

神府—东胜矿区采煤塌陷及其 对环境影晌初探^{*}

张平仓 王文龙 唐克丽 高学田

(中国科学院西北水土保持研究所·陕西杨陵·712100)
水利部

摘 要 神府—东胜煤田煤质优、储量大、范围广、埋藏浅、煤层水平稳定,有利于现代化开采,经济效益显著。然而,大规模的煤层采掘,将会导致地面大范围塌陷过程,对本来十分恶劣而脆弱的自然环境、社会环境带来深刻的影响。本文在考察的基础上,从分析采煤塌陷形成的环境基础入手,指出本区采煤塌陷具有不可避免性、易发生性、快速性、大规模性和对环境影响的深刻性等特征。文章的最后讨论了采煤塌陷危害对策讨论和有待研究的问题。

关键词 神府—东胜矿区 采煤塌陷 采空区 环境影响 塌陷危害对策

Study on the Coal mining Subsidence and Its Effect on Environment in Shenfu—Dongsheng Coal Area

Zhang Pingcang Gao Xuetian Wang Wenlong Tang Kili

(Northwestern Institute of Soil and Water Conservation, Academia Sinica
and Ministry of Water Resources, Yangling, Shaanxi, 712100)

Abstract The coal in the Shenfu—Dongsheng coal field is high quality. Its reserves are abundant, and the coal layers are stable. It is easy for sophisticated mining. However, the large-scale coal mining will cause land subsidence widely, which will affect deeply the fragile natural and social environments. On the basis of field investigation, the environmental base of the coal cutting subsidence forming was analysed, land subsidence of this coal field are unavoidable, and will affect deeply the environments. It is necessary and feasible to reduce subsidence to certain degree. Lastly, this paper discusses some countermeasures and advances some issues, pending further discussion.

Key words Shenfu—Dongsheng coal field coal cutting subsidence cutting space environment effect Reducing countermeasures

引言

采煤塌陷是指地下煤层采出后,采空区围岩体内原有的应力状态失去平衡,出现应力集中现象,经过一段时间后,集中应力超过岩石的强度时,顶板岩层开始断裂、冒落,形成冒落带。冒落后,上部岩层也随后断裂,再上部岩层发生弯曲,随着采空区的扩大,地表开始移动,形成沉降波,致使地表发生变形、破坏,形成一系列裂缝、塌落,地面沉降等开裂或失稳失效,全部或部分失去抵抗载荷的能力,有时直接造成生产设施的损坏,甚至发展形成灾害。采煤塌陷除对煤田建设、道路形成直接危害外,还将对地表水、地下水产生直接影响,进而影响地表植被的生长,引起地面沙化导致原有生态平衡遭到破坏。

随着煤炭开采量的逐步增加,地下采空区不断扩大,采煤塌陷逐渐成为矿区危害范围广、延续时间长的一种工程地质灾害,直接影响着煤炭工业基地建设和城市发展战略的实施。据有关统计^[1]表明,我国至1991年底,由于采煤所造成的塌陷面积已达150万亩,毁田75万亩。目前已有近50个矿区出现严重地面沉降现象,如阳泉矿区沉降面积达60多km²,焦作矿区沉降52km²。徐州矿区地表沉降体积约相当于煤层采出体积的60%—70%,陷落面积为煤层开采面积的1.2倍,达5000hm²。平均许多矿区历年的统计,每采万吨煤,地表下沉面积2.2—3.6亩,平均3亩以上。这些沉降问题一直困扰着矿区的建设,为了加速实现塌陷区的科学治理,更为了煤田区经济发展和城市建设的顺利进行,科技工作者开始对煤田采空区塌陷规律进行科学探索,并试图用工程手段防治塌陷发生,或者对已经发生的塌陷进行科学利用和整治,从而出现了塌陷工程学^[1]。

神府—东胜煤田是世界八大煤田之一,在21世纪将成为我国主要的能源基地,并随之出现适应于能源基地发展的一系列建筑群集。然而,神府东胜煤田又位于极其严酷,敏感的脆弱环境之中,自然环境本身对于煤炭基地发展形成了很大的障碍,煤炭开采本身又加剧了某些环境要素的进一步恶化,其中地面塌陷便是最突出的问题之一。目前,煤田建设尚处于初期阶段,许多矿井,地面建筑都在建设之中,采空区还未完全形成,但塌陷问题已经暴露出来,并对某些矿井的正常采掘已构成障碍,而且对环境、对当地民用建筑,特别是对人畜饮水、农用灌溉引水工程构成了相当的威胁。为了保障本区煤炭资源开发和经济建设顺利进行,为了正确认识采煤塌陷的发育规律和严重性,并探索其防治利用对策,我们对矿区的环境、采煤塌陷的现状等进行了为其40多天的调查,本文是在这些调查资料的基础上,力图对神府东胜矿区塌陷的形成基础、特点及其危害进行探索,为矿区整治塌陷、减轻危害采取对策提供科学依据。

1 地面塌陷形成的环境基础

矿区地面塌陷的形成与发生,主要是由于地下煤层的采出,构成大范围的采空区,采空区围岩受力变形断裂而成。因此,煤层围岩的强度以及其上部压力的大小是形成塌陷的决定性因素,地面建筑物的性质,地面环境的特征又是决定塌陷灾害的重要因素。

