

W型通风的综放工作面瓦斯防治实践研究

黄楠楠 郭志强 赵震

(山西兰花科技创业股份有限公司大阳煤矿分公司)

摘 要:为了消除3307工作面开采时瓦斯涌出隐患。基于W型通风的特点,基于分源法计算出3307工作面回采相对瓦斯涌出量。开展本煤层顺层钻孔预抽,借助于第一、第二评判单元进行了效果验证;依据采动上覆岩层变形规律,精准实现了高位钻孔的优化设计,并提出了借助于封堵墙实现采空区瓦斯的隔离。通过上述方法的结合,最终实现了W型综放工作面瓦斯防治的良好效果。

关键词:W型通风;分源法;相对瓦斯涌出量;顺层钻孔;高位钻孔

针对W型通风综放工作面开采瓦斯治理仍然是难题^[1-2],现有的治理方法较为单一,且无法实现抽采钻孔的科学系统的参数优化设计。

本文依据分源法^[3-4]、瓦斯渗流规律^[5-6]、采动上覆岩层变形规律实施顺层钻孔^[7-8]、高位钻孔的精准布局,为类似工作面瓦斯治理提供了借鉴。

1 矿井概况

山西兰花科技创业股份有限公司大阳煤矿现主采3#煤层,埋深为700m,煤层倾角在 $3^{\circ} \sim 14^{\circ}$,煤层厚度3.79~7.19m,平均厚度6.09m,煤层顶板主要为泥岩-粉砂岩互层,底板主要为砂质泥岩。工作面采用综采放顶煤采煤方法,全部垮落法管理顶板。

在3#煤层中布置的3307综放工作面通风方式为W型通风方式。

2022年经取样测定,矿井绝对涌出量为 $28.19\text{m}^3/\text{min}$,相对涌出量 $7.72\text{m}^3/\text{t}$,鉴定为高瓦斯矿井。

2 3307工作面瓦斯涌出量预测

3307综放工作面位于三采区西南部边界,北起三采区大巷,西部和南部以可靠的保安煤柱与王坡煤业相隔,东部和3306工作面采空区相邻,构成了W型通风方式。

3#煤层机采高度2.60m,放顶煤平均厚度3.49m,采放比为1:1.3,工作面回采率为93%。设计工作面长度为230m。

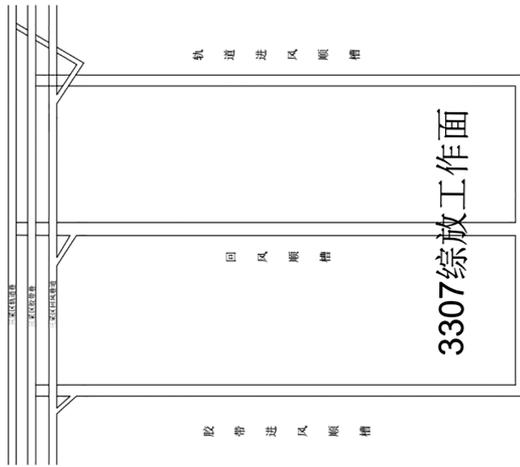


图1 3307综放工作面示意图

回采工作面瓦斯涌出量预测用相对瓦斯涌出量表达,以24h为一个预测单元,按下式计算:

$$q_{采} = q_{割煤} + q_{放煤} + q_{采空区} + q_{邻近层} \quad (1)$$

式中: $q_{采}$ —回采工作面相对瓦斯涌出量, m^3/t ;
 $q_{割煤}$ —割煤相对瓦斯涌出量, m^3/t ; $q_{放煤}$ —放煤相对瓦斯涌出量, m^3/t ; $q_{采空区}$ —工作面采空区相对瓦斯涌出量, m^3/t ; $q_{邻近层}$ —邻近层相对瓦斯涌出量, m^3/t 。

(1) 割煤相对瓦斯涌出量

$$q_{割煤} = K_1 \cdot K_2 \cdot K_{f_i} \cdot \frac{m_1}{M_1} \cdot (W_0 - W_c) \quad (2)$$

