

水峪煤矿 9[#]煤层开采对 10[#]-11[#] 合并层 大采高工作面矿压影响研究

马 晋¹, 王永秀², 李宝珠¹

(1. 汾西矿业集团, 山西 介休 031200; 2. 天地科技股份有限公司 开采所事业部, 北京 100013)

[摘 要] 通过数值模拟方法研究分析表明, 由于 9[#]煤的开采, 10[#]-11[#]合并层开采顶板矿压显现明显减弱, 从而使 10[#]-11[#]合并层煤壁和顶煤顶板管理条件得到较大的改善, 工作面支架能够得到较好的维护。研究结果为水峪煤矿 10[#]-11[#]合并层开采方法选择提供了必要的理论依据。

[关键词] 顶分层开采; 矿压显现; 数值模拟; FLAC

[中图分类号] TD323

[文献标识码] A

[文章编号] 1006-6225 (2004) 04-0064-04

Mining in 9[#] coal seam's effect to underground pressure of great height mining face in 10[#]-11[#] union seams in Shuiyu mine

MA Jin¹, WANG Yong-xiu², LI Bao-zhu¹

(1. Fengxi mine group, Jiexiu 031200, China; 2. Coal Mining Technology Dept. Tiandi Science & Technology Co., LTD, Beijing 100013, China)

Abstract: By numerical simulation, authors studied underground pressure of 10[#]-11[#] union seams' roofs. Because of mining in 9[#] coal seam, underground pressure of 10[#]-11[#] union seams' roofs weaken distinctly, management condition of 10[#]-11[#] union seams' roofs improve; brackets can be maintenance better in working face. Result of research given theoretic gist for selection of mining method in 10[#]-11[#] union seams in Shuiyu mine.

Key words: mining top coal; underground pressure emerging; numerical simulation; FLAC

水峪煤矿现回采工作面 7103 为综放开采 10[#]-11[#] 合并层, 上方 9[#]煤层已经采过。工作面长度为 150m, 共安装 ZF4000-14/28B 型支架 94 架, 过渡支架 6 架, 两端各 3 架, 架型为 ZPT6000-14/28。另在运输巷安装 1 架端头支架, 架型为 ZF19200-16/30。目前 7103 工作面 1 个循环产量为 600t, 月产量为 120kt。

顶板矿压显现强度是影响采煤方法选择的重要因素之一, 为此在对 10[#]-11[#] 合并层的开采方法论证中, 运用数值模拟分析方法研究了 9[#]煤层开采对合并层大采高开采的矿压影响。

1 煤岩层条件

开采煤层 10[#]-11[#] 合并层为复杂煤层, 含夹矸 7~9 层, 其中 1[#], 3[#], 4[#]夹矸为窝子矸, 煤层节理裂隙发育, 埋藏稳定。

10[#]-11[#] 合并层直接顶为灰色泥岩, 为 9[#]煤层直接底, 厚约 0.9~1.2m, 节理裂隙发育、性脆、易碎; 直接底为铝土泥岩, 厚 1.5~2.5m, 遇水膨胀, 变软, 有底鼓现象; 基本顶为 K₂ 石灰岩, 厚

8~11m; 基本底为泥岩, 厚为 8.7m, 呈灰色层状结构。

2 数值模拟分析

2.1 数值模拟模型

模型模拟煤层厚度为 9.86m, 顶板厚度为 50m, 底板厚度为 10m。工作面模拟长度为 140m, 两边考虑边界效应, 各留 30m 的边界。模型长度为 200m。模型共划分为 500×116 个单元。模型模拟开采深度为 300m, 顶端以上约 300m 未模拟岩层用等效载荷代替, 载荷为未模拟岩层的自重应力之和。模型两端水平固定, 底端垂直固定。模型原岩应力垂直方向和水平方向均等于岩层的自重应力, 重力加速度为 9.81m/s²。煤岩层物理力学参数均按试验数据给定。煤岩层物理力学性质如表 1 所示。

模型在模拟开采前处于应力稳定状态, 初始速度和初始位移均为零。

模型工作面模拟支架长度为 4.8m, 宽度为 1.5m, 切眼宽度为 7.2m, 模拟采煤机截深为 800mm, 放煤工艺为一刀一放。工作面模拟采高为

[收稿日期] 2004-06-10

[作者简介] 马 晋 (1948—), 男, 山西山阴人, 1968 年毕业于大同煤炭工业学校矿建专业, 长期从事煤矿安全技术工作, 现任汾西矿业集团总工程师、副总经理。

