

文章编号: 1009-3850(2006)02-0081-07

四川康定城地质灾害危险性分区评价

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

(1. 成都地质矿产研究所, 四川 成都 610082; 2. 成都理工大学, 四川 成都 610059; 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危险性分区评价的新方法, 建立了地质灾害易发性和地质灾害社会经济易损性评价因子指标体系与评价方法, 在地质灾害易发性和易损性评价基础上, 进行地质灾害危险性分区评价。其危险性等级划分标准与国务院地质灾害防治条例和突发地质灾害应急预案函中的划分标准一致, 评价结果可直接用于城市地质灾害防治规划编制工作, 为城市防灾减灾和实施地质灾害避让搬迁、监测报警和防治工程的实施提供了科学依据。

关键词: 康定; 地质灾害; 危险性; 评价方法; 四川
中图分类号: P694 文献标识码: A

1 地质灾害危险性评价思路

城市地质灾害危险性评价是建立在地质灾害易发性与地质灾害的社会经济易损性基础上的, 易发性偏重于地质环境的自然属性, 而易损性偏重于社会属性。对一个地质灾害点而言, 首先是易于发生地质灾害, 又会对社会造成一定损失(易损), 即可认定地质灾害具有很大的危险性。因此, 危险性评价是由易发性与易损性叠加而成, 反映地质灾害危害程度。

地质灾害危险性评价思路见图1。易发性从5个方面分别予以评价, 其中包括: 崩塌、滑坡、泥石流、塌陷和其它地质灾害的易发性评价; 易损性评价包括4方面的内容: 生命损失、财产损失、社会经济损失和资源与环境损失。

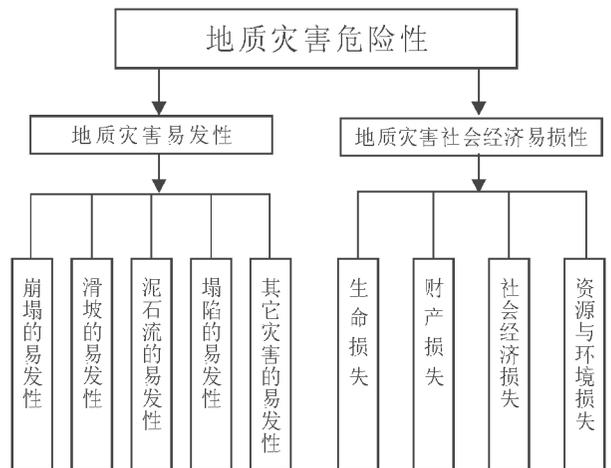


图1 地质灾害危险性评价要素框图

Fig. 1 Risk assessment elements of geological hazards

2 地质灾害发育分布特征

四川省甘孜藏族自治州首府康定县城地处高原,受高山峡谷地形地貌和断裂构造条件的控制,断裂发育,岩体破碎,在降雨、地震和人类经济活动的影响下,地质灾害十分发育^[1,2]。地质灾害类型有滑坡、崩塌、泥石流、不稳定斜坡(危石群和变形体),共计地质灾害 25 处,其中滑坡 14 处、崩塌 3 处、泥石流 5 处、不稳定斜坡 3 处(包括危石群 1 处、堆积层变形体 2 处)。地质灾害多沿城区河流两岸斜坡和支沟分布,对人口稠密、商业繁华的城区居民的生命财产安全构成巨大的威胁。

3 地质灾害易发分区评价

城市地质灾害易发性是指城市的地质结构体可能发生地质灾害的程度;地质灾害易发区是指容易产生地质灾害的区域,分为高易发区、中易发区、低易发区和不易发区 4 种不同类型区域。

3.1 地质环境分区单元的划分

康定城地质环境分区是以地质图为基础,依据地质环境条件和环境地质问题的差异性,按“区内相似,区际相异”的原则,采用不规则单元法将康定城划分为 86 个地质环境分区单元格(图 2)。

