

开采技术与装备

# 近距离煤层群上煤层区段煤柱合理宽度研究

任志成, 孔德中, 宋高峰

(中国矿业大学(北京)资源与安全工程学院, 北京 100083)

**[摘要]** 针对近距离煤层群上煤层留设的区段煤柱在煤柱下方形成一定区域的应力增高区, 下煤层回采巷道受集中应力影响维护困难、严重影响正常生产这一难题, 结合新柳矿地质条件采用 UDEC<sup>2D</sup> 数值计算及现场实测研究了煤柱下方底板集中应力分布特征, 分析了下煤层回采巷道的布置方式对巷道围岩变形的影响, 研究表明: 上煤层残留煤柱越大, 底板应力集中系数越大; 在上煤层残留煤柱集中应力影响和本煤层工作面采动引起的应力重新分布耦合作用下, 回采巷道顶底板及两帮移近量接近 2000mm, 巷道变形破坏严重。提出把巷道布置在采空区下方应力降低区内, 减少本煤层区段煤柱宽度以及加强巷道超前支护可保证下煤层巷道稳定。

**[关键词]** 近距离煤层群; 区段煤柱; 合理宽度; 回采巷道; 围岩变形量; 数值模拟

**[中图分类号]** TD822.3 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1006-6225 (2014) 02-0038-04

## Rational Width of Section Coal-pillar in Upper Coal-seam of Coal-seams

REN Zhi-cheng, KONG De-zhong, SONG Gao-feng

(Resources & Safety Engineering School, China University of Mining & Technology (Beijing), Beijing 100083, China)

**Abstract:** In order to solve the problem of difficulty controlling roadway deformation and seriously influencing production in high stress area influenced by section coal-pillar of upper close coal-seam, applying UDEC<sup>2D</sup> numerical software to simulating floor stress concentration status on the basis of geological condition of Xinliu Colliery, this paper analyzed the influence of mining roadway layout of lower coal-seam on surrounding rock deformation. Results showed that the residual coal-pillar of upper coal-seam bigger, the floor stress concentration coefficient larger. Convergence of floor and roof, two-sides of mining roadway was near to 2000mm under the combined action of concentration stress influence of upper coal-pillar and stress redistribution reduced by mining of this coal-seam. It was put forward that locating roadway in stress reduction area under upper gob, shortening section coal-pillar width and strengthening advanced supporting could keep roadway stability.

**Keywords:** close coal-seams; section coal-pillar; rational width; mining roadway; deformation amount of surrounding rock; numerical simulation

随着煤炭资源开采力度的增大, 开采近距离煤层的矿井越来越多。上煤层工作面回采后残留的煤柱, 不仅在煤柱上形成应力集中, 而且当相邻两层煤层间距较近时, 煤柱支承压力向底板传播, 影响到邻近煤层的开采和下层煤回采巷道的稳定<sup>[1-5]</sup>。近距离煤层下部煤层开采出现了许多与单一煤层开采相比不同矿山压力现象, 如明显的片帮、底鼓等现象, 巷道变形严重, 支护困难, 返修率增加<sup>[6-10]</sup>。因此, 在近距离煤层开采过程中, 上煤层残留煤柱对下煤层回采巷道布置和维护产生重要影响。文献 [11] 对近距离煤层群回采巷道失稳机制及其防治进行了研究, 研究得出: 当下层煤巷道位于采空区遗留煤柱正下方、本煤层邻近工作面护巷煤柱较小时, 受采动影响后巷道容易失稳; 文

献 [12] - [14] 对极近距离煤层回采巷道合理位置确定进行了研究, 研究表明: 下部煤层回采巷道布置, 除避开煤柱支承压力增高区外, 还应兼顾煤柱下底板应力非均匀分布特征的影响; 文献 [15] 对极近距离煤层下层煤回采巷道矿压规律进行了研究, 研究得出: 综放回采巷道在残留煤柱影响与本层煤回采引起的应力耦合作用下, 回采巷道变形量大。

总结关于近距离煤层开采的研究, 下煤层回采巷道的布置主要与上煤层残留煤柱宽度有关, 此外还与煤柱下底板应力分布环境有关。本文以新柳矿 10 号煤和 11 号煤近距离煤层开采过程中, 11 号煤回采巷道为工程背景, 对近距离煤层下煤层回采巷道布置进行研究, 以期类似条件下巷道布置和围

[收稿日期] 2013-09-25

[DOI] 10.13532/j.cnki.cn11-3677/td.2014.02.011

[基金项目] 国家重点基础研究发展计划 (973 计划) 资助项目 (2013CB227903); 中央高校基本科研业务费专项资金资助 (2010QZ02)

[作者简介] 任志成 (1989-), 男, 河北衡水人, 在读硕士研究生, 研究方向为采场矿山压力显现规律。

[引用格式] 任志成, 孔德中, 宋高峰. 近距离煤层群上煤层区段煤柱合理宽度研究 [J]. 煤矿开采, 2014, 19 (2): 38-41.

