

西南山区泥石流沟流域形态统计分析 ——以云南小江流域为例

侯 兰 功

(西南科技大学土木工程与建筑学院,四川 绵阳 621000)

摘 要:泥石流沟谷因泥石流类型和发育阶段不同而具有多种形态,对其进行研究具有十分重要的理论和实际意义。通过对小江流域 32 条灾害性泥石流沟的流域面积、主沟长、平均沟床比降、流域平均宽度进行统计分析,得出

了几点结论,为泥石流危险度评价和防治工作提供了参考。

关键词:山区;泥石流;流域;统计分析

中图分类号: P642.23

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2006)03-0094-03

Statistical Analysis of Valley Morphology on Debris Flow Gully in Mountain Area of Southwest ——Taking Xiaojiang Valley in Yunnan Province as Example

HOU Lan gong

(College of Civil Engineering & Architecture, Southwest

University of Science and Technology, Mianyang, Sichuan 621000, China)

Abstract: Debris flow gully has various morphologies because of different type and developed phase of debris flow, and it is important and practical to study the debris flow gully. The valley area, gully length, average bed slope and average valley width of 32 disastrous debris flow gully are analyzed. At last, several conclusions are got, and they will give reference to the assessment of debris flow hazards and prevention to debris flow.

Key words: mountain area; debris flow; valley; statistical analysis

小江位于云南省东北部,发源于寻甸县鱼味后山,自南向北,流经寻甸县、昆明市东川区(原云南省东川市)和会泽县境,注入金沙江,系金沙江一级支流,流域全长 138.2 km,面积 3 043.45 km²,总落差 2 860 m,河床平均比降 12.8%。本文主要对其中重要的 32 条泥石流沟谷形态进行统计分析。

1 流域概况

1.1 地质构造

小江断裂是一条发育于元古代的地壳活动痕迹,断裂北起四川宁南,经金沙江、巧家后,沿小江北延,断裂破碎带宽达数千米。主断裂(东支)为大白河断裂,具压性结构,由 3~5 条断层组成,破碎带宽达 100~500 m;次断裂(西支)为乌龙河断裂,亦以压性为主,由 1~3 条断层组成,破碎带宽达 100~150 m,断距约 2 000 m,两支断裂在华宁附近汇合后继续南延,直达建水北部,全长约 300 km。由于长期的地质应力作用,不仅使本区沿断裂发育了许多几乎平行于主断裂的次生张性断裂带,同时还发育了垂直于主断裂的次生张性断层和沿“X”筒切线,斜交主断裂的压性或张性的扭移断层,沿主断裂间断分布。

1.2 地震活动

小江流域是一个重力负异常区,沿小江断裂带分布的滇东重力梯度线,不仅在各地质构造期中活动强烈,而且地震活动也极为频繁,是我国著名的强震发生带之一,如 1733

年、1833 年、1966 年、1983 年都发生过 6 级以上的强烈地震,造成地震山崩,民房倒塌,人畜伤亡。地震活动不仅是新构造运动的主要形式和快速表现,也是导致该区强烈重力侵蚀发育的主要原因。

1.3 地貌

小江流域属于滇东北高原,构造地貌主要表现为山体的强烈隆升,河流的快速深切。根据地质构造影响程度和所处位置,将小江中上游地区的构造地貌分为:河谷破碎带构造山地地貌,展布于小江主河及两岸;断裂盆地地貌,如新村、金源、乌龙和功山盆地等;隆升高原的山地地貌,如功山一带小江源头地区;隆升侵蚀面山地地貌,如小江两岸五级缓坡平台;隆升坡地地貌,如小江两岸山腰以上山坡。

