

文章编号: 1674—8247(2020)04—0088—07

DOI:10.12098/j.issn.1674-8247.2020.04.018

## 泥石流灾害对新建康定车站的影响研究

袁东<sup>1</sup> 冯涛<sup>1</sup> 林之恒<sup>1</sup> 柳金峰<sup>2</sup> 游勇<sup>2</sup>

(1. 中铁二院工程集团有限责任公司, 成都 610031;

2. 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:**康定车站拟建站址位于泥石流沟口处,该沟泥石流活动性较强,成为影响铁路选线的关键因素。本文通过资料收集、遥感解译、野外调查、室内分析与计算等综合手段,对泥石流危害进行分析评价。结果表明:站址区泥石流为稀性~过渡性,容重取值在 $1.5 \sim 1.8 \text{ g/cm}^3$ 之间。百年一遇设计标准下( $P=1\%$ ),泥石流峰值流量为 $250.75 \text{ m}^3/\text{s}$ ,一次最大冲出固体物质为 $7.7 \times 10^4 \text{ m}^3$ 。当流域暴发 $P=5\%$ 以上规模泥石流时,现有排导槽(过流面积约 $17.5 \text{ m}^2$ )过流面积不足。建议对泥石流采用“以拦为主,拦排结合”的治理方案,在流域内设置2~3座拦挡坝,在出山口以下堆积区修建排导槽;铁路通过沟道时,采用一桥跨越方式,桥梁跨度和净空高度要满足排泄铁路设计标准泥石流流量的要求,同时需做好桥梁跨沟上下游沟道两岸的防护措施。

**关键词:**康定车站;泥石流;防治对策

中图分类号:U212.22

文献标志码:A

88

## Study on Influence of Debris Flow Disaster on New Kangding Station

YUAN Dong<sup>1</sup> FENG Tao<sup>1</sup> LIN Zhiheng<sup>1</sup> LIU Jinfeng<sup>2</sup> YOU Yong<sup>2</sup>

(1. China Railway Eryuan Engineering Group Co., Ltd., Chengdu 610031, China;

2. Institute of Mountain Hazards and Environment, Chinese Academy of Sciences, Chengdu 610041, China)

**Abstract:** The proposed site of Kangding Station is located at the mouth of debris flow gully, which has strong activity and becomes the key factor affecting railway route selection. Through data collection, remote sensing interpretation, field investigation, indoor analysis and calculation, this paper analyzes and evaluates the hazards of debris flow. The results show that: the debris flow in the station area is diluted-transitional, and the bulk density is between  $1.5$  and  $1.8 \text{ g/cm}^3$ . Under the a-hundred-year return period design standard ( $P=1\%$ ), the peak flow of debris flow is  $250.75 \text{ m}^3/\text{s}$ , and the maximum total volume of  $7.7 \times 10^4 \text{ m}^3$ . When the scale of debris flow with  $P=5\%$  or more breaks out in the basin, the existing drainage channel (with a flow area of about  $17.5 \text{ m}^2$ ) has insufficient flow area. It is suggested to adopt the treatment measure of "mainly blocking and combining blocking and discharging" for debris flow, set up 2~3 blocking dams in the basin, and build drainage channels in the accumulation area after the mountain pass; When the railway passes through the channel, bridge crossing shall be adopted, and the bridge span and clearance height shall be designed to meet the requirements of standard discharging the debris flow in the railway design standard. At the same time, protective measures should be taken on both sides of the upstream and downstream channels.

**Key words:** Kangding station; debris flow; disasters; countermeasures

收稿日期:2020-03-10

作者简介:袁东(1991-),男,工程师。

基金项目:国家重点研发计划(2016YFC0802206);四川省重点研发项目(2019YFG00001)

引文格式:袁东,冯涛,林之恒,等.泥石流灾害对新建康定车站的影响研究[J].高速铁路技术,2020,11(4):88-94.

YUAN Dong, FENG Tao, LIN Zhiheng, et al. Study on Influence of Debris Flow Disaster on New Kangding Station[J]. High Speed Railway Technology, 2020, 11(4): 88-94.

