

木里县“7·13”泥石流自然灾害成因分析与防治建议

李晖

四川省凉山水文水资源勘测中心

DOI:10.12238/hwr.v9i5.6371

[摘要] 四川省凉山彝族自治州木里藏族自治县(以下简称凉山州木里县)地处四川省西南部,青藏高原与四川盆地过渡带,地形复杂,地质活动频繁,山洪泥石流灾害频发。本文基于地质条件、气象因素及人类活动影响,通过分析研究木里县“7·13”泥石流自然灾害的形成原因表明,地形陡峭、松散物源丰富及短时强降雨是主要诱因。本文结合当地实际,提出了一系列防治建议,旨在为泥石流灾害的预防和应对提供科学依据。

[关键词] 木里县; 泥石流; 成因; 防治建议

中图分类号: TV144 **文献标识码:** A

Cause analysis and prevention suggestions of the "7.13" mudslide natural disaster in Muli County

Hui Li

Liangshan Hydrology and Water Resources Survey Center

[Abstract] Muli Tibetan Autonomous County, located in the southwestern part of Sichuan Province, is situated in the transitional zone between the Qinghai-Tibet Plateau and the Sichuan Basin. The area features complex terrain and frequent geological activities, leading to frequent mountain floods and debris flows. This study examines the formation of the '7·13' debris flow disaster in Muli County by analyzing geological conditions, meteorological factors, and human activities. It identifies steep terrain, abundant loose material sources, and short-term heavy rainfall as the primary causes. Based on local realities, the study proposes a series of prevention and control measures, aiming to provide a scientific basis for the prevention and response to debris flow disasters.

[Key words] Muli County; debris flow; cause; prevention and control suggestions

泥石流是一种突发性强、破坏力大的自然灾害,常发生在山区或沟谷地带,严重威胁着人类生命财产安全和生态环境。凉山州木里县因其特殊的地形和气候条件,成为山洪泥石流高发区。近年来,木里县多次发生山洪泥石流灾害,造成了惨痛的人员伤亡和经济损失。本文通过分析木里县“7·13”泥石流的形成原因,结合木里县的实际,提出针对性的防治对策建议,为灾害的防治提供参考。

1 泥石流自然灾害的形成

$$Q = 0.278\Psi iF \frac{S}{\tau^n} F$$

1.1 流域概况

凉山州木里县“7·13”泥石流主要位于龙卧洞沟,龙卧洞沟为雅砻江左岸一级小支流,发源于保波乡瓦岗村马家组马家铺西北面的马海火山,源头最高海拔3390m,源头~马家铺西北向

东南流,经马家铺后向东流,流域呈长条形,水系不发育,流经保波乡瓦岗村、龙卧洞村,于2005公路桥120m后汇入雅砻江,龙卧洞沟全流域集雨面积22.7km²,河道全长11.45km,河道平均比降259.9‰;瓦岗村马家铺公路桥以上龙卧洞沟集雨面积9.20km²,河道全长5.02km,河道平均比降283‰;左岸小支沟集雨面积2.06km²,河道全长2.757km,河道平均比降315.9‰。

1.2 水源触发雨水情分析

1.2.1 雨量站点分布情况。龙卧洞沟流域最近处共有两处自动雨量站,其中水利部门木里县山洪灾害防治非工程措施自动雨量站:保波乡政府雨量站;气象部门自动雨量站:保波雨量站。

1.2.2 降雨过程。根据保波乡政府雨量站(水利)、保波雨量站(气象)观测资料,统计2023年7月13日8:00~7月14日8:00,气象部门的保波雨量站1小时最大降雨量12.7mm、6小时最大降雨量30.4mm、24小时降雨量45mm;水利部门的保波乡政府雨量站1小时最大降雨量10.5mm、6小时最大降雨量30.0mm、24小时降雨量30mm。两站6小时最大降雨基本一致。

