

四川凉山州冕宁县彝海镇“6·26”大型泥石流成因分析

杨柳青, 陈 容, 贺 拿, 罗南会

Analysis of the cause of the “6·26” large debris flow in Yihai Town, Mianning County, Liangshan Prefecture, Sichuan Province

YANG Liuqing, CHEN Rong, HE Na, and LUO Nanhui

在线阅读 View online: <https://doi.org/10.16031/j.cnki.issn.1003-8035.202112030>

您可能感兴趣的其他文章

Articles you may be interested in

四川省冕宁县华岩子沟火后泥石流成灾机理

Disaster mechanism of post-fire debris flow in Huayanzi gully, Mianning County, Sichuan Province

张绍科, 胡卸文, 王严, 金涛, 杨瀛 中国地质灾害与防治学报. 2021, 32(5): 79–85

基于“3S”技术的地质灾害监测预警系统在我国应用现状

Review on geological disaster monitoring and early warning system based on “3S” technology in China

张凯翔 中国地质灾害与防治学报. 2020, 31(6): 1–11

2004—2018年北京市突发地质灾害时空分布特点和监测预警状况

Temporal-spatial distribution and monitoring and early warning of sudden geological disasters in Beijing during the period of 2004 to 2018

程素珍, 路璐, 翟淑花, 张长敏, 郝春燕, 任凯珍 中国地质灾害与防治学报. 2020, 31(6): 38–46

基于虚拟参考站技术的滑坡高精度位移监测系统设计与实践

Design and practice of high precision landslide displacement monitoring system based on VRS

张鸣之, 湛兵, 赵文, 袁旭东, 李宏祥 中国地质灾害与防治学报. 2020, 31(6): 54–59

喜德县中坝村火后泥石流发育特征及预警避险

Study on the development characteristics of post-fire debris flow and its early warning risk aversion in Zhongba Village, Xide County

殷万清, 金涛, 胡卸文, 曹希超, 杨相斌, 黄健 中国地质灾害与防治学报. 2021, 32(3): 61–69

泥石流致灾因子敏感性分析——以四川都江堰龙溪河流域为例

Sensitivity analysis of debris flow to environmental factors: a case of Longxi River basin in Dujiangyan, Sichuan Province

李彩侠, 马煜, 何元勋 中国地质灾害与防治学报. 2020, 31(5): 32–39



关注微信公众号, 获得更多资讯信息

DOI: 10.16031/j.cnki.issn.1003-8035.202112030

杨柳青, 陈容, 贺拿, 等. 四川凉山州冕宁县彝海镇“6·26”大型泥石流成因分析[J]. 中国地质灾害与防治学报, 2023, 34(1): 94-101.
YANG Liuqing, CHEN Rong, HE Na, et al. Analysis of the cause of the “6·26” large debris flow in Yihai Town, Mianning County, Liangshan Prefecture, Sichuan Province[J]. The Chinese Journal of Geological Hazard and Control, 2023, 34(1): 94-101.

四川凉山州冕宁县彝海镇“6·26”大型泥石流成因分析

杨柳青^{1,2}, 陈容², 贺拿¹, 罗南会²

(1. 河南理工大学土木工程学院, 河南 焦作 454000;

2. 中国科学院、水利部成都山地灾害与环境研究所, 四川 成都 610041)

摘要: 2020 年 6 月 26 日晚 21 时左右, 彝海镇大马乌村和大堡子村爆发大型山洪泥石流, 此次泥石流灾害造成重大人员伤亡及财产损失。灾后通过收集当地基础资料, 结合现场调查及野外勘察等手段分析泥石流成因: 此次泥石流是由于前期地震及人类工程活动影响下, 导致该流域松散固体物质丰富且未及时疏通治理; 流域中上游坡体坡度较大, 地势陡峭, 为泥石流发育提供了良好的自然条件, 6 月 26 日晚上突降特大暴雨, 超出降雨阈值, 造成安宁河洪水泛滥, 冲毁堤坝, 引发特大泥石流。此次泥石流灾害给我们以重大警示: 应加强泥石流防灾减灾知识宣传, 指导当地居民选择合理场地进行工程活动并及时疏通河道, 加强山地灾害监测预警, 完善群测群防体系建设。

关键词: 彝海镇; 特大泥石流; 现场调查; 监测预警; 群测群防

中图分类号: P642.23

文献标志码: A

文章编号: 1003-8035(2023)01-0094-08

Analysis of the cause of the “6·26” large debris flow in Yihai Town, Mianning County, Liangshan Prefecture, Sichuan Province

YANG Liuqing^{1,2}, CHEN Rong², HE Na¹, LUO Nanhui²

(1. School of Civil Engineering, Henan Polytechnic University, Jiaozuo, Henan 454000, China;

