

文章编号: 1008 - 2786 - ( 2012 ) 5 - 599 - 08

# 贵州望谟打蒿沟“6·06”泥石流特征

朱 渊 余 斌 陈源井 王涛 亓 星

( 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: 2011 - 06 - 06 贵州省望谟县北部普降百年一遇暴雨 , 引发大规模群发性泥石流灾害 , 给当地居民生活及交通造成严重损害。其中以打蒿沟泥石流灾害尤为突出 , 该流域内支沟发育 , 沟床比降相对较缓 , 但陡峻的岸坡和较大的汇水面积为泥石流的发生提供了良好的水动力条件。打蒿沟地处碎屑岩发育地区 , 松散堆积体较厚 , 并受岸坡坡度影响浅层滑坡发育 , 现场调查共 19 处。另外流域内人为破坏严重 , 村民沿沟垒筑大量梯田也为泥石流活动提供了特殊的人工物源。通过对其 4 条支沟的研究发现 , 泥石流形成特征并不一致 , 其中坡度较缓的 2# 支沟浅层滑坡发育 , 为浅层滑坡型泥石流; 而坡度较陡的其他 3 条支沟浅层滑坡发育较少 , 以沟床物源为主 , 为沟床启动型泥石流。通过对沟道两侧斜坡坡度的调查统计和分级得出流域内  $25^{\circ} \sim 40^{\circ}$  的岸坡最易形成浅层滑坡 , 且当山坡呈上缓下陡时 , 更利于滑坡的形成。打蒿沟在强降雨条件下依然可暴发泥石流 , 规模会有所减小 , 但在类似 2011 - 06 - 06 这类稀遇暴雨作用下仍可造成较大危害。

关键词: 打蒿沟; 泥石流; 形成机理; 启动类型; 岸坡坡度

中图分类号: P642. 23

文献标识码: A

2011 - 06 - 06T01: 00 , 贵州省黔西南州望谟县受高空切变和冷空气影响 , 导致境内中部以北地区出现短时强降雨 , 部分乡镇出现大暴雨或特大暴雨 , 其中以暴雨中心打易镇 ( 315. 0 mm ) 为核心的周边数个乡镇 10 h ( 2011 - 06 - 05T22: 00 至 06T08: 00 ) 降水量均超过 80 mm<sup>[1]</sup>。在强降雨作用下 , 望谟大部分区暴发了特大规模的山洪泥石流等地质灾害 ( 简称“6·06”泥石流 ) , 造成 21 人死亡 , 13 人失踪 , 农作物受灾面积  $1. 18 \times 10^4$  hm<sup>2</sup> , 倒塌房屋 2 403 间 , 部分道路、桥梁等损毁 , 受灾人口达 13. 94 万人。其中又以打蒿沟流域泥石流灾害尤为突出 , 致使沟中 2 个村寨村民受灾 , 大量田地淤埋 , 沟口 209 省道被冲毁 , 导致当地交通中断、救援困难。本文根据对打蒿沟泥石流的现场调查 , 分析了此次灾害的发育特征、形成条件 , 并针对其支沟的泥石流形成特点着重对成灾机理进行研究 , 从而得出促使此次泥石

流灾害发生的有利的坡度因素及其未来的发展趋势。

## 1 环境及泥石流概况

### 1.1 自然环境

打蒿沟地处望谟县打易镇南部毛坪村 , 望谟河左岸 , 与主河近于直角交汇 , 沟口地理坐标  $106^{\circ}06'20''E$   $25^{\circ}19'50''N$ 。其源头最高海拔 1 430 m , 沟口高程 970 m , 相对高度 460 m , 主沟长 3. 27 km , 整个流域沟床较为平缓。该沟流域面积 2. 07 km<sup>2</sup> , 主要发育有 4 条超过 700 m 长的支沟 ( 图 1 )。根据现场调查 , 4 条支沟均暴发了泥石流 , 主沟冲出、淤积的物质除自身沟道两侧的浅层滑坡以及沟道侵蚀外 , 主要由这 4 条支沟冲出。

在大地构造位置上 , 打蒿沟地处望谟县北部扬

收稿日期 ( Received date ) : 2012 - 06 - 01 ; 改回日期 ( Accepted ) : 2012 - 06 - 28。

基金项目 ( Foundation item ) : 贵州省地质灾害监测预警与决策支持平台研究子项目贵州省泥石流启动机理及预警预报研究 ( 基金号 ZG0064 )。