3.68m，同时为考虑采高对矿压显现的影响，因此还模拟了采高为 3.98m，4.28m 和 4.58m 的情况，模拟模型如图 1 所示。

表 1 煤岩层物理力学性质

煤岩层位	抗压强度/MPa	抗拉强度/MPa	泊松比	弹性模量/GPa	内凝聚力/MPa	内摩擦角/(°)
9 [#] 煤	5.56	0.67	0.24	4.50	1.88	38.7
10 [#] 煤上部	6.42	0.55	0.28	3.79	1.24	41.9
10 [#] 煤下部	4.46	0.51	0.18	2.01	3.01	33.5
11 [#] 煤煤	4.98	0.33	0.33	2.08	1.81	40.6
1 [#] 夹矸	55.23	4.47	0.23	30.33	10.2	37.8
2 [#] 夹矸	35.35	5.84	0.16	33.81	18.0	38.8
3 [#] 夹矸	43.53	4.63	0.18	32.15	13.4	39.4
4 [#] 夹矸	37.62	3.38	0.21	29.77	11.3	35.6
K ₂ 上部泥岩	72.26	6.43	0.11	30.83	22.4	18.8
K ₂ 灰岩	102.39	31.26	0.19	81.80	44.8	19.0
11 [#] 煤底板	20.71	1.93	0.20	27.27	7.6	37.2

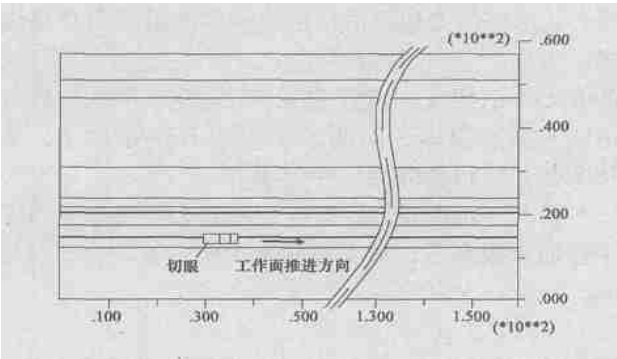


图 1 数值模拟模型

2.2 数值模拟结果及分析

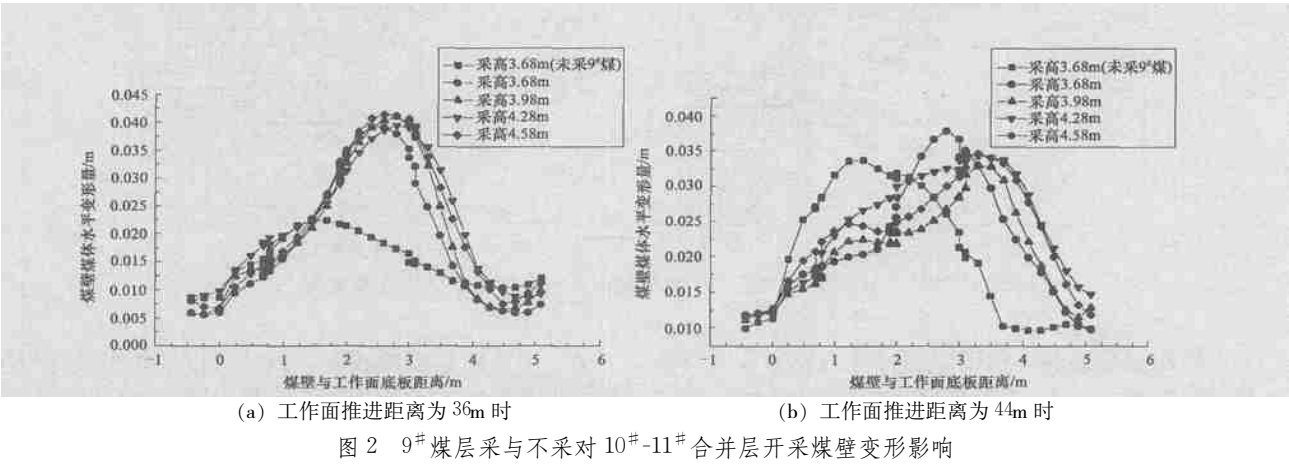


图 2 9[#]煤层采与不采对 10[#]-11[#] 合并层开采煤壁变形影响

对模拟结果进行分析，可以得知，在工作面基本顶初次垮落前后，在开采 9[#] 煤的条件下，煤壁水平变形量相对于未采 9[#] 煤的条件下要大得多。但变形范围主要集中在煤壁机采区间，而在煤壁上下端变形量无论是采还是不采 9[#] 煤，均要小得多。

