

邯郸市泥石流地质灾害特征研究

马洪林 赵欣 高保娟 王仁霞

河北省地质矿产勘查开发局第一地质大队 河北邯郸 056001

摘要: 邯郸市泥石流地质灾害隐患点主要发育在西部太行山区, 其中又以涉县数量最多。该文以昭义村泥石流为例, 通过地质勘查与综合研究, 总结了其发育特征, 提出了防治对策。

关键词: 地质灾害; 泥石流; 易发性; 防治工程; 勘查

引言

河北省的太行山区是泥石流灾害极为活跃区域和严重危险区域(柴艳等, 2011)。邯郸市西部山区地处太行山南段, 多年来泥石流灾害威胁着当地居民的人身和财产安全, 每年汛期当地政府都会采取监测、驻守、巡查等方式进行联防联治。本文在研究涉县昭义村泥石流形成条件和发育特征的基础上, 计算了运动特征值, 提出了防治方案, 可对同类泥石流防治提供重要参考。

一、研究区概况

研究区位于涉县固新镇昭义村南, 东距固新镇3.3km, 距涉县县城15.5km, 地理坐标为东经 $113^{\circ} 44' 51'' - 113^{\circ} 47' 01''$, 北纬 $36^{\circ} 24' 35'' - 36^{\circ} 27' 13''$ 。

昭义属太行山南部, 为地壳抬升的中-低山区, 地层主要为早古生代石灰岩和第四系松散堆积物。研究区无大型活动断裂发育。历史上无破坏性地震记载, 地震动峰值加速度为0.10g。研究区地下水为第四系潜水和碳酸盐岩类裂隙岩溶水两类, 沟道内主要人类工程活动为为农业种植、养殖业(养牛场、养猪场、养鸡场各1座), 是改变地貌的主要因素。

降雨是地质灾害的主要引发因素, 每年雨季是地质灾害的易发时期。研究区年平均降水量551.2mm(1988-2018年), 最大降水量1072.4mm(1963年), 最小降水量326.93mm(1986年), 降水量表现形式为夏季多暴雨, 秋季多阴雨, 7-9月份降水量占全年降水量的80%。

基金项目: 邯郸市科技计划项目(编号: 23422093449)

作者简介: 马洪林(1976-)男, 汉族, 本科, 正高级工程师, 主要从事水文地质环境地质工作。

二、泥石流形成条件

(一) 地形地貌条件

昭义村泥石流沟域形态呈矩形展布, 流域面积 7.92 km^2 , 瓮岭沟为主沟, 长5.01km, 由南向北贯穿于勘查区中部, 最高点位于瓮岭沟南部沟头, 海拔高度1050m, 最低点位于昭义村村口与平涉公路交叉口处, 海拔高度365m, 相对高差615m, 平均纵坡降136.64‰。沟谷形态变化较大, 弯曲较多, 形态由沟头“V”型逐

