

# 山西煤矿区土地荒漠化类型和成因分析

刘士余<sup>1</sup>, 孟菁玲<sup>2</sup>, 张成梁<sup>3</sup>

(1. 江西农业大学国土资源与环境学院, 南昌 330045;

2. 江西省水土保持科学研究所, 南昌 330029; 3. 山西省林业科学研究院, 太原 030012)

**摘要:**以山西煤矿区土地为研究对象,对采煤破坏土地所造成的土地荒漠化成因、程度、范围、分布以及塌陷规律等方面进行了全面细致的调查统计和分析研究。调查结果得知,1949~2004年间山西省因采煤导致的土地荒漠化面积累计为1 152 km<sup>2</sup>,其中塌陷面积为1 113.8 km<sup>2</sup>,废弃物压占面积为15.2 km<sup>2</sup>,露天开采破坏面积23.0 km<sup>2</sup>。分析表明:地表塌陷的形式、规模、程度和趋势与采煤方法、开采厚度和深度、矿区地形地貌和煤层倾角、煤层上部的覆岩性质与地质构造、采区的水文地质条件等因素有关。

**关键词:**煤矿区;土地荒漠化;万吨塌陷率;塌采比

中图分类号:X171.1

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2006)05-0163-03

## An Analysis on Types and Causes of Land Desertification in the Coal Mining Area of Shanxi Province

LIU Shi-yu<sup>1</sup>, MENG Jing-ling<sup>2</sup>, ZHANG Cheng-liang<sup>3</sup>

(1. College of Land Resources and Environment, Jiangxi Agricultural University, Nanchang 330045, China;

2. Jiangxi Provincial Research Institute for Soil and Water Conservation, Nanchang 330029, China;

3. Shanxi Academy of Forestry Science, Taiyuan 030012, China)

**Abstract:** Taking the land in the coal mining area of Shanxi Province as the subject, the authors comprehensively investigate and analyze the causes, degree, scope, distribution, collapse and desertification of land caused by coal mining. The investigation results indicate that the total area of land desertification caused by coal mining is 1 152 km<sup>2</sup> from 1949 to 2004, including 1 113.8 km<sup>2</sup> of collapsed area, 15.2 km<sup>2</sup> of abandoned material area and 23.0 km<sup>2</sup> of open-cut coal mining. The analysis shows that form, scale, degree and trend of land surface collapse are related to factors such as methods of coal mining, thickness and depth of coal extraction, topography and the general configuration of the earth's surface, dip angle of coal seam, characteristics of cover rock above coal seam, geological structure, and properties of hydrological geology.

**Key words:** coal mining area; land desertification; collapse rate of per 10 000 tons of coal; ratio of collapse area and mining area

### 1 概述

山西省地处黄河流域中段,地理坐标为北纬34°34′~40°44′,东经110°15′~114°32′,是我国的重要能源化工基地。矿产资源十分丰富,素有“煤铁之乡”之称,含煤面积6.2万km<sup>2</sup>,占全省总面积的39.6%。2004年全省煤炭产量4.96亿t,占全国产量19.7亿t的26.32%;外调出省煤炭35 654万t,占全国省际净外调量的75%左右;煤炭出口3 929.57万t,占全国煤炭出口总量的46%;均居全国第一。

随着国民经济的发展,煤炭的需求量不断增加,刺激着山西煤炭生产的快速发展。但是,煤炭资源的长时期大规模开采对生态环境造成了极大破坏,导致水资源的恶化以及植被和土地的迅速退化,形成了大面积的土地荒漠化或潜在荒漠化。预防和治理煤矿区的土地荒漠化,已成为我省各级政府、煤炭生产企业和矿区人民的当务之急。为此,笔者对山西省1949~2004年煤矿区采煤所造成的土地荒漠化成因、

程度、范围、分布以及塌陷规律等方面进行了全面细致的调查和研究,旨在为煤矿区土地荒漠化治理、生态环境评价以及可持续生态系统重建提供翔实的基础数据和决策依据。

### 2 研究方法

#### 2.1 外业调绘

在收集土地破坏和程度等资料的基础上,采用矿区1:2 000、1:5 000或1:10 000比例尺的地形图与井下采矿工程对照图作为调绘底图,分不同土地利用类型、不同破坏等级调绘矿区采煤塌陷和露天挖损的图斑界线。各图斑以不同颜色和代码注记方式表明被破坏土地的图斑号、原开发利用类型、破坏类型与程度、破坏面积和复垦状况。

