

文章编号: 1006-6616 (2000) 04-0037-06

# 泥石流风险区划研究

刘希林<sup>1,2</sup>

(1. 北京大学城市与环境学系, 北京 100871;

2. 中国科学院成都山地灾害与环境研究所, 成都 610041.)

**摘要:** 本文进一步讨论了泥石流灾害区划的主要原则, 即相似性原则、区域完整性原则、综合性原则和主导因子原则。提出了把区域泥石流风险度作为泥石流风险区划的综合性指标, 并给出了风险等级的划分方法。把风险等级分为可忽略风险区、低风险区、中等风险区、高风险区和极高风险区。以云南昭通地区为例, 阐述了泥石流风险区划的具体方法, 并得出了昭通地区泥石流风险区划成果。

**关键词:** 区域风险度; 风险区划; 泥石流; 昭通地区

**中图分类号:** P642.23      **文献标识码:** A

灾害学是一门应用性很强的科学。泥石流作为自然灾害的一种, 对它的研究具有明确的应用目的。泥石流风险分析与管理是泥石流研究中具有应用目标的基础理论问题。泥石流风险区划可为各级政府减轻泥石流灾害造成的损失提供战略依据和科学基础。

## 1 泥石流风险区划原则

1989年作者在探讨泥石流危险区划时, 首次提出应把相似性原则、区域完整性原则、综合性原则和主导因子原则作为泥石流危险区划的4项主要原则<sup>[1]</sup>, 其后的研究在论及泥石流危险度分区原则时也基本上遵循这些原则<sup>[2,3]</sup>。泥石流风险区划也同样遵循上述4项基本原则, 这不仅是区划本身的要求, 也是体现地质综合性和区域性特色之所在。

有文献将现行的泥石流危险区划原则作为“问题”之一提出来讨论, 认为相似性原则和区域完整性原则是任何区划都应遵守的原则, 但综合性原则和主导因子原则不应该是“原则”, 而应该是“方法”<sup>[4]</sup>。所谓区划原则是指区划的基本规则, 而区划方法则是指区划时的数据采集、指标选择、数学处理、等级划分和定量表达等一系列的具体步骤。区划方法都是在区划原则的指导下进行的。因此, 泥石流灾害区划作为地理区划的一种类型, 应该从多要素综合性的原则去考虑, 任何单因素或单指标的地理区划都是不现实和意义不大的。Carrara

收稿日期: 2000-03-28

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(49771004); 水利部水利科技重点资助项目(SZ9831); 人事部1997年度非教育系统留学回国人员科技活动择优资助A类项目(人字〔1997〕294号)

作者简介: 刘希林(1963—), 男, 中国科学院成都山地灾害与环境研究所研究员, 主要从事泥石流灾害评价和灾害管理的研究。1994~1995年在意大利国家研究委员会帕多瓦水文地质灾害防治研究所进修, 1999年获瑞士日内瓦大学“地质灾害风险分析与管理”专业硕士学位。

在其关于灾害分区的综述性文章中进一步肯定了多变量分析的有效性<sup>[5]</sup>。随着数量地理学的发展和它相关学科的渗透,现代的地理区划一改过去的多因子等权叠加的思路,而采用一定的数学手段或专家系统确定不同因子的权重,这就充分体现了区划时的主导因子原则。这一点既是区划工作的进步,也越来越多地得到了广大地理工作者的认同。在考虑区域完整性原则时,“区域”如何界定确实是需要讨论的一个问题,在最初进行泥石流危险区划时,就提出了两种区域单元,即以自然区域为基本单元和行政区域为基本单元<sup>[1]</sup>。实际上还有一种超脱于自然区域和行政区域的网格区域单元也得到了较为广泛的应用<sup>[3]</sup>。Carrara 认为自然区域单元和网格区域单元各有优缺点<sup>[5]</sup>,网格单元没有考虑地质、地貌和其它环境要素的边界,从而导致了其分区的不精确性,并且从美学角度考虑,这样的分界线亦不是最佳的,因为边界线为折线而不是圆滑的曲线;自然单元(比如说地貌和流域单元等)作为区域单元的主要缺陷是其边界本身的不确定性,因为这些边界都是由考察者们人为划定的,这就带有难以根除的主观性。尽管如此,Carrara 认为<sup>[5]</sup>,相比之下考虑自然区域的区域完整性要更合理一些。

