

大渡河野坝沟泥石流危险性分析*

王晓欣, 王运生, 孙耀明

(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, 成都 610059)

摘 要: 野坝沟位于四川省境内, 为大渡河右岸的一级支流。历史泥石流活动明显, 沟口公路和村庄都曾遭受其破坏。采用单沟泥石流危险性评价方法, 结合遥感图像解译及现场调查, 对泥石流的形成条件、类型、危险性进行了分析。根据该沟泥石流发生的特点, 对泥石流的工程效应进行了分析, 发现该沟是低频的中等易发泥石流, 对大渡河和上下水库的影响均不大。

关键词: 野坝沟; 泥石流; 危险性分析; 工程效应

中图分类号: P642. 23

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2008)06-0173-04

The Fatalness Analysis of Yeba's Debris Flow

WANG Xiaoxin, WANG Yusheng, SUN Yaoming

(State Key Laboratory of Geological Hazards Prevention, Chengdu University of Technology, Chengdu 610059, China)

Abstract: Yeba is located in Sichuan province, and is the first tributary of Dadu River's right bank. The activities of historical debris flows are clear. The paper combines image explanation of remote sensing with spot field investigation to analyze the formative conditions, types, fatalness of the debris flow. In connection with the occurred characteristics of debris flow, the engineering effects are analyzed.

Key words: Yeba; debris flows; fatalness appraisal; engineering effects

野坝沟位于四川省境内, 为大渡河右岸一级支流, 沟口上距长河坝电站 4 km; 下距黄金坪水电闸 19.5 km。流域属高山深切区, 沟两岸山体植被茂密, 野坝沟相对高差较大, 纵坡降较大, 沟谷通畅、顺直, 汇水面积中等。野坝沟沟口公路是省道 S211, 距离 G318 国道 18.5 km, 现有村民 30 多户, 因此做出野坝沟泥石流危险性分析有着十分重要的意义。

1 泥石流的形成条件

1.1 地形地貌条件

野坝沟汇水面积 30 km², 主沟长 11 km, 平均坡降为 230‰, 只有一条 1.5 km 长的支沟, 故具有流域面积中等、纵坡降较大、汇水—物源区较长、支沟不发育等特点, 具备典型的泥石流沟地形地貌特征, 即形成区、流通区和堆积区区分明显。主沟范围内, 沟谷狭窄, 沟谷呈宽“V”字型。沟谷两侧山体坡度总体较陡, 植被覆盖良好, 平均覆盖率为 70% 以上。形成区和流通区坡度较大, 泥石流发生时便于加速; 堆积区坡度较缓, 便于泥石流的堆积, 并且在沟口堆积区当前可见历史泥石流堆积扇。

1.2 物源条件

野坝沟主沟主要分布元古代第三期的闪长岩($\delta 2^{(3)}$)、少量石英闪长岩($\delta 2^{(3)}$)及第四系(Q_4)堆积物, 主要包括崩坡

积物、泥石流堆积物及少量残坡积物。物源区整体处于稳定状态; 泥石流的固体物质主要来自沟谷两侧堆积体在水流冲刷下的前缘垮塌和坡面侵蚀的不稳定物源区, 沟源位置水量较小, 冲刷能力有限, 而且物源区松散固体物质较丰富, 多数堆积密实, 并且植被较好, 处于稳定状态。不稳定物源主要分布在野坝沟沟床及两侧, 总量为 435 万 m³(表 1)。由于堆积体大多位于沟床边, 粒径较小的碎石会在沟水冲刷作用下可能产生逐步垮塌后退现象; 粒径较大的则会在雨季涨水期由于水位上涨引起的洪水而冲垮携带下来。

流通区沟谷呈“V”型, 沟底可见堆积物, 坡体长期未活动, 沟道弯度小, 顺直通畅为泥石流流通提供了良好的路径, 且流通区沟道宽度较小, 在泥石流爆发时, 会加大物质的流通速度, 加大巨石被搬运的可能性, 从而也会引起巨石堵塞沟道的情况, 当其溃决时, 蓄积的能量将为泥石流搬运更大直径的碎块石奠定了基础。沟口主要是历史泥石流堆积物扇体。