#### 2.2 计算方法

在外业调绘的底图上用求积仪、方格法和图解法量算其相应面积。量算时独立进行两次,其算术平均值为该图斑面积。根据土地利用类型、破坏类型和程度及复垦状况统计破

\* 收稿日期:2006-05-24

作者简介:刘士余(1975-),男,江西南昌人,副教授,博士研究生,主要从事水土保持教学与科研工作;通讯作者:张成梁(1964-),男,高级工程师,博士研究生,主要从事水土保持与山地灾害防治等研究。

坏土地的图斑面积,计算矿区的万吨塌陷面积、塌采面积比等指标。万吨塌陷面积(亦称万吨塌陷率),是指矿区从井下开采万吨原煤导致地表塌陷的面积;塌采面积比是指矿区地表塌陷面积与井下开采面积之比值。土地破坏的程度参照相关技术规程确定为:轻度、中度、重度。

### 3 结果与分析

#### 3.1 煤矿区土地荒漠化类型

根据调查结果分析,在煤炭生产过程中,对土地破坏导致荒漠化具有三种类型:一是由于采用井工方法开采地下煤层后形成的采空区地表塌陷;二是采用露天方法开采剥离覆岩土层时地对地挖损破坏土地;三是由于煤矸石和其它固体废弃物,包括井下开采掘出的废石、采煤排矸、洗选煤矸石、露天矿剥离土石排放以及其它生产生活垃圾等压占土地所形成难以利用和污染严重的土地。

#### 3.2 煤矿区土地破坏状况

调查结果表明,山西省 1949~ 2004 年采煤破坏土地总面积 1 152 km<sup>2</sup>,其中采煤塌陷面积为 1 113.8 km<sup>2</sup>,占 96.7%;废弃物压占面积为 15.2 km<sup>2</sup>,占 1.3%;露天开采破坏面积 23.0 km<sup>2</sup>,占 2%。在采煤塌陷破坏的土地中,耕地 476.3 km<sup>2</sup>,占 42.8%;其它已利用地 156.3 km<sup>2</sup>,占 14%;未利用地 481.2 km<sup>2</sup>,占 43.2%。

在采煤破坏的土地总面积中,不同权属煤矿、不同地区破坏土地面积(表 1)。由表 1 可知,国有重点煤矿破坏的土地面积最大,地、县(市)营煤矿破坏的土地面积最小;而不同地区采煤破坏土地面积有较大差别,与煤矿分布、开采方式、煤层深度等方面直接相关。以阳泉市、大同市、太原市三个主要产煤地区较多,运城最少。

表 1 不同权属煤矿、不同地区采煤破坏土地面积

分类	煤矿或地区	破坏土地面积 / km <sup>2</sup>	所占比例 / %
不同权属煤矿	国有重点煤矿	678.4	58.9
	乡镇和其它矿	297.9	25.9
	地、县(市)营煤矿	175.7	15.2
不同地区	运城市	5.8	0.5
	临汾市	106.9	9.3
	晋城市	127.6	11.1
	长治市	90.9	7.9
	吕梁地区	37.6	3.3
	晋中市	87.7	7.6
	太原市	176.7	15.3
	阳泉市	193.4	16.8
	忻州市	52.6	4.6
	朔州市	86.5	7.5
大同市	186.2	16.2	

全省国有重点煤矿采煤塌陷土地破坏程度的比例为:轻度为 42.6%,中度为 39%,重度为 18.4%。

#### 3.3 煤矿区土地破坏的成因分析

##### 3.3.1 地表塌陷土地破坏成因分析

调查显示,地表塌陷的形式、规模、程度和趋势与采煤方法、开采厚度和深度、矿区地形地貌和煤层倾角、煤层上部的覆岩性质与地质构造、采区的水文地质条件等因素有关。

(1) 地表塌陷与采煤方法的关系。采煤方法的不同会形成不同的工作面、采区面积、煤炭资源回收率等,由此引起的地表塌陷范围及程度也就不同。所调查的国有大型煤矿多采用长壁式大冒顶采煤法,工作面开采面积多在 2~ 20 万 m<sup>2</sup> 之间,采区煤炭回收率一般为 70%~ 85%,因而地表塌陷速度快、沉降量大。采后一年左右塌陷,最大下沉量可达

