

四川峨边县蒋沟矿渣侵蚀泥石流成因与特征

吕学军¹, 倪化勇², 徐如阁², 巴仁基²

(1. 滨州学院 建筑与城乡规划系, 山东 滨州 256603; 2. 成都地质矿产研究所, 成都 610081)

摘要: 四川峨边县蒋沟是一条典型的矿渣型泥石流沟, 在侵蚀作用下时常发生泥石流并造成严重危害。该文采用调查、测绘和综合研究相结合的方法, 论述了蒋沟矿渣侵蚀泥石流的成因和特征。形成条件方面, 矿渣侵蚀类泥石流具有物源集中和机械组成固定性特征; 发生过程呈现出降雨-侵蚀-崩滑-搬运复合型和循环性, 侵蚀成为泥石流形成和发生的关键环节; 泥石流特征则主要表现为堆积物成分单一, 堆积比降小, 暴发频率高和地貌塑造作用强等方面。最后, 针对成因和特征, 提出了以水土分离、固床和护坡等工程措施为主, 以矿山植被恢复措施为辅的防治建议。

关键词: 泥石流; 矿渣; 侵蚀; 蒋沟

中图分类号: P642.23

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2011)03-0083-05

Formation and Characteristics of Mine-slag Debris Flows from Jianggou Ravine in Ebian County, Sichuan Province

LÜ Xue-jun¹, NI Hua-yong², XU Ru-ge², BA Ren-ji²

(1. Department of Architecture & Urban Planning, Binzhou University, Binzhou, Shandong 256603, China;

2. Chengdu Institute of Geology and Mineral Resources, Chengdu 610081, China)

Abstract: Jianggou Ravine is a typical mine-slag debris flow-induced gully, where debris flow with an incision process frequently occurred and caused serious damages. In this paper, on the basis of field investigation, survey and comprehensive research, the formation and characteristics are discussed and corresponding prevention countermeasures are put forward. In terms of debris flow forming condition, mine-slag debris flow-induced in Jianggou Ravine is representative for mass concentricity and grain-composition fixity. A complex and circle process, namely rainfall-erosion-collapse or landslide-engulfment, existed during debris flow occurrence and erosion is the key process. As characteristics are concerned, debris flows induced by mine slag are typicality in simple deposition, smaller deposition obliquity, high frequency and intense evolvement in land-form. In accordance with such forming condition and occurrence characteristics, corresponding countermeasures are put forward at the end of this paper, including main engineering controls such as separating method between water and soil, gull-bed fixing method, slope blocking method and accessorial vegetation recovering method.

Key words: debris flow; mine slag; erosion; Jianggou Ravine

2010年是西部大开发实施十周年。随着西部山区开发和矿业开采的深入,大量矿渣的露天堆放,尤其是废弃矿先期矿渣的处理,成为了一个突出的山区环境问题。堆放不合理的矿渣为泥石流的发生提供了大量的物源。这类由不合理堆放的矿渣所引发的泥石流被称为矿山泥石流,属于典型的人为泥石流之一^[1]。目前,该类泥石流已经引起高度关注^[2-11],其成因存在多种类型,归纳起来包括面蚀型、揭底型、侧

蚀型、溃决型和其他复合型等。

蒋沟系峨边县境内一条典型矿渣型泥石流,流域内早震旦系花岗岩分布广泛且富含钾长石,采矿-洗矿-输沙等一系列矿业活动导致蒋沟流域环境生态恶化,早期开放式、露天式堆放的矿渣在近年的强降雨下遭受侵蚀,导致泥石流频繁发生,形成了大雨大冲、小雨小冲的发生态势。泥石流淤埋田地,大量砂石输入大渡河,产生了一系列的环境问题与安全隐

