

DOI:10.16031/j.cnki.issn.1003-8035.2017.01.12

陕西蓝田铜鹅沟泥石流发育特征及危险性分析

马鹏辉^{1,2}, 彭建兵^{1,2}, 朱兴华^{1,2}, 同霄^{1,2}, 周勇³

(1. 西部矿产资源与地质环境教育部重点实验室, 陕西 西安 710054; 2. 长安大学地质工程与测绘学院, 陕西 西安 710054; 3. 陕西地矿第二综合物探大队, 陕西 西安 710016)

摘要: 陕西秦岭山区构造活动强烈, 地形险要, 泥石流灾害频繁发生, 2015年8月3日出现了强降雨, 在西安市蓝田县铜鹅沟爆发了极为严重的泥石流。本文通过对铜鹅沟进行了详细的野外调查, 获取了研究区泥石流沟的基础数据资料, 分析了西安市蓝田县铜鹅沟泥石流基本特性, 得知8·3泥石流属于西北秦岭山区典型多因共激水石流, 并计算了4个有代表性的断面流速, 分别为5.96 m/s、5.77 m/s、5.15 m/s、4.84 m/s; 同时以小流域降雨—径流计算模型计算了10%、5%、2%、1%、0.5%频率下铜鹅沟泥石流峰值流量和单次泥石流过程总量, 发现流域遭遇20年一遇的降雨时即可形成可观的泥石流灾害; 结合野外资料采用多因子评价公式对铜鹅沟沟道进行了危险性评估, 得出该流域属于泥石流灾害中度危险区。鉴于研究区构造活动强烈, 沟内居住人群100多人, 应做好监测预警工作的同时尽快搬迁。

关键词: 铜鹅沟泥石流; 多因共激; 发育特征; 危险性评估

中图分类号: P642.23

文献标识码: A

文章编号: 1003-8035(2017)01-0075-07

Characteristics and risk analysis of debris flow in Tonge gully in Lantian county, Shaanxi province

MA Penghui^{1,2}, PENG Jianbing^{1,2}, ZHU Xinghua^{1,2}, TONG Xiao^{1,2}, ZHOU Yong³

(1. Key Laboratory of Western Mineral Resources and Geological Engineering Ministry of Education, Xi'an, Shaanxi 710054, China; 2. College of Geology Engineering and Geomatics, Chang'an University, Xi'an, Shaanxi 710054, China; The second group of Geology and Mineral Resources in Shanxi Province, Xi'an, Shaanxi 710016, China)

Abstract: Debris flow occurred frequently in Qinling mountain, because of the intense tectonic activity and the dangerous terrain. It rained heavily on August 3, 2015, and a serious debris flow occurred in Tonge Gully in Lantian County, Xi'an City. We got the basic date of the debris flow by the detailed field investigation, then analyzed the characters of the debris flow. The results showed that 8.3 debris flow was a typical debris flow occurred by a variety of factors in northern Qinling mountain area. The flow rate of four cross sections was measured: 6.07 m/s, 5.87 m/s, 5.24 m/s, 4.92 m/s. According to the hydrology model in small basins, the peak flow and total outflow of debris flow were all calculated. It results that the total outflow of debris flow under 20-year rainfall condition would lead to a serious debris flow damage. Besides, by using multi-factor risk assessment, the risk of the 8.3 debris flow was analyzed. It finds that the Gully belongs to a moderate risk zone of the debris flow. Because of the intense tectonic activity, and more than 100 people lived here, monitoring should be prepared and people should move as quickly as possible.

Keywords: debris flow in Tonge gully; variety of factors; development characteristics; risk analysis

收稿日期: 2016-05-25; 修订日期: 2016-07-14

基金项目: 国家973计划资助项目(2014CB744702); 国家自然科学基金项目(41402255)

