

白庄煤矿沿空留巷数值模拟研究

刘新杰¹, 代进², 林恩健³

(1. 山东科技大学资源与环境工程学院, 山东青岛 266510; 2. 山东科技大学泰山科技学院, 山东泰安 271019; 3. 肥城矿业集团白庄煤矿, 山东肥城 271613)

摘要:应用 UDEC 软件模拟了沿空留巷巷道在锚杆、锚杆锚索、锚杆锚索加巷旁充填体等不同支护条件下的巷道变形破坏规律, 以及侧向支承压力分布范围和大小, 通过对比模拟结果可以看出: 对于 5 m 厚的坚硬顶板, 采用锚杆支护与锚杆、锚索支护均能有效支护巷道, 效果相差不大; 巷旁充填体强度达到 10 MPa 时, 能够明显控制采空区侧顶板下沉量。

关键词:沿空留巷; 数值模拟; 巷旁充填; 支承压力

中图分类号: TD322 文献标志码: A 文章编号: 1672-3767(2011)04-0034-05

Numerical Simulation of Road Retained for Next Sublevel in Baizhuang Coalmine

LIU Xinjie¹, DAI Jin², LIN Enjian³

(1. College of Resources and Environmental Engineering, Shandong University of Science and Technology, Qingdao, Shandong 266510, China; 2. Taishan College of Science and Technology, Shandong University of Science and Technology, Taian, Shandong 271019, China; 3. Baizhuang Coal Mine, Feicheng Coal Mining Group Co. Ltd, Feicheng, Shandong 271613, China)

Abstract: The deformation and failure rules of roadways, and the range and size of lateral abutment pressure distribution under such different supporting conditions as bolting or bolt-cable supporting or bolt-cable supporting plus packing beside the roadway were simulated by applying the UDEC software. The comparison of the simulation results showed that the hard roof with 5 m thickness could be effectively supported by using bolting, or bolt-cable supporting with little difference of the effect. The subsidence of roof at gob-side could be effectively controlled when the strength of the fillings achieved 10 MPa, providing the basis for selecting the supporting system of the road retained for next sublevel.

Key words: road retained for next sublevel; numerical simulation; packing beside the roadway; abutment pressure

沿空留巷不仅可以降低成本, 提高产量, 还能延长矿井服务年限, 缓解煤炭资源持续紧张状况, 是我国煤矿开采技术发展的一种趋势^[1-2]。巷道支护体系的选择是实现沿空留巷的关键, 国内对巷旁支护长期采用矸石带、密集支柱和混凝土充填等支护方式, 往往存在支护体不能与围岩变形运动相匹配的问题, 造成初期强度不够或留巷成本较大, 一直未能广泛应用^[3]。以白庄煤矿 8 采区 8810 工作面为实例, 模拟了巷道在未支护及锚杆、锚杆锚索、锚杆锚索加充填体几种支护方式下的应力在围岩中的大小及分布规律, 试图为正确选择支护体系和满足充填要求提供依据。

1 计算模型

山东省肥城矿业集团公司白庄煤矿 8 煤层厚度 2 m, 上方直接顶是 5 m 厚的灰岩, 底板为 8 m 厚的粉砂岩,

收稿日期: 2011-03-16

基金项目: 山东科技大学研究生科技创新基金项目(YCB100106)。

作者简介: 刘新杰(1986—), 男, 山东东明人, 硕士研究生, 主要从事矿山压力与岩层控制方面的研究。

E-mail: aaaa7525406@163.com.

