

强震区群发泥石流演变规律

邹维勇¹ 杨经纬² 王渝源² 古维扬²

1. 四川省地质工程勘察院集团有限公司; 2. 西南科技大学土木工程与建筑学院

摘要: 2008年5月12日汶川8级地震直接导致了大量的崩塌、滑坡等次生山地灾害,为泥石流提供了丰富的物源。本文基于前人对单次群发泥石流的研究结果,利用数理统计在分析震区内四次群发泥石流特征的基础上,对群发泥石流暴发的时间规律进行了探讨。分析显示,震后3年暴发的泥石流主要以窄陡型为主;震后3~10年开始以窄陡型为主转为宽缓型为主的趋势;震后10年暴发的泥石流主要以宽缓型及大规模为主。研究成果进一步认识了汶川地震后群发泥石流演变规律,为震后群发泥石流的监测、预警和治理提供科学依据。

关键词: 群发泥石流; 流域面积; 纵比降; 演变规律

【DOI】 10.12252/j.issn.2096-6288.2022.03.255

引言

群发泥石流具有规模大、范围广、持时长和危害严重的特点,研究群发泥石流的形成特征对区域防灾减灾显得尤为重要。距“5.12”地震后已过去十余年,期间震区内发生四次群发性泥石流,但大多都是单一的针对某一次群发性泥石流进行研究,对几次群发性泥石流整体研究较少。

汶川5.12地震触发了大量崩塌、滑坡地质灾害,灾害具有数量多、规模大、分布广等特点,为震后泥石流的暴发提供丰富固体松散物质^[1]。强震后物源量剧增,泥石流易发性增大,区域强降雨下,地震灾区群发泥石流灾害已发生多次。震后群发性泥石流的暴发造成巨大危害和经济损失^[2-4],研究强震对泥石流活跃期的影响引起广大学者关注。韩用顺等^[5]认为汶川灾区灾害活跃期将维持到20~30年;靳文等^[6]认为强烈泥石流活动可能持续10~30年,甚至更长;黄润秋等^[7]则认为震后汶川地质灾害将持续20~25年,以4~5年为一个周期,震荡式衰减并恢复到震前水平。由此可见,泥石流灾害的活跃期目前没有一个确切和统一的回答,缺乏对几次群发性泥石流的整体分析。因此,针对四次群发性泥石流进行整体研究分析,对今后震区泥石流的防灾减灾工作具有重要的指导意义。

一、研究区概况

(一) 地质概况

都汶研究区地形属邛崃山脉与龙门山脉之间的深切侵蚀及剥蚀构造,地形高差大于2000m,是典型的中高山峡谷地带。其出露地层的岩性比较单一,主要出露的为元代晋宁-清乡期第三期斜长花岗岩、闪长岩及第四期花岗岩。

北川县地区的特点是形成了峡谷和山谷,地灾频发。北川东部为低山地带,该地区海拔相对较低,人口密集,坡度相对平缓。该区的主要地层类型是寒武纪、志留纪、泥盆纪和石炭纪的古生界地层,及侏罗纪、三叠纪和新生界第四纪的松散沉积层。

两区都处于强震区,故区内断层分布,都汶研究区分布茂汶断层、映秀断层、彭灌复背斜;北川县内北川

断层,为一条仍在活动的冲断层。

二、泥石流成因特征分析

(一) 震后3年泥石流分析

在震后3年间,相继暴发了9.24、8.13群发泥石流,是距08年5.12汶川地震后最近的两次群发性泥石流,时间间隔分别为四个月、二十三个月,其暴发的泥石流沟多分布于岷江及苏宝河一带,对暴发的77条泥石流沟进行了数据统计分析(图1),分析得出此次暴发泥石流沟流域面积 $>10\text{km}^2$ 的大型泥石流有10条,占总暴发泥石流沟的13%;处于 $5\sim 10\text{km}^2$ 的中型泥石流有16条,占总暴发泥石流沟的20.8%;处于 5km^2 以下的小型泥石流有51条,占总暴发泥石流沟的66.3%。9.24、8.13群发泥石流暴发时间间隔23个月,其暴发的泥石流沟流域面积大致相同,大部分为中小型泥石流,其中9.24群发泥石流暴发的大型泥石流相对较多。

在9.24、8.13群发泥石流中,纵坡比降大于300%的陡型泥石流有62条,占总暴发泥石流沟的80.8%;处于200~300%的较陡型泥石流有11条,占总暴发泥石流沟的14.3%;处于200%以下缓型泥石流的有4条,占总暴发泥石流沟的5.2%(图2)。并且随着泥石流沟流域面积的增大,泥石流沟数量分布较少,由此可见,泥石流沟主要是小型泥石流和陡型泥石流。

