

山东省黄河北煤炭矿区地表沉陷预测与综合治理研究

隋建红

(山东省煤田地质规划勘察研究院, 山东 济南 271000)

摘要:黄河北煤炭矿区为鲁西煤炭基地最后一块整装后备资源,阳谷茌平煤田和黄河北煤田其开发建设具有重要的意义。该文采用实际观测资料利用回归分析法获得的岩移参数,对山东省黄河北矿区内上组煤开采后引起的地表沉陷进行了预测,预测结果表明:地表沉陷总面积达到3 724.5 km²,最大下沉深度为5 455 mm;其中,阳谷茌平煤田最大下沉深度为5 455 mm,地表沉陷面积为1 188.0 km²;黄河北煤田最大下沉深度为2 976 mm,地表沉陷面积为2 536.5 km²。地表沉陷预测结果与多年水位观测数据进行对照,煤炭开采会造成1 091.5 km²季节性积水区和62.3 km²的常年积水区。地表沉陷对地面、地物产生不同的影响和危害,其中对农业的影响最大。地表沉陷形成的塌陷裂缝、不同坡度耕地、大型塌陷坑等可分别采取黄土填堵、大型设备平整、退耕还林、煤研石充填、修复为鱼塘等治理措施。该文对下一步黄河北矿区开发过程中,相关政府部门采取的规划控制措施提出了建议。

关键词:黄河北矿区;地表沉陷;预测;治理

中图分类号:P694

文献标识码:B

引文格式:隋建红.山东省黄河北煤炭矿区地表沉陷预测与综合治理研究[J].山东国土资源,2017,33(3):59-63.
SUI Jianhong. Studies on the Prediction and Integrate Harnessing Measures of Surface Subsidence of Huanghe-bei Mining Area in Shandong Province[J],Shandong Land and Resources, 2017,33(3):59-63.

0 引言

黄河北煤炭矿区为鲁西煤炭基地最后一块整装后备资源,包括阳谷茌平煤田和黄河北煤田。行政区划属济南、聊城、德州管辖。北、西北以齐广断裂、聊考断裂为界,东以卧牛山断裂为界,南以山东省省界、东阿断裂和煤系底界露头为界。矿区东西长160 km,南北宽30 km,面积约4 400 km²。

本区属华北地层区鲁西地层分区济宁地层小区,地表均被第四系覆盖,厚度达200~1 000 m。地层自下而上依次为奥陶纪马家沟群、石炭-二叠纪月门沟群本溪组、太原组和山西组、二叠纪石盒子组、新近纪黄骅群馆陶组、明化镇组及第四系^[1-4]。

1 煤层赋存情况

黄河北煤田煤系地层含煤14层,其中1~5层

煤赋存于山西组,6~14层煤赋存于太原组。其中可采和局部可采煤层为5,6,7,8,10,11,13等7层,可采煤厚4~9 m,平均5.5 m,可采煤层含煤系数2.2%。可采煤层中,7,10,11,13为主要煤层,5,6,8煤层仅在其东部勘查区局部可采。10,11,13煤由于受徐、奥灰岩溶承压水威胁严重,不能开采。各可采煤层情况见表1。

阳谷茌平煤田分为阳谷勘查区、聊城勘查区和阿城镇勘查区。太原组含煤13~17层,山西组含煤2~5层。煤系地层总厚240 m,含煤层15层,其中可采7~8层,可采总厚12.15 m。以第3,16_上(9₋₁)和18(10₋₂)煤层赋存最佳,全煤田稳定可采。各可采煤层情况见表2。区内17,18煤层距离奥灰距离较近,受奥灰岩溶承压水底鼓威胁严重,且含硫量较高,不能开采。

收稿日期:2016-10-11;修订日期:2017-2-23;编辑:王敏

基金项目:山东省地质勘查项目(鲁勘字(2013)143号,“山东省黄河北矿区地质环境承载力调查与评价”

作者简介:隋建红(1979-),女,山东诸城人,高级工程师,主要从事环境影响评价、水文地质等工作;E-mail:sdsui@163.com

2 开采及沉陷现状

黄河北煤炭矿区有邱集煤矿、赵官镇煤矿和新阳煤矿三座生产矿井。主要开采山西组煤层以及太

原组上部煤层。目前工作区内煤炭开采面积约 11 km², 据不完全统计, 累计形成的地下采空区已达 16 km², 形成的地面沉陷易发区面积约 11 km², 造成 4.07 km² 的地面沉陷区, 各沉陷区相互之间不连续。

