

## 四川阎王曲二支沟泥石流危险性评价

崔建凯<sup>1</sup>, 沈军辉<sup>1</sup>, 李永林<sup>2</sup>, 牟力<sup>2</sup>, 周雄华<sup>2</sup>

(1. 成都理工大学地质灾害防治与地质环境保护国家专业实验室, 成都 610059; 2. 四川省交通厅, 成都 610041)

**摘要:**阎王曲二支沟位于鹧鸪山隧道出口上游约 380 m 处, 为一老泥石流沟。隧道出口位于泥石流堆积体中, 泥石流的暴发将对隧道出口及引道带来直接危害。因此, 预测及评价该泥石流沟的发展趋势及危险性对合理制定泥石流防治措施, 确保隧道的安全运行具有重要意义。根据泥石流发育特征及形成条件的地质地貌演化分析, 该沟仍具有再次暴发泥石流的较大可能性, 危险性评价表明, 该沟泥石流的危险度为 0.50, 属中度危险。根据泥石流的活动特征, 提出了以疏导为主的防治方案, 并对隧道口直接受泥石流威胁的一侧采用一定的拦挡工程等措施。

**关键词:**阎王曲; 泥石流; 危险性评价; 活动趋势

**中图分类号:** P642.23

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1005-3409(2007)01-0141-02

## Hazard Assessment of Debris Flow in the Second Branch Ditch of Yanwangqu

CUI Jian-kai<sup>1</sup>, SHEN Jun-hui<sup>1</sup>, LI Yong-lin<sup>2</sup>, MOU Li<sup>2</sup>, ZHOU Xiong-hua<sup>2</sup>

(1. The National Laboratory of Geological Hazard Prevention & Geological Environment Protection, Chengdu University of Technology, Chengdu 610059; 2. The Traffic Office of Sichuan Province, Chengdu 610041, China)

**Abstract:** The second branch ditch of Yanwangqu is an old debris flow and the tunnel exportation of Zhegu mountain is located its downriver about 380 m. The debris flow will endanger the export because it lies in the accumulation of debris flow. Its hazard assessment is the necessary prerequisite for the control schemes of debris flow and the security function of the tunnel. In terms of the characteristic of debris flow and the physiognomy analysis, it is highly possible that this ditch still explodes once more. The preparatory assessment of hazard indicates that the second branch ditch has hazard value of 0.50, belonging to moderate hazardousness. According to the above, we should carry out the leading measure and construct the dam to restrain the debris flow at the side of tunnel exportation.

**Key words:** Yanwangqu; debris flow; hazard assessment; developing trend

阎王曲为大渡河支流梭磨河左岸支沟, 位于四川省马尔康县东部鹧鸪山西侧, 距马尔康约 45 km。二支沟位于阎王曲沟右岸, 距阎王曲主沟沟口约 2.5 km, 为一暴雨型老泥石流沟, 二支沟沟口泥石流堆积体规模巨大, 鹧鸪山隧道出口即位于该沟沟口下游约 380 m 处, 隧道出口修建于该泥石流堆积体中。该沟泥石流的暴发将对隧道出口及引道造成直接危害。因此, 预测及评价该泥石流沟的发展趋势及危险性对合理制定泥石流防治措施, 确保隧道的安全运行具有重要意义。本文根据泥石流发育特征, 从分析泥石流形成条件入手, 通过泥石流形成的地质地貌演化机制分析, 评价了泥石流的发展趋势及活动性, 在此基础上, 评价了泥石流危险性, 提出了相应的防治措施。

### 1 二支沟自然地质条件

#### 1.1 地形地貌

阎王曲地处四川盆地西北部, 青藏高原东部, 邛崃山脉北段, 属高原峡谷区。区域地势总体由东北向西南逐渐降低。阎王曲沟为一宽缓的古冰川谷, 其右岸二支沟为一常年流水支沟。二支沟总体流向 N82°W, 沟域内最高点高程 4 350 m, 支沟出口处阎王曲沟高程 3 400 m, 沟长 2 165 m, 沟床平均坡度 27°, 流域面积 1.03 km<sup>2</sup>。流域总体呈长条

形, 沟源一带呈碟形古冰斗地貌, 沟口一带宽缓的阎王曲主沟床中发育一不规则的泥石流堆积扇体, 并使阎王曲现代主沟向左侧推移, 堆积体表面坡度为 8~18°, 扇顶指向支沟出口(图 1)。