1.3 水源条件

降雨是泥石流形成的主要水动力条件。根据当地的降雨特点——降雨分布不均, 雨量集中, 多集中在 6—9 月, 约占全年的 60%~85%, 多暴雨和连绵雨, 多年平均降雨量一般在 600~700 mm, 最大日降雨量 30~70 mm。降雨对野坝沟泥石流的发生提供了强大的启动条件, 而且野坝沟水系较简单, 主

* 收稿日期: 2008-04-23

基金项目: 国家自然科学基金项目西南地区红层水-岩相互作用时效性研究(40472143)

作者简介: 王晓欣(1983—), 女, 辽宁辽阳人, 硕士研究生, 研究方向: 区域地质环境评价与保护。E-mail: sea-win@hotmail.com

沟在其流域范围内的转向不大。野坝沟流域降雨多以地表径流的形式流入沟中,在沟源有冰川形成的野坝海子及积雪提供水源,水量丰富,因此野坝沟一年四季水流不断,但是流量随季节变化较大,雨季,沟内水量较大^[1]。

1.4 人类活动的影响

人为活动对泥石流的发生也有一定的影响。20 世纪采矿活动和开垦活动频繁,多集中在堆积区与流通区过渡带处,而且没有采取有效的防护措施,引起土体松动,发生了几次大型的泥石流,并且导致严重的经济损失和水土流失。几次大型泥石流的发生导致原有一些居民搬离此处,并且改变了耕种的地点(图 2)。目前物源区仍有零星采矿活动(图 3)。

