

文章编号: 1008—2786(2000)01—0031—06

小流域滑体危险性区划研究 ——以孙水河为例

王成华, 谭万沛, 罗晓梅

(中国科学院、水利部成都山地灾害与环境研究所, 四川 成都 610041)

摘 要: 滑坡危险性区划是近年来区域滑坡研究的热点。以孙水河为例, 探讨小流域滑坡危险性分区的目的、原则和方法。针对小流域特征, 选取地形、地质、水文气象和人为活动等为分区的主要作用因素。按每个作用因素在滑坡形成分布中的作用程度, 应用黄金分割法确定相应的作用权值。按模糊评判法分析验算每个网格单元的综合作用指标。按分区用的综合指标界线值圈划综合指标等值线图, 即为滑坡危险性分区图。

关键词: 区域滑坡; 危险性区划; 作用权值; 综合指标

中图分类号: K903

文献标识码: A

1 滑坡危险性区划的目的与原则

1.1 区划的目的

滑坡危险性区划是以告诉人们研究区内不同自然环境条件下, 发生滑坡的危险性大小和分布状况为目的。为国家和地方政府在进行经济建设布局时, 提供灾害、环境方面的资料和依据; 为国家和地方减灾决策部门提供服务。

1.2 区划的原则

小流域滑坡危险性区划与中、大流域区划不同, 应充分考虑小流域环境的具体实情和与经济建设、发展相适应的要求; 还应考虑地、县级基层干部和技术人员的文化科学层次和便于推广应用的实际。应遵循以下原则:

1. 科学性原则: 每个小流域都有自身的自然环境特征和与之相适应的社会经济发展现状, 这是区划的依据和所需资料、信息的源泉, 任何区划都离不开这个根本。区划中图幅比例尺的确定、区划工作精度和区划因素、因子的选定, 因子综合作用指标的分析、计算模型, 以及区划的具体方法步骤的制定, 都必须有充分的科学依据。

2. 适用性原则: 小流域滑坡危险性区划是小流域经济建设、发展和防灾减灾规划的基础工作, 要求具有很强的适用性和可操作性。区划中选用的因子应精炼, 因子作用权值的分析、计算简单。区划的方法、步骤明确、细致, 易于操作。区划图整洁、美观, 标注清晰、一目了然。

3. 规范化原则: 到目前为止, 小流域滑坡的调查、危险区划, 还未形成统一的规范。为使小流域滑坡危险性区划的规范早日形成, 本区划从小流域滑坡调查、编目、统计、分析、图例符号等都选用全国最新研究成果和成功的经验。其工作方法、步骤、图幅大小、比例尺等都简明列出, 力求向规范化、标准化靠近。

收稿日期: 1999—06—01; 改回日期: 1999—08—22

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(编号: 49571009)

作者简介: 王成华(1942—), 男(汉族), 重庆市巴县人, 研究员, 博士生导师。从事滑坡、崩塌等山地灾害的区域规律、形成发生机理、预测预报和防治研究 30 多年。发表论文 60 余篇, 编著专著 3 部, 论文集 4 本

2 小流域滑坡危险性区划方法

目前滑坡危险性区划应用最多的是因子叠加法和综合指标法。

2.1 因子叠加法

基本原理是将滑坡形成的每一因子, 按其在滑坡形成过程中的作用程度进行分析, 并用不同的颜色、线条或其它符号表示在相同比例尺的图上, 一个因子做一张图(单因子图)。然后将参加区划的几张单因子图叠在一起, 视其叠置后的颜色浓度、线条密度进行滑坡发生危险性分区^[1]。此种方法直观、简单、易操作, 可靠性也比较高。早在 70 年代中期, 就用于可能发生滑坡区域的预测, 至今仍在广为应用。其不足之处是参与区划的因子不能多, 一般 4~5 个因子为宜, 多了叠置表示有困难。因此法已有许多文章介绍, 故本文不在详述。

2.2 综合指标法

综合指标法也称为作用权值叠加法。基本原理是把所有因子在滑坡形成中所起的作用以权值(作用指数)来表示, 然后把这些作用权值按一定的数学方法(数理统计、模糊评判等)进行分析、计算、统计, 所得的综合指标与区域滑坡发生现状进行类比分析, 确定滑坡发生可能性的区域特征值, 以此进行区域滑坡危险性分区^[2]。此法的难点是因子综合指标的数学分析与计算, 现简介如下:

滑坡形成的因子(条件)很多, 现选其主要因子参与滑坡的危险性区划评价, 这些因子组成如下因子集

$$U = \{ u_1, u_2 \cdots u_i \} \tag{1}$$

式中 每一因子 U_i 都可按其作用程度分成 j 级, 这样每个因子按其作用程度分级, 又构成一个子集

$$U_i = \{ u_{i1}, u_{i2} \cdots u_{ij} \} \tag{2}$$

若将区划区域等分成若干网格单元, 则每一网格单元(样本)各作用因子的作用权值组成的矩阵 R 为

$$R = [u_{ij}]_{n \times m} (i = 1, 2 \cdots n, j = 1, 2 \cdots m) \tag{3}$$

此时, 样本的各因子综合评价指标 D 为矩阵 R 之和

$$D = \sum u_{ij} (i = 1, 2 \cdots n, j = 1, 2 \cdots m) \tag{4}$$

为使此法算出的综合评价指标能与其它方法得出的滑坡发生危险度相比较, 还需对 D 进行归一化处理。即除以参与评价因子作用权值的总和 N (本研究 N 为 16.18), 转化成滑坡发生的危险度综合指标 DS

$$DS = \frac{1}{N} \sum u_{ij} (i = 1, 2 \cdots n, j = 1, 2 \cdots m) \tag{5}$$

3 区域滑坡危险性区划因子与作用权值

3.1 区划因子选定

不管是区域滑坡危险性分区或是单一斜坡发生滑坡的危险性判别, 都与滑坡的形成分析有关, 其评价因子的筛选几乎都源于滑坡形成条件^[3]。

- 1. 地形因素: 在区域滑坡发生危险性评价中, 可选择地形坡度、相对高差和沟谷切割密度 3 个因子。因这 3 个因子已将地形的区域特征完全刻划了, 且三者均可从大比例尺地形图中获得。
- 2. 地质因素: 地层岩性、地质构造(主要是断裂作用)和地震作用, 均是区域滑坡评价的重要因子, 并可以从 1: 20 万区域地质图和地震烈度图中获得。
- 3. 气象水文因素: 降雨和河水冲刷无疑是滑坡形成的主要外因(外部条件)。在区域滑坡的危险性评价中, 只能用到年降水量。年均降水量, 可从降雨等值线图或地方气象台站获得。河水冲刷, 可从地

形图上获得。

4 人为因素: 指人类不合理的工程活动和经济活动, 都是加快滑坡形成的外部条件。在区域滑坡危险性评价中, 人类活动的程度很难具体确定, 只能根据居民点分布、城镇工矿人口、铁路公路、水电、矿业开发等确定, 带有一定程度的任意性。

5 现状因素: 在小流域滑坡危险性评价中, 可不应用滑坡分布现状因子。因为可能出现数平方公里内滑坡形成条件完全具备, 现在无滑坡分布, 且今后又有发生滑坡可能的异常现象。但在区划图作出后, 需将滑坡分布位置点绘上, 分析可能出现的异常区, 最后到野外抽样验证。

综上述分析筛选, 在地形、地质因素等内部条件中择选出 6 个因子; 在气象水文和人为因素等外部条件中选择 4 个因子, 共 10 个因子参与小流域滑坡危险性区划(表 1)。

3.2 区划因子作用权值

滑坡形成条件中的诸因素, 在滑坡发育过程中的作用并非等同。研究表明, 内部条件是滑坡形成的基础, 而外部条件是加速滑坡发育的重要因素, 存在内部条件大于外部条件。即是在内部条件中也存在地形因素大于地质因素的事实, 可用因子作用权值来表示。在区划因子作用权值的确定上, 不能采用简单的平均分配方法, 必须根据各因子在滑坡形成中的作用大小, 赋以相当的权重值。

3.3 区划因子作用权值确定方法

1. 任意分割法 由于因子作用权值的大小是因子间作用程度相互比较的一个相对数, 并非反映因子在滑坡形成中所起作用大小的实际数, 所以可以采用任意分割法来确定。即先选一个因素给一个权值, 而后与其它因素比较, 一一分割确定。如内部条件取权值 10, 则外部条件可取 6、7、8。总之应比内部条件小。

2. 黄金分割法 在自然界中, 许多长方形物体, 长宽之比接近 1: 0.618 为协调, 符合黄金分割的原理^[4]。不少专家认为, 黄金分割的原理, 还存在于人们的分析认识论中。如在分析某事件的成因时, 有主要、次要原因, 作用大、作用次之比, 也遵循黄金分割法。为此, 在区域滑坡危险性区划时, 确定因子间作用大小比例关系, 分配因子作用权值也可采用黄金分割原理。此法基本避免了随意性, 易操作、易于推广应用, 更具科学性。本文采用此种方法。

