

DOI:10.16031/j.cnki.issn.1003-8035.2016.03.17

陕西榆神府生态环境脆弱区地质灾害分布规律

李永红¹, 刘海南¹, 范立民¹, 贺卫中¹, 姬怡微¹, 赵 洲²

(1. 陕西省地质环境监测总站, 陕西 西安 710054;

2. 西安科技大学地质与环境学院, 陕西 西安 710054)

摘要: 榆神府地区生态环境脆弱, 地质灾害点多面广。基于地质灾害详细调查成果得出: 地质灾害类型为滑坡、崩塌、泥石流、采空地面塌陷; 规模以小型、稳定性以差或较差、险情等级以小型为主; 崩塌、滑坡发育的边界条件相同, 主要发育于 60° 以上人工土岩边坡上, 崩塌以剥落式为主, 滑坡以前缘临空失稳牵引为主; 地面塌陷主要由煤矿采空引发, 表现为地表裂缝、地面塌陷, 伴生崩塌、滑坡, 裂缝以直线型、弧线型为主; 窟野河中游、秃尾河东岸与孤山川、木瓜川等流域黄土沟壑内的地质灾害密集; 神木县的永兴办与府谷县的府谷镇灾害点最多; 50% 以上地质灾害由人为工程活动引发, 因此规范人为工程活动, 是防范榆神府地质灾害发生的有力保障。

关键词: 榆神府; 生态环境脆弱性; 地质灾害; 发育特征; 分布规律

中图分类号: P642

文献标识码: A

文章编号: 1003-8035(2016)03-0116-06

Distribution of geological hazards in Yushenfu ecological environment fragile area

LI Yonghong¹, LIU Hainan¹, FAN Limin¹, HE Weizhong¹, JI Yiwei¹, ZHAO Zhou²

(1. Shaanxi Institute of Geo-Environment Monitoring, Xi'an, Shaanxi 710054, China;

2. College of Geology and Environment, Xian University of Science and Technology, Xi'an, Shaanxi 710054, China)

Abstract: The ecological environment of Yushenfu area is fragile, geological hazards development and distribute in a wide range. Based on detailed survey of geological hazards, the author induction, summary, analysis and comprehensive study, think: The slope of geological hazards is including landslide, collapse, debris flow and ground collapse, the hazard is mainly small scale, poor stability and small danger level. Development of collapse and landslide's boundary conditions are basically the same, mainly developed on artificial soil and rock slope which is more than 60°. Collapse is mainly flake-style and landslide leading edge free traction. Ground collapse is mainly caused by mineral resources exploit, formed mainly for surface cracks, collapses, landslides and ground collapse, cracks is mainly straight line and arc type. Geological hazards of loess hilly landforms are intensive development in middle reaches of Kuye River, east coast of Tuwei River, Gushan and Mugua Mountains. Geological hazard of Yongxing town in Shenmu County and Fugu town in Fugu County is most development. the survey found that 563 points of geological hazard more than 50% is closely related to human activities. Therefore, specification for human engineering activities is powerful guarantees for preventing geological hazards occurring in the study area.

Keywords: Yushenfu; ecological environment fragile area; geological hazards; development characteristic; distribution law

收稿日期: 2015-09-29; 修订日期: 2015-11-10

基金项目: 国家重点基础研究发展(973)计划(2013CB227901); 陕西省财政专项地质灾害防治经费项目(陕地调院发[2014]33号)

第一作者: 李永红(1968-), 女, 山西孟县人, 教授级高级工程师, 主要从事地质灾害防治工作。E-mail: 573142680@163.com

0 前言

陕西省榆林市榆阳区、神木县、府谷县(下简称榆神府)是毛乌素沙漠向陕北黄土高原丘陵沟壑区过渡地带,生态环境脆弱^[1-3]。原生态环境脆弱性导致自然因素诱发的地质灾害频发,而人为工程活动引发地质灾害又加剧生态环境的脆弱性。研究榆神府生态环境脆弱区地质灾害的发育特征与分布规律,对于生态环境的治理与保护、恢复与重建有一定的现实意义。