泥石流灾害具有突发性、破坏性,对铁路勘察设计影响巨大<sup>[1-4]</sup>。康定车站拟建站址处于三道桥沟沟口位置,是新建川藏铁路泸定至康定段的关键节点之一。因此,需分析泥石流对铁路工程的影响,对泥石流的影响进行评价,对其防治对策进行研究。本文通过资料收集、遥感解译、野外调查、室内分析与计算等综合手段,对三道桥沟泥石流的形成条件、活动特征、堆积物特征以及泥石流的危险性、对铁路工程的影响程度和相应的防治对策等进行了深入的调查与研究。

1 自然环境背景

1.1 流域概况

三道桥沟位于四川省甘孜州康定市康定新城(榆林)NW351°方向,约15.0 km处,是雅拉河右岸的一级支沟。

目前,成都到康定的交通较为便利。自成都沿成-雅-康高速可直达康定县城。从康定老城区(炉城镇)到三道桥沟口有县道(Z002)直达,三道桥沟主沟有便道可达流域中上游,从木格错有便道可进入流域左支沟上游,流域内交通也较便利。

1.2 地形地貌

三道桥沟流域上游山体地形陡峻,主沟长度12.86 km,流域面积32.61 km<sup>2</sup>,平均纵坡175‰。区域内最高点位于流域西侧,海拔4 882 m,最低点位于沟口附近,海拔2 640 m,相对高差达2 242 m,整体呈西南高东北低,其高程分级与坡度统计如表1、表2所示。沟谷上游和沟口有断层通过,受构造运动控制,三道桥沟与其他大型沟谷的沟形不同,主沟顶部上近似矩形、面积约20 km<sup>2</sup>坡度相对较缓的区域内发育2条支沟。三道桥沟流域地势总体呈现缓-陡-缓的分布,整个流域汇水面积大,降雨时雨量汇集量较大,为泥石流水源的汇流提供了基础。

表1 三道桥沟流域地表高程分级统计表

项目	海拔高程/m					合计
	<3 000	3 000~3 500	3 500~4 000	4 000~4 500	≥4 500	
地表面积/km <sup>2</sup>	1.63	2.27	6.23	16.31	6.17	32.61
所占比例/%	5.00	6.96	19.10	50.02	18.92	100.00

表2 三道桥沟流域山坡坡度分级统计表

项目	山坡坡度/(°)				合计
	<15	15~25	25~35	≥35	
坡地面积/km <sup>2</sup>	12.54	9.08	6.90	4.09	32.61
所占比例/%	38.46	27.84	21.16	12.54	100.00

三道桥沟流域水系呈羽状,有利于泥石流流体汇流,主沟两侧山体陡峻,为暴雨洪水的汇集提供了良好的条件。上游为冰雪覆盖区和寒冻风化区,寒冻风化侵蚀较强烈,冰雪融水沿坡支沟汇集于主沟后沿陡峻沟道下泄,为山洪、泥石流提供了必要的动力条件。

1.3 地质构造与岩性

三道桥沟流域自沟口向上游依次出露地层为沉积地层、变质岩和岩浆岩。

(1) 沉积地层

第四系,泥石流堆积物和冰碛物等,主要分布于沟口堆积扇,杂色,以块碎石为主,内部为细粒土充填,含亚砂土和亚黏土。此外,在主沟道内也分布有泥石流沟道堆积物,在沟源分布有大量的冰碛物。

(2) 变质岩

三叠系中统杂谷脑组(T<sub>2z</sub>),以浅灰色变质砂岩为主,其次为板岩及千枚岩;受构造和风化作用的影响,地表出露岩层裂隙发育。

(3) 岩浆岩地层

印支-燕山期侵入岩,岩性主要为黑云母花岗岩(γ<sub>B</sub><sup>1-3</sup>)和白云母花岗岩(γ<sub>m</sub><sup>3</sup>),坡脚分布花岗岩的崩积块石。

根据1:20万区域地质资料,三道桥沟流域位于鲜水河断裂带,有两条断层(大雪山-农戈山断裂和金龙寺-磨子沟断裂)从该流域中下游穿过。大雪山-农戈山断裂属鲜水河断裂带的一部分,断裂走向SE165°,断裂沿线岩体破碎,宽2~6 km的岩体内,同向的低级断裂极为发育。金龙寺-磨子沟断裂为大雪山-农戈山断裂的分支断裂<sup>[5]</sup>。

1.4 气象水文

康定市地处青藏高原亚湿润气候区,具有高原气候特征,日照充分、昼夜温差大,气候干燥,常年无夏、冰雪期长。年平均气温为7.1℃,月平均最高气温为15.7℃,月平均最低温度为-14.7℃。多年月平均降雨量如表3所示。

