

文章编号:1671-251X(2020)11-0041-05

DOI:10.13272/j.issn.1671-251x.17618

浅埋近距离煤层区段煤柱下 双巷布置可行性研究

吕 情 绪

(神华神东煤炭集团有限责任公司 技术研究院, 陕西 神木 719315)



扫码移动阅读

摘要:针对神东矿区某煤矿浅埋近距离煤层工作面协调开采时下煤层工作面双巷布置的可行性问题,采用数值模拟、物理模拟及现场实测方法,研究了上覆 35 m 宽区段煤柱下巷道的变形及塑性区破坏特征。结果表明:随着埋深增加,煤柱下双巷变形量增大,埋深为 300 m 时巷道顶底板累计移近量达 2.5 m,巷道变形破坏严重,且下煤层双巷之间的煤柱塑性区完全贯通,煤柱存在失稳现象;考虑到该矿三盘区实际埋深为 100 m 左右,此时煤柱下双巷受多次采动影响后的顶底板累计移近量模拟值为 180 mm、实测值为 32 mm,两帮累计移近量模拟值为 118 mm、实测值为 24 mm,巷道围岩塑性区破坏范围仅为 0.5 m,巷道总体保持良好。研究验证了该矿三盘区特定埋深条件下在区段煤柱下布置双巷是可行的,满足工作面安全高效生产需要。

关键词:煤炭开采;近距离煤层;区段煤柱;双巷布置;围岩稳定性;巷道变形;塑性破坏
中图分类号:TD323 **文献标志码:**A

Research on feasibility of double-roadway layout below
coal pillar in shallow and close coal seam

LYU Qingxu

(Coal Technology Research Institute, Shenhua Shendong Coal Group Co., Ltd., Shenmu 719315, China)

Abstract: For the feasibility of double-roadway layout in hypogynous coal seam in A Coal Mine of Shendong mining area when working faces in shallow and close coal seam are synchronously mined, roadway deformation and plastic zone failure characteristics below an overburden 35 m wide coal pillar are researched by use of numerical simulation, physical model and field measurement. The results indicate that the greater the cover depth is, the larger the roadway deformation is. Especially, cumulative displacement between roof and floor reaches 2.5 m with serious roadway deformation when cover depth is 300 m, and plastic zones of coal pillar between the double roadways in hypogynous coal seam completely link up, which shows unstability of the coal pillar. Considering the actual cover depth is only about 100 m in No.3 panel of the mine, the simulated cumulative displacement between roof and floor of roadway below the coal pillar after multi-mining is 180 mm and the actually measured one is 32 mm, the simulated cumulative displacement between two sides is 118 mm and actually measured one is 24 mm, and plastic zone failure scope of roadway surrounding rock is only 0.5 m, which is stable on the whole. The research verifies that double-roadway layout below coal pillar in No. 3 panel is feasible in some cover depths to satisfy requirements of safe and efficient production in working face.

Key words: coal mining; close coal seam; coal pillar; double-roadway layout; stability of surrounding rock; roadway displacement; plastic failure

收稿日期:2020-06-05;**修回日期:**2020-11-11;**责任编辑:**李明。
作者简介:吕情绪(1967—),男,内蒙古伊金霍洛旗人,高级工程师,现主要从事采矿和煤矿机电相关业务管理工作,E-mail:729067810@qq.com。
引用格式:吕情绪. 浅埋近距离煤层区段煤柱下双巷布置可行性研究[J]. 工矿自动化,2020,46(11):41-45.
LYU Qingxu. Research on feasibility of double-roadway layout below coal pillar in shallow and close coal seam[J]. Industry and Mine Automation,2020,46(11):41-45.

