

文章编号: 1009-3850(2008)04-0088-05

四川泸定县冷碛镇黑沟泥石流发育特征与危害初探

李宗亮¹, 魏伦武¹, 杨全忠², 王德伟¹,
常晓军¹, 成余粮²

(1. 成都地质矿产研究所, 四川 成都 610082; 2. 四川省地质工程集团公司, 四川 成都 610081)

摘要: 泸定冷碛镇黑沟流域内发育土层滑坡及土体蠕动变形体 20 处, 为黑沟泥石流的主要松散物源; 土层滑坡和土体蠕动变形体规模小, 滑速慢, 滑体结构松散, 滑入溪沟易被洪流卷走, 不会形成滑坡堰塞湖和溃决型泥石流。近 60 年来黑沟发生的最大一次泥石流, 经计算泥石流流速为 3.47 m/s , 峰值流量为 $122.79 \text{ m}^3/\text{s}$ 为大型泥石流, 对沟谷两侧财产造成了巨大危害。

关键词: 泥石流; 发育特征; 危害; 四川泸定
中图分类号: P694 **文献标识码:** A

泸定冷碛镇黑沟泥石流发育于大渡河二级支沟——黑沟流域。黑沟流域总体呈月牙状, 呈近东西向展布, 始于二郎山分水岭, 最高海拔为 3499 m , 最低为 1430 m 。主沟较为顺直 (图 1), 在冷碛镇潘沟村流入潘沟, 经潘沟汇入大渡河。沟长为 10.32 km , 流域面积为 20.5 km^2 , 平均坡降为 200% 。沟谷内侵蚀作用强烈, 中上游以岩质沟床为主。支沟发育, 呈羽状水系。

2006 年 7 月黑沟发生近 60 年来最大的一次泥石流, 经计算黑沟泥石流流速为 3.47 m/s , 峰值流量为 $122.79 \text{ m}^3/\text{s}$ 为大型泥石流, 在潘沟村流入潘沟。潘沟为典型的沟谷型泥石流, 数 10 年来, 每年皆有大小不等的泥石流发生, 为高频泥石流沟谷, 每次大型以上泥石流发生皆造成了一定的人员伤亡及财产损失。

1 泥石流发育特征

1.1 形成区特征

泥石流形成区大致以黑沟村 1 组附近为界, 流域面积约 15 km^2 (图 1), 形似不对称扇形, 支沟发育,

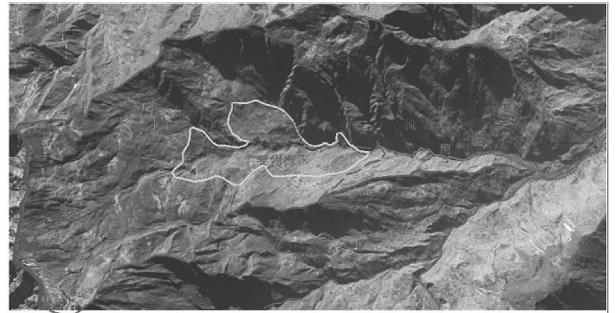


图 1 黑沟流域全貌

Fig 1 Full view of the He'gou gully

主沟道不长, 汇水条件好, 同时由于基岩为含透水差的泥岩夹砂岩, 不利于地表水下渗, 降水主要通过黑沟排泄。松散物源较为集中, 分布于各支沟汇流处。在形成区主沟纵坡较大, 沟床形态为 "V", 有利于泥石流的流通, 而对松散物的集聚不利。

1.2 流通区特征

泥石流流通区面积约 5.5 km^2 (图 1), 主沟长约 3 km , 主沟纵坡平均为 100% , 上段纵坡稍陡, 沟谷呈

收稿日期: 2007-08-18 改回日期: 2008-01-28

资助项目: 四川泸定县地质灾害详细调查 (1212010640503), 长江上游主要环境地质问题调查综合研究 (1212010540106)

