

北京双紧梢沟泥石流堆积物的特征及演变^{*}

吕 晶, 高甲荣, 胡封兵

(北京林业大学 水土保持学院 水土保持重点实验室, 北京 100083)

摘 要:北京山区具备泥石流形成与发生条件,泥石流灾害的发生较为频繁。在收集当地泥石流发生历史资料的基础上,详细调查了西白莲峪双紧梢沟的自然地理状况和泥石流堆积物的特点。采用野外量测和填图的方法调查双紧梢沟泥石流的地貌特征;现场选取一定数量的砾石进行 abc 长度和倾向调查,测定双紧梢沟泥石流堆积物的结构特征;选定泥石流典型区域,进行挖圆探坑,取出全部颗粒并带回实验室,进行粒度分析;同时,对双紧梢沟泥石流堆积扇的发育和演变过程进行分析。粒度分析结果表明双紧梢沟泥石流堆积物砾石平均粒径为 0.256 m,磨圆度为 2~ 6。90% 以上砾石直径为 0.220~ 0.410 m,最大砾石直径为 0.409 m,堆积物主要有砾石和一些粗骨性碎屑物质组成,砾石排列无明显特征,分选差。由粒度分析可知,该区泥石流堆积扇的形成受到水石流形成过程的影响,水石流形成堆积扇,之后可能发生粘性泥石流。由其频率曲线为一多峰曲线。该曲线说明泥石流发生时,其砾石的搬运方式由推移、跳跃、悬浮三大部分组成。双紧梢沟泥石流堆积扇的演变过程和特征明显受到双紧梢沟和西白莲峪主沟水流的影响。该研究结果对今后进一步探讨北京山区泥石流形成机理和运动过程以及为泥石流防治制定有效措施提供参考。

关键词:堆积物;泥石流;水石流;北京山区

中图分类号:P642.23 **文献标识码:**A **文章编号:**10023409(2010)0120140204

Characteristics and Development of the Debris Flow Fan in Shuangjinshao Gully, Beijing

LB Jing, GAO Jiarong, HU Fengbing

(College of Soil and Water Conservation of Beijing Forestry University, Key Laboratory of Soil and Water Conservation and Desertification Combining of Ministry of Education, Beijing 100083, China)

Abstract: Debris flows occur frequently in the mountain area of Beijing. Through detailed data collection and field investigation, this article studied the characteristics of the debris deposition fan of Shuangjinshao gully. It shows that: the fan formation bears upon one debris flow processes, the water-stone flow made the basic configuration of the fan, and the second viscous flow probably changed remarkably the morphology of the fan. Stacking manner is suspending, saltating and rolling. The evolution of the fan in Shuangjinshao gully is significantly influenced by the mainstreams of Shuangjinshao gully and Xibianlian ravine. The results will enrich theories on study of debris flow in Beijing Mountain and provide data to the mitigation of debris flow in Beijing Mountain.

Key words: deposit fan; debris flow; water-stone flow; Beijing mountain

目前,世界上许多国家的地学工作者都已经开展了对泥石流扇形地的研究。近年来,我国地学界认识到泥石流在短暂的堆积过程中使山麓地带的地形地貌发生巨大变化并转向泥石流扇形地的研究^[1]。泥石流堆积扇是泥石流活动的产物及客观见证。它保持、存储、记忆着泥石流的形成、运动和堆积的大量信息。通过对堆积物的形态、结构、物质组成的研究,可以充分了解本区泥石流的性质和特点^[23]。

北京西部山区泥石流发生频繁,泥石流堆积扇是主要的泥石流沉积物^[4]。1967 年,位于北京密云冯家

^{*} 收稿日期: 20090206
基金项目: 国家自然科学基金(40771128); 国际合作项目(2009DFA32490)
作者简介: 吕晶(1983-),女,吉林白城人,硕士研究生,研究方向: 山地灾害防治。E-mail: lvjing730@sohu.com
通信作者: 高甲荣(1963-),男,副教授,主要从事流域管理和山地灾害防治研究。E-mail: jiaronggao@sohu.com