2. Institute of Mountain Hazards and Environment, Chinese Academy of Sciences and Ministry of Water Resources, Chengdu, Sichuan 610041, China)

Abstract: At around 21 pm on June 26, 2020, a massive debris flow broke out in Damawu Village and Dabaozi Village, Yihai Town. This massive debris flow caused heavy casualties and property losses. After the disaster, the causes of debris flow were analyzed by collecting local basic information, combining it with field investigation and field testing. The debris flow was caused by the early earthquake and human activities, which led to abundant loose solid materials in the basin, and the loose solid materials were not dredged and treated in time. The slope of the upper and middle reaches of the basin is large and the terrain is steep, which provides good natural conditions for the development of debris flow. On the evening of June 26, heavy rain suddenly fell, which surpassed the rainfall threshold and caused the flood of the Anning River to wash away the dam and triggered the massive debris flow. The debris flow disaster gives us a major warning: we should strengthen the publicity of

收稿日期: 2021-12-26; 修订日期: 2022-06-18

投稿网址: <https://www.zgdzzhyfzxb.com/>

基金项目: 中国科学院战略性先导科技专项(A类)子课题(XDA23090303); 四川省科技计划资助(2019YFH0040); 河南省博士后经费资助(19030069)

第一作者: 杨柳青(1996-), 男, 河南周口人, 硕士研究生, 主要从事山地灾害防治方面的研究工作。E-mail: ylqeasy@163.com

通讯作者: 贺拿(1984-), 男, 河南永城人, 博士, 副教授, 硕士生导师, 主要从事山地灾害防治方面的教学和研究工作。

E-mail: hn61886@163.com

debris flow disaster prevention and mitigation knowledge, guide local residents to choose reasonable sites to carry out engineering activities and dredge the river course in time, strengthen the monitoring and early warning of mountain disasters, and improve the construction of group detection and prevention systems.

Keywords: Yihai Town; huge mudslide; field investigation; monitoring and early warning; mass prediction and disaster prevention

0 引言

泥石流作为常见的山区地质灾害^[1],因洪流中夹杂着巨量砂石,且暴发突然,对山区人民的生产和生活造成巨大威胁。尤其在震后,由于地壳运动引发山体破坏,导致碎石垮塌、树木根部受损,地震引起的大量滑坡、崩塌产生了丰富的松散物源,导致震后较震前引发泥石流的可能性更大^[2]。除此之外,随着我国工程技术的突飞猛进,西部山区的开发及“一带一路”建设如火如荼的进行,在指定场地集中堆放项目施工过程中产生的大量级配宽、体量大的弃土弃渣,也产生了大量的固体物质,在强降雨或上游来水的动力激发下,极易造成研究区水土流失,进而破坏周边各类基础措施、威胁人

民生命财产安全^[3]、阻碍社会经济发展与技术进步,对人类生存造成严重影响^[4]。

彝海镇在强对流天气作用下,2020年6月26日晚21时—27日凌晨3时安宁河流域内的彝海镇大马乌村和大堡子村出现历史上罕见的突发性特大暴雨。安宁河起源于四川省凉山州冕宁县彝海镇东侧的山谷内,其上游河道较窄,水位快速上涨,特大暴雨使安宁河冲毁原来的河道,洪水携带着大量的石块和树干冲毁了大量房屋、农作物及基础设施等(图1)。大堡子村在7h内降雨量可达145.7 mm,大马乌村降雨量高达197.5 mm。泥石流巨大的冲击力造成彝海镇及高阳街道近万人受灾,其中16人遇难、6人失踪。另外倒塌房屋670余间;因灾受损农作物上千ha;堤防、道路、电力线路受损



图1 泥石流灾害情况

Fig.1 Debris flow disaster situation

严重, 累计超 50km; 损坏便桥 6 座。直接经济损失高达 7.4 亿元^[5]。

1 研究区概况

位于四川省凉山彝族自治州冕宁县境东南部彝海镇安宁河畔的大马乌村和大堡子村(图 2), 东邻越西县板桥乡、中所镇, 西壤大桥镇, 南接高阳街道, 北连石棉县栗子坪^[6]。

1.1 气候及降雨特征

彝海镇隶属四川凉山彝族自治州冕宁县, 域内地势悬殊, 高海拔地区常年日照充足, 年均气温变化幅度小, 而早晚温差较大, 具有干湿分明寒带气候特点; 低海拔地区表现为冬暖夏凉、季节变化不明显等亚热带气候特征^[7]。研究区境内气候具有小范围差异: 东部平原地区处于安宁河流域, 因西南季风沿安宁河北上的暖湿气流, 安宁河流域平原区具有利于农业发展的半湿润且温暖较好气候条件; 北部海拔较高, 气候较为湿润; 西部雅砻江高山峡谷区, 因地形高差悬殊, 气候呈垂直分布, 存在江边亚热带气候及山顶寒温带气候。