第一作者: 马鹏辉(1990-), 男, 河北张家口人, 在读博士, 从事地质灾害及黄土灾害链研究。E-mail: spawnkobe@163.com

0 引言

泥石流是山区特有的一种地质灾害,在狭义上一般分为泥流、粘性泥石流、稀性泥石流、水石流。近年来,由于气候的变化,局部山区极端降雨事件偏多,陕西秦岭山区工程地质条件差,成为了泥石流灾害严重地区之一^[1-6]。而水石流是陕西秦岭山区泥石流的主要类型,分布面积约占秦岭山地的一半左右^[7]。对于水石流许多地质学者做了相关研究:祁龙^[8]通过对陕南 9 处水石流调查分析,概述了水石流的性质和形成机理;李昭淑等^[9]计算了陕西省略阳县纪家沟水石流的流速与流量,并提出水石流的防治措施;费祥俊^[10]研究发现水石流中细颗粒的存在,其输沙浓度比相同纵坡下没有细颗粒下有很大提高,同时求得了水石流流速公式。但是由于水石流与其他泥石流不同,少有学者直接观察到它的流动过程和状态,而秦岭山区区域构造复杂、诱发水石流的因素多样化,总体研究处于初级阶段^[11]。

本文以秦岭北麓山区为研究背景,笔者于 2015 年 8 月与 2016 年 3 月先后两次对陕西省西安市蓝田县铜鹅沟泥石流进行了详细的野外调查,并结合野外调查资料,对铜鹅沟泥石流的形成、发育、运动特征及危险性进行分析,旨在为泥石流的防治提供可靠科学依据。

1 研究区域概况

1.1 地形地貌

铜鹅沟位于西安市蓝田县东南部,地处秦岭北缘,发育于秦岭中低山地貌。流域呈“树叶型”、“漏斗型”,四面环山,多条支沟交汇于主流域,主沟走向由西向东,主沟沟道宽窄不一。由于秦岭北缘紧邻渭河,受到切割严重,而且秦岭为经过多次构造运动形成的褶皱断裂山脉,导致沟谷两侧山体坡度较陡,山体处于高度临空状态,应力集中,拉张裂隙、结构面发育,破碎带、危岩体较多,局部不断有崩塌、滑坡发生,形成的破碎体就会在沟道中堆积,形成局部堵塞,为泥石流提供了物源(图 1)。

1.2 地层岩性与地质构造

研究区处于东秦岭造山带西端,紧邻北秦岭山前大断裂和临潼-长安断裂,属于渭南地堑的一部分^[12-13]。沟谷两侧出露大量的燕山期岩浆岩,主要为巨斑状二长花岗岩和中细粒二长花岗岩,此地花岗岩富水性极弱,花岗岩中多有云母、石英出露;河谷中以

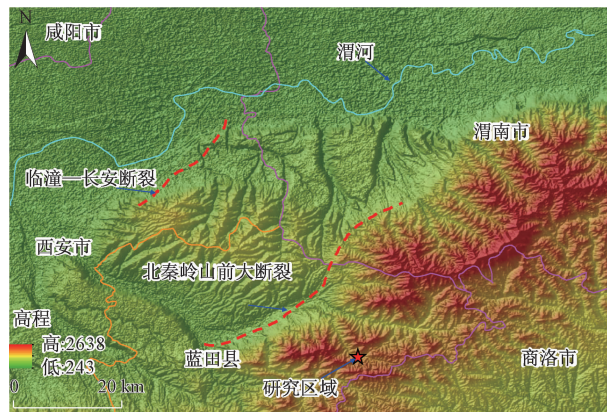


图 1 研究区区域位置

Fig. 1 The regional location of the study area

砾石、卵石为主,夹有砂粒,分选性差,最大粒径 5 m,磨圆度较好。此处历史上经历了多期次的逆冲挤压、走滑剪切、以及渭河断陷盆地多次拉张裂隙活动,又因山体高耸,使得岩体产生构造变形,导致地质灾害频繁发生(图 1)。

1.3 水文地质条件

铜鹅沟流域属暖温带半湿润大陆性气候,四季冷暖分明,年平均气温 13.1℃,平均降水量 720 mm,主要集中于 7~9 月,占全年总降雨量的 55%^[14]。冷暖气流在此因山体阻隔抬升而相互切变,形成了暴雨、连阴雨频发区,而且连阴雨和暴雨往往相伴而生^[7]。再加上沟道两侧岩体开裂严重,降雨会沿着裂隙在低洼处以地表径流的形式流入沟内,导致沟道水流湍急,为泥石流提供了较大的水动能条件。

