

# 山西采煤沉陷区地质灾害特征分析

段鹏飞<sup>1,2</sup>, 吴高峰<sup>1</sup>, 张伟<sup>1</sup>, 吕义清<sup>2</sup>

(1.山西省煤炭地质资源环境调查院, 太原 030006; 2.太原理工大学, 太原 030024)

**摘要:**笔者从山西省的不同区域选取了7个具有代表性的采煤沉陷区区块样本,采用类比法和归纳法,对采煤沉陷区自然和人为因素引起的地质灾害类型、特征以及地质灾害的环境衍生效应进行了研究。结果表明地裂缝及地面塌陷是山西采煤沉陷区的主要地质灾害类型;地质灾害的诱发因素主要是人类工程活动,特别是采煤活动。此类灾害具有集聚性与群发性、诱发的多因性与治理的复杂性、灾害的衍生性与影响的多方面性等特征。地质灾害是造成地形地貌景观、土地资源、水资源、生态环境被破坏的重要原因,必须对其进行综合治理。

**关键词:**采煤沉陷区;地质灾害;特征;山西

**中图分类号:** P694

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1672-4135(2014)04-0308-07

目前国内诸多学者对山西因采煤诱发地质灾害及地质环境问题进行了大量的研究<sup>[1-8]</sup>。郭振中<sup>[1]</sup>对山西省大同、宁武、西山、霍西、沁水、河东六大煤田的采煤地质灾害模式进行了划分。吕义清<sup>[2]</sup>分析了太原西山矿区各种地质灾害的形成特点及环境效应。周亚涛等<sup>[3]</sup>对襄垣县采煤诱发地质灾害的类型及形成机制进行了初步研究。曹金亮<sup>[4]</sup>对长治市崔蒙地区采煤地面塌陷的形成机理和发展趋势进行了评价。乔晓娟等<sup>[5]</sup>从水量水质两方面分析了太原西山矿区煤矿开采对地下水资源与环境的影响。王日鑫等<sup>[6]</sup>对山西采煤引起的土地破坏及防治对策进行了研究。张建彪等<sup>[7]</sup>研究了山西煤采区主要的生态环境问题,并提出了矿区生态恢复与重建对策。张庆勇<sup>[8]</sup>提出了通过计算汾西矿区沉陷下沉值与水平变形值,确定采煤沉陷区范围,再通过对沉陷区地表稳定性评价,划分稳定沉陷区与非稳定沉陷区的方法。上述研究仅对某些矿区或地区因采煤诱发地质灾害的类型、特点、成因、模式,采煤对土地资源、水资源、生态环境的影响和破坏以及采煤沉陷区范围的确定等问题做了有益的探索,而对山西采煤沉陷区内地质灾害研究还不够深入。2014年6月,山西省政府决定对采煤沉陷区开展大规模综合治理工作,因而在上述研究的基础上,以山西省采煤沉陷区内的地质灾害为研究对象,进一步深入研究采煤沉

陷区地质灾害的类型、特征以及环境效应,对地质灾害综合治理工程的科学实施具有一定的理论价值和现实意义。

本文以采煤沉陷区内所有自然因素和人为因素引起的地质灾害为研究对象,从山西省的不同区域选取7个采煤沉陷区区块为研究样本,采用类比和归纳的方法,以查清山西省采煤沉陷区的主要地质灾害类型,揭示出各类地质灾害的特征以及山西省采煤沉陷区地质灾害的一般特征及其引起的地质环境效应。

## 1 地质灾害的基本概况

为体现采煤沉陷区区块样本选取的代表性和典型性,分别从晋城市、吕梁市、晋中市、大同市4个地级市选择7个样本进行研究,具体情况见表1,7个选区样本( $Y_1 \sim Y_7$ )分布如图1。

根据2012年到2014年6月份对7个样本的地质灾害详调(以下简称为详调区)统计<sup>[9-15]</sup>,现有地质灾害344处,地质灾害主要表现为地裂缝、地面塌陷、崩塌、滑坡、潜在泥石流、不稳定斜坡、煤层自燃等7种地质灾害。按地质灾害类型分类:地裂缝249处,地面塌陷32处,崩塌31处,不稳定斜坡21处,滑坡6处,煤层自燃3处,潜在泥石流2处,各类地质灾害分布如图2。其中地裂缝为采煤沉陷区最主要的地质