[ Guizhou Province Geological Disaster Monitoring and Early Warning and Decision Support Platform Research Subprojects: Guizhou Province Debris Flow Start Mechanism and Early Warning and Forecasting ( Fund No. ZG0064 ) . ]

作者简介 ( Biography ) : 朱渊 ( 1987 - ) , 男 ( 汉族 ) , 四川资阳人 , 硕士研究生 , 主要从事地质灾害防治相关工作。 [ Zhu Yuan ( 1987 - ) , male , Han nationality , born in Ziyang Sichuan , graduated student , Undertaking research on prevention of geological disasters. ] E - mail: 363251963@qq. com

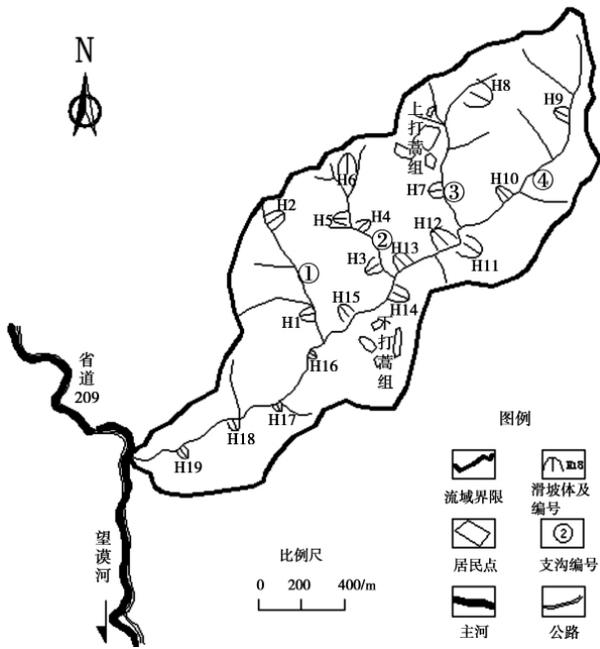


图1 打蒿沟流域图

Fig. 1 Drainage map of Dahao gully

子陆块,其地质构造形迹主要表现为直扭型的北西向反排多字型构造,以打易向斜为主,其褶皱构造规模较大,因与其他构造发生不同的复合关系,而出现局部的弯曲和偏转现象<sup>[2]</sup>。打蒿沟流域附近无大型断裂带,因此受地震活动影响较小。

流域属侵蚀构造中山地貌,岩层主要出露古生界三叠系中统边阳组地层( $T_2b$ ),岩性为砂岩、粉砂岩,并夹杂砂质页岩及泥灰岩,其岩石力学性质较差,抗风化能力弱,其间夹杂的页岩遇水易膨胀、软化而使力学强度显著降低。

流域具有高原亚热带温凉湿润气候的特点,多年平均气温在 $15^{\circ}C$ 左右,冬夏温差变化大;多年平均降水量超过 $1\ 200\ mm$ ,年内降水分布不均匀,降雨主要集中在5—10月。降水强度随季节变化显著,夏、秋半年(雨季)降水多而集中,降水强度大;冬、春半年(旱季)降水量少,降水强度亦小<sup>[3]</sup>。

流域为大面积碎屑岩分布的山区,地下水来源主要靠大气降水的垂直下渗补给,主要类型为基岩裂隙水和第四系松散层孔隙水,后者是形成松散层滑坡的主要因素。

### 1.2 泥石流活动及沟道状况

根据现场调查和当地村民描述,打蒿沟自1949年以来主沟50 a内都未发生过泥石流,而支沟都暴发泥石流则是前所未有的,因此“6·06”泥石流属于低频率泥石流。从沟口观察的砾石支撑、石线构



图2 主沟沟口堆积区特征

Fig. 2 The accumulation feature of the main gully

造等堆积特征(图2)判定,此次为稀性泥石流<sup>[4]</sup>。

由于主沟未曾发生过泥石流,沟道内常流水沟床宽不足 $2\ m$ ,部分沟段为季节性流水,因此在沟床较平坦宽阔的地方,当地村民垒筑有梯田,在此次泥石流过程中全部被冲毁。由于修筑梯田,村民对原沟道进行了拓宽沟底、人为找平、修整坡角等改造,这种现象在主沟沟口及1#支沟沟口以上主沟段尤为显著。在泥石流暴发过程中,梯田起到暂时的阻缓作用,但由于强大的冲击,部分梯田失稳溃决造成放大效应,加强了泥石流的能量;部分较为稳固的梯田则形成平台、跌坎,减缓了冲击体流速,使流体物质在此处淤积下来,不仅抬高了沟床,而且覆盖在田地表面的大量块石使复垦难度很大,修筑梯田的石块和其中囤积的泥土也为泥石流的发生提供了物源(图3)。

