

文章编号: 1009-3850(2009)03-0105-05

论小流域内泥石流物源的判别 —以康定县子耳沟为例

高延超, 郑万模, 李明辉, 王东辉

(成都地质矿产研究所, 四川 成都 610082)

摘要: 小流域内松散碎屑物质的稳定性及储量可以作为泥石流沟判别的依据。本文以康定县子耳沟为例, 通过对滑塌面积率、不良地质体长度比、流域内暴发泥石流的碎屑物量最低标准三个指数的计算, 判定子耳沟流域内松散碎屑物质物源丰富且不稳定, 泥石流暴发可能性大。这种方法的应用, 可以指导泥石流的预报预警和防灾减灾工作, 判别山区小流域暴发泥石流的易发程度及规模。

关键词: 子耳沟; 泥石流; 松散碎屑物; 稳定性

中图分类号: P642.23

文献标识码: A

1 前言

在全球范围内, 中低纬度山区江河上游小流域普遍存在泥石流现象。由于泥石流暴发突然, 运动能量大, 因而极具破坏力。

如何对泥石流沟进行判别是汛期内预报预警和防灾救灾的先决条件, 也是工程治理和搬迁避险的工作依据。泥石流的暴发与否取决于单沟流域内物源、地貌、水源三者之间的耦合关系。现阶段对泥石流的监测预警多采用基于临界雨量的方式。随着极端天气频现, 五十年乃至百年一遇的降雨概率逐渐增加, 许多历史上不曾有过泥石流灾害史的沟道也暴发了泥石流。可以说, 如果沟道内有适量松散碎屑物充当泥石流物源, 当雨量达到某一个值, 就会暴发泥石流。所以, 在极端天气频发的情况下, 对泥石流沟的判别就取决于沟道内的松散堆积物组成、分布和数量。

2 松散碎屑物稳定性的评估方法

沟道流域内的松散碎屑物按成因可分为三类:

(1)在山顶或山脊未经搬运的土石体(为风化壳或残积物); (2)在山坡和山麓有经暴雨径流、重力作用形成的坡积物、崩滑体和崩积物; (3)在谷底堆积的沟床物质, 由洪积物、冲积物组成, 其来源主要靠沟源头或两侧山坡的补给而不断积累。沟谷内的松散碎屑物质有的是稳定的, 有的是半稳定或不稳定的。可参与泥石流活动的, 通常包括正在形成的崩滑体, 山坡表层的溜滑坠落体、滚石、沟床两侧的堆积物和人为弃渣、废土石等^[1]。

陈光曦等学者用滑塌面积率这一数量指标对松散碎屑物进行稳定性分析, 即沟道内滑塌面积占流域面积的比值^[2]。滑塌面积率 $>10\%$, 表征沟谷内松散碎屑物数量多且很不稳定。滑塌面积率 $<1\%$ 表示沟谷内松散碎屑物稳定, $1\% \sim 10\%$ 表征沟谷内的松散碎屑物处于发展中或者趋于稳定。

黄正维等学者对成昆铁路泥石流进行动态研究时, 用沿沟不良地质体的累计分布长度 L 与主沟总长 L_0 之比判断泥石流的活动性: 比值在 $0.050 \sim 0.100$ 范围内, 属于弱活动泥石流, 固体物质排出量达 1000m^3 到数千立方米; 比值介于 $0.113 \sim 0.150$ 之

收稿日期: 2009-07-15 改回日期: 2009-09-04

作者简介: 高延超(1981—), 男, 硕士, 主要从事岩土工程勘察和地质灾害评估。E-mail: gaoy@imde.ac.cn

资助项目: 甘孜地区地质灾害详细调查(1212010114020)

间,属于中等活动泥石流沟, 固体物质排出量约 10000m³; 比值≥0.160属强活动泥石流, 固体物质排出量几万立方米, 甚至数千万立方米^[3]。

钟敦伦、赵玲等学者用单位流域内松散固体物质动储量进行判别。所谓动储量就是可以直接补给泥石流的松散固体物质, 单位为 10⁴ m³ / km²。并根据沟道流域面积划分为 >50 50~10 10~2 2~0.5 <0.5 的 5 个等级, 以反映沟谷内松散固体物质的数量和稳定程度^[4]。用泥石流沟的属性建立泥石流的预测判别模式为 $\epsilon = \sum W / W_d$ 式中 $\sum W$ 为泥石流固体物质累积总量, 它为自然累计量和人为累计量之和; W_d 为泥石流沟发生泥石流所需的固体物质最低标准; ϵ 为泥石流发生的判别值。当 $\epsilon < 1$ 时, 不满足发生泥石流所需的固体物质最低标准, 不会发生泥石流; 当 $\epsilon \geq 1$ 时, 满足发生泥石流所需的固体物质最低标准, 可能发生泥石流^[5-6]。

