

# 近距离松软煤层群高位钻孔瓦斯抽采技术研究

付 帅<sup>1</sup>, 吕平洋<sup>1</sup>, 王嘉鉴<sup>1</sup>, 李金泉<sup>2</sup>, 毛国力<sup>2</sup>

(1. 中国矿业大学(北京)资源与安全工程学院 北京 100083; 2. 山西金晖万峰煤矿有限公司 山西 孝义 032300)

**摘 要:** 为解决高应力近距离松软煤层群高位钻孔抽采效果差、工作面上隅角瓦斯超限等问题,利用轨迹测试仪测定钻孔轨迹,并结合对现场高位钻孔参数设计、现场施工、抽采效果的分析,得到了高位钻孔抽采技术中存在的问题,分析了造成高位钻孔抽采效果差的原因,基于此提出了高位钻孔抽采优化方法。结果显示:造成高位钻孔抽采效果不佳的原因为钻孔大幅度偏离设计轨迹及煤孔段堵孔;可通过控制钻进速度、缩短钻孔长度、增加孔径、对煤孔段进行扩孔、下筛管的手段优化抽采设计。对比优化前后高位钻孔抽采效果,发现优化后平均单日抽采纯量提高了3倍,优化抽采效果显著。

**关键词:** 近距离松软煤层群; 高位钻孔; 钻孔偏孔; 钻孔堵孔; 抽采优化

中图分类号: TD712 文献标志码: A 文章编号: 0253-2336(2016)11-0078-04

## Study on gas drainage technology with high level borehole in contiguous soft coal seams group

Fu Shuai<sup>1</sup>, Lyu Pingyang<sup>1</sup>, Wang Jiajian<sup>1</sup>, Li Jinquan<sup>2</sup>, Mao Guoli<sup>2</sup>

(1. School of Resource and Safety Engineering, China University of Mining and Technology (Beijing) Beijing 100083, China;

2. Shanxi Jinhui Wanfeng Coal Mine, Xiaoyi 032300, China)

**Abstract:** In order to solve the poor gas drainage effect of the high level borehole and the gas over limit at the top corner of the coal mining face and other problems in the high stress and contiguous soft coal seams group, a track inclinometer was applied to measure the borehole track. In combination with the analysis on the parameter design of the site high level borehole, the site construction and gas drainage effect, the problems existed in the gas drainage technology of the high level borehole were obtained. The cause to make the poor gas drainage effect of the high level borehole was analyzed. Based on the circumstances, a gas drainage optimized method of the high level borehole was provided. The results showed that the causes to make the poor gas drainage effect of the high level borehole would be the borehole highly deviated from the designed track and the borehole seam section blocked. The gas drainage designed could be optimized with the control of the drilling speed, reduction of the drilling length, the borehole diameter increased, borehole reamed at the seam section and screen tube. In comparison the gas drainage effect of the high level borehole before and after the optimization, the daily drainage pure volume in average was highly upgraded by three times after the optimization and the optimized gas drainage effect was obvious.

**Key words:** contiguous soft coal seams group; high level borehole; borehole deviation; borehole blockage; drainage optimization

## 0 引 言

随矿井开采深度的增加,地应力、瓦斯含量随之增加,瓦斯治理尤为困难,尤其在开采高应力近距离煤层群时,开采层回采后,上下不可采邻近层瓦斯大量涌入采空区,进入回采工作面造成上隅角瓦斯超

限,影响矿井安全生产。因此,采用有效的采空区瓦斯治理技术对矿井安全生产具有重要意义。

目前针对采空区瓦斯治理,比较常用的方法有埋管抽采、插管抽采、高位钻孔抽采、高抽巷抽采、尾巷抽采法等<sup>[1-3]</sup>。其中高位钻孔因其操作简单、成本低、效果好等优点备受关注<sup>[4-6]</sup>。国内外学者对

收稿日期: 2016-05-22; 责任编辑: 王晓珍 DOI: 10.13199/j.cnki.cst.2016.11.015

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(51274206); 国家自然科学基金青年资金资助项目(51404277)

作者简介: 付 帅(1988—),男,河南郑州人,博士研究生。Tel: 18811789706, E-mail: dallasfushuai@163.com

引用格式: 付 帅,吕平洋,王嘉鉴,等.近距离松软煤层群高位钻孔瓦斯抽采技术研究[J].煤炭科学技术,2016,44(11):78-81.

