

# 四川省会理地区糯乍沟泥石流特点及其防治

高全<sup>1,2</sup>, 陈晓清<sup>1</sup>, 游勇<sup>1</sup>, 陈兴长<sup>1,2</sup>, 庄建琦<sup>1,2</sup>

(1. 中国科学院 水利部 成都山地灾害与环境研究所 中国科学院 山地灾害与地表过程重点实验室, 四川 成都 610041; 2. 中国科学院 研究生院, 北京 100049)

**摘要:** 四川省会理地区“8·30”地震震源浅, 强度大, 诱发了大量滑坡、泥石流等次生山地灾害, 潜在危险性大。糯乍沟位于会理县最南端, 为金沙江一级支流, 由于地震产生大量崩塌、滑坡和岩土体松动, 为泥石流暴发提供了丰富的松散固体物质; 右支沟流域汇水面积大, 为泥石流提供了充足的水源及动力条件。通过文献分析和野外勘查, 结果表明, 金沙江强烈的深切作用传导进入糯乍沟, 进一步加剧沟床下切及溯源侵蚀, 使沟内滑坡失去前沿阻力, 失稳概率大增; 对该沟的危险性及发展趋势进行了评估, 建议在上游崩塌滑坡等隐患点修建谷坊、拦砂坝等土木工程, 左支沟坡面侵蚀严重区种植水保林, 两者有机结合, 可有效控制该沟泥石流的发生。

**关键词:** 泥石流; 糯乍沟; 形成机制; 防治对策

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2011)02-0203-04

中图分类号: P694

## Characteristics and Countermeasures of Nuozha Debris-flow in Huili County, Sichuan Province

GAO Quan<sup>1,2</sup>, CHEN Xiao-qing<sup>1</sup>, YOU Yong<sup>1</sup>, CHEN Xing-chang<sup>1,2</sup>, ZHANG Jian-qi<sup>1,2</sup>

(1. CAS Key Laboratory of Mountain Hazards and Surface Processes, Institute of Mountain Hazards and Environment, CAS, Chengdu, Sichuan 610041, China; 2. Graduate University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China)

**Abstract:** With a shallow epicenter and extraordinary intensity, numerous secondary mountain hazards, including landslides and debris-flows, were triggered by the “8·30” earthquake occurred at Huili County, Sichuan Province. Nuozha gully, one of the tributary of Jinsha River, located in the southernmost of Huili County. The gully experienced a large number of rock-falls, landslides and collapsed slopes induced by the earthquake, which offered sufficient loose materials for the debris-flow. Furthermore, the right branch of the gully has a very large catchment area, which provides the energy and water source for possible outburst of debris-flow. Based on historic documents and field scouting, the downward and headwater erosion of Nuozha Gully, enhanced by downward erosion of Jinsha River, were the leading factors for reduced slope front resistance, resulting in unstable slopes and increasing failures in the upstream. The risks and trends of geohazards were assessed for the gully. Geotechnical engineering, including check dams, debris dam, as well as ecological measures like forest planting, were recommended for controlling debris-flow of Nuozha gully.

**Keywords:** debris-flow; Nuozha gully; formation mechanism; countermeasures

2008 年 8 月 30 日 16 时 30 分, 四川省攀枝花市发生里氏 6.1 级地震, 震中位于攀枝花市仁和区与凉山彝族自治州会理县交界处(北纬 26.2°, 东经 101.9°), 震源深度约 11 km, 属于浅源地震<sup>[1-2]</sup>。此次地震烈度大, 破坏性强, 灾害严重, 据统计, 该县地震直接经济损失达 18.7 亿元<sup>[3]</sup>。由于地震震源浅, 强度大, 使会理县境内诱发大量的崩塌、滑坡、泥石流

等次生山地灾害, 包括原有 112 处地质灾害隐患点的变形不同程度加剧, 新增 55 处地质灾害隐患点, 其中崩塌 8 处, 滑坡 23 处, 泥石流 2 处, 不稳定斜坡 20 处<sup>[4]</sup>, 位于糯乍村的糯乍沟泥石流即为灾害加剧的典型代表。