1.1 围岩的地质力学特征

1.1.1 矿区地质构造背景 神府东胜矿区位于鄂尔多斯台向斜东翼—陕北斜坡之上^[2],是中生代鄂尔多斯含煤盆地的一部分,历次构造运动对本区影响不大,表现以垂直抬升运动为主,仅形成一系列沉积间断和假整合面,构造极其简单,地层多呈水平状态,倾角仅1—3°,煤层与围岩多为水平平行上下排列分布,从而形成的煤层分布范围广,目前探明煤层水平分布面积达

31 172km²,可采煤层层达 5 层,累计厚度在 30m 左右,远景储量 6 000~10 0000 亿 t。

中生代以来,本区在燕山运动末期和喜山运动早期作用下,地面遭受长期强烈的剥蚀切割,白垩纪后期至中新世时期的地层缺失,并形成高低起伏的古丘陵地形基础。新生代以来,本区作为白于山至府谷的构造抬升中心的一部分,经历了强烈的抬升过程,总抬升量 80~100m,抬升的速率随着时间推移逐渐增加^[5],近代抬升量 3mm/a。强烈的构造抬升使煤层位置升高,顶层岩层多遭剥蚀,同时沟壑强烈下切,深度多达 70~100m,从而形成了煤层埋藏浅,在沟谷部位多呈裸露状态,相当一部分可供露天开采,其它可供平硐及斜井开采,为现代化机械作业提供了优越的条件。

1.1.2 煤层顶部岩层特征 神府东胜煤田煤层形成于距今约 1.4 亿年前的侏罗纪时代,煤层顶部岩层除侏罗系地层之外,还有局部残留的晚第三系地层即三趾马红土,第四系黄土,风沙及各种冲洪积堆积物(图 1)。受上述构造活动的制约和影响,各时代地层均以不整合的形式基本呈平行状从下向上由老到新排列,在水平分布上,煤系地层自西北向东南方向露头增高,到王道恒塔附近,煤系地层下

伏的三迭系地层逐渐出露,总体上,沿乌兰木伦河,从下游向上游地层又由老而新分布。第四纪地层特别是黄土、风沙由于多呈披盖形式,在水平分布不受以上方式的影响,而且本区属于黄土分布的北部边缘,黄土在本区分布呈片状且与风沙呈交错状分布,其分布部位与地形、风向等密切

