

# 基于 GIS 的泥石流发生域危险性评价

——以大寨沟流域为例

敖浩翔, 况明生, 刘 晶

(西南大学地理科学学院, 重庆 400715)

**摘 要:**以大寨沟流域为例, 在 GIS 技术支持下, 通过计算机对空间数据获取、处理和分析, 建立了该流域的泥石流发生域危险性评价基本数据库。再通过合理选取评价指标、建立指标权重体系、计算综合评价值等一系列程序, 建立了泥石流发生域危险性评价的数字环境模型, 绘制了大寨沟流域泥石流发生域危险性等级评价图。在 GIS 技术支持下, 实现了大寨沟流域泥石流发生域的危险程度评价, 为白鹤滩水电站的顺利建设打下了基础。

**关键词:** 泥石流发生域; 危险性评价; 评价指标体系; GIS

中图分类号: P642. 23; TP79

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2006)03-0171-03

## Risk Assessment of Debris Flow Range Based on GIS

——Take Dazhaigou Valley as an Example

A O Hao - xiang, KU ANG Ming - sheng, LIU Jing

(School of Geography Science, Southwest China University, Chongqing 400715, China)

**Abstract:** Take Dazhaigou valley for example, special data are collected, disposed and analyzed by computer. The basic database of the risk assessment of debris flow range are established based on GIS. After adopting proper appraisable indexes and confirming indexes weight, synthetical appraising value was computed, the digital environmental model of the risk assessment of debris flow and the risk grade diagram of criticality assessment of debris flow range in Dazhaigou valley are established. Under the GIS technique support, the risk assessment of debris flow range in Dazhaigou valley is accomplished.

**Key words:** debris flow range; risk assessment; the assessment indexes system; GIS

对一个地区泥石流发生域危险程度的评价, 是区域泥石流预测的基本内容, 也是开展区域泥石流预报的基础和依据。它有助于人们了解所处自然环境、经济场所的安全程度, 有助于在防灾工作中采取相应的防灾避险对策, 确保人们的生命及财产安全。以白鹤滩水电站大寨沟流域为例, 通过建立该地区泥石流发生域危险性评价的数据库和知识库, 对大寨沟流域泥石流发生域危险性进行了评价, 将对该地区生态环境保护、减灾防灾体系规划和建设有着重要的意义。

### 1 泥石流危险性评价方法

#### 1.1 直接评价法

直接指标法, 是针对已有完整泥石流资料的区域, 根据泥石流本身的特征如: 泥石流密度、活动频率、规模等进行建模分区。采用直接指标法分区, 要求区域的泥石流资料完整, 得出的结果才可能充分反映客观实际。目前已有很多这样的方法, 如分布分析法、定性分析法、确定性分析法、频度分析法和统计分析法等多种评价方法。但由于这些分析方法均涉及大量的空间数据, 因此, 是一项十分艰巨和耗时的的工作。

#### 1.2 结合 GIS 技术的间接评价法

目前, 许多区域的泥石流分布资料并不是很完整, 采用

直接法会受到限制。而采用间接指标法进行分区有其更大的优势。间接指标法, 是针对区域的地形、地层岩性、地质构造、降水等因素进行分析, 建立一个模型, 考虑各因素作用大小, 对泥石流进行危险程度分区。间接指标法不要求有完整的泥石流资料, 即使没有这方面的资料也可以作。间接法所要求的地形、地质、降水和气温等资料都属于基础资料, 是比较容易获得的。根据实际情况, 通过统计分析方法分析各因子权重, 选用合理的区划模型, 可得到充分反映客观实际的分区效果。随着信息技术的发展, 计算机的存储容量加大及运算速度提高, 相应处理地理信息的 GIS 软件开发成功。而且随着这几年 GIS 技术的飞速发展, 以及在灾害研究中应用的深化。GIS 技术在处理泥石流、滑坡等灾害的空间数据方面, 变得较为容易。本文利用结合 GIS 技术的间接评价法, 以白鹤滩水电站大寨沟流域为例, 通过建立该地区泥石流发生域危险性评价的数据库和知识库, 对大寨沟流域泥石流发生域危险性进行评价。

