

* 1

基于采动裂隙场高位钻孔抽采研究及应用

白庆华

(大阳泉煤炭有限责任公司,山西 阳泉 045000)

摘要:高瓦斯煤层回采过程中,采场覆岩层的卸压瓦斯会大量突然涌入工作面,导致瓦斯频繁超限,给矿井安全生产造成严重的威胁。针对该问题,以南庄煤矿12#煤层及其围岩地质条件为研究背景,利用理论分析与数值模拟相结合的方法,确定了采场覆岩层冒落带与裂隙带高度,并在此基础上提出一套高位钻孔瓦斯抽采工艺。现场试验表明高位瓦斯抽采钻孔瓦斯流量达到了80 m³/min以上,浓度达到了60%以上,比副巷钻孔的50 m³/min和30%分别提高了60%和100%;抽采效果明显提高,矿井安全生产得到了进一步的保障。

关键词:高位钻孔;瓦斯抽采;裂隙带;瓦斯涌出

中图分类号:TD712

文献标识码:A

Gas Drainage by High-position Drilling Borehole Based on Mining Fractured Field

BAI Qinghua

(Dayangquan Coal Co., Ltd., Yangquan 045000, China)

Abstract: In the mining process of the high gassy coal seam, the unloading gas in the overlying strata will suddenly flood into the working face, causing the gas to exceed the limit frequently, which could pose a serious threat to the safe production in the mine. Accordingly, taking the No. 12 coal seam and surrounding rock in Nanzhuang Coal Mine as the research background, theoretical analysis and numerical simulation were used to determine the height of the caving zone and fracture zone of the overlying strata in the stope. Based on this, a set of high position borehole gas drainage techniques are proposed. The field test shows that the gas flow rate of the high position gas drilling is more than 80 m³/min and the concentration is more than 60%, 60% and 100% higher than the auxiliary roadway drilling respectively (50 m³/min and 30%); the gas drainage effect has been significantly improved, which guarantee the mine safety production.

Key words: high position drilling; gas drainage; fracture zone; gas emission

瓦斯作为煤矿开采过程中的重大危险因素之一,必须加以重视并进行有效治理,以确保煤矿安全生产。随着煤炭开采的不断延伸,我国大多数煤矿的瓦斯治理已不能仅仅通过通风方式来得到解决,因此瓦斯抽采技术应用而生。尤其严重的是,采动诱导的覆岩层卸压瓦斯会大量涌入采场空间,引起工作面瓦斯频繁超限,给矿井的安全生产造成严重

威胁^[1-3]。研究表明高效抽采覆岩裂隙带瓦斯是回采工作面瓦斯治理的关键。以南庄煤矿4611工作面为工程背景,通过理论分析、数值模拟的方式,对上覆采动裂隙场演化规律进行了深入研究,并基于此提出了在尾巷实施高位钻孔的瓦斯抽采方案,通过抽采效果对比分析,以期在现场瓦斯治理提供技术参考。

* 收稿日期:2018-11-27

作者简介:白庆华(1976-),男,山西左权人,大学本科,工程师,从事煤矿通风安全管理工作。

1 工作面地质条件

目前,南庄煤矿主采 12[#]、15[#] 煤层,开拓方式为斜井盘区式,12[#] 煤层采用走向长壁高档机械化采煤工艺。顶板支护采用梯形木棚、铁棚、锚杆、锚索等,顶板管理为全部跨落法。12[#] 煤层顶板为泥岩,局部为砂质泥岩,厚度 8.36 m,底板为砂质泥岩、中细砂岩和泥岩,厚度 5.87 m,见图 1。老顶初次来压步距 36.6 m,周期来压步距 7.9 m。采区实行“两进一回”通风,即采区轨道运输大巷和皮带运输大巷进风,一条专用回风大巷回风,回采工作面采用“一进两回”布置,即一条皮带运输巷进风,轨道运输巷及瓦斯抽采巷回风。