表 1 黄河北煤田各可采煤层情况

煤系	山西组		太原组				
	5	6	7	8	10	11	13
两极厚度(m)	0~1.30	0~1.45	0~2.13	0~2.34	0~2.18	0~3.44	0.60~6.46
一般厚度(m)	0~0.70	0~0.90	0.83	0~0.50	0~1.00	0~1.40	2.70
结构	简单	简单	简单	简单	较简单~简单	简单	较简单~较复杂
层间距(m)	24		12	10~13	30	40~49	6~20
稳定性	不稳定	不稳定	较稳定	不稳定	较稳定	稳定~较稳定	稳定

表 2 阳谷在平煤田各可采煤层情况

煤系	山西组		太原组					
	2	3	5	8	16 _上 (9 ₋₁)	16 _下 (9 ₋₂)	17(10 ₋₁)	18(10 ₋₂)
两极厚度(m)	0~3.11	1.00~7.04	0~1.51	0~1.55	1.45~3.10	0.89~1.50	0.40~0.93	1.39~2.25
一般厚度(m)	1.03	3.40	0.91	1.03	2.21	1.12	0.71	1.74
层间距(m)	4~23		50~77	29~60	49~55	0.7~13	2~5	0.8~2.1
稳定性	不稳定	稳定	稳定~较稳定	稳定~较稳定	稳定	稳定	较稳定	稳定

地面沉陷区主要为耕地, 沉陷区地表下沉较大, 部分区域形成季节性地表积水, 耕地因此而减产或荒废绝产, 受损耕地面积约 3.8 km²。沉陷出现后, 矿方及时采取措施并做好补偿工作, 对沉陷范围内的沟渠、道路进行了垫高修复。

邱集煤矿开采形成地面沉陷区主要位于邱集煤矿工业场地西侧, 位于马集乡境内, 面积约 1.53 km², 沉陷最大沉降约 1.20 m, 属季节性积水区, 积水期为 7—11 月, 积水最深不超过 0.6 m。

赵官镇煤矿开采形成地面沉陷区主要位于大徐村西南, 赵官镇政府西侧, 面积约 1.47 km², 沉陷最大沉降约 1.10 m, 属季节性积水区, 积水期为 7—11 月, 积水最深不超过 0.6 m。

新阳煤矿开采形成地面沉陷区主要位于大桥镇司家庄村东北, 面积约 1.07 km²。沉陷最大沉降 1.32cm, 积水期为 7—11 月, 积水最深不超过 0.6m。新阳煤矿地面沉陷使得司家庄村的部分房屋出现了裂缝, 达到重度的有十余户。

3 沉陷预测

3.1 预测方法

本次预测选用概率积分法^[5]。其原理是把整个

开采单元分成无数个微小单元, 因此整个开采过程对地表的影响等于各个微元开采后对地表的影响之和^[6]。地表任意点(x, y)处的下沉为:

$$W_{(x,y)} = \iint \frac{q \cdot m \cdot \cos\alpha}{r^2} \cdot \exp \left\{ \frac{-\pi}{r^2} [(X-S)^2 - (Y-t-d)^2] \right\} dF$$

式中: q—下沉系数; m—采高(m); α—煤层倾角(°); r—主要影响半径 $r = \frac{H}{\text{tg}\beta}$ (m); H—地面上待计算点(x, y)与煤层上微元点(S, t)标高差(m); d—开采影响传播方向向下山方向的偏移量; tgβ—主要影响角正切。

概率积分法是以正态分布函数为影响函数用积分式表示地表下沉盆地的方法, 适用于常规的地表移动与变形计算。本地区煤层倾角较小, 开采面积较大, 均能达到充分采动, 预测方法适用于本区。

3.2 计算步骤与要求

以山东省黄河北煤田煤炭资源潜力评价、山东省阳谷-在平煤田煤炭资源潜力评价、山东省阳谷勘查区普查报告、山东省聊城勘查区普查报告等为基础资料, 采用地表移动计算软件以及图形编辑软件 MapGis 完成整个预测计算及绘图工作^[7-14]。

地表沉降预测及计算绘图原则如下:①开采深度下限至-1500 m;②未考虑断层煤柱、村庄煤柱、重要道路和井田边界煤柱;③阳谷在平煤田预测2煤,3_上,3_下开采影响;黄河北煤田预测4煤、7煤、10煤开采影响;④地表沉降边界线以10 mm为界。

3.3 参数选取

(1)下沉系数。参考《山东黄河北煤田地表沉降规律研究》,采用邱集煤矿西一采区地表沉降观测站的实际观测资料,利用回归分析法获得岩移参数,下沉系数取0.86,主要影响正切角取1.55^[3]。

