

文章编号: 1008-2786-(2013)4-495-07

# 芦山“4·20”地震后宝兴县城打水沟泥石流 发育趋势及防治方案

游 勇<sup>1</sup> 柳金峰<sup>1</sup> 陈兴长<sup>2</sup>

(1. 中国科学院山地灾害与地表过程重点实验室/中国科学院水利部成都山地灾害与环境研究所, 四川 成都 610041;

2. 西南科技大学环境与资源学院, 四川 绵阳 621010)

**摘 要:** 打水沟为宝兴河右岸的一级支流, 位于宝兴县城城区, 流域面积 1.01 km<sup>2</sup>, 主沟长度 1.85 km, 主沟比降 640‰。受芦山“4·20”地震的影响, 流域中下游直接引发了大量的崩滑体, 加之地形陡峻, 且位于青衣江—鹿头山暴雨区边缘, 极容易发生泥石流。一旦发生泥石流, 将会对沟口建筑和人员的安全造成巨大危害。通过对打水沟地震前后遥感影像的解译, 结合野外考察, 综合判定该沟为地震触发的潜在性泥石流沟。进一步分析估算, 由于地震震动导致流域内发育 6 处崩塌体, 总面积 20 375 m<sup>2</sup>, 松散固体物质总量为 15.20 × 10<sup>4</sup> m<sup>3</sup>。在分析泥石流形成条件与发展趋势的基础上, 提出了打水沟泥石流减灾方案, 并对泥石流排导槽梯形最佳过流横断面进行了设计。通过计算分析得到, 在排泄设计标准的泥石流时, 排导槽的最佳过流断面宽度为 2.38 m, 深度为 2.23 m。

**关键词:** 芦山“4·20”地震; 宝兴县; 打水沟; 泥石流; 潜在性; 防治方案

中图分类号: P642.23

文献标志码: A

2013-04-20 芦山发生 7.0 级地震, 造成的大量崩塌、滑坡直接为泥石流活动提供了丰富的松散固体物质, 并且地震造成的大量坡体失稳和岩体破坏, 使地震区泥石流将在今后较长一段时间内处于活跃期, 其暴发规模和频率显著增加, 直接危害灾区人民生命财产安全。特别是城镇、村庄、道路、水利水电工程和农田等<sup>[1]</sup>。本文通过对芦山地震灾区宝兴县打水沟实地考察分析, 针对其泥石流的形成条件、发育趋势提出了一套较有效的防治方案。

## 1 自然环境背景

### 1.1 流域概况

打水沟位于芦山地震重灾区宝兴县城城区, 沟口地理位置为 102°48′32.32″E, 30°22′22.68″N, 距离芦山地震震中直线距离约 19.5 km。打水沟为宝兴

河右岸的一级支沟, 流域面积 1.01 km<sup>2</sup>, 主沟长度 1.85 km, 主沟比降 640‰, 最大高程 2 382 m, 沟口高程 990 m, 相对高度 1 392 m, 流向由西向东(图 1)。

### 1.2 地貌

宝兴县地处四川盆地与青藏高原东南缘的过渡地带, 为龙门山断褶强烈侵蚀斜坡式中山区, 地形变化总趋势西北高而东南低, 县域北部、西部山地海拔一般 3 000 ~ 5 000 m, 西北边境的夹金山, 近于南北走向, 最高点为西面与康定县交界的石喇嘛, 海拔 5 164 m; 东南部较低, 南部灵关谷地一带海拔仅 900 m 左右, 县内绝大部分属高山、中山地形, 山峦重叠, 岭谷交错, 相对高度多为 500 ~ 1 500 m, 坡度 30° ~ 40°。研究区地貌类型属于高中山地貌。

### 1.3 地质

宝兴县历经多次构造变动, 地质构造复杂, 形成

收稿日期(Received date): 2013-06-25; 改回日期(Accepted): 2013-07-08。

基金项目(Foundation item): 中国科学院重点部署项目(KZZD-EW-05-01)和国家科技支撑计划课题(2011BAK12B03)资助。[Supported by Key Deployment Project of CAS(KZZD-EW-05-01) and the National Science and Technology Support Program(2011BAK12B03).]