编号	岩性	层厚/m	累厚/m	岩层柱状
1	中砂岩	13.18	13.18	
2	3 [#] 煤	1.40	14.58	
3	砂质泥岩	3.40	17.98	
4	中砂岩	8.27	26.25	
5	细砂岩	0.97	27.22	
6	泥岩	3.76	30.98	
7	细砂岩	0.62	31.60	
8	砂质泥岩	3.31	34.91	
9	6 [#] 煤	1.49	36.40	
10	砂质泥岩	5.44	41.84	
11	泥岩	7.84	49.68	
12	8 [#] 煤	0.31	49.99	
13	中砂岩	15.93	65.92	
14	9 [#] 煤	0.28	66.20	
15	泥岩	6.71	72.91	
16	中砂岩	13.38	86.29	
17	10 [#] 煤	0.18	86.47	
18	泥岩	2.86	89.33	
19	石灰岩	1.69	91.02	
20	11 [#] 煤	0.36	91.38	
21	细砂岩	3.80	95.18	
22	砂质泥岩	3.00	98.18	
23	泥岩	3.00	101.18	
24	12 [#] 煤	1.22	102.40	
25	泥岩	1.98	104.38	
26	细砂岩	3.33	107.71	
27	泥岩	3.69	111.40	
28	石灰岩	3.06	114.46	
29	13 [#] 煤	0.31	114.77	
30	砂质泥岩	3.80	118.57	
31	细砂岩	11.37	129.94	

图 1 12[#] 煤层综合柱状^[4]

Fig. 1 Comprehensive column map of No. 12 coal seam

2 采动裂隙发育范围计算

众所周知,随着煤炭的开采,上覆岩层将会发生移动和破坏。钱鸣高、刘天泉院士^[5-8] 提出的采动覆岩层裂隙带分带理论及采空区裂隙分布“O”型圈理论均认为,随着煤炭的采出,采场覆岩层会自下而上依次形成冒落带、裂隙带和弯曲下沉带。冒落带范围内的瓦斯由于裂隙的贯通,流速比较大;裂隙带位

于冒落带之上,纵横裂隙比较发达,与采空区连通性好;弯曲下沉带则多为离层裂隙,纵向裂隙不发育,瓦斯难以逾越。所以,由于瓦斯上浮及裂隙贯通作用,大部分瓦斯都聚集在裂隙区,此区域为工作面瓦斯防治和高效利用的重点区域。

采动裂隙“竖三带”计算公式:

冒落带最大发育高度:

$$H_m = \frac{100M}{2.1M+16} + 2.5 = \frac{100 \times 1.4}{2.1 \times 1.4 + 16} + 2.5 = 9.89 \text{ m} \quad (1)$$

裂隙带最大发育高度:

$$H_{li} = \frac{100M}{1.2M+2.0} + 8.9 = \frac{100 \times 1.4}{1.2 \times 1.4 + 2.0} + 8.9 = 46.94 \text{ m} \quad (2)$$

式中: M 为煤层采高, m。

通过计算可知: 12[#] 煤层工作面回采后冒落带最大发育高度为 10 m 左右,裂隙带最大发育高度为 40 m~46.9 m。位于冒落带和裂隙带内的煤层有 9[#]、10[#]、11[#] 煤层,8[#] 煤层则位于裂隙带与弯曲下沉带的过渡区内。12[#] 煤层底板受采动影响不大,裂隙不发育。综上所述,12[#] 煤层回采过程中,上邻近层 8[#]、9[#]、10[#] 和 11[#] 煤层对工作面的瓦斯涌出影响较大,其下邻近层 13[#] 煤层的卸压瓦斯对工作面瓦斯涌出影响不大。

3 覆岩层采动裂隙演化规律数值模拟

3.1 模型建立

通过 UDEC 离散元数值计算软件,以南煤集团南庄矿的地质条件为原型,模拟 12[#] 煤层回采工作面沿走向方向上覆煤岩层位移场与采动裂隙场的分布规律,以及各上邻近煤层的应力变化情况。