“之”字形延伸,对泥石流起到了一定的消能作用;下段虽纵坡稍小,但河道较为顺直。在流通区泥石流有冲有淤下蚀作用不强烈。

黑沟泥石流在冷碛镇潘沟村流入潘沟,呈扇形淤于潘沟沟口。

2 泥石流形成条件

2.1 物源条件

黑沟流域内发育滑坡及土体蠕变变形体 20 处,为黑沟泥石流的主要松散物源(表 1,表 2)。黑沟上游以宽谷地形为主,植被覆盖率高,以灌木、新生林为主。面蚀作用不发育,未发现能大量提供松散堆积物之滑坡、崩塌等不良地质现象,且地形以陡坡、平台、缓坡相间,不利于泥石流松散物的集聚。中游“V”形谷地段,沟两岸谷坡不对称,右岸坡为陡坡平台陡坡相间地形,残坡积发育。但除临沟陡坡外,上部陡坡由于有一平台相隔,松散物质不易到达沟道中。临沟陡坡上小的浅层土质滑坡发育,为黑沟泥石流的主要物源区。左岸以陡坡、陡崖为主,虽坡度较陡,但多为横向结构斜坡和斜向结构斜坡。岩体稳定,残坡积发育较差。由于基岩为泥岩夹砂岩,二者强度差异较大,在主沟中发育有小型岩坎,

沟道狭窄,不利于松散固体物质的停淤,以岩质沟床为主。下游大部皆为岩质斜坡,残坡积不发育,由于主沟纵坡较小,沟道较宽,有松散物停淤于沟道中。

黑沟泥石流物源区主要位于中游(图 1),物源类型以临沟浅层小型牵引式土质滑坡为主,其次为土体蠕变变形体前缘的垮塌土体,而面蚀作用所提供物源则较少。在中下游沟道中停淤有厚 1~3m 不等的泥石流堆积物,亦可作为松散物源被泥石流带走,各类物源量列于表 3。从黑沟主要物源量(表 3)分析,黑沟具备发生大型泥石流物源条件。

2.2 水源条件

泸定县地处四川盆地与青藏高原的过渡带上,受东南、西南季风和青藏高原冷空气双重影响,气候垂直差异明显。泸定气候为“冬无严寒,夏无酷暑”。大渡河谷地区,地处二郎山背风坡,空气干燥,降水偏少,据泸定县气象站资料统计,多年平均相对湿度为 65.8%,历年最大降水量为 723mm/d,多年平均降水量为 643.1mm/a,降水主要集中于每年 5~9 月,多为大雨或暴雨,是地质灾害的主要诱发因素,(表 4 图 2)。潘沟年均流量为 0.82m³/s,枯水量为 0.51m³/s。黑沟具备发生泥流水源条件。

表 1 黑沟流域滑坡特征汇总表

Table 1 Description of the landslides in the Heigou gully

编号	滑坡名称	发生层位	发生时间	规模				滑体			稳定状态	危害
				长/m	宽/m	厚/m	方量/ 10 ⁴ m ³	主滑 方向	后缘 高程/m	剪出口 高程/m		
I01	黑沟村 4组滑坡(1)	Qh ^{ed1}	2001	30	40	5	0.6	310°	2530	2520	不稳定	威胁 1 户,不能成为泥石流物源
I02	黑沟村 3组滑坡(1)	Qh ^{ed1}	1995	160	150	0.8	1.92	290°	2500	2420	不稳定	泸矿公路,黑沟泥石流物源
I03	黑沟村 3组滑坡(2)	Qh ^{ed1}	2003	220	250	1.2	6.6	240°	2610	2490	不稳定	泸矿公路,少量(<10%)可为泥石流物源
I04	青稞地滑坡	Qh ^{ed1}	1980	60	150	1.5	1.35	330°	2420	2390	不稳定	黑沟泥石流物源
I05	下坪子滑坡	Qh ^{ed1}	1962	90	160	1.5	2.16	180°	2330	2280	不稳定	黑沟泥石流物源
I06	黑沟村 3组滑坡(3)	Qh ^{ed1}	2005	55	35	2	0.39	175°	2210	2180	不稳定	黑沟泥石流物源
I07	海子坪滑坡	Qh ^{ed1}	1950	50	50	2	0.5	200°	2120	2100	不稳定	黑沟泥石流物源
I08	黑沟村 2组滑坡	Qh ^{ed1}	1974	140	70	2	1.96	190°	2050	1960	不稳定	黑沟泥石流物源
I09	整错落滑坡	Qh ^{ed1}	1945	160	180	2.5	7.20	310°	2180	2020	不稳定	威胁 6 户,少量(<10%)可为泥石流物源
II010	黑沟村 1组滑坡(1)	Qh ^{ed1}	1978	50	38	2	0.38	160°	1900	1885	不稳定	黑沟泥石流物源
I011	黑沟头滑坡	Qh ^{ed1}	2003	45	22	2.5	0.25	360°	1875	1850	不稳定	黑沟泥石流物源
I012	黑沟村 1组滑坡(2)	Qh ^{ed1}	1960	140	80	2	2.24	180°	1850	1780	不稳定	黑沟泥石流物源
I013	茅石岗滑坡	Qh ^{ed1}	2005	92.3	37.7	1.5	0.52	10°	1588	1569	不稳定	耕地