作者简介(Biography): 游勇(1964-), 男, 四川乐山人, 研究员, 硕士。主要从事山地灾害研究。[You Yong(1964-), male, Han nationality, born in Le Shan city Sichuan province, professor, Master, major in mountain hazards and prevention methods study.]

了不同特征的构造体系。以赶羊沟断裂(龙门后山断裂)为界,分属北部的金汤弧形构造和中南部的龙门山构造带部位。打水沟属于龙门山构造带部位,该构造带是发展历史最漫长、构造极为复杂的构造带,总体呈 $40^{\circ} \sim 50^{\circ}$ 方向展布,另外还有一系列走向北东的次级压扭性断层和褶皱,以及与之伴生的北西向、南北向的张扭性断裂,走向北东向的扭性断裂。

打水沟流域出露地层主要有泥盆系(D)九顶山小区捧达组+河心组,岩性为碳酸盐岩夹泥岩、砂岩,分布在流域的上游;震旦系(Z)上扬子西缘观音崖组+灯影组,岩性底部为砂岩、页岩,余为白云岩,主要分布在流域的中下游;晚太古-早元古界( $Ar_3 \rightarrow Pt_1$ )扬子西缘康定岩群,岩性为斜长角闪岩混合片麻岩、变粒岩、浅粒岩夹大理岩,主要分布在流域的下游(图1)。

#### 1.4 气象与水文

宝兴县所属区域具有亚热带气候特点,潮湿多雨,冬无严寒,夏无酷暑。该区位于青衣江-鹿头山暴雨区边缘,雨量充沛,据宝兴气象站资料,多年平均降雨量 1 101.5 mm,最大年降雨量为 1 279.0 mm,最大日降雨量达 123.5 mm,最大 3 h 降雨量

80.0 mm 以上;从北向南,降雨量由不到 1 100 mm 递增至 1 700 mm;降水分配很不均匀,75% 以上的降水量集中在 6—9 月(图2)。

打水沟为宝兴河的一级支流。宝兴河在上游有两条大的支流,西侧的为宝兴西河,发源于与康定交界的 4 751 m 无名峰,全长 56.5 km,流域面积 1 350  $km^2$ ,天然落差 3 210 m,纵比降近 1.4‰,多年平均流量 44.79  $m^3/s$ ;东侧的为宝兴东河,发源于夹金山与巴朗山交会处,全长 27.48 km,流域面积 1 396  $km^2$ ,平均比降近 2.04‰,多年平均流量 46.52  $m^3/s$ 。两条支流在县城北面两河口汇合后称宝兴河,向南流入芦山县,与青衣江汇合,宝兴河在县内长 26 km。因水急滩多,不利航运,但水能资源丰富;天然落差 270 m,纵比降近 10.29‰,多年平均流量 101.6  $m^3/s$ 。

