

文章编号: 1672-3031 (2004) 02-0115-05

山洪灾害特性及其防治对策

徐永年¹, 曹文洪¹, 周新福², 王力¹

(1. 中国水利水电科学研究院, 北京 100044; 2. 湖南省郴州市水利局, 湖南 郴州 423000)

摘要: 本文通过山洪及泥石流灾害实例调查, 分析了山洪及泥石流灾害的特性, 总结了从降雨到灾害形成的5种途径: (1) 集中暴雨诱发滑坡体的高速滑动, 滑坡体堵塞溪流形成溃决泥石流; (2) 集中暴雨诱发陡坡崩塌, 崩塌土流动化形成泥石流; (3) 溪流河床累积性淤积, 水位抬高山洪漫溢; (4) 长历时暴雨形成山洪, 两岸崩塌后退; (5) 人为弃渣或前期松散堆积物在暴雨过程中形成泥石流。由于山洪灾害形成过程不同, 成灾范围及其严重性相差较大, 必须采取与之对应的防治措施, 才能达到预期的效果。

关键词: 暴雨; 山洪泥石流; 形成过程; 防治措施

中图分类号: P642.23

文献标识码: A

在陡峻的地形和充足的降雨条件下, 极易形成山洪, 并在松散堆积物丰富的溪沟里诱发泥石流。

2003年, 四川省泥石流灾害惨重, 最为严重的是7月11日晚23时05分~23时30分, 丹巴县巴底乡邛山沟泥石流导致51人失踪和死亡; 其次为8月25日晚8时30分~次日凌晨1时, 5h降雨228mm, 雅安市荥经县泥石流暴发导致21人失踪和死亡。此外, 6月20日1时, 凉山州普格县采阿咀沟暴发泥石流导致10人死亡。6月26日凌晨, 丹巴县暴发泥石流, 14人死亡和失踪; 7月15日, 广元市旺苍县泥石流造成6人死亡、4人失踪; 8月9日7时30分, 汶川县克枯乡下庄村, 特大泥石流造成1人死亡、10人失踪。另外, 局部泥石流灾害较多, 估计死亡人数超过20人。在不到3个月的时间内, 仅四川省因泥石流灾害夺去了137条生命, 经济财产的损失难以估量。

随着大江大河堤防加固, 平原地区防洪能力有了很大提高, 但山洪泥石流等局部灾害问题日益突出, 特别是人员伤亡严重^[1]。例如: 湖南省1996年, 沅水、资水和洞庭湖发生大洪水, 湖区溃决大小堤垸145个, 死亡170人, 而山丘区因暴雨山洪诱发山体滑坡、泥石流或倒塌房屋等死亡达574人; 1998年洞庭湖区发生仅次于1954年的全区性大洪水, 因灾死亡121人, 而山丘区因山洪死亡214人; 1999~2002年, 平原地区没有洪灾, 但山区洪水泥石流灾害却每年发生, 仅2002年郴州市“8·8”山洪灾害就死亡99人。所以, 研究山洪泥石流及其防治对策具有非常重要的现实意义。

山洪灾害的多发性和严重性是由其特有的地理环境决定的, 并与经济、社会发展状况密切相关。山洪泥石流灾害高风险区人口密度的增加、资产额度的提高, 也是灾害损失增加的重要原因。

1 山洪灾害的特性

山洪具有突发性、水量集中、破坏力大等特点, 危害很大。山洪及其诱发的泥石流、滑坡, 常造成人员伤亡, 毁坏房屋、田地、道路和桥梁等, 甚至可能导致水坝、山塘溃决, 对国民经济和人民生命财产造成严重危害。例如, 1999年, 湖南郴州“8·13”特大山洪灾害, 从8月12日20时~13日8时降水达200mm, 到13日20时24小时累计降水量达295mm。暴雨成灾时间大约为13日凌晨5时左右。郴江河两岸300~500m范围内的地段全部浸水, 最深处达7m。洪水所到之处一片汪洋, 不但物

收稿日期: 2003-11-18

基金项目: 中国水利水电科学研究院前期科研专项(泥集03KY06)

作者简介: 徐永年(1961-), 男, 浙江长兴人, 高级工程师, 博士, 从事泥沙灾害防治对策的研究。

E-mail: xzc805@iwhr.com.

