

四川泸定县城后山泥石流灾害及其风险防御

倪化勇

(中国地质调查局成都地质矿产研究所, 四川 成都 610082)

摘要:四川泸定县城后山分布有 3 条泥石流沟,分别为孙家沟、牧场沟和羊圈沟。这 3 条沟谷曾多次暴发泥石流,对泸定县城造成了严重的危害和威胁。在现场考察基础上,论述了泸定县城后山泥石流沟的分布及泥石流危害,从物源、地形地貌和降雨 3 个方面分析了泥石流成因,从发生时间、空间和规模 3 个方面论述了泥石流灾害特征,从防灾体系、监测体系、抗灾体系、报警体系、响应体系和恢复体系 6 个方面建立了泸定县城后山泥石流防御体系,进而有针对性地提出了泸定县城后山泥石流的防治建议。

关键词:泥石流;泸定;防御

中图分类号:P642.23 **文章标志码:**A **文章编号:**1000-3657(2009)01-0229-09

泸定县城位于四川省西部、甘孜藏族自治州东南部,随着中国西部大开发战略的实施,泸定县得到快速的建设与发展,城镇不断扩大。然而,受土地资源的限制,泸定县城在扩建过程中,向沟内延伸现象普遍。考察发现,泸定县城后山分布有 3 条沟谷,且皆为泥石流沟,泸定县城大部分建筑都建于老泥石流堆积扇上,经常遭受泥石流的危害和威胁,尤其以 2006 年 7 月 14 日发生的泥石流危害最为严重,冲毁民房和商铺,淤埋公路阻断交通,直接经济损失达千万元。因此,泥石流灾害成为了泸定县城建设和发展不可回避并且愈发突出的问题,备受泥石流学者和当地政府的关注。

1 环境地质背景

泸定县位于四川省西部、甘孜藏族自治州东南部,地理位置 29°28'~30°06'N, 101°49'~102°27'E, 南北长 69.2 km, 东西宽 49.9 km, 面积 2363.83 km²。东与天全、荥经县交界,南与汉源、石棉县接壤,西北与康定县相邻,境内 G318 国道和 S211 省道通过,

交通便利,大渡河由北向南纵贯全县,县城位于泸定县北部的泸桥镇(图 1)。

县城后山地貌属高原山地地貌,呈东高西低之势,地形坡度 30~50°,最高点为照壁山主峰,标高 3782 m,最低点为大渡河水平面,标高 1300 m 左右,相对高差达 2482 m。

工作区内出露地层主要为震旦系和第四系,震旦系主要分布在沟谷上游,岩土体类型为酸性岩浆岩坚硬岩组,以钾长花岗岩和闪长岩为主;流域内第四系分布广泛,主要包括冰川堆积物、泥石流堆积物、滑积物和残坡积物等。

泸定县断裂发育,其中对泸定县城后山影响较大的断裂主要为泸定断裂和二郎山断裂。另外,近区地震活动频繁,属于Ⅶ级地震区,自公元 1216 年以来,近场区 25~50 km 范围内记载到 7 级以上地震 2 次,6 级地震 2 次,5 级地震 1 次。

该区气候属亚热带季风气候,降雨集中,干湿季分明,多年平均降雨量为 609.8 mm,月最大降雨量 265.8 mm,最大日降雨量 72.3 mm,汛期时日降雨量多在 12~