0 引言

随着煤炭资源逐步开采,越来越多的煤矿面临近距离煤层开采问题。开采上煤层时,下煤层巷道受上煤层影响较大,巷道围岩受到破坏,严重制约了矿井的高产高效^[1-4]。

徐敬民等^[5]研究了浅埋煤层动载矿压问题,揭示了动载矿压发生机理,并提出了有针对性的防治措施。鞠金峰等^[6-7]针对浅埋近距离煤层工作面频繁出现的压架灾害进行研究,提出了以促使关键块体提前回转、阻止和破坏其回转为思路的压架灾害防治措施。许家林等^[8]就浅埋近距离煤层重复采动关键层结构失稳与动载矿压机理进行了深入研究,提出了近距离煤层重复采动关键层结构失稳控制与防范措施。谢小平等^[9]、杨国枢等^[10]研究了近距离煤层二次采动对巷道围岩变形的影响。段晓博等^[11]分析了近距离煤层同采工作面底板破坏深度特征。郭敏^[12]研究了近距离煤层群上下煤层工作面同采时的合理错距。上述文献针对浅埋近距离煤层开采工作面强矿压机理、下煤层巷道围岩控制、底板破坏深度、同采工作面合理错距等方面展开研究,但目前涉及近距离煤层开采煤柱下双巷布置合理性的研究很少。

本文以神东矿区某煤矿为工程背景,针对近距离煤层工作面协调开采时下煤层巷道布置问题,通过数值模拟、物理模拟、现场实测方式,分析了双巷布置形式下巷道围岩变形情况,研究了该布置形式的可行性。

1 试验工作面基本情况

神东矿区某煤矿三盘区 1⁻²_上煤层和 1⁻²煤层间距为 0.8~12 m,属于近距离煤层开采条件。1⁻²_上煤层平均厚度为 3.0 m,1⁻²煤层平均厚度为 3.18 m,埋深为 106 m,上覆基岩厚度为 90 m,风积沙厚度为 10 m。因矿井采掘接续紧张,三盘区下煤层工作面按照一定的滞后距与上煤层工作面同步开采,已安全采出多个工作面。考虑到三盘区边界煤层群间距逐渐变小,最小值仅为 0.8 m,将下煤层巷道布置在上煤层采空区下时,若采用传统的架棚支护方式势必严重影响矿井高效生产;如果采用单巷掘进,由于工作面走向长度达 4 500 m,则巷道采掘通风难度较大。经综合考虑,确定采用神东矿区成熟的双巷掘进模式,在上煤层留设宽度为 35 m 的区段煤柱,在煤柱下各外错 4 m 布置下煤层双巷,如图 1 所示。

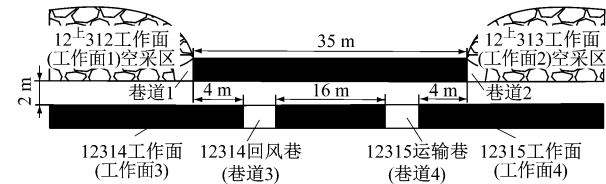


图 1 下煤层双巷布置

Fig. 1 Double-roadway layout in hypogynous coal seam

12314 回风巷(巷道 3)宽度为 5.6 m,12315 运输巷(巷道 4)宽度为 5.5 m,均采用锚杆、锚索及金属网联合支护。其中锚杆间排距为 1.1 m×1.2 m,每排打 6 根 $\phi 16\text{ mm}\times 2\ 100\text{ mm}$ 锚杆;锚索间排距为 2.8 m×3.0 m,每排打 2 根 $\phi 15.24\text{ mm}\times 6\ 500\text{ mm}$ 锚索。由于三盘区上下煤层工作面同步开采,导致巷道 4 先后经历上煤层 2 个工作面、下煤层邻近工作面及本工作面 4 次采动影响,需要提前开展该类条件下巷道布置的可行性研究。