岩控制提供理论依据。

## 1 工程概况

新柳矿井田主采9号、10号和11号煤层，层间距离小且不稳定，层间距0.07~23m，平均2.66m，下层煤开采受上层煤影响严重，属近距离煤层群开采。目前10号煤大部分采完，留下了大量区段煤柱。正在进行回采的2311工作面开采11号煤，11号煤厚4.6~6.9m，均厚5.1m，煤层较稳定，含有4层夹矸，厚约0.02~0.1m。煤层倾角平均6°左右，属近水平煤层。直接顶为页岩，均厚4m，基本顶为致密坚硬砂岩，均厚6m，底板为铝土泥岩。10号煤层平均厚度3m，上距9号煤层1.5m，顶板为灰黑色、深灰色泥页岩，该层泥页岩性脆，节理比较发育。9号煤层直接顶为一层泥岩，厚0~1.7m，平均厚度1m，水份含量较高，氧化现象比较明显，基本顶为K<sub>2</sub>石灰岩，厚5~6m，底板为10号煤层顶板。

2311工作面采用大采高综采一次采全高走向长壁后退式采煤法，工作面长度200m，采高5m，采用盘区式布置方式。2311工作面回采期间上下巷局部区段矿山压力显现极其严重，其中靠煤壁一端显现略强于另外一端，而顶板的破碎程度却比两帮小很多。初步推断其主要原因是由于10号煤层残留的煤柱在底板产生应力集中，导致两帮的破坏极其严重。

## 2 煤柱底板应力分布

上煤层开采改变了原岩应力分布状态，不仅在工作面四周形成支承压压力，而且支承压压力向煤层底板传播，会在底板重新分布，由于残留煤柱的存在，将在煤柱下方形成应力增高区、在远离煤柱一定距离采空区下方形成应力降低区，见图1所示。



图1 煤柱底板应力分布

对于自然垮落法管理顶板的采用长壁工作面开采，采空区上覆岩层随着工作面向前推进周期性垮落。整个工作面上覆岩层表现为分段、分期、迁移垮落的特征。工作面中部上覆岩层破断垮落充填采空区，而靠近端头采空区上覆岩层则由于深入煤柱

和工作面前方煤体内，部分位置呈铰接暴露的状态，因而把自身部分重量以及上覆岩层的载荷转移到了煤柱和前方工作面煤体内，形成了高于原岩应力的应力增高区。对于塑性煤柱，由于煤柱的稳定性大大降低，煤柱的承载能力将会发生改变，相应向底板煤传递应力的集中程度明显降低。当煤柱宽度大于塑性煤柱最小宽度，煤柱中央存在弹性核区，煤柱向底板传递应力的集中程度增高，相应煤柱下的底板煤层中会有一个影响范围较大的应力增高区。而煤柱宽度大小和煤层及顶底板岩性对煤柱集中应力在底板岩层分布范围有直接影响。

## 3 残留煤柱底板应力数值模拟

### 3.1 模型建立

不同残留煤柱宽度在底板形成的应力集中程度及支承压力不均衡程度不同。以新柳矿地质条件为原型，采用 UDEC<sup>2D</sup> 软件模拟不同煤柱宽度下底板应力分布，采用平面应变模型，模型长500m，高100m。模型上部施加5MPa压力，模型底部及左右均为固定边界，力学参数如表1所示。

表1 岩层的物理力学参数

| 类别   | 密度/<br>(kg·m <sup>-3</sup> ) | 体积模<br>量/GPa | 剪切模<br>量/GPa | 抗拉强<br>度/MPa | 内摩擦<br>角/(°) | 黏聚<br>力/MPa |
|------|------------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|-------------|
| 石灰岩  | 2720                         | 8.00         | 4.28         | 5.23         | 45           | 7.8         |
| 高龄泥岩 | 2680                         | 7.98         | 4.01         | 3.00         | 42           | 6.3         |
| 页岩   | 2440                         | 4.32         | 2.44         | 1.79         | 40           | 5.0         |
| 煤    | 1440                         | 2.42         | 1.31         | 1.00         | 25           | 2.0         |
| 泥岩   | 2460                         | 5.33         | 2.54         | 2.00         | 42           | 4.2         |

