

四川凉山州美姑县“6·1”泥石流灾害研究^{*}

刘希林 倪化勇 赵源 苏鹏程

(中国科学院成都山地灾害与环境研究所 成都 610041)

摘要 四川凉山州美姑县“6·1”泥石流灾害实例研究表明,该泥石流约为20年一遇的中小规模的泥石流。流域上游短历时强降雨和冰雹天气过程是这次泥石流暴发的诱因,流域内退化的生态环境和中下两岸不稳定边坡以及沟道内大量的松散堆积物为这次泥石流提供了丰富的固体物质来源。泥石流堆积物具有典型的多峰型粒度特征,且有较高的粘粒含量。巨大的泥石流漂砾、石背石现象、龟裂现象、侧积堤和龙头堆积证实了这次泥石流为粘性泥石流。危险度评价表明,采莫洛沟属于高度危险的泥石流沟,危险度为0.67,乃托沟属于中度危险的泥石流沟,危险度为0.58。风险评估结果可知,两沟都属于泥石流高风险区,风险度分别为0.52和0.45。高风险区的泥石流灾害给当地的经济社会造成了严重影响并直接造成了较大的人员伤亡和财产损失。

关键词 泥石流 灾害过程 美姑县

中图分类号: P642.23 文献标识码: A

RESEARCH ON THE “6·1” DEBRIS FLOW HAZARDS IN MEIGU COUNTY OF LIANGSHAN STATE, SICHUAN

LIU Xilin NI Huayong ZHAO Yuan SU Pengcheng

(Institute of Mountain Hazards and Environment Chinese Academy of Sciences Chengdu 610041)

Abstract Studies on the “6·1” debris flows in Meigu county of Liangshan state, Sichuan show that the return periods of the debris flows are approximately 20 years and are small/moderate magnitude debris flows. The rainstorm and hail with short duration and high density in the upper reaches of the drainage basins are the triggering factors for the debris flows. The degenerate ecological environment in the drainage basin, unstable slopes in the low-middle reaches and a lot of unconsolidated materials in the channels of the gullies provide enough materials for the debris flows. The debris flows are typically of the grain curve characteristics with multiple peaks. The deposits of the debris flows have a high content of clay. The large boulders, the boulder piling up, boulder mud crack, lateral accumulation mound and surge deposits demonstrate the debris flows are viscous. Hazardousness assessment indicates the Camoluo gully is a high hazardous debris flow gully and has the hazard degree of 0.67; the Naituo gully is a moderate hazardous debris flow gully and has the hazard degree of 0.58. Risk assessment implies the two gullies have high debris flow risk, respectively with the risk degree of 0.52 and 0.45. The debris flows occurred in the high risky area resulted in huge losses of property and life.

Key words Debris flows Hazard processes Meigu county

* 收稿日期: 2005-08-03; 收到修改稿日期: 2005-11-28

基金项目: 四川省重点科技资助项目(01SG049-02); 中国科学院成都山地所创新前沿项目资助。

第一作者简介: 刘希林(1963-), 男, 研究员, 主要从事泥石流灾害地貌、灾害评价、预测预报和灾害管理研究。Email: xlliu@imde.ac.cn

1 引言

2005年6月1日凌晨,四川省凉山州美姑县由局部暴雨冰雹气象灾害引发了严重的地质灾害,其中洛俄依甘乡马洛村的采莫洛沟和乃托沟同时暴发了泥石流,造成了9死8伤和较大的财产损失,引起省、州、县、乡各级政府和社会的高度关注。

采莫洛沟沟口 GPS 定位 $N28^{\circ}06'39.4''$, $E103^{\circ}01'68.1''$, 乃托沟沟口 GPS 定位 $N28^{\circ}06'46.1''$, $E103^{\circ}01'85.9''$, 两沟相距 0.5 km, 为溜筒河右岸的一级支沟, 溜筒河为金沙江的一级支流。两沟地属于洛俄依甘乡马洛村, 马洛村位于美姑县与昭觉县的交界处, 距离美姑县城 42 km, 距昭觉县城 29 km, 四周与依波沃村、札支村和乃托村相邻(图 1)。