收稿日期: 2014-07-18

基金项目: 山西省地质灾害调查项目:山西省煤层自燃地质勘查与治理方法研究子课题山西省采煤沉陷区治理方法研究(2013DZ1201)

作者简介: 段鹏飞(1981-),工程师,工程硕士,2003年毕业于太原理工大学地测系,从事环境地质、灾害地质研究,Email: 511539920@qq.com。

表1 采煤沉陷区区块样本统计表  
Table 1 Statistics sample of coal mining subsidence area

样本编号	地级市	样本名称	代表区域
Y <sub>1</sub>	晋城市	晋城市城区白马寺山北大车渠段采煤沉陷区	山西东南部
Y <sub>2</sub>		山西泽州天泰西陈庄煤业有限公司采煤沉陷区	
Y <sub>3</sub>	吕梁市	山西离柳鑫瑞煤业有限公司采煤沉陷区	山西中西部
Y <sub>4</sub>		汾西矿区孝义采煤沉陷区	
Y <sub>5</sub>	晋中市	山西寿阳段王煤业集团有限公司采煤沉陷区	山西中部
Y <sub>6</sub>		山西和顺正邦神磊煤业有限公司采煤沉陷区	
Y <sub>7</sub>	大同市	同煤集团晋华宫矿(云冈)采煤沉陷区	山西北部

灾害类型,其次为地面塌陷,这两种地质灾害数量之和占地质灾害点总数的81.68%。

## 2 地质灾害的类型及特征

### 2.1 地裂缝

采煤沉陷区形成的地裂缝地质灾害比较普遍,详调区内共发现249个地裂缝,在Y<sub>1</sub>~Y<sub>7</sub>区均有分

布,占地质灾害点总数的72.38%,是详调区内最主要的地质灾害类型,其中Y<sub>4</sub>、Y<sub>7</sub>区地裂缝最为发育,典型照片见图3。地裂缝空间分布范围及展布方向与煤矿开采状况密切相关,主要受采空区范围、采煤巷道方位及上覆岩(土)体的工程特性所控制。采煤沉陷区内大型、中型、小型地裂缝皆有分布,其中大型地裂缝16条、中型地裂缝68条、小型地裂缝165条;按成因类型划分,人为因素(采煤)引发的地裂缝231条,自然因素(主要为降雨、地震等因素)引发的18条;按稳定程度划分,稳定地裂缝为106条,不稳定为143条。地裂缝大部分发育在山顶、山坡,并且与斜坡走向平行或小角度斜交。一般呈直线形,走向一般与采掘方向相同,沿采空区周界开裂。在沟底分布

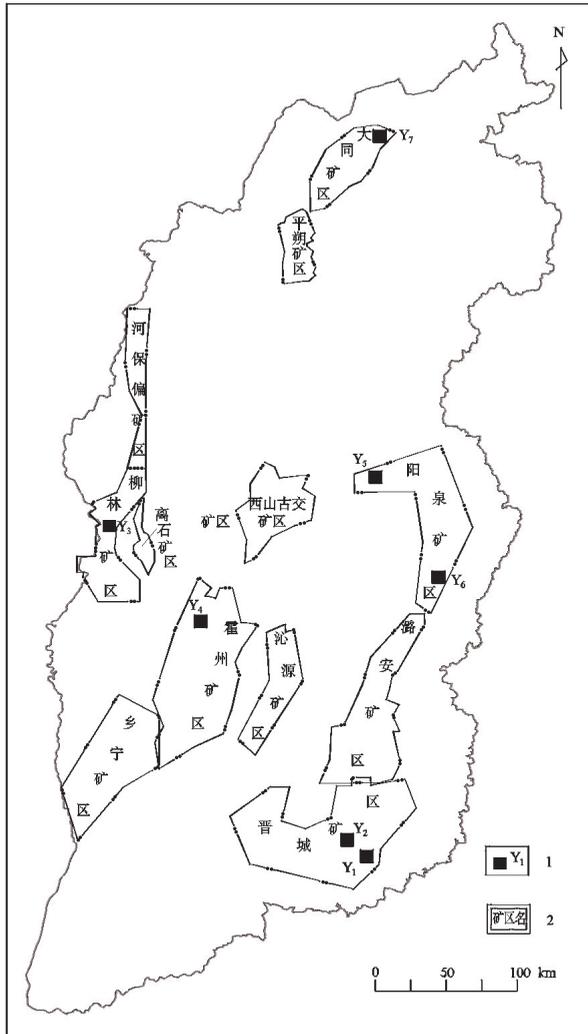


图1 (Y<sub>1</sub>~Y<sub>7</sub>)7个选区样本分布图

Fig.1 (Y<sub>1</sub>~Y<sub>7</sub>)seven block sample distribution  
1.采煤沉陷区区块样本及编号; 2.国家规划矿区及名称

