

大断面灰岩巷道支护优化数值模拟研究

孟 毅¹, 白继文², 张新国^{2,3}

(1. 霍州煤电集团 吕梁山煤电有限公司, 山西 霍州 033102; 2. 山东科技大学 资源与环境工程学院, 山东 青岛 266590;
3. 山东科技大学 矿山灾害预防控制教育部重点实验室, 山东 青岛 266590)

摘 要: 在地质条件发生改变的情况下, 针对店坪煤矿支护形式单一的现状, 在详细调查生产地质条件的基础上, 采用数值模拟的方式对店坪煤矿 8[#] 巷道进行优化。结果表明: 在裸巷及现有支护条件下, 巷道都能达到使用要求; 在裸巷条件下巷道应力集中系数最大为 2.6137, 最大变形量为 88.92 mm; 现有支护条件下巷道应力集中系数最大为 2.5256, 最大变形量为 44.35 mm; 建议在 8[#] 煤层顶板相对完整区采用裸巷支护的方式, 在局部破碎区采用加强支护的方式。

关键词: 灰岩巷道; 支护; 数值模拟; 裸巷; 现有支护

中图分类号: TD853.34

文献标志码: A

文章编号: 1672-3767(2012)05-0021-06

Numerical Simulation Study on Support Optimization of Large Section Limestone Roadway

MENG Yi¹, BAI Jiwen², ZHANG Xinguo^{2,3}

(1. Lvliangshan Coal Electricity Co. Ltd, Huozhou Coal Electricity Group, Huozhou, Shanxi 033102, China;
2. College of Resource and Environmental Engineering, Shandong University of Science and Technology,
Qingdao, Shandong 266590, China;
3. Key Laboratory of Mining Disaster Prevention and Control, Ministry of Education,
Shandong University of Science and Technology, Qingdao, Shandong 266590, China)

Abstract: According to the present situation of single supporting form with the change of geological condition in Dianping Coalmine and based on the detail investigation of production and geological conditions, the supporting form in roadway of 8[#] coal seam was optimized with numerical simulation. The results showed that the roadway met the requirements of application under the conditions of bare roadway and the existing supports; the maximum roadway stress concentration factor was 2.6137 and the maximum deformation was 88.92 mm at the bare roadway; the maximum roadway stress concentration factor was 2.5256 and the maximum deformation was 44.35 mm at the existing support form. The suggestions are that the bare roadway can be adopted in the relatively complete area of the coal roof and the reinforced supports must be adopted at the local fragmented zones of coal roof in 8[#] coal seam.

Key words: limestone roadway; supporting; numerical simulation; bare roadway; existing support

山西省大武镇店坪煤矿是一个生产规模为 150 万 t/a 的大型矿井, 该矿 +900 m 水平 5[#] 煤层已开采完毕, +830 m 水平 8[#] 煤层已进入准备阶段。5[#] 煤层顶板为砂质泥岩、泥岩, 顶板厚度变化较大, 采用的支护方式为锚网索联合支护。8[#] 煤层直接顶为 L1 石灰岩, 强度较高, 层理发育较弱, 目前该矿 8[#] 煤层巷道支护方式仍然采用 5[#] 煤层的支护方式。在 8[#] 煤层巷道掘进施工中, 由于顶板较硬, 支护施工速度缓慢, 严重

收稿日期: 2012-08-26

基金项目: 山东省自然科学基金项目(Y2008F01); 山东省高等学校科技计划项目(J11LE14); 山东科技大学“群星计划”项目(2010AZZ023)

作者简介: 孟 毅(1969—), 男, 山西曲沃人, 教授级高级政工师, 主要从事采矿工程与矿山地质灾害现场实践与研究。

E-mail: bjwxxyy@126.com

影响矿井的正常生产与建设。根据矿井巷道采掘日益加深的现状,结合岩石力学基本原理,对 8# 煤层巷道支护进行数值模拟^[1-3]和优化。

1 模拟方案

根据数值模拟可以确定围岩的稳定性类型和应力分布,进而可以对裸巷支护进行研究分析,提出支护设计,并确定锚杆支护参数^[4-5]。8# 煤层厚度为 2.3 m,一次采全高。首先,对 8# 煤层进行裸巷模拟,得到巷道不加支护时的应力场及变形破坏特征;然后对现有支护方式进行模拟。现有支护方式如图 1 所示。根据现场地质岩层分布情况,模型共有 7 层不同的岩层构成,划分网格时尽可能在煤层开采范围内使网格尺寸足够小,并且形状规则,不出现畸形单元。模型中的单元类型全部为八节点六面体单元,最终模型的单元数为 60 560 个,节点数为 66 000 个,三维数值计算模型网格见图 2。