图 1 研究区位置及泥石流沟流域地形图

Fig 1 Location and topographical map of drainage basins of the debris flow gullies in the study area

1. 流域界线; 2. 等高线; 3. 主沟; 4. 河流;
5. 公路; 6. 居民点; 7. 高程点

两沟流域地处川滇南北构造带, 流域内岩层褶皱多而紧凑, 断层比较发育, 出露地层主要为侏罗系紫色块状砂岩、三叠系灰岩以及奥陶系红色砂页岩^[1]。岩石风化强烈, 节理发育, 岩体完整性和稳定性较差。地貌上属于康滇台背斜东翼, 受金沙江水系强烈切割剥蚀, 大部分地区海拔在 1000 ~ 3000 m 之间, 地形起伏较大, 河谷切割较深。

两沟流域具高原气候特点, 冬季干寒漫长, 夏季

暖和湿润。按四川省气候分区, 属川西高原雅砻江温带气候区, 年均气温 11.4°C , 多年平均降雨量 814.4 mm。每年的 5 ~ 10 月中旬, 西南季风盛行, 来自孟加拉湾、印度洋的西南气流和副热带高压南侧的东南气流水汽含量较大, 加之热力、动力条件的配合, 降水充沛, 大雨、夜雨、暴雨较多, 降雨量占年总降雨量的 88.4%。

当地主要土壤类型为水稻土、潮土和黄红壤, 土壤土层厚, 水热条件优越, 肥力较高, 可以一年二熟。泥石流沟流域两岸多为灌草植被, 森林覆盖率较低, 土壤侵蚀强烈, 是水土流失严重的区域。

当地约有 30 余户人家, 150 余人, 20 余亩耕地, 粮食作物主要有水稻、苞谷、白菜和大蒜等, 经济林木以核桃和油桐为主。

2 泥石流成因与特征

2.1 泥石流成灾原因

2.1.1 冰雹和强降雨

强降水对泥石流的暴发具有激发作用。据当地老乡介绍, 2005 年 5 月 31 日夜 10 点, 在采莫洛沟和乃托沟流域上游下起冰雹, 11 点左右变为大雨夹杂着冰雹, 沟谷内开始迅速涨水, 大雨持续约 2 h。美姑县气象站记录 6 月 1 日降雨量为 29.3 mm, 前 30 日累计降雨量为 140.8 mm(图 2)。上游沟床内形成暴雨径流并对沟道内固体物质和沟谷两岸坡积物基脚进行侵蚀冲刷, 使得沟谷两岸和沟床内堆积的松散土体达到饱和, 稳定性降低, 开始出现崩塌, 大量的砾石和松散土体等固体物质卷入河水。6 月 1 日凌晨 1 点左右泥石流暴发。实地考察还发现,

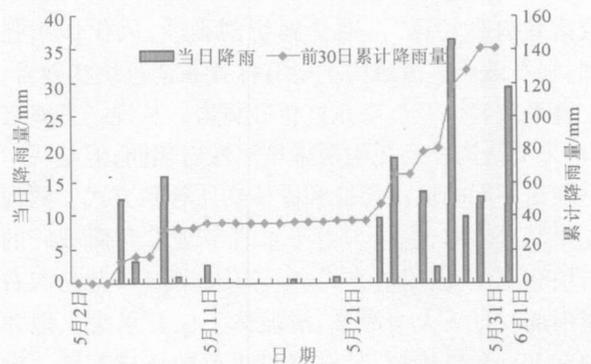


图 2 2005 年美姑县气象站降雨资料

Fig 2 Rainfall data of meteorological station in Meigu county

在采莫洛沟和乃托沟之间有一条无名支沟，主沟长度 2.77km，松散固体物质和地形条件与采莫洛沟和乃托沟相同，但因为其沟道较短，流域面积较小，此次却没有发生泥石流，这说明莫洛沟和乃托沟上游的冰雹和强降雨为此次泥石流提供了水源，是美姑“6.1”泥石流暴发的关键原因之所在。