表 1 孙水河流域滑坡发生危险性分区因子作用指标体系表
Table 1 The system table of classifying landslide's danger deviation in Sui shuihe Valley

参与分区的因素		因 子	因 子 分 级	作用权值
因素分类	名 称			
内部条件 (10.00)	A 地形因素 (6.18)	A ₁ 地形坡度 (3.09)	1. 级陡坡>35° 2. 陡坡 20°~35° 3. 缓坡 10°~20° 4. 缓倾平地<10°	3.09 1.91 1.18 0~0.73
		A ₂ 相对高差 (1.91)	1. 极高坡>500 m 2. 高坡 100 m~500m 3. 中坡 10 m~100 m 4. 低坡<10 m	1.91 1.18 0.73 0~0.45
		A ₃ 沟谷密度 (1.18)	1. 强切割>1000(m/km ²) 2. 中强切割 500~1000(m/km ²) 3. 弱切割 100~500(m/km ²) 4. 无切割<100m/km ²	1.18 0.73 0.45 0~0.29
	B 地质因素 (3.82)	B ₁ 地层岩性 (1.91)	1. 极易滑地层 2. 易滑地层 3. 偶滑地层 4. 稳定地层	1.91 1.18 0.73 0~0.45
		B ₂ 地质构造作用 (1.18)	1. 破碎带内 2. 强影响带 3. 弱影响带 4. 无影响带	1.18 0.73 0.45 0~0.29
		B ₃ 地震作用 (0.73)	1.> IX度区 2. VIII~IX度区 3. V~VI度区 4.< V度区	0.73 0.45 0.29 0.00
外部条件 (6.18)	C 气象水文因素 (3.82)	C ₁ 年降雨作用 (2.36)	1. 丰雨区>1000 mm 2. 多雨区 600 mm~1 000 mm 3. 少雨区 400 mm~600 mm 4. 干旱区<400 mm	2.36 1.46 0.90 0~0.56
		C ₂ 流水冲刷作用 (1.46)	1. 强冲蚀 2. 中强冲蚀 3. 弱冲蚀 4. 无冲蚀	1.46 0.90 0.56 0~0.34
	D 人为因素 (2.36)	D ¹ 工程活动 (1.46) D ² 非工程活动 (0.90)	1. 强活动 2. 中强活动 3. 弱活动 4. 无活动 1. 强活动 2. 中强活动 3. 弱活动	1.46 0.90 0.56 0.00 0.90 0.56 0.34

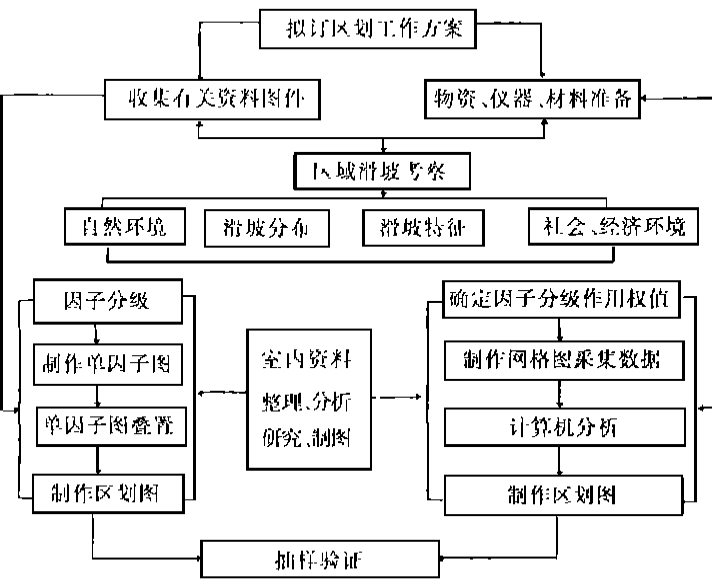


图 1 滑坡危险区划过程框图

Fig. 1 The process of landslide's danger deviation frame figure

3 4 区划因子作用权值确定

首先给内部条件一个权数, 本文取 10。按黄金分割原理, 外部条件就应该是 6. 18。在内部条件中, 再按黄金分割原理将作用权值 10 分配到地形因素和地质因素上, 分别为 6. 18 和 3. 82。照此办理, 将 4 个因素的作用权值, 分别分割到 10 个因子上。10 个因子获得作用权值以后, 还要按自身的不同状态进行作用程度分级, 分割结果列入表 1 中。

