

# 西藏古乡沟泥石流发展趋势

朱平一 罗德富 寇玉贞

(中国科学院·水利部成都山地灾害与环境研究所 成都 610041)

**提 要** 1950年地震造成的大规模雪崩、冰崩及崩塌,堵塞古乡沟中游沟道,在降雨、气温及冰雪融水作用下,1953年溃决成特大冰川泥石流,流量达 $2.86 \text{ 万 m}^3/\text{s}$ 。随着流域内补给物质的转移,古乡沟泥石流的规模、容重、暴发频率可能会减弱。

**关键词** 西藏 古乡沟 泥石流 发展趋势

古乡沟属帕隆藏布下游的一级支流,发源于念青唐古拉山,流域面积 $25.2 \text{ km}^2$ ,主沟长 $8.7 \text{ km}$ ,主沟床平均比降 $256\%$ ,最高海拔 $6298 \text{ m}$ ,最低海拔 $2530 \text{ m}$ ,相对高度 $3768 \text{ m}$ ,山坡平均坡度 $37^\circ$ 。流域内古冰碛、坡积等松散物质极为丰富。古乡沟流域所处位置深受西南季风的影响,降水丰富,现代冰川发育,为泥石流的形成提供了良好的水热条件<sup>[1]</sup>。

1953年9月下旬古乡沟暴发了规模罕见的粘性冰川泥石流,一次冲出的泥沙石块达 $1100 \text{ 万 m}^3$ ,使沟口外形成面积 $4.2 \text{ km}^2$ 的泥石流堆积扇,造成帕隆藏布被堵塞成湖,140余人死亡,8户民房及大片耕地被冲埋,损失惨重<sup>[2]</sup>。

经反复在流域内进行了调查研究,以及室内试验,并对以往的调查总结资料作出系统的综合分析后,进一步对1953年古乡沟特大粘性冰川泥石流加以论述。

## 1 古乡沟流域内松散物补给量变化

古乡沟上游由东向西分布着6条支沟,古冰碛台地多遭侵蚀,除4#支沟长 $2.8 \text{ km}$ 外,其余支沟长约 $1.0 \text{ km}$ 。现以4#支沟为代表,阐述近期古冰碛台地的侵蚀变化。

1950年前4#支沟长 $<1.0 \text{ km}$ ,宽数米,深 $<20 \text{ m}$ ,打猎人一跨而过。1954年4#支沟沟底宽 $12.5 \text{ m}$ ,上部宽 $50 \text{ m}$ ,沟长 $1.7 \text{ km}$ ,阶段侵蚀量 $866.9 \text{ 万 m}^3$ ,年侵蚀量 $119.6 \text{ 万 m}^3$ 。1965年沟底宽 $50 \text{ m}$ ,上部宽 $475 \text{ m}$ ,沟深 $225 \text{ m}$ ,沟长 $2.1 \text{ km}$ ,阶段侵蚀量 $4012.0 \text{ 万 m}^3$ ,年侵蚀量 $334.3 \text{ 万 m}^3$ 。1973年沟底宽 $90 \text{ m}$ ,上部宽 $550 \text{ m}$ ,沟深 $275 \text{ m}$ ,沟长 $2.9 \text{ km}$ ,阶段侵蚀量 $707.3 \text{ 万 m}^3$ ,年侵蚀量 $88.4 \text{ 万 m}^3$ 。1994年沟底宽 $110 \text{ m}$ ,上部宽 $600 \text{ m}$ ,沟深 $300 \text{ m}$ ,沟长 $2.9 \text{ km}$ ,阶段侵蚀量 $290.0 \text{ 万 m}^3$ ,年侵蚀量 $13.8 \text{ 万 m}^3$ <sup>[3]</sup>。

4#支沟各阶段的勘测资料(1950~1994年,共44年)表明,沟道早期以切蚀为主,后期以侧蚀为主。目前支沟上下两端已侵蚀到基岩,故切蚀速度减弱。源头受基岩抑制,发展为沿古冰碛与花岗岩接触处的松散物侧向西溯源侵蚀,并已与西侧5#支沟同源。

本文收稿日期:1997-08-17。

## 2 古乡沟泥石流补给与堆积物的时空差异性

对古乡沟泥石流补给与新老堆积物的粘土矿物组合分配分析结果(表1)表明,流域中游的山坡崩滑与20世纪50年代生成的堆积扇的粘土矿物组合类型完全一致,均是I-Ch-K(M)组合类型,矿物含量也接近。而上游冰碛台地却与东侧堆积扇、沟口东侧泥石流堆积物的粘土矿物组合类型相一致,为I-M-Ch类型。这不难看出:东侧堆积扇60年代后形成的泥石流固体物质则主要来自于冰碛台地。