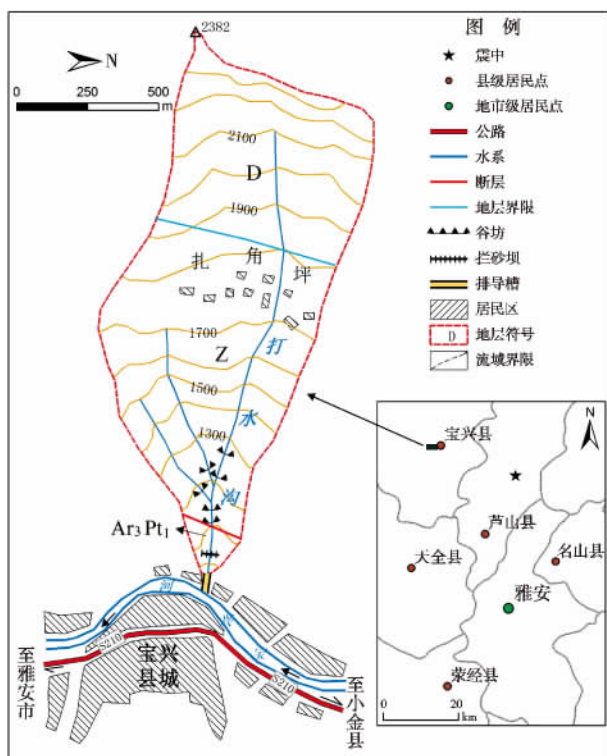


图1 打水沟流域及防治方案示意图

Fig. 1 Water system and elevation map of the study area

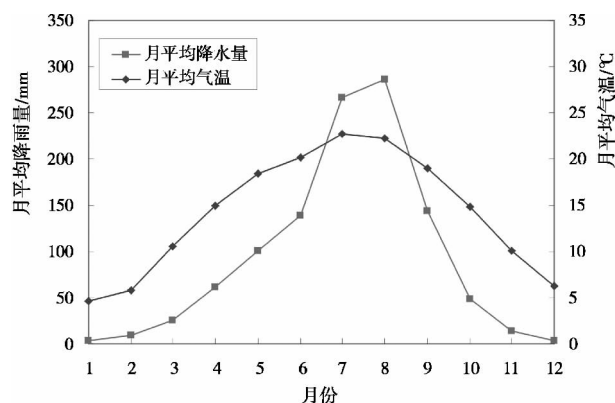


图2 宝兴县多年降雨量、气温曲线图

Fig. 2 The average monthly rainfall and temperature of the study area

#### 1.5 地震

宝兴县属龙门山构造带西南段,为松潘、龙门山地震带的一部分。据历史记载,7级以上地震发生较少,比其北段活动性较弱,主要受到波及影响,是松潘、龙门山地震带发生强震前出现异常较早的地区<sup>[1]</sup>。2008-05-12汶川8.0级特大地震即发生于龙门山断裂带上,由于断裂的破裂是从映秀向北延伸,宝兴县位于龙门山断裂带的西南段,受地震影响相对较弱。据2008-06-11实施的《中国地震动参数区划图》(GB18306-2001)国家标准第1号修改单及附件2-1及2-2,其地震设防基本烈度为Ⅶ度,地震动峰值加速度为0.15~0.20g,地震动反应谱特征周期为0.35~0.40s。据2013-04-25中国地震局发布的《四川省芦山“4·20”7.0级强烈地震烈度图》,研究区地震烈度为Ⅶ度。

2 泥石流的形成条件与发育趋势

2.1 形成条件

2.1.1 地形

打水沟流域山高坡陡,地形高差大,地势西高东低,土地主要集中分布在海拔1 500~2 000 m范围内,占总面积的53.47%,其中海拔≥2 000 m的面积占总面积23.76%(表1)。对流域山坡坡度进行分级统计可知,流域内<25°的缓坡地占15.84%,主要位于流域的中游;25°~35°的陡坡地占20.79%;≥35°的急陡坡地占流域面积的63.37%,陡坡地和急陡坡地主要位于流域的上游和下游。打水沟所在区域新构造运动主要以抬升为主,主、支沟强烈下切,沟谷呈“V”字型,沟床纵比降较大。打水沟流域完整系数(0.295)较大,说明该流域较完整,具有良好的汇流条件,对山洪和泥石流形成有利。打水沟流域陡峭的山坡坡度、陡急的沟床和良好的流域汇流条件为泥石流的形成提供了较好的地貌条件。

2.1.2 松散物质

根据震前遥感影像图判读(图3A),结合野外的调查访问和前述对打水沟流域地貌、地质、降水等条件的分析,该沟在芦山“4·20”地震前植被条件较好,缺乏泥石流形成的松散固体物质条件。芦山7级地震后,剧烈的震动在该沟产生了6处崩滑体(图3B、图4),主要分布在流域的下游,而此区域正好有一条小型断层通过(见图1),断层的存在也是造成崩滑体分布在下游区域的一个重要原因。

