

正断层下盘采动支承压力分布及对上盘的影响分析

刘洪儒¹, 李宗超², 代进², 田浩²

(1. 兖州矿业集团有限公司 兴隆庄煤矿, 山东 兖州 272100; 2. 山东科技大学 矿业与安全工程学院, 山东 青岛 266590)

摘要:采用 UDEC 数值模拟软件, 对正断层下盘工作面推进过程中, 断层上、下盘煤层支承压力、顶板垂直应力以及塑性区分布情况进行了研究。由于存在断层地质构造, 破坏了岩层的连续性, 导致初始应力场发生挠动, 在断层局部区域产生附加的构造应力。研究表明: 在正断层下盘附近形成了低应力区和高应力集中区带, 支承压力明显影响范围距断层面约 10~30 m; 断层上盘煤层上支承压力峰值在靠近断层面附近约 35 m 处; 当工作面推进至距断层面 25 m 时, 保留的煤柱仍然有足够的承受强度, 在工作面支架回撤时能够保障回撤安全。

关键词:断层面; 支承压力; 回采巷道; 煤柱尺寸

中图分类号: TU458

文献标志码: A

文章编号: 1672-3767(2014)03-0048-06

Abutment Pressure Distribution and Impact Analysis on the Plate in Normal Faults

Liu Hongru¹, Li Zongchao², Dai Jin², Tian Hao²

(1. Xinglongzhuang Coal Mine, Yankuang Group Co. Ltd, Yanzhou, Shandong 272100, China;

2. College of Mining and Safety Engineering, Shandong University of Science and Technology,
Qingdao, Shandong 266590, China)

Abstract: With the numerical simulation software UDEC, the abutment pressure, vertical stress and the location of plastic zone in both the hanging wall and the heading wall were simulated and analyzed. The continuity of rock was damaged by normal fault. The initial stress from the fault produced deflection and engendered additional stress in some area. The results prove that low pressure zone and high stress concentration zone appear in heading wall, and the distance between the obvious effects range and the fault plane is about 10-30 m; when the width of the coal pillar is 25 m, the pillar has extremely high endurance to ensure the safety of the working face retracement. When the face advances to level 25 meters off, reserved pillar strength suffices to withstand, bearing pressure peak in the vicinity of the fault plane about 35 meters off.

Key words: fault plane; bearing pressure; roadway; coal pillar size

断层是影响采场支承压力分布的重要因素之一^[1]。由于断层结构面的存在, 使得煤层上覆岩层不能完全将弯矩传递至断层另一盘, 因此与没有断层的地质条件相比, 支承压力的传递规律是不同的。长期以来, 国内外不少学者注意到断层对煤层开采的影响, 并取得了卓有成效的研究成果。由于受观察条件的限制, 未进行有关断层对支承压力分布影响的相关研究。现有的采场上覆岩层运动与其在工作面煤壁前方产生支承压力分布规律基本是建立在均匀连续介质基础上^[2], 并没有考虑岩层中存在的断层不连续面的影响, 而实际上岩层中存在大量的落差、断层角度不等的断层, 这些不连续面的存在, 使得采空区暴露的上覆岩层所产生的弯矩、挤压力、剪力不能在煤壁内部所延续的上覆岩层中连续传递, 相应产生的支承压力的范围减小和强度增大。因此, 研究断层结构面对回采工作面支承压力分布、超前巷道的顶板稳定、相邻区段回采巷道顶板

收稿日期: 2013-05-14

基金项目: 国家自然科学基金项目(51374139)

作者简介: 刘洪儒(1962—), 男, 山东济宁人, 高级工程师, 主要从事矿山安全方面的研究。E-mail: 506269858@qq.com

的稳定性分析以及采动区域内的冲击地压显现都具有深远的意义,对于井下煤炭开采巷道设计、工作面回采和地质灾害的防治等都具有一定的参考价值。

为了解正断层对矿压分布的影响,运用 UDEC 软件模拟正断层下盘开采时对断层上、下两盘的支承压力分布的影响^[3],在模型计算中考虑普遍存在的正断层的情况,模型中断层被描述为薄弱的滑移层(面),埋深 500 m,设计模型长 300 m,高 150 m;煤层被正断层所切割,断层落差为 25 m,倾角为 45°,且为活断层^[4]。各岩层岩性及参数见表 1。

