

# 大柳塔煤矿采煤塌陷对土地沙漠化进程的影响

徐友宁 李智佩 陈社斌 陈华清 袁汉春

(西安地质矿产研究所, 陕西 西安 710054)

**摘要:** 陕西神木大柳塔县地区煤炭资源的开发不可避免会产生地面塌陷、地裂缝、地下水位下降等矿山环境地质问题, 地面塌陷是否会加剧土地沙漠化成为研究的热点问题。调查表明 20 年间整个研究区和其中的主要矿区土地沙漠化呈现出重度沙漠化土地逐年减少、轻度及非沙漠化土地面积逐年增大的一致演化趋势, 采煤塌陷区土地沙漠化没有出现加剧的现象。通过 4 处采煤塌陷区及 2 处煤矿未开采区土壤垂向剖面研究, 地表植被类型及覆盖度、植被根系垂向分布、土壤粒度、含水率、地下水位之间等关系表明, 采煤塌陷对土地沙漠化进程没有明显的影响。年均 415 mm 的降雨量基本满足采煤塌陷区沙生植被正常生长所需水份, 其结论为该地区大规模煤炭资源开发土地沙漠化防治提供了科学依据。

**关键词:** 采煤塌陷区; 土地沙漠化; 土壤剖面; 大柳塔

**中图分类号:** P694      **文献标志码:** A      **文章编号:** 1000-3657(2008)01-0157-06

## 1 研究意义

陕西神木县大柳塔矿区地处毛乌素沙地边缘, 土地沙漠化是地区特有的环境问题<sup>[1-9]</sup>。部分学者<sup>[1,4]</sup>认为采煤塌陷可通过两种途径引起土地沙漠化; 其一是采空区形成的地面塌陷、地裂缝等直接破坏了包气带岩土结构, 改变了包气带水份量状况和水势能状态, 进而导致地表生态环境恶化, 引起植被退化、枯萎, 促进风蚀, 形成或加剧土地沙漠化; 其二是地面塌陷、地裂缝破坏了地下水含水层结构及矿井疏干排水导致矿区地下水位下降, 引起植被退化、死亡, 导致矿区土地沙漠化。

研究区大规模的煤炭资源开发不可避免会产生地面塌陷、地裂缝等矿山环境地质问题, 最直接的影响是造成地面起伏、破坏土地的完整性、导致土壤含水率的变化、地表水渗漏、地下水位下降等, 对生态环境产生影响, 但是否会较大幅度地导致沙生植被死亡或群落变化而降低植被的覆盖度, 进而导致沙漠化土地复活或加剧矿区土地沙漠化, 成为政府关

注、学者研究的热点问题。

## 2 研究方法

研究区行政上隶属陕西省神木县大柳煤镇以及乌兰木伦河以西中鸡镇所辖部分地区, 面积 370.13 km<sup>2</sup>, 地处毛乌素沙地边缘, 北部为风沙滩地, 南部和西部为典型盖沙黄土丘陵地貌区, 海拔 1000~1250 m, 属中温带半干旱大陆性季风气候, 干旱少雨多风沙。1986—2004 年, 年降水量 251.3~646.5 mm, 平均 415.0 mm, 年均蒸发量 1788.4 mm。冬季盛行西北风, 夏季多有东南风, 春季多沙尘暴, 年平均风速 2.3 m/s, 最大风速 28.0 m/s。区内土地类型为沙地、乔灌木林地、天然草地、裸岩地等。以沙蒿、沙柳、柠条为代表的沙生植被组合, 主要生长于半固定沙地、固定沙地和沙地沙丘间低地。研究区环境因素波动性大, 环境敏感性强, 承受能力及抗干扰的能力差, 因而具有生态脆弱性和环境问题的严酷性, 水资源短缺、生态环境脆弱成为约束该区大规模煤炭资源开发的不利条件之一。

收稿日期: 2007-05-17; 改回日期: 2007-08-15

基金项目: 国土资源部《重点矿区环境地质问题专题调查》(200412300057)、《陕西大柳塔煤矿区环境地质问题专题调查》项目(1212010541301-4)资助。

