

DOI:10.16031/j.cnki.issn.1003-8035.2016.01.08

北京月玉沟潜在泥石流特征及其动力学指标

罗守敬, 张国华

(北京市地质研究所, 北京 100120)

摘要: 月玉沟位于门头沟区清水河流域, 为潜在泥石流沟。本文在阐述月玉沟形成区、流通区及堆积区等流域特征的基础上, 分析了泥石流的三大形成条件: 地形、物源及降水, 之后计算了潜在泥石流的流体重度、流速、峰值流量、一次泥石流过程总量等动力学特征参数, 最后分析了该泥石流沟的发展趋势, 并提出了防治建议。

关键词: 流域特征; 形成条件; 动力学特征参数; 发展趋势; 防治建议; 月玉沟

中图分类号: P642.23

文献标识码: A

文章编号: 1003-8035(2016)01-0044-05

Exploration and analysis of movement condition of Yueyugou potential debris flow

LUO Shoujing, ZHANG Guohua

(Beijing Institute of Geology, Beijing 100120, China)

Abstract: Yue yugou is located in Men tougou District of Qingshui River basin which is potential debris flow. Based on the introduction of Yue yugou in the basin area, circulation area and the accumulation area and so on, firstly analyses the three formation condition of debris flow which terrain, provenance and precipitation, and calculate the dynamic parameters of debris flow of fluid density, velocity, peak flow, total volume and so on. And then analyses the trend of development of debris flow, and proposes some prevention suggestions.

Keywords: characteristics of basin; formation condition; dynamic parameters; trend of development; prevention suggestions; Yueyugou

门头沟区清水河流域是北京市泥石流地质灾害易发区, 1950 年 8 月, 清水河流域因暴雨曾发生山体滑坡及泥石流灾害 124 起, 造成了重大的人员伤亡和财产损失^[1-2]。月玉沟地处清水镇洪水口村, 在 1950 年 8 月及 2012 年“7·21”特大暴雨时均发生了山洪灾害, 未造成人员伤亡^[1,3], 但冲毁树木, 破坏了土地。

现场调查分析, 月玉沟存在着泥石流隐患, 现整体处于发育期, 在强降雨或者持续降雨的情况下, 有利的地形条件、充足物源条件下月玉沟发生山洪甚至发生泥石流灾害的可能性较大。一旦发生泥石流, 将会将威胁沟口灵山景区公路、养鸡场车间及员工以及康复中心的 10 余人的安全, 影响村民出行和灵山景区旅游发展, 危害程度较大^[4-5]。因此, 研究月玉沟泥石流的

流域特征、形成条件及动力学特征参数, 分析泥石流隐患的发展趋势, 并提出有针对性的防治意见, 对保障人民生产财产安全, 维护公路安全运营有着十分重要的意义。

1 月玉沟流域基本特征

月玉沟位于清水镇洪水口村南, 属清水河二级支流, 沟内无水, 流域面积约 2.46 km²。主沟流向 240°, 主沟长约 3.03 km, 相对高差约 790 m, 沟床纵坡降约 261‰。月玉沟上游宽阔, 下游较窄, 支沟发育但较短小(图 1、图 2)。除两侧山坡上有丰富的物源之外, 沟谷下游堆积有大量的选矿废渣。月玉沟潜在泥石流形成区、流通区及堆积区分区明显, 属于典型的暴雨-沟

