

缓倾斜厚煤层高位钻孔瓦斯 抽采技术应用与分析

史育雄¹, 李博^{2*}

(1.山西阳城阳泰集团 竹林山煤业有限公司,山西 晋城 048105;2.煤矿安全技术国家重点实验室,辽宁 抚顺 113000)

摘要:针对 U 型通风方式的回采工作面上隅角瓦斯浓度严重制约工作面产量,威胁煤矿安全生产问题,以竹林山煤业 1076 综放工作面为例,综合考虑煤层顶板岩性、煤层赋存条件等因素,采用高位钻孔抽采方法抽采上邻近层及采空区瓦斯,抽采钻孔有效抽采距离为 52~69 m,最大抽采瓦斯纯量为 3.99 m³/min,有效控制工作面上隅角瓦斯浓度。

关键词:上隅角;高位钻孔;瓦斯浓度;工作面

中图分类号:TD712 **文献标志码:**A **文章编号:**1672-9102(2019)01-0050-05

Application and Analysis of High Level Borehole Gas Drainage Technology in the Flat-Pitching Thick Seams

Shi Yuxiong¹, Li bo²

(1. Zhulinshan Coal Industry Co., Ltd., Yangcheng Yangtai Group Company, Jincheng 048105, China;

2. State Key Laboratory of Coal Mine Safety Technology, Fushun 113000, China)

Abstract: In view of the fact that the gas concentration in the upper corner of the working face, the U ventilation mode seriously restricts the output of the working face and threatens the coal mine safety production. This paper, taking the 1076 fully-mechanized caving face in Zhulinshan coal mine for an example, comprehensively considers such factors as the lithology of coal seam roof and the occurrence conditions of coal seam, etc. High level borehole drainage method is adopted to extract the gas in the adjacent seams and goaf, the effective extraction distance of the drainage boreholes is between 52 m and 69 m, the maximum gas extraction volume is 3.99 m³/min, which effectively controls the gas concentration in upper corner of working face.

Keywords: the upper corner; high-level boreholes; gas concentration; working face

在瓦斯矿井煤炭开采过程中,尤其是在开采厚煤层的情况下,邻近煤(岩)层、采空区围岩、工作面遗煤都会向工作面现采空区涌出瓦斯,而由于工作面现采空区与矿井通风系统连通,在矿井通风负压等因素的影响下,现采空区瓦斯又涌入回采工作面并经工作面风流排出,其容易造成回采工作面上隅角瓦斯积聚,增加回采工作面通风负担,限制了工作面生产能力,对工作面生产安全带来严重威胁^[1,2]。因此,U型通风方式回采工作面现采空区上隅角瓦斯的治理,对工作面的生产安全和生产能力的提高具有十分重要的意义。

1 工作面概况及瓦斯涌出构成分析

竹林山煤业 1076 综放工作面开采 3 号煤层,煤层厚度为 5.17~6.21 m,平均 5.72 m,厚度变化不大,煤

层倾角 7° , 工作面可采长度 973 m, 倾向长 180 m. 该工作面采用倾斜长壁后退式综采放顶煤采煤法, 两采一放, 采放比 1.0 : 1.2, 工作面回采率约 93%, 全部垮落法管理顶板. 根据 1076 综放工作面地层综合柱状图(如图 1 所示), 1076 综放工作面煤层顶板(直接顶至老顶)依次为泥岩、砂质泥岩、页岩, 煤层顶板较坚硬; 3 号煤层上邻近层有 1 号煤层(平均层间距约 39 m)和 2 号煤层(平均层间距约 21 m), 由于 1 号、2 号煤层未揭露, 其煤层瓦斯含量参照 3 号煤层瓦斯赋存情况进行分析.

$\frac{1.10-4.50}{2.60}$		1	灰黑色砂质泥岩, 含较多植物化石, 底部为 1 号煤层, 煤厚 0~0.6 m, 平均 0.33 m
$\frac{13.30-21.51}{18.21}$			灰色页岩, 致密, 含菱铁质结核, 底部为泥岩
$\frac{0-0.35}{0.30}$		2	煤, 褐色, 沉积不稳定, 为不可采煤层
$\frac{5.71-13.41}{10.00}$			灰-深灰色粉砂岩, 致密, 上层为细砂岩, 中夹薄层砂质泥岩, 含植物化石
$\frac{6.80-12.52}{10.70}$			浅灰-灰色细砂岩, 致密坚硬, 成分以石英为主, 岩屑次之, 夹大量泥质, 局部为中粒砂岩, 底部为粉砂岩、砂质泥岩、泥岩, 含植物化石
$\frac{5.17-6.21}{5.72}$		3	煤, 黑色, 下部夹矸一层, 结构简单, 属全井田稳定可采煤层