表 1 各岩层岩性及参数
Tab. 1 Rock lithology and parameters

参数 岩层	密度/(kg/m ³)	体积模量/Pa	剪切模量/Pa	内摩擦角/(°)	粘聚力/Pa	抗拉强度/Pa
底板(粉砂岩)	2 530	13.4×10 ⁹	7.60×10 ⁹	39.52	1.6×10 ⁶	3.08×10 ⁶
直接底(细粉砂岩)	2 800	13.4×10 ⁹	7.60×10 ⁹	36.62	1.8×10 ⁶	3.08×10 ⁶
煤层	1 280	1.5×10 ⁹	0.78×10 ⁹	25.00	0.4×10 ⁶	1.50×10 ⁶
直接顶(细粉砂岩)	2 800	13.4×10 ⁹	7.60×10 ⁹	36.62	1.8×10 ⁶	3.08×10 ⁶
老顶(中砂岩)	2 520	18.3×10 ⁹	11.50×10 ⁹	41.00	1.4×10 ⁶	3.96×10 ⁶
夹矸(粉砂岩)	2 530	13.4×10 ⁹	8.00×10 ⁹	39.52	1.0×10 ⁶	3.00×10 ⁶
第二老顶(中砂岩)	2 530	15.0×10 ⁹	9.00×10 ⁹	39.52	1.0×10 ⁶	3.00×10 ⁶

1 正断层对上、下盘回采工作面支承压力分布的影响

当采煤工作面在正断层下盘正常推进时,采空区内的煤层基本顶周期垮落的岩层断块在采空区上方铰接,弯矩通过未垮落的悬臂岩梁传递至断层附近^[5]。由于断层结构面的存在,靠近断层处的岩梁可视为单独断块,因此失去了向上盘继续传递弯矩的作用。随着工作面的推进,上、下盘岩层逐渐在断层处分离,在两岩层分离的过程中,上覆岩层在已采下盘或待采上盘产生的支承压力峰值和压力范围有着较大的区别^[6]。

1.1 工作面与断层不同距离时,断层两侧支承压力分布情况

本次模拟方案为五个,分别是工作面煤壁距断层 10,15,20,25 和 60 m 时,断层两侧支承压力分布情况,模拟结果如图 1 所示。

图 1 所示支承压力表明,当采煤工作面距断层面距离 60 m 时,煤壁前方支承压力存在压力降低区和压力升高区,呈“下抛物线”状,而当工作面推进至距断层面 20 m 时,煤壁前方支承压力呈“单调线”状,即为从煤壁至断层面支承压力曲线为逐渐增加的单调增曲线。当工作面继续向前推进至 15 m 时,煤壁前方支承压力降低,煤柱的支承能力降低。

断层上盘煤层上支承压力峰值在靠近断层面附近约为 35 m 处,支承压力影响范围为距离断层面 50~60 m,随着工作面的推进,断层上盘支承压力的变化不大,断层面至上盘方向距离为 35 m 处,支承压力呈“单调增指数曲线”,支承压力峰值约为原岩应力的 1.2 倍。当断层上盘远离 35 m 处时,支承压力为原岩应力。上盘靠近断层面一侧支承压力降低,而远离断层面一侧的支承压力接近于原岩应力。

1.2 工作面不同距离时,垂直应力分布情况

工作面煤壁距断层 10,15,20,25 和 60 m 时,垂直应力分布情况如图 2 所示。

图 2 垂直应力表明,当煤壁距离断层面 60 m 时,断层下盘垂直应力主要位于工作面煤壁附近,当工作面推进至 25 m 及更近时,在下盘煤层与断层的交界处也产生垂直应力,并且断层上盘煤层顶板的应力也逐渐增大。