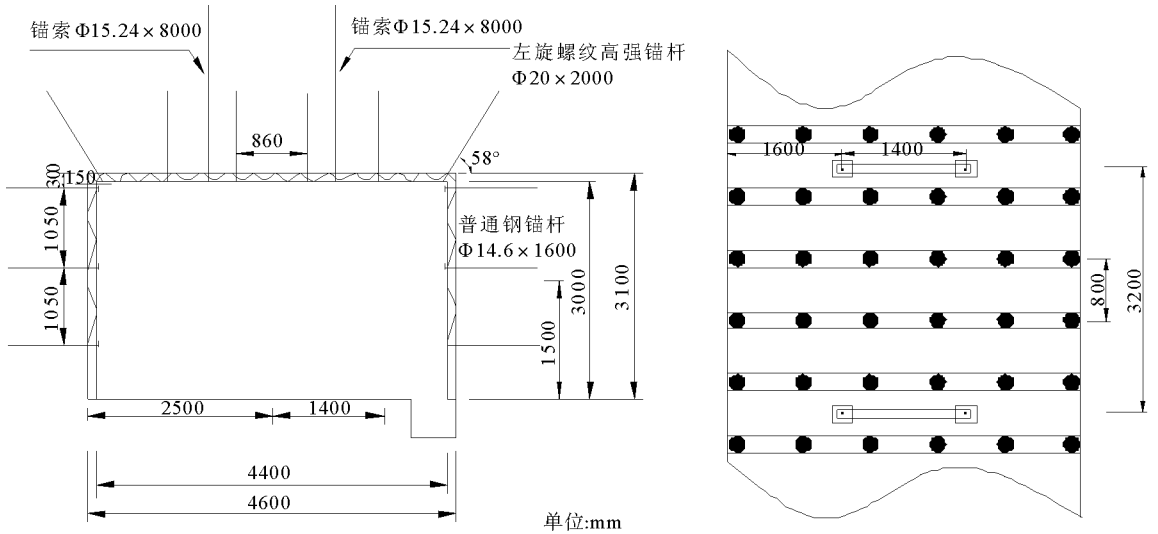


图 1 现有支护方式示意图
Fig. 1 Present support conditions

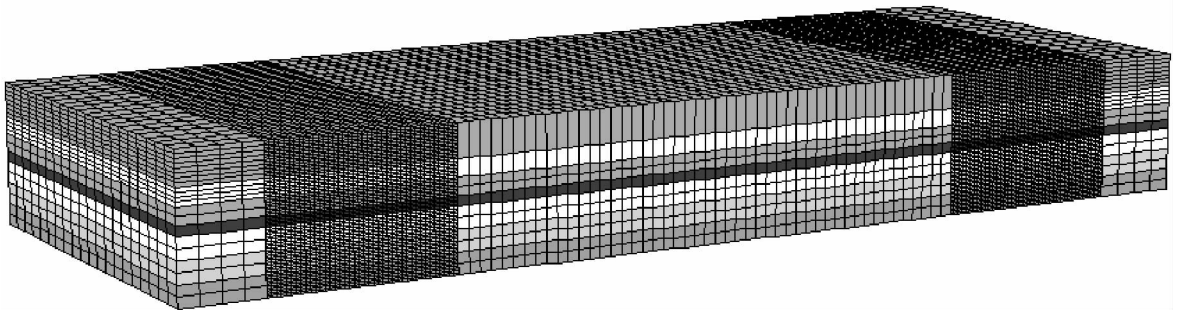


图 2 三维数值计算模型网格图
Fig. 2 Mesh diagram of three-dimensional numerical model

2 模拟结果及分析

2.1 裸巷模拟

8# 煤顺槽开挖完成后,顺槽内不加任何支护措施,即裸巷情况下模拟监测随着煤层分步开采时,距煤壁

不同距离巷道断面的应力场变化及变形破坏特征。

1) 应力场变化

随着 8# 煤层分步开挖, 监测距煤壁 50, 40, 30, 20, 10, 0 m 处的应力场变化, 距煤壁 50 m 和 0 m 的应力场分布如图 3 所示。