作者在 1989 年提出的泥石流危险区划以行政区域为基本单元的想法,实际上在某种程度上结合了上述两种方法<sup>[1]</sup>。行政区域大可以到一省、一个国家,小可以到一县、一个乡甚至一个自然村。行政区划的确定既考虑了管理上的便利(社会方面),又考虑了山川、湖海和气候等的差异(自然方面)。我国的行政区域边界许多都以河流、山脉为分界。当地势平坦、气候均一时,则主要考虑人口规模适当、民族相对集中、土地面积均衡的原则,整齐切块划分。这种现象在美国中部大平原上表现得尤为突出,各州几乎呈方格式切块分区。以行政区域为基本单元的最大优点就是能直接为不同层次政府部门的减灾决策提供科学依据。有文献认为,不必从实用目的出发,仅以行政区域或图幅面积为区划单元<sup>[4]</sup>,本文不太赞同这种观点。因为泥石流学科作为灾害学的组成部分,其本身性质就决定了它必须具有实用性。

此外,泥石流活动不是孤立的。泥石流是一种地球表生过程,基本不涉及地球的内动力作用。因此,泥石流活动是环境灾害的一种极端表现,它必然与孕育泥石流发生的环境因素有着密不可分的联系。有文献认为不能用环境因子来参与对泥石流活动的评价<sup>[4]</sup>,似乎有失偏颇。

## 2 泥石流风险区划指标

联合国有关机构 1992 年公布了自然灾害风险定义及其一般表达式:

$$\text{风险}(R) = \text{危险性}(H) \times \text{易损性}(V)$$

其定量表达则为风险度等于危险度与易损度的乘积。三者的取值范围均为 0~1 或 0%~100%。

泥石流风险区划即风险度分区,其分区指标就是区域泥石流风险度。区域泥石流风险度由区域泥石流危险度和区域泥石流易损度构成。区域泥石流危险度评价指标共 8 项,已有专门论述<sup>[6]</sup>。它们是:泥石流分布密度、洪灾发生频率(或用替代指标:年平均降雨量)、岩石风化程度系数、月降雨量变差系数、断裂带密度、年平均 $\geq 25\text{mm}$ 大雨日期(或用替代指标:年平均 $\geq 50\text{mm}$ 暴雨日期)、 $\geq 25^\circ$ 坡耕地面积百分比、 $\geq 25^\circ$ 坡地面积百分比。其中泥石流分布密度为主导因子,其它指标为次要因子。区域泥石流易损度评价指标共 4 项(笔者另项研究得出)。它们是:人口、国内生产总值、固定资产投资、土地资源价值。因此,区域泥石流风险度是一个由 12 项指标复合而成的定量指标,既包含了综合性原则,又体现了主导因子原则。

### 3 泥石流风险区划方法

现以云南省昭通地区为例, 论述泥石流风险区划的方法。

#### 3.1 区域概况

昭通地区位于云南省东北部, 北纬  $26^{\circ}53' \sim 28^{\circ}27'$ 、东经  $102^{\circ}52' \sim 106^{\circ}6'$  之间。全区辖昭通市、鲁甸、巧家、盐津、大关、永善、绥江、镇雄、彝良、威信、水富共 10 县 1 市。整个地势呈西南高、东北低而向北倾斜, 位于四川盆地与云贵高原的过渡地段。境内大体上以关河为分界线, 河西南为横断山脉凉山山系, 向东延伸部分, 包括绥江、水富、永善、巧家和盐津、大关、鲁甸、昭通市西部; 河东北为乌蒙山脉, 向西延伸部分, 包括威信、镇雄、彝良和盐津、大关、鲁甸、昭通市东北部。两大山系重峦叠嶂, 山高谷深, 区内高差达到 3773m。全区境内大小江河 390 多条, 纵横交错, 深度切割, 整个地区呈现出典型的山地地貌。

