

文章编号: 1006-4362(2023)02-0018-05

德宏州盈江县苏典乡勐嘎村勐嘎小河泥石流治理工程与效果评价

蒋林虹, 杨林, 徐文杰

(云南地质工程第二勘察院有限公司, 昆明 650218)

摘要: 德宏州盈江县苏典乡勐嘎村勐嘎小河泥石流历史上曾多次暴发不同规模的泥石流灾害。曾堵塞桥涵, 淤埋田地, 严重影响当地居民的正常生活、生产秩序, 对勐嘎村居民带来了严重的经济损失。经过调查, 通过对勐嘎小河流域内地质环境特征、地形地貌、沟床特征、物源情况、“7.18”泥石流灾害特征、治理工程及灾后治理工程运行情况等综合分析, 对治理工程的效果进行评价。研究显示: 勐嘎小河泥石流治理措施采用“上游拦挡+下游排导”的系统性治理手段, 再经历4个雨季和“7.18”特大暴雨的考验后, 经过调查评价, 结合定性分析, 该项目治理工程发挥了较好的治理效果。对德宏州盈江地区泥石流灾害项目的治理和评价具有较好的参考意义。

关键词: 泥石流; 灾害特征; 工程治理; 运行效果评价

中图分类号: P642.23 **文献标识码:** A

DEBRIS FLOW CONTROL PROJECT AND EFFECT EVALUATION OF MENGGA RIVER IN MENGGA VILLAGE, SUDIAN TOWNSHIP, YINGJIANG COUNTY, DEHONG PREFECTURE

JIANG Lin-hong, YANG Lin, XU Wen-jie

(Yunnan Geological Engineering Second Investigation Institute Co. LTD, Kunming 650218, China)

Abstract: Mud-rock flow in Mengga Village, Sudian Township, Yingjiang County, Dehong Prefecture has occurred many times in history. It has blocked Bridges and culvert and buried fields, seriously affecting the normal life and production order of local residents and bringing serious economic losses to mengga village residents. Through investigation and comprehensive analysis of the characteristics of geological environment, landform, gully bed, provenance, the characteristics of “7.18” debris flow disaster, the control project and the operation of the control project, the effect of the control project was evaluated. The research shows that: mengga River debris flow control measures adopted “upstream blocking + downstream drainage” systematic governance means, after four rainy seasons and “July 18” heavy rain test, through investigation and evaluation, combined with qualitative analysis, the project has played a good governance effect. It has a good reference significance for the management and evaluation of debris flow disaster projects in Yingjiang area of Dehong Prefecture.

Key words: debris flow; disaster characteristics; engineering governance; evaluation of the operation effect

盈江县苏典乡勐嘎村勐嘎小河泥石流为山区沟谷暴雨型发展期中频稀性泥石流。据统计从2000年到2014年之间,该泥石流沟每逢雨季均会暴发不同规模的泥石流灾害,对当地人民生命及财产构成严重威胁。

勐嘎小河泥石流灾害严重威胁沟口的勐嘎村,共威胁居民307户、1446人。潜在危险性属特大型。该项目治理工程于2016年5月开工建设,2017年7月完工。至今已经历4个雨季,运行正常。期间,2020年7月18日盈江县苏典、雪梨等地区发生极端气象灾害。据气象部门统计,2020年7月17日20时~2020年7月18日20时(过去24h)苏典乡最大降雨量达282mm,属特大暴雨,远超该项目校核暴雨210.54mm。在特大暴雨的汇流冲刷下,勐嘎小河中上游发生多处滑坡、沟岸坍塌及坡面流。继而发生了大规模泥石流灾害,致使已建工程超负荷运转。特大暴雨过后,已建工程运行正常,防灾减灾效果显著。

结合现场调查情况,本文重点研究了勐嘎小河泥石流的形成机制和灾害体特征。结合实际勘查情况,经研究提出并实施了合理可行、确实有效的治理措施。至今,治理工程已经历4个雨季和2020年“7.18”特大暴雨激发泥石流的考验。本次对该项目建设工程的运行情况及治理效果进行整体评价,为德宏州盈江地区泥石流灾害项目的治理工作积累了工程经验。