3.2 地质灾害易发程度判别

根据崩塌、滑坡、泥石流等灾种的形成条件、诱发因素以及稳定状态和发展趋势,建立不同灾种的地质灾害易发程度的判别模式^[3]:

$$E_j = \frac{\sum_{i=1}^m a_i \cdot x_i}{n}$$

E_j ——第 j 类灾种地质灾害易发程度

a_i —— j 灾种评价因子 x_i 的权重

x_i —— j 灾种评价因子

m —— j 灾种评价因子总个数

n ——灾害修正系数,滑坡 $n=40$,崩塌 $n=40$,泥石流 $n=130$

对康定城 86 个地质环境分区单元进行地质灾害易发程度评判,做出城市地质灾害易发分区评价图。康定城滑坡高易发单元 6 个,中易发单元 37 个,低和不易发单元 29 个;崩塌高易发单元 3 个,中易发单元 4 个,低和不易发单元 65 个;泥石流高易发沟有椒子杠(79 号单元)、子耳坡(77 号单元)和母猪笼(80 号单元)三条沟,泥石流中易发沟有白骨塔(78 号单元)和公主桥沟(81 号单元)。

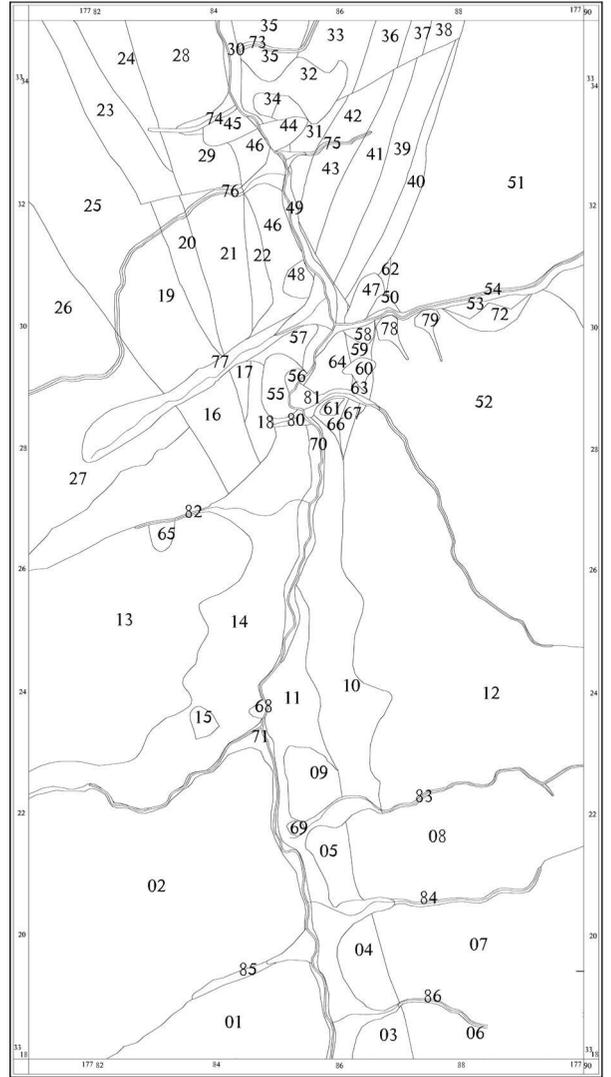


图 2 康定城地质环境分区单元格划分图(数字为单元格编号)

Fig. 2 Division of unit grids for the urban geo-environments in Kangding county town (The numbers refer to the numbers of the unit grids)

3.3 地质灾害易发程度分区

根据康定城 86 个地质环境分区单元的地质灾害易发程度判别结果,将各滑坡、崩塌、泥石流等灾种的易发程度判别结果进行叠加,最后做出康定城地质灾害易发分区评价图。

康定城易发区划分为四级:

A 级—地质灾害高易发区,其中:

A₁—滑坡高易发区

A₂—崩塌高易发区

A₃—泥石流高易发区

A₄—滑坡、泥石流高易发区

B 级—地质灾害中易发区,其中:

- B₁—滑坡中易发区
- B₂—崩塌中易发区
- B₃—泥石流中易发区
- C级—地质灾害低易发区
- D级—地质灾害不易发区

4 地质灾害社会经济易损性分区评价

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。城市地质灾害的社会易损性可用易损性指数来度量,指数值越大社会经济易损性越高。地质灾害易损性值可用下式计算:

$$Y_i = \frac{\sum_{j=1}^4 a_j \cdot x_{ij}}{n}$$

式中, Y_i —— i 单元的易损性值

x_{i1} —— i 单元的人口密度(人/ km^2)

x_{i2} —— i 单元的财产密度(万元/ 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

在康定城地质灾害社会经济易损性评价因子(人口密度、财产密度、社会经济损失、资源与环境损失)值获得基础上,对易损性评价因子进行归1化处理,并计算出易损程度 $Y_{损}$ 和易损性指数 $E_{损}$ 值^[4],根据易损性指数的大小进行易损性分区:

$E_{损} \geq 0.6$	高易损区
$0.4 \leq E_{损} < 0.6$	中易损区
$0.2 \leq E_{损} < 0.4$	低易损区
$E_{损} < 0.2$	不易损区

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,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、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—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—不易损区分主要分布于新城区和河流两岸的山坡上。

5 地质灾害危险性分区评价

地质灾害危险区是指明显可能发生地质灾害且

造成较多人员伤亡和严重财产损失的地区。从定性分析看,地质灾害的活动程度越高,危险性越大,可能造成的灾害损失越严重。地质灾害危险性分为已发灾害危险性和潜在灾害危险性。已发灾害危险性是指已经发生的地质灾害点的危险程度;潜在灾害危险性是指具有灾害形成条件,但尚未发生的地质灾害的可能的危险程度。地质灾害危险性分区评价的工作流程见图3。

5.1 地质灾害危险性指数计算

运用地理信息系统(GIS)平台,在易发性与易损性评价基础上,叠加计算出每个地质环境分区单元的地质灾害危险性指数:

$$W_{危} = a_1 \cdot E_{易} + a_2 \cdot E_{损}$$

式中, $W_{危}$ ——评价单元的地质灾害危险性指数

$E_{易}$ ——评价单元的地质灾害易发性指数

$E_{损}$ ——评价单元的地质灾害易损性指数

a_1 ——地质灾害易发性指数的权重,一般取0.6

a_2 ——地质灾害易损性指数的权重,一般取0.4

5.2 地质灾害危险性等级阈值的确定

1. 地质灾害危害程度分级

地质灾害危害程度是指地质灾害造成人员伤亡、财产损失与生态环境破坏的程度。根据国务院《地质灾害防治条例》、国土资源部《建设用地地质灾害危险性评估技术要求(DZ0245-2004)》和国务院办公厅关于印发国家突发地质灾害应急预案函(国办函[2005]37号),地质灾害危害程度按表1标准进行分级。

2. 已发灾害危险性评价

已发地质灾害危险性是指已经发生的地质灾害点的危险性。地质灾害点的稳定性越差,其活动程度越高,发生概率越大,危害性越大,可能造成的危害损失越严重。

地质灾害体的稳定性可采用稳定性分析、半定量计算和定量计算等多种方法研究确定,并将其稳定性状态划分为差、中等、好三级。

地质灾害受威胁人数 $N_{危}$:

$$N_{危} = \lambda \sum_{i=1}^n M_i \cdot S_i$$

式中, M_i ——地质灾害危害范围内第 i 单元人口密度(人/ m^2)

S_i ——地质灾害危害范围内第 i 单元面积(m^2)

