

神府东胜煤田开发中人为泥石流发育现状及其分布特征

王文龙^{1,2}, 李占斌^{1,2,4}, 张平仓³

(1. 中国科学院水利部水土保持研究所, 陕西 杨凌 712100; 2 西北农林科技大学水土保持研究所, 陕西 杨凌 712100;

3. 长江科学院, 湖北 武汉, 430010; 4. 西安理工大学水电学院, 陕西 西安 710048)

摘 要:神府东胜煤田我国本世纪重要能源供应地, 90 年代大规模开发以来泥石流频繁发生, 通过实地考察发现: 神府东胜煤田泥石流规模小、属人为诱发的人为泥石流, 泥石流的分布特征与人工采石场等弃土弃堆放地的分布紧密对应; 泥石流呈集群式分布, 与地面物质组成密切相关; 泥石流主要分布在面积为 1km² 以下的二级沟里。

关键词:神府东胜煤田; 人为泥石流; 发育现状; 分布特征; 成因

中图分类号: S157.1

文献标识码: A

1 神府东胜煤田概况

晋陕蒙能源基地位于黄河中游的陕北、内蒙古南部和山西西北部接壤地带, 属典型的盖沙黄土丘陵地貌景观。基地煤炭储量占全国 1/3, 是我国本世纪重要能源供应地, 对世界能源的地区平衡将会有巨大的影响。基地内已探明煤炭地质储量 2 800 × 10⁸ t 以上, 均属低灰、低硫、低磷、高热量的优质动力煤和气化用煤, 占全国优质动力用煤 80%, 煤层稳定、埋藏浅, 便于露天开采。其中, 神府东胜煤田是黄河中游侏罗纪特大型煤田, 地理位置为 37°20′ ~ 40°16′ N, 108°36′ ~ 110°36′ E。探明储量 2 236 × 10⁸ t, 含煤面积 31 172 km², 远景储量 6 000 ~ 10 000 × 10⁸ t, 为世界七大煤田之一^[1], 近期开发的一、二期工程, 主要分布于窟野河流域, 在行政区划上位于陕西省神木县北部, 府谷县西部, 内蒙古伊金霍洛旗和东胜市南部及准格尔旗西南部。

几年来, 煤田开发建设取得了巨大成就, 包神铁路于 1989 年建成通车, 神朔铁路已进入运营阶段, 朔港铁路、包府二级公路建成通车, 自备电厂一期工程 1989 年建成投产。国家将西煤东运大通道列为

国家跨世纪大工程之一, 极大地提高了神府煤田在国民经济中的战略地位。到 2005 年, 将成为全国最大的、技术装备、效率、效益全面赶超世界水平的现代化能源重化工基地^[1]。

由于在煤田开发过程中没有注意环境问题, 大量的松散弃土弃堆置在沟坡、河道等位置, 造成了大量的泥石流沟的发生, 给煤田的经济与发展带来了不可估量的损失。为了提出神府东胜煤田持续发展的对策, 我们对该区的泥石流发育情况进行了实地考察。

2 神府东胜煤田泥石流的发育现状

通过考察发现, 该区域有大小泥石流沟 63 条, 根据泥石流形成区、流通区和堆积区的划分量算大小如表 1。其中活鸡兔沟有 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。根据神府东胜煤田的泥石流可综合分类为: 由暴雨引起的暴雨沟谷型人为泥石流^[2]。区内泥石流的分布具有以下显著特征:

收稿日期(Received date): 2002-09-18; 改回日期(Accepted): 2002-12-25。

基金项目(Foundation item): 中国科学院知识工程项目(KZCX1-10-04)、黄土高原土壤侵蚀与旱地农业国家重点实验室重点基金(10501-78)及陕西省科学院择优专项支持项目(B22055200)联合资助。[Supported by Innovation Engineering of Chinese Academy of Sciences(No. KZCX1-10-04), State Key Lab of Soil Erosion and Dryland Farming on the Loess Plateau(No. 10501-78) and Shaanxi Province Academy of Sciences(No. B22055200)]

作者简介(Biography): 王文龙(1965-), 男, 陕西大荔人, 博士生, 副研究员, 主要从事土壤侵蚀与水土保持研究。[WANG Wen-long(1965-), male, from Dali county of Shaanxi Province, doctorate student, assistant professor, he is mainly engaged in the research of soil erosion and soil and water conservation.]