1.4 水文

小江为雨源类半山区性河流。小江河谷区的年平均径流深为 116.2 mm,年径流量为 4.647 × 10⁷ m³。据小江中游的水文站资料,年平均径流量为 37.4 m³/s,最小径流量为 6.10 m³/s,最大流量的变化范围为 159~674 m³/s。最大断面平均含沙量为 220 kg/m³,最小断面平均含沙量为 0.003 kg/m³,年输沙量为 6.10 × 10⁶ t。平均流速为 0.70~2.30 m/s,水平宽与平均水深系数 $=\sqrt{H}$ 的变化范围为 5.0~20.0。

据小江上游的达德水文站资料,年平均流量为 11.7 m³/s,最小流量为 2.50 m³/s,最大流量为 300 m³/s,造床流

量为 $40 \text{ m}^3/\text{s}$ 。最大断面平均含沙量为 $98.9 \text{ kg}/\text{m}^3$,最小断面平均含沙量为 $0.034 \text{ kg}/\text{m}^3$,年平均含沙量为 $3.66 \text{ kg}/\text{m}^3$,年平均粒径 $2.2 \sim 10.1 \text{ mm}$,年输沙量 $1.55 \times 10^6 \text{ t}$ 。平均流速为 $1.00 \sim 3.00 \text{ m}/\text{s}$,水平宽与平均水深系数 $=\sqrt{H}$ 的变化范围为 $5.0 \sim 40.0$ 。

1.5 气候

小江流域降雨量主要集中在每年的 5~10 月,这 6 个月主要受西南暖湿气流影响,从孟加拉湾、南海输送来大量水汽,降雨量占年雨量的 80% 以上,从而形成干湿分明的气候特点,加上小江流域地形起伏较大,受局部地形的影响,不仅地区分布差异大,而且易形成暴雨和强暴雨,而且在同一坡面上暴雨量有随海拔高度而变化。此种局部暴雨是小江流域产生泥石流的主要雨型。因此,这些降雨特点都直接影响小江流域的水文特征,其具体反映是:暴雨洪水普遍存在,来势凶猛,水量集中,历时极短的山地洪流经常发生;丰水期的水量可占年水量的 60%~85%。枯水期(9 至翌年 4 月)的水量仅占总量的 15%~40%,反映在河流水情上,则是四季分配很不均匀,季节性分配的地区性差异也较大;另外还具有支沟势强,主沟势弱,甚至有主河流量小于支沟流量的反常现象^[1,2]。

2 泥石流沟流域形态特征

泥石流沟谷因泥石流类型和发育阶段不同而具有多种形态,对其进行研究具有十分重要的理论和实际意义。本文对小江流域 32 条灾害性泥石流沟的流域面积、主沟长、平均沟床比降、流域平均宽度、沟谷平均宽度、沟谷源头高程和沟口高程进行了统计(见表 1)。

表 1 泥石流沟流域参数一览表

沟名	流域面积 F/km^2	主沟长 L/km	平均沟床 比降 $i/\%$	平均宽度 B/km	源头高程 H_{max}/m	沟口高程 H_{min}/m
黑沙沟	3.28	4.01	5.02	0.818	2520	1535
桃家小河	75.50	16.60	5.26	4.548	3200	1400
许家小河	10.16	6.05	12.53	1.679	2950	1450
拖沓沟	10.15	7.03	16.41	1.445	3051	1480
铜厂箐	8.48	5.25	17.40	1.615	2350	1250
大白泥沟	18.05	11.80	10.66	1.529	3100	1300
小白泥沟	12.50	7.25	16.20	1.724	3000	1320
红砂沟	0.67	1.70	37.60	0.392	2158	1400
黑水河	4.20	3.90	21.00	1.077	2520	1341
达德沟	14.10	8.60	18.46	1.640	3000	1330
东川老干沟	7.17	5.52	18.20	1.299	2200	1290
小海河	28.70	11.16	14.62	2.572	3810	1210
石羊沟	10.61	4.61	24.69	2.302	3020	1150
深沟	28.32	9.05	16.67	3.129	4017	1110
泥拉姑沟	4.06	4.62	17.86	0.879	2400	1240
田坝干沟	15.03	8.86	17.30	1.696	4017	1130
达朵沟	58.07	13.75	10.44	4.223	3100	1036
尖山沟	173.8	21.14	4.90	8.221	3722	1000
太平村沟	17.16	11.49	21.35	1.493	2668	900
幸福村沟	5.74	4.85	31.10	1.184	1943	795
豆腐沟	17.16	10.16	12.18	1.689	2095	810
蒋家沟	48.60	13.9	18.00	3.496	3269	1042
小石碛沟	6.21	5.83	32.10	1.065	3269	1400
汪家菁	3.22	4.47	22.20	0.720	2329	1258
落戈沟	7.50	5.65	32.80	1.327	3030	1420
大桥河	53.1	18.00	9.00	2.950	4016	1100
大箐沟	8.35	5.60	37.92	1.491	2550	1360
老村沟	12.60	7.00	15.00	1.800	1905	1005
里里落	6.05	6.20	9.60	0.976	2500	1412
沙湾大沟	17.97	10.32	22.70	1.741	3040	1619
金源老干沟	24.15	7.85	14.80	3.076	3223	1660
娜姑甘沟	91.56	18.00	15.72	5.087	2244	740

