

文章编号: 1008-2786-(2013)3-334-08

栾川“7·24”暴雨泥石流启动模式分类

邵莲芬^{1,3} 彭祖武¹ 王硕楠^{1,2} 戴 巍¹ 胡媛媛² 余宏明¹

(1. 中国地质大学, 湖北 武汉 430074; 2. 河南省地质工程勘察院, 河南 郑州 450001; 3. 黄淮学院, 河南 驻马店 463000)

摘 要: 2010年7月河南省栾川县连续降雨达半月之久, 24日又突降大暴雨, 导致县境内暴发区域性泥石流(简称“7·24”暴雨泥石流), 全县14个乡镇普遍受灾, 死亡68人、失踪21人, 直接经济损失约19.8亿元。为给当地政府提供合理的泥石流防治建议, 对栾川县“7·24”暴雨泥石流中31个灾害点进行了野外调查并进行了工程地质分析。调查发现, 此次栾川县暴雨泥石流类型丰富, 泥石流、泥石流及水石流均有发育; 地貌上看, 泥石流多属于坡面型, 水石流基本上为沟谷型。同时, 因栾川县采矿业发达, 矿渣型泥石流发育十分典型, 且大多为尾矿坝溃决所致。鉴于栾川“7·24”暴雨泥石流范围大、类型多的特点, 若按规范分类则很难提供针对性的泥石流防治建议, 而若按启动模式分类则能在防治建议中对症下药。因此结合前人研究成果和此次调查分析结论, 按启动模式将栾川县泥石流划分为7种类型, 分别为: 沟道拖拽-溃决型、沟道冲切-崩滑型、冲击液化型、坡面崩滑型、坡面冲刷-沟道启动型、尾矿溃决型及其复合型。同时, 对7种类型中典型泥石流点的启动模式进行了详细分析。

关键词: 栾川县; 暴雨泥石流; 启动模式; 分类

中图分类号: P642.23

文献标志码: A

泥石流属于灾变地貌过程, 其形成模式多种多样。因其启动机理复杂, 目前尚无统一的启动机理模式, 所以对区域性泥石流启动形成特点进行研究分类是非常必要的。对当前(潜在)受灾区防灾减灾具有重要的指导意义。崔鹏说过: 泥石流分类是对泥石流内在规律和外部特征的概况, 反映了当前对泥石流认识的程度, 也是泥石流基础理论研究和灾害防治工作的主要依据。其在《中国泥石流》中系统阐述了泥石流分类概况, 并指出目前主要是采用单因素分类、组合指标分类和综合成因分类三种^[1]。姚一江按固体物质补给方式将铁路沿线坡面型泥石流划分成溜塌型、冲蚀型和崩塌、滑坡型3种^[2]。陈建平等将1991年北京泥石流按启动原因分为崩塌、滑坡启动型(简称崩滑启动)、冲刷、切割

启动型(简称冲切启动)及崩滑、冲切混合启动型3种^[3]。唐红梅等将冲淤泥石流沟中物质按启动类型分为降雨冲击启动型、强度衰减启动型、冲刷切割启动型及沟槽(床)拖拽启动型4种^[4]。倪化勇等将矿渣型泥石流按形成机理分为矿渣溃决型、矿渣揭底型、矿渣侧蚀型、矿渣面蚀型和复合型5类^[5]。杨成林等将汶川地震次生泥石流按机理成因分为沟床启动型、坡面崩滑转化型、震裂表土侵蚀启动型、滑坡表面土体液化型及松散堆积物冲切沟启动型5种。另外, 其他学者也从不同方面进行了某地区泥石流分类研究^[6-11], 但仅仅是将成熟的泥石流分类方法进行应用而未提出较新的观点。

本文以栾川县2010-07-24区域性暴雨泥石流(简称“7·24”暴雨泥石流)为研究对象, 探讨并

收稿日期(Received date): 2012-10-29; 改回日期(Accepted): 2012-11-29。

基金项目(Foundation item): 海河南省国土资源厅2011年度“两权价款”地质科研项目(项目代号2011-622-23), 河南省科技厅科技攻关计划项目(项目编号122102310477)。[2011 Geological Sciences Item of Henan Land and Resources Department's "The Cost of Prospecting Rights and Mining Rights"(Grant No. 2011-622-23), Scientific Brainstorm Project of Henan Science and Technology Department(Grant No. 122102310477)。]

