

神府东胜煤田开发中人为泥石流形成条件分析

王文龙^{1,2}, 李占斌^{1,2}, 张平仓³, 刘敏⁴

(1. 中国科学院水利部水土保持研究所; 2. 西北农林科技大学, 陕西 杨陵 712100;
3. 长江科学院, 湖北 武汉 430010; 4. 陕西省杨凌示范区水务局, 陕西 杨陵 712100)

摘要: 神府东胜煤田是我国重要的能源重化工基地, 自 1987 年大规模开发以来泥石流频繁发生, 通过野外考察发现, 神府东胜煤田泥石流属由人为诱发的人为泥石流。详细地分析了该区泥石流形成的三个基本条件: 丰富的松散固体物质储备、陡峻的地形条件和沟床比降和高强度长历时的降雨过程, 认为在流域内人为堆置的大量松散弃土弃渣物质是该区泥石流形成发育的主要因素。

关键词: 神府东胜煤田; 人为泥石流; 形成条件

中图分类号: P642.23

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2003)02-0083-03

An Analysis on Forming Condition of Debris Flows Caused by Human Activities in Shenfu- Dongsheng Coal Field

WANG Wen-long¹, LI Zhan-bin¹, ZHANG Ping-cang², LIU Min³

(1. Institute of Soil and Water Conservation, Chinese Academy of Sciences and Ministry of Water Resources

2 Northwest Sci-tech University of Agriculture and Forestry, Yangling 712100, Shaanxi, China;

3 Academy of Sciences Yangtze River, Wuhan 430051, Hubei, China;

4 Water Conservancy Bureau of Yangling District, Yangling 712100, Shaanxi, China)

Abstract: Shenfu- Dongsheng coal field is an important base of energy resources and heavy chemical industry of our country, since the large-scale development in 1987, mud-rock flows occurred frequently. According to the investigation, mud-rock flow in Shenfu- Dongsheng is caused by human activities. Three basic conditions that triggered mud-rock in the area are analyzed, i.e. rich loose solid material reserve, precipitous topography condition and ditch bed than fall with high-strength length and duration rainfall process, it is think that artificial pile of plenty of abandoned earth and dregs is the major factor causing mud-rock flow in this area.

Key words: Shenfu- Dongsheng coal field; debris flow induced by human factors; condition of forming

泥石流是泥沙、石块与水流相互矛盾的统一体, 它的发生与发展受一系列因素控制与影响, 其形成与当地自然条件和人为活动密切相关, 地质、地貌、土壤是泥石流发生的内因条件, 水的作用属外因条件, 即激发泥石流的动力因素。因此, 泥石流的形成主要有三个基本条件, 即流域内有丰富的松散固体物质储备, 有陡峻的地形条件和沟床比降和一定强度的降雨。人为活动对地面物质、地貌形态有强烈影响, 可使潜在因素向有利于形成泥石流的情况转化。特别是在矿区, 人为活动成为泥石流形成的最主要条件。

1 神府东胜煤田人为泥石流特点

通过考察发现, 该区域有大小泥石流沟 63 条, 其中活沟

兔沟有 10 条, 靠近大柳塔镇的王渠沟流域有 10 条, 沿乌兰木伦河两岸公路一侧有 15 条, 分布于府谷、河曲、保德有 28 条。

大柳塔附近流域面积仅 4.3 km² 的王渠沟, 有 100 m 长以上支沟 29 条, 王渠沟有大小泥石流支沟 10 条, 形成区面积 0.85 km², 占流域面积的 20%。王渠沟离大柳塔镇最近, 沟口就在大柳塔镇上, 整个王渠沟从沟口到沟头全为一个巨型的人工采石场, 在每个小支毛沟的沟头, 都分布着采石场。采石不仅使原来坡面更为陡峭, 更为重要的是提供了极为丰富的固体物质来源。在王渠村边、沟谷右岸、靠近村子处都有一采石场, 人工弃石弃土弃渣堆入沟底, 在 1992 年 7 月, 一场暴雨, 把堆在沟底的碎屑物质推入地里, 毁掉田 0.17

收稿日期: 2002-10-13

基金项目: 中国科学院知识创新工程(KZCX1-10-04); 黄土高原土壤侵蚀与旱地农业国家重点实验室基金(10501-78); 中国科学院“山地灾害滑坡泥石流”特别支持项目(9303043); 陕西省科学院择优专项支持项目(22055200)联合资助。