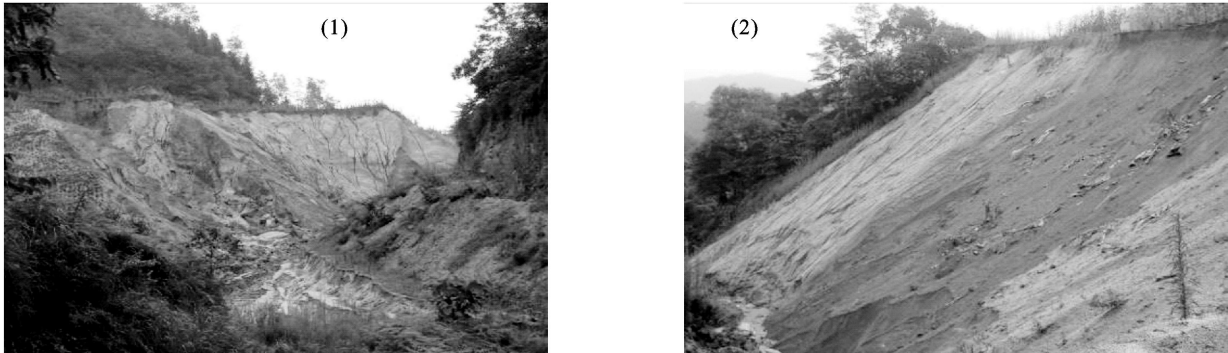
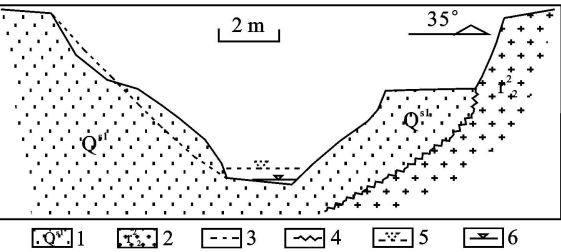


图 2 早期矿渣

同松散砾砂、粗砂在饱和状态下内摩擦角为 28° ^[12]相比,早期渣堆(1)和早期渣堆(2)都超过摩擦角上限。从现场来看,早期渣堆(1)受河水侵蚀和雨水冲刷的影响,渣堆沟壑纵横,多处发生滑塌(图 2),严重挤占沟道,矿渣堆放处河床宽度仅仅 2~3 m;对于早期渣堆(2),据访问 2009 年 6 月前堆积体上方曾居住一住户且已居住多年,渣堆被开垦为旱地。然而 2009 年 6 月 28 日,峨边县普降大到暴雨,渣堆坡脚遭受河水冲刷矿渣发生滑坡,住户房屋、院坝一起滑落,使得渣堆稳定性降低,矿渣挤占沟道严重。

可见,两处早期渣堆目前稳定性差,为以往曾经发生的泥石流以及今后可能发生的泥石流均提供大量的物源,且已经形成了降雨-侵蚀-矿渣崩滑-泥石流搬运-矿渣进一步滑塌-泥石流再次搬运的循环局面(图 3)。



注: 1 表示人为堆积矿渣; 2 表示强(全)风化花岗岩; 3 表示滑坡界线; 4 表示推测矿渣与花岗岩分界线; 5 表示洪水位; 6 表示平水位。

图 3 洪水侵蚀-矿渣滑塌-补给泥石流关系图

2.2 水源

蒋沟泥石流水源全部来自降雨及其汇流产生的沟道水流。整个蒋沟流域的汇水区面积主要包括 570 m 高程以上的流域,但事实上对泥石流发生起决定性作用的汇水区主要包括早期渣堆堆放的支沟流域(图 1),汇水面积仅仅 0.35 km²,高程在 640 m 以上,形态呈纺锤状。但该区气候属于亚热带湿润季风气候,雨量充沛,年均降水量为 1 275.5 mm,年平均降水日达到 163.3 d,最长达 182 d,连续最长降水日数 18 d,日最大降水量为 157.4 mm,尤其是降水季节分布不均,主要集中在 6~8 月,三月降雨量占年降水