作者简介: 徐友宁, 男, 1963 年生, 博士, 研究员, 主要从事矿山环境地质研究工作; E-mail: ksdzhj@sohu.com。

自 2005 年来,神东煤炭有限责任公司所属的大柳塔、活鸡兔、哈拉沟均成为年产原煤超千万吨的矿井,主要采用综合机械化长壁式采煤工艺,其工作面长 200~240 m,采高 4 m,每向前推进 1 m,就会形成 800~960 m<sup>3</sup>采空区,加之所采煤层埋深 50~150 m,开采后上覆岩层会立即发生下沉<sup>①</sup>,在地表表现为波状沉陷地貌,与原有波状丘陵地貌不易区分,只有在基岩、黄土层、道路、房屋墙面上地裂缝,才能明确确认为地处塌陷区范围内。地裂缝宽几厘米到十几厘米,裂缝两侧有上下错动。由于雨水冲刷及风蚀沙埋作用,在松散沙地难以看到地裂缝。自 1986 年矿山建设及开发以来,研究区累积形成采空区面积 42.6 km<sup>2</sup>,地面塌陷、地裂缝影响面积达 51.5 km<sup>2</sup><sup>①</sup>。

经过 2005 年 7—9 月野外路线穿越调查和 1986 年、1996 年 TM 和 2005 年 SPOT5 三期遥感影像解译对比,查明了大柳塔地区(371 km<sup>2</sup>)和主要矿区(71.071 km<sup>2</sup>)沙漠化土地现状以及 20 年来土地沙漠化的历史演变。调查表明,20 年来大柳塔地区及主要矿区土地沙漠化发展演化规律一致(表 1~2)<sup>①</sup>,即重度沙漠化土地逐年减少,轻度、非沙漠化土地面积逐年增大。二者演化一致规律是否表明控制全区及主要矿区土地沙漠化的主要因素相同或主要矿区后期人为生态环境修复的结果?无论何种原因,20 年来大柳塔主要煤矿区土地沙漠化没有呈现加剧现象,即采煤塌陷区植被没有出现明显枯死而导致植被覆盖度的下降的现象(图 1~2)。

表 1 1986—2005 年大柳塔地区沙漠化土地面积变化

Table 1 Change of desertified land area in the Daliuta area from 1986 to 2005

	1986 年面积(km <sup>2</sup> )/ 总面积百分比(%)	1996 年面积(km <sup>2</sup> )/ 总面积百分比(%)	2005 年面积(km <sup>2</sup> )/ 总面积百分比(%)
重度沙漠化	14.69/3.90	9.82/2.61	2.53/0.67
中度沙漠化	24.61/6.53	9.36/2.48	19.49/5.18
轻度沙漠化	56.49/15.00	61.77/16.40	62.19/16.53
非沙漠化	280.81/74.57	295.78/78.51	291.93/77.62

表 2 1986—2005 年采煤塌陷区沙漠化土地面积变化

Table 2 Change of desertified land area in the coal mining collapse area from 1986 to 2005

	1986 年面积(km <sup>2</sup> )/ 总面积百分比(%)	1996 年面积(km <sup>2</sup> )/ 总面积百分比(%)	2005 年面积(km <sup>2</sup> )/ 总面积百分比(%)
重度沙漠化	1.57/2.21	0.81/1.14	0/0
中度沙漠化	4.85/6.82	1.5/2.11	0.49/0.69
轻度沙漠化	6.82/9.60	10.43/14.68	13.73/19.23
潜在及非沙漠化	57.83/81.37	58.33/82.07	56.85/79.99

为了进一步研究揭示采煤塌陷区土地沙漠化没有加剧的原因,选择了矿区 4 处不同时期采煤形成的塌陷区及 2 处煤矿未开采区即对比区,通过垂向土壤剖面(表 3)调查地表植被类型及覆盖度、植被根系垂向分布;测定剖面上土壤粒度、含水率、地下水位等,分析采煤塌陷对土地沙漠化进程的影响。在大柳塔、活鸡兔、昌下特老害剖面,土壤粒度采样间距为 10 cm。双沟村、郝家壕、大柳塔林场剖面土壤粒度采样间距为 5 cm,土壤含水率样间距为 20 cm。所有剖面包气带岩性均为第四纪全新世风积沙。土壤粒度分析是在教育部重点实验室西北大学大陆动力实验室 Mastersizer2000 型激光粒度仪上完成的,其测量范围为 0.02~2000 μm。



图 1 活鸡兔矿采煤塌陷区潜在沙漠化土地  
Fig.1 Potential desertified land of the collapse area of the Huojitou coal mine



图 2 大柳塔矿采煤塌陷区非沙漠化土地  
Fig.2 Non-desertified land of the collapse area in Daliuta coal mine

①西安地质矿产研究所. 陕西大柳塔煤矿区环境地质问题专题调查报告, 2006.

