

doi: 10.19388/j.zgdzdc.2024.283

引用格式: 唐尧,王立娟,孙彧,等. 基于遥感技术的地震高发区山洪-泥石流灾害应急侦测与搜救分析——以汉源县马烈乡“7·20”灾害为例[J]. 中国地质调查,2024,12(2): 112-119. (Tang Y, Wang L J, Sun Y et al. Emergency detection and rescue analysis of flash flood and debris flow in earthquake-prone areas based on remote sensing technology: A case study of “7·20” disaster in Malie Township of Hanyuan County[J]. Geological Survey of China, 2024,12(2): 112-119.)

基于遥感技术的地震高发区山洪-泥石流灾害 应急侦测与搜救分析 ——以汉源县马烈乡“7·20”灾害为例

唐尧^{1,2}, 王立娟^{1,2}, 孙彧³, 郭万佳^{1,2}, 边瑞^{1,2}

(1. 四川省安全科学技术研究院, 四川 成都 610045; 2. 重大危险源测控四川省重点实验室, 四川 成都 610045; 3. 四川省应急管理厅应急指挥中心, 四川 成都 610047)

摘要: 为有效提升地震高发区突发自然灾害的应急监测与搜救能力,利用国产高分卫星与无人机遥感技术对突发的四川汉源县马烈乡新华村山洪泥石流灾害,开展了灾害流域地形地貌特征分析,解译了灾情房屋建筑数量,预估了受影响人口数量,进行了灾情预判与灾情应急侦测与搜救分析。结果表明:因灾受影响人口约0.3万人,预估备用帐篷约400顶、饮用水6.6 t/d;距离灾区最近的救援队伍为汉源县消防救援大队,距离15.8 km(山路),灾区及周边分布卫生防疫力量13支,受影响矿山企业5家,因灾被毁房屋48处、受损房屋25处、断道点7处;结合灾后现场搜救需求,在重点受灾区分划了3个搜救区,圈定了18处搜救关注区,其中上游4处、下游14处;优选了2条通往马烈乡灾区的救援生命线,建议以马烈乡新华小学与马烈中心小学为临时转移安置场所。基于遥感技术的灾情侦测与搜救分析方法,对提高灾害发生后的现场人员搜救与应急备灾的针对性以及提升川西地区山洪泥石流灾害的应急侦测与人员搜救效率等,具有借鉴意义。

关键词: 汉源县; 马烈乡; 山洪泥石流; 应急侦查; 搜救分析

中图分类号: P694

文献标志码: A

文章编号: 2095-8706(2025)02-0112-08

0 引言

地震高发区山洪-泥石流是一种常见的自然灾害,通常发生在地震后的山区,由于地震破坏了山体的稳定性,使得震后山洪泥石流的发生频率和规模通常会比其他地区更高^[1]。山洪-泥石流具有破坏性大、突发性强、危及面广、重复成灾、季节性明显等特点。受山高坡陡、沟壑纵横等特殊的地质与气候条件影响,近年来我国西南山区山洪-泥石流灾害多发频繁,但临灾及灾后侦测手段有限,难以满足灾后应急救援与现场人员搜救精准决策

的客观需求。随着科学技术的进步,特别是物联网、大数据、人工智能等新兴技术的发展,以高分卫星与无人机为代表的遥感技术日新月异,前者可提供大范围灾情分布信息,后者能在重点灾区进行精细化监测,两者结合可极大提升山洪-泥石流的应急侦测与搜救能力,保障灾害应急监测的时效性与准确性。

由于成灾环境比较复杂,山洪-泥石流灾害侦测难度比较大,前人对山洪泥石流灾害研究多集中在灾前临灾监测、风险隐患排查、预警预报及成灾机理等方面。马文瑞等^[2]和李钰等^[3]开展了山洪泥石流灾害形成机理研究;柳清文^[4]以小流域为

收稿日期: 2024-08-08; 修订日期: 2025-03-11。

基金项目: 四川省天府青城计划项目“多源数据统计分析及震后应急数据驱动决策方法研究(编号: F468220241107)”和四川省科技厅重点研发项目“川渝山火态势预测及应急防控关键技术装备(编号: 2024YFFK0111)”联合资助。

