

DOI:10.16031/j.cnki.issn.1003-8035.2016.03.08

四川都江堰龙池地区泥石流发育特征及防治建议 ——以彩露沟为例

吕奥云¹, 任光明¹, 王 猛², 吕 剑¹, 余天斌²

(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. 四川省地质调查院, 四川 成都 610081)

摘要: 龙池地区在“5·12”地震后连年发生泥石流, 该区域泥石流具有隐蔽性、突发性、反复性等特点, 破坏性极强, 并且挤压龙溪河迫使其改道, 易引起多级次生灾害。本文以高清航拍影像为基础, 结合现场调查, 以彩露沟为例进行深入分析, 发现此区域泥石流沟普遍沟道长度短、比降大, 虽然已经发生数次泥石流的沟内其物源依旧丰富, 并且容易在下一次雨季发生大规模泥石流, 造成一系列的灾害, 严重危害到人民生命财产。故作者建议治理措施在形成流通区后缘以治水拦石为主, 下游堆积区以排导为主。

关键词: 泥石流; 硬质岩; 发育特征; 泥石流预测; 治理措施

中图分类号: P642.23

文献标识码: A

文章编号: 1003-8035(2016)03-0047-05

A study of a development character of debris flow and prevention advice in Longchi

LYU Aoyun¹, REN Guangming¹, WANG Meng², LYU Jian¹, YU Tianbin²

(1. State Key Laboratory of Geo-Hazard Prevention and Geo-Environment Protection, Chengdu University of Technology, Chengdu, Sichuan 610059, China; 2. Geological Survey in Sichuan Province Chengdu, Chengdu, Sichuan 610081, China)

Abstract: Many debris flows occurred in Longchi in rainy season of every year after “5·12” Wenchuan earthquake. Debris flow is elusive, sudden, repeatability in this area. Debris flow is devastating and make Longxi river change its course to cause many multiple secondary disasters. The author make the study of a development character of Cailu debris flow based on the high-resolution aerial images and field investigations. The debris flows are short but steep. Although they have occurred many times, they all have enough source to occurred again. Disaster is an important issue that threatens the safety of people's life and property. Consequently, measures that water control and intercepting in formative region, drainage channel building in circulation accumulation zone must be taken.

Keywords: debris flow; rag stone; development character; prediction; control measures

0 前言

四川都江堰龙溪河流域山高谷深, 植被丰富, 地形起伏较大, 龙池地区位于都江堰龙溪河上游段, 区内建有著名景区“龙池景区”。根据 2007 年四川省地质

调查院完成的都江堰市地质灾害(补充)调查与区划, 汶川“5·12”大地震后已确定的泥石流灾害为 65 处^[1]。泥石流危害极大, 但其形成需同时具备丰富的松散固体物质, 足够的水动力及陡峻的地形三个基本条件^[2]。研究区内地层岩性主要为斜长花岗岩和钾

收稿日期: 2014-09-02; 修订日期: 2014-10-09

基金项目: 西南地区重大地质灾害隐患遥感综合调查(1212011301000)

第一作者: 吕奥云(1990-), 男, 汉族, 山东滕州人, 硕士研究生, 主要从事岩土体稳定及工程效应方面的研究。E-mail: 1653680251@qq.com

长花岗岩,而泥石流一般发育在岩性强度低、岩性较为破碎的地区^[3],硬质岩区由于其强度高,不容易发生崩塌、滑坡等泥石流物源,因此在这种地区地震前发生泥石流的可能性很低^[4]。