2.1.2 地形地貌条件

据现场 GPS 测量和 1:50000 地形图读图 (图 1、图 3)，采莫洛沟流域面积 16.5km²，主沟长度 8.20 km，流域最高点海拔 2772m，流域最低点海拔 1389m，流域相对高差 1383m，主沟沟床平均比降 16.9%，不稳定沟床比例 76.7%，流域切割密度 2.31 km·km⁻²；乃托沟流域面积 8.2km²，主沟长度 7.04 km，流域最高点海拔 2772m，流域最低点海拔 1402m，流域相对高差 1370m，主沟沟床平均比降 19.5%，不稳定沟床比例 69%，流域切割密度 3.30 km·km⁻²。采莫洛沟和乃托沟流域地形地貌有利于降水的迅速汇集和固体物质的补给，为美姑“6.1”泥石流暴发提供了有利的势能条件。

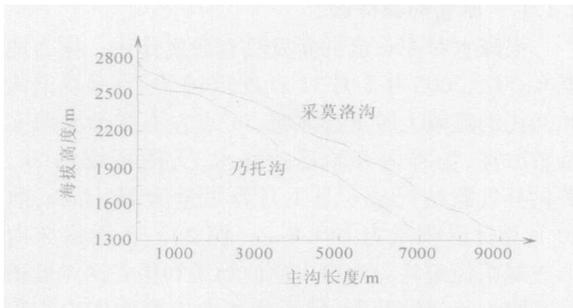


图 3 研究区泥石流沟床纵剖面图

Fig. 3 Longitudinal profile of the debris flow gully beds in the study area

2.1.3 地层岩性和地质构造条件

采莫洛沟和乃托沟属于溜筒河的一级支流，岩层褶皱构造发育，长期受到切割剥蚀，风化作用强烈，岩石破碎。流域内主要有侏罗系紫色块状砂岩、三叠系灰岩以及奥陶系红色砂页岩。从现场考察来看，采莫洛沟和乃托沟两岸虽然性岩相同，但是两岸呈现出不同的坡面特征和固体物质补给方式。两沟左岸基岩出露，右岸为由于垂直节理发育而破碎的岩块和土体，以崩落方式进入沟床 (图 4)；乃托沟右岸中部发育一大型滑坡，滑坡体上已开垦为土地并种有土豆和核桃树，是马洛村重要的核桃基地。滑坡体上已出现多处宽约数十厘米裂缝，这些固体物质以崩塌、坍塌和滑坡的方式进入沟床。采莫洛沟和乃托沟流域有利的地层岩性和地质构造条件为美

姑“6.1”泥石流暴发提供了物质基础。



图 4 采莫洛沟右岸的松散土体
Fig. 4 Loose materials on the right slope of Caimoluo gully

2.1.4 不合理的人类经济活动和建设

在采莫洛沟和乃托沟流域，居住着依波沃村、扎支村、乃托村等村的数十户村民，当地农民以农业耕作和放牧为主要谋生手段。然而由于当地处于美姑县和昭觉县交界地带，文化教育落后，生态环境保护意识差，毁林、毁草、开荒现象严重，导致两沟流域内大的灌木和乔木较少，土壤侵蚀严重，生态环境恶化 (图 5)，这些不合理的人类经济活动加速了美姑“6.1”泥石流的形成；另外，当地村民将房子和其他设施建在沟口及其附近，这些不合理的建设也是这次泥石流灾害造成严重损失的原因之一。