1 地质灾害发育特征

根据已经完成的地质灾害详细调查报告^[4-6]:榆神府分布潜在地质灾害 563 处,崩塌 372 处、滑坡 115 处、地面塌陷 63 处、泥石流 13 处。规模以小型为主,占总数 60.21%;稳定性较差和差居多,占总数 84.37%;威胁人数小于 100 人的灾害占 95.00% 以上;趋势预测以不稳定为主;低危险和中危险的点较多,占总数的 96.45%;地质灾害的诱发因素主要为人为工程活动。

1.1 崩塌

运动方式以剥落式崩塌为主:崩塌的运动方式有坍塌、剥落、张裂—滑移^[7]。①坍塌式崩塌发育在沟道两侧岩质边坡上,有 15 处。岩质边坡砂泥岩差异风化,加上人工开挖或流水侧蚀,造成上部岩体悬空,失去支撑发生坍塌或坠落(图 1);②剥落式崩塌广布,有 298 处,土石丘陵沟壑区公路沿线或住户屋后坡体上均有分布,黄土节理裂隙面、砂泥岩层理面与节理面发育,将岩土体切割的较破碎,在人为工程活动及自重、降水、风化等外营力作用下,岩土体粘聚力与内摩擦角下降,岩土体呈不规则沿着节理面、裂隙面向下掉块,形成剥落式崩塌,岩土体剥落后在坡面上形成凹坑、凹槽。榆神府人工边坡上的剥落式崩塌 171 处、自然边坡上 127 处,说明剥落式崩塌一方面受控于人为工程活动,一方面与区内脆弱的地质环境条件相关;③张裂—滑移式崩塌主要分布在黄土沟壑壮年沟谷两侧坡体上^[8],有 59 处。谷沿下部存在顺坡体倾覆的古土壤或黏土岩、砂泥岩层理面,为潜在的滑动面,上部土体除受自重作用外,雨季坡面经过降水冲击、土体软化、面沟切割^[9]等过程后,土体含水量增大,力学性质降低,一方面于土体内产生静水压力或动水压力,另一方面软化古土壤层或土岩触带,从而使土体沿着潜在滑动面滑移产生崩塌,张裂—滑移式崩塌在自然边坡上有 32 处,人工边坡上 27 处。