量的 57.4%。可见,降雨量四季分布不均匀,汛期以暴雨降水为主,为沟道汇流创造了良好条件。

2.3 地形

从蒋沟泥石流启动部位、运动路径和堆积部位来看,蒋沟泥石流可明显分为形成区、流通区和堆积区(图 4)。形成区包括汇水区和矿渣启动区,主要指堆积有早期渣堆的支沟,支沟长约 1 200 m,沟床比降 336 ‰ 明显高于平均纵比降(157 ‰),沟谷呈 V 型,两岸斜坡坡度为 20°~40°,纺锤状;流通区主要指高程 720~550 m 的主沟段,长约 950 m,沟床比降仅 143 ‰,比较平直,沟谷也呈 V 型,右岸斜坡陡峻,坡度 50°~70°,左岸相对较缓,坡度 25°~35°;堆积区主要分布在现 5 号选矿区上游,受该选矿区矿堆的阻挡作用,泥石流堆积于下游沟道,5 号选矿区以下则为沟口段以及大渡河交汇段,沟道宽度 3~5 m。该地形有利于雨水的汇集和径流形成,使得泥石流的启动条件降低。

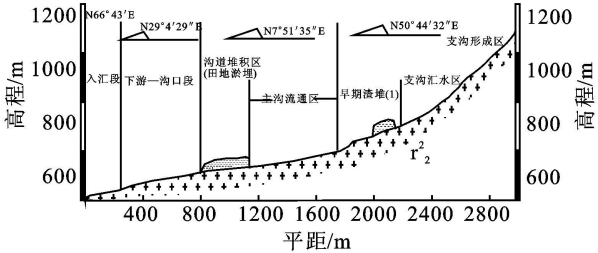


图 4 蒋沟泥石流沟床纵剖面示意图

3 泥石流特征

3.1 堆积与规模特征

蒋沟在下游沟道开阔处进行了堆积,形成一舌状巨型堆积扇(图 5)。据测量,扇体长约 300 m,宽平均约 70 m,厚度约 3~4 m,体积约 5.5 万 m³。这部分堆积体主要由 2009-06-28 泥石流所造成,属于中等规模泥石流,但由于物源丰富,启动条件具有重复性,因此水力条件的不同决定泥石流规模的差异性,降雨强烈,水力侵蚀能力大,矿渣补给多,则泥石流规模大,反之,泥石流规模小。



图 5 泥石流堆积

从堆积组成来看,蒋沟泥石流堆积物同矿渣物源在机械组成上具有一致性,堆积物机械组成同渣堆机械组成相同,均由砂和砾石组成,属于粗粒土,几乎不含有漂石和黏土,表明泥石流形成主要来自早期露天开放式堆放的渣堆,而流域内自然不良地质现象较少,从而呈现出堆积物机械组成的固定性和单一性特征。另外,同自然泥石流堆积相比,蒋沟泥石流的堆积比降较小,仅约 5° ,反映了其动力特征较弱。

3.2 易发性与频发性特征

由于物源补给丰富,矿渣失稳的临界条件低且

不变,只要降雨形成沟道径流后,即可对渣堆坡脚进行侵蚀,导致渣堆不断垮塌,洪水含沙量的增加进一步增强了其侵蚀能力,渣堆垮塌规模不断增大,洪水携带大量砾砂运动,随着矿渣垮塌和流体中固体物质含量的增加,泥石流最终形成。可见,矿渣型泥石流启动条件低,物源补给的连续不断性决定了蒋沟泥石流的易发性和频发性。

3.3 沟床地貌的复杂演变性特征

泥石流和洪水的交替发生对蒋沟沟床地貌的演变和塑造起到了巨大的冲淤变化作用,使得沟床地貌演变快速。2009 年 7 月 22 日调查发现,“2009-06-28”泥石流的发生,对早期渣堆(1)下游之沟床起到了很好的铺床作用,沟床淤高近 1 m 且床面平坦(图 6);而 8 月 28 日再次调查发现,该处河床地貌发生了明显变化,洪水再次侵蚀下切“2009-7-22”河床,下切深度近 1 m,老河床砾石和漂石也被揭露出来,并在沟床两侧形成三级阶面,造就了暂时性泥石流阶地地貌景观(图 6)。通过降雨观测资料的推测,得知系由“2009-8-15”洪水的涨峰过程或峰顶过流所致。