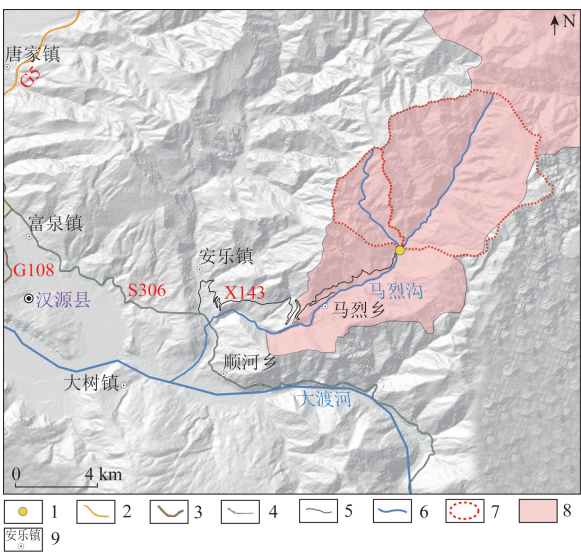
第一作者简介: 唐尧(1985—),男,正高级工程师,主要从事自然灾害遥感监测与应急处置方面的研究工作。Email: tangyao9528@163.com。

对象,研究了山洪泥石流形成条件并进行了危险性评价;吴杭^[5]提出了改进模型的山洪与泥石流灾害敏感性评价分析;曹琛^[6]在地质定性认识与评价的基础上,构建了泥石流沟的地质概念模型,对小流域山洪 – 泥石流灾害预测预警进行了研究。然而,这些研究侧重点较为单一,仅对成灾机理、危险性评价、敏感性等灾前情况进行研究,“空跑”频率高,无法有效指导搜救,具有较多应急侦测需求痛点或盲区,存在捕捉灾情现状的现代化手段、应急灾情态势把握、人员搜救决策、抢险救援支撑不足等问题。本文利用国产高分卫星和无人机遥感“大范围 + 高精度”优势,开展汉源县马烈乡“7·20”山洪 – 泥石流灾害应急侦测,分析灾害流域内地形地貌特征,快速研判灾后搜救区和救援生命线,旨在为灾区现场人员科学搜救与防灾、减灾、救灾提供决策支撑。

1 研究区概况

汉源县位于大渡河中游,地处横断山脉北段东缘,为川西高原与四川盆地间的过渡地带,地形以山地为主,地势四周高山环绕,中部河谷低平。行政区域上东与洪雅县与乐山金口河区相邻,南连甘洛县,西接泸定县与石棉县,北倚荣经县^[7],总面积约2 400 km²,区内下辖9乡12镇,常驻人口约28万人。县内有G5京昆高速、G108国道自县城西部经过,S306省道自县城东北方向经富泉镇、顺河乡通往甘洛县(图1)。灾害发生所在地新华村地位于汉源县东北部,行政上隶属于马烈乡,处于海拔约1 700 m的高山地区,距汉源县34 km(山路)。从汉源县城出发到马烈乡需花费近1个小时,攀上高山,沟深坡陡,地势落差大,道路狭窄,路上时有落石,救援车辆、机具、物资等进入困难,救援难度较大。2013年和2019年研究区分别发生了7.0级和4.5级地震,是典型的地震高发区域,且有雨城之称,是四川省降雨最多的地区^[8]。

2024年7月20日凌晨2时30分许,四川省雅安市汉源县马烈乡新华村出现点暴雨,最大小时雨强达53.8 mm,其中19日20时至20日8时,累计降雨量达107.5 mm,受点暴雨影响,马烈河突发大水,上游的石头与大量泥沙受雨水冲击翻滚而下,形成山洪 – 泥石流灾害,山洪裹挟沿途枯枝砂石冲向下游河道,形成绵延约5 km的堆积体,掩埋道



1. 灾害位置; 2. G5 京昆高速; 3. G108国道; 4. S306 省道; 5. X143 县乡道; 6. 河流; 7. 汇水区; 8. 马烈乡范围; 9. 地名

图1 汉源县马烈乡灾害地理位置

Fig.1 Geographical location of the disaster in Malie Township of Hanyuan County

路,冲毁桥梁和电力、通信等基础设施,导致通信、交通中断(图2)。截至7月28日,灾害共造成18人遇难,23人失联,40余处房屋,超60 km道路受损。灾情发生后,当地迅速启动自然灾害一级救助应急响应、一级防汛应急响应、地质灾害二级应急响应,成立灾害抢险救援应急指挥部,全力开展搜救工作。



图2 汉源县马烈乡灾害现场照片

Fig.2 Disaster scene photos in Malie Township of Hanyuan County

2 遥感数据源

马烈乡灾害应急灾情侦测,利用的遥感数据源

(表 1)主要有高分二号、资源一号、高分一号 D、灾害前后的低空无人机 (unmanned aerial vehicle, UAV) 航测数据以及现场照片等,其空间分辨率多为 1.0 m、2.5 m、2.0 m 及 0.2 m 等,影像时相为灾前的 2024 年 3 月 15 日、2024 年 6 月 30 日与灾后 2024 年 7 月 21 日、2024 年 7 月 22 日与 2024 年 7 月 23 日。遥感数据完成了校正、配准、融合与镶嵌、裁剪等处理流程。

