

10.13358/j.issn.1008-813x.2018.03.06

# 杨树沟泥石流形成环境条件及防治对策

郭 巨, 刘 亮, 吕 菲

(河北省地矿局第八地质大队, 河北 秦皇岛 066001)

**摘 要:** 杨树沟曾经发生过 3 次泥石流, 威胁主沟下游村庄、道路, 属于易发泥石流沟, 具有局部降雨强度高、气象水文条件, 主沟狭长、支沟多的地形地貌环境条件, 以及山坡两侧和沟底丰富的物源条件等特点。通过分析泥石流区段冲淤特征和基本参数, 提出对该泥石流的防治对策是“上游拦挡”与“下游排导防护”相结合。上游拦挡工程主要为设置拦挡坝, 下游对原有防护堤进行加高、加长, 将物源进行导流处理, 以防止上游来水直冲居民聚居区。

**关键词:** 泥石流; 环境条件; 拦挡坝; 防护堤

中图分类号: X43

文献标识码: A

文章编号: 1008-813X(2018)03-0023-04

## Environmental Conditions of Debris Flow Formation in Yangshugou and Its Control Measures

Guo Ju, Liu Liang, Lü Fei

(Qinhuangdao No.8 Geological Brigade, Hebei Bureau of Geology and Mineral Resources Exploration, Qinhuangdao Hebei 066001, China)

**Abstract:** There have been three debris flows in the village of Yangshugou, which threatened the villages and roads downstream of the main gully, which belonged to the debris flow gully, with high local rainfall intensity, many landform and geomorphological conditions in the main gully and long narrow ditch, as well as the rich source conditions on both sides of the hillside and the bottom of the gully, and so on. By analyzing the characteristics and basic parameters of the debris flow section, the prevention and control measures for the debris flow ditch were put forward by the combination of "upstream block and downstream guide protection". At the same time, the upstream block project was mainly the valley dam. At the same time, the downstream protection embankment was lengthened and the source was guided to prevent the direct flow of water from the residential area.

**Key words:** debris flow, environmental conditions, block dam, protective embankment

杨树沟村位于秦皇岛市青龙满族自治县, 属侵蚀构造中低山区。该村经济主要来源为农业生产, 主要农业作物为玉米、高粱等旱田作物, 田地主要分布于沟底及两侧山坡的缓坡上, 旱田面积约 30 hm<sup>2</sup> (454 亩), 山顶、山梁两侧植被多

为杂草及低矮灌木。1996 年、2001 年、2012 年发生过 3 次水石流, 杨树沟村房屋、院墙、道路等受到不同程度损毁。这 3 次水石流不仅给杨树沟村带来一定的经济损失, 还给当地村民带来巨大的心理恐慌感, 影响其正常的生产生活。按照

收稿日期: 2018-04-28

作者简介: 郭巨(1980-), 男, 天津人, 毕业于中国地质大学(武汉)水文地质与工程地质专业, 工程师, 主要从事地质灾害勘查、治理及矿山地质环境评价等工作。

泥石流沟易发程度数量化评分表对杨树沟泥石流沟进行量化评分(89分),该沟为易发泥石流沟。

## 1 泥石流形成的环境条件

### 1.1 气象、水文条件

降雨造成的局地汇水形成强大的地表径流是泥石流发生的主要因素,杨树沟所处区域降雨雨强分布不均匀,地区性小气候经常造成该地降雨量大于周边,虽年均降雨只有680 mm左右,但降雨主要集中在6月—9月的丰雨期,日最大降雨量可达120 mm(大暴雨级别),而小时最大降雨量更可达28 mm,短时间地表汇水从沟道上游形成巨大的水动力条件,在有利的地形条件下,冲击力不会减弱,沿途携带大量泥沙,形成泥石流。

### 1.2 地形地貌环境条件

杨树沟泥石流汇水面积为1.28 km<sup>2</sup>,主沟道分水岭至沟口长约2.1 km,全域位于低山丘陵区,高差203 m,沟道形态特征为上游狭窄,沟底平均坡度大于8°,沟谷两侧山坡坡度大于40°,为陡坡地,沟道呈“V”字形断面形态;中游至下游沟口处沟道逐渐变得宽阔平缓,沟底坡度3°~6°,而两侧山坡坡度也在35°以下,沟道呈“U”字型断面形态。另一个特点是支沟多,主沟中上游分布大小不等的众多支沟,且支沟沟道坡度陡。总体看杨树沟地形呈现“橡树叶”状。从上述描述不难看出,泥石流的形成区位于上游支沟众多、主沟陡而狭长的区域,此区域为雨水汇集区,为强大的下冲动力提供了有利的条件。而流通区和堆积区则位于沟道逐渐平缓宽阔的中下游区域,这个地区正是杨树沟村民的居住地带,也是受灾区。杨树沟泥石流环境特征见图1。

