

# 四川泸定县“2005. 6. 30”群发性 泥石流灾害调查与评价

刘希林, 赵 源, 倪化勇, 陈宜娟, 王 萌

(中国科学院成都山地灾害与环境研究所, 四川 成都 610041)

摘要: 分析了四川泸定县“2005. 6. 30”群发性泥石流的形成原因和触发条件, 论述了泥石流特征, 包括固体物质补给特征、群发性特征、动力学特征、堆积特征、危害特征、活动特征及发展趋势, 对泥石流危险度、易损度、风险度以及灾害损失作了定量评价, 并提出了相应的防治建议。

关键词: 泥石流; 灾害调查; 灾害评价; 四川泸定

中图分类号: P642. 23 文献标识码: A 文章编号: 1000-811X(2006)04-0058-08

## 1 流域地理环境

2005 年 6 月 30 日, 四川甘孜州泸定县境内的德威乡和杵坭乡的磨子沟 ( $N29^{\circ}43.708'E102^{\circ}12.140'$ )、扯索沟 ( $N29^{\circ}49.510'E102^{\circ}12.873'$ )、园包山沟 ( $N29^{\circ}47.812'E102^{\circ}12.796'$ )、干沟 ( $N29^{\circ}48.105'E102^{\circ}12.290'$ )、羊儿沟 ( $N29^{\circ}48.221'E102^{\circ}12.207'$ ) 和蒋家沟 ( $N29^{\circ}48.388'E102^{\circ}12.255'$ ) 同时暴发了泥石流, 造成了较为严重的人员伤亡和财产损失。

德威乡位于泸定县城以南约 30 km, 北面杵坭乡与德威乡为邻。六条泥石流沟均为大渡河右岸的一级支沟, 大渡河为金沙江的一级支流。

泥石流流域地处川西地槽区, 断层节理比较发育, 岩石风化强烈, 受大渡河水系强烈切割剥蚀, 地表破碎, 流域内沟谷多为“V”型, 从山谷到山岭一般相对高差在 2 000~3 000 m 之间, 地形起伏较大, 河谷切割较深<sup>[1]</sup>。多年平均降雨量 635.0 mm, 每年 5~10 月的降雨量占年总雨量的 90% 以上。当地主要土壤类型为水稻土、冲积土和黄棕壤, 土层厚, 森林覆盖率较低, 土壤侵蚀强烈, 是水土流失严重的区域。

## 2 泥石流成因与特征

### 2.1 泥石流形成原因

#### 2.1.1 降雨

前期长时间降雨和当日降雨的共同作用导致了泸定“2005. 6. 30”这场群发性泥石流。据泸定县气象站观测, 在泥石流暴发的前 30 d, 泥石流发生地德威乡和杵坭乡 17 d 有降雨, 累计雨量达到 126.5 mm, 其中前 3 d 和前 5 d 累计雨量分别达到 19.7 mm 和 44.3 mm, 6 月 28 日和 30 日两天又有较大降雨, 雨量分别为 19.4 mm 和 17.1 mm (图 1)。前期降雨使得沟谷两岸的土体和沟道内松散固体物质含水量增大, 土体中孔隙水压力上升, 塑限和液限降低, 土体粘滞力和内摩擦角减小, 从而导致稳定性降低, 再加上当日中等强度的降雨, 已充分满足了泥石流形成的水分条件, 最终暴发了泥石流。

#### 2.1.2 地形地貌

泸定县内大渡河由北向南纵贯全县, 泥石流灾害发生地德威乡和杵坭乡均属高山峡谷区。据现场考察、GPS 测量和室内 1:50 000 地形图判读, 流域地形条件有利于地表径流和迅速汇集和固体物质的补给, 为泥石流的发生提供了足够的势能条件。