* 作者简介(Biography): 邵莲芬(1974-), 女(汉族), 河南驻马店人, 中国地质大学(武汉)在读博士、黄淮学院副教授, 主要从事结构防灾研究。[Shao Lianfen(1974-), female(Han Population), born in Zhumadian city, Henan Province, Ph.D candidate of China University of Geosciences(Wuhan), associate professor of Huanghuai University, major in Disaster Prevention by Structure.] Tel: 13598919616; E-mail: 535792721@qq.com

总结了栾川县泥石流启动的主要类型。

1 泥石流形成条件

1.1 地貌

栾川县境南部为伏牛山山脉,北部为熊耳山山脉。中部横亘伏牛山分支遏遇岭,将全县分南北两个沟川地带,南部沟川为伊河流域,北部沟川为小河流域。县境东部为伏牛山分支杨山,构成南北走向的明白河过境沟川。西部为熊耳山分支抱犊山,构成北南走向的涓河沟川。整个县境西南高东北低,最高点 2 212.5 m,最低点海拔 450 m,相对高度 1 762.5 m。全县高低山头 9 251 个,其中海拔 > 1 000 m 的 6 817 个,山头密度 4.23 个/km²;大小沟岔 8 550 条,其中 > 500 m 的 2 715 条,沟网密度为 3.92 条/km²。全县可分为中山侵蚀地貌区、低山侵蚀地貌区和河谷堆积地貌区,整体素有“四河三山两道川、九山半水半分田”之称。本次泥石流沟多发育于中山地区,较大的沟床比降有利于水流能量的快速转换和宣泄及对松散物质的侵蚀和搬运。

1.2 物源

栾川县地质构造复杂,区域性断裂为叫河-陶湾断裂(固始-栾川-确山断裂一部分),是秦岭褶皱带与华北地台的分界线;此外还有大量的次生断裂。同时区域处于抬升区,山高谷深,构造裂隙、卸荷裂隙和风化裂隙发育。县境岩土体主要为片岩和花岗岩等易风化岩层,造成沟谷内物理地质现象发育、松散堆积物众多。同时,县内采矿业发达,众多尾矿渣无序堆放。另外栾川县山多地少,为求生存,当地居民占沟筑田,沟道内人类活动频繁。这都为泥石流区域性暴发积聚了有利的物源条件。

1.3 降雨

栾川县属暖温带大陆性季风气候,降雨年内分配不均匀,多集中在 6—9 月,且降雨量占全年的 64.3%,仅 7—8 月的降雨量占全年的 40.6%。有气象资料记录以来,栾川县日降雨量超过 100 mm 的年份有 1960 年、1961 年、1966 年、1993 年、1994 年、2004 年、2007 年及 2010 年。尤其是 2010-07-23 T20:00 至 2010-07-24 T20:00,最大降雨量达 250~300 mm,为百年一遇。极端的短历时强降雨天气曾使栾川县历史上数次暴发泥石流。

2 “7.24”暴雨泥石流概况

2.1 降雨情况

受台风“灿都”影响,处于暴雨中心地区的栾川在 7 月 22—24 日普降大雨到暴雨,其中陶湾、栾川、庙子 24 日日雨量分别为 149.4 mm、147.8 mm 和 100.1 mm(栾川站 23—24 日降水量超过 200 mm)。栾川气象站在 23—25 日的小时降雨如图 1 所示。这次暴雨造成了栾川县泥石流的集中暴发,在泥石流暴发之前,栾川县已有小到中雨半月有余。