式中: K_1 —围岩瓦斯涌出系数,取1.5; K_2 —采区内准备巷道预排瓦斯对开采层瓦斯涌出影响系数,取1.1; K_{f_i} —分层开采瓦斯涌出影响系数,无分层开采值取1; m_1 —割煤高度,取2.6m; M_1 —开采煤层厚度,取6.09m; W_0 —煤层原始瓦斯含量,取 $6.1m^3/t$; W_c —煤层残存瓦斯含量,取 $1.94m^3/t$ 。

开采煤层瓦斯涌出量预测参数带入公式(2)可得: $q_{割煤} = 2.93m^3/t$ 。

(2) 放煤相对瓦斯涌出量

$$q_{放煤} = K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_{f_i} \cdot \frac{m_2}{M_1} \cdot (W_0 - W_c) \quad (3)$$

式中: K_3 —放落煤体破碎度对放顶煤瓦斯涌出影响系数,取0.8; m_2 —放顶煤高度,取3.49m。

将参数带入公式(3)中,最终得到: $q_{放煤} = 3.15m^3/t$

(3) 工作面采空区相对瓦斯涌出量

$$q_{采空区} = q_y + q_f \quad (4)$$

$$q_y = K_4 \cdot (1 - K_5) \cdot (W_0 - W_c) \quad (5)$$

$$K_5 = \frac{m_1}{M_1} K_j + \frac{m_2}{M_1} K_f \quad (6)$$

$$q_f = \frac{1}{M_1} \sin^{-1} \alpha \cdot \left(\frac{W_0 - W_c}{2} h_{pc} + \frac{W_t}{6} h_{pc}^2 \right) \quad (7)$$

式中: q_y —遗留煤相对瓦斯涌出量,取 $0.9m^3/t$;
 q_f —下一分层相对瓦斯涌出量,无分层开采该值取 $0m^3/t$; K_4 —遗留煤瓦斯涌出不均衡系数,取1.5; K_5 —综放工作面平均回采率,取0.856; K_j —机采回采率,95%; K_f —放顶煤回采率,80%; α —煤层倾角,7°;
 W_t —瓦斯含量梯度,根据实际取值, $m^3/(t \cdot m)$; h_{pc} —采动影响破坏深度, m。

采空区瓦斯涌出量预测参数带入公式(4)可得:

$$q_{采空区} = 0.90m^3/t。$$

(4) 邻近层瓦斯涌出量

$$q_{邻近层} = \sum_{i=1}^n (W_{oi} - W_{ci}) \cdot \frac{m_i}{M_1} \cdot K_i \quad (8)$$

式中: q_2 —邻近层瓦斯涌出量, m^3/t ; m_i —第*i*个邻近层厚度, m; M_1 —开采层的开采厚度, m; W_{oi} —第*i*个邻近层原始瓦斯含量, m^3/t ; W_{ci} —第*i*个邻近层残存瓦斯含量, m^3/t ; K_i —第*i*个邻近层瓦斯排放率。

将参数带入公式(8)可得: $q_{邻近层} = 0.64m^3/t$ 。

3307工作面采用综采放顶煤方法计进行开采,3307回采工作面相对瓦斯涌出量为 $7.62m^3/t$,绝对瓦斯涌出量为 $12.99m^3/min$ 。

3 本煤层顺层钻孔预抽及效果分析

在工作面回风顺槽和胶带进风顺槽向回采侧煤体施工平行钻孔对工作面煤层进行预抽,钻孔开孔距离煤层底板1.5m,开孔倾角为煤层倾角 $\pm 1.5^\circ$,孔底距离煤层顶板1.5m,钻孔间距为3.0m,回风顺槽左帮钻孔长度105m,胶带进风顺槽钻孔长度105m,

结合工作面地质条件,钻孔施工根据巷道掘进时揭露陷落柱情况进行补打本煤层钻孔。本煤层钻孔覆盖整个工作面煤体,不留空白带。工作面本煤层钻孔施工完毕后及时封孔,预抽和回采期间本煤层抽采接入高负压瓦斯抽采系统,施工本煤层钻孔设计参数见表2。