资料来源:1.云南小江泥石流综合考察与防治规划研究,杜榕彬,康志成,陈循谦等编著;2.东川泥石流防治研究所 25 周年纪念(1975~2000),昆明市东川区泥石流防治研究所编。

3 泥石流沟流域形态统计分析

3.1 流域面积与主沟长

泥石流沟谷流域面积的大小是确定沟谷水动力条件的主要参数,当泥石流沟谷面积在某一范围内时对泥石流的形成和活动最为有利。表 2 为小江流域灾害性泥石流沟流域面积统计表。从下表中可以看出,该区内灾害性泥石流沟流域面积主要集中在 $1 \sim 50 \text{ km}^2$ 范围,可以作为用来评判区域内泥石流活跃的面积区间。

表 2 泥石流沟谷流域面积统计表

流域面积/ km^2	<1	1~10	10~50	50~100	>100	合计
沟谷数/条	1	11	15	4	1	32
沟谷数所占比例/%	3.125	34.375	46.875	12.5	3.125	100

泥石流沟的主沟长是流域形态的一个重要特征值,其与流域汇流、沟谷比降等因素相关联,间接影响泥石流的形成和活动。表 3 为小江流域灾害性泥石流沟主沟长统计表。从下表中可以看出,该区内灾害性泥石流沟主沟长主要集中在 $5 \sim 15 \text{ km}$ 范围,占 65.625%。

表 3 主沟长统计表

主沟长/ km	<5	5~15	15~20	>20	合计
沟谷数/条	7	21	3	1	32
沟谷数所占比例/%	21.875	65.625	9.375	3.125	100

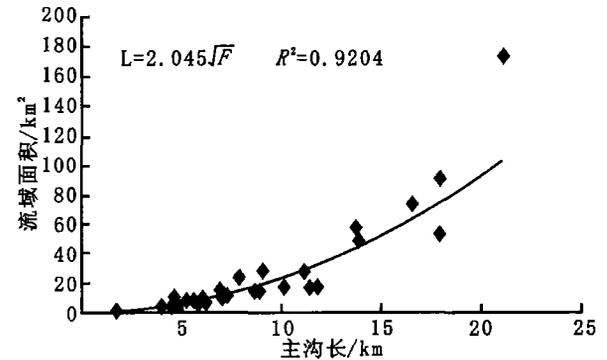


图 1 主沟长与流域面积关系图

将表 1 中泥石流沟的流域面积与主沟长做回归分析,得到下面的主沟长与流域面积之间的回归方程:

$$L = 2.045 \sqrt{F} \quad (1)$$

该方程与一些地貌学家对中国、原苏联、美国的平原大河进行研究得出的河床长度方程(2)相比,方程(1)系数较小。根据比较分析发现,出现这一结果的原因在于山区河流沟道较短小顺直,而平原河流河床多游荡蜿蜒,弯曲度较高。

