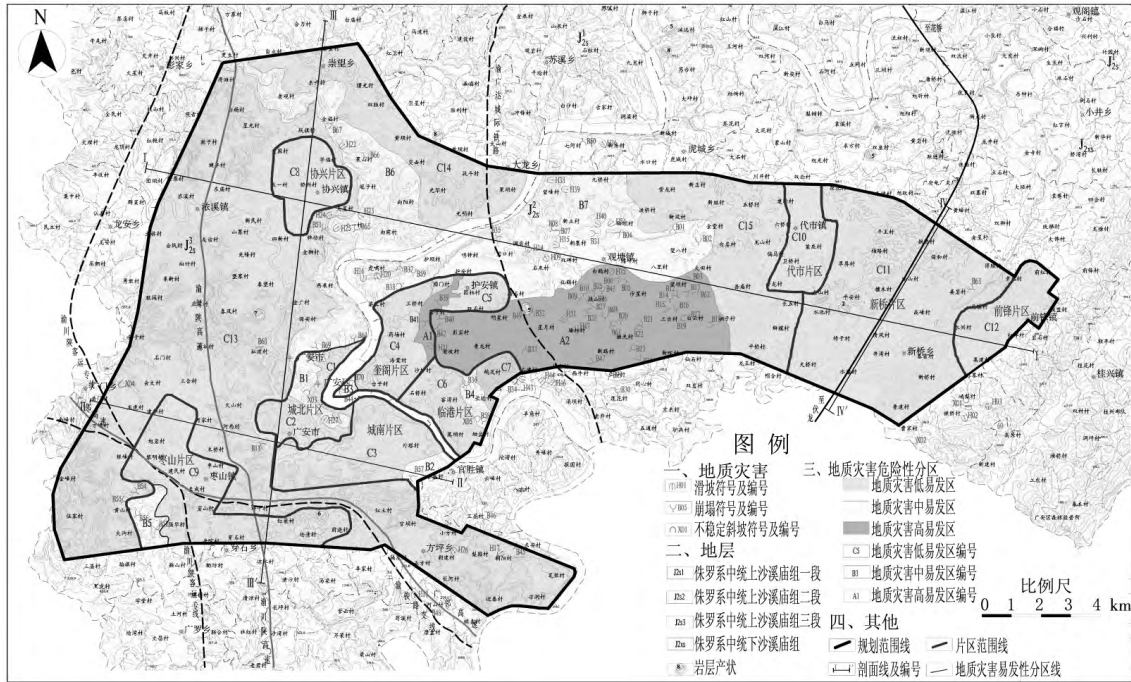


图 6 研究区地质灾害易发程度分区图

3.2 各片区地质灾害危险性预测

本次研究以 DZ/T0286—2015《地质灾害危险性评估规范》危险性划分标准,以地质灾害危害性大小及发育程度为基础,分区进行危险性预测。

城市总体规划区主体分布于渠江及其支流西溪河河谷及两岸的浅—中丘区地带,周围片区如协兴片区、新桥、代市和前锋片区、枣山片区也分布于附近的中丘和浅丘地带。地层平缓,地势相对平坦开阔,总体上地质灾害不发育,地质灾害危害程度较轻。区内主要灾种为小规模的自然陡立斜坡局部崩塌,小规模不稳定斜坡和小型滑坡。此外,修筑道路、站场,修建房屋平整场地开挖可能形成潜在不稳定的高陡人工路堑边坡和高填方边坡;河谷阶地地带流砂、淤泥等软土地基问题也有可能存在。因此,广安市城市总体规划区内规划建设可能诱发、加剧及可能遭受的主要地质灾害类型或工程地质问题主要包括潜在不稳定高陡挖方边坡问题、潜在不稳定高填方边坡问题,河谷岸坡稳定性问题及软土地基问题等 4 种。

城北、城南、奎阁和临港片区行政、商住区在中

部中丘条带一线,房屋建设和道路建设削坡诱发加剧和遭受崩塌、滑坡的可能性中等,危险性中等;其余地段房屋建设和道路建设削坡诱发加剧和遭受崩塌、滑坡的可能性小,危险性小。工程活动诱发加剧和遭受软土地基不均匀沉降的可能性小,危险性小,但应加强勘察和正确设计,以避免因工程措施不当而造成不必要的损失。工程活动诱发加剧河流岸坡失稳的危险性为小,工程活动遭受河流岸坡失稳的可能性中等,危险性中。

