

泥石流沟沟床比降统计分析

王静宜¹, 陈晓清²

(1. 唐山师范学院, 河北 唐山 063000; 2. 中国科学院 成都山地灾害与环境研究所, 四川 成都 610041)

摘要: 利用大型统计处理软件 SPSS 探讨泥石流沟沟床比降的特点。对随机抽取的 1 000 条泥石流沟的原始数据, 给出沟床比降的基本参数及置信区间, 确定沟床比降服从对数正态分布。分析了沟床比降与其它因素的关系, 建立沟床比降与切割度的一元线性回归方程。

关键词: 泥石流; 沟床比降; 切割度; 回归方程

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2002)02-0028-03

中图分类号: S157.2

Statistic Analysis on Groove Gradient of Debris Flow

WANG Jing-yi¹, CHEN Xiao-qing²

(1. Tangshan Normal College, Tangshan 630000, Hebei Province, China; 2. Chengdu Institute of Mountain Hazards and Environment, Chinese Academy of Sciences, Chengdu 610041, Sichuan Province, China)

Abstract SPSS 10.0 for Windows is a large-scale statistics software. On the base of this software, the characteristics of groove gradient are discussed, and the relationships between groove gradient and other parameters of debris flow drainage area is analyzed. Especially, the single variable linear regression equation between groove gradient and degree of cutting is set up.

Keywords debris flow; groove gradient; degree of cutting; regression equation

泥石流形成的条件颇多, 概括起来主要有 3 个: 即失稳的大量松散土粒、相应的水体和促使这两者迅速起动的、汇集、混合、运动和停积的地貌条件。

沟床比降是地貌条件的主要体现参数, 是影响泥石流形成和运动的重要因素。在泥石流的形成中, 沟床比降是泥石流流体由位能转变为动能的底床条件。泥石流沟的比降越大, 越有利于泥石流的发生。

探讨泥石流沟比降的特点, 分析比降与其它因素之间的关系, 有助于我们研究泥石流的发生、发展和对泥石流灾害的预测、控制。

目前, 各部门通过野外实际调查、航片、卫片判读等方法, 全国登记入册泥石流信息库中的泥石流沟共有 6 500 余条, 分布在全国 20 多个省、市、自治区。这里从中随机抽取了四川省的 1 000 条泥石流沟的有关数据, 用大型统计处理软件 SPSS 进行统计分析, 深入研究与泥石流沟沟床比降相关的资料, 以探求泥石流的发育规律, 在地貌演化中的状态等。

1 沟床比降的分布

对随机抽取四川省泥石流沟数据中的 1 000 个沟床比降数据, 用 SPSS 进行统计分析。其频数分布如表 1 所示。

1.1 沟床比降基本参数的统计结果

利用 SPSS 的数据报表得到 1 000 条泥石流沟的关于沟床比降的基本统计参数为: 最小值 1.60, 最大值 983.00, 极差 981.40, 平均值 291.99, 中间值 249.95, 方差 172.94, 均方差 13.15

1.2 沟床比降分布

假定沟床比降服从正态分布, 则由 SPSS 的数据报表可有沟床比降 95% 的置信区间为: (280.425 9, 303.545 8)。由此置信区间可知, 在 1 000 条泥石流沟中应该大约有 95% 的泥石流沟的沟床比降在 280.425 9~303.545 8 之间, 而仅有 5% 的泥石流沟沟床比降的值小于 280.425 9 或大于 303.545 8。

表 1 泥石流沟频数分布

沟床比降 /%	< 100	100~ 200	200~ 300	300~ 400	400~ 500	500~ 600	600~ 700	700~ 800	800~ 900	900~ 1000
泥石流沟数	107	287	213	154	107	54	31	29	11	7

收稿日期: 2001-12-21

资助项目: 国家杰出青年基金 (40025103)

作者简介: 王静宜 (1948-), 女 (汉族), 北京昌平人, 副教授, 主要从事应用数学教学与科研工作。电话 (0315) 2034605, E-mail wjy4807@sohu.com, 781125@tangshan.cngb.com

而由实际数据显示,泥石流沟的沟床比降值多集中在 100~ 500 之间,在 1 000 条泥石流沟中,比降在此区间的就有 763 条。而沟床比降小于 100 的仅有 107 条;沟床比降大于 500 的仅有 130 条。这与上面统计分析比较,说明泥石流沟床比降的统计属性更适合对数正态分布,而不是常规正态分布。