本文拟综合采用以上三种方法, 以四川省甘孜州康定县城子耳沟为例, 对该沟流域内存在的松散

碎屑物进行分析, 以判断子耳沟泥石流发生的概率及规模。

3 对子耳沟流域内泥石流物源的判别

子耳沟位于康定县炉城镇西侧, 呈长条形, 流域面积 6.8 km², 高差 1759 m; 流域全长 6900 m, 平均坡降 255‰, 清水动力区局部地段坡降超过 400‰。沟谷狭长, 植被覆盖良好。

经调查, 该泥石流沟沿沟发育有多处崩塌、滑坡、坡面泥石流, 松散碎屑物储量丰富, 补给途径、类型多样(图 1)。

3.1 崩塌堆积体

子耳沟中游北侧垮白溜为一崩塌体。岩体为强风化的晋宁—澄江期花岗岩, 岩石硬度高, 但区域内冻融风化强度大, 断裂及构造裂隙发育, 岩石破碎。该处每年均有崩塌发生, 为泥石流启动提供了较为丰富的物源, 现崩塌体方量约 50000 m³, 崩塌形成的倒石锥方量约 10000 m³。物源累积形式属于“零存

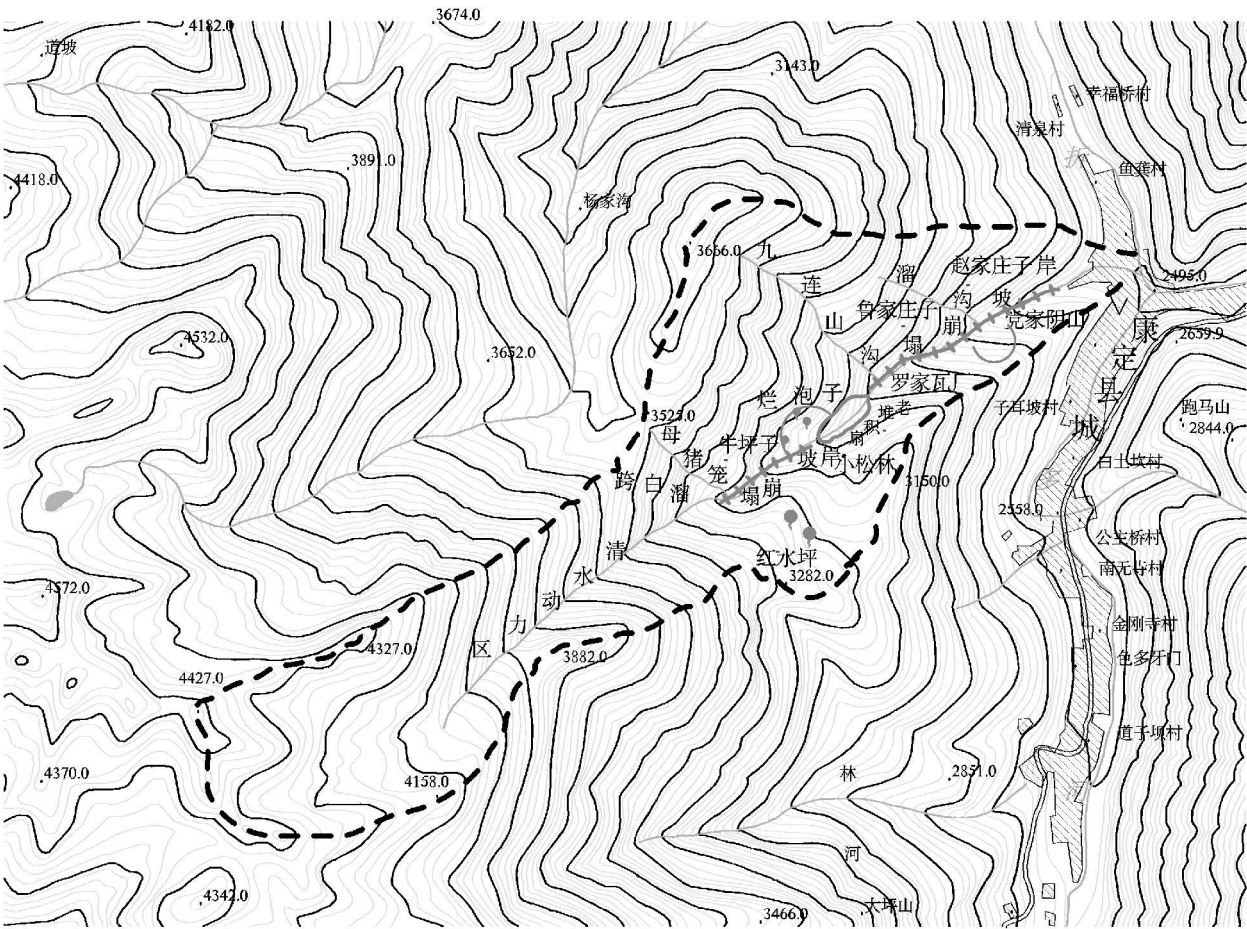


图 1 子耳沟流域平面图
Fig 1 Plan of the Zier gully

整取”,即经长期风化、剥蚀、侵蚀,松散碎屑物聚集在山坡上和沟谷中,一次泥石流发生,大部分被输走。

3.2 支沟泥石流

与垮白溜相邻的母猪龙沟(母猪龙沟即为当地对泥石流的俗称)为一条小型高频泥石流,该支沟沟道狭窄陡峻、物源丰富,沟口扇面完整。据当地居民介绍,垮白溜与母猪龙沟的灾害具有较高的相关性。支沟内爆发的泥石流可为主沟补充丰富的物源,其挟带能力亦是主沟产流的主要动力之一。堆积扇挤压主沟道向右偏,堆积扇长约50m,宽60m,体积约为5000m³。

3.3 滑坡补给