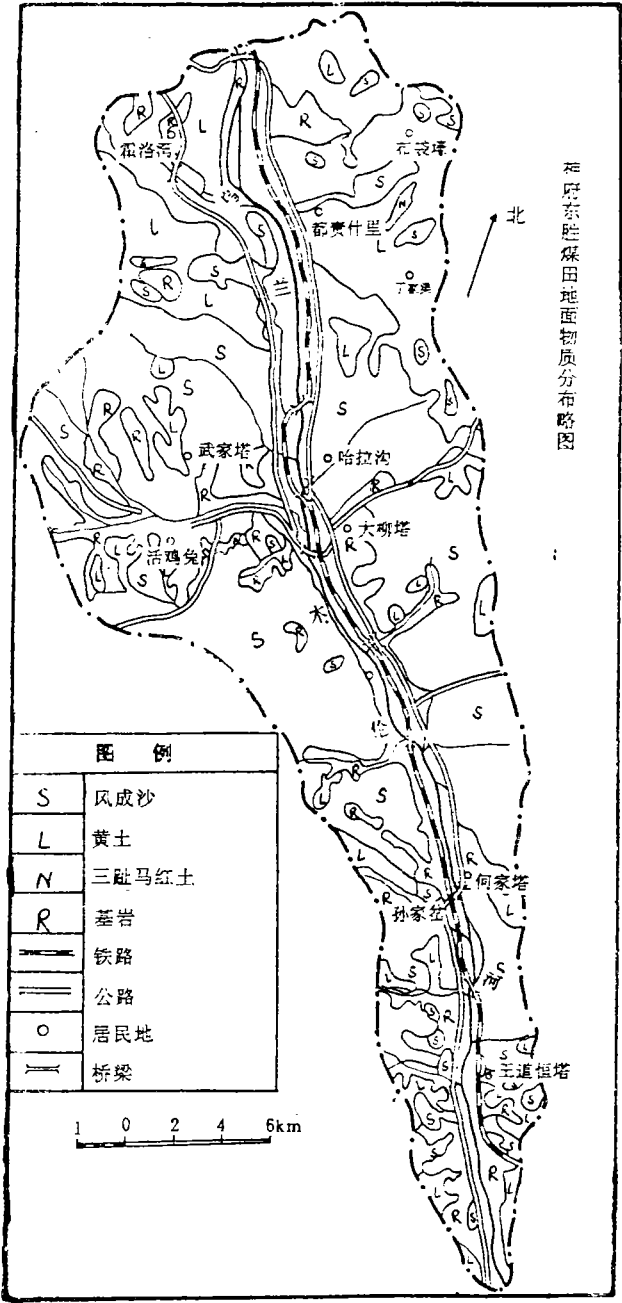


图 1 神府—东胜煤田地面物质分布图

相关。

侏罗系地层在本区发育比较齐全,与下伏三迭系地层以假整合的形式接触。下统富县组为紫红色,局部含绿紫色泥岩与灰白色长石石英砂岩互层,夹有黑色泥岩和煤线,厚度平均约7—10m,最大37.17m。中统延安组为灰白色粗粒中粒长石砂岩,深灰色泥岩,砂质泥岩及煤层组成的含煤岩系,平均厚度170—185m。直罗组为灰绿色、局部紫色泥岩、砂质泥岩、粉砂岩及灰黄绿色细粒砂岩互层,泥岩具有水平层理,含钙质结核,底部为巨厚层状,灰白色,中粒含砾长石砂岩,厚度平均50—85m。安定组为灰紫色砂质泥岩,粉砂岩,中细粒长石砂岩,厚度30—60m。侏罗系上统地层缺失。

白垩系下统地层为洛河组或叫伊金霍洛组,上部为砖红色、桔红色、杂色细、粉砂岩互层,主要出露于中上游补连区石灰沟以西,厚度30m左右。

第三系三趾马红土在本区有局部分布,主要出露于乌兰木伦河左岸梁顶庙沟,朱盖沟以及补连沟局部地区,厚度4—30m。

第四系黄土地层主要为离石黄土以及马兰黄土,分布于乌兰木伦河左岸梁峁以及神木、补连、石圪台等地。总厚度50—60m。

全新统风积沙分布于梁峁坡上,冲积沙及沙砾石分布于河床及一级阶地上。平均厚度15—20m。

1.1.3 围岩力学特征 神府东胜矿区煤系地层以上围岩垂直分布情况可以通过表1、2反映出来,从表1可看出,石圪台地区第一层煤埋深100m左右,顶部基为7.40m的沙层堆积物,围岩垂直层次较多,且多断裂,但主要由泥质粉沙岩组成,均质单层最厚者仅11.12m,最薄者仅1m左右。在大柳塔地区,均质单层最厚者为18.18m,为细粒砂岩,最薄者1.44m(表2)。总体上,神府东胜煤田的围岩垂直层次表现为不同颗粒砂岩、泥岩、页岩的互层,水平分布更不均匀,在这种岩层组合体种,即使受同一力的作用,各自所反映出来的受力效果则不相同,从而也促使了沉陷作用较易发生。容重、比重、孔隙度亦从不同角度反映了不同垂直部位岩层的物理性质,同样表明了这种岩组合体系的不均性质。

从力学指标来看,表1、表2反映了即使同一岩性岩石由于所处垂直部位不同,由于储存水量不同,水分压力等影响不同,反映出的力学指标值差异很大,表3列举了石圪台、大柳塔两地不同组成岩石的物理力学指标的差异值。

以粉沙岩为例来看抗压强度相差 $291.50\text{kg}/\text{cm}^2$,抗拉强度相差 $23.85\text{kg}/\text{cm}^2$,凝聚力相差 $33.856\text{kg}/\text{cm}^2$,内摩擦角相差 7.9° 显示了较大的差异。正是由于煤系地层不同深度围岩力学指标的差异,才更容易导致采空区各种断裂作用发生,使采空区塌陷的程度还取决于顶板上部围岩的总厚度和采空区的高度。比如,石圪台地区第一层煤及板岩石为粗沙岩,厚度为2m左右,力学指标高低值水平,采空区更应该塌落,但由于上部岩层厚度较大为100m,采空区理论高度较小为1.56m,从而保持了暂时的稳定。在大柳塔地区,第一层煤层顶板为中沙岩,均质岩层厚度为3.54m,各种力学指标尽管属低值水平,但高于石圪台地区,然而由于顶部岩层整体较薄,仅62.46m,采空区理论高度较大为7.82m,从而先发生沉陷,双沟沉陷则说明这一点。

综合以上分析,可以看出,神府东胜矿区煤系地层围岩产状水平,露头位置高,煤层厚度大,可开采范围广,采空区面积大,为本区大范围塌陷奠定了基础。受抬升后的剥蚀切割作用,使得围岩大部分被剥蚀消失,目前所留围岩厚度不大,支撑力小;而围岩本身多系砂质岩层,上部覆盖层也多沙质土层,孔隙发育良好,节理众多,为其透水性和储水性准备了条件,砂岩层中夹杂的泥质

岩层又是良好的隔水层,煤层本身亦也起到隔水层的作用,而采空区形成后,若遇上层储水,势必重量增加,易于塌落,围岩本身由于上部覆盖层薄,成岩程度差,胶结不良,结构疏松,风化严重,各种岩性力学指标值低,加之现代开采,以及爆破更加破坏了岩石的力学特性。据研究,人类在爆破中使用炸药对岩体产生的破坏力比物理风化要大许多个数量极^[3],凡此种种表明,本区围岩支撑能力低,从而为大面积塌陷准备了良好的条件,但由于各煤层顶部覆盖层的总厚度地区分布不