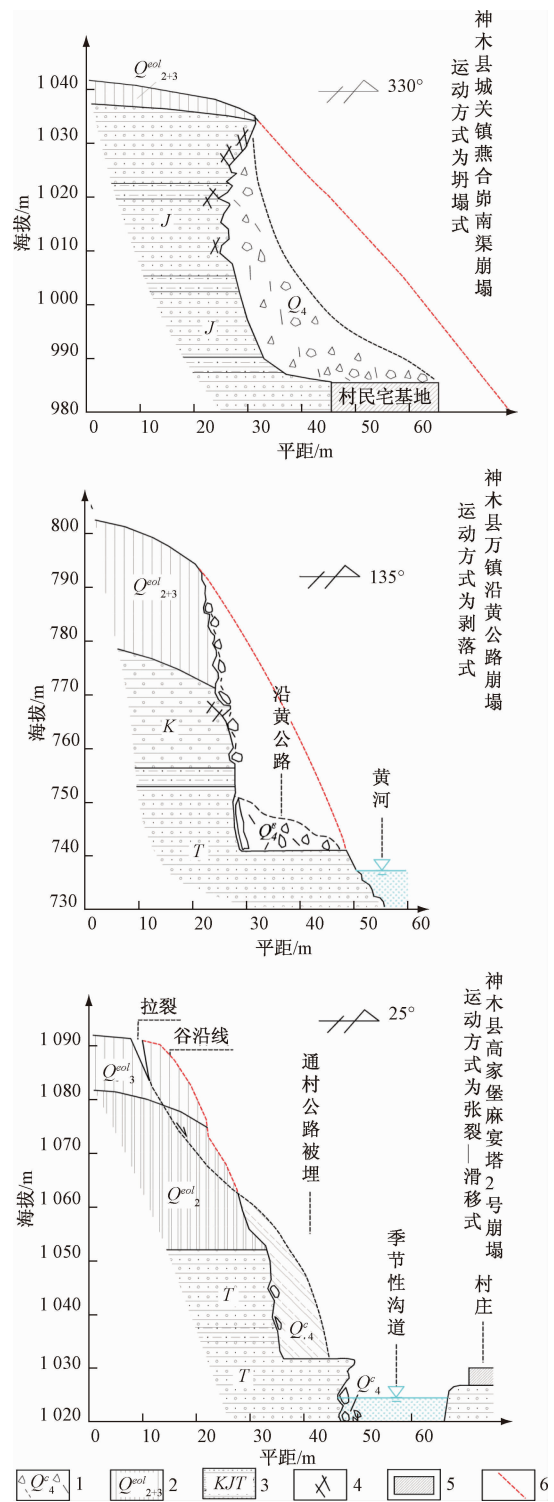


图1 崩塌运动方式示意图

Fig.1 The movement way of collapse

1—全新统崩塌堆积层;2—中上更新统黄土;3—白垩、侏罗、三叠系砂泥岩、砾岩等;4—裂隙面;5—村民宅基地;6—原始坡面线。

坡体以人工岩质边坡为主:崩塌体边坡有土质边坡、岩质边坡,数量之比 135:237,岩质边坡占比大的原因与黄土沟壑区岩体出露厚度较高有关。受道路建

设、削坡建房等工程活动的影响,一部分自然边坡演化成人工边坡,二者数量之比 173:199。由此可见崩塌地质灾害与人为工程活动密切相关^[10],且大都发生在岩质坡体上。

崩塌边界条件相同崩向各异:控制榆神府崩塌的边界条件主要是黄土节理面、砂泥岩水平层理面及节理面、土岩接触面等,372 处崩塌隐患密集分布于高度小于 50 m、厚度小于 5 m、宽度小于 90 m、坡度 60°~80°间的边坡上,这与陕北地区黄土沟壑切割深、坡面破碎有关;由于微地貌受沉积环境和后期人为工程活动的影响,黄土边坡坡向在各个方向均有分布,因此崩向四面八方。

1.2 滑坡

受地质条件控制中浅层均质或顺层滑坡居多:滑坡规模以小型为主;滑坡发生时切过岩面的滑体几乎没有,以浅层滑坡为主,115 处滑坡中厚度小于 10 m 的滑坡 108 处,占总数 94.00%;滑动面大都位于黄土层内,系均质滑坡,即滑动面不受层面的控制,主要受控于斜坡的应力状态和土体的抗剪强度,该类滑坡(黄土层内错动)占总数 78.00%;受控于岩体内层理面或节理裂隙面的滑坡(岩体内错动)占总数 14.00%;受控于土岩接触面的滑坡(黄土沿岩体滑动)占总数 8.00%,该类滑坡数量虽少,但往往在一条沟道高密度分布,且受威胁群众多为边远地区贫困村民,危害性较大。如神木县太和寨张家沟长约 1.5 km 的沟道内发育该类地质灾害 7 处,威胁一组全部村民的安全。

因人为工程活动引发的现代牵引式滑坡居多:神木县滑坡 91.20% 系人为工程活动引发、榆阳区 92.50% 系人为工程活动引发、府谷县 56.60%,引发因素主要是道路建设、削坡建房开挖坡体和采空引发边坡失稳等;牵引式现代滑坡 66 处,占滑坡总数 57.39%。

平面半圆剖面直线为主的边界特征较为显著:榆神府滑坡平面形态分为半圆形、不规则形、矩形、舌形,数量之比 41:16:24:34;剖面形态分为凹形、复合形、阶梯形、凸形、直线形,数量之比 18:9:25:15:48。可见榆神府滑坡平面形态以半圆剖面形态以直线为主。

规模特征参数相对集中的蠕滑变形滑坡较多:由前所述,榆神府滑坡以小于 10 m 的浅层滑坡为主。滑坡长度在 10~60 m 间,宽度在 20~100 m 间。滑坡以局部变形和坍塌为主,大部分处于蠕滑变形阶段。

