

# 四川甘孜达曲各目弄巴沟泥石流及其防治对策<sup>\*</sup>

柳金峰<sup>1,2,3</sup>, 欧国强<sup>1,2</sup>, 游 勇<sup>1,2</sup>

- (1. 中国科学院 山地灾害与地表过程重点实验室, 四川 成都 610041;  
2. 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;  
3. 中国科学院 研究生院, 北京 100049)

**摘 要:** 各目弄巴沟为雅砻江支流达曲的一级支沟, 该沟地处川西高山高原区, 处于南水北调西线一期达曲工程区内, 曾发生过严重的泥石流灾害, 直接威胁公路、村庄、学校、小水电站、桥梁等的安全。该沟泥石流具有规模大, 危害严重、冲淤强烈、容重大, 固体物质粒径粗等特征。在分析了该沟泥石流的特征基础上, 预测了泥石流灾害的发展趋势, 并提出了泥石流减灾防灾对策。

**关键词:** 泥石流; 防治对策; 各目弄巴沟; 四川甘孜

**中图分类号:** P642.23    **文献标识码:** A    **文章编号:** 1000-811X(2008)03-0036-05

## 1 流域自然环境概况

### 1.1 概况

各目弄巴沟位于四川省甘孜藏族自治州甘孜县夺多乡果木村, 系雅砻江支流达曲左岸的一级支沟。该沟流域面积 4.13 km<sup>2</sup>, 主沟长度 4.1 km, 流域内最高点海拔为 4 638 m, 沟口海拔 3 588 m, 相对高差 1 050 m, 沟床平均比降 294‰。沟口左岸有夺多乡政府、乡卫生所、村民十余户及一座在建小水电站, 沟口右岸有乡小学, 沟口下游约 300 m 有一座铁架桥连接达曲两岸。该沟为南水北调西线一期工程区内典型的灾害性泥石流沟, 近几十年来泥石流灾害严重, 其泥石流特征在南水北调西线工程具有一定代表性。

### 1.2 地貌环境

各目弄巴沟流域具有沟谷深切、山势陡峻, 高差悬殊等地貌特征, 根据计算分析, 该沟海拔 >4 000 m 的面积占流域总面积的 75.72%, 坡度 >15° 的集水区面积占流域总面积的 83.76%。各目弄巴沟地表高程分布及山坡坡度分级见表 1。

近期上升为主的新构造运动, 使主沟、支沟产生强烈下切, 沟谷呈“V”型, 沟床纵比降大, 陡急的河床为泥石流的形成提供了非常有利的位能条件。

表 1 各目弄巴沟地表高程及山坡坡度分级统计表

项目	山坡坡度分级						海拔高程/m		
	<2°	2° ~ 6°	6° ~ 15°	15° ~ 25°	25° ~ 35°	>35°	<3500	3500 ~ 4000	>4000
地表面 积/km <sup>2</sup>	0.51	0.01	0.15	0.56	1.85	1.05	0.00	1.00	3.13
所占比 例/%	12.36	0.28	3.60	13.58	44.79	25.39	0.00	24.28	75.72

### 1.3 地质环境

各目弄巴沟流域地处横断山脉东北边缘, 是青藏高原的一部分。该流域在青藏滇缅印“歹”字型构造的头部向中部转折部位上, 是西藏板块、华北板块和扬子江板块的三角形挤压地带, 构造形迹比较复杂。

各目弄巴流域位于卡龙乡至夺多乡的德勒弄断裂带, 是甘孜复向斜的次级背斜贡开背斜的一部分, 该背斜轴向北西, 沿德玛弄展布, 核部由新都桥组地层构造, 以灰黑色绢云母板岩、粉砂矿质板岩为主, 夹灰变质细粒石英砂岩, 灰岩及变质基性火山岩透镜体。翼部出露罗空松多组地层, 下段为灰色块状细粒石英砂岩、变质岩屑石英砂与绢云母板岩、粉砂质板岩不等厚互层, 夹少量变质中—酸性火山岩, 上段因后期剥蚀, 保存不全, 由灰黑色绢云母板岩、粉砂质板岩与

<sup>\*</sup> 收稿日期: 2007-10-15

基金项目: 国家十一五科技支撑计划重大项目专题(2006BAB04A08-03); 中国科学院成都山地灾害与环境研究所“种子基金”项目  
作者简介: 柳金峰(1979-), 男, 安徽泾县人, 在职博士, 助理研究员, 主要从事山地灾害实验与防治工程研究。