\* 收稿日期: 2006-07-04

基金项目: 中科院成都山地所知识创新工程前沿项目资助

作者简介: 刘希林 (1963-), 男, 研究员, 博士, 博士生导师, 主要从事泥石流灾害评价和预测研究。

Email: xlliu@imde.ac.cn

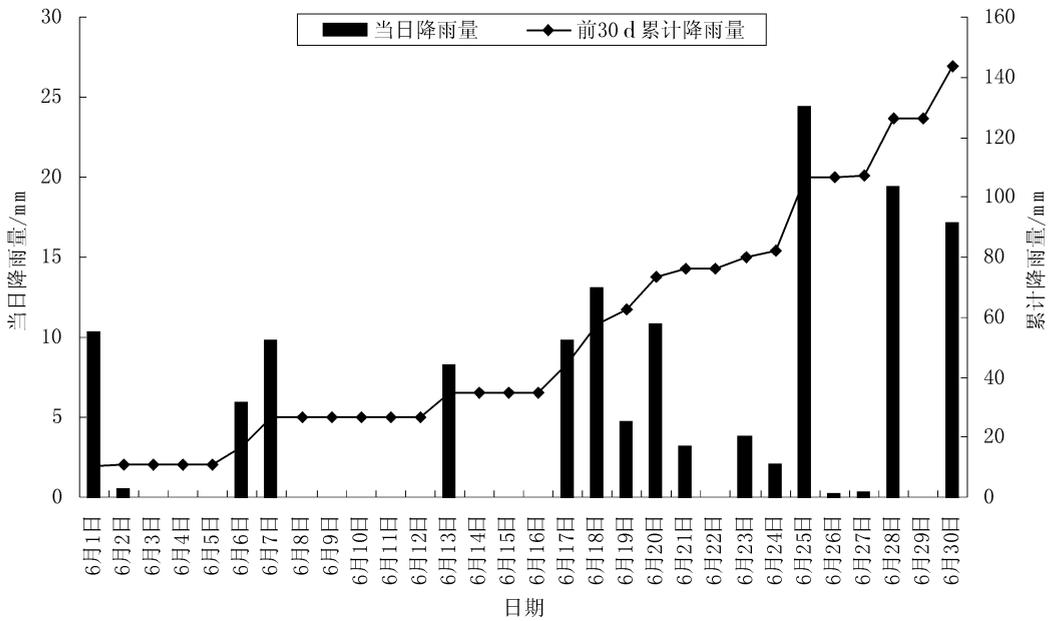


图 1 泸定县气象站降雨资料

### 2.1.3 松散固体物质

泸定县处于扬子准台地的西缘, 龙门山、鲜水河、安宁河三条地层断裂带的交汇处, 康滇地轴(川滇南北经向构造带)沿南北方向贯穿泸定县境内, 褶皱和断裂发育。德威乡磨子沟和杵坭乡扯索沟、园包山大沟、干沟、羊儿沟和蒋家沟沿南北向断裂分布, 断层带宽 4~10 km。从地层分布上来看, 磨子沟、扯索沟、园包山大沟、干沟、羊儿沟、蒋家沟均沿大渡河右岸分布, 元古代、古生代、中生代及新生代时期的地层多有出露, 岩浆岩和变质岩也十分丰富。

受地质构造和地层岩性的影响, 六沟流域地表长期在风化作用和流水侵蚀作用下, 大部分地区基岩裸露, 岩石破碎严重, 节理发育, 支沟众多, 大量的松散固体物质以崩塌、坍塌和坡面侵蚀的方式进入沟道, 为泥石流的形成创造了丰富的物源条件。

### 2.1.4 人类活动与泥石流灾难

沟口堆积扇是山区相对平坦的地方, 也成为当地居民点的主要集中区。这次泥石流暴发前, 当地群已长期居住在老泥石流形成的堆积扇上。这里往年一直是旱山坡, 泥石流较少发生而且规模也不大, 没有造成大的危害。村民们世代在这里居住, 并在上面开垦土地, 进行各种农耕活动。“2005. 6. 30”泥石流的暴发, 使得这些村民成为首当其冲的受灾对象。村落的建设和布局在一定程度上成为“6. 30”泥石流危害严重的重要原因之一。

## 2.2 泥石流特征

### 2.2.1 固体物质补给特征

现场考察发现, 六条泥石流沟的形成区、流通

区和堆积区都比较明显, 均属于典型的沟谷型泥石流。磨子沟和扯索沟的流通区较长, 而园包山大沟、干沟、羊儿沟、蒋家沟的流通区相对较短, 沟道内及两侧都有大量的松散固体物质, 沿途沟道堵塞比较严重, 沟道河流堆积物、老泥石流堆积物和两岸崩塌堆积物、残坡堆积物、崩落的巨石成为泥石流固体物质的重要来源。