收稿日期: 2015-02-16; 修订日期: 2015-03-31

第一作者: 罗守敬(1984-), 男, 安徽马鞍山人, 硕士, 工程师, 主要从事地质灾害评价及防治研究。E-mail: lsj14022@sina.com

谷型泥石流隐患^[6-7]。

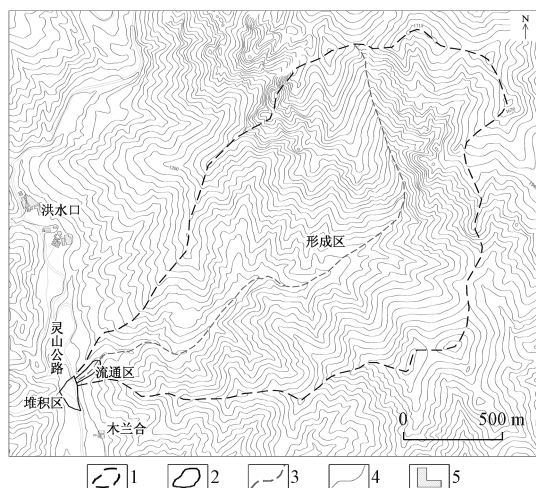


图1 月玉沟泥石流流域平面示意图

Fig.1 Topographical map of Yue yugou debris flow basin

1—泥石流流域范围;2—泥石流分区界线;3—泥石流主沟;
4—等高线;5—村庄。

1.1 形成区

形成区为月玉沟中上游的大部分区段,面积约2.44 km²,沟谷呈V型,主沟长约2.66 km,相对高差约760 m,沟床平均纵坡约285‰。主沟两侧发育较多短小支沟,沟道内植被覆盖率约80%。沟道两侧山坡平均坡度为30°~40°,坡体表层为薄层残坡积物,下伏基岩主要为白云岩及闪长岩,岩体节理裂隙发育,风化较强,较破碎,存在少量崩滑塌现象^[8]。形成区下

游为物源区,堆积有邢洪铁矿选矿产生的废渣,体积约18200 m³;沟底堆积有第四系冲洪积碎石土约23100 m³。

1.2 流通区

流通区位于月玉沟中下游沟道内,呈U型,主沟长约0.2 km,相对高差约25 m,沟宽30~60 m,纵坡降约为125‰,沟道宽广顺直,利于上游汇水向下游宣泄。沟道内堆积有较多的废渣及碎石土,堵塞严重^[8]。现沟道内修建有浆砌石挡坝拦挡废渣等松散物。

1.3 堆积区

月玉沟与灵山公路交汇处为堆积区,面积约0.1 km²。该处地形较平坦宽阔,沟口处堆积有碎石、砂粘土等冲洪积物,厚度1.0~2.0 m。灵山路、养鸡场及康复中心等均位于堆积区内。

2 形成条件分析

泥石流的发生需要满足三个最基本的条件:有利的地形、充足的物源及突发的水力条件,三者缺一不可。综合分析,地质构造运动形成了相对高差大、山坡陡的沟谷地貌,为泥石流的发生提供了基本的动力条件^[9];岩石的风化、崩塌滑坡等不良地质现象的发生及人为堆积的物源,为泥石流的发生提供了充足的物源;暴雨、水库溃坝等突发的水力条件则是泥石流发生的促发因素^[10-11]。一旦满足上述三个基本条件,沟谷即存在发生泥石流的可能。

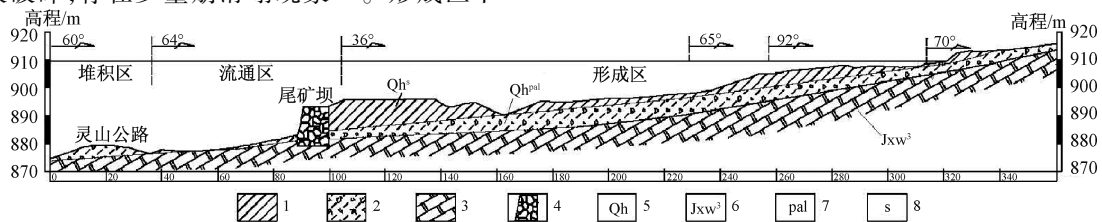


图2 月玉沟泥石流沟床(部分)工程地质剖面图

Fig.2 Engineering geologic section of Yue yugou debris flow gully (part)