#### 1.2 地层岩性及地质构造

阎王曲位于米亚罗断裂西侧, 紧邻米亚罗断裂。流域内出露地层主要为三叠系新都桥组(T<sub>3x</sub>)和侏倭组(T<sub>3zh</sub>)地层(图 1)。其中新都桥组岩性主要为板岩(千枚岩)夹变质砂岩, 侏倭组岩性主要为变质砂岩与板(千枚)岩互层组成, 地层倾角较陡, 为 68~75°。

本区地层经受过多次强烈的构造活动改造, 地层褶皱强烈, 甚至倒转, 地层中节理裂隙发育, 岩体较破碎, 岩性较软弱, 有利于斜坡岩体发生风化、剥蚀, 形成碎屑物质。

#### 1.3 气候条件

根据马尔康县气象站(1954~1990 年)降水资料分析, 平均年降水量一般在 620~950 mm 之间, 其中 5~10 月为主要降水期, 平均年最大日降水量在 31~36 mm 之间, 有利于泥石流的形成。流域地处高山地区, 气候垂直变化明显, 气候严寒, 有利于物理风化作用形成碎屑物质。

#### 1.4 植被及人类活动

二支沟流域内植被总体上较发育, 4 050 m 高程以上古

\* 收稿日期: 2006-05-18

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(40372136)

作者简介: 崔建凯(1980-), 男, 硕士研究生, 主要从事岩土体稳定性及地质灾害方面的研究。

冰斗一带植被发育相对较差。流域内人类活动较少,中上游区域几无人类活动。

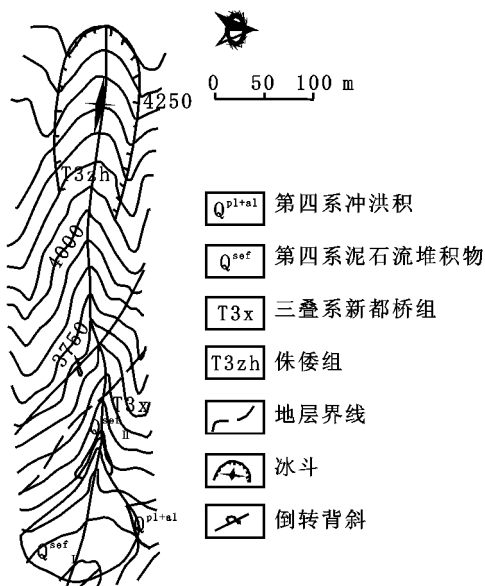


图 1 阎王曲二支沟流域地质简图

## 2 阎王曲二支沟泥石流发育特征

二支沟泥石流的分区特征明显,主要可分为物源区(汇水区)、流通区及堆积区(图 2)。

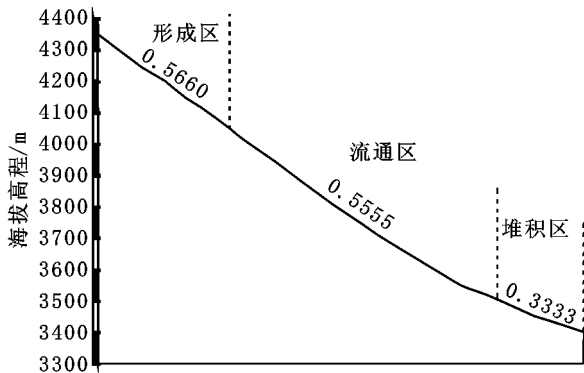


图 2 阎王曲二支沟剖面图

(1)物源区(汇水区)。主要指二支沟沟源一带 4 050 m 高程以上区域,为古冰斗地貌,呈碟形产出,区内斜坡坡度平均 29.5°,古冰斗侧缘一带斜坡坡度最大可达 40°左右,古冰斗核部 4 050~4 150 m 高程一带地形相对平缓。斜坡主要为中薄层状变质砂岩与板岩互层构成的反向层状结构斜坡,有利于发生倾倒变形产生固体碎屑物。调查显示,冰斗中植被发育较差,物理风化形成的固体碎屑流发育,并在古冰斗核部地形相对平缓处堆积,堆积层规模相对较大,是二支沟泥石流形成的主要物源区。当碎屑流堆积至一定程度后,在暴雨作用下,可引起斜坡失稳而诱发泥石流。