1.3 工作面不同距离时,塑性区分布情况

工作面煤壁距断层 10,15,20,25 和 60 m 时,塑性区分布情况如图 3 所示。

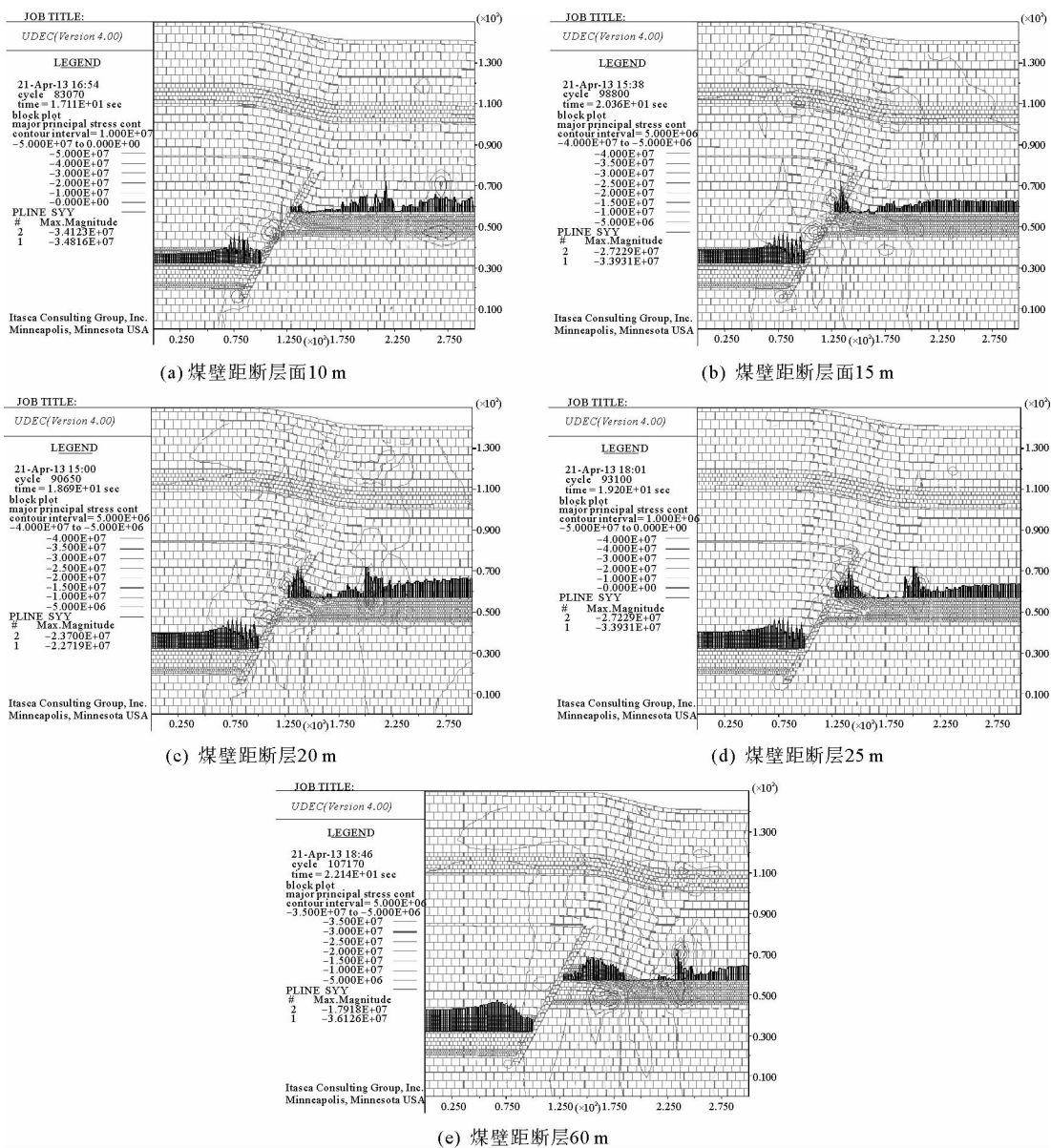


图 1 上下盘支承压力分布

Fig. 1 The abutment pressure distribution of the hanging wall and the heading wall

