

文章编号: 1673-9469(2015)01-0074-05

doi: 10.3969/j.issn.1673-9469.2015.01.020

四川省大瑞乡泥石流灾害特征及减灾对策

孙瑜¹, 李宏俊², 蔡鹏¹

(1. 四川省核工业地质调查院, 四川 成都 610061; 2. 云南国土资源职业学院, 云南 昆明 652501)

摘要: 在地质勘查的基础上, 分析了大瑞乡泥石流形成条件、基本特征, 并计算了泥石流的容重、流量、流速、冲出量等动力学参数, 计算证明大瑞乡泥石流属于中频暴雨沟谷型泥石流。根据泥石流的具体情况和当地经济、社会、生态建设的需要, 以及被保护对象的重要性, 提出了“拦防结合”的防治对策。

关键词: 泥石流; 工程地质; 动力学参数; 防治对策; 大瑞乡

中图分类号: P642.23

文献标识码: A

Features and preventive countermeasures of debris flow hazards for Darui Country of Yuexi County, Sichuan Province

SUN Yu¹, LI Hong-jun², CAI Peng¹

(1. Sichuan Institute of Nuclear Geology, Sichuan Chengdu 610061, China;

2. Yunnan Land and Resources Vocational College, Yunnan Kunming 652501, China)

Abstract: Based on the geological investigations, formation conditions and features are studied for the debris flow. Then the dynamic parameters such as bulk density, discharge, velocity and transported sediment scale are calculated. The results showed that the debris flow hazard in Darui country belonged to intermediate frequency rainstorm type debris flow. Based on debris flow hazard features and local social, economic situation as well as need of ecological construction, preventive countermeasures for the debris flow hazards being anti blocking binding are presented.

Key words: debris flow hazard; engineering geology; dynamic parameters; preventive countermeasure; Darui country

四川省越西县大瑞乡泥石流沟最早于1979年9月发生大规模泥石流, 将沟口处瑞联村居民房屋损毁49间, 死亡12人, 冲毁居民耕地200余亩。此后该沟约5年发生一次泥石流, 但规模相对较小。2011年再次暴发较大规模泥石流。目前, 该泥石流沟直接威胁大瑞乡瑞联村及瑞龙村总计166户799人的生命财产安全、居民耕地数百亩及乡村道路, 潜在经济损失近1000万元。目前, 我国泥石流的防灾减灾研究主要包括各种治理方面^[1-2]。本文结合大瑞乡泥石流灾害实地调查成果, 分析了泥石流灾害特征、成灾原因和成灾过程, 并计算了泥石流流量、一次泥石流总量和冲出固体物质总量等动力参数, 在此基础上提出相

应防灾减灾对策。

1 自然环境背景

1.1 流域概况

越西大瑞乡泥石流沟位于凉山州越西县大瑞乡瑞联村3组境内, 沟口地理位置为102°32'02"E, 28°35'02"N, 距离越西县城约11.5 km。大瑞乡泥石流沟为越西河左岸一级支沟, 流域面积4.48 km², 主沟长度4.5 km, 主沟比降262.2‰, 最大高程2880 m, 沟口高程1700 m, 相对高度1180 m, 流向由东向西(见图1)。