表 1 石圪台地区不同深度围岩物理力学指标

深度 (m)	岩 类	岩 性 特 征	干容重 (g/cm ³)	比 重 (g/cm ³)	孔隙率 (%)	抗 压 (kg/cm ²)	拖 拉 (kg/cm ²)	凝聚力 (kg/cm ²)	内摩擦 角(°)	软 化 系 数
7.40—15.04	粗砂岩	黄 色	1.768	2.530	30.14	139.72	139.72	1.50		
15.04—16.04	细砂岩	浅蓝色	2.032	2.513	19.14	138.20				
16.04—19.32	沙质泥岩	黑 色	2.242	2.535	11.54	112.39	7.69			
19.32—24.46	中沙岩	蓝 色	2.099	2.561	18.03	213.97		18.382	42.85	
24.26—31.72	沙质沙岩	断裂严重	2.405	2.545	5.52	195.65				
31.72—33.74	粗沙岩	深蓝色	2.498	2.520	17.88	142.60		22.612	44.14	0.082
33.74—44.86	泥质粉沙岩	断裂严重	2.278	2.547	10.62	189.55		22.885	42.11	
44.86—46.86	细沙岩	完 好	2.272	2.561	11.30	311.27		24.378	39.96	
46.86—55.14	粉沙岩	完 好	2.095	2.602	19.49	343.61	12.29	35.661	33.99	0.073
60.12—62.80	细沙岩	完 好	1.886	2.610	27.73	459.83		16.645	46.75	
62.80—64.40	沙质泥岩	完 好	2.204	2.493	11.60	109.13				
64.40—68.68	粉沙岩	质 轻	2.303	2.595	11.26	441.40	13.18	33.911	36.06	0.023
68.68—69.68	中沙岩	完 好	2.388	2.640	9.54	155.28	17.53	41.36		
79.03—86.07	细沙岩	杂物多而不均	2.252	2.651	15.06	377.90	4.34	20.588	23.28	0.053
90.02—92.92	泥质粉沙岩	较坚硬	2.233	2.479	9.90	323.62	23.26			
92.92—98.08	泥 岩	断裂严重	2.130	2.346	9.20					
98.08—100.01	粗沙岩	完 好	2.488	2.797	11.50	182.62	13.87	49.159	44.43	
100.01—105.57	煤	黑 色	1.030	1.425	27.72	319.89				
105.57—108.91	粉沙岩	均质完好	2.386	2.545	6.25	540.33	31.23	53.467	34.24	0.439
108.91—110.01	煤	黑 色	1.079	1.469	26.55	17.64	0.62			
110.01—112.92	粉沙岩	灰 色	2.253	2.482	9.21	631.66	34.57	32.205	41.62	0.424
112.92—114.52	泥质粉沙岩	完 好	2.454	2.622	6.39	656.90	45.69	53.701	30.35	
114.52—116.23	煤	黑 色	1.164	1.430	18.58	100.83				
116.23—116.83	粉沙岩	黑色断裂严重	2.226	2.390	6.87	385.59	35.96			
116.83—118.38	中沙岩	完 好	2.135	2.590	17.57	305.43		35.562	49.72	
118.38—121.92	细沙岩	完 好	2.241	2.584	13.24	606.29	24.36	36.299	42.65	
121.92—127.41	粉沙岩	完 好	2.432	2.545	4.44	607.88	25.10	56.061	41.85	
127.41—128.86	沙质泥岩	断裂严重	2.195	2.467	11.02					
128.86—130.36	粉沙岩	有断裂	2.188	2.589	15.48	€29.65	19.75			
130.36—134.04	泥 岩	断裂严重	2.311	2.441	5.31					

表 2 大柳塔地区不同深度围岩物理力学指标

深 度 (m)	岩 类	岩 性 特 征	干容重 (g/cm ³)	比 重 (g/cm ³)	孔隙率 (%)	抗 压 (kg/cm ²)	拖 拉 (kg/cm ²)	凝聚力 (kg/cm ²)	内摩擦 角(°)	软 化 系 数
8.37—26.55	细沙岩	浅黄、颗粒明显、均质	2.240	2.378	5.83	330.39		31.82	41.1	
27.25—33.30	细沙岩	灰色、颗粒明显均质	2.232	2.398	3.13	438.14	30.63	38.25	44.8	
33.30—35.93	粉沙岩	灰色、均质	2.340	2.420	3.31	410.95	35.35	74.12	38.8	
39.03—40.47	中沙岩	灰白、颗粒明显均质	2.488	12.30	334.33				0.27	
40.47—44.72	细沙岩	灰色、整理明显均质	2.306	2.454	6.03	65.87	40.92	75.18	36.4	
58.92—62.46	中沙岩	灰白、颗粒明显均质	2.326	2.466	5.68	311.12	17.59	56.32	40.4	0.50
62.46—70.28	粉砂岩	黑 色	1.162	1.418	18.05	231.81	13.53			
70.81—79.32	粉砂岩	灰白、层理明显均质	2.317	2.471	4.61	574.84	47.25	78.50	38.8	0.51
79.32—85.65	细沙岩	灰色、有黑色夹层、 层理明显均质	2.383	2.460	3.13	725.84	55.52	93.35	37.0	0.48