峪镇的双紧梢沟发生泥石流灾害, 且在西白莲峪主沟与双紧梢沟交汇处形成堆积扇^[5]。笔者选取双紧梢沟泥石流堆积扇作为研究对象, 通过详细地收集和调查双紧梢沟的自然地貌、地形、气候和植被等环境条件和泥石流堆积扇地貌特征、形态特征及粒径组成特征资料、数据, 推演泥石流堆积扇演变过程和演变原因。为今后进一步探讨北京山区泥石流形成机理和运动过程以及其泥石流防治有效措施提供参考。

1 研究区概况

双紧梢沟位于北京密云冯家峪西白莲峪下游, 40b40c- 40b41cN, 11b51c- 11b52c E。其堆积物位于双紧沟口处与西白莲主沟交界处。双紧梢沟的流域面积为 0. 46 km², 其流域出口处建有谷坊群。双紧梢沟是西白莲峪的一部分, 为剥蚀、单斜断块中低山山地。受地质构造和岩性控制以及各种外营力综合作用的结果, 山坡陡峻, 多断崖峭壁。山谷平均坡度为 30. 42b, 沟道纵坡为 18b。由于地质结构、岩石性质和外部营力的作用, 山体多为悬崖和峭壁。山体呈现叶子形状。最高点绝对高程 900 m, 最低点绝对高程是 522 m。双紧梢沟的堆积物排泄区较小, 致使沉积物很快地冲刷到沟道, 该沟道冲刷作用搬运作用剧烈。

该流域所处区域地层形成悠久, 主要为太古界时期形成。主要位于张家坟群向北突出的弧行部分。岩石以片麻岩、片岩为主, 分布含较多的石英岩、大理岩的浅变质岩石。地层的成层性较好, 延伸稳定, 混合岩化作用较好, 属于浅、中深区域变质。其大型构造为短轴背斜。该流域地质构造主要位于新华夏构造断裂带第二沉降褶皱带的石城断裂带。走向北 20b, 倾向东, 倾角 60b。新华夏构造断裂, 属于现代活山性断裂。此断块相对于密云水库, 处于上升区。

流域位于暖温带半干旱、半湿润东南季风气候区, 年平均气温 10. 9e。降水集中, 雨热同季, 四季分明。根据北京市多年平均年降水量资料, 流域位于降水等值线 700~ 800 mm。年际间降水不均衡。夏季降水最多, 占今年降水量的 76. 4%。夏季降水集中在 7- 8 月, 占全年降水的 29. 4%。年平均气温为 10. 8e。年平均地温为 13e。极端地面最高温度 67. 5e。最低地温均值为- 7e。冻融作用和风化作用强烈, 岩石破碎。

流域植被属针阔混交森林植被带, 主要分布天然次生林。树种多样, 主要由山杨、山核桃、锻树、鹅耳栋、架树、山榆、椿树以及辽东栎。天然次生林较

多, 植被覆盖率较高。

根据实地查考, 该流域残存有大量沟坝地。由于当时生产力水平较低, 过度垦荒和放牧, 破坏了流域内植被, 打破了山区本身脆弱的生态系统平衡。在外来干扰的作用下, 生态系统迅速恶化, 水土流失严重, 增大了泥石流的发生。目前, 该流域人口全部搬迁, 但是作为一处新的旅游景点正在规划和初步建设中。流域内采石现象普遍存在。

2 研究方法

2. 1 泥石流流域环境调查

泥石流流域自然地理状况调查主要包括地质条件、水文、气象、侵蚀现状和人类活动状况等等。这些资料主要由查阅相关的地质图件、资料和野外实际勘测确定。

地质背景调查的主要内容有: 泥石流沟所处的大地构造位置、沟内出露的地层和岩性、断层裂隙发育程度、新构造运动强度、地下水活动特征、岩体破碎程度、与地震带的相对位置及受地震带影响的程度。地质背景调查方法主要由查阅相关的地质图件、资料和野外实际勘测确定。

气象水文条件主要收集关于北京山区的气候、降水、温度等因子。主要包括: (1) 温度: 日均温、年均温、消融季节大于某界限温度持续天数、温度日较差、温度年较差、季节性冻结深度与周期等。(2) 降水: 年降水量、雨季雨量、日降水量、一日最大降水量, 60 min 最大降雨量、30 min 最大降雨量、10 min 最大降雨量。气象水文条件从当地气象部门获取资料。

