

山区沟谷地形采动覆岩移动变形数值模拟

李林*

(大同煤矿集团有限责任公司 地质勘测处,山西 大同 037003)

摘要:针对山区沟谷地形条件下的开采沉陷问题,以山西宏盛煤矿为工程背景,采用 UDEC 数值模拟软件建立了沟谷地形条件下采动过程中覆岩与地表移动变形数值模型,重点分析了采动过程中覆岩与地表的力学损伤状态及位移变化.研究表明:采动程度对覆岩与地表的损伤状态具有重要影响,即采动程度越大,处于塑性破坏区的覆岩范围越大;沟谷地形地面坡度产生的附加水平移动对冲是形成谷底地表隆起的主要原因.

关键词:山区;沟谷;地形;数值模拟;谷底隆起

中图分类号:TD325 **文献标志码:**A **文章编号:**1672-9102(2019)01-0045-05

Numerical Simulation of Movement and Deformation of Mining overburden in Mountain Valley Topography

Li Lin

(Geological Survey Office, Datong Coal Mine Group Co., Ltd., Datong 037003, China)

Abstract: Aiming at the problem of mining subsidence under the condition of gully topography in the mountainous area, a numerical model of overburden and surface movement and deformation in mining process under the condition of gully topography is established by using UDEC numerical simulation software, taking a mine in Shanxi Province as the engineering background. The damage state of mechanics and displacement change of overburden and surface during mining are analyzed. The study shows that the extent of mining has an important effect on the damage state of overburden and surface, that is, the larger the mining degree is, the larger the overburden in the plastic failure zone is. The main reason for the surface uplift of valley bottom is the additional horizontal movement hedge caused by the slope of valley topography.

Keywords: mountain; valley; topography; numerical simulation; valley floor uplift

山西大部分煤矿位于山区,尤其是山西西部同时存在大量的黄土覆盖,煤炭开采极易诱发山体滑坡、坍塌等地质灾害.如图 1,山区开采造成地面台阶裂缝与谷底隆起.掌握山区沟谷地形条件下采动过程中覆岩及地表的动态移动变形规律,对促进山区的安全开采具有重要的意义.由于山区开采沉陷问题的复杂性,近年来很多研究人员采用实测分析^[1-5]、数值模拟^[6,7]、理论分析^[9-11]、相似材料模型实验^[12,13]等多种手段,对山区地形条件的开采进行了研究,取得了很多成果,但对山区开采过程中的一些特殊现象未能充分研究.本文主要针对开采过程中沟谷地形条件对覆岩及地表损伤状态与移动变形的规律进行了研究,探讨采动过程中沟谷地形条件的一些特殊地面灾害的发生机理及过程,为山区采动地表防护提供技术支持.

收稿日期:2019-01-04

* 通信作者,E-mail:tmjllilin@163.com

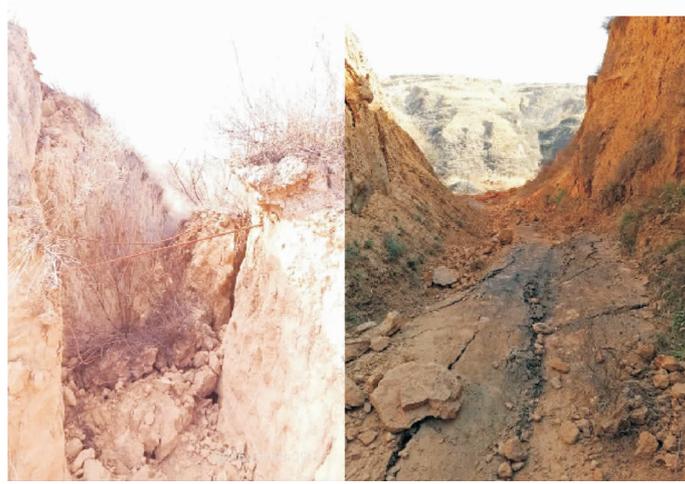


图1 山区采动造成的地面裂缝与谷底隆起

1 工作面概况

研究对象为山西宏盛煤矿某工作面,其地貌类型为梁状黄土丘陵地形,沟谷相间,坡体结构明显,新生界多为黄土层所覆盖.所属井田的基本构造形态为向西北倾斜,向西南倾斜的单斜构造,最大倾角为 11°,一般为 3°~5°.地面高程在 971~1 085 m 之间,工作面高程在 684~781 m 之间.工作面走向长 1 307 m,工作面倾向宽 214 m,煤层厚度 1.73 m.煤层倾角平均为 6°.平均开采深度为 309 m.

