

文章编号: 1009-3850(2009)04-0079-04

西藏羊湖二厂电站厂房区泥石流危险性评价

铁永波¹, 唐 川², 余 斌²

(1. 成都地质矿产研究所, 四川 成都 610082; 2. 成都理工大学 地质灾害防治与地质环境保护国家重点实验室, 四川 成都 610059)

摘要: 泥石流的活动特征及其危险性评价对电站的施工及运行有重要意义。根据羊湖电站厂房区勘查所获取的资料, 对厂房区后山 5 条泥石流沟的成因进行了分析, 在此基础上将层次分析法 (AHP) 应用到泥石流危险性评价研究中。对该厂房区 5 条泥石流沟的危险度评价表明, 5 号沟泥石流危险度最高, 4 号沟次之, 1 号沟、2 号和 3 号沟危险度相对较低。泥石流危险度与流域面积的大小呈正比关系。

关键词: 泥石流; 危险性评价; 层次分析法; 工程影响

中图分类号: P642.23 **文献标识码:** A

泥石流是发生在山区一种常见的自然灾害, 具有极强的破坏性, 往往对人民群众的生命财产造成极大威胁, 同时也对当地的生态环境造成严重的破坏, 严重阻碍着山区经济发展和生态建设。开发水能资源是山区经济发展的一条重要途径, 对山区的发展具有重要的意义^[1-4]。由于水电站利用水力势能发电, 需要有较大的高差, 对地形的要求较为特殊, 而符合水电站要求的地形地貌区往往又是泥石流孕育和活动的主要场所, 因此, 泥石流灾害成为水电站建设中不可避免的一大问题。

羊湖二厂抽水蓄能电站为一坝引水式电站。它利用藏中电力系统汛期富余电能抽取雅鲁藏布江水送入羊湖蓄水, 枯期由羊湖取水, 经引水隧洞及压力管道向北引至贡嘎县境内的雅鲁藏布江南岸, 利用湖面与江面约 840m 的高差发电。取水口位于浪卡子县的扎玛隆村, 紧靠原羊湖电厂取水口, 隧洞引水至雅鲁藏布江南岸建厂发电。电站厂房位于已建羊湖电厂上游约 1.4 km 的贡嘎县江塘镇色麻村, 该电站的建设能在很大程度上减缓该地区的用电负荷, 对解决该地区枯水期电网缺电严重现象具有重

要作用。由于该电站厂后山发育了 5 条泥石流沟, 沟内物源丰富, 雨季多有山洪和泥石流发生, 影响到厂房的枢纽布置及施工和运行安全。为了能为该电站的施工及正常运行提供可靠的科学依据, 通过遥感影像分析及实地调查, 对电站厂房区的泥石流进行了调查, 通过运用层次分析法, 对 5 条泥石流沟的危险性进行了评价, 为水电站厂房的施工及运营提供依据。

1 方法概述

研究区的资料主要通过遥感影像和实地调查所获得, 遥感数据来源于 SPOT 高分辨率卫星遥感影像图, 分辨率为 5m。通过遥感影像, 提取泥石流沟的流域面积、主沟长度、植被覆盖率等基础数据。同时, 结合野外调查, 获取泥石流沟的松散固体物质分布情况、人类活动情况、泥石流发生的历史特征等。

层次分析法 (analytic hierarchy process) 是美国数学家萨迪 (T. L. Saaty) 于 1980 年首次提出的一种比较简单可行、定性与定量相结合的决策分析方法, 其主要优点是可以解决多目标的复杂问题, 能有

收稿日期: 2009-09-04

作者简介: 铁永波 (1979-), 男, 博士, 主要从事环境地质与地质灾害评价方面研究工作。E-mail: tyb2009@qq.com

效地解决很多难以完全用定量或定性方法解决的实际问题^[9]。根据该方法的特点,可以很好地将其应用到解决泥石流危险性评价中评价因子复杂的问题中,通过对复杂因子的逐层剖析达到分析各个因子之间相互影响的目的。一般情况下,单层次评价不容易得到完全正确的结果,加之影响泥石流灾害的因素复杂多样,需采用多层次评价方法才能满足指标繁多的评价要求。层次分析法的步骤主要有:建立层次结构模型;构造判断矩阵;计算各个指标的权重及对层次分析的结果进行一致性检验。

2 指标量化与评价模型

2.1 泥石流沟危险度评价指标的构建

根据指标选取的科学性、实用性、层次性、灵活性等原则,结合泥石流的现状及特点,将评价指标进行具有针对性的选取,主要包括 3 个一级指标 ($B_1 \sim B_5$)和 14 个二级指标 ($C_1 \sim C_{14}$),层次结构模型见图 1。

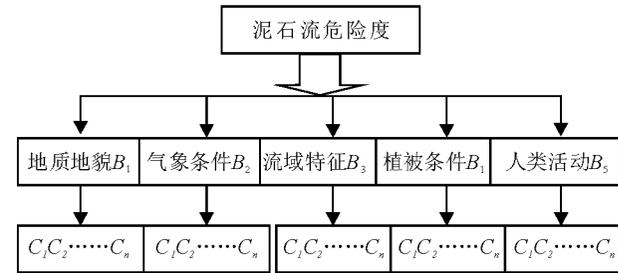


图 1 泥石流危险性评价指标体系的层次模型

Fig 1 Hierarchy model of the index system for the risk assessment of the debris flows

