

石棉县银厂沟9.5泸定地震震后泥石流形成机理研究

杨春涛

西藏大学工学院 西藏拉萨 850000

【摘要】泥石流是一种突发的地质灾害，它的形成和发展主要受地质、地貌及气候等因素的控制和影响。尤其地震后产生的大量松散固体物质，为泥石流的活动储备了大量的物源。在强降雨等极端天气的加持下极易爆发泥石流灾害，造成严重的损失。本文研究9.5泸定震后发生在银厂沟的震后泥石流为例，通过实地调查和收集相关资料，分析了银厂沟的流域特征，特别是震条件下的泥石流灾害特征、成灾机理，在此基础上提出防灾减灾对策，为后期相关的泥石流灾害提供参考。

【关键词】泥石流；地质灾害；成灾机理；防治对策

引言

银厂沟位于四川省雅安市石棉县境内，地处青藏高原横断山脉向四川盆地过渡带，鲜水河断裂带主断裂在此经过，地形整体上较为陡峭，属高山峡谷地貌，地质构造活动强烈^[1]。受9.5泸定地震影响，断裂构造活动更为活跃，致使滑坡及崩塌等地质灾害频发，沟内物源类型多样，物源储量极为丰富，季节性降雨显著，易导致链式泥石流灾害发生，从而带来更大规模的危害。9.5泸定地震发生后，截止到9月8日发生Ms2.5级以上余震20余次，其中最大Ms4.5级地震发生在本次研究对象什月河流域附近田湾乡，与此同时石棉县境内的王岗坪乡、草科乡、新民乡均受到不同程度影响，受余震影响崩塌、滑坡、泥石流等次生灾害隐患点剧增，地灾防范任务较为艰巨。

1 研究区环境背景

研究区位于雅安市西南部，甘孜藏族自治州东南处，大渡河在此穿过，幅员面积较大，距离成都260余公里，北接泸定县，南接越西县，东临汉源县，西临康定市，紧靠海螺沟冰川森林公园。研究区位于石棉县西北部王岗坪彝族藏族乡，省道211线侧什月坪，距离石棉县城约35km，由省道211贯通相连，交通便利。

在地貌类型上，区内地势主要表现为西高东低，南北两侧高、中部低，具体呈现为南、北、西三侧地势向东部、中部倾斜的地势状态，最高海拔为5693 m，最低海拔为735m。主要有高山和极高山、中高山和高山、中山、低山及河谷地形三种类型。

气候条件上，类型为亚热带季风气候，多数区域位于低纬度地带，年均气温多在14℃以上，根据雅安市气象站点2012-2022年观测数据，年平均气温18℃，年平均最低气温为13℃，最高气温为23℃，年平均风速为3.9m/s，降雨主

要集中在6-9月份，如图1所示。

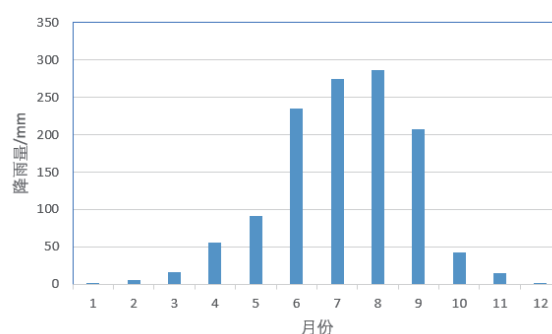


图1：石棉县各月平均降雨量分布图

2 银厂沟9.5震后泥石流形成条件

2.1 地形地貌条件

区域内虽然未有大量人为开发活动，但是受地震扰动影响，周围山体松动痕迹明显，岩体表面较为破碎，受震后滑坡影响植被覆盖率降低，地表应力集中，加之沟道两侧山体坡度较陡，碎石坍塌发生频率较高，故在沟道及沟岸已经累积了大量松散堆积物，这为泥石流的起动提供了丰富的物源基础。地形切割断裂明显。主河沟岸下游及各支沟下游坡度相对而言较为缓和，坡度在25°-35°之间，沟谷也呈“V”型，堆积物较多。研究区主沟道宽度变化较为明显，在主沟道上游沟道宽度较窄，中下游的沟道宽度明显变宽；各支沟中上游沟道宽度较窄，下游沟道宽度明显变宽。沟道走向整体上变化幅度较为缓和，为泥石流流通提供了很好的通道条件。