耳子沟中段及下游有两个规模较大的滑坡,前趾蠕移至沟道内,是泥石流的重要物源。两处滑坡岩性以千枚岩、板岩、片岩为主,受地质构造影响,断裂、褶皱、节理裂隙发育,岩石较破碎。板岩、千枚岩易风化,遇水软化,片理发育,力学强度较低。沟道中游左岸的烂泡子滑坡(烂泡子为当地对沼泽的俗称)方量约为80000m³,坡体主要成分为碎石土。坡体有多处泉水渗出,土体处于超饱和状态,抗剪强度降低,地下水在土体内部又提供了一定的水动力条件,临空面受水流侵蚀不断陡立。现在滑体已经处于蠕移失稳状态。子耳坡沟口处右岸为党家阴山滑坡,活动滑体长约150m,宽约30m,方量约30000m³。该滑坡曾于1978年滑动,堵断子耳沟形成堰塞湖。2008年5月该滑体复活失稳,滑坡体蠕移成为泥石流的物源补给途径之一。

3.4 老泥石流堆积体

耳子沟中段的地形较为宽阔,历史上多次的泥石流淤积在此,形成了长约200m的中壅堆积。其也是重要的物源补给区,堆积体规模约为200000m³。泥石流堆积体历时较长,呈半胶结状态,属稳定半稳定状态,在泥石流规模较大时才会启动,一般洪水或规模较小的泥石流仅会被部分冲蚀。

3.5 岸坡崩塌

沟道中下游两岸共有长约1200m岸坡是以碎石粘土为主的松散半胶结土,由第四系洪积层、冰水、冰碛层组成,岩性为碎石、砂砾石混杂粘土、泥砾等。结构为松散半胶结,强度低,厚3~5m。受河水冲刷及浸泡影响,岸坡小型崩塌多发,储量大于15000m³。属于不稳定物源,洪水、泥石流都有可能挟带输出。

4 泥石流物源稳定性分析

子耳沟流域内包括崩塌、支沟泥石流、滑坡、岸坡崩塌及老泥石流在内,松散碎屑物总储量约为360000m³,其中滑坡和老泥石流堆积体所占的比重较大(图2)。各种堆积物所占比例如下图所示。处于稳定半稳定状态(老泥石流堆积)的土体占56%,其在泥石流规模较大时才会启动,不稳定状态的土体占44%,是泥石流的主要固体物源。