作者简介: 王文龙(1964-), 男, 陕西大荔人, 博士生, 副研究员, 曾参加或主持科研项目 20 多项, 发表论文 30 余篇。

hm², 造成经济损失数千元。在活鸡兔沟李家畔, 弃碴型泥石流分布更为集中。

2 神府东胜煤田人为泥石流形成条件分析

一个地区泥石流是否发生, 要从它的地形地貌因子中坡度是否陡峻, 沟谷形态是否容易汇集径流, 流域中是否有充足的固体物质来源以及当地的降雨情况具体分析。

2.1 固体松散物质来源

2.1.1 侵蚀物质组成 该区从地质构造和地面覆盖物来讲, 水蚀和风蚀均很强烈, 亦称水蚀风蚀交错带。侵蚀物质中, > 0.5 mm 的粗沙占 40.1%, 大部分输入河道或下游, 少部分淤积于沟道或坡面, 形成松散堆积物。本区不仅是黄河的主要粗沙来源区, 也为形成黏性泥石流和高含沙水流提供了充足的固体松散物质来源。风蚀物质主要由 0.05~ 1.0 mm 的物理砂粒组成。据研究当植被盖度为 50%~ 70% 时, 风蚀量为 0.3~ 3.5 cm/a; 盖度为 30%~ 50% 时, 风蚀量增至 2.5~ 22 cm/a。由于该区沟深坡陡, 地层疏松、破碎, 重力侵蚀亦很活跃, 在水流的冲刷作用下, 崩塌、塌陷等重力侵蚀常常发生。在地下水出露的坡面或陡坡, 由于地下水的浸润饱和, 滑坡、滑塌较频繁, 造成大量破碎的固体松散物质, 大都堆积于沟道和坡面, 成为激发泥石流的潜在固体物质来源。

2.1.2 弃土弃碴物质组成及其分布 矿区建设排弃的土石碴, 因来源不同, 其物质构成有较大差异。修铁路、公路因沿线需进行劈山填沟, 大断面深挖方较多, 一般挖深 5~ 15 m, 最大挖深 36 m 多。挖方的疏松土石多堆积于沿线的沟谷或沟坡, 其组成为疏松黄土风沙约占 75%, 碎石、岩崩、石块约占 25%。井矿开采外排物质主要是碎石、岩屑、易风化的泥页岩和粒径为 10~ 40 cm 的煤石; 露天矿开采剥离的外排物主要是沙、砾石、卵石约占 72%, 沙土占 15%, 岩屑、废煤约占 13%; 建筑材料废弃物主要是沙、岩屑和碎石。除卵石、块石、煤碎石等较大粒径不易风化外, 其余均是土壤侵蚀、河道输沙与淤积和泥石流的潜在泥沙来源。我们对神府东胜煤田的弃土弃碴进行了详细调查, 按弃碴堆积的地形部位主要有五类, 各部位的弃碴堆积量量算结果见表 1。

表 1 矿区不同部位松散堆积物量

地形部位	河道	河岸坡及谷坡	山坡	坡脚	坡面沟谷	合计
堆积量/万 m ³	361.5	108.5	349.3	45.8	542.1	1407.2
占总量的/%	25.7	7.7	24.8	3.3	38.5	100

(1) 河岸坡及谷坡堆积。指在乌兰木伦河两岸及一级支沟沟坡中下部位的堆积, 坡度在 20~ 30°。是修铁路、公路开挖的土石方和建筑弃碴, 成条状分布, 堆积厚约 4~ 10 m, 总量约 1 085 万 m³。这些堆积物也是松散的土、石、碴类, 在暴雨洪水冲刷下, 大部分被输入河道。

(2) 山坡堆积物。主要来源于煤矿弃碴、铁路挖方弃土石和建筑弃碴, 总量约 349.3 万 m³, 占 24.8%。物质中有粉尘、细粒和粗粒沙土及大块石, 易受风蚀和水蚀, 在坡面径流冲刷下而流入沟道。

