

DOI:10.16031/j.cnki.issn.1003-8035.2017.02.05

川西南美姑河流域泥石流发育特征及堵河效应分析

王志刚¹,殷志强²,邵海²,余洋²

(1. 北京交通大学,北京 100044;2. 中国地质环境监测院,北京 100081)

摘要:美姑河流域泥石流灾害数量多、分布广,严重影响道路安全和居民区生产生活。基于美姑河流域地质灾害调查数据,对美姑河流域内泥石流的空间分布特征进行统计分析,研究了苏洛—竹库段泥石流的空间分布特征。认为:(1)美姑河流域共发育泥石流 90 条,其中大型 15 条,中型 19 条,小型 56 条;空间上主要分布于美姑河河谷区两岸,以及美姑河支流井叶特西河、连渣老河、尔觉河河谷区等;结合泥石流与降雨的关系,对泥石流进行分类统计;(2)根据层次分析法对泥石流的堵河程度进行评价,结论认为美姑河整体堵河程度一般,不存在严重的堵溃效应,只有个别泥石流沟存在堵河严重的情况,在此基础上总结了美姑河流域泥石流的堵河情况的评分标准。

关键词:美姑河流域;泥石流;空间分布;堵河程度;评价标准

中图分类号:P642.23

文献标识码:A

文章编号:1003-8035(2017)02-0030-08

Debris flow characteristics and river closure in Meigu River Basin of Sichuan southwest

WANG Zhigang¹, YIN Zhiqiang², SHAO Hai², YU Yang²

(1. Beijing Jiaotong University, Beijing 100044, China;

2. China Institute of Geo-Environment Monitoring, Beijing 100081, China)

Abstract: The number of mud-rock flows in the Meigu River Basin is wide and widely distributed, seriously affecting the road safety and the production and life of the residential areas. Based on the survey data of geological disasters in the Meigu River Basin, the spatial distribution characteristics of debris flow in the Meigu River Basin were analyzed statistically, and the spatial distribution characteristics of debris flow in the Suoluo-Zhuku section were studied. That (1) A total of 90 debris flows were developed in the Meigu River Basin, including 15 large, 19 medium and 56 small. the space is mainly distributed in the Meigu River Valley area on both sides, as well as Meigu River tributary Jingyetexi River, even the Lanzhalao River, Erjue River valley zones. Binding relationship debris flow and rainfall to debris flow classify statistics; (2) According to the Analytic Hierarchy Process (AHP), the degree of blockage of debris flow is evaluated. The conclusion is that the whole blocking degree of the Meigu River is general and there is no serious plugging effect. Only some debris flow gullies are serious in blocking the river. On this basis, the author summarizes the grading criteria of the river closure in the Meigu River Basin.

Keywords: Meigu River Valley; debris flow; spatial distribution; blocking the river level; evaluation standard

0 引言

美姑河流域(图1)位于四川省凉山彝族自治

州,包括美姑县的34个乡镇、昭觉县境内11个乡镇、雷波县的6个乡镇,以及金乡县的丙底乡、依达乡2个乡镇。流域面积约为3 234 km²。流域内落

收稿日期:2016-09-06;修订日期:2017-02-21

基金项目:国家自然科学基金项目(41372333);国土资源地质调查项目(12120115045201)

第一作者:王志刚(1990-),男,硕士研究生,主要从事地质灾害调查与防治研究工作。E-mail:513113986@qq.com

通讯作者:殷志强(1980-),男,博士,高级工程师,主要从事滑坡演化研究工作。E-mail:yinqz@mail.cigem.gov.cn

差大,流域内最高海拔约为 4 036 m,最低海拔位于美姑河与金沙江交汇处,约为 432 m。在美姑河流域的实地调查中,总结近几十年内前人在研究区内所做的工作,其中孙东^[1-2]等人对美姑河流域内的活动构造做了系统的介绍;唐红梅、陈洪凯^[3-5]等人对美姑河 S103 公路泥石流做了研究;唐川、黄达^[6-7]对美姑河下游泥石流进行详细统计分析;还有刘盛达^[8]对美姑河流域内单沟泥石流的研究。通过前人对美姑河流域内的研究,可以得出美姑河流域内泥石流较发育,具有极大的研究意义。然而并没有学者对整个流域范围内泥石流的发育特征进行深入研究。通过前人在美姑河流域所做的工作,结合野外实地调查,得出每条泥石流沟形态。通过野外调查定位坐标,对泥石流主沟,支流进行一一调查,获得现场一手资料。通过 Google Earth 或遥感影像,将泥石流的流域范围圈出。总结流域内泥石流空间分布规律以及分类特征。