由此可见,震后3年间物源主要以崩滑物源为主,泥石流暴发以主支沟并发的形式启动。易暴发以窄陡型为主的群发性泥石流,具有活动性强、规模大、物源密度大、降雨控制显著、群发性特点。

(二) 震后3~10年泥石流分析

在震后3~10年间,震区再次暴发7.10群发性泥石流(图3),其暴发的泥石流沟多分布于都汶高速沿线一带,根据相关文献查阅,对7.10暴发的32条泥石流沟及在此时间段内震区暴发的泥石流沟进行了数据统计分析,分析得出此次暴发泥石流沟流域面积 $>10\text{km}^2$ 的大型泥石流有13条,占总暴发泥石流沟的40.6%;处于 $5\sim 10\text{km}^2$ 的中型泥石流有8条,占总暴发泥石流沟的25%;处于 5km^2 以下的小型泥石流有11条,占总暴发泥石流沟的34.6%。纵坡比降大于300%的陡型泥石流有18条

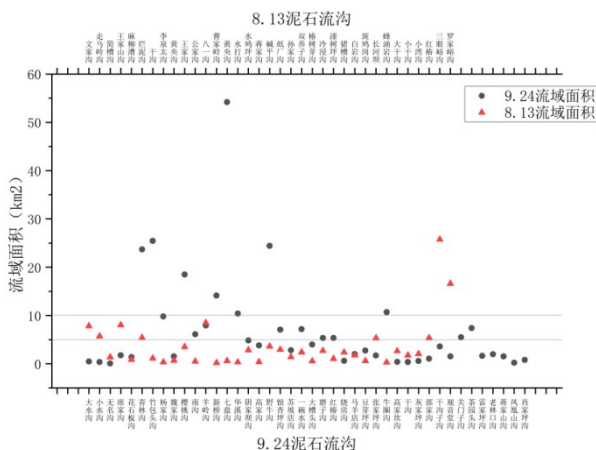


图 1 泥石流沟流域面积散点图

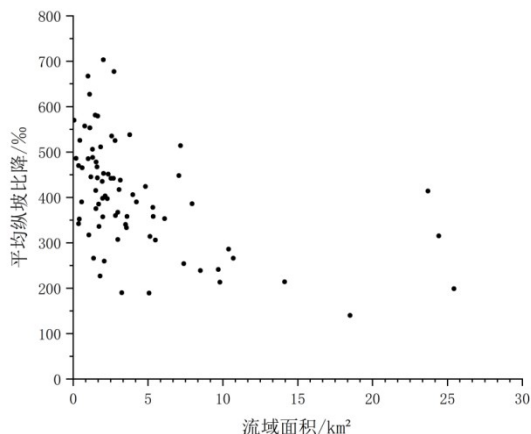


图 2 泥石流沟平均纵坡比降散点图

(图4), 占总暴发泥石流沟的56.2%; 处于200~300%的较陡型泥石流有9条, 占总暴发泥石流沟的28.1%; 处于200%以下缓型泥石流的有5条, 占总暴发泥石流沟的15.6%。其中高家沟、野牛沟及太平沟在7.10强降雨的激发下还未达到泥石流起动阈值, 其原因是高家沟与太平沟于2010、2011年已暴发过两次泥石流, 野牛沟于2010年也暴发过泥石流, 故其物源储备量少, 泥石流所需起动阈值更高, 一直到7月13日才相继暴发泥石流, 而这后面才激发泥石流的沟道, 有两条是宽缓型, 一条是窄陡型, 依旧是宽缓型沟道活跃度高于窄陡型沟道。而另外8条泥石流沟, 除登溪沟这条典型宽缓沟道还处于发育中, 其余7条沟道多因震后至2013年以前暴发过几次小型泥石流导致其本身物源储备减少, 无法参与7.10群发泥石流活动。

分析可知窄陡型泥石流及大型泥石流在此次群发泥石流中占比最大, 震后3~10年间泥石流激发的雨量略有提高的趋势, 泥石流沟经过雨水及洪水的冲刷, 物源被搬运到沟内, 泥石流暴发以主沟为主支沟为辅的形式启动。由于沟道特征与物源特征随着震后泥石流的发生不断演化, 随着时间的延续, 由坡面物源为主到沟道物