此外,主沟及其支沟沟道两旁松散浅层滑坡发育(图4),共19处,规模均较小,最大一处方量约 $500\ m^3$ 。

主沟沟口较宽阔,最宽处约 $30\ m$ ,沟口堆积区大石块分布较多,最大粒径达 $4.5\ m$ ,磨圆度差(见图2)。主沟从沟口到1#支沟沟口段沟道逐渐变窄,最窄处不足 $4\ m$ ,而1#支沟沟口往上,沟道又突然展宽,且淤积体粒径显著变小,无大型块石。调查原因主要是1#支沟沟道两侧岩层较完整,物源粒径大且上游顺层滑坡发育,而其余支沟及主沟段物源粒径均较小。泥石流暴发时1#支沟冲出的大型石块与上游流体在其沟口混合后,一起向下运移。

## 2 泥石流形成条件

### 2.1 水源

打蒿沟泥石流暴发频率较低,触发泥石流的主



图 3 沟道中被冲毁的梯田和村民新垒起的梯田

Fig. 3 The terrace be washed out and the villagers' new terrace



图 4 沟道中发育的浅层滑坡

Fig. 4 The shallow landslide in the gully

要因素是降雨。而“6·06”暴雨历时短、强度大,正是造成泥石流灾害的主要原因。

这次降雨主要集中在 10 h 以内,历时约 6 h (2011-06-05T23:00 至 06T05:00),位于打蒿沟以北的暴雨中心打易镇最大 1 h 降雨量高达 105.9 mm,过程降雨量达 299.6 mm(图 5),远超过其 100 a 一遇的暴雨极值: 6 h 降雨量  $\geq 205.5$  mm<sup>[5]</sup>。

根据对望谟县地形图和打易镇及其邻近的新屯镇雨量站降雨资料进行分析,插值得到打蒿沟的降雨量(表 1)。正是如此罕见的强降雨诱发了此次泥石流灾害。由于空间内降雨量是以暴雨中心为核心有向外递减的趋势,因此在空间内具有确切降雨量资料的两点之间利用加权平均的方法推算中间各点的降雨量,而不考虑地形因素的影响,此方法为气象站计算各地降雨量的常用方法,结果可行。

### 2.2 松散固体物源

该沟内岩体呈层状构造,节理裂隙发育,较为破

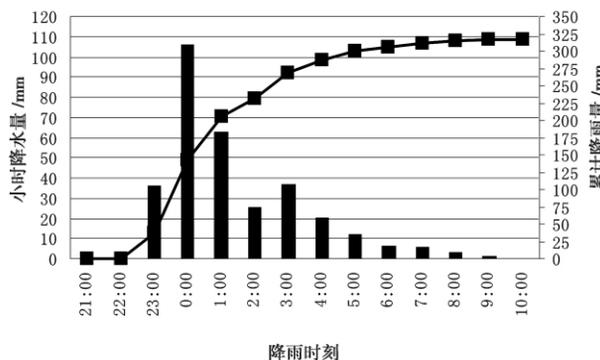


图 5 打易镇雨量图

Fig. 5 Rainfall data of Dayi

碎,风化程度高,部分地区基岩裸露;松散堆积层较厚 2~10 m 不等,上层为 1 m 左右的土层,下层为较厚的残坡积松散堆积物。整个松散堆积层由砂土和大量的块石、砾石及腐殖质层构成,结构松散,稳定性差。

表1 打蒿沟附近降雨情况  
Table 1 Rainfall situation table of Dahao gully

降雨观测点	最大24h降雨量/mm	最大1h降雨量/mm	最大1/6h降雨量/mm	前期有效降雨量/mm
打易镇	316.3	105.9	27	36.5
新屯镇	179.2	51.6	14	28.7
打蒿沟	304.7	91.3	25.4	34.5

该流域固体物质补给方式主要可为三类: 1. 沟底及两侧沟坡松散堆积物补给。在强降雨作用下沟道内汇流产生的洪水迅速揭底并掏蚀沟道两侧松散堆积物, 使大量固体物质进入沟内, 补给长度从形成区直至沟口, 呈现出沿程性的特点。2. 浅层滑坡补给。由于松散堆积物厚度大, 流域内小型滑坡发育, 主要集中在沟道两侧及泥石流形成区。3. 人为作用提供物源。沟道中的梯田为泥石流的暴发提供大量泥土和石块; 沟道两侧山坡被不同程度的改造成农田, 开挖沟渠引水灌溉, 导致土坡坡脚失稳, 土体稳定性下降, 在强降雨的作用下也容易形成小规模滑坡。