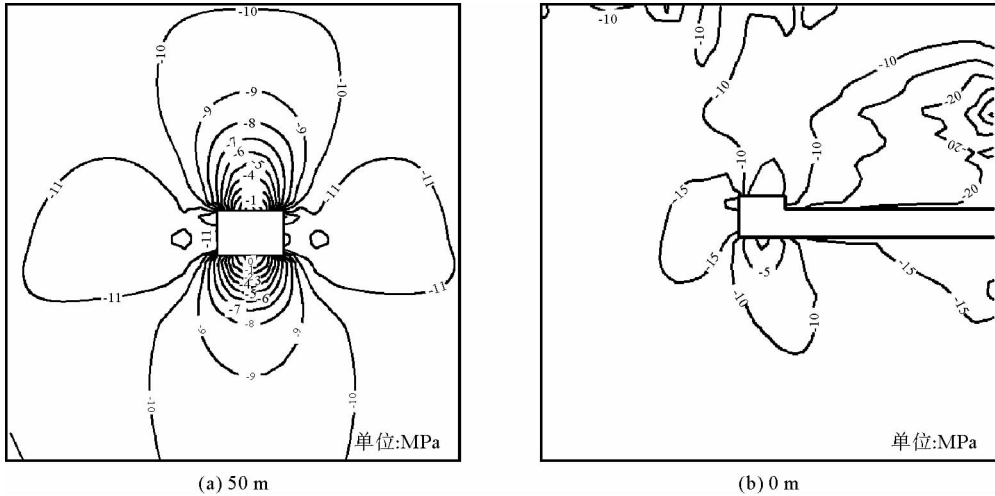


图 3 裸巷时距煤壁不同距离的应力场分布

Fig. 3 Stress field distribution of different distance to the coal wall in the bared roadway

8# 煤顺槽巷道裸巷条件下, 垂直方向应力随距煤壁距离的靠近时不断变化, 应力集中系数不断增大, 距煤壁 50, 40, 30, 20, 10, 0 m 时巷道围岩的应力集中系数分别为 1. 2538, 1. 2549, 1. 2654, 1. 2734, 1. 7977, 2. 6137 MPa。

2) 巷道围岩位移

随着 8# 煤层分步开挖进行, 监测距煤壁 50, 40, 30, 20, 10, 0 m 处的垂直方向的巷道围岩位移分布, 图 4 所示为距煤壁 50 和 0 m 处的垂直方向的巷道围岩位移分布图。

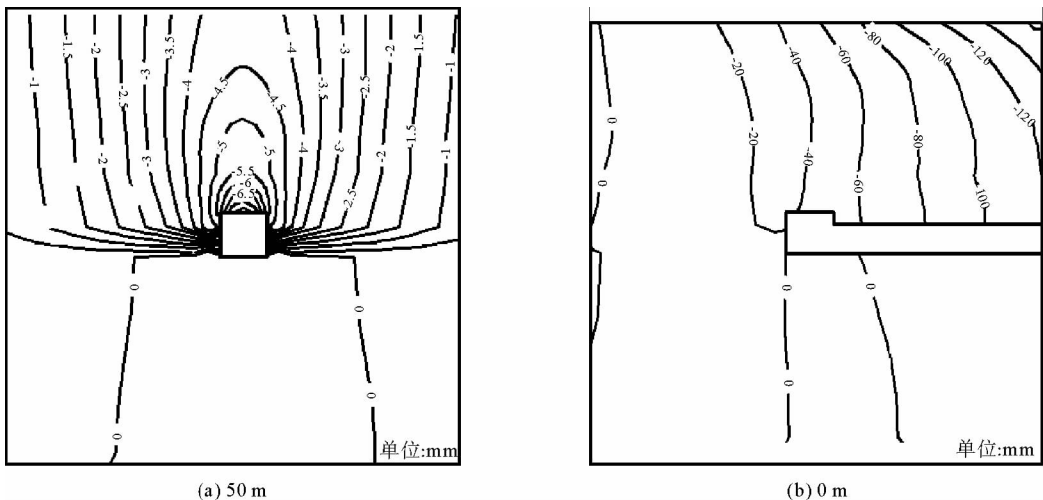


图 4 裸巷距煤壁不同距离巷道围岩断面位移分布

Fig. 4 Roadway section displacement distribution of different distance to the coal wall in the bared roadway

