

田湾沟泥石流特征及其防治对策

陈永波, 吴积善, 程尊兰, 李 沛

(中国科学院水利部成都山地灾害与环境研究所, 成都 610041)

摘要: 雅砻江一级支流子耳河左岸的田湾沟泥石流威胁着下游 600 m 子耳河河口电站拟建地面厂房。通过调查, 对形成田湾沟泥石流的活动性及成因进行了研究分析, 并根据该流域泥石流的特征和危害, 提出了防治措施建议, 为电站的安全运营提供保障。

关键词: 田湾沟; 泥石流; 特征; 防治对策

中图分类号: P642. 23

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2005) 02-0092-03

The Feature and Prevention of Debris Flow in Tianwan Gully

CHEN Yong-bo, WU Ji-shan, CHEN G Zun-lan, LI Pei

(Institute of Mountain Hazards and Environment, Chinese Academy of
Sciences & Ministry of Water Conservancy, Chengdu 610041, China)

Abstract: The debris flow in Tianwan gully, which is situated on left side of the Zier River, about 600 m the site converge into Yalong River, threatens the safety of Hekou hydropower station. Through the investigation, the causes and the action of debris flow in Tianwan gully are analyzed, according to the feature and damage of disaster, the preventives are put forward so as to ensure the safety of the hydropower station.

Key words: Tianwan gully; debris flow; feature; prevention

田湾沟位于四川省九龙县子耳河汇入雅砻江口上游左岸 700 m 处, 为一条大泥石流沟, 巨型的老泥石流堆积扇下缘延伸到拟建电站地面厂房, 且该沟内每年雨季均有一定量的泥石流物质堆积到老堆积体上, 对电站地面厂房构成潜在威胁。因此我们对该沟泥石流进行了调查分析, 并提出了一套防治方案, 以保障今后水电站的正常作业。

1 田湾沟泥石流成因分析^①

田湾沟源头高 3 908 m, 从 NNW 向 SSE 汇入子耳河, 流域面积 7.60 km², 主沟道长 6.79 km, 沟道比降为 31.7‰, 由主沟海子沟和最大的支沟郭家沟在堆积扇汇合组成(图 1)。该流域泥石流的形成受以下几方面条件的控制:

1.1 地质条件

流域内出露地层在万年村断层以西为三叠系中统杂谷脑组二段(T₂Z²), 主要为变质砂岩与板岩、片岩互层; 在断层以东为二叠系上统(P₂)的变质砂岩和大理岩, 其中海子沟中游以变质砂岩为主。万年村断层呈 N 20°W 沿海子沟右侧通过, 倾向 NE, 倾角 76°; 据相关资料, 断层破碎带宽约 3~5 m, 由碎裂岩、片状岩和糜棱岩等组成, 影响带宽 60~80 m, 岩体破碎, 挤压强烈。在影响带以外, 岩体相对比较完整, 但由于受节理或裂隙的影响, 以及后期风化卸荷的作用, 在某些区段岩体

呈碎块状, 显得比较破碎, 为崩塌和滑坡的形成提供了条件。

第四纪松散堆积物在流域内分布比较广, 厚度比较大的古冰碛和古冰水堆积, 构成二级台地, 高的一级高程约为 2 400~2 600 m, 堆积物呈混杂状, 粒配变化很大, 有长径大于 10 m 的巨砾, 也有小于 0.005 mm 的黏粒, 多为灰绿色或灰白色, 局部呈酱色, 砾石多呈棱角状或次棱角状, 表面有擦痕, 从结构和组成来看, 属冰碛物。低的一级的高程为 2 050~2 200 m, 堆积物的粒配变化亦很大, 从巨砾到黏粒均有, 多呈灰绿色或灰白色, 与高一级台地的冰碛物相差不是很大, 但砾石多呈次棱角状, 磨圆程度要比高一级台地上的砾石好一些, 故从砾石磨圆的程度和分布的高度来看, 划为冰水堆积比较合适。实际上冰碛或冰水堆积并不严格地分布在二级台地上, 流域的缓坡上亦都有出露。此外海子村一带还有侧碛和终碛分布, 并形成古冰湖, 虽然高度显得低了一些, 但根据邻近地区藏东南的古冰川调查, 古山谷冰川最低高度可以伸展海拔 2 000 m, 按李四光教授的观点, 可以更低, 因此在这里 2 500 m 左右的高程上形成冰碛物和冰湖是完全可能的。这些很厚或较厚的冰碛物和冰水堆积物为两次特大泥石流的形成提供了大量的固体物质。此外, 在流域中上游有几处崩塌堆积物和较大面积的薄层残积物, 这些均可作为泥石流形成提供固体物质。