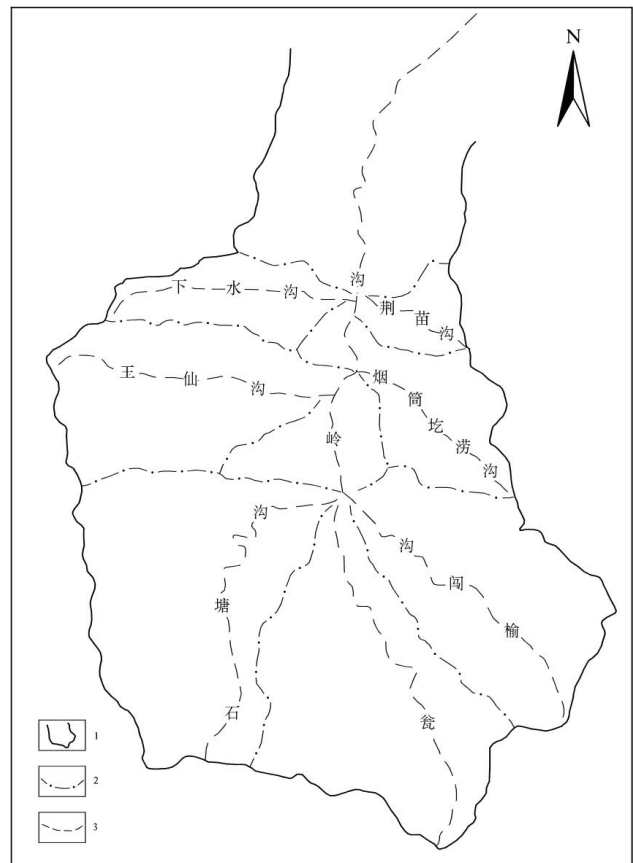


图1 主沟与支沟分布示意图

1昭义泥石流流域边界; 2支沟边界; 3沟床位置

步向沟口“U”型转换，最窄处宽3.5m，最宽处达75m。流域内共发育支沟6条，呈树枝状分布于主沟两侧。（见图1）。

泥石流形成区（清水区）分布于主沟及各支沟上游，面积约6.81km²，主要地貌特征为，地形陡峻，斜坡坡度大于50°，沟谷纵坡坡降较大（大于220‰），植被发育，松散堆积物较薄，主要为岩质边坡，不良地质现象不发育，分布较零星，大多不会参与泥石流活动。为泥石流的形成汇集水源和提供水动力条件。

泥石流的形成区（物源区）分布于瓮岭沟下游，物源区面积0.3km²，该区沟谷岸坡普遍较缓，松散堆积物厚度相对较大，在清水区水动力条件作用下，导致水土流失加剧，产生大量松散堆积物，为泥石流的形成提供了丰富的物源。

流通堆积区始于石塘沟、瓮岭沟上游、榆闯沟交汇处，至入村处。长约2.39km，宽40-170米，面积0.19km²，沟道宽阔平坦，纵坡降54.81‰，堆积特征不明显，较大块石一般被村民用于建造房屋基础使用，沟道内零星分布片状粒径较小碎石。流通区纵坡较缓。有利于泥石流物质的淤积。

（二）物源条件

类型为沟道堆积物源，主要成分为强风化石灰岩，

沟底多见块石，多分布于主、支沟沟道形成区段内，共计11处，成因为冲洪积堆积物和泥石流堆积物。经估算总储量37.53 × 10⁴m³，可启动物源量3.17 × 10⁴m³。

（三）水源条件

研究区全流域汇水面积7.92 km²，大气降雨在时空上分布极不均匀，一般发生在7~9月份，降雨量占全年总降水量的70%~80%，多以大雨或暴雨的形式出现，并具有笼罩面积小、历时短、强度大等特点。加之清水区地形陡峻，主支沟上游纵坡较大，有利于地表降水的径流和汇集，为泥石流的形成提供了有利的水源条件。

三、泥石流灾害分析

（一）泥石流灾害史及灾情

1937年6月，发生泥石流灾情，下水沟一个石碾被洪水卷到沟对岸的荆苗沟内。洪峰入村，沟旁住户遭侵袭，造成房屋倒塌，人畜伤亡。最近一次爆发时间为1996年8月4日，造成100余间房屋冲毁，损坏农田100余亩。