4 孙水河流域滑坡危险性区划过程

孙水河流域位于长江上游之金沙江中游, 是安宁河左岸的最大一条支流。干流长 95. 2 km, 流域面积 1617. 47 km²。地貌上属云贵高原区, 凉山侵蚀中山山原亚区。山高、坡陡、峪深, 地质构造复杂、岩性脆弱。流域降雨丰富, 大多在 1 000 mm 以上, 最多在 1 500 mm 以上, 多大雨、暴雨。如此环境特征导致滑坡泥石流等山地灾害频繁发生, 严重制约着流域经济的发展。省、州政府已将本流域列入重点治理区域。为配合流域的综合治理, 特进行流域滑坡危险性区划。其区划过程可用框图表示 (图 1)。

4 1 拟订工作方案、收集资料阶段

本研究收集了全流域 1: 5 万地形图 11 幅, 1: 20 万区域地质图 2 幅; 地震烈度图, 孙水河流域综合治理研究报告和气象、水文等有关资料¹⁾。并进行初步整理分析。

4 2 野外调查阶段

对流域滑坡形成的自然地质环境、滑坡分布、特征和社会经济环境简况进行调查, 对 > 10 × 10⁴ m³ 滑坡 (含崩塌) 179 个造表登记, 并编绘了 1: 10 万流域滑坡分布现状图。

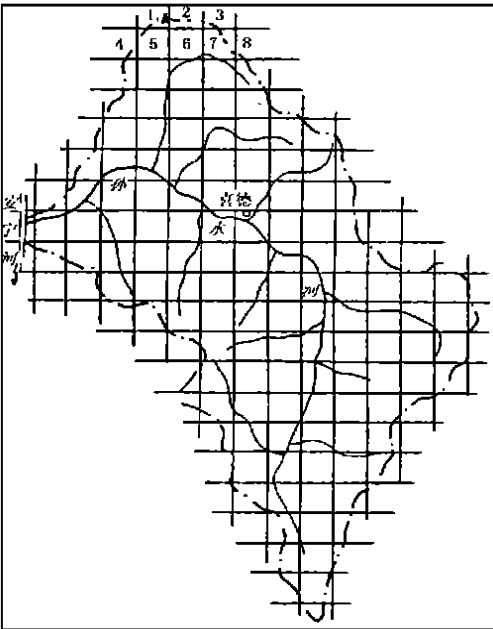


图 2 流域滑坡危险区划网格制作示意图

Fig. 2 The sketchmap of making regional landslide's danger deviation

1) 四川省凉山彝族自治州国土局. 孙水河流域综合治理研究, 1993.

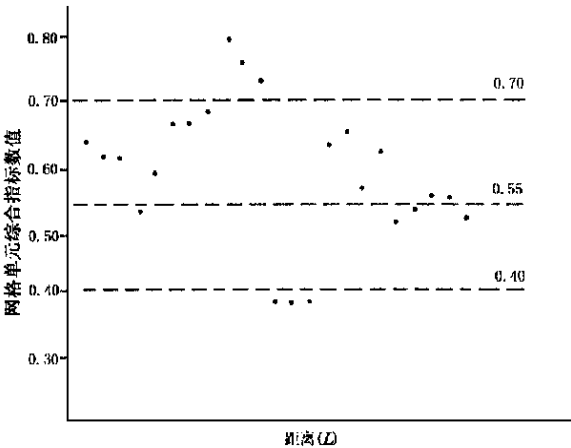


图 3 孙水河流域滑坡发生危险区临界综合指标分级图
Fig. 3 The Critical state's synthetical index in dangerous area of occurring landslide in Suishuihe Valley

而后视网格综合指标剖面图特征 (图 3), 确定分区临界综合指标, 并用典型地区抽样计算验证。

用上述方法分析确定本流域滑坡发生危险性分区临界综合指标 DS 分别为: I 极危险区 > 0.70 II 危险区 $0.56 \sim 0.70$, III 次稳定区 $0.40 \sim 0.55$, IV 稳定区 < 0.40 。

将此分区临界综合指标输入计算机, 计算机据此编绘制图、打印。若无计算机绘图设备, 可手工制作, 精度一样。

4.4 抽样调查与验证阶段

将滑坡分布现状点绘在计算机制作的“流域滑坡危险性分区图”上, 并与因子叠加法作出的同比例尺分区图进得比较查对, 将分区界线差别大和有滑坡分布异常的区域, 到野外进行重点查对, 修正滑坡发生危险性分区图界线, 使之与实际相符 (图 4)。

参考文献:

[1] 国家防汛抗旱总指挥部办公室、中国科学院—水利部成都山地灾害与环境研究所. 山洪泥石流滑坡灾害及防治 [M]. 北京: 科学出版社, 1994. 321 ~ 325