1 地质环境概况

盈江县为典型的亚热带季风气候,气候特征明显,干湿季节分明。旱季为11月至次年4月底,雨季为5至10月,具有降雨丰富集中,多单点暴雨的特点。项目区属构造侵蚀浅切割高中山峡谷地形,切割深度一般 <1500 m,水系多呈树枝状发散。山顶锥状,山脊为浑圆状,河谷呈“V”型,山坡坡度一般为 $30^{\circ}\sim 45^{\circ}$,沟床溯源侵蚀强烈,岸坡土壤流失严重,局部具直形坡的形态。勐嘎小河流域内滑坡、崩塌、沟岸坍塌等发育。加之,陡峻的“漏斗状”地形,利于降雨的快速汇流。

流域内沟床主要为第四系全新统泥石流堆积(Q_4^{scf})漂石、卵石、砾砂和冲积(Q_4^{al})砾、砂及粘土;两侧岸坡多为第四系全新统残坡积(Q_4^{cl+dl})含碎石粉质黏土、砂土。而下伏地层为燕山晚期($\gamma_5^{3(1)}$)花岗岩和下古生界高黎贡山群上段($P_{z1}gl^2$)片岩等地层。项目区构造发育,位于苏典-昔马构造带内。该构造带形迹展布于苏典、勐弄、昔马及铜壁关一带,

构造带呈南北~南西向。该构造主要由一系列压扭性断裂和若干变质带组成,除个别断裂外,规模都较小,但形迹明显并呈弧形展布。区域上,新构造运动特征明显且强烈,其形式主要以构造地震、火山活动和间歇式抬升为主。

项目区第四系松散覆盖层多为单层或多层土体,下伏基岩多为较软岩、软岩。受构造、风化作用的影响,岩体风化破碎,风化带深厚,土壤侵蚀、流失强烈,松散物源丰富。

流域内植被覆盖率 $>80\%$,以乔木为主,中上游沟床内枯木随处可见。沟口堆积区村寨密集,人口众多。总体来说,流域内人类工程活动强烈,对地质环境影响大,因此对勐嘎小河泥石流的治理提出了更高的要求。

2 泥石流灾害特征及形成机制

勐嘎小河泥石流发育于勐嘎河左岸,流向为自北东向南西,流域呈不规则的“漏斗形”。勐嘎小河泥石流流域面积约 5.13 km^2 。流域内最高点为蛇洞坡,海拔2438m,最低点为与勐嘎河交汇口,海拔约1718m,高差约720m。主沟长约5.12km,平均纵坡降 80.6% ,水系呈树枝状,沟谷密布^[1]。

2.1 地形条件

上游形成区沟床较陡,平均纵坡 206.7% ,沟道弯曲、多块石堆叠、沟床多跌坎,一般坎高 $0.5\sim 2.0$ m,沟谷多呈“V”型。沟底宽 $3\sim 6$ m,切割深 $4\sim 8$ m。两侧岸坡坡度一般 $40^{\circ}\sim 60^{\circ}$,第四系松散层一般厚 $1\sim 2$ m。岸坡杂草丛生,以灌木、乔木为主,人类活动较少。上游沟床总体地形较陡,坡面岩体风化强烈,水动力条件好,利于降雨的快速汇集和排泄。

中游流通区平均纵坡 94.1% ,流通区沟床陡缓变化、宽窄相间。一般沟宽 $3\sim 6$ m,沟床切割深 $3\sim 10$ m。沟谷上段呈“V”型,下段呈“U”型。下段沟床较为宽缓,岸坡上部为台地,植被以草地、林地和耕地为主。人类活动较强烈,树木砍伐,集水池修建、水管建设等弃方较多。中游沟床较陡,坡面岩体风化强烈,水动力条件一般,有利于降雨快速汇聚和冲刷。

下游堆积区平均纵坡 24.5% ,沟谷宽缓,较为开阔,沟宽 $8\sim 15$ m,沟深 $1\sim 3$ m,多呈宽“U”型,沟道总体较为顺直,沟床两岸坡度 $5^{\circ}\sim 10^{\circ}$,多为耕地。该段人类活动强烈,地形平缓,水动力条件差,前期爆发泥石流多堆积于此。