图 5 采莫洛沟流域生态环境恶化
Fig. 5 The worse ecological environment in the drainage basin of Caimoluo gully

2.2 泥石流特征

2.2.1 泥石流流域特征

采莫洛沟和乃托沟都可分为泥石流形成区、流通区和堆积区，为典型的沟谷型泥石流。从沟道内部来看，两沟泥石流流通区边坡稳定性极差，沟内固

体物质丰富, 沟道堵塞严重(图 6), 因此, 流通区为泥石流的形成提供了大量的固体物质, 也是一个重要的物质补给区, 从而加大了泥石流规模和危害程度。两沟四季有水, 经测量, 采莫洛沟清水流速 $1.3 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, 流量 $0.2 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, 乃托沟清水流速 $0.4 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, 流量 $0.02 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ 。



图 6 采莫洛沟沟道堵塞严重

Fig 6 Serious blocking in the gully bed of Caimoluo gully

2.2.2 泥石流活动特征

泥石流的产生与地形地貌、地层岩性、地质构造、土壤植被、强降水和人类活动等条件有较强关系, 采莫洛沟和乃托沟具备上述条件。据调查, 采莫洛沟 1982 年曾经暴发过较大规模的泥石流, 初步断定重现期在 20~30a 左右, 是一条较低频率的老泥石流沟。考察发现, “6·1”泥石流暴发过后, 采莫洛沟和乃托沟沟谷两岸的松散土体和砾石仍在发生崩塌, 固体物质以重力补给和沟床物质起动补给等方式源源不断的补充到泥石流沟道中, 两条沟谷右岸侵蚀和河床堵塞严重, 在下次强降水来临时, 河床内容易形成堵水溃决现象, 泥石流暴发的潜在可能性很大, 暴发频率和规模都有进一步发展的趋势。

2.2.3 泥石流动力学特征

据现场泥痕调查, 采莫洛沟泥石流最大泥面宽度 14m, 最高泥深 2.5m, 最大断面面积 35 m^2 , 沟床纵坡 165%; 乃托沟泥石流最大泥面宽度 8m, 最高泥深 2m, 最大断面面积 16 m^2 , 沟床纵坡 219%。采用东川泥石流流速改进公式计算^[2], 采莫洛沟和乃托沟泥石流流速分别为 $11.6 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 和 $10.5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, 流量分别为 $404.7 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ 和 $168.7 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ 。

2.2.4 泥石流堆积特征

泥石流挟带大量粘土、砂和砾石冲出沟口堆积, 形成泥石流堆积扇。实地测量, 采莫洛沟泥石流堆积扇长约 210m, 宽约 130m, 堆积坡度 4° , 堆积方量 10.16 万 m^3 , 泥石流搬运的最大漂砾约 $4.5 \times 4 \times$

3 m^3 (图 7); 乃托沟泥石流堆积扇长 110m, 宽 90m, 堆积坡度 5° , 堆积方量约 2.44 万 m^3 , 泥石流搬运的最大漂砾约 $4 \times 3 \times 1.7 \text{ m}^3$ 。考察发现, 美姑“6·1”泥石流堆积呈现出明显的无分选性和层状堆积, 堆积地貌主要有沟道内的泥石流砾石心滩和泥石流侧积堤, 堆积扇上的龙头堆积和扇形体砾石堆积, 微地貌有石背石(图 8)和干涸后的地表龟裂(图 9) 这些都