### 2.3 地形

地形对泥石流的发生发展有着十分重要的影响, 决定了水动力和固体物源的形成条件。由沟谷的地貌特征可知, 泥石流活动的形成往往与沟道两岸的坡度、流域完整系数和沟床纵比降有关。

坡度的主要作用在于改变坡面上土体的稳定条件及地面的水动力条件。在一定范围内, 坡度增加, 土粒内摩擦力就会减小, 坡面物质的静止稳定性随之降低, 水流的动能则随之增加, 其冲刷能力也会加强<sup>[6]</sup>。

打蒿沟两侧岸坡大部分处于 $20^{\circ} \sim 45^{\circ}$ 之间(表2)。这样的坡面, 不仅有利于沟谷的汇流, 而且易产生崩滑, 便于沟道中固体物质的补给, 这也是打蒿沟内浅层滑坡显著发育的原因。

沟谷的完整系数反映了流域地表径流的汇流条件和水动力特征, 完整系数越大, 说明流域发育越完整, 具有较好的汇流条件, 对泥石流的形成有利, 反之则不利于泥石流的形成。沟床纵比降则反映沟道陡峭性, 纵比降越大, 流域水动力条件越好, 也越利于泥石流形成。

由于泥石流发生所需的固体物质主要来源于形成区的供给, 而打蒿沟4条支沟形成区沟床平均纵比降均较小, 不利于泥石流的形成, 但其后半段清水区纵比降显著大于前半段, 且完整系数较大(表3), 具有良好的汇流条件, 有利于雨水的快速汇流; 其沟道较顺直, 跌坎发育少, 也使得松散物质容易起动, 在流动过程中流速快、能量消耗少, 也便于松散物质的流通; 再加上罕见的降雨强度和充足的物源补给, 所以均暴发了泥石流。

## 3 泥石流形成机理

根据现场调查, 虽然打蒿沟4条支沟均暴发了泥石流, 但其形成机理并不一致, 大致可分为沟床启动型和浅层滑坡型两种类型。

沟床启动型泥石流: 首先是位于陡峻基岩流域上游强降雨产生沟道径流, 水流快速集中, 然后强烈冲刷沟道中崩塌滑坡堆积体及其他松散固体物质, 导致沟道内的松散堆积物被掀动或遭受揭底, 致使固体物质启动并形成泥石流<sup>[7]</sup>。

表2 打蒿沟流域坡度分级表

Table 2 Slope classification table

打蒿沟流域	坡度分级	$0^{\circ} \sim 20^{\circ}$	$20^{\circ} \sim 25^{\circ}$	$25^{\circ} \sim 30^{\circ}$	$30^{\circ} \sim 35^{\circ}$	$35^{\circ} \sim 40^{\circ}$	$40^{\circ} \sim 45^{\circ}$	$>45^{\circ}$	$20^{\circ} \sim 45^{\circ}$
	占总面积比例/%	16.45	13.34	16.82	18.44	16.88	11.63	6.44	77.11
1#支沟	坡度分级	$0^{\circ} \sim 20^{\circ}$	$20^{\circ} \sim 25^{\circ}$	$25^{\circ} \sim 30^{\circ}$	$30^{\circ} \sim 35^{\circ}$	$35^{\circ} \sim 40^{\circ}$	$40^{\circ} \sim 45^{\circ}$	$>45^{\circ}$	$20^{\circ} \sim 45^{\circ}$
	占总面积比例/%	7.75	8.8	12.28	17.05	27.28	21.14	5.7	86.55
2#支沟	坡度分级	$0^{\circ} \sim 20^{\circ}$	$20^{\circ} \sim 25^{\circ}$	$25^{\circ} \sim 30^{\circ}$	$30^{\circ} \sim 35^{\circ}$	$35^{\circ} \sim 40^{\circ}$	$40^{\circ} \sim 45^{\circ}$	$>45^{\circ}$	$20^{\circ} \sim 45^{\circ}$
	占总面积比例/%	30.03	20.08	19.39	16.57	8.28	3.38	2.27	67.7
3#支沟	坡度分级	$0^{\circ} \sim 20^{\circ}$	$20^{\circ} \sim 25^{\circ}$	$25^{\circ} \sim 30^{\circ}$	$30^{\circ} \sim 35^{\circ}$	$35^{\circ} \sim 40^{\circ}$	$40^{\circ} \sim 45^{\circ}$	$>45^{\circ}$	$20^{\circ} \sim 45^{\circ}$
	占总面积比例/%	14.39	14.23	21.9	23.22	16.25	7.6	2.41	83.2
4#支沟	坡度分级	$0^{\circ} \sim 20^{\circ}$	$20^{\circ} \sim 25^{\circ}$	$25^{\circ} \sim 30^{\circ}$	$30^{\circ} \sim 35^{\circ}$	$35^{\circ} \sim 40^{\circ}$	$40^{\circ} \sim 45^{\circ}$	$>45^{\circ}$	$20^{\circ} \sim 45^{\circ}$
	占总面积比例/%	8.59	7.75	13.81	22.05	27.58	16.28	3.94	87.47