表3 康定市多年月平均降雨量统计表

观测站	月平均降雨量/mm												年均降雨量/mm
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
新都桥	2.8	7.6	20.9	42.2	112.9	214.5	166.8	128.7	150.1	62.2	10.5	3.6	922.8
康定	6.4	14.1	27.1	51.4	114.8	171.2	114.5	96.0	125.2	63.5	14.2	5.0	803.4

康定市以折多山为界,分为折东地区和折西地区。折东极高山区山高谷深,水系发育;折西丘状高原面中部平坦,多湖泊、沼泽,为水系源头。折西地区属雅砻江水系,雅砻江从市境西南缘流过,流途较短,约25 km。该区内高山湖泊众多,大小不均,一般分布于海拔3 500~3 900 m之间,湖泊(海子)深度一般为几米至几十米不等,储水量丰富,是水系支流的发源地。

康定市特定的高原气候条件,易形成局部短时强降雨,同时也是直接激发地质灾害的重要外因,是促使泥石流、滑坡暴发的主要动力条件。

2 泥石流活动历史、性质与形成机理

2.1 泥石流活动历史

三道桥沟又名阿米绷卡,历史上未发生过较大规模的泥石流,1970-1980年间,发生过小型泥石流,未造成重大灾害。1996年7月发生中等规模山洪泥石流,大量雨水向沟内汇集,沟道两侧大量崩滑物源被雨水冲至沟内,并沿沟道冲出。由于当时堆积区后缘地势较为平坦,洪水向沟道两侧漫流,致使沟道附近几间

房屋被冲毁,另有多间房屋及村民的生命安全受到威胁。其中粒径较大的固体物质主要堆积在沟道及两侧10 m左右处,小颗粒物质直接被冲进沟口的雅拉河中,被河水冲走。

三道桥沟泥石流近两年都有固体物质冲出,不过方量较小,未造成沟口房屋受损及人员伤亡,其堆积区内新建跨沟小桥桥洞均未被堵塞。根据沟口堆积扇植被、村庄、耕地的分布,堆积区在沟道规划治理之前主沟不发育、沟谷径流多沿堆积扇漫流的状况,野外泥石流爆发历史调查访问以及泥石流的堆积特征等,判定三道桥沟多以山洪水石流、稀性泥石流为主。

2.2 泥石流性质

三道桥沟口老泥石流堆积体出露剖面表明,三道桥沟历史上经历了多次泥石流事件,多期次泥石流堆积物叠加形成目前的堆积扇。结合这一情况,分别对不同时期泥石流堆积体进行取样,共计6个样品,从老到新分别进行编号,并测定了6个样品的颗粒组成如表4所示。而后,做出了土体颗粒大小级配曲线如图1所示。

表4 三道桥沟泥石流堆积物颗粒分析结果统计表

编号	小于某粒径的颗粒含量百分比/%										
	砾石				砂粒					粉粒	粘粒
	粗		中	细	粗		中	细	极细		
	<60mm	<20mm	<10 mm	<5 mm	<2 mm	<1 mm	<0.5 mm	<0.25 mm	<0.075 mm	<0.05mm	<0.005mm
1号	100.00	93.70	78.45	65.58	49.70	45.05	30.06	12.52	2.88	1.95	0.30
2号	100.00	87.59	52.80	40.40	29.23	26.27	15.97	5.58	1.28	0.99	0.20
3号	100.00	85.72	68.15	55.06	42.21	38.98	26.28	9.90	2.29	1.46	0.16
4号	100.00	84.88	58.88	43.46	30.69	27.62	17.22	6.98	2.08	1.38	0.16
5号	100.00	57.19	45.13	38.14	29.72	27.58	20.74	12.88	5.94	4.12	0.44
6号	100.00	89.76	78.21	67.74	43.41	40.10	30.31	19.30	8.69	5.19	0.34