2 数值模型建立

主要研究采动过程中沟谷地形条件的地表移动变形情况,在不影响研究规律的情况下,根据实际地质采矿条件对模型进行以下简化:(1)构建模型时选取标志地层作为其主体,同时将厚度较薄的层位归并到与其岩性靠近的岩层;(2)将各岩层(煤层)都视为水平岩层(煤层)处理,同时为了更加明显地看到采动引起沟谷地表移动变化的情况,模型总长度取 800 m,开挖长度为 500 m;(3)该工作面上部地面地形起伏较大,地形较为复杂,选择典型的沟谷地形进行建模.煤层采厚 1.73 m,最大采深 309 m.图 2 为研究对象的数值模型,在进行了网格划分后,并对边界进行了位移及速度约束,其中上部为自由边界,其余三边为固定边界.表 1 为各岩层的物理力学参数.

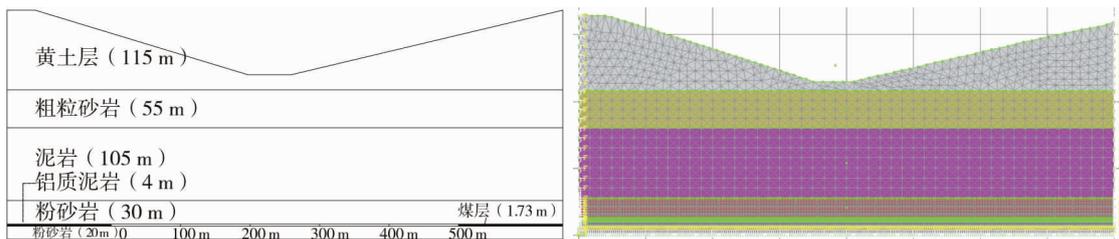


图2 模型尺寸及网格划分

表1 各地层岩石物理力学参数

岩性	密度/(kg/m ³)	体积模量/GPa	剪切模量/GPa	粘聚力/MPa	内摩擦角/(°)	抗拉强度/MPa
粘性土	2 090	0.007 5	0.003 46	0.08	17	0.008
粗粒砂岩	2 410	14.495 0	12.265 00	3.54	19	6.030
泥岩	2 420	8.393 0	5.779 00	2.91	34	4.320
粉砂岩	2 580	11.980 0	9.746 00	2.70	41	3.330
铝质泥岩	2 550	11.667 0	6.667 00	3.70	32	4.260
煤	1 370	10.830 0	5.000 00	1.30	33	2.450

3 数值模拟结果分析

3.1 岩层应力与塑性区分析

在采动过程中,各个阶段岩层所受到的应力均在发生变化,且在不同的区域,所受到的应力的相对大小也存在差异.在开采初期,上覆岩层未垮落而形成拱形结构,此时拱形结构中部应力集中,同时煤柱两侧也会出现应力集中;随着直接顶的冒落及上覆岩层的垮落,此时拱形结构被破坏,应力释放,而煤柱的两侧仍然应力集中.

塑性区是由于开采造成的移动变形超出岩土体的极限承载力,导致局部岩土体变形不可恢复的屈服区.图3为采动过程中的不同开采阶段覆岩及地表的塑性破坏区.通常认为采宽和采深之比(简称宽深比)为1.2~1.4时,能够达到充分开采;当工作面推进100,200 m,宽深比为0.32,0.65时,为非充分开采;此时岩层内部的塑性区仅出现在采空区的煤柱两侧,呈梯形状,即非充分开采形成了冒落区的梯形平衡结构.随着工作面推进至300 m,宽深比接近于1,开采的充分程度增加,塑性区发生了明显的变化,发展至黄土层与基岩的交接面,形成一个较大梯形冒落区,在模拟开采步距的接缝处甚至出现了拉伸破坏.随着工作面推进至500 m,宽深比1.62,达到了超充分开采;此时的塑形区域发展更大,尤其是开切眼附近的上覆岩层出现了较大区域的塑形区域,而停采线附近的上覆岩层由于采空区覆岩基本压实,形成的可变化空间较小,因此出现塑性区域较小,并在局部出现了拉伸破坏.