分别采用前述三种方法对松散堆积物进行稳定性分析。子耳沟流域内不良地质体滑体面积率如表1所示。可以看出,子耳沟流域内滑塌面积率总和为3%,松散碎屑物处于半稳定状态,沟道处于发展期。

子耳沟流域自垮白溜崩塌向下游沿岸多为不良地质体,属于松散碎屑物补给段,累计长2.05km,占沟长的29.7%,远大于0.160,属于强活动泥石流。

流域内暴发泥石流的碎屑物量最低标准=暴发泥石流的单位面积碎屑物量最低标准×沟床比降关系系数×流域面积。取值参数见表2、表3。子耳沟暴发泥石流的碎屑物量最低量为16000m³/km²×1.03×6.8km²=112000m³,则 $\frac{112000}{360000}=3.2\% > 1\%$ 。满足泥石流启动的要求。

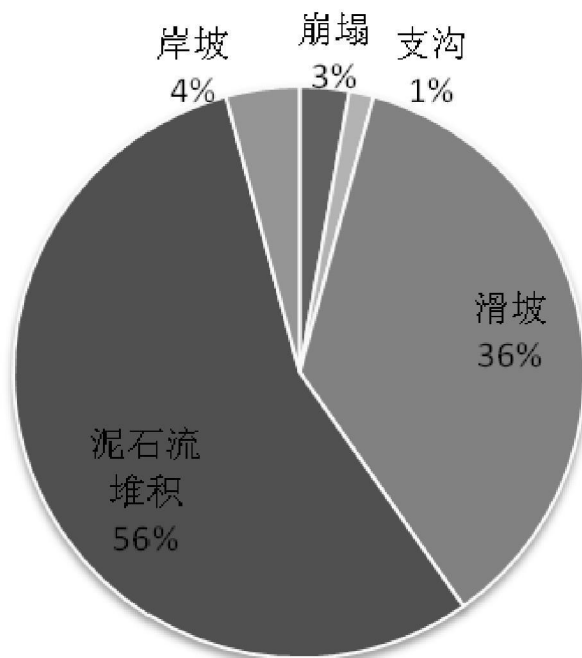


图2 各种物源成分比例图

Fig 2 Cake illustration of the pose deposits in the Zier gully

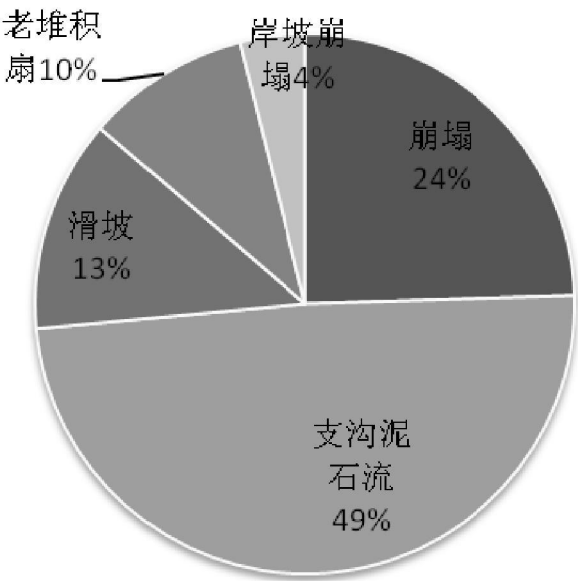


图 3 滑塌面积率比例图

Fig 3 Cake illustration of the slump area rates in the Zi'er gully

表 1 子耳沟流域滑塌面积率

Table 1 Slump area rates in the Zi'er gully

物源分类	崩塌	支沟	滑坡		老堆积扇	岸坡崩塌	合计	滑塌面积率
滑塌面积 / km²	0.05	0.1	0.02	0.006	0.02	0.008	0.204	3%

表 2 流域面积与碎屑物储量最低标准关系表

Table 2 Relationship between the areas and minimum amounts of the debris flow-triggering loose deposits