1.2.3本流域各频率暴雨分析。流域内无实测系列暴雨资料,设计暴雨按《四川省暴雨统计参数等值线图册》(2010年)中规定值及计算方法确定,根据工程所在流域中心位置,查得相应数据,得出本次灾情降雨过程,气象部门的保波雨量站1小时最大降雨量12.7mm、6小时最大降雨量30.4mm、24小时降雨量45mm;水利部门的保波乡政府雨量站1小时最大降雨量10.5mm、6小时最大降雨量30.0mm、24小时降雨量30mm。

本次降雨过程与计算的各项频率设计暴雨成果对比,可以看出,本次降雨6小时最大降雨量30.0mm、30.4mm,与 $p=50\%$ (2年一遇)基本一致,保波雨量站24小时降雨量45mm,与表2-3计算成果的24小时设计暴雨 $p=50\%$ (2年一遇)基本一致,仅大0.3mm,因此,可以根据这两个雨量站的实测雨量成果,判断为2年一遇。

由于瓦岗村马家铺受灾点上游无雨量观测资料,因此,也不排除上游斑状暴雨(或者点状暴雨)的可能。

1.2.4洪水分析计算。瓦岗村马家铺受灾点河段,河床已淤积抬高2~4m,因此无法调查该次洪水过程,布干流跨沟桥已被冲毁,从现场情况来看,该桥行洪通道曾被堵塞,造成干流水无法下泄,而冲向右岸玉米地,后来桥址处物源及来水将桥冲毁,上游淤堵物迅速下泄,而该段干流比降陡,造成桥址处上、下游沟道两岸冲刷下切。

根据《四川省中小流域暴雨洪水计算手册》(新版)推荐的水科院研究的推理公式,水利部推荐的推理公式,适用于全面产流条件下的全面汇流和部分汇流两种情况,该公式的形式为:

$$Q = 0.278 \Psi i F \frac{S}{\tau^n}$$

当全面汇流条件下 $\tau \leq t_C$ 时

$$\Psi = 1 - \frac{\mu}{S} \tau^n$$

当部分汇流条件下, $\tau > t_C$ 时

$$\Psi = n \left(\frac{t_C}{\tau} \right)^{1-n} t_C \left[(1-n) \frac{S}{\mu} \right]^{1/n}$$

$\tau = \tau_0 \Psi^{1/(4-n)}$

$$\tau_0 = \frac{0.278^{3/(4-n)}}{\left(\frac{mj^{1/3}}{L} \right)^{4/(4-n)SF)^{1/(4-n)}}$$

式中:

Q: 最大流量 (m^3/s);

Ψ : 洪峰径流系数;

i: 最大平均暴雨强度 (mm/h);

S: 暴雨雨力, 即最大一小时暴雨量 (mm/h);

n: 暴雨公式指数;

F: 集雨面积 (km^2);

L: 河流长度 (km);

J: 河道平均比降 (%);

τ : 流域汇流时间 (h);

τ_0 : 当 $\Psi=1$ 的流域汇流时间 (h);

t_C : 产流历时 (h);

μ : 产流参数, 即产流历时内流域平均入渗强度 (mm/h);

m: 汇流参数。

参数分析计算:

F: 断面控制集雨面积。

L: 从分水岭量至洪水计算断面。

J: 从分水岭算至洪水计算断面。

流域特征值 F、L、J、 θ

采用本次经复核的集雨面积 F、主河道长 L、平均坡度 J, 流

域特征系数 θ 按下式求得:
$$\theta = \frac{L}{J^3 F^4}.$$

①河流特征值 F、L、J

在航测图上量算设计断面集雨面积 (F)、河流长度 (L)、河道比降 (J)。

表1.2-4 流域特征值表

断面	集雨面积 (km^2)	河长 (km)	比降 (%)
马家铺受灾点小支沟	2.06	2.76	315.9
冲毁桥址处以上龙卧洞沟	9.20	5.018	283.0

②设计暴雨

流域内无实测暴雨资料,设计暴雨按《四川省暴雨统计参数等值线图册》(2010年)中规定值及计算方法确定,根据工程所在流域中心位置,查得相应数据,见表2-2和表2-3。