协兴、枣山、代市、新桥和前锋片区道路建设和房屋建筑建设削坡均较低,道路建设和房屋建筑建设削坡诱发加剧和遭受崩塌、滑坡的可能性小,危险性小。区内岩体自身稳定性较好,该区内进行工程活动危险性小,但应合理设计和合理组织施工,以免因人为因素触发地质灾害。

周边郊野片区地质灾害隐患点较多,以观塘镇最为突出。但由于将来可能规划为郊野公园或绿地区域,人流活动量较少,人类工程活动改造强度相对较小,因此,工程建设加剧和诱发地质灾害的可能性小,在加强地质灾害的调查和防治规划的基础上,该

区遭受地质灾害的危险性为小。

#### 4 地质灾害危险性综合评价

##### 4.1 综合评价方法、原则与量化指标

在现状评估和预测评估的基础上,对评估区进行地质灾害易发程度分区<sup>[7]</sup>;针对拟建场地不同地段遭受地质灾害的可能性及地质灾害的危害程度,进行地质灾害危险性等级划分。

采用定性、半定量的方法,对地质灾害易发程度

指数进行量化分区<sup>[8-10]</sup>。按式(1)计算:

$$Y=0.618D+0.382R, \tag{1}$$

式中: $Y$ 为地质灾害易发程度指数; $D$ 为地质环境条件复杂程度指数,由基本分值和附加分值两部分构成,基本分值根据地质环境条件复杂程度选取,当地质环境条件复杂时取0.75,地质环境条件中等复杂时取0.5,地质环境条件简单时取0.25,附加分值由表1确定; $R$ 为降雨量指数,根据多年平均最大日降水量和多年平均降水量按表2确定。

表1 地质环境条件复杂程度指数附加分值表

地质环境条件复杂程度重要判定因素	地质环境条件复杂时的附加分值 $a$	地质环境条件中等复杂时各达到复杂或中等复杂标准因素的附加分值 $a$		地质环境条件简单时各个达到复杂或中等复杂标准因素的附加分值 $a$	
		达到复杂标准的因素	达到中等复杂标准的因素	达到复杂标准的因素	达到中等复杂标准的因素
		地形坡角、岩体结构、结构面及其组合对斜(边)坡的影响程度、岩土界面倾角、土层厚度	0.02~0.04 0.01~0.03	0.04~0.06 0.03~0.05	0.02~0.04 0.01~0.03
不良地质现象占调查区面积、临空外倾结构面对斜(边)坡稳定性的影响程度、破坏地质环境的人类工程活动强烈程度	0.03~0.05	—	0.03~0.05	—	—

注:当地质环境条件复杂程度由外倾结构面对斜(边)坡稳定性影响、不良地质现象占用面积比例和破坏地质环境的人类工程活动决定时,应采用分数线下方数据。由其他因素决定时采用分数线上方数据。 $a$ 为地质环境条件复杂程度指数附加分值,为表内相应复杂程度栏中各因素附加分值的总和。

根据求得的地质灾害易发程度指数,按表3的判别标准确定各分区的地质灾害易发程度。

地质灾害危险性分级的判别根据分区地质灾害发生的可能性(可对比易发程度分级确定)及地质灾害的危害程度按表4判别。

表2 降雨量指数取值表

多年平均最大日降水量 $a/mm$	多年平均降水量 $b/mm$	降雨量指数 $R$
90~105	1 200~1 400	0.90~1.00
	1 000~1 200	0.80~0.95
	800~1 000	0.70~0.90
75~90	1 200~1 400	0.80~0.95
	1 000~1 200	0.70~0.90
	800~1 000	0.60~0.85
60~75	1 200~1 400	0.70~0.90
	1 000~1 200	0.60~0.85
	800~1 000	0.50~0.80

注: $a$ 为多年平均最大日降水量,超过105 mm按105 mm计,低于60 mm时按60 mm计;多年平均降水量超过1 400 mm时按1 400 mm计,低于800 mm按800 mm计; $b$ 为多年平均降水量,多年最大日降水量均大时取大值,多年平均降水量均小时取小值。

表3 地质灾害易发程度判定表

地质灾害易发程度指数( $Y$ )	地质灾害易发程度分级
$Y \geq 0.90$	地质灾害极易发区
$0.90 > Y \geq 0.80$	地质灾害高易发区
$0.80 > Y \geq 0.60$	地质灾害中等易发区
$0.60 > Y \geq 0.50$	地质灾害低易发区
$Y < 0.50$	地质灾害不易发区

规划用地适宜性评价根据地质灾害防治的可能性和难易程度进行定性评估。

表4 地质灾害危险性分级判定表

地质灾害发生的可能性	地质灾害发生后可能造成的损失		
	损失大	损失中等	损失小
可能性大	危险性大	危险性大	危险性中等
可能性中等	危险性大	危险性中等	危险性小
可能性小	危险性中等	危险性小	危险性小