表1 神府东胜煤田泥石流调查统计表

Table 1 investigation table of debris flow in Shenfu-Dongsheng coal field

编号	名称	行政位置			所属 流域	流域 面积 km ²	主 沟			发生 时间	规模 m ³ 长×宽×厚	类型	危害	
		县	乡	村			长 (m)	比降 %	高差 (m)					主要岩性
1	羊路渠	神木	中鸡	高家畔队	活鸡免沟右岸 一级支流	0.3091	1100	66	90	砂岩泥页岩黄土	1999年	50×30×1.5	沟谷型	
2	羊路渠	神木	中鸡	高家畔队	活鸡免沟右岸 一级支流	0.2245	740	49	90	砂岩变质岩、黄土	1997年	80×16×1.5	沟谷型	
3	羊路渠	神木	中鸡	李家畔	活鸡免沟右岸 一级支流	0.0502	250	100	92	砂岩、泥岩、黄土	1999年	40×12×1.2	沟谷型	
4	木头沟	神木	中鸡	李家畔	活鸡免沟右岸 一级支流	2.0936	2050	28	117	砂岩泥岩火成岩黄土	1999年	40×15×0.8	沟谷型	
5	木头沟	神木	中鸡	李家畔	活鸡免沟右岸 一级支流	0.0448	190	133	75	砂岩黄土	1998年	40×80×1.5	沟谷型	
6	李家畔沟	神木	中鸡	李家畔	活鸡免沟右岸 一级支流	0.9299	1560	40	110	砂岩泥岩,黄土	1999年	80×20×1.8	沟谷型	
7	李家畔沟	神木	中鸡	李家畔	活鸡免沟右岸 一级支流	0.0284	190	179	50	砂岩泥岩,黄土	1992年	40×18×0.8	沟谷型	
8	李家畔沟	神木	中鸡	李家畔	活鸡免沟右岸 一级支流	0.0554	240	167	60	砂岩泥岩,黄土	1992年	50×20×1.8	沟谷型	
9	李家畔沟	神木	中鸡	李家畔	活鸡免沟右岸 一级支流	0.0277		250	66	砂岩泥岩,黄土	1992年	45×15×0.9	沟谷型	
10	李家畔沟	神木	中鸡	李家畔	活鸡免沟右岸 一级支流	0.0324		250	82	砂岩泥岩,黄土	1992年	45×16×1.1	沟谷型	
11	李家畔沟	神木	中鸡	李家畔	乌兰伦河右岸 一级支沟	0.3486	640	119	110	砂岩黄土	1992年	160×40×1.8	沟谷型	
12	李家畔沟	神木	中鸡	李家畔	乌兰伦河右岸 一级支沟	0.0505	300	132	62	砂岩黄土	1992年	50×25×1.5	沟谷型	
13	母河沟	神木	大柳塔	前柳塔	乌兰伦河右岸 一级支沟	0.3798	830	54	103	砂岩砂子	1992年	43×30×0.8	沟谷型	