表 1 遥感数据源使用统计表

Tab.1 Statistical table of remote sensing data source usage

遥感数据源	影像分辨率/m	获取时间	备注
GF2 - PMS1 - L1A13731456001	1.0	2024 - 03 - 15	灾前
ZY1E - VNIC - L1B0000800553	2.5	2024 - 07 - 21	灾后
GF1D - PMS - L1A1257452030	2.0	2024 - 07 - 22	灾后
UAV	0.2	2024 - 06 - 30	灾前
UAV	0.2	2024 - 07 - 21	灾后
UAV	0.2	2024 - 07 - 23	灾后
现场照片		2024 - 07 - 21	灾后

3 灾情预判与应急备灾

3.1 流域地形地貌

结合灾区地形地貌与卫星影像分析,本次灾害流域平面形态总体呈枫叶状,由烂泥沟与新合沟两部分组成,汇水面积为 49.8 km²,分东、西两部分,分别为 8.6 km² 与 41.2 km²,属高山峡谷地貌,呈北高南低,地形陡峻,两侧坡度为 35°~70°,局部基岩出露。流域西侧的烂泥沟为一条山涧小溪,自豆腐石桥 (山洪中垮塌) 下流过,再往下游 100 m 处与东侧的新合沟头汇流,形成马烈沟,该流域最高处位于西侧的大沟头,高程约 3 100 m,沟口高程约 1 700 m,相对高差近 1 400 m,主沟长度约 5.7 km,平均沟床纵坡降为 245‰; 东侧则相对较缓,最高点高程约 3 000 m,沟口高程约 1 800 m,主沟长度约 8.9 km,沟床纵比降为 134‰ (图 3)。流域内坡度较陡,沟道呈典型“V”字型,易于集雨与沟道中松散固体物源集聚流动。沟内有峨富公路 (X143) 自沟口蜿蜒而过,且公路贴近河谷,路边与河边又都有紧贴的建筑物,布局存在一定安全隐患。

通过遥感解译与现场调查表明,本次灾害主要为暴雨引发,属山洪诱发泥石流叠加复合成灾。马烈沟位于汉源县东北部马烈乡的马烈河流域 (大

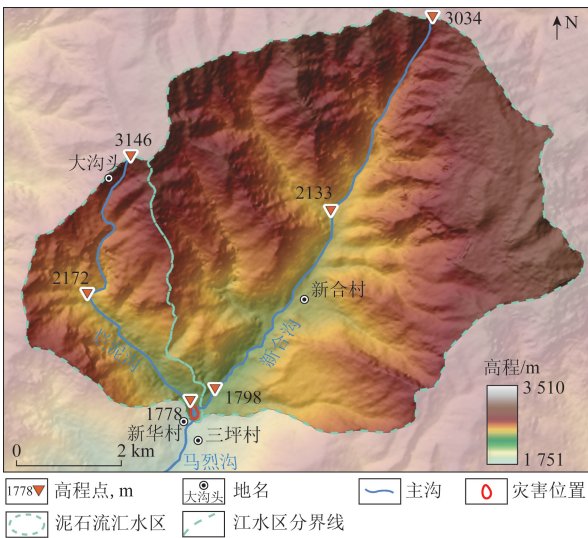


图 3 研究区汇水区地形地貌图

Fig.3 Topographic and geomorphic map of the catchment in the study area

渡河支流),灾害具有典型降雨 - 泥石流灾害链式效应,区内断裂构造活动致使沟内松散物源与不稳定坡体发育,加之受 2013 年 7.0 级和 2019 年 4.5 级地震影响,沟内集聚了大量物源基础,在上游暴雨作用下,由于重力作用,形成大股地表径流,裹挟沿途土石及枯木,逐渐发展为高容重黏性比泥石流流体,且流速与流量不断增大,瞬间冲毁沟内交通干道、民居房屋、重要桥梁及耕地农田等基础设施与农作物,其中沟口受灾最重、灾损最大。

3.2 灾情预判与应急备灾

灾情先期预判为应急救援提供重要决策,主要通过估算灾区因灾受影响人口来实现,先期备灾主要指应急备灾物资需求预判、灾区受威胁对象与救援资源分布等^[9-10]。其中因灾受影响人口估算为参考前人关于“灾害人口热力图”经验,基于全国 2020 年版人口分区县统计基底数据^[10],采用标准公里格网单元 (1 km × 1 km) 统计,分析马烈乡灾区及下游区域人口分布情况,完成灾区受影响人口快速宏观初判。同时利用灾区灾前、灾卫星影像,结合灾后山洪泥石流掩埋房屋情况与现场反馈照片等资料,预估灾区受影响人口数量,通过解译,灾区房屋建筑约 730 处 (户) (其中因灾被毁房屋 48 处、房屋受损 25 处),按每处 (户) 居住 4 人估算,初步预判本次受影响人口约 0.3 万人。