收稿日期:2008-04-22;改回日期:2008-06-20

基金项目:中国地质调查局“四川泸定县地质灾害详细调查项目”(1212010640503)资助。

作者简介:倪化勇,男,1979 年生,硕士,主要从事地质灾害与灾害地貌的研究;E-mail:cdnhuayong@cgs.gov.cn。

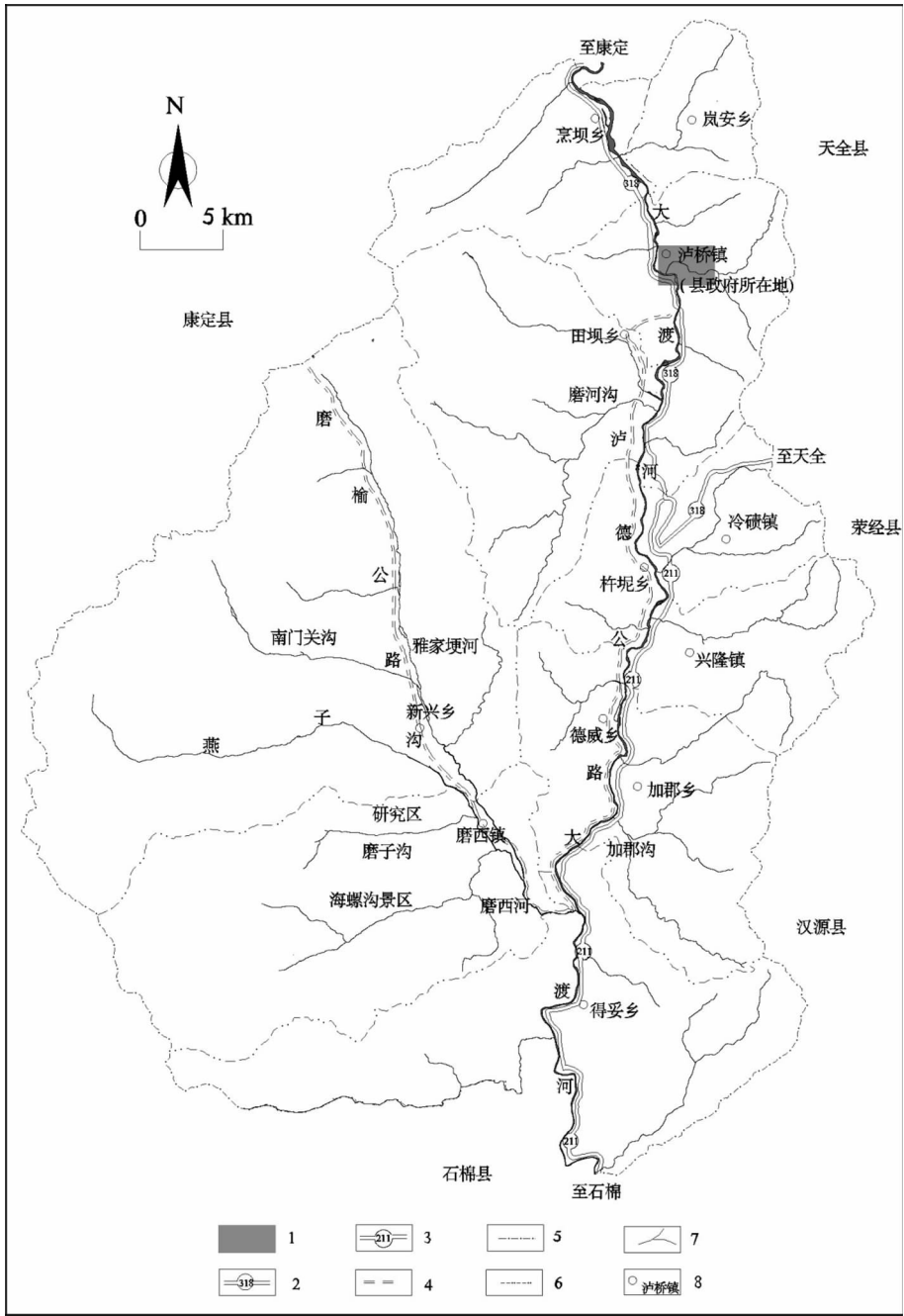


图1 泸定县交通位置图

1—县城所在地;2—G318国道;3—S211省道;4—乡道;5—县界;6—乡界;7—河流;8—乡(镇)政府所在地

Fig.1 Location of Luding County

1—County seat;2—G318 national highway;3—S211 provincial highway;4—Countryside road;6—County boundary;7—Township boundary;7—River;8—Location of township government

