

雍家沟泥石流活动特征与堵江

乐茂华 朱 静 黄 勋 唐得胜 蒋志林 常 鸣

(地质灾害防治与地质环境保护国家重点实验室,成都理工大学 四川 成都 610059)

摘 要: 自2008年汶川地震以来,四川省绵竹市清平乡雍家沟已暴发过多场泥石流,造成了严重的堵断公路和堵塞河流事件,其中2012年“8·18”暴发的泥石流规模最大,造成绵远河全部堵塞。通过分析2010年“8·13”与2012年“8·18”两场泥石流的降雨过程发现,雍家沟暴发泥石流的前期累积雨量在增加,激发雨强在降低。2008年汶川地震导致雍家沟的主沟和支沟内堆积了大量的松散固体物质。野外调查发现,雍家沟多次暴发泥石流的活动路径并不一致,其中2012年“8·18”泥石流主要沿1号支沟活动,沟道的侵蚀宽度随着与主沟沟口距离的增加而变窄,沟道内剩余堆积体厚度随着距离的增加呈现先增后减的规律,且沟道内的物质粒径分布具有随机性。对雍家沟在不同暴雨频率下暴发泥石流可能引起的堵江情况进行了分析,结果表明,在暴雨频率大于20%的情况下暴发泥石流便可造成堵江事件,甚至可将主河全部堵塞。

关键词: 汶川震区; 泥石流; 活动特征; 堵江分析; 雍家沟

中图分类号: F127 P96

文献标志码: A

2012-08-13—18,四川省绵竹市清平乡连续降雨,致使区内雍家沟于13日、18日夜间分别暴发了泥石流,其中,13日泥石流冲出少量物质,18日泥石流冲出物达 $25.9 \times 10^4 \text{ m}^3$,掩埋公路157 m,损毁桥梁1座,造成绵远河全部堵塞,回水灌入到附近电站沟的发电站厂房内。在雍家沟沟口的堆积区内有15户共56人的生活受到严重影响,受威胁的财产约500万元。自2008年汶川地震以来,雍家沟暴发过多场泥石流,其中,2010年“8·13”泥石流^[1]和2012年“8·18”泥石流还引发了不同程度的堵江事件。

目前,已有许多学者对地震区泥石流的活动特征与堵江问题作了大量研究。崔鹏等^[2]总结出,地震后泥石流的活动特征主要表现在泥石流数量增多,规模增大、频度增加、临界降雨强度降低,多发育粘性泥石流;唐川^[3]认为汶川震区降雨诱发滑坡、泥石流敏感性极高,只要经历较大的降雨条件都将导致滑坡、泥石流的活动,至少在近10 a内,滑坡和

泥石流活动趋势是强烈的,之后将会经历恢复期,直至斜坡趋于稳定;许强^[4]通过对2010年“8·13”清平乡泥石流、映秀红椿沟泥石流以及龙池泥石流的分析,总结出“8·13”泥石流具有群发性、突发性、破坏性、灾害链效应等特点,同时还具有沿发震断裂呈带状分布、物源主要来自于汶川地震触发的崩滑堆积物、活动形式主要表现为“拉槽”侵蚀等显著特征;刘传正^[5]通过分析提出文家沟泥石流的成因模式是,在强降雨过程中,滑坡堆积体上先期出现“渗流管涌、暂态壅水、溃决滑塌”的造沟作用,后期出现“溯源侵蚀、冲刷刨蚀、侧蚀坍塌、混合奔流”的扩沟作用,从而形成泥石流。

周必凡等^[6]认为,泥石流是否可能堵塞主河,主要根据一次泥石流规模、主河流量和扇形地的泥石流沟床条件进行分析;郭志学等^[7]通过对影响泥石流堵江的各因素进行试验研究,结果表明,泥石流入汇角、泥石流与主河的流量比、泥石流入汇总量等的增大有利于堵江现象的发生,而主河宽度和主河

收稿日期(Received date): 2012-10-30; 改回日期(Accepted): 2013-01-11。

基金项目(Foundation item): 国家科技部科技基础性工作专项项目(2011FY110100)和地质灾害防治国家重点实验室自主研究项目(SKLG2011Z008)。[Supported by National Basic Research(2011FY110100) and Research project of SKLGP(SKLG2011Z008).]

