

首采工作面地表沉陷变形特征

贺国伟, 郭 剑

(陕西铁路工程职业技术学院, 陕西 渭南 714099)

摘要:以金鸡滩煤矿首采工作面1206工作面地表实测数据为例,分析了地表沉陷、变形特征,研究了厚松散层首采工作面地表沉陷规律。结果表明:首采工作面地表下沉变形量较小,最大下沉值3 059 mm、最大水平移动值1 536 mm、最大水平变形值40 mm/m。

关键词:厚松散层;地表沉陷;变形;首采工作面

中图分类号:TD325

文献标识码:A

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



Deformation Characteristics of Surface Subsidence on the First Mining Face

HE Guowei, GUO Jian

(Shanxi Railway Institute, Weinan 714099, China)

Abstract: Taking the testing data of 1206 first mining face in Jinjitan Coal Mine as an example, this paper analyzes the characteristics of surface subsidence and deformation, and studies the subsidence law of the first mining face in thick and loose layers. The results show that the subsidence deformation in the first mining face is small, with the maximum subsidence of 3059 mm, the maximum horizontal movement of 1536 mm, and the maximum horizontal deformation of 40 mm/m.

Key words: thick and loose layer; subsidence; deformation; the first mining face

金鸡滩煤矿1206工作面为首采工作面,本文通过对该工作面地表观测站实测数据的分析,研究了地表沉陷移动变形规律,揭示出该矿区开采地表及复岩的移动变形特征,为矿区其他工作面的开采、环境治理及土地复垦等提供了重要的参考资料。

1 工程概述

金鸡滩煤矿位于陕西省榆林市榆阳区金鸡滩镇,矿区地面主要为滩地和沙丘沙地。区域位于陕北侏罗纪煤田北部,与内蒙古东胜煤田相连,西达定边,与宁夏灵武、盐池煤田相连,为鄂尔多斯盆地的一部分。各期的升降运动都有东部幅度较大的特点,形成了自东向西地层由老至新,大致呈北向东带状出露的特点。井田内地层依次为直罗组 J_{22} 、延安组五段 J_{25} 、延安组四段 J_{24} 和延安组三段 J_{23} ^[1-3]。松

散层平均厚度70 m,基岩层厚度176 m,基岩层硬度为中硬。首采工作面开采宽度300 m,长度4 548 m,平均采厚5.5 m,采深246 m。

2 地表沉陷特征

研究过程中,分别在工作面的走向主断面和倾向主断面各布设一条观测线。在采动过程中,对倾向观测线和走向观测线共进行了12次观测,并且最后几次观测数据表明,地表已趋于稳定。第 m 次观测时, n 点的地表沉陷计算公式如下:

$$d_n = h_n^0 - h_n^m \quad (1)$$

式中: d_n 为 n 点的下沉值,mm; h_n^0 , h_n^m 分别为首次和第 m 次观测时 n 点的高程,mm。

走向观测线和倾向观测线绘制的下沉曲线分别如图1和图2所示。从图1可以看出,当工作面推

收稿日期:2020-01-09

作者简介:贺国伟(1990—),男,内蒙古包头人,硕士,助教,从事建筑变形及地表沉陷变形研究工作,E-mail:274074713@qq.com

进 151 m 时,地表开始形成微小的下沉盆地,地表最大下沉点为 A27 号,下沉量为 108 mm,距离开切眼(A22)75 m,符合一般开采沉降规律,即最大下沉值往往滞后于工作面推进的位置^[4-5]。随着工作面不断推进,地表下沉程度不断加剧。当工作面推进 210 m 时,点 A28 的下沉速度达 268 mm/d,为最大值,且该点滞后于推进边界 120 m 左右。随着工作面不断向前推进,该点的下沉趋势与地表移动的一般规律相符合。当工作面推进至 320 m 时,点 A23 的下沉量发生突变且大于点 A24。走向观测方向的下沉曲线平底部分不是非常均匀,说明局部地质采矿条件对地面沉降也产生影响。当工作面推进到 898 m 以后,走向观测线上的地表移动进入衰退阶段,最终走向最大下沉值为 3 059 mm,倾向最大下沉值为 2 707 mm。