#### 3.2 区划方法

3.2.1 区域泥石流危险度和区域泥石流易损度 昭通地区泥石流危险度分区已有专门成果<sup>[7]</sup>。

区域泥石流易损度计算公式为:

$$V = \sqrt{(FV_1 + FV_2)/2} \quad (1)$$

式中:  $V$  为区域泥石流易损度 (0~1 或 0%~100%);  $FV_1$  为人的价值赋值 (0~1);  $FV_2$  为财产价值赋值 (0~1)。

$$FV_1 = K \times fV_1 \quad (2)$$

$$K = (a + b + c)/3 \quad (3)$$

式中:  $fV_1$  为人口密度的定量赋值;  $V_1$  为人口密度 (人/km<sup>2</sup>);  $V_1 \geq 800$ ,  $fV_1 = 1$ ;  $250 < V_1 < 800$ ,  $fV_1 = 0.27 + 0.0009V_1$ ;  $V_1 \leq 250$ ,  $fV_1 = 0.002V_1$ ;  $K$  为修正系数;  $a$  为老年人 (64 岁及以上) 和少年儿童 (14 岁及以下) 人口的比例;  $b$  为文盲、半文盲和只受过初等教育的人口比例;  $c$  为农业人口的比例。

$$V_2 = G + P + L \quad (4)$$

式中:  $V_2$  为财产价值;  $G$  为国内生产总值 (亿元, 取当年或累积年平均);  $P$  为固定资产投资 (亿元, 取当年或累积平均);  $L$  为土地资源价值 (亿元, 取 50 年平均);  $V_2 \geq 10000$ ,  $FV_2 = 1$ ;  $1 \leq V_2 < 10000$ ,  $FV_2 = 0.25 \log V_2$ 。

昭通地区各县市人口资料及人的价值赋值见表 1, 土地资源价值见表 2。其中居民点、工矿用地、交通用地估价 300 元/m<sup>2</sup>; 耕地、园地、林地估价 200 元/m<sup>2</sup>; 牧草地 (荒草地)、水域估价 100 元/m<sup>2</sup>; 未利用土地 (难利用土地、荒地) 估价 50 元/m<sup>2</sup>, 取 50 年平均。国内生产总值和固定资产投资及财产价值赋值见表 3。昭通地区各县市泥石流危险度、易损度和风险度结果见表 4。

3.2.2 风险等级和风险区划 泥石流风险度分区在此以县域为基本单元。风险度等级由危险度等级和易损度等级自动生成, 后两者以 0.2 为间隔分为 5 个等级, 由此得出风险度分区矩阵 (图 1), 相应地风险区划可分为可忽略风险区 (0~0.04)、低风险区 (0.04~0.16)、中等风险区 (0.16~0.36)、高风险区 (0.36~0.64) 和极高风险区 (0.64~1)。各风险区的面积分布概率见图 3。

表 1 昭通地区各县市人口资料 (1990 年)

Table 1 Data of population in Zhaotong county (1990)

编号	县市名	人口数 (人)	人口密度 (人/km <sup>2</sup> )	人口密度 赋值	老年人和少 年儿童比例	小学及文盲 半文盲人口比例	农业人口 比例	人的价值 赋值
1	昭通	619521	286	0.53	0.39	0.67	0.86	0.34
2	鲁甸	299455	154	0.31	0.46	0.73	0.97	0.22
3	巧家	463984	145	0.29	0.40	0.36	0.97	0.17
4	盐津	313991	156	0.31	0.43	0.75	0.94	0.22
5	大关	224714	133	0.27	0.44	0.74	0.95	0.19
6	永善	363473	130	0.26	0.40	0.76	0.96	0.18
7	绥江	133007	186	0.37	0.38	0.69	0.90	0.24
8	镇雄	1014838	275	0.52	0.44	0.75	0.97	0.37
9	彝良	437135	156	0.31	0.43	0.75	0.96	0.22
10	威信	302439	216	0.43	0.40	0.72	0.95	0.30
11	水富	82939	195	0.39	0.39	0.66	0.83	0.24