### 3.2 模拟结果分析

图2为上位10号煤层开采后不同残留煤柱宽度(5m, 10m, 15m, 20m)底板支承压压力集中系数分布图。从图2中可以看出：

(1) 应力增高区主要集中在煤柱正下方，应力降低区集中在距煤柱边缘一定距离的采空区下方。残留煤柱宽度为5m时，下煤层巷道所在水平的应力降低区距煤柱中心线水平距离9m；残留煤柱宽度为10m时，应力降低区距煤柱中心线水平距离13m；残留煤柱宽度为15m时，应力降低区距煤柱中心线水平距离17m；残留煤柱宽度为20m时，应力降低区距煤柱中心线水平距离21m。

(2) 随着煤柱宽度的增加，煤柱传递影响角基本保持不变，但影响范围增加，且应力集中系数增大。残留煤柱宽度为5m时，底板应力集中系数最大值是6；残留煤柱宽度为10m时，底板应力集中系数最大值是10.5；残留煤柱宽度为15m时，底板应力集中系数最大值是12；残留煤柱宽度为

20m 时，底板应力集中系数最大值是 14.5。

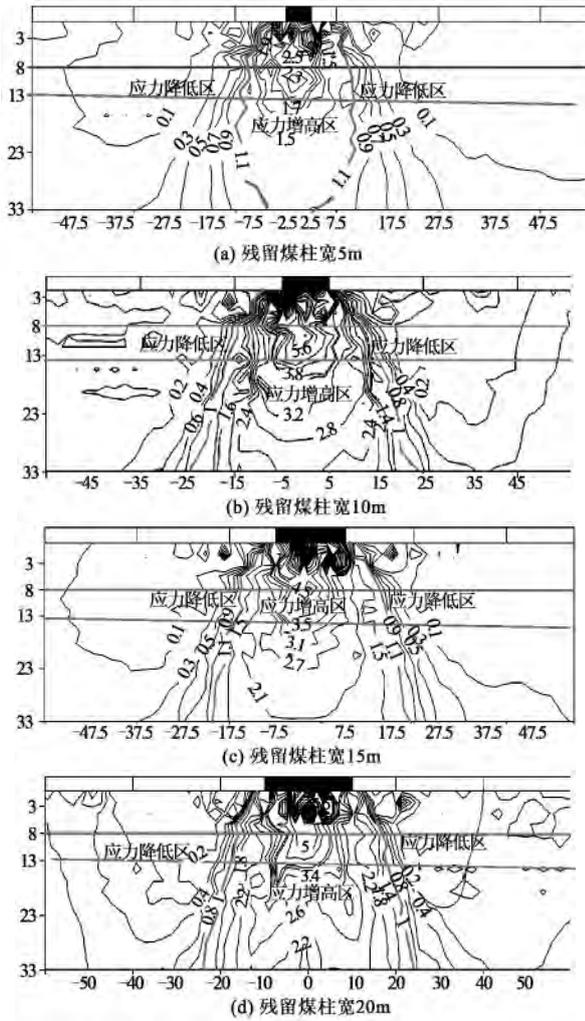


图 2 不同煤柱宽度底板应力集中系数分布

因此，近距离煤层上煤层开采后残留煤柱会在下煤层形成应力集中，且煤柱越宽，在底板中形成支撑压力集中系数就越大，影响范围也越大。下煤层巷道应布置在距煤柱水平距离一定范围内应力降低区内。

### 4 现场实测分析

下煤层回采过程中，上煤层开采后残留煤柱在下煤层形成应力集中，如果回采巷道布置在上煤层残留煤柱产生的集中应力影响范围内，巷道将产生较大变形。通过在现场实际测量集中应力影响下的巷道以及未受集中应力影响的回采巷道顶底板及两帮的变形量，根据所测数据分析上煤层残留煤柱对下煤层回采巷道的的影响，以确定上煤层残留煤柱留设的合理宽度，为下煤层的回采巷道设计以及支护提供依据。

通过对下煤层 241103，241105 工作面回采期间两巷变形量的观测，对得到的数据进行整理分析

得出下煤层回采巷道布置于上煤层留设不同宽度 (5m, 10m, 15m, 20m) 的煤柱下以及巷道布置在煤柱影响范围之外的围岩位移量曲线，如图 3、图 4 所示。