为了估算芦山地震造成打水沟流域松散物源的方量,对震后遥感影像进行了解译(见图4)。遥感影像解译的结果能反映地震产生崩滑体的面积参数,但是其厚度难以估算,本文采用文献[2]建立的汶川地震灾区崩滑体面积( $S_L$ )和平均厚度( $t$ )的经验关系式来计算

$$t = 1.432 \times \ln(S_L) - 4.985 \quad (2)$$

通过计算,打水沟流域地震造成的6处崩滑体总面积为20 375 m<sup>2</sup>,松散固体物源的总量为15.20×10<sup>4</sup> m<sup>3</sup>(表2)。其中最大一处崩滑体位于沟道左侧山坡,其平均长度180 m,平均宽度72 m,面积12 582 m<sup>2</sup>,平均厚度约8.5 m,体积10.69×10<sup>4</sup> m<sup>3</sup>(见表2)。这些松散固体物质直接进入沟道,造成松散堆积物骤增,加之该沟本身具有有利于泥石流形成的地形和水源条件,已具备泥石流暴发的三个基本条件。打水沟泥石流的起动方式可能为,在一定的降水条件下,流域下游的崩塌体起动形成泥石流,向下游流动的过程中冲刷左岸大型崩塌体坡脚,同时强烈冲刷沟床中松散固体物质以增大泥石流规模,从而形成危害性泥石流。

2.1.3 暴雨

降雨是激发泥石流发生的一个重要条件。通常地震之后,激发泥石流灾害的临界降雨量有所降低,如1999年台湾集集地震区,震后泥石流起动的小时雨强和临界累积雨量比震前降低1/3<sup>[2-3]</sup>。汶川地震后,北川县泥石流起动的前期累积雨量降低大约14.8%~22.1%,小时雨强降低约25.4%~31.6%<sup>[4]</sup>。

打水沟流域处于青衣江—鹿头山暴雨区边缘,根据《四川省暴雨统计参数图集》(2010年)所附暴雨量等值线图,该地区的1/6 h、1 h、6 h、24 h多年最大暴雨量平均值分别为13.0 mm、34.0 mm、51.0 mm、77.0 mm,变异系数分别为0.40、0.45、0.47、0.46。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并求得不同频率下的雨强值统计如表3。在P=2%的条件下,1/6 h、1 h、6 h、24 h雨强可分别达到27.04 mm、76.5 mm、118.32 mm、175.56 mm。由此可见,丰富而集中的降水,较大的暴雨强度,为泥石流的形成提供了充足的水源条件。

2.2 泥石流发展趋势

根据调查,芦山“4·20”地震前,打水沟流域内植被较好,泥石流形成的松散物源条件不够充分。震

表1 打水沟流域海拔和山坡坡度分级统计表  
Table 1 The elevation and slope classification statistics of Dashui gully

项目	海拔/m			山坡坡度/°			
	<1 500	1 500~2 000	≥2 000	<15	15~25	25~35	≥35
地表面积/km <sup>2</sup>	0.23	0.54	0.24	0.05	0.11	0.21	0.64
所占比例/%	22.77	53.47	23.76	4.95	10.89	20.79	63.37

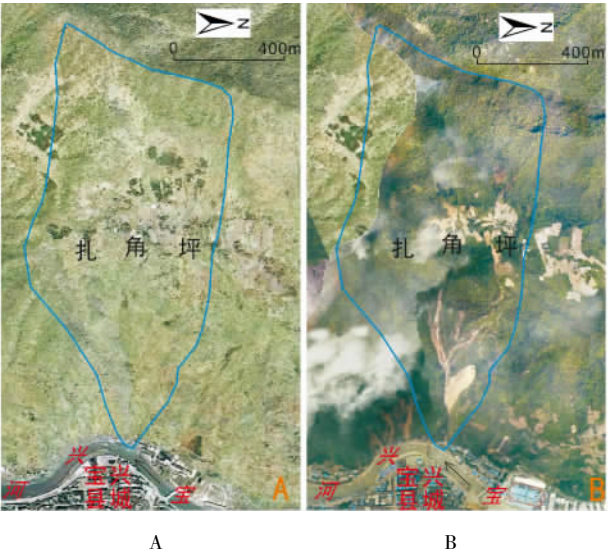


图 3 打水沟芦山地震前后航空影像对比

(数据来源于四川省芦山县“4.20”7.0 级地震地理信息发布平台)

Fig.3 The satellite images comparison before and after the Lushan Earthquake  
(date from <http://www.scgis.net/LSXEarthquake/>)