① 收稿日期: 2004-09-01

作者简介: 陈永波(1971-), 男(汉族), 山西运城人, 博士, 主要从事山地灾害普查, 危险度区划, 防治工程设计以及边坡变形监测等方面的研究工作, 已发表相关论文 10 余篇。

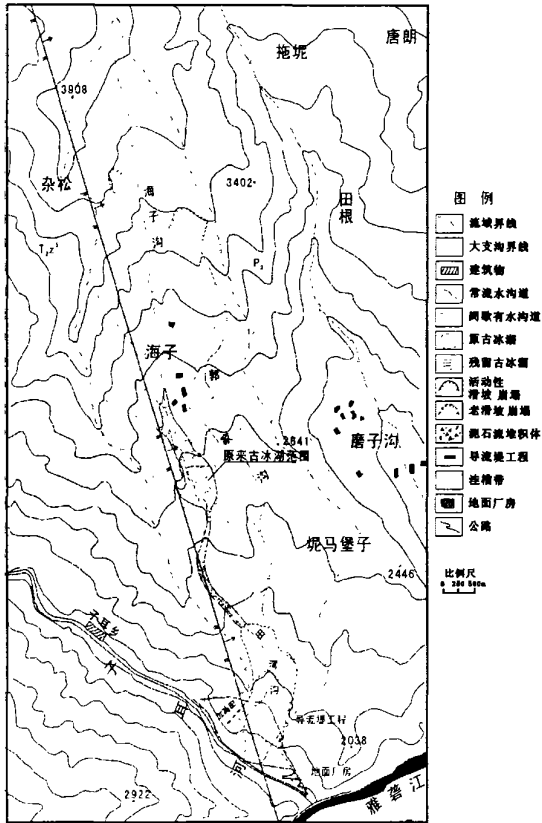


图1 田湾沟流域地形和防治工程布置示意图

1.2 地貌条件

本流域处于雅砻江大转弯处的高山峡谷区,山高、坡陡、沟谷深切,最大垂直高差达2 205 m,山坡坡度多在35°以上,沟床平均纵坡达317‰,为泥石流固体物质汇集和泥石流的形成提供势能条件。

流域内古冰川地貌发育,上游具有不很典型的角峰和古冰斗,中游发育有侧碛、终碛、冰湖、冰碛或冰水堆积台地和冰蚀谷。冰湖是由终碛堵塞谷地形成的,当时面积约有8×10⁴ m²,经过前一次沟谷型特大泥石流后,只在原冰湖左下角上残留了一小部分,面积为3×10³ m²,最大水深为1.5 m左右。1958年时已被人工填平,改为耕地。冰湖为前一次特大泥石流的形成起了主导的作用。海子沟在原冰湖以下至低一级冰水堆积台地之间,是一条冰蚀谷,并沿万年村断层方向发育,两侧部分基岩被冰川蚀光,现在还清晰可见,目前堆积着前一次特大泥石流遗留下来的高黏性泥石流流体。由于比降比较大,泥石流堆积体饱水后有一定的可塑性和局部蠕动,从而形成了一些裂缝,尤其在上段,原冰湖的右下侧,造成处于其上面的房屋开裂,被迫搬迁。

下游为巨大的泥石流堆积扇,目前左右侧的最大宽度为1 348 m,中部轴线方向长525 m,面积为0.368 8 km²。

1.3 降水条件和植被条件

本流域的降水条件和植被条件与引水枢纽进口至地面厂房间子耳河两岸的相应条件基本一致,这里不再作重复介绍。但流域内耕地比较多,在尼玛堡子一带还有水田。

综上所述,本流域具备泥石流形成的基本条件,其中冰湖和面积、厚度较大或很大的冰碛物,冰水堆积物为本沟特

大泥石流的形成提供特独条件,这可能是附近地区其它泥石流沟所少有的。

2 田湾沟泥石流特征及危害^[2]

根据泥石流堆积区和形成区的地貌形态及堆积物性质分析,田湾沟曾经发生过多次泥石流,但形成目前巨型泥石流堆积扇的是两次特大型泥石流。

2.1 第一次特大型泥石流

为沟谷型高黏性(塑性)泥石流,形成了一个很大的泥石流堆积扇,堆积扇位置偏西侧,即偏子耳河上游,目前的田湾村就建在这个堆积扇隆起的脊部,这次泥石流堵断了子耳河,形成了堵塞坝。