冕宁县降雨情况及蒸发量因地貌不同存在差异。

东部、北部及山谷地区年均降雨量丰富, 而西部、南部及河谷地带常年干旱。湿气在北部高山拦阻下形成雨屏, 因此北部地区不易蒸发。彝海镇处于冕宁县北部, 其降水量丰富, 年均降雨量超 1 200 mm, 见图 3(a), 日最大 164 mm, 小时最大 150 mm。在年降雨中, 大多为夜间降雨, 超全年总降雨量 7 成^[8]。

1.2 地形地貌及地质构造情况

冕宁县地处青藏高原东缘, 面朝雅砻江^[9], 地势总体呈南低北高, 全区总面积 90% 为山地地貌, 地形起伏较大, 最大高差悬殊达 4 km, 研究区处于 2 500 ~ 3 000 m 高程处, 见图 3(b)。在南北向地质构造的影响下, 北西—南东走向的雪山在进入冕宁县域后呈树枝状形式, 由西到东, 分为 3 条并列的南北走向山脉, 且在 3 山间夹着两条南北向的径流, 总体展布为锦屏山、雅砻江、牦牛山、安宁河、小相岭等三山夹两水的地势形式。研究区内地质构造与康滇构造体系斜接, 归属于川滇构造体系, 其断裂主要是因东西向存在挤压应力, 而形成的南北向的断裂和褶皱。

冕宁县地层以出露较齐全、厚度大和岩石成岩时代多为特征, 总厚度 9 567 m 左右, 出露地层主要包括

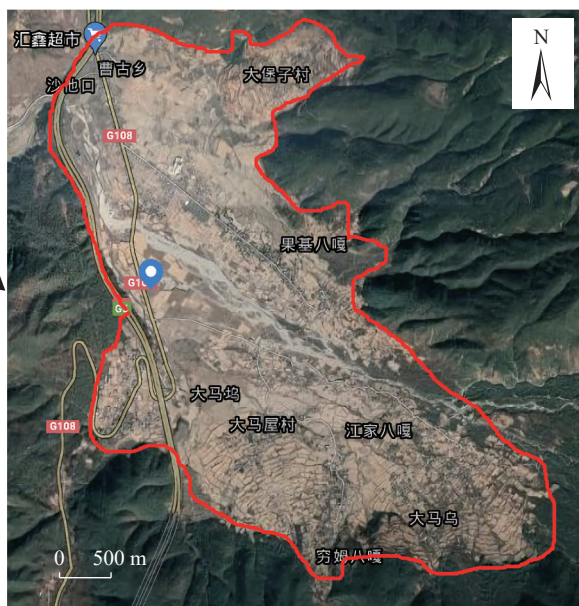
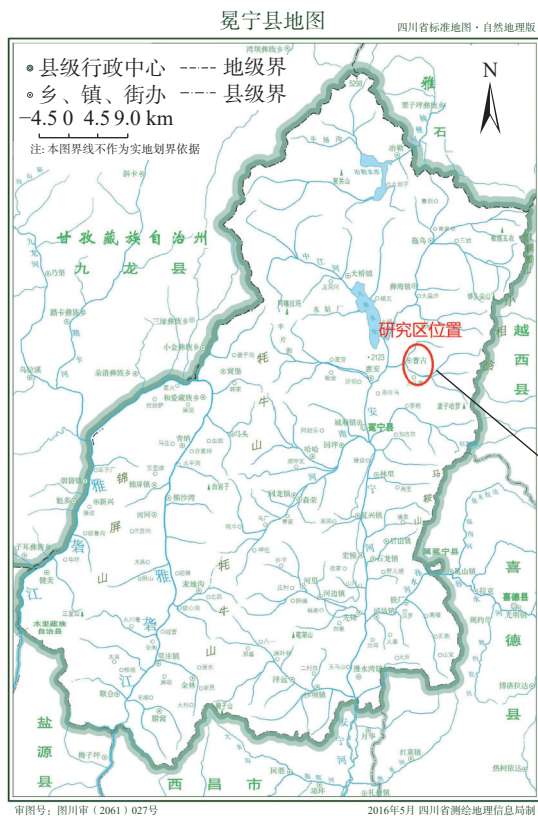