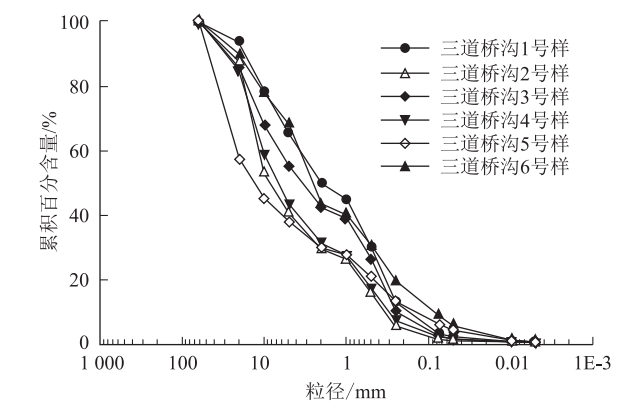


图1 三道桥沟泥石流堆积体颗粒分析粒度曲线

现场取样的颗分试验结果表明,三道桥沟泥石流样中粉粒(<0.05 mm)含量为0.99%~5.19%,砂粒(0.05~2 mm)含量约为28.24%~47.75%,砾石(>2 mm)含量约占50.30%~70.77%。从颗粒组成上看,三道桥沟泥石流堆积体差异较大,其中1号、3号、4号泥石流样土体整体上逐渐偏粗,2号样与4号样较为接近;5号样中粗颗粒含量最多,但其粉粒和粘粒含量也较高;6号样中粗颗粒含量较少,粉粒和粘粒较高,表明最近一次泥石流活动中土体颗粒偏细。

6个样品的颗粒组成分析结果表明,三道桥沟内

不同时期泥石流堆积体的土体颗粒级配曲线形态发生了一定变化,堆积区的颗粒粗细情况不一。其中<2 mm以下的细颗粒含量分别为49.70%、29.72%、42.21%、30.69%、29.72%和43.41%。6个样品的Malvern 试验分析显示,<0.005 mm 以下的粘粒含量分别为0.30%、0.20%、0.16%、0.16%、0.44%和0.34%,细颗粒含量均呈现单峰型。

表5 三道桥沟泥石流物源统计表

物源类型	分布位置	物源总量 /(×10 <sup>4</sup> m <sup>3</sup> )	动储量 /(×10 <sup>4</sup> m <sup>3</sup> )	补给方式	补给条件
崩滑物源	中、上游沟岸	125.7	37.7	失稳下滑	暴雨或冰雪融水诱发
坡面侵蚀	上游及沟源坡面	417.1	83.4	侵蚀下滑	暴雨和冰雪融水侵蚀
沟道物源	上中下游沟道	152.6	38.2	揭底冲刷	洪水或泥石流冲刷
合计		695.4	159.3	-	-

流域上游虽地势平缓,但集水面积较大,在汛期易汇流产生大规模洪水,并在流域中下游强烈侵蚀冲刷,将沟道两侧坡面松散堆积物及沟道堆积体迅速挟带至下游,从而发展演化为泥石流。

3 泥石流关键运动特征值计算

3.1 洪水洪峰流量计算

三道桥沟流域内无雨量和山洪流量观测资料,因此无法用数理统计的方法计算设计洪峰流量。根据《四川省中小流域暴雨洪水计算手册》的推理公式<sup>[6]</sup>:

$$Q_B=0.278\phi \frac{S}{\tau^n}F$$
 (1)

式中: $Q_B$ ——设计洪峰流量(m<sup>3</sup>/s);  
 $\phi$ ——洪峰径流系数;  
 $S$ ——暴雨雨力,即最大1 h 暴雨量(mm/h);  
 $\tau$ ——流域汇流时间(h);  
 $n$ ——暴雨衰减指数;  
 $F$ ——流域面积(km<sup>2</sup>)。

3.2 泥石流峰值流量计算

对于暴雨泥石流,目前均采用配方法计算泥石流的峰值流量,其计算公式为:

$$Q_c=(1+\phi_c)Q_BD_u$$
 (2)

式中: $Q_c$ ——泥石流洪峰流量(m<sup>3</sup>/s);  
 $Q_B$ ——清水洪峰流量(m<sup>3</sup>/s);  
 $\phi_c$ ——泥石流洪峰流量增加系数, $\phi_c=(\gamma_c-\gamma_w)/(\gamma_s-\gamma_c)$ ;  
 $\gamma_c$ ——泥石流容重(t/m<sup>3</sup>);  
 $\gamma_w$ ——清水容重(t/m<sup>3</sup>);