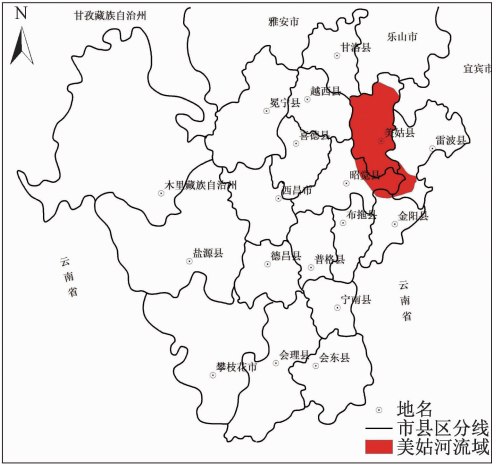


图 1 美姑河流域地理位置

Fig.1 The Meigu River Valley location

1 美姑河流域泥石流空间分布特征

1.1 泥石流空间展布特征

通过野外调查和在 Google Earth 中圈定范围,美姑河流域调查解译出 90 条泥石流沟。在 Google Earth 里能得出泥石流沟的长度,泥石流沟的高程差、主沟坡降比,以及泥石流的方位等一般参数,并进行空间属性统计分析(图 2)。通过 ArcGIS 将矢量文件与 DEM 数据叠加,可以得到泥石流与地形地貌、地质构造等的分布情况。

通过遥感解译与野外调查,以及 DEM 山影渲染效果可以分辨出,泥石流沟的高程差相对较大,

主要发生于河谷区。在流域内主要的河谷区为主河道美姑河河谷地区,以及美姑河支流井叶特西河、连渣老河、尔觉河河谷区,以及溜筒河河谷区。通过 DEM 山影渲染效果可以分辨出,其中连渣老河河谷区、井叶特西河河谷区,以及溜筒河河谷区发生泥石流的密度较大。从地形地貌上看,深切河谷区坡降比较大,易形成泥石流沟谷;从地质构造看,流域内受青藏高原挤压,岩体破碎,并且河谷区有断裂带穿过,如连渣老河河谷区,有美姑河断裂带穿过。

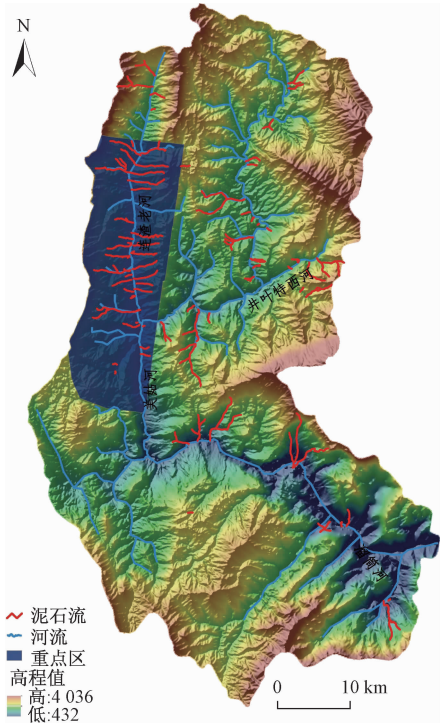


图 2 美姑河流域泥石流空间分布

Fig.2 Spatial distribution of Meigu River debris flow

1.2 苏洛-竹库段泥石流发育特征

调查发现,流域内苏洛-竹库段泥石流数量最多,灾害最为发育(图 3)。河道两岸第四系松散堆积物较丰富,植被覆盖较差,物理地质作用强烈,岩石风化严重,降水丰沛,加上人类活动,河道泥石流分布较广,活动较为频繁。经过野外实地调查,重点区内共发育泥石流沟 43 条,泥石流沟口基本都位于省道附近,离河道较近。每当雨季时,泥石流活动时,丰富的物源从沟内向沟口汇聚,在沟口附近开始淤积,对沟口附近的居民构成一定的威胁,也可能对河道造成堵塞,形成堰塞湖,形成堵溃效应。因此,研究泥石流的发育特征,对沟口附近的居民、道路、河流具有重要的意义。

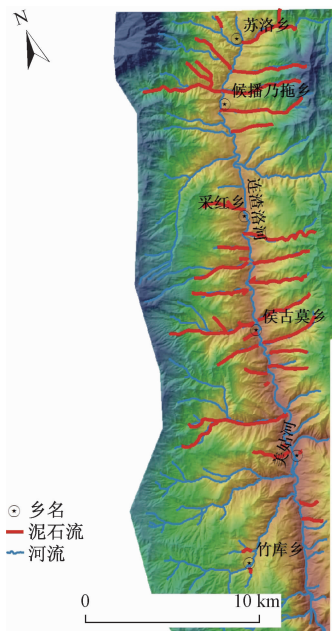


图3 重点区泥石流空间分布图

Fig. 3 Major areas of spatial distribution debris flow

2 泥石流与雨量的关系研究

降雨是流域内泥石流发生的主要因素,既提供能量,起搬运作用;又与碎屑物质混合,作为物源,对人类工程活动造成不同程度的损害。其中泥石流发生当日的降雨,与泥石流的关系密切。结合降雨数据以及雨级分类标准,统计出流域内 90 条泥石流在不同雨量级中出现的次数。由图 4 中可知 90 个个例中,当日雨量级为无降雨的有 33 个,占 36.67%,是最多的;依次是小雨、中雨和大雨,小雨和中雨为 26 个,大雨的个数为 21 个,分别占 28.89% 和 23.33%;暴雨 8 次,大暴雨 2 次。由此可以得出当日降雨量与泥石流发生关系密切(图 4)。