图 3 塑性区表明,当煤壁距离断层面为 60 m 时,断层上盘煤层在靠近断层 15 m 范围内,发生较小范围的塑性变形。当工作面推进至 25 m 及更靠近断层时,上盘发生塑性变形的范围逐渐增大。

2 上、下盘工作面回采巷道合理煤柱尺寸的选择

当断层垂直间距过大,上盘工作面在推进至断层面后,在开采下盘煤层时,若工作面直接过断层则需要掘进一定长度的岩巷,造成矿井生产效率低等问题。因此在对断层上盘煤层进行回采时,需要在上盘煤层中重新掘进回采巷道。工作面若推进至断层面距离较近时,窄小煤柱不足以承受因采动而产生的支承压力和断层引起的构造应力,两种应力可能造成小煤柱的损坏。因煤柱前方是断层结构面,需要有足够宽度和强度的断层保护煤柱防止地下水等经过断层通道渗透至工作面,因此需要选择合理的保护煤柱尺寸,既能提高矿井煤炭采出率,减少资源浪费,又能保障矿井安全生产就尤为重要。

在对断层上盘煤层回采时,就需要重新掘进回采煤巷,巷道位置的选择直接影响到巷道支护参数的选定

和巷道维护的难易程度,而巷道位置的选择取决于支承压力的大小和影响范围^[7]。若将巷道布置在高应力区内,巷道在掘进过程中及后期的维护工程量都比较大。在选择巷道位置时,将回采巷道布置在应力降低区,考虑到断层对回采巷道的影 响,应留设足够的断层保护煤柱,从而达到社会效益和经济效益的最优化^[8]。

正断层下盘煤柱合理尺寸的选择。当选择煤柱的宽度为 25 m 时,煤柱仍有足够的承受强度,能够保证工作面回撤时的安全。若煤柱宽度减小到 15 m 甚至 10 m 时,虽然煤柱上方支承压力值不大,但是窄煤柱的承受能力已经大幅减小,在工作面回撤时,需要断顶卸载来保证回撤工作的安全。