2.2 物源条件

通过调查,勐嘎小河泥石流物源可分为地质灾害和不良地质现象两类。具体为滑坡、崩塌等地质灾害和沟床松散堆积物和坡面侵蚀等不良地质现象。据调查统计,勐嘎小河流域内发育2个小型崩塌,5个小型滑坡。同时,中上游形成区、流通区沟床发育多处沟岸坍塌、岸坡侵蚀等不良地质现象。各地质灾害点及不良地质现象依据野外调查情况,依据相应比例直接估算松散固体物储量及可移动方量。经过统计计算,勐嘎小河流域内松散固体物储量达 $123.6 \times 10^4 \text{ m}^3$,可移动方量为 $19.03 \times 10^4 \text{ m}^3$,一次最大可移动方量为 $2.75 \times 10^4 \text{ m}^3$ 。为勐嘎小河泥石流的发生和发展提供了大量松散物源^[1]。

勐嘎小河泥石流物源极其丰富,以沟床内大量的松散堆积物源为主,主沟沟床纵坡降较大,在一定的水动力条件下,揭底冲刷启动沟床松散堆积物,侧蚀岸坡崩滑物源,易形成泥石流灾害。

2.3 水源条件

勐嘎小河泥石流汇水面积为 5.13 km^2 。项目区多年平均降水量 $3\ 553.5 \text{ mm}$,雨量充沛,降雨集中,多单点暴雨。短历时集中强降雨为勐嘎小河泥石流的发生和发展壮大提供了良好的水动力条件。

尤其是2020年7月17日~7月18日,苏典乡最大降雨量达 282 mm ,是暴发泥石流的主要激发因素。因此,“7·18”集中强降雨是对勐嘎小河泥石流灾害起主导作用。

勐嘎小河“漏斗状”的流域形态、陡峻的地形、脆弱的地质环境条件、丰富集中的固体物源和短历时集中降雨后汇流冲刷等都是暴发泥石流灾害的主要因素。而且,这些因素在今后很长的时间里都会严重制约着勐嘎小河泥石流的发生和发展,进而威胁着沟口居民的生命财产安全。

3 治理工程设计概况

3.1 防治工程安全等级

根据《泥石流灾害防治工程设计规范》(DZ/T0239-2004)规定,综合确定勐嘎小河泥石流防治工程安全等级为二级。

3.2 设计标准

根据《泥石流灾害防治工程设计规范》(DZ/T0239-2004),勐嘎小河泥石流采用50 a一遇降雨强度设计,100 a一遇降雨强度校核。

3.3 设计参数

(1) 泥石流基本特征值

通过野外调查,结合现场试验,勐嘎小河泥石流

流体密度综合取值为 1.5 t/m^3 ,泥石流固体颗粒密度取值为 2.7 t/m^3 。

(2) 设计暴雨及清水洪峰流量

据统计,盈江县域降雨丰富且集中,多年平均降雨量 $3\ 553.5 \text{ mm}$,多年平均最大一日降雨量 110 mm ,变差系数为0.25。设计暴雨量采用云南省水文手册法计算后,50 a一遇降雨 196.10 mm ,100 a一遇降雨 210.54 mm 。设计清水洪峰流量计算后,50 a一遇降雨 52.22 mm ,100 a一遇降雨 59.09 mm 。

(3) 设计泥石流流量及流速

勐嘎小河泥石流不同频率的泥石流流量采用雨洪修正法^[2]计算得,沟口区50 a一遇泥石流流量 74.00 mm ,100 a一遇泥石流流量 88.80 mm 。勐嘎小河泥石流沟床内各区段流速采用西南地区(铁二院)公式^[2]计算得,上游形成区流速为 8.62 m/s ,中游流通区流速为 5.81 m/s ,下游堆积区流速为 2.97 m/s 。

3.4 设计思路

勐嘎小河泥石流流域内下伏地层多为下古生界高黎贡山群上段($P_{z_1 g_1^2}$)片岩或燕山晚期($\gamma_5^{3(1)}$)花岗岩地层。软岩、较软岩为主,岩体表层风化强烈,风化层深厚,岩体极破碎,岩土层结构松散。沟岸滑坡及沟岸坍塌较发育,水土流失严重,泥石流松散物源丰富。但是项目区中上游植被发育,滑坡、崩塌等不良地质作用的隐蔽性较好,仅是在雨季单点暴雨的情况下,灾害体扩展明显。泥石流沟中下游流通-堆积区村寨密集,人口众多。沟床纵坡 $107.9\% \sim 35.7\%$ 。下段沟床平缓低浅,且存在道路、房屋建设挤占沟道,弃土垃圾淤埋沟道的现象。根据上述泥石流灾害特征,经过分析论证,提出以下治理思路:

(1) 对中上游形成-流通区建设拦挡工程,可以有效控制并抬高该段沟床的侵蚀基准面,回淤后能最大程度减缓泥石流侧蚀、淘刷作用,拦蓄较大块径的泥石流固体物质,抑制沟床堆积物再次启动,回淤压脚稳坡,从而达到稳床护坡的效果。

(2) 对下游流通-堆积区,地形平缓,泥石流流通能力较差,且沟道两岸村寨密集,人口众多。通过实施排导工程,顺直泥石流流通通道。一旦泥石流暴发时,以水砂、砾石等为主的细碎流能快速通过,从而确保居民区安全。

3.5 治理工程

在中上游形成-流通区地质灾害及不良地质现象发育和强烈侵蚀沟段选择有控制作用、工程地质条件较好、地形条件有利的及有较大库容的部位,布

置 3 座拦渣坝(L1~L3)和 1 座谷坊坝(G1)。逐段降低沟床纵坡降,拦挡泥石流堆积物,减缓沟床下蚀作用。同时,为了使拦蓄后的细碎流能顺利流通,避免对两岸居民区及公共设施的破坏。根据地形条件,沿流通-堆积区现有河道修建 1 171.6 m“V”型排导槽,起点接麻栗坝桥,终点接小新寨新桥,见图 1。采取“上游拦挡+下游排导”的系统性防治措施,达到削弱、降低泥石流灾害对下游居民区的威胁和危害。



图 1 治理工程方案总体设计

3.6 治理工程分项布置及作用分析

3.6.1 形成-流通区拦挡工程

在形成-流通区不良地质体发育和沟岸侵蚀严重,有控制作用的沟段,布置 3 座拦渣坝(L1~L3)和 1 座谷坊坝(G1),见图 2。能有效控制并抬高沟床侵蚀基准面,最大程度减缓泥石流侧蚀淘刷作用,拦蓄较大块径的泥石流固体物质,抑制泥石流沟床堆积物再次启动。同时,回淤压脚,进一步达到稳床固坡效果。

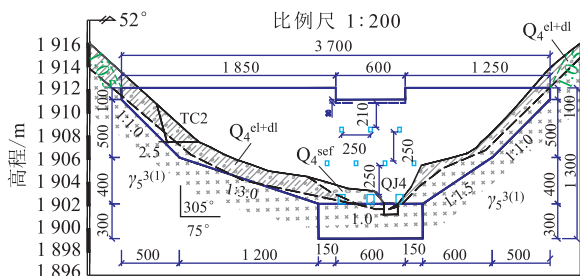


图 2 设计 L2 拦渣坝

3.6.2 堆积区固床排导工程

为了使泥石流固体物质顺利流通,避免对两岸居民区及公共设施的破坏,根据地形条件,在流通-堆积区沿现有河道修建 1 171.6 m“V”型排导槽,起

点接麻栗坝桥,终点接小新寨新桥,见图 3。之后进行自然疏排汇入勐嘎河。经拦蓄后剩余物质颗粒较细,顺排导槽进入勐嘎河后均会快速被河水带走,不会造成勐嘎河淤塞。以期达到保护下游沟床沿岸居民的生命财产安全的目的。

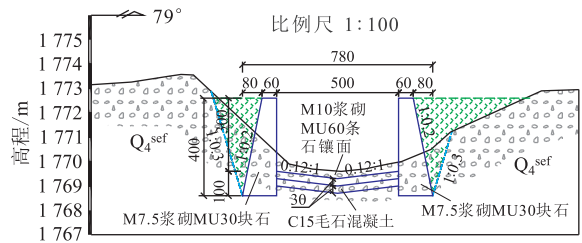


图 3 设计排导槽典型断面

4 治理工程在“7.18”泥石流灾害中的运行情况

4.1 “7.18”泥石流灾害基本情况

2020 年 7 月 17 日 20 时~7 月 18 日 20 时,苏典乡最大降雨量达 282 mm,远超校核暴雨 210.54 mm。随即苏典乡勐嘎小河暴发了泥石流灾害。得益于治理工程的良好运行,未造成人员伤亡和经济损失。灾害发生后,大部分泥石流冲出的大颗粒固体物堆积于拦挡坝内,现状各坝体多为半库状态。而下游以细碎流为主,虽流量直逼排导槽极限状态,远超校核流量,排导槽仍发挥了良好的排导效果,见图 4、图 5。



图 4 中上游 L2 拦渣坝(发灾时)