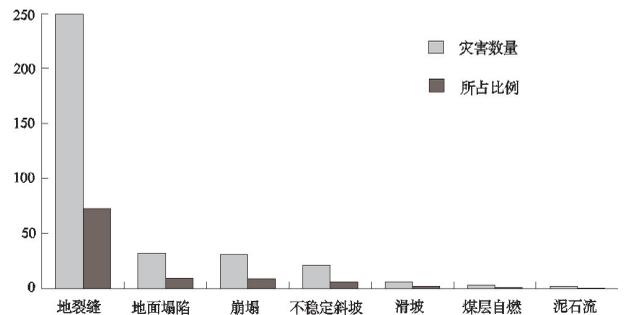


图2 采煤沉陷区地质灾害类型分布图

Fig.2 Geological hazards type distribution of coal mining subsidence area



图3 孝义市旺家原村地裂缝

Fig.3 Ground fissure of the Wangjiayuan

区,顺节理裂隙延伸。绝大部分地裂缝上宽下窄,呈楔形,两壁近于直立且壁面凹凸不平。地裂缝一般长约9.5~403.1 m,宽约0.1~1.6 m,深约0.1~1.6 m。

## 2.2 地面塌陷

详调区内共发现地面塌陷32处,在 $Y_1 \sim Y_5$ 、 $Y_7$ 区均有分布,占地质灾害点总数的9.30%,其中 $Y_3$ 、 $Y_5$ 区地面塌陷最为发育,典型照片见图4。由于矿区均在山区,形成的地面塌陷规模较小,均为小型地面塌陷;从成因上来说,均为采空塌陷,由采煤活动引起,受降雨影响加剧,其空间展布与煤矿采空区相对应,具有密度大、分布集中的特点;按稳定程度划分,不稳定地面塌陷19处,稳定地面塌陷13处。地面塌陷的形状与规模和黄土层的厚度、基岩裂隙深度以及大气降水和地下水活动有关。单一塌陷在空间上为陷落漏斗,平面截面为椭圆形。长轴方向一般与基岩裂隙一致,密集塌陷多呈串珠状沿基岩裂隙发育。塌陷长度一般为20~55 m,宽度一般为15~40 m,深度一般为1.5~6.0 m,塌陷形态常表现为倒圆锥形、条带形,并与地裂缝相连。

## 2.3 崩塌

详调区内共发现崩塌31处,占地质灾害点总数的9.28%。从岩性上分析,有22处岩质崩塌,9处黄土崩塌;从崩塌规模上来看,无大型崩塌,中、小型崩塌皆有分布,其中中型崩塌5处,小型崩塌26处,以小型为主。从分布区块来看,在 $Y_1 \sim Y_3$ 、 $Y_7$ 区均有分布,典型照片见图5,其中 $Y_7$ 区崩塌最为发育。按形成机制划分,以错断式崩塌为主,其次为滑移式崩塌、拉裂式崩塌、倾倒式崩塌;按成因类型划分,人为因素引起的崩塌16处,自然崩塌15处;按稳定程度划分,不稳定崩塌23处,稳定崩塌8处。

## 2.4 不稳定斜坡

详调区内共发现不稳定斜坡21处,占地质灾害点总数的6.10%,其中 $Y_1$ 区不稳定斜坡最为发育。从规模上来看,无大型不稳定斜坡,其中中型3处,小型18处。分布于 $Y_1 \sim Y_3$ 区、 $Y_6$ 、 $Y_7$ 区,典型照片见图6。按物质组成划分,残坡积层不稳定斜坡9处,岩质不稳定斜坡12处;按可能的变形破坏方式划分,预测以滑坡型不稳定斜坡为主,其次为崩塌型不稳定斜坡、复合型不稳定斜坡;按成因类型划分,人为因素(主要为修路、建房等因素)引发的不稳定斜坡有15处,自然因素引发的不稳定斜坡6处;按稳定程度划分,稳定性差的不稳定斜坡13处,基本稳定的不稳定斜坡8处。