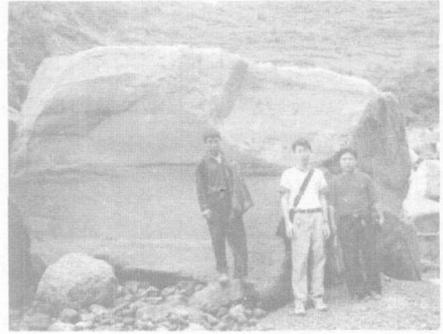


图 7 采莫洛沟泥石流搬运的巨大漂砾

Fig 7 Large boulder carried by the debris flow in Caimoluo gully



图 8 采莫洛沟泥石流形成的石背石现象照片

Fig 8 Boulder piling up boulder resulted from the debris flow in Caimoluo gully



图 9 采莫洛沟泥石流过后地表龟裂现象

Fig 9 Earth surface chaps after the debris flow in Caimoluo gully

是粘性泥石流的地貌特征。现场取样经室内土工试验分析,采莫洛沟中游右岸山坡源地土在含水量 10%和密度 $1.65\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$ 条件下,快剪试验内摩擦角 31.3° ,内聚力 12kPa 粘粒物质液限为 33.2%,塑限为 19.8%,塑性指数为 13.4。颗粒级配曲线为右偏峰型。粘粒含量很高,为 19.3% (重量百分比)。采莫洛沟中游沟道泥石流堆积物在含水量 7.7%和密度 $1.62\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$ 条件下,快剪试验内摩擦角 38.2° ,内聚力 12kPa 颗粒级配曲线为多峰型,分别在砾粒、砂粒和粉粒段出现 3 个高峰值。粘粒含量也较高,为 2.2%。乃托沟下游右岸滑坡,既为此次泥石流所诱发,同时也为此次泥石流提供了大量的固体物质。滑坡前缘堆积物取样试验结果为,在含水量 7.4%和密度 $1.76\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$ 条件下,快剪试验内摩擦角 35.8° ,内聚力 5kPa 颗粒级配曲线为单峰型(图 10)。

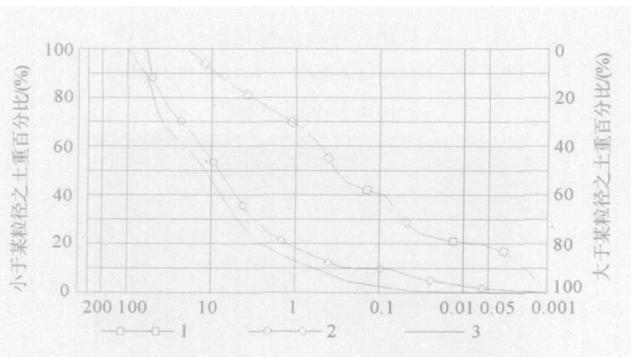


图 10 研究区源地土和泥石流堆积物颗粒级配曲线

Fig 10 Grain size of source soil and debris flow deposits in the study area

1 采莫洛沟中游右岸山坡源地土; 2 采莫洛沟中游沟道泥石流堆积物; 3 乃托沟下游右岸滑坡堆积物

2.2.5 泥石流成灾特征

与一般泥石流的暴发不同,美姑“6.1”泥石流暴发前一天当地没有降水,而是在当晚凌晨左右 2h 的冰雹和大雨下激发形成,暴发突然;从岩性来看,有些堆积扇上的巨砾只有在流域上游才有,说明泥石流搬运这些巨大的砾石达数公里,泥石流还将上游大树连根拔起,剥光树皮并搬运到下游,可见这次泥石流能量巨大,破坏力强;另外,这次泥石流灾害发生在半夜正值当地村民熟睡的时候,整个泥石流暴发过程持续不到半小时,成灾迅速,危害严重。另外,成灾方式多也是一个重要的成灾特征,如有沉积淤埋、下切冲刷、堵江等多种成灾方式^[3]。

3 泥石流灾情及风险评价

3.1 灾害与灾情

6月1日凌晨1点左右,采莫洛沟和乃托沟同时暴发泥石流,沟谷内山摇地动,发出巨大声响,村民们从睡梦中被惊醒,惊慌失措,来不及穿衣服就往两岸山坡和四周开阔地带逃跑,开始往两岸山坡和四周开阔地带逃跑,一些村民因在逃跑中辨不清方向而被泥石流冲走,泥石流所到之处,房屋被毁,农田被埋,整个泥石流过程持续不到半小时。据当地村民介绍,当地历史上曾发生过泥石流,但这样大规模的泥石流实属罕见。