建立长方形模型,模型尺寸长 90 m,高 60 m。模型埋深 500 m,在模型上边界一次加压 12.5 MPa,经初始平衡运算得到的原岩主应力如图 1 所示:2 m 厚的 8 煤原岩应力较大,最大主应力值为 10.8 MPa,在 8 煤层中呈波浪状分布。在模型图上开挖高 2 m,长 33 m 的煤层,如图 2 所示,用以下 4 种方案来进行模拟研究。

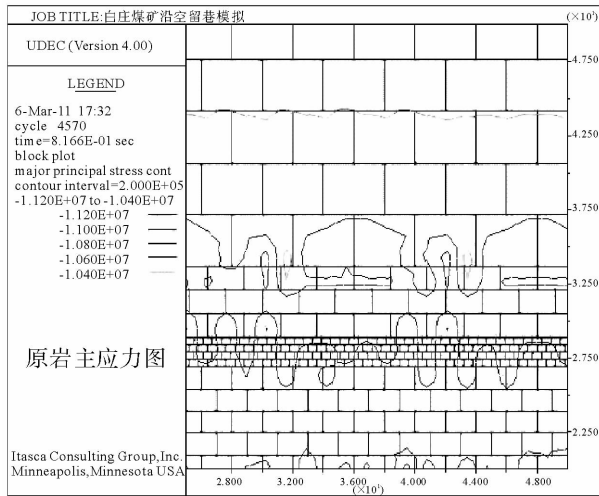


图 1 原岩主应力图

Fig. 1 The principal stress diagram of original rock

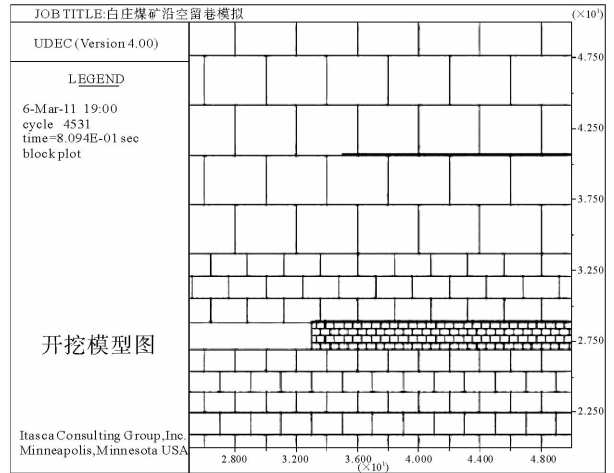


图 2 开挖模型图

Fig. 2 The model figure of excavation

方案一 巷道在无支护的条件下进行平衡运算。

方案二 针对压力大,变形的沿空留巷巷道,采取在巷道顶板打 3 根 $\phi 20$ mm,长 1 800 mm 的左旋无纵筋螺纹钢锚杆等强锚杆,配合 W 型钢带,间距 1 m,预紧力 50 kN。煤帮采用 3 根 $\phi 20$ mm,长 1 800 mm 圆钢锚杆配合钢带支护^[4],间距 0.5 m,预紧力 30 kN。

方案三 为进一步加强支护,在顶板打 3 根锚杆的基础上添加 2 根 $\phi 20$ mm,长 5 000 mm 的锚索,间距 1 m,预紧力 40 kN。

方案四 为了减少采空区侧顶板下沉量,在采空区侧充填宽 \times 高为 1 500 mm \times 2 000 mm 的充填体,初期强度 10 MPa,如图 3 所示。

2 模拟方案效果分析

应用以上 4 种模拟方案,对模型进行平衡运算分析,分别得到塑性破坏图和最大主应力图(图 4—图 11)。

2.1 开挖未支护巷道的变形与破坏

由图 4 和图 5 可知,在未支护的条件下,由于支承压力的作用,在侧向煤壁中煤体呈塑性的范围较大,其中 0.8 m 范围内产生了大量拉伸破坏,煤壁强度基本上丧失,煤壁下方底板岩石也产生部分破坏。开挖后侧向支承压力分布区域较大,影响较严重的范围有 15 m,应力峰值集中在 1~6 m 的范围内,最大主应力达 36 MPa,是未开挖前的 3.33 倍。在顶板岩层中形成了 7 个椭圆形应力增高的核心圈,其中,煤壁上方 6 m 粉砂岩中形成的应力集中圈应力较大,最大值为 32 MPa,是原岩应力的 2.96 倍。在巷道围岩变形中采空区一侧的巷道顶板下沉量较大,顶底板移近量最大值为 859.36 mm,而实体煤一侧只有 540.65 mm。

