

山西交城县采空塌陷地质灾害发育特征及防治对策^①

魏 放^②

(中铁太原勘察设计咨询院有限公司,山西 太原 030013)

摘 要:交城县是山西省吕梁市的一个产煤大县,同时也是一个地质灾害严重频发县。灾害类型主要有地裂缝和地面塌陷,其发生与地质背景及人类工程活动密切相关,其中采煤活动是引起该县地质灾害的主要原因。地质灾害的形成发育严重影响了当地村民的日常生活和地区经济发展。在调查研究交城中东部地区采空塌陷地质灾害时空分布的基础上,本文结合区域地质、水文地质、工程地质等地质环境条件及人类经济工程活动,分析了地质灾害的发育特征,探讨了地质灾害形成机制,确定了该地区地裂缝的非构造属性,并提出了相应的治理对策。

关键词:交城县;采空塌陷;地质灾害;防治措施

中图分类号:TD327 **文献标识码:**A **文章编号:**1672-7169(2007)04-0014-05

随着地质灾害危害性的日益显现,合理开发利用矿产资源、防治地质灾害、保护地质环境、促进经济社会可持续发展,已成为全社会的共同呼声^[1]。交城县位于山西省中部,隶属吕梁市,煤炭资源丰富,大量采煤引发了地面塌陷、地裂缝等地质灾害。近年来,随着采空塌陷范围的不断扩大,交城县煤矿分布区房屋被毁,大片耕地及地下水资源遭到破坏,严重影响了当地的社会安定和经济发展。据调查,采空塌陷地质灾害的形成已使交城县近2110亩耕地受到程度不同的破坏,大部分农田减产,有的农田已无法复垦耕种。同时地质灾害导致居民493间房屋受损,63眼水井干涸,45户村民搬迁,造成的直接经济损失约847.23万元,潜在经济损失约2102.64万元。因此,加强对采空塌陷地质灾害发育特征的研究,并提出切实可行的防灾、减灾措施,对该地区经济社会的可持续发展有着十分重要的现实意义。

1 地质煤矿开采概况

1.1 地质概况

交城县位于晋中盆地西端,吕梁山东麓,山区面积占全县总面积的92.8%。地形变化总趋势为由西北向东南倾斜,山区和平原截然分开。区内地貌按其形态特征及成因,可划分为三种类型。西北部构造剥蚀(侵)蚀高中山区,主要山脊标高均在2000m以上,基岩裸露,山峰连绵,沟壑纵横,

山势险要;中、东北部构造剥蚀中低山区,地表主要由古生代石炭系、二叠系、中生代三叠系碎屑岩类和新生代第四系黄土组成。该区地形起伏大,黄土冲沟发育,冲沟一般深30~60m,断面呈“V”型,河谷或冲沟底部局部出露三叠系、石炭~二叠系地层。黄土节理发育,含大孔隙,基岩表层风化破碎,节理发育,是县境内的主要产煤区;东南部冲洪积平原区,地势平坦、土地肥沃,是主要产粮区。

1.2 煤矿开采概况

交城县煤炭资源丰富,煤田集中分布于县境中、东北部水峪贯镇、岭底乡和天宁镇。境内石炭系太原组包括2~6层煤层,二叠系山西组包括3~6层煤层,其中稳定可采煤层总厚度大于10m。交城县煤炭开采历史悠久,上世纪90年代末采煤达到高峰期,煤矿总数达92座。采煤的特点是开采水平及规模差异大,大多数为斜井式开采,少数为竖井式开采,多采用炮采。多期、多层开采的结果使研究区形成大量新、老采空区,采空区继而引发地表破坏变形,给当地造成巨大的经济损失。目前经资源整合后全县有煤矿38座,煤炭开采仍是交城县今后经济发展的支柱产业。