##### 4.2 地质灾害综合分区评价

在对地质灾害进行详细调查的基础上,并结合

地质环境条件,对研究区的灾害易发程度进行了分区评价。在定性分析的基础上,对地质灾害易发程度指数进行量化计算,根据计算结果将研究区分为高、中、低易发 3 个大区(图 12)。其中:高易发区(A, $0.90 > Y \geq 0.80$ )包含 3 个亚区,中易发区(B, $0.80 > Y \geq 0.60$ )包含 7 个亚区,低易发区(C, $0.60 > Y \geq 0.50$ )包含 15 个亚区。

高易发区主要集中在观塘镇南部及护安镇的深丘地区,该区崩塌隐患点密集,占据了整个研究区灾害隐患点的 40%,以崩塌、危岩为主。随着泥岩风化的进一步扩展,上部砂岩将逐渐失稳破坏。再加上不当的人类工程活动以及植被的根劈效应,也将加剧其被破坏进程。

中易发区主要集中在观塘镇、护安镇的北部和横跨协兴的中—深丘地区,灾害点密度明显降低,且规模也有所减小。其余均为低易发区,该区内仅零星分布着少量灾害隐患点,爆发地质灾害的概率极低,但仍需注意不合理的工程活动,如开挖、排土等。

将地质灾害危险性分区同用地性质进行综合性分析,从而进行场地适宜性分区评价(图 7)。根据规划用地情况,未来重点向城南、城北以及代市、前锋等区域扩展,避开了灾害点密集地段,将观塘、护

安等地作为森林公园建设,从而大大降低了地质灾害的危害程度。仅在奎阁片区东侧和枣山片区中部等地,灾害危险性中,场地建设基本适宜;而其余片区均为浅丘地区,爆发灾害的可能性较小,且危害程度较低,故场地良好,适宜进行工程建设。

### 5 结语

在对研究区进行详细调查的基础上,并结合规划用地情况,对区内地质灾害的危害性和场地的适宜性进行了评价,得出以下结论:

1)研究区处于四川红层地区,主要为中—深丘地貌,岩性以溪庙组砂岩和遂宁组泥岩为主。经调查,该区共存在 112 处地质灾害隐患点,以崩塌为主,约 70 余处,占 62.55%,规模从 50~1 500 m<sup>3</sup> 不等。主要由于砂泥岩互层,抗风化能力差距较大,在差异风化作用下,形成较多的凹腔,使上部砂岩失去支撑,而逐步转换成崩塌、危岩等地质灾害。

2)对规划区内的各个片区进行了危险性预测,并结合定性分析和半定量计算的方法,对整个研究区进行了分区评价,共划分为高、中、低易发 3 个大区。其中:高易发区包含 3 个亚区,中易发区包含 7 个亚区,低易发区包含 15 个亚区。