收稿日期: 2014-10-07

作者简介: 孙瑜(1984-), 男, 重庆长寿人, 硕士, 工程师, 从事地质灾害研究及其防治。

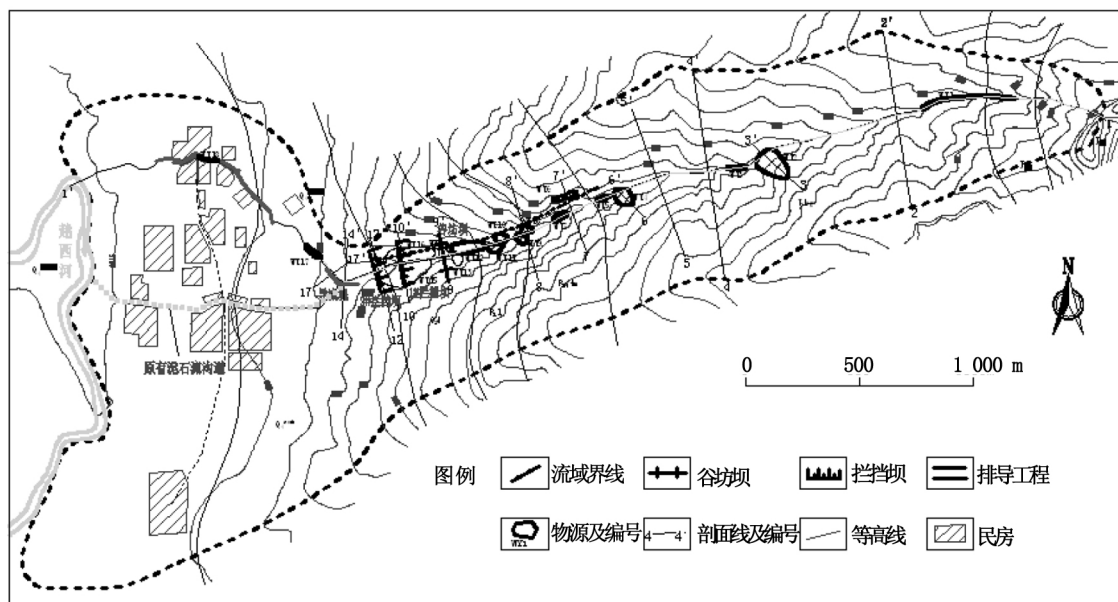


图1 大瑞乡泥石流流域图

Fig.1 Basin of Darui country gully

1.2 地貌

越西县地处康藏高原东缘横断山脉的东北麓,属大凉山山系。县域山地占90%以上,以山、谷相间的中山宽谷地貌为主要特征。整个地形南高北低,由南向北倾斜。研究区地貌类型属于中山地貌。

1.3 地质

越西县历经多次构造变动,地质构造复杂,形成了不同特征的构造体系。

越西大瑞乡泥石流沟流域出露地层主要有奥陶系中统巧家组(O_2q)、奥陶系中上统大菁组($O_{2-3}d$)、二迭系下统梁山组(P_1l)、二迭系下统栖霞+茅口组(P_1q+m)、三迭系中统白果湾组(T_3bg)、侏罗系下统益门组(J_1y)、侏罗系中统新村组(J_2x)和新生界第四系松散堆积。

1.4 气象与水文

越西县系康定—雅江暖温带和西昌—巴塘亚热带区的过渡带,属北亚热带气候。四季不太分明,春迟秋早,夏季短暂。据越西县气象站资料,多年平均降雨量1113.2 mm,最大年降雨量为1486 mm,最大日降雨量达205.9 mm,最大小时降雨量达46.9 mm。降雨量在垂直分布上随海拔增高而增多,水平分布上由北而南逐渐增多。降水

分配很不均匀,85%以上的降水量集中在5~10月。

据四川省暴雨统计参数图集(2010年)所附暴雨量等值线图,大瑞乡泥石流沟流域所在地区的1/6、1、6、24 h多年最大暴雨量平均值分别为14、34、55、70 mm,变异系数分别为0.38、0.435、0.45、0.38。根据变异系数,查皮尔逊Ⅲ型曲线得到不同频率下模比系数,再求取不同频率下的雨强值。在 $P=5\%$ 的条件下,1/6、1、6、24 h雨强可分别达到24.2、62.9、103.4、121.1 mm,由此可见,集中降水和较大的暴雨强度,为泥石流的形成提供了充足的水源条件。

1.5 地震

越西县处于康定—冕宁—西昌—寻甸地震带内。越西县越西断裂以西为康滇地轴江舟—米市断陷米市断凹,以东为上扬子台坳凉山陷褶束碧鸡—宁南凹褶断束,地质构造较复杂,褶皱、断裂发育。县域内的主要断裂—普雄河、越西河断裂仍处在继承、间歇性活动中,其结果是促使现代地震活动频繁。据2008中国地震局发布的汶川“5·12”地震烈度图,研究区地震烈度为Ⅵ度,据2013中国地震局发布的芦山“4·20”地震烈度图,研究区地震烈度为Ⅵ度。据建筑抗震设计规范(GB50011-2010),区内地震烈度为Ⅶ度,设计基本地震加速度值为0.15 g,设计抗震为第三组。