### 2 研究区域概况

白鹤滩水电站, 坐落在云南省巧家县和四川省宁南县交界的金沙江下游白鹤滩峡谷区, 是国家西电东送的重要工程

y 收稿日期: 2005-07-20

基金项目: 华东勘测设计院“白鹤滩水电站大寨沟、海子沟的泥石流影响及防治对策”资助

作者简介: 敖浩翔 (1982-), 男, 四川资阳人, 硕士, 专业方向为地貌与环境信息系统, 主要从事自然灾害及地理信息系统研究; 通讯作者: 况明生 (1956-), 男, 重庆涪陵人, 教授, 博士, 研究生导师, 主要从事于地貌与环境研究。

的四座水电站之一,是西部开发战略的重要组成部分。白鹤滩水电站地处高山峡谷之间,地质构造复杂,泥石流过程十分活跃。靠坝址较近的有大寨沟和海子沟二条泥石流沟,其沟内的泥石流活动直接威胁着大坝建设工地的安全。其中,又以大寨沟威胁性更为严重。该流域的地理分布范围是  $N27^{\circ}10' \sim 27^{\circ}17'$ , 位于坝址峡谷河段右岸,沟口高程约 970 m, 沟内泥石流活动将直接影响到工程枢纽布置及施工、运行安全。该流域的长度为 9.75 km, 流域面积为 28.73 km<sup>2</sup>, 流域的平均宽度为 2.94 km, 流域内共划分出次级流域 12 个, 共分为两类: A 类次级流域为线状汇流区, 该类流域内的地面流水以河流汇集集中后再输入干流; B 类次级流域为面状汇流区, 该类流域内的地表径流以散流的方式汇入干流。该流域分别有 6 个 A 类和 B 类次级流域。具体见图 1。

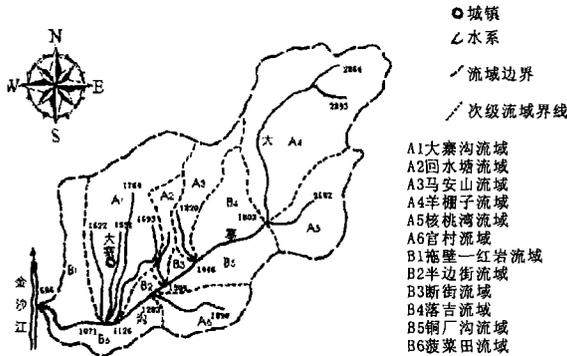


图 1 大寨沟流域分布图

### 3 评价指标的选择及权重的确定

#### 3.1 评价指标的选择

泥石流发生域危险性评价指标的选择,依赖于泥石流灾害形成与发展的基本条件和可能发生控制与诱发的因素。评价指标体系通过对 12 个预选指标因子(岩石种类、海拔、沟床比降、平均坡度、水系级数、多年平均降水、林地类型、历史灾害、流域相对高差、区域构造或地震因子、流域构造、流域面积)采取量化分析。最终,从预选指标中,选取对大寨沟流域泥石流发生域分析评价起一定主导作用,便于获得数据的、关系密切的 6 个指标,包括次级流域的岩石种类、海拔、平均坡降、多年平均降水量、流域面积和流域高差。

6 个指标分为定量变量和定性变量。定量变量可直接用数量大小表示,定性变量很难用单价值来度量,可按一定方法转化为定量变量。这样,每个指标都可以采用定量量级划分为 4 个等级,每一级各取一值,用 4 分,3 分,2 分,1 分表示(表 1)。不同级别,反映对泥石流发育影响程度的差异,分值越高,说明其对泥石流的影响程度越大,发生泥石流危险程度及发生等级越高。