Fu Shuai, Lyu Pingyang, Wang Jiajian, et al. Study on gas drainage technology with high level borehole in contiguous soft coal seam group[J]. Coal Science and Technology, 2016, 44(11): 78-81.

高位钻孔进行了深入研究,一些学者利用数值模拟软件分析采动影响下煤岩体裂隙发生、发展规律,以此为基础对高位钻孔参数进行优化<sup>[7-9]</sup>;王国伟等<sup>[10]</sup>利用 Fluent 软件模拟不同渗透率下高位钻孔抽采的采空区瓦斯分布,为高位钻孔设计提供基础;杨宏伟等<sup>[11]</sup>利用微震检测技术分析了顶板裂隙分布规律并设计了高位钻孔瓦斯抽采优化程序;王耀峰等<sup>[12]</sup>利用关键层理论分析了裂隙带位置,以此优化了高位钻孔参数;王伟等<sup>[13]</sup>以平煤五矿为例,研究了深部近距离上保护层开采底板煤岩层裂隙瓦斯通道演化规律,同时给出了被保护层卸压瓦斯抽采时效性,为该矿高位钻孔设计提供基础;何俊等<sup>[14]</sup>研究了高位钻孔在单一低透气性高瓦斯煤层中的应用;赵晶等<sup>[15]</sup>研究了高位钻孔在高瓦斯薄煤层矿井中的应用;孙凯民等<sup>[16]</sup>采用相似模拟试验及数值模拟等方法研究了采场覆岩裂隙形成及分布规律,并以此优化瓦斯抽采参数。

针对高应力近距离松软煤层群,传统的高位钻孔方法抽采效果并不明显,笔者通过分析此类矿井高位钻孔抽采存在的问题,有针对性地提出了优化措施,大幅提高了瓦斯抽采效果,有益补充了矿井高位钻孔瓦斯抽采技术。

## 1 试验区高位钻孔抽采概况

### 1.1 试验区概况

金晖万峰煤矿当前开采煤层平均厚度为 1.5 m,煤层较软,瓦斯含量为  $8 \text{ m}^3/\text{t}$  左右,历经一年的瓦斯抽采后,目前工作面残存瓦斯含量为  $2 \text{ m}^3/\text{t}$  左右,煤层回采过程中巷道、钻场变形破坏严重。开采层上、下各含有一层不可采薄煤层(图 1)。

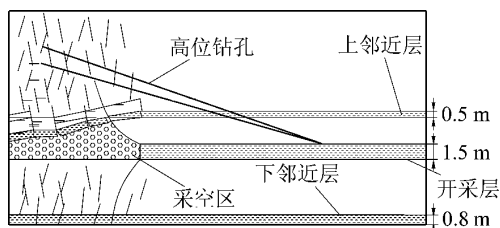


图 1 采空区高位钻孔瓦斯抽采

Fig. 1 Gas drainage in goaf by high level borehole

上邻近层平均厚度为 0.5 m,距离可采层平均距离为 3 m,煤层较软,瓦斯含量  $10 \text{ m}^3/\text{t}$ ,下邻近层平均厚度为 0.8 m,距离可采层平均距离为 6 m。由此可得,采空区瓦斯主要来源于上、下邻近层瓦斯,而上邻近层瓦斯所占比例最高。

### 1.2 高位钻孔抽采现状

目前,该矿主要采取高位钻孔抽采采空区瓦斯的方法控制上隅角瓦斯超限问题,理论结合现场试验证实,该矿高位钻孔最佳抽采层位于距煤层顶板 12~16 m,但当前抽采效果并不明显,分析其原因主要包括以下 2 点:

1) 钻孔实际层位偏差太大。利用 YZG6.4 矿用钻孔轨迹测量仪对该矿施工高位钻孔进行轨迹测定,部分孔测定结果如图 2 所示。

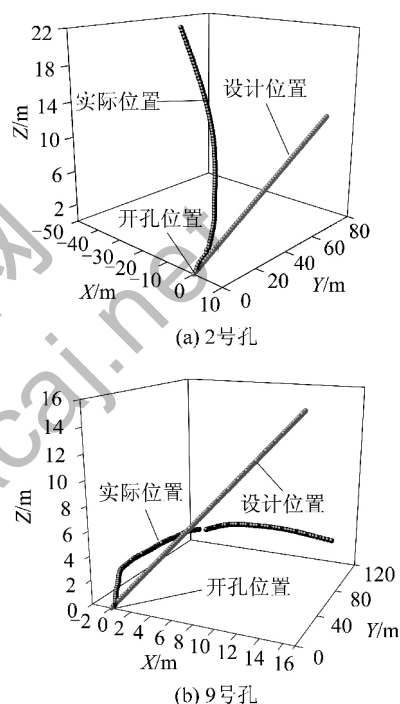


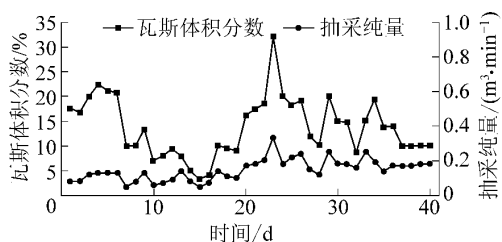
图 2 8 号钻场 2、9 号孔测斜结果

Fig. 2 Inclination survey result of No. 2 and No. 9 borehole in No. 8 drilling field

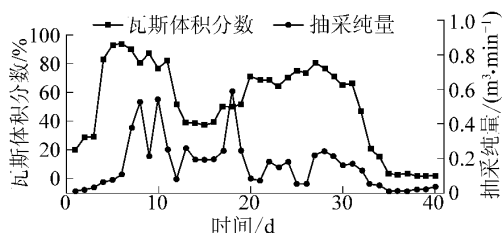
由图 2 可得,实际钻孔施工位置与设计位置偏差较大,2 号孔偏向巷道一边且终孔位置高度远大于设计高度,2 号孔 X 向最大偏差为 42 m, Z 向最大偏差为 4.6 m。而 9 号孔开始阶段偏向巷道一帮,在钻孔高度达到 7 m 时,钻孔开始偏向工作面一侧且开始下降,其 X 向最大偏差为 3.2 m, Y 向最大偏差为 11.2 m。原因为巷道形成后会造成应力重新分布,卸压范围内离巷帮越近其应力越小,煤岩体破坏越严重,快速钻进时,因钻头四周煤岩硬度存在差异,导致其受力不均,合力作用线与钻头轴线不重合,钻杆会向软岩带偏移,因此前期钻孔轨迹会偏向巷道一侧,当钻孔离开卸压区后,若上覆岩层中存在软化区,钻孔轨迹将沿软岩带偏移。若区域内岩石软硬程度接近,快速钻进时,因钻杆自重的影响,会

导致钻杆下倾而导致钻孔轨迹下降。钻孔层位偏差太大,导致钻孔不能达到有效抽采区域,严重影响安全生产。

2) 抽采效果分析。高位钻孔施工完毕后,对钻孔抽采效果进行考察,本次考察时间为40 d,每天都记录下钻孔抽采浓度及抽采纯量,结果如图3所示。



(a) 第1组抽采钻孔



(b) 第7组抽采钻孔

图3 8号钻场第1、7组抽采钻孔抽采效果

Fig. 3 Gas drainage effect of Group 1 and 7 boreholes in No. 8 drilling field

高位钻孔抽采效果主要包括2种情况:瓦斯浓度低、抽采纯量小(图3a)、瓦斯浓度高、抽采纯量小(图3b)。导致第1种情况发生的原因因为钻孔实际轨迹垂直高度远小于设计高度,回采后,钻孔处在大裂隙范围内,钻孔漏风,虽抽采混合流量较高但浓度小,导致抽采纯量低。观察现场抽采浓度较高的钻孔发现,高应力导致其钻孔内部变形量大且塌孔堵孔严重,在穿上邻近松软煤层阶段堵孔尤其严重,钻孔堵塞导致抽采混合流量下降,虽瓦斯浓度增高,抽采纯量依然较低,这就是产生了图3b所示抽采效果。

## 2 高位钻孔抽采技术

### 2.1 抽采优化设计

根据以上高位钻孔抽采过程中所存在的问题,总结造成抽采效果差的原因主要为钻孔长度过长、孔径小、钻进速度快、堵孔等,并针对各原因采取了有针对性的优化措施。

#### 2.1.1 优化钻孔参数

根据现场考察分析,设计了合理钻场间距,由

之前的50 m缩短为现在的40 m,由此钻孔将钻孔长度控制在80 m左右;为保证钻孔实际轨迹能达到设计层位,提出选择合理开孔位置、放慢钻进速度的方法,15~20 min钻进1 m钻孔,且开孔位置尽量设计在硬岩中;为减小钻孔成孔后的堵孔问题,增加了钻孔孔径,由之前的 $\phi 94$  mm改为 $\phi 113$  mm。