8# 煤顶底板条件较好,当工作面推进至观测面时,裸巷条件下巷道顶板的最大下沉位移量为 88.92 mm。

2.2 现有支护方案模拟

1) 应力场变化

运用数值模拟的方法对巷道支护的应力变化进行分析,大断面巷道条件下锚杆支护巷道合理支护参数尤为重要^[6-8]。随着 8# 煤层分步开挖,监测距煤壁 50,40,30,20,10,0 m 处的应力场变化,距煤壁 50 和 0 m 的应力场分布如图 5 所示。

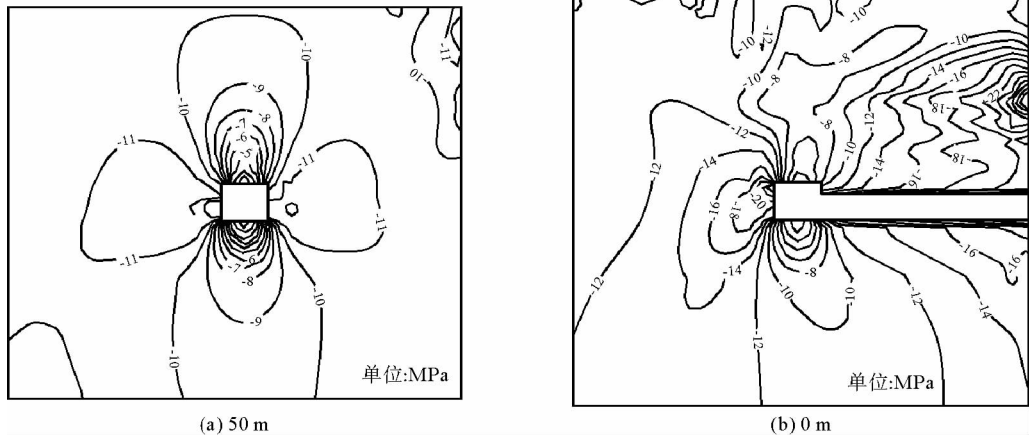


图 5 距煤壁不同距离巷道断面应力场分布

Fig. 5 Stress field distribution of different distance to the coal wall

采空区两侧顺槽在现有支护条件下,随着工作面回采的进行,工作面距观测面的距离不断减小,应力集中系数不断增大。当回采面与观测面重合时,顶板与两帮的帮角部分产生应力集中,巷道围岩的最大应力集中系数为 2.5759,最大应力集中区发生在两帮的上半部分。

2) 巷道围岩位移

随着 8# 煤层分步开挖进行,监测距煤壁 50,40,30,20,10,0 m 处的垂直方向的巷道围岩位移分布,图 6 所示为距煤壁 50 m 和 0 m 处的垂直方向的巷道围岩位移分布图。

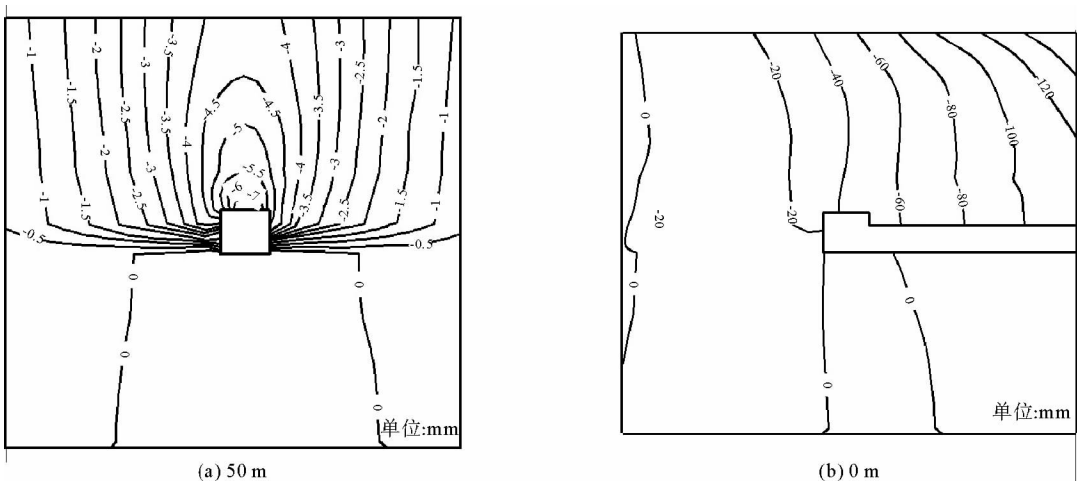


图 6 距煤壁不同距离时垂直方向位移

Fig. 6 Displacement of different distance to the coal wall in the vertical direction

