

白路沟稀性泥石流发育特征及其发展趋势分析

郑芳文^{1,2}, 黄远金³, 杨涛³, 马静静⁴, 方正³, 吴超³

(1. 海南鹏越勘测设计研究有限公司, 海南 海口 570100; 2. 南昌工程学院水利与生态工程学院, 江西 南昌 330099;
3. 江西省水利规划设计研究院, 江西 南昌 330029; 4. 海南有色工程勘察设计院, 海南 海口 570100)

摘要:白路沟位于成都平原与川西高原过渡区, 沟域汇水面积大, 沟底纵坡陡。本文在研究区地质、地貌、水文地质、气候和人为活动等调查基础之上, 对泥石流的形成条件、冲淤特征进行了分析, 并对泥石流发展趋势进行了探讨。根据研究区泥石流物源丰富, 长时间降雨或集中暴雨等特点, 白路沟评定为特大型易活动区泥石流。白路沟泥石流一旦暴发势必对沟口的居民、相关建(构)筑物的安全、工程的正常运行构成严重的威胁, 本文可为流域的综合治理提供科学依据。

关键词:泥石流; 地质灾害; 水文地质; 地质构造; 成因

中图分类号: P694 **文献标识码:** B **文章编号:** 1004-4701(2018)02-0119-03

1 泥石流形成区概况

白路沟位于四川省雅安市石棉县蟹螺乡, 大渡河一级支流松林河右岸。沟口是新乐村农户较集中居住区, 泥石流灾害对沟口居民存在重大安全威胁。白路沟地处山区, 地形起伏高差大, 沟底落差达 2 639 m, 由 13.0 km 沟长和 3.9 km 平均沟谷宽度为沟域提供了 35.0 km² 汇水面积。沟域属中纬度亚热带季风气候为基带的山地气候。受地形影响, 气候有明显垂直分带, 多年平均气温为 17.1 ℃。地区降雨量在时空上分布不均匀, 降雨主要集中在夏季七八月份, 占全年降水量的 80% 以上。

1.1 地形地貌

白路沟沟域位于成都平原与川西高原过渡地段, 沟域形态近似不规则矩形, 两岸共发育七条支流。沟域内岸坡以陡坡与陡坎为主, 一般坡度大于 45°, 岸坡植被发育, 但由于坡岸陡峭, 滑坡、崩塌等地质灾害极易发生; 虽在震前地质灾害较少, 但经“5.12”及“4.20”两次大地震后, 沟域内次生灾害隐患点增多, 并新生多处不良地质灾害点, 堆积了大量松散固体颗粒^[1]。

1.2 地层岩性

区域内出露地层主要有第四系残坡积物、冲洪积物、崩滑堆积物、泥石流堆积物等, 其中, 残坡积层主要分布在两岸斜坡坡脚地带; 冲洪积物主要分布在泥石流沟底及沟口堆积扇地区; 崩滑堆积层分布于泥石流堆积区上游和物源流通区沟道两侧。三叠系分布西油房至溜

沙坡一带, 主要为绢云母透闪石片岩等变质岩。二叠系下统在令牌山、地宝碛、田湾、草科一带出露, 上统主要分布于石棉县的南部, 主要为碳酸盐岩、变质碎屑岩—泥质砂岩、基性火山岩—玄武岩等。泥盆系主要为标水岩组片岩夹薄层大理岩及火木山组大理岩及片岩、珍珠岩、粗面斑岩。震旦系灯影组上部为条带状白云质灰岩、硅质白云岩, 下部为白云岩及白云质灰岩, 含少量硅质灰岩夹层, 分布于沟谷形成区和流通区左岸斜坡^[2]。

1.3 地质构造

石棉县位于川滇经向构造带北部, 与青藏滇缅印尼板块交接, 形成巨型“歹”字型构造; 同时受华夏系在龙门山构造带南端部分残余的影响, 形成以江官山为顶点的帚状构造, 构造形迹复杂, 形成大多以南北向和北北西向为主的断层、褶皱, 节理和表层风化裂隙发育, 岩体破碎。