1—人工堆积废渣;2—碎石土;3—白云岩;4—尾矿坝;5—全新统;6—雾迷山组三段;7—冲洪积;8—人工堆积。

2.1 地形

月玉沟属构造侵蚀发育的中山地貌,地形起伏相对较大,沟谷形似口袋状。月玉沟地势呈东北高西南低,最高海拔为1710 m,最低海拔为880 m,相对高差约830 m。上游地段地势险峻,呈V字形,沟床纵坡降为320‰~500‰,有利于降雨及地表径流的汇聚;中游地段两侧山坡发育较多短小支沟,沟床纵坡降一般为150‰~190‰,沟道逐渐变宽且顺直,利于上游汇水的排泄;下游沟道逐渐变窄,形似袋口,沟床纵坡降

减小为120‰~140‰,上游、中游汇水汇集,水流能量大,利于冲刷沟道内的铁矿废渣及冲洪积物。

2.2 物源

月玉沟流域内松散固体物源较为丰富,主要为人工堆积的铁矿选矿废渣及第四系冲洪积碎石土,主要分布在沟谷中下游,共计6处,总体积约45080 m³。其中废渣堆积范围长300 m,宽度近40 m,体积约18200 m³;废渣堆积体松散破碎,顶部发育拉张裂隙,裂缝宽约5 cm,长3.0~4.0 m,稳定性差;同时沟道内堆积有

较多的冲洪积物,体积约 26880 m³。月玉沟内具有大量可供泥石流活动的固体松散物质,为泥石流的发生提供了主要的物源。

2.3 降水

通过对月玉沟流域以往的降水资料分析统计,该地区多年平均降水量约为 560 mm,降雨特点:第一,降雨集中,大部分降水集中在每年的 6~8 月,降水量占全年总降水量的 60%~80%;第二,降雨强度较大,据北京市水文手册暴雨等值线图^[12],月玉沟地区多年来 7 d 最大的降水量值为 130 mm;多年来 3 d 最大的降水量值为 92 mm;多年来 1 d 最大的降水量值为 73 mm;多年来 6 h 最大的降水量值为 51 mm;多年来 1 h 最大的降水量值为 25 mm;多年来 0.5 h 最大的降水量值为 22 mm;多年来 10 min 最大的降水量值为 13 mm,丰富的降雨为泥石流的形成提供了充足的动力条件,有利于泥石流的形成。近年来,极端天气偶尔发生,如 2012 年的“7.21”特大暴雨,一旦发生将会造成极大的危害。

综上所述,根据月玉沟的地形、物源以及降水条件分析,月玉沟为低频-稀性-暴雨-沟谷型潜在泥石流沟。

3 泥石流的动力学特征分析

3.1 泥石流流体重度

据资料,月玉沟未曾发生过泥石流灾害,不易确定泥石流流体重度。本文采用现场调配法和查表法综合分析以确定泥石流的流体重度。

3.1.1 现场调配法

月玉沟流域范围内的松散物源主要为碎块石,碎石土及铁矿废渣,因此应参考松散物源的物质成分,选取沟道内不同地点不稳定坡体(含矿渣及碎石土)剥落垮塌后的堆积物加水搅拌,变成泥浆,采用称重法称量泥浆的重量和体积并按式(1)来估算出泥石流的流体重度。

$$\gamma_c = \frac{G_c}{V}$$

式中: γ_c ——泥石流的流体重度/(t/m³);

G_c ——现场配制的泥浆的重量/t;

V ——现场配制的泥浆的体积/m³。

经多次称重估算,月玉沟潜在泥石流的流体重度为 1.375~1.700 t/m³,综合分析取多次测量的平均值 1.50 t/m³。

3.1.2 查表法

《泥石流灾害防治工程勘查规范》(DT/T0220—

2006)附录 G.1“泥石流易发程度数量化评分表”对泥石流的易发程度进行打分评价,并按表 G2“数量化评分(N)与重度、(1+ Φ)”查表确定泥石流的流体重度。月玉沟泥石流易发程度评分为 87 分,从而查表得出泥石流流体重度为 1.6 t/m³。