2 铜鹅沟泥石流概况

2.1 铜鹅沟泥石流基本特征

2015 年 8 月 3 日下午陕西省蓝田县九间房镇出现了大暴雨,不到 3 小时内降雨量达 111 mm,强降雨导致铜鹅沟内河水水位暴涨,爆发山洪,进而引发泥石流灾害。泥石流沿着沟谷冲出,冲垮沟内河道,沟道侧侵严重。沟道两侧居住有村民 100 多人,造成 2 人遇难,3 人失踪,由于发生时天色已黑,仅有少部分人员转移下山,大部分被困人员无法及时撤离,大量的房屋建筑被冲毁,整个铜鹅村道路和通讯全部被损坏(图 2),现场勘查发现:(1)铜鹅沟全长约为 3.7 km,沟内基岩裸露在外、风化严重,结构面非常发育。沟顶高程大约 2 100 m,沟口高程约为 1 240 m,沟道平均沟床比降 0.11,整体宽 10~50 m,相对高差约 850 m,沟道属

于典型的“V”型沟。走势呈“S”型,多支沟发育,降雨下极易呈现“漏斗状”汇流,以极快的速度席卷沟道中丰富的物源形成泥石流灾害。



图2 泥石流特征图

Fig. 2 The Characteristics of debris flow

(2)多因共激水石流:流域位于秦岭北缘造山带中,构造活动频繁,断层、褶皱大量发生,流域地形险要,坡度较大,导致山体破碎,经常有局部小型滑坡,沟道两侧堆有大量的坡体坍塌物,为泥石流提供了丰富的物源。而且堆积物多为粒径较大的石块(最大粒径可达5 m),沟道不断的受到流水的冲刷,粘粒一直在被运移,含量极少,堆积物很难胶结在一起,极易被搬运,不足以形成浆体结构,暴雨激发下形成了非饱和两相水石剪切流。

(3)局部“大肚子”淤积:沟道宽度10~50 m不等,沟道石块粒径较大,沟道狭窄处可见几处由于巨石堵塞而出现的“大肚子”淤积。在暴雨汇集而下时,沟内物源随即席卷而下,而水石流相比其他泥石流来说粘合程度差,导致粒径较大的块体容易在河道残留形成堵塞。图2(d)显示的是沟道上游一处“大肚子”淤积,泥石流未能携带走一块粒径3.8 m的石块。石块的粒径几乎为河道宽度的三分之一,石块屹立在河道中央,减缓了泥石流流速,导致泥沙淤积,形成了上游局部三角形堆积。这是因为水石流所含物质主要为石块和水,内部胶结力没有粘性泥石那么大,其运移能量来源主要来自重力和股流冲力的联合效应,巨大石块因重力沿沟床的分力减小首先停留下来,实际上相当于一个壅水坝^[7]。

2.2 铜鹅沟泥石流分区特征

通过现场调查,可以把铜鹅沟泥石流形成区分为4个区(图3):清水区、流通区、物源补给区、堆积区。



图3 泥石流分区图(影像源于Google Earth,2015)

Fig. 3 The Partition of debris flow

(The Image comes from Google Earth, 2015)

2.2.1 清水区

汇水动力区位于高程1550~2100 m段。从图3可以看出多条沟交汇于主沟道,坡度较陡,汇水面积很大,约为1.52 km²。汇水区长约1.7 km,1800~2100 m段比降比较大,1550~1800 m段比降比较小,汇水区沟道的平均沟床比降为0.342,构成了良好的地表汇水条件。