2 泥石流的危险性分析

2.1 泥石流的类型

(1) 野坝沟的形成区(包括清水汇流区和物源区)、流通区、堆积区分区明显,且流通区沟道顺直,呈“V”型谷,是典型的沟谷型泥石流沟。

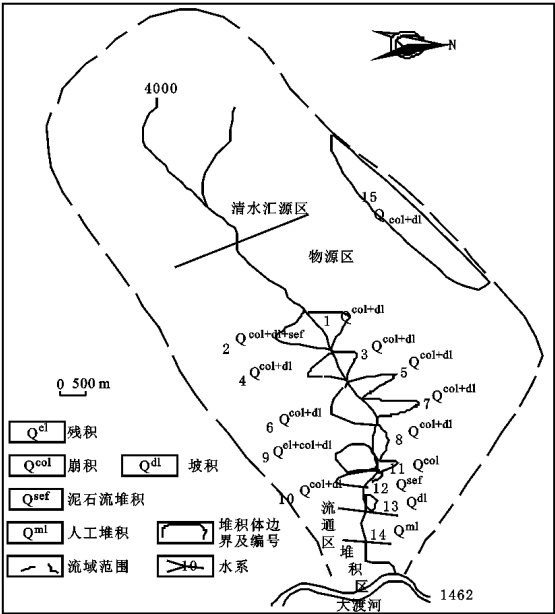


图 1 第四系物源分布图

表 1 物源区堆积体特征一览表

编号	总体特征	物质特征	植被特征	成因类型	堆积量/ 万 m ³
1	主沟左岸,后缘 2 480 m,前缘 2 300 m,坡角 40°	由碎块石组成,碎块石占 70%,砾石占 30%,粒径 2 cm~1.2 m	以乔木为主,覆盖率为 70%	崩塌堆积	8.3
2	主沟右岸,后缘 2 585 m,最低高程 2 300 m,坡度 43°	由碎块石组成,块石占 60%,碎石占 40%,粒径 2 cm~2 m,	以乔木为主,覆盖率为 80%	崩塌堆积	7
3	主沟左岸,后缘 2 290 m,前缘 2 170 m,坡度 40°	由碎块石组成,最大粒径为 60 cm,最小粒径 2 cm,	以乔木为主,覆盖率为 80%	崩塌堆积	2.4
4	主沟右岸,后缘 2 290 m,前缘 2 170 m,坡度 30°	由碎块石组成,最大粒径为 80 cm,最小粒径 2 cm,	以乔灌木为主,覆盖率为 80%,	崩塌堆积	8.4
5	后缘 2 170 m,最低高程 2 030 m,坡度 43°	由碎块石组成,最大粒径为 1 m,最小粒径 20 cm,	以乔灌木为主,覆盖率为 70%	崩塌堆积	9.5
6	后缘 2 170 m,前缘 2 030 m,坡度 42°	由碎块石组成,最大粒径为 20 cm	以乔灌木为主,覆盖率为 90%	崩塌堆积	10.8
7	后缘 2 100 m,最低高程 2 050 m	由碎石为主,主要是石英闪长岩	以乔灌木为主,覆盖率为 90% 以上	崩塌堆积	12.8
8	后缘 2 030 m,前缘 1 880 m,坡度 55°	由碎块石组成,最大粒径为 1 m,最小粒径 2 cm	以乔灌木为主,覆盖率为 80%	崩塌堆积	3.0
9	后缘 1 980 m,最低高程 1 820 m	主要是石英闪长岩碎块石,最大粒径 3 m,最小粒径是砂质	以乔灌木为主,覆盖率为 90%,	坡积	27.6
10	后缘 1 950 m,前缘 1 840 m,坡度 30~35°,后壁岩体破碎	由碎块石组成,岩块新鲜,碎块石占 70%,砾石占 30%,粒径 20 cm~1 m	堆积体裸露	崩塌堆积	11.4
11	后缘 1 880 m,最低高程 1 840 m	由块碎石组成,半胶结,成份以石英闪长岩为主,泥质胶结	植被覆盖中等,杂草丛生。	泥石流堆积	3.0
12	后缘 1 850 m,前缘 1 840 m,坡度 32°	由碎块石组成,块石占 60%,碎石占 40%,粒径 3 cm~1.8 m,	多以乔灌木为主,覆盖率为 80%	崩塌堆积	0.7
13	后缘 1 780 m,前缘 1 680 m,坡度 43°,有一 750 m ³ 的采矿堆渣,叠加在该堆积体上	块石占 70%,成分主要以石英闪长岩为主,最大粒径为 0.2~0.3 m,沙土占 30% 左右	植被覆盖率达 90% 以上	坡积	1.5
14	后缘 1 564 m,前缘 1 568 m	主要是深灰色闪长岩块碎石,右岸有垮塌且较新鲜	植被茂盛,覆盖率为 90% 以上,	人工堆积	0.02
15	野坝沟左岸分水岭的高处	块碎石组成	多裸露,覆盖率为 10%	崩塌堆积	327.975



图 2 堆积扇扇首泥石流堆积

(2) 通过野坝沟泥石流的松散物质、坡降较大、沟谷狭窄、20 世纪采矿活动频繁, 是 20 世纪泥石流频繁发生的原因, 判断处野坝沟属于降雨型泥石流沟。

(3) 泥石流发生时, 直接性特征明显, 石块表面附着黏粒和细粒物质, 由此判断野坝沟属于稀性泥石流沟。

2.2 泥石流的危险性分析

对泥石流的危险性评价国内目前主要有模糊数学、灰色理论、GIS 理论等方法, 本文采用了多因素关联度分析法, 是根据诱发泥石流的一些重要参数为依据, 综合考虑泥石流的多个影响因素并结合泥石流的规模和发展趋势做分析。

加强泥石流危险性评判的准确性对泥石流的预测、防范和



图 3 物源区主沟左岸采矿弃渣

治理都有重要的作用。为此分别采用易发程度、危险性指数和泥石流危险度 3 种方法对野坝沟泥石流危险性进行评价。

(1) 泥石流形成的基本条件是有利的地形、丰富的松散固体物质和充足的水源。地质现象各要素及其组合在泥石流形成过程中起着提供位势能量、固体物质和发生场所 3 大主要作用。水不仅是泥石流的物质组成部分, 而且是泥石流的激发因素。因此我们围绕地形、松散堆积物质、水源 3 个主要方面, 根据流域内泥石流活动条件的诸因素, 选择有代表性的 15 个因素进行数量化处理, 并依据《泥石流防治工程设计规范》中的泥石流易发程度数量化评分表, 来界定泥石流沟和对泥石流沟易发程度进行评价。