模型高度为 90 m(Y 方向),长度为 240 m(X 方向);上部垂直均布载荷为 7.45 MPa;模型的两侧边界在 Y 方向上可以发生移动变形,在 X 方向上为固定铰支座,取侧压力系数为 0.5,即作用在模型两侧边界的水平均布载荷为 3.73 MPa;下部为位移边界;本构模型为 Mohr-Coulumb 模型。

3.2 模拟结果分析

图 2 为工作面回采过程中 12[#] 煤层上覆煤岩层下沉等值线云图。从图中可以看出,在回采初期,直接顶出现明显的下沉,为 0.8 m 左右,但老顶及其上覆岩层并未出现明显位移。回采后期,沿走向距开切眼 0~30 m 范围内上覆岩层下沉量逐渐停止变化;沿走向距开切眼 45 m 至工作面范围内上覆

岩层下沉量逐渐减小。由图 3 可知,该回采条件下的冒落带高度在 10 m 左右,裂隙带高度在 40 m 左右。

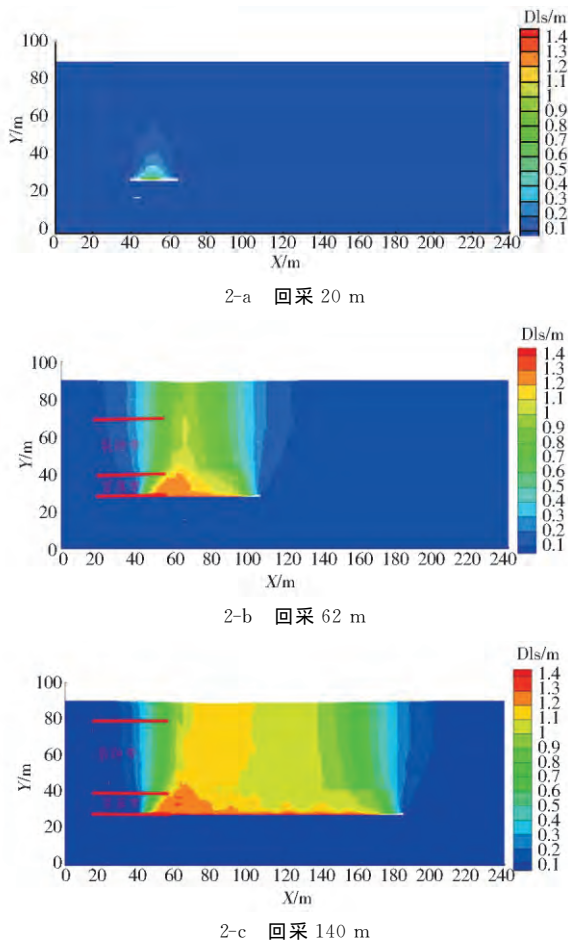


图 2 工作面回采过程中 12# 煤层上覆煤层下沉等值线云图
Fig. 2 Contour map of overlying coal seam sinking in No. 12 coal seam in the mining process

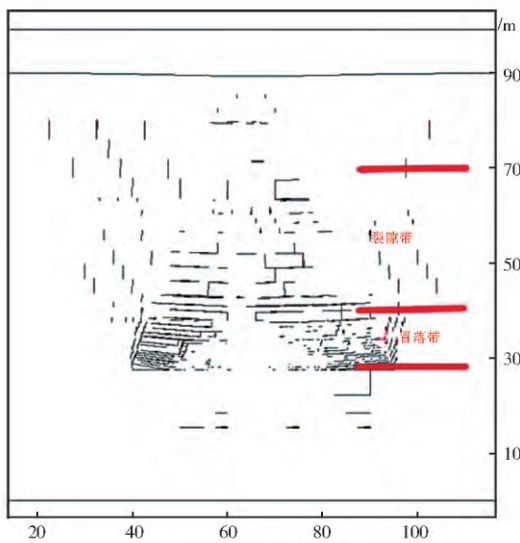


图 3 工作面回采至 50 m 处上覆岩层采动裂隙分布情况
Fig. 3 Fracture zone distribution of overlying strata at 50 meters of working face