2.2.2 物源补给区特征

流域内的物源主要分布在流通区(图3),长约2000 m,平均宽度约25 m,物源类型主要有沟坡崩塌堆积物与沟道堆积物,沟内河道宽度4~15 m之间,平均宽度约为5 m,沟床宽度约为20 m。沟两侧坡体较陡,由于沟道的切割,坡脚遭到雨水的掏蚀作用,坍塌严重,在水沟两侧堆积成物源,经过上一次发生泥石流,沟源位置水量较小,沟道冲刷能力有限,这些物源处于稳定状态,平均厚度约为2 m,总量约 $8 \times 10^4 \text{ m}^3$;沟道堆积物为另一重要物源,沟道不断的经历雨水的冲刷,细砂粒和粘粒在雨水冲刷中携带走,粒径较大的会在河道沉积下来,堆积厚度大约0.2~4 m,平均厚度约为1.5 m,体积约为 $1.5 \times 10^4 \text{ m}^3$;沟道内老泥石流留下的不稳定堆积物也十分丰富,由于流通区沟道宽度较小,在泥石流爆发时,会加大物质速度,而这里堆积物块体粒径较大,就会引起巨石堵塞沟道的情况,在此就会有大量的残留堆积,堆积区大约有8处(图4),总量大约 $2.696 \times 10^4 \text{ m}^3$ (表1)。

2.2.3 流通区特征

流域流通区长度较大,大约2000 m,沟床比降为0.11~0.20,平均比降0.13。泥石流在运动过程中冲刷严重,两岸坍塌松散堆积物在其流动中被携带、不断

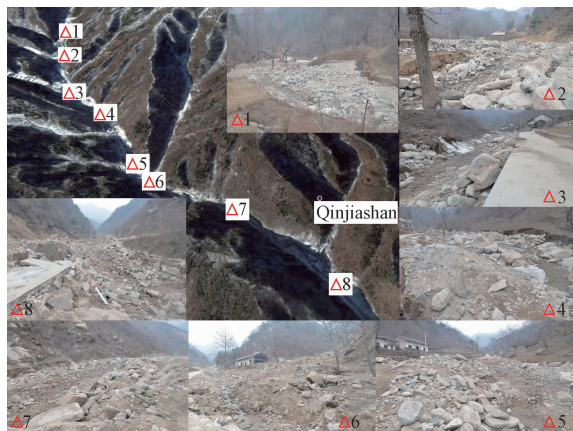


图4 老泥石流留下的不稳定堆积物源分布图
(影像源于 Google Earth, 2015)

Fig.4 The distribution of unstable deposits of the debris flow which has occurred (the image comes from Google Earth, 2015)

表1 老泥石流留下的不稳定堆积物源表

Table 1 The unstable deposits of previous debris flow

物源区编号	堆积面积/m ²	体积/m ³	物源总体积/×10 ⁴ m ³
1	289.6	318.56	2.696
2	775.56	1 867.344	
3	816.06	1 468.908	
4	1 132.95	4 418.505	
5	800.8	1 281.28	
6	374.6	299.68	
7	2 091.24	3 764.232	
8	6 968.265	13 542.877	

沉积;同时其对沟床的切割、冲蚀,使得沟道黏土等粒径较小颗粒被携带走,进一步切割沟床,切割深度大约0.2~2 m。为此,经过历史泥石流的冲蚀,粘土、细沙一扫而光,大粒径石块裸露较多(图3)。

2.2.4 堆积区特征

流域堆积区(图3)特征不太明显,因为流通区较长,老泥石流一般到达此处时速度已经很慢,携带物基本在流通区沉积,堆积区物源方量大约1.04万方。

3 铜鹅沟泥石流的动力特征

3.1 泥石流容重

泥石流容重计算方法多种,本文采用经验法确定,泥石流容重经验计算公式^[15]为:

$$\gamma = \frac{1}{1 - 0.0334AI_c^{0.39}} \quad (1)$$

式中: A ——坍方程度系数;

I_c ——坍方区平均坡度/%。

上述公式在 $A \leq 1.4$, $I_c \leq 800$ 的条件下适用,根

据对铜鹅沟流域的现场调查,坍方区坡度 $54^\circ \sim 76^\circ$ 之间,该沟的坍方程度较严重,坍方程度系数 A ($0.7 < A < 1.4$) 取 1.15,最后代入公式得到该泥石流容重 $1.81 \sim 2.04 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ 。就暴雨泥石流而言,容重随着暴雨强度的增加而增加^[15],本次计算中 10、20、50、100、200 年一遇的泥石流容重分别取: $1.81 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ 、 $1.83 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ 、 $1.87 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ 、 $1.95 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ 和 $2.04 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ 。