图 1 1076 综放工作面地层柱状图(部分)

根据 1076 综放工作面采煤工艺及 3 号煤层赋存状况, 采用分源法对 1076 综放工作面瓦斯涌出构成进行分析得出, 1076 综放工作面瓦斯涌出来源由工作面开采层瓦斯涌出(工作面煤壁、落煤)和工作面现采空区瓦斯涌出 2 部分构成. 其中, 采空区瓦斯主要来源于工作面遗煤和邻近煤层(1 号、2 号煤层); 3 号煤层上邻近煤(岩)层由于受开采层的采动影响, 其得到卸压、膨胀, 形成各种方向的裂隙, 这些裂隙与工作面现采空区沟通形成了向工作面现采空区排放瓦斯通道, 1 号、2 号煤层瓦斯在其煤层瓦斯压力、通风系统负压的综合作用下, 通过这些通道向工作面现采空区涌出.

根据 1076 综放工作面煤层瓦斯含量实测数据, 1076 综放工作面煤层原始瓦斯含量最大为 $6.92 \text{ m}^3/\text{t}$, 工作面配风量为 $1\ 251 \text{ m}^3/\text{min}$, 生产期间工作面回风流平均瓦斯浓度约 0.43%, 上隅角瓦斯浓度为 0.65%, 工作面瓦斯涌出总量约 $5.38 \text{ m}^3/\text{min}$.

为掌握 1076 综放工作面瓦斯涌出构成, 将工作面沿工作面倾斜方向划分为若干块段(如图 2 所示), 利用瓦斯-风量平衡方程^[3,4], 测定每个块段的流入(出)风量及瓦斯浓度、采空区漏风量及瓦斯浓度, 代入式 1 计算出 1076 综放工作面各瓦斯来源涌出量及采空区漏风量.

根据每个块段所应遵循的瓦斯-风量平衡方程:

$$\begin{cases} Q_{\text{in}} \pm Q_1 - Q_{\text{out}} = 0; \\ q_g = Q_1 c_1; \\ q_f = Q_{\text{out}} c_{\text{out}} - Q_{\text{in}} c_{\text{in}} - q_g. \end{cases} \quad (1)$$

式中: $Q_{\text{in}}, Q_{\text{out}}$ 为流入, 流出本块段的风量, m^3/min ; Q_1 为采空区流入(出)本块段的漏风量, m^3/min ; q_g 为采空区涌入本块段的瓦斯量, m^3/min ; c_1 为工作面现采空区漏风风流中的瓦斯浓度, %; q_f 为本块段内煤壁及落煤的瓦斯涌出量, m^3/min ; $c_{\text{out}}, c_{\text{in}}$ 为流入、流出本块段风流中的瓦斯浓度, %.

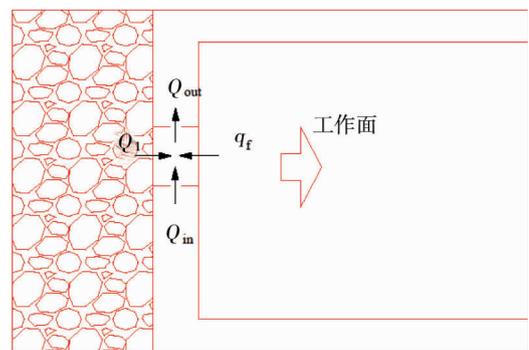


图 2 瓦斯-风量平衡计算示意图

根据 1076 综放工作面现场实测数据,代入式(1)计算得出:1076 综放工作面现采空区的漏风量为 $53 \text{ m}^3/\text{min}$;现采空区绝对瓦斯涌出量为 $1.72 \text{ m}^3/\text{min}$,占工作面总绝对瓦斯涌出量的 32%;煤壁及落煤绝对瓦斯涌出量为 $3.66 \text{ m}^3/\text{min}$,占工作面总绝对瓦斯涌出量的 68%。现采空区瓦斯涌出量占比较高主要是由于工作面回采率较低,采空区遗煤较多及上邻近煤层(1号、2号煤层)卸压瓦斯涌出。所以,结合现采空区瓦斯分布规律,现采空区瓦斯抽采目标应以现采空区上隅角及上邻近 1号、2号煤层为主。

2 高位钻孔治理上隅角瓦斯技术

受煤层采动影响,在开采层上(下)一定范围内煤(岩)层原始应力状态相应地发生变化。依据煤(岩)层位移、破坏程度的不同,将上覆煤(岩)层可划分为 3带,即冒落带、裂隙带及弯曲下沉带^[5]。由回采工作面现采空区内瓦斯运移及分布规律可知,处在工作面回风侧现采空区上部的裂隙带是瓦斯富集区。因此,抽放瓦斯钻孔布置在裂隙带内抽采效果最为理想。若抽放钻孔布置在冒落带内,抽放量较高,但抽采的瓦斯浓度很低;而布置在弯曲下沉带内,抽放量很小^[6,7]。