地震作用导致山体被震塌、震松^[5-6],形成大量松散物源堆积于沟道,为泥石流的发生提供了丰富而又直接的物源条件;充足的物源为泥石流的启动提供了保障,而在地震后形成的危岩体及沟道两侧破碎的岩体在风化作用和流水侵蚀作用下形成的崩塌堆积体,则为泥石流提供续航的物源。再者本区泥石流后缘清水区面积占流域面积比重较大,为泥石流的汇水创造了有利条件;沟谷比降大,沟道较为直顺,则让泥石流的势能顺利转化为动能,使其具有更强的破坏性。周伟、唐川等人研究认为地震后的泥石流的累积雨量和临界雨量较地震前都有所降低^[7],故本区在2009年至今,每逢雨季都会暴发不同程度的泥石流灾害^[8],其中以“7·17”、“8·13”和“8·19”三次泥石流最为严重,区内泥石流沟道长度较短,比降大,冲出量巨大,破坏性强,对景区道路和住房及居民财产造成了严重破坏。本文采用无人机遥感对地观测技术^[9]结合现场调查选取该区域具有代表性的彩露沟进行分析,希望通过

泥石流预警及防治提供帮助。

1 流域基本条件

彩露沟位于龙溪河上游右侧,毗邻猪槽沟,流域形态呈瓢状,三面环山,区内树木茂密,植被丰富(图1)。彩露沟流域面积为3.12 km²,彩露沟的主沟长为2 465 m,后缘高程为2 220 m,沟口高程为1 228 m,前后高差达到了992 m。主沟道平均比降为389.45‰,沟口呈80°近垂直汇入龙溪河(图2)。

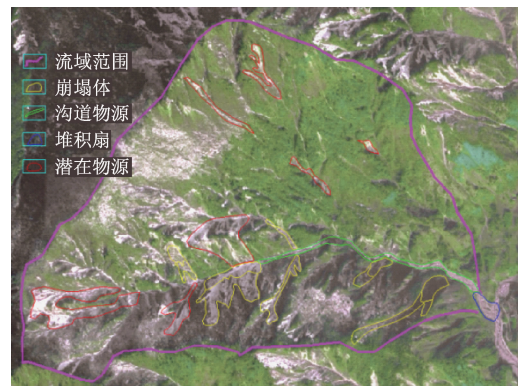


图1 彩露沟2013年无人机航空影像解译图

Fig. 1 The high-resolution aerial images of Cailu debris flow in 2013

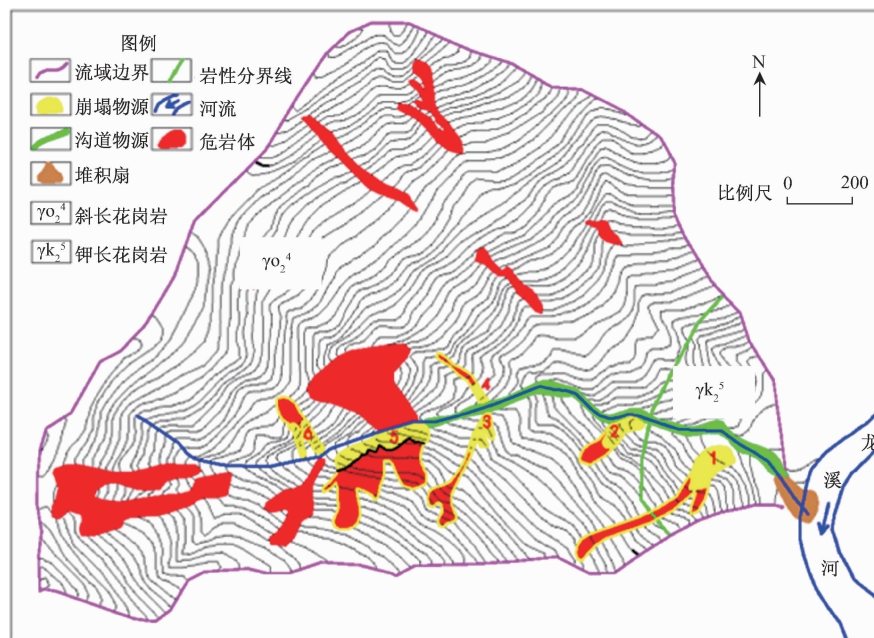


图2 彩露沟地质及物源分布图

Fig. 2 Geological and debris source of Cailu Debris flow

彩露沟泥石流流域地层岩性主要为钾长花岗岩,下游小部分区域为斜长花岗岩。地震后,由于山体被震塌、震松,形成丰富的崩塌物源沿主沟沟道及其两侧分

布。经高清航空影像解译分析并结合现场调查,流域主要物源为崩塌形成6处崩塌堆积体及大量的沟道堆积物,储量达到了 $17.62 \times 10^4 \text{ m}^3$;而在高程1 700 m下至