14	王梁沟毛1	神木	大柳塔	王梁村	乌兰伦河右岸 一级支沟	0.0243		300	84	砂岸黄土	1992年	20×10×1.5	沟谷型	
15	王梁沟毛2	神木	大柳塔	王梁村	乌兰伦河右岸 一级支沟	0.0578	190	177	84	砂岩砂子	1992年	32×18×0.4	沟谷型	
16	王梁沟毛3	神木	大柳塔	王梁村	乌兰伦河右岸 一级支沟	0.1378	440	125	90	砂岩黄土	1992年	40×40×1.5	沟谷型	
17	王梁沟毛4	神木	大柳塔	王梁村	乌兰伦河右岸 一级支沟	0.1378	550	118	92	砂岩黄土	1992年	35×30×0.7	沟谷型	
18	王梁沟毛5	神木	大柳塔	王梁村	乌兰伦河右岸 一级支沟	0.1868	520	96	100	砂岩黄土	1992年	85×20×0.8	沟谷型	
19	王梁沟毛6	神木	大柳塔	王梁村	乌兰伦河右岸 一级支沟	0.0843	360	136	101	砂岩黄土	1992年	85×15×0.8	沟谷型	
20	王梁沟毛7	神木	大柳塔	王梁村	乌兰伦河右岸 一级支沟	0.0806	200	133	101	砂岩黄土	1992年	18×20×0.6	沟谷型	
21	王梁沟毛8	神木	大柳塔	王梁村	乌兰伦河右岸 一级支沟	0.0475	170	181	92	砂岩黄土	1992年	25×10×0.5	沟谷型	
22	王梁沟毛9	神木	大柳塔	王梁村	乌兰伦河右岸 一级支沟					砂岩黄土	1992年	60×40×1.5	沟谷型	淤埋农田
23	王梁沟毛10	神木	大柳塔	王梁村	乌兰伦河右岸 一级支沟					砂岩黄土	1992年	40×30×0.6	沟谷型	淤埋农田
24	大海子沟	神木	大柳塔	大海子	乌兰伦河右岸 一级支沟					砂岩沙子	1993年	80×95×0.49	沟谷型	堵塞公路 淤埋农田
25	大巴盟矿	神木	大柳塔	瓷窑湾	乌兰伦河右岸 一级支沟					砂岩少了	1995年	12×8×0.5	坡面型	堵塞公路
26	前石畔矿	神木	大柳塔	前石畔	乌兰木伦河左 岸一级支流			240	55	黄土砂子	1995年	30×20×0.7	坡面型	堵塞公路
27	前石畔矿	神木	大柳塔	前石畔	乌兰木伦河左 岸一级支流			240	15	黄土砂子	1995年	18×10×0.5	坡面型	
28	杨城村	神木	店塔	杨城村	乌兰木伦河左 岸一级支流			350	80	砂岩黄土	1995年	201×5.0×0.4	坡面型	堵塞公路 有巨石
29	杨城村	神木	店塔	杨城村	乌兰木伦河左 岸一级支流			350	95	砂岩黄土	1995年	172×5.0×0.3	坡面型	堵塞公路 有巨石
30	杨城村	神木	店塔	杨城村	乌兰木伦河左 岸一级支流			300	95	砂岩黄土	195年	135×20×0.5	坡面型	