表 3 土壤剖面一览表  
Table 3 Summary of soil profiles

剖面编号	剖面位置	深度(m)	塌陷区形成时间	主要植被种类与覆盖度	沙漠化土地	根系分布深度(m)
P <sub>01</sub>	活鸡兔李家畔	3.2	2005 年 6 月活鸡兔矿	沙蒿、沙棘占 75%	潜在沙漠化	0~1.5
P <sub>02</sub>	大柳塔林场东南	3.2	2001 年大柳塔矿	人工沙柳、沙蒿占 75%~80%	非沙漠化	0~1.5
P <sub>03</sub>	昌下特老害	2.8	煤矿未开采区	沙蒿、沙柳占 70%~80%	潜在沙漠化	0~1.4
P <sub>04</sub>	大柳塔双沟脑	2.8	1993 年大柳塔矿	沙蒿为主占 85%	非沙漠化	0~1.6
P <sub>05</sub>	郝家壕	2.8	煤矿未开采区	沙蒿为主, 柠条占 80%	非沙漠化	0~1.6
P <sub>06</sub>	大柳塔林场	1.9	2000 年大柳塔矿	人工杨树占 70%	非沙漠化	0~1.5

### 3 讨论

#### 3.1 剖面描述

(1)活鸡兔煤矿 2005 年塌陷区剖面(P<sub>01</sub>):剖面位于神木县中鸡镇高家畔村,系活鸡兔矿 2005 年 7 月采煤塌陷区。剖面点选在塌陷区两条地裂缝间,裂缝走向 320~340°,裂隙密度 1 条/3~4 m,宽 3~10 cm,落差 3~5 cm。地表植被类型主要为沙蒿,植被覆盖度占 75%,为潜在沙漠化土地。剖面深度 3.2 m。

0~1.1 m:土黄色松散风成沙,中值粒径 24.72 μm,含水率 3.98%,表层有机质结皮厚 1~5 mm。

1.1~1.7 m:灰黑色沙质黑垆土,有机质含量较高,含有钙质结核,中值粒径 51.87 μm,含水率 6.69%。中部 1.3~1.5 m 沙质垆土有机质含量最高。1.5 m 以下根系少见。

1.7~3.2 m:较松散的古风成沙,中值粒径 9.55 μm,含水率 2.61%。

(2)大柳塔煤矿 2001 年塌陷区剖面(P<sub>02</sub>):剖面位于大柳塔矿井 2001 年采煤塌陷区,地表观察不到地裂缝。植被覆盖度为 75%~80%,主要为人工栽植的成排沙柳,间有少量沙蒿,地表有 2 cm 厚的有机质结皮,为非沙漠化土地。剖面深度 3.2 m。

0~1.0 m:土黄色松散风积沙,中值粒径 21.60 μm,含水率 2.02%。30 cm 以上沙层含水率高于 30 cm 以下。50 cm 以下植物根系不甚发育。

1.0~2.1 m:黄褐色较松散的壤化沙土,有少量钙质结核。中值粒径 21.43 μm,含水率 2.13%。

2.1~3.0 m:黑灰色细粒沙质黑垆土,含有较多粘土质和有机质,含有钙质结核,中值粒径 42.99 μm,含水率 3.57%。

3.0~3.2 m:黄褐色松散中粒沙土,中值粒径 5.76 μm,含水率 1.67%。

(3)昌下特老害非煤矿开采区剖面(P<sub>03</sub>):剖面位于大柳塔镇北部石圪台昌下特老害北,该点周围没有

地下采煤活动。植被类型主要为沙柳、沙蒿,周围有杨树林,地表有厚约 1 cm 的有机质结皮,植被覆盖度为 70%~80%,为潜在沙漠化区,剖面深度 2.8 m。

0~1.4 m:黄褐色松散风积沙,中值粒径 146.26 μm,含水率 3.41%,表面有机质结皮。

1.4~2.8 m:灰绿色块状粘土岩,主要由蒙脱石、高岭石等粘土矿物组成,中值粒径 49.59 μm,含水率 12.36%。由于粘土矿物的吸水作用,其含水率明显高于上层。1.4 m 以下未见植物根系。