由于流域面积小于 $25km^2$, 因此,用点暴雨代替面暴雨。

③洪水成果

采用所选取的产汇流计算参数,用推理公式计算出桥梁断面以上流域各频率设计洪峰流量,根据《凉山州2023年山洪灾害风险隐患排查评价木里县山洪灾害隐患排查成果报告》,马家组博博多沟危险区防洪能力为“较弱”,现状防洪能力大于5年一遇,小于10年一遇,因此本次2年一遇的洪水,根据分析计算,2年一遇洪水水深2.5m,住户离沟底高5m,没有上游滑坡及沟道冲刷带来的物源在受灾点处淤积,本身不会对危险区造成灾害。

1.3成灾原因分析

龙卧洞沟中山深切割山地貌,沟谷比降大。海拔3700~1650m,岸坡高陡,相对高差大于500m,岸坡坡度在 $35^\circ \sim 55^\circ$ 之间,随处可见陡崖。沟谷形态整体为“V”型谷。物理地质现象主要为岩体的崩塌,堆积层岸坡垮塌。沟谷以冲刷为主,岩沟两

岸有大量固体物质随沟而下。存在山洪泥石流危害,以自然地质环境为主导因素,以暴雨、人为不良活动为主要诱因的特点。

由于不良物理地质现象,龙卧洞沟口沙滩坪处在2017年就曾发生泥石流灾情。

对于以前瓦岗村马家铺受灾点上游支沟,造成该区松散堆积体由于侧蚀沟岸,引发斜坡坡脚失去支撑而失稳,滑坡堆积物堆积于沟道内的,在上游来水时堆积体被冲刷、裹挟进入下游河段。

“7·13”泥石流受灾点支沟上游左岸第二处滑坡体处于蠕变阶段。灾害发生前,长约90m,宽约30m,厚约1~2m,方量约为 $0.41 \times 10^4 \text{m}^3$,堆积物为块碎石土,坡度约 $40^\circ \sim 50^\circ$ 。该滑坡前缘直达沟底,易被沟水冲刷坡脚,堆积体结构松散,整体稳定性较差。目前,长约90m,宽约30m,厚约1m,方量约为 $0.27 \times 10^4 \text{m}^3$,堆积物为块碎石土,坡度约 $40^\circ \sim 50^\circ$ 。该滑坡前缘直达沟底,易被沟水冲刷坡脚,堆积体结构松散,整体稳定性较差。

“7·13”泥石流受灾点支沟上游沟道物源处于蠕变阶段。灾害发生前,长约100m,宽约35m,厚约1~2m,方量约为 $0.53 \times 10^4 \text{m}^3$,堆积物为块碎石土,坡度约 $40^\circ \sim 50^\circ$ 。该滑坡前缘直达沟底,易被沟水冲刷坡脚,堆积体结构松散,整体稳定性较差。目前,长约100m,宽约35m,厚约1m,方量约为 $0.35 \times 10^4 \text{m}^3$,堆积物为块碎石土,坡度约 $40^\circ \sim 50^\circ$ 。该滑坡前缘直达沟底,易被沟水冲刷坡脚,堆积体结构松散,整体稳定性较差。

“7·13”泥石流瓦岗村马家铺受灾河段物源堆积主要为已有松散堆积物,堆积宽度20~70m,平均宽45m,范围从沟道中部至汇合口,堆积长度约350m,堆积厚度1~2m,方量约 $2.36 \times 10^4 \text{m}^3$ 。

“7·13”泥石流龙卧洞沟与雅砻江汇合口处淤积受灾支沟河段物源主要为上游滑坡物源及沟道松散堆积物,物源淤积长度约300m,宽度约70m,厚度约2~4m,呈现扁长型,物源量约6.54万 m^3 。

这次灾害过程龙卧洞沟来的物源推移质曾将雅砻江堵断。龙卧洞沟沟口堆积体面积约77000 m^2 ,平均厚度按照6m计算,经测算,淤积量为46.2万 m^3 。

流域自然地理环境及地质条件差,降雨集中,为泥石流的形成提供了充足的水源。降雨强度超过土壤渗透阈值,导致松散物源饱和并启动流动,支沟上游降雨冲刷滑坡及沟道物源并带入瓦岗村马家铺受灾处沈子家河段,短历时暴雨是木里县泥石流的主要触发因素。