水峪煤矿煤层硬度小，根据相关试验结果显示，硬度系数只有 0.4~0.6，而基本顶为厚度较大(8~11m)，硬度较大(硬度系数达到 10)的石灰岩，矿压显现强烈，煤壁片帮和漏顶严重，而且对液压支架的作用也必然强烈，支架维护问题也将十分严重，所以不宜采用大采高开采，但由于 10[#]-11[#] 合并层上方 9[#] 煤层(与 10[#] 煤顶端距离约 1.0m)已经开采，开采厚度约为 1.2m，石灰岩已经产生一定程度的垮落破坏，从而导致工作面顶板来压显现减弱。本文便是在直观认识的基础上，应用数值模拟手段对这一现象进行了分析研究，以此获得更为科学可靠的认识。

2.2.1 9[#]煤开采对煤壁片帮的影响分析

通过数值计算可以得到工作面在推进不同距离时的煤壁水平变形情况。图 2 (a) 给出的是工作面推进 36m 时煤壁水平变形情况。根据 9[#] 煤未采条件下，随工作面推进顶板应力变化曲线显示，此时处于第 1 个应力峰值到来之前，应属于基本顶初次垮落之前；图 2 (b) 给出的是工作面推进了 44m 时的煤壁水平变形情况。根据 9[#] 煤未采条件下，随工作面推进顶板应力变化曲线显示，此时处于第 1 个应力峰值过后，而在第 2 个应力峰值到来之前，基本上可以反映工作面正常回采时的煤壁水平变形情况。同样，根据随工作面推进顶板应力变化曲线显示，在开采 9[#] 煤的条件下，工作面推进了 36m 时，第 1 个应力峰值刚过，图 2 (a) 显示了这一期间的煤壁水平变形情况；而图 2 (b) 显示的情况则属于工作面正常回采期间。

所以，开采 9[#] 煤在此期间，主要影响是煤壁片帮，而对顶煤顶板漏顶的影响不大。通过分析，可以得知，在开采 9[#] 煤情况下，煤壁水平变形要大得多，基本是未采 9[#] 煤情况下的 2 倍，更为集中，即煤壁变形更要剧烈，且接近煤壁上端，所以开采 9[#]

煤后，煤壁更容易发生片帮事故。

在工作面正常回采时，与基本顶初次来压前后相比，工作面煤壁变形情况发生了较大的变化。在未采 9[#] 煤的条件下，相比于基本顶来压前后，工作面煤壁水平变形量总体均增加许多，增加幅度可以达到 54.5%（按水平最大变形量进行比较）。而在开采 9[#] 煤的条件下，工作面水平变形量总体没有明显变化，但在煤壁上端顶煤内的煤体水平变形量发生较大幅度的增加。由基本顶初次来压前后的 0.01m 增加到 0.015~0.035m 不等。通过对比开采 9[#] 煤与不采 9[#] 煤两种条件下的煤壁变形情况，可以得知，在工作面正常回采期间，开采 9[#] 煤对煤壁水平变形影响是较大的，尤其对煤壁上端及延伸至顶煤内的煤体影响最大，由此也可以推断出，由于 9[#] 煤的开采，工作面煤壁更容易片帮，而且更容易发生顶煤顶板漏顶事故。

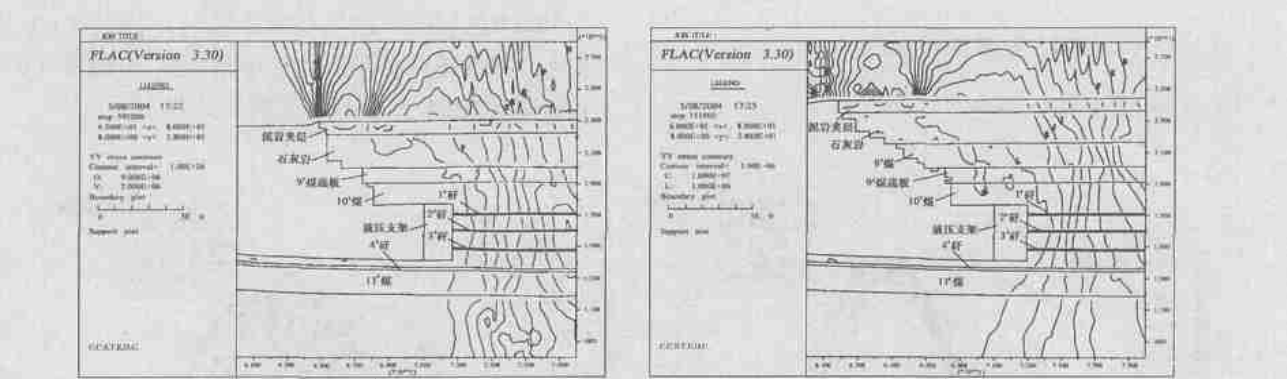
通过分析煤壁水平变形情况，还可以得知，在开采 9[#] 煤的条件下，采高变化对煤壁水平变形的影响没有明显变化。根据模拟结果看，9[#] 煤的开采比采高的影响还要大。所以，由于 9[#] 煤的开采使煤壁片帮和漏顶问题更加严重，在开采过程中要加强煤壁和顶煤顶板的管理。