表 1 泥石流发生域评价指标量级

级数得分	1	2	3	3
流域平均坡降/%	< 200	200~400	400~600	> 600
流域面积/km <sup>2</sup>	< 0.6	0.6~2.0	2.0~10.0	> 10.0
平均降水量/mm	< 400	400~800	800~1200	> 1200
海拔/m	< 1000	1000~2000	2000~3000	> 3000
流域高差/m	< 400	400~800	800~1200	> 1200
岩石种类	结合紧密的砾石	山麓碎石堆和岩崩物(中粒)	半成岩和松散层(冲洪积和冰滴层)	白云岩、泥岩、页岩、千枚岩、砂页岩

#### 3.2 权重的确定

在指标体系中,由于各指标对泥石流发育影响程度不同,它们的权重系数也不相同。采用灰色关联分析法,确定

各指标的权重如表 2 所示

表 2 指标权重值

评价指标	岩石种类	流域面积	多年平均降水量	海拔	流域高差	流域平均坡降
权重	0.15	0.20	0.21	0.15	0.15	0.15

### 4 运用 GIS 技术得出数据资料并集成分析

#### 4.1 运用 GIS 技术的研究方法

首先获取资料。将地形图用扫描仪进行扫描后使用图形处理软件数字化,得到矢量化数据。然后,将各种数据转换成统一的 GIS 矢量数据,在 GIS 软件下编辑。再应用 GIS 软件的空间分析模块对数据进行分析,获得地面高程值,生成该区域数字高程模型。在此模型的基础上,勾绘出各次级流域范围,标出各次级流域的高程数据,生成了大寨沟流域分布图(图 1)。再利用 GIS 软件的空间分析工具,统计出各次级流域的流域高差、流域面积和平均坡降等属性数据(表 3)。其中,由于大寨沟流域总面积不大,各次级流域的多年平均降水量基本与其面积成正比。设单位降水量为  $x$ , 则流域降水量=流域面积  $\times (x)$ 。最后使用 GIS 软件的空间数据处理功能,在地质图的基础上生成了大寨沟流域地质分布图(图 2)。

#### 4.2 研究得出的数据图表资料(表 3 和图 1,2)集成分析

表 3 评价指标数据

流域名称	大寨沟	回水塘	马安山	羊圈子	核桃湾	官村	施堡	半边街	断街	落吉	钢厂	渡菜田	其他
流域面积	6.16	1.01	1.75	7.63	2.61	1.92	1.72	0.43	0.27	2.18	1.81	1.24	
多年平均降水量	6.16x	1.01x	1.75x	7.63x	2.61x	1.92x	1.72x	0.43x	0.27x	2.18x	1.81x	1.24x	
流域高差	1236	794	994	1597	1254	607	671	320	216	817	820	571	
平均坡降	267	293	372	356	316	316	156	260	583	464	485	696	

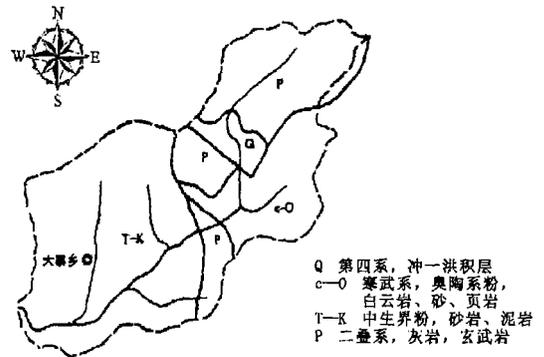


图 2 大寨沟流域地质分布图

### 5 泥石流发生域危险等级划分

综合指数法,是一种综合衡量方法。它采用各项指标的实际数值进行计算,具有客观、准确的特点。本次研究以发生域内的次级流域为评价单元,采用综合指数法作为评价方法,对泥石流发生域评价指标进行量级划分。各量级取定量值,然后根据各项指标之和,得出综合指数;根据综合指数大小,确定危险等级。指数越大,危险程度越大。