(2)流通区。约 4 050 m 高程至沟口为流通区。该区呈狭窄的沟谷地貌,沟床坡度约 29°(555‰)。两侧斜坡为横向谷斜坡,斜坡坡度相对较陡,多在 35~50°,区内植被发育,斜坡总体稳定性较好,仅浅部局部可形成小规模的小滑坡,为泥石流补给一定量的碎屑物质。

(3)堆积区。二支沟沟口一带,阎王曲开阔宽缓,其主沟床为二支沟泥石流的堆积区,堆积体呈不规则扇状,规模较大,隧道口一带钻孔揭露堆积体厚度 16~24 m,扇顶一带厚度更大。二支沟泥石流堵塞阎王曲主沟,并使阎王曲现代

主沟床向左侧偏移。

二支沟沟口堆积体具有一定的成层性,表明泥石流具有多次暴发特征,其物源主要来自二支沟,但夹有阎王曲主沟的冲洪积或泥石流堆积。泥石流堆积体主要由碎石土及含块石碎石土组成,碎石成分主要为板岩,所含少量块石成分为砂岩。碎石块度一般 5~10 cm,少量块石最大块度可达 1 m 左右,块碎石磨圆度较差,一般无定向排列。泥流体含泥质较少,一般泥质含量小于 5%,胶结度较差,为稀性泥石流。

泥石流堆积体表面坡度为 8~18°,表面还未切割形成明显的沟槽,二支沟地表流水出沟口后,在泥石流堆积体表面呈树枝状形成几股漫流,且水流量逐渐变少。表明泥石流堆积体松散,空隙率较大,且最近一次泥石流形成较晚。

## 3 泥石流形成条件及活动趋势分析

二支沟泥石流的形成与地层岩性、地质构造、地貌条件及气候条件相关。板岩及千枚岩岩性软弱,岩体受构造活动改造强烈,岩体中节理裂隙发育,岩体破碎,且沟源形成区一带斜坡岩体呈中陡倾向层状结构,均有利于岩体发生风化、剥蚀,形成碎屑物质。形成区一带的古冰斗地貌,一方面表明在冰川作用过程中形成了大量的碎屑物质积聚在冰斗核部,另一方面,冰斗地貌形态可以使周边斜坡中固体碎屑流在核部聚集,为发生一定规模的泥石流提供地质地貌条件。此外,流域地处高山地区,气候严寒,有利于岩体物理风化形成碎屑物质;暴雨条件也有利于泥石流的暴发。

上述地质地貌及气候条件均有利于流域内产生大量的固体碎屑物质,并在古冰斗核部聚集,为泥石流的形成提供了物源,当堆积物聚集到一定程度时,在暴雨诱发下斜坡失稳并转化成泥石流。

调查表明,二支沟沟源一带还存在一定量的碎屑物,且古冰斗斜坡中碎屑流还在进一步产生,表明其还有再次发生泥石流的物质条件。泥石流堆积体结构表明,二支沟泥石流具有多次暴发的特征,且最近一次泥石流暴发时间较新。上述表明二支沟仍具有再次暴发泥石流的较大可能,根据泥石流物源来自冰斗核部堆积体失稳这一特点,其泥石流的规模应与已有泥石流的规模相近。

## 4 二支沟泥石流危险度评价

为进一步预测泥石流的发展趋势,采用刘希林于 1996 年提出的单沟泥石流危险度评价方法对二支沟泥石流的危险度作了评价。本次评价选定了泥石流规模  $M$ 、发生频率  $F$  两个主要因子和流域面积  $S_1$ 、主沟长度  $S_2$ 、流域相对高差  $S_3$ 、流域切割容重  $S_4$ 、不稳定沟床比例  $S_5$  等 5 个次要环境因子(表 1)。其中次要因子采用双系列关联度分析方法筛选,其判定结果可靠(其中单权重权重系数为 0.029)。

表 1 单沟泥石流危险度评价因子的权重系数<sup>[1]</sup>

评价因子	$M$	$F$	$S_1$	$S_4$	$S_2$	$S_3$	$S_5$
权重	10	10	5	4	3	2	1
权重系数	0.29	0.29	0.14	0.11	0.09	0.06	0.03