#### 2.1.2 护孔方法

针对高应力导致塌孔堵孔等问题,主要采取的护孔措施为:①钻孔钻进至上邻近软分层时,在整个煤层段反复推拉钻杆,对煤层进行扩孔;②钻孔施工结束后,利用钻机下筛管,所下筛管长度至少要超过钻孔煤层段2 m。

### 2.2 优化后抽采效果检验

在该矿下一个钻场高位钻孔施工过程中,根据优化方法对高位钻孔的设计进行优化,对优化后的钻孔轨迹及抽采效果进行考察。

#### 2.2.1 钻孔轨迹考察

优化钻孔参数后,对钻孔实际施工轨迹进行了考察,结果如图4所示。

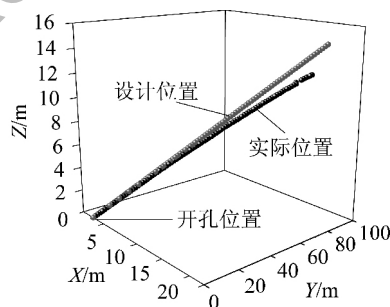


图4 9号钻场7号钻孔测斜结果

Fig. 4 Inclination survey result of No. 7 borehole in No. 9 drilling field

分析优化后的钻孔轨迹可得,优化后钻孔实际轨迹与设计轨迹之间的偏差大幅度减小,其中X向最大偏差仅为2.72 m,Z向最大偏差为2.8 m,能够保持钻孔处在最佳抽采层位内。

#### 2.2.2 抽采效果考察

采取护孔方法后,对高位钻孔抽采效果进行考察,考察期限还是40 d,结果如图5所示。由图5可明显看出,实施钻孔优化方案后瓦斯抽采浓度及抽采纯量大幅度上升,平均单日瓦斯抽采纯量由 $0.14 \text{ m}^3/\text{min}$ 增加到 $0.56 \text{ m}^3/\text{min}$ ,此后上隅角瓦斯浓度显著下降,瓦斯超限现象几乎不再发生,保障了煤矿的安全生产。

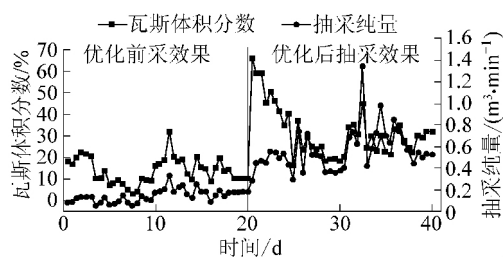


图5 9号钻场第1组抽采钻孔抽采效果

Fig. 5 Gas drainage effect of Group 1 borehole in No. 9 drilling field

### 3 结 论

1) 对万峰煤矿上下邻近层及本煤层瓦斯分析可得,采空区瓦斯主要来自于上下邻近层,其中上邻近层瓦斯所占比例最大。

2) 该矿高位钻孔抽采效果不佳的原因为: 钻孔轨迹下偏严重,导致钻孔抽采浓度低、混合流量高、抽采纯量小; 堵孔导致钻孔抽采浓度高、混合流量低、抽采纯量小。

3) 分析该矿高位钻场抽采效果差的主要原因为钻孔偏孔和钻孔堵孔。

4) 根据当前高位钻孔抽采方法存在的问题提出的优化方法为控制钻进速度、缩短钻孔长度、增加孔径,对煤孔段进行扩孔、下筛管等。

#### 参考文献 (References):

[1] 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.

[2] 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): 45-50.  
Li Boquan, Zhang Rengui. Methane emission from the mined-out area and its control in a face with U type air ventilation[J]. Journal of China Coal Society, 1998, 23(2): 45-50.

[3] 蔡文鹏, 刘健, 孙东生等. 顶板走向高位钻孔瓦斯抽采技术的研究及应用[J]. 中国安全生产科学技术, 2013, 9(12): 35-38.  
Cai Wenpeng, Liu Jian, Sun Dongsheng et al. Research and application of gas drainage technique with high-located drilling method along roof strike[J]. Journal of Safety Science and Technology, 2013, 9(12): 35-38.

[4] 朱海龙. 五虎山矿高位钻孔抽采采动卸压瓦斯技术研究[D]. 西安: 西安科技大学, 2013: 1-6.

[5] 董钢锋. 邻近层对开采层工作面采空区瓦斯分布规律研究[D]. 淮南: 安徽理工大学, 2013.