1.4 水文地质条件

白路沟流域内植被繁茂, 基岩节理发育, 为基岩裂隙水的入渗、储存和运动提供了有利条件, 一般以泉水形式补给沟水^[3,4]。岩溶水储存和运移在三叠系中下统大理岩, 多以溶隙水形式排泄于沟谷。孔隙水埋藏于第四系松散堆积层中, 由于松散堆积物多由块碎石土组成, 透水性好, 利于大气降雨入渗和基岩裂隙水补给, 坡脚和谷底松散堆积层孔隙水较丰富, 且也向沟谷排泄。

2 泥石流的形成条件

2.1 地形条件

白路沟受断层和褶皱等地质构造及地形条件控制,

沟道两岸山坡宽窄发育不对称,右岸较宽,左岸稍窄。沟内常年有水,且沟内水量具有明显的季节性,溪流由南向北汇入松林河。沟道左岸岸坡狭窄且较陡,坡度 60° 左右,局部近直立;右岸较缓,坡度 $35^{\circ}\sim 50^{\circ}$ 。

根据地形和物源堆积分布情况,将沟道分为3段。上游段为沟底高程2 050.00 m(黄海高程,下同)以上沟段,沟道岸坡陡峻高差大,沟谷纵横,汇流面积较大,两岸植被茂密,水土保持良好,无明显崩滑、滑坡等地质灾害现象。中游段为高程2 050.00 m至下游电站沟段,主沟沟谷呈“V”字形,植被较好,左岸坡度较陡,右岸坡度相对缓些,大部基岩裸露,坡面崩滑堆积物极少,但沟道有零星小规模崩滑物堆积,而冲洪积物和泥石流停积物沿沟堆积较多,两岸有5条支沟汇入,支沟植被覆盖较好,但松散物源分布少,沟口基本无洪积物堆积;下游段为电站至白路沟沟口沟段,纵坡较缓,沟谷呈宽“V”或“U”字型,两岸坡度 45° 左右,局部稍缓,沟道较宽,达45.00~95.00 m,堆积较厚的洪冲积物。

2.2 物源条件

白路沟岩石受断裂破碎及风化剥蚀作用,尤其是遭受近代地震作用,为泥石流提供大量的物源。根据物源成因,可分为崩滑堆积物源和洪坡积物源两大类^[5],主要分布于白路沟高程2 050.00 m至沟口沟段。

(1)崩滑堆积物源:岩石受断裂破碎、风化、雨水剥蚀、软化润滑和重力作用,而产生崩塌;残坡积物受雨水剥蚀、软化润滑和重力作用,而产生滑坡。崩塌产生的松散固体物质,多堆积于左岸坡脚,堆积体结构松散,呈碎块、碎屑状,一般块径10.00~40.00 cm,细粒物质含量低,块度相对较大,规模较小。滑坡产生的松散碎屑物,多堆积于右岸山坡,堆积体呈碎块、碎屑状,一般块径10.00~30.00 cm,大者50.00 cm。受2008年汶川大地震和2013年“4.20”地震影响,崩塌和滑坡将进一步恶化^[4]。

(2)冲洪积物源:受水流作用,坡积物和崩滑堆积物随水流运移,并堆积于沟道。中游沟段物源丰富,颗粒较大,一般块径20.00~60.00 cm,堆积层厚约3.50 m;下游沟段物源更加丰富,颗粒相对较小,堆积厚度约6.50 m。冲洪积物是白路沟泥石流的主要物源类型。

2.3 水源条件

白路沟沟道及支沟均为季节性流水沟,具有山溪性水流陡涨陡落的特征。沟谷上游两岸边坡山高坡陡,各支沟纵坡大,有利于地表降水形成径流和汇集;但由于白路沟各支沟长度和沟域面积较大,各支沟降雨量的时空分配不均匀,支沟汇入主沟的时间会存在差异。所以白路沟洪水往往出现洪峰叠加且多峰的特点。大气降水是白路沟泥石流的主要水源。春季冰雪融水量小,沟域内地下水多为基岩裂隙水和岩溶水,水量均不丰富,因此,冰雪融水和地下水的流动惯量无法达到引发泥石