图4 临县苏家坡地面塌陷  
Fig.4 Ground collapse of the Sujiaopo



图5 晋城市大车渠村崩塌  
Fig.5 Rockfall of the Dachequ

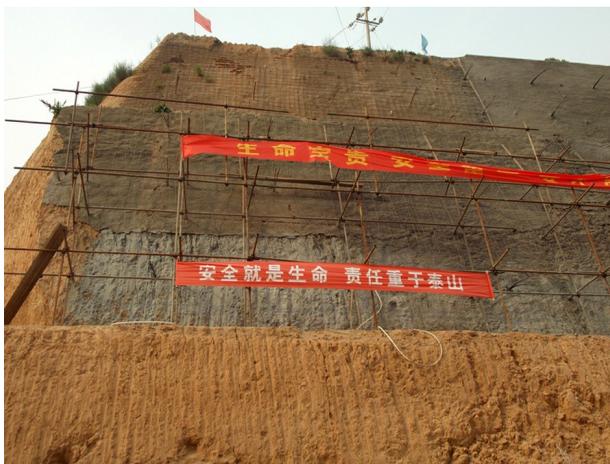


图6 泽州县下寺头村不稳定斜坡  
Fig.6 Unstable slope of the Xiasitou

## 2.5 滑坡

详调区内共发现滑坡6处,占地质灾害点总数的1.74%。尽管发现滑坡的数量少,但是其对煤矿的生产生活影响最为直接。在发现的6处滑坡中,有1处大型滑坡,2处中型滑坡,3处小型滑坡。滑坡分布于 $Y_3$ 、 $Y_4$

区、Y<sub>6</sub>区,其中Y<sub>4</sub>区滑坡最为发育,Y<sub>3</sub>区滑坡最为典型。Y<sub>3</sub>区鑫瑞煤业有限公司采煤沉陷区南山滑坡滑坡体厚度为2.5~28.0 m,横宽约320 m,纵长约340 m,滑坡体体积为 $1.63 \times 10^6 \text{ m}^3$ ,为大型滑坡,目前该滑坡已经造成主井井筒错动距离达到0.65 m<sup>[15]</sup>(图7)。按物质组成划分,残坡积层滑坡5处,崩(滑)堆积层滑坡1处;按发生年代划分,全部为新滑坡;按发生原因划分,人为因素(包括人工切坡、加载和采煤等因素)引发的滑坡4处,以自然因素引发的滑坡2处;按滑坡厚度划分,有4处中层滑坡,2处浅层滑坡;按运动形式划分,推移式滑坡5处,牵引式滑坡1处;按现今稳定程度划分,均为活动滑坡。



图7 临县苏家坡滑坡  
Fig. 7 Landslide of the Sujiapo

## 2.6 煤层自燃

由于地裂缝、塌陷导通下部采空区,使残煤、炭质泥岩和废弃木材等可燃物质在达到燃点后便发生燃烧,释放出大量的SO<sub>2</sub>、H<sub>2</sub>S、CO、CO<sub>2</sub>等有毒有害气体。在Y<sub>7</sub>区采空区内发现有3处残煤自燃区,占地质灾害点总数的0.87%。残煤自燃区面积0.246 km<sup>2</sup>,分布于Y<sub>7</sub>区的西南部、南部和中部。其中,西南部残煤自燃区面积0.103 km<sup>2</sup>,边界规则,近似椭圆形状;南部残煤自燃区面积0.058 km<sup>2</sup>,边界近似“凹形”,呈北东-南西方向分布;中部残煤自燃区面积0.085 km<sup>2</sup>,边界近似“凸”形,呈不规则状分布<sup>[16]</sup>。

## 2.7 潜在泥石流

在详调区内发现潜在泥石流2处,占地质灾害点总数的0.58%,分别分布在Y<sub>1</sub>区和Y<sub>2</sub>区。从沟谷特征来看,区内沟谷深切,地形相对高差达260 m以上,地形坡度大,沟岸山坡坡度30~60°,支沟发育,汇水面积大,河沟纵坡平均比降10.7%~16.8%,上段沟谷呈“V”形,中下段呈“U”形;从物源角度来讲,沿沟

谷堆存的煤矸石、沟岸不稳定斜坡的崩滑物、建筑垃圾和生活垃圾一起构成了泥石流发生的物源;从降雨量角度来讲,晋城市降雨量非常充沛;从威胁对象来看,在泥石流沟的沟口下游都有村庄及工业厂矿分布;从易发程度来看,两处泥石流沟均为轻度易发泥石流沟。