[6] 刘建中, 赵保平, 孔祥义等. 高位钻孔配合埋管抽采治理采面上隅角瓦斯[J]. 煤炭科学技术, 2014, 38(2): 46-49.  
Liu Jianzhong, Zhao Baoping, Kong Xiangyi et al. High level borehole drilling with pipeline gas drainage applied to control gas accumulation at upper corner of coal mining face[J]. Coal Science and

Technology, 2014, 38(2): 46-49.

- [7] 张晓磊, 程远平, 王亮等. 煤与瓦斯突出矿井工作面顶板高位钻孔优化设计[J]. 煤炭科学技术, 2014, 42(10): 66-70.  
Zhang Xiaolei, Cheng Yuanping, Wang Liang et al. Optimized design on high level borehole in roof of coal mining face in coal and gas outburst mine[J]. Coal Science and Technology, 2014, 42(10): 66-70.
- [8] 杨玉静, 李增华, 陈奇伟等. RFPA<sup>2D</sup>数值模拟在高位钻孔参数优化中的应用[J]. 煤炭技术, 2010, 29(5): 93-97.  
Yang Yujing, Li Zenghua, Chen Qiwei et al. Application of RFPA<sup>2D</sup> numerical simulation for parameters optimization in highly-located boreholes[J]. Coal Technology, 2010, 29(5): 93-97.
- [9] 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, 32(4): 450-458.  
Liu Guili, Yang Yuekui, Sa Zhanyou. Optimal design of high position boring drainage parameters[J]. Journal of Xi'an University of Science and Technology, 2012, 32(4): 450-458.
- [10] 王国伟, 丁伟龙. 高位钻孔抽采采空区瓦斯时渗透率对瓦斯分布影响的模拟研究[J]. 煤炭技术, 2016, 35(2): 197-199.  
Wang Guowei, Ding Weilong. Simulation study on influence of permeability on gas migration with high-level borehole extracting gas from goaf[J]. Coal Technology, 2016, 35(2): 197-199.
- [11] 杨宏伟, 姜福兴, 尹永明. 基于微地震监测技术的顶板高位钻孔优化技术研究[J]. 煤炭学报, 2011, 36(2): 436-439.  
Yang Hongwei, Jiang Fuxing, Yin Yongming. Based on micro-seismic monitoring technology of the high roof drilling optimization technology[J]. Journal of China Coal Society, 2011, 36(2): 436-439.
- [12] 王耀锋, 聂荣山. 基于采动裂隙演化特征的高位钻孔优化研究[J]. 煤炭科学技术, 2014, 42(6): 86-91.  
Wang Yaofeng, Nie Rongshan. Study on high level borehole optimization based on evolving characteristics of mining induced fracture[J]. Coal Science and Technology, 2014, 42(6): 86-91.
- [13] 王伟, 程远平, 袁亮等. 深部近距离上保护层底板裂隙演化及卸压瓦斯抽采时效性[J]. 煤炭学报, 2016, 41(1): 138-148.  
Wang Wei, Cheng Yuanping, Yuan Liang et al. Floor fracture evolution and relief gas drainage timeliness in deeper undergrounds-short-distance upper protective coal seam extraction[J]. Journal of China Coal Society, 2016, 41(1): 138-148.
- [14] 何俊, 唐一举, 刘静. 单一低透气性高瓦斯煤层走向高位裂隙带钻孔瓦斯抽采效果分析[J]. 煤炭技术, 2014, 33(10): 60-62.  
He Jun, Tang Yiju, Liu Jing. Effect analysis on drilling gas drainage by high level towards fractured zone in single low permeability coal seam[J]. Coal Technology, 2014, 33(10): 60-62.
- [15] 赵晶, 皮希宇, 王栓林等. 高瓦斯薄煤层采煤工作面高位钻孔瓦斯抽采技术[J]. 煤炭科学技术, 2015, 43(11): 78-82.  
Zhao Jing, Pi Xiyu, Wang Shuanlin et al. Gas drainage technology with high level borehole at coal mining face in gassy thin seam[J]. Coal Science and Technology, 2015, 43(11): 78-82.
- [16] 孙凯民, 许德岭, 杨昌能等. 利用采场覆岩裂隙研究优化采空区瓦斯抽采参数[J]. 采矿与安全工程学报, 2008, 25(3): 366-370.  
Sun Kaimin, Xu Deling, Yang Changneng et al. Optimization of goaf gas drainage parameters based on studying cracks in overlying strata of stope[J]. Journal of Mining & Safety Engineering, 2008, 25(3): 366-370.