资被洗劫一空，更为惨痛的是有的人在睡梦中便被洪水冲走，有的则被关在卷闸门中无法逃生而被活活淹死。山洪夹带大量泥石直泻而下，沿河两岸大量建筑物被毁，河堤多处坍塌，横跨郴江的苏仙大桥等 20 多座桥梁被冲毁，成灾速度非常快，几乎令人猝不及防^[1]。

又如，贵州习水县城北 15km 处的长嵌村附近的龙蛇子沟流域面积 0.917km²，流域最大高差 800m，主沟长 1729m，主沟平均比降 46.3%，流通区段平均比降为 32.3%。2003 年 20~24 日的降雨量达到 37mm，表层紫色土和沟床的松散土体含水饱和或接近饱和，25 日凌晨 1 点，在 31mm/10min 的强降雨的作用下，由暴雨激发沟床物质的土源导致罕见的山洪泥石流暴发。沟床两侧 4.91 万 m³ 的松散固体物质部分起动，形成泥石流，房屋毁坏 2 幢，死亡和失踪人数达 24 人，汽车 1 辆，堵塞桥涵，堵断干流 2/3。

通过对实例调查分析，山洪及泥石流灾害具有以下五大特性。

(1) 季节性 汛期 4~9 月，特别是主汛期 6~8 月，是山洪灾害多发期。在同一流域，甚至同一年内有可能会发生多次山洪灾害。所以，具有季节性强、频率高的特征。

(2) 突发性 山丘区小流域因流域面积和沟道调蓄能力小，沟道坡降大，流程短，洪水持续时间较短，但水位涨幅大、洪峰流量高，洪水过程呈尖瘦峰型，如图 1 所示。降雨产流迅速，一般只有数小时，产流到出现洪峰流量也只有十几小时，其洪水特征是陡涨陡落，最大洪峰模数达到平均洪峰模数的数倍至十几倍。由于激发山洪的暴雨具有突发性，导致山洪灾害的突发性，山洪暴发历时很短，成灾非常迅速，在山洪过境瞬间已造成巨大损失。

(3) 毁灭性 泥石流发生与前期降水和暴雨强度，特别是与 10min 或 1h 的强暴雨有着十分密切的关系。突降大暴雨常常诱发泥石流灾害，如图 2 所示。泥石流具有很大的瞬间流量，流速大、冲刷强、含沙量高、破坏力大、危害重，其破坏形式主要有冲刷、溃决、撞击、淤埋、淹没。因泥石流都发生在陡峻的山区，一次泥石流总量不大，造成大面积灾害的可能性较小，但泥石流对沟岸的建筑物具有毁灭性的破坏作用。泥石流灾害往往对水利、交通、电力、通信等基础设施造成毁灭性的破坏。泥石流淤埋的农田，几年甚至十几年都难以恢复。泥石流灾害对本来不太发达的山区经济无疑是雪上加霜。