2 泥石流的动力学特征

2.1 泥石流性质

根据目睹泥石流发生的村民描述,将浆体搅拌成当时泥石流浆体浓度(主要参照1979年9月最大一次泥石流的性状),让村民进行客观地评价,得出水土比例为6:4,按下式计算泥石流容重^[3]:

$$\gamma_c = (\gamma_s f + 1) / (f + 1) \quad (1)$$

式中 γ_c 为泥石流容重(t/m^3); γ_s 为固体物质比重(取 $2.65 t/m^3$); f 为泥石流中固体物质和水的体积比。

计算得到泥石流容重为 $1.66 t/m^3$, 其泥石流性质属粘性泥石流。

2.2 泥石流流量

(1) 设计洪水流量计算

根据《四川省中小流域暴雨洪水计算手册》提供的暴雨资料,假定暴雨和洪水同频率出现,采用其推荐的推理公式由暴雨计算洪峰流量。其推荐

的小流域设计洪峰计算式为:

$$Q_p = 0.278 \psi \frac{S}{\tau^n} F \quad (2)$$

式中 Q_p 为泥石流断面洪峰流量(m^3/s); ψ 为洪峰径流系数,等于形成洪峰的净雨量与降雨量之比; S 为单位历时的暴雨平均强度,或称暴雨雨力(mm/h); F 为汇水面积(km^2); τ 为汇流时间(h); n 为暴雨递减指数,随地区及历时长短而不同。

(2) 设计泥石流流量计算

采用配方法求解稀性泥石流流量与实际结果较吻合,故该区泥石流流量采用配方法计算:

$$Q_c = (1 + \varphi) Q_p \quad (3)$$

式中 Q_c 为设计泥石流流量(m^3/s); Q_p 为设计清水峰值流量(m^3/s); φ 为泥石流修正系数。

针对泥石流沟堵塞问题较突出,在进行部分泥石流流量计算时,对式(3)进行如下修正:

$$Q_m = (1 + \varphi) Q_p D_w \quad (4)$$

式中 D_w 为堵塞系数; $\varphi = (\gamma_c - \gamma_w) / (\gamma_s - \gamma_c)$ 。计算参数及结果见表1。

表1 泥石流流量、一次泥石流总量和冲出固体物质总量计算表

Tab. 1 Calculation results for debris flow discharge, transport material volume in total and the contained solid material volume

计算位置	历时 /s	设计暴雨 频率 P/%	泥石流 峰值流量 / $m^3 \cdot s^{-1}$	泥石流一次 过流总量 / $m^3 \cdot s^{-1}$	$\gamma_w t/m^3$	γ_H	一次泥石流 固体冲出物 / m^3
9-9'剖面拟设 1#谷坊坝部位	2 100	1	83.60	35 464.16	1	2.65	14 830.47
		2	72.17	30 615.08	1	2.65	12 802.67
		5	57.21	24 267.67	1	2.65	10 148.30
		10	45.70	19 384.86	1	2.65	8 106.40
10-10'剖面拟设 1#拦挡坝部位	2 100	1	87.83	37 259.23	1	2.65	15 581.13
		2	75.78	32 145.79	1	2.65	13 442.79
		5	60.01	25 457.23	1	2.65	10 645.75
		10	47.88	20 309.77	1	2.65	8 493.18
12-12'剖面拟设 2#拦挡坝部位	2 100	1	90.35	38 327.29	1	2.65	16 027.78
		2	77.92	33 055.08	1	2.65	13 823.03
		5	61.67	26 161.94	1	2.65	10 940.45
		10	49.16	20 855.66	1	2.65	8 721.46
13-13'剖面拟设 导流工程部位	2 100	1	93.48	39 655.56	1	2.65	16 583.24
		2	80.61	34 195.6	1	2.65	14 299.98
		5	63.79	27 058.68	1	2.65	11 315.45
		10	50.83	21 563.99	1	2.65	9 017.67
17-17'剖面拟设 防护工程部位	2 100	1	113.47	48 135.25	1	2.65	20 129.29
		2	97.80	41 487.01	1	2.65	17 349.11
		5	77.34	32 805.66	1	2.65	13 718.73
		10	61.57	26 118.13	1	2.65	10 922.13

2.3 泥石流流速

流速是决定泥石流流动力学性质最重要的参数之一,也是泥石流防治工程设计不可缺少的计算依据。大瑞乡泥石流松散堆积体中土体主要以碎块石土为主,结合泥石流物源特征及浆体性质,采用铁二院稀性泥石流流速计算公式:

$$V_c = \frac{1}{\sqrt{\gamma_H \varphi + 1}} \frac{1}{n} H_c^{2/3} I_c^{1/2} \quad (5)$$