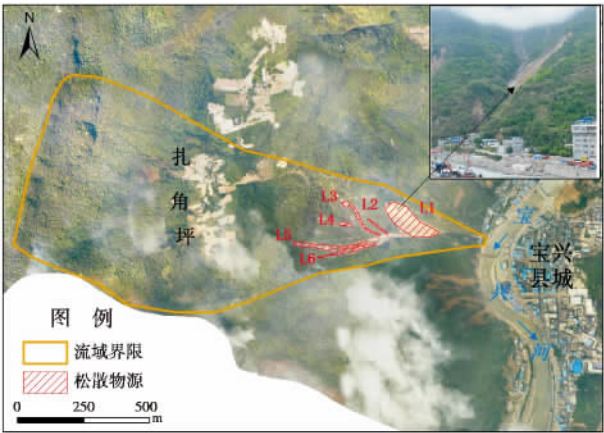


图 4 打水沟地震引起松散物源解译

Fig.4 The interpretation of landslides triggered by the earthquake by using satellite image

后,流域的总体地貌虽然没有发生明显改变,但局部地貌发生了变化,发育 6 处崩塌滑坡,形成松散固体物质约  $15.20 \times 10^4 \text{ m}^3$ 。

打水沟流域在地震后已经具备形成泥石流的沟道和松散固体物源条件。

根据汶川地震灾区震后泥石流活动特征,在震后松散固体物源丰富情况下,泥石流的活动大都受控于降雨。打水沟流域中下游在芦山“4·20”地震的影响下已经形成大量松散固体物质,部分已经进入沟道。这些松散物质在降雨作用下很容易起动形成泥石流。如果泥石流堵断主沟道,溃决后将形成大规模泥石流,严重威胁沟口人员和建筑物的安全,甚至会冲入宝兴河导致河道壅塞或者短时堵断。

### 3 防治措施

综合上述分析,芦山地震在打水沟下游引发了多处崩塌体,可直接参与泥石流活动;此外,打水沟

表 2 打水沟地震引起松散物源解译结果

Table 2 The interpretation results of landslides triggered by the earthquake

崩滑体 编号	平均长度 /m	平均宽度 /m	面积 /m <sup>2</sup>	平均厚度 /m	体积 /m <sup>3</sup>
L1	180	72	12 582	8.5	106 947
L2	89	6	530	4.0	2 120
L3	198	9	1 779	5.7	10 140
L4	50	11	547	4.0	2 188
L5	260	11	2 881	6.4	18 438
L6	210	10	2 056	5.9	12 130
合计	/	/	20 375	/	151 964

表 3 打水沟所处区域不同频率下雨强值计算表

Table 3 The rainfall intensity under different return periods of the study area

频率 P	10 min 雨强				1 h 雨强				6 h 雨强				24 h 雨强			
	平均值 /mm	变异 系数	模比 系数	设计雨强 /mm	平均值 /mm	变异 系数	模比 系数	设计雨强 /mm	平均值 /mm	变异 系数	模比 系数	设计雨强 /mm	平均值 /mm	变异 系数	模比 系数	设计雨强 /mm
1%			2.31	30.03			2.52	85.68			2.60	132.6			2.56	197.12
2%			2.08	27.04			2.25	76.5			2.32	118.32			2.28	175.56
5%	13.0	0.40	1.78	23.14	34.0	0.45	1.88	63.92	51.0	0.47	1.93	98.43	77.0	0.46	1.9	146.3
10%			1.53	19.89			1.60	54.4			1.62	82.62			1.61	123.97

沟口区域较狭窄, 居住有 8 户 38 人。根据该沟泥石流的特征、危害及减灾要求, 打水沟的泥石流减灾工程规划方案采取“稳 + 拦 + 排”的措施<sup>[5]</sup> (见图 1)。具体的减灾工程包括:

1. 在流域下游 1 100 ~ 1 300 m 高程范围内的主支沟沟道内布置 6 座谷坊(见图 1), 用于稳沟固源, 减小泥石流对于沟床的冲刷, 稳固沟床两侧的崩滑体。
2. 在 L1 滑坡下游适当位置布置一座骨干型拦砂坝, 用于稳固 L1 滑坡(见图 1), 起到拦粗排细、稳定沟床、削减泥石流峰值流量的作用, 同时能防止泥石流中的大石块进入下游排导槽, 避免大石块对排导槽侧墙和槽底的撞击破坏。
3. 在出山口和宝兴河之间修建一条长约 50 m 的排导槽(见图 1), 以保证泥石流顺利导入主河, 使其不危害沟口居民区。
4. 建立监测点, 综合监测泥石流发生的各种征兆, 在泥石流来临前, 及时发布预警预报, 尽量减少人员伤亡。

下面重点讨论排导槽断面优化设计。

打水沟泥石流防治的目的是保障沟口居民的生命和财产安全, 因此, 在排导槽的设计中, 如何合理的确定其过流断面尺寸, 保证泥石流能顺利导入主河是非常关键的问题。对于打水沟沟口排导槽, 本文拟采用梯形作为其断面形状, 下面就梯形排导槽过流横断面尺寸优化设计进行分析研究。

排导槽的最佳断面是指在纵坡  $I$  和糙率系数  $n$  及设计流量一定时, 过流断面  $A$  最小的断面或水力半径  $R$  最大的断面<sup>[6-7]</sup>。对于梯型排导槽, 其过流断面形式和尺寸如图 5 所示,  $m$  为梯型排导槽的侧墙边坡系数, 其定义为  $m = h/\Delta b$  (采用绝对值)。

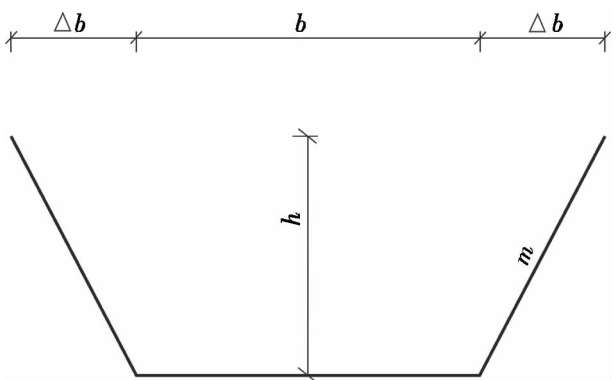


图 5 梯型排导槽特征长度示意图

Fig. 5 Size characteristics for a trapezoidal drainage canal

文献[7]通过推导求解, 得出水力条件最佳时, 梯型排导槽断面特征参量( $M$ )为<sup>[7-9]</sup>

$$M = \frac{4(2\sqrt{1+m^2}-1)}{m} \tag{3}$$

通过进一步求解, 得出水力条件最佳时, 梯型排导槽断面尺寸可以通过以下公式计算<sup>[11]</sup>

$$b = 2.44 \frac{m(2\sqrt{1+m^2}-1)}{[m^2+4(\sqrt{1+m^2}-1)\sqrt{1+m^2}]} \frac{Q^{2/5}}{M^{2/5}I^{2/5}} \left(\frac{D_{10}}{D_{50}}\right)^{1/10} \tag{4}$$

$$h = 4.88 \frac{(2\sqrt{1+m^2}-1)(\sqrt{1+m^2}-1)}{[m^2+4(\sqrt{1+m^2}-1)\sqrt{1+m^2}]} \frac{Q^{2/5}}{M^{2/5}I^{2/5}} \left(\frac{D_{10}}{D_{50}}\right)^{1/10} \tag{5}$$

式中  $Q$  为设计泥石流峰值流量;  $I$ : 排导槽的纵比降(采用绝对值);  $D_{50}$ : 中值粒径, 即颗粒级配曲线上 50% 颗粒较之为小的粒径(mm);  $D_{10}$ : 颗粒级配曲线上 10% 颗粒较之为小的粒径(mm)。

泥石流的流量  $Q$  一般可以通过在前期调查阶段用实测统计法、配方法等方法计算确定, 在排导槽设计时假定为已知值。打水沟流域由于无雨量和山洪流量观测资料, 无法用数理统计的方法计算, 可利用《四川省水文手册》分析计算不同频率下的暴雨, 再推求不同频率下的洪峰流量, 再由配方法确定泥石流流量, 通过计算得到打水沟不同频率的泥石流流量为:  $Q_{1\%} = 121 \text{ m}^3/\text{s}$ ,  $Q_{2\%} = 75 \text{ m}^3/\text{s}$ ,  $Q_{5\%} = 45 \text{ m}^3/\text{s}$ 。打水沟泥石流排导槽按频率  $P = 2\%$  标准设计。