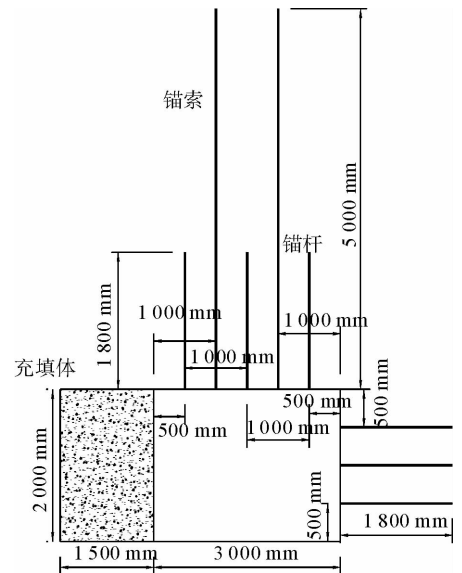


图 3 支护参数设计图

Fig. 3 The design of supporting parameters

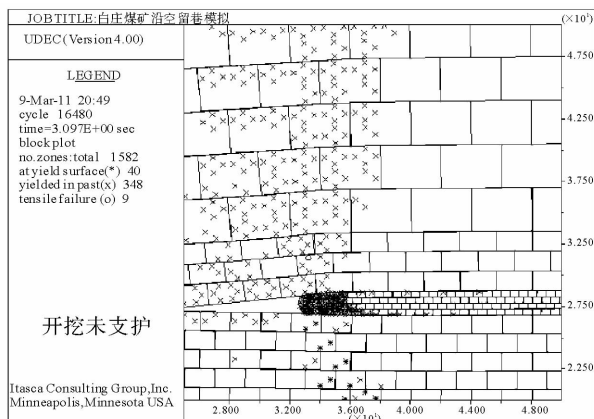


图 4 开挖未支护塑性破坏图

Fig. 4 The plastic damage figure of the excavation without supporting

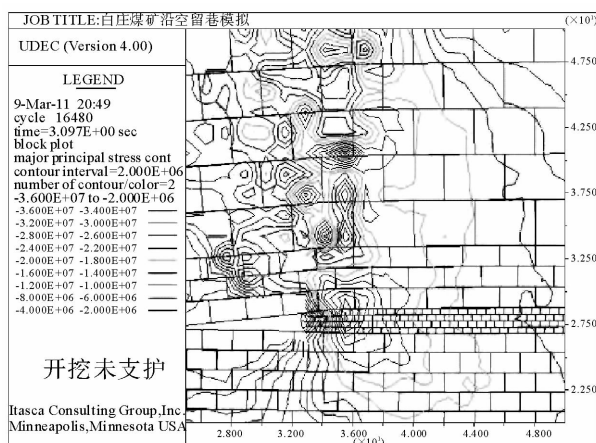


图 5 开挖未支护最大主应力图

Fig. 5 The maximum principal stress of the excavation without supporting

2.2 开挖后采用锚杆支护的巷道变形与破坏

锚杆的增强筋作用提高了煤帮承载能力,使巷道围岩强度得以提高^[5],巷道在锚杆支护下,围岩塑性区域范围明显减少,虽然侧向支承压力影响范围仍为 15 m,但是在实体煤壁中拉伸破坏范围减少到 0.8 m 以内,最大主应力减少到 32 MPa,应力集中系数明显降低,如图 6 和图 7 所示。