2.2 物源条件

泥石流形成与发展主要物质来源由坡面物源提供^[2]，在泥石流沟口位置往河道中游位置处延伸，沟道两侧山体有大量随处可见的滑坡体，其规模不一，滑坡产生的崩塌物是坡面物源的重要组成部分，根据现场调查，按来源可以

将其主要分为两类：一种是由覆盖层土体滑坡产生的，一种是由断裂构造引起的滑坡产生的。覆盖层土体滑坡产生的堆积物呈松散状，滑面清晰可见，其产生的原因是山体经过地震晃动的影响使得本就表层风化严重的岩体脱落，呈碎块状和砂土状，自上而下快速滑动，进而在坡脚不断进行堆积如图2所示。



图2：坡面物源

物源间转换关系，物源类型复杂多样，各类型物源之间相互交织相互影响，由覆盖层土体滑坡产生的堆积物和断裂构造引起的滑坡堆积物所共同组成的坡面物源在沟内径流的冲刷作用下被携带到河道中，运移至下游慢慢沉积下来形成沟道堆积物^[3]。堵塞物源在强降水的情况下汇水面积扩大，流量变大，冲开原有堵塞物，将堵塞物携带到中下游的沟道中，形成沟道堆积物。沟岸崩滑物源当遇到强降雨或径流增强时，也可被冲刷携带到沟道内从而形成沟道堆积物，从间接参与到转变为直接参与泥石流运动，如图3所示。

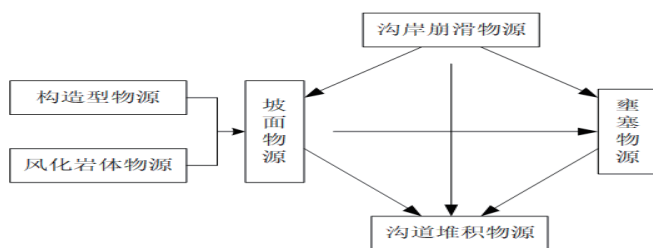


图3：物源转化关系

2.3 水源条件

泥石流的起动水源主要是来自大气降水。冰川融水及地下水补给程度较小，很难构成泥石流起动的有利条件，且研究区当地降雨量受季节影响因素较大，地表径流因此也就受季节性降雨的控制。由于研究区域靠近大渡河，原有地下水源充足，因此降雨形成的地表径流下渗程度较弱，暴雨的汇流是造成泥石流形成的主要水源来源。在强降雨作用下，雨水快速在沟道内汇集，降雨的同时也将坡面原

有的各类松散堆积物一并冲入沟道中，沿沟道而下，以揭底冲刷的方式携带卷动沟道内的松散物源，以“滚雪球”的形式向下游不断运动，且泥石流在不断运动过程中，其动能不断变大，产生的冲刷力不断增强，从而进一步扩大影响范围。

3 银厂沟震后泥石流成灾机理

3.1 泥石流灾害链形成条件分析

根据遥感解译和实地现场调查，研究区内存在内外地质综合作用的地质灾害链，尤其以断裂构造区域最为明显，也是研究区内地质灾害链最容易产生的主要区域。地震、滑坡和降雨三个因素为研究区内泥石流的主要诱发因素。通过调查发现，研究区内地质灾害链成因主要有以下特点：生态地质环境脆弱、地震引发碎裂岩体大量发育、短时强降雨。

3.2 泥石流灾害链模式及发展过程

研究区位于中国西南地区，属高山峡谷地貌，山地占比比例较高，地质环境相对脆弱，同时处于鲜水河断裂带和安宁河断裂带相交区域，地震频发，构造活动强烈。同时，因西南山区地质灾害链发展普遍具有内外动力耦合过程复杂、成灾模式类型多样等特点，在众多地质灾害链模式中，其中地震-滑坡-泥石流灾害链是本研究区最为典型的灾害链演进模式，链式环节相对单一，属内外动力耦合作用型地质灾害链。其内动力主要来自于地震和断裂带挤压和撕裂引起的，外动力主要来自于降雨影响。银厂沟泥石流灾害链主控因素是地震、滑坡及强降雨，主要诱发因素是降雨，在整个泥石流灾害链演进过程中，呈现灾害链典型的“多米诺效应”、“连锁反应”等特征，揭示了泥石流发展过程中运动规模和危险范围不断放大过程。