3.1.3 泥石流流体重度

现场调配法对碎石土及矿渣取样,针对性强,泥浆的模拟混合具有一定的主观性,而查表法是通过分析月玉沟的地质环境特征来预测其易发程度,从而确定泥石流的流体重度,因此采用两种方法分别估算泥石流的流体重度是合理的。综合分析确定月玉沟潜在泥石流的流体重度为 1.53 t/m³,为稀性泥石流。

3.2 泥石流流速

泥石流流速是泥石流动力学特征和泥石流防治工程中最基本的参数,目前一般参考本地区泥石流的发育特点,采取经验或者半经验公式来估算泥石流的流速。参考《泥石流灾害防治工程勘查规范》(DT/T0220—2006)附录 I.2.1,采用北京山区常用的泥石流流速经验公式^[13]计算月玉沟的泥石流流速。

$$V_c = \frac{m_w}{a} R^{\frac{2}{3}} I^{\frac{1}{10}} \quad (2)$$

$$a = (\gamma_H \phi + 1)^{\frac{1}{2}}$$

$$\phi = (\gamma_c - \gamma_w) / (\gamma_H - \gamma_c)$$

$$R = \frac{w}{P}$$

式中: V_c ——泥石流流速/(m/s);

m_w ——河床外阻力系数,可参考《泥石流灾害防治工程勘查规范》(DZ/T0220—2006)表 1.2 取值,取值 6.0;

R ——泥石流的流体水力半径/m,经计算取值 0.96;

I ——泥石流水力坡度/‰,可用沟床纵坡降代替,取值 0.245;

γ_H ——泥石流中固体物质比重/(t/m³),固体物质主要为白云岩,取值 2.70;

ϕ ——泥石流泥沙修正系数,经计算取值 0.45;

γ_c ——泥石流流体重度/(t/m³),取值 1.53;

γ_w ——清水的重度/(t/m³),取值 1.0;

w ——过流典型断面的面积/m²,选取月玉沟沟口的典型断面,实际测量断面的宽度为 44 m,径流深度为 1.0 m^[4],取值 44;

P ——湿周/m,取值 46。

经计算,月玉沟潜在泥石流流速为 3.41 m/s。

3.3 泥石流峰值流量

泥石流峰值流量计算方法一般有雨洪法和形态调查法两种。月玉沟未曾发生过泥石流,本文采用雨洪法进行计算,前提则是假设未来月玉沟泥石流灾害的发生与暴雨同频率、且同步发生、先按水文方法计算出沟谷断面在不同频率下的暴雨洪水设计流量,然后选择堵塞系数,计算得出泥石流的峰值流量^[6,13],计算参数及结果见表 1。

$$Q_c = (1 + \phi) Q_p D_c$$
$$Q_p = \varphi S_p F$$

(3)

备注:当泥石流流流域面积小于 3 km² 时, Q_p 应采用中国公路科学研究所提出的经验公式进行计算。

表 1 泥石流峰值流量计算参数及结果一览表

Table 1 List of parameters and results of peak flow calculation of the debris flow							
频率 p	设计小时雨强 S_p (mm/h)	径流系数 φ	流域面积 F/km^2	暴雨洪峰流量 $Q_p/(\text{m}^3/\text{s})$	泥砂修正 系数 Φ	堵塞系数 D_c	泥石流峰值流量 $Q_c/(\text{m}^3/\text{s})$
10%	43	0.10	2.46	10.58	0.45	1.3	19.94
3.3%	52	0.10	2.46	12.79	0.45	1.3	24.11
2%	63	0.10	2.46	15.50	0.45	1.3	29.21
1%	72	0.10	2.46	17.71	0.45	1.3	33.39

3.4 一次泥石流过程总量

一般用一次泥石流过程总量来表达泥石流的规模,其计算方法主要有实测法或算法。其中实测法精度高,但现实情况不具备测量条件,一般采用算法来进行粗略的概算。算法的原理是根据泥石流暴涨暴落的运动特点,将其运动过程概化为五角形,按下式计算求得一次泥石流过程总量^[10,13],计算参数及结果见表 2。