(2)影响传播角。当煤层倾角小于45°时,开采影响传播角与煤层倾角 α 的关系为:

$$\theta = 90^\circ - 0.68\alpha$$

按上式计算,评价区开采影响传播角为83.2°~88°,本次计算取85°。

(3)水平移动系数b。开采倾斜煤层的水平移动系数 $b=0.3(1+0.0086\alpha)$,本次计算取0.32。

3.4 预测结果

采用上述计算方法及参数,预测结果见表3。

表3 地表沉降预测结果

名称	最大下沉深度(mm)	沉降面积(km ²)			其中			
		合计	区内	区外	< 1m	1~2m	2~4m	>4m
阳谷-在平煤田	5455	1188.0	1128.3	59.7	559.9	169.9	395.9	62.3
黄河北煤田	2976	2536.5	1909.6	626.9	1232.2	608.7	695.6	0
合计	—	3724.5	3037.9	686.6	1792.1	778.6	1091.5	62.3

地表沉降最大下沉深度为5455 mm,地表总沉降面积为3724.5 km²,其中,下沉深度小于1 m的地表沉降面积为1792.1 km²;下沉深度1~2 m的地表沉降面积为778.6 km²;下沉深度大于2 m的地表沉降面积为1153.8 km²(图1)。

黄河北煤田最大下沉深度为2976 mm,地表沉降面积为2536.5 km²。其中,下沉深度小于1 m的地表沉降面积为1232.2 km²,下沉深度1~2 m的地表沉降面积为608.7 km²,下沉深度大于2 m的地表沉降面积为695.6 km²。

黄河北煤炭矿区面积4400 km²,预测区内地表沉降总面积为3037.9 km²,占整个矿区范围的69%。

3.5 影响评价

将地表沉降结果与多年地下水水位埋深数据进行对照,在沉降深度大于2 m而小于4 m的区域可能形成季节性积水区,面积约1091.5 km²,主要分布在齐河县南、茌平县东、阳谷县周边大片区域,其中阳谷-在平煤田可能形成季节性积水区面积约395.9 km²,黄河北煤田可能形成季节性积水区面积约695.6 km²。地表沉降深度大于4 m区域易形成常年积水区,面积为62.3 km²(其中下沉深度大于5 m的地表沉降面积为6.35 km²),主要分布在阳谷在平煤田聊城普查区内,聊城市东、南部分区域。

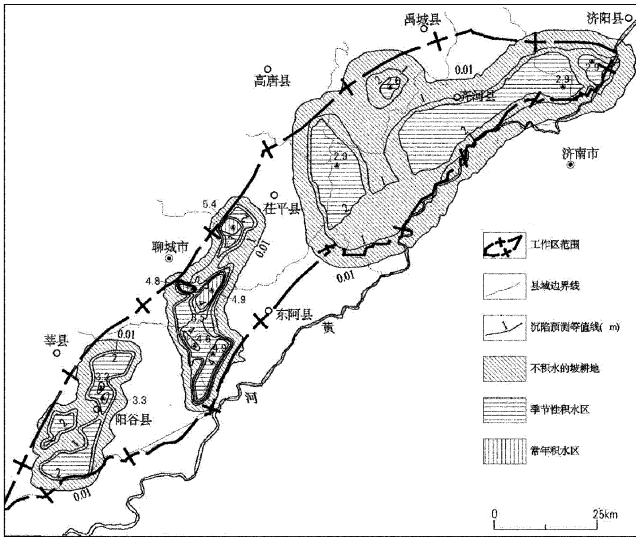


图1 黄河北煤炭矿区地表塌陷预测图

阳谷-在平煤田最大下沉深度为5455 mm,位于聊城勘查区内,地表沉降面积为1188.0 km²。其中,下沉深度小于1 m的地表沉降面积为559.9 km²,下沉深度1~2 m的地表沉降面积为169.9 km²,下沉深度大于2 m的地表沉降面积为458.2 km²。

4 影响分析

煤炭开采引起的地表塌陷可分为两种移动和三种变形^[15-16]。两种移动是垂直移动(下沉)和水平移动;三种变形是倾斜、变曲和水平变形(伸张或压缩)。其对地面、地物产生不同的影响和危害,尤其

对农业的影响最大。

评价区域地势平坦,土地肥沃,村镇集中、人口稠密。区内分布有阳谷、东阿、茌平、齐河、禹城等县(市),该区域是山东省主要粮食产区,当地居民以农业生产为主,其经济来源也主要靠农业。

地表塌陷对土地的破坏影响主要表现为:

(1)形成地表盆地。地面塌陷的主要表现形式为地表盆地,即原有的地表标高出现下沉,造成地势的起伏变化,形成洼地。这种洼地的出现,破坏了土地的原有形态,轻者地表不平,给耕种和灌溉造成困难;重者地表下沉到潜水面以下,引起地面长期积水,无法耕种。有时塌陷还会破坏地下水层的结构,使地下水位下降,出现地表干旱。

(2)产生地裂缝。在地表盆地的边缘区,地表可能出现裂缝。裂缝的发生及其宽度、深度与表土的塑性和粘性大小、表土受到的拉伸变形的大小密切相关。地表裂缝破坏了土地的连续性,给土地耕种带来困难,容易形成水土流失。

(3)出现塌陷坑。塌陷坑按形状可分为漏斗状和槽状 2 种。地表塌陷坑使地表腐殖土溃入井下或流失,破坏土地的营养成份。

塌陷坑和地裂缝的形成扰乱了原来相对稳定的土壤结构,水肥沿倾斜的地面和开裂缝渗漏流失,形成严重的跑水、跑肥、跑土的“三跑田”,土壤肥力不断下降。在积水矿区,受积水影响的土壤盐渍化现象加剧,严重影响农作物产量。

5 治理措施

(1)塌陷裂缝的治理。裂缝一般发生在采区边缘,且分布极不规则,针对不同地层构造和土层厚度,裂缝处理方法不同;对土层较厚、裂缝未贯穿土层的土地,采用黄土填堵方法;对裂缝穿透土层的土地,按反滤层的原理去填堵裂缝、孔洞。即先用粗砾石填堵孔隙,再用次粗砾,最后用砂、细砂、土填堵;对少量水道及排水部位出现的裂缝,破坏程度中度以上的要进行矸石堵塞后黄土填充处理。

(2)坡耕地的治理。根据地表沉陷的影响程度,按照坡度大于 25° 和坡度小于 25° 采取不同的治理措施。对于坡度小于 25° 的耕地,利用推土机、装载机等大型机械设备,挖掘、平整土地,利用填平方式改造耕地。覆土厚度为自然沉实土 0.5 m 。覆土层内不含障碍层, 0.5 m 土体内砾石 $>5\%$,平整后地

面坡度不超过 6° ,填平时要分层充填,分层碾压;对于坡度大于 25° 的耕地,一般采用退耕还林、还草的治理方法。

(3)对塌陷坑的恢复治理。对大型沉陷坑采用矸石回填方法。回填至表层 1 m 时回填黄土 70 cm ,再回填 30 cm 左右熟土。种植适宜的灌草,将相对平整的区域恢复为耕地。常年积水区塌陷坑复耕困难或成本高,可以挖深垫浅,形成鱼塘,实施“山水林田湖”生态保护修复措施^[17-20]。

6 建议

针对上述预测结果,建议下一步矿区开采时政府部门采取以下控制规划措施:

(1)走“绿色矿业”之路,建立地质环境红线,保护耕地资源。结合国家的保护区域(自然保护区、风景名胜、国家地质公园、重要地质遗迹、重要基本农田保护区、重要地下水资源赋存区),建立地质环境保护红线,划定开采、禁采,明确开采区应如何开发。例如,黄河北煤田-1 200 m 以浅的浅部煤层,位于平原区,地下水埋深较浅,塌陷预测的下沉深度最大为 2.7 m ,该区域农业经济发达,土壤质量较好,土壤肥力较高,大部分为基本农田保护区。为了保护基本农田,可以对地表变形的程度作出规定,控制煤炭开采引起的土地塌陷下沉深度不得大于 0.5 m ,明确土地塌陷的损害等级。

(2)加强矿权调控,促进矿山恢复治理及土地复垦工作。不符合矿产资源总体规划、矿权设置方案和国家、省有关产业调控政策的小型矿山不应批准建设。对不能达到环境条件要求和存在严重环境问题且屡教不改的矿山,依法关闭并回收矿业权。及时进行矿山恢复治理工作和土地复垦工作。按照塌陷程度和治理的难易,可将规划治理面积分为不积水的坡耕地、季节性积水区、常年积水区 3 个大类。不同区域采取不同的水利工程措施、农业配套措施和生态与林业措施。

(3)构建矿产资源开发地质环境监测预警系统。黄河北矿区大规模开发后,应逐步建成并完善地表沉陷动态空间数据库,基本达到监测数据的适时采集、自动分析、自动预警和预报。在矿区中心建立中心站,大型矿山建立一般监测站,地质环境监测重点了解地表塌陷情况、矿山治理恢复及生态重建等指标。不断更新数据,从而进行预警预报。