冒落带的高度与煤层开采厚度、倾角、上覆岩石岩性等因素有关^[8,9]。可按式(2)计算采空区冒落带高度:

$$H = \frac{m}{(K_0 - 1) \cos\alpha} \quad (2)$$

式中: m 为煤层开采厚度, m ; K_0 为岩石松散系数; α 为煤层倾角。

根据 3号煤层赋存情况及上覆岩层岩性,1076 综放工作面的煤层倾角为 7° ,岩石松散系数可取 1.35,采高取 5.72 m,代入式(2)计算得出 1706 综放工作面的冒落高度约 16 m。而裂隙带高度可参考裂隙带最大高度的经验公式(3)计算,岩石抗压强度 20~40 MPa,工作面顶板管理方法为全部垮落,则裂隙带最大高度(包括冒落带最大高度) H_1 为

$$H_1 = \frac{100 \sum m}{1.6 \sum m + 3.6} + 5.6 = 50.45 \text{ m} \quad (3)$$

根据冒落带及裂隙带高度计算结果,考虑煤层及顶板赋存稳定性、钻孔施工工艺等因素,抽采瓦斯钻孔终孔位置与煤层顶板法距应控制在 22~43 m 的之间。

3 高位钻孔瓦斯抽采参数设计

根据工作面瓦斯运移规律及采场岩石移动规律,综合考虑工作面顶板岩性、开采厚度及煤层赋存情况等因素^[10],设计于 1076 综放工作面回风顺槽施工抽采钻场,钻场间距为 50 m,每个钻场布置 4个高位钻孔,其终孔位置处于距回风顺槽 15~40 m 的范围内,垂高在 22~43 m。工作面高位钻孔参数见表 1 所示,高位钻孔布置详见图 3 所示。

表 1 1076 综放工作面高位钻孔参数表(13,14号钻场)

孔号	孔径/mm	方位角/(°)	倾角*/(°)	钻孔长度/m	距回顺/m	垂高/m
1#	94	8	12	107	15	22
2#	94	12	16	110	22	30
3#	94	17	18	114	32	35
4#	94	22	22	116	40	43

*注:工作面仰采,煤层倾角为 7° ,高位钻孔设计倾角以煤层角度 0° 为基础

封孔工艺:钻孔施工时,采用直径 94 mm 钻头。在 13,14 号钻场的高位钻孔内插入直径分别为 75 mm 和 50 mm 的双抗软管作为抽采瓦斯管。封孔采用“两堵一注”封孔方法进行封孔。

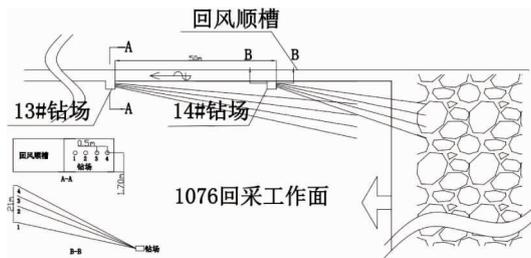


图 3 1076综放工作面高位钻孔布置

4 高位钻孔瓦斯抽采效果分析

根据对瓦斯抽采钻场抽采瓦斯流量、浓度连续测定数据统计(如图 4 和图 5 所示),14 号钻场抽采瓦斯浓度在 20%~49%,抽采瓦斯纯量 1.54~2.93 m^3/min ,平均抽采瓦斯纯量为 2.11 m^3/min ;13 号钻场抽采瓦斯浓度在 14%~42%,抽采瓦斯纯量 0.51~3.99 m^3/min ,平均抽采瓦斯纯量为 2.71 m^3/min .

抽采前后工作面回风流及上隅角瓦斯浓度变化情况:未抽放前,生产期间工作面回风流平均瓦斯浓度约 0.43%,上隅角瓦斯浓度为 0.65%;抽放后,生产期间工作面回风流平均瓦斯浓度约 0.32%,上隅角瓦斯浓度为 0.46%,取得较好的效果.