坡度大于 60°坡向介于西南西北的滑坡较多:滑坡坡度大于 60°以上,滑向 150°~300°间西北与西南向。前者坡度受地形岩土体结构的影响,后者与榆神

府河流走向控制的斜坡坡向有关。

1.3 泥石流

较陕南地区,陕北泥石流发生的水动力条件明显不足,因此榆神府泥石流不甚发育。13 处泥石流位于府谷县境内,以小型中易发弃渣型泥石流为主。泥石流主要破坏了地貌景观,占用了土地资源,由于其险情等级小,数量少,限于篇幅本文不作详细研究。

1.4 采空地面塌陷

63 处地面塌陷以规模为小型、险情等级以小型为主,变形特征为地裂缝和地面塌陷,其次是伴生滑坡、崩塌等地质灾害。

地裂缝是榆神府常见的采煤沉降形式,有直线裂缝、弧形裂缝、折线裂缝、不规则裂缝^[11]。作者认为后两种裂缝是前两种裂缝在地表拉裂、变形、下错过程中因地质条件的不同组合变形而成。①直线型裂缝平直,延伸方向稳定,裂缝不发生转折,发育在黄土梁峁顶部、沙漠地区或顺坡向锥形冲沟内。梁峁顶部裂缝随着工作面的推进基本呈等间距排列且裂缝走向与工作面推进方向垂直,或与工作面边界平行,裂缝长而深,裂缝错动不明显;沙漠地区裂缝首现时与梁峁顶部特征基本相同,后期受沙埋影响,裂缝显现短而浅;在冲沟内裂缝与其流向相同,呈“爪”状展布,在黄土厚度大的地区,裂缝深而宽。②弧线型裂缝呈弧形弯曲,发育在梁峁与沟谷过渡的斜坡体或沟脑。斜坡体上裂缝一般与等高线平行呈同心圆等间距排列,裂缝由坡顶至坡脚深度逐渐变浅,呈阶梯状下降,尤其当工作面走向与山坡走向相互平行时,由于塌陷裂缝与地形产生的附加裂缝叠加,容易产生滑坡;沟脑裂缝呈环状展布,裂缝将沟脑切割的支离破碎,形成崩塌。根据裂缝与采空区的空间位置关系^[12],又分闭合裂缝和张开裂缝,前者位于采空区上方,又称暂时裂缝,后者位于采空区边缘,又称永久裂缝。

采空地面塌陷表现为塌陷盆地、塌陷坑、塌陷槽等。①塌陷盆地主要分布于榆阳区与神木县沙漠地区,形如“碗状”,中间平两侧陡,黄土沟壑地形起伏高差大于地表下沉值,地表很少出现塌陷盆地,偶见干涸水库在采动影响下形成规模较小的塌陷盆地(图 2)。②塌陷坑是由宽度很大的张性裂缝发育形成的,这些裂缝大多出现在凸形边坡部位,裂缝一般沿岩土层的原有节理或裂隙拉开,经雨水冲刷、风化作用、溃沙突水等形成面积更大而深度较浅的塌陷坑(图 3),最终演化成滑坡。③塌陷槽主要发生在山顶或梁峁宽阔平坦的凸形部位(图 4),塌陷槽长轴大致与地形等高线平行,长度随地形变

化可达数十米,宽度一般在数米间。塌陷槽底部平坦,保持原有地形;塌陷槽边界整齐,落差数厘米至数米,陷落宽度数厘米;塌陷槽常见于黄土层覆盖地区;塌陷槽产生的原因是由于凸形地貌两侧的地表土层因采动滑移发生顺坡反向滑动所致(图5)。



图2 神木县石圪台水库干涸演化成塌陷盆地

Fig. 2 The distribution of Shigetai reservoirs dry evolved into collapse basin

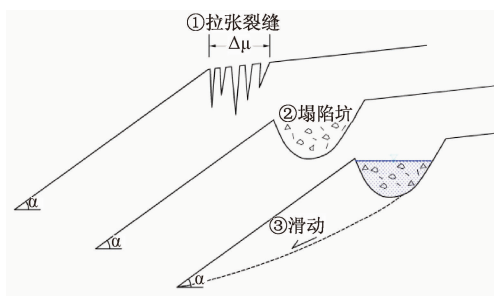


图3 裂缝→塌陷坑→滑坡形成过程

Fig. 3 Cracks→collapse pit→formation process of landslide



图4 榆阳区永乐煤矿范围内的塌陷槽

Fig. 4 Yongle mine subsidence within the scope grooves

2 地质灾害分布规律

区域分布不均,集中分布于府谷的府谷镇、神木的永兴办;榆神府地质灾害主要分布于神木264处,其次是府谷196处,最后是榆阳区103处。府谷县的府谷镇灾害点最多44个,占总数7.82%,其次是神木县的永兴办和店塔镇,分别是36个和28个,分别占总数