表1 本煤层钻孔设计参数

钻孔地点	钻孔直径 (mm)	钻孔 间距 (m)	开孔位置 (m)	钻孔与 巷道夹 角(°)	钻孔倾角 (°)	孔深 (m)
回风巷左 帮	94	2.8~3	距底板 1.5	90	水平上仰 1°~2°	105
胶带进风 顺槽	94	2.8~3	距底板 1.5	90	水平上仰 1°~2°	105

工作面本煤层顺层钻孔预抽钻孔布置如图2所示。

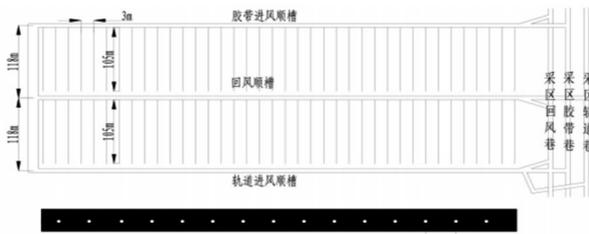


图2 工作面预抽钻孔图

3307工作面采用两进一回“W”型通风方式,3307胶带进风顺槽与3307轨道进风顺槽进风,3307回风顺槽回风,因此工作面被划分成两个部分,第一评判单元为3307胶带进风顺槽与3307回风顺槽之间部分,第二评判单元为3307轨道进风顺槽与3307回风顺槽之间部分。

第一评判单元在3307胶带进风顺槽及3307回风巷施工,在距离3307回风顺槽距第1钻场9m布置第一个钻孔,每隔30~50m布置一个钻孔,共布置33个测试钻孔,第二评判单元在3307轨道进风顺槽施工,在3307轨道进风顺槽距离距第1钻场45m布置位置第一个钻孔,每隔30~50m布置一个钻孔,共布置30个测试钻孔。

3307综放工作面第一评判单元内煤层残余瓦斯含量为5.107~6.036m³/t,可解吸瓦斯量为3.167~4.096m³/t,第二评判单元内煤层残余瓦斯含量为5.192~6.106m³/t,可解吸瓦斯量为3.252~4.166m³/t。测定方法、测定内容及测定数据计算与处理达到《煤矿瓦斯抽采达标暂行规定》的要求。3307综放工作面评判单元内3#煤层煤体的抽采瓦斯效果符合《煤矿瓦斯抽采达标暂行规定》的要求,抽采已经达标。

4 高位定向钻孔抽采方法

4.1 瓦斯流动规律

太阳煤矿3307工作面采用W型通风,这种通风方法轨道进风顺槽、胶带进风顺槽均为进风,工作面中部回风顺槽为回风巷。该种通风方法具有风量充足、工作面作业环境好等优点。3307工作面风流路线如下:

新鲜风流:地面→主斜井、副斜井、运人斜井、北进风立井→+750水平胶带大巷、+750水平轨道大巷→三采区胶带巷、三采区轨道巷→3307轨道进风顺槽、3307胶带进风顺槽→工作面两端头→工作面中部。

乏风:3307工作面→3307回风顺槽→三采区回风巷→西回风井1#联络巷→西回风立井→地面。

当煤层被开采以后,覆岩内会产生一定量的裂隙,这些裂隙会为煤层周围邻近煤层或不可开采煤层内的瓦斯涌入采空区的通道,同时采空区遗煤也会向外释放瓦斯,采空区未压实情况下,工作面会有风量漏向采空区,从而将采空区内瓦斯带入工作面。W型通风条件下,胶带进风顺槽与轨道进风顺槽均为进风巷道,工作面除中部混合风流区域外,均有新鲜风流经过,能够稀释大部分采空区涌出的瓦斯。中部混合风流区域因其独特的位置,因漏风等因素造成的两侧风压不均,容易出现局部循环风区

