

贵州省望谟县“6·6”典型泥石流灾害特征及防治建议

亓星¹, 余斌¹, 马煜², 王涛¹

(1. 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; 2. 成都理工大学 工程技术学院, 四川 乐山 614000)

摘要: 2011 年 6 月 6 日凌晨, 贵州省望谟县在强降雨作用下发生大范围群发性泥石流, 泥石流主要分布在降雨集中的望谟县北部山区打尖河、打易河和乐旺河上游。此次群发性泥石流是自 1949 年有记录以来规模最大的一次, 造成了重大的人员伤亡和财产损失。对该次望谟县“6·6”泥石流的灾害特征进行了调查分析。结果表明, 望谟县“6·6”泥石流主要是低频率群发性泥石流灾害。由于降雨量大, 物源相对较少, 泥石流以稀性为主, 对沟道产生了较强的冲刷作用。泥石流危害方式主要是冲毁淤埋沟口房屋以及随之产生的灾害链效应。未来在相同降雨条件下还可能暴发较大规模泥石流灾害, 建议采取避让和修建防治工程等相应措施进行防治。

关键词: 群发性泥石流; 低频性; 防治建议

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2013)02-0256-05

中图分类号: P642.23

Characteristics of “6·6” Debris Flow Disaster in Wangmo County of Guizhou Province and Prevention Suggestions

QI Xing¹, YU Bin¹, MA Yu², WANG Tao¹

(1. State Key Laboratory of Geo-hazards Prevention and Geo-environment Protection, Chengdu University of Technology, Chengdu, Sichuan 610059, China; 2. The Engineering and Technical College, Chengdu University of Technology, Leshan, Sichuan 614000, China)

Abstract: A group of debris flows were triggered by heavy rainfall in Wangmo County, Guizhou Province in the early morning, June 6, 2011. The debris flows were distributed mainly in upstream catchments of Dajian River, Dayi River, and Lewang River in the north of Wangmo County. The group of debris flows was the largest occurrence since 1949, which caused numerous losses of lives and property damages. These debris flows were featured by low frequency, less viscosity debris flow, strongly erosion in the channels and large intensity of rainfall. The deposition on the fans and burial of houses were the major hazardous aftermath of these debris flows. It is very likely that these kinds of debris flows could be triggered again under the same heavy rainfall in the future. Preventive suggestions including evacuation and engineering projects were proposed to mitigate this kind of hazards.

Keywords: group debris flow; low frequency; prevention suggestion

2011 年 6 月 6 日凌晨, 贵州省望谟县中部以北地区出现短时强降雨, 部分乡镇出现了大暴雨或特大暴雨, 其中打易镇(315.0 mm)、新屯镇(127.6 mm)、岜饶乡(113.2 mm)、坎边乡(87.4 mm)、郊纳乡(80.9 mm)的 12 h(5 日 20:00 至 6 日 8:00)降水量均超过 80 mm。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, 造成 21 人死亡, 13 人失踪, 农作物受灾面积 $1.18 \times 10^4 \text{ hm}^2$, 倒塌房

屋 2 403 间, 部分道路、桥梁等损毁, 受灾人口达 13.94 万人的重大损失。本研究通过对集中降雨区内典型泥石流沟的调查, 分析了泥石流的形成条件、特征及危害方式及发展趋势, 并提出了应对灾害的建议。

1 泥石流形成因素

1.1 地形因素

望谟县中部以北为山地地貌, 南部为丘陵地貌,

收稿日期: 2012-01-14

修回日期: 2012-05-25

资助项目: 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”(ZG0064)

作者简介: 亓星(1988—), 男(汉族), 四川省成都市人, 硕士研究生, 主要方向为地质灾害评价预测。E-mail: qixing2009@163.com。

境内山峦起伏,河流纵横,山地面积占 76.8%,丘陵占 20.4%,河谷盆地仅占 2.8%,植被覆盖率较高。地势西北高东南低,最高点为打易镇跑马坪,海拔 1 718.1 m,最低点为昂武乡打乐河口,海拔 275 m,地形高差大。本次调查的主要泥石流沟平均纵坡降一般大于 240%,形成区坡降可达 500%以上,地形陡峻,有利于降雨的汇流和泥石流的形成。