31	店塔	神木	店塔		乌兰木伦河左岸一级支流		300	95	砂岩黄土	1995 年	135×6×0.3	坡面型		
32	店塔	神木	店塔		乌兰木伦河左岸一级支流		340	98	砂岩黄土	1995 年	120×6×0.4	坡面型		
33	王道恒塔	神木	店塔	王道恒塔	乌兰木伦河左岸一级支流		320	95	砂岩黄土	1995 年	100×5×0.3	坡面型		
34	孙家岔	神木	孙家岔		乌兰木伦河左岸一级支流	0.0503	280	167	90	砂岩黄土	1995 年	40×15×0.4	坡面型	
35	燕家塔	神木	孙家岔	燕家沟	乌兰木伦河左岸一级支流		260	110	砂岩黄土	1995 年	120×11×0.8	坡面型		
36	杨家沟	府谷	高石崖	杨家沟	黄河左岸一级支流	0.0603	300	150	92	砂岩黄土	1995 年	25×15×1.2	坡面型	
37	黑山村	府谷	高石崖	黑山村	黄河左岸一级支流	0.4590	268	40	90	砂岩黄土	1995 年	75×25×20	沟谷型	
38	农行	府谷	高石崖	农行	黄河左岸一级支流	0.3050	210	49	90	砂岩黄土	1995 年	50×30×1.2	沟谷型	冲毁营业室
39	制氧站	府谷	高石崖	制氧站	黄河左岸一级支流	1.256	1230	30	115	砂岩黄土	1995 年	180×30×2.0	沟谷型	冲毁车间生产
40	马家沟	府谷	高石崖	马家沟	黄河左岸一级支流	1.378	1350	35	108	砂岩黄土	1995 年	220×20×1.5	沟谷型	冲毁厂房民房
41	义门	保德	暖泉	义门	黄河左岸一级支流	0.0405	240	120	95	砂岩黄土	1995 年	40×15×0.8	沟谷型	
42	铁匠铺	保德	暖泉	铁匠铺	黄河左岸一级支流	0.3690	680	50	98	砂岩黄土	1995 年	60×30×0.6	沟谷型	
43	赵家沟	保德	暖泉	赵家沟	黄河左岸一级支流	0.4560	750	46	95	砂岩黄土	1995 年	70×30×0.8	沟谷型	
44	大黄坡	保德	腰庄	大黄坡	黄河左岸一级支流	0.0304	190	110	90	砂岩黄土	1995 年	30×20×1.2	沟谷型	
45	康家塔	保德	腰庄	康家塔	黄河左岸一级支流	12.20	11750	110	115	砂岩黄土	1995 年	1500×60×1.0	沟谷型	淹没县城死亡十人
46	枣林	保德	腰庄	康家塔	黄河左岸一级支流	0.0476	260	135	87	砂岩黄土	1995 年	38×20×0.5	沟谷型	
47	霍农梁	保德	腰庄	霍农梁	黄河左岸一级支流	0.0521	300	120	86	砂岩黄土	1995 年	40×20×1.0	沟谷型	
48	花园	保德	杨家湾	花园	黄河左岸一级支流	0.0456	280	958	95	砂岩黄土	1995 年	35×25×0.8	沟谷型	
49	前会	保德	杨家湾	前会	黄河左岸一级支流	0.0677	380	105	95	砂岩黄土	1995 年	45×1.8×1.0	沟谷型	
50	故城	保德	杨家湾	故城	黄河左岸一级支流	0.0345	220	135	90	砂岩黄土	1995 年	40×2.3×0.9	沟谷型	
51	南园里	河曲	楼子营	南园里	黄河左岸一级支流	0.0858	460	128	115	砂岩黄土	1995 年	40×13×0.6	沟谷型	
52	前园	河曲	楼子营	前园	黄河左岸一级支流	0.0466	255	240	90	砂岩黄土	1995 年	35×1.8×0.3	沟谷型	
53	唐家会	河曲	楼子营	唐家会	黄河左岸一级支流	0.0505	276	109	95	砂岩黄土	1995 年	30×16×0.6	沟谷型	
54	铁果门	河曲	楼子营	铁果门	黄河左岸一级支流	0.0508	270	135	95	砂岩黄土	1995 年	25×15×0.7	沟谷型	
55	沙畔	河曲	楼子营	沙畔	黄河左岸一级支流	0.658	320	38	103	砂岩黄土	1995 年	60×20×1.2	沟谷型	
56	南园	河曲	楼子营	南园	黄河左岸一级支流	0.6770	350	42	110	砂岩黄土	1995 年	80×34×1.5	沟谷型	
57	石柳子	河曲	沙坪	石柳子	黄河左岸一级支流	0.4562	980	133	92	砂岩黄土	1995 年	30×35×0.8	沟谷型	
58	杜家寨	河曲	沙坪	杜家寨	黄河左岸一级支流	0.3022	670	136	90	砂岩黄土	1995 年	40×15×0.7	沟谷型	
59	走马梁	河曲	沙坪	走马梁	黄河左岸一级支流	0.4008	880	89	85	砂岩黄土	1995 年	38×16×0.8	沟谷型	
60	纸房沟	河曲	沙坪	纸房沟	黄河左岸一级支流	0.3005	665	103	80	砂岩黄土	1995 年	45×20×1.0	沟谷型	
61	河畔	河曲	阳县	河畔	黄河左岸一级支流	0.2122	560	210	88	砂岩黄土	1995 年	60×20×0.5	沟谷型	
62	铺沟	河曲	阳县	铺沟	黄河左岸一级支流	0.0501	305	200	90	砂岩黄土	1995 年	30×25×1.5	沟谷型	
63	木河桥	河曲	阳县	木河桥	黄河左岸一级支流	0.215	530	110	85	砂岩黄土	1995 年	50×27×1.2	沟谷型	

