

太行山区泥石流暴发的临界雨量判别式研究^{*}

王 滨^{1,2,3}, 张发旺¹, 陈 立¹, 于开宁², 张文宗³

(1. 中国地质科学院 水文地质环境地质研究所, 石家庄 050061; 2. 石家庄经济学院工程学院, 石家庄 050031; 3. 河北省气象与生态环境实验室, 石家庄 050031)

摘 要: 太行山区泥石流为典型的暴雨激发- 崩滑转化型泥石流, 泥石流的形成经历了两个过程: 沟壁岩土体崩滑过程和暴雨激发泥石流发生过程。前期降雨诱发的崩滑松散堆积物和激发期暴雨积聚的洪水构成了泥石流发生的两大初始激发条件: 初始激发物源条件和初始激发动力条件。因此, 基于前期降雨量和激发期降雨量建立的泥石流暴发判别模型符合太行山区泥石流的激发条件, 经对比验证, 根据太行山区典型泥石流暴发前 20 日降雨量和暴发当日降雨量数据拟合建立的临界雨量判别式与实际情况基本吻合, 可以为泥石流的预测预报提供判据和参考。

关键词: 泥石流; 临界雨量判别式; 太行山区

中图分类号: P642.23 文献标识码: A 文章编号: 1002-3409(2009)05-0213-03

Study on Critical Activating Rainfall Discriminant of Debris Flow in Taihang Mountain Area

WANG Bin^{1,2,3}, ZHANG Fa2wang¹, CHEN Li¹, YU Ka2ning², ZHANG Wen2zhong³

(1. Institute of Hydrogeology and Environmental Geology, GAGS, Shijiazhuang 050061, China; 2. Engineering College, Shijiazhuang University of Economics, Shijiazhuang 050031, China; 3. Lab for Meteorology and Environment of Hebei Province, Shijiazhuang 050031, China)

Abstract: The debris flow in Taihang Mountain area is the rainstorm activating and dilapidation- landslide evolved style. The forming process contain two parts, that one is rock avalanche and landslide of side wall of valley, and the other is debris flow forming activated by rainstorm. The loosening dilapidation- landslide accumulation caused by forepart rainfall and the flood caused by activating rainfall are two initial activating conditions: the initial activating substance condition and dynamic force condition. Therefore, the debris flow discriminant model based on the the forepart rainfall and activating rainfall accords with the activating conditions of debris flow in Taihan Mountain area. As comparing the true value and the value calculated by the critical rainfall discriminant of debris flow, which is established by the forepart rainfall and activating rainfall of typical debris flow in Taihang Mountain area, the result shows the two values agree with. Thus, it is proved that the critical rainfall discriminant can be used for debris flow prediction.

Key words: debris flow; critical rainfall discriminant; Taihang Mountain area

太行山区为河北省泥石流暴发的重灾区, 区内地质构造强烈, 节理裂隙发育, 地层古老, 基岩破碎, 沟谷深切狭窄, 暴雨集中, 崩塌滑坡频发, 这就为泥石流的暴发准备了物源和动力条件。区内泥石流在时间分布上大多集中在每年的 7 月下旬至 8 月上旬的强暴雨期间, 尤其多发生在暴雨的中心地带^[122], 在空间上多发生在 500~ 1 000 m 的中低山, 山坡坡度大, 沟道较短, 沟床比降大的沟谷内。每年雨季频发的泥石流严重危害了当地居民的生产生活, 甚至

生命财产安全。因此, 研究区内泥石流的暴发条件, 建立泥石流暴发的判别式, 对于当地的减灾防灾具有重要的意义。

1 太行山区泥石流暴发的初始激发条件

1. 1 泥石流的初始激发形成过程

选取 1953 年以来暴发的 34 条典型泥石流沟进行分析, 尤其是对 1989 年 7 月 22 日河北省满城县西高士庄刘黄沟^[3], 1996 年 8 月 4 日河北省涉县鹿头乡