1.2 物源因素

望谟境内岩溶地貌发育较典型,属于喀斯特岩溶地貌发育区,东西部岩性主要为灰岩、白云岩、白云质灰岩、钙质白云岩、角砾状白云岩、贝壳状白云岩等硬岩,岩石较完整,硬度大,呈层状构造,稳定性较好,风化程度较低,物源不丰富,是泥石流暴发频率低的主要原因^[1]。但中北部以打易镇为中心的山区岩性主要为紫红、灰绿色砂岩、粉砂岩、黏土岩与灰岩互层,夹杂砂质页岩、粉砂质页岩及泥灰岩,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,沿该层面易产生基岩滑坡。由于其特有的软质岩夹硬质岩特征(图 1—2),同时上覆较厚的松散沉积物,岩性为砂岩、砂砾石岩、泥岩及沙土等,结构松散呈半固结状态,其物理力学强度很低,堆积物堆积在沟道及两侧,成为了天然的沟道堆积物源,与其他典型的碳酸盐岩溶地貌呈现明显的不同,也是暴发泥石流时的主要物源来源。



图 1 研究区灰岩砂岩软硬互层岩性



图 2 研究区上覆松散堆积物物源

此次群发性泥石流的固体补给物质主要为 2 类:(1)崩塌滑坡堆积物补给。由于松散堆积物厚度大,流域内小型崩塌滑坡体发育,主要为地层中沿页岩等软弱层面产生的基岩滑坡,主要集中在沟道形成区及沟道两侧坡度较大处。(2)沟底及两侧侵蚀型补给。此类物源为望谟地区固体物质补给的主要途径,由于汇流冲刷使沟道产生揭底同时对沟道两侧掏脚侵蚀,将沟道内物源冲出,补给长度从形成区直至沟口,呈现出沿程性的特征。由于松散堆积物厚度大,大量物源累积在沟道内,在稀遇暴雨激发下沟道暴发泥石流将沟道内物源迅速启动带至下游。

1.3 降雨因素

望谟县境内河流属于珠江流域西江水系,多年平均降水量为 1 265.7 mm,年内降水分布不均匀,5—10 月降水集中了全年总量的 83.01%,总降水量为 1 051.6 mm,11 月至翌年 3 月份仅占全年降水量的 16.99%,总降水量仅为 214.1 mm^[2]。该区域泥石流暴发频率相对较低,泥石流暴发的主要因素是降雨条件,在稀遇特大暴雨的情况下引发的大洪水能揭起沟道内大砾石形成的保护层,启动沟床物质形成大规模泥石流^[3],产生群发性大范围的山洪泥石流灾害。“6·6”特大暴雨的降雨主要集中在望谟北部山区,位于 3 条主河打尖河、打易河和乐旺河流域的上游,降雨量大,是 1949 年有水文记录以来降雨规模最大的一次,而大范围泥石流活动同区域性的特大暴雨洪涝频率同步^[4],致使多条沟道暴发了泥石流。

从群发泥石流区域内打易镇的小时降雨量来看,望谟县北部 3 条河流上游山区降雨集中、强度大。根据《贵州省短历时暴雨统计参数等值线图集(2002 年)》暴雨不同频率设计降雨量计算得出打易镇百年一遇的暴雨标准为:6 h 降雨量 ≥ 205.5 mm 或者 24 h 降雨量 ≥ 262.8 mm^[5],而打易镇 6 月 5 日 23 时至 24 h 雨量达 105.9 mm,6 h 降雨量超过 300 mm,罕见的集中降雨使多条沟道内物源被迅速启动,诱发了此次大规模的泥石流灾害。

2 泥石流特征

望谟县河流发育,沟道密集,属于高山河谷地形,小流域沟道较多,泥石流沟流域面积多在 5 km² 内,本次调查的泥石流沟基本情况详见表 1。由于一般沟道流域面积小、坡度大,汇水时间快,区域内大型崩滑体较少,此次在强降雨作用下形成的群发山洪泥石流主要以沟道型泥石流为主,并集中在 3 条主河上

游,部分沟道泥石流堆积物直接汇入主河,无明显堆积扇,并具一些明显的特征。

2.1 低频群发性

“6·6”望谟县特大山洪泥石流灾害是自解放以来规模最大的泥石流灾害,3条主河的各个支沟几乎都暴发了泥石流。

根据调查和当地村民描述,此次泥石流暴发规模是在有记录的 60 a 内发生的最大的 1 次,而群发性

则是以前从未发生过的,根据当地村民描述,自 1949 年以来大部分沟道 60 a 内都未发生泥石流,属于典型的低频群发性泥石流。

2011 年 6 月 6 日望谟暴发的泥石流主要分布在中北部山区,整个中部区域内 3 条主河两岸的绝大部分沟道都冲出了大量固体物质,泥石流同时发生并呈全线暴发的特征,对河道两岸公路及基础设施造成严重破坏。