表 3 神府—东胜矿区不同岩石物理力学指标范围。

岩 类	干容重 (g/cm ³)	比 重 (g/cm ³)	孔隙率 (%)	抗 压 (g/kg ²)	抗 拉 (g/kg ²)	凝聚力 (g/kg ²)	内摩擦角 (°)
石 圪 台 地 区							
粉 砂 岩	2.095	2.390	4 . 44	341.61	12.29	32.205	33.99
	2.432	2.602	19.49	631.66	35.96	65.061	41.85
细 沙 岩	1.886	2.535	11.30	138.2	4.34	16.645	23.28
	2.272	2.651	27.73	606.29	24.36	36.299	46.75
中 沙 岩	2.099	2.561	9.54	155.28		17.530	41.36
	2.388	2.640	18.03	305.43		35.562	41.36
粗 沙 岩	1.768	2.520	11.05	13.972		22.612	44.14
	2.498	2.797	30.14	182.62	13.87	49.159	44.423
砂质泥岩	2.195	2.467	5.52	109.13			
	2.405	2.545	11.60	195.65	9.69		
泥质粉沙岩	2.233	2.479	6.39	189.55	23.26	32.886	30.53
	2.454	2.622	10.62	656.90	45.69	53.701	42.11
泥 岩	2.130	2.346	5.31				
	2.311	2.441	9.20				
煤	1.030	1.425	18.58	7.64			
	1.164	1.469	27.72	319.86	0.620		
大 柳 塔 地 区							
细 沙 岩	2.240	2.378	3.13	250.66	30.63	31.82	36.4
	2.403	2.460	6.03	886.02	62.99	93.35	44.8
粉 沙 岩	2.340	2.420	3.31	305.60	35.35	74.12	
	2.336	2.471	4.67	641.48	50.49	78.50	38.8
中 沙 岩	2.182	2.466	5.68	260.89	14.36		
	2.326	2.488	12.30	408.33	20.82	56.32	40.4
煤	1.157			212.04	10.67		
	1.167	1.418	18.05	267.46	16.39		

一致,从而使采煤塌陷的活动程度具有地区不均匀性。

1.2 煤层开采引起地下水过量渗漏也会导致地面沉降

本区地下水资源比较丰富,大量存在于第四系松散岩类裂隙孔,以及中生代各统地层的碎屑岩类孔隙,裂隙中的地下水以泉水形式涌出地表,水位埋深不大,一般在 10m 左右,深者不超过 40m,多数为潜水,与地表河流存在密切的水力关系,单井泉水涌出量小者为 10—20m³/d,大者在 1 000m³/d 以上,承压水出现于侏罗系含煤地层之中,岩石钻孔资料揭示,含水层位置 12—81.05m,埋深 0.96~3.66m,局部自流,单井涌水量一般小于 50m³/d。

承压含水层有一个向上作用的水头压力。在原地下水位不变,或变动不大时,含水层以上土层的总压力等于土层中颗粒所承受的压力加土层颗粒孔隙水的压力。含水层的水压水位发生明显下降时,向上作用的水头压力也明显减小,从而破坏了原土层中的压力平衡状态,结果必然造成隔水土层进一步压缩固结,含水土层脱水密度增加,从而造成地层整体进一步收缩,反映在地面上就是地面沉降或出现地裂缝。

神府东胜煤田的大范围煤层开采,已引起了地下水大量渗漏流失,调查中发现,神府爆田矿区,年矿坑排水约 450—500 万 t,其中精煤公司年排水 53 万 t,乡镇及个体矿排水 280 万 t,地方国营矿排水 120—150 万 t,吨煤排水系数最低为 0.16m³/t,最高达 1.68m³/t,个别矿坑排水达 6.91m³/t。民用水井自 1987 年以来水位下降 1.2—2.0m,部分民井已经干涸,布袋壕 18 眼多管井,已有两眼报废,其它水量也明显减少。从这些数字可以看出,目前,煤炭开采已大量减少了地

下水的储存,从而使地下水明显过量损失,这也是造成地面下沉的重要原因。

1.3 地面塌陷形成的外动力基础——暴雨因素

暴雨是许多在重力作用下,岩土体发生位移的外动力,如地震、崩塌、滑坡、泥石流等,地面塌陷也不例外,暴雨能突发性的增加采空区顶板物质的重量,积累一定的能量,这些能量在短时间内只能以向下的压力而释放,形成加快地面沉陷的过程。神府东胜煤田煤层顶板岩石多为透水良好的砂岩夹有一定的泥岩隔水层,表面多为风积沙,且沟缘线以上地面相对平坦开阔,暴雨一般难以形成大量径流,而是大部分下渗进入各岩层之中并被隔水层所隔,短时间内难以再下渗漏,而使顶板岩层的压力剧增,从而促使地面塌陷快速发生。本区是黄土高原暴雨中心,年降水量的组成主要为几场大的暴雨。年降水量多在 400mm 左右,而且时空分布不均,从空间来说,有从东南向西北不断减少的趋势。从时间来说,年际间最大雨量与最小之差可达 6 倍,年内主要集中于 7、8、9 三个月中,合计占全年降水量的 65%—70%,而在这三个月中,又往往集中于 1 个月的几场暴雨之中,多在 8 月,降雨量占全年总量的 40%—50%。最大 1 日降雨约占全年降水的 1/9—1/10,石圪台 1966 年最大 6h 降雨达 105mm,草垛山 1970 年最大降雨量 175.5mm,杨家坪 1971 年 7 月日雨量达 408.7mm。大暴雨是本区塌陷形成的重要动力因素,也是本区塌陷发生过程加快的主要原因。