λ ——地质灾害发生概率

n ——地质灾害危害范围内单元总个数

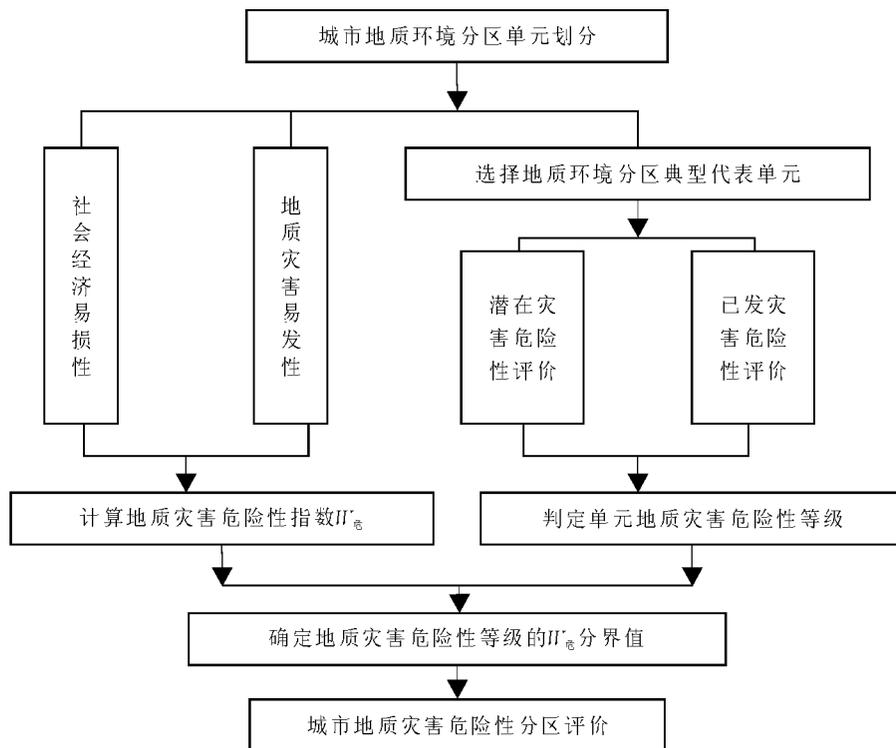


图3 城市地质灾害危险性分区评价工作流程框图

Fig. 3 Technological processes for the risk assessment of urban geological hazards

表1 地质灾害险情与灾情程度分级标准表险情程度分级

Table 1 Criteria for the division of the grades of the risks and losses caused by geological hazards

险情程度分级			灾情程度分级		
等级	受威胁人数(人)	潜在经济损失(万元)	等级	死亡人数(人)	直接经济损失(万元)
特大型	≥ 1000	≥ 10000	I级	≥ 30	≥ 1000
大型	1000 ~ 500	10000 ~ 5000	II级	30 ~ 10	1000 ~ 500
中型	500 ~ 100	5000 ~ 500	III级	10 ~ 3	500 ~ 100
小型	< 100	< 500	IV级	< 3	< 100

地质灾害潜在经济损失 $F_{财}$:

式中, P_i ——地质灾害危害范围内第 i 单元财产密度(万元/ m^2)

S_i ——地质灾害危害范围内第 i 单元面积(m^2)

λ ——地质灾害发生概率

n ——地质灾害危害范围内单元总个数

对整体稳定性差的地质灾害体, 地质灾害发生概率 $\lambda=80\% \sim 100\%$; 对稳定性中等的地质灾害体, 地质灾害发生概率 $\lambda=30\% \sim 60\%$; 对稳定性好的地质灾害体, $\lambda=0 \sim 20\%$ 。

根据地质灾害体的稳定状态, 危害对象和危害程度等级, 将历史灾害危险性分为大、中等、小三级, 划分标准见表2。

表2 已发地质灾害危险性分级表

Table 2 Grading of the risks of historical geological hazards

确定要素 危险性分级	灾情(灾情)等级		
	稳定状态	危害对象	灾情(灾情)等级
危险性大	差	城镇及主体建筑物	大型以上(≥ II级)
危险性中等	中等	有居民及主体建筑物	中型(III级)
危险小	好	无居民及主体建筑物	小型(IV级)

3. 潜在灾害危险性评价

潜在灾害危险性是指具有灾害形成条件, 但尚未发生地质灾害的地质体的灾害危险性。该地质单

元体的稳定状态可用地质灾害高易发、中易发、低易发和不易发4个等级反映,地质灾害易发程度越高,则发生地质灾害的概率越大,危险性越大,可能造成的灾害损失越严重。

地质灾害威胁人数 $N_{潜}$:

$$N_{潜} = \lambda \sum_{i=1}^n M_i \cdot S_i$$

式中, M_i ——地质灾害可能危害范围内第 i 单元人口密度(人/ m^2)

S_i ——地质灾害可能危害范围内第 i 单元面积(m^2)