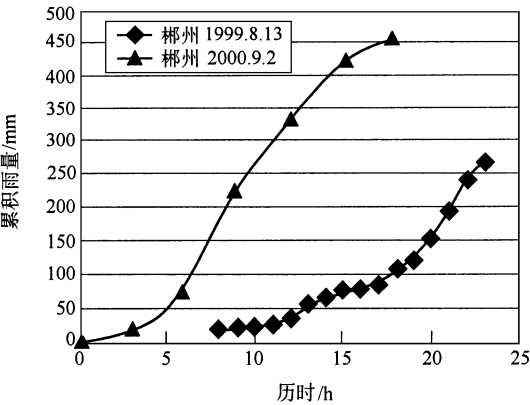


图 1 持续暴雨形成山洪灾害

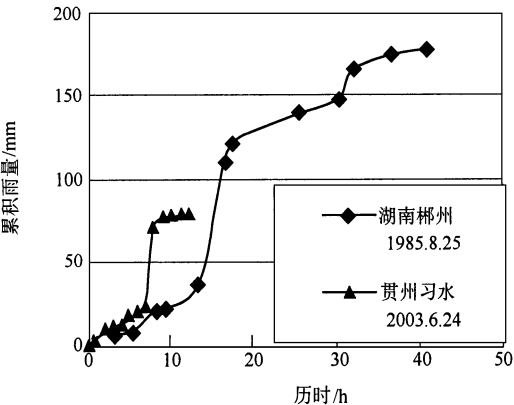


图 2 突降大暴雨诱发泥石流灾害

(4) 群发性 溪流源头或沟谷两侧具有较高的临空面，经常出现崩塌。复杂的地质结构、大量地表松散固体物质是加剧泥石流灾害的重要因素。在暴雨中心范围内，前期崩塌形成的松散堆积物，在暴雨作用下各支沟同时形成泥石流。如 1972 年 7 月 27 日北京怀柔受台风影响，在黑坨山、云蒙山一带迎风坡山区形成特大暴雨^[2]，降雨历时达 40h，24h 雨量达 479mm，最大降雨强度达 114mm/h。据灾后统计，怀柔区发生大小崩塌点 500 多处，其中 37 条支沟形成了规模较大的泥石流，延庆四海乡也有 4 处形成泥石流。泥石流均集中在降雨强度超过 60mm/h 的区域，如图 3 所示。

(5) 易发性 由于山区经济发展相对落后，预警预报设施不完善，不能及时采取有效措施减少洪灾损失。加之对山洪灾害的规律性研究不够，没有定量判别标准，以往的山洪灾害防御预案操作性不