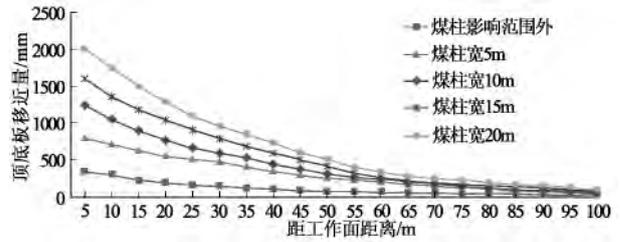


图 3 巷道布置于不同宽度煤柱下巷道顶底板移近量

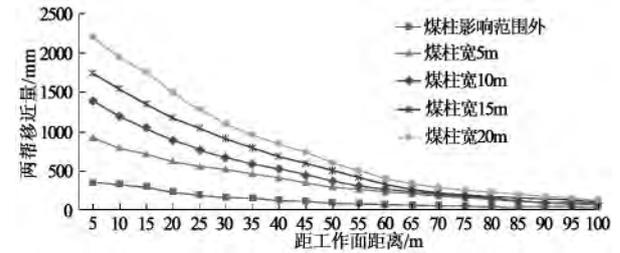


图 4 巷道布置于不同宽度煤柱下巷道两帮移近量

由图 3 和图 4 可知，巷道布置在上煤层残留煤柱影响区外时，巷道顶底板及两帮移近量都相对较小，受采动影响后最大移近量为 350 ~ 360mm；随着煤柱宽度的增大，巷道围岩变形量也增大，煤柱宽度为 20m 时，巷道顶底板移近量达到 2000mm，是巷道布置在煤柱影响区外巷道变形量的 5.7 倍，是煤柱宽度为 5m 时巷道顶底板移近量的 2.5 倍；工作面推进过程中，巷道在距工作面前 50m 范围内，巷道两帮及顶底板移近量较大，而在距离回采工作面 90m 以外的范围时，巷道表面移近量较小。因此，可以认为工作面采动超前支撑压力影响范围为 90m，其中距工作面 50m 范围内为超前影响剧烈阶段，相对于巷道布置在上层煤残留煤柱影响区外，受上煤层残留煤柱影响的巷道变形量很大。

因此，下煤层回采巷道布置及支护参数的优化设计应考虑上煤层残留煤柱及本煤层采动影响情况。采取与上煤层残留煤柱平行的方式布置工作面，把巷道布置在与煤柱中心线有一定距离采空区下方应力降低区内，避开残留煤柱应力集中对回采巷道的的影响；同时在保证煤柱稳定的前提下，减小本煤层区段煤柱宽度，使回采巷道处于采空区侧向支撑压力降低区；此外，还要对锚梁网索支护参数进行合理设计，提高控制围岩变形能力。

### 5 结论

以新柳矿近距离煤层开采过程中，受上煤层残

留煤柱产生的集中应力影响的下煤层工作面回采巷道为背景, 采用数值模拟及现场实测等研究手段对上煤层区段煤柱留设的合理宽度进行研究得出以下结论:

(1) 上煤层残留煤柱的正下方产生一定区域的应力增高区, 残留煤柱宽度越大, 应力集中系数越大, 同一水平处底板岩层应力集中系数在煤柱中心线处最大; 煤柱边缘一定距离的采空区下为应力降低区, 煤柱宽度越小, 应力降低区距离煤柱中心距离越小。

(2) 实测表明布置在残留煤柱影响区域外的巷道顶底板及两帮移近量较小, 残留煤柱下方巷道围岩变形量较大, 分析得出残留煤柱宽度越大, 巷道变形量越大。当残留煤柱为 20m 时, 围岩变形量达到 2000mm, 严重影响工作面正常生产。

(3) 上煤层留设区段煤柱在满足安全生产的前提下, 应当尽量减小其宽度, 从而减少煤柱对下层煤回采的影响。下层煤回采巷道应该布置在上层煤残留煤柱影响区域外的应力降低区内, 有利于巷道的维护, 从而保证工作面安全生产。

#### [参考文献]

- [1] 巩克玉, 单传杰. 煤柱下巷道的矿压显现机理与控制 [J]. 矿山压力与顶板管理, 2001 (4): 220-221.  
[2] 康健, 孙广义, 董长吉. 极近距离薄煤层同采工作面覆岩