λ ——地质灾害发生概率

n ——地质灾害可能危害范围内单元总个数

地质灾害潜在经济损失 $F_{潜}$:

$$F_{潜} = \lambda \sum_{i=1}^n P_i \cdot S_i$$

式中, P_i ——地质灾害可能危害范围内第 i 单元财产密度(万元/ m^2)

S_i ——地质灾害可能危害范围内第 i 单元面积(m^2)

λ ——地质灾害发生概率

n ——地质灾害可能危害范围内单元总个数

对整体稳定性差的地质体,地质灾害发生概率 $\lambda=80\% \sim 100\%$,对稳定性中等的地质体,地质灾害发生概率 $\lambda=30\% \sim 60\%$,对稳定性好的地质体, $\lambda \leq 20\%$ 。

根据潜在地质灾害体的稳定状态,危害对象和危害程度等级,将潜在灾害危险性分为大、中等、小三级,划分标准见表3。

表3 潜在地质灾害危险性分级表

Table 3 Grading of the risks of potential geological hazards

确定要素 危险性分级	稳定状态	危害对象	险情等级
危险性大	地质灾害高易发	城镇及主体建筑物	大型以上
危险性中等	地质灾害中易发	有居民及主体建筑物	中型
危险性小	地质灾害低—不易发	无居民及主体建筑物	小型

4. 地质灾害危险性等级阈值的确定

根据康定城地质环境分区单元 $W_{危}$ 计算值与其采用已发地质灾害危险性评价方法或潜在地质灾害危险性评价方法判定的危险性等级进行对比分析研究,确定康定城地质灾害危险性等级划分界限值

为0.65、0.4,即地质灾害危险性等级阈值 $W_{阈}^{大}=0.65$, $W_{阈}^{小}=0.4$ 。

5.3 地质灾害危险性分区

根据康定城地质灾害危险性等级阈值 $W_{阈}^{大}$ 、 $W_{阈}^{小}$ 和每个地质环境分区单元的地质灾害危险性指数值(表4)进行地质灾害危险程度判定:

$W_{危} \geq 0.65$ 地质灾害危险性大

$0.4 \leq W_{危} < 0.65$ 地质灾害危险性中等

$W_{危} < 0.4$ 地质灾害危险性小

康定城地质灾害危险性大的区域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、跑马山北坡、椒子杠沟、白土坎、母猪笼、驷马桥和龙头沟等地带。这些地区既是地质灾害高易发区,又是地质灾害高易损区,一旦发生灾害,造成的危害巨大。地质灾害危险性中等的区域主要分布在雅拉河两岸和城南榆林河右岸的斜坡地带,这些地区断裂发育,岩体较破碎,多为地质灾害中易发和中易损区,一旦发生灾害,造成的危害较大。地质灾害危险性小的区域主要分布在河谷的大部分地带和城南岩浆岩块状岩体分布区。

6 结 语

康定城地处高山峡谷区,城市建设用地极为有限,在这“寸土寸金”的康定城目前正在开展大规模的城市扩建工程,规划到2020年,城市建设用地面积由现在的不足3 km^2 ,扩大到7.57 km^2 ,人口由现在的3万人扩大到5万人。随着康定城市化速度加快,建设规模不断扩大,人类经济活动不断加剧,城市地质作用不断加强,康定城地质灾害日趋严重,已严重制约了城市社会经济的持续发展。编制康定城地质灾害易发分区评价图、社会经济易损性分区评价图和地质灾害危险性分区评价图,可直接为康定人民政府制定城市地质灾害防治规划提供科学依据。

参考文献:

- [1] 丁俊,魏伦武,赖绍民,等.我国西南地区城市地质灾害与防治对策.中国地质灾害与防治学报[J].2004,15(增刊):119-122.
- [2] 丁俊,倪师军,魏伦武,等.西南地区城市环境地质调查工作的思考[J].沉积与特提斯地质[J].2004,25(4):108-110.
- [3] 王德伟,丁俊,魏伦武,等.四川康定城地质灾害易发分区评价[J].沉积与特提斯地质,2005,26(2):
- [4] 王永利,丁俊,王德伟,等.四川康定城地质灾害社会经济易损性分区评价[J].沉积与特提斯地质,2005,26(2):