表 1 研究区部分泥石流沟特征

沟道名称	类型	泥石流性质	规模	频率	危害对象	冲出方量/ 10^4 m^3
波树沟	滑坡型	过渡性	中等	低	房屋、耕地、公路	1.2
小冲沟	沟谷型	稀性	小型	低	房屋、耕地、公路	0.8
余家湾沟	沟谷型	稀性	小型	低	房屋、公路	0.5
郭腾湾沟	沟谷型	稀性	小型	低	房屋、耕地、公路	0.1
农家湾沟	沟谷型	稀性	小型	低	公路	0.6
田坝沟	沟谷型	稀性	中等	低	房屋、耕地、公路	1.0
新寨沟	沟谷型	稀性	中等	低	耕地、公路	1.5
里拉沟	沟谷型	稀性	中等	低	房屋、公路	2.2
里暴沟	沟谷型	稀性	小型	低	房屋、公路	1.5

2.2 稀性为主,冲刷严重

在强降雨作用下,各个沟道流域内雨水迅速汇集,将沟道内的松散堆积物搬运至下游。由于雨量大,固体物质主要为沿程掏蚀物源,流域内并没有大型的滑坡或崩塌,调查的泥石流沟的沉积物大多呈稀性泥石流特征^[6],冲刷强烈(图 3—4),泥石流从流通区至沟口出现明显的沉积分选,堆积物从沟口至进入主河粗化层粒径减小,堆积区块石直径一般较小,如郊纳乡油亭村田坝沟泥石流冲出方量约 $1.0 \times 10^4 \text{ m}^3$,使沟口油亭村 6 户 27 人受灾,约 3.33 hm^2 农田被毁,道路淤埋,幸无人员伤亡。



图 4 农家湾沟流通区形成的深槽



图 3 田坝沟沟口沉积分选

望谟县“6·6”群发性山洪泥石流灾害是典型的水动力沟蚀型稀性泥石流,在暴雨激发下,由山洪强烈侵蚀沟槽而成^[7],粗颗粒固体物质来源主要是山体表层较厚的松散堆积物。由于形成区坡度大,沟道两侧坡度最大可超过 60° ,在降雨影响下,雨水渗透表层松散堆积物,使土体稳定性变差,随着较大坡度往下游移动,首先形成小冲沟,雨水在汇流过程中逐渐揭底带走物源并冲击主沟床和两岸坡脚,两侧松散堆积物由于坡脚的掏蚀而逐渐崩落至沟道中,使沟道逐渐下蚀变宽,整个形成区普遍产生大量沟道揭底冲刷现象;在流通区,两侧边坡最大可超过 60° ,有大量小型崩滑体分布在沟道两侧,上游汇流不断冲刷沟道内松

散堆积物并掏蚀两侧形成了沿程补给, 固体物质补给一直持续到了沟口, 使沟道形成大而深的 U 形或 V 形断面。

整个望谟区域植被覆盖率较高, 但仍然在暴雨情况下形成低频率群发性泥石流, 可见, 地质地貌条件很差的流域内, 森林植被对常遇洪水有抑制泥石流暴发作用, 而在稀遇洪水下, 生态环境良好的地区也可能发生泥石流灾害, 此时较高的植被覆盖率往往仍然

难以发挥作用^[8-9]。

调查测得了部分泥石流沟流通区典型沟道断面, 采用稀性泥石流计算公式^[10] 计算稀性泥石流沟道断面流速和过流流量, 根据调查得到的各条沟道发生泥石流的历时, 计算出泥石流一次冲出量(表 2)。由表 2 可知, 计算得到的各个沟道泥石流冲出量与调查得到冲出量相差不大, 说明采用形态调查法计算的泥石流流量比较可靠。