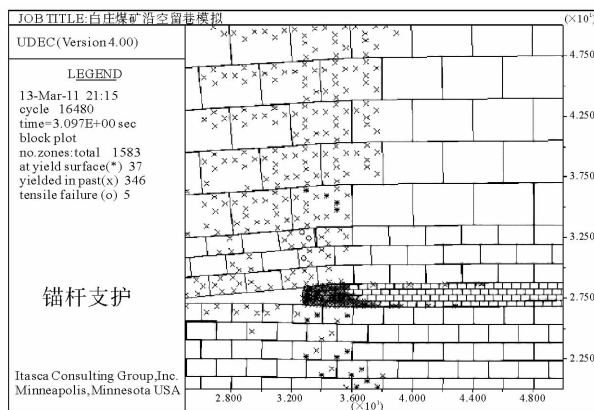


图 6 锚杆支护塑性破坏图

Fig. 6 The plastic damage figure with bolting

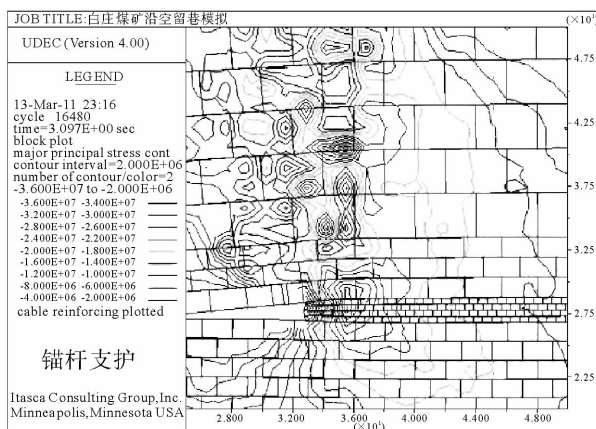


图 7 锚杆支护最大主应力图

Fig. 7 The maximum principal stress diagram with bolting

比较结果表明,锚杆支护对采空区一侧巷道顶板下沉运动的控制影响很小,与方案一相比在采空区一侧的巷道顶板下沉量变化不大,顶底板移近量最大值仅减少 10 mm,仍有 849.32 mm。

2.3 开挖后采用锚杆锚索支护的巷道变形与破坏

顶板在锚杆、锚索的支护条件下,顶板强度和稳定性得到进一步提高,如图 8 和图 9 所示。然而锚索辅助支护仍然对采空区一侧的巷道顶板下沉运动的控制影响不大,顶底板移近量最大值达到 847.28 mm。

2.4 开挖后锚杆锚索加巷旁充填支护的巷道变形与破坏

由于巷道下沉量较大,为保持巷道有一定断面空间,满足正常生产需要,应在采空区侧充填 1.5 m 宽的充填体。巷旁充填体可由某一规格的编织袋装水泥砂浆搅拌组合而成^[6],初始强度 10 MPa。

由图 10 和图 11 可知,当采用巷旁支护时,煤壁破坏深度、实体煤一侧煤壁支承压力分布规律与其它支护方案没有明显的区别。由于充填体有 10 MPa 的初始强度,在采空区一侧的巷道顶板的下沉运动明显得到控制,与锚杆支护时相比减少了 98 mm,与锚杆、锚索联合支护相比减少 94 mm,同时煤壁下方底板破坏也明显减轻^[7]。