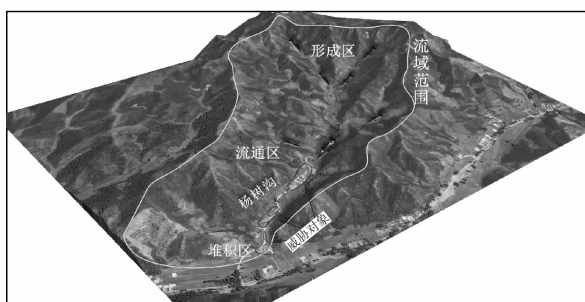


图1 杨树沟泥石流环境特征

### 1.3 物源条件

物源条件是泥石流形成的另一项重要条件,杨树沟内的物源较为丰富,主要物源来自两侧山坡的第四系残坡积表土以及淤积于沟谷底部的松

散冲洪积碎石土。杨树沟位于新太古代片麻岩地区,基岩岩性为黑云斜长片麻岩,这种岩石具有硬度低、易风化、表层岩体破碎的特点,是沟内第四系覆盖层中的碎石原岩。杨树沟内自然生长的植被多为杂草、牡荆和低矮的橡树,植被根系大多为浅根系,抓土能力仅局限于根系附近,且植被不是成片区生长的,所以保土能力差,而且上游山坡高陡,经常发生小规模的山崩、滑坡等现象,山坡表土碎块石成份占比较高,达60%~70%,粒径一般8~60 cm,且物质结构较松散,这些环境因素导致了在暴雨冲刷下大量水土流失。另一种物源是坡面物源被冲刷下来淤积而成的沟床堆积物,厚度1.5~4 m,在一般降雨条件下不会被冲刷到下游,但暴雨短时形成的洪流拥有巨大的冲刷力,可将沟底物质冲刷进行再搬运,又一次为泥石流提供了主要的物源补给。

## 2 杨树沟泥石流特征及基本参数

### 2.1 泥石流区段冲淤

形成区的冲淤特征视不同沟段条件的差异而表现出不同,冲淤现象也会出现一定的差异。总体上看,主沟上段的形成区冲淤特征表现为以冲为主的特点;主沟中段泥石流流通区的冲淤特征表现为以淤为主、以冲为辅的特点。2012年7月发生的泥石流地质灾害主要破坏力来自于洪水冲击,而大部分固体物质流经该段沉积下来,如今杨树沟南侧的过水通道沟底严重淤积也充分证明了这一判断。杨树沟堆积区位于杨树沟出沟口的扇形区,特征不太明显,坡降约60‰,堆积扇部分已成为旱田,堆积区地表覆盖物由细颗粒的细沙—中砂以及小块砾石所构成,砾石含量小于40%,根据现场调查分析杨树沟沟口的扇形区为古泥石流冲淤而成。

### 2.2 泥石流基本参数特征

杨树沟泥石流基本特征值的计算主要参照和利用野外调查和访问获取的泥位、沟道断面特征等进行,根据泥石流流体重度为1.59 t/m<sup>3</sup>,流速自主沟上游至主沟下游最大流速为5.58 m/s,最小流速为4.32 m/s,一次冲出量泥石流重度为1.529 t/m<sup>3</sup>,水的重度为1 t/m<sup>3</sup>,泥石流固体物质重度为2.65 t/m<sup>3</sup>。据此计算设计频率20年一遇泥石流一次冲出固体量 $Q$ 为 $0.66 \times 10^4 \text{ m}^3$ 。

## 3 防治对策

针对杨树沟泥石流的冲淤特征和物源分布特点,对泥石流的总体防治思路为上游设置以拦挡

坝为主的拦挡工程来降低泥石流能效，下游建造排导与防护结合的单边堤工程。

拦挡工程设置在形成区，拦截固体物源，抬高沟床，稳固沟底。工程在上游适当的位置布设4道拦挡坝（见图2），位置选择在主沟较为狭窄而坝体上游较为宽阔的地形上，这样既可以减少施工量及施工难度，又可以满足坝后库容量的需求，达到降低洪流中固体物质量，降低洪流流速，减少洪流峰值流量的目的。在确定泥石流流体重度、流速等参数的情况下，还需对方案中泥石流拦挡坝的稳拦能力进行计算。