$$L = 2.9 \sqrt{F} \quad (2)$$

3.2 流域平均宽度

流域的平均宽度是流域情况的一个重要特征,宽度越大,则流域越近乎圆形,因而洪峰也越大,洪水泛滥的可能性也越大^[3]。对于泥石流沟来说,在一定范围内,宽度越大,越有利于泥石流的形成。表 4 对小江流域灾害性泥石流沟流域的平均宽度进行了统计,可以发现,流域平均宽度主要集中在 $1 \sim 3 \text{ km}$ 范围内。

表 4 流域平均宽度统计表

流域平均宽度/ km	<1	1~3	3~5	>5	合计
沟谷数/条	5	20	5	2	32
沟谷数所占比例/%	15.625	65.5	15.625	6.25	100

另外,流域平均宽度和主沟长等有关,从图 2 可以看出,该区内灾害性泥石流沟流域平均宽度大致有随主沟长增大

而增大的趋势。

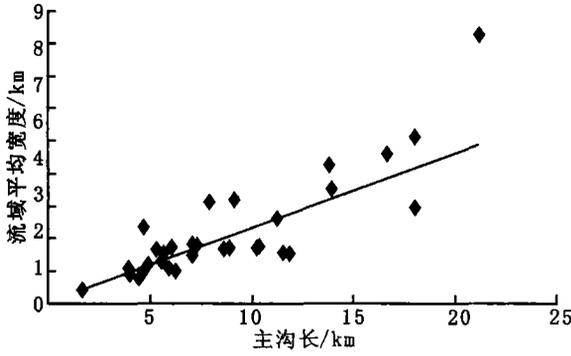


图 2 流域平均宽度与主沟长关系

3.3 平均沟床比降

沟床平均比降可以直观反映沟床径流的坡度,也是影响沟谷水力条件的重要参数。流域的水力条件太差,沟床中松散固体物质很难启动;而当沟床比降太大时,则接近于松散固体物质的休止角,属于滑动类型^[4]。表 5 对小江流域灾害性泥石流沟平均沟床比降进行了统计。

表 5 泥石流沟床平均比降统计表

平均沟床比降/ %	<5	5~10	10~30	30~40	合计
沟谷数/条	1	4	22	5	32
沟谷数所占比例/ %	3.125	12.5	68.75	15.625	100

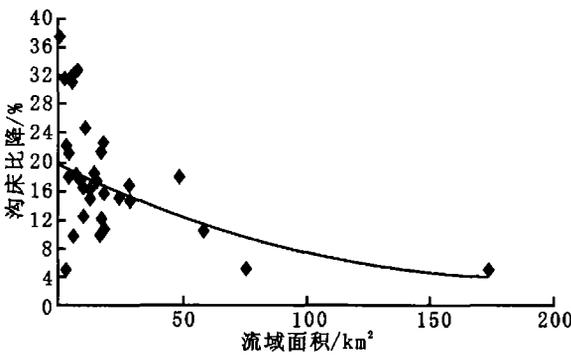


图 3 平均沟床比降与流域面积

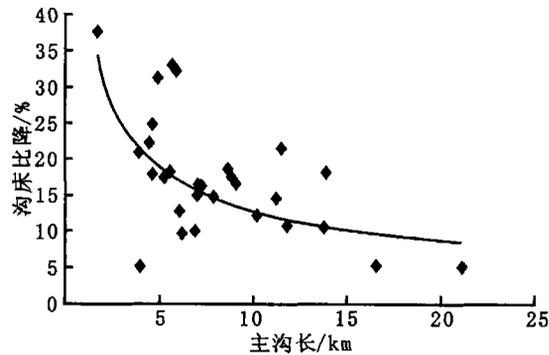


图 4 平均沟床比降与主沟长

从表 5 可以看出,流域内灾害性泥石流平均沟床比降普遍较大,绝大部分集中在 10%~30% 之间。另外,平均沟床

参考文献:

[1] 杜榕桓,康志成,陈循谦,等.云南小江泥石流综合考察与防治规划研究[M].重庆:科学技术文献出版社重庆分社,1987.1-180.
 [2] 程尊兰,游勇,朱平一.云南小江流域中上游泥沙特征及模型试验[J].自然灾害学报,2000,8(9):118-122.
 [3] 昆明市东川区泥石流防治研究所.东川泥石流防治研究所 25 周年纪念(1975~2000)[Z].1-87.
 [4] 沈昌玉,龚国元.河流地貌学概论[M].北京:科学出版社,1986.16-43.
 [5] 中国科学院水利部成都山地灾害与环境研究所.中国泥石流[M].北京:商务印书馆,2000.1-30.

比降与流域面积和主沟长等亦有关,从图 3、4 可以看出,该区内灾害性泥石流沟床平均比降大致有随流域面积和主沟长增大而减小的趋势。

3.4 流域形态

沟谷流域的平面形态千姿百态,主要有长条形、椭圆形、近圆形等,对泥石流活动和坡面汇流有影响^[4]。图 5 为小江流域灾害性泥石流沟的流域平面形态分布图。

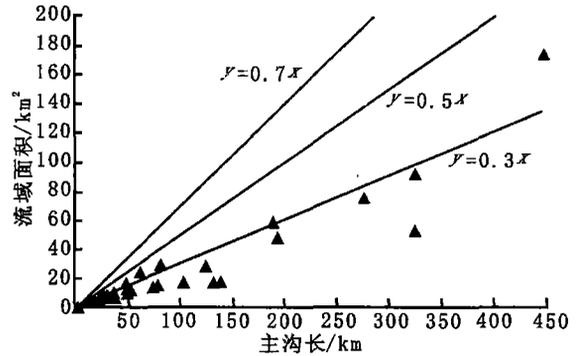


图 5 泥石流沟流域形态分布

根据下列方程^[4]来分析研究区内沟谷流域形态,即:

$$F_e = F/L \quad (3)$$

式中: F_e ——流域纵横比; L ——主沟长。当: $F_e < 0.3$ (横轴与 $y = 0.3x$ 之间的区域), 流域为长条形;

$0.3 < F_e < 0.5$ ($y = 0.3x$ 与 $y = 0.5x$ 之间的区域), 流域为长圆形;

$0.5 < F_e < 0.7$ ($y = 0.5x$ 与 $y = 0.7x$ 之间的区域), 流域为椭圆形;

$F_e > 0.7$ ($y = 0.7x$ 左边的区域), 流域为近圆形。

从图 5 可以看出,研究区内灾害性泥石流沟流域形态主要是长条形和长圆形。

4 结论

本文对小江流域 32 条重要的灾害性泥石流沟的流域面积、主沟长、平均沟床比降、流域平均宽度等进行了统计分析,初步得到以下结论:

(1) 研究区内灾害性泥石流沟流域面积主要集中在 1~50 km^2 范围,可以作为该区内评判泥石流活跃程度的面积区间。

(2) 研究区内灾害性泥石流沟主沟长主要集中在 5~15 km 范围,占 65.625%。流域面积和主沟长有如下统计关系。

(3) 流域平均宽度主要集中在 1~3 km 范围内,有随主沟长增大而增大的趋势。

(4) 流域内灾害性泥石流沟平均沟床比降普遍较大,绝大部分集中在 10%~30% 之间;沟床比降与流域面积和主沟长有关,灾害性泥石流沟床平均比降大致有随流域面积和主沟长增大而减小的趋势。

(5) 以流域纵横比值来分析沟谷流域形态,发现研究区内灾害性泥石流沟流域形态呈长条形和长圆形。以上所得结论可以为建立泥石流危险度评价模型提供依据,并可用来校验评价结果的适宜性。同时,所得结论还可为灾害性泥石流沟防治提供参考。