2.2.2 9[#]煤开采对支架维护的影响分析

水峪煤矿 9[#] 煤位于 10[#]-11[#] 合并层上方，与合并层只有 1m 左右的泥岩层相隔，所以，9[#] 煤的开采其效果类似厚煤层开采顶分层的情况。由此推断，9[#] 煤采后，顶板来压强度应减小，顶板来压对支架的作用力也相应减小。本文通过数值模拟方法对这一现象进行了更为深入的分析研究。

通过模拟计算，可以得到如图 3 所示的模拟结果。图 3 (a) 给出的是 9[#] 煤采后，支架上方和前方煤岩层应力等值线；图 3 (b) 给出的是 9[#] 煤未采条件下，支架上方和前方煤岩层应力等值线。通过分析，可以得知，在 9[#] 煤开采条件下，工作面支架上方形成较大面积的 U 形等值线包围区域，U 形等值线代表应力值为 1MPa。在 9[#] 煤开采条件下，U 形等值线包围的范围上端基本沿泥岩夹层发展。而在 9[#] 煤未采条件下，工作面支架上方形成的 L 形等值线（对应于开采 9[#] 煤条件下的 U 形等值线）要小得多。因此，在 9[#] 煤开采条件下，支架所受到的顶板载荷作用要小。

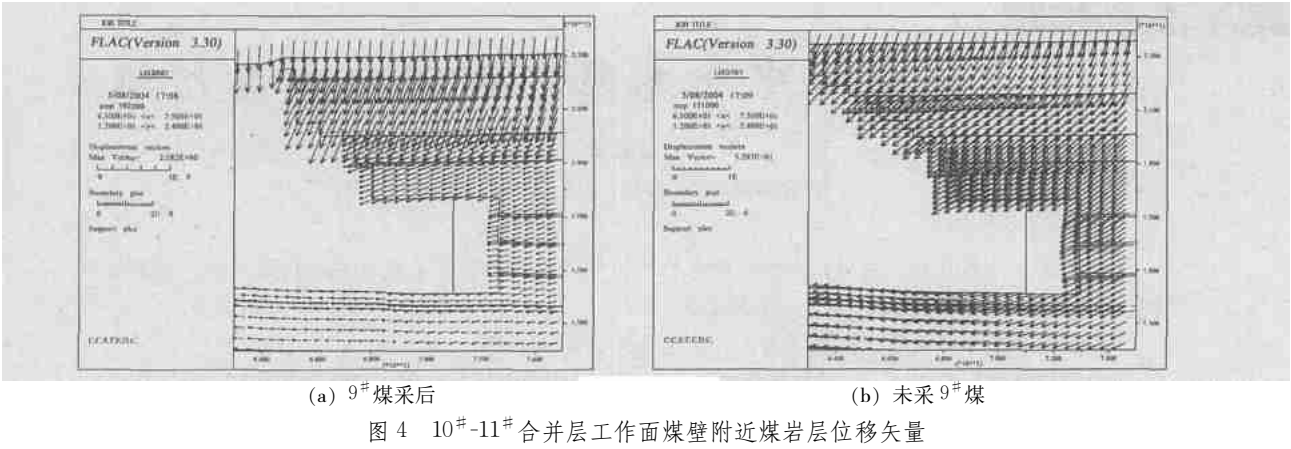
由此，可以得知，9[#] 煤开采较大程度地减弱了工作面顶板来压，对支架的维护产生较为有利的影响。