4 现场试验

4.1 试验设计

4611 工作面钻孔为上邻近层钻孔,其中高位瓦斯抽放钻孔开口设在尾巷,低位钻场则布置在副巷中。4611 工作面副巷和尾巷抽放钻孔布置,见图 4。

4611 工作面尾巷共布置 22 个上邻近层抽放钻孔,其中低位孔 1 个,即 1# 孔,高位孔 21 个。低位钻孔终孔位置打到 11# 煤层顶板石灰岩,高位钻孔达到 9# 煤层。从距开切眼 20 m 处开始打 1# 孔,1# 与 2# 孔孔间距 10 m,2# 到 16# 孔孔间距 40 m,16# 到 22# 孔孔间距 50 m。高、低位钻孔均为仰角钻孔。高位钻孔方位角为 90°,低位钻孔方位角倾向于切眼方向,方位角为 104°。

在 4611 工作面副巷布置 39 个抽放钻场,钻场间距 20 m,1#、2# 钻场每个钻场布置 3 个钻孔,其余每个钻场布置 4 个钻孔。钻孔距底板 2 m 处开孔,每个钻场先在设计位置开第一个钻孔后,依次水平间隔 0.5 m 开另外的钻孔。每个钻场 1#~3# 钻孔均穿过 11# 煤层,4# 钻孔达到灰色细砂岩。钻孔仰角依钻孔处煤层倾角、钻孔深入工作面的距离、开采层距邻近层的垂高及隔离煤柱宽度确定。

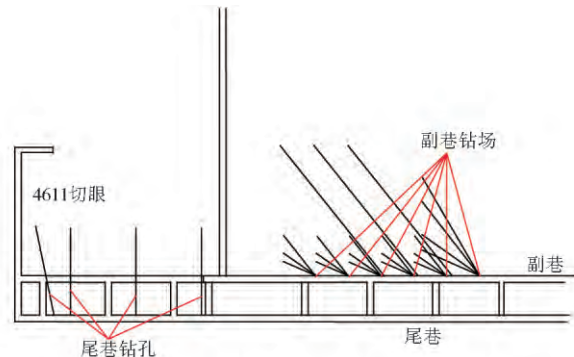


图 4 4611 工作面副巷和尾巷抽放钻孔布置示意图
Fig. 4 Boreholes layout in auxiliary roadway and tail roadway in 4611 working face

4.2 效果分析

由 4611 工作面总瓦斯流量与抽放时间关系曲线图 5 可知:尾巷高位钻孔瓦斯抽放总量前期比较低,但呈快速增加趋势,60 d 后趋于稳定,保持在 80 m³/min,且最大值达到了 110 m³/min;而副巷钻孔瓦斯流量波动较大,平均为 50 m³/min。究其原因,在工作面开采初期,其下位岩层裂隙发展比较快,而上位岩层受采动影响相对较小。所以,初采期尾巷钻孔流量要小于副巷的,并随着裂隙的向上发育而逐渐增大。而开采后期,由于采动裂隙较发育,瓦斯得到充分解吸、运移,但由于上位岩层裂隙的发

育特征,保证了终、始孔口的负压差,有利于提高瓦斯抽采效果。

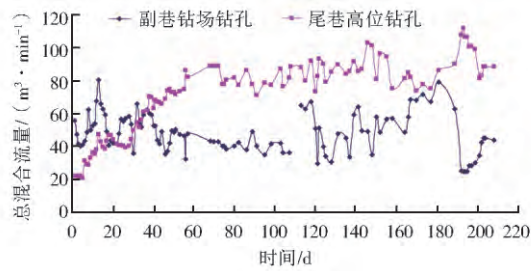


图5 总瓦斯流量与抽放时间关系曲线

Fig. 5 Relationship between total gas flow and drainage time

由4611工作面钻孔瓦斯浓度与抽放时间关系曲线图6可知:尾巷高位钻孔抽采浓度呈稳定波动状态,但基本保持在60%以上。而副巷钻场钻孔抽采浓度虽然波动较大,但基本围绕恒定值上下波动,其抽放浓度不低于30%。与抽采流量相同,这两类钻孔在初采期皆因未与12#煤层工作面采空区充分贯通,钻孔开孔与终孔的负压差较大,其浓度较高;后期则因副巷钻孔所在范围裂隙与12#煤层工作面采空区联通,造成浓度大幅下降。