2 数值模拟分析

2.1 数值模型及模拟方案

根据该矿地质条件,确定 FLAC3D 数值模型尺寸为 500 m×500 m×106 m(长×宽×高)。模型中上下煤层采高均为 3 m,煤层间距为 2 m,上煤层留设区段煤柱宽度为 35 m;下煤层巷道 3、巷道 4 与上煤层区段煤柱边界的外错水平距离为 4 m。采用摩尔-库伦弹塑性屈服准则本构关系,模型中各岩层力学参数见表 1。

表 1 岩层力学参数

Table 1 Mechanical parameters of rock strata

岩层 岩性	弹性模 量/GPa	黏聚 力/MPa	内摩擦 角/(°)	抗拉强 度/MPa
表土层	2.0	0.5	26	0.1
基岩	4.5	6.5	35	3.0
煤层	2.5	2.6	28	0.8
底板	3.0	4.5	30	1.5

制定 2 种模拟方案。方案 1 根据该矿下煤层巷道实际布置情况,在 100 m 埋深条件下分析下煤层巷道受多次采动影响后的变形特征,考察双巷布置的可行性。方案 2 在方案 1 基础上,在模型顶部分别给定 2.5、5.0 MPa 均布载荷(对应模拟 200、300 m 埋深条件)。在下煤层巷道 4 中部布置巷道变形监测点,同时在上下煤层的煤柱中各布置 1 条垂直应力监测线。

2.2 数值模拟结果

2.2.1 100 m 埋深条件下下煤层巷道变形特征
近距离煤层开采时通常待上煤层开采完毕且运动稳定后再依次开采下煤层。为掌握下煤层巷道 4

分别受上煤层工作面1、工作面2及下煤层邻近工作面3的采动影响程度,数值模拟分析100 m埋深条件下巷道4受上下煤层工作面3次采动影响后的变形情况,结果如图2所示(定义监测点位于工作面前方时距离为负值)。可看出下煤层工作面3开采对巷道4的影响最大,上煤层2个工作面开采对巷道4影响不大,最终巷道4受上下煤层3次采动影响后顶底板累计移近量为180 mm,两帮累计移近量为118 mm,巷道总体保持良好,满足本煤层工作面4安全开采要求。

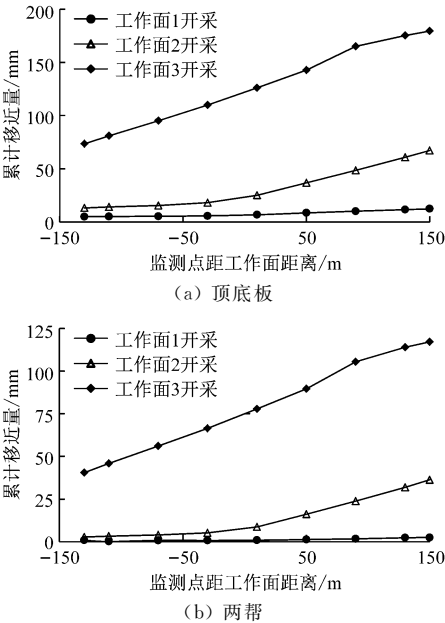


图2 100 m埋深条件下巷道4受采动影响变形情况
Fig. 2 Displacement of No. 4 roadway influenced by mining under the condition of 100 m cover depth

2.2.2 不同埋深条件下下煤层巷道变形特征

考虑到该矿上下煤层工作面按照500 m左右错距同步开采的实际情况,模拟先开采工作面1和工作面3、再开采工作面2和工作面4的情况。不同埋深条件下巷道4受4次采动影响后的变形情况如图3所示。可看出巷道4受工作面1和工作面3采动影响的变形量较小,当工作面1和工作面3采完后,巷道4在100,200,300 m埋深条件下对应的

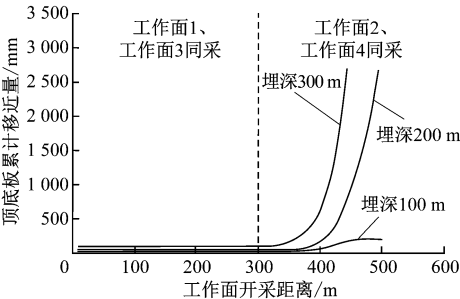


图3 不同埋深条件下巷道4受采动影响变形情况
Fig. 3 Displacement of No. 4 roadway influenced by mining under different cover depths