### 2.2.2 群发性特征

群发性是泸定“2005. 6. 30”泥石流活动最典型的特征, 六沟齐发泥石流在泸定县历史上比较少见, 特别是杵坭乡园包山沟、干沟、羊儿沟、蒋家沟 4 条沟位于同一山体, 各沟相距较近, 最远不过 400 m, 暴发后泥石流堆积扇在同一侧连成堆积扇裙, 雍堵大渡河, 加大了灾害的严重性 (照片 1)。

### 2.2.3 动力学特征

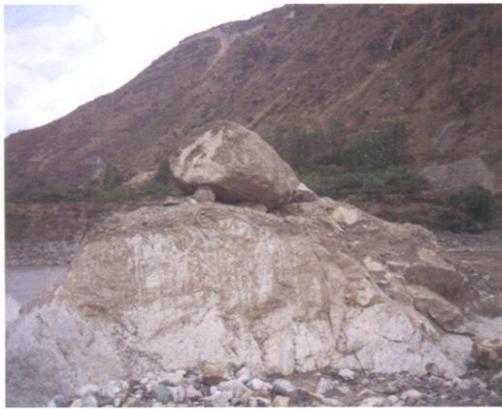
根据实地调查到的泥石流泥痕, 测量了磨子沟、扯索沟、园包山沟的泥石流最大泥面宽度和平均泥深, 计算出泥石流最大过流断面面积, 测量了流通区沟床纵坡, 用沟床纵坡代替泥石流泥面坡度, 在判定为粘性泥石流性质的基础上, 借用“东川泥石流流速改进公式”<sup>[21]</sup>分别计算了这 3 条沟“2005. 6. 30”泥石流的流速和流量 (表 1)。干沟、羊儿沟、蒋家沟未能找到泥痕证据, 因而无法通过泥痕调查来确定泥石流流量。

表 1 泥石流动力要素特征值

沟名	最大泥面宽度 (m)	平均泥深 (m)	最大断面面积 (m <sup>2</sup> )	沟床纵坡 (‰)	泥石流流速 (m/s)	泥石流流量 (m <sup>3</sup> /s)
磨子沟	25	3	75	96.3	9	684
扯索沟	20	5	100	78.7	9	879
园包山沟	25	4	100	96.3	8	789



照片1 杵坭乡群发性泥石流场景



照片2 园包山泥石流沟堆积扇上的石背石



照片3 园包山沟泥石流堆积扇上的巨大漂砾



照片4 园包山沟道内泥石流层状堆积



照片5 扯索沟道内泥石流侧积堤



照片6 磨子沟泥石流过河后淤埋农田

弯道超高现象也是对泥石流动力特征的一个表现。考察发现,扯索沟“2005.6.30”泥石流弯道超高现象明显,据估计弯道超高处泥痕高度达到8 m以上,直进性特征非常明显。

#### 2.2.4 堆积特征

泥石流的堆积既有沟道堆积也有沟口堆积扇堆

积。考察发现,泸定“2005.6.30”泥石流沟道堆积和堆积扇堆积均比较明显。就堆积扇堆积而言,“2005.6.30”泥石流暴发后,大量粘土、砂和砾石冲出沟口,形成泥石流堆积扇,泥石流堆积区也成为受灾最为严重的地区。表2为6条泥石流沟堆积扇的测量和计算数据。

表 2 泥石流堆积扇数据

沟名	堆积扇长度 (m)	堆积扇宽度 (m)	堆积扇坡度 (°)	堆积方量 (10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> )
磨子沟	176	65	6	223
扯索沟	210	140	4.5	500
园包山沟	300	150	5.5	327
干沟	200	200	6.5	237
羊儿沟	200	150	6	161
蒋家沟	280	105	7	252

堆积扇上停积了大量混杂的砂和砾石,泥石流携带的巨石可以看作是泥石流搬运能力和冲击力大小的表征。考察发现,众多巨大的漂砾横在泥石流堆积扇上,并且有多处石背石现象(照片 2)。据测量,园包山大沟泥石流携带的一灰岩漂砾(照片 3)体积为 6.9 m×5.5 m×3.2 m,重约 280 t。

沟道内和两侧堆积有大量老泥石流层状堆积(照片 4)和侧积堤(照片 5),表明这些沟谷在历史上曾经暴发过泥石流,属于老泥石流沟,同时也说明“2005.6.30”泥石流的暴发具有阵性特征。