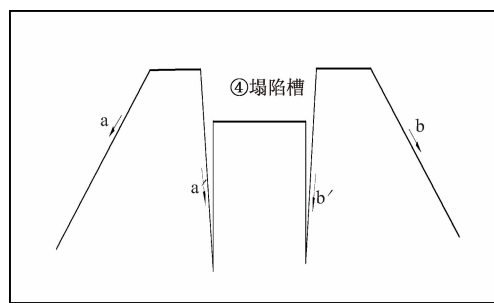


图5 塌陷槽内的土体运动方向

Fig. 5 The direction of soil movement in subsidence

6.39%和4.97%。

地貌上分布不均,黄土梁峁沟壑区灾害最发育,沙漠区较少;据图6,榆神府地貌单元由西向东分为沙漠高原区、黄土梁峁沟壑区、黄土梁岗区、土石丘陵区、河谷阶地区五种类型。地质灾害集中分布于三县接壤的黄土梁峁沟壑区,563处地质灾害中有317处分布于沟壑两侧斜坡上,占总数56.31%;神木县和府谷县黄河西岸与窟野沿岸河谷阶地前缘分布150处,占总数26.64%;府谷县东侧土石丘陵区、北部黄土梁岗区分别发育42处、35处,分别占总数7.46%、6.22%;榆神府西部沙漠区地质灾害较少,有19处地面塌陷,占总数3.37%。

窟野河中游、秃尾河东岸等流域内地质灾害最发育;区内水系均为黄河一级支流,由南向北较大的支流有:榆溪河、秃尾河、窟野河、孤山川、木瓜川、清水川、甫川等。这些支流将榆神府中部的黄土梁峁切割成支离破碎的块体,黄土沟壑纵横交错,岩土体结构类型一般上为黄土下为砂泥岩,为地质灾害发育提供了地貌与岩土体条件。地质灾害点多的流域是榆阳区榆溪河东岸、神木县窟野河中游、秃尾河东岸与府谷县杨崖沟流域、孤山川和木瓜川流域;此外,其它流域如榆溪河与秃尾河相间的支沟内、窟野河与孤山川相间的支沟内、清水川流域、窟野河上游地质灾害点较多。

人为工程活动密集地带地质灾害发育:生态环境的脆弱性为榆神府地质灾害的发育、发展提供了空间条件,区内煤炭、天然气、石油等矿产资源的开发利用对地质灾害而言无疑是雪上加霜,加剧、加速了榆神府内地质灾害的形成、发展。63处地面塌陷灾害均由煤炭采空区引发,主要分布于榆阳区金鸡滩、牛家梁、麻黄梁,神木县西沟、永兴、店塔、大柳塔及府谷的新民、庙沟等镇(办事处)。地面塌陷灾害主要位于榆神府采动范围内开采强度较大的区域^[13-14]。