作者简介(Biography): 乐茂华(1986-),男,江西吉安人,硕士研究生,主要从事泥石流灾害方面研究。[Le Maohua(1986-),male, Ji'an Jiangxi Province, master student; specialized in research on debris flow hazards.] E-mail: lemaohua@gmail.com

比降的增大则不利于泥石流堵江,泥石流密度与主河临界堵江流量呈现一种抛物线性关系;徐永年等^[8]就泥石流入汇的危险性判别指标进行了探讨,提出影响泥石流堵江的主要因素有泥石流的入汇角、密度和泥石流规模,并引入泥石流对主河的影响度的概念和表达式;唐川等^[9]通过对岷江上游堵河型泥石流沟和云南小江堵河型泥石流沟进行分析和总结,确定影响泥石流堵河的主要因素有堆积区主河宽度、泥石流容重、泥石流流量、入汇处主河流量,为此,推导出了泥石流堵河判别的经验公式。

基于对雍家沟泥石流灾害的现场调查,本文试图通过分析泥石流暴发的降雨过程数据、松散固体物质来源以及泥石流沟道内参数变化情况,揭示泥石流的活动特征;并通过计算影响泥石流堵江的主要参数值,分析雍家沟在不同暴雨频率下暴发泥石流可能引起的堵江情况。

1 雍家沟流域概况

雍家沟位于四川省绵竹市西北部山区的清平乡棋盘村,属长江流域的沱江水系上游绵远河右岸的

一条支沟,沟口地理坐标为 $31^{\circ}34'14.3''N$, $104^{\circ}06'31.0''E$ 。流域地貌属侵蚀构造中山,地形陡峻。流域总体南北向伸展,主沟左岸发育有2条支沟(图1),沟道横断面呈“U”、“V”结合,流域面积 5.12 km^2 ,最低点位于沟口,海拔 938 m ,最高点海拔 2470 m ,相对高度 1532 m 。主沟全长 2.96 km ,沟床平均纵坡降 167% ;1号支沟流域面积 1.87 km^2 ,沟长 2.65 km ,相对高度 930 m ,沟床平均纵坡降 351% ;2号支沟流域面积 0.58 km^2 ,沟长 1.08 km ,相对高度 303 m ,沟床平均纵坡降 281% 。1号支沟岸坡陡峻,沟床纵比降大,跌水坎多,横断面呈V型,为泥石流的暴发提供了有利的地形条件。

雍家沟属于四川盆地中亚热带湿润气候区,四季分明,降水充沛。由于地形高差大,气候的垂直变化和差异很大,年平均气温 15.7°C 。通过对清平乡近20 a的降雨资料统计分析得出,该区最大日降雨量达 496.5 mm (1995-08-15);最大1 h降雨量为 49.8 mm (1995-08-11);5 a一遇的1 h降雨量为 69.3 mm 。降雨主要集中在7—9月,这三个月的降雨量占全年降雨量的80%以上。