参考应急救援领域相关标准与规范 (《GB/T 44010—2024 救灾帐篷通用技术要求》^[11]、《DB41/T 2471—2023 应急与备用水源管理技术规范》^[12]),结

合马烈乡灾区当地居民组成情况(家庭以农村留守老人与儿童的家庭为主),为提高当地群众安置效率与帐篷使用率,应急备灾帐篷建议以 12 m² 规格帐篷为主,送抵灾区。考虑到灾害发生在盛夏,灾区群众对干净与便携式瓶装饮用水需求较大,基于前述受影响人口,预估本次备灾用帐篷约 400 顶、饮用水 6.6 t/天。灾害发生后及时获取受影响区的救援力量、医院、学校、矿山及危化企业等威胁对象信息,对快速研判灾情、实现精准救援具有重要意义^[13-14]。

研判结果表明,距离灾区最近的救援队伍为汉源县消防救援大队,距离 15.8 km(山路),灾区及周边分布卫生防疫力量 13 支,其中医院 3 支、卫生院 10 支(图 4(a)),其中最近的为马烈乡卫生院;区内分布 8 所小学,其中马烈乡新华小学、马烈中心小学与万工明德小学可作为临时转移安置避难场所备选,受影响矿山企业 5 家,危化企业 1 家、重要水库 1 座(图 4(b)),建议加强汛期安全防范排查。

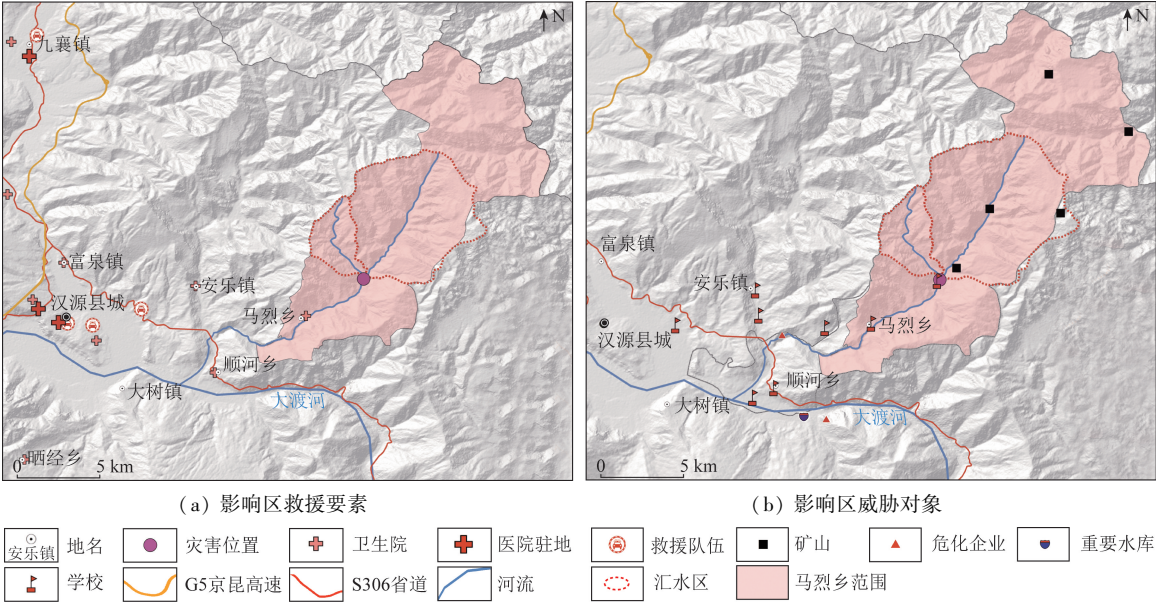


图 4 研究区救援要素与威胁对象分布

Fig. 4 Distribution of relief elements and threatened objects in the study area

4 灾情应急侦测与搜救分析

4.1 灾情应急侦测

结合灾后(2024 年 7 月 22 日)遥感影像、灾后失联人员上报点位与应急救援队伍力量构成等,开展灾情侦测分析,灾害冲毁区主要分布在两个沟口汇流区域,总体呈倒“L”型分布,覆盖峨富公路新华村沟口段与沿沟道两岸展布区域的房屋、道路、耕地等。灾害发生后,马烈乡新华村村部通往该村 5 组、6 组(烂泥沟方向)与新合村 2 组、3 组(新合沟方向)的生命交通线 X143、Y104 的多处路基被冲毁,路面被淤泥与砂石堵塞,区内交通、电力及通信均中断,处于“三断”状态。基于灾后遥感影像与翼龙无人机回传实时视频共解译断道点 7 处(图 5),主要分布在 X143 峨富公路新华村段与 Y104 新合村段,断道主要为泥石流冲毁路基所致,急需临时搭建便道保障应急救援通行需求。