根据试验结果,三道桥沟泥石流为典型的暴雨型泥石流,泥石流暴发诱因主要为强降雨,物源较为丰富,主要为坡面物源。

2.3 泥石流形成物源及机理

三道桥沟泥石流松散固体物源较丰富,主要有崩滑堆积物源、坡面侵蚀物源和沟道物源三大类。各物源点基本情况如表5 所示。

$\gamma_s$ ——固体物质实体容重,取26.5 kN/m<sup>3</sup>;  
 $D_u$ ——堵塞系数。

3.3 泥石流流速计算

根据三道桥沟泥石流的性质和特点,采用规范推荐公式进行稀性泥石流流速计算:

$$V_c=\frac{1}{\sqrt{\gamma_H\phi+1}}\times\frac{1}{n_c}\times R_c^{2/3}\times I_c^{1/2}$$
 (3)

式中: $V_c$ ——泥石流断面平均流速(m/s);  
 $n_c$ ——泥石流沟床粗糙率,按附录 I 中表 I.5 取值;  
 $R_c$ ——计算断面水力半径(m);  
 $I_c$ ——泥石流水力坡降,可用沟床坡降代替;  
 $\gamma_H$ ——泥石流中固体物质重度,取2.65 t/m<sup>3</sup>。

3.4 一次泥石流冲出总量计算

由于泥石流比一般洪水更具暴涨暴落的特点,一次泥石流过程一般均比较短<sup>[7]</sup>。泥石流过程线可概化成五边形,一次泥石流总量的计算公式为:

$$W_c=\frac{19\times T\times Q_c}{72}$$
 (4)

式中: $W_c$ ——一次泥石流的总量(m<sup>3</sup>);  
 $T$ ——泥石流历时(s);  
 $Q_c$ ——泥石流的洪峰流量(m<sup>3</sup>/s)。

一次泥石流冲出的固体物质总量的计算公式为:

$$W_s=(\gamma_c-\gamma_w)W_c/(\gamma_s-\gamma_c)$$
 (5)

3.5 泥石流冲击力计算

(1) 泥石流整体冲压力

三道桥沟泥石流整体冲压力的计算,主要依据规范推荐的泥石流体整体冲压力计算公式<sup>[8]</sup>:

$$\delta = \lambda \frac{\gamma_c}{g} V_c^2 \sin \alpha \tag{6}$$

式中: $\delta$ ——泥石流整体冲击压力(Pa);  
 $g$ ——重力加速度( $\text{m/s}^2$ ),取  $9.8 \text{ m/s}^2$ ;  
 $\alpha$ ——建筑物受力面与泥石流冲击力方向的夹角( $^\circ$ ),该处取  $90^\circ$ ;  
 $\lambda$ ——建筑物形状系数,圆形建筑物取 1.0,矩形建筑物取 1.33,方形建筑物取 1.47,该处取 1.47。

(2) 泥石流个别大石块冲击力

根据规范中推荐的泥石流流体中大石块对桥墩的冲击力计算公式,对冲击力进行计算。

$$F = \sqrt{\frac{3EJV^2W}{gL^3}} \sin \alpha \tag{7}$$

式中: $E$ ——构件弹性模量(Pa);  
 $J$ ——构件截面中心轴的惯性矩( $\text{m}^4$ );  
 $L$ ——构件长度(m);  
 $V$ ——石块运动速度( $\text{m/s}$ );  
 $W$ ——石块重量(t),根据现场调查,三道桥沟沟床内最大块石粒径  $3.1 \text{ m} \times 1.4 \text{ m} \times 1.4 \text{ m}$ 。

三道桥沟泥石流关键运动特征值计算结果如表 6 所示。

表 6 三道桥沟泥石流关键运动特征值计算结果表

$P/\%$	$Q_B/(\text{m}^3/\text{s})$	$\gamma_c/(t/\text{m}^3)$	$D_u$	$Q_c/(\text{m}^3/\text{s})$	$V_c/(\text{m/s})$	$W_c/(\times 10^4 \text{ m}^3)$	$\delta/\text{kPa}$	$F/\text{kN}$
1	71.76	1.80	1.80	250.75	6.92	15.88	126.59	1 176.62
2	61.10	1.70	1.60	169.80	6.72	10.75	112.92	1 143.53
5	48.02	1.60	1.40	105.65	6.36	6.69	95.14	1 081.93
10	37.98	1.50	1.20	65.39	5.47	4.14	65.96	930.41