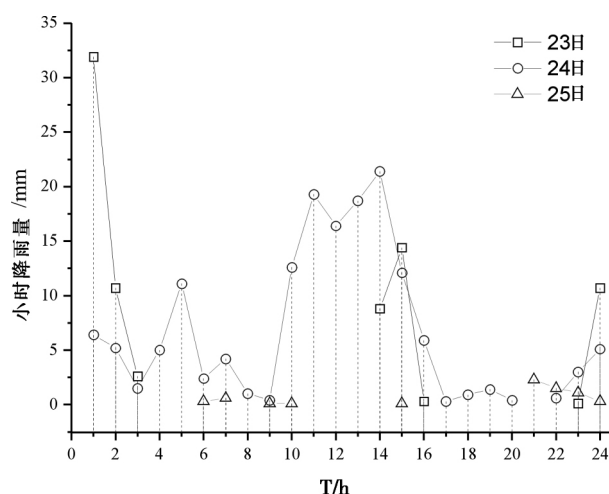


图1 栾川气象站 2010-07-23—25 的小时降雨量

Fig. 1 Hours rainfall intensity in Luanchuan weather station from June 23th to 25th 2010

2.2 泥石流灾害情况

因之前连续降雨达半个月之久,加上 2010-07-23 T20:00 至 2010-07-24 T20:00 栾川县境内大部分地区突降暴雨,造成境内多处暴发泥石流。据河南省地质工程勘察院等单位调查,“7.24”特大暴雨事件中,栾川县至少发生泥石流 29 起,大型 2 处、中型 5 处,涉及栾川、赤土店、陶湾、石庙、白土等乡镇,造成 68 人死亡,21 人失踪,直接经济损失约 19.8 亿。

3 泥石流分类及其典型模式

3.1 泥石流野外调查分类

根据栾川县“7.24”泥石流暴发情况,选取了 31 个泥石流点进行野外详查,具体信息见表 1。从表中可以看到,栾川县泥石流类型丰富。

表 1 野外泥石流调查信息

Table 1 Field investigation information of debris flow

乡镇	数量	泥石流类型	典型泥石流沟名称
栾川乡	1	沟谷型泥石流	大南沟
石庙镇	14	沟谷型水石流	七姑沟、柿树沟、上疙瘩沟
		矿渣型泥石流	干江沟、玉帝庙沟
		坡面型泥石流	常家门 2 组坡面泥石流
陶湾镇	4	沟谷型水石流	红庙村水石流、土乱爬沟
		坡面型泥石流	槐树底组泥石流
叫河乡	1	沟谷型水石流	瓦石岩沟
赤土店镇	10	坡面型泥石流	西 2 组坡面泥石流、石人沟
		沟谷型泥石流	河西村后泥石流
		矿渣型泥石流	郭店组泥石流
白土乡	1	矿渣型泥石流	康山村康山沟
合计	31		

注:表中泥石流类型为野外调查时按《泥石流灾害防治工程勘查规范》(DZ/T 0220-2006)所分。

3.2 典型泥石流启动模式

泥石流的启动模式对泥石流灾害的防治具有重要的指导意义。根据野外调查,将栾川县泥石流按启动模式划分为沟道拖拽-溃决型、沟道冲切-崩滑型、冲击液化型、坡面崩滑型、坡面冲刷-沟道启动型、矿渣溃决型及其复合型等 7 类。

3.2.1 沟道拖拽-溃决型泥石流

沟道拖拽-溃决型泥石流是指地表径流在土体表面形成盖流层后,层底水流会对土体产生一定的拖拽力,水流速度越快、拖拽力越大;同时水流盖层使得土体内部产生超孔压并短时间内无法正常消散,致使土颗粒间联结力弱化,浅表层土颗粒开始会因浮力与重力相当而发生悬浮并在拖拽力作用下游离母体;在土体内部受到超孔压-浅表层受到水流拖拽力-后部土体受到水流冲击推力等联合作用下,梯田前部简易挡墙发生溃决,致使土体局部或整体突然液化而转化形成的泥石流。

1. 典型沟道描述

栾川县山多地少,当地居民往往在一些常年水量较少的沟道内圈地造田,从沟口往上游依次开垦成类似梯田形式的种植地(图 2)。这种毫无规划、村民自发修建的梯田极大的占用了沟道原有天然径流空间,在洪水时期极大的削弱了沟道过水能力。其中最为典型的的就是上疙瘩沟,该沟位于石庙镇观星村 15 组,流域面积 0.17 km²,沟长近 1 km,平均纵坡降 215‰。其下游沟道最宽处约 15 m,从沟口沿沟道往上不足 300 m 的长度内修建有大小不等 7