侵蚀现状调查, 调查其是否存在崩塌、滑坡、坡面冲蚀、沟床冲蚀、坡角掏蚀、寒冻风化等现象; 调查双紧梢沟侵蚀特征, 主要调查滑坡、崩塌等侵蚀在沟谷中的位置、规模、类型、活动性、形成特点及其与泥石流形成的关系; 调查确定该流域的松散固体物质储量, 调查时先要查明其所处位置、稳定性和补给泥石流的可能性大小。

其野外调查方法^[6] 包括区域调查和调查访问。

区域调查: 收集已有资料, 包括地形图(采用 1B2. 5 万的地形图)、地质图、水文地质图、工程地质图、地震烈度区划图、气候水文资料、土壤植被资料、人类经济活动资料。

调查访问: 访问泥石流灾区有关部门, 了解双紧梢沟泥石流的相关情况, 如泥石流活动历史; 激发泥石流的水源条件等。

2. 2 泥石流堆积特征调查

堆积物位置: 利用 GPS 卫星定位, 确定泥石流

堆积物的地理位置。

地貌特征: 采用野外量测与填图的方法, 主要调查堆积扇的部位及其地形、沟道比降与宽度, 堆积物外部形态等。

结构组成: 主要有颗粒级配、岩性组成、砾石排列与分选性、堆积物的结构与构造特征, 以及粒态、擦痕、砾石包裹情况, 大漂砾粒径、堆积位置与排列等颗粒特征。

以上参数通过现场观测、测量取得。选定泥石流堆积区典型部位, 通过挖圆形探坑, 取出全部颗粒。将颗粒直径大于 10 mm 的大颗粒塞出, 称重。将剩余颗粒 1 kg 左右带回实验室分析。砾石的调查, 在沟道内随机选取一定数量的砾石进行 abc 长度和倾向调查、记录。

2.3 数据分析

泥石流粒度是指泥石流所含固体颗粒的大小, 是泥石流固体颗粒重要的几何特征。粒度及颗粒组成不仅可以反映泥石流形成区岩石土体的性质, 而且可以反映泥石流的流变特性和搬运能力^[7]。本文采用的粒度分析^[89]的主要方法和内容如下:

1 粒级采用克鲁宾的分析方法, 其转换公式为
$$5 = 1bD \tag{1}$$
式中: D))) 颗粒的直径。

° 平均粒径。平均粒径比中值能更正确地反映碎屑颗粒的集中趋势。本文按福克和沃德的平均粒径的表达式:

$$M_z = (5_{16} + 5_{50} + 5_{84}) / 3 \tag{2}$$
式中: M_z))) 平均粒径; 5₁₆, 5₅₀, 5₈₄))) 分别表示重量百分比分别为 16, 50, 84 所对应的粒径。

» 标准偏差和分选系数。表示分选程度的参数, 它表示颗粒大小的均匀程度。采用由福克和沃德提出的标准偏差公式:

$$R = (5_{84} - 5_{16}) / 4 + (5_{95} - 5_5) / 6.6 \tag{3}$$
式中: R))) 分选系数, 其他符号的意义同上。

¼ 偏度。偏度用来判别粒度分布的不对称程度。本文采用福克和沃德的偏度公式:

$$SK_1 = (5_{16} + 5_{84} - 25_{50}) / 2(5_{84} - 5_{16}) + (5_5 + 5_{95} - 25_{50}) / 2(5_{95} - 5_5) \tag{4}$$
式中: SK₁))) 偏度, 其他符号意义同上。等级界限分为五级: 很负偏态(- 1~ 0.3), 负偏态(- 0.3~ 1), 近于对称(- 0.1~ 0.1), 偏态(0.1~ 0.3), 很正偏态(0.3~ 1)。

½ 峰度(尖度)。峰度是用来衡量粒度频率曲线尖锐程度的, 也就是度量粒度分布的中部与两尾端的展形之比。本文采用福克和沃德提出的峰度公式:

$$K_G = (5_{95} - 5_5) / 2.44(5_{75} - 5_{25}) \tag{5}$$
式中: K_G))) 峰度值, 其他符号意义同上。峰值的等级界限: 很平坦(< 0.67), 平坦(0.67~ 0.9), 中等(正态)(0.90~ 1.11) 尖锐(1.11~ 1.56), 很尖锐(1.56~ 3.00), 非常尖锐(> 3.00)。