4.3 室内资料整理、研究与区划阶段

1. 分析滑坡形成条件, 选择地形坡度等 10 个因子参加区划, 进行因子作用程度分析, 用黄金分割原理分配作用权值 (见表 1)。

2. 在流域 1: 10 万地形图 (工作图) 上, 制作网格, 网格横向间距为经度 $01'$, 纵间间距为纬度 $01'$, 并从上至下, 从左到右编号 (图 2), 本流域共分 575 个网格单元。

3. 在网格图上依次采集 10 个因子的作用权值, 并按前述公式 (5) 计算网格单元的综合作用指标。

4. 分析确定分区临界综合指标。具体作法是: 从西→东, 由北→南作两剖面, 纵座标为网格单元综合指标, 横座标为距离。将剖面线切割网格单元的综合指标点绘在剖面图上,

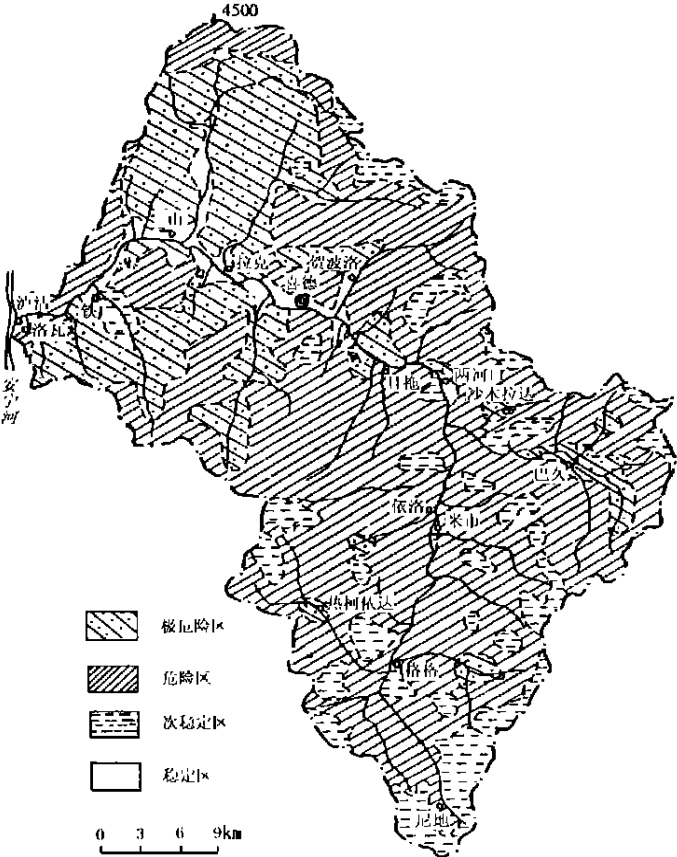


图 4 孙水河流域滑坡发生危险性分区图

Fig. 4 Landslide's danger deviation in suishkuihe valley

- [2] 王成华, 谭万沛. 滑坡区域预测的指标系统[J]. 贵州科学, 1992, 10(3), 21~25
- [3] 卢鑫烈. 滑坡形成条件分析及引伸应用[C]. 中国地理学会, 1977 年地貌学术讨论文集. 北京: 科学出版社, 1981
- [4] 谭万沛, 王成华, 姚令侃, 等. 暴雨泥石流滑坡的区域预测与预报[M]. 成都: 四川科学技术出版社, 1994. 186~190

THE RESEARCH OF LANDSLIDE' S DANGER DEVISION IN COUNTY REGION ——TAKE SUISHUIHE VIALLEY AS THE EXAMPLE

WNAG Cheng-hua, TAN Wan-pei, LUO Xiao-mei

(*Institute of Mountain Hazards and Environment, Chinese Academy of
Science &. Ministry of Water Conservancy, Chengdu, 610041*)

Abstract: Landslide' s danger devision is the hot-spot in studying regional landslide recent years. The paper takes Suishuihe valley as the example to go further into the aim and the principle and the method of Landslide' s danger devision in county region. In view of county regional feature, Some factors as the topography, the geology, the hydrologic meteorolgy and artifical activity are selected as main factors to determine devision. According to each factor' s use in the course of develiping landslide, Golden selection is used to determing each factor' s effect index, and the method of fuzzy — Judeg is used to analyse and check each net cell' s synthetical index. According to the synthetical index' s value to determine devision, then the synthetical index, as landslide' s danger devision figure is traced.

Key words: Regional landslide, danger devision, factor index, synthetical index