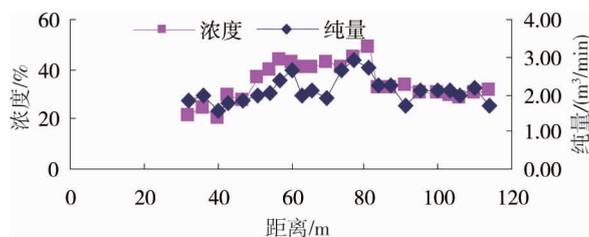


图 4 14 号钻场高位钻孔抽采瓦斯浓度及纯量监测数据

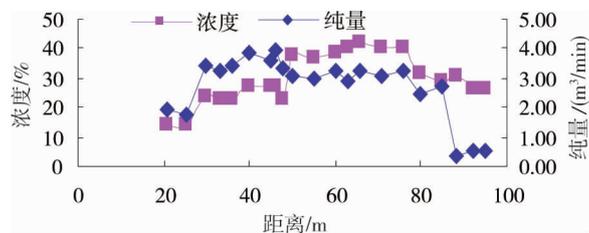


图 5 13 号钻场高位钻孔抽采瓦斯浓度及纯量监测数据

从 13 号和 14 号钻场各抽采钻孔抽采参数监测数据可以看出,13 号和 14 号钻场个别高位钻孔抽采初期,甚至距工作面还有一定距离时,能够抽出浓度约 53%的高浓瓦斯,这说明工作面煤壁前方煤层顶板已形成裂隙,钻孔抽采瓦斯活跃期在钻场距工作面 48~86 m 内,此时抽采的瓦斯纯量及浓度均较高;而随着工作面与抽采钻场距离逐渐减小,高位钻孔终孔高度逐渐降低,抽采钻孔渐渐落入现采空区冒落带内,这时其主要抽采工作面上隅角瓦斯,钻孔抽采瓦斯浓度及纯量均逐渐变小.

5 结论

1) 高位钻孔布置在裂隙带内,高位钻孔瓦斯抽采纯量及浓度较高.因此,裂隙带高度是高位钻孔抽采技术及效果的关键,其受多种因素影响,如煤层顶板岩性、开采煤层厚度、赋存情况、工作面回采速度等.煤层顶板岩性越硬、工作面回采速度越快,有效抽采裂隙带高度越低;开采煤层厚度越大,裂隙带高度越高.根据竹林山煤业煤层赋存地质条件,这一高度约为采高的 5~7 倍.

2) 工作面钻场间距取决于高位钻孔的抽采影响范围;钻孔的可抽距离,为设计布置工作面第一个抽

放钻场位置的确定提供了依据.根据竹林山煤业高位钻孔抽采瓦斯浓度及纯量监测数据推算出,其高位钻孔抽采影响距离约 35 m,有效抽采距离为 52~69 m.

3)高位钻孔瓦斯抽采负压相同的情况下,钻孔抽放能力的大小与钻孔直径、封孔管直径有关.钻孔直径越大,抽采瓦斯能力越强,钻孔控制范围越大;封孔管径对抽采能力大小也有一定的影响,采用封孔管 $\Phi 75$ mm 进行封孔的钻孔抽采能力大于采用 $\Phi 50$ mm,根据竹林山煤业高位钻孔抽采数据分析,钻孔抽采能力提高了约 1.3 倍.

4)高位钻孔抽采技术可有效降低缓倾斜厚煤层综放工作面的上隅角及回风巷瓦斯浓度,提高工作面产量.结合现有钻机设备,可对现有高位钻孔瓦斯抽采工艺进行改良,即采用定向钻机施工水平长钻孔,提高钻孔有效抽采距离,减少钻场施工工程量,提高钻孔瓦斯抽采效果.

参考文献:

- [1]王慧.综放工作面 Y 型通风瓦斯治理效果分析[J].现代矿业,2017(4):203-204.
- [2]于不凡.煤矿瓦斯灾害防治及利用技术手册[M].北京:煤炭工业出版社,2005.
- [3]李贤忠,朱传杰,刘洋,等.高位钻孔瓦斯抽采技术的研究及应用[J].煤炭工程,2010(6):38-41.
- [4]胡殿明,林柏泉.煤层瓦斯赋存规律及防治技术[M].徐州:中国矿业大学出版社,2006.
- [5]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,2010.
- [6]刘桂丽,杨跃奎,撒占友.高位钻孔瓦斯抽采参数优化设计[J].西安科技大学学报,2012(4):450-458.
- [7]李同意,彭担任,张仁贵.高位钻孔瓦斯抽放在回采工作面的应用[J].工业安全与环保,2008,34(4):63-64.
- [8]聂敏忠.朱庄煤矿高位钻孔瓦斯抽放技术的应用[J].煤炭科学技术,2008,36(8):55-57.
- [9]张飞,杨威,孔利芳.厚煤层高位钻孔位置确定及效果检验[J].矿业工程研究,2013(1):48-52.
- [10]葛林,高建良,李炫焯.煤层顶板水平长钻孔布置高度对抽采效果的影响[J].矿业工程研究,2016(1):34-40.