3 结果与分析

3.1 泥石流堆积扇特征

3.1.1 堆积物地貌及其形态特征 泥石流堆积物的地貌形态主要有 4 种类型^[4], 即沟谷堆积体、舌状堆积体、锥形堆积体、扇形堆积体, 现场调查发现双紧梢沟泥石流堆积物的地貌形态为扇形。泥石流发生时, 大量碎屑物质沿着山谷出山口, 由于坡面开阔、平缓, 往往形成扇形堆积体^[5], 双紧梢沟也是如此。由图 1 可知, 扇形堆积物与流域出口相接处被夷平, 向上的流域沟道内修建有多级谷坊。扇形体走向为 345°, 大致与西白莲峪主沟走向一致。扇体顶端长 5 m, 顶部至轴线拐点处长 16 m。轴线拐点处长 11.9 m, 拐点处至尾部呈隆起状, 其上砾石和黏粒物质均多, 长约 27 m, 上部生长有多年生草本植物。由此轴线向北一侧坡度为 32°, 草本植物较多, 向南一侧坡度为 11b~ 14b, 由于受河道流水侵蚀, 黏粒物质较少, 草本植物稀疏。

双紧梢沟泥石流堆积物的颗粒分布图(图 2)可知黏粒含量占 50%, 可以推断^[45]出该区域在发生水石流后, 可能再次发生粘性泥石流, 但是由于该区域常年流水的侵蚀作用, 堆积物被侵蚀, 难于判断其是否发生。层扇体和沟道交汇处呈一缺口, 调查证明, 该处是由于河流流水侵蚀造成的, 与西白莲峪主沟相接的堆积物成为主要受侵蚀的场所, 靠主沟一侧堆积物主要由大颗粒石块组成就是一个很好的证明。堆积物到达堆积区后, 速度减缓, 砾石在重力作用下以滚动和跃移的形式堆积, 砂粒则在重力和水力的作用下以悬移、跃移和滚动的方式堆积^[5]。现场调查发现, 沟口堆积扇的发育具有一定的规模, 说明该区域的泥石流活动较强。

3.1.2 堆积物组成特性 该处堆积物砾石平均粒径为 0.256 m, 磨圆度为 2~ 6。90% 以上砾石直径在 0.220~ 0.410 m, 最大砾石直径为 0.409 m。堆积物主要有砾石和一些粗骨性碎屑物质组成。砾石排列无明显特征, 说明该区域发生过的泥石流为水石流^[5]。

粒度分析表明(见图 2), 平均粒径(M_z)为 0.060 5, 分选系数为 2.452, 分选差。颗粒粒径偏度为- 0.014, 为负偏态(图 2)。峰度值为 0.737。

出现偏差是由于堆积过程中有不同的物源加入造成的^[4]。堆积物的颗粒分布曲线(图 2 左)表明,其频率曲线为一多峰曲线。该曲线说明泥石流发生时,其砾石的搬运方式由推移、跳跃、悬浮三大部分组成。而泥石流粒度曲线推移、跳跃总体十分明显,悬浮总体往往与跳跃总体相混合,悬浮总体显得不是太突出^[5]。颗粒累积曲线(图 2 右)表明,粗组分和细组分分别占 50%。其粒度区间为[- 4, 4],较宽,其原因可能是由于搬运速度快、容重和物质粒度变化大的缘故。