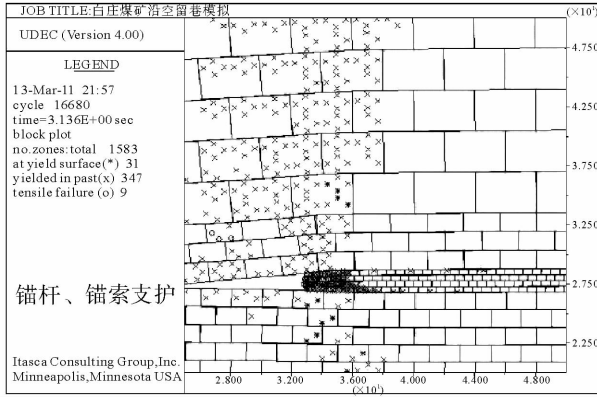


图 8 锚杆、锚索支护塑性破坏图
Fig. 8 The plastic damage with bolt-cable supporting

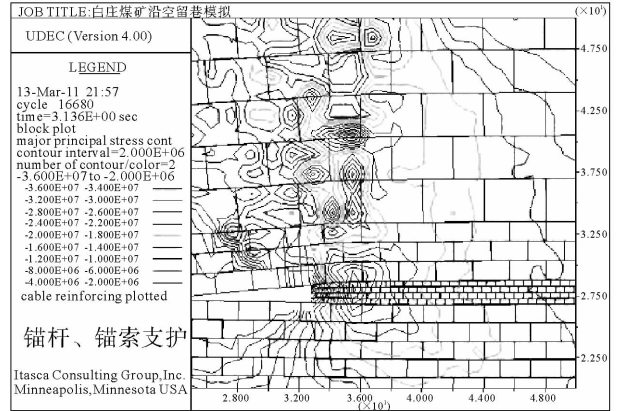


图 9 锚杆、锚索支护最大主应力图
Fig. 9 The maximum principal stress diagram with bolt-cable supporting

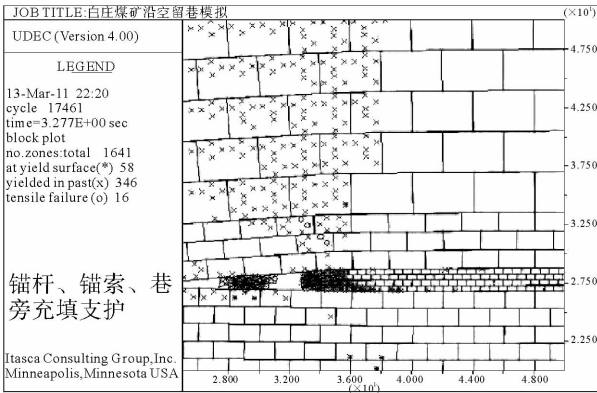


图 10 锚杆、锚索、巷旁充填支护塑性破坏图
Fig. 10 The plastic damage figure with bolt-cable supporting plus packing beside the roadway

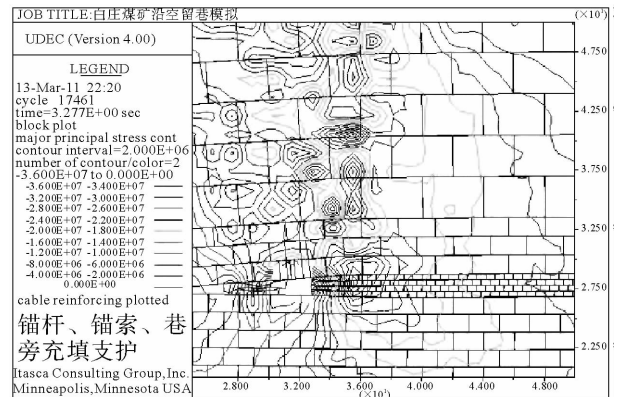


图 11 锚杆、锚索、巷旁充填支护最大主应力图
Fig. 11 The maximum principal stress diagram with bolt-cable supporting plus packing beside the roadway

模拟结果表明,充填体刚性小、变形量大时,充填体上支承压力较小,但充填体表面易出现拉伸破坏,因此,充填材料应具有一定的强度和足够的下缩变形量。

2.5 4 种支护方案下巷道的顶底板移近量比较

沿空留巷顶底板在不同支护条件下的移近量如图 12 所示。由于锚杆、锚索的悬吊和加强筋的作用,当采用锚杆或锚杆、锚索支护时,巷道顶板被紧紧地结合成为一个整体,其移近量呈线性下沉,斜率近似为一个常数。在无支护条件下,巷道顶板呈非线性下沉,实体煤附近顶板下沉变化巨大易破坏失稳,整体垮落。锚杆、锚索维持巷道顶板的稳定性有决定性的作用,巷旁充填对减少采空区侧巷道顶板下沉量起到主控作用。