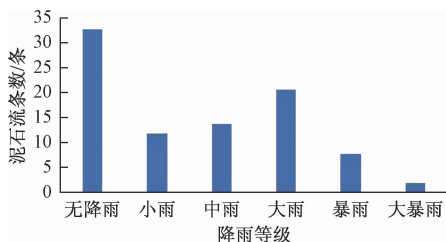


图4 泥石流与降雨等级的关系

Fig. 4 Relationship between rainfall and debris flow

根据泥石流发生时,降雨的具体条件,以及泥石流发生当日前期降雨进行累积等方法,将重点区内的泥石流分为前期降雨积累型泥石流、暴雨型泥石流、多日降雨持续型泥石流。

前期降雨积累型泥石流:把前期统计的 33 条泥石

流发生当日无降水的,对其前 10 天的降雨累进行统计,将其时期称之为泥石流发生的降雨潜伏期。

将前期统计的 33 条泥石流当日无降雨的泥石流,前 10 天潜伏期的降雨进行积累,可以得出其中累计最少的雨量为 6.5 mm,累计最多的可达 88.9 mm,正是由于潜伏期雨水的不断积累,对泥石流的发生提供了条件。

暴雨型泥石流:泥石流发生当日,短时间内雨水可达 50 mm 以上的暴雨、大暴雨。因为暴雨可引发山体滑坡并携带有大量泥沙以及石块 of 泥石流。此泥石流具有突发性以及流速快,流量大,物质容量大和破坏力大等特点。此前统计的暴雨、大暴雨爆发的泥石流称之为暴雨型。流域内共统计出 10 条暴雨型泥石流。如侯古莫乡八嘎村 1 组格洛拉达泥石流、侯古莫乡马拖村 1、5 组马拖沟泥石流、竹库乡乃嘎村 1、2 组泥石流。

多日降雨持续型泥石流:对泥石流发生当日雨量级为小雨、中雨、大雨的前 10 天的持续降雨的天数进行了统计,从降雨数据中,我们得到在泥石流发生当日前 10 天累计降雨的数据,最少的也有 3 天,最多的 10 天内都有持续降雨,并且累计数 5 天以上的占 75.68%。此泥石流称之为多日降雨持续型。

根据总结,美姑河流域总结出根据泥石流与降雨的关系,总结出三类泥石流类型,所占比例见图 5。

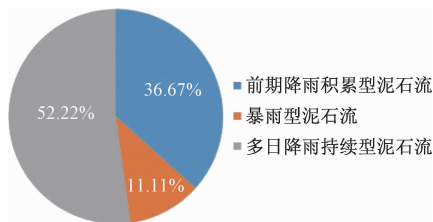


图5 不同类型泥石流所占的比例

Fig. 5 The proportion of different types of debris flow

3 美姑河流域泥石流堵河程度评价

泥石流是地质灾害中比较严重的一种,因此对泥石流进行灾前评估,其也是泥石流前期预警重要的一部分。这就需要对泥石流沟进行危险度进行评价,目前在对泥石流危险性评价中应用多种理论的数学方法:层次分析法、模糊数学法、神经网络算法、模糊综合评判、以及最近几年新兴起的 GIS 空间数据分析法等对堵河程度参考类似的数学方法,对其进行综合评价。

本文针对美姑河流域内泥石流沟的具体情况,以及以往学者^[9-11]所做的泥石流堵河的因素,结合流域内的特有的地形地貌,地质构造等条件,得出美姑河流域泥石流堵河的影响因素:泥石流流量、泥石流暴发频率、

河道具体情况。本文将通过这三个方面通过层次分析法(图 6),对美姑河流域泥石流堵河程度进行分析。

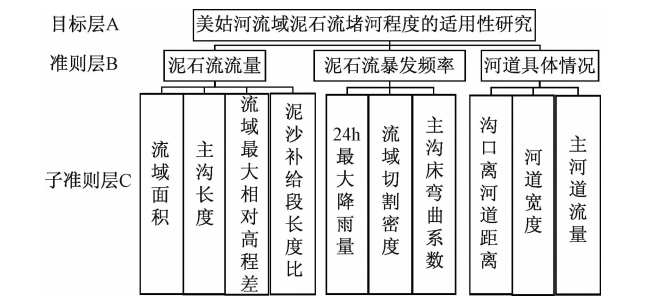


图 6 美姑河流域泥石流堵河程度递阶层次结构图
Fig.6 Meigu River mudslides blocking the river level hierarchical structure diagram

3.1 评价指标选取

(1) 流域面积
对于泥石流沟来说,泥石流流域面积反映流域的产沙和汇流状况,在一定程度上反映出泥石流流量的规模。通过现场调查和遥感解译,将泥石流沟的位置通过 ArcGIS 标注于图件上,自动生成流域面积,把流域面积分为面积 ≤ 5 、 $5 \sim 15$ 、 $15 \sim 35$ 、 ≥ 35 km^2 ,4 个等级。