表 2 一次泥石流过程总量及一次泥石流固体冲出物
总量计算参数及结果一览表

Table 2 List of parameters and results of total volume and sediment flush-out calculation of the debris flow					
频率 $p/\%$	泥石流峰值流量 $Q_c/(\text{m}^3/\text{s})$	经验 系数 k	历时 T/s	一次泥石流总量 $Q/\times 10^4 \text{ m}^3$	一次泥石流固体冲出物 $Q_H/\times 10^4 \text{ m}^3$
10	19.94	0.202	3600	1.45	0.45
3.3	24.11	0.202	3600	1.75	0.55
2	29.21	0.202	3600	2.12	0.66
1	33.39	0.202	3600	2.43	0.76

$$Q = kTQ_c$$

(4)

式中: Q ——一次泥石流过程总量/ (m^3/s) ;

k ——经验系数值: K 值根据泥石流流域面积的大小来确定。当流域面积小于 5 km² 时, k 取值 0.202;

式中: Q_c ——频率为 P 时的泥石流峰值流量/ (m^3/s) ;

Q_p ——频率为 P 时的暴雨洪水设计流量/ (m^3/s) ;

D_c ——月玉沟沟谷的堵塞系数,参考《泥石流灾害防治工程勘查规范》(DZ/T0220—2006)表 1,确定堵塞系数取值 1.3;

φ ——暴雨径流系数,取值 0.10;

S_p ——小时雨强/ (mm/h) ,通过查算《北京市水文手册—暴雨图集》来确定月玉沟不同频率下(十年一遇、三十年一遇、五十年一遇及一百年一遇四种情形下)的小时雨强^[12](表 1);

F ——月玉沟的汇水面积/ km^2 ,取值 2.46。

φ 、 γ_c 、 γ_H 及 γ_w 取值同上。

T ——泥石流的历时/ s ,按经验取值为 3600;

Q_c ——泥石流的峰值流量/ (m^3/s) 。

一次泥石流固体物质冲出的总量按下式进行计算,计算结果见表 2。

$$Q_H = Q(\gamma_c - \gamma_w)/(\gamma_H - \gamma_w)$$

(5)

式中: Q_H ——一次泥石流固体冲出物/ (m^3/s) ;

Q 、 γ_c 、 γ_H 及 γ_w 取值同上。

4 发展趋势分析

根据月玉沟的流域特征,参照《泥石流灾害防治工程勘查规范》(DT/T0220—2006)附录 G.1“泥石流易发程度数量化评分表”,对与泥石流易发程度密切相关的十五个影响因子进行打分,月玉沟潜在泥石流易发程度评分为 87 分,根据附录 G.3“泥石流沟易发程度数量化综合评判等级标准表”,确定月玉沟为泥石流易发沟^[10,13]。

5 结论

(1)月玉沟为潜在的暴雨-沟谷型泥石流沟,沟道形态利于降水的汇聚,沟道下游堆积有大量的松散物,沟口狭窄,一旦满足水动力条件,将引发泥石流灾害。

(2)在分析月玉沟的流域特征及形成条件的基础上,计算了月玉沟潜在泥石流的动力学特征参数:泥石流流体重度为 1.53t/m³,泥石流流速为 3.41 m/s,三

十年一遇的情形下泥石流峰值流量为 $24.11 \text{ m}^3/\text{s}$, 一次泥石流过程总量为 $1.75 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{s}$, 一次泥石流固体冲出物总量为 $0.55 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{s}$ 。

(3)月玉沟潜在泥石流易发程度评价结果为易发,处于发展期阶段。建议对沟道内废渣进行平整,并修建拦挡坝和排导水工程,以抑制泥石流的发生。

参考文献:

- [1] 北京市地质研究所.北京市门头沟区清水河流域泥石流灾害勘查报告[R].1995.
Beijing Institute of Geology. Hazard investigation report for debris flow at Qingshui river watershed in mentougou district of Beijing[R].1995.
- [2] 齐干,张长敏.达摩沟泥石流形成的物质条件分析及防治对策[J].水文地质工程地质,2011,38(5):102-109.
QI Gan, ZHANG Changmin. Analysis on material conditions causing to debris flow and its control countermeasures in Boddhidharma trench [J]. Hydrogeology & Engineering Geology, 2011, 38 (5): 102 - 109.
- [3] 北京市国土资源局,北京市地质研究所.北京市门头沟区7.21地质灾害调查报告[R].2012.
Beijing Municipal Bureau of Land and Resources, Beijing Institute of Geology. Investigation report for 7.21 geological disasters in Mentougou District of Beijing[R].2012.
- [4] 北京市地质研究所.北京市门头沟区清水镇洪水口村月玉沟泥石流灾害治理项目地质勘查报告[R].2013.
Beijing Institute of Geology. Geological exploration report for disaster governance project of Yueyugou debris flow in Hongshuikou village of Qing shui town in Mentougou district of Beijing[R].2013.
- [5] 北京市地质研究所.北京市门头沟区突发地质灾害详细调查报告[R].2013.
Beijing Institute of Geology. The detailed investigation report for sudden geological disasters in Mentougou district of Beijing[R].2013.
- [6] 张自光,张志明,张顺斌.都江堰市八一沟泥石流形成条件与动力学特征分析[J].中国地质灾害与防治学报,2010,21(1):34-38.
ZHANG Ziguang, ZHANG Ziming, ZHANG Shunbin. Formation conditions and dynamics features of the debris flow in Bayi gully in Dujiangyan county [J]. The Chinese Journal of Geological Hazard and Control, 2010, 21 (1): 34 - 38.
- [7] 齐信.四川松潘水沟墩沟泥石流成因和动力学特征及其对铁路工程的影响评价[J].中国地质灾害与防治学报,2014,25(2):13-19.
QI Xin. The Shuigoudun debris flow cause of formation and dynamic characteristics for railway engineering hazard assessment [J]. The Chinese Journal of Geological Hazard and Control, 2014, 25 (2): 13 - 19.
- [8] 吴文勋,蒋勇,刘猛,等.康定县小二里沟泥石流地质环境及动力学条件[J].地质灾害与环境保护,2014,25(1):66-70.
WU Wenxun, JIANG Yong, LIU Meng, et al. The geologic environment and kinetic conditions of Xiaoerli valley debris flow in Kangding county [J]. Journal of Geological Hazards and Environment Preservation, 2014, 25 (1): 66 - 70.
- [9] 张楠,徐永强.四川宁南县白鹤滩6.28泥石流特征分析[J].中国地质灾害与防治学报,2013,24(4):66-70.
ZHANG Nan, XU Yongqiang. Hazard survey on 6.28 debris flow of Baihetan, Ningnan county, Sichuan province [J]. The Chinese Journal of Geological Hazard and Control, 2013, 24 (4): 66 - 70.
- [10] 罗守敬.清水镇洪水口村月玉沟泥石流危险性评价及防治研究[D].中国地质大学(北京),2014.
LUO Shoujing. Risk assessment and research of preventive project of the debris flow of Yue yugou in Hongshuikou village of Qingshui town [D]. China University of Geosciences (Beijing), 2014.
- [11] 杨东旭,游勇,陈晓清,等.汶川震区狭陡型泥石流典型特征与防治[J].水文地质工程地质,2015,42(1):146-153.
YANG Dongxu, YOU Yong, CHEN Xiaoqing, et al. Typical characteristics and mitigation of debris flow in narrow-steep gullies in the Wenchuan earthquake areas [J]. Hydrogeology & Engineering Geology, 2015, 42 (1): 146 - 153.
- [12] 北京市水利局.北京市水文手册第一分册-暴雨图集[S].1999.
Beijing Water Authority. Beijing hydrological manual the first fascicle-torrential Atlas [S]. 1999.
- [13] DZ/T0220—2006.泥石流灾害防治工程勘查规范[S].
DZ/T0220—2006 Specification of geological investigation for debris flow stablilization [S].