(3) 坡脚松散物。指沟坡的下部坡脚地带, 主要由乡村办小煤矿排碴所致, 分布零散, 总量约 45.8 万 m³。它直接受沟谷水流和洪水冲刷, 以水蚀为主。

(4) 坡面沟谷堆积物。包括一级支沟的小沟谷和塬面沟谷与沟谷, 是堆积部位最高的地方, 其来源主要是采石弃碴和矿坑排碴, 总量约 542.1 万 m³, 如武家塔露天矿剥离物堆积于塬面沟谷中, 长约 8 500 m、宽 400 m、高 25 m, 将一条塬面沟谷填平。矿区建设石料用量大, 据统计, 采 1 m³ 石料, 其剥离表土和废弃的碎石约有 5~ 7 m³, 因此, 采石也是松散物质的主要来源。由于此类堆积部位高, 坡度陡, 粉粒较多, 风蚀量较大, 大暴雨径流冲刷作用下, 可急骤下切, 在一定的地形条件下, 大多形成泥石流。

2.2 地形条件

泥石流沟道一般发生在沟坡陡、沟床纵比降大, 流域形状便于汇流的漏斗型流域, 陡峻的沟道地形为松散物质下移提供了强大的势能, 故泥石流运动主要依赖固体本身的势能作用, 该区地处陕北黄土丘陵边缘, 沟壑密度达 4~ 5 km/km², 沟道相对高差 80~ 150 m, 主沟纵比降在 15%~ 35%, 即约 9~ 20 的沟坡倾角。泥石流沟道为三面环坡, 一面出口的漏斗型或瓢状转谷, 形状呈狭窄的“v”型沟谷, 既利于承受周围山坡的固体松散物质, 也有利于集中水流。在强烈的坡面土壤侵蚀、崩塌、滑坡等重力侵蚀和冻融风化作用下, 植被稀少、地面光秃破碎的地表固体物质极易运移, 为泥石流的发生提供了有利的条件。因此, 根据该区泥石流沟谷形态和地形条件的调查资料分析可知从地形地貌因素来看, 该区具备了泥石流活动的潜在因素。

2.3 暴雨

水不仅是泥石流的组成部分, 也是泥石流的搬运介质, 西北黄土地区泥石流的水源主要是暴雨, 一定强度的突发性暴雨径流是形成泥石流的基本动力条件, 也是造成严重土壤侵蚀和高含沙水流的动力条件。雨水侵入松散物质后, 使之湿化、崩解, 很快失去稳定性, 由固态向塑性体—流态转化; 同时水也提供了部分水流势能, 使固体物质与水混合下移。从泥石流形成过程看, 水的动力作用有两方面: 一是对固体物质的浸润饱和作用, 泥石流沟谷的固体物储存区, 往往也是降雨汇流区, 从而使松散固体物质充分充水, 达到饱和或过饱和状态, 物质结构被破坏, 磨擦力减少, 滑动力增大, 处于塑化状态, 为泥石流形成创造了有利条件。二是对固体物质的侧蚀掏空作用, 主要是强暴雨雨滴打击和径流对地面的线状下切作用。该区泥石流沟道中上游坡陡, 湍急的水流从底部侧蚀掏空沟坡固体物质, 使其坡度陡或处于悬空状态, 发生沟坡崩塌滑坡, 其落下来的固体物质利用陡峻沟床的势能, 在急流的冲击和推移作用下汇集形成泥石流。

据对黄土高原等地调查统计, 96% 以上的泥石流均由暴雨造成, 其中短历时 (1 h 以下) 的高强度 (大于 1.5 mm/min) 暴雨产生的泥石流占 91%。暴雨强度与雨力大小成正比, 并随历时增大而递减, 根据该区近 30 年的自记雨量资料, 采用多元非线性回归分析方法, 求得上式中的各项参数, 则得到该区设计频率的暴雨强度公式为:

$$H_t = I_t = AN^a t^{1-n} = 5.611N^{0.423} t^{0.295}$$

则依据上式可计算出神府东胜矿区不同重现期的历时暴雨量见表 2。依据表 2 计算的暴雨量可计算泥石流沟道的产流、侵蚀、汇流和洪峰流量,以分析泥石流沟道形成泥石流的临界暴雨量,并确定暴雨泥石流的相应重现期。

表 2 神府—东胜矿区不同设计频率的暴雨量 mm

历时 /min	暴雨重现期/a						
	1	2	5	10	20	50	100
10	10.3	13.9	20.4	27.4	36.8	54.2	77.6
20	13.2	17.6	26.0	34.8	46.6	68.6	95.2
30	15.0	20.1	29.4	39.6	53.1	78.3	107.3
60	18.6	24.6	36.6	49.2	66.0	97.2	131.7
1440	47.9	64.3	94.7	127.0	170.3	250.9	336.3