表4 康定城地质灾害危险性评价结果汇总表

Table 4 Summary of the results of risk assessment of geological hazards in Kangding county town

单元 编号	易发性评价		易损性评价(2020)		危险性评判		单元 编号	易发性评价		易损性评价(2020)		危险性评判	
	等级	指数 $E_{易}$	等级	指数 $E_{损}$	指数 $W_{危}$	等级		等级	指数 $E_{易}$	等级	指数 $E_{损}$	指数 $W_{危}$	等级
01	C	0.4	D	0.04	0.26	小	44	A	0.8	A	0.8	0.8	大
02	C	0.4	D	0.04	0.26	小	45	A	0.8	A	0.8	0.8	大
03	B	0.6	C	0.3	0.48	中等	46	D	0.2	B	0.5	0.32	小
04	B	0.6	C	0.3	0.48	中等	47	A	0.8	A	0.8	0.8	大
05	B	0.6	C	0.3	0.48	中等	48	A	0.8	A	0.8	0.8	大
06	C	0.4	D	0.04	0.26	小	49	D	0.2	B	0.5	0.32	小
07	C	0.4	D	0.04	0.26	小	50	B	0.6	A	0.8	0.68	大
08	C	0.4	D	0.04	0.26	小	51	B	0.6	C	0.3	0.48	中等
09	B	0.6	C	0.3	0.48	中等	52	C	0.4	D	0.04	0.26	小
10	D	0.2	C	0.2	0.2	小	53	B	0.6	A	0.64	0.62	中等
11	D	0.2	C	0.2	0.2	小	54	D	0.2	B	0.5	0.32	小
12	C	0.4	D	0.04	0.26	小	55	B	0.6	C	0.3	0.48	中等
13	C	0.4	D	0.04	0.26	小	56	A	0.8	A	0.64	0.74	大
14	D	0.2	C	0.2	0.2	小	57	D	0.2	B	0.5	0.32	小
15	B	0.6	C	0.3	0.48	中等	58	B	0.6	A	0.8	0.68	大
16	B	0.6	C	0.3	0.48	中等	59	A	0.8	A	0.8	0.8	大
17	B	0.6	C	0.3	0.48	中等	60	D	0.2	D	0.06	0.14	小
18	B	0.6	C	0.3	0.48	中等	61	D	0.2	D	0.06	0.14	小
19	B	0.6	D	0.1	0.4	中等	62	B	0.6	C	0.3	0.48	中等
20	B	0.6	C	0.3	0.48	中等	63	B	0.6	C	0.3	0.48	中等
21	B	0.6	D	0.1	0.4	中等	64	C	0.4	C	0.2	0.32	小
22	B	0.6	D	0.1	0.4	中等	65	B	0.6	D	0.3	0.48	中等
23	B	0.6	C	0.3	0.48	中等	66	C	0.4	C	0.2	0.32	小
24	B	0.6	C	0.3	0.48	中等	67	B	0.6	C	0.3	0.48	中等
25	B	0.6	D	0.1	0.4	中等	68	A	0.8	A	0.64	0.74	大
26	C	0.4	D	0.04	0.26	小	69	A	0.8	B	0.48	0.67	大
27	C	0.4	D	0.04	0.26	小	70	D	0.2	D	0.1	0.16	小
28	B	0.6	B	0.5	0.56	中等	71	D	0.2	C	0.2	0.2	小
29	B	0.6	C	0.3	0.48	中等	72	A	0.8	C	0.32	0.61	中等
30	D	0.2	C	0.3	0.24	小	73	C	0.4	D	0.04	0.26	小
31	B	0.6	D	0.1	0.4	中等	74	C	0.4	D	0.08	0.27	小
32	D	0.2	D	0.06	0.14	小	75	C	0.4	D	0.04	0.26	小
33	B	0.6	D	0.1	0.4	中等	76	C	0.4	D	0.04	0.26	小
34	B	0.6	D	0.1	0.4	中等	77	A	0.8	A	0.8	0.8	大
35	B	0.6	D	0.1	0.4	中等	78	B	0.6	B	0.5	0.56	中等
36	B	0.6	D	0.1	0.4	中等	79	A	0.8	A	0.8	0.8	大
37	B	0.6	D	0.1	0.4	中等	80	A	0.8	A	0.8	0.8	大
38	B	0.6	D	0.1	0.4	中等	81	B	0.6	B	0.5	0.56	中等
39	B	0.6	D	0.1	0.4	中等	82	C	0.4	D	0.04	0.26	小
40	B	0.6	D	0.1	0.4	中等	83	C	0.4	D	0.04	0.26	小
41	B	0.6	D	0.1	0.4	中等	84	C	0.4	D	0.04	0.26	小
42	B	0.6	D	0.1	0.4	中等	85	C	0.4	D	0.04	0.26	小
43	B	0.6	D	0.1	0.4	中等	86	C	0.4	D	0.04	0.26	小