在现有支护条件下,随采动的进行巷道顶板的下沉量逐渐增加。工作面回采靠近观测面时,巷道围岩的垂直方向位移增加较快,从距煤壁 10 m 时巷道围岩下沉量为 35.42 mm,增加至工作面推进至观测面时巷道顶板的下沉位移 44.35 mm,但是现有支护条件下下沉位移较小,现有支护条件下巷道顶板的下沉量相比“裸巷”条件下巷道顶板的下沉量有明显减小。

3 结论

1)地质条件不同,相应巷道的支护方式也不同,支护方式应当根据具体的地质条件来确定。

2)模拟结果表明,8#煤层直接顶为 L1 石灰岩,其裸巷和现有支护方式条件下都能达到使用要求。裸巷应力集中系数最大为 2.6137,最大变形量 88.92 mm;现有支护方式巷道应力集中系数最大为 2.5256,最大变形量 44.35 mm。

3)建议在 8#巷道顶板相对完整区采用裸巷的方式,在局部破碎区或大断面区采用加强支护的方式。

参考文献:

- [1]王东,段克信,郭丽丽.复合顶板巷道围岩变形与破坏特征数值模拟[J].辽宁工程技术大学学报:自然科学版,2009(S2):27-30.
WANG Dong,DUAN Kexin,GUO Lili. Numerical simulation of compound roof roadway surrounding rock deformation and failure characteristics[J]. Journal of Liaoning University of Science and Technology: Natural Science, 2009(S2): 27-30.
- [2]郭秀华,李珠,李科杰,等.深部巷道初期锚喷支护的非线性数值模拟分析[J].太原理工大学学报,2012,43(2):60-63.
GUO Xiuhua,LI Zhu,LI Kejie,et al. Nonlinear numerical simulation of deep roadway early anchor spray support[J]. Journal of Taiyuan University of Science and Technology, 2012,43(2): 60-63.
- [3]徐顺利,王建刚.大跨度巷道锚、梁、网、索耦合支护及数值模拟分析[J].煤矿支护,2009(1):36-39.
XU Shunli,WANG Jiangan. Numerical simulation of large span roadway coupling support with anchor,beam, network and cable[J]. Coal Mine Support, 2009(1): 36-39.
- [4]吴卫星.特殊地质条件下 K₂灰岩裸顶支护的研究与应用[J].中国煤炭,2012,38(1):60-63.
WU Weixing. Study and application of K₂ limestone bared roof support in special geological conditions[J]. China Mining, 2012,38(1): 60-63.
- [5]杨胜利,王进学,张鹏,等.破碎围岩巷道锚杆支护优化研究[J].金属矿山,2011(1):27-30.
YANG Shengli,WANG Jinxue,ZHANG Peng,et al. Study on support optimization of crushing surrounding rock roadway anchor[J]. Metal Mine, 2011(1): 27-30.
- [6]袁秋新,刘永,李伟,等.不同围岩条件下锚杆支护参数的研究[J].锚杆支护,2000(4):20-24.
YUAN Qiuxin,LIU Yong,LI Wei,et al. Study on anchor support parameters in different surrounding rock conditions[J]. Anchor Support, 2000(4): 20-24.
- [7]贾仁杜,姜丽华.优化锚杆布置合理选择支护密度[J].矿山机械,2001(8):11-15.
JIA Rendu,JIANG Lihua. Optimization anchor layout and reasonable selection support density[J]. Mining Machinery, 2001(8): 11-15.
- [8]郭建伟,杨战标.平顶山矿区深井回采巷道的高强协调支护技术[J].煤矿安全,2012,3(1):44-47.
GUO Jianwei,YANG Zhanbiao. Concerted support technology of deep well mining roadway[J]. Coal Mine Safety, 2012,3(1): 44-47.