沟床比降的分布呈现出了典型的一头大一头小的形式,与对数正态分布比较吻合。对数正态分布的密度函数如下:

$$f^a(x) = \begin{cases} \frac{1}{x} \frac{1}{\sigma} e^{-\frac{(\ln x - \mu)^2}{2\sigma^2}} & x > 0 \\ 0 & x \leq 0 \end{cases}$$

本文中,由沟床比降的均值: $\mu = 291.9877$, 均方差: $\sigma = 13.1505$

沟床比降的概率密度函数为:

$$f^a(x) = \begin{cases} \frac{1}{x} \frac{1}{\sigma \times 13.1505} e^{-\frac{(\ln x - 291.9877)^2}{2 \times 13.1505^2}} & x > 0 \\ 0 & x \leq 0 \end{cases}$$

2 沟床比降与其它因素的关系

事物都不是孤立存在的,泥石流沟的沟床比降与泥石流沟的其它指标之间应该存在某种关系,下面将随机抽出的 1 000 条泥石流沟的沟床比降与其它指标做统计相关性分析,以探求它们之间所存在的统计关系。

由表 2 可以得出如下结论:沟床比降与切割度呈现很强的正相关关系,其相关系数为 0.928

表 2 沟床比降与切割度相关性分析

项 目	沟床比降 /‰	切割度 /‰
沟床比降 /‰	皮尔逊相关 双尾检验	1.000 0.000
N	1 000	1 000
切割度 /‰	皮尔逊相关 双尾检验	0.932 ^① 0.000
N	1 000	1 000

注: ① 表示其显著水平为 1%。

由表 3 可以看出,沟床比降与流域面积之间呈现一定的负相关,相关系数为 - 0.375

由表 4 可以看出,沟床比降与流域高差之间呈现出一定负相关关系。

由表 5 可以得出如下结论:沟床比降与沟口高程之间的相关系数很小,这说明了此两者之间几乎没有相关关系。

由表 6 可以看出,沟床比降与主沟长度之间的相关系数很小,两者之间几乎没有相关关系。

表 3 沟床比降与流域面积相关性分析

项 目	沟床比降 /‰	面积 /km ²
沟床比降 /‰	皮尔逊相关 双尾检验	1.000 - 0.375 ^① 0.000
N	1 000	1 000
面积 /km ²	皮尔逊相关 双尾检验	- 0.375 ^① 0.000
N	1 000	1 000

注: ① 表示其显著水平为 1%。

表 4 沟床比降与流域高差相关性分析

项 目	沟床比降 /‰	流域高差 /m
沟床比降 /‰	皮尔逊相关 双尾检验	1.000 - 0.215 ^① 0.000
N	1 000	1 000
流域高差 /m	皮尔逊相关 双尾检验	- 0.215 ^① 0.000
N	1 000	1 000

注: ① 表示其显著水平为 1%。

表 5 沟床比降与沟口高程相关性

项 目	沟床比降 /‰	沟口高程 /m
沟床比降 /‰	皮尔逊相关 双尾检验	1.000 0.042 0.180
N	1 000	1 000
沟口高程 /m	皮尔逊相关 双尾检验	0.042 0.180
N	1 000	1 000

表 6 沟床比降与沟口高程相关性分析

项 目	沟床比降 /‰	主沟长 /km
沟床比降 /‰	皮尔逊相关 双尾检验	1.000 - 0.048 0.126
N	1 000	1 000
主沟长 /km	皮尔逊相关 双尾检验	- 0.048 0.126
N	1 000	1 000

3 沟床比降与切割度关系探讨

由于沟床比降与切割度之间的相关系数为 0.928,说明两者间有着较强的相关关系,为此进一步探讨两者之间的关系,以及由此产生的意义。

3.1 沟床比降与切割度的散点图

由图 1 可以看出,沟床比降与切割度的散点图近似在一条直线附近,沟床比降与切割度之间有大致的线性关系。

3.2 建立沟床比降与切割度的回归方程

由图 1 可以看出,沟床比降与切割度的散点图很有规律,这些点近似在一条直线附近,说明沟床比降

与切割度之间应该有大致的线性关系。为此可以建立沟床比降与切割度的一元线性回归方程

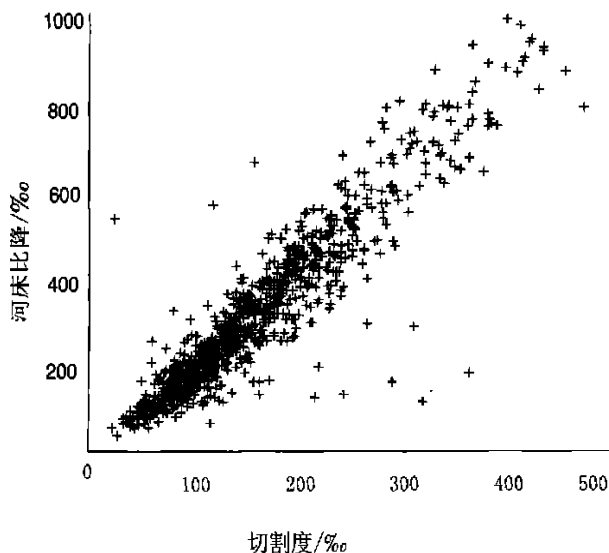


图 1 沟床比降与切割度的散点图

把沟床比降与切割度的原始数据代入下列公式:

$$\begin{cases} \hat{U}_1 = \frac{\sum x_1 y_1 - n \bar{x} \bar{y}}{\sum x_1^2 - n \bar{x}^2} \\ \hat{U}_0 = \bar{y} - \hat{U}_1 \bar{x} \end{cases}$$

由原始数据计算,可以得到

$$\hat{U}_1 = 2.081, \hat{U}_0 = -27.855$$

所求回归方程为

$$\hat{y} = -27.855 + 2.081x$$

3.3 检验回归方程的显著性

把原始数据代入下列各偏差平方和

$$S_T = \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2 = 34657226$$

$$S_R = \sum_{i=1}^n (\hat{y}_i - \bar{y})^2 = 29876894$$

$$S_e = S_T - S_R = 4780331.8$$

$$F = \frac{S_R / p}{S_e / (n - p - 1)} = 6237.46 > 1.11$$

取检验水平 $T = 0.01$, 查 F 分布表, 可有临界值

$F(1000, 1000) = 6237.46 > 1.11$, 可知所建立的回

归方程在水平 0.01 下高度显著。沟床比降与切割度呈高度正相关关系。由此可以得出沟床比降与切割度的回归方程为: $y = -28.651 + 2.087x$, 并且由上面的方差分析结果可知, 所建立的回归方程高度显著, 而且两者呈正相关关系。

由于泥石流的沟床比降较难求算, 如果对数据精度要求不高时, 则可以用切割度来近似计算, 这样可以节约时间与精力。有时没有地形图时不能求得沟床比降, 此时利用切割度近似计算沟床比降也显得很必要。另外由于切割度可以反映流域发育阶段, 由切割度和沟床比降的关系, 使得泥石流的沟床比降相应地反映流域的发育阶段。

4 结 论

通过统计和分析所选择的 1000 条泥石流沟的沟床比降、沟床比降与其它参数的关系, 可以初步得出如下结论:

(1) 泥石流沟的沟床比降呈对数正态分布, 由于对数正态分布在技术、生物学、医学、经济学、地质学等不同领域的各种问题中都有重要的应用, 在分析泥石流问题时, 可以充分借鉴其它学科有类似特征问题的处理方法。研究成果相应地泥石流方面的研究成果也可以用以解决其它相关学科的相关问题。

(2) 由泥石流沟的切割度定义为: 流域相对高差与流域沟长之比, 其地貌学上反映了流域发育阶段。由于泥石流沟的沟床比降与切割度呈正线性相关, 说明了沟床比降也可以作为反映流域发育阶段的评判参数。泥石流处于流域发育的壮年期, 其沟床比降 95% 置信区间大致在 (62.83, 773.00)。

[参 考 文 献]

- [1] 唐邦兴, 李宪文, 吴积善, 等. 山洪泥石流滑坡灾害及防治 [M]. 北京: 科学出版社, 1994.
- [2] 周概容. 概率论与数理统计 [M]. 高等教育出版社, 1984.
- [3] 钟敦伦, 谢洪, 韦方强, 等. 泥石流编目的标准化与规范化 [M]. 见: 中国泥石流滑坡编目数据库与区域规律研究. 四川科学技术出版社, 1998.

勘 误:

本刊 2002 年第 1 期第 58 页原公式 $\bar{v}_i = \sum_D \bar{v}_i \sum l$ 应改为: $\bar{v}_i = \sum_D v_i \sum l$

$r = \sum_D (u_i v_i - \bar{u} \bar{v} \sum l) \sum_D (u_i^2 - \bar{u}^2 \sum l) (v_i^2 - \bar{v}^2 \sum l)^{1/2}$ 应改为:

$n = \sum_D (u_i v_i - \bar{u} \bar{v} \sum l) \sum_D (u_i^2 - \bar{u}^2 \sum l)^{1/2} (v_i^2 - \bar{v}^2 \sum l)^{1/2}$

特此更正, 并向作者和读者致歉。