3 神府东胜煤田泥石流的分布特征^[3]

3.1 泥石流规模小、属人为诱发的人为泥石流

在调查中发现,1987 年神府东胜煤田开发以前,几乎没有泥石流发生。1990 年代以来,煤田开发进入了鼎盛时期,煤田露天开采以及铁路、公路、大柳塔和上湾镇的城镇建设,由于忽视环境问题,弃土弃渣无序堆放,从造成泥石流的发生,因而其性质属于由人类不合理的社会活动诱发的人为泥石流。从发生的情况来看,规模都较小。

3.2 泥石流呈集群式分布,与地面物质组成密切相关

在梁峁大部分为黄土或风化残积覆盖的地区,泥石流沟发育较多,而沟道全为明沙覆盖的则难以发生泥石流。如活鸡兔沟流域,两岸地面组成物质对比非常鲜明,右岸为黄土和岩石风化物覆盖,左岸主要为注解动性的明沙覆盖,泥石流沟全集中在右岸。从整个考察范围来讲,泥石流主要集中在活鸡兔沟和王渠沟,其次在乌兰木伦河的左岸及中下游地区,也是泥流沟的多发区。

3.3 泥石流的分布与人工采石场的分布紧密对应

王渠道有大小泥石流支沟 10 条,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 1992-07,一场暴雨,把堆在沟底的碎屑物质推入地里,毁掉田 2.5 亩,造成经济损失数千元。

3.4 泥石流主要分布在面积 < 1 km² 的二级沟里

从表 1 可以看出,在所有泥石流沟中,面积最大沟的 12.20 km²,沟长 11.75 km,沟道总比降 30 %;面积次大沟的 2.0936 km²,沟长 2.05 km,沟道总比降 28 %;面积最小的只有 0.225 km²,主沟长 0.18 km,总比降 133 %;其余的沟道都小于 1 km²。就最大的泥石流沟来说流域面积相比之下也是较小的,据黄河中游局的沟道特征统计资料表明:流域面积越大,完整系数(流域长宽比)越小,即流域面积越大越相对狭长窄瘦;反之,流域面积越小,流域形态相对大又利于迅速汇流,历时短,易形成涨暴落的洪水。沟道纵比降分布规律是:沟道纵比降与流域面

积成反比,即流域面积越大,沟道纵比降越小,流域面积越小,沟道比降越大。而沟道比降大有利于固体物质的搬运和输移。因此,流域面积偏小,有利于发育泥石流。

4 泥石流形成的原因

4.1 大量的松散弃土弃渣物质为泥石流发生提供了丰富的物质来源

我们对矿弃土弃渣进行了详细调查,按弃土弃渣堆积的地形部位主要有四类,各部位的弃土弃渣堆积量量算结果见表 2^[4]。

表 2 矿区不同部位松散堆积物量

Table 2 Quantities of loose accumulation material of different landforms position in coal mine area

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(10 ⁴ 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

