

文章编号: 1009-3850(2006)02-0088-04

# 四川康定城地质灾害社会经济易损性分区评价

王永利<sup>1</sup>, 丁俊<sup>2</sup>, 王德伟<sup>1</sup>, 魏伦武<sup>2</sup>, 倪师军<sup>1</sup>,  
张成江<sup>1</sup>, 毛郁<sup>3</sup>, 鄢毅<sup>3</sup>

(1. 成都理工大学, 四川 成都 610059; 2. 成都地质矿产研究所, 四川 成都 610082; 3. 四川省地质调查院, 四川 成都 610081)

摘要: 以康定城为例提出了城市地质灾害社会经济易损性分区评价的新方法, 建立了地质灾害社会经济易损性评价方法体系。在对评价因子充分论证的基础上, 分别对康定城 2005 年和 2020 年的地质灾害社会经济易损性进行了分区评价, 评价结果可为康定城市地质灾害危险区的划定提供依据。

关键词: 康定; 地质灾害; 社会经济易损性; 评价方法; 四川

中图分类号: P694

文献标识码: A

## 1 概念与评价体系

易损性是指受灾体遭受地质灾害破坏机会的多少与发生损毁的难易程度, 表现为社会经济系统对地质灾害的响应, 是以受灾体对灾害活动的敏感程度与承受能力来度量。社会经济易损性由受灾体自身条件和社会经济条件所决定, 前者主要包括受灾体类型、数量和分布情况等, 后者包括人口分布、城镇布局、厂矿企业分布和交通通讯设施等。

受灾体损毁程度和价值损失率除了与受灾体抗破坏能力有关外, 主要受地质灾害危害范围和危害强度控制, 二者呈明显的正相关关系; 地质灾害的危害范围越大, 危害强度越高, 受灾体损毁越严重, 价值损失率越高。

地质灾害社会经济易损性评价指标体系应当由生命损失、财产损失、社会经济损失和资源与环境损失四部分构成。生命损失和财产损失称为直接损失, 而社会经济损失和资源与环境损失称为间接损

失。生命损失和财产损失对于人类有直接的关系, 与城市人口密度和财产密度有关。通常情况下, 人口和财产密度越大, 对灾害的反应越灵敏, 受灾害危害的程度越高。社会经济损失主要指对社会产生影响, 主要包括救灾资金投入和产业部门产值的减少情况等。资源与环境损失主要表现为破坏土地、资源与环境等。

## 2 社会经济易损性评价

地质灾害的社会经济易损程度, 用易损性指数来度量, 指数值越大, 则社会经济易损性越高。评价指标包括生命损失、财产损失、社会经济损失和资源与环境损失 4 个指标。计算每个地质环境分区单元的易损性指数, 根据各单元的易损性指数进行社会经济易损性分区, 做出整个城市的易损性指数等值线图或易损分布图。

### 2.1 易损性值的计算

易损性值可用下列公式计算:

收稿日期: 2006-01-20

第一作者简介: 王永利, 1971 年生, 讲师, 博士生, 研究方向: 城市环境地质、水文地球化学等。

资助项目: 中国地质调查局“西南地区主要城市环境地质调查及脆弱性评价综合研究”(1212010540102)。

$$Y_i = \sum_{j=1}^4 a_i \cdot x_{ij}$$

式中,  $Y_i$ —— $i$ 单元的易损性值

$x_{i1}$ —— $i$ 单元的人口密度(人/ $\text{km}^2$ )

$x_{i2}$ —— $i$ 单元的财产密度(万元/ $\text{km}^2$ )

$x_{i3}$ —— $i$ 单元的社会经济损失指标

$x_{i4}$ —— $i$ 单元的资源与环境损失指标

$a_i$ —— $i$ 单元的损失率

1. 人口密度

生命损失可用人口密度来代替,人口密度越高,受地质灾害危害造成的生命损失可能越大。城市的人口密度调查有不同的方法,一般分为现场调查法、社会资料收集法和预测算法。现场调查法是首先划分好调查的单元格,现场询问调查该单元的常驻人口,人口数除以该单元的面积,即为该单元的人口密度。社会资料收集法是通过民政部门等相关部门的联合工作,收集小区或单位的常驻人口数,从而得出该单元的人口密度。预测算法是根据城市规划预测计算人口密度的新方法,其人口密度可用下式计算:

$$X_{i(t)} = \frac{\xi \cdot A_i}{S_i}$$

式中,  $X_{i(t)}$ —— $i$ 单元到 $t$ 年的预测计算人口密度值(人/ $\text{km}^2$ )

$\xi$ ——城市单位规划居住用地人口密度(人/ $\text{m}^2$ )

$A_i$ —— $i$ 单元的城市规划居住用地面积( $\text{m}^2$ )