### 2.2.5 危害特征

泸定“2005.6.30”泥石流的危害主要表现为冲击、淤埋和堵河三种方式。冲击造成的危害主要是对桥梁、房屋等建筑物的冲毁。从灾害现场情况看,磨子沟道和沟口、扯索沟口、园包山沟口和羊儿沟口的桥梁均有不同程度的损坏,甚至完全毁坏,扯索沟、蒋家沟沟口的房屋也因泥石流的冲击而倒塌;淤埋危害对象主要为农田、道路、树木和庄稼等;堵河危害则主要表现为泥石流携带大量固体物质冲进大渡河,暂时堵塞河流,造成局部水位升高,淤埋农田,形成次生灾害(照片 6)。

### 2.2.6 活动特征及发展趋势

调查访问得知,磨子沟曾先后于 20 世纪 80 年代和 90 年代分别暴发泥石流,但规模相对较小。扯索沟曾于 1963 年暴发过一场泥石流。园包山沟最近一场泥石流暴发时间是 1955 年。可见,磨子沟泥石流暴发频率较高,平均周期 10 年左右,扯索沟和园包山沟泥石流暴发周期相对较长,分别为 40 年和 50 年左右。

从现场考察来看,磨子沟和扯索沟沟谷较长,沟道较宽,汇水面积较大,沟谷形态基本上属于“U”型谷,沟道内有丰富的固体物质,并且两岸松散土体不断崩塌,巨石不断崩落,从磨子沟和扯索沟流域地貌环境特征,可以初步判定两条泥石流沟处于由旺盛期向衰退期过渡的阶段,仍然有暴发泥石流的可能,但暴发大规模泥石流的周期一般不会缩短,暴发频率主要取决于暴雨发生频率。

相比之下,园包山沟、干沟、羊儿沟和蒋家沟沟谷较短,河道较窄,汇水面积较小,沟谷形态基本上属于“V”型谷,两岸土体、岩石和沟道内固体物质有进一步失稳的可能,且沿着沟道多处发育跌水,可以初步判断这四条泥石流沟还处于发展期阶段。因此,园包山沟、干沟、羊儿沟和蒋家沟随着沟谷的侵蚀和演化,固体物质将进一步在沟道内堆积,沟道堵塞的可能性很大,泥石流沟具有进一步发展的趋势,暴发规模和频率将有可能进一步加大。

## 3 泥石流风险评价

泥石流风险评价包括泥石流危险度评价和易损性评价,是对泥石流灾难的预测。危险度反映了遭受泥石流损害的可能性大小,易损度指因泥石流灾害而可能导致的该区域内存在的一切人、财、物的潜在最大损失,风险度是由于泥石流灾害而引起的人们生命财产和经济活动的期望损失值。三者之中,危险度是前提,易损度是基础,风险度是结果。

### 3.1 危险度评价

采用 MFCAM 模型对上述 6 条泥石流沟的危险度进行计算<sup>[3~4]</sup>,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  $S_4$ 、不稳定沟床比例  $S_5$  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

$$H_{\text{危}} = 0.29M + 0.29F + 0.14S_1 + 0.09S_2 + 0.06S_3 + 0.11S_4 + 0.03S_5 \quad (1)$$

式中各评价指标均通过实地调查和 1:50 000 地形图量算获取,指标取值见表 3。

将各评价因子转换值代入式(1),得到磨子沟、扯索沟、园包山沟、干沟、羊儿沟、蒋家沟的泥石流危险度分别为 0.60、0.69、0.58、0.57、0.55 和 0.54,根据单沟泥石流危险度分级标准<sup>[5]</sup>,上述 6 条沟中的磨子沟和扯索沟属于高度危险的泥石流沟,园包山沟、干沟、羊儿沟和蒋家沟属于中度危险的泥石流沟。

### 3.2 易损度评价

采用文献<sup>[4]</sup>中的评价模型分别对 6 条泥石流沟的易损度进行计算,评价模型见式(3)。式中, $V_{\text{单}}$ 表示单沟泥石流易损度, $FV_{\text{单}}$ 是财产指标  $V_{\text{单}}$ (万元)的转换函数赋值(0~1), $FV_{\text{人}}$ 是人口指标  $V_{\text{人}}$ (人/km<sup>2</sup>)的转换函数赋值(0~1); $I$ 为物质易损度指标(万元), $I_1$ 、 $I_2$ 、 $I_3$ 分别为建筑资产(万元)、交通设施资产(万元)以及生命线资产(万元); $E$ 为