2 地面采煤塌陷现状及发展趋势

2.1 地面采煤塌陷现状

根据以上分析,神府—东胜煤田所处地理位置特殊,环境脆弱,煤层埋深浅,即易于人工开采,也利于现代化开采。煤层上覆地层结构疏松,胶结程度不高,颗粒粗细分布不均,风化严重,岩层水平、物理力学指标值低,煤层厚度大,范围广,形成采空区面积大,加之暴雨多,地下水渗漏严重,地形破碎,使该地区采煤塌陷具有易发生性,快速性及大规模性等特点。目前矿区煤层开采仅仅是开始,地面塌陷在这次调查中已发现多处。

大柳塔矿区是整个煤田设计开采量最大井田,位于大柳塔镇南,乌兰木伦河东侧特牛川西侧的沙盖丘陵和黄土丘陵地区,井田面积 131.54km²,地质储量 14.19 亿 t,可采煤层 7 层,可采厚度 12.86m,设计能力 600 万 t/a,服务年限 118 年。矿井分两期建设一期工程 300 万 t/a,其中 78 万 t/a 以一组平硐大巷开拓上组煤,可采煤层为 6 层,累计厚度 6.58m,首采国产综采工作面已于 1993 年初建成投产,第一个高效生产工作面 1993 年底完成了设备引进并进入安装阶段,1994 年下半年将投入试生产。

大柳塔矿区煤层埋深约 20—50m,煤层顶部主要由砂页岩互层及沙层组成,沙层厚度约 20—30m,煤层顶部基岩最薄处厚度仅 2m 左右,一般约 5—20m。

目前矿井主巷道已掘进 4.7km,本次考察时,发现在距井口 2.5—3.0km 的主巷道范围内已发生较大面积地裂缝和塌陷,发展极为迅速,1993 年 7 月考察时,该地塌陷面积仅 13 亩,最大沉陷量 1.5m,至今已发展到 120 亩,地裂缝沿主巷垂直方向延伸 200m,间距约 0.5—1.5m,裂缝宽度一般 0.25—0.45m,平均错位 0.2—1.0m,最大沉陷量达 6.5m。塌陷范围内原为流沙地,经人工栽种沙柳,沙蒿后,流沙已基本得以固定,但发生地面塌陷后,特别是地裂缝处,植株根系拉断,并已发生成片枯萎、死亡。此外在塌陷邻近的双沟泉城,泉水涌出量明显减少,经估算,减少约 30%,直接影响到当地的人畜饮水和灌溉用水。

位于神木镇西南约 10km 的大砭窑国营煤矿开采约有 50 年历史,目前在主巷道上部发生约 1km² 的沉陷盆地,最大沉陷量达 1m 以上,而且周围布满裂缝。在其周围的炭窑沟村办矿,蛇

圪塔村办矿,三道沟个体矿,沙沟乡办矿,蛇圪塔乡办矿等均有因顶板塌落导致人畜死亡现象发生。蛇圪塔乡办矿在 1991 年开采以来已使附近一股泉水水量减少约 80%。

在刘石畔村的乡办矿瓦罗煤矿矿井掘进范围内的下贵都什里村,地面也多处出现裂缝,尤其在沟头附近的梁峁坡面部位,因地裂缝,已出现半边山坡滑坡现象,错位已达 5—15cm,下部滑体因面临沟谷已下滑,倾入沟谷,滑壁高约 2—3m,滑壁下部已与采煤巷道连通。此外,村里居民住房学校教室及围墙墙面也发生倾斜且多处发生裂缝,宽度约 2—5cm,随时处于倒塌危险之中。该村使用达 30—50 年的 5 口水井均已近于干枯,村民不得不翻越百米深沟到乌兰木伦河担水供人畜饮用。

在叨吓兔村附近的佳县煤矿,在其顶部形成大型塌陷漏斗,直径达 40 余 m,深约 15m,已与下部巷道连通,直接威胁采煤安全。

2.2 采煤塌陷灾害的发展预测:

根据《神府—东胜矿区环境报告书》,对本区采煤塌陷、地表移动和变形程度的预测结果,本区今后地表塌陷将是十分严重的。

《报告书》根据神府东胜矿区岩性的特征和资料比较缺乏的情况,采用概率积分法对开采后,地表最终塌陷程度进行模型预测,(表 4)可以看出,目前的地表塌陷仅属于开始,或者发生于某些围岩比较脆弱的地段。根据预测,矿区地表下沉量最大的地段将出现于东胜矿区的盖沙丘陵地区,这里表面沙层直覆于风化严重,结构疏松的沙岩地层之上,最易沉陷,是预料之中的事情。