到开采厚度的 60%~ 80%,塌采比一般大于 1。乡镇和其它小型煤矿多采用刀柱式、巷柱式等采煤法,采区不规则,单一采空区面积一般在 200~ 300 m<sup>2</sup> 之间,有的甚至更小,地表塌陷面积小于开采面积,塌采比小于 1。塌陷速度慢,移动延续时间长,地表下沉量小而不均匀,塌陷规律性不强。

影响万吨塌陷面积和塌采面积比的因素甚多<sup>[1]</sup>,包括开采深度、覆岩性质、煤层倾角、采煤方法、开采面积和回采率等。当其它条件大体相同时,万吨塌陷面积主要取决于综合开采厚度,并与开采厚度负相关。塌采面积比则与采煤方法、覆岩性质和开采深度相关。采煤方法一定时,塌采面积比在一定范围内与采深成正相关,与覆岩强度成负相关。国有煤矿由于开采技术好,采掘比例大,对煤炭资源利用充分,因而形成的塌陷强度较大。小型煤矿则对煤炭资源浪费严重,开采不充分,形成的塌陷较轻。全国重点煤矿的万吨塌陷面积为 0.07~ 0.33 hm<sup>2</sup>,平均 0.18 hm<sup>2</sup>[2]。对山西省的调查计算结果是对一般中硬覆岩长壁垮落法采空区,塌采比约为 1.25~ 1.45,其它情况见表 2。

表 2 山西省煤矿万吨塌陷率和塌采比参考值

采煤方法	采区回采率 / %	万吨塌陷率 / (hm <sup>2</sup> · 万 t <sup>-1</sup> )		塌采比 / %	
		中硬覆岩	坚硬覆岩	中硬覆岩	坚硬覆岩
长壁大冒顶	65~ 75	0.2~ 0.4	0.02~ 0.1	1.25~ 1.45	0.5~ 1.1
短壁、刀柱	50~ 60	0.12~ 0.17	0.01~ 0.07	0.45~ 0.75	0.3~ 0.5
房柱、巷柱	30~ 40	0.07~ 0.11	0.07~ 0.2	0.25~ 0.35	0.1~ 0.2

附注 本表数值适用于开采深厚比为 50~ 200,综合开采厚度 3~ 8m 的开采条件

(2) 地表塌陷与开采厚度和深度的关系。地表塌陷是由于采空区煤层顶板冒落和上覆岩由下而上的塌陷所致,因而开采深度愈小、开采厚度愈大,地表塌陷愈剧烈;反之,采深大采厚小时塌陷则轻微<sup>[3]</sup>。塌陷范围内的土地破坏程度与区位、开采深厚比及地形有关,如表 3 所示。开采深厚比可用来评价地表塌陷的程度,在一定开采深厚比的条件下,采深和塌陷面积成正相关。下沉系数可以估算地表最大下沉量。调查研究结果显示,中硬覆岩长壁大冒顶初次开采的下沉系数约为 0.7~ 0.8。

表 3 塌陷区内按不同区位和深厚比确定的破坏等级

区位	H/M < 50			H/M = 50			H/M > 50		
	平地	凸形地貌	凹形地貌	平地	凸形地貌	凹形地貌	平地	凸形地貌	凹形地貌
iv(压缩区)	1- 2	2- 3	1- 2	1- 2	2	1	1	1- 2	0- 1
④(拉伸区)	3	3+	2	2- 3	3	1- 2	1- 2	2- 3	0- 1
④(边缘区)	1	1	1	0- 1	1	0- 1	0- 1	1	0

备注 0- 无塌陷,1- 轻度塌陷,2- 中度塌陷,3- 重度塌陷,3+ - 采动滑坡或崩塌

(3) 地形地貌和煤层倾角与塌陷形式的关系。对地表移动的观测和研究表明,在盆地、水平煤层开采条件下,地表移动形成盆地并对称于采空区。当地形地貌和煤层倾角发生变化时,将影响地表塌陷区的对称性和形态,地表塌陷盆地将偏向煤层的下山方向。在山地丘陵区,地表不会出现塌陷盆地,而是采动裂缝崩塌和滑坡。