沟口的主沟道中堆积了 $3.5 \times 10^4 \text{ m}^3$ 的块碎石,铺满沟床,大部分为早期泥石流遗留下来的,未被冲出,部分为新形成的崩塌堆积物,为下次泥石流的形成提供了现成的物源。沟口堆积扇面积达到了 $11\,484 \text{ m}^2$,覆盖了沟前公路,堆积扇前缘严重挤压了龙溪,并迫使其改道。

彩露沟所在都江堰市由于受大气环境影响,降雨区域分布不均,年内分配也不均,而且各次降雨的雨强差异极大,洪期降雨小时和日雨强常常是很大的。通过对都江堰市历年的降雨统计,其降雨主要集中在7~9月,在此期间其降雨较持续,雨强也较大,泥石流灾害发生较为频繁。

2 泥石流发育特征

彩露沟拥有面积达到了 1.38 km^2 的圆弧形清水区,占整个流域面积的44.4%,利于水流汇入主沟,为泥石流的发生创造了良好的水动力条件。“5·12”大地震后,山体被震松、震塌在沟道两侧形成崩塌堆积体,后缘基岩结构面错动进而演化为危岩体,岩体长期暴露在空气中,在风化侵蚀和流水侵蚀共同作用下容易发生再次崩塌,结构破碎的危岩滚落过程中因撞击,岩体分裂成粒径较小的块碎石;整体结构较好的岩石崩塌后可以尽量保持自身的完整性,即形成大孤石。主沟道后缘1900 m高程发育两处崩塌堆积,流域物源分布范围较广,从1900 m往沟口方向,沟道中和河道两侧皆分布有块碎石等泥石流发生的直接物源,故对于此类流域面积较小的泥石流沟,传统意义上“形

成区”和“流通区”的划分已经不能清晰的反应其物源的产生和输移特征。由于研究区泥石流物源的提供和输移往往都在此区域中完成,故本文将整合为“形成流通区”分析说明。

在“5·12”地震后,彩露沟两侧及后缘山体被震塌、震松,岸坡坡度较陡,基本大于 30° 。沟道比降呈现“缓-陡-缓”的阶梯型(图3),沟床平均比降为389.45‰。形成流通区的比降达到了429.16‰,远高于后缘清水区(282.13‰)和前缘堆积区的比降(225.22‰)。形成流通区较大的比降利于泥石流启动后流体势能向动能转化,而上游沟道宽度为3~6 m,整体较为直顺,利于物源的输移。经现场调查,已经确定的大型崩塌堆积体有6处,动储量达到了 $17.62 \times 10^4 \text{ m}^3$ 。形成流通区沟道底部及两侧基岩出露,沟道两侧陡峭的岸坡在水流常年的侵蚀、掏空作用形成垂直临空面,进一步可能形成新的崩塌物源堆积于沟道(图4)。主沟道中发育有2处较大跌水坎,并有三处弧度较大的拐角。中下游沟道宽度为5~15 m,越往沟口方向泥石流铲刮沟道底部及两侧现象越发明显,堆积区比降较缓,堆积扇顺沟长120 m,宽100 m,主要以块碎石为主,其中10~30 cm粒径块石占70%,并有数块巨大的孤石。堆积扇堆积于龙溪河右侧一级阶地,直接覆盖了公路,并迫使龙溪河改道。而其接近 $12\,000 \text{ m}^2$ 的泥石流堆积扇反映出该沟泥石流流量巨大,堆积扇新旧分明,可以体现出该沟泥石流暴发频率较高,近期暴发了多次泥石流。