顶底板累计移近量分别为48,69,104 mm。但当工作面2和工作面4同步开采时,巷道4在200,300 m埋深条件下的顶底板累计移近量达2.5 m以上,严重影响了工作面4安全开采。可见埋深较大时,在35 m区段煤柱下已经不适合进行双巷布置。

下煤层区段煤柱所受支承应力分布及双巷围岩塑性区破坏情况如图4、图5所示。从图4可看出,随着埋深增大,下煤层区段煤柱所受支承应力峰值不断增大,支承应力曲线由马鞍形转变为驼峰形;100,200,300 m埋深对应的应力峰值分别为9.2,20.1,24.5 MPa。从图5可看出,在100 m埋深条件下,巷道围岩塑性区破坏范围仅为0.5 m,当埋深达到300 m时,下煤层双巷之间的煤柱塑性区已完全贯通,表明煤柱存在失稳现象,此时极不利于巷道维护和使用。上述研究表明该矿三盘区特定埋深条件下在煤柱下布置双巷是可行的。

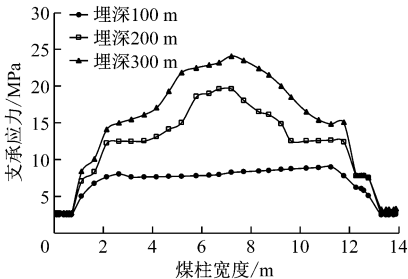


图4 下煤层煤柱支承应力分布曲线
Fig. 4 Abutment stress distribution curves of coal pillar in hypogynous coal seam

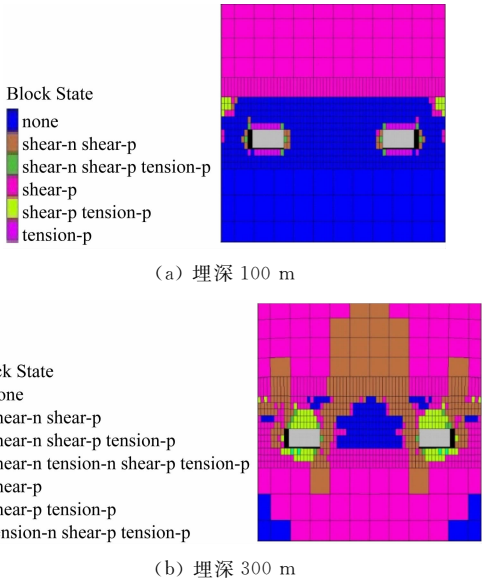
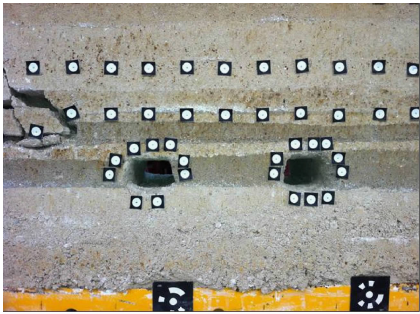


图5 下煤层双巷围岩塑性区破坏范围
Fig. 5 Plastic zone failure scope of surrounding rock of double-roadway in hypogynous coal seam