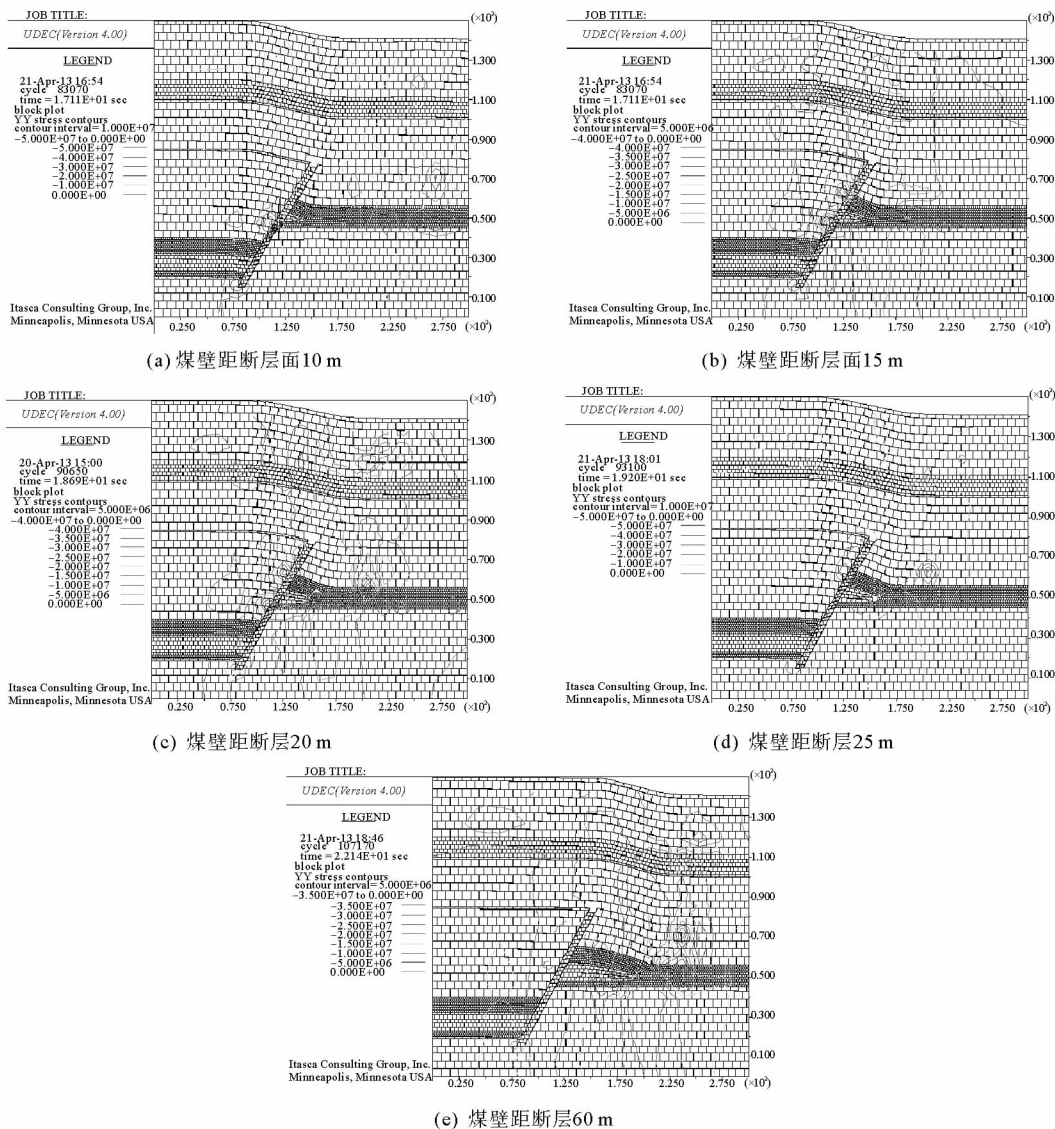


图 2 垂直应力分布图

Fig. 2 The distribution of the vertical stress

3 结论

1) 当对正断层下盘煤层进行回采时,当工作面停采线距离断层面 60 m 时,煤壁前方支承压力分为降低区和增加区,呈“下抛物线”状;当工作面继续推进至断层面 20 m 时,支承压力就呈现为“单调线”状:即煤壁至断层面之间支承压力逐渐增加;当煤壁与断层面的距离为 15 m 时,下盘支承压力降低。