根据实际情况, 打水沟泥石流梯型排导槽的侧墙边坡系数  $m$  取为 1.5。首先将排导槽侧墙边坡系数  $m = 1.5$  代入(3)式可得水力最佳条件的断面特征参量  $M = 6.95$ 。将  $M$  及上述  $Q_{2\%} = 75 \text{ m}^3/\text{s}$ 、 $D_{50} = 11.0 \text{ mm}$ 、 $D_{10} = 0.02 \text{ mm}$  等参数代入(4)式、(5)式, 计算求得  $b = 2.38 \text{ m}$ ,  $h = 2.23 \text{ m}$ , 计算结果见表 4。从而可以得到打水沟泥石流梯型排导槽最佳过流断面形态尺寸(图 6)。

表 4 打水沟梯型排导槽水力最佳断面设计表

Table 4 The parameters of the optimal cross-section of the trapezoidal drainage canal for Dashui gully

$P$	$Q$ /( $\text{m}^3/\text{s}$ )	$D_{50}$ /mm	$D_{10}$ /mm	$I$	$M$	$b$ /m	$h$ /m
2%	75	11.0	0.02	0.12	6.95	2.38	2.23

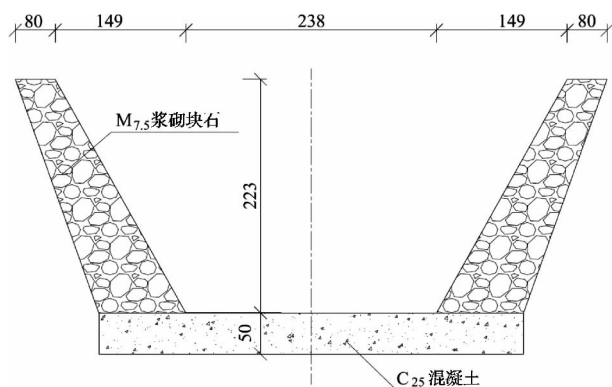


图 6 打水沟泥石流梯型排导槽横断面图

Fig. 6 Cross-section of the trapezoidal debris flow drainage canal recommended for Dashui gully

## 4 结论

1. 受芦山地震的影响,打水沟流域中下游由于震动直接引发了 6 处崩滑体,崩滑体总面积为  $20\,375\text{ m}^2$ ,松散固体物源的总量为  $15.20 \times 10^4\text{ m}^3$ ,为泥石流的形成提供了丰富的松散物源。

2. 通过分析,地震后打水沟已经具备暴发泥石流的条件。在震后松散固体物源丰富情况下,泥石流的活动大都受控于降雨。一旦发生泥石流,将严重威胁沟口人员和建筑物的安全,甚至会冲入宝兴河导致河道壅塞或者短时堵断河流。

3. 梯形排导槽是防治泥石流灾害中使用最为广泛的槽型之一,其横断面的形状及尺寸是设计中的重要参数。通过计算分析,在排泄频率  $P=2\%$  的泥石流时,打水沟梯形排导槽的最佳过流横断面宽度为  $2.38\text{ m}$ ,深度为  $2.23\text{ m}$ 。