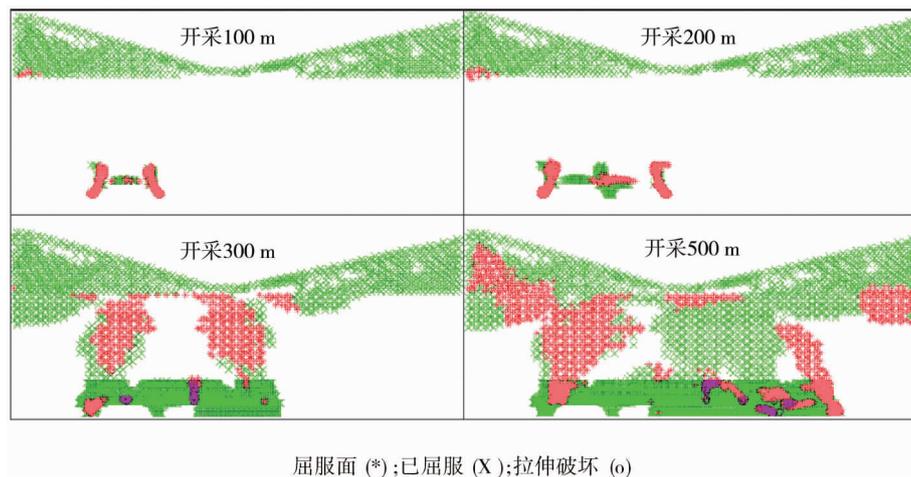


图3 采动过程中覆岩及地表的塑性区变化

通过分析可知,沟谷地形对采动覆岩内部的损伤状态影响较小,损伤状态的变化主要是随着采动程度的增大而发生明显变化,尤其是从非充分到充分阶段的变化,是从覆岩内部的小范围的梯形平衡结构,发展为顶部全部冒落的大范围梯形破坏区域.

3.2 移动变化分析

3.2.1 水平位移

如图4在推进100,200 m时,向采空区中心移动的负向水平移动大于正向,而随着工作面的推进至300,500 m时,逐步出现了正向水平移动大于负向水平移动的趋势.原因主要有:(1)在未充分开采时,覆岩内部的平衡结构未被破坏,受到地表坡体的影响,加大了处于坡底区域的负向水平移动.(2)充分开采形成后,正向水平移动受坡体的影响快速的超过了负向水平移动,地表坡度起到了一定的作用;另由于采空区形成的先后顺序,也促进了先开采形成的采空区持续促进正向水平移动的增大,推进300,500 m形成的采空区,具有被采空区原有的冒落岩体优先填充的趋势.

沟谷地形通常会在谷底部位产生地表隆起现象,从数值模拟结果看,主要是由于正向与负向水平移动受到地面坡体的影响,而产生了附加的水平移动,正负水平移动对冲,从而产生了谷底部地表隆起.

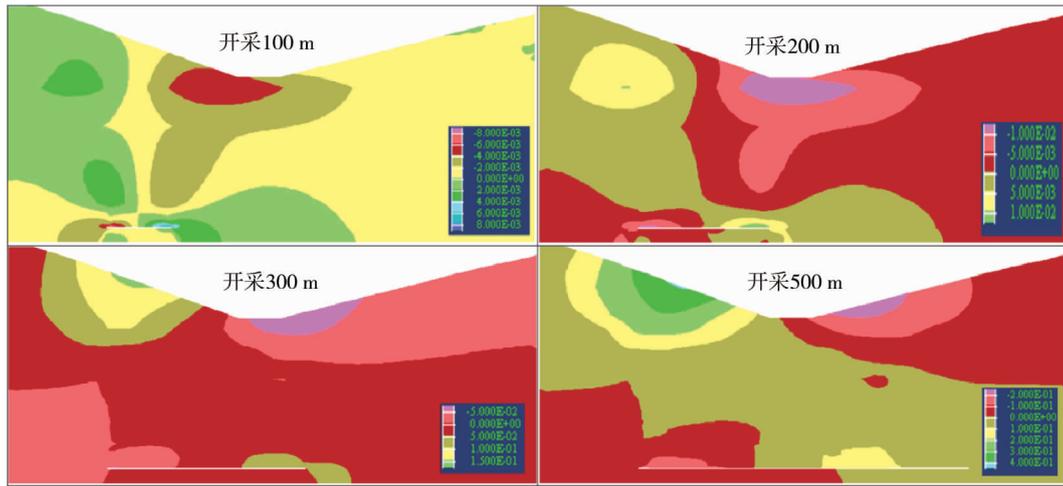


图4 采动过程中覆岩及地表水平位移变化

3.2.2 竖向位移

图5为采动过程中覆岩及地表竖向位移变化趋势,随着开采程度的不断增大,采空区上覆岩层的竖向位移也逐渐增大,且竖向位移最大值位于采空区中央.开采长度为100 m时,煤层采动对右侧坡体的影响较小,此时左侧坡体地表已出现竖向位移.当开采长度为200,300 m时,左侧坡体的竖向位移范围与幅度不断增大,且此时右侧坡体已经被影响到,并且有逐步扩大的趋势,当继续推进至500 m时,左右坡体的竖向位移与下沉基本对称.需要说明是,由于模拟推进方向是从左往右,因此先受到影响的为左侧坡体,因此可知,坡体的移动变化程度与坡体与采空区的位置有明显的关系.