^{*} 收稿日期: 2009-04-14
基金项目: 河北省气象与生态环境实验室重点资助项目(Z- 0602)
作者简介: 王滨(1974-), 男, 山东阳谷人, 副教授, 博士生, 主要从事环境地质灾害方向的研究与防治工作。E2mail: 2020wb@163.com
通信作者: 张发旺(1965-), 男, 河北深州人, 博士, 研究员, 从事水文地质、矿山环境地质方向的研究工作。E2mail: fawangzhang@sina.com

谷几沟^[4]、河北省元氏县佃户营村圈门沟和代家沟^[5]、1999 年 8 月 14 日河北省平山县下瓦岔村东沟^[6]等泥石流进行深入研究,发现区内泥石流多为暴雨激发崩塌或滑坡转化而成。即在太行山区,暴雨首先诱发沟道边坡岩土体的崩塌或滑坡,崩滑物与雨水

汇集形成的洪水相混合,激发形成初始泥石流。

因此,太行山区泥石流灾害的初始形成经历了沟壁岩土体崩滑发生过程和暴雨激发泥石流形成过程^[7],如图 1 所示, a, b, c 表示沟壁岩土体的崩滑过程, d 表示初始泥石流激发形成过程。

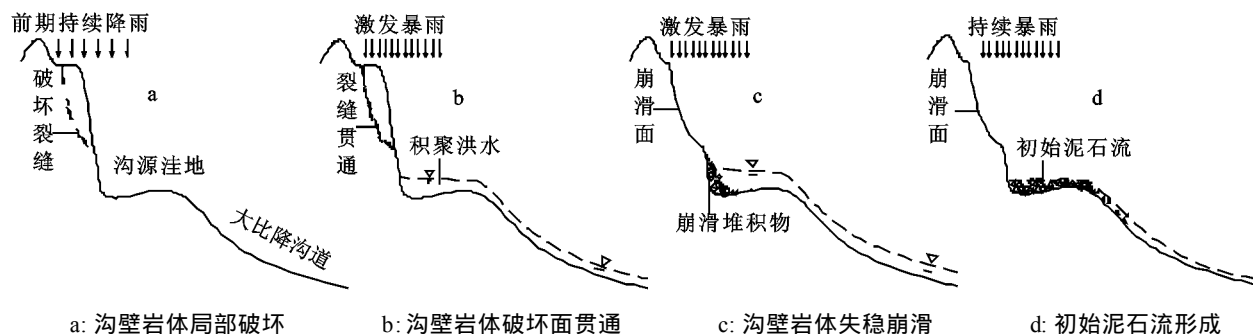


图 1 太行山区泥石流形成过程示意图

如 1989 年 7 月 22 日,河北省保定地区暴雨,在流域面积仅为 0.097 km^2 的满城县西高士庄刘黄沟,暴雨首先诱发 240 多立方米边坡滑塌物,22 日下午 14:00 激发泥石流形成,造成 6 人死亡,11 人重伤^[3];1996 年 8 月 2-4 日太行山中南段普降暴雨,24 h 降雨量达 223 mm,8 月 4 日 8 时,河北省涉县谷几沟源左侧第一支沟陡坡梯田突然发生滑坡,滑坡的岩土体注入主沟道,阻断泄洪通道,形成类似堰塞湖的状态,9 时许洪水冲破滑坡塌积物,并与其岩土体相混合形成初始泥石流,造成 28 人死亡^[4];1999 年 8 月 13-15 日,河北省平山县西部太行山区连降暴雨,14 日晚 20 时,下口乡下瓦岔村伴随着下瓦岔主沟源头边坡崩塌的一阵沉闷巨响,泥石流瞬间暴发,造成 26 人死亡^[6]。

1.2 泥石流形成的初始激发条件

泥石流的发生离不开物源条件和动力条件,其中初始物源和初始动力是泥石流最初激发的原始条件,决定着泥石流的成因和激发机制;而持续物源和持续动力则决定着泥石流的运移特征、堆积特征和破坏强度。因此分析泥石流暴发的初始激发物源条件和初始激发动力条件是预测预报泥石流暴发的关键。