E-mail: liujf@imde.ac.cn

薄—中厚层细粒变质岩屑石英砂岩及变质石英砂岩组成不等厚互层,上部夹少量酸性火山岩。主轴线略向南西倾斜,岩层倾角为  $30^{\circ} \sim 60^{\circ}$ ,内部次级褶皱发育<sup>[1]</sup>。

#### 1.4 气象

各目弄巴沟处于川西高山高原区,属大陆性高原季风气候。气候变化主要受海拔高度的制约,海拔每升高 100 m,气温则下降  $0.6^{\circ}\text{C}$ 。主要特点是气温低,降水量少,从低海拔到高海拔,立体变化显著。一般来说,海拔 3 400 ~ 3 600 m 地区属寒温带,海拔 3 600 ~ 4 200 m 地区为亚寒带,海拔 4 200 m 以上为寒带。流域内降水年际变化小,月降水量很不均匀,水热同季,干雨季分明。

根据甘孜县甘孜水文站 10 年(1991 ~ 2000 年)的观测资料,多年平均降水量为 636.5 mm/a,年最大降水量达 787.5 mm(1995 年),最小降水量为 511.8 mm(1997 年),降水呈双峰型(图 1)。冬半年(11 月至次年 4 月),常年降水量 71.2 mm,占全年降水量的 11%;夏半年(5 ~ 10 月),常年降水量 563.3 mm,占全年降水量的 89%。1991 ~ 2000 年 1d 最大降水量  $\geq 25$  mm 有 6 年,10 年中最大 1d 降水量为 40.9 mm。由于山区地形复杂,往往形成局地性强暴雨天气过程,为泥石流形成提供强大水动力条件,是激发泥石流的主导因素。

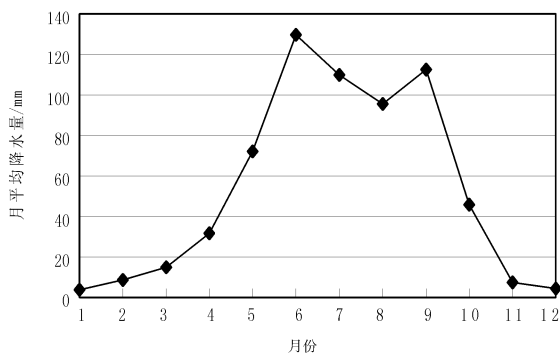


图1 甘孜水文站月平均降水量

## 2 泥石流特征

### 2.1 泥石流规模为中—大规模,危害严重

据调查,该沟于2003年9月暴发较大规模的泥石流,沟口的公路、桥梁被冲毁,造成断道,目前仍以简易木桥代替。此次泥石流还将沟口沟岸右侧卫生所的一堵墙冲倒,桥梁以下沟道向下冲刷3 m左右深,沟口老堆积扇上的青稞地被冲,重新淤积形成长约50 m,宽约120 m的堆积扇,固体物质主要堆积在出山口达曲左岸一、二级阶

地上,部分固体物质直接进入主河。该沟泥石流暴发图片见图2、图3。



图2 泥石流冲刷沟道(3~4 m深)

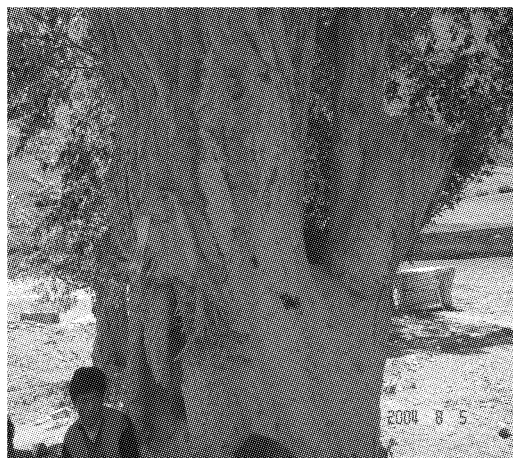


图3 泥石流泥痕

根据计算,各目弄巴沟百年一遇泥石流规模为  $10.7$  万  $\text{m}^3$ ,为大规模泥石流;50年、20年一遇的泥石流规模分别为  $9.5$ 、 $8.0$  万  $\text{m}^3$ ,为中等规模泥石流。如果该沟暴发泥石流时遭遇主河洪水期较枯流量时,根据计算,可得百年一遇泥石流支主流量比  $Q_{\text{支}}/Q_{\text{主最小}} = 2.65$ ,泥石流能较快运动,固体物质直接进入主河,可能堵塞主河。据初步估算,泥石流堵塞高度约为14 m,向上游回水长度约为1.55 km。由于该沟上游部分目前公路走线较低,会淹没回水段公路,一旦溃决,溃决洪水会严重冲刷该沟下游沿河公路路基,并淹没走线较低的路段,威胁达曲上游距该沟下游约300 m的一座桥梁的安全。因此,今后南水北调西线一期工程区达曲流域进场公路的选线、规划设计时,应重视公路跨越此沟时的方式及对策。