A—高易发(损)区; B—中易发(损)区; C—低易发(损)区; D—不易发(损)区

Risk assessment of geological hazards in Kangding county town, western Sichuan

WEI Lun-wu¹, WANG De-wei², DING Jun¹, WANG Yong-li², NI Shi-jun², ZHANG Cheng-jiang², MAO Yu³, YAN Yi³

(1. Chengdu Institute of Geology and Mineral Resources, Chengdu 610082, Sichuan, China; 2. Chengdu University of Technology, Chengdu 610059, Sichuan, China; 3. Sichuan Institute of Geological Survey, Chengdu 610081, Sichuan, China)

Abstract: Exemplified by Kangding county town, western Sichuan, a new technique is presented for the risk assessment of urban geological hazards. The technique implies the assessment factors and methods for the susceptibility of geological hazards and vulnerability of social economy, and the risk assessment of urban geological hazards. The criteria for the division of risk grades are well in agreement with those issued by the State Council, the People's Republic of China. The results of assessment may directly be used in the planning of prevention and control of urban geological hazards, and will thus provide a scientific base for the precaution and reduce of urban natural hazards as well as monitoring, forecast, removal, and management in the urban area.

Key words: Kangding; geological hazard; risk; technique for assessment; Sichuan

土耳其 Taurides 西部早寒武世弧后火山作用

在安纳托利亚 (Anatolia) 中西部, 下寒武统托莫特阶 Gögebakan 组由弱变质陆相—浅海相碎屑岩, 以及枕状和块状细碧熔岩、粒玄岩岩墙组成。一般呈杏仁状的细碧熔岩, 为纳长石-辉石-斑状, 及纳长石+方解石+绢云母±绿帘石±透闪石±绿泥石变质矿物共生组合。粒玄岩墙主要含斜长石和辉石这些原生矿物和透闪石±绿帘石±绿泥石这些低级变质次生矿物。地球化学资料表明, 细碧熔岩、粒玄岩墙为亚碱性, 具大洋拉斑玄武岩特征, 并显示拉斑玄武岩分馏趋向, FeO/MgO、Zr 和 TiO₂ 增加; Zr/Y (2~4.5)、Th/Yb (0.15~1.0) 及 La/Nb (0.5~2.5) 相对较高。相对于 Th 和 La (Ce), 显示明显的 Nb 和 Ti 负异常, 表明其化学特征与俯冲作用有关。与 MORB 对比, 球粒陨石标准化的 REE 模式显示出 LREE 略微富集 (细碧熔岩 (La/Yb)_N = 0.79~1.56, 粒玄岩墙 (La/Yb)_N = (0.89~3.50)。细碧熔岩和粒玄岩墙地球化学的相似性表明了其具有共同的成因, La/Nb 比值均比 MORB 平均值略高, 可能形成于弧后盆地发育的早期阶段。成岩作用模式表明, 该组的铁镁质岩由浅部 (60 km 左右) 9% 的尖晶石二辉橄榄岩分批熔融而成。资料的综合分析表明, 早寒武世 Taurus 单元铁镁质岩发育于沿位于向南俯冲的大洋岩石圈之上的冈瓦纳北缘的弧后盆地内, 代表了导致冈瓦纳边缘地体分离的初始裂谷作用。

(摘自 Geological Magazine, 2005, 142(5): 617—631)