图 2 泥石流研究区位置

Fig. 2 Location of debris flow study area

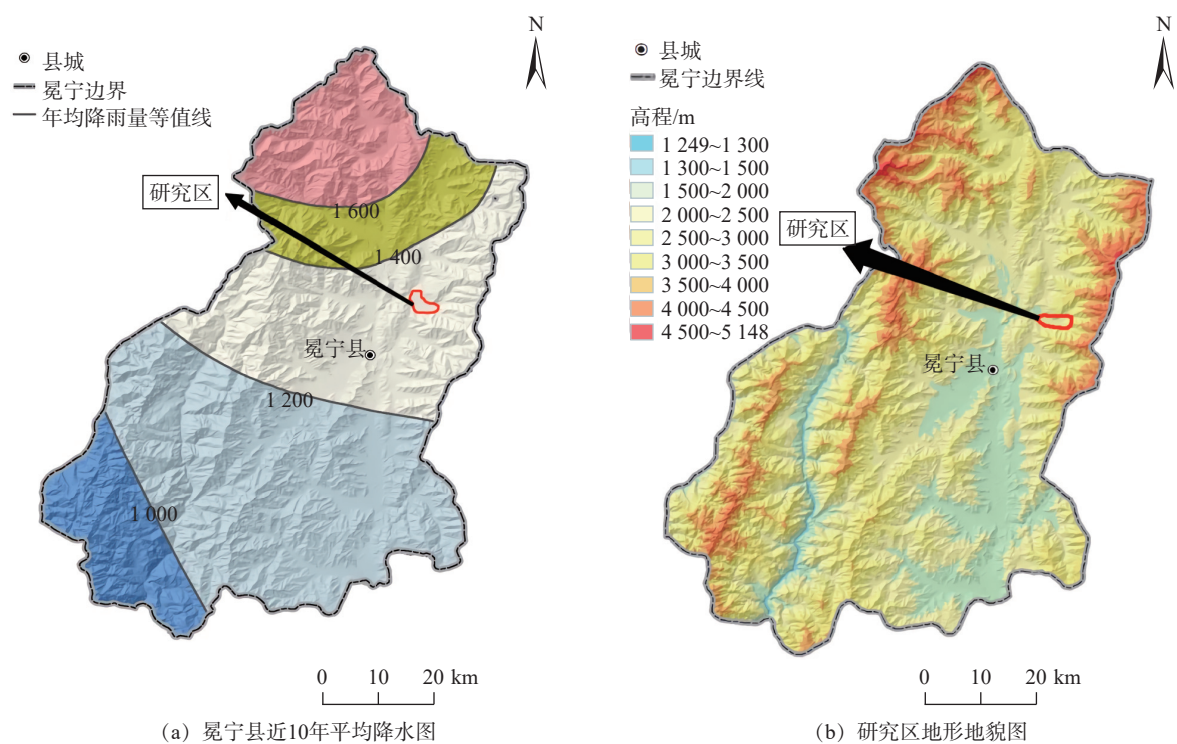


图 3 研究区基本概况^[8]

Fig. 3 Basic situation in research area

第四纪松散堆积物(Q)、二叠系(P)、三叠系(T)和震旦系(Z),且区内侵入岩较为发育,这种岩性比较松散,更容易发生泥石流。

1.3 泥石流体量

此次泥石流是由局地突发性强降雨引发,其容重及黏粒成分直接决定泥石流搬运能力,经现场勘察得知,泥石流在搬运中近 9 成为尺寸较小的石块(图 4)。通过室内颗粒级配实验,分析研究区保存完整的细颗粒泥石流沉积物的黏粒(粒径小于 5×10⁻³ mm)成分^[10]得知,此次泥石流的黏粒含量在 5.0%~10.5%。根据相关勘

查技术教材^[11]及技术规范^[12]计算泥石流容重,选择计算公式如式(1)。

$$\gamma_c = \lg \left[\frac{10x + 0.23}{|x - 0.089| + 0.1} \right] + e^{-20x-1} + 1.1 \tag{1}$$

式中: γ_c ——泥石流容重/(g·cm⁻³);
 x ——泥石流沉积物中的粒径小于 5×10⁻³ mm 的黏粒含量。

经过计算可知泥石流容重在 2.15 g/cm³ 左右。

利用形态调查法^[13],在安宁河沟下游村庄里,进行测量流经村庄的泥痕高度(图 5)、安宁河沟沟床纵比降及泥石流过流断面面积等,从而计算泥石流峰值流量^[14],计算公式如式(2)。

$$Q = W_v V \tag{2}$$

式中: Q ——泥石流峰值流量/(m³·s⁻¹);
 W_v ——泥石流过流断面面积/m²;
 V ——泥石流断面平均流速/(m·s⁻¹)。

通过式(3)计算:

$$V = \left(\frac{1}{n_c} \right) H_c^{2/3} I_c^{1/2} \tag{3}$$

式中: n ——泥石流沟的沟床糙率(石块粒径大多在是、10 cm 左右,挟有个别 2~3 m 的大石块,0.5 m< H_c <2 m),在此取为 0.077;



图 4 沟道中碎石

Fig. 4 Gravel in the ditch

H_c ——泥深/m;