据洛俄依甘乡政府统计,此次泥石流给采莫洛造成了严重的人员伤亡和财产损失,死亡 6 人,失踪 3 人,被溜筒河河水冲走,受伤 8 人,冲毁房屋 14 户 44 间,约 825m^2 ,有 25 户 115 人受灾,其中 10 户居于危险地带需搬迁,8 户需临时安置,因房屋和地表开裂,有 22 户被列为重点监控户,财产损失共约 45.21 万元,顺沟而下的泥石流还阻断了 307 省道,淤埋一座单孔水泥公路桥,一段约 100m 的过水路面以及 10 余亩农田(图 11、图 12)。



图 11 被乃托沟泥石流冲毁的房屋

Fig 11 Destroyed house by the debris flow in Naituogully



图 12 泥石流冲毁通讯和电力设施

Fig 12 Damaged communication and electric power facilities by the debris flow

3.2 危险度评价

采用文献[4]提出的评价方法对采莫洛沟和乃托沟泥石流危险度进行计算,该方法选择了泥石流规模 M 、泥石流发生频率 F 两个主要因子以及流域面积 S_1 、主沟长度 S_2 、流域相对高差 S_3 、流域切割密度 S_6 、不稳定沟床比例 S_9 等 5 个次要因子,共计 7 个评价因子的转换值进行危险度评价,计算公式为

$$H = 0.29M + 0.29F + 0.14S_1 + 0.09S_2 + 0.06S_3 + 0.11S_6 + 0.03S_9 \quad (1)$$

据现场测量,采莫洛沟堆积物 M 约 10.16 万 m^3 ,乃托沟堆积物 M 约 2.44 万 m^3 ,暴发频率 F 按 5% 计算,式中其他指标均从 1:50000 地形图量算获取。

将各评价因子转换值代入式(1),得到采莫洛沟和乃托沟的泥石流危险度分别为 0.67 和 0.58。按照危险度五级划分标准:极低危险 ($0 < H_{\text{单}} < 0.2$),低度危险 ($0.2 < H_{\text{单}} < 0.4$),中度危险 ($0.4 < H_{\text{单}} < 0.6$),高度危险 ($0.6 < H_{\text{单}} < 0.8$),极高危险 ($0.8 < H_{\text{单}} < 1$),可知采莫洛沟和乃托沟分别属于高度危险和中度危险的泥石流沟。

3.3 易损度评价

根据四川省 2004 年统计年鉴^[5],结合实地调查,应用文献[4]中的易损度评价模型计算两沟泥石流沟易损度。由于两沟相距较近,威胁对象一致,因此计算出的易损度是相同的。各评价因子取值如下: I_1 为建筑资产(万元),按每户平均 3 万元,堆积扇上有约 30 户人家,共计资产价值 90 万元; I_2 为交通设施资产(万元),主要包括过境的约 500m 长的 307 省道和一座水泥桥,造价分别按 $50 \text{万} \cdot \text{km}^{-1}$ 和 10 万元/座计算,共计资产价值 35 万元; I_3 为生命线资产(万元),包括中国联通、中国移动、中国电信 3 条通讯线路以及 1 条输电线路,造价按 $100 \text{元} \cdot \text{m}^{-1}$,长度按 300m 计算,共计资产价值 12 万元; E_1 为人均年收入(万元·年⁻¹),据调查访问为 0.3 万元·人⁻¹; E_2 人均储蓄存款余额(万元·人⁻¹)为 0.074 万元·人⁻¹; E_3 人均拥有的固定资产(万元·人⁻¹)为 0.136 万元·人⁻¹;当地受泥石流威胁总人口数 N (人)约 150 人;土地类型 $L_{\text{单}}$ (m^2)主要为农田耕地,约 20 亩,其他土地类型忽略不计,从现场调查情况看,泥石流过后土地还是可以恢复的,但造价较高,在政府补助、当地投劳的情况下,按照 4 元· m^{-2} 的价格进行计算,损失土地资源价值约 6 万