## 3 采煤沉陷区地质灾害的一般特征

### 3.1 与人类活动的紧密相关性

人类工程活动,特别是采煤活动是采煤沉陷区地质灾害发生的主要诱因。采煤前,矿区岩层应力处于平衡状态,采动后,平衡状态发生变化,应力重新进行分配,在采空区四周和巷道两侧产生应力集中,在采空区和巷道内应力下降,从而改变了原来矿区的应力分布。应力场的改变导致矿体顶板在上覆岩层的重力作用下变形下沉、冒落,有的影响直达地表,产生地面塌陷、地裂缝,致使建筑物受损,发生崩塌、山体滑坡等地质灾害。本文以地裂缝、地面塌陷、崩塌、滑坡、不稳定斜坡5种地质灾害类型为研究对象,分析7个样本的数据可知,5种地质灾害点总数为339处,其中人为因素引发的灾害点数量为298处,占总数量比例为87.91%。地裂缝数量为249处,人为因素引起的数量为231处,占总数量比例为92.77%;地面塌陷数量为32处,均为人为因素引起,占总数量比例为100%;崩塌数量为31处,人为因素引起的数量为16处,占总数量比例为51.61%;不稳定斜坡数量为21处,人为因素引起的数量为15处,占总数量比例为71.43%;滑坡数量为6处,人为因素引起的数量为4处,占总数量比例为66.67%。

### 3.2 集聚性与群发性

采煤活动破坏地质环境的平衡,引起地质环境的反馈,其反馈行为所产生的灾害往往不是孤立的,常在采煤沉陷区的某一时段形成灾害群。因而采煤沉陷区的地质灾害类型一般都不是单一的,而是多种地质灾害类型以群发密集的组合形式集聚出现。如地面塌陷、地裂缝、滑坡、崩塌等地质灾害在采煤沉陷区的某一时段同时或相距发生。以7个样本详调区为例,经过统计可知:单位面积的地质灾害点平均数为19处/km<sup>2</sup>,单位面积的地裂缝平均数为14处/km<sup>2</sup>,单位面积的崩塌平均数为2处/km<sup>2</sup>,单位面积的地面塌陷平均数为2处/km<sup>2</sup>,远远高于山西省的平均水平。

### 3.3 诱发的多因性与治理的复杂性

“诱发的多因性”是指采煤沉陷区地质灾害的发生、加剧不仅受地形地貌、岩性、大气降水等自然因素引起或激发,更重要的是人类工程活动特别是采煤活动形成的采空区是地质灾害发生的主要诱发因素,在多种因素的共同作用下,引发了地质灾害的发生或加剧。比如地面塌陷及地裂缝都是煤炭采空区失稳变形的产物,灾害形成之后,受降水影响,进一步冲刷、淋滤,使灾害在原有规模的基础上进一步扩大。因此要分析一个滑坡的发生,不仅要分析其地质环境条件,而且还要分析其下伏是否有采空区,采空区是否已经稳定等采煤影响因素,这就关系到滑坡的治理是否先要对采空区进行治理,而不是单纯地通过设置抗滑桩、修建重力式挡墙、加强排水等措施来治理。正是采煤沉陷区地质灾害诱发的多因性以及各种因素的组合作用决定了地质灾害治理的复杂性。

### 3.4 灾害的衍生性与影响的多方面性

“衍生性”是指直接地质灾害常常衍生一连串的次生灾害,形成一系列具有成因联系的灾害链<sup>[17]</sup>。如顶板灾害-地面塌陷、地裂缝-毁坏耕地、破坏地表建筑物和改变地表径流条件,引起地下水位下降-土地荒漠化。“影响的多方面性”是指地质灾害不仅影响采煤沉陷区环境质量的各个方面,如大气环境、水环境、土壤环境和生态环境,而且影响到采煤沉陷区及周边地区的社会环境和经济环境。如从地面塌陷、地裂缝地质灾害导致采煤沉陷区村庄房屋倒塌,建筑物受损到对当地群众心理影响,从直接经济损失到本地区经济发展的影响等,由此引发的群众上访事件影响了地方政府的正常工作,造成一定的不稳定因素。