(a) 9[#] 煤采后 (b) 未采 9[#] 煤
图 3 10[#]-11[#] 合并层工作面支架前方和上方煤岩层应力等值线

矿压显现强弱不仅可以通过分析应力等值线分布情况获知，而且还能根据煤岩层位移矢量图了解。图 4 给出了 10[#]-11[#] 合并层工作面煤壁附近煤岩层位移矢量图。通过对图 4 的分析，可以得知，工作面支架上方的 10[#] 煤和 9[#] 煤底板泥岩在 9[#] 煤开采的条件下，水平位移分量相对于垂直分量要大，从而说明在此条件下，这两层煤岩层主要是水平运动，而下沉运动要较弱，因此可以推断出，煤

岩层对支架的冲击作用要弱。而在 9[#] 煤未采的条件下，10[#] 煤和 9[#] 煤底板泥岩则表现水平位移分量较小，垂直分量相对较大，从而也可以说明，此条件下，10[#] 煤和 9[#] 煤底板泥岩垂直下沉运动更为剧烈。对比分析采和不采 9[#] 煤的两种情况，可以看出 9[#] 煤的开采对支架维护和顶板管理是极为有利的。



3 结论

通过应用数值模拟方法，可以得知，9[#]煤开采对 10[#]-11[#] 合并层开采矿压影响是较大的。主要表现为两个方面：

(1) 9[#]煤开采使 10[#]-11[#] 合并层产生较大的变形，在开采 10[#]-11[#] 合并层时，煤壁水平变形量较大，而且集中于煤壁上端，使煤壁片帮问题和顶煤顶板漏顶问题更为严重，所以在开采 10[#]-11[#] 合并层时应该加强对煤壁和顶煤顶板的管理。

(2) 9[#]煤开采使灰岩顶板发生一次采动影响，10[#]-11[#] 合并层工作面顶板来压明显减弱，相对于

未采 9[#]煤的情况，工作面液压支架所受到的顶板作用力和来压冲击强度均有较大程度的减弱，有利于液压支架的维护和工作面生产的正常进行。

[参考文献]

[1] 樊运策，康立军，康永华，等．综合机械化放顶煤开采技术[M]．北京：煤炭工业出版社，2003．

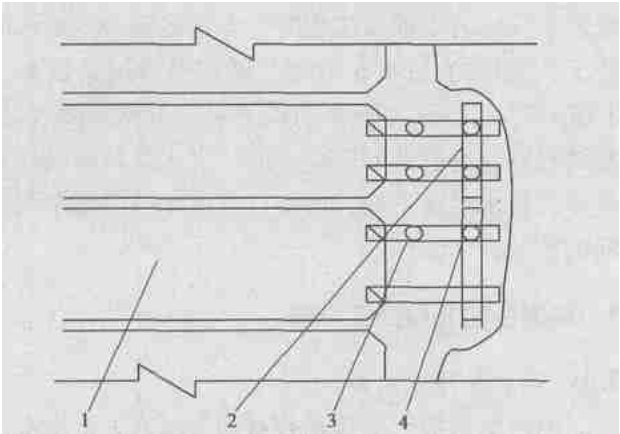
[2] 闫少宏，孟金锁，郝先勇，等．综放面回收率低的机理研究[J]．矿山压力与顶板管理，1998，(1)：3-4．

[3] 闫少宏，富强．综放开采顶煤顶板活动规律的研究与应用[M]．北京：煤炭工业出版社，2003．

[责任编辑：邹正立]

(上接 63 页)

2.6m 支架采高控制在 2~2.1m 之间较为合适，既可以减少片帮漏顶，也可使片帮深度得到控制。



1—支架；2—圆木；3—倾斜圆木与单体；4—单体

图 2 做超前、扶棚护帮

(4) 对局部已经发生冒顶的区域，采取超前支护的方法使采煤机顺利通过，如图 2 所示。做超前

支护采用 2.5~3.5m 长圆木，DZ2.5~DZ3.15 单体做腿，一端搭在支架上，一端用单体做腿，每架 2 棚，用旧道木、双层菱形金属网接实顶板，施工时采用手镐落煤或放震动炮，以预防顶板漏顶。

(5) 在片帮较深，顶板比较完整的地段，则在支架前梁上用 $\phi 160\text{mm}$ 以上圆木或半圆木撅顶，每架 2 根沿走向铺放，长度根据片帮深度而定，下料时一般下 1.5m，2m，3m 三种规格及时护顶。

6 结论

通过对 7111 工作面的矿压观测，掌握顶板压力显现规律，及时有效的采取各种必要的技术措施，保证了工作面正常推进，避免了工作面由此带来的跳面搬家，减少矿井的经济损失，缓解了矿井的生产接续。顶水开采的成功，对今后相似条件下煤层开采具有普遍的指导和借鉴意义。

[责任编辑：毛德兵]