3.2 泥石流流速

目前国内关于水石流的研究很少,水石流流速的计算理论还没有成熟,国内西部地区泥石流流速计算常用的就是铁道第一勘察设计院提出的改进斯氏公式^[11,17]:

$$V_c = \frac{15.3}{\alpha} H_c^{\frac{2}{3}} J^{\frac{3}{8}}, \text{ 其中 } \alpha = \sqrt{\gamma_H \varphi_c + 1} \quad (2)$$

式中: V_c ——泥石流断面平均流速/(m/s);

H_c ——泥石流断面平均泥深/m;

J ——泥石流泥位纵坡率。

$$\alpha = \sqrt{\gamma_H \varphi_c + 1}$$

式中: φ_c ——泥石流峰值流量增加系数。

$$\varphi_c = \frac{\gamma_c - \gamma_w}{\gamma_H - \gamma_c}$$

式中: γ_c ——泥石流容重/(t/m³),取均值 1.92;

γ_H ——固体物质实体容重/(t/m³),由于该地区为典型的基岩石块堆积区域,这里取 2.7;

γ_w ——清水容重(t/m³),取 1.0。

在流速的计算中,分别在现场测绘了 4 个有代表性的断面,测得泥石流各断面流速见表 2。

表2 泥石流不同断面流速表

Table 2 The velocity of different sections of debris flow

断面编号	1	2	3	4
泥深/m	1.1	1.9	1.8	1.8
纵坡率/%	0.46	0.16	0.13	0.11
流速/(m/s)	5.96	5.77	5.15	4.84

3.3 泥石流流量

由于没有实际的流量监测资料,而铜鹅沟具有小区域流域特点,本文泥石流流量采用东川公式,并且结合《四川省中小流域暴雨洪水计算手册》来计算,公式如下:

$$Q_B = 0.278 \times \psi \times \frac{S}{\tau_n} \times F \quad (3)$$

式中: Q_B ——清水洪值峰值流量/(m³/s);

ψ ——洪峰径流系数;

S ——暴雨雨力,即最大一小时暴雨量/(mm/h);

F ——集水面积/ km^2 ,这里取值 1.52 km^2 ;
 τ ——流域汇流时间/h;
 n ——暴雨公式指数。

相关计算参数及清水洪值峰值流量 Q_B 计算结果见表 3。

表 3 不同频率下清水洪峰流量计算结果
Table 3 The result of the water discharge at different frequencies

频率 $P/\%$	径流系 数 ψ	公式指 数 n	汇流时 间 τ/h	暴雨量 $S/$ (mm/h)	洪峰流量 $Q_B/$ (m^3/s)
10	0.91	0.72	2.45	51.9	76.64
5	0.93	0.72	2.29	63.6	100.57
2	0.95	0.72	2.13	78.59	132.52
1	0.95	0.72	2.04	90.29	158.59
0.5	0.96	0.75	1.94	107.69	193.76

$$Q_C = (1 + \varphi_c) \times Q_B \times D_c \tag{4}$$

式中: Q_C ——泥石流峰值流量(m^3/s);
 D_c ——泥石流沟堵塞系数(轻微, $D_c < 1.5$;中等 $1.5 < D_c < 2.5$;严重, $D_c > 2.5$);根

据野外调查,结合流域特点,分别取 1.0、1.5、2.0、2.5、3.0;
 Q_B ——清水洪值峰值流量/(m^3/s);

φ_c ——泥石流峰值流量增加系数, $\varphi_c = \frac{\gamma_c - \gamma_w}{\gamma_H - \gamma_c}$,

γ_c ——泥石流容重/(t/m^3);
 γ_H ——固体物质实体容重/(t/m^3),这里取 2.7;
 γ_w ——清水容重/(t/m^3),取 1.0。

相关计算参数及泥石流峰值流量 Q_C 计算结果见表 4。

3.4 单次泥石流过程总量

由于铜鹅沟流域地貌复杂,支沟交叉,沟道两侧居住有村民,不易实测一次泥石流的总量,采用下式概算不同频率条件下的一次过程总量^[18]:

$$Q_C = 0.018\ 8Q_T^{0.79} \tag{5}$$

式中: Q_C ——泥石流峰值量/(m^3/s);
 Q_T ——一次泥石流过程总量/(m^3/s),其计算结果见表 4。

表 4 不同频率下铜鹅沟泥石流流量计算结果

Table 4 The result of the debris flow discharge at different frequencies

频率 $P(\%)$	泥石流容重 γ_c (t/m^3)	流量增加系数 φ_c	清水洪峰流量 $Q_B/$ (m^3/s)	泥石流峰值流量 $Q_C/$ (m^3/s)	堵塞系数 D_c	一次泥石流过程总量 $V/$ ($\times 10^3\text{ m}^3/\text{s}$)
10	1.81	0.91	76.64	146.40	1.0	84.29
5	1.83	0.95	100.57	294.78	1.5	204.43
2	1.87	1.05	132.52	542.84	2.0	250.51
1	1.95	1.27	158.59	898.68	2.5	838.31
0.5	2.04	1.58	193.76	1 497.26	3.0	1 509.46

在铜鹅沟实地调查中,通过实地走访村民,发现 1996 年夏季,也因强降雨导致铜鹅沟出现洪涝灾害,诱发泥石流,造成部分村民受灾,结合以上计算结果,发现流域遭遇 20 年一遇的降雨时即可形成可观的泥石流灾害。

4 铜鹅沟危险性评价

泥石流危险性评价方法有很多,而泥石流的复杂性和可变性决定了泥石流灾害评价体系是多因子的,

本文采用刘希林^[19]提出的沟谷泥石流危险度计算公式对铜鹅沟泥石流进行了危险性评估:

$$H_{\text{单}} = 0.29m + 0.29F + 0.14S_1 + 0.09S_2 + 0.06S_3 + 0.11S_6 + 0.03S_9 \tag{6}$$

其中 $H_{\text{单}}$ ——单沟泥石流危险度,根据野外调查基础资料,分别得到评价因子 m 、 f 、 s_1 、 s_2 、 s_3 、 s_6 、 s_9 的值(表 5),按照转换函数求出转换因子 M 、 F 、 S_1 、 S_2 、 S_3 、 S_6 、 S_9 的值,带入评价公式(6),得出 $H_{\text{单}} = 0.43$ 。按照其评价方法给出的危险等级,铜鹅沟处于中度危险(表 5)。

表 5 铜鹅沟泥石流危险度评价结果

Table 5 The result of the risk of debris flow

评价因子	初始值	转换因子	转换函数	转换值
m 泥石流规模/ $\times 10^3\text{ m}^3$	133	M	$M = 0, m \leq 1\text{ 时}; M = \log m/3, 1 < m \leq 1\ 000\text{ 时}; M = 1, m > 1\ 000\text{ 时}$	0.71
f 泥石流发生频率/ $\%$	3.6	F	$F = 0, f \leq 1\text{ 时}; F = \log f/2, 1 < f \leq 100\text{ 时}; F = 1, f > 100\text{ 时}$	0.28
s_1 沟谷流域面积/ km^2	1.52	S_1	$S_1 = 0.245\ 8 \times s_1^{0.349\ 5}, 0 < s_1 \leq 50\text{ 时}; S_1 = 1, s_1 > 50\text{ 时}$	0.31
s_2 主沟长度/ km	3.7	S_2	$S_2 = 0.290\ 3s_2^{0.537\ 2}, 0 \leq s_2 \leq 10\text{ 时}; S_2 = 1, s_2 > 10\text{ 时}$	0.59
s_3 流域相对高差/ km	0.75	S_3	$S_3 = 2s_3/3, 0 \leq s_3 \leq 1.5\text{ 时}; S_3 = 1, s_3 > 1.5\text{ 时}$	0.5
s_6 流域切割密度/(km/km^2)	0.3	S_6	$S_6 = 0.05\ s_6, 0 \leq s_6 \leq 20\text{ 时}; S_6 = 1, s_6 > 20\text{ 时}$	0.015
s_9 不稳定沟床比例/ $\%$	30	S_9	$S_9 = s_9/60, 0 \leq s_9 \leq 60\text{ 时}; S_9 = 1, s_9 > 60\text{ 时}$	0.5