本研究在查阅相关文献的基础上, 通过现场勘查, 搜集资料, 从泥石流的形成条件, 包括地形、物质来源、

水力条件 3 方面详细分析了糯乍沟泥石流的形成机制,并对震后糯乍沟泥石流的危害及发展趋势进行评估,最后针对该沟提出相应的土木与生态工程减灾措施。

## 1 流域自然环境背景

糯乍泥石流沟位于四川省会理县最南端的黎洪乡和绿水乡,沟口地理位置为东经  $102^{\circ}54.2'$ ,北纬  $26^{\circ}11.6'$ ,流域面积  $32.26 \text{ km}^2$ ,主沟长  $10.98 \text{ km}$ ,沟床平均纵比降  $97.5\%$ 。沟道整体平面形态呈倒“Y”形,主沟道全长约  $3 \text{ km}$ ,在榨子地附近沟道分为左、右两条支沟。左支沟全长约  $2.5 \text{ km}$ ,沟内滑坡密布,包括长湾 3,6 组滑坡,是该泥石流沟的主要固体物质来源。右支沟全长约  $3 \text{ km}$ ,沟内滑坡密度较左支沟小,主要物源为“8·30”地震诱发的长湾 3 组泥石流,谢家坪子滑坡,长湾 1,2,5 组不稳定斜坡及长湾 4 组滑坡等。

### 1.1 地形地貌

会理县位于川西南上升山地大区南端,川西高原南缘与云贵高原北侧两大地貌单元交接地带,分属螺髻山和牦牛山的余脉。县域地势北高南低,以山地为主,约占县域面积的  $93\%$ ,平坝、丘陵仅占  $7\%$ ,中南部为中低山 ( $1\ 000\sim 2\ 500 \text{ m}$ ) 区,北部为中山区 ( $2\ 500\sim 4\ 000 \text{ m}$ ),地形复杂,垂直差异大。海拔最高为东北部与宁南县交界的贝母山  $3\ 919.8 \text{ m}$ ,最低为金沙江出境处芭蕉乡濛沽村  $839 \text{ m}$ ,中部县城一带  $1\ 780 \text{ m}$ ,相对高差在  $800\sim 1\ 000 \text{ m}$ ,最大垂直相对高差达  $3\ 081 \text{ m}$ 。山脉呈南北走向,逶迤绵亘,海拔  $2\ 400 \text{ m}$  以上山峰达 30 座。

糯乍沟区域属于中低山区,平均海拔为  $1\ 000\sim 2\ 000 \text{ m}$ ,相对高差约  $1\ 000 \text{ m}$ ,由于地势陡峻,地形以剥蚀切割为主,切割深度一般为  $100\sim 150 \text{ m}$ ,有崩塌、滑坡发育。

### 1.2 地层岩性

会理县境内出露地层有元古界前震旦系、震旦系上统,古生界寒武系、奥陶系下统和二叠系,中生界三叠系上统、侏罗系和白垩系,以及新生界上新近系昔格达组和第四系全新统。震旦系上统、侏罗系和白垩系分布较为广泛。其中大部分地区为白云岩、砂岩、灰岩,偶夹有少量岩浆岩。

糯乍沟区域主要为中生界三叠系上统白果湾组以砂岩、页岩为主,其强度低,易风化,岩石较为破碎,为滑坡、泥石流发育提供了丰富的物质来源。

### 1.3 地质构造

境内地质构造复杂,所处大地构造单元属“康滇地轴”中段,在地史发展中是一个以上升隆起为主,振荡运动和断裂活动频繁的古陆,具地槽型变质岩系基

底和地台沉积、上迭凹陷沉积的多旋回结构。该区构造活动剧烈,显示多期性特征,且断裂与褶皱构造十分发育,约有 15 条主要断裂和 12 个主要褶皱。

“8·30”地震发生在会理县境内南北向构造西带的昔格达—黎溪压性断裂带上。该断裂带展布于县境东缘,均为压性或压扭性,主要有昔格达压性断裂、炳山箐压扭性断裂、老石房压扭性断裂、荒草坝压扭性断裂、黎溪压扭性断裂、矮郎河断裂等 6 条断裂组成。褶皱被断裂破坏,多数形迹不清或保存不完好。断裂带断裂较紧密排列,宽  $3\sim 6 \text{ km}$ ,发育次级北东向、北西向派生断裂。