表 2 野坝沟泥石流易发程度评判表

序号	影响因素	野坝沟影响因素严重程度	分值
1	崩塌、滑坡及水土流失(自然和人为的)的严重程度	沟床两侧崩坡堆积体发育, 表面植被较好, 冲沟较发育	12
2	泥沙沿程补给长度比/ %	60~ 30	12
3	沟口泥石流堆积活动程度	河形无较大变化, 仅大河主流受迫偏移	11
4	河沟纵坡/(°)	12~ 6	9
5	区域构造影响程度	强抬升区, 6 级以上地震区, 断层破碎带	9
6	流域植被覆盖率/ %	> 60	1
7	河沟近期一次变幅/ m	0. 2	1
8	岩性影响	风化和节理发育的硬岩	4
9	沿沟松散物贮量/(万 m ³ · km ⁻²)	5~ 1	4
10	沟岸山坡坡度/(°)	> 32	6
11	产沙区沟槽横断面	V 型谷	5
12	产沙区松散物平均厚度/ m	5~ 1	3
13	流域面积/ km ²	30	3
14	流域相对高差/ m	> 500	4
15	河沟堵塞程度	轻微	2
总得分			86
易发程度评价			中等易发

(2) 为了分析泥石流现状及对当地居民和大渡河形成危害的潜在危险性, 我们采用了地质灾害危险性分析的方法, 分析研究区泥石流危险性指数构成, 结合当地的地质条件、地形地貌、气候条件以及人为活动等, 根据《泥石流灾害防治工程勘查规范》得出野坝沟泥石流的危险性大^[2]。

(3) 泥石流危险度的评价方法很多, 这里采用成都山地

所刘希林于 1996 年提出的单沟泥石流危险度评价方法。改进单沟泥石流危险度评价方法采用 7 个评价因子, 除主要内在因子泥石流规模 m 和发生频率 f 外, 其它次要环境因子分别是流域面积 s_1 、主沟长度 s_2 、流域相对高差 s_3 、流域切割密度 s_6 和不稳定沟床比例 s_9 。这 5 个次要因子可从流域地形图上比较准确地获取。次要因子是采用双系列关联度分

析方法筛选的, 所以其判定结果应可靠。

单沟泥石流危险度计算公式为: $H_{\text{单}} = 0.29M + 0.29F + 0.14S_1 + 0.09S_2 + 0.06S_3 + 0.11S_6 + 0.03S_9$

表 3 危险度评价因子和转换函数及其转换值

评价因子	初始值	转换因子	转换函数
泥石流规模 $m/10^4\text{ m}^3$	1000	M	$M = 0, m \leq 1$ 时; $M = \lg m/3, 1 < m \leq 1000$ 时; $M = 1, m > 1000$ 时
泥石流发生频率 $f/(\text{次}/100\text{ a})$	1	F	$F = 0, f \leq 1$ 时; $F = \lg f/2, 1 < f \leq 100$ 时; $F = 1, f > 100$ 时
流域面积 S_1/km^2	30	S_1	$S_1 = 0.2458 s_1^{0.3495}, 0 < s_1 \leq 50$ 时; $S_1 = 1, s_1 > 50$ 时
主沟长度 S_2/km	11	S_2	$S_2 = 0.2903 s_2^{0.5372}, 0 < s_2 \leq 10$ 时; $S_2 = 1, s_2 > 10$ 时
流域相对高差 S_3/km	2 5377	S_3	$S_3 = 2 s_3/3, 0 < s_3 \leq 1.5$ 时; $S_3 = 1, s_3 > 1.5$ 时
流域切割密度 $S_6/(\text{km} \cdot \text{km}^{-2})$	0.7	S_6	$S_6 = 0.05 s_6, 0 < s_6 \leq 2$ 时; $S_6 = 1, s_6 > 2$ 时
不稳定沟床比例 S_9	0.2	S_9	$S_9 = s_9/0.6, 0 < s_9 \leq 0.6$ 时; $S_9 = 1, s_9 > 0.6$ 时

表 4 危险度评价因子转换值

转换因子	M	F	S_1	S_2	S_3	S_6	S_9
野坝沟	1	0	0.807	1	1	0.035	0.333

根据单沟泥石流危险度计算公式, 野坝沟泥石流的危险度为 H 为 0.567, 按照分级标准: 极低危险($0 < H < 0.2$)、低度危险($0.2 < H < 0.4$)、中度危险($0.4 < H < 0.6$)、高度危险($0.6 < H < 0.8$)、极高危险($0.8 < H < 1$), 可知野坝沟属于中度危险的泥石流沟, 与实地调查野坝沟泥石流的定性结果吻合。