表 2 黑沟流域土体蠕动变形体特征

Table 2 Description of the soil creeping and deformational masses in the Hegou gully

编号	名称	发生层位	发生时间	规模				滑体			稳定状态	危害
				长/m	宽/m	厚/m	方量 10 ⁴ m ³	主滑 方向	后缘 高程/m	剪出口 高程/m		
H01	青裸地土体蠕动变形体	Qh ^{ed1}	每年雨季	500	450	2	45.00	330°	2500	2390	不稳定	开裂、蠕动变形,历史上最大下移量 1m/a,一般仅数厘米,一次提供量 < 0.09/10 ⁴ m ³
H02	下坪子土体蠕动变形体	Qh ^{ed1}	每年雨季	300	550	1.5	24.75	180°	2420	2280	不稳定	开裂、蠕动变形,历史上最大下移量 1.2m/a,一般仅数厘米,一次提供量 < 0.1/10 ⁴ m ³
H03	海子坪土体蠕动变形体	Qh ^{ed1}	每年雨季	450	500	1.5	33.75	200°	2300	2120	不稳定	开裂、蠕动变形,历史上最大下移量 1m/a,一般仅数厘米,一次提供量 < 0.1/10 ⁴ m ³
H04	黑沟村 2 组土体蠕动变形体	Qh ^{ed1}	每年雨季	600	550	2	66.00	190°	2280	2080	不稳定	开裂、蠕动变形,历史上最大下移量 0.6m/a,一般仅数厘米,一次提供量 < 0.1/10 ⁴ m ³
H05	整错落土体蠕动变形体	Qh ^{ed1}	每年雨季	1500	700	2	210.00	310°	2590	2180	不稳定	开裂、蠕动变形,历史上最大下移量 0.1m/a,一般仅数厘米,一次提供量 < 0.01/10 ⁴ m ³
H06	黑沟村 1 组土体蠕动变形体	Qh ^{ed1}	每年雨季	750	950	1.5	106.88	190°	2150	1830	不稳定	开裂、蠕动变形,历史上最大下移量 1m/a,一般仅数厘米,一次提供量 < 0.1/10 ⁴ m ³
H07	扒湾土体蠕动变形体	Qh ^{ed1}	每年雨季	300	120	2	7.2	10°	1690	1560	不稳定	开裂、蠕动变形,历史上最大下移量 1m/a,一般仅数厘米,一次提供量 < 0.09/10 ⁴ m ³

表 3 黑沟主要物源量统计

Table 3 Statistics of the source amounts in the Hegou gully

沟名	滑坡堆积物 /10 ⁴ m ³	土体蠕动变形体		沟道堆积 /10 ⁴ m ³
		总量 /10 ⁴ m ³	最大一次提供量 /10 ⁴ m ³	
黑沟	13.65	493.58	3.2	6.75