（二）泥石流危险性分析

1. 泥石流易发性分析

根据现场勘查及综合分析结果，按照规范对主沟进行量化评分，其易发性程度量化分值为56分（表1），判定本泥石流易发程度为轻度易发（表2）

表1 主沟泥石流易发程度数量化评分表

序号	影响因素	量级划分							
		极易发（A）	得分	中等易发（B）	得分	轻度易发（C）	得分	不易发生（D）	得分
1	崩塌、滑坡及水土流失（自然和人为活动的）严重程度	崩塌、滑坡等重力侵蚀严重，多层滑坡和大型泥石流、表土疏松，冲沟十分发育	21	泥石流、滑坡发育，多层滑坡和中小型泥石流、有零星植被覆盖冲沟发育	16	有零星崩塌、滑坡和冲沟存在	12	无崩塌、滑坡、冲沟或发育轻微	1
2	泥砂沿程补给长度比	> 60%	16	60% ~ 30%	12	30% ~ 10%	8	<10%	1
3	沟口泥石流堆积活动程度	主河河形弯曲或堵塞，主流受挤压偏移	14	主河河形无较大变化，仅主流受迫偏移	11	主河河形无较大变化，主流在高水位时偏，低水位时不偏	7	主河无河形变化，主流不偏	1
4	河沟纵坡	> 12°（21.3%）	12	12° ~ 6°（21.3% ~ 10.5%）	9	6° ~ 3°（10.5% ~ 5.2%）	6	<3°（5.2%）	1
5	区域构造影响程度	强抬升区，6级以上地震区，断层破碎带	9	抬升区，4~6级地震区，有中小支断层	7	相对稳定区，4级以下地震区，有小断层	5	沉降区，构造影响小或无影响	1
6	流域植被覆盖率	<10%	9	10% ~ 30%	7	30% ~ 60%	5	> 60%	1
7	河沟近期一次变幅	> 2m	8	2m ~ 1m	6	1m ~ 0.2m	4	0.2m	1

序号	影响因素	量级划分							
		极易发 (A)	得分	中等易发 (B)	得分	轻度易发 (C)	得分	不易发生 (D)	得分
8	岩性影响	软岩、黄土	6	软硬相间	5	风化强烈和节理发育的硬岩	4	硬岩	1
9	沿沟松散物储量 ($10^4\text{m}^3/\text{km}^2$)	> 10	6	10 ~ 5	5	5 ~ 1	4	<1	1
10	沟岸山坡坡度	> 32° (62.5%)	6	32° ~ 25° (62.5% ~ 46.6%)	5	25° ~ 15° (46.6% ~ 26.8%)	4	<15° -26.8%	1
11	产沙区沟槽横断面	V型、U型谷、谷中谷	5	宽U型谷	4	复式断面	3	平坦型	1
12	产沙区松散物平均厚度	> 10m	5	10m ~ 5m	4	5m ~ 1m	3	<1m	1
13	流域面积	0.2km ² ~ 5 km ²	5	5km ² ~ 10km ²	4	0.2km ² 以下、10km ² ~ 100km ²	3	> 100km ²	1
14	流域相对高差	> 500m	4	500m ~ 300m	3	300m ~ 100m	2	<100m	1
15	河沟堵塞程度	严重	4	中等	3	轻微	2	无	1

注：本表引自《泥石流灾害防治工程勘查规范》(试行)(T/CAGHP 006-2018)附录I 1.1。

表2 泥石流易发程度标准评价表

是与非的判别界限值		划分易发程度等级的界限值	
等级	标准得分 N 的范围	等级	按标准得分 N 的范围自判
是	44 ~ 130	极易发	116 ~ 130
		易发	87 ~ 115
		轻度易发	44 ~ 86
非	15 ~ 43	不易发生	15 ~ 43

注：本表引自《泥石流灾害防治工程勘查规范》(试行)(T/CAGHP 006-2018)附录I 1.3。

2. 泥石流危险区范围及险情

主要分为极危险区、一般危险区和安全区三部分。极危险区分布在泥石流沟口堆积扇上以及周边直接受泥石流影响的区域，面积23938m²；一般危险区分布在最高泥位（水位线）以上加堵塞后的壅高水位以下的淹没区，也包括溃坝后泥石流可能达到的地区，面积34193m²；安全区为那些不会因泥石流爆发而发生其它级别地质灾害的地区。主要受灾对象是位于沟道两侧的85户居民，人口339人，房屋571间，财产约270万元。

3. 泥石流危险性分析

根据直接威胁人数和直接经济损失两个指标判定，昭义泥石流危险性预测评估潜在危险性等级为小型。表3

表3 泥石流潜在危险性分级表

分级指标	特大型	大型	中型	小型
威胁人数/人	≥ 1000	500-1000	100-500	★ <100
威胁财产/万元	≥ 1000	10000-5000	5000-1000	★ <1000