4 泥石流对铁路的影响分析

三道桥沟沟口为一老的泥石流堆积扇。堆积扇上是三道桥村民聚居区,修建有大量的民房、道路,并开垦有成片的耕地,原有的堆积扇已被人为改造和利用。拟建铁路从三道桥沟泥石流形成的堆积扇中部通过,并计划在堆积扇上设置康定车站。

三道桥沟流域内物源较丰富,具备形成泥石流的物源和地形地貌条件。流域内物源较丰富,中下游段沟道和山坡纵坡较陡;特别是近年来受周边多次地震的影响,流域内物源更加松散,具备发生泥石流的物源条件。根据估算,该流域  $P=1\%$ 、 $2\%$ 、 $5\%$  和  $10\%$  情况下,沟口处设计泥石流峰值流量分别为  $250.75 \text{ m}^3/\text{s}$ 、 $169.80 \text{ m}^3/\text{s}$ 、 $105.65 \text{ m}^3/\text{s}$  和  $65.39 \text{ m}^3/\text{s}$ 。根据峰值流量值,对铁路通过处横断面的过流能力进行验算,并计算泥石流泥深、最大冲起高度和弯道超高参数,结果表明: $P=1\%$  频率条件下,泥石流泥深为  $4.90 \text{ m}$ ,最大冲起高度  $3.03 \text{ m}$ ,弯道超高  $0.90 \text{ m}$ ;  $P=2\%$  频率条件下,泥石流泥深为  $4.25 \text{ m}$ ,最大冲起高度  $2.75 \text{ m}$ ,弯道超高  $0.82 \text{ m}$ ;  $P=5\%$  频率条件下,泥石流泥深为  $2.95 \text{ m}$ ,最大冲起高度  $2.62 \text{ m}$ ,弯道超高  $0.12 \text{ m}$ ;  $P=10\%$  频率条件下,泥石流泥深为  $1.95 \text{ m}$ ,最大冲起高度  $2.31 \text{ m}$ ,弯道超高  $0.11 \text{ m}$ 。综合泥石流泥深、最大冲起高度、弯道超高等参数的计算结果,不同频率

下泥石流的可能最大泥位深度分别为  $8.83 \text{ m}$  ( $P=1\%$ )、 $7.82 \text{ m}$  ( $P=2\%$ )、 $5.69 \text{ m}$  ( $P=5\%$ )、 $4.37 \text{ m}$  ( $P=10\%$ )。

铁路沿三道桥堆积扇中部走线,通过中部扇面沟道时,以桥梁形式跨过,康定车站布置在堆积扇左半侧部分。根据估算,当该流域暴发  $P=5\%$  以下规模泥石流时,铁路通过处,现有的防治工程(1 座梳齿坝和 1 条排导槽)只要维护得当,泥石流不会漫出排导槽,因此,泥石流对位于三道桥堆积扇的拟建铁路工程影响较小。当该流域暴发  $P=5\%$  及以上规模泥石流时,现有排导槽(过流面积约  $17.5 \text{ m}^2$ )过流面积不足,将会出现漫流,且此时泥石流的可能最大泥位深度将超过  $5.69 \text{ m}$ ,若跨沟桥梁桥下净空小于该泥位深度,泥石流会对桥梁工程造成一定程度的危害。此外,由于三道桥沟口处无相应的束流归流防护工程措施,泥石流冲出沟口后,当规模较大时,会在堆积扇上展开漫流,若铁路场站、路基以及其他附属设施在泥石流的泛滥范围之内,则会遭受不同程度的破坏和损失。