(4)大柳塔矿井 1993 年塌陷区剖面(P<sub>04</sub>):剖面位于大柳塔镇双沟村北,系大柳塔矿 1993 年塌陷区。剖面附近可见 20 余条地裂缝群,走向 150°,裂缝长 2~20 m,宽 10~30 cm,可见深度 10~20 cm,目前地裂缝均被沙土充填。沙蒿、茅草类为主要植被类型,植被覆盖度 85%,为非沙漠化土地。剖面深度 2.80 m。

0~0.6 m:浅黄色松散沙层,夹有砾径 0.5 cm 左右的砾石,植物根系较发育,虫孔较多,中值粒径 188.37 μm,含水率 3.27%,表层有 1 cm 左右厚的有机质结皮。

0.6~1.2 m:浅褐色壤化沙土,沙层较致密,夹多层暗色有机质条带,有部分根系,中值粒径 309.56 μm,含水率 3.74%。

1.2~2.1 m:黄色松散中细沙,1.6 m 以下根系少见,底部有零星砾石,中值粒径 342.85 μm,含水率 2.69%。

2.1~2.8 m:灰黄色含砾中沙,砾石约 4%,磨圆较好,中值粒径 505.74 μm,含水率 4.83%。

(5)郝家壕非煤矿开采区剖面(P<sub>05</sub>):剖面位于大柳塔镇郝家壕,目前煤矿尚未开采到此。地表为沙生植被,沙蒿占植被种类的 90%,次为柠条、针茅类,植被覆盖度超过了 80%,为非沙漠化土地。剖面深度 2.8 m。

0~0.55 m:浅黄色较松散风积沙,植物根系较发育,中值粒径 201.02 μm,含水率 3.06%。

0.55~0.8 m:浅黄色较松散的中沙,植物根系发育,中值粒径  $416.80 \mu\text{m}$ ,含水率 5.90%。

0.8~1.5 m:浅灰黄色壤化沙土,植物根系较多,中值粒径  $235.66 \mu\text{m}$ ,含水率 5.34%。

1.5~2.8 m:浅黄色中细沙,较松散,上部有植物根系,1.6 m 之下根系少见,但在 2.0 m、2.4 m 处见直径约为 1 mm 的根系。中值粒径  $250.55 \mu\text{m}$ ,含水率 2.58%,含水率明显低于上述各层。

(6)大柳塔煤矿 2000 年塌陷区剖面( $P_{06}$ ):剖面位于大柳塔林场,系大柳塔矿 2000 年采煤塌陷区。杨树林场系 20 世纪 60—70 年代的人工营造林,由于立地及水肥条件差,“成林不成材”,当地人称“小老头树”。目前树径 15~20 cm,树干高 3~5 m,约有 50%的杨树出现不同程度的枯梢,5%左右的杨树枯死。调查中发现树木枯梢现象在神木县其他非煤地方均可见到,并非采煤塌陷区都有的现象。剖面处杨树覆盖度超过了 70%,地表基本固结,流沙较少,为非沙漠化土地。现地表看不到地裂缝。剖面点距两颗杨树间距 1.2 m,剖面深度 1.9 m。

0~0.8 m:浅棕、黄褐色较致密的壤化沙土,杨树根系发育。中值粒径  $209.56 \mu\text{m}$ ,含水率 4.19%。

0.8~1.2 m:浅黄色含砾中沙,砾石约 5%,磨圆度较好,中值粒径  $362.79 \mu\text{m}$ ,含水率 2.92%。90 cm 以下根系较少。

1.2~1.6 m:灰白色含砾中沙,砾石约 30%,磨圆度较好,砾径一般 2~3 cm,最大者为 10 cm。1.5 m 处见少量杨树主根系。中值粒径  $453.35 \mu\text{m}$ ,含水率 3.84%。