表 2 昭通地区各县市土地资源估值

Table 2 Estimated values of land resource in Zhaotong county

编号	土地总面积	居民点、工矿用地、耕地、园地、林地		牧草地、水域	未利用土地	土地资源价值
	/km <sup>2</sup>	交通用地/km <sup>2</sup>	/km <sup>2</sup>	/km <sup>2</sup>	/km <sup>2</sup>	/亿元
1	2167	98	1027	1036	6	67.7
2	1487	110	653	707	17	47.0
3	3194	119	1668	1101	306	98.9
4	2017	85	1162	698	72	66.3
5	1692	56	877	694	65	53.0
6	2789	38	1413	1078	260	83.0
7	761	33	545	140	43	27.0
8	3686	101	2741	431	413	128.5
9	2804	97	1312	1187	208	84.1
10	1400	28	902	258	212	45.0
11	426	17	286	82	41	14.5

资料来源：昭通地区农业区划办公室；昭通地区土地资源调查评价，1986。

表 3 昭通地区各县市财产资料

Table 3 Property data in Zhaotong county

编号	国内生产总值 /亿元	固定资产投资 /亿元	土地资源价值 /亿元	财产价值 /亿元	财产价值赋值
1	36.7	1.8	67.7	106.2	0.51
2	3.8	0.6	47.0	51.4	0.43
3	5.5	1.3	98.9	105.7	0.51
4	4.6	0.6	66.3	71.5	0.46
5	3.6	0.5	53.0	57.1	0.44
6	4.8	0.9	83.0	88.7	0.49
7	1.7	0.3	27.0	29.0	0.37
8	1.1	1.4	128.5	131.0	0.53
9	5.2	0.7	84.1	90.0	0.49
10	3.8	0.6	45.0	49.4	0.42
11	5.7	0.3	14.5	20.5	0.33

注：国内生产总值和固定资产投资为昭通地区行署统计处提供的 1998 年统计资料。

表 4 昭通地区各县市泥石流风险度

Table 4 Risk degrees of debris flow in Zhaotong county

县市名	危险度	易损度	风险度	风险等级
昭 通	0.59	0.65	0.38	高风险区
鲁 甸	0.51	0.57	0.29	中等风险区
巧 家	0.86	0.58	0.50	高风险区
盐 津	0.56	0.58	0.32	中等风险区
大 关	0.52	0.56	0.29	中等风险区
永 善	0.76	0.58	0.44	高风险区
绥 江	0.55	0.55	0.30	中等风险区
镇 雄	0.56	0.67	0.38	高风险区
彝 良	0.52	0.60	0.31	中等风险区
威 信	0.52	0.60	0.31	中等风险区
水 富	0.55	0.53	0.29	中等风险区

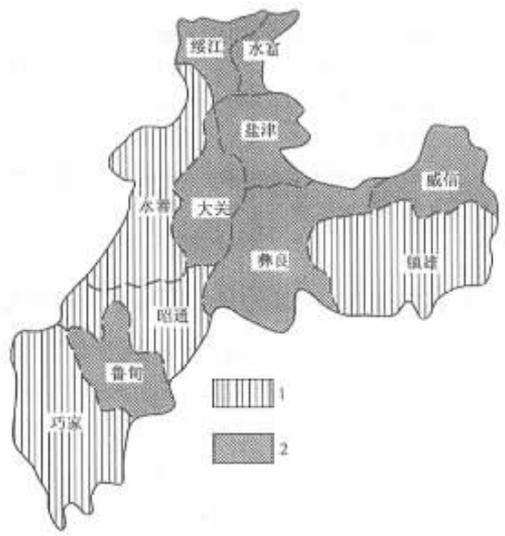
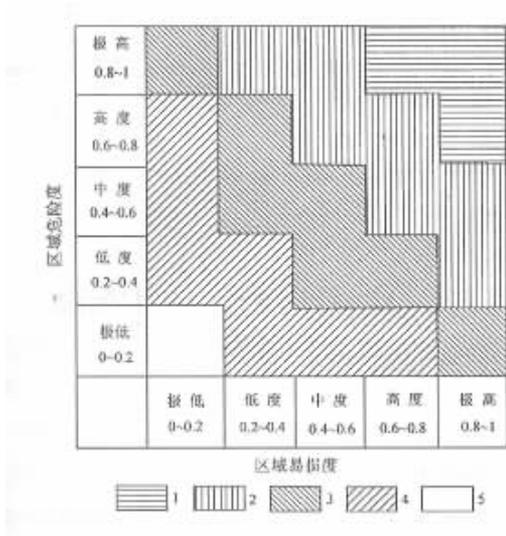