域,使经过它的风流部分以涡流形式存在。导致采空区与工作面衔接处的瓦斯涌出后得不到及时的风流稀释和排放,使得该区域瓦斯积聚。

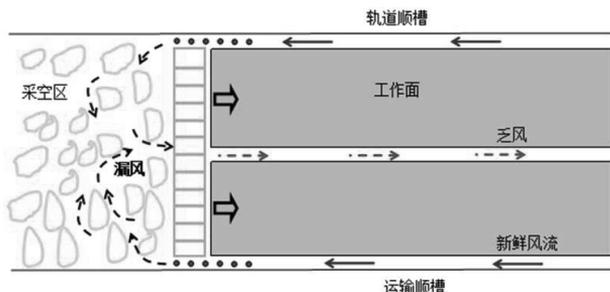
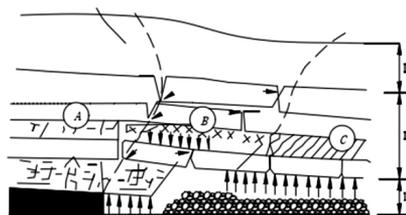


图3 W型通风工作面瓦斯涌出规律

受W型通风系统的特性影响,工作面中部混合风流区域是瓦斯治理的重点区域,由于工作面漏风和瓦斯比重比空气小的缘故,采空区顶部瓦斯浓度明显高于底部。可在回风顺槽向工作面上方顶板内施工高位定向长钻孔来控制该区域内瓦斯涌出。为了保证抽采效果,选择在靠近回风巷侧进行布置钻孔,高位定向钻孔在顶板裂隙带层位上分层布置,抽放采空区垮落带及裂隙带内瓦斯,进而改变采空区流场分布,有效解决采空区、中部混合风流支架区域一带瓦斯集聚和回风流瓦斯超限问题。高位定向长钻孔的布孔位置很大程度上决定了瓦斯抽采的效果,层位选择要依据覆岩采动变形破坏的空间分布规律来确定。采空区顶板裂隙瓦斯抽采的有效高度是一定的,不同于常规和普通倾斜钻孔抽采,定向长钻孔可以将钻孔布置在同一层高上,因此定向长钻孔抽采裂隙带瓦斯的层位选择非常关键。

4.2 采空区覆岩采动变形破坏规律

根据经典矿压理论,煤层开采过后,对采场周围的煤岩体根据应力变化、破坏特征和空间—时间关系进行了垂直方向和水平方向的区带划分。在垂直方向上将采空区顶板岩层根据破坏特征和垮落规律划分为冒落带、裂隙带和弯曲下沉带。在裂隙带的水平方向一般分为三个区域,即煤壁支撑影响区、岩层离层区、重新压实区,如图4所示。



I-垮落带; II-裂隙带; III-弯曲带; A-煤壁支撑影响区; B-岩层离层区; C-重新压实区

图4 覆岩破坏特性影响的特征

同样,采空区冒落带岩块随着工作面的推进也进行了横三区,即自然堆积区、载荷影响区和压实稳定区的划分。特别是采空区垂向的“三带”和采空区横向的“三区”划分对研究采空区瓦斯的运移分布和卸压瓦斯抽采具有重要意义。根据采空区上覆岩层的破坏特征在垂直方向进行的“三带”划分,通常称其为“竖三带”。

参照《建筑物、水体、铁路及主要井巷煤柱留设与压煤开采规范》中冒落带和裂隙带高度计算公式进行计算,根据顶板岩性,选取中硬岩层的计算公式。

经计算,冒落带高度范围为10.58~14.98m,裂隙带高度范围为40.03~51.23m。

根据理论分析及现场实践可知,采空区顶板裂隙带瓦斯抽采的最佳层位为裂隙带下部靠近冒落带区域,或者为采高的4~6倍。综合考虑工作面推进速度、采高、顶板岩性等因素,考虑布孔层位为1号孔距煤层顶板30m~36m、2号孔距煤层顶板36m~40m、3号孔距煤层顶板41m~45m。

在3307工作面回风顺槽左帮及右帮分别布5个定向钻场,钻场间距250m~300m。每个定向钻场设计3个钻孔,均位于回风顺槽上部,钻孔垂距分别距煤层顶板33m、36m、39m,钻孔深度300m~350m,钻孔直径120mm。定向钻孔设计示意图如图5所示。