级梯田。2010-07-24 该沟暴发泥石流。泥石流将沟中梯田物质几乎全部席卷而下,沟道内基岩裸露(图 3),泥石流冲毁沟口公路并造成 2 名沟口居民死亡。

2. 泥石流形成过程

在 7 月 24 日之前,该区已降小到中雨半月有余。前期充足的降雨使沟道内松散物质充分饱水,土体结构及强度均已弱化,在 24 日,暴雨倾盆而下,短时间上游来水暴涨。从陡坎下跌的急速水流给下部梯田造成了巨大冲击,致使结构更为松散;同时耕地中的农作物迟滞了洪水的下泄速度,并由此给表浅层土体带来了很大的拖拽力;另外弯曲的河道及上游携带而来的树枝枯叶使得沟谷中壅水严重。在较厚水流盖层作用下,土层中孔压来不及消散,所造成的超孔压使得土体结构进一步松动,加上水流对表层的拖拽力及对土体后部的推力,使得梯田松散物质突然溃屈液化、启动形成泥石流。

3.2.2 沟道冲切-崩滑型泥石流

沟道冲切-崩滑型泥石流是指地表径流在纵坡坡降很大的沟道内以很快的速度飞奔而下,沿途冲切沟床、铲刮、掀走沟底松散物质形成挟沙水流并使沟谷“V”型化加速;同时急速水流在沟道拐弯位置冲剪凹岸进水口处和凸岸出水口处等两处谷坡,造成谷坡底部被掏空,在谷坡上部土体重力作用下发生崩滑;崩滑体物质与挟沙水流掺混后形成的泥石流。

1. 典型沟道描述

赤土店镇河西村后沟是一条典型的泥流沟(图 4)。该沟位于第四系土层中,未下切至基岩;流域面积 0.045 km²,沟全长近 300 m,平均纵坡坡降为 690‰,泥流暴发冲出方量近 150 m³,堆积物中夹杂着十多根树木,但未造成人员伤亡。后沟流域植被覆盖率很高,谷坡两侧全为第四系坡残积土;坡残积土层最厚处超过 3 m,除表层含有大量落叶树枝造成土层结构较为松散外,中下部土体强度均较好,自然谷坡坡度可 >45°,稳定性较好。另外,土层中含有近 10% 的砂砾,绝大部分粒径 <2 cm。发生泥流后,整条沟在平面上呈现宽窄相间,近似“糖葫芦”状,窄处节点位于乔木密度较大处。

2. 泥石流形成过程

河西村后沟平均沟床比降很大,在近 300 m 的沟道范围内,落差竟达 207 m。由于沟道位于植被茂密的地区,地表枯枝败叶较厚;在前期降雨期间,

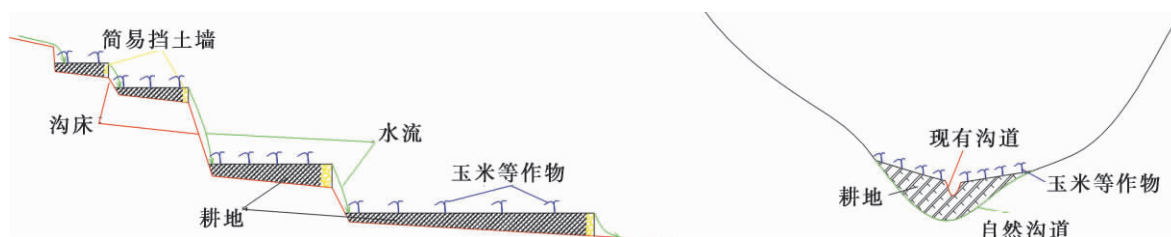


图2 上疙瘩沟纵断面及横断面示意图

Fig. 2 Longitudinal section and transverse section schematic diagrams of Shanggeda gully