### 1.4 气候与水文

会理县地处青藏高原东南侧横断山脉狭谷地带,属中亚热带西部半湿润气候区。气候温和、温年差较小,昼夜温差大。该县年平均气温  $15.1^{\circ}\text{C}$ 。县内干湿季分明,降雨总体丰沛、集中,多年平均降水  $1\ 147.8 \text{ mm}$ ,年最大降水量  $1\ 592.3 \text{ mm}$ ,最少年降水量  $723.9 \text{ mm}$ ,暴雨和大暴雨出现频繁。

会理县境内水系呈北南展布,县城以北油菜地至东北部大雪山一线为分水岭,县域分属金沙江、雅砻江水系,全县河网密度  $0.22 \text{ km/km}^2$ 。北部岔河、摩攀河及西部油房沟流向由南向北,属雅砻江水系;南部城河、太平河(下游称驢鱼河)、竹蚱河、竹箐河等河流流向由北向南汇入金沙江。其中,糯乍沟属于金沙江的一级支流,属于金沙江水系。该区多暴雨和强烈的河流切割为境内地质灾害的发育提供了良好的水文气象条件。

## 2 泥石流形成机制

金沙江是典型的山区河流,相对高差大,且处于活动构造带,因此河流的下切侵蚀作用剧烈,导致糯乍沟(属于金沙江的一级支沟)沟道下切侵蚀也非常强烈,尤其是其中上游沟谷下切很深,沟道两侧崩塌滑坡失去前沿的下滑阻力,从而诱使大量的崩塌滑坡等地质灾害的发生。

对于左支沟,由于有区域性小断裂经过,地层特别破碎,下切的沟床使得谷坡的临空面增大,导致谷坡的滑坡发育,主要为长湾 3,6 组滑坡(图 1),为泥石流的形成提供了丰富的松散固体物质来源。

对于右支沟,没有小断层通过,地层保存相对较好,虽然沟床下切较大,只是在沟谷附近区域诱发滑坡和不稳定斜坡,包括长湾 3 组泥石流,谢家坪子滑坡,长湾 1,2,5 组不稳定斜坡及长湾 4 组滑坡(图 2—4)。由于流域面积占整个流域面积的比重较大,而表现出提供泥石流形成的水源条件。

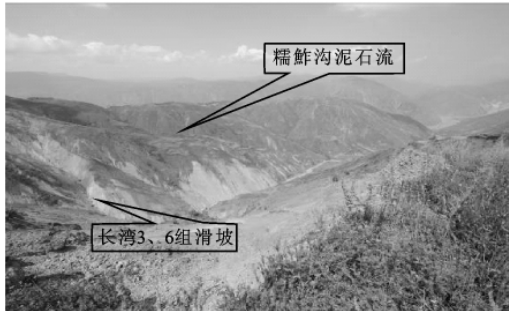


图1 糯乍沟左支沟滑坡(长湾3,6组滑坡)



图2 谢家坪子滑坡



图3 长湾4组滑坡

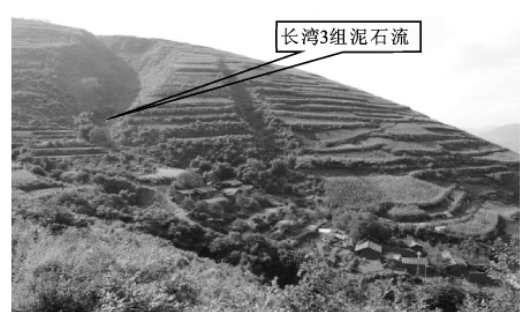


图4 长湾3组泥石流

另外,由于此次“8·30”地震强度大,震源浅,对地表植被等造成的破坏也较严重,使土体更加松散,强度降低,崩塌滑坡等稳定性更差,也一定程度上促进了泥石流的形成。

糯乍沟所处区域降雨总体较丰沛、集中,依据不同海拔年平均降水在800~1200 mm之间,总体呈下游区域降雨低,而中上游降雨多的特点。6—10月降雨量占全年的90%以上,日最大降水量超过150 mm(附近雨量点的日最大降雨量达172 mm,1974年6月29日)。激发泥石流形成的水源条件非常充分。