流域面积 / km²	<1.0	1.0~5.0	5.0~10.0	10.0~50.0	>50
最低标准 / m³ / km²	1.9×10 ⁴	1.0×10 ⁴	1.1×10 ⁴	1.4×10 ⁴	1.7×10 ⁴
	2.4×10 ⁴	1.2×10 ⁴	1.5×10 ⁴	1.8×10 ⁴	2.1万

表 3 沟床比降与碎屑物储量最低标准系数表

Table 3 Relationship between the hydraulic gradients and minimum amounts of the debris flow-triggering loose deposits

沟床比降	<100‰	100~200‰	200~300‰	300~400‰	>400‰
关系系数	>1.10	1.05~1.10	1.00~1.05	0.95~1.00	0.90~0.95

有小规模泥石流暴发, 对该沟流域内泥石流物源稳定性的判别结果与实际情况相符, 表明利用松散碎屑物的稳定性对泥石流沟进行判别的方法可行。

(1) 沟道内是否有充足的松散碎屑物物源成分, 是单沟是否为泥石流沟的必要条件之一, 对泥石流沟的判别具有重要意义;

(2) 对沟道内的物源成分储量及稳定性采用滑

塌面积率、不良地质体长度比、碎屑物量最低标准的计算, 三者均表明子耳沟流域内松散碎屑物质物源丰富, 且处于不稳定状态, 泥石流暴发可能性大。

子耳沟流域内的松散碎屑物质的储量、组分和分布随着时间推移都在发生变化。崩塌、支沟泥石流等“零存整取”型物源, 随着时间的推移, 储量会逐渐增加。滑坡、岸坡崩塌等物源则一方面在被洪水冲蚀带走, 另一方面范围也在不断的扩大。松散碎屑物累积与输出的速度比, 决定了整个沟道内的物源是增加还是减少。物源的时空变化, 会使单条沟道可能发生泥石流的概率与规模发生变化。这一动态过程, 需要不断的监测, 并根据各种物源的成因、类型对其未来的发展趋势做出预测。

5 结 论

子耳沟于 1978 年暴发大型泥石流, 2008 年又

塌面积率、不良地质体长度比和暴发泥石流的碎屑物量最低标准进行计算, 可以定性判别泥石流的易发程度和规模;

(3) 沟道内松散碎屑物质的数量是不断变化的, 受累积速率及输出率两方面的影响, 应该动态分析判断其成灾可能性及规模。

参考文献:

[1] 李德基. 泥石流减灾理论与实践 [M]. 北京: 科学出版社, 1994

[2] 陈光曦, 王继康, 王林海, 等. 泥石流防治 [M]. 北京: 中国铁道出版社, 1983

[3] 黄正维. 泥石流活动的地面前兆 [A]. 第四届全国泥石流学术讨论会论文集 [C]. 兰州: 甘肃文化出版社, 1994

[4] 蒋忠信. 西南山区暴雨泥石流沟简易判别方法 [J]. 自然灾害学报, 1994, 3(1): 75-82

[5] 谭万沛, 王成华, 姚令侃, 等. 暴雨泥石流滑坡的区域预测与预报—以攀西地区为例 [M]. 成都: 四川科学技术出版社, 1994

[6] 钟敦伦, 谢洪, 王爱英, 等. 四川境内成昆铁路泥石流预测预报参数 [J]. 自然灾害学报, 1990, 8(2): 82-88

Assessment of the debris flow origins along the mountainous stream basins: An example from the Zi'er gully in Kangding, Sichuan

GAO Yan-chao, ZHENG Wan-mo, LIMing-hui, WANG Dong-hui

(Chengdu Institute of Geology and Mineral Resources, Chengdu 610082, Sichuan, China)

Abstract: With the ever growing trend of extreme weathers, the debris flows frequently occur and bring about more and more tremendous disasters all over the world. The assessment of the stability and reserves of the loose deposits along the mountainous stream basins may help establish a basis for the recognition of debris flow gullies. In this paper, three parameters are calculated, including slump area rate, length ratio of the unfavourable geological bodies, and minimum amounts of the debris flow-triggering loose deposits. The calculations indicate the possibility of the debris flows along the Zi'er gully in Kangding, Sichuan due to the accumulation of abundant and unstable loose deposits. This method may be viable in the application to the forecast and supervise-warning, and risk assessment of the debris flows.

Key words: Zi'er gully, debris flow, loose deposits, stability