35 mm, 降雨多集中在5—9月(图2), 约占全年的75.4%, 据统计, 月最大日降雨超过25mm的有16 d。

2 泥石流分布及其危害

泸定县城后山主要分布有3条泥石流沟, 分别

为孙家沟、牧场沟和羊圈沟, 其分布见图3。这3条沟历史上都曾爆发过泥石流, 对泸定县城造成一定危害。近年来, 羊圈沟、孙家沟频繁暴发泥石流, 并且造成较大损失。

最近一次泥石流灾害发生的时间是2006年7

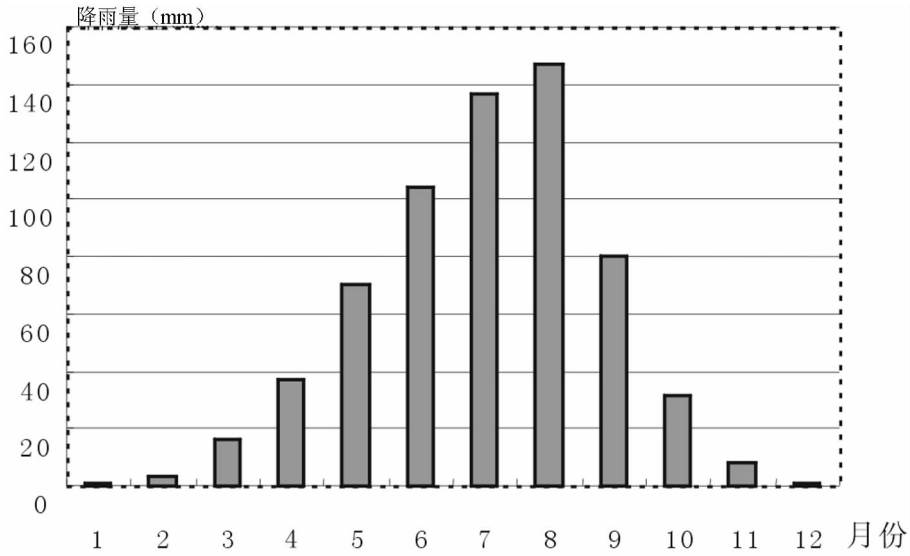


图 2 泸定县多年月平均降雨量统计图
Fig.2 Annual rainfall statistics of Luding County

月 14 日,这次群发性泥石流被称为“7-14”泥石流。在这次案例中,孙家沟和羊圈沟都爆发了泥石流,由于羊圈沟已经采取了工程治理措施,在这次泥石流发生过程中没有造成危害,而孙家沟泥石流却冲毁了田地、房屋和商铺,淤埋城区公路造成交通中断近 20 h(图 4~6)。据调查和访问,孙家沟泥石流历时近 4 h,冲出泥沙碎石 0.7 万 m³。造成 5 户人家约 80 头猪被冲走,1 hm² 土地被冲毁,县城 12 间门面受灾,

中断了城区部分交通,直接经济损失达 1000 万。另外据访问和记载^[1],1987 年 6 月 25、26 日,城区连降大暴雨,羊圈沟暴发山洪并进而引发泥石流,沙石淤塞该沟自工商局至大涵洞河床,洪水冲向堤南街,危及民房和南桥。

牧场沟近年来没有发生泥石流,但从堆积物特征来看,该沟历史上曾经暴发数次中、小规模泥石流。堆积区颗粒总体以碎、块石和角砾、砂粒石堆积

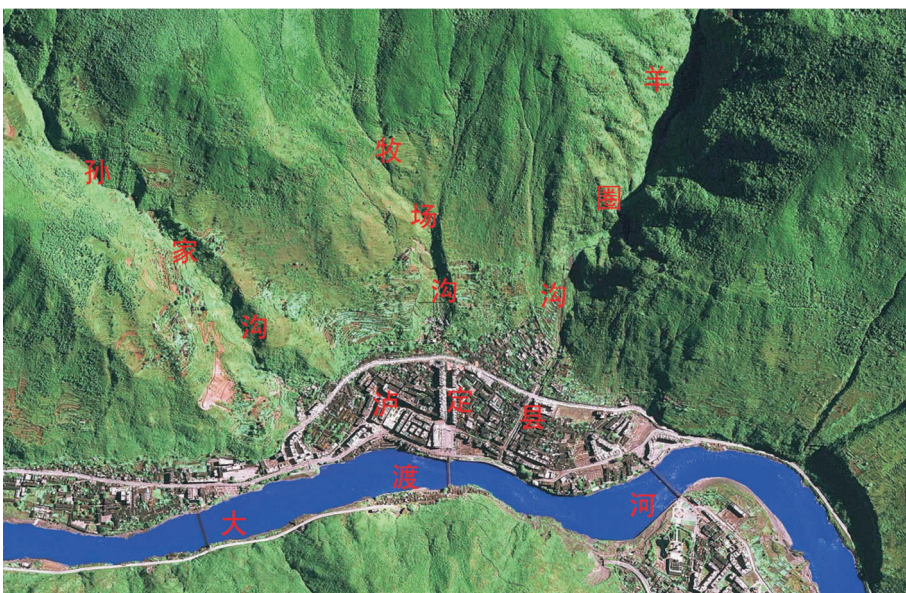


图 3 泸定县城后山泥石流沟分布图
Fig.3 Distribution of debris flow gullies behind Luding county seat