泥石流沟危险度评价指标体系的三个层次为:最高层次 (A)、第二层次 (B)和第三层次 (C)。其中最高层次指泥石流沟危险度的大小;第二层次表示

泥石流沟危险度评价中的一级评价指标,在这一级中包括了 5 个同级指标:地质地貌条件、气象条件、泥石流流域特征、植被条件及人类活动条件;第三层次表示泥石流沟危险度评价中的二级评价指标,在这一层次中包括了 14 个同级评价指标 (表 1)。

2.2 判断矩阵的构建与随机一致性检验

判断矩阵的构建主要参考 1~9 标度法来确定各因素之间的相对重要性并赋以相应的分值,构建出各层次中的所有判断矩阵,并计算权向量和进行一致性检验。根据层次分析法的基本原理,用 14 个一级评价指标建立起判断矩阵,将各个指标间的相对重要程度表示出来。由于二级评价指标共有 14 个,对判断矩阵的检验涉及到高阶随机一致性指标的计算问题,在此引用洪志国等的计算结果来进行检验^[9],根据计算, $R(24)$ 的值为 1.6497。

根据判断矩阵的构建和特征根值计算结果,矩阵的最大特征根 $\lambda_{max} = 12.79$, $CI = 0.072$, $CR/RI = 0.044 < 0.1$,说明该判断矩阵有较好的一致性。

2.3 评价指标的权重排序

根据以上矩阵判断方法对二级指标的权重进行计算,经过归一化处理后可得各二级指标的权重排序 (表 2)。

从二级指标的评价结果可以看出,一次泥石流最大冲出量 (C_{10})和主沟平均比降 (C_4)在众多评价指标中的权重都较大,是泥石流沟危险性评价的主要因素。

2.4 泥石流沟危险度评价模型

泥石流沟的危险度评价可以通过 14 个二级指标的权重和打分实现。在评价过程中,把各个指标按照一定的标准进行打分得到 B_i 。B 的值可通过文献^[7]得到,最后将各个指标的赋值和相应的权重 (W)相乘即可求出泥石流危险度值 (R)。泥石流危险度评价的模型为:

表 1 泥石流沟危险度的评价指标体系

Table 1 Index system for the risk assessment of the debris flows

泥石流危险度 (A)				
地质地貌条件 (B_1)	气象条件 (B_2)	泥石流流域特征 (B_3)	植被条件 (B_4)	人类活动条件 (B_5)
流域相对高差 (C_1)、主沟平均比降 (C_2)、流域切割密度 (C_3)、主沟弯曲系数 (C_4)、形成区山坡平均坡度 (C_5)	最大 24 小时降雨量 (C_6)	流域面积 (C_7)、主沟长度 (C_8)、一次泥石流最大冲出量 (C_9)、泥沙补给段长度 (C_{10})、泥石流爆发的频率 (C_{11})松散固体物质储量 (C_{12})	植被覆盖率 (C_{13})	人口密度 (C_{14})

表 2 二级评价指标的权重

Table 2 The weight of the second order indexes

W_1	W_2	W_3	W_4	W_5	W_6	W_7
0.1026	0.0976	0.1613	0.2521	0.4265	0.1269	0.3989
W_8	W_9	W_{10}	W_{11}	W_{12}	W_{13}	W_{14}
0.1169	0.2829	0.5178	0.2237	0.3484	0.1124	0.1038

$$R = \sum_{i=1}^n (B_i \cdot W_{c_i})$$

R为泥石流危险度值, B为各评价因子的定量打分, W_{c_i} 为各评价因子的权重。根据计算结果, 可将泥石流危险度评价结果分为四个等级:

$R \leq 30$	低危险;
$30 < R \leq 50$	中等危险;
$50 < R \leq 80$	较高危险;
$80 < R \leq 100$	极高危险。

根据以上评价方法和危险性的分级标准, 可得到相应的泥石流危险性评价结果。

3 泥石流危险度评价

区内中新世的构造变动最为强烈, 断裂发育, 地震强度较高。研究区主要分布较软弱的砂岩、板岩和页岩, 局部还有少量辉绿辉长岩出露, 在强风化作用下较为破碎。第四系覆盖层由坡残积、崩积、冲洪积等组成, 主要分布在沟谷及斜坡坡脚地带。陡峭的地形不但为地表径流提供了足够的势能, 还为沟道两岸不稳定松散堆积体的坍塌与滑动提供了足够的临空面, 有利于泥石流固体物质的补给。电站的厂房建设区初步选定在山前河流的I级阶地和泥石流等的堆积扇上, 地势较为平坦, 但后山发育了5条规模不等的泥石流沟, 沟道下切作用强烈, 均以“V”型谷为主, 地势起伏较大, 并排分布在厂房后山, 虽然流域面积都不大, 但沟道坡降和松散固体物储量较大(表3)。