木里县地处横断山脉,地形陡峻,沟谷深壑,地形以高山深谷为主,形成流通区与堆积区特征显著的地理环境。陡峭的坡面(坡度常 $>25^\circ$)和沟谷纵坡降大($>10\%$),为泥石流提供了势能条件。地质构造复杂,断裂褶皱发育,地表岩石破碎,沟床纵度降大,为泥石流的形成提供了有利的地形条件。地质构造活动频繁导致岩体破碎,松散堆积物(如崩滑体、火后灰烬)广泛分布,为泥石流提供了丰富的物源。这些松散固体物质为泥石流的形成提供了丰富的物质来源。陡峭的地形便于水流快速汇集,增加了泥石流的发生概率。

2 防治对策建议

凉山州木里县“7·13”泥石流形成是地形、物源、水源及

人类活动综合作用结果。实现灾害风险的全链条防控,未来需加强多学科交叉研究,提升预警精度与社区韧性。

2.1 工程措施: 增加站点, 修建基础设施

完善监测网络,选择在地势较高、不易被泥石流直接冲击的地点,安装测雨雷达,监测降水,预警极端天气,实现24小时实时监测,为防灾减灾提供重要支持。增加雨量站、水文(水位)站站点布设,优先在泥石流易发区,山体滑坡、沟谷等地,建设监测站点,及时了解天气状况,有效避险。

修建拦沙坝、排导槽等工程设施,稳定松散物源,更有效地控制泥沙、调节水流,减少洪涝灾害,保护生态环境和基础设施,减轻泥石流的破坏力。

2.2 管理优化: 强化预警, 定期排查

2.2.1 强化预警传递, 避险转移闭环管理。严格落实凉山州洪涝地质灾害预警传递、避险转移闭环管理工作机制要求,按照“属地为主、分级负责、层级响应、协调联动”的原则,在危险区隐患点强降雨时、隐患点发生异常险情时、对隐患点险情不能正确研判时,坚决果断组织群众全员撤离。

定期组织开展应急避险演练,提高群众识灾、避灾能力,提升应急反应及自救能力。村组干部担任“监管员”、监测员担任安置场所的“管理员”,确保预警信息及时传递,加强避险安置,对撤出群众进行严格管控,险情未彻底解除时严禁一切人员回流,造成伤亡。

2.2.2 定期开展隐患排查和评估。在雨季和汛期到来之前,组织专业人员对泥石流等灾害风险的排查,对威胁较大的隐患点设置警示标志、隔离危险区域,并安排专人监测。

由于凉山州木里县“7·13”泥石流灾害影响,卧洞沟上至下游马家组野猪沟危险区~迁移组危险区共7个危险区,其防洪能力、固体物源、危险区预警转移风险、其他风险隐患情况等因素均发生了变化,结合保波乡龙卧洞沟及其支沟沿河两岸住户防洪能力现状,独立开展风险隐患评估,并根据评估后的危险区等级采取相应的措施,如果评估后为极高危险区,则坚决撤离移地安置。

凉山州木里县泥石流的防治需要综合考虑地形、物质、触发条件和诱发因素等多方面因素。通过加强监测预警、完善群测群防体系、实施工程治理,以及提供政策支持和资金保障,可以有效降低泥石流灾害的风险,保障人民群众的生命财产安全。

[参考文献]

[1]秦波.泥石流的成因分析及预防策略[J].中国高新科技,2018(23):127-129.

[2]张楠,方志伟,韩笑,等.近年来我国泥石流灾害时空分布规律及成因分析[J].地学前缘,2018,25(02):299-308.

[3]罗忠新.凉山州泥石流形成原因及防范对策[J].气象,1991,(12):27-29.

[4]邓峰.木里县保波乡7·13灾害调查,2024.

作者简介:

李晖(1968—),男,汉族,四川资阳人,工程师,本科,文章方向:从事水文情报及预报工作。