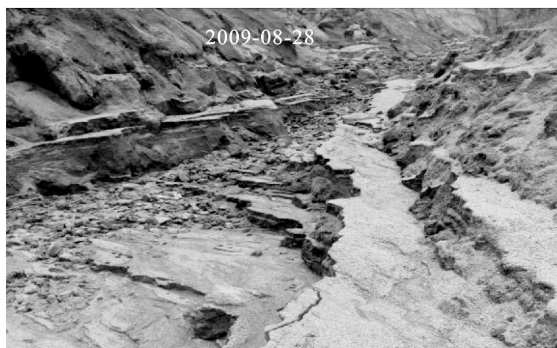


图 6 泥石流对沟床的快速塑造作用

再如,在 5 号洗矿-采砂区上游的沟道开阔区,受局部弯道、矿区阻挡以及地形开阔的共同影响,泥石流流体扩散,流速和携带能力均降低,泥石流开始堆积,形成了一个平整的巨大舌状扇体,蔚为壮观。而后续的洪水快速侵蚀下切,下切深度达 2.2 m,将扇体一分为二。

3.4 泥石流危害特征

蒋沟泥石流的危害主要表现在淤埋田地和环境破坏两个方面(图 7)。

(1) 淤埋田地。蒋沟流域内田地主要分布在下游右岸陡崖下方的开阔缓坡地带,同泥石流在下游沟道内停淤场所一致。2009 年泥石流堆积扇面面积达 6.3 万 m^2 ,直接导致 2 hm^2 多田地淤埋,粮食绝收,还冲击淤埋大量的灌丛。另外,河床被泥石流填埋淤高后,大量河水漫过扇面抵达高处,使得高处近 1.3

hm^2 田地也受到影响。随着扇体的进一步淤高,今后受到影响的田地也将进一步向高处延伸而增加。

(2) 环境破坏。蒋沟泥石流对环境的影响进一步表现在水土流失、生态破坏和增大大渡河含沙量 3 个方面。通过实地调查发现,蒋沟泥石流的发生,实际上是对蒋沟流域内土体快速输送的一种方式。随着泥石流发生频率的增加和规模的增大,大量的土体被携带至下游,改变河床地貌的同时,使得流域内土体减少从而环境影响;另外,作为土体输送的一种快速方式,蒋沟泥石流最终将大量泥沙输入了大渡河。调查发现,即使在平水期,蒋沟水体仍然浑浊,含沙量极高(图 7)。在入汇处,蒋沟水体呈现出明显的高含沙量,随着时间的积累,数十万立方米的砂石将输入大渡河,影响大渡河水体,甚至影响大渡河下游电力开发。



图 7 泥石流危害(左为淤埋田地, 中为冲毁灌丛, 右为输沙)

4 结论与建议

通过对蒋沟泥石流的调查和上述分析认为: 矿渣侵蚀类泥石流在形成条件上表现为物源集中性和机械组成以砂砾石土为主的固定性; 发生过程呈现出降雨-侵蚀-崩滑-搬运复合型和循环性, 侵蚀为泥石流形成和发生的关键环节; 泥石流堆积物成分单一, 堆积比降小, 地貌塑造作用强; 蒋沟泥石流在未来数年表现为高易发性和高频发性特征。

为了进一步防止下游田地的淤埋和大量矿渣沙石输入大渡河, 建议对蒋沟泥石流采取必要的工程措施进行治理。根据蒋沟泥石流矿渣物源的分布、粒度特征和提供方式可以看出, 水土分离、固床或挡墙措施成为该类泥石流防治的重要方法, 防治效益比较明显, 防治成本亦较低。

对于早期矿渣(1), 建议在矿渣坡脚处修建高约 2 m, 长约 150 m 的浆砌石挡墙, 沟床采用浆砌石铺底防止侵蚀下切; 对于早期矿渣(2), 建议在矿渣坡脚处修建高约 3 m, 长约 60 m 的浆砌石挡墙, 沟床同样采用浆砌石铺底防止侵蚀下切。通过矿渣挡墙和河床铺底的修建, 汛期洪水将不再对矿渣进行侵蚀搬运, 从而从物源上控制了泥石流的发生。除此之外, 辅以必要的植被恢复工程, 其效益将更加明显。

参考文献:

[1] 张丽萍, 唐克丽. 矿山泥石流[M]. 北京: 地质出版社,

2001.