(1) 初始激发物源条件。由太行山区泥石流灾害形成过程可知,泥石流均伴随着沟谷源头侧壁岩土体的崩塌或滑坡等地质灾害的形成而发生,崩塌或滑坡形成的松散堆积物在沟源堆积,构成泥石流形成的初始激发物源。

太行山区岩层古老,岩体极为破碎,沟道源头侧壁的岩土体在雨季来临后经雨水长时间浸泡,从非饱和状态转为超饱和状态,岩土体抗剪强度降低,稳定性变差。同时雨水沿节理裂隙下渗过程中冲刷带走细颗粒物,增大裂隙水压力,使崩塌和滑坡形成的危险性提高。在随即而来的强暴雨激发下,该部分

岩土体极易失稳破坏,形成崩塌或小型滑坡,崩滑物直接与沟源洼地内积聚的洪水混合激发泥石流初始形成,或暂时松散堆积阻塞行洪通道形成类似堰塞湖的构造,最后溃决激发初始泥石流形成。

(2) 初始激发动力条件。太行山区植被覆盖率差,许多沟道和沟谷两侧山坡基岩裸露,坡面径流强烈,水土流失严重。强暴雨期间,沟道源头低洼区域开始积聚雨水,并很快行洪,在洪水的强大流动力的搬运下,沟源崩滑的松散堆积物随水流运移,形成初始泥石流,即暴雨积聚的洪水构成了泥石流暴发的初始激发动力。太行山区 90% 左右的泥石流灾害发生在 7 月 20 日-8 月 10 日的强暴雨期间,如 1989 年 7 月 21 日保定特大暴雨,仅河北省满城县山区就激发泥石流 400 多处^[3],1996 年 8 月 3-4 日的太行山中南段特大暴雨更是激发了大量泥石流的暴发^[1],这些泥石流暴发的事实,显示出暴雨为该区泥石流激发条件。

2 泥石流暴发的临界雨量判别式

2.1 泥石流暴发的预测过程分析

针对太行山区泥石流灾害的初始激发形成经历了沟壁岩土体崩滑发生和暴雨激发泥石流发生两个过程,因此对于泥石流灾害的预测,也要基于这两个过程进行分析。

沟源侧壁岩土体崩滑直接决定着泥石流是否能够初始形成。根据对该区泥石流形成机理^[7],在泥石流暴发之前,持续的前期降雨不断浸润沟谷侧壁的岩土体,使其饱和和变软,并在泥石流暴发当日激发期强暴雨诱发下产生失稳破坏,构成泥石流初始物源。所以,沟谷侧壁岩土体崩滑的发生是前期持续降雨和激发期降雨共同作用的结果,而激发期暴雨是激发泥石流产生的最主要动力因子,在一段时间

内总降雨足够诱发崩滑产生的前提下, 初始泥石流是否被激发形成的预测最终要基于当日激发期暴雨的降雨量。

由以上分析可知, 对太行山区泥石流的预测必须同时基于前期降雨量和激发期降雨量。可以选择泥石流暴发前 20 日内的总降雨量作为前期降雨量, 激发雨量仅指当日泥石流暴发前短时间内的降雨量, 可以选择日降雨量、1 h 雨量、30 min 雨量或 10 min 雨量, 用于判别泥石流是否被激发产生。

2.2 泥石流暴发的临界雨量判别式

为确定太行山区泥石流暴发的临界雨量, 分析太行山区资料详实的 16 次典型泥石流前期雨量和激发期雨量数据(表 1)^[2], 其中激发期雨量取泥石流暴发当日实际降雨量, 前降雨量取泥石流暴发前 20 日降雨量。

对前期降雨量与激发期雨量数据进行曲线和函数拟合, 得到拟合公式如下:

$$R_{\text{激}}^{\frac{1}{2}} = 20.03 - 0.51R_{\text{前}}^{\frac{1}{2}} \quad (1)$$