## 参考文献(References)

- [1] Li Yong, Huang Runqiu, Zhou Rongjun, et al. Geological Background of Longmen Shan Seismic Belt and surface ruptures in Wenchuan earthquake [J]. Journal of Engineering Geology, 2009, 17(1): 3–18 [李勇, 黄润秋, 周荣军, 等. 龙门山地震带的地质背景与汶川地震的地表破裂[J]. 工程地质学报, 2009, 17(1): 3–18]
- [2] Tang C, Zhu J, Ding J, et al. Catastrophic debris flows triggered by a 14 August 2010 rainfall at the epicentre of the Wenchuan earthquake [J]. Landslides 2011 8: 485–497
- [3] Lin C W. Impact of Chi-Chi earthquake on the occurrence of landslides and debris flows: example from the Chenyulan River watershed, Nantou, Taiwan [J]. Engineering Geology 2003 (71): 49–61
- [4] Tang Chuan, Liang Jingtao. Characteristics of debris flows in Beichuan epicenter of the Wenchuan earthquake triggered by rainstorm on September 24, 2008 [J]. Journal of Engineering Geology, 2008, 16(6): 751–758 [唐川, 梁京涛. 汶川震区北川 9.24 暴雨泥石流特征研究[J]. 工程地质学报, 2008, 16(6): 751–758]
- [5] Zhou Bifan, Li Deji, Luo Defu, et al. Guide to prevention of debris flow [M]. Beijing: Science Press, 1991: 125–129 [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: 125–129]
- [6] You Yong, Liu Jinfeng, Chen Xingzhang. A convenient designation for the optimal hydraulic cross-section of “Rectangle-V” shaped drainage canal of viscous debris flow [G]// Harold Annegarn, IGARSS 2009 – International Geoscience and Remote Sensing Symposium, Cape Town, South Africa, 07–2009, II392–395.
- [7] You Yong. Optimal hydraulic condition of debris flow drainage canal [J]. Journal of Mountain Science, 1999, 17(3): 255–258 [游勇. 泥石流排导槽水力最佳断面[J]. 山地学报, 1999, 17(3): 255–258]
- [8] You Yong, Liu Jinfeng. Comparison of hydraulics conditions among usual debris flow drainage canal [J]. Chinese Journal of Rock Mechanics and Engineering 2006 25(Suppl. 1): 2820–2825 [游勇, 柳金峰, 欧国强. 泥石流常用排导槽水力条件的比较[J]. 岩石力学与工程学报, 2006 25(Suppl. 1): 2820–2825]
- [9] Yong You, Jinfeng Liu, Xingzhang Chen. Debris flow formation conditions and optimal characteristics of drainage canal following Wenchuan earthquake [J]. Environmental Earth Sciences, 2012, 65(4): 1005–1012

## The Potential Tendency and Mitigation Measures of Dashui Gully in Baoxing County after Lushan “4·20” Earthquake of Sichuan

YOU Yong<sup>1</sup>, LIU Jinfeng<sup>1</sup>, CHEN Xingzhang<sup>2</sup>

(1. Key Laboratory of Mountain Hazards and Earth Surface Process/Institute of Mountain Hazards and Environment, Chinese Academy of Sciences, Chengdu 610041, China;

2. School of Environment and Resources, Southwest University of Science and Technology, Mianyang 621010, China)

**Abstract:** The Dashui gully is a right-bank branch of the Baoxing River, located in Baoxing County, one of the areas most affected by the Lushan “4·20” Earthquake, Sichuan, China. The gully has a basin area of 1.01 km<sup>2</sup>, is 1.85 km long, and the gully’s longitudinal slope is 640‰. The gully was lack of sediment supply conditions before the earthquake. After earthquake, 6 landslides varying in size were induced by the earthquake and distributed in the middle and lower reaches. Together with the steep high landform conditions and favorable rainfall conditions, debris flow will be easy to form and cause great damages to buildings and human lives at the outlet area. Based the satellite images interpretation before and after the earthquake and the field investigation, the loose solid materials, catchment integrated coefficient, relative cutting degree, mean channel gradient, mean hillside gradient and stratum lithology were selected as identification factors. Then, the Dashui Gully was identified as an earthquake-induced potential debris flow torrent. The 6 landslides induced by the earthquake cover an area of 20 375 m<sup>2</sup> with a total volume of  $15.20 \times 10^4$  m<sup>3</sup>. Based on the formation conditions and potential tendency, the debris flow mitigation measure was proposed and the optimal cross-section design for the trapezoid shaped debris flow drainage canal of the gully is discussed. After calculation, the width and depth of the optimal trapezoid shaped debris flow drainage canal were equal to 2.38 m and 2.23 m respectively for draining the debris flow of 50 years return period.

**Key words:** Lushan “4·20” Earthquake; Baoxing County; Dashui Gully; debris flow; potential tendency; mitigation measures