表 3 MFCAM模型评价因子实际值及其转换值

沟名	泥石流规模 $M$ ( $10^3 \text{ m}^3$ )	发生频率 $F$ (%)	流域面积 $S_1$ ( $\text{km}^2$ )	主沟长度 $S_2$ (km)	流域相对高差 $S_3$ (km)	流域切割密度 $S_6$ ( $\text{km}^{-1}$ )	不稳定沟床 比例 $S_9$ (%)
磨子沟	实际值	223	2.00	36.88	8.92	2.33	0.87
	转换值	0.78	0.15	0.87	0.94	1.00	0.44
扯索沟	实际值	500	2.50	18.84	8.34	2.22	1.79
	转换值	0.90	0.20	0.69	0.91	1.00	0.90
园包山沟	实际值	327	2.00	3.18	4.54	1.86	1.65
	转换值	0.84	0.15	0.37	0.65	1.00	0.83
干沟	实际值	237	2.00	1.68	3.69	2.20	2.20
	转换值	0.79	0.15	0.29	0.59	1.00	1.00
羊儿沟	实际值	161	2.00	1.71	3.36	2.03	2.95
	转换值	0.74	0.15	0.30	0.56	1.00	1.00
蒋家沟	实际值	252	2.00	1.03	1.56	0.75	1.51
	转换值	0.80	0.15	0.25	0.37	0.50	0.76

经济易损度指标 (万元),  $E_1$ 、 $E_2$ 、 $E_3$  分别为人均年收入 (万元/年)、人均储蓄存款余额 (万元/人)、人均拥有的固定资产 (万元/人),  $N$  表示总人口数;  $L_{\text{单}}$  表示环境易损度指标中的土地资源价值 (万元),  $B_i$  为各类土地资源基价 (元/ $\text{m}^2$ ),  $A_i$  为各类土地资源的面积 ( $\text{km}^2$ ),  $i$  表示土地类型, 由于灾后大部分土地能够得到恢复, 因此只需按恢复土地的费用来表示, 这里按该土地类型基价的 1% 来计算;  $a$  为 65 岁 (含) 以上老人和 15 岁以下少年儿童的比例,  $b$  为只接受过初等教育 (小学) 及以下人口的比例,  $r$  为人口自然增长率 ( $\%$ ),  $D$  为人口密度 (人/ $\text{km}^2$ )。需要说明的是, 由于杵坭乡园包山沟、干沟、羊儿沟、蒋家沟的威胁对象一致, 因此计算出的易损度是相同的。

表 4 泥石流易损度评价因子及其取值

沟名	财产指标						人口指标						
	$I_1$	$I_2$	$I_3$	$E_1$	$E_2$	$E_3$	$N$	$B_i$	$A_i$	$a$	$b$	$r$	$D$
磨子沟	400	5	0	0.2	0.54	0.60	500	50	0.01	0.34	0.57	7.08	36.02
扯索沟	500	10	2	0.2	0.54	0.60	500	200	0.02	0.34	0.57	7.08	36.02
园包山沟													
干沟	600	20	0	0.2	0.54	0.60	800	200	0.05	0.34	0.57	7.08	36.02
羊儿沟													
蒋家沟													

将各指标代入上述易损度评价模型进行计算, 得到磨子沟、扯索沟和另外四条沟的易损度分别为 0.69、0.70、0.72。根据单沟泥石流易损度分级标准<sup>[4]</sup>, 可知 6 条沟均属于高度易损的泥石流沟。

### 3.3 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

$$R_{\text{单}} = H_{\text{单}} \times V_{\text{单}} \quad (4)$$

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。由此可以得到磨子沟、扯索沟、园

$$\left\{ \begin{aligned} V_{\text{单}} &= \frac{(FV_{1\text{单}} + FV_{2\text{单}})}{2} \\ FV_{\text{单}} &= 1 / \{ [1 + \exp[-1.25(\log V_{\text{单}} - 2)]] \} \\ FV_{2\text{单}} &= 1 - \exp(-0.0035V_{\text{单}}) \\ V_{\text{单}} &= I_1 + E_1 + L_{\text{单}} \\ V_{2\text{单}} &= (1/3)(a + b + r) \times D \\ I &= I_1 + I_2 + I_3 \\ E &= (E_1 + E_2 + E_3) \times N \\ L_{\text{单}} &= \sum_{i=1}^4 B_i \cdot A_i \cdot 100 \end{aligned} \right. \quad (3)$$