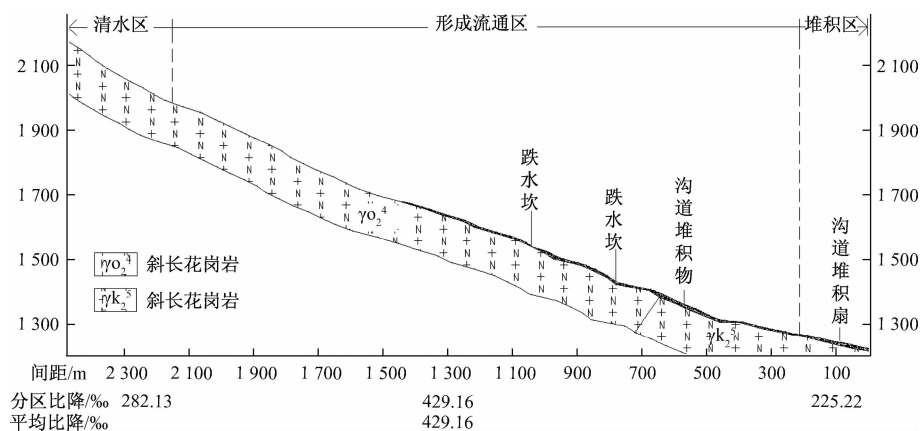


图3 彩露沟主沟道剖面图

Fig. 3 The channel section of Cailu debris flow

3 泥石流启动过程分析

泥石流的启动方式主要是由于暴雨过程中形成的斜坡表层径流导致悬挂于斜坡上的滑坡体表面和前缘

松散物质向下输移,进入沟道后转为泥石流的过程^[10]。彩露沟主沟长度仅为2465 m,而整体比降大,其泥石流启动机理主要为洪水-水石流-泥石流,泥石流过程主要分为侵蚀、启动-输移和堆积3个过程。

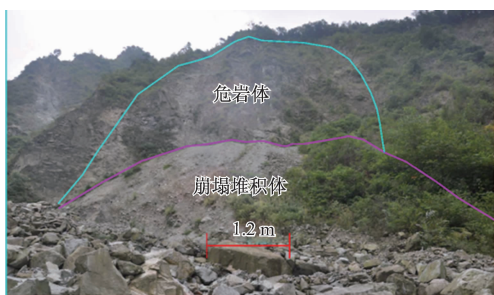


图 4 彩露沟典型崩塌堆积物

Fig. 4 The typical collapse of Cailu debris flow

(1) 泥石流侵蚀过程。“5·12”地震后,位于地震灾区的彩露沟流域山体多处形成崩塌堆积体,为 2009 年的“7·17”泥石流提供了大量泥石流启动的直接物源;同时,强震让山体产生大量的节理裂隙,形成多处危岩体,在常年雨水侵蚀及风化作用下,多次崩塌,块碎石沿陡峭的岸坡滑落并直接堆积于沟道两侧或沟道中,为该沟后续暴发“8·13”和“8·19”等多次泥石流创造有利条件。

(2) 启动-输移过程。彩露沟曾多次暴发泥石流,本文以最具有代表性“8·13”泥石流发生过程为例进行分析。8 月 12 日龙溪河流域开始降雨,8 月 13 日降雨量超过 229 mm,彩露沟泥石流全面暴发。