表 4 神府—东胜矿区不同地域最终开采地表移动与变形范围表

区 域	最大下沉 (m)	最大水平移动 (m)	最大倾斜 (m/m)	最大水平变形 (m/m)
东胜矿区盖沙丘陵	14.50—19.90	4.50—6.17	0.15—0.321	0.07—0.152
神府矿区风沙草滩	4.85—19.10	1.50—5.90	0.072—0.266	0.04—0.125
神府矿区风沙台原	0.97—11.00	0.30—3.40	0.016—0.168	0.0075—0.079
神府矿区贵土丘陵	2.40—9.70	0.75—3.10	0.037—0.690	0.017—0.326
神府矿区河谷川地	0.93—7.00	0.29—2.20	0.014—0.242	0.06—1.140
大柳塔井田一期	2.30—9.50	0.72—2.94	0.084—0.313	0.039—0.113
榆家梁井田(小规模)	2.40—9.70	0.75—3.01	0.037—0.691	0.0175—0.326

最小沉陷将出现于河谷川地地区,这里,煤层埋藏浅,开采煤层厚度小,采空区高度、范围均受地形限制而不可能很大,深层煤基本上不予开采,所以,引起的沉陷量也是有限的,但所引起的水平变形将是预测中的最大值。黄土丘陵区,由于地层比较齐全,顶部覆盖层较厚,地形更加破碎,采空区形成后,最终将导致最大的地表倾斜,每米倾斜量将达 0.69m。

3 采煤塌陷对环境影响初评

结合神府东胜矿区自然环境的恶劣性,塌陷的现状和预测,可以对地表塌陷的环境影响进行初步评价。

3.1 对自然环境的影响

3.1.1 对土地资源的直接破坏 地表塌陷形成后,首先导致地表形态发生一系列的变化,规模较大者形成地表移动盆地^[4]即地表从原有标高下沉,在采空区上方形成一个比采空区面积更大的洼地。这种洼地的出现,破坏了原有地表形态,将给耕作、灌溉造成困难。塌陷规模较小者形成塌坑或塌陷漏斗,无论塌陷规模大小,均与一系列的地裂缝相伴随,地裂缝的出现,首先破坏地表的连续性,给耕作带来严重困难,此外还将影响地下水和降水渗漏,对地表植被生长、灌溉等产生严重影响。

3.1.2 对水资源的破坏 煤层开采后以及开采过程中,都将给地面或采空区围岩留下裂缝或将原有裂隙加大,地表水体和地下水体的渗漏,一部分通过采煤巷道排出,一部分渗漏到更深层次,特别是使位于乌兰木伦河和活鸡兔沟等河床下部的矿井,地裂缝将引起河水直接泻入矿井,不但破坏了地表径流,也破坏了煤矿井下安全生产。水体沿裂缝的渗漏还将影响到附近泉水的断流,水井的干枯,地表水量的减少,长期发展下去,将会使这个干旱与半干旱的地区更加缺水干旱,对当地村民居民的生活用水,工业发展用水,灌溉引水将构成严重威胁。

3.1.3 对植被资源的破坏 大范围的地裂缝导致植被根系拉断,枯萎死亡,这在双沟塌陷中已经初步显示出来。其次,地裂缝、塌陷造成地面大量土层松散,风蚀水蚀加剧,破坏植被的生长环境。再次,地下水位深浅对沙地植物群落组成,地貌景观及治理的难易具有举足轻重的作用。风沙土的水分,主要是降水与地下水补给的凝结水,由于风沙土的持水能力差,容易渗漏损失,而该地降水主要是暴雨形式,降水间隔时间长,因此,凝结水补给主要依赖地下水体形成自下而上的水分动力差,地下水体过多地渗漏损失,无疑会造成表层植物根系水分的减少,影响植物的生长。整个神府矿区,乃至著名的治沙典范榆林地区,70%的地面均被风沙覆盖,但人工沙生植被生长良好,地下水位高是其重要原因之一。仅靠次数有限的天然高强度暴雨维持植被生长,显然是困难的,厚层黄土地区梁峁顶部“老头树”的形成便是佐证之一。为此,采煤塌陷对地下水体的破坏,使地下水位降低,无疑会影响植被的正常生长。

3.1.4 扰动土层加剧地表侵蚀 地表塌陷的形成,改变了原始地面形态,破坏了地表和地下水体,植被生长受到影响,土壤风蚀有可能进一步加剧。此外,由地面下沉引起的一些槽状塌坑,如果走向与主风向平行,势必导致顺向风吹蚀两壁,久而久之,将会形成一种类似干旱地区的“雅丹”地貌。

槽状塌坑若形成于沟谷两侧,若走向与沟谷平行,必然会使沟谷进一步下沉和拓宽,加剧水土流失。再者,槽状塌坑本身也是一种特殊沟道,会汇集一定的水流,长期下去将会扩大。会使地面侵蚀进一步加剧。