根据四川省 2005 年统计年鉴<sup>[6]</sup>, 结合实地调查, 各评价因子取值见表 4。

包山沟、干沟、羊儿沟、蒋家沟的风险度分别为 0.41、0.48、0.42、0.41、0.40 和 0.39。根据泥石流风险度分级标准<sup>[4]</sup>, 可知 6 条沟均属于高风险。

## 4 泥石流灾害损失评估

灾害损失评估是对已经发生的泥石流灾害所造成的损失进行综合性的测算和统计, 包括人员损失、经济损失和救灾投入费用三个方面<sup>[7]</sup>。

### 4.1 人员损失

人员损失主要包括因灾死亡 (含失踪) 损失和

因灾伤病损失,前者是指因灾造成人员死亡而产生的损失,后者是指因灾造成的除死亡以外的其它伤病损失。对人员损失进行评估的目的是为了反映人的社会生活实践,而非从伦理道德上对人的价值进行评价,即在处理这一问题时,把人作为“经济人”而非“自然人”对待,是对生命过程中的社会经济关系的考察,反映了人一生的经济活动规模,而不是人体的经济价值。因此,对于死亡个体通过其在社会中所创造的经济财富来衡量,而对于伤病个体,其损失包括治疗、恢复、误工等费用,将所有开销统一折算为其一年创造的GDP。个体作为生产者的时间一般为30~40年左右,由于因灾死亡人员中有老有小,为方便统计,取平均值为20年,这里需考虑经济增长造成的影响,但对于个体职业差异予以忽略,用公式表示为

$$S_H = P_1 \cdot Y \cdot \frac{(1+r)^{20} - 1}{r} + P_2 \cdot Y \cdot (1+r) \quad (5)$$

式中:  $S_H$ 表示泥石流灾害造成的人员损失(单位:元);  $r$ 表示当地的多年经济平均增长率(%);  $Y$ 表示前一年当地的人均GDP(单位:元/人);  $P_1$ 表示泥石流造成死亡的总人数(单位:人);  $P_2$ 表示因灾害引起伤病总人数(单位:人)。

#### 4.2 经济损失

经济损失包括直接经济损失和间接经济损失两部分,前者是指通过灾害直接影响和破坏所造成的损失,用公式表示为

$$S_z = a \cdot \sum_{i=1}^5 \sum_{j=1}^n P_{ij} \cdot Q_j \quad j = 1, 2, 3 \dots (6)$$

式中:  $S_z$ 表示直接经济损失(单位:元);  $i$ 表示某类型损失(分为建筑、资产、交通、管线、资源五种类型);  $j$ 表示在该种类型下的具体破坏对象;  $P$ 表示单价;  $Q$ 表示数量;  $a$ 为比例系数;目的是使评价

结果更接近实际,其取值范围一般为1~1.5之间。

直接经济损失与间接经济损失之间存在密切联系,直接经济损失越严重,往往造成的间接经济损失也越大,灾害影响力越持久,因此可通过两者的比例关系来进行粗略估算,国家防汛抗旱总指挥部办公室2004年下发的《山洪灾害防治规划实施效果评价补充规定》把山洪灾害的直接经济损失与间接经济损失的比例系数 $\lambda$ 取值为20%~30%,按此规定,取 $\lambda = 0.3$ ,则灾害造成的经济损失 $S_E$ (单位:元)可用公式表示为

$$S_E = 1.3 \times S_z \quad (7)$$

#### 4.3 救灾投入费用

救灾投入费用 $S_I$ (单位:元)指为了保持灾区稳定,政府动员社会进行救援、治疗、转移、工程治理等所需费用,事实上这部分费用就是损失的机会成本。据柞坨乡联合村党支部书记姜福荣介绍,当地政府执行的救灾标准为:对受灾群众每人每天补助成品粮(大米)0.5kg,持续时间约4个月;没有发放生活补贴;根据房屋破损情况给予住房补贴,对于全倒户,一次性补助建房款10000元,对于危房户(指进水或未全部坍塌,需进行修葺才能继续居住的房屋)一次性补贴5000元(扯索沟的危房补助标准稍高,为8000元/户);另外按照民政部和国家减灾中心的相关要求,每转移安置一名受灾群众补助100元。按照上述标准,就可以对泥石流灾害的救灾投入费用进行初步评估,但实际上救灾投入包含的内容还更多,比如衣被补贴、卫生防疫等,因此在初评结果上乘上一个比例系数1.1。