图4 2006-7-14 泥石流淤埋城区公路
Fig.4 Roads buried by July 14, 2006 debris flow



图5 2006-7-14 泥石流冲毁商铺
Fig.5 Shops destroyed by July 14, 2006 debris flow

为主,碎块石所占比重 10%~30%。物质成分以花岗岩碎块石为主。颗粒粒径变化范围大,各粒组的颗粒均有分布,但粉、粘粒含量很小,约占 1%,堆积物的级配较差。从扇顶至扇缘颗粒由粗变细,具有简单分选的特征。扇顶颗粒较粗大,最大漂石的方量为 $1 \times 0.8 \times 0.5 \text{ m}^3$,一般粒径为 1~5 cm;中部可见最大粒径为 50 cm,一般粒径为 2~10 cm;前缘长征大道附近最大粒径为 2 m,一般粒径为 30~40 cm。显然,这种堆积方式与泥石流出口的水动力条件的改变关系极大。根据堆积物的规模和物质结构特征分析可知牧场沟在历史上曾发生过一定规模的泥石流。

3 泥石流成因

泥石流的形成和爆发需要同时满足 3 个条件,即流域内堆积有丰富且可启动的松散固体物质,陡峻的地形以及充沛的降水。调查发现,泸定县城后山 3 条沟谷都具备良好的泥石流形成条件。

3.1 物源条件

孙家沟、牧场沟和羊圈沟流域内松散固体物质主要来自 3 个方面,即沟谷两岸的滑积物和崩坡积物、沟床堆积物及支沟冲洪积物与泥石流堆积物。对于不同沟谷而言,3 种物源的贡献程度不尽相同。

牧场沟物源主要取决于两岸边坡松散崩坡积物和滑积物,主要分布于沟谷上游和中游的两岸边坡,其中上游以第四系崩坡积物(Q_h^{col+dl})为主,松散堆积物的厚度在 1m 左右,中游以第四系坡积物(Q_h^{dl})为主,松散堆积物的厚度 3~3.5 m;其次为沟床老泥石流堆积物(Q_h^{dl}),以沟口可启动的松散堆积为最多,汇水区



图6 2006-7-14 泥石流冲毁房屋
Fig.6 Houses destroyed by July 14, 2006 debris flow

支沟有 3 条,但对主沟泥石流发生的贡献很小。不同区段物源特征及可提供泥石流最大方量详见表 1。综合考察和估算,牧场沟流域内可提供的物源量达到 $14 \times 10^4 \text{ m}^3$,这些物源可形成中小规模的泥石流。

孙家沟流域内可提供给泥石流的最主要物源为第四系崩坡积物(Q_h^{col+dl}),由块石混碎石组成,多有架空现象,由坡脚往上坡方向堆积物具粒度变细,松散-稍密状,含、透水性极好,而在坡度 $>35^\circ$ 时,常有崩塌现象发生,为泥石流提供物源。另外,第四系冰川堆积的漂卵石混砂土(Q_h^{gl})和崩坡积块碎石混角砾及粉粘粒(Q_h^{dl+col}),为孙家沟泥石流提供部分物源。其次,支沟为孙家沟泥石流的形成提供了大量物源,尤其以新堰沟可提供的物源最多。2006-7-14 泥石流发生后,新堰沟内堆积了大量的泥石流堆积物(图 7),可为下次泥石流的发生提供物源。

表 1 牧场沟物源特征及可提供最大物源量

Table 1 Characteristics of material source and maximum quantities of solid materials provided by Muchang gully drainage

区段	高程/m	物源特征	可提供物源 /(10^4m^3)
沟口	1340~1600	松散物主要为沟口的泥石流堆积物,以块碎石土为主。可提供的松散堆积物厚度 3~5 m	1
中游	1600~2000	该段沟谷呈“V”型,沟底平缓处主要为泥石流堆积物和坡积物,平均厚度 2~3 m,可见大的漂砾堵塞在沟中,局部卡口处巨石粒径约 5 m,堆于沟床上的泥石流残留堆积物属于不稳定状态,随时有随上游泥石流携带出沟的危险。右岸主要分布一些崩塌积物,结构松散,滑坡发育,并且已有 5 个小型滑坡,形成了这段沟的重要物源,沟口左岸陡峭,但松散堆积物很少,植被发育,基本上属于稳定状态	3
上游	2000 以上	该区域地表主要为崩塌积物。由于本区域能零星看到基岩的出露,总体相对稳定。但是由于坡度较陡,平均坡度在 30° ,坡面大的孤石较多,支沟较发育,沟内有一定的松散堆积物,而且还在不断的运移和堆积之中,能在较短的时间内形成较多的物源	10