图3 上疙瘩沟泥石流典型照片

Fig. 3 Typical photographs of Shanggeda gully debris flow

表层涵蓄了较多雨水,超过表层含蓄能力的水流。一部分下渗饱和下部土体,一部分就形成超蓄产流。土体饱和后强度降低很快,在谷坡形成小型溜塌或崩滑体,同时谷坡表层的片流又对谷坡进行侵蚀并将细颗粒带入沟内,这些细颗粒与沟内流水混合后就形成含沙量较小的挟沙水流。另外,随着沟道水流的增大,尤其是24日特大暴雨的影响,沟道凹岸进水口及凸岸出水口处所受剪力作用越来越大,最终造成这两处谷坡产生较大的崩滑体。崩滑后的土体混入沟道流水内并继续与沿岸崩塌的土体混合,最后终于完成了从挟沙水流到泥流的转变。借助690‰的有利坡降,泥流冲击力越来越大,沿岸掺混

的崩滑体物质也越来越多,最后将下游沟道及两岸根基较浅的乔木连根拔起冲出沟口。

3.2.3 坡面冲刷—沟道启动型泥石流

坡面冲刷—沟道启动型泥石流是指流域范围内植被覆盖率很高、物理地质现象不发育;物源为人工随意堆放在沟道两侧的矿渣。在强烈地表径流作用下,沟道两侧的松散矿渣颗粒被带入沟中且沿途汇集越来越多;在强大的水流作用下,从坡面冲刷而来的矿渣颗粒在沟道中重新启动并与流水掺混形成的泥石流。

1. 典型沟道描述

石庙镇石宝村扎子沟流域面积1.65 km²,沟长



图4 河西村后沟泥流典型照片

Fig. 4 Typical photographs of Hexi village Hougou gully debris flow

近 2.9 km, 纵坡坡降上陡下缓, 中、上游纵坡比降为 144 ‰, 下游纵坡比降为 71.5 ‰。该沟位于中山侵蚀地貌区, 山高谷深, 平均谷坡坡度 $>30^{\circ}$, 流域内植被覆盖良好, 物源主要为人工随意堆放的矿渣(图 5)。泥石流暴发时, 冲毁沿岸道路 2 km, 毁坏农田 8 hm²。

2. 泥石流形成过程

“7·24”特大暴雨在扎子沟谷坡区域形成流速很大的片流, 当其从沟道两岸高陡坡上流下遇到矿渣时便通过面蚀和沟蚀的方式将矿渣颗粒带入扎子沟。流入沟内的矿渣颗粒在上游高速水流作用下重新启动并与水流掺混形成挟沙水流, 进而破坏下游沟道自我保护层后席卷下游沟道矿渣沉积物, 形成规模可观的水石流。

3.2.4 冲击液化型泥石流

冲击液化型泥石流是指在沟道纵坡很平缓的沟道内, 因沟道两侧多处发育悬沟或高位崩滑体。在暴雨作用下, 沿途悬沟里的水流不断搅拌主沟里的松散堆积物, 再加谷坡高位处崩滑体的冲击, 使得沟道松散堆积物应力状态反复改变, 来不及调整自身应力的颗粒即刻被托举悬浮, 松散堆积体发生液化并与湍急的水流掺混而形成的泥石流。

1. 典型沟道描述

叫河乡瓦石岩沟流域面积 9.42 km², 全长约

7.5 km, 平均纵坡坡降 67.3 ‰, 沟道较为平缓。沟谷位于栾川高山侵蚀地貌区, 呈 V 字型, 属构造抬升区。区内岩层主要为下元古界陶湾组片岩, 另外在沟口位置有近 1 km 长第三系泥岩、砂岩及砾岩互层带。该带为叫河—陶湾大断裂带, 因此流域内构造挤压现象明显, 岩层非常破碎。主沟两侧支沟众多, 沿主沟支沟密度平均为 1~2 条/(100 m), 而且大多数都属于悬沟。特殊的地层及构造条件, 使得沟谷两岸中、高处时常发生崩滑现象, 沟道内积聚了不少松散堆积物(图 6)。