表 3 支沟泥石流形成区地形参数

Table 3 Forming region terrain parameters of four tributaries

支沟编号沟	面积 /km <sup>2</sup>	沟长 /km	高差 /m	流域完整系数	沟床平均纵比降 /‰	前半段平均纵比降 /‰	后半段平均纵比降 /‰
1#支沟	0.188	0.63	195	0.474	296	276	341
2#支沟	0.253	0.72	160	0.488	189	177	241
3#支沟	0.276	0.76	220	0.478	180	114	379
4#支沟	0.236	0.78	220	0.388	160	105	377

浅层滑坡型泥石流: 降雨形成的地表径流强烈冲刷悬挂在斜坡上的滑坡体表面和前缘松散物质, 使其直接破碎并与水混合成一体而转化为泥石流或滑入沟道中与上游汇流一起形成泥石流<sup>[8]</sup>。在此类泥石流的流动过程中, 常常伴随有对沟道及两岸堆积物的冲刷侵蚀。

各支沟沟道特征及泥石流形成机理判断如表 4。沟道中冲出物质量由现场调查确定, 并通过实测流通区沟道典型断面, 采用稀性泥石流计算公式<sup>[9]</sup>  $U = 1.8(gR)^{1/2}S^{1/10}$  计算沟道断面流速和过流流量, 再根据调查得到的各沟道发生泥石流的历时, 计算出泥石流一次冲出量进行验证, 结果较一致。

对 4 条支沟进行坡度分级(图 6 和表 2)可以看出, 1#、3#和 4#支沟坡度较陡, 2#支沟坡度相对较缓。根据调查判断, 2#支沟为浅层滑坡型泥石流, 1#支沟和 4#支沟为典型的沟床启动型泥石流, 3#支沟则主要以沟床启动为主, 伴有少量浅层滑坡发育。

从表 2 可以看出, 虽然 2#支沟形成区沟道两侧斜坡相对较缓, 但同其余 3 条支沟一样, 在 20°~45° 这个坡度范围内, 其面积仍占有较大比例。王士革认为 20°~40° 是泥石流沟谷两侧斜坡滑坡发育最为有利的坡度<sup>[10]</sup>, 但不同流域具体条件不同应略有差异。打蒿沟的浅层滑坡调查统计坡度见表 5。19 处浅层滑坡其平均坡度大多数在 25°~40°, 总平均坡度为 31.3°, 其中位于 4 条支沟中的 H1~H9 滑坡均在这个坡度范围内。说明其沟道两侧岸坡残坡堆积物的内摩擦角正好接近 25°~40° 坡度范围, 因此松散物质处于不稳定或临界平衡状态, 在强暴雨作用下容易形成滑坡。

位于主沟道中的 H11~H15 滑坡的坡度较缓, 平均坡度仅为 23.7°, 也发生了浅层滑坡。原因是该区段正好位于上打蒿和下打蒿 2 个村寨中间较为平坦宽阔的沟道中, 村民对沟床及沟道两侧山坡不同程度的改造, 导致坡脚失稳, 因而在强降雨作用下更易形成滑坡。