图 7 新堰沟中尚存的松散堆积物为孙家沟泥石流提供物源

Fig.7 Remaining solid materials in Xinyan gully after July 14, 2006 debris flow



图 8 东灵山寺支沟泥石流为羊圈沟提供物源

Fig.8 Solid materials provided by the Donglingshan temple tributary

羊圈沟流域内支沟为主沟泥石流暴发可提供的物源最多,仅仅在羊圈沟流通区右岸 2~3 km 区段内,就发育有两条冲沟。据调查,这两条支沟均是最近形成,切穿了山坡上的松散崩塌积物,在降雨的浸润和激发作用下,易于发生泥石流,为主沟提供物源或者直接引发主沟泥石流。据当地老乡介绍,下游支沟原来较小,宽不足 1 m,而 7 月 14 日泥石流的发生导致该沟两岸山坡大面积垮塌,致使沟谷局部宽度达到 6~8 m。而上游支沟(东灵山寺支沟)本来是

一条小冲沟,由于冲沟上游发生崩塌,在强降雨的激发作用下,导致泥石流的发生,将坡面冲出一条宽约 20 m 的沟槽(图 8),该沟槽内可启动的松散崩塌积物多达 $10 \times 10^4 \text{m}^3$ 。羊圈沟流域内另外一种主要物源是两岸的崩塌,根据调查和测量,仅仅在中下游左岸 3 km 范围内,就存在 3 处崩塌群,可提供泥石流的物源 $1.2 \times 10^4 \text{m}^3$ (表 2)。

3.2 地形地貌条件

泸定县城后山 3 条泥石流沟流域地貌要素见表 3。

表2 羊圈沟两岸部分崩塌

崩塌编号	位置	坐标	岸别	长度/m	宽度/m	方量/m ³
崩塌1	沟口	N29° 54' 28.1"	左岸	20	30	1000
		E102° 14' 3.2"				
崩塌2	下游	N29° 54' 12.6"	左岸	50	30	3000
		E102° 14' 59.3"				
崩塌3	中游	N29° 54' 25.0"	左岸	200	50	8000
		E102° 15' 04.5"				

表3 3沟流域地形地貌要素特征

沟名	流域面积	主沟长度	最大高度	最小高度	相对高差	沟床比降	完整	长宽
	/km ²	/km	/m	/m	/km	/‰	系数	比
孙家沟	2.3	3.75	3281	1300	1981	528	0.16	1.4
牧场沟	1.44	3	3100	1360	1740	694	0.16	2.2
羊圈沟	9.1	5.1	3872	1440	2342	482	0.35	1.3

可以看出,3沟流域面积介于1~10 km²,流域形态呈瓢状,孙家沟和牧场沟流域完整系数相同且小于羊圈沟流域完整系数,说明孙家沟和牧场沟现正处于同一发展阶段,且幼于羊圈沟。另外,3条泥石流流域长宽比都大于1,且长宽差别不大,说明3沟流域汇水条件比较优越。相比之下,孙家沟和羊圈沟流域长宽比较小更接近于1,而牧场沟流域长宽比较大,说明孙家沟和羊圈沟流域汇水条件更好。

后山3条泥石流沟相对高差都很大(大于1700 m),主沟纵坡坡降都在480‰(25°)以上,并且呈现出上陡下缓的沟床变化特征。这种地形特征为泥石流的发生提供了势能,对于沟床质的启动非常有利。

3.3 降水条件

泸定县属于亚热带季风气候,降雨集中,主要分布于5—9月,且连续降雨时间延续较长。这种降雨特征有利于降雨的汇集,对不良地质现象的发生和泥石流的启动都起到了激发作用。2006年7月14日,羊圈沟和孙家沟几乎同时发生泥石流。根据泸定县气象站7月份降雨资料(表4和图9),可以看出,自7月3日开始至泥石流发生,几乎每天都有降雨,日均降雨量达6 mm,累积降雨量达到72.5 mm。这一期间的降雨,软化了沟道两岸和沟床内的松散堆积物,而且增加了两岸坡体自重,雨水沿节理裂隙下渗运移,浸泡软化润滑岩体,改变了斜坡内部应力状态,应力局部集中,致使坡体局部出现各种变形,膨

表4 2006-7-14 泥石流发生雨量统计

Table 4 Rainfall statistics of July 14, 2006 debris flow

日期	3	4	5	6	7	8
雨量/mm	5.9	10.6	1.6	5.3	3.7	4.2
日期	9	10	11	12	13	14
雨量/mm	0	3.7	4	0.2	9.5	22.8