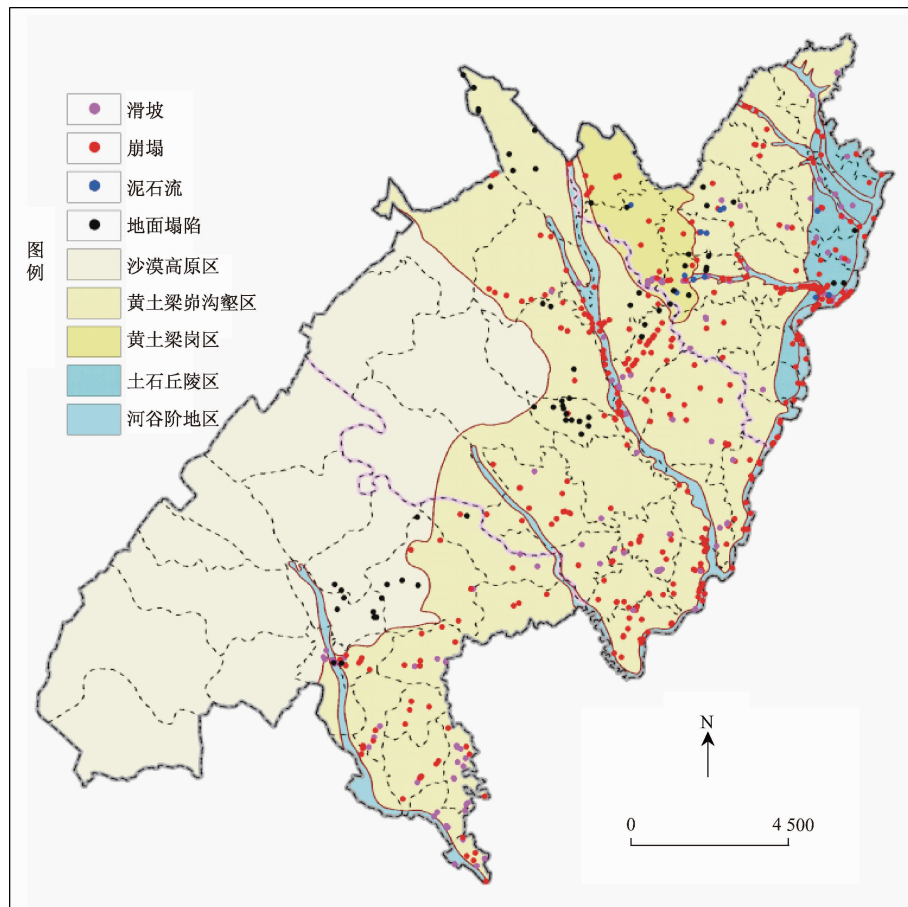


图6 榆神府地质灾害在各地貌单元的分布情况

Fig. 6 Distribution law of geological hazards in different geomorphic units

3 结论

(1) 榆神府原生态环境脆弱性导致自然因素的地质灾害频发,而人为工程活动引发的地质灾害又加剧生态环境的脆弱性。由于自然因素和人为因素的交织、叠代等作用,陕西省榆神府生态环境脆弱、水资源短缺、土地沙化与水土流失较为严重。

(2) 榆神府地质灾害主要为滑坡、崩塌、地面塌陷,其次为泥石流;规模以小型、稳定性以差和较差、险情等级以小型、引发因素以人为工程活动为主。

(3) 崩塌、滑坡发育的边界条件基本相同,主要发育于 60° 以上人工土岩边坡上,崩塌以剥落式为主,滑坡以前缘临空牵引为主;地面塌陷主要煤矿采空引发,变形特征为地裂缝和地面塌陷,其次是伴生滑坡、崩塌等地质灾害。

(4) 窟野河中游、秃尾河东岸与孤山川和木瓜川等流域内的黄土沟壑地貌单元内地质灾害密集发育;神木县的永兴办与府谷县的府谷镇灾害点最多。

(5) 控制榆神府地质灾害的内因是生态环境脆弱,诱因是人为工程活动。

参考文献:

- [1] 李克煌,钟兆站. 论中国生态环境脆弱带[J]. 河南大学学报(自然科学版), 1995, 25(4): 57-64.
LI Kehuang, ZHONG Zhaozhan. Discussing on ecological environment fragile in China[J]. Journal of Henan University (Natural Science), 1995, 25(4): 57-64.
- [2] 刘晓琼,刘彦随. 大型能源开发前后区域生态环境脆弱度变化研究[J]. 干旱区资源与环境, 2010, 24(1): 46-51.
LIU Xiaoqiong, LIU Yansui. Change of vulnerable degree of eco-environment before and after large scale energy exploitation [J]. Journal of a Rid Land Resources and Environment, 2010, 24(1): 46-51.
- [3] 杨强. 基于遥感的榆林地区生态脆弱性研究[D]. 南京: 南京大学, 2012.
YANG Qiang. The study on the ecological