4.1.1 河道松散堆积物

河道堆积的部位包括补连塔至大柳塔乌兰木伦河 10 km 河段的主河槽、河漫滩和一级阶地,是露天采煤集中区,堆积物主要是露天煤剥离的沙石,还有少部分采沙石堆积。在此区段,矿坑与堆积体犬牙交错密布,堆积高度 4~10 m,最高达 18 m,总量约 3 615×10⁴ m³,占总堆积量的 25.7 %。此类堆积全是疏松的沙、砾石和河卵石,极易被洪水冲刷挟带或作推移运动,在下游河床淤积。

4.1.2 河岸坡及谷坡堆积

此类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,一般坡度在 20°~30°。弃渣来源是修铁路、公路开挖的土石方和建筑弃渣,成条状分布,堆积厚约 4~10 m,总量约 1 085×10⁴ m³。这些堆积物也是松散的土、石、渣类,在暴雨洪水冲刷下,大部分被输入河道。

4.1.3 山坡及坡脚堆积物

在丘陵坡区、河谷阶地与山坡交接的坡面堆积物均属此类,主要来源于煤矿弃渣、铁路挖方弃土石和建筑弃渣,总量约 349.3×10⁴ m³,占 24.8 %。坡脚地带,主要由乡村办小煤矿排渣所致,分布零散,总量约 45.8×10⁴ m³。这些物质中有粉尘、细粒和粗粒沙土及大块石,易受风蚀和水蚀,在暴雨和坡面

径流冲刷下,亦于流失而流入沟道。

4.1.4 坡面沟谷堆积物

包括一级支沟的小沟谷和塬面沟坡与沟谷,是堆积部位最高的地方,其来源主要是采石弃渣和矿坑排渣,总量约 $542.1 \times 10^4 \text{ m}^3$,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 m^3 石料,其剥离表土和废弃的碎石约有 $5 \sim 7 \text{ m}^3$,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。例如大柳塔附近流域面积仅 4.3 km^2 的王渠沟,有 100 m 长以上支沟 29 条,发育泥石流沟 10 条,形成区面积 0.85 km^2 ,占流域面积的 20%,其固体物质全部来源于采石弃渣和矿井排渣。在活鸡兔沟李家畔,弃渣型泥石流分布更为集中。

4.2 频繁的暴雨是泥石流发生的外动力因素

该区年际和年内气候变化剧烈为其主要特征,暴雨洪水、沙暴和冰雹等自然灾害频繁。降雨量 400 mm 左右,且多为暴雨。降水分布极不均匀,年际丰枯悬殊,干旱暴雨洪水灾害交替频繁。年最大与年最小降雨量相差 2~4 倍,神木县最小降水量仅 108.6 mm,年最大 819.1 mm;降雨多集中在 6~9 月,占全年降水量的 70%~80% (见表 3),汛期输沙量则占全年输沙量的 90% 以上。由于气候与地形两者的特殊性,暴雨洪水历时短、造峰快、洪峰模数大,达 $4 \sim 8 \text{ m}^3/\text{s}/\text{km}^2$;洪水流速快,达 $4 \sim 7 \text{ m/s}$,故动能大,冲刷力特强,造成了沟道、河流的高输沙模数,常常酿成洪水泥石流灾害。1991-07-23~25 神木县普降暴雨,中心区 24 h 降雨 400 mm,形成

山洪爆发,摧毁农田约 2.7 万 hm^2 ,冲垮公路 71 km,冲跨了神木大桥,致使交通中断数天。总之,干旱、暴雨是本区的主要气候特征,也是环境脆弱的重要表现。

5 结论

(1)通过实地考察发现,神府东胜煤田泥石流规模小、属人为诱发的人为泥石流,泥石流的分布特征与人工采石场等弃土弃堆放地的分布紧密对应;泥石流呈集群式分布,与地面物质组成密切相关;泥石流主要分布在面积为 1 km^2 以下的二级沟里。