式中, V_c 为泥石流断面平均流速(m/s); γ_H 为泥石流固体物质重度(t/m^3); φ 为泥石流泥沙修正系数; $1/n$ 为沟床糙率系数; H_c 为平均泥深(m); I_c 为泥位纵坡率(‰),以沟道纵坡率代替。

泥石流过流断面积和平均泥深主要依据已发过泥石流的沟谷调查得到的平均泥深和断面平均宽度确定。沟床糙率系数按野外调查得到的清水河床形态特征查水文手册及《泥石流灾害防治工程勘查规范》(DZ/T 0220-2006)确定。

2.4 一次泥石流总量和冲出固体物质总量

按泥石流暴涨暴落的特点,将其过程线概化成五角形,一次泥石流总量可用下式计算:

$$Q = 0.264 T Q_c \quad (6)$$

式中 Q - 泥石流总量(m^3); T - 泥石流历时(s)。

据访问,1979年该沟暴发泥石流,约35 min,即 $T = 2100$ s。对比断面法计算结果,其峰值流量取用按照 P 取值为1%、2%、5%及10%的雨洪法计算结果,计算出一次泥石流过流总量,见表1。

一次泥石流冲出的固体物质总量依下式计算:

$$Q_H = Q (\gamma_c - \gamma_w) / (\gamma_s - \gamma_w) \quad (7)$$

式中 Q_H 为通过计算断面的固体物质总量(m^3)。

3 防治对策

大瑞乡泥石流流域内松散物源丰富,根据地形、物源及水源条件等可判定,在降雨条件下,该沟再次发生泥石流的可能性较大,直接威胁沟域内居民生命财产安全。故应结合泥石流的设防标准,泥石流流速和一次泥石流冲出固体物质总量等多种因素综合考虑,有针对性地设置“拦、排”工程^[4],使该泥石流治理工程在遵循技术可行、经济合理、施工方便、与环境协调的原则下,达到防治泥石流的目的。

3.1 治理总体方案的确定

大瑞乡泥石流属于中频暴雨沟谷型泥石流,结合其发育状况,拟采取“拦防结合”的治理思路,在沟域中下部物源较集中地段修建一座谷坊坝+两座拦挡坝,主要目的是拦蓄一定量的固体物质的同时,固源固床,减少沟床启动物源,降低坡降及暴雨对两侧崩滑物源的冲刷^[6];其次,针对保护对象进行防护,拟在出山口下部沟道布设1道导流堤;最后,在沟域下游途经村庄区布置3道防护堤,防止泥石流对居民房屋造成危害。综合治理方案概述为“1座谷坊坝+2座拦挡坝+1道导流堤+3道防护堤”^[5-6]。

3.2 分项设计

(1) 谷坊坝、拦挡坝工程

拦挡工程布设可以有效消峰减流,减小泥石流峰值流量,并阻挡泥石流沟内的大石块,减少一次可参与泥石流活动的物源量,降低泥石流流体容重,保证下方单边防护堤正常使用和经拦挡后泥石流剩余物质的顺利下泻,同时通过泥石流物质回淤压脚起到稳固沟床和减轻沟岸崩滑的作用。

大瑞乡泥石流拦挡工程布置主要利用沟道特点及地形、物源条件,谷坊坝及拦挡坝坝址选在物源下部沟域中下游段,拦蓄该处固体物源,降低沟道坡降,并减缓暴雨的冲刷,且具备一定的库容条件。拦挡坝主要根据地形及库容条件选择,谷坊坝在其上部,拦挡坝在其下部。各坝断面尺寸统计见表2,各坝稳拦物源能力统计见表3^[7]。

(2) 导流堤、防护堤工程

泥石流沟域出山口沟道发生较大转向处有一段导流堤,为1979年暴发泥石流后次年兴建,目前,该导流堤由于年代久远,结构及长度、高度均不满足设防要求,故将其拆除,原地重新修建。新建导流堤分为两段设计,上段(A段)长88 m,主要为防护及导流的作用;下段(B段)长70 m,主要起导流作用。