注:危险度等级与危险度的关系:极低危险(0~0.2);中度危险(0.4~0.6);高度危险(0.6~0.8);极高危险(0.8~1.0)。

5 结论及建议

(1)研究区汇水区面积大,比降大,支沟多,而流通区沟谷狭窄、地形险要,有利于强降雨的迅速汇集,同时构造活动强烈,易在沟谷堆积碎屑物源,这些因素共同作用激发铜鹅沟8·3水石流发生。计算了4个有代表性的断面流速,分别为5.96 m/s、5.77 m/s、5.15 m/s、4.84 m/s,总的来说8.3水石流流速不是太快。

(2)通过计算铜鹅沟流域10、20、50、100、200年一遇泥石流运动特征参数,发现流域遭遇20年一遇的降雨时即可形成可观的泥石流灾害。

(3)对铜鹅沟泥石流进行了危险性评估, $H_{\text{单}} = 0.43$,发现该流域属于泥石流灾害中度危险区。

(4)铜鹅沟属于中度危险潜在灾害区,做好早期监测、预警工作,由于该流域工程地质差,坍塌随处可见,防治起来很困难,建议沟内居住人口尽量搬迁。

参考文献:

- [1] 余斌. 根据泥石流沉积物计算泥石流容重的方法研究[J]. 沉积学报, 2008, 26(5): 789-796.
YU Bin. Research on the calculating density by the deposit of debris flows [J]. ACTA Sedimentological SINICA, 2008, 26(5): 789-796.
- [2] 杜榕桓, 段金凡. 中国泥石流形成环境剖析[J]. 云南地理环境研究, 1990, 2(2): 8-18.
DU Ronghuan, DUAN Jinfan. On the formational factors of debris flow in China [J]. Yunnan Geographic Environment Research, 1990, 2(2): 8-18.
- [3] 谢洪, 刘世建, 钟敦伦. 西部开发中的泥石流问题[J]. 自然灾害学报, 2001, 10(3): 44-50.
XIE Hong, LIU Shijian, ZHONG Dunlun. Problems of debris flow in development of the west China [J]. Journal of Natural Disasters, 2001, 10(3): 44-50.
- [4] 李忠良, 苏生瑞. 西部大开发的地质灾害问题研究[J]. 西安联合大学学报, 2003, 6(4): 41-44.
LI Zhongliang, SU Shengrui. Study on the geological hazards in the great development of west China [J]. Journal of Xi'an United University, 2003, 6(4): 41-44.
- [5] 崔鹏, 韦方强, 谢洪, 等. 中国西部泥石流及其减灾对策[J]. 第四纪研究, 2003, 23(2): 142-151.
CUI Peng, WEI Fangqiang, XIE Hong, et al. Debris flow and disaster reduction strategies in western China [J]. Quaternary Sciences, 2003, 23(2): 142-151.
- [6] 吴凯, 倪万魁, 武鹏. 宁夏隆德县坡面型泥石流形成机理分析[J]. 中国地质灾害与防治学报, 2016, 27(1): 49-54+61.
WU Kai, NI Wankui, WU Peng. Analysis on the formation mechanism of debris flow on slope in Longde county of Ningxia. The Chinese Journal of Geological Hazard and Control, 2016, 27(1): 49-54+61.
- [7] 刘兴昌. 秦岭山地水石流特性及其起动力学分析[J]. 水土保持通报, 1997, 17(4): 21-25.
LIU Xingchang. Characteristics of water-rock debris flow and its movement starting mechanics in qinling mountain [J]. Bulletin of soil and Water Conservation, 1997, 17(4): 21-25.
- [8] 祁龙. 水石流的性质及形成机理[J]. 水土保持通报, 1985(1): 21-24.
QI Long. Nature and formation mechanism of water-rock flow [J]. Bulletin of Soil and Water Conservation, 1985(1): 21-24.
- [9] 李昭淑, 陈永庆. 纪家沟水石流的成因与防治[J]. 中国地质灾害与防治学报, 1995, 6(1): 81-86.
LI Zhaoshu, CHEN Yongqing. Genesis of the water-stone-flow and its control in Jijia gully [J]. The Chinese Journal of Geological Hazards and Control, 1995, 6(1): 81-86.
- [10] 费祥俊. 水石流的输沙浓度与流动速度[J]. 泥沙研究, 2002(4): 8-12.
FEI Xiangjun. Velocity and transport concentration of solid in waterstone debris flow [J]. Sediment Research, 2002(4): 8-12.
- [11] 康志成. 我国泥石流流速研究与计算方法[J]. 山地研究, 1987, 5(4): 247-259.
KANG Zhicheng. A velocity research of debris flow and it is calculating method in China [J]. Mountain Research, 1987, 5(4): 247-259.
- [12] 王晓. 农户土地流转行为模拟及其对环境的影响研究—以陕西省蓝田县为例[D]. 西北大学, 2014.
WANG Xiao. The study on the simulation of farms' transfer behavior and its effects on environment—a case study of lantian county, Shaan xi province [D]. Northwest University, 2014.
- [13] 刘锐, 陈冕, 田向盛, 等. 东秦岭蓝田和牧护关岩体地球化学、锆石 SIMS U-Pb 年龄及 Hf 同位素特征: 岩石成因及构造意义[J]. 矿物学报, 2014, 34(4): 469-480.
LIU Rui, CHEN Mi, TIAN Xiangsheng, et al. Geochemical zircon SIMS U-Pb geochronological and Hf isotopic study on lantian and muhuguan plutons in