$S_i$ —— $i$ 单元的面积( $\text{km}^2$ )

$$\xi = \frac{M_t}{S_t}$$

式中,  $M_t$ ——到 $t$ 年的城市规划人口总数(人)

$S_t$ ——到 $t$ 年的城市规划居住用地总面积( $\text{m}^2$ )

(1) 康定城 2005 年人口密度。现状人口密度的获取选择现场调查法和社会资料收集法两种方法。人口密度的调查(表 1), 首先确定调查的范围, 调查的范围北到二道桥, 南到老榆林, 东到城东加油站。调查单元的划分以社区和单位为基础, 进行调查, 最后编制出康定城 2005 年人口密度分布图。人口密度范围 690~22467 人/ $\text{km}^2$ 。高密度分布区在主城区, 大于 20000 人/ $\text{km}^2$ ; 人口密度在 10000~20000 人/ $\text{km}^2$  范围之间的地区主要分布在二道桥温泉附近; 人口密度在 1000~10000 人/ $\text{km}^2$  范围之间的地区分布在头道桥、幸福村、两岔路和老榆林附近; 其它地区人口密度较小。

(2) 康定城 2020 年人口密度。根据康定城 2020

表 1 康定城 2005 年人口调查一览表

Table 1 Population investigations in Kangding county town in 2005

| 调查单元编号 | 人口(人) | 面积( $\text{m}^2$ ) | 密度(人/ $\text{km}^2$ ) |
|--------|-------|--------------------|-----------------------|
| 1      | 354   | 28116.35           | 12590                 |
| 2      | 429   | 128628.9           | 3335                  |
| 3      | 130   | 17394.6692         | 7473                  |
| 4      | 554   | 51766.4922         | 10701                 |
| 5      | 30    | 43478.2350         | 690                   |
| 6      | 230   | 51800.0535         | 4440                  |
| 7      | 34876 | 1552321            | 22467                 |
| 8      | 523   | 297887             | 1755                  |

年规划人口  $M_t=5$  万人, 规划居住面积  $S_t=124.98\text{m}^2$ , 可求得  $\xi=400.1$  人/ $\text{m}^2$ 。

根据康定 2020 年城市总体规划文本、控制性详细规划文本和规划图, 可以获得预测计算单元  $i$  的城市规划居住面积  $A_i$ ; 单元  $i$  的面积  $S_i$  可以在工作图中直接获取。

按上述方法计算出康定城 2020 年规划区每个预测计算单元的人口密度, 并编制出康定城 2020 年人口密度分布图。高密度区(大于 30000 人/ $\text{km}^2$ ) 的主要分布在新城区、幸福桥村和驷马桥等地带, 人口密度 20000~30000 人/ $\text{km}^2$  分布在公主桥至两岔路地带; 人口密度 10000~20000 人/ $\text{km}^2$  分布在老城区、城东和二道桥附近; 其它地带人口密度较小。

2. 财产密度

财产损失可用财产密度来代替,财产密度越高,受地质灾害危害造成的财产损失可能越大。城市财产密度调查有不同的方法,一般也分为现场调查法、社会资料收集法和预测三种算法。现场调查法是根据当地不同财产类型的造价,现场调查不同财产类型的数量,得出调查单元的总资产,除以该单元的面积,即为该单元的财产密度。社会资料收集法主要收集各个单位的固定资产价值,进而计算出单元的财产密度。预测算法是用于预测城市规划后财产的密度分布,根据现阶段的不同建筑物的造价,科学合理的预测城市规划后的单元财产密度。其预测计算公式如下:

$$X_{i(t)} = \frac{K \cdot \sum_{j=1}^n \alpha_j \cdot B_{ij}}{S_i}$$

式中,  $X_{i(t)}$ —— $i$ 单元到 $t$ 年的预测财产密度值(万元/ $\text{km}^2$ )

$\alpha_{ij}$ —— $i$ 单元  $j$  类财产单价(造价)

$B_{ij}$ —— $i$  单元  $j$  类财产数量  
 $n$ —— $i$  单元财产种类总数  
 $S_i$ —— $i$  单元的面积( $\text{km}^2$ )  
 $K$ ——财产增长系数,  $K=1+\beta$   
 $\beta$  为财产增长率。城市财产现状,  $\beta=0$ ; 预测  $t$  年财产,  $\beta>0$ ,  $\beta$  值的大小可根据城市的以往多年财产增长曲线获得, 或用当地 GDP 的增长率来代替。