后缘圆弧形的水流区使水流汇于主沟,主沟道上游较为狭窄,配合较陡的比降在水流汇集后迅速形成洪水,洪水再携带沟道中的块碎石物源及两侧的崩塌堆积物形成水石流,向下游输移。形成流通区平均比降达到了 429‰并配合较为直顺的沟道则让流体的高势能顺利的转化为流体的动能,并且极大的增强了流体的携带能力、下切能力和铲刮能力,水石流在这个区域随着物源的增加逐渐转化为泥石流。沟道整体呈“V”字型,较为狭窄,为 2~12 m,在主沟高程 1 420~1 560 m 间沟道宽度仅为 2~4 m,呈阶梯状并发育了 2 处跌水坎(图 5),并有三处弯道拐角。跌水坎所处的位置基岩出露,岩体较为破碎,1 450 m 高程处的跌水坎沟道宽度仅为 1.2 m。狭窄的沟道配合高速向下输移的流体对沟道两侧岸坡具有强大的铲刮能力,利于对沟道两侧岩性破碎岸坡的下切及掏空,形成临空面产生新的岸坡崩塌物源进而补充流体,并且直接拓宽了沟道。1 450 m 高程的跌水坎 2.3 m 的高度和沟道的大幅度拐弯加速流体向下输移,使其具有更大的撞击力。同时,狭小的跌水坎具有被块碎石堵塞的可能,在泥石流的过程中形成多级堰塞体,当堰塞体被冲毁后,增加了泥石流的一次性的冲击力和破坏力。

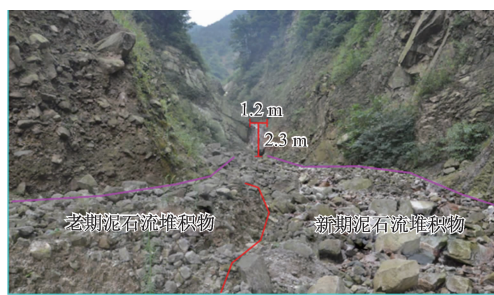


图 5 1450m 高程处的跌水坎及下游沟道

Fig. 5 Drop water dam and the downstream channel in the 1450 m elevation

(3) 泥石流的堆积。彩露沟中上游沟道较为狭窄,而下游沟道逐渐变宽,而其巨大的物源量使其一次泥石流冲出量巨大,其泥石流堆积扇呈扇形分布(图 6)。堆积扇顺扇前缘部分直接堆积于龙溪河中,挤压河流,并迫使河流改道。从现场可以见到有明显的三次泥石流堆积扇,新扇铲刮老扇,并有明显的拉槽痕迹。堆积区以小粒径的块碎石为主,还有数块粒径超过 2.5 m 的大孤石。



图 6 沟口堆积扇

Fig. 6 Collapse of debris flow

4 泥石流预测及防治建议

通过彩露沟的研究调查可以看出,龙池地区泥石流具有极高的隐蔽性、突发性、反复性及极高的破坏性等特点,“5·12”地震不仅造成该区域泥石流沟道物源量巨大,同时在该区域形成了很多危岩体,危岩体可能为泥石流补充大量物源,而该区茂密的植被及陡峭的沟道加大了泥石流灾害排查的工作难度,使其具有极高的隐蔽性。该区域泥石流沟道物源分布高程较高,分布位置较广,具有典型的高位泥石流特征^[11],而其强大的输移能力和巨大的泥石流冲出量显示了其极强的破坏性^[12]。“7·17”泥石流已经将该区域泥石流的拦挡坝和排导槽及前缘公路基本完全摧毁,近几年来该

区域暴发了三次较大规模的泥石流及数次小规模泥石流,现在遗留在沟道中大量的物源及流域内分布的大量危岩体来看,在下一次暴雨中,彩露沟还可能发生较大规模的泥石流,可能再次挤压龙溪河,形成一系列次生的地质灾害。结合现场勘查,泥石流的防治工作建议以排水为主,在上游分流水源,在沟道中上游分梯次修筑拦挡坝,有效拦挡粒径较大块碎石,并削弱泥石流的水动力条件;下游堆积区以排为主,修建导流堤和排导槽,引导较细颗粒泥石流到达安全区域,同时加强泥石流的预报及检测预警工作。

参考文献:

- [1] 四川省地质调查院. 汶川地震灾区都江堰市地质灾害详细调查报告[R].
Geology investigation institute of sichuan province. geological disasters detailed investigation report in dujiangyan city, disaster area of Wenchuan earthquake [R].
- [2] 王杰,杨宏伟,任光明,等. 新疆黑石沟花岗岩裸露区历史泥石流形成条件及活动特点[J]. 水电能源科学,2013,31(9):141-143.
WANG Jie, YANG Hongwei, REN Guangming, et al. Formation condition and activity characteristics of debris flow for coarse grained granit of ragsyone in Xinjiang[J]. Water Resources and Power, 2013, 31 (9):141-143.
- [3] 张倬元,王士天,王兰生. 工程地质分析原理[M]. 北京:地质出版社,1994.
ZHANG Zuoyuan, WANG Shitian, WANG Lansheng. The analysing principle of engineering geology [M]. Beijing: Geology Publishing House, 1994.
- [4] 刘惠军,任光明. 典型硬质岩区泥石流的发育研究[J]. 山地学报,2008,26(3):372-375.
LIU Huijun, REN Guangming. The study of a development character of typical debris in ragstone[J]. Journal of Mountain Research, 2008, 26(3):372-375.
- [5] 成良霞. “5·12”汶川地震后映卧公路边坡崩塌灾害形成机理与危险性评估研究[D]. 长安:长安大学, 2014.
CHENG Liangxia. Study on collapse formation mechanism and risk assessment of the slope near the Highway from Yingxiu to Wolong after “5·12” Wenchuan earthquake [D]. Chang'an: Chang'an University.
- [6] 余天彬,任光明,王猛,等. 汶川震区龙门山镇高架子沟“8·18”泥石流灾害机理与特征. 中国地质灾害与防治学报,2014,25(3):9-13.
YU Tianbin, REN Guangming, WANG Meng, et al. Mechanism and characteristics of Gaojiazi gully debris flow on august 18, 2012 in Longmenshan town, epicenter of Wenchuan earthquake[J]. The Chinese Journal of Geological Hazard and Control, 2014, 25 (3):9-13.
- [7] 周伟,唐川,周春花. 汶川震区暴雨泥石流激发雨量特征. 水科学进展,2012,23(5):650-655.
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.
- [8] 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. 2010,28(13):341-349.
TANG Chuan. Activity tendency prediction of rainfall induced landslides and debris flows in the Wenchuan earthquake areas[J]. Journal of Mountain Science, 2010, 28(13):341-349.
- [9] 许强. 四川省“8·13”特大泥石流灾害特点、成因与启示[J]. 质学报,2010,18(5):596-608.
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):596-608.
- [10] 梁京涛,王军,汪友明,等. 汶川地震区典型高位泥石流动态变化遥感监测方法研究[J]. 第十八届中国环境遥感应用技术论坛论文集:290-297.
LIANG Jingtao, WANG Jun, WANG Youming, et al. The research of typical high position debris flow dynamic remote sensing monitoring method in Wenchuan earthquake areas, 290-297.
- [11] 唐川,梁京涛. 汶川震区北川“9·24”暴雨泥石流特征研究[J]. 工程地质学报, 2008, 18(6):751-758.
TANG Chuan, LIANG Jingtao. Characteristics of debris flow in Beichuan epicenter of the Wenchuan earthquake triggered by rainstorm on September 24, 2008[J]. Journal of Engineering Geology, 2008, 18 (6):751-758.
- [12] 张自光,张志明,张顺斌. 都江堰市八一沟泥石流形成条件与动力学特征分析[J]. 中国地质灾害防治报,2010,21(3):34-38.
ZHANG Ziguang, ZHANG Zhiming, ZHANG Shunbin. Formation conditions and dynamics features of the debris flow in Bayi gully in Dujiangyan county[J]. The Chinese Journal of Geological Hazard and Control, 2010, 21(3):34-38.