综上所述,在4611工作面覆岩层布置高位钻孔抽采裂隙带瓦斯的方案是可行的,可以抽采到稳定的高浓度瓦斯,起到了对采动裂隙瓦斯截流的作用,降低了瓦斯涌入工作面的可能性,保证了安全生产。

参考文献:

- [1] 俞启香. 矿井瓦斯防治[M]. 徐州:中国矿业大学出版社,1992.
- [2] 于不凡. 煤矿瓦斯灾害防治及利用技术手册[M]. 煤炭工业出版社,2005:277-284.
- [3] 程远平,周德永,俞启香,等. 保护层卸压瓦斯抽采及涌出规律研究[J]. 采矿与安全工程学报,2006,23(1):12-18.
CHENG Yuanping, ZHOU Deyong, YU Qixiang, et al. Research on Extraction and Emission Laws of Gas for Pressure-Relief in Protecting Coal Seams[J]. Journal of Mining & Safety Engineering, 2006, 23(1): 12-18.
- [4] 阳泉市南庄煤炭集团有限责任公司南庄煤矿生产矿井地质报告[R]. 山西省煤炭地质公司,2006.
- [5] 刘天泉. 矿山岩体采动影响与控制工程学及其应用[J]. 煤炭学报,1995,20(1):1-5.
LIU Tianquan. Influence of Mining Activities on Mine Rockmass and Control Engineering[J]. Journal of China Coal Society, 1995, 20(1): 1-5.
- [6] 钱鸣高,石平五. 矿山压力与岩层控制[M]. 徐州:中国矿业大学出版社,2003:84-91.
- [7] 钱鸣高,缪协兴,许家林. 岩层控制中的关键层理论研究[J]. 煤炭学报,1999,21(3):225-230.
QIAN Minggao, MIAO Xiexing, XU Jianlin. Theoretical Study of Key Stratum in Ground Control[J]. Journal of China Coal Society, 1999, 21(3): 225-230.
- [8] 钱鸣高,许家林. 覆岩采动裂隙分布的“O”形圈特征研究[J]. 煤炭学报,1998,23(5):466-469.
QIAN Minggao, XU Jialin. Study on the “O Shape” Circle Distribution Characteristics of Mining Induced Fractures in the Overlying Strata[J]. Journal of China Coal Society, 1998, 23(5): 466-469.

(编辑:刘新光)

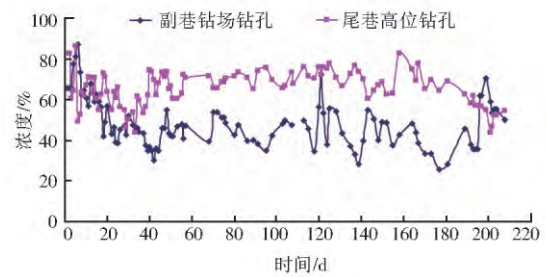


图6 钻孔瓦斯浓度与抽放时间关系曲线

Fig. 6 Relationship between gas concentration and drainage time

5 结论

1)根据经验公式计算得到该矿地质条件下冒落带的最大发育高度为9.89 m,裂隙带的最大发育高度为46.94 m。数值模拟得到的冒落带最大发育高度为10 m,裂隙带最大发育高度为40 m。

2)现场试验表明尾巷高位钻孔瓦斯抽采总流量保持在80 m³/min左右,且最大值达到了110 m³/min之大;而副巷则瓦斯流量波动比较大,平均为50 m³/min左右。尾巷高位钻孔的抽放浓度稳定波动在60%以上,而副巷钻孔则波动在30%左右,高位钻孔瓦斯抽采效果良好。