雍家沟在地质构造上位于龙门山褶断带与四川

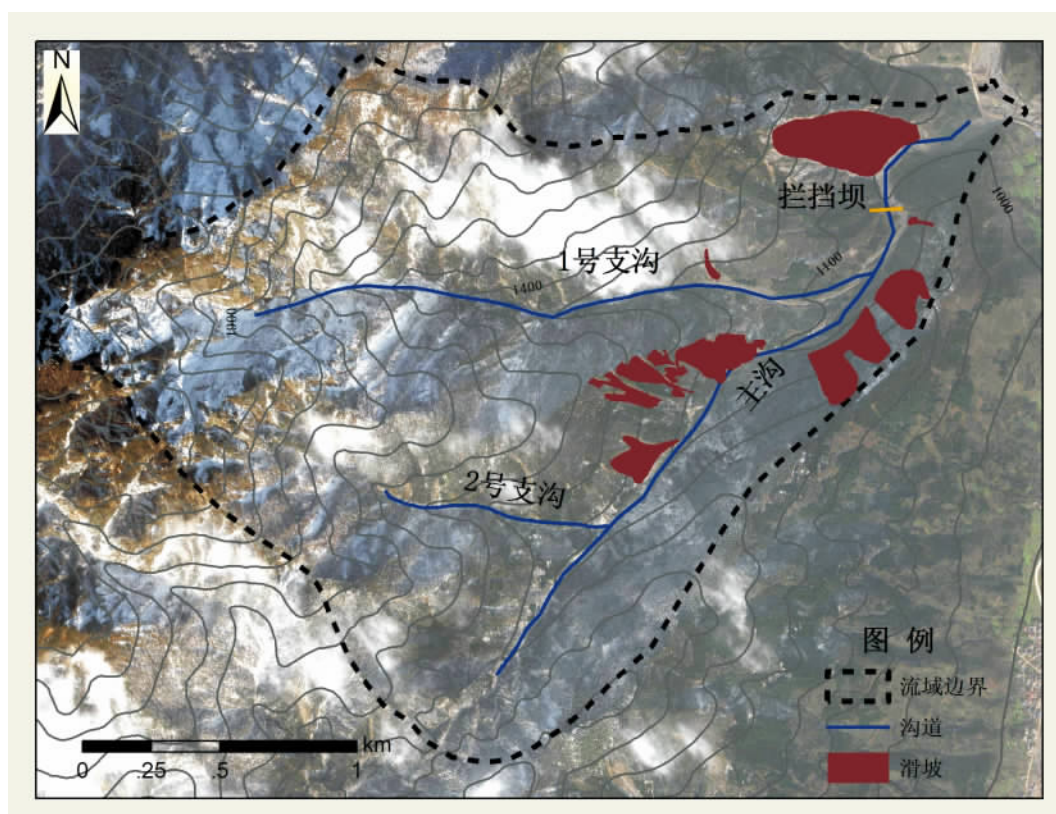


图1 雍家沟流域图

Fig. 1 The watershed characteristic of Yongjia gully

盆地的结合部,距离主发震断裂直线距离约 2.8 km,夹于龙门山中央断裂与前山断裂之间,处于发震断裂下盘和前山断裂上盘。该区在地震期间形成了大量的崩滑堆积体。区内出露的地层主要为泥盆系上统唐王寨群,上部为茅坝组浅灰色薄—厚层状白云岩夹灰白色较纯灰岩,下部为沙窝子组白云岩夹白云质灰岩。

2 泥石流活动特征

2.1 降雨过程

在具备地震期间产生的松散崩滑堆积体物源和陡峻的地形条件后,降雨量就是泥石流爆发的诱发因素了。图 2 为 2012-08-08T23:00—08-18T23:00 清平乡雨量监测站监测的降雨过程,图 3 为 2012-08-16T16:00—08-18T16:00 清平乡雨量监测站监测的降雨过程,研究区 8 月 13 日凌晨 1:00 开始降雨,4:00 雨强达 9.6 mm/h,引发了一场小型泥石流;17 日 9:00 达到最大雨强 63.5 mm/h (降雨频率 $P=20\%$),而后雨量有所减少,直至晚间 23:00 雨量再次增大,18 日 1:00,小时雨强达 16.3 mm/h,致使再次暴发泥石流。图 4 为 2010-08-13 雍家沟暴发泥石流前后的降雨过程,研究区于 8 月 12 日 18:00 开始降雨,9:00—23:00 的最大小时降雨量为 16.6 mm,23:00—24:00 降雨量为 37.4 mm,13 日 2:00 左右达到最大雨强 38.7 mm/h (降雨频率 $P=70\%$) 致使泥石流暴发。

暴雨泥石流的形成与降雨过程之间有着密切的关系,周伟等^[10]通过分析汶川震区典型泥石流暴发前后的降雨过程资料,把震区泥石流的激发雨型归纳为 3 类,即快速激发型、中速激发型和慢速激发

型。雍家沟 2010 年“8·13”(简称“8·13”)泥石流暴发的前期累积雨量为 137.6 mm,激发雨强为 38.7 mm/h;2012 年“8·18”(简称“8·18”)泥石流暴发的前期累积雨量为 171.2 mm,激发雨强为 16.3 mm/h。将两场泥石流暴发的降雨过程特征与 3 类激发雨型特征相对比可知,“8·13”泥石流属中速激发型,“8·18”泥石流属慢速激发型。