根据泥石流规模、发生频率、流域面积、主沟长度、流域相对高差、流域切割密度和不稳定沟床比例等因子得出野坝沟属于中度危险的泥石流沟^[2]。

泥石流易发程度评价结果为中度易发, 危险性指数评价为危险性大的泥石流沟, 单沟危险度评价结果为中度危险性。综合以上 3 种评价结果, 野坝沟是一条典型的低频泥石流沟, 中等易发, 危险大。

3 野坝沟泥石流对工程的影响

3.1 对大渡河的输砂量分析

野坝沟 10 年一遇、20 年一遇的泥石流的水动力携带固体物质颗粒的能力不是很强, 50 年、100 年一遇的泥石流携带固体物质的能力较强。野坝沟泥石流堆积区地市开阔平坦, 面积较大, 且分两个堆积平台堆积, 相当大一部分固体物质停积在物源区下流的第一堆积区, 另一部分则继续向前推移进入第二堆积区, 仅有少部分进入大渡河, 对大渡河的输砂量较小, 因此对大渡河的工程建设如黄金坪电站等不会造成大的影响。

表 5 百年内各种设计频率下野坝沟泥石流
一次性流入大渡河输砂量

项 目	设计频率/%			
	10	5	2	1
泥石流输砂量/ 万 m^3	0.607	1.45	7.3	12.3
入河系数	0.35	0.4	0.4	0.5
入河量/ 万 m^3	0.21245	0.58	2.92	6.15

3.2 对省道 S211 的影响分析

野坝沟沟口泥石流堆积区有省道 S211, 是通向长河坝

式中: M 、 F 、 S_1 、 S_2 、 S_3 、 S_6 、 S_9 分别为 m 、 f 、 s_1 、 s_2 、 s_3 、 s_6 、 s_9 的转化值。按照单沟泥石流危险度评价因子的转换函数表 3, 计算可得相应的转换值表 4。

水电站的必经之路, 亦是周边村民与外界交流的必经之路, 且在大渡河沿岸, 对大渡河和大渡河下游的居民及工程项目都有十分重要的意义。

在野坝沟泥石流发生历史上曾经发生过泥石流堵塞公路, 2003 年雨季泥石流发生时, 泥石流的前缘冲到了沟口的公路, 碎石含量较多, 其主要原因是沟口有一个正在使用中的采石场, 增加了对公路造成堵塞的物源量, 暂时堵塞了公路。泥石流一般都是由固、液组成, 对路面的冲刷和浸泡作用都会对路基的稳定性造成一定的影响, 轻则中断交通, 重则冲毁公路, 堵塞河道, 所以应采取相应的措施防治其危害。

疏导和拦截等措施对防治泥石流对公路的危害有明显的改善。在堆积区可做迂回的导流坝, 将泥石流引导到无害的堆淤区, 减小对沟口的冲淤量; 也可在形成区或是堆积区选取开阔的适合做堆淤场的地段修建拦截坝, 需根据该沟的坡度、松散物源量的储量、降水量等具体特征条件计算求得坝高、坝长、坝宽等具体数据^[3-5]。

以上两种方法简单易行 且对缓解泥石流对公路的影响有显著的作用。

4 结 论

野坝沟是一个中等规模的泥石流沟, 一条典型的低频泥石流沟, 中等易发, 危险大。随着沟内植被的改善及采矿活动的减少, 泥石流发生总体呈减弱趋势, 但由于沟内物源丰富, 启动水源充足, 仍有发生泥石流的可能性, 其危害最为直接的是省道 S211 及野坝沟沟口村民的财产, 对大渡河的输砂量不大, 对上下游大型水电工程影响小。

参考文献:

[1] 四川省水利电力厅. 四川省中小流域暴雨洪水计算手册[S]. 1986.
[2] 泥石流灾害防治工程勘察规范[S]. 2006: 6 10.
[3] 刘希林, 唐川. 泥石流危险性评价[M]. 北京: 科学出版社, 1995.
[4] 吴积善, 田联全, 康志成, 等. 泥石流及其综合治理[M]. 北京: 科学出版社, 1993.
[5] 赵健. 我国泥石流防治措施研究[J]. 对策研究, 2007, 14: 50 52.