- eastern Qinling, China: petrogenesis and tectonic implications [J]. *Acta Mineralogica Sinica*, 2014, 34 (4): 469–480.
- [14] 蓝田县政府网, 链接: http://www.lantian.gov.cn/about_list.aspx?id=13&oid=1&menus=6.
The Network of Lantian County Government, link: http://www.lantian.gov.cn/about_list.aspx?id=13&oid=1&menus=6.
- [15] 王劲光. 大渡河黄金坪水电站近坝库区叫吉沟泥石流发育特征及危险性评价 [D]. 西南交通大学, 2005.
WANG Jinguang. The Jiaojigou debris flow development character and fatalness evaluating about Dadu river Huangjinping power station [D]. Chengdu: Southwest Jiaotong University, 2005.
- [16] 李培基, 梁大兰. 泥石流容重及其计算 [J]. 泥沙研究, 1982(3): 75–83.
LI Peiji, LIANG Dalan. Density of debris flows and the calculating [J]. *Journal of Sediment Research*, 1982 (3): 75–83.
- [17] 李征征, 倪万魁, 王衍汇, 等. 宁夏吴忠利红路泥石流的发育特征与发展趋势分析 [J]. 中国地质灾害与防治学报, 2015, 26(4): 18–24.
LI Zhengzheng, NI Wankui, WANG Yanhui, et al. Characteristic analysis and development trend of Lihong road debris flow, Wuzhong of Ningxia. *The Chinese Journal of Geological Hazard and Control*, 2015, 26(4): 18–24.
- [18] 陈兴长, 崔鹏, 裴来政, 庄建琦. 溪洛渡坝区下游癞子沟泥石流发育特征及堵江可能性分析 [J]. 灾害学, 2010, 25(1): 45–49.
CHEN Xingchang, CUI Peng, PEI Laizheng, et al. Characteristics of Laizigou debris flow and its possibility of blocking Jinsha river [J]. *Disaster*, 2010, 25(1): 45–49.
- [19] 刘希林. 沟谷泥石流危险度计算公式的由来及其应用实例 [J]. 防灾减灾工程学报, 2010, 30(3): 241–245.
LIU Xilin. Quantitative assessment on site-specified debris flow hazard and application [J]. *Journal of Disaster Prevention and Mitigation Engineering*, 2010, 30(3): 241–245.

《中国地质灾害与防治学报》编辑部网络采编办公系统运行通知

各位作者:

您好! 为提高稿件处理和办公效率,《中国地质灾害与防治学报》编辑部已从2013年3月开始启用网络采编办公系统。

作者投稿采用新的网络平台 (www.zgdzzhyfzxb.com; <http://zgdzzhyfz.paperopen.com>), 不再使用原电子邮件投稿, 特此公告, 望作者们予以支持与合作。

在使用网络系统中您有任何疑问、意见和建议, 请您电话 010-60850956 或者发邮件 nitx@mail.cigem.gov.cn。

注意: 投稿作者请详细阅读首页导航栏——投稿须知!

期刊编辑部