元;65 岁(含)以上老人和 15 岁以下少年儿童的比例 a ,只接受过初等教育(小学)及以下人口的比例 b 和人口自然增长率(‰) r 参照凉山州人口普查资料分别为 0.35、0.76 和 9.5;人口密度 D 用美姑县平均人口密度 $70.35 \text{人} \cdot \text{km}^{-2}$ 代替。泥石流易损度评价模型为^[4,9]

$$\begin{cases} V_{\text{单}} = \sqrt{(FV_{1\text{单}} + FV_{2\text{单}}) / 2} \\ FV_{1\text{单}} = 1 / \{ [1 + \exp[-1.25(\log V_{1\text{单}} - 2)]] \} \\ FV_{2\text{单}} = 1 - \exp(-0.0035V_{2\text{单}}) \\ V_{1\text{单}} = I + E + L_{\text{单}} \\ V_{2\text{单}} = (1/\beta)(a + b + r) \times D \\ I = I_1 + I_2 + I_3 \\ E = (E_1 + E_2 + E_3) \times N \end{cases} \quad (2)$$

将各指标代入上述易损度评价模型进行计算,得到两沟的易损度为 0.77。根据单沟泥石流易损度分级标准:极低易损 ($0 < V_{\text{单}} < 0.2$),低度易损 ($0.2 < V_{\text{单}} < 0.4$),中度易损 ($0.4 < V_{\text{单}} < 0.6$),高度易损 ($0.6 < V_{\text{单}} < 0.8$),极高易损 ($0.8 < V_{\text{单}} < 1$),可知采莫洛沟和乃托沟属于高度易损的泥石流沟。

3.4 风险评价

泥石流风险评价综合考虑了致灾体的自然属性和承灾体的社会经济属性,风险度的定量表达为危险度与易损度的乘积^[4,6,7]:

$$R_{\text{单}} = H_{\text{单}} \times V_{\text{单}} \quad (3)$$

式中, $R_{\text{单}}$ 表示单沟泥石流风险度, $H_{\text{单}}$ 表示危险度, $V_{\text{单}}$ 表示易损度,由此可以得到采莫洛沟和乃托沟的风险度分别为 0.52 和 0.45。根据泥石流风险度分级标准:极低风险 ($0 < R_{\text{单}} < 0.04$),低度风险 ($0.04 < R_{\text{单}} < 0.16$),中度风险 ($0.16 < R_{\text{单}} < 0.36$),高度风险 ($0.36 < R_{\text{单}} < 0.64$),极高风险 ($0.64 < R_{\text{单}} < 1$),可知两条沟都属于高风险区。

4 结论和建议

采莫洛沟和乃托沟历史上曾发生过泥石流,沟口有较明显的堆积扇,沟道中也留有泥石流搬运和堆积的痕迹,当地政府国土部门已注意到这两条泥石流沟,并通知当地乡村在雨季做好防灾预案。这次泥石流暴发,前期并没有大的降雨,当日两沟下游降雨量也很小,且两沟之间较短的一条支沟也没有发生泥石流,说明问题出在上游,泥石流的暴发是由

两沟上游当日强降雨夹冰雹激发形成的。上游大量开荒种地、陡坡耕种和森林砍伐,使得这次泥石流的暴发成了偶然中的必然。对这类泥石流灾害的预报,着重要加强对山区局部地区强对流灾害性天气的预报。