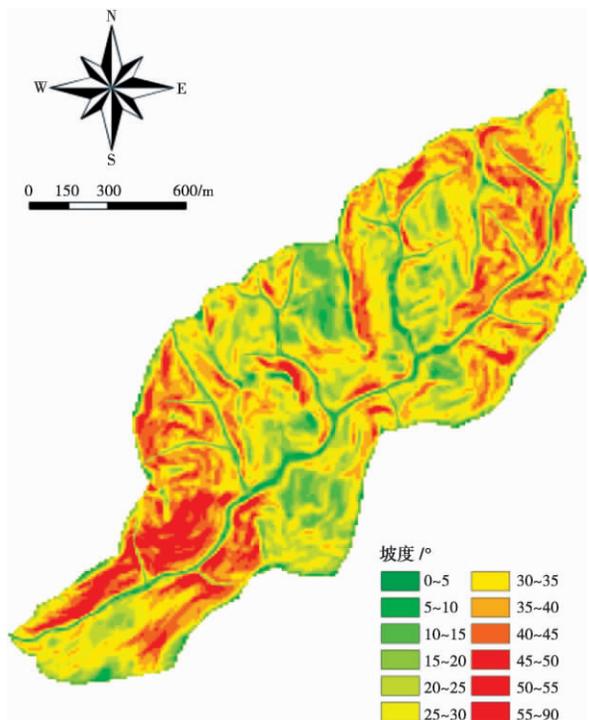


图 6 打蒿沟坡度分级图

Fig. 6 Slope grade map of Dahao gully

但为什么两侧岸坡坡度较缓的 2#支沟发育有较多的滑坡, 而坡度较陡的其余 3 条支沟则发育较少? 根据现场调查, 2#支沟从坡脚往坡顶两侧斜坡逐渐变缓, 而 1#、3#和 4#支沟则相反, 有明显变陡的趋势。分析原因, 当斜坡坡型呈明显的上缓下陡时, 有利于上部坡面径流下渗使下部土体孔隙水压力增大, 对其上覆堆积层形成很大的浮托力而发生滑坡。当两侧斜坡越往坡顶坡度越陡, 则不利于上部径流的缓慢下渗, 而当其超过坡积物的内摩擦角时, 还易形成崩塌, 使固体物质塌落在沟道中为沟床启动提供物源。根据表 5 中 19 处滑坡点平均坡度和其后缘以上坡面平均坡度的对比, 除少数滑坡可能是由于坡脚失稳而形成之外, 也基本呈现此趋势。因此 2#支沟发育为浅层滑坡型泥石流, 而其余 3 条支沟则主要以沟床启动为主。

表4 各支沟沟道情况及泥石流形成机理判断

Table 4 Tributary situation and debris flow formation mechanism judgment

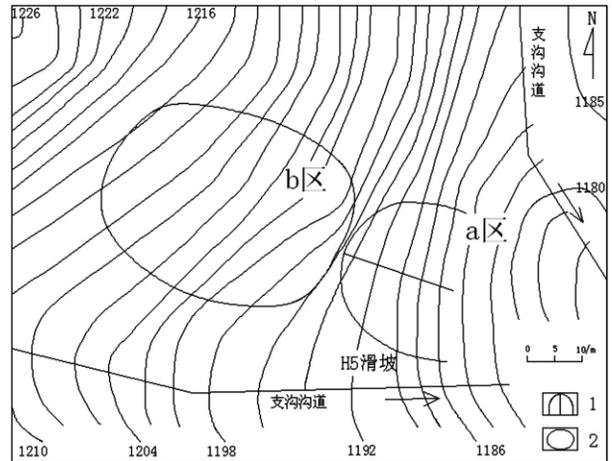
支沟编号	沟道特征	浅层滑坡物	沟道冲出物	滑坡物源所占	形成机理
		源量/m <sup>3</sup>	质量/m <sup>3</sup>	比例/%	
1#支沟	沟道两侧斜坡较陡,物源粒径大,沟道宽约2.5 m,侵蚀较深,最深处达3 m,沟道上游顺层滑坡发育,滑坡体块石较完整	320	2 900	11.03	沟床启动
2#支沟	两侧浅层滑坡较发育,沟道较窄,最窄处仅1 m左右,两侧斜坡较缓,碎屑堆积体较厚	1280	1 700	75.29	浅层滑坡
3#支沟	沟道上游两侧斜坡坡度较大,但往下游坡度减缓,有少量浅层滑体发育,沟道侵蚀特征明显	590	1 550	38.06	沟床启动为主,伴以浅层滑坡
4#支沟	沟道较顺直,下游比降很缓,但往上游比降逐渐变大,两侧碎屑堆积体较厚,沟道侵蚀较深,坡度较陡	530	3 300	16.06	沟床启动