(2) 主沟长度
美姑河流域内泥石流多以沟谷型泥石流为主,并且多以单沟为主,这样就决定了泥石流主沟长度比较大,对泥石流的堵河效应,影响较大。根据野外调查和 Google earth 上的圈定,勾勒出泥石流沟的主沟具体位置,通过 ArcGIS 软件,自动生成主沟长度。主沟长度值决定着泥石流的流程和沿途接纳松散固体物质的多少。将主沟长度分为 ≤ 2 km 、 $2 \sim 8$ km 、 $8 \sim 15$ km 、 ≥ 15 km ,4 个等级。

(3) 流域最大相对高程差
泥石流沟高程差越大,反映泥石流发生时,势能越大,搬运泥沙的能力就越强该值决定这泥石流的流程和沿途接纳松散物质的多少,将高程差分为 ≤ 200 m 、 $200 \sim 800$ m 、 $800 \sim 1\,500$ m 、 $\geq 1\,500$ m ,4 个等级。

(4) 泥沙补给段长度比
泥沙补给段长度比综合反映泥砂补给的范围以及补给量,比值越大,表明泥砂补给的条件越好,对泥石流流量贡献值越大,因此将泥沙补给段长度比分为 ≥ 0.6 、 $0.6 \sim 0.4$ 、 $0.4 \sim 0.2$ 、 ≤ 0.2 ,4 个等级。

(5) 24 h 最大降雨量
降雨是引起泥石流发生的条件,并且也是泥石流流体的组成部分,正是由于强降雨,激发泥石流暴发的频率增大,破坏性更大,反映了泥石流的潜在动能,因此将 24 h 最大降雨量分为 ≥ 250 mm 、 $250 \sim 150$ mm 、

$150 \sim 50$ mm 、 ≤ 50 mm ,4 个等级。
(6) 流域切割密度
泥石流的切割密度是对泥石流流域内的地质构造、地层岩性、岩体的风化程度等,再降雨的条件下,携带由于流域切割产生的泥沙、碎石,在切割的汇流情况下向沟口汇聚,因此将流域切割密度分为 ≥ 20 km/km^2 、 $20 \sim 15$ km/km^2 、 $15 \sim 5$ km/km^2 、 ≤ 5 km/km^2 ,4 个等级。

(7) 主沟床弯曲系数
主沟床弯曲系数反映沟道泄流所发生的难易状况,从而影响沟道堵塞系数,而间接影响泥石流流量和规模,对泥石流的发生的频率间接影响。将主沟床弯曲系数分为 ≥ 1.45 、 $1.45 \sim 1.35$ 、 $1.35 \sim 1.10$ 、 ≤ 1.10 ,4 个等级。

(8) 沟口离河道距离
泥石流沟口离河道的距离,对泥石流堵河程度的影响较大,如果距离较远的情况下,泥石流流量较小时,根本就不存在堵河的情况。所以说离河道的距离对堵河效应影响较大。将距离分为 ≤ 20 m 、 $20 \sim 100$ m 、 $100 \sim 200$ m 、 ≥ 200 m ,4 个等级。

(9) 河道宽度
河道宽度也决定了泥石流的堵河程度的一个指标,河道的宽度决定泥石流是否有能力将河道全部堵塞,将河道的宽度分为 ≤ 30 m 、 $30 \sim 80$ m 、 $80 \sim 150$ m 、 ≥ 150 m ,4 个等级。

(10) 主河道流量
主河道流量决定了当泥石流流入河道时,河流是否有能力将泥石流碎屑向下游搬运走,是一个不可或缺的指标。根据河流流量分级,将主河道流量分为 $\geq 2\,000$ m^3/s 、 $2\,000 \sim 1\,200$ m^3/s 、 $1\,200 \sim 600$ m^3/s 、 ≤ 600 m^3/s ,4 个等级。

3.2 构造判断矩阵

以 1~9 标度为判断标准,对美姑河流域泥石流堵河程度的指标进行两两比较得到判断矩阵 A、B1、B2 和 B3。

(1) 目标层 A 包含的评价指标包括泥石流最大冲出量、泥石流暴发频率和河道具体情况,对 A 构建判断矩阵见表 1。

表 1 判断矩阵 A - B				
Table 1 Judgment Matrix A - B				
A	B1	B2	B3	w_i
B1	1	3	3	0.593 6
B2	1/3	1	2	0.249 3
B3	1/3	1/2	1	0.157 1

由表 1 可知,影响美姑河流域泥石流堵河程度的三个因素中,泥石流最大冲出量影响最大,其次为泥石流暴发频率,最后为河道具体情况。

(2)准则层包括泥石流最大冲出量 B1、泥石流暴发频率 B2 和其他因素 B3,其中泥石流最大冲出量 B1 包括因子:流域面积 C1、主沟长度 C2、流域最大相对高程差 C3、泥沙补给段长度比 C4;泥石流暴发频率 B2 包括因 24 h 最大降雨量 C5、流域深切密度 C6、主沟床弯曲系数 C7;河道具体情况 B3 包括因子沟口离河道距离 C8、河道宽度 C9、主河道流量 C10。根据 1~9 标度为判断标准,构造 B1、B2、B3 的判断矩阵。对 B1 构造判断矩阵见表 2。