因此,在金沙江强烈下切侵蚀作用为糯乍沟泥石流提供地形条件,有小断裂经过的左支沟提供主要松散物质来源及雨季强降雨的水动力条件下,该沟易暴发大规模泥石流,并在流域内诱发其它滑坡。如2001年7月长湾3,6组滑坡曾局部活动,导致部分居民的房屋出现轻度歪斜。

### 3 泥石流发展趋势及危害

会理地区有多次强震的历史记载,现今仍处于第二个地震活跃期内,故强震会进一步促进泥石流的暴发。由于地震作用会造成沟道两侧土体更加松散,极大地增加了沟道上游崩塌滑坡等地质灾害发生的可能性,从而为泥石流提供更丰富的物质来源。特别是位于小断裂带上的左支沟,岩石松散,强度较低,地震作用会加速岩石破碎,侵蚀加剧。从现场勘查结果来看,冲沟两侧不稳定边坡及小型滑坡体变形迹象明显,两

侧山坡坡角较陡,达 $30^{\circ}\sim 50^{\circ}$ ,地震作用极易使其失稳。

根据多年气象资料统计,该区年降水量充沛,多年平均降雨量大于1000 mm,尤其集中在雨季(6—9月),这也为泥石流的暴发提供了动力条件,有利于泥石流的形成。此外,金沙江的快速下切侵蚀也进一步降低了糯乍沟的侵蚀基准面,一定程度上增加了糯乍沟的纵比降,所以一旦暴发泥石流,危害性更大。

糯乍沟泥石流与沟内其他滑坡、不稳定斜坡密切相关,相互促进、相互影响。一旦发生灾害,这些地质灾害可能出现群发态势,将直接威胁糯乍村委会所在地、长湾村的1~6组,共计居民1200余人,财产2000余万元,泥石流出口堆积区农地约70 hm<sup>2</sup>,以及中上游耕地70 hm<sup>2</sup>。

## 4 泥石流防治对策

### 4.1 防治原则与工程设计标准

根据糯乍沟泥石流的实际情况,结合当地经济、社会、生态建设的需要,确定防治工程规划原则为:以防为主,防治结合,全面规划,综合治理;坚持泥石流灾害防治与生态环境恢复为中心,采用土木工程及生态工程合理配置,并采取群测群防和小量避险搬迁的综合治理措施,发挥整体效益。

参照有关规范与规定,综合考虑糯乍沟泥石流的危险性、危害对象、防治要求及经济实力,确定防灾土木工程设计标准为:按50年一遇设计,100年一遇校核<sup>[5-10]</sup>。

## 4.2 防治工程规划方案

通过对左右支沟上游泥石流、滑坡、不稳定斜坡的基本特征、诱发因素及危害性分析,需要采取不同措施对 3 种灾害分别治理<sup>[6-7,11]</sup>(表 1)。

表 1 糯乍沟泥石流治理工程

治理工程	治理措施	数量
糯乍泥石流主沟治理工程	排导槽	900 m
	拦砂坝	1 座
	谷坊	18 座
长湾 3,6 滑坡治理工程	排水沟	2 000 m
长湾 3 组泥石流治理工程	谷坊	2 座
	排导槽	30 m
长湾 1,2,5 组不稳定斜坡整治工程	排水沟	4 000 m
	挡土墙	1 200 m
长湾 4 组滑坡防护工程	排水沟	100 m
	挡墙	300 m
谢家坪子滑坡治理工程	排水沟	800 m
生物工程	植树	500 hm <sup>2</sup>

### 4.2.1 土木工程治理

(1) 糯乍沟泥石流主沟治理。在糯乍村委会附近的泥石流堆积扇上修建泥石流排导槽 900 m,保护堆积扇上的居民点和耕地。在主沟内修建泥石流拦砂坝 1 座,长 100 m,高 6 m;左支沟内修建谷坊 8 座,长 10~20 m,高 3~5 m;右支沟内修建谷坊 10 座,长 15~25 m,高 3~5 m。其中拦砂坝与谷坊采用浆砌石和混凝土结构,其作用为拦截泥石流流体,稳固沟床及沟岸,拦蓄部分泥沙,削减泥石流峰值流量,减少下游的泥沙输送量。