3 暴雨泥石流发生的可能性判别

泥石流发生的可能性及其规模按暴雨能级和流域内诸多活动性因素的综合动态指标而定。铁道部科学研究院西南研究所对 1989~1990 年 64 次暴雨泥石流观测资料的统计分析,建立了暴雨综合指标与泥石流活动的定量关系式。

$$R = K_i \left(\frac{H_{24}}{H_{24D}} + \frac{H_1}{H_{1D}} + \frac{H_{1/6}}{H_{1/6D}} \right)$$

式中: R ——降雨控制指标; K_i ——前期降雨修正系数, $K_i = 1$; H_{24} ——24 h 最大雨量, mm; H_1 ——1 h 最大雨量, mm; $H_{1/6}$ 10 min 最大雨量, mm; H_{24D} ——形成泥石流的 24 h 雨量临界值。

甘洛试验区 $H_{24D} = 60$ mm; H_{1D} 一般成泥石流的 1 h 雨量临界值, 甘洛试验区 $H_{1D} = 20$ mm; $H_{1/6D}$ ——形成泥石流的 10 min 雨量临界值, 神府东胜矿区 $H_{1/6D} = 10$ mm; 试验结果表明, 各次泥石流发生时均无前期降雨, 即 $K = 1$, 且当 $R < 2.8$ 时, 不会发生泥石流; $R = 3.6$ 时, 发生泥石流的机率占 85%; $R = 2.8 \sim 3.6$, 有可能发生泥石流。

综合上式和表 1 计算结果可知, 在神府东胜矿区的泥石流沟道, 一年一遇的 10 min 和 30 min 暴雨量和二年一遇的 1 h 和 24 h 暴雨量, 即相当于发生泥石流的临界雨量, 则有可能发生泥石流, 可见该地的暴雨强度和地形条件产生泥石流的机率是较高的。

(上接第 69 页)

曲湖汉和起伏丘陵的自然地形特点, 形成“西北静东南动”和“东开西合”的功能格局。据此将湖区划分为 3 个景域, 9 个景

区和 25 个景点(见表 1), 形成景域——景区——景点三个层次组成的旅游空间系统^[4]。

表 1 云东海湖区旅游空间系统

景域	景区	功能	主要景点
水梦家园景域	梦回渔村景区	水乡风情、传统渔家民俗和如梦似画的古粤渔村意境	古粤渔村、古粤渔风广场、水上街市、湖鲜美食区、绿岛、风雨桥、湖景路
	粤文化景区	缅怀古粤先人和寻根问祖	水月山庄、南粤世纪坛、粤文化寻梦园
	奇花百药景区	花卉、中草药和茶园的观光采摘, 品尝云东海名茶、秘制药膳、花膳和观鸟休闲	四季奇花园、神农塑像群、神农百草园、茶园迷阵、馨香美食馆、鸟岛、水生花草园
	康体休闲景区	东方传统养生与现代康体休闲	云东海康体休闲中心
水舞飞扬景域	水上运动区	赛艇、皮划艇的比赛训练和其它水上体育运动。	赛艇运动场、皮划艇运动场、急流回旋运动场
	健力宝体育运动区	由运动场馆、运动员公寓和服务中心等组成的体育训练和竞技运动的综合基地	健力宝体育运动中心
	云栖岛景区	通过声、光、电, 以及计算机模拟空间等高新技术, 建成可表演大型歌舞剧的水上舞台	湖中湖水上大舞台
魔幻水域景域	欢乐水世界景区	水上娱乐、水上趣味体育活动和水战对抗及其登陆演习	水上欢乐谷、樟树湾水战训练场
	水上迷城景区	富有惊险性、智力性以奇趣探险、娱乐益智等活动	苇荡问八卦、水城探迷津

参考文献

[1] 李庆邦 三水县志[M]. 广州: 广东人民出版社, 1995: 193
 [2] 黎永成 云东海环境质量: 国家一级[N]. 佛山日报, 19990614
 [3] 李凡, 黄耀丽, 杨俭波 基于“鱼文化”的清远白庙渔村旅游区规划研究[J]. 热带地理, 2001, 21(3): 242- 245
 [4] 刘滨谊 旅游规划三元论[J]. 旅游学刊, 2001, 16(5): 55- 57