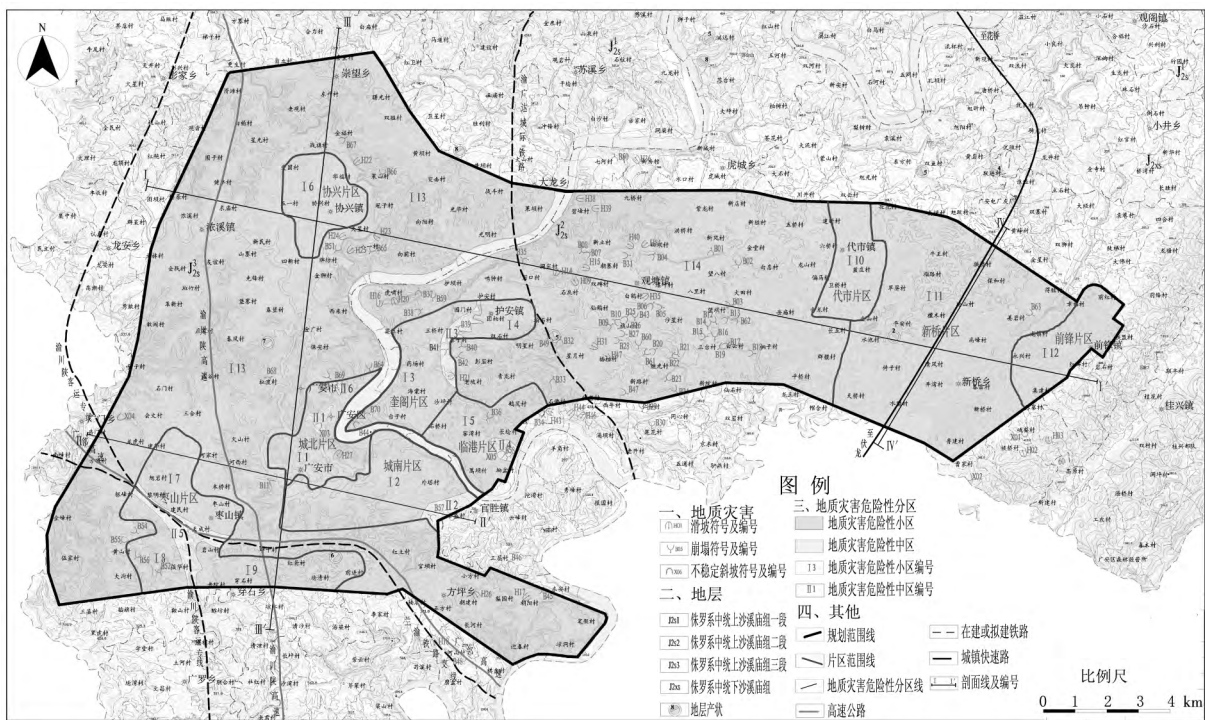


图 7 研究区地质灾害危险性分区图

3)易发区主要集中在观塘镇南部及护安镇的深丘地区,该区崩塌隐患点密集,占据了整个研究区灾

害隐患点的40%。中易发区主要集中在观塘镇、护安镇的北部和横跨协兴的中—深丘地区,灾害点密度明显降低,且规模也有所减小。其余浅丘等相对平坦地区为低易发区。

4)城镇以城南、城北以及代市、前锋等区域扩展为主。很好地避开了灾害点密集地段,将观塘、护安等地作为森林公园建设,从而大大降低了地质灾害的危害程度,因此,区内场地良好,适宜进行工程建设。仅在奎阁片区东侧和枣山片区中部等地,灾害危险性中,场地属于基本适宜范畴。

#### 参考文献

- [1] 黄润秋,许强.中国典型灾难性滑坡[M].北京:科学出版社,2008.
- [2] 许强,裴向军,黄润秋,等.汶川地震大型滑坡研究[M].北京:科学出版社,2009.
- [3] 孙绍聘.灾害评估研究内容与方法探讨[J].地理科学进

展,2001,20(2):122-127.

- [4] 黄润秋.汶川地震地质灾害研究[M].北京:科学出版社,2009.
- [5] 左三胜,赵志祥.建设用地地质灾害危险性评估的初步研究[J].灾害学,2004,19(2):47-50.
- [6] 金德山.建设用地地质灾害危险性评估中几个问题的思考[J].中国地质灾害与防治学报,2004,15(4):101-103.
- [7] 陆显超,卿展晖,范拓.广东省地质灾害预测分区研究[J].岩石力学与工程学报,2006,25(增2):3405-3411.
- [8] 冯杭建,王兰中,唐小明.青川县马鹿乡地震灾后恢复重建的地质灾害危险性评估[J].山地学报,2009,27(1):115-121.
- [9] 王哲,易发成.基于层次分析法的绵阳市地质灾害易发性评价[J].自然灾害学报,2009,18(1):14-23.
- [10] 许兆军,肖妮娜,刘志尧,等.基于易发程度指数法的桂阳县地质灾害易发性分区研究[J].长春工程学院学报:自然科学版,2012,18(3):54-59.

## The Risk Evaluation on Geological Hazards Assessment in Guang'an Urban Overall Plan Areas

WEI Xiao-jia, et al.

(Sichuan Zhide Geotechnical Engineering Ltd., Inc. Company, Chengdu 610094, China)

**Abstract:** With the development of economic construction, human engineering activities gradually extend to the mountain, where contains complex geological environment. Affected by the strong tectonic effects, leading to frequent geological disasters, the expansion of transportation construction and urbanization have been seriously restricted. In this paper, take the example of Guang'an urban overall plan areas, on the basis of a detailed investigation, the characteristics to geological disasters in this area has been analyzed. And with the combination of requirements to land use planning. The comprehensive assessment to the geological disasters degree of geological disasters in this area has been made by taking the method of qualitative and semi-quantitative. The area has been divided into three major areas, such as: high, medium and low-prone area, which contain 3, 7, 15 sub-regions respectively. In addition, with the combination of the type of overall land use plan, the assessment to land suitability has been made to guide human activity, reduce the occurrence of geological disasters, and to avoid unnecessary casualties and property losses.

**Key words:** geological disaster; risk; predict; zoning evaluation; suitability