强，山洪灾害预见性差，防御难度较大。另外，山区群众习惯于依山傍水建设家园，也容易产生山洪灾害。

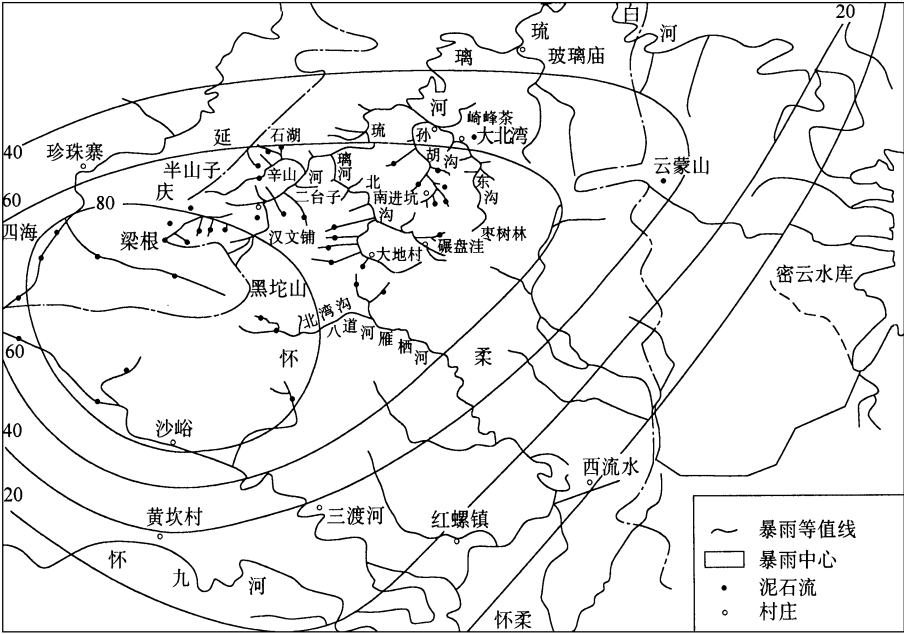


图3 暴雨等值线与泥石流易发区

2 山洪灾害的类型及形成过程

山洪是发生在山区溪流中快速、强大的地表径流现象, 是特指发生在山区流域面积较小的溪沟或周期性流水的荒溪中, 为历时较短, 暴涨暴落的地表径流。山洪可分为一般山洪、高含沙山洪、稀性泥石流和稠性泥石流^[3,4]。一般山洪流体的密度 $< 1.1\text{t/m}^3$ 、高含沙山洪为 $1.1\sim 1.3\text{t/m}^3$ 、稀性泥石流为 $1.3\sim 1.8\text{t/m}^3$ 、稠性泥石流 $> 1.8\text{t/m}^3$ 。全面分析山洪及泥石流灾害的形成过程, 有助于对其危险性作出正确评价, 提出超前预防措施和有效治理对策。从降雨到灾害形成可分5种成灾类型, 如图4所示。

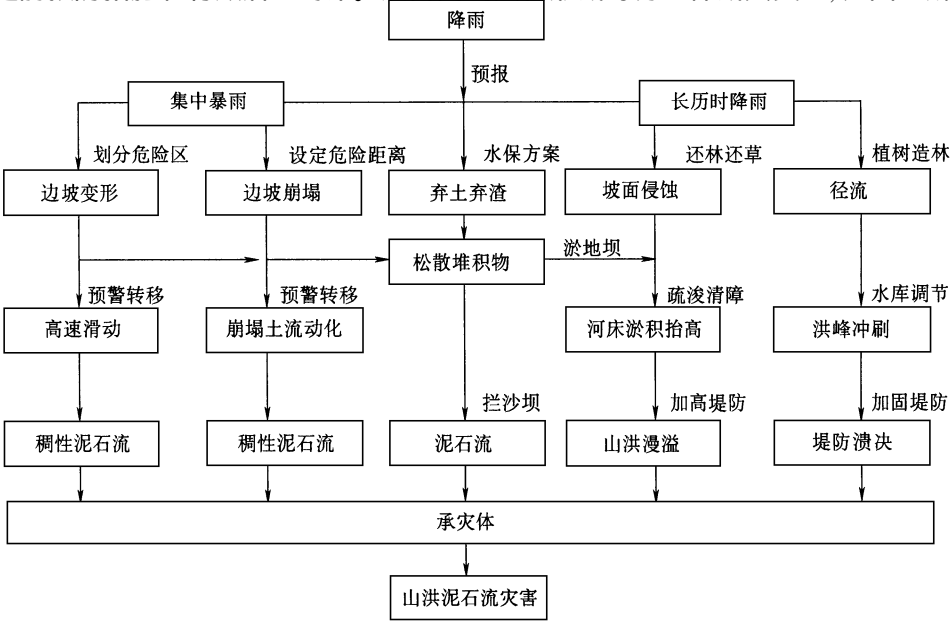


图4 山洪及泥石流灾害形成过程及防治措施

(1) 高速滑坡型 滑坡体与下垫层间出现超载孔隙水压力, 且不能及时消散, 减小了块体重量。当超载孔隙水压力较大时, 滑坡体自重形成的正压力 σ 与超载孔隙水压力 u 之间的压差 αu 较小, 起到减阻的作用, 滑坡体达到快速滑动^[4]。在滑动过程中, 由于滑坡体与下垫层之间存在超载孔隙水压力, 虽然摩擦系数 $\tan \varphi_u$ 不变, 但摩擦力 $(\sigma - u) \tan \varphi_u$ 减小。块体在运动过程中与土层间出现超常孔隙水压力有两个条件: 一是快速加载, 也就是块体在剪出口滑出的速度较大, 高速滑动的块体惯性较大; 二是块体的形状, 保持块体与土层间的孔隙水压力不马上消散。