表 2 判断矩阵 B1 - C

Table 2 Judgment Matrix B1 - C

B1	C1	C2	C3	C4	w_i
C1	1	3	5	7	0.590 5
C2	1/3	1	1/2	3	0.152 7
C3	1/5	2	1	3	0.193 7
C4	1/7	1/3	1/3	1	0.063 1

表 5 评价因子总排序

Table 5 Total evaluation factor sorting

目标层	准则层	一级权重指标	子准则层	次级权重指标	综合权重
美姑河流域泥石流堵河效应适用性评价	泥石流最大冲出量 B1	0.593 6	流域面积 C1	0.590 5	0.350 5
			主沟长度 C2	0.152 7	0.090 6
			流域最大相对高程差 C3	0.193 7	0.115 0
			泥沙补给段长度比 C4	0.063 1	0.037 5
	泥石流暴发频率 B2	0.249 3	24h 最大降雨量 C5	0.118 3	0.029 5
			流域切割密度 C6	0.786 7	0.196 1
			主沟床弯曲系数 C7	0.095 0	0.023 7
	河道具体情况 B3	0.157 1	沟口离河道距离 C8	0.786 7	0.123 6
			河道宽度 C9	0.118 3	0.018 6
			主河道流量 C10	0.095 0	0.014 9

结合美姑河流域泥石流堵河的特点,以及前人^[12-13]所做的研究,将泥石流的堵河程度分为 4 个等

对 B2 构造判断矩阵见表 3。

表 3 判断矩阵 B2 - C

Table 3 Judgment Matrix B2 - C

B2	C5	C6	C7	w_i
C5	1	1/5	1/3	0.118 3
C6	5	1	7	0.786 7
C7	1/3	1/7	1	0.095 0

对 B3 构造判断矩阵见表 4。

表 4 判断矩阵 B3 - C

Table 4 Judgment Matrix B3 - C

B3	C8	C9	C10	w_i
C8	1	5	7	0.786 7
C9	1/5	1	3	0.118 3
C10	1/7	1/3	1	0.095 0

3.3 泥石流堵河程度的评价标准

根据判断矩 B1、B2 和 B3 结果,得出准则层目标总排序(表 5),从而得出各影响因子的权重计算结果。经过判断矩阵一致性检验 $CR < 0.1$,满足判断矩阵一致性。

级(表 6),其中 I 级为最为严重,然后向后一次减弱,IV 级为最为微弱,堵河程度基本无。

表 6 堵河程度等级特征

Table 6 Blocking the river level grade features

类别等级	评价分数	类别名称	特征描述
I	≥8 分	完全堵河	泥石流在较短时间内汇入河道,完全堵断河道,短时间内形成堰塞湖,河水流量大时,形成溃决,对下游造成严重威胁。
II	8~5	堵河严重	泥石流汇入河道形成堆积扇,导致河流改道,堵塞主河道约 2/3。
III	5~3	堵河一般	泥石流并未大量汇入河道,只有少量堆积于河口,有时会被河流向下游搬运带走。
IV	≤3	基本未堵	沟口离河道较远,并且泥石流流量不足,并未在河道内形成堆积,不造成河道堵塞。

对美姑河流域泥石流堵河程度的评价指标量化,根据其量化分级由专家进行打分赋值给与不同的分级标准(表 7),评价因子等级属于完全堵河的为 ≥8 分、

堵河严重的为 8~5 分,堵河一般的为 5~3 分、基本未堵的为 ≤3 分。

表 7 美姑河流域泥石流堵河评价标准及相应指标权重

Table 7 Meigu River debris flow blocking evaluation criteria and the appropriate index weight

综合评价因素指标	综合因素评价因子	权重		堵塞程度评价标准			
		权重 B	分权重 C	完全堵河(8)	堵河严重(6)	堵河一般(4)	基本未堵(2)
泥石流冲出量	流域面积 C1	0.593 6	0.350 5	≥35 km ²	15 ~ 35	5 ~ 15	≤5
	主沟长度 C2		0.090 6	≥15 km	8 ~ 15	2 ~ 8	≤2
	流域最大相对高程差 C3		0.115	≥1 500 m	800 ~ 1 500	200 ~ 800	≤200
	泥沙补给段长度比 C4		0.037 5	≥0.6	0.6 ~ 0.4	0.4 ~ 0.2	≤0.2
泥石流暴发频率	24h 最大降雨量 C5	0.249 3	0.029 5	≥250 mm	250 ~ 150	150 ~ 50	≤50
	流域切割密度 C6		0.196 1	≥20 km/km ²	20 ~ 15	15 ~ 5	≤5
	主沟床弯曲系数 C7		0.023 7	≤1.10	1.35 ~ 1.10	1.45 ~ 1.35	≥1.45
河道具体情况	沟口离河道距离 C8	0.157 1	0.123 6	≤20 m	20 ~ 100	100 ~ 200	≥200
	河道宽度 C9		0.018 6	≤30 m	30 ~ 80	80 ~ 150	≥150
	主河道流量 C1		0.014 9	≥2 000 m ³ /s	2 000 ~ 1 200	1 200 ~ 600	≤600