1.6~1.8 m:灰白色含砾中沙,含小砾石。中值粒径  $230.25 \mu\text{m}$ ,含水率 2.28%。

1.8~1.9 m:灰白色含砾中沙,一般砾径为 0.5~2 cm。

### 3.2 讨论

(1)植被根系分布与包气带水份关系:剖面上没有揭示到地下水位,调查推测盖沙黄土区地下水通常埋深大于 6 m,由于塌陷区沙蒿占主要地位,故以沙蒿为例进行分析。沙蒿为浅根系植物,其主根深度为 1 m 左右,在 1.3 m 以下,基本上没有沙蒿根系。其侧根不发达,但其数量多、分布广,有较多的不定根,这些根系多为水平或近似水平走向<sup>[9]</sup>,沙地降水入渗深度一般在 1.5 m 左右,当降水 100 mm 时,其入渗深度也只有 1.5 m,入渗深度与沙蒿根系分布层相适应。本区植物生长季间(4—10 月)的降水量

占全年降水量 80%以上<sup>[10]</sup>。侯庆春<sup>[10]</sup>1994 年 4 月测定,在经过 1993 年 10—12 月(42.7 mm)、1994 年 1—3 月(9.1 mm)降水偏少的条件下,土壤含水量为 3%~5%,相当于田间持水量的 30%~55%,300 cm 土层内尚含有效水 54 mm(土壤凋萎湿度为 2.6%)。许明耻<sup>[11]</sup>计算沙地林地土壤蒸发散失水分约 90 mm/年。据此,研究区年均降水量 415 mm 条件下,全年可供植物利用的水份约 325 mm,基本上可以做到水份平衡。可见,在正常降水或不太干旱的年份内,维持沙蒿正常生长的水份主要来自大气降水。这也许是 1996 年全区及矿区沙漠化土地面积最小的原因之一(1995 年为最大降水量 646.5 mm,1996 年 492.6 mm 降水量高出均值 77.6 mm)。

(2)塌陷区及非塌陷区土壤粒度及含水率关系:6 处剖面表层均为第四纪风积沙土,厚度 0.4~1.6 m 不等。沙土中含水率随垂向上岩性、粒度不同而变化。对于中细沙、壤化沙土以及沙质黑垆土来说,中值粒径越大,含水率越小,反之含水率则大。在沙生植被可吸取水份的 1.6 m 以上包气带中,塌陷区沙土平均含水率为 3.46%,非塌陷区为 4.10%,塌陷区土壤含水率略低于非塌陷区。含水率降低的原因可能是塌陷区土壤比非塌陷区土壤多了两个蒸发面,加大了土壤旱化程度。

(3)采煤塌陷对植被生长的影响:塌陷区与非塌陷区相同立地条件下的沙蒿灌丛调查表明,两区内沙蒿均有死亡和更新现象,但塌陷区沙蒿死亡率略高于非塌陷区,死亡的植物多沿裂隙处分布,死亡较多是沙蒿,次为柠条,这与地面塌陷岩土错动拉断植物根系有关。但是,死亡的植株多以单株或沿裂缝条带小范围分布,尚未发现成片死亡现象,因而塌陷区植被景观变化不大,这与侯庆春<sup>[10]</sup>1994 年的研究结论一致。这也许能解释大柳塔、活鸡兔和哈拉沟煤矿采煤塌陷区内植被覆盖度没有明显降低、塌陷区土地沙漠化没有加剧的原因。

(4)塌陷区地下水位下降对沙生植被的生长影响:采煤塌陷区对生态影响最大的是地下水位浅埋区,采煤塌陷导致地表水渗漏、地下水位下降,原沙地海子、泉域沟谷内水生和喜水草本植物退化,部分乔木萎缩,湿生植被向旱生植被演替。而在原地下水位深埋的风沙滩地、盖沙黄土丘陵区,6 处剖面深度内未见到地下潜水面,综合推测其水位埋深大于 6 m。采煤塌陷区没有出现沙生植被枯萎、死亡导致植被覆盖

