

泥石流沟活跃程度的评价方法

祁 龙

(中国科学院 兰州冰川冻土研究所, 甘肃 兰州 730000)

摘 要: 根据甘肃陇南等地 50 条泥石流沟资料, 建立了判别泥石流沟活跃程度的表达式 $N = (A/100)(J/0.06)^{0.375} \cdot F^{0.4}$, 以及泥石流侵蚀模数式 $E = B + 0.33(A/100)(J/0.06)^{0.375}$ 。

关键词: 泥石流; 活跃程度; 评价; 侵蚀模数

中图分类号: P642.23

文献标识码: A

泥石流沟活跃程度及其危险性评价是泥石流灾害调查的重要内容, 也是制定防灾对策和进行防灾工程设计的前提, 因而倍受泥石流研究者和设计者的关注。早期的研究中, 对泥石流沟的评价以定性为主^[1], 评价的内容主要有严重程度和作用强度两项。在严重程度的评价中未指明是泥石流本身还是它所造成的灾害, 这在应用中容易混淆。在作用强度的评价中评价内容与严重程度基本相同, 给人以二者之间并无什么区别的感觉。

自谭炳炎^[2]首先将模糊理论用于泥石流严重程度的评判以来, 相继问世许多类似成果^[3,4]。这对泥石流沟与非泥石流沟及泥石流沟严重程度的判别向量化推进了一步, 但仍存在许多不足之处。其一是判别因子太多(10~15 项), 造成了评判工作的复杂化和资料收集困难。二是选取的因子在物理意义上相互不独立, 多有重复。三是选取的因子不尽合理, 取了一些并不重要的因子而舍去了一些重要的因子, 如文献^[5]在 5 项评价因子中未包括松散固体物质储量(或分布面积、长度)和沟床比降因子, 而采用了山坡坡度、植被覆盖率等, 并由此得出了植被复盖率是形成泥石流最重要的影响因素这样明显的错误。四是把与成因有关的因子和堆积特征值混在一起, 作为评价因子, 在概念上有严重缺陷。

1 判别式的建立

1.1 有关概念的讨论

鉴于泥石流严重程度这一概念过于笼统, 本文将泥石流沟的评价按泥石流活跃程度和泥石流危险程度分别进行。其中活跃程度主要指泥石流本身, 而危险程度主要指可能造成灾害的危险性大小。显然, 泥石流活跃程度主要与形成条件有关, 它和经常所说的发育程度有着内在的联系, 但这里采用活跃程度, 并将其用发生频率进行定量表达, 无疑要比发育程度更为明确。危险程度不仅与泥石流的频率、流量和冲淤变化幅度有关, 同时也与工程构筑物所处的位置, 防洪工程的防灾能力及成灾范围内的经济、社会状况有关^[6]。一些低频型泥石流沟造成的灾害损失往往大于常发性泥石流, 就说明了泥石流活跃程度与危险程度有很大的区别。对此要进行量化评价是困难的, 有待进一步研究。本文仅讨论泥石流沟的活跃程度及作用强度问题。

1.2 因子的选择

因子选择应符合以下原则: 具有明确的物理意义; 各因子相互独立; 容易获取和量化。从泥石流成因来说, 地质环境因子, 如构造、地层岩性、新构造运动、地震等都要反映在不良地质的发育程度上, 也就是泥石流固体物质的补给数量上, 二者成因果关系, 且后者是前者最直接、最集中的反映, 故只要选择了

收稿日期: 1999—06—03; 返回日期: 1999—11—08。

基金项目: 甘肃省科委攻关项目(GK953—3—7)和“中国科学院山地灾害——泥石流滑坡研究”特别支持项目。

作者简介: 祁龙(1948—), 男, (汉), 甘肃临夏市人, 1975 年毕业于兰州大学数力系固体力学专业, 现主要从事泥石流形成机理及灾害防治研究。

后者、就完全代表了前者,且容易量化,物理意义明确。地形条件是泥石流运动的主要动力来源,由于泥石流最终要通过主沟道流出沟外,且山坡坡度的作用已部分反映在不良地质现象的发育程度中、故在比降因子中仅考虑了主沟比降因素。流域面积对泥石流的形成即有有利的一面,也有不利的一面。有利的一面是可以提供充分的水流进行侵蚀和搬运,不利的一面是面积越大,比降越小;在分析中,将固体物质储备量按面积平均后可能会淡化补给强度,这在有些有集中补给的流域中会出现较大的误差。虽然对面积增大而引起的比降减小,已在比降因子中有所考虑,但对分析中因采用单位面积补给量造成的误差及水流动力因素不加考虑是不合理的,故在本文分析中增加了流域面积因子。这样最后选择的因子有单位面积固体物质储备量 $A(10^4\text{m}^3/\text{km}^2)$;主沟平均比降 J 和流域面积 F 。