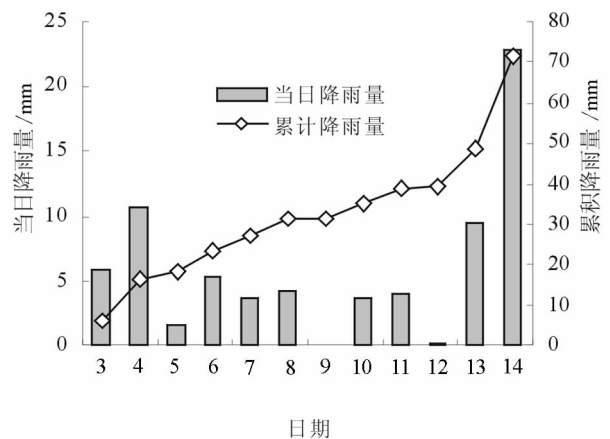


图9 泸定县2006年7月日降雨量曲线图
Fig.9 Rainfall curve of July 14, 2006 debris flow according to data provided by the meteorological station

胀,形成裂缝,下挫,最后崩滑至沟内,成为泥石流物源。7月14日,骤降22.8 mm,降雨量猛增,雨水迅速汇集,在沟内形成强大水流,将堆积在沟内的松散物质冲出,从而爆发了泥石流。

4 泥石流灾害特征

4.1 时间特征——夜发性

根据调查访问结果,发现泸定县城后山泥石流几乎都是在夜间爆发,夜发性特征明显。2006年7月14日,孙家沟和羊圈沟泥石流是在凌晨1时至5时发生的。夜发性原因主要是泸定县境内地形高差相对悬殊,高处因地面辐射冷却而密度较大的冷空气从日落前便开始沿河两坡面下沉,促使河谷中的暖湿空气逐渐抬升而成云雨。再加上山谷风环流,致使河谷中部出现下沉气流,从而形成河谷地区昼晴夜雨的气候特征。降雨强度和时间的,一般夜间大于白天,泥石流也同样多发生在夜间。

4.2 空间特征——群发性

泸定县城后山泥石流群发性特征主要表现在两个方面。首先是不同泥石流沟几乎在同一时间内发生泥石流。例如2006年7月14日,孙家沟和羊圈沟在同一天暴发泥石流;其次是同一泥石流沟主沟、支沟齐发泥石流。例如羊圈沟支沟发育,大的支沟有5条。2006年7月14日泥石流发生过程中,下游两条支沟同时发生泥石流。同时可以认定,主沟泥石流的发生皆是由于支沟泥石流的发生所导致;孙家沟大的支沟有两条,在2006年7月14日泥石流发生的过程中,两沟同时爆发了泥石流,并且在沟内堆积了大量的泥石流堆积物,为今后泥石流的发生埋下了隐患。

4.3 规模特征——规模小,危害大

这是城镇泥石流的共同特点。由于威胁对象多且价值大,即使是小规模泥石流往往也会造成巨大的危害。例如孙家沟在2006年7月14日发生的泥石流,堆积物方量仅仅数千方,却造成了上千万元的直接经济损失。

5 风险防御体系

5.1 泸定县城泥石流风险防御体系

泥石流风险定量表达为泥石流危险度和泥石流易损度的乘积。泥石流风险管理的目的是降低风险或转移风险,管理途径主要有3种:降低危险度,降低易损度和灾害保险。在泥石流风险管理的实际操作中,往往要标本兼治,三管齐下,采取降低风险和转移风险的综合措施^[9]。众多学者对中国城镇泥石流防灾减灾进行了系统研究,如韦方强等分析了中

国西部城镇开发和建设中的泥石流问题并提出了减灾决策支持系统^[3,4],谢洪等分析了中国山区域镇泥石流成因并提出了减灾系统工程^[5,6]。同目前地质灾害防治“以防为主,防治结合”总体原则不同,泸定县泥石流灾害的防御应遵循“以治为主,防治结合”的原则。针对泸定县城后山3条泥石流的成因和危害特征,从防灾体系、监测体系、抗灾体系、报警体系、响应体系和恢复体系6个方面建立泥石流风险防御体系(图10)。本文对图10所示泸定县城泥石流灾害防御体系中抗灾体系建设即工程防治方法予以重点论述。

5.2 孙家沟泥石流防治

针对孙家沟流域特征和泥石流特点,建议采用拦和排相结合的工程措施进行治理,并且做到拦排并重:

(1)在孙家沟上游新堰沟和主沟内地质条件具备和较为宽阔的沟段,修建1~2座拦砂坝,以拦挡泥石流物质来源,提高沟床侵蚀基准面,减少两岸不良地质现象的发生。

(2)在泥石流出口处,修建保坎,防止泥石流漫流而造成更大危害。

(3)加深、疏通桥梁涵洞,在原有基础上修建排导设施,保障泥石流流畅通。

5.3 牧场沟泥石流防治

根据牧场沟的地形地貌、不良地质体和松散物的分布特征、沟槽的形状和地质构造情况,建议采用沟道整治、边坡防护、截(排)水工程和生物措施进行防治。

(1)下游流通区沟道整治工程建议采用修建谷坊坝和挡土墙。由于流通区右岸滑坡较多,堆积了大量的松散物,而且沟内还有大量的松散堆积物,因此宜采用重力式挡土墙和谷坊坝相结合的综合措施。其中挡土墙的主要作用是防止滑坡堆积体继续向沟内运移以及坡脚受冲刷而产生新的滑坡,对于挡土墙以上的坡面可以采用护面墙进行边坡防护。同时,在下游沟道内以及两岸山坡建议种植乔木或高大经济林,树种选择的的原则是根系深而发达,固土能力强且寿命长,从而可以起到泥石流拦挡的效果。

(2)上游形成区建议修建截(排)水工程,主要包括排水沟和等高线壕沟。排水沟在沟谷上游形成主、支沟排水网,主沟布置应沿沟谷两侧与沟谷走向一致,排水沟应防渗。排水工程沟槽坡降应控制在

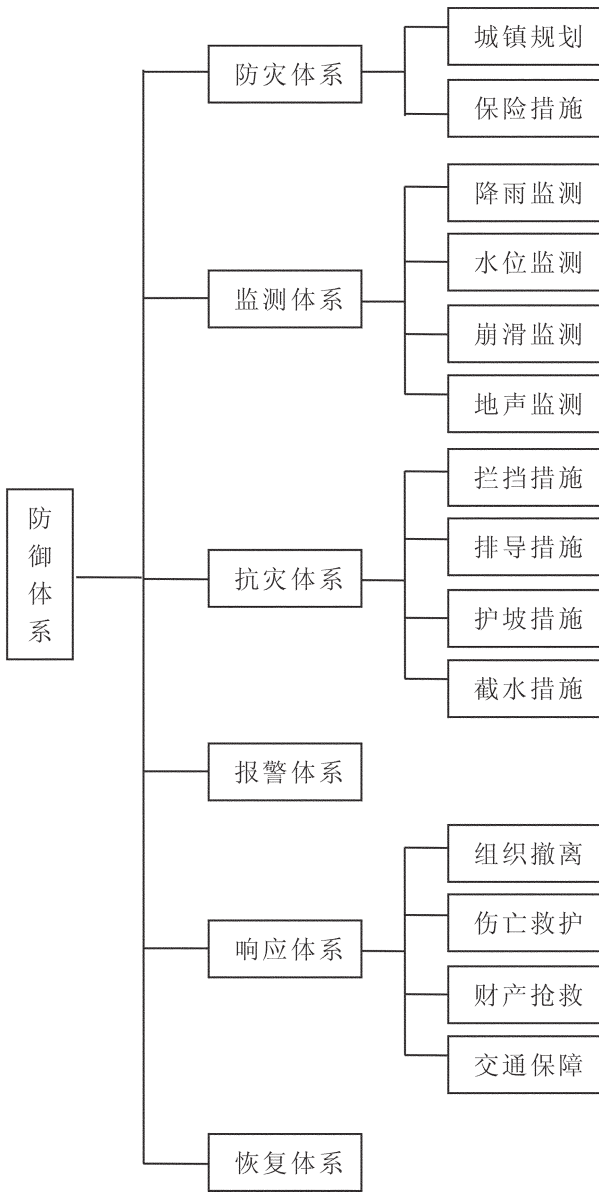


图 10 泸定县城泥石流风险防御体系

Fig.10 Countermeasures against debris flows behind Luding county seat

0.5%左右,不超过 1%。沟槽流速控制在 2 m/s 以内。沟槽陡缓交界处应作消能、水跃处理;等高线壕沟工程中,壕沟的容积要足以容纳由壕沟间坡面流出的雨水量。壕沟的容积可按 1 h 雨强的最大值减去渗透量,壕沟间距一般取 10 m。