2. 泥石流形成过程

“7.24”之前, 当地已连续降雨半个多月, 瓦石岩沟及其两侧支沟内均形成了一定径流。7月24日, 叫河乡突降特大暴雨, 瓦石岩沟两侧的悬沟内水流大增而且流速也越来越快; 在其注入瓦石岩沟时, 给予沟道内悬沟附近的松散堆积物巨大的搅拌力; 同时, 谷坡两侧高位发生多处崩滑体, 崩滑体在落入瓦石岩沟时同样给予水下堆积物重大的冲击力(图 7)。在悬沟水流连续搅拌作用及谷坡高位崩滑体断续冲击力联合作用下, 水中松散堆积物应力环境急剧变化并发生悬浮、液化, 后与高速水流掺混形成水石流。

3.2.5 坡面崩滑型泥石流



图 5 石宝村扎子沟物源及堆积物特征

Fig. 5 Typical photographs of Shibao village Zhazi gully debris flow



图 6 瓦石岩沟水石流典型照片

Fig. 6 Typical photographs of Washiyan gully debris flow

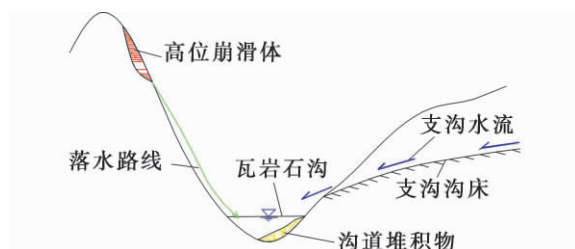


图7 瓦岩石沟典型横断面示意图

Fig.7 Transverse section schematic diagrams of Washian gully

坡面崩滑型泥石流即坡面泥石流,是指山坡高处某饱水土石体在重力作用下沿薄弱面发生崩滑,当崩滑体撞击坡面瞬时,土体内部孔压急剧上升并来不及消散而造成土体液化流动形成的泥石流。

1. 典型沟道描述

陶湾村8组泥石流属于典型的坡面泥石流,整个泥石流流域面积 0.02 km^2 ,长 141 m ,高差为 215 m ,平均纵坡坡降达 1524.8 ‰ (图8)。该区域主要为云母片岩,岩体浅表层裂隙发育;在坡体表层还有一定厚度的坡残积层,最厚可达 1.5 m 。在7月24日发生泥石流,泥痕最大溅高近 10 m 。

2. 泥石流形成过程

在泥石流暴发之前,当地已降雨半个多月,充足的前期有效降雨将坡体浅表层岩土体充分饱水,土体强度出现劣化。在7月24日,特大暴雨使坡体重度进一步加大,土体沿薄弱面发生崩滑。崩滑体冲击坡面后迁就原有小冲沟,沿着坡面小冲沟飞奔而下并铲刮冲沟两岸第四系堆积物,使得泥石流方量越来越大,冲沟也就越展越宽。

3.2.6 尾矿溃决型泥石流

尾矿溃决型泥石流是指尾矿库尾矿坝在暴雨作用下,发生溃决;前期已饱水矿渣因瞬时失去支挡进而宣泄而出,与库区及沟道水流掺混所形成的泥石流。

1. 典型沟道描述

干江沟流经冷水镇和石庙镇,流域面积 6.52 km^2 ,全长 2.7 km ,平均纵坡坡降为 259.3 ‰ 。沟道中、上游岩层为花岗岩,下游为云母片岩。尾矿库修建在花岗岩区,库岸周边花岗岩风化严重,卸荷裂隙发育;加上人工粗糙的爆破技术,使得库岸边坡产生很多崩塌体,巨型的花岗岩块直接滑落入尾矿库渣体内(图9)。据沟口居民回忆,发生泥石流后,沟口堆积体中出现了数个长度超过 10 m 的花岗岩块。