度明显降低的现象,形成和加剧土地沙漠化。可见,研究区沙生植被主要依靠大气降水和凝结水维系,正常降水或不严重的干旱条件下,采煤塌陷区地下水下降对沙生植被正常生长影响不明显。这一点最有力的佐证是大柳塔煤矿前柳塔百余亩厚达10余米矸石堆场,经推平上覆沙黄土后,人工撒播沙蒿和栽植杨树、松树,在没有人工灌溉的自然降水条件下,植被覆盖度高达90%(图3)。



图3 煤矸石复垦场自然条件下植被覆盖度  
Fig. 3 The vegetation cover in a waste heap reclamation area under natural conditions occupies the whole area

## 4 结论

(1)沙蒿的垂直根系分布深度与沙地降水入渗深度基本一致,在沙生植被可吸收水份的1.6 m以上包气带内,塌陷区沙土平均含水率为3.46%,非塌陷区为4.10%;在2 m以上深度内,塌陷区沙土平均含水率为3.47%,非塌陷区为4.17%,塌陷区土壤含水率略低于非塌陷区,但两者地表沙生植被景观无明显差异。

(2)地面塌陷、地裂缝导致岩土错动拉断植物根系,导致沙蒿死亡率略高于非塌陷区的现象存在,但尚未发现塌陷区植被成片死亡现象。

(3)采煤塌陷区地下水下降对生态影响明显的地方是地下水水位浅埋区,可使水生和喜水草本植物退化,部分乔木萎缩,湿生植被向旱生植被演替。而在地下水深埋区,采煤塌陷不会导致原有沙生植被大面积枯萎、死亡。年415 mm的降雨量可维持沙生植被的正常生长,没有明显降低植被覆盖度,因而对塌陷区土地沙漠化的进程影响不大,这一结论是

从研究区和主要矿区土地沙漠化演化趋势一致的客观现象出发而研究得出的。

鉴于土地沙漠化过程是一个较为复杂的演化过程,是大尺度空间与时间尺度上生物和非生物等各种因素共同作用的结果,笔者仅仅探讨了采煤塌陷对土地沙漠化的进程影响,尚需研究气候、非矿业人为活动、退耕还林等多因素对土地沙漠化综合影响,为生态环境脆弱区煤炭资源开发生态环境保护提供重要科学依据。

## 参考文献 (References):

- [1] 聂镇龙, 张光辉, 李金河. 采煤塌陷作用对地表生态环境影响研究—以神木大柳塔煤矿区为例[J]. 勘查科学技术, 1998, (4):15-19.  
Nie Zhenlong, Zhang Guanghui, Li Jinhe. Influence of mining collapsing action on the surface ecological environment—taking Shenmen Daluta mine area as the study area[J]. Perambulation Science and Technology, 1998, (4):15-19(in Chinese with English abstract).
- [2] 李文平, 段中会, 华解明, 等. 陕北榆神府矿区地质环境现状及采煤效应影响预测[J]. 工程地质学报, 2000, 8(3):324-333.  
Li Wenping, Duan Zhonghui, Hua Jieming, et al. Evaluation of present geological environment and prediction of its variation caused by mining in Yushenmu area of North Shaanxi [J]. Journal of Engineering Geology, 2000, 8(3):324-333(in Chinese with English abstract).
- [3] 叶贵钧, 张莱, 李文平, 等. 陕北榆神府矿区煤炭资源开发主要水工环问题及防治对策[J]. 工程地质学报, 2000, 8(4):446-454.  
Ye Guijun, Zhang Lai, Li Wenping, et al. The main hydro-engineering-environmental-geological problems arose from the exploitation of coal resource in Yu-shen-fu mine area of North Shaanxi and prevention measures [J]. Journal of Engineering Geology 2000, 8(4):446-454(in Chinese with English abstract).
- [4] 张莉, 王飞跃, 张铁军. 陕北榆林地区沙漠化土地类型及时空变化分析[J]. 中国地质, 2002, 29(4):426-430.  
Zhang Li, Wang Feiyue, Zhang Tiejun. Types and temporal-spatial change of desertized land in the Yulin area, northern Shaanxi [J]. Geology in China, 2002, 29(4):426-430 (in Chinese with English abstract).
- [5] 唐燕波, 付利群, 华解明, 等. 榆神府矿区土地沙漠化现状及发展态势研究[J]. 河北建筑科技学院院报, 2001, 18(2):79-82.  
Tang Yanbo, Fu Liqun, Hua Jieming, et al. Study on the present and developing trends of desertification in Yushenfu mining area [J]. Journal of Hebei Institute of Architectural Science and Technology, 2001, 18(2):79-82(in Chinese with English abstract).
- [6] 王文龙, 李占斌, 张平仓. 神府东胜煤田开发中诱发的环境灾害问题研究[J]. 生态学杂志, 2004, 23(1):34-38.  
Wang Wenlong, Li Zhanbing, Zhang Pingcang. Environmental disaster issues induced by coal exploitation in Shenfu-Dongsheng coal field [J]. Chinese Journal of Ecology, 2004, 23(1):34-38(in Chinese with English abstract).