当 $u \rightarrow \sigma$ 时, 超载孔隙水压力基本克服了块体自重, 在饱和度较高的土层上高速滑行。

(2) 崩塌流动型 松散崩塌土能否流动化取决于土体含水状态、坡前纵坡、以及运动中与水流的掺混程度。松散崩塌土在运动过程中与水流不断掺混, 摩擦系数减小, 当松散崩塌土的含水量达到限时, 才能从滚动、滑动转化成流动, 所以, 松散崩塌土流动主要是与水流的充分掺混^[4]。

当 $\omega \rightarrow \omega_l$ 时, 前期松散堆积物趋于饱和, 崩塌土转化成泥石流。

(3) 淤积漫溢型 由于山区人口的不断增加, 地势平坦的沟口成为山区群众居住的场所。而推移质泥沙使沟口冲积扇淤积抬高。一旦山洪陡涨, 来势凶猛, 河床来不及冲刷下切, 洪水位迅速上升, 形成灾害。湖南郴州 1999 年“8·13”特大山洪灾害, 由于暴雨持续时间长、强度大, 致使郴江河水陡涨, 从 13 日 02 时至 10 时, 平均以每小时近 1m 的速度上涨, 水位涨幅 7.59m, 最大涨率达 1.57m/h, 最高洪水位达 153.93m, 最大洪峰流量 1200m³/s。由于水位陡涨, 洪水漫溢, 沿河两岸成了行洪道, 致使行驶在沿道路上的汽车有的连人带车被卷走, 有的被急流所掀翻。

流量不断增加, 水位持续上升, 同流量水位抬高与河床累积性淤积有关。

(4) 冲刷崩岸型 由于山区村镇常常位于山前区溪河两侧, 依山傍水, 给山区人民带来生活的方便。但河岸物质一般为疏松沉积物, 呈二元结构的特征, 上部为黏土或亚黏土, 下部为细沙、中沙或沙砾, 抗冲性较差。山区溪河底部一般为卵石河床, 抗冲能力较强。不易冲刷下切, 只能冲刷拓宽。湖南郴州 2002 年“8·8”特大山洪灾害, 南溪镇临河一排店铺被水流从底部淘空后一扫而光。

当岸边抗冲能力小于河底, 出现冲刷崩岸型山洪灾害。

(5) 松散堆积物型 在暴雨过程中, 平时没有水流的溪沟产生较大的洪水, 山洪具有很大的输沙能力, 不但从沟床中补充泥沙, 水流的输沙率不断增大, 底部推移质泥沙输移带渐渐扩散到整个断面, 这时形成泥石流。只要有松散堆积物的存在, 具有一定长度、较大比降的溪沟常常形成泥石流。

当山洪输沙密度沿断面垂线基本呈现均匀分布时, 山洪从推移质输沙变化为泥石流。

3 山洪灾害的防治对策

根据山洪及泥石流形成过程示意图, 按降雨到灾害的形成过程大致可分为 5 种成灾类型^[5]。分别为高速滑坡型、崩塌流动型、淤积漫溢型、冲刷崩岸型和松散堆积物型。由于不同类型灾害的形成过程各异, 在治理过程中要分别采用相应措施, 如图 4 所示。

(1) 高速滑坡型 从集中暴雨一边坡变形—滑动—高速运行—灾害形成的过程中, 滑坡区域有较为明显的变形过程, 在灾害发生前有预兆, 滑坡体后缘有明显的裂缝, 前缘有局部小型崩塌。可以通过勘测调查确定滑坡危险区域, 在危险区域内严禁各种形式的人类活动。由于滑坡体在高速滑动中破碎形成泥石流, 在滑坡体下游相当范围内应设定为警戒区, 超过临界雨量时采取紧急转移的措施。

(2) 崩塌流动型 从集中暴雨到边坡崩塌的过程较快, 一般事前无预兆, 按边坡稳定性计算也只能作出相对稳定与不稳定之分。在降雨过程中稳定性系数不断变化。一般可以确定崩塌土能够到达的最远距离, 将该距离之内设定为危险区, 严禁在此范围内建设永久建筑物。边坡崩塌后形成松散堆积物, 暴雨过程中崩塌土流动化形成稠性泥石流, 应将可能出现泥石流流动的区域划定为警戒区, 当暴雨超过临界雨量时采取紧急转移的措施。