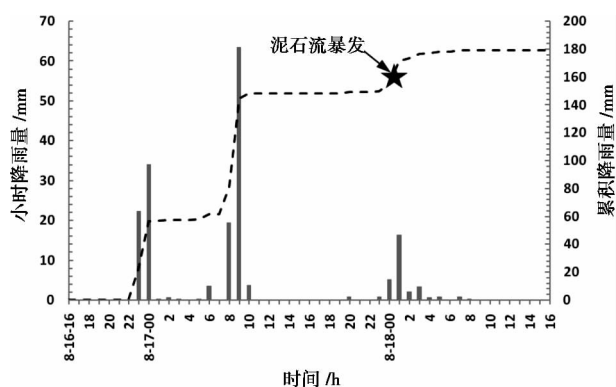


图 3 2012 年雍家沟“8·18”泥石流暴发前后降雨过程

Fig. 3 The rainfall process of Yongjiagou “8.18” debris flow in 2012

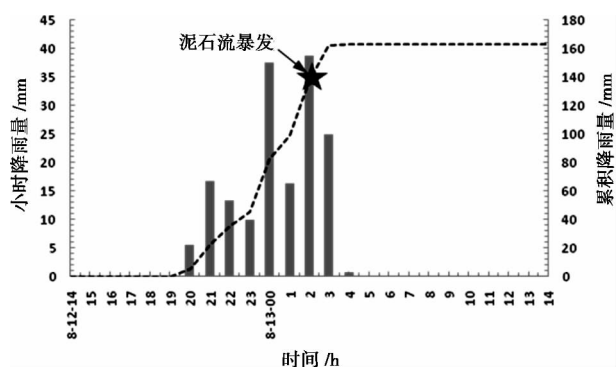


图 4 2010 年雍家沟“8·13”泥石流暴发前后降雨过程

Fig. 4 The rainfall process of Yongjiagou “8.13” debris flow in 2010

根据两场泥石流暴发前后的降雨过程图可知,泥石流从中速激发型转变为慢速激发型,前期累积雨量在增加,而泥石流暴发的激发雨强在降低。引起这种转变可能包括两方面原因:一是由于随着时间的推移,地震期间沟道内形成的松散堆积体进一步固结,堆积体的有效应力增加,其产生渗透变形需要更长时间的降雨入渗,故而使得前期累积雨量增加,激发雨强减小;二是由于“8·13”和“8·18”两次泥石流活动的路径不同,“8·13”泥石流活动的路径是在主沟内,而“8·18”泥石流活动的路径主要是在 1 号支沟内,1 号支沟的沟床纵比降大于主

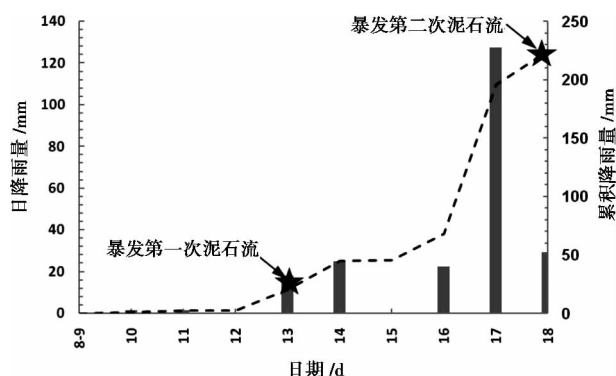


图 2 2012 年雍家沟两次泥石流暴发前后降雨过程

Fig. 2 The rainfall process of two debris flows in 2012

沟,且“8·18”泥石流规模又比“8·13”泥石流规模大,因此,在其他条件不变的情况下,沟床比降变大可以降低泥石流爆发的激发雨强,而规模的增大又使得泥石流爆发的前期累积雨量有相应增加。

2.2 松散固体物源

2008年汶川地震引发了大量的崩塌、滑坡,使雍家沟流域内堆积了丰富的松散固体物质,堆积层厚2~8 m不等。松散堆积层由块石、砾石及崩塌碎屑物构成,颗粒级配宽,有粒径达5 m的块石,也有小于0.005 m的粘粒,结构松散,稳定性差;沟道两岸存在多处滑坡,这些均为泥石流的形成提供了有利的物源条件。

现场调查发现,雍家沟主沟上游及2号支沟内的堆积物较少,这很可能是由于前几次泥石流暴发已冲出大量物质所致。引发雍家沟“8·18”泥石流的物源主要来自1号支沟1430 m高程以下沟段内的崩滑堆积物,以及1号支沟与主沟交汇口下游沟段内的堆积物。在降雨产生的地表径流以及1号支沟1430 m以上高程汇集的地表水冲刷侵蚀作用下,沟段内的堆积物经过造沟和扩沟作用^[5]形成泥石流。由此可见,雍家沟“8·18”泥石流的物源区和流通区处于同一空间区域。

2.3 泥石流沟道特征

沟道作为泥石流活动的载体,其自身形态的变化以及内部物质的变化都将直观反映出泥石流活动的特征。雍家沟“8·18”泥石流暴发后,我们在进行野外调查时,将泥石流活动的沟道从主沟沟口至1号支沟1430 m高程处依次标出11段考察区,采集了各段沟道的形态参数以及物质的粒径等参数,图5为各段沟道内物质粒径的变化规律,图6为各段沟道侵蚀平均宽度与沟道内剩余堆积体厚度的变化规律。