## 4 采煤沉陷区地质灾害的地质环境效应

### 4.1 地表建(构)筑物的破坏

经实际调查发现,处于地面塌陷、地裂缝群发区以及滑坡体上的建(构)筑物都遭受了不同程度的破坏,包括民居、道路、桥梁、水渠以及工业建筑等。特别是Y<sub>2</sub>区西南角的村庄受灾严重,30余间房屋遭受严重损坏,不得不在地质稳定的地方异地选址,实施移民搬迁工程。

### 4.2 耕地的毁损

地面塌陷、地裂缝影响了耕地的平整度,引起水

土流失,造成耕地质量的下降,引起农田减产,甚至有些耕地已无法复垦耕种,滑坡、崩塌压占耕地,造成耕地面积的减少。总之,地质灾害的发生毁损了大量的耕地,影响了当地农民的生活水平。

### 4.3 生态环境的破坏

崩塌、滑坡、地面塌陷、地裂缝破坏林地、草地,造成林地、草地面积的减少,导致野生动物和鸟类的迁徙和锐减。另外地质灾害的发生局部改变了地形地貌,造成其与周围的地形地貌景观不协调,甚至部分改变了地表径流条件。另外煤层自燃加剧了地质环境与生态环境的破坏,地表裂缝给井下火区提供了充足的氧气,火势加大,火区蔓延,顶板承压减弱,冒落加剧,地裂缝加宽、加长,形成地裂缝-火-地表塌陷的恶性循环,最终导致地表植物大量枯死,诱发山体滑坡、地表塌陷等地质灾害的发生,极大地破坏了生态环境。

### 4.4 对采煤沉陷区水资源的影响

由于采煤活动改变了采煤沉陷区的水文地质条件,采煤引起的地面塌陷、地裂缝使煤层围岩中含水层中的地下水及开采影响范围内的地表水溃入井下,以矿井废水排放,形成的地表水漏斗使得浅层地下水位下降或丧失,地表水系受到破坏,河流断流,水源枯竭<sup>[18]</sup>。

## 5 地质灾害防治现状

根据山西省发展与改革委员会初步调查<sup>[19]</sup>,山西省因采煤造成的采空区面积近5000 km<sup>2</sup>,其中沉陷区面积约3000 km<sup>2</sup>,受灾人口约230万人。2004年国家启动实施国有重点煤矿采煤沉陷区治理工作以来,山西省约1000 km<sup>2</sup>的采煤沉陷区得到治理,受益人口约60万人。另外,还有国有非重点煤矿和非国有煤矿采煤沉陷区约2000 km<sup>2</sup>急需治理,受灾群众约170万人急需安置<sup>[19]</sup>。通过实际调查发现,采煤沉陷区内的矿山企业对直接影响其生产活动的地面塌陷、地裂缝、崩塌、滑坡等地质灾害大都采取积极的态度进行了治理,但采煤沉陷区内村庄房屋的倒塌和裂缝、道路的毁损、生态环境的破坏、耕地质量以及地下水位的下降等关系民生的问题大多没有得到有效的解决,这极大地影响了采煤沉陷区内人民正常的生产生活,因而对地质灾害进行综合治理,刻不容缓,迫在眉睫。可以考虑以产煤县(市、区)为主体,采取科学的方法先划定采煤沉陷区的范围,然后对

采煤沉陷区内的受损村庄,根据受损严重程度、地表移动变形速率等指标,按照轻重缓急程度进行治理优先性排序。对那些受损严重、地表移动变形仍处于活跃期的村庄,可以在地质灾害低易发区异地选址,在村民听证、专家论证的基础上实施搬迁工程。