由图 2 可以看出,地表下沉盆地在靠近边缘部分较平缓,在采空区上方附近其值变化大。这说明采空区边缘的地表下沉量及倾斜较小,而采空区上方的地表受煤层大采高(平均 5.5 m)、埋深相对较浅(平均埋深 246 m)、厚松散层(土层厚度 70 m)等因素的影响,沉降量变化较大。采动过程中未出现大的台阶,因此下沉曲线的连续性较好,相对较平滑。

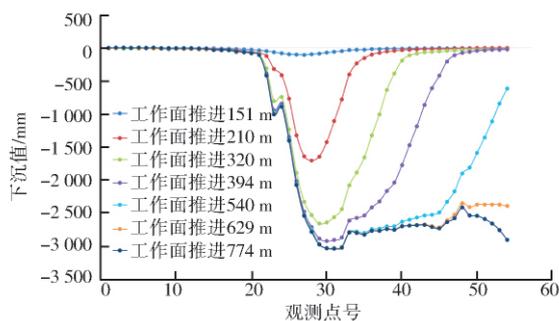


图 1 走向观测线下沉曲线

Fig. 1 Subsidence curve of direction observation line

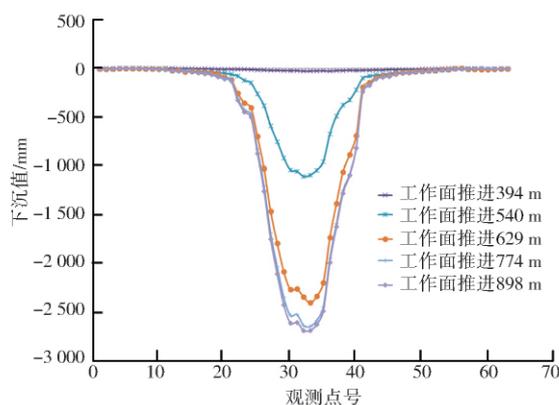


图 2 倾向观测线下沉曲线

Fig. 2 Subsidence curve of trend observation line

由于厚松散层抗拉性和剪切性较差,地下采动的影响传到地表后,地表很快出现裂缝。松散层之间的连接性也较差,几乎没有凝结性,抵抗地下采动影响的能力较弱,因此很快发生下沉。随着开采范围不断扩大,开采程度不断加深,松散层自身荷载作用于上覆岩层,导致地表形成二次塌陷,地表沉降和移动更剧烈。

3 地表变形特征

相邻两点间的倾斜为:

$$i_{n \sim n+1} = \frac{d_{n+1} - d_n}{l_{n \sim n+1}} \quad (2)$$

式中: $i_{n \sim n+1}$ 为相邻两点间的倾斜,mm/m; $l_{n \sim n+1}$ 是 n 号点至 $n+1$ 号点间的水平距离,m; d_{n+1}, d_n 分别表示 $n+1$ 号点和 n 号点的下沉量,mm。

倾向观测线的倾斜变化规律比较明显,位于采空区边界的倾斜值明显较大,而位于采空区中部和盆地边缘的倾斜值较小。由图 1 和图 2 可以看出,在工作面推进 540 m 时,相邻点的相对下沉量特别大,倾斜变化剧烈;当工作面推进 774 m 之后,各相邻点之间的相对下沉量变化较小,绘制的倾斜曲线如图 3 和图 4 所示。

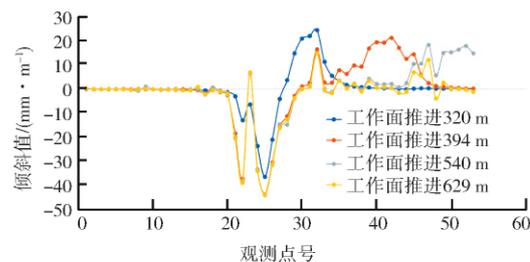


图 3 走向观测线地表倾斜曲线

Fig. 3 Surface tilt of direction line

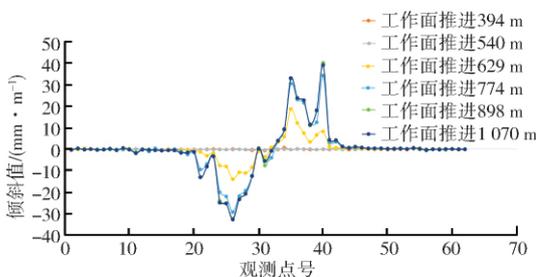


图 4 倾向观测线地表倾斜曲线

Fig. 4 Surface tilt of trend line

走向观测线在开切眼处的倾斜变化和倾向观测线的倾斜变化规律不仅明显,而且符合地表移动盆地的倾斜变化一般特征。由图 3 可以看出,当工作面推进 320 m 时,在开切眼处偏向采空区一侧的相邻点之间的倾斜较大;当工作面推进到 629 m 时,