2 地质灾害类型及发育特征

2.1 地质灾害类型

由于交城中东部地区煤炭埋深较大,采煤历

① 收稿日期:2007-10-11

② 作者简介:魏放(1957-),男,大学毕业,中铁太原勘察设计咨询院有限公司高级工程师,研究方向:岩土工程、灾害地质及工程地质等方面的勘察、设计及治理。

史悠久,开采层数多、面积较广,所以已发生的地质灾害主要是以采空塌陷诱发的地裂缝为主,其次为地面塌陷。地裂缝发育特征见表 1。由表 1 可见,地裂缝地质灾害在地域上集中发育于煤矿采空区及其附近地带。到目前为止共形成地表明显且具有一定规模和危害的地裂缝地质灾害 27 处,101 条,平均 0.8 条/km²。从形态上来看,绝

大多数地裂缝为直线型,宽度一般小于 0.5 m。剖面上,上宽下窄呈楔形,两壁近于直立而壁面粗糙,可见深度一般小于 5 m。在 27 处地裂缝中,21 处正处于发展阶段,4 处仍然在活动,2 处基本趋于稳定。地裂缝地质灾害使全县居民 493 间房屋受损,63 眼水井干涸,近 1465 亩耕地受到程度不同的破坏。

表 1 交城县地裂缝地质灾害发育特征表

编号	单裂缝特征			群体特征	活动性	成灾情况
	长度(m)	宽度(m)	深度(m)			
1	1500	0.2	不可见	与此并列分布有 5 条拉张裂缝,分布面积 2×10^{-3} km ² ,间距 3~4 m。	稳定	毁田 655 亩,毁房 300 间,井 4 眼
2	100	0.4	已填埋	与此并列分布有 5 条拉张裂缝,分布面积 1.5×10^{-3} km ² ,间距 3~25 m。	活动	毁房 100 间,威胁房屋 20 间,井 3 眼
3	300	0.4	0.3	与此并列分布有 8 条拉张裂缝。	活动	毁房 8 间,威胁房屋 10 间;阻断交通 7 处,时间 100 h
4	1500	0.4	4.8	与此并列分布有 3 条拉张裂缝,分布面积 0.48 km ² ,间距 5 m。	稳定	毁房 15 间,井 2 眼
5	1000	0.1	1.5	与此并列分布有 3 条拉张裂缝,分布面积 0.38 km ² ,间距 4 m。	活动	毁房 10 间,威胁房 30 间,井 3 眼
6	20	0.1	2.1	与此并列分布有 3 条拉张裂缝,分布面积 0.25^{-3} km ² 。	发展	毁田 38 亩,井 3 眼
7	128	0.1	2.2	与此并列分布有 2 条拉张裂缝,分布面积 0.18 km ² ,间距 3 m。	活动	毁田 30 亩,井 3 眼
8	125	0.1	1.6	与此并列分布有 4 条拉张裂缝,分布面积 0.38 km ² 。	发展	毁田 55 亩,井 3 眼
9	276		填埋		发展	毁田 50 亩,井 1 眼
10	310		填埋	与此并列分布有 4 条拉张裂缝,分布面积 0.58 km ² 。	发展	毁田 60 亩,井 2 眼
11	218	0.3	4	与此并列分布有 5 条拉张裂缝,分布面积 1.7 km ² 。	发展	毁田 85 亩,井 3 眼
12	320	0.1	2.5	与此并列分布有 3 条拉张裂缝,分布面积 0.35 km ² 。	发展	毁田 20 亩,井 2 眼
13	125	0.1	2.4	与此并列分布有 3 条拉张裂缝,分布面积 0.45 km ² 。	发展	毁田 46 亩,井 1 眼
14	120	0.1	2	与此并列分布有 2 条拉张裂缝,分布面积 0.2 km ² 。	发展	毁田 25 亩,井 2 眼
15	225	0.2	3.2	与此并列分布有 4 条拉张裂缝,分布面积 0.46 km ² 。	发展	毁田 40 亩,井 3 眼
16	215	0.15	3.1	与此并列分布有 7 条拉张裂缝,分布面积 0.36 km ² 。	发展	毁田 26 亩,井 1 眼
17	270	0.3	4.5	与此并列分布有 5 条拉张裂缝,分布面积 0.5 km ² 。	发展	毁田 30 亩,井 3 眼
18	125	0.25	3.5	与此并列分布有 4 条拉张裂缝,分布面积 0.38 km ² 。	发展	毁田 40 亩,井 2 眼
19	130	0.2	3	与此并列分布有 4 条拉张裂缝,分布面积 0.35 km ² 。	发展	毁田 35 亩,井 3 眼