单沟泥石流危险度计算公式为:

$$H = 0.29M + 0.29F + 0.14S_1 + 0.09S_2 + 0.06S_3 + 0.11S_4 + 0.03S_5$$

式中  $M$ 、 $F$ 、 $S_1$ 、 $S_2$ 、 $S_3$ 、 $S_4$ 、 $S_5$  分别为  $m$ 、 $f$ 、 $s_1$ 、 $s_2$ 、 $s_3$ 、 $s_4$ 、 $s_5$  的转化值。按照单沟泥石流危险度评价因子的转换函数表 2,计算可得相应的转化值。根据表 3,得到二支沟泥石流的

(下转第 145 页)

的变化直接影响这一地区的生态环境和人们的生产生活。

自上世纪 80 年代以来这两大水资源均呈减少趋势,造成中游地区水资源逐年减少。径流的减少主要原因为:塔里木河三源流及上游区耗水量不断增加。据有关资料统计,三源流灌溉面积由 1949 年的  $35.12 \times 10^4 \text{ hm}^2$  增加到 1993 年的  $77.66 \times 10^4 \text{ hm}^2$ <sup>[3]</sup>。同时上游段绿洲不断扩大,用水量增加上游河段地势起伏多变,泥沙淤积,洪水期河水四溢,无效损耗严重另外对水资源的管理也不力,私扒乱引擅自开荒用水现象十分严重,对水资源造成极大的浪费。正是如此,使下泄塔里木河中游的水量减少。

降水量的减少主要是:塔里木河中游位于塔克拉玛干沙漠北部,处于相对封闭的环境下,其降水量受局部小环境气候影响很大,多年来塔河中游年平均气温呈逐年代递增趋势,90 年代与 60 年代相比中游区增高了  $0.7$  <sup>[6]</sup>,是塔里木河各区域年平均气温增幅最大的区域。相对逐渐干热的气候环境导致该区域蒸发量大,降水量减少。

就水资源年内的分配而言,降水与径流均呈相对集中的情况。降水集中于夏季,6~9 月份降水量占全年降水量的 70.4%,径流稍有滞后,7~9 月份径流量占全年的 79.3%。如此大量的水资源集中分配,在管理不力的情况下,得不到有效合理的利用而造成塔河中游夏季洪水四溢,极大地浪费了宝贵的水资源。

5 结 论

(1)近几十年来,由于塔里木河源流区及上游地区耕地面

参考文献:

[1] 张元明,陈亚宁,张道远.塔里木河中游植物群落与环境因子的关系[J].地理学报,2003,58(1):109 - 118.

[2] 王顺德,李红德,许泽锐,等.塔里木河中游滞洪区的形成及其对生态环境的影响[J].冰川冻土,2003,25(6):712 - 718.

[3] 宋郁东,樊自立,雷志栋,等.中国塔里木河水资源与生态问题研究[M].乌鲁木齐:新疆人民出版社,2000.

[4] 冯起,陈广庭.塔里木河中游的研究概况[J].干旱区地理,1994,17(4):67 - 72.

[5] 陈亚宁,崔旺诚,李卫红,等.塔里木河的水资源利用与生态保护[J].地理学报,2003,58(2):215 - 222.

[6] 杨青,何清.塔里木河流域的气候变化、径流量及人类活动间的相互影响[J].应用气象学报,2003,14(3):309 - 320.

(上接第 142 页)

危险度为 0.50。按照单沟泥石流危险度判别标准(表 4),阎王曲二支沟天然状况下属于中度危险的泥石流沟,与地质分析结果较一致。

表 2 危险度评价因子和转换函数及其转换值<sup>[1]</sup>

评价因子	转换因子	转换函数
泥石流规模/( $\times 10^3 \text{ m}^3$ )	$M$	$M=0, m \text{ 1 时}; M=\lg m/3, 1 < m \leq 1000 \text{ 时}; M=1, m > 1000 \text{ 时}$
泥石流发生频率/(次 $\cdot 100\text{a}^{-1}$ )	$F$	$F=0, f \text{ 1 时}; F=\lg f/2, 1 < f \leq 100 \text{ 时}; F=1, f > 100 \text{ 时}$
流域面积/ $\text{km}^2$	$S_1$	$S_1=0.2458s_1^{0.3495}, 0 < s_1 \leq 50 \text{ 时}; S_1=1, s_1 > 50 \text{ 时}$
主沟长度/ $\text{km}$	$S_2$	$S_2=0.2903s_2^{0.5372}, 0 < s_2 \leq 10 \text{ 时}; S_2=1, s_2 > 10 \text{ 时}$
流域相对高差/ $\text{km}$	$S_3$	$S_3=2s_3/3, 0 < s_3 \leq 1.5 \text{ 时}; S_3=1, s_3 > 1.5 \text{ 时}$
流域切割密度/( $\text{km} \cdot \text{km}^{-2}$ )	$S_4$	$S_4=0.05s_4, 0 < s_4 \leq 2 \text{ 时}; S_4=1, s_4 > 2 \text{ 时}$
不稳定沟床比例	$S_5$	$S_5=0.6, 0 < s_5 \leq 0.6 \text{ 时}; S_5=1, s_5 > 0.6 \text{ 时}$