## 6 结论

(1)采煤沉陷区的地质灾害类型从数量上讲以地裂缝和地面塌陷为主,其次为崩塌、滑坡、泥石流。

(2)采煤沉陷区地质灾害的诱发因素主要是人类工程活动,特别是采煤活动。

(3)采煤沉陷区地质灾害是人为因素和自然因素、地上因素和地下因素共同作用的结果,因此在治理时,要充分考虑和研究各种致灾的因素和灾害的形成机制。

(4)采煤沉陷区地质灾害直接影响到当地村民和工矿企业的切身利益,治理地质灾害刻不容缓,而且要统筹各方利益。

(5)采煤沉陷区地质灾害引发一系列地质环境和生态环境问题,必须对地质灾害进行综合治理,而不是单纯地治理地质灾害。

(6)建议对采煤沉陷区内稳定区的判定进行专门研究,形成一套切实可行、反映实际的判定理论和方法。

(7)建议参照国有重点煤矿治理的标准,结合山西实际,对采煤沉陷区内受损严重的村庄采取搬迁安置的方式进行治理。搬迁后拆除旧村旧房,进行土地复垦。

### 参考文献:

- [1] 郭振中. 山西采煤地质灾害模式浅析[J]. 中国地质灾害与防治学报, 1997, 8(增刊): 102-107.
- [2] 吕义清. 煤矿开采诱发的地质灾害特征分析—以太原西山矿区为例[J]. 地球科学进展, 2004, 19(增刊): 254-257.
- [3] 周亚涛, 邓红林, 卫宏. 山西襄垣县采煤诱发地质灾害分析[J]. 中国地质灾害与防治学报, 2002, 13(4): 53-58.
- [4] 曹金亮. 山西长治市崔蒙地区采煤地面塌陷初步研究[J]. 水文地质工程地质, 2007, (3): 71-74.
- [5] 乔小娟, 李国敏, 周金龙, 等. 采煤对地下水资源与环境的影响分析—以山西太原西山煤矿开采区为例[J]. 水资源保护, 2010, 26(1): 49-52.
- [6] 王日鑫, 程刚, 栗丽. 山西采煤产生的土地破坏及防治对策[J]. 水土保持研究, 2007, 14(5): 408-411.
- [7] 张建彪, 闫美芳, 上官铁梁. 山西采煤的主要生态问题及恢复和重建对策[J]. 安徽农业科学, 2008, 36(24): 10668-10670.
- [8] 张庆勇. 山西汾西矿区采煤沉陷调查[J]. 科技情报开发与经济, 2011, 21(10): 152-154.
- [9] 太原理工大学. 晋城市城区白马寺山北大车渠段采煤沉陷区地质灾害综合治理试点项目可行性研究[R]. 太原: 太原理工大学, 2013.
- [10] 山西省煤炭地质资源环境调查院. 山西泽州天泰西陈庄煤业有限公司采煤沉陷区地质灾害综合治理试点项目可行性研究[R]. 太原: 山西省煤炭地质资源环境调查院, 2013.
- [11] 山西省煤炭地质资源环境调查院. 山西离柳鑫瑞煤业有限公司采煤沉陷区地质灾害综合治理试点项目可行性研究[R]. 太原: 山西省煤炭地质资源环境调查院, 2013.
- [12] 太原理工大学. 汾西矿区孝义采煤沉陷区地质灾害综合工程初勘报告[R]. 太原: 太原理工大学, 2013.
- [13] 太原理工大学. 山西寿阳段王煤业集团有限公司采煤沉陷区地质灾害综合治理项目可行性研究[R]. 太原: 太原理工大学, 2012.
- [14] 山西省煤炭地质资源环境调查院. 山西和顺正邦神磊煤业有限公司采煤沉陷区地质灾害综合治理试点项目可行性研究[R]. 太原: 山西省煤炭地质资源环境调查院, 2013.
- [15] 太原理工大学. 山西大同煤矿集团有限责任公司晋华宫矿(云冈)采煤沉陷区地质灾害综合治理工程初勘报告[R]. 太原: 太原理工大学, 2011.
- [16] 山西省勘察设计研究院. 山西离柳焦煤集团新民二矿南山滑坡勘察报告[R]. 太原: 山西省勘察设计研究院, 2005.
- [17] 尹国勋, 等. 煤矿环境地质灾害与防治[M]. 北京: 煤炭工业出版社, 1997, 20-30.
- [18] 童珏. 采煤引起的水资源与生态环境效应分析[D]. 北京: 中国地质大学(北京)硕士学位论文, 2013.
- [19] 山西省发展和改革委员会. 山西省采煤沉陷区治理综合规划(2014-2020年)[R]. 太原: 山西省发展和改革委员会, 2014.

## 致歉信

本人等在该刊《地质调查与研究》2014年第1期发表的《北川县樱桃沟泥石流地质特征与动力学参数分析》引用了四川省地矿局九〇九水文地质工程地质队唐晟等承担完成的《四川省北川县陈家坝乡樱桃沟泥石流应急勘查报告》的原始数据,但在论文中未做说明。现刊文补充说明,并向唐晟等同志、《地质调查与研究》编辑部及广大读者致歉。

师书冉