续表

编号	单裂缝特征			群体特征	活动性	成灾情况
	长度(m)	宽度(m)	深度(m)			
20	215	0.15	3.3	与此并列分布有3条拉张裂缝,分布面积0.25 km ² 。	发展	毁田30亩,井3眼
21	125	0.15	2.5	与此并列分布有3条拉张裂缝,分布面积0.55 km ² 。	发展	毁田25亩,井1眼
22	115	0.2	2	与此并列分布有3条拉张裂缝,分布面积0.8 km ² 。	发展	毁田25亩,井3眼
23	220	0.1	1.2	与此并列分布有4条拉张裂缝,分布面积1.2 km ² 。	发展	毁田50亩,井2眼
24	125	0.2	1.3	与此并列分布有5条拉张裂缝,分布面积0.8 km ² 。	发展	毁田35亩,井1眼
25	175	0.3	3.1	与此并列分布有2条拉张裂缝,分布面积0.75 km ² 。	发展	毁田20亩,井3眼
26	225	0.3	3.5	与此并列分布有4条拉张裂缝,分布面积0.8 km ² 。	发展	毁田25亩,井3眼
27	328	0.15	2.3	与此并列分布有3条拉张裂缝,分布面积0.58 km ² 。	发展	毁田20亩,井3眼

境内共形成地面塌陷地质灾害3处、5个塌陷坑,涉及3个行政村,塌陷坑面积约66m²。受开采方式及开采条件的影响,地面塌陷为圆形、椭圆

形形态,四壁陡直,深度不等,一般为1.5~3 m,最大面积仅30 m²。3处地面塌陷均处于发展阶段,地面塌陷地质灾害发育特征详见表2。

表2 交城县地面塌陷地质灾害发育特征表

编号	位 置	陷坑特征				活动性	成灾情况
		形态	深度(m)	面积(m ²)	塌陷群体特征		
1	水峪贯镇东孟村	圆形	8	30		尚在发展	毁田500亩
2	岭底乡前火山	圆形	2-3	28	并列分布有塌陷坑3个,口径在1.2~2.5 m之间	尚在发展	毁田130亩
3	天宁镇磁窑村	椭圆形	1.5	8		尚在发展	毁田15亩

2.2 地质灾害发育特征

地裂缝、地面塌陷地质灾害同属于采煤形成的采空塌陷地质灾害,其规模与煤炭的开采规模及地形地貌特征有关^[2,3]。据野外调查结果的综合分析,地裂缝方向与矿井巷道平行,区域上无一定的规律性。大型煤矿机械化程度高,开采工作面宽,形成的地裂缝规模较大且方向行较强;中、小型煤矿开采不规则,特别是个体煤矿开采无一定的规律性,因此在地表往往形成不规则的、规模较小的地裂缝。从时间演化规律看,地裂缝的形成表现出滞后于煤矿开采时间的特点,绝大部分地裂缝滞后3~5年。同时,地裂缝的演化还受降

雨等因素的影响。地裂缝形成之后,绝大多数农民采用填埋等方法处理。次年受降雨影响,进一步产生冲刷、淋滤等次生作用,地裂缝在其原有规模的基础上将有所扩大。这种岩土体变形的滞后性与雨水的季节性共同作用,往往使地裂缝多次活动、规模进一步扩大,并且难以在短期内达到稳定状态。

地面塌陷地质灾害与地裂缝地质灾害相伴生。从其时间发育特征来看,地面塌陷时间相对于煤矿开采时间也具有滞后性。地面塌陷形成后,同样受到雨季降雨的冲蚀、侵蚀和淋滤等改造作用在逐年扩大。