图 1 泥石流风险度分区矩阵

图 2 昭通地区泥石流风险区划图

Fig. 1 Matrix of debris flow risk zonation

Fig. 2 Debris flow risk zonation in Zhaotong county

- 1. 极高风险区；2. 高风险区；3. 中等风险区；
- 4. 低风险区；5. 可忽略风险区

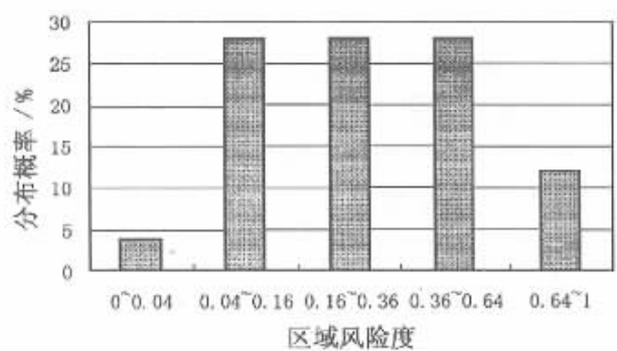


图 3 泥石流风险度分区分布概率

Fig. 3 Distributional propability of debris flow risk zonation

根据表 4 和图 1 得出昭通地区泥石流风险区划结果 (图 2)。

由表 4 和图 2 可以看出, 巧家、永善、昭通和镇雄四县市为泥石流高风险区, 占全区总面积的 52.8%, 其中以巧家最高为 0.50, 永善次之为 0.44, 这是由于巧家和永善两县具有较高的泥石流危险度的缘故。鲁甸、大关和水富三县泥石流风险度相对较小, 均为 0.29。全区以面积加权平均的泥石流风险度为 0.37, 总体上属较高泥石流风险区。

感谢云南省昭通地区水电局李观德同志对本研究工作的支持。

### 参 考 文 献

- [1] 刘希林. 泥石流危险区划的探讨 [J]. 灾害学, 1989, 4 (4): 3~9.
- [2] 钟敦伦, 韦方强, 谢洪. 长江上游泥石流危险度区划的原则与指标 [J]. 山地研究, 1994, 12 (2): 78~83.
- [3] 朱静, 唐川. 云南省泥石流灾害危险度分区研究 [J]. 中国地质灾害与防治学报, 1996, 7 (2): 86~93.
- [4] 李泳. 泥石流危险性评价的问题 [J]. 山地学报, 1999, 17 (4): 305~312.
- [5] Carrara A. GIS technology in mapping landslide hazard [A]. Geographical information systems in assessing natural hazards [C]. Amsterdam: Kluwer Academic Publishers, 1995. 135~175.
- [6] 刘希林, 唐川. 泥石流危险性评价 [M]. 北京: 科学出版社, 1995. 1~93.
- [7] 刘希林. 云南昭通地区泥石流灾害及其危险度评价 [J]. 灾害学, 1991, 6 (4): 47~51.

## DEBRIS FLOW RISK ZONATION IN ZHAOTONG COUNTY OF YUNNAN PROVINCE, CHINA

LIU Xi-lin<sup>1,2</sup>

(1. Department of Urban and Environmental Science, Peking University, Beijing 100871, China;

2. Institute of Mountain Hazards and Environment, Chinese Academy of Sciences, Chengdu 610041, China.)

**Abstract:** This paper discusses the principles of debris flow risk zonation, i. e. similarity, integrity, factor synthesis and factor dominancy. Regional grade of debris flow risk is chosen as the synthetic index for the risk zonation and the method for risk grading is also given here. Based on the grades, five zones, negligible risk zone, low risk zone, medium risk zone, high risk zone and very high risk zone are differentiated. Taking Zhaotong county of Yunnan province as an example, the paper describes the methods of debris flow risk zonation and achieves the debris flow risk map for Zhaotong county.

**Key words:** regional risk grade; risk zonation; debris flow; Zhaotong county