I ——泥石流沟床比降/‰(约 150‰)。

经过计算可知本次泥石流水流经安宁河沟口流速为 2.69 m/s, 峰值流量为 171.21 m³/s, 冲出量为 14.3×10⁴ m³[15], 而安宁河沟口流量设计峰值为 96.80 m³/s, 流速为 2.69 m/s, 冲出量为 9.77×10⁴ m³。



图 5 流经村庄泥痕

Fig. 5 Mud mark in the village

2 灾害成因分析

地形陡峭、地势高差悬殊的地区, 经过长期风化作用, 陡坡上岩土体碎裂严重, 为泥石流的发育提供大量松散固体物源, 除此之外, 岩土工程施工及过度开采也会产生大量废渣, 在突发性暴雨作用下, 极易形成泥石流。因此, 泥石流暴发的高峰期一般在特定地形地质条件地区的汛期(冕宁县主要集中在 6—9 月, 见图 6)。彝海镇泥石流的发生主要受地形地貌条件、人类不规范工程活动、突发性强降雨等影响。

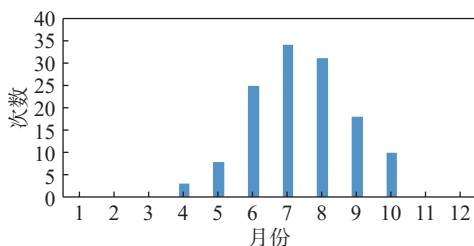


图 6 冕宁县地质灾害发生分布月份

Fig. 6 Distribution months of geological disasters in Mianning County

2.1 地形条件

特定的地形有利于提供充足的水动力及松散物源。根据曹晨等[16]及余斌等[17], 25° ~ 45°的岸坡坡度是引发泥石流的最佳条件。通过收集当地年鉴及勘察可知, 安宁河流域在 2008 年之后历经多次地震, 沟谷呈

深 V 切割状, 流域属高山侵蚀地貌, 两侧岸坡坡度 30°左右(图 7)。岸坡上破碎岩体势能较大, 流域内曾多次发生崩滑, 上游沟床纵比降较大(100‰ ~ 300‰), 岸坡坡脚处在沟道径流强烈冲刷下, 沟床内产生大量固体物质。在强降雨作用下沟谷间容易形成汇流, 这将提供充足的水源动力, 雨水储存在沟道形成区, 增加岸坡堆积物孔隙水压力, 破坏了岩土体的静态平衡, 产生大量的松散物源。在经过多次地震后, 沟道出现淤积和堵塞, 导致泥石流形成区扩大。



图 7 安宁河沟流域示意图

Fig. 7 Schematic diagram of the Anning River valley

另外, 因流域上游可形成汇流的各支沟沟床纵比降、沟长及沟道形态不同, 流域内水动力条件及输沙能力提高, 易形成洪峰。因此, 安宁河沟的地形条件是泥石流发生的主要原因之一。

2.2 人类活动的影响

人类的频繁活动改变了当地土体强度, 因建筑施工, 产生了大量的工业废料, 在大雨的冲刷下易形成泥石流。冕宁县处于高海拔山区, 县域面积 4 422.742 km², 人口近 32 万人, 人口分布不均, 河谷地带居民居多, 而山地地区较少, 乡镇、街道错落在安宁河两岸开阔的台地或坡地。

多年来, 受历史及地理位置的限制, 区内经济交通、工业化较落后, 以农业为主要的经济收入。其主要工程活动为: 农业活动、水电站的开发及应用、修房筑路以及矿产资源开采等。如今, 随着生产能力的提升, 县境内实现“路路通”, 因缺乏专业的技术支持, 筑路时的不合理削坡, 导致区域内形成大量的人工边坡, 且大多数缺乏有效的工程防护结构, 安全系数较低。因此, 安宁河流域附近的不规范工程活动是泥石流发生的主要原因之一。

2.3 物源条件

丰富的松散物源可以在充足的水动力下形成泥石流灾害。结合地面调查、遥感分析、资料收集整理得知,安宁河沟上游岸坡,在地震作用及长久的风化作用下,产生了大量的破碎岩体,且局部塌落,上游沟道内出现淤积和堵塞,导致泥石流形成区不断扩大。在 2008 年后,冕宁县共发生 137 次滑坡地质灾害,其中安宁河流域高达 47 次,除此之外,因交通不便,当地村民在进行工程活动后产生的大量工业废料未能及时运出,选择堆积在安宁河沟中下游附近,部分崩滑松散物源及工业废料,在强降雨和泥石流的冲刷下在沟道内形成近 40 万 m³ 的堆积物源,其中动储量超 10 万 m³,在泥石流流通区,沟道中松散物质持续补给泥石流,山洪携带的泥沙物质随之增多,增大了泥石流的规模和破坏力,进而发生泥石流灾害。