- [7] 徐友宁, 何芳, 袁汉春, 等. 中国西北地区矿山环境地质问题调查与评价[M]. 北京:地质出版社, 2006:40-44.  
Xu Youning, He Fang, Yuan Hanchun, et al. Survey and Assessment on Environmental Geology Problems of Mine in Northwest China [M]. Beijing: Geological Publishing House, 2006:40-44(in Chinese).
- [8] 徐友宁. 解决煤矿塌陷区社会矛盾的对策建议[J]. 中国矿业, 2006, 15(8):14-16.  
Xu Youning. Countermeasures for solving social problems on the subsidence area in coal mine [J]. China Mine, 2006, 15 (8):14-16(in Chinese with English abstract).
- [9] 徐友宁, 何芳, 武自生, 等. 神东矿区开采沉陷及塌陷指数预测[J]. 中国煤炭, 2005, 31(12):37-40.  
Xu Youning, He Fang, Wu Zhisheng, et al. Prediction of mining cave - in index of Shendong coal - mine area [J]. China Coal, 2005, 31(12):37-40(in Chinese with English abstract).
- [10] 侯庆春, 汪有科, 杨光. 神府-东胜煤田开发区建设对植被影响的调查[J]. 水土保持学报, 1994, 4:127-137.  
Hou Qingchun, Wang Youke, Yan Guang. Effect survey for vegetation by coal exploitation in Shenfu-Dongsheng coal field [J]. Journal of Soil and Water Conservation, 1994, 4:127-137 (in Chinese).
- [11] 许明耻. 灌木固沙林与沙地水分平衡的研究 [J]. 陕西林业科技, 1987, (1):35-37.  
Xu Mingchi. Research on the balance between dune fixation forestry and sandy moisture [J]. Shaanxi Forestry Science, 1987, (1): 35-37(in Chinese).

## Effect of coal mining collapses of the Daliuta coal mine on land desertification

XU You-ning, LI Zhi-pei, CHEN She-bin, CHEN Hua-qing, YUAN Han-chun

(Xi'an Institute of Geology and Mineral Resources, Xi'an 710054, Shaanxi, China)

**Abstract:** Exploitation of coal resources in the Daliuta area, Shenmu, Shaanxi, inevitably causes the problems of mine environmental geology such as land collapse, ground cracks and lowering of the groundwater level; thus whether land collapse will intensify land desertification becomes a hot topic. Investigation indicates that during the last 20 years the land desertification in the whole Daliuta area and main mining areas therein shows a consistent evolutionary trend of gradual decrease of severely desertified lands and gradual increase of slightly desertified and non-desertified lands, and the land desertification in coal mining collapse areas has not been engraved. The authors studied the relationship between vegetation species and their covered rates, soil granularity, water content, vertical distribution of vegetation root systems at the vertical soil profiles in four coal mining collapse areas and two non-mining areas in the coal mine and conclude that coal mining collapses have no significant effect on land desertification and that the annual average rainfall of 415 mm may in the main meet the requirement for the moisture content for the normal vegetation growth in coal mining collapse areas. Such a conclusion provides a scientific basis for the prevention and control of land desertification during large-scale coal resources exploitation in mining areas.

**Key words:** coal mining collapse area; land desertification; soil profile; Daliuta

**About the first author:** XU You-ning, male, born in 1963, doctor and researcher, specializes in mine environmental geology; E-mail: ksdzhj@sohu.com.