假设当时堆积扇左右侧是对称的,则这次泥石流形成堆积扇最大宽度为1 075 m,面积0.183 4 km²,体积约610.8×10⁴ m³,堵塞子耳河的最大高度达133 m,泥石流过后,堵塞坝逐渐被冲开,平均冲深31 m,目前河床高出原河床约102 m。

这次特大泥石流的形成与冰湖溃决和大量冰碛台地上的冰碛物参与紧密相关,按照正常的情况,海子沟200年一遇的黏性泥石流,若容重为2.25 t/m³,堵塞系数为2.60(属严重堵塞),固体物质比重 V_s 为2.75 t/m³,则采用配方法计算得到泥石流流量为208.75 m³/s(表1、2)。泥石流流量计算,先采用推理公式求得清水流量 Q_w ,然后用配方法求得泥石流流量 Q_c 。

$$Q_c = (1 + \psi) D_u Q_w, \psi = \frac{Y_c - 1}{Y_s - Y_c}$$

但根据海子沟二级台地之间的沟道断面和残留的高黏性泥石流堆积体厚度,最大泥石流流量超过1 000 m³/s,这次泥石流过后,冰湖大部分被上游和右支沟来的泥石流所占据,变成泥石流堆积滩,只有左边下游侧残留了很小的一角,面积约3 000 m²,后改为耕地。

表1 田湾沟主、支沟清水流量计算表

沟名	主要参数					不同频率清水流量/(m ³ ·s ⁻¹)			
	流域面积	沟床比降	沟床长度	H 24	CV 24	P			
	/km ²	/‰	/km	/mm	/mm	0.5%	1.0%	2%	5%
海子沟	5.20	316.6	6.79	52	0.32	22.94	20.35	17.81	14.44
郭家沟	2.40	340.3	4.82	52	0.32	10.59	9.39	8.22	6.66

2.2 第二次特大型泥石流

为田湾沟沟缘冰水台地滑坡转化形成的坡面型泥石流。其形成的大型堆积扇偏东侧,即子耳河下游侧,中部微微隆起,其中右侧部分重叠在前一次泥石流堆积扇上,并冲上对岸,堵塞子耳河;目前还能清晰地看到残留在对岸和左侧至拟建地面厂房的河坪子一带的部分泥石流堆积体。经过推算,当时堵塞段的最大高度为133 m,堆积扇的总面积为0.368 8 km²,堆积扇的总体积为1 832×10⁴ m³。以后子耳河洪水逐渐冲刷下蚀,泥石流堆积体中的巨砾残留下来,形成了目前比降很大、巨砾遍布的特殊河床,目前堵塞段最大高度还高出子耳河原河床106 m。

2.3 泥石流形成过程

由于两次特大泥石流形成时间很早,没有访问到确切的情况,只有根据形成区和堆积扇地貌形态、堆积物的特性进行分析推断。

表2 田湾沟主、支沟泥石流流量 Q_c 计算表

沟名	频率 /%	清水流量 $Q_w(\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1})$	泥石流流量增值参数					泥石流 流量 Q_c $/(\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1})$
			固体物质比 重/ $(\text{t} \cdot \text{m}^{-3})$	泥石流容重 $/(\text{t} \cdot \text{m}^{-3})$	增值系数 φ (以小数计)	$1+\varphi$ (以小数计)	堵塞系数 D_u (以小数计)	
海	0.2	22.94	2.75	2.25	2.50	3.50	2.60	208.75
子	1.0	17.81	2.75	2.22	2.30	3.30	2.00	117.55
沟	2.0	14.44	2.75	1.80	0.84	1.84	1.30	34.44
郭	0.2	10.59	2.75	2.25	2.50	3.50	2.60	96.37
家	1.0	9.39	2.75	2.22	2.30	3.30	2.00	61.97
沟	2.0	8.22	2.75	1.80	0.84	1.84	1.30	19.66

2.3.1 第一次特大泥石流的形成过程(具体时间无所考证)

在一次特大暴雨的激发下,海子沟上游主沟和右支沟发生相当200年一遇的泥石流,泥石流进入当时的古冰湖(海子)后,开始湖水漫溢,浸润了其下游侧冰碛台上的冰碛物,随着流入的泥石流流体增加,湖水上涨,终碛堤右侧首先溃决,湖水连同上游来的泥石流流体经过冰碛台地,沿海子沟冲向下一级冰水堆积物台地,这时泥石流比较稀,沟道强烈下切,随之两侧冰碛台地上被浸润的冰碛物大量进入沟内,转化为大型的高黏性泥石流,泥石流紧靠冰水堆积物台地右侧基岩山坡下泄,进入子耳河,由于泥石流规模大又携带着大量的冰碛物中的巨砾,很快堵塞了子耳河,形成很大并比较典型的堆积扇。由于中后期泥石流很黏稠,使中部明显隆起,即相当于目前田湾村的位置(见图1),因此田湾村右侧,面向子耳河上游那部分堆积扇,都是这次泥石流形成的。而田湾左侧面向下游的堆积扇已被后一次特大型泥石流所覆盖。