采空区内的倾斜变化趋于稳定;当地表下沉稳定后,走向线的最大倾斜发生在点 A24—A25 处,其值为 -44.3 mm/m 。倾向线的最大倾斜值为 37.6 mm/m 。

$n+1$ 号点至 n 号点间的水平变形为:

$$\varepsilon_{n+1 \sim n} = \frac{l_{n+1 \sim n}^m - l_{n+1 \sim n}^0}{l_{n+1 \sim n}^0} \times 1000 \quad (3)$$

式中: $\varepsilon_{n+1 \sim n}$ 为 $n+1$ 号点至 n 号点间的水平变形, mm/m ; $l_{n+1 \sim n}^0$, $l_{n+1 \sim n}^m$ 分别为 $n+1$ 号点至 n 号点在首次和第 m 次观测时的水平距离, m 。水平变形曲线如图 5 和图 6 所示。

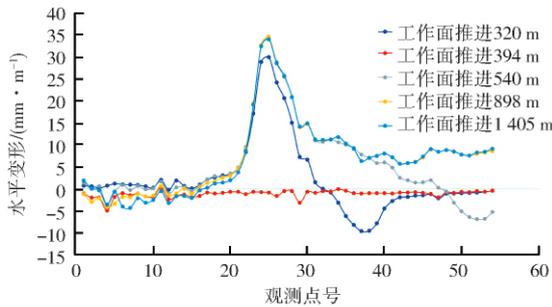


图 5 走向观测线水平变形曲线

Fig. 5 Horizontal deformation curve of direction line

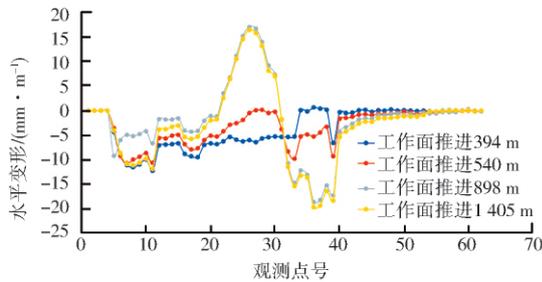


图 6 倾向观测线水平变形曲线

Fig. 6 Horizontal deformation curve of trend line

由图 5 和 6 可看出,靠近开采边界两侧的水平变形较大。走向线上的水平变形最大值为 35 mm/m ,位于开切眼处的 A24 处;倾向线上的最大水平变形值为 -21 mm/m ,位于采空区中央 B25 附近。

根据首采工作面地表的实际情况,沿走向布置了一条观测线,这条观测线可以确定开采过程中启动距的大小。当工作面推进至 151 m 时,地表点 A27 下沉量已经达到 102 mm ,处于下沉活跃阶段,由于下沉曲线趋于一条水平直线,故未在图中给出。因此,开采过程中的启动距处于 $100 \sim 150 \text{ m}$ 之间。为了较准确获取启动距,根据前几次的最大下沉值及对应的工作面推进距离数据,利用最小二乘原理拟合出最大下沉值与推进距离之间的函数关系,并以此确定启动距,参与拟合的数据见表 1。

拟合后的数学模型为:

$$f_x = 0.01479x^2 - 17.16x + 1637 \quad (4)$$

式中: x 为工作面推进距离, m ; f_x 为最大下沉量, mm 。

根据公式(4),把 -10 mm 代入上述公式,解得 $x=105 \text{ m}$,因此启动距为 105 m 。

表 1 地表最大下沉值与工作面推进距离

Table 1 The maximum surface subsidence and the driving distance of working face

点号	最大下沉值/mm	工作面推进距离/m
A1-A32	0	100
A27	-102	151
A28	-1702	210
A29	-2657	320
A30	-2923	394
A31	-3026	540
A31	-3032	629
A31	-3036	774