泸定9.5地震断裂构造活动产生了大量规模不一的崩滑地质灾害，银厂沟靠近震中区，因此流域内堆积了大量松散固体物源。根据遥感解译分析，流域河道内及支沟沟谷两侧岸坡分布了大量的松散堆积物，在降雨因素的加持下，大量固体物源被冲刷携带进入主沟道内，不断为泥石流提供物源基础。

根据现场实地调查，同时结合遥感影像分析，银厂沟泥石流灾害链主要为地震和断裂构造活动诱发大量滑坡体，其滑坡体大量在沟道和斜坡表面堆积，受暴雨作用影响，水流集聚汇集侵蚀沟底河床和两岸斜坡底部从而启动松散固体物源而爆发泥石流，最后冲积物在沟口处淤积。根据现场调查，将银厂沟泥石流灾害链发展过程做如下分析：

3.2.1 启动阶段

受泸定地震影响,流域内发育众多崩滑灾害,大量滑坡体堆积于沟道内或两岸陡峭斜坡上。在强降雨作用下,滑坡堆积体含水率增加,受强水流冲刷作用发生运移进入沟道内,随着降雨过程的持续,当滑坡体中含水率达到临界值后,岩土体力学性质改变,原有平衡状态被破坏,物源启动后并加速冲刷、携带搬运形成泥石流。

3.2.2 运动阶段

泥石流启动后,在沟道上游狭窄及局部崩滑频发地段,沟道易被堵塞,形成局部壅水,导致小规模堰塞产生,被堵塞的小规模的堆积体并不稳定,在水流流速变大的情况下极易被冲垮,引发阵发性泥石流,进一步扩大泥石流规模。泥石流在运动过程中对沟床的下蚀及沟道岸坡侧蚀作用不断增强,泥石流的破坏能力不断增强,同时整个运动过程动能也在不断累加,级联效应明显。

3.2.3 铺床淤积阶段

泥石流达到沟口后,地势由窄变宽,其动能和运输能力逐渐减弱,从中上游被冲刷携带下来的滑坡体物源在沟口进行不断淤积,形成堆积扇。经分析,后期随着泥石流的持续,淤积物在堆积扇上不断累积,堆积体厚度逐渐增加,与此同时,部分高能物质可能会冲过河流,停积后形成堰塞,部分可能会直接冲入大渡河支流中,在堆积区内中进行分散淤积。

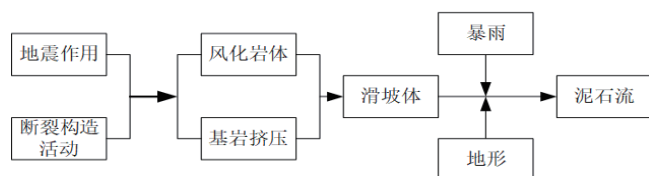


图4：银厂沟泥石流灾害链式发展过程图

4 结语

本文以石棉县银厂沟为研究对象,基于9.5泸定地震震后工程地质调查资料,结合文献检索和野外调研等手段,开展了震后活动断裂影响区银厂沟泥石流成灾机理、链式发展过程等研究,主要结论如下:

(1) 通过文献调研和野外调查,得出银厂沟泥石流为黏性泥石流,在受到地震作用影响下,流域内的松散堆积物剧增,微地貌发生改变并且在暴雨作用下形成规模逐渐变大、时间持续性长且震后仍然较为活跃的泥石流。

(2) 通过分析无人机影像和卫星遥感解译,得出受地震及构造活动影响,研究区物源类型主要以坡面物源、沟道及沟岸崩滑物源、壅塞物源等为主。覆盖岩土体风化产生的滑坡规模较小但数量较多,分散较广。后期受降雨因素影响滑坡体稳定性较差,易产生次生灾害。

(3) 研究区地质灾害链受内外地质综合作用,原有脆弱的地质生态环境、地震引发的碎裂岩体、短时强降雨是导致地质灾害链产生的基础条件。银厂沟地质灾害链发展过程主要分为启动、运动、铺床淤积三个阶段,在地震和断裂构造活动共同作用下,风化岩体及基岩挤压产生的滑坡体在暴雨和有利地形耦合作用下,最终引发泥石流灾害产生,链式过程明显。

参考文献:

- [1] 许强. 四川省8·13特大泥石流灾害特点、成因与启示[J]. 工程地质学报, 2010, 18(5): 596-608.
- [2] 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, 16(6): 751-758.
- [3] 谭万沛. 泥石流及其灾害的极大值[J]. 灾害学, 1987, 2(3): 79-83.