2.4 泥石流成因分析

结合陈宁生等^[18]如何判别泥石流流体性质的方式,按照容重指标得出“6·26”泥石流为大型中频黏性泥石流。区域内地震频发且人类工程活动及农业活动频繁,在安宁河沟道中产生大量崩滑松散物源及工业废料,在暴雨洪水的冲刷下形成堆积物源。由于沟谷纵坡大、下游地形陡峻、充沛的降雨(年均 1 200 mm 以上)等,泥石流在此地极易发育。

综上,彝海镇泥石流成因如下:(1)陡峭的地形:安

宁河沟谷呈深 V 切割状,地形陡峭,沟道纵比降较大;(2)丰富的松散物源:在地震频发及人类频繁的工业活动下破坏了流域内坡体及岩土体结构,区域内农业为主,居民退林还耕现象严重(图 8),降低了土体的稳定性,增加了松散物源;(3)充足的水动力:“6·26”泥石流前 7 小时内,研究区遭遇突发性强降雨,超过了区域降雨阈值(安全临界降雨量)(图 9),导致安宁河洪水泛滥,洪水携带着松散物源向下游冲刷,其流量大大超过了安宁河沟设计峰值流量,最终冲毁堤坝并发育为泥石流。



图 8 退林还耕

Fig. 8 Conversion of forest to farmland

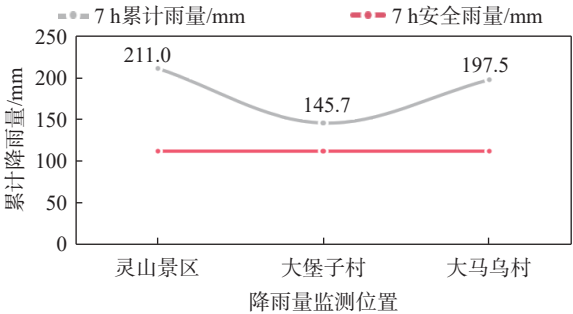


图 9 彝海镇不同监测点 6 月 26 日 18:00 至 6 月 27 日 1:00 累计降雨量

Fig. 9 Cumulative rainfall from 18:00 on June 26 to 1:00 on June 27 at different monitoring points in Yihai Town

灾害发生后,通过对受灾区进行详细勘察,发现研究区破坏严重的原因,主要是沟谷内居民房屋选址不佳、砖木结构房屋结构强度低;其次居民防灾知识薄弱、群测群防水平较低、逃生线路选择不当等。经过对安宁河流域详细勘察,沟道岸坡坡度大、地形陡峭,目前仍存在大量可参与泥石流活动的动储量(图 10),“6·26”泥石流后处于相对稳定状态,但若再次遭遇突发

性特大强降雨,将存在再次引发泥石流的可能。历经多次地震和强降雨,沟道内的松散物源有所增加,特别是崩滑作用形成的固体物质剧增,缩短了泥石流的发育周期。

3 防治措施建议

泥石流严重影响人民的正常生活,基本主要进行拦





图 10 安宁河沟目前松散物源

Fig. 10 Present loose source in the Anning River ditch

挡、排泄工程治理。除此之外,对边坡做支护处理也是非常必要,降低为泥石流的发育提供松散物源的趋势。结合现场实地考察分析,得出建议方案为:(1)因当地居民的生产生活,安宁河沟道受损严重,沟道旁修建的土路密实性及抗冲刷能力较差,当遇到突发性暴雨时,沟道出现堵溃,洪水将增强泥石流规模,对下游居民造成严重损失。因此需要对整条沟道进行定期清淤工作,并且在合适位置修建排洪通道,以便遇到大暴雨时,可以高效排洪,降低泥石流对下游的伤害。(2)处理沟道中的桥墩,在外表面加装橡胶保护,提高其抗冲刷能力,以防河道被摧毁。(3)在岩土工程施工或开采资源工作中尽可能避开雨季,对安宁河流域的降雨情况实时监测,及时预警,以防灾害发生。(4)当地主要收入以种植农作物为主,导致土质疏松,稳定性较差,因此可以通过栽种树木的方式加固土壤,以便提高其稳定性,减少松散物源,降低泥石流发生的可能性^[19]。(5)目前已建的防护堤被冲毁、淤满,需重修防护堤,且要加高防护安全高度。拟在泥石流堆积区沟道左岸重建防护堤,可提高沟道泥石流过流和泄洪能力及保护下游农作物。(6)采用挡土墙及抗滑桩等对未来工程建设产生的人工边坡进行防护。(7)原先居民房屋多为砖木结构,损失惨重,因此灾后重建要在安全地带建设钢混材料房屋及构筑生活区,以便提高抗震和抗冲刷能力。(8)提高群众安全意识,做好安全演练,提高居民群测群防水平。