图8 陶湾村8组坡面泥石流典型照片

Fig.8 Typical photographs of Taowan village slope debris flow



图9 干江沟矿渣型泥石流典型照片

Fig.9 Typical photographs of Ganjianggou gully debris flow

2. 泥石流形成过程

前期降雨及“7·24”当天特大暴雨使得尾矿库上游来水量明显增多,库水位迅速抬高。尾矿坝坝后压力也急剧升高。当坝体强度达到极限后,终于崩溃。库区内的矿渣与雨水如同脱缰的马驹一样奔泻而下并互相掺混,形成泥石流流体。呈流塑状的泥石流浆体托起并搬运内部大的花岗岩块体,同时将席卷干江沟所俘获的河流堆积物一起携带堆积在沟口位置。

3.2.7 复合型泥石流

复合型泥石流是指兼具以上两种或多种成因形成的泥石流。其代表性泥石流沟为七姑沟,七姑沟属于坡面冲刷-沟道启动型、沟道冲切-崩滑型及沟道拖拽型等复合型。该沟发源于石庙镇观星村伏牛山老界岭,属于伊河一级支流,全长 13.6 km,流域面积为 48 km²,平均纵坡坡降 93.4‰,支流众多。整个流域位于三川-栾川复向斜南翼,叫河-陶湾-后坪断裂横穿沟道。虽然区内植被覆盖率较高,但地质条件较复杂,人类活动影响较大,物源丰富。该沟历史上曾多次发生泥石流,2010-07-24 又暴发一次,该次泥石流堆积方量约 $30 \times 10^4 \text{ m}^3$,累计经济损失 1.68 亿元,灾情严重。

4 结论

通过对栾川县 31 个泥石流灾害点的野外调查及工程地质分析,本文按泥石流启动模式对泥石流进行了分类,认为栾川县“7·24”区域泥石流可以归纳为如下 7 种类型:沟道拖拽-溃决型、沟道冲切-崩滑型、冲击液化型、坡面崩滑型、坡面冲刷-沟道启动型、矿渣溃决型及其复合型。

该分类是依据栾川县泥石流特点进行的,其详细刻画了栾川县泥石流启动模式,不仅对栾川县泥石流研究、泥石流灾害防治具有重要的指导和参考价值,而且对相似工程地质条件地区泥石流研究也将具有重要的借鉴意义。

感谢:本次野外调查,中国地质大学(武汉)工程学院李才、钱玉智、陈鹏宇及河南省地质工程勘察院王邦贤、左伟参与了大量的野外调查及室内整理工作;河南省地质工程勘察院左正金、朱新春两位专家进行了大力指导。另外,栾川县地矿局提供了大力协助。在此,一并感谢!

参考文献(Reference)