(1) 康定城 2005 年财产密度。采取现场调查法和社会资料收集法来获取。在康定县城建局的配合协助下, 取得了康定城 2005 年不同类型建筑工程的单位造价。根据调查单元面积  $S_i$  和不同类型建筑工程的数量, 按上述计算方法求得康定城每个调查单元的财产密度, 并编制出康定城财产密度分布图。财产的高密度区主要分布在老城区, 达到了 500000 万元/ $\text{km}^2$  以上; 其次较高的区域分布在城北和城南的个别地带, 达到了 100000~500000 万元/ $\text{km}^2$ ; 其他较低的分布区域( $<100000$  万元/ $\text{km}^2$ ) 在老榆林、两岔路和头道桥等地带。

(2) 康定城 2020 年财产密度。采用上述预测计算公式求得。预测 2020 年财产,  $\beta>0$ ,  $\beta$  值的大小用康定 GDP 的增长率来代替( $\beta=13.6\%$ )。按方法计算出康定城每个调查单元的财产密度, 并编制出康定城财产密度分布图。高密度区(大于 500000 万元/ $\text{km}^2$ ) 的主要分布在新城区、幸福桥村等地带; 财产密度 500000~100000 万元/ $\text{km}^2$  主要分布在老城区; 财产密度 100000~50000 万元/ $\text{km}^2$  主要分布在两岔路附近; 财产密度 50000~1000 万元/ $\text{km}^2$  主要分布在跑马山、108 地质队附近; 其余地区财产密度低, 小于 1000 万元/ $\text{km}^2$ 。

3. 社会经济损失和资源与环境损失指标  
社会经济损失和资源与环境损失指标见表 2。  
4. 损失率

损失率与地质灾害的易发程度及其危害范围有关。根据经验值给出了损失率值(表 3)。

2.2 易损性评价因子归一化计算处理

$X_{\text{损}j}=X_{ij}X_{j\text{max}}$   
式中,  $X_{\text{损}j}$ —— $i$  单元第  $j$  个评价因子归一化值  
 $X_{ij}$ —— $i$  单元第  $j$  个评价因子值  
 $X_{j\text{max}}$ ——第  $j$  个评价因子的最大值  
根据  $X_{\text{损}j}$  值的大小将  $i$  单元第  $j$  个评价因子易损程度分为 4 级:  
 $X_{\text{损}j}\geq 0.7$  高易损  
 $0.50<X_{\text{损}j}<0.7$  中易损

表 2 社会经济损失和资源与环境损失指标查值表  
Table 2 Transformed values of potential total losses of social economy, resources and environments

| 严重程度<br>(赋值) | 社会经济损失                       | 严重程度<br>(赋值) | 资源与环境损失           |
|--------------|------------------------------|--------------|-------------------|
| 严重(20)       | 救灾资金投入大, 各产业部门产值减少量大于 60%    | 严重(20)       | 环境严重恶化或自然资源严重破坏   |
| 较严重(10)      | 救灾资金投入较大, 各产业部门产值减少量 20%~60% | 较严重(10)      | 环境较严重恶化或自然资源较严重破坏 |
| 不严重(5)       | 救灾资金投入小, 各产业部门产值减少量小         | 不严重(5)       | 环境轻微恶化或自然资源轻微破坏   |
| 无影响(0)       | 无救灾资金投入, 对产业部门产值无影响          | 无影响(0)       | 环境无恶化或自然资源未破坏     |

表 3 损失率查值表  
Table 3 Transformed values of loss ratios

| 条 件<br>损失率 | 高易发区<br>及其可能<br>危害范围 | 中易发区<br>及其能危<br>害范围 | 低易发区          | 不易发区       |
|------------|----------------------|---------------------|---------------|------------|
| $a_i$      | $\geq 0.7$           | $0.7\sim\geq 0.4$   | $0.4\sim>0.1$ | $\leq 0.1$ |

$0.3<X_{\text{损}j}\leq 0.50$  低易损  
 $X_{\text{损}j}\leq 0.3$  不易损

2.3 易损程度( $Y_{\text{损}}$ ) 数字化

根据各评价因子易损程度的等级, 按表 4 赋值, 即高易损区、中易损区、低易损区和不易损区分别赋值 4, 3, 2, 1。

在评价单元中, 有两种或两种以上评价因子赋值为 4 时, 则  $Y_{\text{损}}$  损取值为 5; 其余情况,  $Y_{\text{损}}$  损取评价因子赋值(4, 3, 2, 1) 中的最大值。

表 4 社会经济易损程度取值表  
Table 4 Classification of the vulnerability of social economy

| 因素      | 高易损区 | 中易损区 | 低易损区 | 不易损区 |
|---------|------|------|------|------|
| 人口密度    | 4    | 3    | 2    | 1    |
| 财产密度    | 4    | 3    | 2    | 1    |
| 社会经济损失  | 4    | 3    | 2    | 1    |
| 资源与环境损失 | 4    | 3    | 2    | 1    |