#### 5.1 计算各次级流域的综合指数

根据该发生域各次级流域的属性得分值,采用下述计算模型,得到各次级流域的综合指数。

$$G = \sum_{i=1}^m w_i G_{ij}$$

式中:  $G$ ——每一评价单元的指数和;  $G_{ij}$ ——第  $i$  个因素中第  $j$  个等级分值;  $w_i$  为第  $i$  个因素的权重值;  $m$ ——评价因素的指标个数。

经过计算, 得出了大寨沟流域 12 条次级流域的指标得分及综合指数值(见表 4)。

表 4 12 条次级流域的指标得分及综合指数值表

流域名称	岩石种类	流域面积	多年平均降水量	海拔	流域高差	流域平均坡降	综合指数值
大寨沟谷汇流区	4	3	3	2	4	2	3.03
回水塘沟谷汇流区	4	2	2	2	2	2	2.32
马安山沟谷汇流区	4	2	2	2	3	2	2.47
羊棚子沟谷汇流区	3	3	3	3	4	2	3.03
核桃湾沟谷汇流区	4	3	3	3	4	2	3.18
官村沟谷汇流区	2	2	2	2	2	2	2.02
拖壁红岩汇流区	4	2	2	1	2	1	2.02
半边街坡面汇流区	4	1	1	2	1	2	1.76
新行坡面汇流区	4	1	1	2	1	3	1.91
落吉坡面汇流区	2	3	3	2	3	3	2.73
大寨沟坡面汇流区	2	2	2	2	3	3	2.32
菠萁田坡面汇流区	2	2	2	2	2	4	2.32

5.2 划分等级界线

在综合评价结果的基础上以等差序列法, 确定评价区间。分为 5 个风险等级, 分别是极高度危险区、高度危险区、中度危险区、低度危险区、极低度危险区。各区间的划分见表 5。

表 5 泥石流发生域危险性评价划分等级

等级界限	综合指数范围
S1(极高度危险区)	$L_{max} - L_{max} - S$
S2(高度危险区)	$L_{max} - S \sim L_{max} - 2S$
S3(中度危险区)	$L_{max} - 2S \sim L_{max} - 3S$
S4(低度危险区)	$L_{max} - 3S \sim L_{max} - 4S$
S5(极低度危险区)	$L_{max} - 4S \sim L_{min}$

式中:  $S$  ——每一区间的平均指数值  $S = (L_{max} - L_{min}) / n$ ;  $n$  ——划分区间数;  $L_{max}$  ——所有指标各等级中的最大值指数之和;  $L_{min}$  ——所有指标各等级中的最小值指数之和。

按照上述模型进行该地区泥石流的发生域的危险性评价, 使其完全量化, 消除了主观因素对评价结果的影响。经过计算  $S = 0.28$  从而计算出表 6。

表 6 泥石流发生域危险性评价划分等级

等级界限	综合指数范围
S1(极高度危险区)	3.18~ 2.90
S2(高度危险区)	2.90~ 2.62
S3(中度危险区)	2.62~ 2.34
S4(低度危险区)	2.34~ 2.06
S5(极低度危险区)	2.06~ 1.76

6 泥石流发生域危险性等级评价图

对每条次级流域通过综合指数法计算出结果, 按照结果大小, 确定各次级流域为不同危险等级泥石流区域。在 GIS 软件的支持下, 在已叠加生成新的分析结果图层上, 用不同网格, 分别表示泥石流发生域危险性的不同等级, 由此, 得到大寨沟流域泥石流发生域危险性等级评价图(图 3)。由图 3 可以看出, 大寨沟流域、羊棚子流域和核桃湾流域为极高度危险区; 落吉流域为高度危险区; 马安山流域为中度危险区; 回水塘流域、铜厂沟流域和菠萁田流域为低度危险区; 官村流域、拖壁- 红岩流域、半边街流域和断街流域为极低度危险区。以上的泥石流危险性研究结果, 基本上反映了该区域内泥石流的危险程度, 将为该区域生态环境保护、减灾防灾体系规划和建设, 提供重要依据。从而也将为白鹤滩水电站的顺利建设打下基础。