防护堤设计排导纵坡主要依据地形设计,避免大挖大填,土石方利用合理。新建2#防护堤,位于瑞联村3组沟口下游沟道右岸高程1715 m处,防止泥石流冲出沟道对下部居民产生危害。根据现场实际地形等条件,布设长度为142.4 m。新建

表2 拦挡坝与谷坊坝断面设计尺寸统计表

Tab.2 Dimensional design of silt dam and check dam

分项工程	坝高/m	有效坝高/m	基础埋深/m	坝顶宽度/m	坝顶厚度/m	坝底厚度/m
谷坊坝	8	5	2	28.8	2.0	6.0
1#拦挡坝	8.5	5	2.5	62.6	2.0	6.0
2#拦挡坝	8.5	5	2.5	58.2	2.0	6.0

表3 拦挡坝与谷坊坝稳拦物源能力一览表

Tab.3 Capability of stabilization and blocking debris flow material resources of silt dam and check dam

分项工程	沟谷纵比降/‰	回淤纵坡比降/‰	回淤长度/m	回淤平面面积/m ²	回淤坝库区平均深度/m	坝的回淤库容/m ³	防止沟床揭底冲刷减少物源/m ³	合计稳拦物源量/m ³
谷坊坝	205	123	67.2	1350	3.0	3 550	1 050	4 600
1#拦挡坝	173	104	72.4	4380	3.0	11 000	3 200	14 200
2#拦挡坝	149	90	119	5325	3.0	13 500	4 200	17 700

表4 导流堤与防护堤断面设计尺寸统计表

Tab.4 Dimensional design of diversion dike and protection embankment

名称	堤高/m	基础埋深/m	顶厚/m	底厚/m	断面/m ²
1#导流堤 A 段	4.5	2.5	1.2	2.55	14.81
1#导流堤 B 段	4.0	2.0	1.0	2.22	10.88
2#防护堤	3.0	1.2	1.0	1.90	6.63
3#防护堤 A 段	3.0	1.2	1.0	1.90	6.63
3#防护堤 B 段	2.5	1.2	0.8	1.55	4.80
4#防护堤 A 段	3.0	1.2	1.0	1.90	6.63
4#防护堤 B 段	2.5	1.2	0.8	1.55	4.80

3#、4#单边防护堤,位于沟道左岸及右岸居民区临沟侧。3#防护堤分为两段布设,在乡村道路处分界,在乡村道路处进行盖板涵设计,上段(A段)布设长度为456.4 m,下段(B段)布设长度为42 m。4#防护堤分为两段布设,在乡村道路处分界,上段(A段)长度为194 m,下段(B段)长度为118.5 m,为重力式防护堤,主要保护防护堤后瑞联村民房及村民生命财产安全。

导流堤、防护堤堤身采取梯形断面,矩形基础,外侧直立,内侧临沟侧坡比为1:0.3,均为重力式结构^[8],采用M10浆砌块石砌筑,具体设计尺寸见表4。

4 结论

1) 经实地踏勘和室内分析,2011年雨季后大瑞乡泥石流沟已经具备暴发泥石流的条件,松散固体物源陡增,使泥石流的活动主要受控于降雨。

2) 采用“拦防结合”进行工程治理,有效改善地质环境条件,减少水土流失。上部谷坊坝、拦挡坝固源的同时,可以有效拦粗排细,下部配套的导流堤、防护堤工程,对泥石流的排泄起到重要的疏

导作用,达到了防治的目的。

参考文献:

- [1]唐邦兴.中国泥石流[M].北京:商务印书馆,2000.
- [2]李德基.泥石流减灾理论与实践[M].北京:科学出版社,1997.
- [3]唐川,杨永红,李为乐.四川省青川县红光集镇泥石流灾害特征及减灾对策[J].地质灾害与环境保护,2009,20(2):94-98.
- [4]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.
- [5]卢钺昀,王世革,汪阳春,等.四川省宁南先石洛沟泥石流灾害及防治对策[J].水土保持研究,2008,15(3):239-241.
- [6]赵万玉,陈晓清,游勇,等.四川省会理县“8.30”地震地质灾害分布特征及防治对策[J].水土保持通报,2010,30(4):143-147.
- [7]陈宁生.泥石流勘查技术[M].北京:科学出版社,2011.
- [8]蒋忠信.震后泥石流治理工程设计简明指南[M].成都:西南交通大学出版社,2014.

(责任编辑 王利君)