3.2 对地面建筑及社会环境的影响

3.2.1 地面塌陷对古长城遗迹的影响 随着采区范围扩大,位于神木北部黄羊城沟东南侧山梁上的古长城遗迹将会受到塌陷的威胁,即使留有古长城保护煤柱,但当周围都塌陷下去后,留下这道孤墙而也难免因高出周围 2—3m 而不受风雨更进一步的侵袭,长期下去也难以保护。

3.2.2 塌陷对交通运输线的影响 矿区采煤离不开运输,随着煤炭开采量的增加,运输网络密度会不断增加,大柳塔地区从开发前无公路、更无高等级的柏油路面,而今已发展成村村通公路、铁路 40 余 km,高等级公路 800 余 km 的交通网络,连接着各大矿点和主要建筑群,然而地面塌陷将会阻碍运输网络的迅速发展,至少增加施工的投资,也将对已有的公铁路建设形成严重威胁。据考察,矿区目前的新修铁路、公路大部分是沿河川布设的,煤炭开采,将使地表发生断裂破坏,若不采取防护措施,对这些铁路、公路将造成严重的威胁。其它一些布设于宽缓梁面的公路如活鸡兔至中鸡,补连至活鸡兔的公路段。由于这些地段的采深比均不超过 40,多在 15—22,其地表变形值很大(如表 4),均超过公路允许变形,仍将难逃破毁的命运,必须予以重视。

3.2.3 塌陷对工业和民用建筑及其设施的影响 很明显,地表塌陷之后,将会对目前已有的和正在建设的工业和民用建筑产生严重威胁,根据煤炭部《建筑物、水体、铁路及主要井巷煤柱留设与压煤开采规程》第 17 条规定“建筑物的允许地表变形值”采用以下数值。

倾斜 = $\pm 3\text{mm/m}$, 曲率 = $\pm 0.2 \times 10^{-3}/\text{m}$, 水平变形 = 2mm/m 。

以上值均小于表4所列数值。说明,这些建筑物均将会全部受到塌陷的威胁。实践证明,建筑物损害程度除与地表变形移动有关外,还与建筑物的结构、垮度、长度、形态、使用年限、质量等有关,是一个非常难以预料的课题,特别目前已存在于矿区的一些民用建筑,更难保证其不会毁坏。前述刘石畔村的部分房屋学校设施等出现墙面倾斜和裂缝已说明了这一点。

此外,塌陷还会对输电、通信线路、河堤坝等构成严重威胁。

3.2.4 地面塌陷引起的社会效应 由于采煤塌陷能够引起上述环境和工农业建设问题,特别是当地农民长期处于封闭状态,在经历了经济腾飞的喜悦之后,看到自己新盖的房子要倒塌了,井水变干了,农田无法灌溉,粮食收成将要减产,对此恐慌不安和束手无策,长期下去,将会直接影响开发的正常进行。

总之,采煤塌陷在神府—东胜矿区,将是一个不可避免的现象,会对其发展的程度以及对环境的影响必须引起有关部门的重视,及早提出对策。

4 塌陷危害对策讨论

采煤塌陷在神府—东胜矿区是不可避免的,问题是如何减轻或防止塌陷所造成的危害以及充分改造和利用塌陷后的微地面形态。根据本区塌陷的特征,结合神府—东胜矿区处于初期建设的阶段,初步讨论以下对策。

首先,应该对本区塌陷的大范围性,易发生性和快速性有一个正确的认识,做到合理的规划,减少采空区上部建筑物,避免以此带来的损失,向当地村民宣传地面塌陷知识及采掘煤炭资源的重要意义,要求村民不要盲目在井田开采范围进行建筑活动;坚决取缔规划范围以外的矿井建设,并禁止无规划矿井采煤,以限制塌陷范围,目前在矿区范围内有大量无规划无设计矿井,人为加剧了塌陷灾害,必须即予以处理。

第二,有计划地搬迁井田范围的居民建筑物,以减少损失。

第三,在预测塌陷范围内采取必要的措施,尽可能灾害损失减低到最低程度。当沉陷稳定之后,再行恢复或重新改造利用塌陷后的地面。

第四,对塌陷区内或可波及到的工业建筑物、公交、通信设施应尽快加固改造或搬迁,以减少损失。

5 结束语

神府—东胜煤田开发对国民经济建设和带动地方经济发展意义重大。同时,也面临一些新的环境问题的症结,对此,必须重视,并采取有力的措施。在一点上,神府公司已在双沟地面塌陷区布设了监测点,在此基础上,必须加强进行采煤规范与塌陷发生规律的研究,及时提出防治措施。

本文所讨论的采煤塌陷问题,是一个科技界尚未完全解决的问题,这里在初步考察的基础上,从理论上分析了本区塌陷的形成和环境影响,其中许多还有待于实践的检验。

参考文献

- 1 杨升田,纪万斌. 塌陷灾害与塌陷工程学. 自然灾害学报. 1994
- 2 陕西师范大学地理系. 陕西省榆林地区地理志. 陕西人民出版社, 1987, 721
- 3 陈静生编著. 环境地质学. 中国环境科学出版社, 1986, 7—8
- 4 史同广, 黄培竹. 煤矿区采煤沉陷灾害分析与对策研究. 自然灾害学报, 1994, 1