表5 各滑坡的坡度

Table 5 Slope of landslides

滑坡编号	平均坡度/°	后缘以上平均坡度/°
H1	36.3	34.4
H2	26.9	28.2
H3	31.1	23.3
H4	31.6	30.2
H5	33.7	23.8
H6	38.2	24.3
H7	27.3	31.4
H8	26.9	23.2
H9	40.3	37.3
H10	39.6	28.7
H11	25.4	27.4
H12	23.5	22.8
H13	25.3	20.9
H14	22.2	30.3
H15	22.3	25.2
H16	42.3	30.4
H17	40.2	34.5
H18	34.3	30.2
H19	31.3	20.4

以H5滑坡为例,分析滑坡区(a区)及后缘以上缓坡部分(b区)(图7)。滑坡处在一凹形坡面上,坡脚宽22 m,后缘距前缘的直线平距18 m,前缘剪出口高程1 185 m,后缘最高点标高1 195 m,平均坡度33.7°,滑坡后缘剪切裂缝清晰可见,而后缘以上为缓斜坡,平均坡度23.8°,未见滑移痕迹,可见H5滑坡主要受坡度因素控制,且验证了上述25°~40°为易形成滑坡坡度的结论。



1. 滑坡区域; 2. 后缘以上缓坡区

图7 H5滑坡区域图

Fig. 7 The area chart of H5 landslide

### 4 结论

通过对打蒿沟泥石流灾害的调查研究,可得出以下几点结论:

1. 打蒿沟沟床较为平缓,本不利于泥石流的发生,但该流域其余地形条件较好,加之充足的物源补给和稀遇暴雨的诱发而形成泥石流。可见,泥石流的暴发是降雨、地质与地形地貌等多种有利与不利因素综合影响的结果。

2. 打蒿沟4条支沟暴发泥石流的机理并不一致,在降雨和地质条件相类似的情况,主要是受地形因素特别是沟道两侧斜坡坡度的影响。其中25°~40°是该流域易形成浅层滑坡的坡度,且当岸坡呈明显的上缓下陡时更易于滑坡的发育<sup>[11]</sup>。

3. 此次打蒿沟泥石流为低频稀性泥石流,由于

灾后沟道普遍变宽,今后在相同量级的暴雨下汇流对沟道两侧的冲刷将会减弱,不利于松散固体物质的汇入补给;但由于两侧滑坡的发育,沟道中还淤积有大量碎屑物质。因此,在强降雨条件下依然可暴发泥石流,规模会有所减小,但在类似“6·06”这类稀遇暴雨作用下仍可造成较大危害。

4. 沟床启动型泥石流一般是由短时强降雨引起,而浅层滑坡型泥石流则多与前期有效降雨量和总降雨量有关。但在稀遇暴雨作用下,这两种启动类型的泥石流在打蒿沟流域均有发生。证明在短历时强降雨作用下也可形成浅层滑坡型泥石流。

#### 参考文献(References)

- [1] Wang Tao ,Yu Bin ,Qi Xing et al. Characteristics and prevention of debris flow in Tianba Gully of Wangmo County in Guizhou [J]. The Chinese Journal of Geological Hazard and Control 2012 ,1( 23) :6 - 11 [王涛,余斌,齐星,等. 贵州望谟县田坝沟泥石流灾害特征及防治建议[J]. 中国地质灾害与防治学报 2012 ,1(23) :6 - 11]
- [2] Geological Environmental Monitoring Institute of Guizhou Province. Wangmo County ,Guizhou Province 6 · 06 large flash flood stricken areas of geological disasters prevention project feasibility study report [R]. 2011. 8. 贵州省地质环境监测院. 贵州省望谟县 6 · 06 特大山洪灾区地质灾害防治工程可行性研究报告 [R]. 2011 - 08
- [3] Geological Environment Monitoring Station of Guizhou Province. Wangmo County ,Guizhou Province geological hazard division report [R]. 2006 - 06 贵州省地质环境监测总站. 贵州省望谟县地质灾害调查与区划报告 [R]. 2006 - 06
- [4] Yu Bin. Research on the calculating density by the deposit of debris flows [J]. ACTA Sedimentologica Sinica ,2008 ,26( 5) : 70 - 77 [余斌. 根据泥石流沉积物计算泥石流容重的方法研究 [J]. 沉积学报 2008 ,26( 5) :70 - 77]
- [5] Tan Meng ,Chen Xilun ,Pan Mei et al . The climate analysis of heavy rain and return period in Wangmo [J]. Journal of Guizhou Meteorology 2009 ,3(33) :25 - 26 [谭猛,陈习伦,潘梅,等. 望谟暴雨及重现期气候分析 [M]. 贵州气象 2009 ,3(33) :25 - 26]
- [6] Zhang Keli ,Zhang Zhumei . Prediction of Hydraulics of Rills in Erosion Processes on Hillslope [J]. Scientia Geographica Sinica ,2000 ,20( 4) :326 - 330 [张科利,张竹梅. 坡面侵蚀过程中细沟水流动力学参数估算探讨 [J]. 地理科学 2000 ,20( 4) :326 - 330]
- [7] Tang Chuan ,Tie Yongbo. Reconnaissance and analysis on the rain-storm induced debris flow in Weijiagou Valley of Beichuan City after the Wenchuan Earthquake [J]. Journal of Mountain Science 2008 ,27( 5) : 625 - 630 [唐川,铁永波. 汶川震区北川县城魏家沟暴雨泥石流灾害调查分析 [J]. 山地学报 2008 ,27( 5) :625 - 630]
- [8] Takahashi T. Debris flow [J]. Annual Review of Fluid Mechanics ,1981 ,13:57 - 77
- [9] Yu Bin. Study on mean velocity of thin viscous debris flows [J]. Journal of Disaster Prevention and Mitigation Engineering 2009 ,29( 5) : 541 - 548 ( in Chinese) [余斌. 稀性泥石流的平均运动速度研究 [J]. 防灾减灾工程学报 2009 ,10( 5) :541 - 548]
- [10] Wang Shige. Hazard of debris flow on slope and its control [J]. The Chinese Journal of Geological Hazard and Control ,1999 ,10( 3) :45 - 48 [王士革. 山坡型泥石流的危害与防治 [J]. 中国地质灾害与防治学报 ,1999 ,10( 3) :45 - 48]
- [11] Wiecezorek ,G F Wilson ,R C Ellen ,et al. Thirty-one years of debris-flow observation and monitoring near La Honda ,California ,USA [G]//Debris - Flow Hazards Mitigation: Mechanics ,Prediction , and Assessment ,Chen & Major ,eds. Millpress ,Netherlands2007: 55 - 63