(2)对于采矿、修路、采石、建筑等工程松动或破坏地表处,要及时植树绿化,防止水土流失;排弃的大量松散土石,必须制定切实可行的堆积设计方案,采取有效防护措施,以免松散物质流失,严禁无防护的乱堆积;对于公路、铁路等建设深挖等形成的陡崖、险崖,除坡面作好植被固坡等措施外,还应采取工程固坡和排除地下水的措施,以防止形成滑坡、崩塌、散落、滚石等现象;彻底清理河道中的采矿堆积物确保河道行洪安全,对于堆积在河道中的采煤剥离物,应尽快运移到河道安全行洪宽度以外,以防止冲刷到下游,对于河道岸坡的修路等堆积物也应视其情况予以处理或采取防护措施。

参考文献(References):

- [1] Li Rui, Tang Keli. Investigation of effects mining activities on environment in shenfu-dongsheng area. *Research of soil and water conservation*. 1994(4): 5~17 [李锐,唐克利. 神府-东胜矿区一、二期工程环境效应考察[J]. 水土保持研究,1994,(4): 5~17]
- [2] Du Ronghuan et al. Classification of mud-rock flow. In: *Mud-rock flow symposium of Chinese in the second*. Beijing: Science press, 1991. [杜榕桓等. 试论泥石流的分类[A]. 见:第二届全国泥石流学术会议论文集[C]. 北京:科学出版社,1991]
- [3] Wang Wenlong, Zhang Pingcang et al. Investigation of Man-Made mud-rock flow during the first and second construction phases of in Shengfu-dongsheng coal mining area. *Research of soil and water conservation*. 1994,(4): 54~59 [王文龙,张平仓,等. 神府-东胜矿区一、二期工程与人为泥石流[J]. 水土保持研究,1994(4): 54~59]
- [4] Gao Xuetian, Zhang Pingcang et al. New Man-made accelerated erosion during the first and second construction phases of in Shengfu-dongsheng coal mining area. *Research of soil and water conservation*. 1994,(4): 23~34 [高学田,唐克利,等. 神府-东胜矿区一、二期工程中新的人为加速侵蚀[J]. 水土保持研究,1994,(4): 23~34]

表 3 神府地区主要气候特征

Table 3 Climate Characteristic in Shenfu-Dongsheng District

项目	神木	府谷	保德	河曲	准格尔
年均降雨量(mm)	441.1	460.1	443.0	407.5	401.5
6~9月降水占全年(%)	77.1	76.9	77.2	82.6	77.5
年最大降雨量(mm)	819.1	849.6	662.0	715.3	636.2
年最小降雨量(mm)	108.6	199.6	193.3	211.4	160.8
年最大暴雨次数(次)	5	4	4	3	5
年大风日数(d)	16.2	29.4	28.6	27.2	24.6
年沙暴日数(d)	10.7	4.2	4.3	0.4	15.2

The Current Situation of Development About Debris Flows Caused by Human Activities and Its Distribution Characteristics in the Exploitation in Shenfu-Dongsheng Coal Field

WANG Wen-long, LI Zhan-bin , and ZHANG Ping-cang

(1 *Institute of Soil and Water conservation ,Chinese Academy of Sciences and Ministry of Water Resources and
Northwest Sci-Tech University of Agriculture and Forestry ,Yangling Shaanxi 712100*;2 *Yangtse
River Academy of Sciences ,Wuhan Hubei ,430051*)

Abstract: Shenfu Dongsheng coal field is a important base of energy supplier. Debris flows have happened there frequently since the exploitation on large scale in 1990's. The facts have been realized through observing and studying. The debris flows in Shenfu Dongsheng coal field are small and they are induced by human factors. The distribution characteristics of the debris flows correspond closely to the distribution of sites of stone field, waste soil, residue and so on. The distribution of debris flows is group distribution and it relates to the composing of ground material. They mainly distribute in the gullies whose watershed area is under 1 km².

Key words: Shenfu-Dongsheng coal field; debris flow induced by human factors; current situation of development ;characteristic of distribution; cause