表 2 “6·6”泥石流流速流量计算结果

泥石流沟	断面面积/ m ²	湿周/ m	水力半径/ m	坡度/ (°)	断面纵 坡降	流速/ (m·s ⁻¹)	洪峰流量/ (m ³ ·s ⁻¹)	一次冲出量/ 10 ⁴ m ³
小冲沟	5.3	7.7	0.7	11	0.194	4.0	21	1.0
余家湾沟	3.2	5.0	0.6	6	0.105	3.6	12	0.5
郭腾湾沟	3.0	5.4	0.6	13	0.231	3.6	11	0.3
农家湾沟	3.5	5.5	0.6	17	0.306	4.0	14	0.7
田坝沟	7.0	9.0	0.8	7	0.123	4.0	28	1.3
新寨沟	9.3	9.2	1.0	6	0.105	4.5	42	2.0
里拉沟	9.0	9.0	1.0	10	0.176	4.7	43	2.0
里暴沟	9.0	11.0	0.8	9	0.158	4.2	38	1.8

3 泥石流危害方式

(1) 冲毁淤埋沟口房屋。泥石流在流动过程中对遇到的房屋建筑及基础设施产生直接冲击毁坏作用。由于流域内暴发的泥石流均为低频泥石流, 隐蔽性强, 当地村民并未意识到泥石流危害, 普遍为了方便将房屋修建在沟口灾害危险区, 甚至正对沟道, 导致暴发泥石流时房屋直接被冲毁和淤埋。如, 里暴沟沟口处居民房屋正对沟口修建, 原沟道仅从房屋墙角通过, 暴发泥石流时导致房屋被完全冲毁。

(2) 破坏场镇及基础设施。此次灾害受灾最严重的打易镇、新屯镇、望谟县城、打尖乡、乐旺镇分别在打易河、打尖河、乐旺河 3 个不同的小流域内, 3 条主河上游两岸支沟几乎都发生了泥石流, 大量固体物质随泥石流进入河道使主河携带了大量的泥沙和石块, 冲击力巨大, 对河两岸的场镇造成严重破坏。打尖乡打尖河下游由于右岸的弯道超高, 洪水漫过打尖村防护堤并冲上了距河底 3.5 m 的高坎, 冲毁了学校教学楼, 携带的大量固体物质淤埋了教室及操场, 淤积厚度达 1.5 m; 乐旺河河道中大量块石、巨石被泥石流搬运至下游场镇, 抬高河床, 导致后续洪水直接漫过河堤, 造成场镇严重的洪涝灾害; 打易河从打易镇中部穿过, 原河道仅从导流渠通过, 洪水体漫过导流渠冲击两岸房屋, 造成场镇部分房屋被冲毁。望谟县境内的 3 条主河均呈高含沙洪水特征, 巨石多, 冲

击破坏力强, 对河道及两岸产生严重冲刷掏蚀。同时主河弯道多, 角度大, 容易产生短时堵河溃决, 加剧了对河道内桥梁、拦水坝及河边公路等基础设施的危害, 大量泥石流流体淤埋河道两岸低洼处, 冲毁河道内水利设施, 两岸公路及岸边建筑, 并产生一系列的灾害链效应^[11], 致使包括县城在内的多个集镇遭灾。暴雨诱发泥石流灾害, 损毁流域内建筑和基础设施; 大量泥石流流体汇入主河, 使主河冲毁两岸公路, 大量沙石在河床平缓处产生淤积, 后续的洪水漫过河道, 直接冲击河边集镇, 产生次生洪涝灾害。正是由于灾害链效应产生的后续危害才造成了主要降雨区下游望谟县城、乐旺镇、打尖乡等地的重大损失。因此, 在今后的灾害调查评估以及城市规划发展中, 需要充分考虑各类灾害所可能产生的次生灾害的影响。

4 发展趋势

望谟县“6·6”群发性大范围泥石流是有降雨记录以来规模最大的 1 次, 大量小流域沟道在此次稀遇暴雨作用下形成泥石流。沟道内产生大量小型崩塌体, 形成区揭底冲刷, 两侧坡积物大量掏蚀形成陡壁, 各沟道流通区对比发生泥石流前明显变宽, 沟内弯道及坡度较缓处也产生大量块石淤积, 流域内植被遭受部分破坏。由于沟道普遍变宽, 今后在相同量级的暴雨作用下汇流对沟道两侧的冲刷将减小, 不利于两侧松散固体物质的汇入, 主要固体物质补给变少, 因此,