式中: $R_{\text{激}}$))) 激发期降雨量; $R_{\text{前}}$))) 前期降雨量。

从式(1)可以看出, 随着前期降雨量的增大, 激发期雨量逐渐变小, 也即是说, 前期降雨量对沟源侧壁岩土体的浸润、饱和、软化作用会降低泥石流激发形成的激发雨量, 加速泥石流的激发形成, 对泥石流的初始暴发起着至关重要的作用。

对式(1)进行整理得太行山区泥石流暴发的临界激发雨量判别式如下:

$$R_{\text{激}} = 401 - 20.3 \sqrt{R_{\text{前}}} + 0.26R_{\text{前}} \quad (2)$$

利用判别式(2), 根据各泥石流暴发的前期降雨量值, 回算各泥石流暴发时的激发雨量值, 并与实际激发雨量值进行比较, 计算相对误差如表 1 所示。

从表 1 可以看出, 判别式基本上能够反映太行山区泥石流暴发的实际情况, 但计算激发雨量值和实际激发雨量值的相对误差有一定偏离, 分析其原因主要有三点: 一是因为选取的典型泥石流暴发的雨量数据样本较少, 导致数据比较离散; 二是因为激发期雨量选择为日降雨量, 时间跨度过大; 三是降雨量选取的是泥石流暴发当地雨量监测站的观测数据, 这些数据有时和泥石流沟的实际雨量有偏差。

3 结论

(1)太行山区泥石流是在暴雨激发下崩塌或滑坡转化而形成的, 崩滑堆积物形成泥石流暴发的初始激发物源条件, 暴雨为初始激动力条件。

(2)基于前期降雨量和激发期降雨量对太行山区

的泥石流暴发进行预测, 符合泥石流的激发条件, 利用典型泥石流暴发的雨量数据建立的临界激发雨量判别式对预报泥石流的发生具有一定的理论意义。

表 1 太行山区典型泥石流前与激发期雨量统计表

泥石流 编号	前期雨 量/mm	激发雨量/mm		相对 误差/%
		实测值	计算值	
石 1	200	152	165.9	9.2
石 2	250	145	145.0	0.0
石 3	297	133	128.4	- 3.8
石 4	298	151	128.0	- 15.2
保 1	310	132	124.2	- 6.1
保 2	310	122	124.2	1.6
保 3	312	112	123.6	10.7
保 4	325	113	119.5	6.2
保 5	325	160	119.5	- 25.0
保 6	337	100	116.0	16.0
保 7	345	95	113.6	20.0
保 8	352	90	111.7	24.4
保 9	355	89	110.8	24.7
保 10	360	80	109.4	36.3
邯 1	375	100	105.4	5.0
邯 2	378	126	104.6	- 16.7

(3)由于选取的激发雨量为日降雨量, 且数据样本相对较少, 因此判别式的精度有待进一步提高, 宜选取泥石流暴发的 10 min 或 1 h 降雨量作为临界激发雨量建立判别模型。

参考文献:

[1] 孙吉定, 张金香, 王振亮, 等. 河北太行山区/ 96# 80 暴雨泥石流灾害考察报告[J]. 北京林业大学学报, 1997, 19(3): 1042110

[2] 徐建芳, 武强, 王欣宝. 河北省太行山泥石流分布规律及其危险程度评价[J]. 勘察科学技术, 2003(3): 18222.

[3] 于宗周, 张金柱, 刘黄沟泥石流成因及防治对策[J]. 河北林学院学报, 1991, 6(2): 143146.

[4] 李朝发, 张国林. 谷几沟泥石流发生机理及防治对策[J]. 河北水利水电技术, 1998(3): 158159.

[5] 王欣宝, 王昕洲, 王艳. 河北元氏县佃户营泥石流危险性评价与防治[J]. 中国地质灾害与防治学报, 2000, 11(3): 9397.

[6] 冯金良, 崔之久, 李庆辰. 太行山区下瓦岔泥石流灾害实录[J]. 水土保持研究 2001, 8(2): 41244.

[7] 王滨, 张发旺, 陈立, 等. 河北省太行山区泥石流的灾变特征与崩滑演化机理[J]. 南水北调水利科技, 2008, 6(6): 4043.