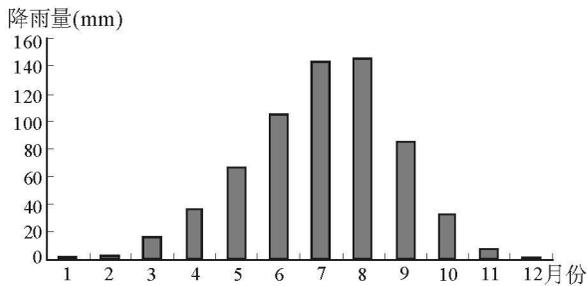


图 2 泸定县多年月平均降雨量统计图

Fig 2 Bar chart showing the statistics of the monthly average rainfall in Luding

2.3 地形地貌条件

地形地貌对泥石流的发生、发展主要有两方面的作用:①通过沟床地势条件为泥石流提供位能,赋予泥石流一定的侵蚀、搬运和堆积的能量;②沟槽在

一定演变阶段内,能够提供足够数量的水体和土石体。

黑沟地势东高西低,地形起伏大,山高坡陡,溪流自东向西流入潘沟,再由潘沟汇入大渡河。黑沟为溪流深切中山峡谷地貌,沟谷下部多呈“V”形峡谷,中上部多呈“U”形宽谷;谷缘到谷底的相对高差大,一般为 500~700m,最高达 1022m。

黑沟上游以宽谷地形为主,保留有海子(古冰斗)、刃脊、冰蚀平台等冰川地貌,植被覆盖率达 95%以上,以灌木、新生林为主。中游为典型的“V”形谷地形,主沟纵坡平均约 157%,沟两岸谷坡不对称,右斜坡为陡坡平台陡坡相间地形,左岸以陡坡、陡崖为主,虽坡度较陡,但多为横向结构斜坡和斜向结构斜坡,岩体稳定。以岩质沟床为主,沟道的发育明显受“X”构造裂隙控制,主沟呈“之”字形延伸,对泥石流的消能较为有利。下游为“U”形谷至扩展“V”形谷地形,两侧以陡崖为主,斜坡岩体稳定,主沟纵坡平均为 97%,部分沟道呈“之”字形。高差大的地形地貌为泥石流的发生提供了有利条件。

3 泥石流运动特征

黑沟两岸多为横向结构斜坡和斜向结构斜坡,

表 4 泸定县气象要素统计
Table 4 Statistics of the meteorological elements in Luding

气象要素	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	全年
降雨/mm	0.9	3.2	15.9	36.8	65.6	105.1	143	145.7	85.1	33.3	7.9	0.6	643.1
气温/°C	6.2	8.2	12.6	16.8	19.5	20.7	22.7	22.4	19.8	16.4	11.8	7.6	15.4
相对湿度/%	54	53	55	60	66	74	78	78	77	72	64	58	65.8

岩体稳定。滑坡全为浅层小型牵引式土质滑坡,其激发因素以降水及坡脚被侵蚀为主,主要为黑沟泥石流提供松散物源。由于每次下滑方量较小,滑体的碎屑物块度小于0.5m,松散物将很快被洪流卷走,不会形成滑坡堰塞湖。黑沟不具备发生溃决型泥石流的条件。

3.1 泥石流流速

黑沟数10年每年皆有大小不等的泥石流发生,为高频泥石流沟谷。据调查访问,历史上能追索的最大泥石流(近60年以来)发生于2006年7月,由于距今间隔短,在沿沟留下了明显的泥痕(图3)。我们选取了黑沟下游一个典型的弯道超高过流断面进行了实测(图4)。

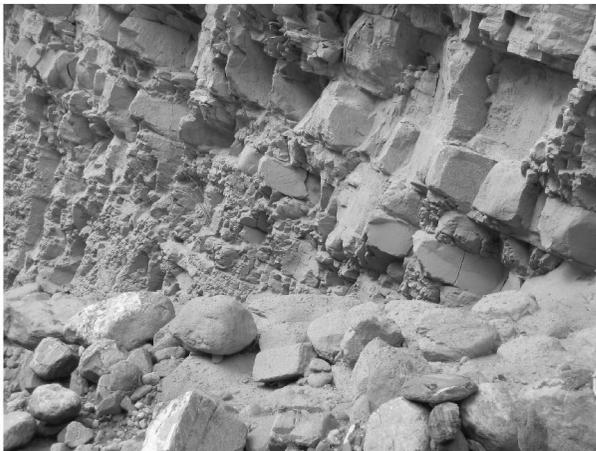


图3 黑沟下游泥石流泥痕(2006.7)

Fig 3 Flow marks of the debris flows in the lower reaches of the He'gou gully

根据《泥石流勘查规范》中弯道超高的计算公式:

$$\Delta H = 2B \cdot V_c^2 / R \cdot g$$

求黑沟泥石流流速 V_c

$$V_c = (R \cdot g \cdot \Delta H / 2B)^{0.5}$$

式中:

B—泥石流表面宽度/m

R—主流中线弯曲半径/m

ΔH —弯道超高/m

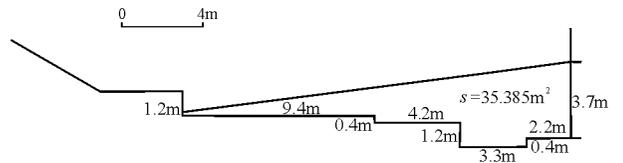


图4 黑沟下游泥石流弯道超高过流断面实测图

Fig 4 Measured debris flow section in the lower reaches of the He'gou gully

经计算黑沟泥石流流速 3.47m/s(表5)。

3.2 泥石流峰值流量

泥石流峰值流量计算采用现场形态调整法计算公式:

$$Q_c = W_c \cdot V_c$$

式中: Q_c —泥石流峰值流量 (m^3/s)

W_c —泥石流过流断面面积 (m^2)

V_c —泥石流断面平均流速 (m/s)

经计算黑沟泥石流峰值流量 122.79 m^3/s (表5)。

根据计算结果,2006年7月发生的黑沟泥石流为大型泥石流。

表5 黑沟下游泥石流运动特征计算

Table 5 Calculations showing the characteristics of the debris flow movements in the lower reaches of the He'gou gully

地点	R/m	B/m	$\Delta H/m$	$V_c/m/s$	$Q_c/m^3/s$
泥石流(黑沟下游)	21.9	19.1	2.1	3.47	122.79

4 危害

黑沟泥石流对中上游主要危害为侵蚀坡脚,使坡体产生新的牵引式土质滑坡,从而使耕地劣化和加剧黑沟村临谷居民房舍开裂变形,同时给黑沟泥石流提供新的物源。泥石流对下游以侧蚀作用为主,局部有漫淤作用。黑沟泥石流对沟谷两侧人员、财产的安全构成巨大威胁。

5 结 语

黑沟以土层滑坡和土体蠕动变形体为主,为黑沟泥石流的主要松散物源。土层滑坡和土体蠕动变形体规模小,滑速慢,滑体结构松散,滑入溪沟易被洪流卷走,不会形成滑坡堰塞湖和溃决型泥石流。近60年来黑沟发生的最大一次泥石流,经计算泥石流流速 3.47 m/s ,峰值流量 $122.79\text{ m}^3/\text{s}$ 为大型泥石流,对沟谷两侧财产造成了巨大危害。泥石流对凸岸冲刷强烈,建议修建丁坝减少泥石流对凸岸的冲刷;在上游地段可修建一座格栅坝,拦石过水,从而

达到泥石流综合防治的目的。

参考文献:

- [1] 丁俊,等.西南地区地质灾害调查工作的思考[J].沉积与特提斯地质,2006,26(3):77-80
- [2] 殷跃平.中国地质灾害减灾战略初步研究[J].中国地质灾害与防治学报,2004,15(2):1-7
- [3] 丁俊,等.我国西南地区城市地质灾害与防治对策[J].中国地质灾害与防治学报,2004,15(增刊):119-122

Preliminary study of debris flows and their influence on the Heigou gully, Lengqi Luding, Sichuan

LI Zong-liang, WEI Lun-wu, YANG Quan-zhong, WANG De-wei, CHANG Xiao-jun, CHENG Yu-liang

(1. Chengdu Institute of Geology and Mineral Resources, Chengdu 610082, Sichuan, China; 2. Sichuan Geological Engineering Group Corporation, Chengdu 610081, Sichuan, China)

Abstract Twenty sites of soil landslides and soil creeping and deformational masses as the main sources of pose deposits are developed in the Heigou gully, Lengqi Luding, Sichuan. In general, these soil landslides and soil creeping and deformational masses have smaller scales, slower velocity and loose structures, and therefore they are prone to be swept away by floods in the gully rather than result in the formation of barrier lakes and extraordinarily serious debris flows calamities. The present paper gives careful calculations of the maximum debris flows in the Heigou gully in July 2006, the extraordinarily serious debris flow calamities in the last sixty years, with a calculated flow velocity of 3.47 m/s and maximum rate of discharge of $122.79\text{ m}^3/\text{s}$.

Key words debris flow, development, calamity, Luding, Sichuan