注：“威胁人数”和“威胁财产”不在一个级次时，按从高原则确定灾度等级

注：本表引自《泥石流灾害防治工程勘查规范》(试行)(T/CAGHP 006-2018) 5.2.2，打“★”为本泥石流研究符合的选项。

4. 泥石流的成因机制和引发因素分析

该泥石流属暴雨沟谷型泥石流。暴雨依地形汇集于沟道中，汇流过程中将坡面松散堆积物源携带进入沟道，并顺沟而下，通过沟道揭底冲刷卷动沟道内的松散堆积物源，并将两侧沟岸松散固体物质带走，以滚雪球的方式下向游运动，从而暴发泥石流灾害。泥石流规模主要与沟域内松散固体物源的累计和动态变化情况与引发泥石流的暴雨情况相关。1996年泥石流后，沟域内大部分可参与泥石流的固体物源被泥石流带走，经过十几年，沟域内松散固体物源再次累积，当累积至一定程度且遇到集中暴雨时，往往就会发生更大规模的泥石流。

(三) 泥石流堆积物特征

表4 泥石流堆积物颗粒分析结果统计表

样号	颗粒百分率 %						土石比例
	>200mm	200 ~ 150mm	150 ~ 100mm	100 ~ 50mm	50 ~ 20mm	<20mm	
KF1	25.54	16.33	16.05	22.82	15.71	3.55	1: 27.17
KF2	10.01	29.18	24.91	23.49	7.25	5.16	1: 18.37
KF3	20.68	22.86	18.06	17.42	14.48	6.49	1: 14.41

通过研究分析,堆积物内土石比例较小,说明泥石流流域范围内水源较为丰富,水动力条件较大,在较大水动力条件下,洪水把位于沟道浅部的大部分细小颗粒带走,而将粗颗粒物质留于沟道内。

根据山地工程揭露,不同粒径的堆积物分层产出,显示出历次泥石流堆积物的叠置关系。

(四) 泥石流灾害综合分析

研究区曾发生过泥石流,最近的一次为1996年,造成100余间房屋冲毁,损坏农田100余亩。

该泥石流按集水区地貌特征分类为沟谷型泥石流;按水源分类为暴雨型泥石流,按流体性质分类为稀性泥石流;按暴发频率分类为低频泥石流;按引发因素属降雨引发,由短时强降雨或长时间降雨引起。

四、泥石流动力学参数分析

(一) 泥石流重度

本次泥石流配浆试验邀请亲眼见过该沟泥石流暴发的村民现场辨认是否与1996年泥石流暴发时的流体状态相似,在泥石流沟口段选取代表性堆积物搅拌成浆体,采用现场泥浆痕迹相似法进行鉴定和甄别,最后测出样品的质量和体积。计算公式为:

$$\gamma_c = \frac{G_c}{V} \quad (式1)$$

试验结果见表5。

表5 现场试验测定泥石流流体重度表

年份	试验方法	t	m ³	t/m ³	认同情况	备注
1996年堆积物	泥痕相似法	0.0067	0.0042	1.197	适度	平均容重 1.208t/m ³
		0.0065	0.0039	1.213	偏浓	
		0.0084	0.0053	1.215	偏稀	

查规范附表得表6结果。

最后综合取值采用查表法结果,泥石流沟流体重度为 $\gamma_c=1.314t/m^3$,性质为稀性。

表6 查表法测定泥石流流体重度表

沟名	分值	重度 γ_c (t/m ³)	1+ ϕ ($\gamma_{c=2.65}$)
瓮岭沟(主沟)	56	1.384	1.321
下水沟	66	1.453	1.402
荆苗沟	61	1.419	1.361
王仙沟	70	1.481	1.435
烟筒圪涝沟	56	1.384	1.321
石塘沟	53	1.363	1.296
榆闯沟	65	1.447	1.394