- [1] Institute of Mountain Hazards and Environment, CAS. Debris flows in China [M]. Beijing: The Commercial Press 2000: 60-70 [中国科学院水利部成都山地灾害与环境研究所. 中国泥石流 [M]. 北京: 商务印书馆 2000: 60-70]
- [2] Yao Yijiang. Type and distribution of debris flow on slope surface and its prevention [J]. Soil and Water Conservation in China, 1991, (9): 26-27-120 [姚一江. 坡面泥石流的类型、分布规律及防治 [J]. 中国水土保持, 1991 (9): 26-27]
- [3] Chen Jiangping, Zhang Qinxin, Wu Guangjin. Classification and mechanism analysis of 1991's Beijing debris flow [G]// Selected Papers of the Geological Congress, China's fourth project (I). Beijing, 1992: 441-447 [陈建平, 张钦喜, 吴关今. 1991 年北京泥石流的形成机制与分类 [G]// 第四届全国工程地质大会论文集 (一). 北京, 1992: 441-447]
- [4] Tang Hongmei, Weng Qineng, Wang Kai, et al. Research on substances startup types and mechanisms of debris flows in impact-deposit debris flow valleys (II) [J]. Journal of Chongqing Jiao Tong University 2001 20(2): 69-72 [唐红梅, 翁其能, 王凯, 等. 冲淤变动型泥石流沟中物质启动类型及机理研究 (II) [J]. 重庆交通学院学报 2001 20(2): 69-72]
- [5] Ni Huayang, Tie Yongbo, Su Pengcheng. Classification and disaster prevention system of debris flows induced by waste dumps [J]. Resources & Industries 2011, 13(3): 103-109 [倪化勇, 铁永波, 苏鹏程. 矿渣型泥石流分类与灾害防治体系 [J]. 资源与产业, 2011, 13(3): 103-109]
- [6] He Zhibiao, Wang Shuyan. Debris flows classification and railway alignment design [G]// China's first engineering geology Conference Selected Papers. Suzhou, 1979: 57-65 [何志彪, 王淑彦. 泥石流分类与铁路选线 [G]// 全国首届工程地质学术会议论文集. 苏州, 1979: 57-65]
- [7] Chen Xunqian. Classification of debris flow in Xiaojiang watershed [J]. Soil and Water Conservation in China, 1984 (11): 32-34 [陈循谦. 小江流域泥石流分类与特征 [J]. 中国水土保持, 1984, (11): 32-34]
- [8] Jing Shaohua. Classification, grade and engineering prevention of debris flow [J]. Bulletin of Soil and Water Conservation, 1985, 5(1): 9-12 [荆绍华. 泥石流的类型和等级及工程防治 [J]. 水土保持通报, 1985 5(1): 9-12]
- [9] Gao Xiang. Types of debris flows and the preventive measures in Ganluo County [J]. Bulletin of Soil and Water Conservation, 1988, 8(4): 35-43 [高翔. 甘洛县的泥石流类型和防范措施 [J]. 水土保持通报, 1988 8(4): 35-43]
- [10] Xie Hong, Zhong Dunlun, Wei Fangqiang, et al. Classification of debris flow in the mountains of Beijing [J]. Journal of Mountain Science, 2004 22(2): 212-219 [谢洪, 钟敦伦, 韦方强, 等. 北京山区泥石流的分类与类型 [J]. 山地学报 2004 22(2): 212-219]
- [11] Zhang Ni, Liang Shouyuan, Zhong Xiumei. On the relationship between the type of debris flow and fractal characteristics of landform [J]. Journal of Engineering Geology, 2010, 18(5): 664-668 [张妮, 梁收运, 钟秀梅. 泥石流类型与地貌分形特征的关系研究 [J]. 工程地质学报 2010, 18(5): 664-668]

Classification of “7·24” Rainstorm Debris Flow Based on Start-up Model in Luanchuan County of Henan , China

SHAO Lianfen^{1 3} , PENG Zuwu¹ , WANG Shounan^{1 2} , DAI Wei¹ , HU Yuanyuan² , YU Hongming¹

(1. China University of Geosciences , Wuhan 430074 , China;

2. Henan Province Institute of Geological & Prospecting Engineering Zhengzhou 450001 , China;

3. Huanghuai University Zhumadian 463000 , China)

Abstract : In July 2010 , there had being continuous raining for half month in Luanchuan County of Henan province , China. Yet heavy rain was falling on 24th , which resulted a regional debris flow happened. The whole 14 towns of Luanchuan County suffer loss that left 68 people dead 21 people missing and caused a total direct economic loss of 19.8 billion yuan(RMB) . In order to give some reasonable suggestions to local government for debris flow prevention and treatment , methods of field investigation and engineering geological analysis were took to study the 31 disaster points of this regional debris flow event. The investigation found there are abundant debris types in this event , such as mudflow , debris flow and water-rock flow. In topography classification , debris flows are often slope type , but water-rock flows are almost gully type. Yet mining industry developed in Luanchuan county , so mine waste debris flow developed and typical and most of them broke out since tailings dam busted. Codes classification can't give specific suggestions to debris prevention and treatment as Luanchuan county debris broke in large area and types were rich , but start-up mode classification can. So based on previous research and project investigation analysis , these debris flow points were divided into seven types based on start-up model. They are dragging and busting joint action model , punching and slumping joint action model , impacting induced liquefying model , slope slumping model , slope washing and gully start-up joint action model , tailings busting model and combinational model , respectively. Moreover , detailed analysis of seven typical debris points , which belongs to the seven debris types , was conducted.

Key words: Luanchuan County; rainstorm debris flow; start-up model; classification