源为主, 又因沟道纵坡较高, 沟道物源容易起动, 且震后五年间无论“宽缓”还是“窄陡”型沟道, 大部分都是坡面物源及崩坡积物源为主, 故在此期间出现“宽缓”与“窄陡”型泥石流发生概率逐渐相近的情况。

(三) 震后10年泥石流分析

在震后10年, 震区再次暴发8.20群发性泥石流, 其暴发的泥石流沟多分布于都汶高速沿线一带, 对8.20暴发的20条泥石流沟及在此时间段内震区暴发的泥石流沟进行了数据统计分析(图5), 分析得出此次暴发泥石流沟流域面积>10km²的大型泥石流有15条, 占总暴发泥石流沟的75.0%; 处于5~10km²的中型泥石流有1条, 占总暴发泥石流沟的5%; 处于5km²以下的小型泥石流有4条, 占总暴发泥石流沟的20.0%。纵坡比降大于300%的陡型泥石流有5条(图6), 占总暴发泥石流沟的25.0%; 处于200~300%的较陡型泥石流有4条, 占总暴发泥石流沟的20.0%; 处于200%以下缓型泥石流的有11条, 占总暴发泥石流沟的55.0%。

分析可知缓型泥石流及大型泥石流在此次群发性泥石流中占比最大, 可知震后10年暴发的泥石流流域面积从小型为主逐渐转为大型, 平均纵坡还是以陡型为主,

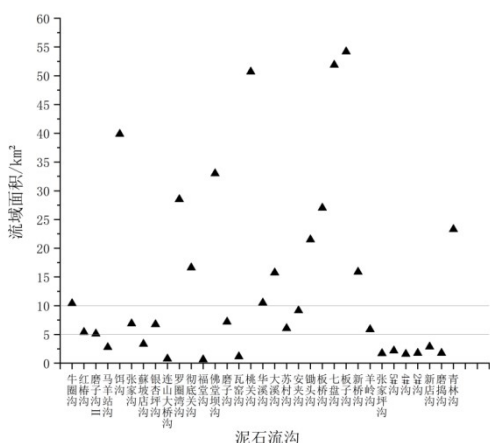


图 3 7.10 泥石流沟流域面积散点图

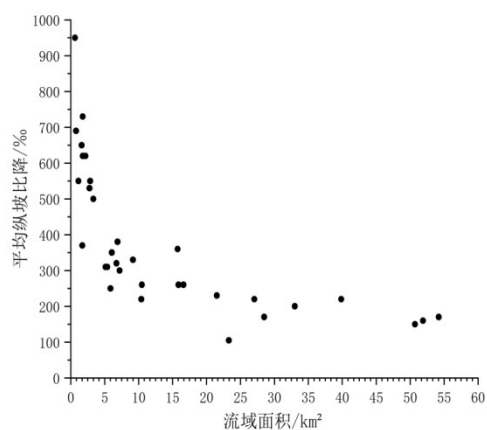


图 4 7.10 泥石流沟平均纵坡比降散点图

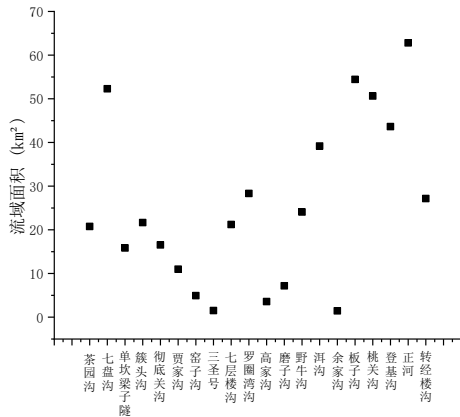


图 5.8.20 泥石流沟流域面积散点图

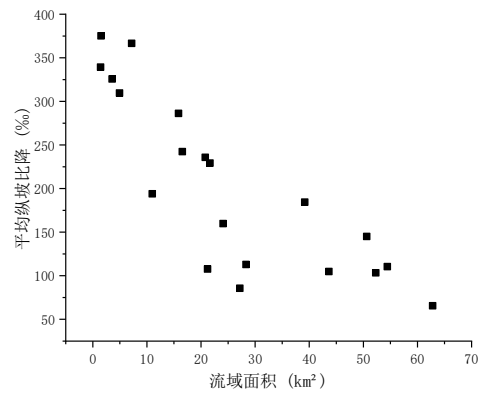


图 6.8.20 泥石流沟平均纵坡散点图

暴发的泥石流主要以宽缓型为主。宽缓型沟道已经逐渐开始活跃起来，且其活跃程度逐渐高于窄陡型沟道。“窄陡”型沟道物源已在此10余年随着多次降雨冲刷及多次泥石流的暴发消耗巨大，无法支撑后续泥石流暴发的物源补给，这也是研究区震后10年“窄陡”型沟道暴发率低的原因。