煤炭采空塌陷型地质灾害的发育特征决定了灾害一旦形成,必然受到后期环境的改造及影响,同时地质灾害本身对环境的影响也不会在短期内消失,对受灾体的破坏将是缓慢的、长期的。因此,各处地裂缝的稳定性不是一成不变的,随着时间的推移、环境的改变,地裂缝、地面塌陷的稳定性会随之发生变化。

2.3 采空塌陷地质灾害形成机理探讨

研究区内地裂缝形状可分为较规则与不规则2类。大煤矿诱发的地裂缝发育较规则,成群分布,走向大体平行于巷道,呈台阶状,向采空区中心下错。如分布于岭底乡后火山南老坪山西南的1#地裂缝,长1500 m,约5条,间距约3~4 m,错距达10~30 cm。此类地裂缝的形成主要受采空塌陷变形过程中地表土体的应变与应力场控制^[4,5]。采空区正上方的地表土层主要为竖向位移,愈近中心变形愈大。煤柱上方土层处于拉伸区,为水平位移变形,加之竖向位移变形的影响,形成台阶式张拉裂缝群,下错方向指向采空中心。中、小煤矿开采工作面小,巷道布置不规则,采空区形成之后,煤层顶部砂岩、页岩等上覆岩层成为一种架空结构,原有的周围应力平衡状态被破坏。采空区顶板岩层在自身重力和其上覆岩(土)体的压力作用下,直接顶板发生冒落,上覆岩层弯曲、移动、破裂,形成裂隙带。这种破坏变形向上延伸到地表,在地表形成以垂直拉裂式为主、形态不规则的地裂缝地质灾害(图1)。

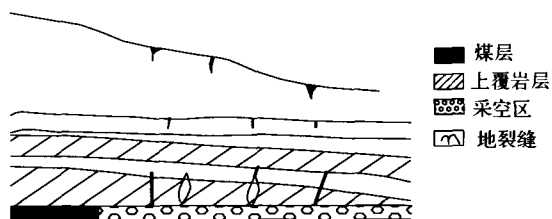


图1 采空塌陷地裂缝形成示意图

交城县地面塌陷灾害规模小,塌陷坑形状有圆形、椭圆形,或单个存在,或成群出现。其成因归结为两种:其一直接由顶板冒落形成单个塌陷坑,如水峪贯镇东孟村煤层顶板破碎,致使上方地表形成一面积30 m²、深约8 m的塌陷坑;其二开采裂缝诱发次生陷坑。在雨季,地表裂缝经雨水冲刷、淋滤,松散土体不断流失到地下形成塌陷

坑。此类塌坑多呈串珠状。典型的如岭底乡前火山陷坑群,呈串珠状分布有3个陷坑,直径1.2~2.5 m不等,深2~3 m,呈椭圆形、圆形。

总之,交城县境内的地裂缝、地面塌陷为煤炭采空区冒落、坍塌失稳变形的演化产物。不同规模的采空塌陷地质灾害既可以是由于开采塌陷裂隙在地表延伸而形成的地裂缝,即地下采空、岩层冒落、在上覆岩体中形成裂隙带,裂隙向上延伸发展,在地表土体中形成地裂缝;也可能是由于地表土体的不均匀沉降诱发而形成的地裂缝,即受采空影响,形成上覆岩层的不均匀塌陷,从而使地表土体发生破坏变形,形成地裂缝、地面塌陷。

3 防治对策

采空塌陷诱发的地质灾害作为交城县的破坏性地质灾害之一,对自然环境和社会环境已造成了极大的危害。煤炭开采是交城县的支柱产业,随着矿业的发展,采空塌陷地质灾害必将对当地经济的持续发展造成较大影响。因此,地质灾害的防治成为当务之急。为了有效防治地质灾害的进一步扩大,避免因地质灾害造成更大的经济损失,提出如下防治对策。

3.1 加强管理

根据国务院地质灾害防治条例,加强煤炭开采的管理,禁止不合理私挖滥采。特别是无证小煤窑,越层越界乱采滥挖,导致地质灾害无序发生,给预防和治理增加了困难。因此,应坚决执行有关法律法规、规范规程,统一规划,严格管理,最大限度减轻地质灾害的危害,促进社会可持续发展。