5.4 羊圈沟泥石流防治

目前羊圈沟已经得到治理,采用的工程防治措施主要是拦和排相结合,在羊圈沟沟口段修有拦沙坝,拦沙坝以下流经县城的沟段修建有排导槽,起到

了良好的防灾减灾效果。但经过多年运行后,羊圈沟泥石流拦沙坝和排导槽均出现一些问题,主要表现在:(1)羊圈沟下游拦沙坝库容已经基本淤满,另外,坝体也出现不同程度的破损,其防灾减灾的效能正逐步地缩小;(2)由于流水、山洪和泥石流的磨蚀,排导槽局部已变得坑坑洼洼。这样增大了槽底的糙率,减小泥石流的排泄速度而不利于泥石流顺畅排泄;(3)排导槽末端在大渡河交汇处的涵洞过流断面过小,泄洪不够通畅。在遇到较大规模泥石流的情形下容易堵塞而造成泥石流在排导槽内堆积回淤,甚至溢出排导槽造成危害。

考察发现,由于拦沙坝右侧地势较低且已被开垦为耕地,所以难以在原来基础上对其加高,因此建议泸定县国土部门及时组织对拦沙坝内拦截的沙、石进行清理并对坝体进行维护。同时,对拦沙坝以下泸定县城将军路以上段排导槽进行重点修护,保证泥石流的顺畅排泄。另外,建议对排导槽末端在大渡河交汇处的涵洞以及堆积在大渡河左岸的泥石流堆积物和洪积物进行清理,以增大涵洞的过流断面,保证泥石流的排泄顺畅。

致谢: 野外考察得到了泸定县国土局的支持,参加野外考察的还有成都地质矿产研究所的高级工程师李宗亮、工程师巴仁基和刘宇杰等,在此一并致谢。

参考文献(References):

[1] 泸定县县志编纂委员会. 泸定县志[M]. 成都:四川科学技术出版社, 1999.
Editorial Committee of Luding County Annals of Sichuan Province. Luding County Annals [M]. Chengdu: Sichuan Science and Technology Press, 1999.

[2] 刘希林,莫多闻. 泥石流风险管理和土地规划[J]. 干旱区地理, 2002, 25(2):155-159.
Liu Xinlin, Mo Duowen. Debris flow risk management and land planning[J]. Arid Land Geology, 2002, 25(2):155-159.

[3] 韦方强,谢洪,钟敦伦,等. 西部山区城镇建设中的泥石流问题与减灾对策[J]. 中国地质灾害与防治学报, 2002, 13(4):23-28.
Wei Fangqiang, Xie Hong, Zhong Dunlun, et al. Debris flow and disaster mitigation in the construction of mountain town in western China [J]. The Chinese Journal of Geological Hazard and Control, 2002, 13(4):23-28.

[4] 韦方强,胡凯衡,崔鹏,等. 山区城镇泥石流减灾决策支持系统[J]. 自然灾害学报, 2002,11(2):31-36.
Wei Fangqiang, Hu Kaiheng, Cui Peng, et al. Decision support system of debris flow mitigation for mountain town [J]. Journal of Natural Disasters, 2002, 11(2):31-36.

- [5] 谢洪, 钟敦伦, 韦方强, 等. 我国山区城镇泥石流灾害及其成因[J]. 山地学报, 2006, 24(1):79-87.
Xie Hong, Zhong Dunlun, Wei Fangqiang, et al. Debris flow hazard and their formation causes in mountain urban area of China [J]. Journal of Mountain Science, 2006, 24(1):79-87.
- [6] 谢洪, 钟敦伦. 城镇泥石流减灾系统工程刍议 [J]. 水土保持学报, 2000, 14(5):136-140.
Xie Hong, Zhong Dunlun. Discussion on systematical engineering of disaster mitigation of debris flow in mountain urban area [J]. Journal of Water and Soil Conservation, 2000, 14(5):136-140.

Debris flow hazards behind Luding County seat, Sichuan Province, and the corresponding risk countermeasures

NI Hua-yong

(Chengdu Institute of Geology and Mineral Resources, China Geological Survey, Chengdu 610082, Sichuan, China)

Abstract: Three debris flow gullies, i.e., Sunjia, Muchang and Yangjuan, are distributed along the mountains behind Luding County seat, Sichuan Province. In the past years, debris flows frequently occurred and serious damaged and threat Luding County seat. In this paper, the distribution of debris flow gullies and some disaster events are described, their formation conditions such as solid materials, landform and rainfall are analyzed, and their occurrence characteristics are discussed in the aspects of time, space and magnitude. On such a basis, the countermeasure system against debris flows is established, and some corresponding prevention advices are put forward.

Key words: debris flow; Luding county seat; countermeasure

About the author: NI Hua-yong, male, born in 1979, master, engages in the study of geological hazards and hazard landform; E-mail: cdnhuayong@cgs.gov.cn.