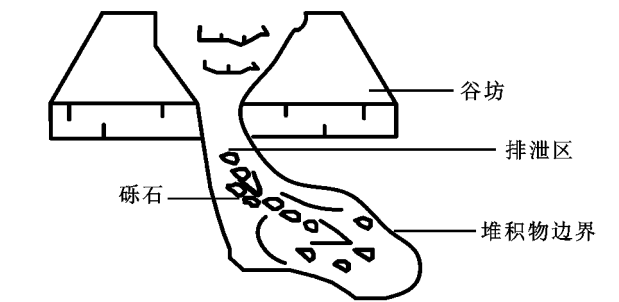


图 1 双紧梢沟泥石流堆积物示意图

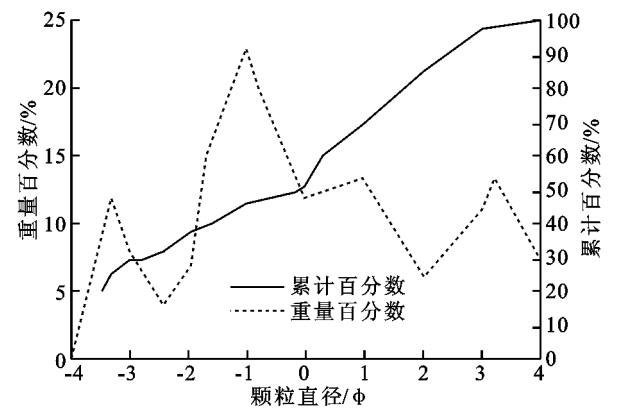


图 2 双紧梢沟泥石流堆积物的颗粒分布

3.2 泥石流堆积扇演变过程

从平面形状来看,双紧梢沟口泥石流平面形状大体呈舌状。经过实地调查,本文复原了泥石流堆积物形成时堆积原状(图 3)。当暴雨和地震发生后,形成区大量固体物质随洪水而下,形成泥石流。泥石流到达沟口时,开始堆积。

西白莲峪主沟形成洪水,与双紧梢沟泥石流相遇,从而使堆积物的走向发生改变,向河流流向方向发生偏移。泥石流堆积物侵占河道,造成河道堵塞,河流流向发生改变。而堆积物受到洪水的影响,部分固体物质发生了搬运和堆积,从而形成了目前堆积物的大致轮廓。泥石流发生后多年,该流域未发生大的洪水。因此,西白莲峪主沟的常年性流水成

为泥石流堆积物演变的重要因素。西白莲峪主沟流水对堆积物进行侵蚀、搬运。

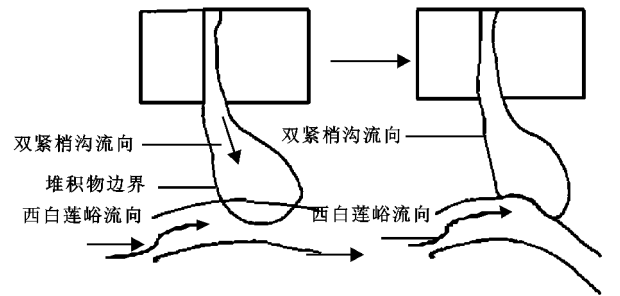


图 3 双紧梢沟泥石流堆积物形成过程

4 结论

- (1) 堆积物主要有砾石和一些粗骨性碎屑物质组成。砾石排列无明显特征。砾石在重力作用下以滚动和跃移的形式堆积,砂粒则在重力和水力的作用下以悬移、跃移和滚动的方式堆积。沟口堆积扇的发育具有一定的规模,说明该区域的泥石流活动较强。
- (2) 双紧梢沟泥石流堆积扇的演变过程与水石流过程密切相关,该区域可能也发生过粘性泥石流。
- (3) 西白莲峪主沟常年流水为该区域泥石流堆积物演变的主要影响因子。堆积物形成后,受到地下水径流侵蚀的作用,改变其堆积物的内部结构,西白莲峪主沟流水冲刷侵蚀堆积扇,改变堆积物的形状。

参考文献:

[1] 唐川. 泥石流扇形地研究[J]. 云南地质, 1990, 26(3): 239-246.

[2] 董桂芝, 赵波, 韦京莲. 北京市北山泥石流分布规律及形成过程[J]. 北京地质, 1994(4): 8-11.

[3] 陈杰, 韦方强, 崔鹏. 小江流域泥石流堆积扇形成的制约因素及其特征[J]. 地理科学, 2005, 25(6): 703-708.

[4] 费祥俊. 中国泥石流[M]. 北京: 中国科学出版社, 2004.

[5] 崔之久. 泥石流沉积与环境[M]. 北京: 中国科学出版社, 1996.

[6] 谢洪, 钟敦伦, 李泳. 泥石流野外调查方法[J]. 水土保持通报, 2002, 22(6): 52-61.

[7] 倪化勇, 刘希林. 泥石流粒度分维的初步研究[J]. 水土保持研究, 2006, 13(5): 82-91.

[8] 胡封兵. 西白莲峪堆积物特征和北京山区泥石流防治探讨[D]. 北京: 北京林业大学, 2007.

[9] GAO Jiarong. Characteristics and Development of the Debris-flow Fan in Dalancha Gully, Beijing[J]. Journal of Mountain Science, 2008, 22(1): 90-96.