- 移动规律研究 [J]. 采矿与安全工程学报, 2010, 27 (1): 51-55.  
[3] 谢文兵, 史振凡, 殷少举. 近距离跨采对巷道围岩稳定性影响分析 [J]. 岩石力学与工程学报, 2004, 23 (12).  
[4] 王泳嘉, 陶连金, 邢纪波. 近距离煤层开采相互作用的离散元模拟研究 [J]. 东北大学学报, 1997, 18 (4).  
[5] 王卫军, 侯朝炯. 回采巷道煤柱与底板稳定性分析 [J]. 岩土力学, 2003, 24 (1): 275-278.  
[6] 周启为. 王村矿极近距离煤层开采技术 [J]. 煤炭科学技术, 2006, 34 (3): 6-10.  
[7] 张嘉凡, 石平五, 邵小平. 急斜近距离煤层联合开采覆岩运移规律模拟 [J]. 采矿与安全工程学报, 2009, 26 (2).  
[8] 郑百生, 谢文兵, 龚林名, 等. 近距离孤岛工作面动压影响巷道围岩控制 [J]. 中国矿业大学学报, 2006, 35 (4).  
[9] 孙春东, 杨本生, 刘超. 1.0 m 极近距离煤层联合开采矿压规律 [J]. 煤炭学报, 2011, 36 (9): 1424-1428.  
[10] 丁永红, 崔千里. 近距离煤层上层煤柱下应力分布规律及巷道支护技术 [J]. 煤矿开采, 2013, 18 (4): 82-84, 23.  
[11] 方新秋, 郭敏江, 吕志强. 近距离煤层群回采巷道失稳机制及其防治 [J]. 岩石力学与工程学报, 2009, 28 (10): 2060-2066.  
[12] 张百胜, 杨双锁, 康立勋. 极近距离煤层回采巷道合理位置确定方法探讨 [J]. 岩石力学与工程学报, 2008, 27 (1).  
[13] 李瑞琪. 极近距离煤层巷道重叠布置支护技术研究 [J]. 煤矿开采, 2012, 17 (5): 57-59.  
[14] 张炜, 张东升, 陈建本, 等. 极近距离煤层回采巷道合理位置确定 [J]. 中国矿业大学学报. 2012, 41 (2).  
[15] 屠世浩, 王方田, 龚凤金, 等. 上层煤柱下综放沿空回采巷道矿压规律研究等 [J]. 中国矿业大学学报, 2010, 39 (1): 2-5. [责任编辑: 林健]

(上接 97 页)

面开采宽度为 93.4m, 其采宽采深之比仅为 28%, 由于开采不充分, 因此, 地表移动变形值相应就小。

此次试采, 地表岩移观测值虽然小, 但也证明了下沟井田洛河、宜君砂砾岩对地表岩层移动变形的控制作用, 同时也证明了开采充分度对地表移动变形的影响, 从而对下沟井田今后进行建(构)筑物下、铁路、公路下综放开采工作面的设计具有指导意义。

#### 4 结论

(1) 下沟煤矿综放开采条件下导水裂缝带高度介于 111.8~125.8m, 裂采比介于 12.02~13.53 倍。

(2) 由于煤层上覆巨厚坚硬洛河砂岩、宜君砾岩对地表岩层移动变形的控制作用以及开采充分度的影响, 下沟煤矿地表移动变形值较小。

#### [参考文献]

- [1] 刘治国. 下沟煤矿泾河及砂砾岩含水层下综放开采分析 [J]. 煤炭科学技术, 2012, 40 (8): 32-35.  
[2] 李春睿, 齐庆新, 刘治国. 煤矿开采覆岩渗流场的有限差分分析 [J]. 辽宁工程技术大学学报 (自然科学版), 2009 (S1).  
[3] 张玉军, 康永华. 覆岩破坏规律探测技术的发展及评价 [J]. 煤矿开采, 2005, 10 (2): 10-12.  
[4] 煤炭科学研究总院北京开采研究所. 煤矿地表移动与覆岩破坏规律及应用 [M]. 北京: 煤炭工业出版社, 1981.  
[5] 李杰. 万利矿区浅埋煤层开采地表移动变形规律 [J]. 煤矿开采, 2013, 18 (4): 9-13.  
[6] 张玉军, 李凤明. 高强度综放开采采动覆岩破坏高度及裂隙发育演化监测分析 [J]. 岩石力学与工程学报, 2011, 30 (S).  
[7] 谭志祥, 王宗胜, 李运江, 等. 高强度综放开采地表沉陷规律实测研究 [J]. 采矿与安全工程学报, 2008 (1). [责任编辑: 施红霞]