图 5 重点受灾区冲毁区和搜救分区建议(2024 年 7 月 22 日)

Fig. 5 Suggested map of washed-out area and search and rescue area in the key disaster-stricken region(2024. 07. 22)

4.2 应急搜救分区

结合灾后现场搜救需求,将本次灾害重点受灾区(烂泥沟与新合沟汇流处的冲毁区域)划分为3个搜救区(图5),3个搜救区呈“品”字型分布,其中:1号搜救区位于新合沟至峨富公路(X143)公路桥之间的区域,重点搜救沿新合沟两侧民居房屋失联与遇难人员;2号搜救区自峨富公路(X143)公路桥到豆腐石桥之间区域,搜救重点是峨富公路(X143)沿途靠河沟的垮塌房屋处的失联人员;3号搜救区包括豆腐石桥到烂泥沟区域与到下游新华小学拐弯处区域,该区域是失联与遇难人员的主要分布区域,建议作为首要或重点搜救区域。

4.2.1 上游搜救关注区

通过对比灾前无人机影像(2024年7月1日)、灾后高分卫星(2024年7月22日)、应急无人机航摄(2024年7月21日)及现场反馈照片、失联人员信息等资料,将灾区上游区域划定了4处搜救关注区(图6),提高灾后应急搜救的效率与针对性。4处搜救关注区总体呈“Y”字型分布,其中:1号搜救关注区分布在烂泥沟与新合沟交汇处,行政上隶属于新华村,灾后地表沿河道散布有大量直径1至数米的大砾石,区内因灾损毁桥梁1处(豆腐石桥),损毁房屋9处,损坏房屋4处,损坏道路约300m,区内地势相对上游地区

较平缓,有不少居民聚集,人口相对集中,灾情最重;2号搜救关注区分布在烂泥沟上游河道较缓处,行政上属新华村6组的大沟头,区内因灾损毁房屋12处,损坏房屋1处,损坏道路约560m;3号搜救关注区分布在新合沟上游河新合村2组的观音岩,区内因灾损毁房屋9处,损毁桥梁1处,损坏房屋9处,损坏道路约580m;4号搜救关注区分布在3号关注区的上游,行政上隶属于新合村3组的庙儿梗,为两个次级子沟(瓦板山沟、龙头沟)的汇合处,区内因灾损毁房屋16处,损毁桥梁1处,损坏房屋6处,损坏道路约600m(乡村道路)。

4.2.2 下游搜救关注区

为保障灾后失联人员搜寻更高效的展开,基于灾后高分卫星遥感影像与无人机航测数据,结合下游的河道走向,分析出灾后河道下游回水湾共计14处搜救关注区(图7),可作为失联、失踪人员的搜救重点关注区,其中:H14搜救关注区位于马烈河汇入汉源湖入口处,距冲毁区10.6km(沿河道距离,下同),距汉源湖0.2km,地势相对平缓宽阔,搜寻失联失踪人员可能性较大;H5、H6、H7搜救关注区位于马烈河中部,为平缓河流到下游高山峡谷过渡区域,地理上位于马烈乡乡政府驻地附近,分别距冲毁区约3.4km、3.8km、4.2km,距汉源湖距离分别为5.9km、6.3km、6.7km,这几处搜救关注区搜寻失联人员可能性大;H1搜救关注区距冲毁区约700m,距汉源湖约8.9km,该处为马烈河距冲毁区最近的一处回水湾,新华村失联人员出现在该处可能性极大。因此,建议失联人员搜寻分组开展,从豆腐石桥断桥处到汉源湖距离约11.2km范围,分为8个搜寻小组,沿河左、右岸开展人员搜寻工作。其中第1搜寻小组为豆腐石桥断桥处至下游1km区域,第8搜寻小组负责豆腐石桥断桥处下游11km至汉源湖(含湖区)区域,第2至第7搜寻小组为从下游1km开始依次增加1.5km范围区域。各小组人员建议由当地消防救援队员、公安特警及县乡干部构成,并酌情配备无人机、生命探测仪、搜救犬及搜救汽艇等救援装备,按照统一协调、分区搜救的原则,做好抢险救援相关工作。



图6 灾后河道上游灾区搜救关注区遥感监测图
(2024年7月22日)

Fig.6 Remote sensing monitoring map of the concern area for search and vescu in the upper reaches of the river after the disaster (2024.07.22)