- [2] 倪俊勇, 郑万模, 巴仁基, 等. 基于水动力条件的矿渣型泥石流形成与特征: 以石棉县后沟为例[J]. 山地学报, 2010, 28(4): 470-478.
- [3] 王文龙, 李占斌, 张平仓. 神府东胜煤田开发中人为泥石流形成条件分析[J]. 水土保持研究, 2003, 10(2): 83-85.
- [4] 王文龙, 张平仓, 高学田. 神府东胜矿区一、二期工程与人为泥石流[J]. 水土保持研究, 1994, 1(4): 54-59.
- [5] 徐友宁, 何芳, 陈华清. 西北地区矿山泥石流及分布特征[J]. 山地学报, 2007, 25(6): 729-736.
- [6] 张锐波, 张丽萍. 矿山泥石流形成的理论动态分析: 以神府东胜矿区为例[J]. 中国地质灾害与防治学报, 2003, 14(3): 86-90.
- [7] 张丽萍, 唐克丽, 张平仓. 矿山泥石流形成的固体物质补给特点研究: 以神府东胜矿区为例[J]. 中国地质灾害与防治学报, 1999, 10(1): 61-66.
- [8] 徐友宁, 李育敬, 陈社斌, 等. 潼关金矿区矿渣型泥石流灾害特征及防治对策[J]. 山地学报, 2006, 24(6): 667-671.
- [9] 陈华清, 徐友宁, 张江华. 小秦岭大湖峪矿渣型泥石流的物源特征及其危险度评价[J]. 地质通报, 2008, 27(8): 1292-1298.
- [10] 邓龙胜, 范文, 熊炜. 矿渣型泥石流发育特征及危险性评价[J]. 工程地质学报, 2005, 17(3): 415-420.
- [11] 陈廷方, 崔鹏, 刘岁海, 等. 矿产资源开发与泥石流灾害及其防治对策[J]. 工程地质学报, 2005, 13(2): 179-182.
- [12] 李智毅, 王裕云. 工程地质概论[M]. 北京: 中国地质大学出版社, 1994.

(上接第 82 页)

- [13] 刘纪远. 国家资源环境遥感宏观调查与动态监测研究[J]. 遥感学报, 1997, 1(3): 225-230.
- [14] 邬建国. 景观生态学[M]. 北京: 高等教育出版社, 2000.
- [15] 王明涛. 多指标综合评价中权重确定的离差、均方差决策方法[J]. 中国软科学, 1999(8): 100-101.
- [16] Environmental Systems Research Institute Inc. Using ArcView GIS[M]. ESRI Redlands, CA, 1996.
- [17] 卢远, 华瑾, 周兴. 基于 GIS 的广西土壤侵蚀敏感性评

价[J]. 水土保持研究, 2007, 14(1): 89-93.

- [18] 周伏建, 陈明华, 林福兴, 等. 福建省降雨侵蚀力指标 R 值[J]. 水土保持学报, 1995, 9(1): 13-18.
- [19] 杨青青, 王克林, 陈洪松, 等. 地质地貌因素对喀斯特石漠化的影响: 以广西大化县为例[J]. 山地学报, 2009, 27(3): 314-315.
- [20] 张治国. 生态学空间分析原理与技术[M]. 北京: 科技出版社, 2007: 195-198.
- [21] 广西壮族自治区地质矿产局. 广西壮族自治区区域地质志[M]. 北京: 地质出版社, 1985: 680-687.