在相同降雨条件下泥石流的暴发规模可能会有所减小,但若遇“6·6”此类强暴雨作用下仍然可能造成较大危害。

5 防治建议

根据调查,望谟县“6·6”山洪泥石流灾害是主要强降雨引发的低频率群发性泥石流灾害,并产生了严重的洪涝等次生灾害,影响范围广,造成了重大的人员伤亡和财产损失。如果再次出现强降雨仍可能暴发群发性泥石流,危险性较大,在后期泥石流灾害防治中,应采取适当的措施减小造成的危害。

(1) 选址规划考虑周全。此次群发性泥石流导致了大量房屋的损毁,其中很大一部分是由于选址考虑不足,将房屋修建在泥石流沟沟口,甚至正对沟道,导致暴发泥石流时造成重大损失。因此,应避免在地势过低处进行规划修建村镇。由于经济的发展,当地部分建筑修建在了河漫滩或一级阶地等地势低洼处。若在强降雨情况下发生山洪泥石流会对建筑形成很大的威胁,在望谟县“6·6”山洪泥石流灾害中,大部分河漫滩处的建筑都受到了严重损毁甚至完全被冲毁不留痕迹,一级阶地上大部分建筑也遭受淤埋以及后续洪水的浸泡。今后建设基础设施应充分考虑地质灾害的影响范围,避开泥石流等地质灾害危险区进行规划。

(2) 修建防护工程。望谟县“6·6”群发性泥石流使各条泥石流沟道流通区变宽变深,两侧较厚的松散堆积物大量外露,植被遭受破坏,不利于水土保持,可以在沟道内适当位置修建少量谷坊坝稳栏两侧固体物质,减缓沟道坡度,从而削弱暴发泥石流的规模,同时,部分泥石流沟沟口产生淤积,不利于以后洪水和泥石流的过流。因此,在有大量村民居住的重点沟道沟口处修建排导槽或防护堤,疏导泥石流流向,防止泥石流或洪水冲出沟口后自由漫流冲毁和淤埋沟口房屋。

(3) 加强灾害预警。由于泥石流暴发频率相对较低,预警措施则显得尤为重要,在受泥石流沟影响的居民点等重点区域泥石流沟内设置雨量监测警报系统或采取群测群防的措施,在发生灾害时及时疏散处于危险区的居民,可以避免重大人员伤亡,最大限度减小灾害损失。

6 结论

望谟县“6·6”特大山洪泥石流灾害是在稀遇暴雨情况下诱发的低频率群发性泥石流,泥石流灾害影响范围广,危害严重,此次灾害造成了 21 人死亡,13 人失踪,农作物受灾面积 $1.18 \times 10^4 \text{ hm}^2$,倒塌房屋 2 403 间,部分道路、桥梁等损毁,受灾人口达 13.94 万人的重大损失。此次群发性泥石流主要以稀性为主,对各条泥石流沟均产生较强烈的冲刷,使沟道宽度大大扩宽。由于沟道变宽,汇流对沟道两侧的冲刷相对减弱,因此,今后该区域在相同降雨作用下暴发的泥石流的规模可能减小,但在强降雨作用下仍可能发生大规模的群发性泥石流。泥石流防治可以采取合理规划,修建防护工程,及时预警等多种防治措施进行治理。

[参 考 文 献]

- [1] 鲁科. 泥石流暴发频率与其形成区岩性的相关性研究[D]. 四川 成都:成都理工大学,2010.
- [2] 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]. 贵州 贵阳:贵州省地质环境监测院,2011.
- [3] 谭万沛. 中国泥石流分布特点与活动规律的研究[J]. 铁道工程学报,1986(4):14-17.
- [4] 康志成,李焯芬,马蔼乃,等. 中国泥石流研究[M]. 北京:科学出版社,2004.
- [5] 陈习伦. 望谟暴雨及重现期气候分析[C]// 贵州 贵阳:贵州省气象学会 2008 年学术年会文集,2008.
- [6] 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.
- [7] 罗德富,钟敦伦,赵惠林. 1983 年 5 月 20 日甘洛县尔古木沟泥石流调查分析:泥石流(3)[M]. 科学技术文献出版社重庆分社,1986:27-32.
- [8] 费祥俊,舒安平. 泥石流运动机理与灾害防治[M]. 北京:清华大学出版社,2004.
- [9] 王士革,范晓岭. 低频率泥石流灾害及工程防治[J]. 山地学报,2006,24(5):562-568.
- [10] 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.
- [11] 韩金良,吴树仁,汪华斌. 地质灾害链[J]. 地学前缘,2007,14(6):011-023.