(4) 覆岩性质和地质构造与塌陷程度和形式。煤层上覆岩层坚硬且整体性好,开采后难于冒落,地表下沉系数偏小,塌陷轻微;覆岩疏松易产生冒落,地表下沉系数较大,塌陷严重。如果覆岩内存在贯通性断裂构造,断裂部位的塌陷区地表容易形成较大的裂缝和台阶状塌陷。同时会因断层位置的不同,影响地表塌陷的范围和程度。

(5) 水文地质条件和塌陷以及危害的关系。如果矿区地下水水位较高,潜水埋藏较浅,平坦地区塌陷盆地的下沉量大于潜水位埋深时,塌陷盆地就会积水,形成积水塌陷区。反之,如矿

区地下水位较低,潜水埋深大于塌陷盆地最大下沉量,则塌陷区不会积水。山西省多数矿区的地下潜水位低于塌陷区的最大沉降量,且多数矿区位于山区和丘陵地,因此绝大多数塌陷盆地为无积水盆地。只有位于东南部的王庄和漳村等矿区地面平坦可形成塌陷盆地,在雨季有时出现季节性积水。局部区域也因有外来水源,塌陷区会有较长时间的积水。

### 3.3.2 固体废弃物对土地的破坏成因分析

固体废弃物主要是煤矸石和剥离土石方。废弃物的数量决定土地破坏面积。国有大型煤矿无洗煤设施的矿井排矸率为3%~10%,平均为6%;有洗选设施的矿井排矸率为15%~22%,平均18%;县(市)营煤矿的排矸率为10%~15%;乡镇和私营小煤矿的排矸率小于10%,甚至有的矿井在井下用煤矸石填充采空区而没有排矸。目前国有大型煤矿的洗精煤约占原煤产量的25%~30%。

单位面积存矸量的多少与其堆放形式有关。平地起堆的排矸场每 $\text{hm}^2$ 存矸量大约为30万t,山区顺坡堆放的山谷排矸场存矸量一般为45~90万t,最多可达225~300万t。山西省大多数是山谷排矸场,国有大型矿一般为45~90万 $\text{t}/\text{hm}^2$ ;县(市)中型矿为30~45万 $\text{t}/\text{hm}^2$ ;乡镇等小型煤矿为7~18万 $\text{t}/\text{hm}^2$ 。

## 3.4 煤矿开采对山西土地荒漠化的影响

### 3.4.1 对土地利用的影响

山西省国土总面积为15.7万 $\text{km}^2$ ,含煤面积6.2万 $\text{km}^2$ ,占39.5%。截止2004年因采煤导致土地荒漠化或潜在荒漠化的土地面积为1152 $\text{km}^2$ ,占全省总面积的0.73%。按照国民经济发展规划对山西各煤矿的开采计划测算,预计到2010年土地破坏面积将达到1853.9 $\text{km}^2$ ,占全省总面积的1.18%。相关研究结果显示,全国重点煤矿平均采空塌陷面积约占含煤面积的10%。据此推算山西省未来将有6200 $\text{km}^2$ 的土地遭到塌陷破坏。

### 3.4.2 对地下水资源的影响

由于生产技术条件所限,地下采煤的同时损耗大量的地下水。山西省多年的平均数据为每生产1t原煤,从矿井中排出0.87t地下水,加上洗选用水,每t煤平均耗损水资源1t,即吨煤吨水。仅建国后的55年时间累计耗损水80亿t之多。

采煤塌陷引起的地表沉降和裂缝在一定程度上改变了地表径流方向和汇水条件。部分地表水沿裂缝渗入地下,沿

参考文献:

- [1] 马超,何万龙,康建荣.采煤塌陷区塌陷面积的预测方法与分析[J].矿山测量,1999,(1):18-23.
- [2] 李树志.中国煤炭开采土地破坏及其复垦利用技术[J].资源产业,2000,(7):8-10.
- [3] 何万龙.山区开采沉陷与采动损害[M].北京:中国科学技术出版社,2003.