- vulnerability based on remote sensing in Yulin region [D]. Nan Jing: Nan Jing University, 2012.
- [4] 姬怡微,李成,何意平,等.陕西省榆林市榆阳区地质灾害详细调查报告[R].西安:陕西省地质环境监测总站,2014.
- JI Yiwei, LI Cheng, HE Yiping, et al. Detailed research of Yuyang area in Yulin city of Shaanxi province [R]. Xi'an: Shaanxi Institute of Geo-Environment Monitoring, 2014.
- [5] 李永红,刘海南,姚超伟,等.陕西省神木县地质灾害详细调查报告[R].西安:陕西省地质环境监测总站,2014.
- LI Yonghong, LIU Hainan, YAO Chaowei, et al. Detailed research of Shenmu county in Shaanxi province [R]. Xi'an: Shaanxi Institute of Geo-Environment Monitoring, 2014.
- [6] 赵洲,薛喜成,邓念东,等.陕西省府谷县地质灾害详细调查报告[R].西安:西安科技大学,2014.
- ZHAO Zhou, XUE Xicheng, DENG Niandong, et al. Detailed research of Fugu county in Shaanxi province [R]. Xi'an: Xi'an University of Science and Technology, 2014.
- [7] 雷祥义.黄土地质灾害的形成机理与防治对策[M].北京:北京大学出版社,2014.
- LEI Xiangyi. The cause of formation, prevention and cure of Geological disasters of loess [M]. Beijing: Peking University Press, 2014.
- [8] 曾磊,黄玉华.黄土高原河谷演变与地质灾害发育规律研究[J].中国地质灾害与防治学报,2010,21(3):67-71.
- ZENG Lei, HUANG Yuhua. Valley evolution and geologic hazard occurrences in the loess plateau of China[J]. The Chinese Journal of Geological Hazard and Control, 2010, 21(3): 67-71.
- [9] 王鲜,倪万魁,刘海松,等.黄土边坡坡面降雨冲刷破坏机制模拟试验[J].中国地质灾害与防治学报,2015,26(3):41-44.
- WANG xian, NI Wankui, LIU Haisong, et al. Simulation test of rainfall erosion damage mechanism on the loess slope surface[J]. The Chinese Journal of Geological Hazard and Control, 2015, 26(3): 41-44.
- [10] 刘传正.关于地质灾害防治中两个问题的认识[J].中国地质灾害与防治学报,2015,26(3):1-2.
- LIU Chuansheng. On the understanding of the two problems in geological hazard prevention [J]. The Chinese Journal of Geological Hazard and Control, 2015, 26(3): 1-2.
- [11] 李帅.山区部分开采地面变形规律及山坡稳定性分析研究[D].徐州:中国矿业大学,2014.
- LI Shuai. The deformation laws of mountain mining ground and slope stability analysis [D]. Xuzhou: China University of Mining and Technology, 2014.
- [12] 杨选民.陕西渭北煤田地表塌陷规律及治理对策[J].煤矿环境保护,1993,10(5):29-32.
- YANG Xuanmin. Surface subsidence law and the countermeasures of Weibei coalfield of Shaanxi Province [J]. Mine Environment Protect, 1993, 10(5): 29-32.
- [13] 范立民,张晓团,向茂西,等.浅埋煤层高强度开采区地裂缝发育特征[J].煤炭学报,2015,40(6):1142-1147.
- FAN Limin, ZHANG Xiaotuan, XIANG Maoxi, et al. Ground fissure development characteristic in shallow seam high strength exploration area of Yushenfu coal mining area [J]. Journal of China Coal Society, 2015, 40(6): 1142-1147.
- [14] 范立民.榆神府区煤炭开采强度与地质灾害研究[J].中国煤炭,2014,40(5):52-55.
- FAN Limin. On coal mining intensity and geo-hazard in Yulin-Shenmu-Fugu mine area [J]. China Coal, 2014, 40(5): 52-55.

敬告作者和读者

为适应我国科技信息化建设的需要,扩大作者、读者学术交流渠道,本刊已加入《中国学术期刊(光盘版)》、《中国期刊网》及《中文科技期刊数据库》。今后,本刊将作者著作权使用费与本刊稿酬一次性付给。如果作者不同意将文章编入上述数据库,请在投稿时声明,本刊将作适当处理。谢谢!

《中国地质灾害与防治学报》编辑部