4 结论

(1)2020年6月26日,冕宁县彝海镇发生大型泥石流,冲毁了河道、居民房屋及农田,严重威胁下游人员生命安全。判断此次是由局地强降雨造成的发生于夜

间、激发时间短、持续时间长、造成损失惨重的暴雨沟谷大型中频黏性泥石流。经过形态调查法,得出泥石流容重在 2.15 g/cm 左右,流经安宁河沟口峰值流量为 $171.21 \text{ m}^3/\text{s}$,冲出量为 $14.3 \times 10^4 \text{ m}^3$,严重超出了安宁河沟口设计峰值流量。

(2)其主要原因为安宁河沟谷呈深切割状,地势陡峭,坡度及沟床纵比较较大,为泥石流发育提供了良好的自然条件。且区域内地震频发及人类活动频繁,所以该流域松散固体物质丰富,在特大暴雨下,引发大型泥石流。

(3)6月26日暴发的大型泥石流,造成了重大人员伤亡及财产损失,主要原因为:①当地居民防灾减灾意识相对较为薄弱;②房屋选址不当(大部分房屋位于泥石流流通区)以及房屋建筑结构安全性较差;③泥石流灾害相关知识较为匮乏,灾害发生时不能正确选择逃生路线。

(4)经过无人机勘察现场可知,此次泥石流冲出量为 14.3 万 m^3 ,仅占动储量的 43%、流域物源总量的 20.9%,安宁河沟道内仍有近 50 万 m^3 的松散物源,超 27 万 m^3 动储量将再次引发泥石流,尤其在中、下游局部沟道堵塞情况较严重。若再次遇到突发性强降雨,将再次遭遇泥石流袭击,特别在未来 5—10 a 将频繁暴发。

参考文献(References):

- [1] 李小龙,宋国虎,向灵芝,等.基于不同评价单元和灾害熵的泥石流危险性分析——以白龙江流域武都段为例[J].中国地质灾害与防治学报,2021,32(6):107-115. [LI Xiaolong, SONG Guohu, XIANG Lingzhi, et al. Hazard analysis of debris flows based on different evaluation units and disaster entropy: A case study in Wudu section of the Bailong River Basin [J]. The Chinese Journal of Geological Hazard and Control, 2021, 32(6): 107-115. (in Chinese with English abstract)]
- [2] 王凤娘,贺拿,陈容,等.九寨沟县西番沟泥石流调查[J].山地学报,2019,37(4):622-630. [WANG Fengniang, HENA, CHEN Rong, et al. Investigation of debris flow in Xifangou, Jiuzhaigou County, China [J]. Mountain Research, 2019, 37(4): 622-630. (in Chinese with English abstract)]
- [3] 魏正发,曹小岩,张俊才,等.青海省滑坡崩塌泥石流灾害时空分布特征[J].中国地质灾害与防治学报,2021,32(6):134-142. [WEI Zhengfa, CAO Xiaoyan, ZHANG Juncan, et al. Temporal and spatial characteristics of landslide, rockfall and debris flow disasters in Qinghai Province during the period [J]. The Chinese Journal of Geological Hazard and Control, 2021, 32(6): 134-142. (in Chinese with English abstract)]