5 泥石流防治对策

5.1 现有防治工程概况

为保护堆积扇三道桥村居民的安全,三道桥沟内修建有 1 座梳齿坝和 2 段排导工程,均位于泥石流堆积区,第一段排导工程位于三道桥沟出山口附近,喇叭

口收缩束流,浆砌石结构,长度约23.3 m,用于将流域内的山洪归流到下游沟道内,以防止其对堆积扇居民的生产生活造成危害。

三道桥沟堆积扇中部有1处采石场,在采石场下游修建有1座梳齿坝和与之相连的1段排导槽,排导槽前段为喇叭口束流。

据调查访问,这2处防治工程均修建于2015年。梳齿坝为混凝土结构,有效坝高4.0 m,梳齿缝宽1.0 m,梳齿宽1.0 m,顶长1.5 m,底长2.4 m;边墙高6.5 m,顶宽1.5 m,底宽5.1 m;坝底宽6.0 m,坝顶长34.5 m,坝底长28.0 m;坝顶设溢流口,长21.0 m,深0.5 m。梳齿坝主要用于阻挡采石场中的大石块被山洪裹挟至排导槽内,减轻对下游排导槽和河道的危害。与梳齿坝相连的排导槽位于堆积扇中下部,为浆砌石结构,排导槽通过喇叭口束流连接上游梳齿坝,从三道桥村穿过,汇入雅拉河,过流断面形态为矩形,槽底宽约5.0 m,高度约3.5 m,纵比降约0.10,过流面积约 $17.5\text{ m}^2$ ,总长度约400 m。

三道桥沟现有泥石流治理标准为20年一遇。工程现阶段运行良好,排导槽存在轻度磨蚀,槽内基本无淤积,沟道内常年有流水,其中5~7月水流量较大。

## 5.2 具体防治对策与建议

### (1) 工程防治措施

①目前,现有的泥石流治理工程只能满足20年一遇山洪泥石流的防治要求,因此应按铁路设计标准做好该沟泥石流的防治工作。考虑到康定车站站址的重要性,建议对该流域泥石流进行工程治理。可采用“以拦为主,拦排结合”的治理方案,在流域内设置2~3座拦挡坝,以拦蓄泥石流固体物质,在出山口以下堆积区修建排导槽,对泥石流进行束流归流,以引导其快速通过铁路工程布置区域。

②建议在铁路通过三道桥沟中部扇面沟道时,采用一桥跨越方式。桥梁的跨度和净空高度要满足排泄铁路设计标准泥石流流量的要求,从而保障山洪和泥石流从桥下顺畅通过,防止漫流造成的危害。

③建议沟道内尽量不设置桥墩,无法避免必须布置于沟道内时,需对桥墩进行防冲击、防冲刷防护。

④做好桥梁跨沟处上、下游沟道两岸的防护措施,防止漫流影响路基、场站及相关附属设施的安全。

⑤针对泥石流危害范围内的路基、场站及相关附属设施,建议做好上游方向的防护。

### (2) 非工程防治措施

①为避免极端情况超标准大规模泥石流的影响,建议施工期间,可在流域内布置雨量、雨强、水位(泥位)等监测设施,开展三道桥沟泥石流的监测预警工作。

②铁路建设期间,临时施工场地等应避免布置在山洪泥石流危险区范围内。

③对工程建设过程中可能产生的工程弃渣,必须按相关规范规定进行处理,严禁随意倾倒,胡乱堆放,以防引发次生地质灾害或诱发人为泥石流。尤其防止其进入沟道,从而阻塞泄洪通道,导致泥石流漫流。

④严禁施工营地生活、建筑垃圾堆放在沟道内堵塞沟道。

## 6 结束语

(1)三道桥沟流域泥石流松散固体物质类型主要包括崩滑堆积物源、坡面侵蚀物源和沟道物源。经估算,三道桥流域内松散固体物源总量约 $695.4 \times 10^4\text{ m}^3$ ,可能参与泥石流活动的动储量为 $159.3 \times 10^4\text{ m}^3$ 。

(2)通过对野外泥石流爆发历史的调查访问,结合三道桥沟泥石流堆积特征,判断三道桥沟为稀性~过渡性泥石流,泥石流的容重取值在 $1.5 \sim 1.8\text{ g/cm}^3$ 之间。通过计算,百年一遇设计标准下( $P=1\%$ ),三道桥沟主沟沟口泥石流峰值流量为 $250.75\text{ m}^3/\text{s}$ ,一次最大冲出固体物质为 $7.7 \times 10^4\text{ m}^3$ 。

(3)三道桥沟泥石流易发性、发展阶段、活动强度及危险性评价的结果表明:三道桥沟泥石流易发等级为“轻度易发”,处于发展期(壮年期)活动强度为“较强”,泥石流危险度为中度危险。

(4)当三道桥沟暴发 $P=5\%$ 以下规模泥石流时,在现有防护措施的防护下,泥石流对拟建铁路工程的影响较小。当该流域暴发 $P=5\%$ 及以上规模泥石流时,现有排导槽(过流面积约 $17.5\text{ m}^2$ )过流面积不足,若跨沟桥梁桥下净空小于泥位深度,泥石流会对桥梁工程造成一定程度的危害。此外,由于三道桥沟口处无相应的束流归流防护工程措施,泥石流冲出沟口后,当规模较大时,会在堆积扇上展开漫流,处于泥石流泛滥范围内的铁路场站、路基以及其他附属设施等,会遭受不同程度的破坏和损失。