图 5 排导槽出口、新桥处(发灾时)

4.2 “7.18”灾后已建工程运行情况

灾后,经过现场调查,已建拦挡工程多为半库状态,坝体结构完整,稳定性好,运行状况良好,见图6。下游排导槽排导顺畅,未见淤堵现象,槽底干净、完整,运行状态良好,见图7。



图6 L2拦渣坝运行良好(灾后)



图7 下游排导槽运行良好(灾后)

5 治理工程初步效果评价

勐嘎小河泥石流治理项目按上述治理方案实施,其主体工程(拦挡坝+排导槽工程)于2017年7月完工。至今,已经历4个雨季和“7.18”特大暴雨的考验,拦挡坝多为半库状态。原设计总库容约 $4.4 \times 10^4 \text{ m}^3$,现状回淤后总库容约 $2.8 \times 10^4 \text{ m}^3$,为设计总库容的63.6%,回淤量仍有较大余量;下游排导槽无淤堵现象,排导顺畅。至此,勐嘎小河泥石流自治理工程实施后,在经历多个雨季及“7·18”特大暴雨的检验下,均未造成人员伤亡和经济损失,治理效果已初步体现。这说明,中上游拦挡工程回淤压脚、稳床固坡效果明显,沿岸的滑坡、沟岸坍塌等得到了有效控制,总体趋于基本稳定。而透过拦渣坝的细碎流、山洪也能沿下游排导工程快速排走。

勐嘎小河泥石流在本次治理工程建设前,未建设任何针对泥石流的防治措施。因此,中上游丰富的固体物源在强降雨的汇流冲刷下,暴发过多次不同规模泥石流灾害,对勐嘎村居民的生命财产安全及生活、生产秩序造成了严重的影响和损失。而在该治理工程实施后,有效地控制了中上游沟床、岸坡的松散物源,也改变了泥石流的形成机制和启动模

式。原先由降雨集中汇集、冲刷启动调整为坡面、沟岸零星启动—沿主沟逐级拦挡控制—分段减势淤积—最终透过坝体的细碎流再排导的模式^[3]。如今,该泥石流治理项目建设工程发挥初步效果,极大程度上降低了泥石流灾害对下游居民区的危害。

通过分析评价,勐嘎小河泥石流采取“稳坡固源拦挡+排导工程”^[4]的系统性工程治理手段确实可行。在经历多个雨季检验后,初见成效,未再次造成人员伤亡和经济损失。尤其是2020年7月18日,暴发泥石流灾害后,“拦排结合”的治理工程有效地抑制了泥石流灾害的发展壮大,避免对下游沟口居民区造成严重危害^[5]。现状大部分拦挡坝库容仍有余量,排导工程干净顺畅。当再次暴发泥石流、山洪等灾害时,具有较强的防灾减灾作用。

6 结论

(1) 勐嘎小河泥石流为典型的山区沟谷暴雨型稀性泥石流。流域内,中上游松散固体物源丰富集中,沟床纵坡逐渐变缓,漏斗状地形有利于降雨短时间汇聚,在特定的不利条件下极易再次暴发泥石流。

(2) 治理工程采用“拦排结合”的治理方式,通过逐级拦挡,压脚稳坡,固床护岸配合下游减势排导的系统防治措施,有效地抑制和减缓了泥石流灾害的威胁。

(3) 实施治理措施后,已经历了4个雨季和“7·18”特大暴雨的检验,均未造成泥石流灾害。以此来看,该项目的治理工程措施是确实可行的。也反映了针对该区泥石流灾害采用“拦排结合”的工程思路及设计理念具有较强的针对性和较好的治理效果,可向该区泥石流灾害治理项目推广借鉴。

参考文献

- [1] 薛伟,杨林,等.盈江县苏典乡勐嘎村孔家湾及小河泥石流灾害治理项目施工图设计(报批稿)[R].昆明:云南华坤国电工程勘察有限公司,2015。
- [2] 王继康,黄荣鉴,丁秀艳,等.泥石流防治工程技术[M].北京:中国铁道出版社,1996。
- [3] 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。
- [4] 王念秦,韩波,庞琦,等.泥石流防治工程效果后评价初探[J].工程地质学报,2015,23(2):219-226。
- [5] 杨林,刘珍,蒋林虹,等.云南省梁河县芒东镇章巴小砂河泥石流治理工程及效果评价[J].地质灾害与环境保护,2020,31(1):3-8。