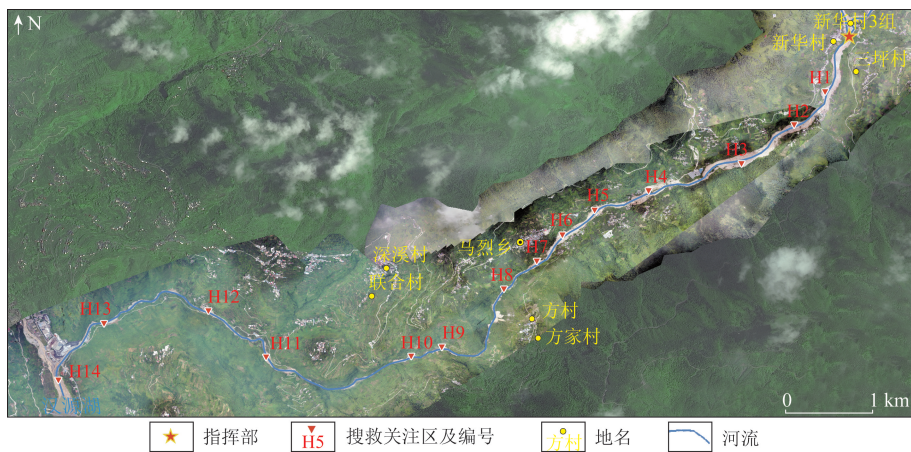


图7 灾后河道下游回水湾搜救关注区遥感监测图(2024年7月23日)

Fig.7 Remote sensing monitoring map of the concern area for search and rescue in the backwater bay in the lower reaches of the river after the disaster(2024.07.23)

4.3 救援与转移建议

为提高灾后应急救援效率,保障应急救援队伍与物质的有序安全抵达灾区^[13,15],本研究利用灾后高分卫星影像与无人机航拍数据,开展通往灾区的重要交通生命线通达性与优选分析^[3,6,13]。结果表明,通往马烈乡灾区的优选救援生命线有两条(图8):第一条为自汉源县出发,沿省道S306,经富全镇到顺河乡,再沿峨富公路(X143)经安乐镇到马烈乡新华村灾区,救援队伍以汉源县消防救援大队为主构成;第二条为从雅安市出发,沿G5京昆高速到汉源富泉镇,转省道S306,并入第一条路线到达新华村灾区,主要为雅安市或成都方向的应急增援救援力量。考虑到灾区急待救援的迫切需求与

物资供应保障条件,建议首批救援力量进入灾区自带1~2 d的干粮及干净饮用水,协调当地或附近挖掘机等装备,以人员搜救为第一要务,兼顾道路抢修与通信修复,必要时协调空中力量实行跨区域救援。后续救援力量建议以医疗防疫、民生保障、通信电力保障等为主,携带医疗消毒药品、生活物资(帐篷、棉被、折叠床、米面油等),保障救援力量与被救援人员的基本生产生活需求。同时,考虑到新华村受灾较重、受灾人员较多及距离汉源县城较远(山路)等实际情况,建议以马烈乡新华小学与马烈中心小学为临时转移安置场所,两处场所均为学校,有大量教室可作为安置场地,且周边地势相对平缓,距马烈乡卫生院较近,可保障基本防疫、简单医护需求。

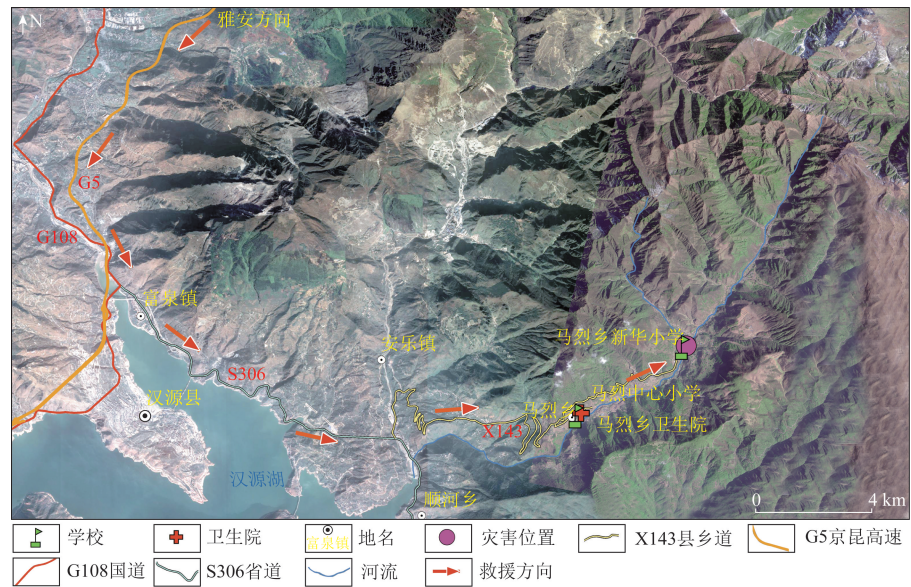


图8 应急救援生命线示意图

Fig.8 Schematic diagram of the lifelines for emergency rescue

5 结 论

(1)利用国产高分卫星与无人机遥感技术,对地震高发区突发的山洪-泥石流灾害开展了灾情应急侦测与搜救分析。马烈乡因灾受影响人口约0.3万人,灾区及周边分布卫生防疫力量13支,受影响矿山企业5家,解译断道点7处。区内分布8所小学,其中马烈乡新华小学、马烈中心小学与万工明德小学可作为临时转移安置避难场所备选。