图5显示,调查区每段沟道内物质的最大粒径和平均粒径均在一个范围内起伏变化,并未呈现某种单调规律,这与物质来源有直接关系。现场调查发现,沟道两岸的崩滑处大多已长出植被,故可推断出1号支沟内的堆积物主要还是来自于地震期间形成的崩滑体,而斜坡破坏后“自然堆积”的过程具有随机性^[11],因此沟道内物质粒径分布也呈现出随机性。图6显示,沟道的侵蚀宽度随着与主沟沟口距离的增加而变窄,这与1号支沟上游沟段较窄,且沟段内地震期间形成的堆积体较少并出露基岩有直接关系;而由于受到主沟内拦挡坝的影响,调查区沟道

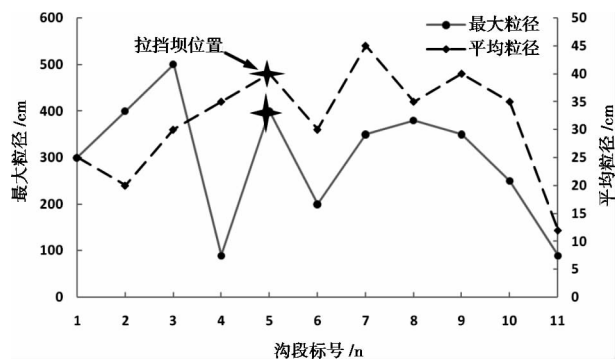


图5 各段沟道内物质粒径的变化规律

Fig. 5 The variation laws of the channel material particle size distribution

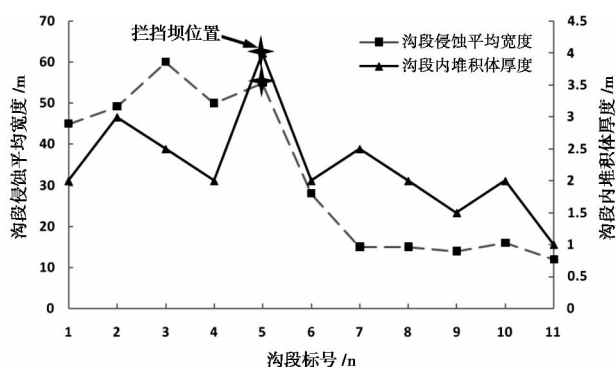


图6 各段沟道侵蚀平均宽度与沟道内堆积体厚度变化规律

Fig. 6 The variation laws of the average width of groove erosion and the average deposit thickness in channel section

内的剩余堆积体厚度随距离的增加呈现出先增后减的规律,现场调查发现,拦挡坝内已淤满松散物质,如图7所示。

3 泥石流堵江分析

雍家沟“8·13”泥石流和“8·18”泥石流都不同程度的堵江,其中2010年“8·13”泥石流造成主河部分堵塞,2012年“8·18”泥石流造成主河全部堵塞,如图8所示。在进行泥石流堵江情况分析时,首先要获取影响泥石流堵江参数的定量指标。根据郭志学等^[7]对影响泥石流堵江因子的试验研究成果,并考虑到研究区流域面积大、泥石流暴发频率高等特点,本文采用徐永年等^[8]、唐川等^[9]提出的泥石流堵江判别式进行分析。根据判别式所需要的参数,泥石流特征值计算如下。

3.1 泥石流基本特征值计算

通过现场调查和综合判断,确定雍家沟泥石流



图 7 主沟下游拦砂坝(沟段 5 内)
Fig. 7 The debris dam in main channel downstream(Section 5)



图 8 “8·18”泥石流堵断绵远河情况
Fig. 8 Yongjiagou “8.18” debris flow blocked Mianyu River

的平均容重为 1.85 g/cm^3 ,属于粘性泥石流 鉴于西南地区粘性泥石流在地域上的相似性 流速采用西南地区泥石流流速公式进行计算^[12]

$$V_c = \frac{1}{n_c} H_c^{\frac{2}{3}} I_c^{\frac{1}{2}} \quad (1)$$

式中 H_c : 计算断面的平均泥深(m); n_c : 泥石流沟床糙率系数, I_c : 泥石流水力坡度(‰)。根据式(1) ,计算得雍家沟泥石流的平均流速为 7.14 m/s 。