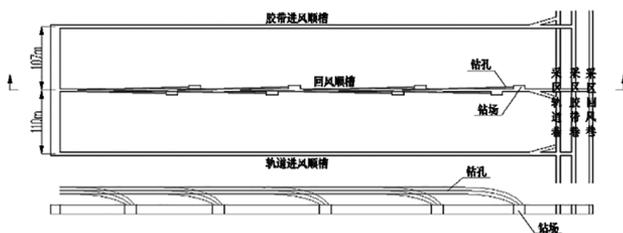


图5 回风顺槽定向钻孔设计示意图

高位定向钻孔按照晋城地区瓦斯抽采经验,单孔在 $1\sim 2\text{m}^3/\text{min}$,回风顺槽左右两帮均布置有钻场,每个钻场布置3个定向钻孔,取单孔平均瓦斯抽采量为 $1.5\text{m}^3/\text{min}$,预计可抽瓦斯量为 $4.5\text{m}^3/\text{min}$ 。

W型通风工作面的两个进风隅角位置是工作面的主要漏风通道,漏风进入采空区后,会将采空区瓦斯带入回采工作面,为了减少因漏风而带来的采空区瓦斯向工作面涌出,建议可采用封堵墙(可用煤袋充填、挡风筒布等)的形式来隔绝采空区^[9-10],减少采空区漏风,抑制瓦斯涌出,降低工作面回风流瓦斯浓度。隅角封堵墙示意图如图6所示。

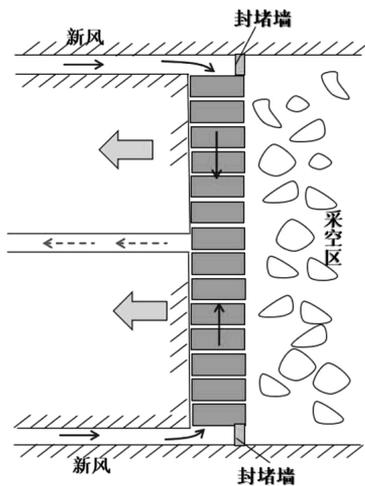


图6 封堵墙示意图

5 结论

(1)W型通风综放工作面顺层钻孔应布置更密集,采取两条评判单元进行预抽效果验证结果

更可信;

(2)依据采动上覆岩层变形规律,选择1号孔距煤层顶板 $30\text{m}\sim 36\text{m}$ 、2号孔距煤层顶板 $36\text{m}\sim 40\text{m}$ 、3号孔距煤层顶板 $41\text{m}\sim 45\text{m}$,实施无空白带高位钻孔瓦斯抽采,取得了较好的效果;

(3)借助于封堵墙,与采空区进行隔绝,杜绝了瓦斯的逸出。

参考文献:

- [1]林柏泉,张仁贵.U型通风工作面采空区瓦斯涌出及其治理[J].煤炭学报,1998,23(2):156-158.
- [2]张锋刚.U+L+I型通风治理综采工作面回风隅角瓦斯[J].煤,2012(4):35,65.
- [3]孙卓越,杨东,裴越,等.基于时间分源法的 CO_2 相变致裂抽采有效半径测定[J].煤矿安全,2020,51(3):1-5,11.
- [4]刘硕,王俊峰,温伟,等.分源法瓦斯预测原理的运用[J].煤炭技术,2014,33(5):66-68.
- [5]张立强.煤层瓦斯抽采中煤体破裂与气体渗流规律研究[D].徐州:中国矿业大学,2013.
- [6]刘众众.动静载作用下吸附瓦斯煤体损伤渗流规律与致灾机理研究[D].济南:山东大学,2022.
- [7]王婉洁,高富强.工作面覆岩采动裂隙演化规律物理及数值模拟研究[J/OL].采矿与岩层控制工程学报..
- [8]张平松,刘盛东,吴荣新,等.采煤面覆岩变形与破坏立体电法动态测试[J].岩石力学与工程学报,2009,28(9):1870-1875.
- [9]武帅.潞安-缘煤业工作面“偏W+高抽巷”联合布置系统下采空区瓦斯与火共治研究[D].太原:太原理工大学,2019.
- [10]王立峰.王庄矿高位钻孔采空区瓦斯治理技术研究[D].焦作:河南理工大学,2016.