流的条件。而沟域内长时间降雨,或强降雨,或集中暴雨是引发泥石流的主要水源,也是白路沟泥石流的主要激发因素^[4-6]。

3 泥石流的冲淤特征

3.1 清水区冲淤特征

清水区位于白路沟上游段,两岸支沟发育,植被覆盖率大于90%,流水惯量较小,同时启动大量物源运移的能量不足,该区多表现为以冲为主的特点。

3.2 流通区冲淤特征

流通区位于白路沟中游段,边坡较陡,崩滑频发,物源丰富,水动力逐渐加强,基本属于物源-流通区。

在流通区上游沟道的高程2 050.00~1 710.00 m范围,沟道较顺直,沟谷纵坡降较小,沟道整体稍宽,一般25.00~50.00 m,利于泥石流松散固体物质停积。在较小洪水条件下,其淤积的速度大于冲蚀的速度,而表现为以淤为主的冲淤特征。在较大洪水条件下,或可能转变为以冲为主的冲淤特征。

在流通区下游沟道高程1 710.00~1 350.00 m范围,沟谷纵坡平均比降186.7‰,且沟道狭窄,一般沟宽13.00~25.00 m,洪水一般较大,冲刷能力相对较强,沟道多基岩出露,跌水坎发育,表现为以冲为主的特征。

3.3 堆积区冲淤特征

堆积区位于白路沟下游段,沟道纵坡较缓,沟宽50.00 m以上,两岸坡缓,有利于泥石流松散固体物质的淤积,且堆积层较厚,因此堆积区表现为以淤积为主的冲淤特征。

3.4 泥石流易发程度

根据《泥石流灾害防治工程勘查规范》(DZ/T0220-2006),根据地形、物源、水源三个泥石流形成条件,选择有代表性的15项因素进行调查,并进行数量化处理,对白路沟泥石流进行综合评判,评判结果N得分为92分,易发程度为易发^[3]。

4 泥石流发展趋势分析

4.1 发生频率和发展阶段

白路沟曾于1994年和2013年发生泥石流灾害,频率约为1次/19年,属于中频泥石流^[3]。从前期泥石流堆积的遗迹观察,堆积扇呈串珠状分布,依据堆积体层理和物质组成的差异分析,判断有新的堆积物覆盖在老的堆积物上,且有新泥石流侧蚀老泥石流堆积体并与老泥石流堆积体叠加的现象。这说明白路沟曾经历过多次强烈的泥石流活动。白路沟固体物质不具稠性,结构较松散,水流夹带的固体物质含量小于50%,石块等固

体物质在泥石流中以滚动或跳跃的方式移动,故白路沟泥石流为稀性泥石流^[7]。

4.2 发展趋势分析

白路沟泥石流流域内分布大量的不稳定松散堆积体,部分已出现垮塌。根据调查和分析计算,在暴雨频率 $P=5\%$ 和 $P=2\%$ 时,泥石流单次固体物质总量分别为 $0.92 \times 10^4 \text{ m}^3$ 和 $1.97 \times 10^4 \text{ m}^3$,泥石流峰值流量分别为 $284.23 \text{ m}^3/\text{s}$ 和 $346.74 \text{ m}^3/\text{s}$ ^[8]。按《泥石流灾害防治工程勘查规范》(DZ/T 0220-2006)表1泥石流单次堆积总量为 $1 \sim 10 \times 10^4 \text{ m}^3$,泥石流峰值流量 $>200 \text{ m}^3/\text{s}$ 的标准判别,预测泥石流规模为特大型。按该规范泥石流活动性分级表判别,白路沟泥石流活动性分级为高级,活动强度为强。按24 h雨量(H_{24})等值线图分区,对暴雨资料的统计分析,并结合前述泥石流形成条件分析,综合评判白路沟泥石流活动量化结果为21分,属易活动区。