表1 古乡沟泥石流主要粘土矿物含量及矿物组合类型

Table 1 The contents of main clay mineral and the types of mineral composition of debris flow in Guxiang Ravine

| 样品<br>编号 | 采样地点    | 土样类型        | pH  | 主要粘土矿物含量(%) |      |     |      |    | 非粘土矿物                   | 矿物组合类型 <sup>1)</sup> |
|----------|---------|-------------|-----|-------------|------|-----|------|----|-------------------------|----------------------|
|          |         |             |     | 伊利石         | 绿泥石  | 高岭石 | 蒙脱石  | 蛭石 |                         |                      |
| 1        | 冰碛台地    | 老部砾物        | 9.4 | 86.9        | 1.6  | 0.5 | 11.1 | —  | 长石、石英、<br>云母            | I-M-Ch-K             |
| 2        | 流域中游    | 山坡崩滑体       | 9.3 | 84.4        | 14.7 | 少量  | 0.9  | 少量 | 长石、石英、<br>云母、闪石、<br>方解石 | I-Ch-K               |
| 3        | 沟口东侧堆积扇 | 70年代泥石流新堆积物 | 9.5 | 79.8        | 5.1  | —   | 15.2 | —  | 长石、石英、<br>云母            | I-M-Ch               |
| 4        | 西侧堆积扇   | 50年代泥石流老堆积物 | 9.0 | 80.6        | 18.3 | 少量  | 1.1  | —  | 长石、石英、<br>云母、闪石         | I-Ch-M               |
| 5        | 东侧堆积扇   | 泥石流最新堆积物    | 9.2 | 58.9        | 7.1  | 少量  | 34.0 | —  | 长石、石英、<br>云母、闪石         | I-M-Ch               |

1) I 示伊利石;Ch 示绿泥石;K 示高岭石;M 示蒙脱石。

流域内山坡崩滑堆积物中,粘粒含量最高 $\geq 5.5\%$ 。西侧泥石流堆积物中,粘粒含量相应为多,比东侧的含量要高13.6倍,这个实验结果与实地调查鉴定结果相一致。

## 3 古乡沟特大型冰川泥石流的成因

在1950年察隅8.5级大地震的触发下,使古乡沟上游流域产生大规模的冰崩、雪崩,且使峡谷段以上沟谷谷坡产生大型崩塌滑坡群。大量的崩滑松散固体物质及冰崩、雪崩、岩崩物质汇集于中上游沟床中,形成高达40m的堵塞堆石坝。1951~1953年崩滑的不断活动,冰碛台地碎屑物质随冰雪融水径流搬运下移,使坝上游库区被填淤;加之三年冰雪融水及雨水径流的浸泡,使库区内淤积物处于过饱和状态。1953年夏秋两季节流域内气候十分反常:降水量大而集中,且持续高温,从而使冰雪消融及降雨洪水径流增大,过坝溢流。这对松散堆石坝体产生极大的动静压力和严重的管涌,水流对下游坝面产生严重的冲刷,使坝体断面变小而失去自身的稳定,造成坝体突然溃决,坝体和库区内的饱和泥沙石块等突涌,形成特大粘性冰川泥石流,历时达 $>4\text{h}$ 。

粘土矿物成分分析结果表明,1953年泥石流松散固体物质主要来源于峡谷段以上片麻岩崩滑区,而围谷内老冰碛台地上游花岗岩区,参与泥石流活动的总量仅占 $<10\%$ 。

#### 4 古乡沟后期泥石流活动特征

古乡沟自1953年暴发特大粘性冰川泥石流后的50年代期间泥石流都十分活跃,但规模已大为减小。期间形成泥石流的碎屑物,一方面仍以来自主沟两侧谷坡的崩滑物及沿途沟床内的堆积物为主,另一方面则来自冰碛台地被冰雪洪水挟带的冰碛物。

进入60年代后,古乡沟泥石流的物源补给区逐步发生了较大的变化。中游原来引起泥石流暴发的崩滑活动减弱,补给物质大量减少,主沟床两侧坡趋于稳定。随着主沟床的侵蚀下切和溯源侵蚀,冰碛台地内的常流水沟道在冰雪洪水的强烈作用下,快速下切,随之对沟谷两侧坡体侧蚀严重,形成频繁的崩滑。据实际观测统计,仅1964年6~8月冰碛台地内沟道两侧谷坡就发生崩滑645次,输送碎屑物质总量520万 $\text{m}^3$ ,由此形成各种规模的泥石流505次,可见在这期间形成泥石流碎屑物质,主要来自冰碛台地沟谷的下切及两岸的崩滑。由于崩滑碎屑物补给速度和一次补给量有限,很难形成大的堵塞,因此暴发的泥石流次数虽多,但规模偏小,最大泥石流洪峰流量多 $<1\,000\text{m}^3/\text{s}$ 。

70~90年代古乡沟中游两岸谷坡上的各类松散堆积体,经20a大规模卸载后,坡面植被得到了一定程度的恢复,坡体重新调整了平衡,达到了相对稳定状态,因此对形成泥石流提供的碎屑物质极其有限。期间上游流域冰碛台地的侵蚀,因沟床拓宽而逐渐减弱,泥石流固体物质补给量就大幅度减少,泥石流暴发频率及活动规模均明显变小,泥石流类型由粘性为主转化成以稀性、水石流或挟沙洪水等为主。与50年代相比,虽当地平均气温与降水量都有所增大,发生泥石流的频率和规模却反而变小,说明古乡沟泥石流的形成主要决定于流域内碎屑物质的直接补给方式和数量。从东侧泥石流堆积扇上的碎屑物质成分与冰碛台地土体成分完全一致,亦证明20a来形成泥石流的物质主要来自冰碛台地。