3 结论

1) 白庄煤矿8煤层沿空留巷的实体煤侧煤壁严重破坏范围约为0.8 m。

2) 实体煤侧支承压力较大,集中系数一般为2.96~3.33倍,严重影响区范围约为15 m,峰值位置在煤壁1~6 m范围内。

3) 8煤层直接顶为5 m厚的灰岩,锚杆与锚杆、锚索支护对围岩控制效果差别不大,顶板如需支护,建议只打锚杆即可。

4) 巷旁充填支护的沿空留巷,如果充填体强度能够达到8~16 MPa,可有效支护顶底板,使采空区侧顶板位移减少100 mm左右,减轻实体煤侧顶、底板的压力,从而有效减少顶板的破坏。

参考文献:

- [1] 张道兵,朱川曲,王戈,等.沿空留巷巷旁充填体支护结构可靠性分析[J].矿业工程研究,2009,24(2):14-15.
ZHANG Daobing, ZHU Chuanqu, WANG Ge, et al. Reliability analysis on roadway-beside filling body support structure of gob-side entry[J]. Mineral Engineering Research, 2009, 24(2): 14-15.
- [2] 权学金,李广余,葛逸群,等.巷旁充填沿空留巷技术与应用[J].煤炭科技,2006,11(1):20-21.
QUAN Xuejin, LI Guangyu, GE Yiqun, et al. Application of new protects technique in follow get empty stay lane[J]. Coal Technology, 2006, 11(1): 20-21.
- [3] 赵真洪,王炎冰.新型支护技术在沿空留巷中的应用[J].煤炭技术,2007,26(8):133-134.
ZHAO Zhenhong, WANG Yanbing. Application of new protects technique in follow get empty stay lane[J]. Coal Technology, 2007, 26(8): 133-134.
- [4] 陈尚峰,范德强.沿空留巷锚索吊挂钢梁支护技术[J].山东煤炭科技,2006(6):26-27.
- [5] 耿献文.矿山压力测控技术[M].徐州:中国矿业大学出版社,2002.
- [6] 鲁印英.沿空留巷巷旁充填体与顶板岩层的相互作用[J].煤炭技术,2008,27(4):57-59.
LU Yinying. Mutual function between filling bodys beside roadways and roof rock formation in retaining roofways along goaf [J]. Coal Technology, 2008, 27(4): 57-59.
- [7] 司荣军,王春秋,谭云亮.采场支承压力分布规律的数值模拟研究[J].岩土力学,2007,28(2):351-354.
SI Rongjun, WANG Chunqiu, TAN Yunliang. Numerical simulation of abutment pressure distribution laws of working faces [J]. Rock and Soil Mechanics, 2007, 28(2): 351-354.

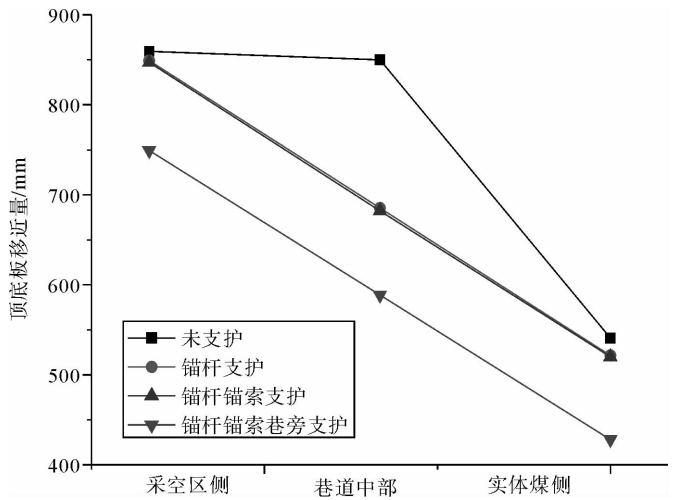


图12 巷道在不同支护条件下顶底板移近量图
Fig. 12 The convergence of roof and floor under different supporting conditions in roadways