1.3 因子的分析

泥石流沟的活跃程度说到底是流域中固体物质冲出沟口的难易程度,难者不活跃,易者则活跃。从力学的角度来看,固体物质冲出沟口的难易决定于土体向下运动的分力(γH)及水流的搬运力,而抵抗力主要有床面摩擦力和土体的内摩擦力。如果将各沟中的土体容重和内外阻力视为相同,则影响固体物质出沟的因素就为土体厚度 H ,沟床比降 J 和流域面积 F 。这从力学的角度说明了本文选择 A 、 J 和 F 的原因。需要说明的是单位面积固体物质储备量 $A(10^4/\text{km}^2)$ 事实上就是土体平均厚度 H ,若将 km^2 化成 m^2 ,则 $A/100$ 就是每 m^2 上的平均土柱高度 $H(\text{m})$ 。泥石流的不淤坡度虽与容重、粒度、沟床形态及泥深等有关,但其变化幅度不是很大,如果将不冲不淤坡度视为泥石流内外阻力之和并取平均值 0.06 ,那么,对土体向下运动有贡献的比降因子应表达为 $J/0.06$ 。前面说明了选取流域面积 F 的主要原因是它代表了水流冲刷搬运能力,但事实上,除此之外,它还从宏观上反映了 $A/100$ 和 $J/0.06$ 的总量。如果不考虑面积因子的话,那么, $A/100$ 和 $J/0.06$ 只反映了“点”或“线”上的作用力,而考虑 F 后,则反映了“面”上的作用力。显然,考虑 F 是必要的。

1.4 判别式的建立

在上述分析的基础上,首先确定了 $A/100$ 、 $J/0.06$ 和 F 之间应该是相乘的关系。因为只有这样,才能和土体的剪力 γHJ 在形式上保持一致。其次,泥石流的活跃程度应与 $F^{0.4}$ 成正比。因为 $F^{0.4}$ 大体上代表了流域的宽度,它和前两项因子相乘后就反映出了有“多少个” $(A/100) \times J/0.06$,即表达了一种“面上的力”。其所以取 $F^{0.4}$ 而不取 $F^{0.5}$ 是因为大多数流域形态更接近长方形,而不是正方形。至此,初步形成以下表达式

$$N = (A/100) \cdot F^{0.4} \cdot (J/0.06)^n \tag{1}$$

式中 n 为待定幂指数。经采用“甘肃泥石流”附录中内容齐全的 24 条泥石流沟和近年来经过详细调查的兰州、武都、甘南等地的 26 条泥石流沟资料为样本,通过计算分析,确定 n 为 0.375 ,则式 1 成

$$N = (A/100) \cdot (J/0.06)^{0.375} \cdot F^{0.4} \tag{2}$$

式中 符号及意义同前。 N 为判别数,它与泥石流发生频率之间的关系如表 1。

1.5 验证和讨论

按表 1 的判别方法、对 50 个样本进行验证,其中有 45 个样本判断正确,只有 5 个样本判别错误,其正确率达 90%,这在同类研究中准确性也属比较高的(图 1)。区内一些著名的泥石流沟全部名列前茅,

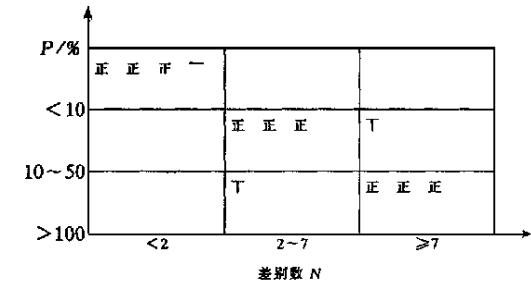


图 1 泥石流活跃程度验证图

表 1 泥石流活跃程度评判表
Table 1 Distinguishment of debris flow active degree

N	<2	$2<N<7$	≥ 7
频率 $P(\%)$	<10	$10\sim 50$	>100
	10 几年 1 次	几年 1 次	每年 1~多次

N 值均 >10 , 其中甘家沟最高, 为 16.4 完全符合实际。

需要指出的是: 1. 采用本办法判别泥石流沟活跃程度时, 因计算固体物质储备量的方法不尽一致, 常常因人而异, 故可能会产生一定的误差。对此, 需通过研究、制定一个统一的办法; 2 本办法中的沟床比降是指形成区和流通区的平均比降、不包括清水汇流区和堆积区, 这与有些研究者的计算办法不完全一致; 3 由于样本中对发生频率的记叙只分了表 1 中的三种情况, 虽然应分得更细一些, 但目前尚难办到, 留待今后进一步研究。

2 作用强度的计算

作用强度主要是指泥石流侵蚀搬运强度, 它和泥石流活动频率密切相关。因而, 也应与泥石流固体物质储备量、沟床比降和流域面积有关。但由于作用强度多用侵蚀模数来表示, 其中已经考虑了面积的影响, 因而, 它主要与固体物质储备量和沟床比降有关。采用类似于式 2 的形式, 对甘肃陇南和云南东川地区^[7]的各 4 条泥石流沟进行了分析, 发现泥石流沟的侵蚀模数可用下式表达

$$E=B+0.33\left(A/100\right)\left(J/0.06\right)^{0.375}$$
 (3)