对于泥石流流量的计算 ,目前主要有两种方法: 雨洪法和形态调查法。

雨洪法假定泥石流与暴雨同频率、且同步发生 ,按式(2) 进行计算^[12]

$$Q_c = (1 + \phi) Q_p D_c \quad (2)$$

式中 Q_c : 频率为 P 的泥石流洪峰值流量(m^3/s); Q_p : 频率为 P 的暴雨洪水设计流量(m^3/s); ϕ : 泥石流泥沙修正系数 $\phi = (\gamma_c - \gamma_w) / (\gamma_H - \gamma_c)$, γ_c : 泥石流容重(g/cm^3) , γ_w : 清水的容重(g/cm^3) , γ_H : 泥石

流中固体物质容重(g/cm^3); D_c : 堵塞系数。根据式(2) 雍家沟“8·18”泥石流峰值流量为 $451 \text{ m}^3/\text{s}$,式中频率为 20% ,震后泥石流存在规模放大的特征 根据庄建琦等^[13]分析成果 堵塞系数取为 3。

形态调查法按式(3) 进行计算^[12]

$$Q_c = A_c V_c \quad (3)$$

式中 A_c : 调查断面的过流面积(m^2); V_c : 通过调查断面的泥石流平均流速(m/s)。根据实际勘查 ,测得计算断面面积为 $60 \sim 70 \text{ m}^2$,按公式(3) 计算得泥石流流量为 $428 \sim 500 \text{ m}^3/\text{s}$ 。由以上计算结果可知 ,形态调查法与雨洪法的计算值较为接近。

因此 根据现场调查资料 ,以及由《四川省中小流域暴雨洪水计算手册》求得的绵远河清平段在不同暴雨频率下的洪峰流量 ,用雨洪法(堵塞系数取为 3) 计算出不同频率下泥石流的峰值流量 ,最后统计得雍家沟泥石流堵江主要影响参数的特征值 ,如表 1 所示。

表 1 雍家沟泥石流堵江主要影响参数的特征值表

Table 1 Values of the main parameters influencing river-blocked by Yongjiagou debris flows

频率 P	泥石流流量 $Q_c / (\text{m}^3/\text{s})$	主河流量 $Q_w / (\text{m}^3/\text{s})$	泥石流容重 $\gamma_c / (\text{g/cm}^3)$	河水容重 $\gamma_w / (\text{g/cm}^3)$	入汇角 $\theta / ^\circ$	主河宽度 B / m	泥石流沟比降 $J_c / \text{‰}$	主河比降 $J_w / \text{‰}$
75%	183	835	1.75	1	65	120	351	20
50%	275	902	1.80	1	65	120	351	20
20%	451	1 153	1.85	1	65	120	351	20
10%	594	1 344	1.90	1	65	120	351	20
5%	753	1 678	1.95	1	65	120	351	20
2%	969	2 121	2.00	1	65	120	351	20
1%	1 185	2 463	2.05	1	65	120	351	20

3.2 泥石流堵江判别

本文利用徐永年等^[8]、唐川等^[9]提出的泥石流堵江判别式,对雍家沟在不同暴雨频率下暴发泥石流引起堵江的可能性进行分析。其计算结果如表2。

表2 雍家沟在不同暴雨频率下暴发泥石流引起堵江的可能性判别值

Table 2 River-blocked probability of Yongjiagou debris flows under different rainfall frequency

差别式	不同频率%						
	75	50	20	10	5	2	1
$K = \frac{\gamma_c Q_c J_c}{\gamma_w Q_w J_w} \sin \theta^{[10]}$	6.10	8.73	11.51	13.36	13.92	14.53	15.69
$Z = \frac{2kQ_c \gamma_c \theta^{[12]}}{Q_w B}$	0.62	0.89	1.18	1.36	1.42	1.48	1.60

根据徐永年等的判别式, K 值表示支沟泥石流对主河的影响度, 它可以评估支沟泥石流流入汇对主河影响的相对大小, 但影响度到底多大就容易堵江, 目前尚无法给出临界判别值。参照庄建琦等^[13]的分析成果, K 取 10 作为临界堵江指标进行概率评价, 即当 K 大于或接近 10 后泥石流便会发生堵江。根据唐川等的判别式, Z 为泥石流堵江判别值, 当 $Z \geq 1.0$ 则泥石流可能造成完全堵河, 属堵断型泥石流; $Z = 0.5 \sim 1.0$ 则泥石流造成部分堵河, 属堵塞型泥石流; $Z \leq 0.5$ 则泥石流不会造成堵塞或堵断主河, 属不堵型泥石流。