成灾原因在上游,但灾害结果却在下游。这次发生的人员伤亡和财产损失,不能说当地居民没有防灾意识,他们已意识到居住在泥石流的危险范围内,并自发集资在采莫洛沟堆积扇右侧修建了一道约 2m 高的防洪堤,但防洪堤防不了泥石流,且单靠防洪堤也是不能奏效的。泥石流发生时,不少人死里逃生,就是按照正确的避灾线路和避灾方法进行的,否则死伤的人数会更多,但此次泥石流灾害仍然造成了惨痛的灾难,主要原因,一是当地村民大多存有侥幸心理,并且不知道泥石流有直进性攻击的特点,坚持在当地安营扎寨,不愿搬迁;二是当地土地有限,也没有更好的地方可以搬迁,搬迁的费用也是一大问题。

这次泥石流灾害使通讯线路受到较大损失,主要是架线时没有充分考虑泥石流灾害的影响。2003 年才架设的中国联通沿溜筒河走最低线,暴露在沟口和堆积扇上的电杆最多,这次全线覆没,灾后被迫改线,在堆积扇上游重新跨沟通过;中国电信走较低线,受到了一定损失,考察时看到中国电信的工作人员正在维修部分被毁的线路;中国移动走高位线,在这次泥石流灾害中几乎没有受损。由此再次表明,在通讯设施的建设中,若事先考虑到泥石流灾害的可能影响并适当加大一点投入,就会在泥石流灾害发生时免受损失,起到事半功倍的效果。

距采莫洛沟不远处的溜筒河上游方向右侧,还有一条泥石流沟以单孔桥横穿 307 省道汇入溜筒河。据老乡称,这条沟与原来的乃托沟一模一样。这条看似平静的泥石流沟,一旦遭遇强降雨,就会出其不意地暴发泥石流,因此,必须引起当地有关部门

的警觉。

参 考 文 献

- [1] 四川省昭觉县志编纂委员会. 昭觉县志 [M]. 成都: 四川辞书出版社, 1999.
Editorial committee of Zhaojue county annals of Sichuan province. Zhaojue county annals. Chengdu: Zhaojue county annals Sichuan Dictionary Press, 1999.
- [2] 陈光曦, 王继康, 王林海. 泥石流防治 [M]. 北京: 中国铁道出版社, 1983.
Chen Guangxi, Wang Jikang, Wang Linhai. Prevention of debris flow. Beijing: China Railway Press, 1983.
- [3] 马东涛, 崔鹏, 祁龙, 等. 西部地区交通建设中的泥石流灾害与防治对策 [J]. 工程地质学报, 2003, 11(2): 180~185.
Ma Dongtao, Cui Peng, Qi Long, et al. Debris flow hazards along the main traffic lines in western China and measures for their controlling. Journal of engineering geology, 2003, 11(2): 180~185.
- [4] 刘希林, 莫多闻. 泥石流风险评价 [M]. 成都: 四川科学技术出版社, 2003.
Liu Xilin, Mo Duowen. Risk assessment on debris flow. Chengdu: Sichuan Science and Technology Press, 2003.
- [5] 四川省统计局. 四川统计年鉴 2004 [M]. 北京: 中国统计出版社, 2004.
Statistics bureau of Sichuan province. Sichuan Statistics annals. Beijing: China Statistics Press, 2004.
- [6] 刘希林, 莫多闻. 泥石流风险及沟谷泥石流风险度评价 [J]. 工程地质学报, 2002, 10(3): 266~273.
Liu Xilin, Mo Duowen. Debris flow risk and site-specific debris flow risk assessment [J]. Journal of engineering geology, 2002, 10(3): 266~273.
- [7] 陈廷方, 崔鹏, 刘岁海, 侯兰功. 矿产资源开发与泥石流灾害及其防治对策 [J]. 工程地质学报, 2005, 13(2): 179~182.
Chen Tingfang, Cui Peng, Liu Suihai, Hou Langong. Anthropogenic debris flow disasters and mitigation countermeasures in mineral resources exploitation in China. Journal of Engineering Geology, 2005, 13(2): 179~182.