- abstract)]
- [4] 陈丽荣. 突发性泥石流对旅游景区生态破坏程度评估方法 [J]. *灾害学*, 2020, 35(2): 30–33. [CHEN Lirong. Assessment method of eco-damage degree of sudden debris flow to tourist scenic spots [J]. *Journal of Catastrophology*, 2020, 35(2): 30–33. (in Chinese with English abstract)]
 - [5] 李桂, 黄哲程. 四川冕宁暴雨灾害已致16人遇难6人失联 [N]. 新京报, 2020-07-03(8). [LI Gui, HUANG Zecheng. Sixteen people have been killed and six are missing in Mianning, Sichuan province [N]. The Beijing news, 2020-07-03(8). (in Chinese)]
 - [6] 沈正芳. 冕宁年鉴(2020) [Z]. 冕宁: 冕宁县人民政府, 2020. [SHEN Zhengfang. The yearbook in Mianning(2020) [Z]. Mianning: Mianning Country People's Government, 2020. (in Chinese)]
 - [7] 廖珩云. 昔格达组粘土岩蠕变特性试验研究及其边坡蠕变变形分析——以四川江铜稀士工业园区边坡为例 [D]. 成都: 成都理工大学, 2016. [LIAO Hengyun. Experimental study on creep characteristics of xigeda'clay rock and its slope creep analysis: A case analysis of A slope in industrial park of Sichuan Jiang Tong [D]. Chengdu: Chengdu University of Technology, 2016. (in Chinese with English abstract)]
 - [8] 许英杰. 四川冕宁县滑坡地质灾害发育特征及风险性评价研究 [D]. 成都: 成都理工大学, 2017. [XU Yingjie. Study on development characteristics and risk assessment of landslide hazards in Mianning County Sichuan Province [D]. Chengdu: Chengdu University of Technology, 2017. (in Chinese with English abstract)]
 - [9] 张绍科, 胡卸文, 王严, 等. 四川省冕宁县华岩子沟火后泥石流成灾机理 [J]. 中国地质灾害与防治学报, 2021, 32(5): 79–85. [ZHANG Shaoke, HU Xiewen, WANG Yan, et al. Disaster mechanism of post-fire debris flow in Huayanzi gully, Mianning County, Sichuan Province [J]. The Chinese Journal of Geological Hazard and Control, 2021, 32(5): 79–85. (in Chinese with English abstract)]
 - [10] 赵鑫, 张海太, 赵志芳, 等. 滇西北海巴洛沟“7·28”降雨-冰川融水混合型泥石流成因研究 [J]. 工程地质学报, 2020, 28(6): 1339–1349. [ZHAO Xin, ZHANG Haitai, ZHAO Zhifang, et al. Study on the genesis of rainfall-glacier mixed type debris flow of haibalo gully in northwest Yunnan on July 28, 2019 [J]. Journal of Engineering Geology, 2020, 28(6): 1339–1349. (in Chinese with English abstract)]
 - [11] 陈宁生. 泥石流勘察技术 [M]. 北京: 科学出版社, 2011. [CHEN Ningsheng. Investigation technolog for debris flows [M]. Beijing: Science Press, 2011. (in Chinese)]
 - [12] 泥石流灾害防治工程勘察规范(试行): T/CAGHP 006—2018 [S]. 北京: 中国地质灾害防治工程行业协会, 2018. [Specification of Geological Investigation for Debris Flow Stabilization: T/CAGHP 006—2018 [S]. Beijing: China Association of Geological Hazard Prevention, 2018. (in Chinese with English abstract)]
 - [13] 龚兴隆, 陈昆廷, 陈晓清, 等. 则查洼沟“8·4”泥石流灾害成因分析 [J]. 中国水土保持科学, 2020, 18(5): 96–103. [GONG Xinglong, CHEN Kunting, CHEN Xiaoqing, et al. On the causes of “8·4” debris flow disaster at Zechawa Gully [J]. Science of Soil and Water Conservation, 2020, 18(5): 96–103. (in Chinese with English abstract)]
 - [14] 周必凡, 李德基, 罗德富, 等. 泥石流防治指南 [M]. 北京: 科学出版社, 1991: 80. [ZHOU Bifan, LI Deji, LUO Defu, et al. Guide for Debris Flow Prevention [M]. Beijing: Science Press, 1991: 80. (in Chinese)]
 - [15] 陈志, 杨志全, 刘传秋. 云南省麻栗坡县猛洞河“9.02”泥石流调查 [J]. 山地学报, 2019, 37(4): 631–638. [CHEN Zhi, YANG Zhiquan, LIU Chuanqiu. Investigation of the “9.02” debris flows in Mengdong River, Malipo County, Yunnan, China [J]. Mountain Research, 2019, 37(4): 631–638. (in Chinese with English abstract)]
 - [16] 曹晨, 余斌, 马二龙, 等. 四川汶川县佛堂坝沟“7·10”泥石流调查研究 [J]. 泥沙研究, 2019, 44(1): 38–43. [CAO Chen, YU Bin, MA Erlong, et al. Study on debris flow in Fongtuba Gully after the earthquake at Wenchuan County of Sichuan Province [J]. Journal of Sediment Research, 2019, 44(1): 38–43. (in Chinese with English abstract)]
 - [17] 余斌, 王涛, 朱渊. 浅层滑坡诱发沟谷泥石流的地形和降雨条件 [J]. 水科学进展, 2016, 27(4): 542–550. [YU Bin, WANG Tao, ZHU Yuan. Research on the topographical and rainfall factors of debris flows caused by shallow landslides [J]. Advances in Water Science, 2016, 27(4): 542–550. (in Chinese with English abstract)]
 - [18] 陈宁生, 黄蓉, 李欢, 等. 汶川5·12地震次生泥石流沟应急判识方法与指标 [J]. 山地学报, 2009, 27(1): 108–114. [CHEN Ningsheng, HUANG Rong, LI Huan, et al. Emergency judge method and index of debris-flow sites triggered by 5·12 Wenchuan earthquake [J]. Journal of Mountain Science, 2009, 27(1): 108–114. (in Chinese with English abstract)]
 - [19] 陈文强. 关于岩土工程地质灾害的成因与防治研究 [J]. 世界有色金属, 2020(13): 179–180. [CHEN Wenqiang. Study on the causes and prevention of geotechnical engineering geological disasters [J]. World Nonferrous Metals, 2020(13): 179–180. (in Chinese with English abstract)]