从上述计算结果可知, 雍家沟在暴雨频率大于 20% 的情况下暴发泥石流便可造成堵江事件, 甚至可以将河流全部堵塞。根据对泥石流暴发的降雨过程分析, 2012 年“8·18”泥石流暴发相应的暴雨频率为 20%, 造成河流全部堵塞, 与表 2 中判别式对应的计算结果相符; 2010 年“8·13”泥石流暴发相应的暴雨频率为 70%, 造成河流部分堵塞, 与表 2 中判别式对应的计算结果也相符。

4 结论

通过对雍家沟泥石流活动特征与堵江情况的分析, 得出以下几点结论:

1. 随着时间的推移, 地震期间雍家沟沟道内形成的松散堆积体产生了进一步固结, 堆积体的有效应力增加, 使得后期泥石流暴发的累积雨量增大、激

发雨强降低; 同时, 泥石流活动路径的改变也直接影响着其激发条件, 其中, 沟床纵比降增加, 可以降低激发雨强, 而泥石流规模的增大, 会使得前期累积雨量相应增加。

2. 雍家沟“8·18”泥石流的物源主要来自于 1 号支沟 1 430 m 高程以下沟段内地震期间形成的崩滑堆积物, 物质的最大粒径和平均粒径均在一定范围内起伏变化, 并呈现出随机性。泥石流的物源区和流通区处于同一空间区域。由于 1 号支沟上游变窄, 且沟道内地震期间形成的堆积体较少, 泥石流沟道的侵蚀宽度随着与主沟沟口距离的增加而变窄; 主沟沟道内设置的拦挡坝, 使得沟内剩余堆积体厚度随着与主沟沟口距离的增加而呈现先增后减的规律, 这表明拦挡坝起到了一定的工程效益。

3. 通过计算雍家沟在不同暴雨频率下暴发泥石流引起堵江的判别值发现, 当沟道内具备丰富的松散固体物源时, 雍家沟在暴雨频率大于 20% 的情况下暴发泥石流便可造成堵江事件, 甚至可将河流全部堵塞。

参考文献(References)

- [1] Ni Huayong, Zheng Wanmo, Tang Yeqi, et al. Formation, characteristics and trend of the group debris flows occurred on August 13 in Qingping, Mianzhu County [J]. Hydrogeology & Engineering Geology 2011, 38(3): 129–133 [倪化勇, 郑万模, 唐业旗, 等. 绵竹清平 8·13 群发泥石流成因、特征与发展趋势 [J]. 水文地质工程地质 2011, 38(3): 129–133]
- [2] Cui Peng, Zhuang Jianqi, Chen Xingchang, et al. Characteristics and countermeasures of debris flow in Wenchuan area after the earthquake [J]. Journal of Sichuan University: Engineering Science Edition 2010, 42(5): 10–19 [崔鹏, 庄建琦, 陈兴长, 等. 汶川地震区震后泥石流活动特征与防治对策 [J]. 四川大学学报: 工程科学版 2010, 42(5): 10–19]
- [3] Tang Chuan. Activity tendency prediction of rainfall induced landslides and debris flows in the Wenchuan earthquake areas [J]. Journal of Mountain Science 2012, 28(3): 341–349 [唐川. 汶川地震区暴雨滑坡泥石流活动趋势预测 [J]. 山地学报 2012, 28(3): 341–349]
- [4] Xu Qiang. The 13 August 2010 catastrophic debris flows in Sichuan Province: characteristics, genetic mechanism and suggestions [J]. Journal of Engineering Geology 2010, 18(5): 506–608 [许强. 四川省 8·13 特大泥石流灾害特征、成因与启示 [J]. 工程地质学报 2010, 18(5): 506–608]
- [5] Liu Chuansheng. Analysis on genetic model of Wenjiagou debris flows in Wenchuan Earthquake area, Sichuan [J]. Geological Review 2012, 58(4): 709–716 [刘传正. 汶川地震区文家沟泥石流成因模式分析 [J]. 地质论评 2012, 58(4): 709–716]
- [6] Zhou Bifan, Li Deji, Luo Defu, et al. Daidance for debris flow pre-