白路沟沟域内曾爆发过多次泥石流活动,属于复合型泥石流,在“5.12”“4.20”大地震后,崩滑等次生地质灾害使沟域内松散固体物质增加,坡岸岩体稳定性进一步降低,当遇到集中强降雨时发生泥石流灾害的可能性较大。目前白路沟泥石流处于发展期,当地居民应该提高警惕,发现异常应及时撤离^[2]。

5 结论

白路沟流域内山谷高差相对较大,山高坡陡,利于

水源汇集合流,沟域内存在较多物源,在暴雨或强降雨作用下易形成泥石流,沟域内爆发过多次泥石流活动,特别是在“5.12”“4.20”大地震后,崩滑等次生地质灾害使沟域内松散固体物质增加,坡岸岩体稳定性进一步降低,当遇到集中强降雨时发生泥石流灾害的可能性较大。结合泥石流物源分布、成灾特征、动力学特征和防治目标等因素,可以通过主动稳固泥石流中下部沟道中的巨石群和较大孤石,在下游布设拦沙坝等建筑物,在沟口段进行排导槽防治工程分段优化设置,以能有效达到减防灾目的。

参考文献:

- [1] 谢航,易加强,高攀. 四川丹巴县卡垭沟泥石流发育特征及其发展趋势研究[J]. 西部探矿工程,2017(7):8~11.
- [2] 孙瑜,李宏俊,曹树波,等. 四川雷波碉楼沟泥石流特征及防治对策[J]. 地质灾害与环境保护,2017,28(1):1~6.
- [3] 刘希林,吕学军,苏鹏程. 四川汶川茶园沟泥石流灾害特征及危险度评价[J]. 自然灾害学报,2004,13(1):66~71.
- [4] 王家柱,任光明,余天斌,等. 四川芦山震区大叶龙沟泥石流发育特征及危险度评价[J]. 中国地质灾害与防治学报,2015,26(4):1~5.
- [5] 张建楠,马煜,张慧慧,等. 四川省都江堰市大干沟地震泥石流[J]. 山地学报,2010,28(5):624~627.
- [6] 唐邦兴. 中国泥石流[M]. 北京:商务印书馆,2000.
- [7] 杜玉龙,方维萱,柳玉龙. 东川铜矿区泥石流特征与成因分析[J]. 西北地质,2010,43(1):130~136.
- [8] 孙瑜,李宏俊,蔡鹏. 四川省大瑞乡泥石流灾害特征及减灾对策. 河北工程大学学报(自然科学版),2015,32(1):74~78.

编辑:张绍付

Development characteristics and trends of Bailugou dirt debris flow

ZHEN Fangwen^{1,2}, HUANG Yuanjin³, YANG Tao³, MA Jingjing⁴, FANG Zhen³, WU Chao³
 (1. Hainan PengYue Survey Design & Research Co., Ltd, Haikou 570100, China; 2 School of Water Conservancy and Ecology Engineering, Nanchang Institute of Technology; 3. Jiangxi Provincial Water Conservancy Planning and Designing Research Institute, Nanchang 330029, China; 4. Hainan Nonferrous Engineering Survey and Design Institute, Haikou 570100, China)

Abstract: The Bailu ditch located in the transitional area between Chengdu plain and West Sichuan Plateau. It has a large catchment area, the most slope of gully are steep. Based on the investigation of geology, geomorphology, hydrogeology, climate and human activities, the formation conditions, characteristics of erosion and deposition of debris flow are analyzed, and the development trend of debris flow is studied. According to the characteristics of study area such as the rich source, long time rainfall or concentrated rainstorm in the study area, Bailu ditch is assessed as a mega and movable debris flow. Once the outbreak of debris flow, it will pose a serious threat to the safety of nearby residents, buildings and the normal operation of the project. This paper provides a scientific basis for the comprehensive management of the basin.

Key words: Debris flow; Geological hazard; Hydrogeology; Geological structure; Genetic mechanism

翻译:郭庆冰