3.2 科学避让

城镇规划和工程选址时,必须进行地质环境影响评价,对各种工程要科学地进行选址,使乡、村居民点和重要工程设施尽可能避开地质灾害危险区。地裂缝灾害具有衡生性,跨越地裂缝的建筑物无一幸免地会遭受破坏,因此防止地裂缝破坏和减轻地裂缝灾害最根本的措施是坚持避让为主的原则。对有成灾前兆来不及采取有效措施的危害点,要及时将人员和物资撤离危险区。对于由地质灾害造成的毁坏程度严重的居民住宅,要做好搬迁安置工作,以免造成人员伤亡。在灾害发生前采取预防措施。

3.3 工程处理

1) 如果建筑物无法避开的地面塌陷和地裂缝,则应采取一些工程措施防止和减缓地裂缝对建筑物的危害,如加强建筑物基础的整体性,加强建筑物上部结构的刚度和强度,以抵抗差异沉降产生的拉裂等;

2) 若地面建筑位于地裂缝两侧,只要处于非安全带,局部的变形应采取加固方法,如钢筋混凝土梁加固上部结构;

3) 若建筑物横跨或斜跨地裂缝,应尽早拆除不安全带以内的部分,其保留部分可采取加固措施,以确保安全使用;

4) 对于道路工程,一般只要在裂缝及其影响带内,改整体铺设为预制块体铺设^[6];

5) 对于立交桥工程,采用伸缩缝、活动支座等方法减轻地裂缝活动的影响;

6) 对于管道工程,一般可做预制应力拱梁,管道置于拱顶,或在管道底部铺设一定厚度的碎石垫层,以减小灾害破坏;

7) 对于耕地中出现的地面塌陷和地裂缝,采用回填和夯实等土地复垦措施;对可能塌陷地段,做好地表排水设施,防止渗漏。

参考文献:

- [1] 何国清,杨伦,凌赓娣,等. 矿山开采沉陷学[M]. 北京:中国矿业大学出版社,1994
- [2] 王惠亮. 浅谈西曲矿采空塌陷地表裂缝的分布特征[J]. 采矿技术,2006,6(3)
- [3] 牛威. 煤矿采空塌陷导致土地破坏研究——以山西西山矿区为例[J]. 中国地质灾害与防治学报,2006,17(4)
- [4] 隋旺华,金晓媚. 厚松散土体采矿沉陷的位移变形分析[J]. 中国地质灾害与防治学报,1993,4(4)
- [5] 唐方头,邓志辉,张培震,等. 由跨断层形变测量反映的华北地块近期断裂活动特征[J]. 中国地震,2004,20(4)
- [6] 童立元,刘松玉,方磊. 徐州矿区采空塌陷区公路工程地质灾害与防治对策分析[J]. 工程地质学报,2005,13(02)

Characteristics of Geological Hazards Caused by Mining and its Preventive Measures in Jiaocheng County, Shanxi Province

WEI Fang

(Taiyuan Prospect & Design & Consultation Institute Co. Ltd. of
China Railway, Taiyuan Shanxi 030013)

Abstract: Jiaocheng is one of the large coal-producing county of Lvliang City in Shanxi Province, where geological hazards occurred seriously and frequently. The hazards types, including geofracture and collapse, are closely related to the background conditions of geography and human engineering activities. Coal mining activities is the main reason for geological hazards. The formation and development of geological hazards have severe impact on daily life of local people and the regional economic development. On the basis of investing spatial and temporal distribution of the geological hazards caused by mining collapse in the middle-eastern part of Jiaocheng, the characteristics of geological hazards are analyzed according to the regional geology, hydrogeology, engineering geology, geological environmental conditions and human economic activities. The mechanism of geological hazards formation is discussed and non-structural attributes of the geofracture is determined, and the corresponding countermeasures are put forwarded.

Key words: jiaocheng County; mining collapse; geological hazards; preventive measures