- vention[M]. Beijing: Science Press, 1991: 73 – 75 [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: 73 – 75]
- [7] Guo Zhixue, Cao Shuyou, Liu Xingnian, et al. Experimental study on parameters affecting the river-blocking due to debris flow[J]. Journal of Hydraulic Engineering, 2004(11): 39 – 45 [郭志学, 曹叔尤, 刘兴年, 等. 泥石流堵江影响因素试验研究[J]. 水利学报, 2004 (11): 39 – 45]
- [8] Xu Yongnian, Kuang Shangfu, Huang Yongjian, et al. Hazard-deciding indices for convergence of debris flow[J]. Journal of Natural Disasters, 2002, 11(3): 33 – 38 [徐永年, 匡尚富, 黄永键, 等. 泥石流流入汇的危险性判别指标[J]. 自然灾害学报, 2002, 11(3): 33 – 38]
- [9] Tang Chuan, Huang Runqiu, Huang Da, et al. Impacts of debris flows on the reservoir of a hydropower station in the Meigu River of Jinshajiang[J]. Journal of Engineering Geology, 2006, 14(2): 145 – 151 [唐川, 黄润秋, 黄达, 等. 金沙江美姑河牛牛坝水电站库区泥石流对工程影响分析[J]. 工程地质学报, 2006, 14(2): 145 – 151]
- [10] Zhou Wei, Tang Chuan, Zhou Chunhua. Critical rainfall characteristics for rainfall-induced debris flows in Wenchuan earthquake affected areas[J]. Advances in Water Science, 2012, 23(5): 650 – 655 [周伟, 唐川, 周春花. 汶川震区暴雨泥石流激发雨型特征[J]. 水科学进展, 2012, 23(5): 650 – 655]
- [11] Cui Peng, He Siming, Yao Lingkan, et al. Wenchuan Earthquake mountain disasters formation mechanism and risk control[M]. Beijing: Science Press, 2011: 356 – 359 [崔鹏, 何思明, 姚令侃, 等. 汶川地震山地灾害形成机理与风险控制[M]. 北京: 科学出版社, 2011: 356 – 359]
- [12] Minister of Land and Resources. Investigation Specification for debris flow hazard controlling engineering (DZ/T 0220 – 2006) [S]. Beijing: China Standards Press, 2006 [中华人民共和国国土资源部. 泥石流灾害防治工程勘察规范(DZ/T 0220 – 2006) [S]. 北京: 中国标准出版社, 2006]
- [13] Zhuang Jianqi, Ge Yonggang, Chen Xingzhang. Assessment of river block probability by debris flow along Dujiangyan – Wenchuan highway after Wenchuan earthquake[J]. Journal of Engineering Geology, 2012, 20(2): 195 – 203 [庄建琦, 葛永刚, 陈兴长. 震后都汶公路沿线泥石流沟堵江危险性评估[J]. 工程地质学报, 2012, 20(2): 195 – 203]

Activity Characteristics and Damming of Yongjiagou Debris Flow in Qingping Area after Wenchuan Earthquake

LE Maohua, ZHU Jing, HUANG Xun, TANG Desheng, JIANG Zhilin, CHANG Ming

(State Key Laboratory of Geo-Hazard Prevention and Geo-Environment Protection, Chengdu University of Technology, Chengdu 610059, China)

Abstract: After the 2008 Wenchuan earthquake, debris flow events constantly occurred in the Yongjia gully, which caused serious incidents of road blocked and river damming. The largest scale event was on August 18, 2012, which simultaneously caused the Mianyu River totally blocked. After analysis and comparison of the rainfall processes for two debris flow events on August 13, 2010 and August 18, 2012, It is concluded that the accumulated precipitation triggered the debris flows increased but the critical rainfall decreased. After the 2008 Wenchuan earthquake, an abundance of loose co-seismic material sources were present in the main channel and branch channel of Yongjia gully. According to detailed site investigations, the active paths of different debris flows were not consistent. The debris flow on August 18, 2012 was mainly occurred in the No. 1 branch, which shows that erosion width of the channel is getting narrower and the accumulation thickness is first increased and then decreased with the increase of distance from the main channel outlet. Moreover, the particle size distribution of the debris is random in the channel. In addition, this paper also analyzed the river-blocked probability of Yongjiagou debris flows under the different rainfall frequency. The results indicate that Yongjiagou debris flow event could cause river damming when rainfall frequency greater than 20% of its return period, even cause the river completely blocked.

Key words: Wenchuan earthquake area; debris flow; activity characteristics; river damming; Yongjia gully