#### 5 古乡沟泥石流的发展趋势

古乡沟流域内的自然环境和泥石流活动,在40a内发生了一定的变化。

1. 气候上,虽总变化不大,但以十年均值而论,有进一步变暖变湿趋势。气温每十年平均增加 $0.1^\circ\text{C}$ ,降水增大10%,冰雪融水和雨水径流增大(泥石流未增大),冰川进一步后退,但上游积雪量会加大,补给冰川的雪崩量相应增加。

2. 沟谷两侧谷坡的森林植被已恢复,坡积层趋于稳定,因此形成泥石流的崩滑规模减小,碎屑物质大幅度减少。碎屑物质的补给源地,已由中游区到上游的冰碛台地。

3. 泥石流最大流量已锐减,其中50年代 $>2\text{万}\text{m}^3/\text{s}$ ,60年代 $\leq 3\,000\text{m}^3/\text{s}$ ,70年代 $\leq 1\,000\text{m}^3/\text{s}$ ,80年代 $\leq 300\text{m}^3/\text{s}$ ,90年代 $\leq 150\text{m}^3/\text{s}$ 。泥石流泛滥高度由 $>40\text{m}$ 降到 $<3\text{m}$ 。

4. 泥石流输出至沟外的碎屑物质:50年代 $>200\text{万}\text{m}^3$ ,60年代 $\leq 800\text{万}\text{m}^3$ ,70年代 $\leq 100\text{万}\text{m}^3$ ,80年代 $\leq 30\text{万}\text{m}^3$ ,90年代 $\leq 10\text{万}\text{m}^3$ ,呈大幅度下降趋势。泥石流固体堆积物堆积速度及厚度均随之锐减,由一次淤厚 $2.0\sim 5.0\text{m}$ 降至 $<0.2\text{m}$ 。

5. 泥石流在性质上发生根本变化。50~60年代泥石流主要为粘性流体,70年代则以稀性流体为主,进入80代后期变成以水石流和高含沙水流为主。

6. 与 50 年代相比,主沟道因淤积而被拓宽,沟床比降减小,对沟岸及山坡稳定有利,对中小型泥石流的活动及向下游输送不利。

古乡沟泥石流成因十分复杂,既与流域内地质地貌条件有关,又与流域内水文气象、现代冰川活动、区域性地震等诸多因素关系密切,是多种自然因素综合作用的结果。由于受长期的地质构造活动及第四纪冰川的强烈作用,在历史上就是一条规模很大的老泥石流沟。随着各影响因素的不同组合及周期性变化,泥石流活动具有一定的周期性。

古乡沟泥石流自 1953 年暴发以来,一直在逐步减小、变弱,现已进入一个相对持续的平静期。这个结论是建立在古乡沟不受特大地震影响下得出的,假若再次出现类似 1950 年的强地震,那么古乡沟泥石流的活动与危害必然死灰复燃。古乡沟位于藏东南强地震带中部,属察隅一波密—林芝深大断裂的西段,再次受强地震影响的可能性是存在的。何况古乡沟泥石流形成的自然条件,在短暂的几十年内是很难得到彻底改变的。因此从长远看,今后古乡沟泥石流仍会发生,但活动规模可能会减小。

### 参 考 文 献

- [1] 中国科学院、水利部成都山地灾害与环境研究所,中国科学院兰州冰川冻土研究所,西藏自治区交通厅科学研究所编. 川藏公路南线(西藏境内)山地灾害及防治对策. 北京:科学出版社,1995. 179~187.
- [2] 杜榕桓,李鸿琰,王立伦等. 西藏古乡沟冰川泥石流的形成与发展. 见:中国科学院兰州冰川冻土研究所. 中国科学院兰州冰川冻土研究所集刊,第 4 号·中国泥石流研究专辑. 北京:科学出版社,1985. 1~18.
- [3] 杜榕桓,章书成. 西藏古乡沟 1953 年特大冰川泥石流剖析. 见:中国科学院兰州冰川冻土研究所. 中国科学院兰州冰川冻土研究所集刊,第 4 号·中国泥石流研究专辑. 北京:科学出版社,1985. 36~47.

## DEBRIS FLOW DEVELOPMENT TREND OF GUXIANG RAVINE, XIZANG

Zhu Pingyi Luo Defu Kou Yuzhen

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

### Abstract

Through several field investigations to Guxiang Ravine in Xizang. The result showed that the catastrophic debris flow of Guxiang Ravine occurred in 1953, which caused by the earthquake in 1950. The earthquake caused catastrophic avalanches and collapses which, blocked the channel at the middle reaches of Guxiang Ravine by the influence of rainfall, temperature and ice-snow melt. The discharge reached  $2.86 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{s}$ . With the transportation of the materials in the catchment, the scale, unit weight and occurrence frequency of debris flow has a trend of decrease.

**Key words** Xizang, Guxiang Ravine, debris flow, development trend