### 2.2 以冲为主,冲淤强烈

该沟主沟床比降较大(约294‰),泥石流沿着

陡峻而狭窄的沟床快速运动,强烈地掏蚀、冲刷沟床,使沟道刷深 3~4 m,加宽 3~4 m,在沟床凹岸弯道处冲刷尤为强烈,岸上覆盖土层全被冲刷,而在凸岸迎面处产生爬高并在岸边有堆积。大量地泥石流固体物质在沟口入汇主河处堆积成长约 50 m,宽约 120 m,厚约 3 m 的扇状地,把达曲水流逼向右岸。

### 2.3 容重大,固体物质粒径粗

该沟暴发的泥石流多为高容重,2003 年暴发的泥石流容重达  $2.2 \text{ t/m}^3$ ,泥石流砾石含量较多,最大颗粒粒径约为 1 m。由沟口堆积物样品颗粒分析试验结果(图 4)可知,堆积物中砾石含量( $>2 \text{ mm}$ )占总量的 77.27%,表明泥石流固体物质以粗大的砾石为主,说明该沟泥石流搬运力巨大,撞击力大,危害性大。

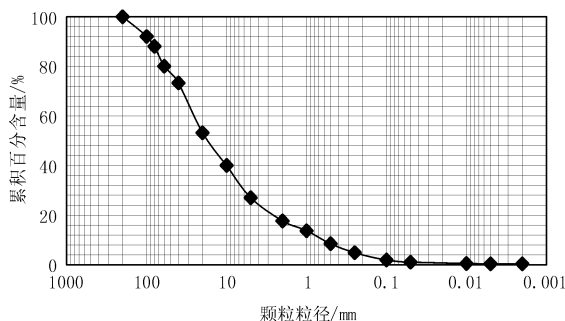


图4 各目弄巴沟泥石流颗粒级配图

## 3 泥石流发展趋势

各目弄巴沟泥石流的发展趋势与其发育地区的自然环境演变具有密切关系,该沟具备泥石流形成的条件,有充分促成能量转化的地形条件和较为丰富的松散固体物质,各目弄巴沟今后泥石流的发展趋势,主要取决于暴雨与松散固体物质的遭遇组合状况。

### 3.1 近期出现不同频率暴雨情况下泥石流的发展趋势

各目弄巴沟具备暴发泥石流的充分的地形条件和较为丰富的松散固体物质条件,一旦发生高强度的暴雨将会发生山洪泥石流,并且暴雨强度越大,泥石流的规模及危害将越大。此外由于泥石流的形成条件极为复杂,影响泥石流发生、发展及其规模的因素很多,对于各目弄巴沟,决定泥石流发生、发展的主要因素是暴雨与松散固体物质的遭遇组合状况。若先出现频率较高的暴雨发生泥石流,将沟内的松散固体物质输移到沟口

堆积,沟内松散固体物质减少,泥石流后若没有发生崩塌、滑坡,没有聚集一定数量的松散物质,紧接即使出现频率更低的暴雨,泥石流的规模也可能大大的减小。

### 3.2 强烈地震条件下的发展趋势

各目弄巴沟所处流域为鲜水河-炉霍地震区,具备 7.0 级以上潜在地震的危险性,如 1973 年 2 月 6 日,炉霍发生 7.9 级地震,该沟所在区域夺多乡和四通达乡损失尤为严重,倒塌房屋 791 幢,死亡 190 人,重伤 107 人,压死牲畜 4 208 头(只、匹),损失口粮种子 399 716  $\text{kg}^{[1]}$ 。若该沟流域内发生地震,剧烈的震动会使两岸山坡表层产生松动破碎,破坏沟两岸的稳定性,直接引发崩塌、滑坡,使大量山坡物质直接进入沟床,沟床内的松散固体物质将会骤增,形成泥石流的松散固体物质更加丰富,使得泥石流活动性增强。

### 3.3 人类活动对泥石流发展趋势的影响

植被具有截留雨水、保持水土、削减洪峰的作用,在一定程度上对泥石流的形成、发展有抑制作用。目前,各目弄巴沟的植被得到较好的保护,流域内不合理的人类活动正在得到控制,植被的生态效益得到发挥,部分削弱了泥石流形成的水动力条件,泥石流活动得到一定程度的抑制。