三、群发泥石流暴发的时间趋势

自2008年5月12日地震后，震区各沉寂的泥石流沟开始活跃了起来，第一次（9.24）群发泥石流的暴发时间与地震时间间隔仅为4个月，第二次（8.13）群发泥石流的暴发时间与第一次（9.24）群发泥石流暴发的时间间隔为23个月，第三次（7.10）群发泥石流的暴发时间与第二（8.13）此群发泥石流暴发的时间间隔为35个月，第四次（8.20）群发泥石流的暴发时间与第三次（7.10）群发泥石流暴发的时间间隔为73个月，针对四次时间间隔，可对其进行数据规律分析，是否可从其规律探测出未来泥石流的暴发时间节点。针对这四个时间节点由此，我们可以推测下一次群发泥石流的暴发时间在8.20泥石流之后的九年左右，也就是2025年左右，泥石流暴发基本为宽缓型沟道泥石流，所以这段时间若有较大的降雨条件，则需要加强对泥石流的监控及防治工作。

四、结论

本文结合2008年9.24北川群发泥石流、2010年8.13绵竹清平及都江堰龙池群发泥石流、2013年7.10都汶高速群发性泥石流、2019年8.20都汶高速暴发群发性山洪泥石流的数据，概括了震后群发性泥石流流域面积、纵坡降、泥石流沟数量及暴发时间的演变规律，得出如下结论：

(1) 通过对比分析几次群发泥石流的数据，初期群发泥石流沟中流域面积普遍较小，同时暴发的泥石流沟数量较多。其中，多数纵坡坡降较大，说明震后初期，泥石流主要以窄陡型为主，沟道的纵坡坡降是影响泥石流的重要因素；震后十年，纵坡坡降小的泥石流沟也多有发生泥石流，说明沟道纵坡坡降不再是影响泥石流发生的重要因素，而此次群发泥石流的泥石流沟流域面积都较大，说明随着时间的推移，流域面积逐渐成为泥石流暴发的重要影响因素，泥石流沟的暴发主体形态

由窄陡型演变为宽缓型。

(2) 物源启动演化模式：崩滑→沟道→震裂。震后物源量总体趋于下降，物源恢复规律呈现幂函数演变，由快到慢，物源密度降低，由坡道搬运到沟内。通过对群发泥石流之间的暴发时间节点的规律进行分析，推出下次群发泥石流将在2019年8.20都汶高速暴发的群发性山洪泥石流后的6年左右再次暴发。

(3) 当震区再次发生7级地震及以上后，应该关注泥石流沟道内各个支沟的震裂物源，对大型频发泥石流的支沟进行实时监测；针对应急工程应该以治理规范的最高标准进行施工；从长远来说，治理工程应该以排为主，以拦为辅。

参考文献

[1] 黄润秋, 李为乐. “5.12”汶川大地震触发地质灾害的发育分布规律研究[J]. 岩石力学与工程学报, 2008, 27(12): 2585-2592.

[2] 游勇, 柳金峰, 陈兴长. “5.12”汶川地震后北川苏保河流域泥石流危害及特征[J]. 山地学报, 2010, 28(03): 358-366.

[3] 张友谊, 叶小兵, 顾成壮. 强震区震后泥石流物源起动机研究现状[J]. 灾害学, 2020, 35(03): 144-149.

[4] 李宁, 唐川, 卜祥航等. “5·12”地震后汶川县泥石流特征与演化分析[J]. 工程地质学报, 2020, 28(06): 2019-310.

[5] 韩用顺, 王晶, 吴淼等. 汶川县震后潜在泥石流危险性评价研究[J]. 工程科学与技术, 2018, 50(03): 158-168.

[6] 靳文, 张国涛, 邹强等. 震后泥石流活跃期的新认识——以四川汶川“8·20”灾害事件为例[J]. 山地学报, 2019, 37(05): 787-796.

[7] 黄润秋. 汶川地震地质灾害后效应分析[J]. 工程地质学报, 2011, 19(02): 145-151.

作者简介：邹维勇（1983-），男，江西省新干人，高级工程师，主要从事岩土工程及地质灾害防治工作。