回淤坡度按下式计算：

设计库容  $I_0=0.5I$ ；调节库容  $I_0=0.75I$

式中： $I_0$  为回淤纵坡（‰）； $I$  为沟床纵坡（‰）。

杨树沟各坝库容见表1。

表1 杨树沟泥石流拦挡坝库容量

名称	回淤纵坡/‰	回淤长度/m	回淤平面面积/m <sup>2</sup>	回淤坝库区平均深度/m	坝的回淤库容/m <sup>3</sup>	防止沟床揭底冲刷减少物源/m <sup>3</sup>	合计稳拦物源量/m <sup>3</sup>
1#拦挡坝	52.41	30	580	0.85	493	346	839
2#拦挡坝	21.65	44	558	0.75	419	334	753
3#拦挡坝	19.20	161	5 460	0.85	4 641	524	5165
4#拦挡坝	78.70	26.91	291	1	291	248	539
合计					5 844	1 452	7 296

通过坝的回淤库容计算，4座拦挡坝总库容为  $0.73 \times 10^4 \text{ m}^3$ ，大于20年一遇暴雨条件下泥石流的固体物质冲出量  $0.66 \times 10^4 \text{ m}^3$ 。

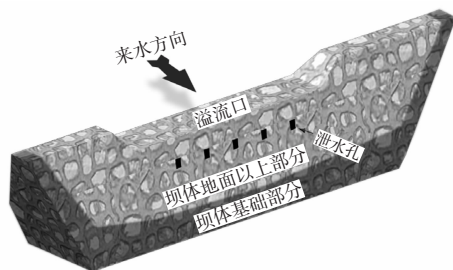


图2 拦挡坝形态示意图

中下游利用沟内原有的排水渠进行排洪，在居民分布区修建3道单边防护堤，一是使洪水按照设计渠道流向下游导出居民区，二是保护原受灾居民房屋安全。防护堤高度要综合考虑各槽段泥石流设计流量和弯道超高等因素。

泥石流弯道超高按照《泥石流灾害防治工程设计规范》(DZ/T 0239—2004) 4.1—4 式进行计算：

$$\Delta h = \frac{2V_c^2 B}{gR}$$

式中： $\Delta h$  为泥石流弯道超高（m）； $V_c$  为泥石流平均流速（m/s）； $R$  为主流中心曲率半径（m）； $g$  为重力加速度（m/s<sup>2</sup>）； $B$  为泥面宽度（m）。

通过计算，1号防护堤弯道处最大超出高度为0.439 m，2号防护堤弯道处最大超出高度为0.424 m。杨树沟下游泥石流径流深1.0 m，超高后泥石流高度将达到1.45 m左右。根据此结果确定防护堤，一般高3.5 m，地面以上2 m，基础埋深1.5 m；防护堤顶宽0.6 m，由于弯道凹岸侧受冲击力较大，确定堤岸外侧边坡比为1:0.2，内侧为直立（见图3）。

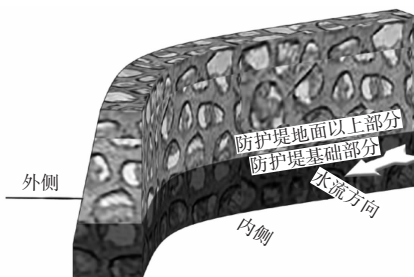


图3 防护堤形态示意图

#### 4 结论

(1) 通过现场调查实验及室内分析等手段相结合，对杨树沟泥石流的形成环境条件进行了充分的分析研究，确定其形成泥石流的特征及基本参数，为该泥石流防治提供基础数据。

(2) 防治对策采用以拦为主的拦挡坝工程，配合中下游防护堤拦挡沟内的排水、排砂的方案进行综合治理，拦砂工程主要为拦挡坝固沟床，进行消能和调节流量，排导工程主要是下游村民建造单边堤，将固液体物源进行导流处理，以防止上游来水直冲居民聚居区。

#### 参考文献

- [1] 李俊杰,王秀丽,冉永红.泥石流作用下拦挡坝的流固耦合分析[J].兰州理工大学学报,2017,43(2):127-132.
- [2] 李彦稷,颜春达,胡凯衡,等.典型暴雨泥石流堆积扇危害范围演变规律[J].长江流域资源与环境,2017,26(5):789-796.
- [3] 姚维益,常鸣,李为乐.都江堰龙溪河流域典型泥石流物源演化特征遥感监测[J].水土保持研究,2018,25(3):205-209.
- [4] 余斌,王涛,朱渊.浅层滑坡诱发沟谷泥石流的地形和降雨条件[J].水科学进展,2016,27(4):542-550.
- [5] 孙丽苹,王瑞龙.河南淇县某沟谷泥石流灾害现状及防治措施分析[J].地下水,2017(6):123-124.
- [6] 罗清虎,孙凡,崔羽.泥石流频发流域物源区坡面植被群落特征[J].应用与环境生物学报,2018(4):1-10.