## 4 泥石流防灾工程规划方案

### 4.1 原则和工程设计标准

根据该沟泥石流特征、危害、防治工作现状及减灾要求,确定防灾工程规划原则为:以防为主,防治结合,全面规划,综合治理;防灾减灾与南水北调西线一期工程相结合;防灾减灾与当地经济相结合;防治措施与社会措施和行政管理措施相结合。通过防灾工程,减轻和控制泥石流的危害,为南水北调西线一期工程区内泥石流的治理提供经验和范例。

参照有关规范与规定,综合考虑该沟泥石流的特征、危害状况、危害对象的重要性,以及目前治理泥石流的经济能力,确定防灾土木工程设计标准为:按 50 年一遇设计,100 年一遇校核<sup>[2-9]</sup>。

### 4.2 减灾工程规划方案

总体减灾工程规划如图 5 所示。根据各目弄巴沟泥石流的主要特征、危害状况和发展趋势,以及保护的主要对象和防治目的,泥石流减灾工程规划有 3 个比选方案。

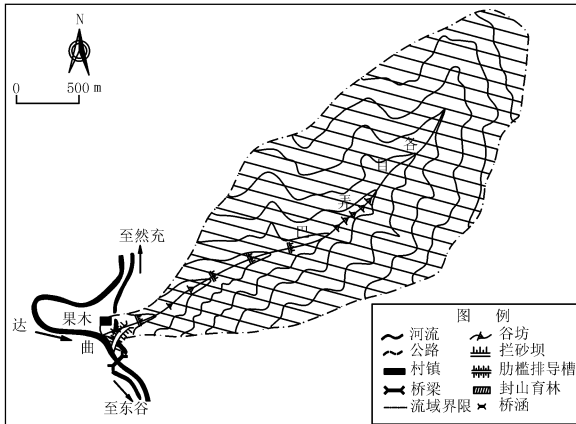


图5 各目弄巴沟泥石流减灾工程规划示意图

#### 4.2.1 生物治理与土木治理相结合,全面防治方案

该方案以封山育林、植树造林为主的生物治理工程与拦砂坝、排导槽、谷坊为主的土木防治工程紧密结合。在各目弄巴沟中游修建3座高10 m的拦挡缝隙坝(图6)和5座谷坊,在下游修建1座实体拦砂坝和2座谷坊。中游3座拦砂坝和5座谷坊布置在沟床海拔约3 700~4 000 m,拦砂坝拟布置为切口缝隙坝,主要功能是拦挡泥石流中的大石块,拦部分泥沙,稳定沟床沟岸,防止两侧岸坡滑坡和崩塌的进一步发展,防止滑坡进入沟道堵塞后的溃决。在下游布置1座实体拦砂坝和2座谷坊,进一步挡泥砂并稳定沟床两岸;在下游兴建长250 m排导槽(图7),以排泄山洪泥石流,确保沟道两岸堆积扇上保护对象和公路的安全。

该方岸使泥石流灾害得到综合治理,下游堆积扇及沟口两岸的农田、公路、桥梁、水电站、学校、居民点等保护对象安全得到保障,并减少泥砂进入下游。其主要缺点是中游拦砂坝施工条件困难,施工中若保护措施不当,可能造成新的水土流失。

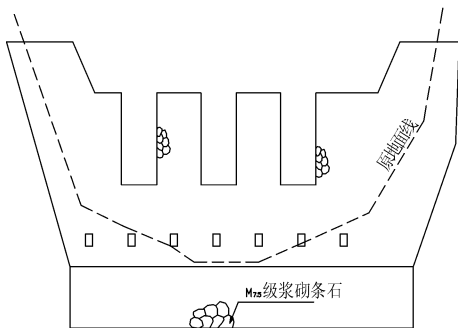


图6 泥石流拦挡缝隙坝剖面结构示意图

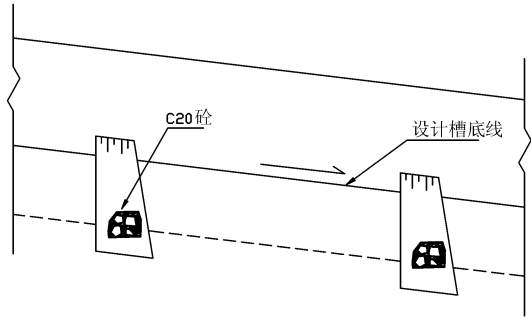


图7 泥石流排导槽剖面结构示意图

#### 4.2.2 以稳、拦为主的防治方案

方案土木治理措施主要采用稳、拦,不考虑排。各目弄巴沟中下游兴建4座拦砂坝和7座谷坊,通过稳、拦措施,拦蓄泥砂,防止沟床下切,稳定岸坡,控制泥石流灾害,减少输往下游的泥砂量。出山口后泥石流在堆积扇散流落淤,停积在堆积扇上,减少砂石集中输入达曲。