#### 4.4 灾害损失评估

磨子沟、扯索沟和另外四条沟(园包山沟、干沟、羊儿沟、蒋家沟)的灾害对象均是柞坨村,这里按整体统计,泥石流灾害的损失情况见表5。

表5 泸定“2005.6.30”泥石流灾情

损失指标	磨子沟	扯索沟	柞坨村四条沟
人员损失	3人死亡	2人受伤	6人死亡, 2人受伤
建筑损失	—	1户被毁, 养猪场、酒厂	8户被毁, 9户危房
资产损失	—	谷子、樱桃、核桃、桑树、猪、水堰	玉米、谷子、猪
交通损失	铁索桥1座	乡村土路7km	冲毁石桥1座, 形成危桥1座
管线损失	—	—	—
资源损失	—	农田0.93 hm <sup>2</sup>	旱地1.13 hm <sup>2</sup> , 农田4.13 hm <sup>2</sup>

以扯索沟泥石流为例:①灾害造成2人受伤,全为当地农民,当地前一年的人均GDP为4538元,多年经济平均增长率为9%,故 $S_H = 0.99$ 万元;②被冲毁的房屋按20m<sup>2</sup>间计算破坏面积,被损坏的房

屋计为10m<sup>2</sup>间,灾害损毁1户12间,4间土木结构(250元/m<sup>2</sup>),8间框架结构(1000元/m<sup>2</sup>),另有固定资产养猪场和酒厂各1家,面积共1200m<sup>2</sup>,价值约10万元;则建筑损失为28万元;③室内财产复杂,不易逐一统计,这里通过建筑结构作为比照,

对于框架、砖混、砖木、土木四种结构损毁与损坏造成的室内财产损失依次记为 3 000元/间、2 000元/间、1 000元/间、500元/间和 1 500元/间、1 000元/间、500元/间、250元/间, 得到室内财产损失为 2.6万元; 据了解, 当地主要种植谷子, 平均为 30万元/hm<sup>2</sup>, 被毁 0.93 hm<sup>2</sup>, 得到农产品损失约为 28万元; 泥石流冲走猪 82头, 按 500元/头计, 牲畜损失 4.1万元; 毁坏多棵两岸的樱桃、核桃、桑树等经济林木, 价值约 5万元; 水堰被毁 200 m, 按 100元/m的造价, 造成损失约 2万元; 共计财产损失 41.7万元; ④冲毁乡村土路 7 km, 按 1万元/km的造价计算, 交通损失为 7万元; ⑤农田损失 0.93 hm<sup>2</sup>, 土地基价按 200元/m<sup>2</sup>进行计算, 但非永久性破坏, 在经过相应整治后可以部分或全部恢复肥力的, 按被

破坏土地类型基价的 1%来进行估价, 得到土地资源损失约 1.87万元。对上述损失结果进行加总, 得到此次泥石流灾害造成的直接经济损失  $S_E = 28 + 41.7 + 7 + 1.87 = 78.57$ 万元, 取  $a = 1.1$ , 则修正后的直接经济损失约  $78.57 \times 1.1 = 86.427$ 万元, 据式 (7), 则总经济损失  $S_E = 86.427 \times 1.3 = 112.36$ 万元。救灾投入费用主要来源于省、州和地方的赈灾专款, 此次灾害影响人口为杵坭乡联合村 1、2、3组共 500余人, 按当地补偿标准, 救灾投入总计  $S_V = 9 \times 1.1 = 9.9$ 万元。对人员损失、经济损失和救灾投入费用进行累加, 得到扯索沟泥石流灾害总损失  $S_{\Sigma} = S_H + S_E + S_V = 123.25$ 万元。同理, 磨子沟和杵坭村四条沟泥石流灾害造成的总损失分别为 84.72万元和 254.59万元 (表 6)。

表 6 泸定“2005.6.30”泥石流灾害损失统计

沟名	人员损失 (单位: 万元)	直接经济损失 (单位: 万元, 取修正系数为 1.1)					合计	间接经济损失/救灾投入费用		总损失 (单位: 万元)
		建筑损失	财产损失	交通损失	管线损失	土地资源损失		(单位: 万元)	(单位: 万元)	
磨子沟	75.92	0	0	5	0	0	5.5	1.65	2.15	84.72
扯索沟 杵坭村	0.99	28	41.7	7	0	1.87	86.43	25.93	9.9	123.25
四条沟	152.82	33.75	9.14	3	0	8.27	59.58	17.88	24.31	254.59