最大下沉速度滞后角与上覆岩层性质、工作面推进速度及重复采动等因素有关。掌握地表最大下沉速度滞后角的变化规律,可以确定回采过程中对应的地表剧烈移动的时间和位置,这些参数对采动地面保护具有重要的实践意义。

地表最大下沉速度滞后角与滞后距离的关系为:

$$\varphi = \arccot \frac{l}{h_0} \quad (5)$$

式中: l 为最大下沉速度点滞后工作面的距离, m ; h_0 为煤层的平均开采深度, m , $h_0 = 246 \text{ m}$; φ 为最大下沉滞后角, ($^\circ$)。

根据走向线的下沉速度确定地表最大下沉速度与工作面推进位置的关系,按式 5 计算最大下沉速度滞后角 φ ,计算结果如表 2 所示,平均值为 57° 。

表 2 最大下沉速度滞后角计算表

Table 2 Calculation table of the maximum subsidence speed and lag angle

观测时间 间隔	间隔 天数/d	最大下沉速度 /($\text{mm} \cdot \text{d}^{-1}$)	最大下沉滞后 距离/m	最大下沉滞 后角/ $(^\circ)$
2014-08-06— 2014-08-14	8	168	147.376	59
2014-08-14— 2014-08-24	10	206	160.092	56
2014-08-24— 2014-08-31	7	213	164.511	56

倾斜和水平变形值偏大,说明松散层抗拉性较差;启动距偏小进一步表明松散层地表受地下采动影响较大,采动影响传到地表后,地表立即出现沉陷变形;最大下沉速度滞后角偏大主要受松散层自身荷载作用所致,工作面推过后,上覆岩层开始垮落,由于厚松散层自身荷载,使上覆岩层垮落更严重,导致地表下沉量较大。

4 结论

厚松散层首采工作面受松散层抗拉性较差和自身荷载等特点影响,使地表沉陷变形量相对较大,走向最大下沉值 3 059 mm,倾向最大下沉值 2 707 mm,

走向最大倾斜值为 -44.3 mm/m,倾向最大倾斜值为 37.6 mm/m,走向最大水平变形值为 35 mm/m,倾向最大水平变形值为 -21 mm/m。地表移动在走向方向上达到超充分采动,在倾向上接近于充分采动。

参考文献:

- [1] 王创业,薛瑞雄,朱振龙.补连塔矿区不同采高对覆岩移动和破坏的影响[J].煤矿安全,2016,47(1):204-207.
WANG Chuangye,XUE Ruixiong,ZHU Zhenlong. Influence of different mining height on overlying rock movement and damage in Bulianta mining area[J]. Safety in Coal Mines,2016,47(1):204-207.
- [2] 杨正清,刘振宇.基于GIS的开采沉陷预计分析系统设计与实现[J].工程勘察,2019,47(11):41-44.
YANG Zhengqing,LIU Zhenyu. The mining subsidence prediction and analysis system based on GIS[J]. Geotechnical Investigation & Surveying,2019,47(11):41-44.
- [3] 徐乃忠,高超,倪向忠,等.浅埋深特厚煤层综放开采地表裂缝发育规律研究[J].煤炭科学技术,2015,43(12):124-128.
XU Naizhong,GAO Chao,NI Xiangzhong, et al. Study on surface cracks law of fully-mechanized top coal caving mining in shallow buried depth and extra thick seam[J]. Coal Science and Technology,2015,43(12):124-128.
- [4] 汤伏全,赵军仪.相邻工作面开采地表动态沉陷规律[J].金属矿山,2019(10):8-13.
TANG Fuquan,ZHAO Junyi. Dynamic surface subsidence law caused by mining in adjacent working face[J]. Metal Mine, 2019(10):8-13.
- [5] 陈俊杰,闫伟涛,邹友峰.厚松散层下采动系数确定方法[J].中国地质灾害与防治学报,2015,26(1):71-76.
CHEN Junjie,YAN Weitao,ZOU Youfeng. Determination methods of mining coefficient under thick alluvium stratum[J]. The Chinese Journal of Geological Hazard and Control,2015,26(1):71-76.

(编辑:安娜)