(上接第162页)

粮食市场需求量不明朗,主要粮食生产国还因此停耕了部分耕地,如美国停耕881万 $\text{hm}^2$ 。相当停产3200万t以上的粮食,欧盟国家停耕了15%的耕地。据联合国粮农组织估计,目前世界上还有3.6亿 $\text{hm}^2$ 以上闲置的可耕地<sup>[4]</sup>。因此,从国际粮食市场供给看,除去特殊灾害年份,市场供应不

参考文献:

- [1] 傅泽强,等.中国粮食安全与耕地资源变化的相关分析[J].自然资源学报,2001,16(7):313-319.
- [2] 石玉林.中国宜农荒地资源[M].北京:能源出版社,1985.
- [3] 鲁奇.中国耕地资源开发、保护与粮食安全保障问题[J].资源科学,1999,21(6):5-8.
- [4] 余振国,胡小平.我国粮食安全与耕地的数量和质量关系研究[J].地理与地理信息科学,2003,19(3):45-49.
- [5] 王群.粮食安全的耕地保障分析[J].地域研究与开发,2001,20(4):68-71.
- [6] 余振国,等.论耕地质量、种粮效益与我国粮食安全[J].资源开发与市场,2003,19(1):3-6.

上覆岩层采动裂缝渗入采空区或深部岩层,从而使矿区地表水减少,潜水干枯,地下水位降低。部分上覆岩层中的含水层也遭到严重破坏。

地表水通过采动裂缝渗入地下的同时,地表污水也随之进入地下含水层,从而污染地下水源;地下水通过采动裂缝进入采空区时,又受到采煤污染;矿井水通过排水系统排放到地表水系中又使地表水系受到污染,因而矿区水环境将不断恶化。而水环境的恶化又将进一步导致整个生态环境的进一步恶化。

### 3.4.3 对耕地的影响

以国有大型煤矿为例,万吨塌陷面积平均为0.18 $\text{hm}^2$ ,其中耕地万吨塌陷面积为0.07 $\text{hm}^2$ 。1949~2004年间,破坏耕地累计达到476.3 $\text{km}^2$ 。由于开采技术的改进,未来塌陷率会有所提高,预计到2010年,万吨塌陷面积将为0.19 $\text{hm}^2$ 。到2010年将有504.4 $\text{km}^2$ 的耕地受到采煤荒漠化威胁,其中92.8 $\text{km}^2$ 的耕地农业生产力将受到严重影响,甚至无法耕种不得不改作林地、牧地或其它用地。

## 4 结论

(1) 煤炭生产过程中对土地破坏导致的荒漠化有采空区地表塌陷、地表挖损破坏、固体废弃物压占土地三种类型,各自所占比例为96.7%、2%、1.3%;1949~2004年间累计破坏土地总面积1152 $\text{km}^2$ ,其中采煤塌陷面积为1113.8 $\text{km}^2$ (耕地42.8%、未利用地43.2%、其它已利用地14%),废弃物压占面积为15.2 $\text{km}^2$ ,露天开采破坏面积23.0 $\text{km}^2$ 。

(2) 各类煤矿由于开采方式和采煤率不同,土地塌陷面积和程度也不同。国有重点大型煤矿破坏土地面积较多,破坏程度也大,其次为乡镇和其它矿及地、县(市)营煤矿。一般大型煤矿塌采比大于1,中小型煤矿塌采比小于1。全省国有重点煤矿采煤塌陷土地破坏程度的比例为:轻度为42.6%,中度为39%,重度为18.4%。

(3) 地表塌陷的形式、规模、程度和趋势与采煤方法、开采厚度和深度、矿区地形地貌和煤层倾角、煤层上部的覆岩性质与地质构造、采区的水文地质条件等因素有关。

(4) 采煤对土地破坏导致的土地荒漠化和潜在荒漠化主要表现为对土地的直接破坏和土地生产力的降低,特别是耕地的减产以及对水资源的破坏和损失。

致有太大问题。在以保护耕地、自给为主的粮食安全战略中,适度进口部分粮食作为补充是必要而且可行的。但是,应该强调的是进口部分粮食只是为了缓解粮食安全对耕地的资源状况的压力,以期达到改善耕地资源质量和生态环境的目标。