2.4 社会经济易损性分区

城市地质灾害易损性指数( $E_{\text{损}}$ ) 用下列公式计算:

$$E_{\text{损}}=\frac{a\cdot Y_{\text{损}}}{5}$$

式中,  $a$ ——损失率

$Y_{\text{损}}$ ——社会经济易损程度

根据城市地质环境分区单元易损性指数值,可定量地综合反映城市地质灾害社会经济易损程度的空间分布。根据易损性指数大小进行地质灾害社会经济易损性分区:

$E_{\text{损}} \geq 0.6$   
 $0.4 \leq E_{\text{损}} < 0.6$   
 $0.2 \leq E_{\text{损}} < 0.4$   
 $E_{\text{损}} < 0.2$

高易损区  
中易损区  
低易损区  
不易损区

也可将上述综合信息叠加结果按 1, 2, 3, 4, 5 数值表示,并在计算机上用 Surf 等软件自动生成等值线,可定量地综合反映城市地质灾害社会经济易损程度。其中,易损程度  $Y_{\text{损}}$  等值线  $\geq 3.5$  为社会经济高易损区;等值线  $2.5 \sim 3.5$  为社会经济中易损区;等值线  $1.5 \sim 2.5$  为社会经济低易损区;等值线  $< 1.5$  为社会经济不易损区(表 5)。

表 5 社会经济易损分区表

Table 5 Division of the vulnerable areas of social economy

| 易损指标  | 高易损区              | 中易损区                | 低易损区                | 不易损区    |
|-------|-------------------|---------------------|---------------------|---------|
| 易损程度  | $5 \sim \geq 3.5$ | $3.5 \sim \geq 2.5$ | $2.5 \sim \geq 1.5$ | $< 1.5$ |
| 易损性指数 | $1 \sim \geq 0.6$ | $0.6 \sim \geq 0.4$ | $0.4 \sim \geq 0.2$ | $< 0.2$ |

2.5 社会经济易损性分区评价

康定城 2005 年社会经济易损性指数分布特征:高易损区主要分布在二道桥温泉、城北水泥厂、体育馆、子耳坡沟、箭杆山、椒子杠、跑马山北坡、白土坎、

母猪笼沟等附近区域,这些地区处于地质灾害高易发及其可能危害的范围区,具有人口财产密度大,受灾易损严重之特点。中易损区主要分布在雅拉河两岸、老城区折多河两岸和瓦斯河右岸的缓坡地带,这些地区处于地质灾害中一高易发及其可能危害的范围区,具有人口财产密度较大,受灾易损较严重的特  
点。低一不易损区分布范围较大,主要分布于河谷两岸山坡上。

康定城 2020 年社会经济易损性指数分布特征:高易损区主要分布在二道桥温泉、城北水泥厂、体育馆、子耳坡沟、箭杆山、瓦斯河右岸、白土坎、驷马桥等附近区域,处于地质灾害高易发及其可能危害的范围区,具有人口财产密度大,受灾易损严重之特点。中易损区主要分布在雅拉河两岸、瓦斯河谷、老城区折多河两岸和龙头沟等区域,这些地区处于地质灾害中一高易发及其可能危害的范围区,具有人口财产密度较大,受灾易损较严重的特  
点。低一不易损区分主要分布于新城区和河流两岸的山坡上。

3 结 论

地质灾害社会经济易损性评价指标体系由生命损失、财产损失、社会经济损失和资源与环境损失四部分构成。康定城的社会经济易损性评价结果,可直接为康定城市地质灾害危险区的划定提供依据,为地质灾害隐患点选择灾害避让搬迁、监测报警或防治工程等措施决策提供科学依据。

Assessment of the vulnerability of social economy by geological hazards in Kangding county town, western Sichuan

WANG Yong-li<sup>1</sup>, DING Jun<sup>2</sup>, WANG De-wei<sup>1</sup>, WEI Lun-wu<sup>2</sup>, NI Shi-jun<sup>1</sup>, ZHANG Cheng-jiang<sup>1</sup>, MAO Yu<sup>3</sup>, YAN Yi<sup>3</sup>  
(1. Chengdu University of Technology, Chengdu 610059, Sichuan, China; 2. Chengdu Institute of Geology and Mineral Resources, Chengdu 610082, Sichuan, China; 3. Sichuan Institute of Geological Survey, Chengdu 610081, Sichuan, China)

**Abstract:** The present paper deals with a new technique for the assessment and the assessment system of the vulnerability of social economy caused by geological hazards in Kangding county town, western Sichuan. The assessment is made for the vulnerability of social economy caused by geological hazards in 2005 and 2020, respectively. These results of assessment may serve as the basis for the division of the risk areas of the urban geological hazards in the county town.

**Key words:** Kangding; geological hazard; vulnerability of social economy; technique for assessment; Sichuan