(5)本文在三道桥沟泥石流易发性和危险性评价及对铁路影响评估结果的基础上,提出三道桥沟泥石流应采用工程措施与非工程措施相结合的综合防治方案。

参考文献：

[1] 张雨露,王栋,游勇,等. 某铁路拟选车站泥石流危险性分析及防治对策[J]. 高速铁路技术, 2019, 10(2):44-48.  
ZHANG Yulu,WANG Dong,YOU Yong,et al. The Risk Analysis and Solutions for the Debris Flow at A Station on A Railway[J]. High Speed Railway Technology,2019,10(2):44-48.

[2] 易静. 泥石流对成兰铁路镇江关车站影响评价[D]. 成都:成都理工大学,2010.  
Yi Jing. The Impact Assessment for the Zhenjiangguan Station of ChenLan Railway by Debris Flow[D]. Chengdu: Chengdu University of Technology,2010.

[3] 李明清,刘发明. 高烈度地震频发山区泥石流对成兰铁路的影响和防治对策[J]. 高速铁路技术,2013,4(2):61-65.  
LI mingqing, LIU Faming. Influence of Debris Flow in High-intensity Earthquake Active Mountainous Area on Chengdu-Lanzhou Railway and Prevention Measures [J]. High Speed Railway Technology, 2013,4(2):61-65.

[4] 穆成林,裴向军,裴钻. 成昆铁路泸沽至西昌段泥石流基本特征研究 [J]. 地下空间与工程学报, 2016, 12(3): 845-851.  
Mu Chenglin, PEI Xiangjun, PEI Zuan. Study on the Basic Characteristics of Debris Flow in Lugu Xichang Section of Chengdu Kunming Railway [J]. Journal of Underground Space and Engineering, 2016, 12(3): 845-851.

[5] 陈富斌. 横断山系新构造研究[M]. 成都:成都地图出版社,1992.  
CHEN Fubin. Study of Neotectonics in Hengduan Mountains[M]. Chengdu: Chengdu Cartographic Publishing House, 1992.

[6] 四川省水利电力厅. 四川省中小流域暴雨洪水计算手册[S]. Sichuan Provincial Water Resources Department. The Rainstorm-flood Calculation Manual for Middle and Small Catchment in Sichuan Province[S].

[7] 周必凡. 泥石流防治指南[M]. 科学出版社, 1991.  
ZHOU Bifan. Guide to Prevention of Debris Flow [M]. Beijing: Science Press, 1991.

[8] DZ/T 0220-2006 泥石流灾害防治工程勘查规范[S].  
DZ/T 0220-2006 Specification of Geological Investigation for Debris Flow Stabilization [S].

(上接第 87 页)

[6] 曾绍武,王朋,赵文武,等. BIM 管理平台在地铁车站施工中的应用研究[J]. 公路,2018,63(6):302-309.  
ENG Shaowu,WANG Peng ZHAO Wenwu, et al. Application of BIM Management Platform in Metro Station Construction [J]. Highway, 2018,63(6):302-309.

[7] 杨陈相. 基于 BIM 技术的地铁车站协同设计及结构计算研究 [J]. 铁道标准设计, 2017, 60(12): 105-109.  
YANG Chenxiang. Research on Coordinated Design and Structure Calculation of Subway Station Based on BIM Technology[J]. Railway Standard Design, 2017, 60(12): 105-109.

[8] 李坤. BIM 技术在地铁车站结构设计中的应用研究[J]. 铁道工程学报, 2015, 32(2): 103-108.  
LI Kun. The Application Study of BIM Technology in the Structure Design of Subway Station [J]. Journal of Railway Engineering Society, 2015, 32(2): 103-108.

[9] 刘勇. VR、AR 在建筑工程信息化领域的应用[J]. 土木建筑工程信息技术, 2018, 10(4): 100-107.  
LIU Yong. Application of VR and AR in the Field of Construction Informationization [J]. Journal of Information Technology in Civil Engineering and Architecture, 2018, 10(4): 100-107.