参考文献:

- [1] 付小敏,张辉.阳谷—茌平矿区开发建设特点与关键技术[J].煤炭工程,2013(S2):150-151.
- [2] 赵庆令,李清彩,万森,等.山东省煤田矿坑水资源化综合利用区划[J].山东国土资源,2016,32(8):47-52.
- [3] 王继芳,韩廷宝,杜显彪,等.滕县煤田滨湖煤矿16煤层开采水条件浅析[J].山东国土资源,2016,32(1):42-47.
- [4] 庄新国.聊城矿区煤质特征与形成环境[J].煤田地质与勘探,1992,(4):6-9.
- [5] 国家煤炭工业局制定.建筑物、水体、铁路及主要井巷煤柱留设与压煤开采规程[M].北京:煤炭工业出版社,2000:3-4.
- [6] 何国清,杨伦,凌庚娣,等.矿山开采沉陷学[M].徐州:中国矿业大学出版社,1990.
- [7] 徐乃忠,葛少华,林英良,等.山东黄河北煤田地表沉陷规律研究[J].煤炭科学技术,2011,(6):97-101.
- [8] 庞乃勇.煤矿地表沉陷综合治理研究[J].科技情报开发与经济,2009,19(17):204-205.
- [9] 王麒.煤炭开采地表沉陷预测及分析方法[J].内蒙古煤炭经济,2014,(6):142-143.
- [10] 邹友峰.矿山开采沉陷工程[M].徐州:中国矿业大学出版社,2003.
- [11] 刘玲.矿产开发建设项目中地表形态变化预测及环境影响评价[J].安徽师范大学学报(自然科学版),1997,(4):372-377.
- [12] 李海耀.关于煤矿地表沉陷预测模型和参数选取的分析[J].环境与可持续发展,2016,41(2):168-171.
- [13] 杨治林.煤层地下开采地表沉陷预测的边值方法[J].岩土力学,2010,31(s1):232-236.
- [14] 易智.矿山岩层与地表沉陷的预测方法[J].矿山快报,2007,459(7):17-21.
- [15] 孙贵尚.我国采煤塌陷地治理研究[J].当代经济,2014,(21):52-53.
- [16] 周群.采煤塌陷地致灾机理及恢复治理研究[D].泰安:山东农业大学,2005.
- [17] 李英,张欣,杨春燕,等.德州市工矿废弃地复垦利用研究[J].山东国土资源,2016,32(9):55-57.
- [18] 赵跃伦,赵建,高文凯.济宁市采煤塌陷地土地复垦工程资源配置研究[J].山东国土资源,2016,32(10):37-40.
- [19] 乔冈等.采煤塌陷区矿山地质环境治理模式[J].中国矿业,2012,21(11):55-58.
- [20] 殷建河.浅埋厚煤层综放开采塌陷区治理研究[J].煤炭科学技术,2013,(s1):163-165.

Studies on the Prediction and Integrate Harnessing Measures of Surface Subsidence of Huanghe—bei Mining Area in Shandong Province

SUI Jianhong

(Exploration Research Institute of Shandong COAL Field Geology Bureau, Shandong Jinan 271000, China)

Abstract: Huanghe—bei mining area is the last ready reserve resources of coal base in Luxi, and therefore that is of vital significance in exploitation and construction. The factual observation data and regression analysis method were used to obtain the rock movement parameters, which was then used to predict the surface subsidence induced by the coal mining of Huanghe—bei mining area in Shandong Province. The prediction results show that the total area of the surface subsidence is reached 3724.5km² and the maximum sinking depth is 5455 mm. Among them, the maximum sinking depth of coal field in Yanggu Chiping is 5455 mm and the total area of the surface subsidence is reached 1188.0km². In addition, the maximum sinking depth of coal field in Huanghe—bei mining area is 2976 mm and the total area of the surface subsidence is reached 2536.5km². Comparing the surface subsidence prediction results with water level observation data, coal mining causes seasonal water area of 1091.5 km² and perennial water area of 62.3km². Surface subsidence has different impact and harm on ground, especially on agriculture. Collapse fracture, different slope cultivated land, giant sunken pit formed by surface subsidence were respectively treated by filling wall, large equipment such as flat, returning farmland to forest, coal gangue filling. In this paper, the suggestion of planning and control measures of Huanghe—bei mining area exploitation is raised for relevant government departments.

Key words: Huanghe—bei mining area; surface subsidence; prediction; integrate harnessing measures