断层上盘煤层支承压力峰值位置为距断层面 35 m 处,其影响范围为距断层面 50~60 m;断层面至上盘

方向距离为 35 m 处, 支承压力呈“单调增指数曲线”, 支承压力峰值约为原岩应力的 1.2 倍。当断层上盘远离 35 m 处时, 支承压力为原岩应力。

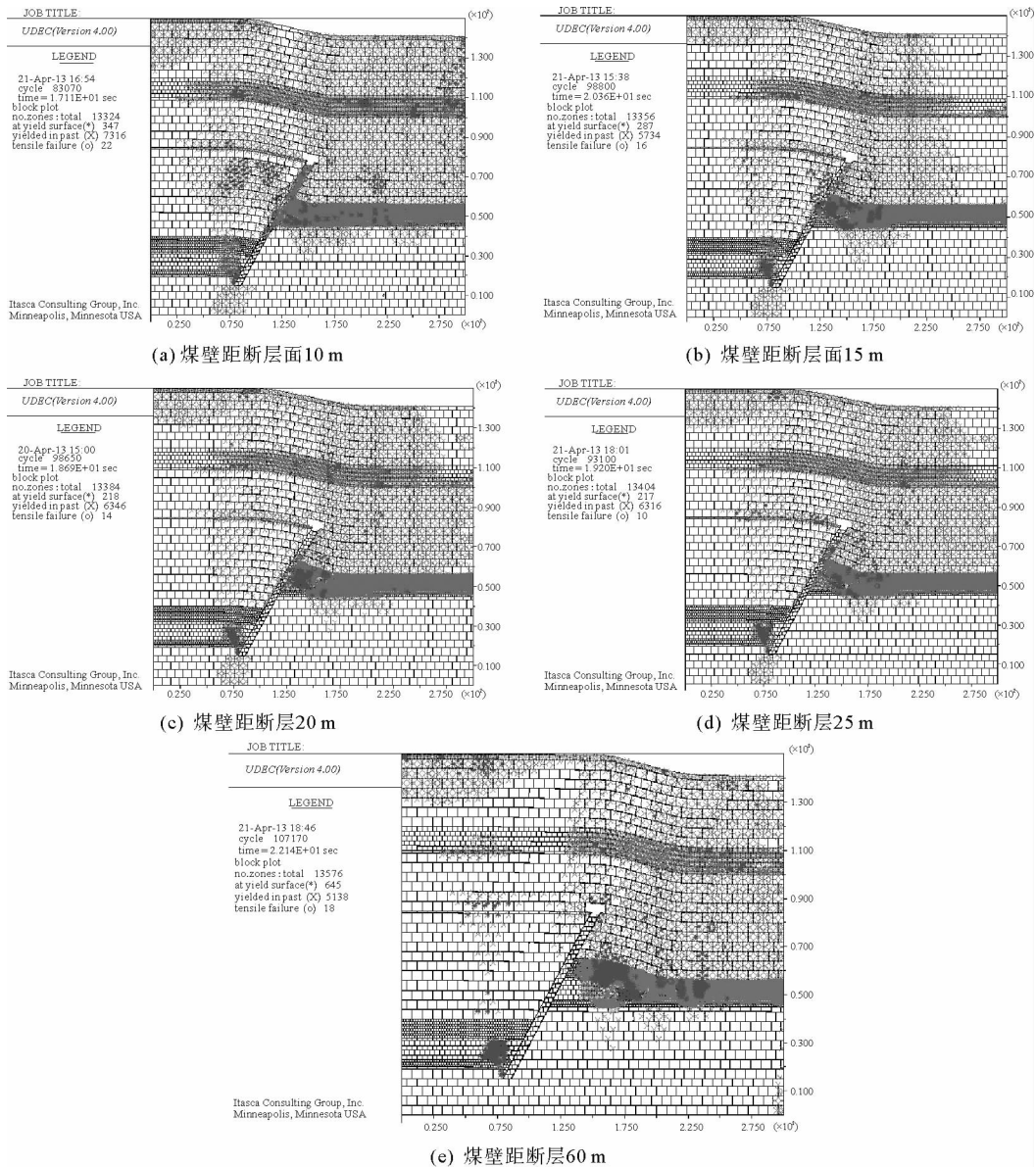


图 3 塑性区分布图

Fig. 3 The distribution of the plastic zone

2) 由于正断层破坏了岩层的整体延续性, 下盘煤层采动过程中, 采动影响对上盘的影响较小, 支承压力分布基本不发生变化。

3) 由于垂直断距较大, 下盘工作面需要设备回撤, 通过数值模拟确定断层保护煤柱尺寸为 25 m 时, 能够保障工作面回撤时的安全。

4) 通过 UDEC 模拟计算, 可以了解正断层存在情况下煤层开采的影响, 为类似地质条件下的采矿活动提供依据。

参考文献:

[1] 吕志发, 孟召平. 正断层附近煤层的空隙裂隙特征及其研究意义[J]. 煤田地质与勘探, 1989, 17(3): 29-33.