(下转第66页)

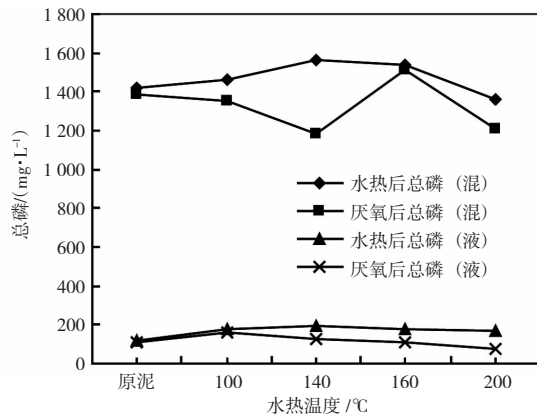


图5 总磷随水热温度的变化

液中总磷有最大溶出率。总磷的变化与磷酸根的变化趋势不同,由数据可以看出,水热过程有利于污泥中磷的溶出,且总磷在140℃时具有最大溶出率。右侧显示了水热后污泥加入接种物后,污泥混合液中总磷经厌氧消化后的变化趋势。从图中可以看出,污泥经水热后,总磷的浓度降低,这与磷酸根的变化趋势是相同的。水热后各温度下,总磷降低了1.55%~24.7%(混)、2.68%~61.01%(液),厌氧消化后总磷的降低与厌氧消化过程中微生物的消耗有关。

#### 4 结论

(1) 水热处理后,污泥的TCOD明显降低,温度为100℃时降低最明显。SCOD随水热温度的提高呈现逐渐上升的趋势。经过厌氧消化后,TCOD和SCOD均降低,当水热温度为160℃时,COD降低程度最大。

(2) 水热处理促进了污泥中氮元素的溶出,当水热温度为200℃时,氨氮、总氮的溶出值达到最大。经厌氧消化后,污泥中氨氮、总氮的浓度又进一步提高,说明厌氧消化也是氮溶出的过程。

(3) 经过水热处理后,污泥中的磷酸根浓度

呈现先增加后减少的趋势,厌氧消化后,磷酸根浓度进一步降低,当温度为200℃时降低了53.09%;总磷的浓度在水热温度为140℃时达到最大,溶出效率最高,厌氧消化后,总磷浓度逐渐降低,这均与微生物的消耗利用有关。

(4) 水热温度对污泥中有机物和无机物溶出产生了较大的影响,在研究当中还应该综合考虑污泥产气性能以及氮、磷回收等因素的影响<sup>[12]</sup>。

#### 参考文献

- [1] 杨瑶,徐鹤,尹建锋.我国污水处理厂污泥资源化利用现状分析[J].南水北调与水利科技,2012,10(5):114-118.
- [2] 戴晓虎.污泥处理处置技术现状和发展趋势[J].水工业市场,2015(4):14-17.
- [3] 郝晓地,蔡正清,甘一萍.剩余污泥预处理技术概览[J].环境科学学报,2011,31(1):1-12.
- [4] 吴静,王广启,曹知平,等.“热水解-高温厌氧消化”工艺处理高含固率剩余污泥的中试研究[J].环境科学,2014,35(9):3461-3465.
- [5] 由美雁,李现瑾,王利伟,等.超声破解剩余污泥的研究[J].东北大学学报(自然科学版),2014,35(3):447-451.
- [6] 肖本益,阎鸿,魏源送.污泥热处理及其强化污泥厌氧消化的研究进展[J].环境科学学报,2009,29(4):673-682.
- [7] 河北省环境监测中心站.水质 化学需氧量的测定 快速消解分光光度法:HJ/T 399—2007[S].北京:中国环境科学出版社,2008.
- [8] 国家环境保护总局.水和废水监测分析方法[M].4版,北京:中国环境科学出版社,2002.
- [9] 宜慧,韩芸,李玉友,等.碱解+低温水热预处理改善剩余污泥中厌氧消化性能工艺[J].环境工程学报,2014,8(9):3927-3932.
- [10] 靳志军,金涛,李刚,等.基于水热改性和厌氧消化的生物质废物处理技术[J].中国给水排水,2016,32(16):31-35.
- [11] 韩芸,宜慧,卓杨,等.低温短时水热预处理混合及初沉污泥的高温厌氧消化特性研究[J].环境科学学报,2015,35(2):461-467.
- [12] 王在钊,贾通通,王蛟秦,等.水热+厌氧消化对污泥碳、氮、磷溶出的影响[J].环境工程技术学报,2017,7(3):300-305.

(编辑:程俊)

(上接第25页)

- [7] 陈鹏宇,彭祖武.河南栾川县泥石流物源特征与启动模式分析[J].科技通报,2017,33(9):220-226.
- [8] 朱彦鹏,严伟.泥石流拦挡坝的加高加固方案及对比研究[J].防灾减灾工程学报,2017(2):258-263.

- [9] 王新建,闫新亮,李锋.狮尾河流域地质灾害治理防护堤工程施工设计问题讨论[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2017,44(6):69-73.

(编辑:周利海)