## 5 结论与建议

群发性成为这次泥石流的最主要特征。由于多沟齐发泥石流, 造成了更为广泛的灾害影响以及叠加效应上的灾害损失。大规模、群发性、复合型是泥石流灾害近年来值得注意的新的活动趋势。

流域面积大、主沟长的磨子沟和扯索沟泥石流规模大, 危险度高; 园包山沟、干沟、羊儿沟、蒋家沟流域面积小、主沟短, 泥石流规模小, 危险度中等。6条沟均属于高度易损的泥石流沟, 园包山沟、干沟、羊儿沟、蒋家沟流域内村寨房屋密集, 人口众多, 易损度最高, 为 0.72, 导致 6条沟属于高风险泥石流沟谷。

园包山沟、干沟、羊儿沟、蒋家沟泥石流尚处于旺盛发展期, 当地政府应高度重视未来泥石流灾害可能造成的影响, 加大减灾指导和资金投入, 采取必要的工程治理措施。气象部门在雨季要加强对该地区灾害性天气的预测预报, 保证气象信息的及时传达。充分发挥村民的群策群防作用, 杜绝流域内的陡坡耕种, 减少水土流失, 保护生态环境。

考察中发现, 有私人企业在磨子沟中游沟道内筑坝蓄水, 修建梯级小水电站, 装机量仅 1 600 kW,

“2005.6.30”泥石流冲毁了水电设施, 考察时私人业主正在采取简单加高加固措施恢复重建。这种不考虑泥石流灾害后果的危险做法, 必须禁止。

这次泥石流的灾后抢险救灾工作是及时的、到位的, 省政府领导骑着摩托车亲临现场。这场群发性泥石流虽然声势浩大, 但由于没有造成很大的人员伤亡 (9死 4伤) 和直接经济损失 (总计 151万元), 因此, 灾后恢复重建工作没有引起政府部门的足够重视。雨季汛期又将来临, 当地居民最关心的安全问题又成为了焦点。首先是当地政府去年承诺的救灾资金仍有部分没有到位, 一些灾民至今住在救灾帐篷中, 生活没有得到基本保障, 还有不少灾后新建房屋仍然紧挨原址, 没有脱离危险范围, 政府在这方面的管理、指导和执行功能没有得到充分发挥; 其次是对 6条泥石流沟基本没有采取工程措施, 仅用推土机在原堆积扇上推出了一条导流槽, 便于雨季排水, 另外在杵坭中心小学 (位于羊儿沟沟口右岸) 附近对沟道实施了堡坎加固, 但是如果一旦遭遇类似规模的泥石流, 可以说这些简易工程不能发挥根本性作用。

## 参考文献:

[1] 四川省泸定县志编纂委员会. 泸定县志 [M]. 成都: 四川辞书

- 出版社, 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.
- [3] 刘希林, 唐川. 泥石流危险性评价 [M]. 北京: 科学出版社, 1995.
- [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.
- [5] 刘希林, 唐川. 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.
- [6] 四川省统计局. 四川统计年鉴 2005 [M]. 北京: 中国统计出版社, 2005.
- [7] 刘希林, 赵源, 苏鹏程. 四川德昌县虎皮湾沟泥石流及灾害损失评估 [J]. 灾害学, 2005, 20(3): 73-77.

## Investigation and Assessment of Group Debris Flows on June 30, 2005 in Luding County, Sichuan

LIU Xi-lin, ZHAO Yuan, NI Hua-yong, CHEN Yi-juan and WANG Meng  
(*Chengdu Institute of Mountain Hazards and Environment, Chinese  
Academy of Sciences, Chengdu 610041, China*)

**Abstract:** The paper analyses the causes and triggering conditions of the debris flows on July 30, 2005 and discusses the characteristics of debris flow, including characteristics of supply of unconsolidated materials, group occurrence, dynamics, disaster, activity and trends of debris flows. The hazardousness, vulnerability and risk as well as the disaster losses of the debris flows are quantitatively assessed, and the prevention measures are proposed.

**Key words:** debris flow; hazard investigation; disaster assessment; Luding county