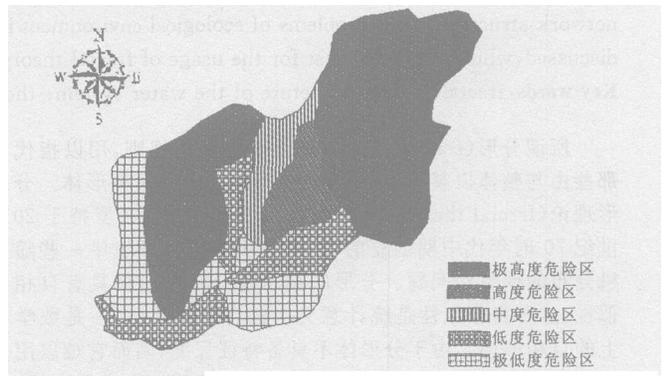


图 3 大寨沟流域泥石流发生域危险性等级评价图

参考文献:

[ 1 ] 赵士鹏, 周成虎, 谢又予, 等. 泥石流危险性评价的 GIS 与专家系统集成方法研究[ J ]. 环境遥感, 1996, 11( 3 ): 212 — 218.  
 [ 2 ] 刘希林, 唐川. 泥石流危险性评价[ M ]. 北京: 科学出版社, 1995. 62 — 78.  
 [ 3 ] 刘希林. 泥石流危险度区划的探讨[ J ]. 灾害学, 1989, 4( 4 ): 3 — 9.  
 [ 4 ] 闰满存, 王光谦, 刘家宏. GIS 支持的澜沧江下游区泥石流暴发危险性评价[ J ]. 地理科学, 2001, 21( 4 ): 334 — 338.  
 [ 5 ] 李志斌, 郑成德. 滑坡泥石流危险度评判的灰色模式识别理论与模型[ J ]. 系统工程理论与实践, 2000, ( 5 ): 128 — 132.

(上接第 170 页)

5.5 生态修复人与自然和谐相处

生态修复体现了人与自然和谐相处的理念, 是理性人群对待自然观念上的重大转变, 是认识的新飞跃。在以往九龙江流域开发建设中, 违背自然规律, 以破坏生态环境为代价发展经济的做法, 再也不能继续了。必须树立人与自然和谐相

处的理念, 建立良性的生态系统, 充分发挥生态系统的自我维护功能, 利用自然力量对九龙江流域生态系统进行修复。必须加强对生态修复和水土流失治理成果的管护, 建立管护责任制, 巩固修复和治理成果, 才能保证九龙江流域生态自我修复持续发展, 最终达到生态系统的平衡, 再造秀美山川。

参考文献:

[ 1 ] 王维明, 陈宏荣, 等. 九龙江流域水土保持生态环境分析[ J ]. 水土保持研究, 2002, 9( 4 ): 8 — 11.  
 [ 2 ] 蔡志发. 九龙江流域的水土流失与治理[ J ]. 水土保持通报, 2003, 23( 3 ): 68 — 72.  
 [ 3 ] 龚洁. 九龙江流域土地利用与水土保持[ J ]. 福建水土保持, 2002, ( 1 ): 18 — 20.  
 [ 4 ] 韩兴, 章瑞银. 论生态系统修复与区域可持续发展的关系[ J ]. 水土保持研究, 2004, 11( 1 ): 198 — 200.  
 [ 5 ] 焦居仁. 生态修复的要点与思考[ J ]. 中国水土保持, 2003, ( 2 ): 1 — 2.