该方案采取稳、拦为主的工程措施后,能将泥石流部分拦截在中游沟道内,减轻泥石流对下游保护对象的危害,这一方案下游沟道未采取有效防治措施,整个堆积扇仍为泥石流高危险区,沟道两岸的保护对象会受到泥石流的危害。本方案的公路、村庄、学校、小水电站、桥梁等的正常运行安全难以保障,会影响南水北调西线一期工程的正常施工。

#### 4.2.3 以排导为主的防治方案

该方案土木工程以泥石流排导槽为主。主要工程措施是下游兴建100 m排导槽1条,能减轻泥石流对沟口扇形地保护对象地直接危害。但由于各目弄巴沟泥石流流体中的大石块会造成排导槽排泄不畅,阻塞排导槽,破坏排导槽槽身的安全,更为严重时将会堵塞达曲,造成严重溃决、淹没等次生灾害,威胁沟口保护对象的安全。

3个方案,各有优缺点,结合南水北调西线一期工程及保护对象的重要性,经比选,推荐第一个方案作为今后设计实施方案。

## 5 结论

由于各目弄巴沟地处深切高山峡谷区,山势陡峻,高差悬殊大,构造发育,岩性破碎,风化强烈,加之较为丰富的降雨,使各目弄巴沟泥石流暴发规模大、危害严重,对南水北调西线一期工程进场公路的危害非常突出。为了确保南水北调西线一期工程进场公路、临时设施和沟口其

它保护对象的安全,提出了生物、土木相结合,全面防治;稳、拦为主;排导为主的3种泥石流减灾工程规划比选方案,在结合南水北调西线一期工程的基础上,提出了推荐方案,为该沟泥石流的防灾减灾提供决策依据。

## 参考文献:

- [1] 四川省甘孜县志编纂委员会. 甘孜县志[M]. 成都: 四川科学技术出版社, 1999: 47-73.
- [2] 唐邦兴. 四川省自然灾害及减灾对策[M]. 成都: 电子科技大学出版社, 1995: 107-138.
- [3] 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: 196-198.
- [4] 吴积善, 田连权, 康志成, 等. 泥石流及其综合治理[M]. 北京: 科学出版社, 1993: 123-175.
- [5] 游勇, 欧国强, 吕娟, 等. 四川九寨沟县关庙沟泥石流及其防治对策[J]. 防灾减灾工程学报, 2003, 23(4): 50-55.
- [6] 李阔, 唐川. 泥石流危险性评价研究进展[J]. 灾害学, 2007, 22(1): 106-111.
- [7] 张金山, 沈兴菊, 谢洪. 泥石流堵河影响因素研究[J]. 灾害学, 2007, 22(2): 82-86.
- [8] 匡乐红, 刘宝琛, 姚京成. 基于模糊可拓方法的泥石流危险度区划研究[J]. 灾害学, 2006, 21(1): 68-72.
- [9] 陈海燕, 潘小凡, 吴利红. 浙江泥石流气象特征分析[J]. 灾害学, 2005, 20(1): 61-64.

# Debris Flow Disaster and Its Countermeasures of Gemunongba Watershed in Ganzi, Sichuan Province

Liu Jinfeng<sup>1,2,3</sup>, Ou Guoqiang<sup>1,2</sup> and You Yong<sup>1,2</sup>

(1. Key Laboratory of Mountain Surface Process and Hazards, CAS, Chengdu 610041, China;

2. Institute of Mountain Hazards and Environment, CAS, Chengdu 610041, China;

3. Graduate University, CAS, Beijing 100049, China)

**Abstract:** Gemunongba gully, located in the high-mountain and plateau area of west Sichuan province, is one of the first tributaries of the Daqu river of Yalongjiang river system. It lies in the area of the West Line of Water Diversion Project From South to North. There, a heavy debris flow disaster once occurred and had great damage to road, towns, villages, school and hydropower station. The debris flow has the character of big-scale, great danger, strong impact, high density and thick material. On the basis of the characters, this paper analyzes the development trend of debris flows of Gemunongba gully and puts forward the measures for reducing and preventing debris-flow disasters.

**Key words:** debris flow; countermeasures; Gemunongba gully; Ganzi of Sichuan