(二) 泥石流流速

泥石流主要物源为梯田内碎石土,采用稀性泥石流流速计算公式,本次采用西南地区(式2)和西北地区(式3)经验公式综合确定(平均值)泥石流流速。

$$V_c = \frac{1}{\sqrt{\gamma_H \phi + 1}} \frac{1}{n} R^{2/3} I^{1/2} \quad (式2)$$

$$V_c = (15.3/a) H_c^{2/3} I_c^{1/2} \quad (式3)$$

计算结果及采数选取见表7

表7 泥石流流速取值计算表

位置	清水河床糙率系数 1/n	固体物质重度 γ_h (t/m ³)	泥沙修正系数 ϕ	水力半径 R/泥痕高度 Hc (m)	水力坡度 I (%)	平均流速 Vc (m/s)
主沟口	14.93	2.65	0.235	2.1	0.181	9.28

(三) 泥石流峰值流量

雨洪法具有预测性质,是根据现状沟域面积、沟域植被发育状况和径流系数来进行计算和预评估。本次研究设计频率为50年、20年一遇。

$$V_c = \frac{1}{\sqrt{\gamma_H \phi + 1}} \frac{1}{n} R^{2/3} I^{1/2} \quad (式4)$$

$$V_c = \frac{1}{\sqrt{\gamma_H \phi + 1}} \frac{1}{n} R^{2/3} I^{1/2} \quad (式5)$$

计算结果及参数选取见表8

表8 泥石流峰值取值计算表

位置	频率	泥沙修正系数 ϕ	暴雨洪峰值流量 Q _p (m ³ /s)	洪峰模数 C _{p1%} (m ³ /s)	汇水面积 F (km ²)	指数 n	泥石流流量 Q _c (m ³ /s)
主沟口	50年一遇	0.235	102.13	40	7.217	0.6	252.26
主沟口	20年一遇	0.235	65.47	40	7.217	0.6	161.71

五、结论

昭义泥石流由一条主沟及6条支沟组成。流域面积

共计7.92 km²，主沟长5.01km，对高差615m，平均纵坡降136.64‰，成“V-U”字形，沟底宽3.5~75m。支沟呈树枝状分布于主沟两侧。流域内主要的威胁对象是昭义村内85户339人，571间房屋，威胁财产270万元。

该泥石流固体物源较为丰富。经计算沟内松散物源静储量达 $37.53 \times 10^4 \text{m}^3$ ，可启动物源量 $3.17 \times 10^4 \text{m}^3$ 。如按100年一遇洪水的设计标准，计算得出影响居民区的泥石流一次冲出总量达 $0.49 \times 10^4 \text{m}^3$ 。

经研究分析，该泥石流为老泥石流沟，历史上曾发生过；目前处于发展期，类型为暴雨、沟谷型，易发程度为轻度易发，规模为中型，危险性等级为小型。

六、防治对策及建议

根据泥石流沟自然条件、威胁对象特征及研究分析计算得到的流体参数，提出以下工程治理方案。即拦挡措施进行治理。整体方案为“2座重力坝+3座谷坊坝+4座格栅坝”。具体建议方案为：在主沟与2支沟（石塘沟、榆闯沟）交汇处和主沟与支沟（烟筒圪涝沟）交汇

处各修建重力坝1座；在主沟与2支沟（石塘沟、榆闯沟）沟口各修建谷坊坝1座；在4支沟（下水沟、荆苗沟、王仙沟、烟筒圪涝沟）沟口各修建格栅坝1座。

参考文献

- [1] 王仁霞等. 涉县固新镇昭义村泥石流勘查报告[R]. 河北省地矿局第一地质大队, 2019.12
- [2] 刘京楠等. 威胁对象分散型泥石流沟谷灾害特征及防治对策[J]. 矿产勘查, 2025.01
- [3] 梁艳. 河北省太行山区泥石流灾害的分类及预测模型的研究[D]. 石家庄经济学院, 2011.06
- [4] 中华人民共和国国土资源部. DT/T0220-2006 泥石流灾害防治工程勘查规范[S]. 中国标准出版社, 2006.06
- [5] 付少杰等. 河北太行山区木作沟泥石流形成条件及特征分析[J]. 地质与资源, 2021, 30(5)
- [6] 中国地质灾害防治工程行业协会. T/CAGHP 006-2018 泥石流灾害防治工程勘查规范(试行)[S]. 2018.01