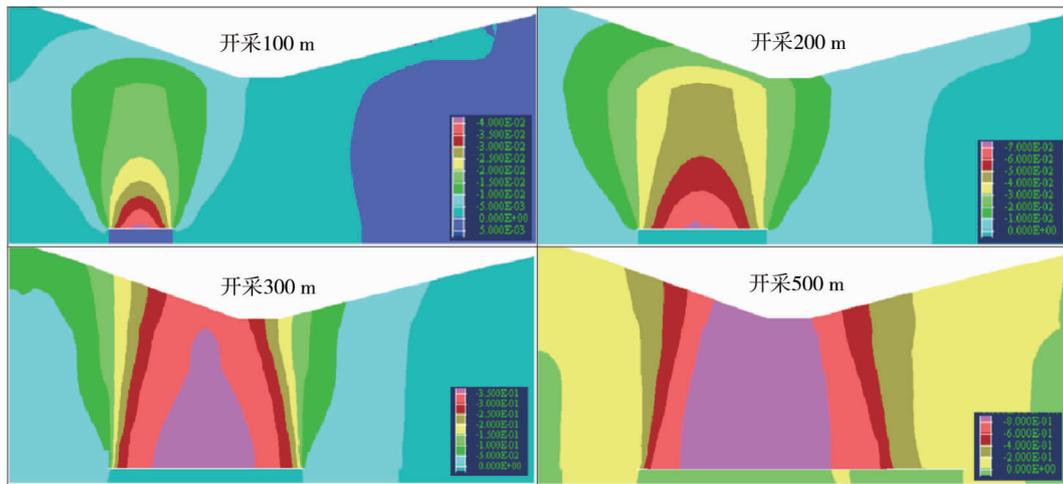


图5 采动过程中覆岩及地表竖向位移变化

4 结论

1) 沟谷地形对采动覆岩内部的损伤状态影响较小,采动覆岩损伤状态的变化主要是随着采动程度的增大而发生明显变化,尤其是从非充分到充分阶段的变化,是从覆岩内部的小范围的梯形平衡结构,发展为顶部全部冒落的大范围梯形破坏区域.

2) 沟谷地形对水平移动的影响较大,主要体现在谷底区域由于坡体产生的附加水平移动而产生的谷底隆起现象.坡体的移动变形大小与方向主要受到采空区与坡体的空间位置关系的影响,如采空区位于坡底、坡顶或其他位置对坡体的移动变形都有明显的区别影响.

3) 山区沟谷地形区域,地形条件复杂,在采动过程中,极易形成坡体崩落或滑坡,因此在具有黄土覆盖的区域开采时,应特别注意采动地面灾害的发生,加强巡查与治理.

参考文献:

- [1] 胡东升.阳泉矿区山区地形地表移动规律分析研究[J].矿山测量,2013(3): 14-16.
- [2] 马荷雯,刘长星.深埋煤层采动山区地表移动规律实测研究[J].煤炭技术,2015(12): 104-106.
- [3] 赵振远,韦开行,潘喆.岩溶山区采煤地表移动规律研究[J].地下水,2014(4): 216-219.
- [4] 张海港.山区首采面大采深大采高地表移动变形规律研究[J].矿山测量,2014(1): 65-68.
- [5] 李威,胡海峰,李俊芳.山区微地貌对开采沉陷规律的影响[J].煤矿安全,2014(10): 211-213.
- [6] 王启春,李天和,郭广礼.基岩裸露山区煤层倾角对地表移动规律的影响研究[J].煤炭科学技术,2016,44(9): 155-160.
- [7] 王启春,李天和,贾鹏举,等.基岩裸露山区采动地表移动规律研究[J].煤炭工程,2016(3): 95-98.
- [8] 徐涵洵,张和生,秦世界.井工开采条件下地表坡度对地表移动变形的影响研究[J].煤炭技术,2014(8): 118-120.
- [9] 廉旭刚,胡海峰,郭博婷.山区开采地表动态移动变形规律[J].金属矿山,2016(9): 151-156.
- [10] 韩奎峰,康建荣,王正帅,等.山区采动地表裂缝预测方法研究[J].采矿与安全工程学报,2014,31(6): 896-900.
- [11] 李小磊,白易彬.采动影响下山区与平原地区地表移动规律比较[J].中州煤炭,2011(7): 35-36.
- [12] 刘腾,王金安,高治国,等.山区地下开采地表移动相似模拟实验研究[J].金属矿山,2014(10): 161-165.
- [13] 白光宇,张德强,张进德,等.山区开采沉陷地表移动变形规律[J].辽宁工程技术大学学报(自然科学版),2017,17(7): 684-688.