## The “6 · 06 ” Disaster Characteristics and Forming Mechanism of Debris Flow in Wangmo ,Guizhou

ZHU Yuan ,YU Bin ,CHEN Yuanjing ,WANG Tao ,QI Xing

( State Key Lab. of Geo-hazard Prevention and Geo-environment Protection ,Chengdu University of Technology ,Chengdu 610059 ,China)

**Abstract:** On June 6 2011 ,most of the northern areas of Wangmo county in Guizhou province had the biggest rainfall in a century and led to breaking out a large scale group debris flows. The disaster caused serious harm to local residents and traffic. The flow disaster characteristics of Dahao gully are particularly outstanding. Some tributaries were developed in Dahao gully. Its gully bed slope is relatively moderate ,but steep slope and larger catchment area for the formation of the debris flow select hydrodynamic conditions. The Dahao gully is located in classic rock development area and has thicker loose deposits. Because the bank slope of Dahao gully is more steep ,there are 19 shallow landslides in it according to field investigation. In addition ,The landscape is be strongly destroyed by villagers. Terraces were fortified along the ditch for special source of material to the out breaking of debris flow. We

can found that the formation mechanism is not consistent by the study of its four tributaries. 2# tributary has more gentle slope and more shallow landslides ,so its forming type is the shallow landslide-debris flow. But the rest of three tributaries have more steep slope and they are the gully-shape debris flow . Because less shallow landslides was formed in them ,their most of material from the ditch bed. Surveying the slope gradient on both sides of the gully ,we can conclude that 25 ~ 40° is more easily to form the landslide and more shallow slides were generated when the upper part of the slope is obviously more flat than the bottom of it. According to investigation ,the Dahao gully can still outbreaks debris flow in the condition of strong rainfall after this disaste ,but the scale will be reduced and it can still causes greater harm under the action of rare and heavy rain similar to “6 • 06”.

**Key words:** Dahao gully; debris flow; formation mechanism; startup type; bank slope

《山地学报》作者、读者意见调查表

姓名\_\_\_\_\_ 年龄\_\_\_\_\_ 职务或职称\_\_\_\_\_

E - mail \_\_\_\_\_

您对本刊总体印象( 优√ 良△ 差× 一般○)

文稿学术性 编辑质量 印刷质量 其他

您希望本刊新增哪类文稿或减少哪类文稿: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

本刊存在的问题及您的建议: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

注: ①凡填写本调查表者 将赠送本刊百期光盘一张以示谢意。

②调查表与反馈信息请寄: 成都市人民南路四段9号中科院成都山地所《山地学报》编辑部 冯海燕  
邮编: 610041

《山地学报》编辑部