- Lü Zhifa, Meng Zhaoping. Features of pores and fractures in seams closed to normal faults and their significance[J]. *Coal Geology & Exploration*, 1989, 17(3): 29-33.
- [2] 钱鸣高, 刘听成. 矿山压力及其控制[M]. 北京: 煤炭工业出版社, 1984: 35-36.
- [3] 彭苏萍, 孟召平. 长壁工作面顶底板稳定性数值模拟[J]. *中国矿业大学学报*, 1999, 28(1): 41-45.
Meng Suping, Meng Zhaoping. Numerical simulation on roof and floor stability in long-wall faces[J]. *Journal of China University of Mining & Technology*, 1999, 28(1): 41-45.
- [4] 于广明, 谢和平. 采动断层活化分形界面效应的数值模拟研究[J]. *煤炭学报*, 1998, 23(4): 396-399.
Yu Guangming, Xie Heping. Numerical simulation of fractal effect induced by activation of fault after coal extraction[J]. *Journal of China Coal Society*, 1998, 23(4): 396-399.
- [5] 彭苏萍, 孟召平, 李玉林. 断层对顶板稳定性影响相似模拟试验研究[J]. *煤田地质与勘探*, 2001, 29(3): 1-4.
Peng Suping, Meng Zhaoping, Li Yulin. Influence of faults on coal roof stability by physical modeling study[J]. *Coal Geology & Exploration*, 2001, 29(3): 1-4.
- [6] 勾攀峰, 胡有光. 断层附近回采巷道顶板岩层运动特征研究[J]. *采矿与安全工程学报*, 2006, 23(3): 285-288.
Gou Panfeng, Hu Youguang. Effect of faults on movement of roof rock strata in gateway[J]. *Journal of Mining & Safety Engineering*, 2006, 23(3): 285-288.
- [7] 窦林名. 煤矿开采冲击矿压灾害防治[M]. 徐州: 中国矿业大学出版社 2006: 1-25.
- [8] 尹增德, 李伟, 王宗胜. 兖州矿区放顶煤开采覆岩破坏规律探测研究[J]. *焦作工学院学报*, 1999, 18(4): 235-238.
Yin Zengde, Li Wei, Wang Zongsheng. Surveying on the destruction laws of the cover rocks by sublevel caving method in Yanzhou mine areas[J]. *Journal of Jiaozuo Institute of Technology*, 1999, 18(4): 235-238.

(责任编辑: 吕海亮)

(上接第 42 页)

- [7] 张随喜, 许猛堂, 刘士春, 等. 条带开采覆岩运动对地表沉陷影响的模拟分析[J]. *煤矿安全*, 2011, 42(4): 147-149.
Zhang Suixi, Xu Mengtang, Liu Shichun, et al. Simulation analysis of movement of the covering rock from strip mining on ground subsidence[J]. *Safety in Coal Mines*, 2011, 42(4): 147-149.
- [8] 王庆林, 柴华彬, 张彦宾. 大采深厚煤层条带开采覆岩及煤柱移动变形规律研究[J]. *煤矿安全*, 2010, 41(8): 17-19.
Wang Qinglin, Chai Huabin, Zhang Yanbin. Study on the role of movement and displacement with rock and coal pillar under great depth and thick seam with strip-partial mining[J]. *Safety in Coal Mines*, 2010, 41(8): 17-19.
- [9] 郭惟嘉, 刘立民, 施德芳, 等. 矿层开采后的地表沉陷和应力分析[J]. *岩土工程学报*, 1996, 18(2): 75-81.
Guo Weijia, Liu Limin, Shi Defang, et al. Stress analysis for ground subsidence caused by ore seam or coal seam mining[J]. *Chinese Journal of Geotechnical Engineering*, 1996, 18(2): 75-81.
- [10] 赵国旭. 大条带综放开采引起的地表移动变形规律及控制研究[D]. 北京: 中国矿业大学, 2000: 11-52.
- [11] 曹吉胜, 马少杰, 马德鹏, 等. 基于正交设计的深部条带煤柱塑性区宽度影响因素分析[J]. *矿业安全与环保*, 2013, 40(5): 110-112.
Cao Jisheng, Ma Shaojie, Ma Depeng, et al. Analysis on influence factors of plastic zone width in deep strip coal pillar based on orthogonal design[J]. *Mining Safety & Environmental Protection*, 2013, 40(5): 110-112.
- [12] 刘贵. 条带开采区与全采区隔离煤柱稳定性研究[J]. *矿山测量*, 2011(1): 76-78.
Liu Gui. Study on the stability of coal pillar in strip mining area and the whole mining area[J]. *Mine Surveying*, 2011(1): 76-78.

(责任编辑: 吕海亮)