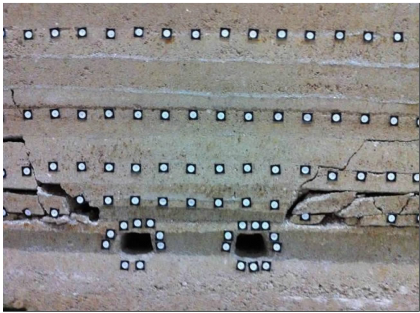
3 物理模拟分析

对照该矿地质条件建立物理模型,尺寸为

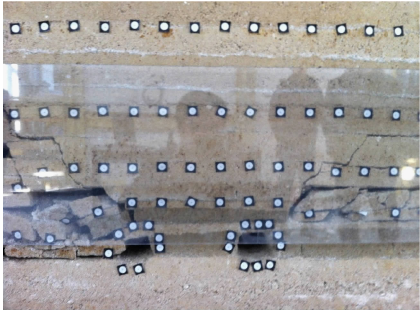
2.5 m×0.25 m×1.3 m(长×宽×高),煤层间距为 2 m。模型几何相似比为 1:100,下煤层巷道宽度为 5.5 m。在巷道周边及上煤层顶界面布置位移监测点。模拟上煤层工作面 1、工作面 2 和下煤层工作面 3 开采对巷道 4 的变形影响,结果如图 6 所示。



(a) 工作面 1 开采



(b) 工作面 2 开采



(c) 工作面 3 开采

图 6 工作面采后下煤层巷道围岩变形
Fig. 6 Surrounding rock displacement of roadway in hypogynous coal seam after working faces mining

物理模拟结果表明,上煤层工作面 1 和工作面 2 开采对下煤层双巷变形影响较小,仅为 50~80 mm,且巷道 4 在下煤层工作面 3 开采后仍保持完好,满足实际生产要求。

4 现场实测

对该矿区段煤柱下双巷变形情况进行现场实测,在距下煤层工作面 4 切眼(12315 切眼)132 m 处每隔 10 m 布置 1 个观测点,共布置 4 个,如图 7 所示。实测发现,工作面 4 开采至距 1 号观测点 80 m 时,巷道开始出现移动变形;开采至 40 m 时变形速度加快,但累计变形量不大,实测巷道 4 顶底板

累计移近量为 32 mm,两帮累计移近量为 24 mm,巷道断面尺寸总体稳定,满足工作面安全高效生产需要。

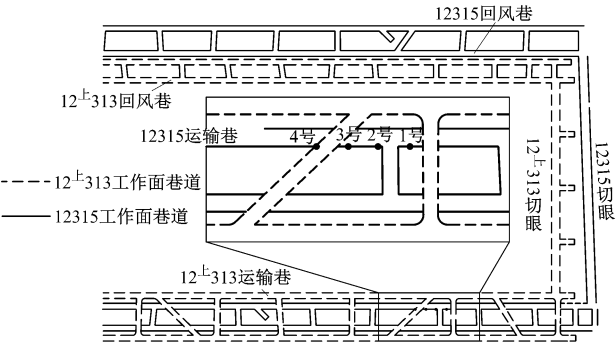


图 7 巷道变形观测点布置

Fig. 7 Layout of roadway displacement measuring points

5 结语

为了实现神东矿区某煤矿浅埋近距离煤层工作面同步高效开采,在上煤层留设 35 m 宽煤柱下布置下煤层双巷,采用锚杆、锚索联合支护代替近距离开采时传统的架棚支护方式。数值模拟和物理模拟结果表明,在该矿三盘区特定地质条件下,下煤层巷道 4 虽受多次采动影响,但巷道变形量总体控制在 200 mm 以内;实测结果表明顶底板累计移近量为 32 mm,两帮累计移近量为 24 mm,巷道总体稳定,满足综采工作面安全生产需要。

参考文献(References):

[1] 张宇旭,王科. 煤巷底鼓破坏特征及支护技术研究[J]. 工矿自动化,2019,45(6):73-79.
ZHANG Yuxu, WANG Ke. Research on failure characteristics of floor heave and support technology in coal roadway[J]. Industry and Mine Automation, 2019,45(6):73-79.

[2] 田坤云,孙光中. 王行庄煤矿近距离保护层开采防突效果考察[J]. 工矿自动化,2016,42(9):33-37.
TIAN Kunyun, SUN Guangzhong. Study on outburst prevention effect of short range protective seam mining of Wangxingzhuang Coal Mine[J]. Industry and Mine Automation, 2016,42(9):33-37.