(泥石流主沟与河道的夹角为 90°左右,不考虑夹角的问题)

根据上述评价标准,通过 ArcGIS 软件,对美姑河流域泥石流的堵河程度做整体性的评价(图 7),直观的对美姑河流域的堵河程度有了整体的评价。

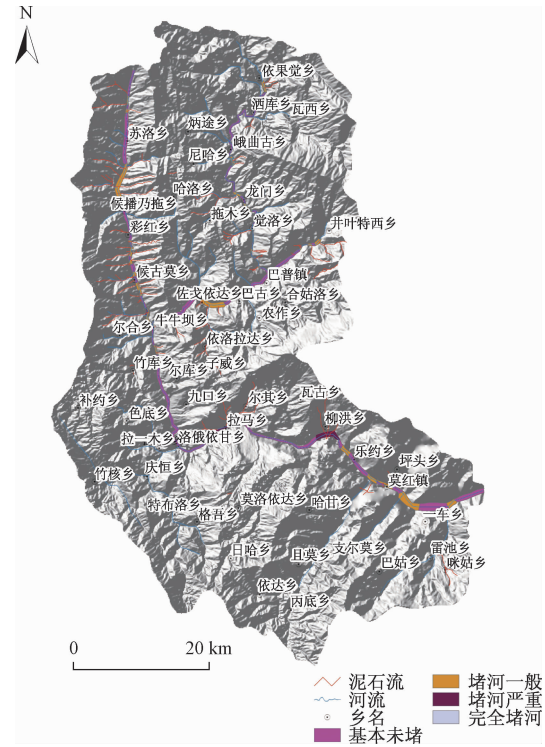


图 7 美姑河流域堵河程度整体评价图

Fig.7 Blocking the river level Meigu River an overall rating of FIG

4 典型泥石流沟和堆积扇特征

4.1 泥石流沟的基本特征

四俄千村 1#泥石流位于美姑县牛牛坝乡四俄千村四米洛沟,泥石流沟位于美姑河左岸,沟口坐标为 E 102°59′05.76″,N 28°14′39.44″。四俄千村 1#泥石流

物源主要为东西向的一条主沟提供,为单沟泥石流。

四俄千村 1#泥石流沟域形态不规则,总体近似口袋形,沟域上游宽度较窄,往下游沟道逐渐变宽缓。整个沟域纵向长度约 1 755 m,平均宽度约 800 m,沟域面积 1.4 km²。沟域内最大高程 2 250 m,泥石流沟口处高程为 1 540 m,相对高差为 710 m,沟谷纵坡降 405‰。

四俄千村 1#泥石流沟域内松散固体物质丰富,物源类型主要包括:坡面侵蚀物源、沟道堆积物源、崩滑物源体等三种类型,物源总量为 2.857 × 10⁵ m³,动储量为 7.55 × 10⁴ m³。

四俄千村 2#泥石流位于美姑县牛牛坝乡四俄千村村委会附近 50 m,泥石流沟位于美姑河左岸,沟口坐标为 E 102°59′12.34″,N 28°14′19.02″。四俄千村 2#泥石流物源主要为东西向的一条主沟提供,为单沟泥石流。沟域形态不规则,总体近似口袋形,沟域下游宽度较大,往上游沟域宽度逐渐变窄。整个沟域纵向长度约 1 245 m,平均宽度约 480 m,沟域面积 0.6 km²。沟域内最大高程 1 980 m,泥石流沟口处高程 1 530 m,相对高差为 450 m,沟谷纵坡降 361‰。沟域内松散固体物质丰富,物源类型主要包括:坡面侵蚀物源、沟道堆积物源、崩滑物源体等三种类型,物源总量为 2.199 × 10⁵ m³,动储量为 5.27 × 10⁴ m³。

瓦尼来乌泥石流位于美姑县牛牛坝乡瓦尼来乌村,年渣老河右岸,坐标 E 102°58′23.55″,N 28°17′34.15″。瓦尼来乌泥石流沟主要包含的达勒乃拖沟和达洛乃乌沟的两条支沟,两条支沟均为泥石流沟。

瓦尼来乌泥石流沟域内松散固体物质丰富,物源类型主要包括:坡面侵蚀物源、沟道堆积物源、崩滑物源体等三种类型,物源总量为 7.355 × 10⁵ m³,动储量为 2.088 × 10⁵ m³。