式中 E 为侵蚀模数($10^4\text{m}^3/(\text{km}^2\cdot\text{a})$)、 A 与 J 同前。从图 2 中明显看出, 虽然, 两地的 E 值有相同的增长斜率, 但由于降水量的差异很大, 截距 B 值则相差较多。对云南东川, B 为 $0.90\times 10^4\text{m}^3/(\text{km}^2\cdot\text{a})$, 而甘肃武都则为 $0.2\times 10^4\text{m}^3/(\text{km}^2\cdot\text{a})$ 。

对一条泥石流沟、当知道了 E 后, 就可以很方便的求得全流域的作用强度, 即年平均泥石流冲出量, 并根据沟口地形条件, 沟道排导能力及固体物质粒度特征推测出排导沟的淤积上涨速率、扇形地的前进速度等, 依此还可预测成灾的可能性和范围。在防治工程设计中, 也可正确的确定排导沟的尺寸和安全高度、决定拦挡工程的合理库容。由此可见, 式 3 对泥石流流灾害防治具有非常重要的意义。

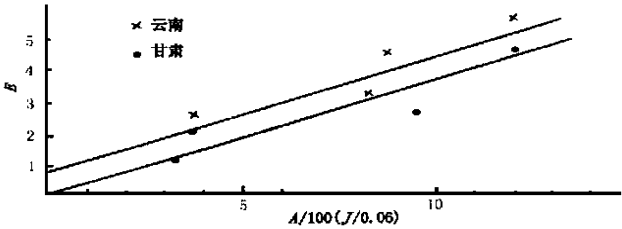


图 2 E 与 $A/100(J/0.06)^{0.375}$ 的关系图
Fig. 2 The relationship between E and $A/100(J/0.06)^{0.375}$

3 结束语

泥石流的活跃程度以及作用强度除了与地面条件有关外、还应与降水条件相关。受资料的限制, 本文仅分析了甘肃泥石流的活跃程度, 故它只是建立在甘肃的降水条件之上的、其判别指标仅适合于甘肃及其降水情况与之基本相同的地区。对于那些降水条件差异很大的地区, 则可用本文的办法、结合本地实际, 通过分析制定出不同的判别标准。并在条件成熟后, 制定出全国通用的办法和标准。

判别指标 N 值的大小, 客观的反映了泥石流沟发育的地面条件。 N 值越大, 泥石流发育条件越充分, 则形成泥石流的临界降水指标越低、反之亦然。故 N 值也可用于泥石流预报研究, 针对所要预报的泥石流沟的 N 值大小, 确定与之相匹配的降水指标。这是今后需要研究的一项重要工作。

参考文献:

[1] 中国科学院兰州冰川冻土研究所等. 甘肃泥石流[M]. 北京: 人民交通出版社, 1982.
[2] 谭炳炎. 泥石流沟严重程度的数量化综合评判[J]. 铁道工程学报, 1986, (1): 45~52.
[3] 蒋忠信. 新建铁路泥石流沟的判别和发展趋势预测[A]. 见: 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. 259~270.
[4] 白志勇. 泥石流沟的判别分析[A]. 见: 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. 281.

- [5] 陈怀录, 陆为国. 白水江流域泥石流主因素分析[A] . 见: 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. 169 ~ 178.
- [6] 谭万沛, 王成华, 杨文. 攀西地区泥石流的区域预测评估研究[A] . 见: 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. 271 ~ 280.
- [7] 杜榕桓, 康志成, 陈循廉. 云南小江泥石流综合考察与防治规划研究[M] . 重庆: 科学技术出版社重庆分社, 1987. 213 ~ 242.

EVALUATION METHOD FOR ACTIVE DEGREE OF DEBRIS FLOW GULLY

QI Long

(Lanzhou Institute of Glaciology & Geocryology, Chinese Academy of Sciences, Lanzhou, 730000 PRC)

Abstract: Analysis discovers that the active degree of debris flow gully mainly relates to the stability of solid material in tributary, which can be measured by its shearing stress. Thus, following the forms of shear stress γHJ , and thinking the unit gravity of soil mass (γ) is constant, let $A/100$ stand for H , $J/0.06$ for J where 0.06 is the equilibrium gradient and $F^{0.4}$ for the transportation and erosion capability (F is the gully area). After analysing of the data of 50 debris flow gullies, the author get the distinguishmental formula $N = (A/100)^\circ (J/0.06)^{0.375} \cdot F^{0.4}$, and find that when $N < 2$, the occurring frequency $P < 10\%$, When $2 \leq N \leq 7$, P is between 10% to 50%, when $N > 7$, $P \geq 100\%$. Through comparison, the correct ratio of this formula reaches 90%, this formula has brief structure and high utilizing value. The further analysis discovers that the function intensity of debris flow has relation—ship with occurrence frequencies, namely N . But when the erosional modulus ($10^4 \text{m}^3/\text{km}^2 \cdot \text{a}^{-1}$) stand for function instensity and consider the influence of F , picking up 8 debris flow gullies in Gansu and Yunnan, we get $E = B + 0.33 A/100^\circ (J/0.06)^{0.375}$, where B is 0.90 in Yunnan, and 0.20 in Gansu.

Key words: debris flow gully; active degree; evaluaton; erosional modulus