[3] 周连春,李望,王琰. 上覆煤层煤柱下采掘工作面应力分布规律研究[J]. 煤炭工程,2020,52(5):121-125.
ZHOU Lianchun, LI Wang, WANG Yan. Stress distribution law of mining face under coal pillar of overlying coal seam [J]. Coal Engineering, 2020, 52(5):121-125.

[4] 孟庆妮. 近距离煤层采空区下工作面巷道支护研究[J]. 煤炭工程,2020,52(5):63-66.
MENG Qingni. Roadway support of working face under goaf in contiguous coal seams [J]. Coal

Engineering,2020,52(5):63-66.

[5] 徐敬民,朱卫兵,鞠金峰.浅埋房采区下近距离煤层开采动载矿压机理[J].煤炭学报,2017,42(2):500-509.

XU Jingmin,ZHU Weibing,JU Jinfeng. Mechanism of dynamic mine pressure occurring below adjacent upper chamber mining goaf with shallow cover depth [J]. Journal of China Coal Society, 2017, 42 (2): 500-509.

[6] 鞠金峰,许家林.浅埋近距离煤层出煤柱开采压架防治对策[J].采矿与安全工程学报,2013,30(3):323-330.

JU Jinfeng,XU Jialin. Prevention measures for support crushing while mining out the upper coal pillar in close distance shallow seams[J]. Journal of Mining & Safety Engineering,2013,30(3):323-330.

[7] 鞠金峰,许家林,朱卫兵,等.浅埋近距离一侧采空煤柱下切眼位置对推出煤柱压架灾害的影响规律[J].岩石力学与工程学报,2014,33(10):2018-2029.

JU Jinfeng,XU Jialin,ZHU Weibing,et al. Influence of cut-hole position on support crushing during mining out coal pillar at the side of upper goaf in close distance of shallow seams[J]. Chinese Journal of Rock Mechanics and Engineering,2014,33(10):2018-2029.

[8] 许家林,朱卫兵,王晓振,等.沟谷地形对浅埋煤层开采矿压显现的影响机理[J].煤炭学报,2012,37(2):179-185.

XU Jialin,ZHU Weibing,WANG Xiaozhen,et al. Influencing mechanism of gully terrain on ground pressure behaviors in shallow seam longwall mining [J]. Journal of China Coal Society, 2012, 37 (2): 179-185.

[9] 谢小平,苏静,魏中举,等.多次采动影响下近距离回采巷道围岩控制技术[J].煤矿安全,2019,50(3):81-84.

XIE Xiaoping,SU Jing,WEI Zhongju,et al. Surrounding rock control technology of close distance mining roadways under the influence of multiple mining activites [J]. Safety in Coal Mines, 2019, 50(3):81-84.

[10] 杨国枢,王建树.近距离煤层群二次采动覆岩结构演化与矿压规律[J].煤炭学报,2018,43(增刊2):353-358.

YANG Guoshu,WANG Jianshu. Overburden structure evolution and pressure law of second mining in close-range coal seam group[J]. Journal of China Coal Society,2018,43(S2):353-358.

[11] 段晓博,郭帅,郑文翔,等.极近距离煤层同采工作面底板采动破坏深度研究[J].煤炭技术,2018,37(12):14-17.

DUAN Xiaobo,GUO Shuai,ZHENG Wenxiang,et al. Mining-induced failure depth of floor strata of simultaneously mined face in ultra-close distance coal seams[J]. Coal Technology,2018,37(12):14-17.

[12] 郭敏.近距离煤层群同采工作面合理错距研究[J].煤矿安全,2012,43(10):28-30.

GUO Min. Rational malposition research of simultaneous mining working faces in close distance seam group[J]. Safety in Coal Mines,2012,43(10):28-30.