(2)应急搜救方面,将重点受灾区划分为3个搜救区。上游划定了4处搜救关注区,其中1号搜救关注区灾情最重。下游回水湾划定14处搜救关注区,可作为失联、失踪人员的搜救重点关注区。为保障灾后应急救援效率,优选两条救援生命线。建议首批救援力量以人员搜救为第一要务,兼顾道路抢修与通信修复,后续救援力量以医疗防疫、民生保障、通信电力保障等为主,携带医疗消毒药品、生活物资,保障救援力量与被救援人员的基本生产生活需求。同时,建议以马烈乡新华小学与马烈中心小学为临时转移安置场所。

(3)本研究在一定程度上解决了突发灾害“三断”情况下临灾及灾后侦测手段有限、灾区数据获取难度大、时效性低、针对性不强、辅助决策措施匹配度弱与可靠性差等难题。但仍存在一些问题,如灾后数据处理方面大数据与人工智能使用程度偏低,表现为应急侦测与搜救成果智能化水平低、针对性不强,在灾情态势把握、指挥决策与抢险救援支撑等方面仍待加强,这将是未来研究的重要方向。

参考文献 (References):

[1] 靳文,张国涛,邹强,等.震后泥石流活跃期的新认识——以四川汶川“8·20”灾害事件为例[J].山地学报,2019,37(5):787-796.
Jin W,Zhang G T,Zou Q,et al. A new understanding of the activity behavior of post-earthquake debris flow: Taking “8·20” event in Wenchuan, Sichuan, China as an example[J]. Mountain Research, 2019, 37(5): 787-796.

[2] 马文瑞,肖建强,崔泽宇.陕西省长安区“8·11”突发山洪泥石流灾害形成机理分析及防御思考[J].地下水,2024,46(4):152-154.
Ma W R,Xiao J Q,Cui Z Y. Analysis of the formation mechanism of “8·11” sudden flash flood and mudslide disaster in Chang'an District, Shaanxi Province, and thoughts on defense[J]. Ground

Water, 2024, 46(4): 152-154.

[3] 李钰,甘滨蕊,王协康,等.四川省甘洛县2019年群发性山洪泥石流灾害的形成机理[J].水土保持通报,2020,40(6):281-287.
Li Y,Gan B R,Wang X K,et al. Formation mechanism of group flash flood/debris flow disasters in Ganluo County, Sichuan Province in 2019[J]. Bulletin of Soil and Water Conservation, 2020, 40(6): 281-287.

[4] 柳清文.福建三明市区后山小流域山洪泥石流形成条件分析及危险性评价研究[D].成都:成都理工大学,2020.
Liu Q W. Formation Condition Analysis and Risk Assessment of Mountain Torrents and Debris Flows in Houshan Small Watershed of Sanming City, Fujian Province[D]. Chengdu: Chengdu University of Technology, 2020.

[5] 吴杭.基于SMPHSM-HGCR改进的CF模型对山洪与泥石流灾害敏感性评价——以内蒙古狼山中西段为例[D].北京:中国地质大学(北京),2019.
Wu H. The CF Model Enhanced by SMPHSM-HGCR for Evaluating the Hazard Susceptibility of the Floods and Debris Avalanches in the mid-west Segment of Langshan Range, Inner Mongolia[D]. Beijing: China University of Geosciences (Beijing), 2019.

[6] 曹琛.北京市房山区西区沟小流域山洪泥石流灾害预测预警研究[D].长春:吉林大学,2017.
Cao C. Study of Flash Flood and Debris Flow Disaster Prediction and Early Warning System for Xiqugou Catchment, Fangshan District, Beijing[D]. Changchun: Jilin University, 2017.

[7] 翟兆斌.雅安市汉源县范家沟泥石流发育特征及危险性评价[D].成都:西南交通大学,2022.
Zhai Z B. Development Characteristics and Risk Assessment of Debris Flow in Fanjia Gully, Hanyuan County, Ya'an City[D]. Chengdu: Southwest Jiaotong University, 2022.

[8] 徐奕梓,樊晓一,张友谊,等.四川省汉源县中海村滑坡动力学特征数值分析[J].中国地质调查,2022,9(4):102-111.
Xu Y Z,Fan X Y,Zhang Y Y,et al. Numerical analysis on dynamic characteristics of Zhonghai Village landslide in Hanyuan County of Sichuan Province[J]. Geological survey of China, 2022, 9(4): 102-111.