2.3.2 第二次特大泥石流形成过程

在前一次特大泥石流过后,沿着田湾沟沟缘次一级冰水堆积台地右侧与基岩山坡之间冲出了一条比较深的沟道,当时的冰水堆积台地前缘,坡度很陡,台地面前缘位置比现在靠下游得多,大致在现在右侧基岩山体转弯处。台地前缘陡而高的临空面和右侧深切的沟道,使台地两面临空,加之本区雨季连续降水日数长,台地后缘又比较平坦,容易积水下渗,增加堆积物的含水量。可能在久雨后的暴雨激发下,冰水堆积台地失稳,整体下滑。因为堆积物中含水量丰富,滑坡前侧在下滑过程中,出现液化,演化为泥石流,由于右侧已经有前一次特大型沟谷型泥石流形成的堆积扇,所以流体偏向左侧,一直伸展到现在地面厂房一带。但主体部分仍在中部,并溜滑向对岸,堵断子耳河,形成最高处高出原河床面132 m(包括前一次特大泥石流的部分堆积)的堵塞坝。由于泥石流流体由滑坡物质转化而来的,有一部分物质并没有液化或充分液化,保持着原来的结构,使得扇面高低不平,起伏远大于前一次泥石流堆积扇。同时流动性相对比较小,惯性比较大,在扇面与左侧山坡接壤处有一条相对比较低洼的地带,而前一次特大泥石流与右侧山坡之间没有这种现象。

3 泥石流防治对策^[3]

田湾沟泥石流的治理是为了确保电站在建设及今后运

参考文献:

[1] 唐邦兴.山洪泥石流滑坡灾害及防治[M].北京:科学出版社,1994.
[2] 李德基.泥石流减灾理论与实践[M].北京:科学出版社,1997.
[3] 祁龙,高守义.甘家沟泥石流特征及防治对策[J].水土保持通报,1994,14(5):58-63.

行过程的安全,可采用以下措施来进行防治。

3.1 修建田湾沟泥石流导流堤的建议

在田湾沟与拟建地面厂房之间存在一天然梁子(图1),为保证厂房不受田湾沟泥石流危害,可以导流堤形式加高较低部分梁子(图2)。导流堤顶面高出经整平后的沟床面9 m,边坡1:1.75,沟底由推土机加宽到8 m(纵比降为35.6.5‰)。采用高9 m,除了能顺利地排导最不利条件下的50年一遇和100年一遇的泥石流外,还能防御某些意外情况下,包括陡坡段发生局部滑坡,及发生沟床出现大块石淤积,从而导致沟床抬高等。

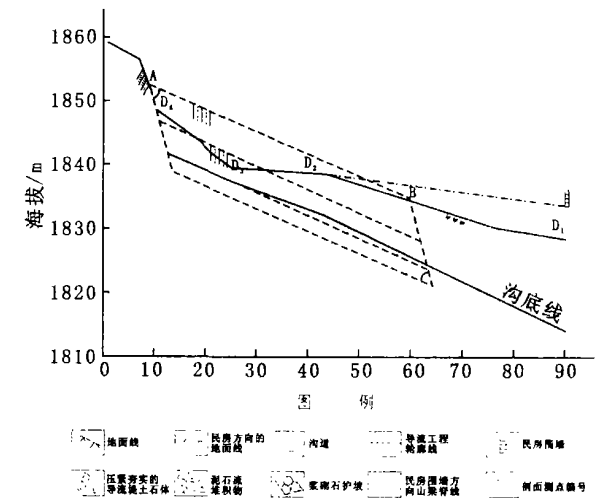


图2 田湾沟泥石流导流工程布设建议纵剖面示意图

3.2 防止引水隧洞施工加剧泥石流灾害

为保证工程建设不诱发和加剧田湾沟泥石流灾害危险性,建议引水隧洞挖出的石渣不要堆放在田湾沟中,若要堆放须修筑拦渣坝,保证石渣不参与泥石流活动;同时引水隧洞不能出现渗水和漏水,以防浸润和饱和泥石流形成物,促进或加剧泥石流活动。

3.3 控制水田面积

为了不加剧泥石流危害,建议田湾沟流域内不要再增加水田,尤其在老滑坡(即冰水堆积物平台)周围地区再不能增加水田,并尽可能把水田改为旱地。