(2) 长湾 3 组泥石流治理工程。在沟内修建谷坊 2 座,长 6~10 m,高 3~5 m,用以稳定沟内小崩塌。在沟口居民点的上方修建泥石流排导槽 30 m,保护下方居民安全和耕地。

(3) 长湾 3,6 组滑坡治理工程。在滑坡体后缘修建排水沟 2 条,长约 2 000 m,减少地表径流进入滑坡体,有利于坡面稳定。将滑坡影响区的居民向后搬迁。

(4) 长湾 4 组滑坡防护工程。由于长湾 4 组滑坡面坡度很大,约 40°~50°,后缘与坡脚高差超过 150 m,采取在滑坡后缘修建排水天沟 1 条,长 100 m。在居民点靠滑坡侧修建分流挡墙 1 道,长 300 m,高 2~3 m,排导滑坡转化的泥石流流体以及滑坡崩落的大块石。

(5) 谢家坪子滑坡治理工程。该滑坡主要由下方沟谷强烈下切所致,而且上方坡面的地表径流是重要激发因素。采取修建排水沟 1 条,长 800 m。

(6) 长湾 1,2,5 组不稳定斜坡整治工程。在斜坡后缘修建排水沟渠 3 条,总长 4 000 m,减少地表径

流进入不稳定斜坡体,有利于斜坡稳定。在居民点靠斜坡侧修建挡土墙 3 道,总长 1 200 m,高 2~3 m,保护居民点的安全。

4.2.2 生态措施治理 对全流域进行生物工程治理,特别是左支沟内滑坡坡面的治理,种植了水土保持林约 500 hm<sup>2</sup>(表 1)。

## 5 结论

结合该区自然环境背景资料,从泥石流形成 3 要素,包括地形、松散物源及水力条件等方面详细分析了糯乍沟泥石流的形成机制,指出金沙江河床的快速下切侵蚀传到进入糯乍沟,使其下切及溯源侵蚀加剧,增大了上游滑坡或不稳定斜坡发生的可能性,左支沟的小断裂经过使其岩性极为破碎,右支沟由于地震作用诱发大量崩塌、滑坡,为泥石流形成提供丰富的物质来源,同时右支沟的流域汇水面积大,为泥石流暴发提供了水动力条件;进而对该沟暴发泥石流的危险性及其发展趋势进行了评估,并针对该区的特殊情况,提出了相应的减灾方案。

### [参 考 文 献]

- [1] 钟声,王清远,晁忠贵.攀枝花地震建筑震害调查与快速鉴定评估方法[J].四川大学学报:工程科学版,2009,41(3):180-187.
- [2] 晁忠贵,方冬惠,王清远,等.攀枝花里氏 6·1 级地震建筑震害调查与分析[J].四川建筑科学研究,2009,35(5):115-119.
- [3] 凉山新闻网.关于对会理县“8·30”地震灾后恢复重建工作的建议[OL].(2010-08-12)[2010-12-02].http://www.ls666.com/html/News\_Center/LS\_News/2009-03/20090317\_shizheng\_37499.html.
- [4] 赵万玉,陈晓清,游勇,等.四川省会理县“8·30”地震地质灾害分布特征及防治对策[J].水土保持通报,2010,30(4):143-147.
- [5] 游勇,欧国强,吕娟,等.四川九寨沟县关庙沟泥石流及其防治对策[J].防灾减灾工程学报,2003,23(4):51-55.
- [6] 周必凡,李德基,罗德富,等.泥石流防治指南[M].北京:科学出版社,1991:179-182.
- [7] 李德基.泥石流减灾理论与实践[M].北京:科学出版社,1997:142-148.
- [8] 吴积善,田连权,康志成,等.泥石流及其综合治理[M].北京:科学出版社,1993:152-153.
- [9] 费祥俊,舒安平.泥石流运动机理及灾害防治[M].北京:清华大学出版社,2004:114-115.
- [10] 唐邦兴.四川省自然灾害及减灾对策[M].成都:电子科技大学出版社,1995:107-138.
- [11] 陈光曦,王继康,王林海.泥石流防治[M].北京:中国铁道出版社,1983:151-162.