(3) 淤积漫溢型 松散堆积物在长历时降雨过程中向沟口大量输送, 使沟口淤积严重。同时, 坡面植被在滥砍滥伐中减少, 坡面侵蚀模数较大, 沟床淤积抬高。另外, 人为侵占河道、行洪断面减

小,一旦山洪到来,河床又来不及冲刷下切,山洪水位升高,漫溢造成山洪灾害。治理淤积漫溢型灾害,一是采取植被措施,减少坡面侵蚀;二是疏浚河道,清除障碍物;三是加高堤防,提高行洪标准。

(4) 冲刷崩岸型 长历时降雨会形成很大的径流,流量暴涨。由于卵石河床难于冲刷下切,洪峰水流淘刷两岸底部,产生崩岸,并不断拓宽,崩岸后退形成山洪灾害。治理冲刷溃决型灾害的最有效方法是上游修建水库,拦截洪峰;其次是护岸或加固护村埝。

(5) 松散堆积物型 控制泥石流暴发的主要对策是减少流域内固体物质的积储,其根本措施是减少地表侵蚀。对于天然坡面的表面侵蚀,主要依靠还草还林、改变坡地耕作方式等措施来控制;来自沟床冲刷及陡坡崩塌等的侵蚀,需要采取各种形式的工程措施加以控制。在沟道中修建拦沙坝,只能使局部地形坡度减缓,一个坝所能控制的距离很短。常需在沟道上修建多个淤地坝。对开发建设等人类活动产生的松散堆积物,建拦沙坝拦截起来,或者,限制人类的某些活动等措施才能有效治理泥石流沟。

4 结语

山洪灾害不断加重的趋势与人类活动的影响密切相关。通过提高防洪标准、调整人类活动方式、增强山区群众防灾减灾意识,可以达到减少山洪灾害发生频率或减轻其危害的目的。应对不同类型的山洪灾害必须采取不同的、与之相应的防治对策,才能达到预期的效果。在山洪防治规划中,近期宜以工程措施和非工程措施相结合为主,远期以植物措施为主。

参 考 文 献:

- [1] 胡秋发,等编写. 湖南省山洪灾害防治规划报告[R],长沙:湖南省水利水电勘测设计研究院,2002.
- [2] 怀柔区水资源局. 怀柔水旱灾害[M],北京:中国水利水电出版社,2000.
- [3] 徐永年,匡尚富,黄永健,等. 崩塌土流动化机理的实验研究[J],水利学报,2002,(10):86-91.
- [4] 王礼先,于志民,编著. 山洪及泥石流灾害预报[M],北京:中国林业出版社,2001.
- [5] 徐永年,等. 湖南省郴州市山洪灾害危险性评价及防治对策[R],北京:中国水利水电科学研究院,2003.

Characteristics and preventive measures of torrential flood disasters

XU Yong-nian¹, CAO Wen-hong¹, ZHOU Xin-fu², WANG Li¹

(1. Dept. of Sedimentation, IWHR, Beijing 100044, China;

2. Chenzhou Water Resource Bureau, Chenzhou 423000, China)

Abstract Based on investigation of actual torrential flood disasters, the authors analyzed the characteristics of torrential flood disasters. The formation processes of torrential flood disasters can be classified as follows: (1) sliding bodies due to concentrated rainstorm clog brooks and induce debris flow; (2) colluvial soil due to concentrated rainstorm flow forms debris flows; (3) stream bed has been cumulatively deposited and torrential flood flows over banks; (4) longtime rainstorm scour banks and induce bank collapse; (5) previously manmade loose deposit and dump form debris flow during rainstorm. The authors put forward some preventive measures against different types of torrential flood disasters.

Key words: rainstorm; torrential flood disasters; generating processes; preventive measures

(责任编辑:李福田)