[9] 唐尧,王立娟,赵娟,等.遥感技术在“6·17”丹巴堵江泥石流灾害链灾区应急救援抢险决策中的应用[J].中国地质调查,2020,7(5):114-122.
Tang Y,Wang L J,Zhao J,et al. Application of remote sensing technology in emergency rescue decision about “6·17” Danba River debris flow disaster chain[J]. Geological survey of China, 2020, 7(5): 114-122.

[10] 国务院第七次全国人口普查领导小组办公室.中国人口普查年鉴—2020[M].北京:中国统计出版社,2022.
Office of the Leading Group of the State Council for the Seventh National Population Census. China Population Census Yearbook - 2020[M]. Beijing: China Statistics Press, 2022.

[11] GB/T 44010—2024 救灾帐篷 通用技术要求[S].
GB/T 44010—2024 Disaster Relief Tents - General Technical

Requirements[S].

[12] DB41/T 2471—2023 应急与备用水源管理技术规范[S].
DB41/T 2471—2023 Technical Specification for Emergency and Backup Water Source Management[S].

[13] 张磊. 面向地震灾情时序变化的应急救援物资需求动态预测研究[J]. 灾害学, 2018, 33(3): 161–164.
Zhang L. Research on dynamic demand prediction of emergency relief materials oriented to the temporal and spatial change of earthquake disaster losses[J]. Journal of Catastrophology, 2018, 33(3): 161–164.

[14] 唐尧, 王立娟, 邓琮, 等. 泥石流灾害应急救援辅助决策研究——以小金县城隍庙沟泥石流为例[J]. 国土资源信息化, 2021(3): 54–60.

Tang Y, Wang L J, Deng C, et al. Research on aided decision – making for emergency rescue of debris flow disasters: A case study of debris flow in Chenghuangmiaogou, Xiaojin County[J]. Land and Resources Informatization, 2021(3): 54–60.

[15] 单诗涵, 王旭红, 李廷友. 四川汉源万工集镇“7·27”灾后泥石流预测分析与综合防治[J]. 中国地质灾害与防治学报, 2012, 23(4): 6–10.
Shan S H, Wang X H, Li T Y. Debris flow prediction and comprehensive treatment of “7·27” post – disaster of Wangong Town, Hanyuan County, Sichuan Province[J]. The Chinese Journal of Geological Hazard and Control, 2012, 23(4): 6–10.

Emergency detection and rescue analysis of flash flood and debris flow in earthquake – prone areas based on remote sensing technology: A case study of “7·20” disaster in Malie Township of Hanyuan County

TANG Yao^{1,2}, WANG Lijuan^{1,2}, SUN Yu³, GUO Wangjia^{1,2}, BIAN Rui^{1,2}
(1. Sichuan National Defense Science and Technology Information Institute, Chengdu Sichuan, 610045, China; 2. Major Hazard Measurement and Control Key Laboratory of Sichuan Province, Chengdu Sichuan, 610045, China; 3. Emergency Command Center, Sichuan Emergency Management Agency, Chengdu Sichuan, 610047, China)

Abstract: In order to effectively enhance the emergency monitoring and rescue capabilities for sudden natural disasters in earthquake – prone areas, the researchers in this paper took the sudden flash flood and debris flow disaster in Xinhua Village of Malie Township in Hanyuan County of Sichuan Province as an example and used domestic high – resolution satellites and unmanned aerial vehicle remote sensing technology to analyze its terrain and land-form characteristics of the disaster basin. The number of buildings affected by the disaster were interpreted, and the number of affected population was estimated. Besides, the disaster situation was predicted, and the emergency detection and rescue analysis were conducted. The results showed that about 3 000 people were affected by the disaster, and 400 disaster preparedness tents and 6.6 t/d of drinking water were prepared. The nearest rescue team to the disaster area was Hanyuan County Fire and Rescue Brigade, located 15.8 km away by a mountain road. There were 13 health and epidemic prevention forces distributed in and around the area, and 5 mining enterprises were affected. Forty – eight houses were destroyed and 25 houses were damaged, with 7 roads cut off due to the disaster. Three rescue areas were designated in the key affected areas, and a total of 18 search and rescue focus areas were delineated, including 4 upstream and 14 downstream areas. Priority has been given to two rescue lifelines leading to the disaster area in Malie Township. And it is recommended to use Xinhua Primary School and Malie Township Central Primary School in Malie Township as temporary relocation sites. The disaster detection and rescue analysis method based on remote sensing technology has great significance for improving the pertinence of on – site personnel search and rescue and emergency preparedness for disasters, and enhancing the efficiency of emergency detection and personnel search and rescue in the flash flood and debris flow of the western Sichuan Province.

Keywords: Hanyuan County; Malie Township; flash flood and debris flow; emergency detection; rescue analysis
(责任编辑: 刘丹)