表 3 厂房区 5 条泥石流沟流域特征参数

Table 3 Characteristic parameters of the five debris flow gullies around No. 2 Yanghu hydro power plant

沟名	流域面积 / km ²	主沟长 / km	主沟纵比降 / ‰	流域相对高差 / m	可移动松散固体物质量 / 万 m ³
1号沟	0.12	0.487	657	320	2.8
2号沟	0.06	0.515	660	340	1.9
3号沟	0.09	0.700	521	365	3.3
4号沟	0.40	1.088	414	450	12.9
5号沟	1.59	2.950	263	775	47.2

由于沟道内不良地质体较为发育, 有足够的固体物质补给源, 在强降水作用下极易爆发泥石流, 可能对厂房建筑造成不同程度的危害。厂房区泥石流活动是否会对厂房的施工及运行产生颠覆性的破坏将直接影响到厂房是否需要重新选址的问题, 因此, 分析该电站厂房区泥石流的成因即危险性评价对厂房的建设具有重要意义。通过厂房区遥感影像图的分析, 在GIS支持下对5条泥石流沟的流域参数特征进行提取, 将得到的14个因子的数据带入式(3), 计算得到5条泥石流沟的危险度(表4)。

表 4 厂房区泥石流危险度评价结果

Table 4 The results of the risk assessment of the debris flow gullies around No. 2 Yanghu hydro power plant

泥石流沟编号	1号沟	2号沟	3号沟	4号沟	5号沟
危险度计算值(H)	65	48	55	70	85
危险度分级	较高危险	中度危险	较高危险	较高危险	极高危险

从评价结果可以得出, 5号沟属于高度危险的泥石流沟; 1号、3号沟和4号沟属于较高危险; 2号沟属于中度危险。评价结果显示, 5条泥石流沟的危险性与流域面积呈明显的正对应关系, 即流域面积越大, 危险性就越高。

4 结 论

(1)从厂房区5条泥石流沟的危险性定量评价结果可以看出, 5号沟泥石流危险度最高; 4号沟次之; 1号、2号和3号沟相对较低, 说明5号沟和4号沟的流域发育特征有利于泥石流的形成, 而1号、2号和3号沟流域的发育条件不利于泥石流的形成, 这主要体现在流域面积的大小与危险性高低呈正比的关系上。实地调查和调访结果显示, 危险性评价结果与实际情况基本一致。

(2)由于受到特殊地质、地貌条件的影响, 流域内不良地质体较为发育, 5条泥石流沟的松散固体物源可能会不断增加, 只要降水条件达到泥石流的起动要求, 就会爆发泥石流。该地区虽然降水强度较大, 但其历时往往较短, 没有足够的降水让沟道内的松散固体物质一次性全部起动, 这会在一定程度上抑制泥石流爆发的规模。

(3)泥石流对厂房区工程的影响主要表现在两个阶段: 即施工阶段和厂房运行阶段。对于前者, 施工时间相对较短, 泥石流的危害可以通过一些简单

的工程措施即可解决;但对厂房的运行期而言,出于长期考虑,尚需要进行一系列工程以便将泥石流的风险降低到最低。

参考文献:

- [1] 刘希林,唐川,张松林. 中国山区沟谷泥石流危险度的定量判定法[J]. 灾害学, 1993, 8(2): 1-7
- [2] 刘希林. 我国泥石流危险度评价研究: 回顾与展望[J]. 自然灾害学报, 2002 11(4): 1-8
- [3] 朱静. 泥石流沟判别与危险度评价研究[J]. 干旱区地理, 1995, 18(3): 63-71
- [4] 唐川,刘希林,朱静. 泥石流堆积泛滥区危险度的评价与应用[J]. 自然灾害学报, 1993, 2(4): 79-84
- [5] 许树柏. 层次分析法 HAP原理[M]. 天津: 天津大学出版社, 1988.
- [6] 洪志国,李焱,范植华,等. 层次分析法中高阶平均随机一致性指标 (R)的计算[J]. 计算机工程与应用, 2002, 12: 45-47
- [7] 刘希林,唐川. 泥石流危险性评价[M]. 北京: 科学出版社, 1995, 13-20

Risk assessment of the debris flow hazards around the No. 2 Yanghu hydropower plant

TIE Yong-bo¹, TANG Chuan², YU Bin²

(1. Chengdu Institute of Geology and Mineral Resources, Chengdu 610082, Sichuan, China; 2. State Key Geological Hazard and Geological Environmental Protection, Chengdu University of Technology, Chengdu 610059, Sichuan, China)

Abstract: The debris flow hazards are common in the construction of the hydropower stations. The method of the analytic hierarchy process proposed by Saaty is applied in this study to the risk assessment of the debris flow hazards in five debris flow gullies around No. 2 Yanghu hydropower plant, Xizang. The results of assessment show that there is the most potential risk in the 5th debris flow gully, followed by the 4th debris flow gully. Particular attention and reasonable suggestions should be taken in the design and construction of No. 2 Yanghu hydropower plant.

Key words: debris flow; risk assessment; analytic hierarchy process; engineering effect