表 3 阎王曲二支沟泥石流危险度评价因子及评价结果表

沟名	项目	$M/10^3 \text{ m}^3$	$F/\%$	$S_1/\text{km}^2$	$S_2/\text{km}$	$S_3/\text{km}$	$S_4/\text{km}$	$S_5$	危险度 $H$
二支沟	原始值	630	1	1.03	2.16	0.95	2.10	0.10	0.50
	转换值	0.93	0	0.25	0.44	0.63	1	0.17	

参考文献:

[1] 刘希林,王全才,等.都江堰汶川公路泥石流危险性评价及活动趋势[J].防灾减灾工程学报,2004,24(1):41 - 45.

[2] 刘希林,唐川.泥石流危险性评价[M].北京:科学出版社,1995.1 - 93.

积增加、绿洲扩大,用水量增大,致使中游径流量呈下降趋势,水量从上世纪 60 年代的年均  $36.44 \times 10^8 \text{ m}^3$  下降到 90 年代的  $22.84 \times 10^8 \text{ m}^3$ ,1961~2001 年径流变化线性趋势倾向率为  $-0.3981 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{a}$ (图 2)同时,受气候等因素影响,自上世纪 80 年代以来该区域降水量也呈下降趋势。降水与径流量同时减少,使中游地区总的水资源量减少,中游区为了保证其农业用水量,加大了从河道的引水量,这样就使进入下游地区的水量大幅减少,进一步加剧了下游区的生态恶化。

(2)由于年降水量和年径流量年内分配比较集中,年径流量的近 80%集中于 7、8、9 三个月中,降水量的 70%集中于 6~9 月,因此塔里木河中游夏季常常发生洪涝灾害,不但宝贵的水资源得不到有效的利用,同时给人们的生产和生活带来了困难,经济上造成很大的损失。

(3)塔里木河中游水资源的逐渐减少和管理、利用的不当,使该地区生态环境受到影响,近十几年来大片的天然植被萎缩,甚至枯死,一些得不到充足水源的耕地被弃耕,沙漠呈现扩张趋势。与此同时,人们从维持生产和生活的角度出发,加大了从河道的引水量,致使输向下游的水量锐减。如此恶性循环是导致塔河流域生态环境恶化的主要原因。为了改变这一状况就必需在加大河道治理的同时加强用水管理,使私自引水及过度浪费水资源的现象得到遏制另外,政府应投资建设蓄水设施,有效防治洪水期造成的水资源浪费。在今后时间内,应加强塔里木河流域的水资源优化管理,使该流域生态系统得以恢复并健康发展。

表 4 单沟泥石流危险度分级标准<sup>[1]</sup>

极低危险	低度危险	中度危险	高度危险	极高危险
$0 < H < 0.2$	$0.2 < H < 0.4$	$0.4 < H < 0.6$	$0.6 < H < 0.8$	$0.8 < H < 1$

5 结论及建议

阎王曲二支沟为多期次暴发的老泥石流沟,其中最近一次泥石流暴发的时间较新,其类型为稀性泥石流。根据泥石流物源等形成条件、活动特征及趋势分析,该沟仍具有再次暴发泥石流的较大可能,其规模与老泥石流一次暴发规模相近。危险度评价表明该沟属中度危险泥石流沟。

为确保隧道运行的安全,建议采取疏导与拦挡相结合的防治方案。(1)作导流渠,将泥石流直接导向阎王曲现代主沟床,避免泥石流出沟后漫流而对隧道口构成威胁;(2)目前阎王曲主沟谷在隧道口一带,沟道狭窄,一旦遭遇大洪水或泥石流,将造成严重后果,建议扩展隧道口一带阎王曲主沟道过水断面,增强其排洪和输沙能力;(3)对隧道口直接受泥石流威胁的一侧采用一定的拦挡工程。