通过上述介绍,对三条典型泥石流沟有了进一步认识,图 8 为三条泥石流沟的影像图。

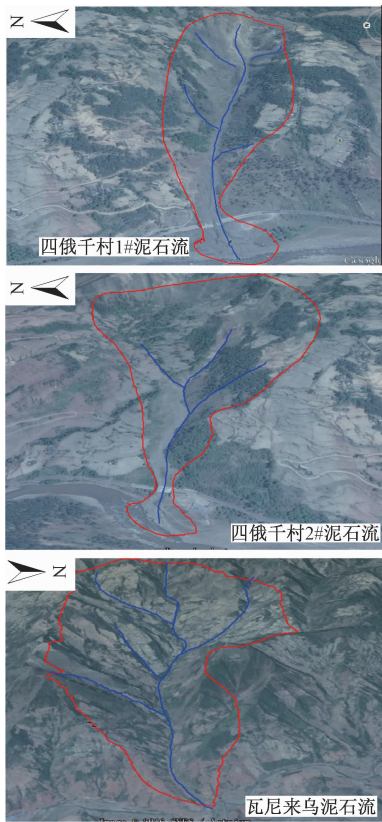


图 8 三条典型泥石流流域影像图

Fig. 8 Three typical mudslides watershed image maps

通过野外调查,不足以获得泥石流的基本参数,还需要野外一定的工程和室内分析,来获得所需要泥石流的基本参数。

4.2 典型泥石流沟堵河程度的评价

根据前期的现场调查以及资料查询,还有现场工程地质的实施,现场取样分析,统计出三条典型泥石流沟的影响因子的具体数据(表 8),再根据堵河的评分标准(表 6),定量取值,计算出泥石流堵河的具体因数,再根据堵河程度等级特征(表 5),分析评价出三条泥石流不同的堵河程度。

根据影响因子的具体取值,定量取值,计算出每条泥石流的堵河程度的标准值,根据堵河程度等级特征、评价指标(表 7),可以得出四俄千村 1#泥石流的堵河程度一般,泥石流并未大量汇入河道,只有少量堆积于河口,有时会被河流向下游搬运带走。根据现场调查,沟口离河道还是有一定距离,实际情况也是只有少量碎屑物质堆积于河口。而泥石流的沟口下方为 S103 省道,实际泥石流堆积物会冲毁道路,因此当地政府在此泥石流沟口修建了泥石流排导槽,避免道路损坏。

得出四俄千村 2#泥石流的堵河程度也是一般,其实两个泥石流沟距离比较近,情况基本一样,正是出于 S103 省道,雨季时会有大量碎石出沟口冲出,损坏公路,所以都修建了排导槽。但对于河道的堵塞程度稍微差点,堵塞程度一般,与实际调查相符合。

表 8 典型泥石流影响因子定量取值

Table 8 Quantitative values typical debris flow impact factor

泥石流名称	流域面积/km ²	主沟长度/km	流域最大相对高程差/m	泥沙补给段长度比	24h 最大降雨量/mm	流域切割密度/(km·km ⁻²)	主沟床弯曲系数	沟口离河道距离/m	河道宽度/m	主河道流量/(m ³ ·s ⁻¹)	总体评价/R
四俄千村 1#泥石流	1.4	1.42	710	0.47	285	6.2	1.38	82	68	664	3.519 8
四俄千村 2#泥石流	0.6	1.26	450	0.58	285	6.5	1.39	80	70	664	3.749 8
瓦尼来乌泥石流	22.7	6.47	960	0.60	285	6.6	1.42	112	53	664	5.408

瓦尼来乌泥石流规模较大,泥石流流量较大,当大规模发生时,对河道有一定的堵塞效应,根据评价标准的计算,瓦尼来乌泥石流的堵塞程度严重,对河道有一定的堵塞,会造成河流改道,与实际调查结果基本一致。

因此可以验证,前面所计算的美姑河流域泥石流堵河程度的评价标准具有一定的适用性。

5 结论

(1)根据野外调查和室内分析,总结出美姑河流域内泥石流的空间分布规律,即主要分布于美姑河河谷区两岸,即美姑河支流井叶特西河、连渣老河、尔觉河河谷区,以及溜筒河河谷区。

(2)由美姑河流域转入苏洛—竹库重点区内泥石流流统计分析,总结出重点区内泥石流与的分布特征。以及总结出前期降雨积累型泥石流、暴雨型泥石流、多日降雨持续型泥石流的具体情况,其中前期降雨积累型泥石流 33 条,占 36.67%、暴雨型泥石流 10 条,占 11.11%、多日降雨持续型泥石流 47 条,占 52.22%。

(3)根据美姑河流域内泥石流的具体情况,运用层次分析法选取泥石流堵河程度的影响因子,构造判断矩阵得出权重,构造得出泥石流的堵河情况的评分标准,基于 ArcGIS 软件画出美姑河流域泥石流的堵河程度。并对典型的泥石流沟进行介绍计算,得出结果符合所得的评价标准。检验得出评分标准的适用性,适合美姑河流域泥石流的堵河情况。

参考文献:

- [1] 孙东,王道永,吴德超,等.美姑河断裂活动性研究及对水电工程影响评价[J].水文地质工程地质,2007,34(4):13-17.
SUN dong, WANG Daoyong, WU Dechao, et al. Research on activity of Meigu River fracture zone and effect evaluation on hydro power project [J]. Hydrogeology & Engineering Geology, 2007, 34(4): 13-17.
- [2] 孙东,王道永.四川省美姑地区叠加褶皱构造特征[J].四川地震,2008,126(1):43-47.
SUN Dong, WANG Daoyong. Structure characteristics of the superposition drape of Meigu Region [J]. Sichuan Province. Earthquake Research In SiChuan, 2008, 126(1): 43-47.
- [3] 唐红梅,陈洪凯,金发均,等.美姑河流域公路泥石流物源成因[J].山地学报,2005,23(6):714-718.
TANG Hongmei, CHEN Hongkai, JIN Fajun, et al. Research on material sources of forming a debris flow along highways in the Meigu River Basin [J]. Journal of Mountain Science, 2005, 23(6): 714-718.
- [4] 陈洪凯,唐红梅,鲜学福.美姑河流域牛牛坝公路泥石流灾害防治[J].兰州大学学报,2009,45(3):18-22.
CHEN Hongkai, TANG Hongmei, XIAN Xuefu. Hazard control for Niuniuba debris flow along the highway in Meigu River basin [J]. Journal of Lanzhou University, 2009, 45(3): 18-22.
- [5] 陈远川,陈洪凯,唐红梅.沟口公路小流域山洪危险性评价——以四川省凉山州美姑河省道公路为例[A].中国地质灾害与防治学报,2012,23(4):31-39.
CHEN Yuanchuan, CHEN Hongkai, TANG Hongmei. Flash flood hazard evaluation for highway at the outlet of small watershed taking highway along Meigu river in Liangshan district of Sichuan province as an example [A]. The Chinese Journal of Geological Hazard and Control, 2012, 23(4): 31-39.
- [6] 黄达,唐川,黄润秋,等.美姑河尔马洛西沟泥石流特征及危险性研究[A].成都理工大学学报,2006,33(2):162-167.
HUANG Da, TANG Chuan, HUANG Runqiu, et al. Study on debris flow features and hazards of the Ermaluoxi gully on Meigu river, Sichuan, China [A]. Journal of Chengdu University of Technology, 2006, 33(2): 162-167.
- [7] 唐川,黄达,张伟峰.美姑河牛牛坝水电站库区泥石流基本特征[A].防灾减灾工程学报,2006,26(5):129-135.
TANG Chuan, ZHANG Weifeng, HUANG Da. Features of debris flow in reservoir of hydropower station in the Meigu River of Jinshajiang [A]. Journal of Disaster Prevention and Mitigation Engineering, 2006, 26(5): 129-135.
- [8] 唐川,张伟峰,黄达.美姑河牛牛坝水电站区泥石流基本特征[A].防灾减灾工程学报,2006,26(2):129-135.
TANG Chuan, ZHANG Weifeng, HUANG Da. Features of debris flow in reservoir of hydropower station in the Meigu River of Jinshajiang [A]. Journal of Disaster Prevention and Mitigation Engineering, 2006, 26(5): 129-135.
- [9] 唐川,黄润秋,黄达等.金沙江美姑河牛牛坝水电站库区泥石流对工程影响分析[A].工程地质学报,2006,14(2):145-151.
TANG Chuan, HUANG Runqiu, HUANG Da. Impacts of debris flows on the reservoir of a hydropower station in the Meigu River of Jinshajiang [A]. Journal of Engineering Geology, 2006, 14(2): 145-151.
- [10] 刘厚成,谷秀芝.基于可拓层次分析法的泥石流危险性评价研究[J].中国地质灾害与防治学报,2010,21(3):61-66.
LIU Houcheng, GU Xiuzhi. Hazard assessment of debris flow along highway based on extension AHP [J]. The Chinese Journal of Geological Hazard and Control, 2010, 21(3): 61-66.
- [11] 刘文锐,周志远.汶川震区泥石流堵河类型探讨[A].人民珠江,2015,1(1):113-115.
LIU Wenrui, ZHOU Zhiyuan. Wenchuan earthquake mudslides blocking the river type Discussion [A]. Pearl River, 2015, 1(1): 113-115.
- [12] 宋志,陈泽硕.西南山区泥石流堵河分布规律与形成特征[A].防灾科技学院学报,2015,17(12):1-7.
SONG Zhi, CHEN Zeshuo. Distribution regularity and formation characteristics of river-blocking due to debris flow in Southwest Mountainous Areas. J. of Institute of Disaster Prevention, 2015, 17(12): 1-7.
- [13] 张金山,沈兴菊,谢洪.泥石流堵河影响因素研究——以岷江上游为例[J].灾害学,2007,22(6):82-86.
ZHANG Jinshan, SHEN Xingju, XIE Hong. Study on factors affecting the river-blocking due to debris-flow in the upper reaches of Minjiang River [J]. Journal of Catastrophology, 2007, 22(6): 82-86.