

文章编号: 1673-3363(2008)02-0168-04

# 高产高效工作面顶板走向钻孔瓦斯抽采技术

王海锋<sup>1</sup>, 程远平<sup>1</sup>, 沈永铜<sup>2</sup>, 刘海波<sup>1</sup>

(1. 中国矿业大学 安全工程学院, 江苏 徐州 221116; 2. 淮北矿业集团 祁南煤矿, 安徽 宿州 234115)

**摘要:** 以祁南煤矿 349 工作面为工程背景, 结合采场围岩控制理论, 分析了高产高效工作面采空区上覆岩层移动及裂隙发育特征; 得出工作面推进速度与顶板走向抽采钻孔在垂向上的布置高度成反比关系. 349 工作面顶板走向钻孔参数优化和抽放效果实践表明, 当工作面推进速度为 5~6 m/d 时, 顶板走向钻孔应布置在冒落带范围的岩层中, 即钻孔终孔与煤层顶板垂距为 10~15 m, 前后钻场钻孔压茬为 50 m, 可以确保顶板走向钻孔较高的利用率, 并得到很好的抽采效果, 满足采煤工作面的安全生产要求.

**关键词:** 高产高效工作面; 裂隙发育; 顶板走向钻孔; 瓦斯抽采

**中图分类号:** TD 712 **文献标识码:** A

## Gas Drainage Technology of Along-Strike Roof Drills in Working Face with High Production and Efficiency

WANG Haifeng<sup>1</sup>, CHENG Yuanping<sup>1</sup>, SHEN Yongtong<sup>2</sup>, LIU Haibo<sup>1</sup>

(1. School of Safety Engineering, China University of Mining & Technology, Xuzhou, Jiangsu 221116, China;

2. Qinan Mine, Huaibei Coal Co. Ltd., Suzhou, Anhui 234115, China)

**Abstract:** Taking 349 working faces in Qinan coal mine as examples, using the theory of strata control around longwall face, we analyse the characteristic of strata movement and failure development above goaf in working face with high production and efficiency. The result shows that the advancing velocity is inversely proportional to the vertical distance, from bottom of coal seam, of the along-strike roof drills. Through parameter optimization of the along-strike roof drills and engineering practice, we can see that the along strike roof drills should be situated in strata of caving zone and the vertical distance between bottom of roof drills and coal seam should be 10~15 m, and the overlapping length of back-and-forth drills should be 50 m. By doing so, a high efficiency of the along-strike roof drills and a good effect of gas drainage can be achieved, and the safety production of working faces ensured.

**Key words:** working face with high production and efficiency; failures development; roof drills along strike; gas drainage

高瓦斯煤层或是突出煤层经过区域性的瓦斯抽采后, 煤层瓦斯含量大幅下降, 将高瓦斯突出煤层转变为低瓦斯非突出煤层, 满足了高产高效工作面的安全生产需要. 虽然开采煤层的残余瓦斯含量

较低, 但由于高产高效工作面推进速度快、单产高, 造成工作面的绝对瓦斯涌出量很大. 采煤工作面在开采过程中, 除风排瓦斯外, 还必须采取瓦斯抽采措施, 随采随抽, 确保采煤工作面的安全生产. 由于

收稿日期: 2007-06-11

基金项目: 国家重点基础研究发展计划(973)项目(2005CB221503); 国家自然科学基金重点项目(70533050); 国家自然科学基金项目(50674089); 国家“十五”科技攻关项目(2005BA813B3-06)

作者简介: 王海锋(1979), 男, 山西省高平市人, 博士, 从事煤矿瓦斯治理方面的研究.

E-mail: haihzh@163.com Tel: 13913474114  
© 1994-2012 China Academic Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

顶板走向钻孔瓦斯抽采方法流量大、抽采含量高、工艺简单、工程量小, 逐渐发展成为采煤工作面最常用、最有效的瓦斯抽采方法之一。顶板走向钻孔瓦斯抽采是利用工作面开采后采空区上覆岩层移动和裂隙发育规律进行抽采的一种瓦斯抽采方式, 它是将抽采钻孔布置在距煤层顶板一定距离的岩层中, 在钻孔负压作用下, 抽采顶板裂隙和采空区瓦斯, 减小涌入采煤工作面的瓦斯量<sup>[1]</sup>。高产高效工作面推进速度快, 受采动影响, 在顶板走向钻孔有效抽放范围内, 采空区上覆岩层移动和裂隙发育出现新的特征。为治理高产高效工作面瓦斯、充分发挥顶板走向钻孔瓦斯抽采效果, 把顶板走向钻孔的布置层位与工作面的推进速度、顶板岩层的移动和裂隙发育规律结合起来考虑是非常必要的。

## 1 工程应用条件

祁南煤矿 3<sub>2</sub> 煤层为煤与瓦斯突出煤层, 3<sub>2</sub> 煤层赋存较为稳定, 平均厚度 3.3 m, 地质构造简单, 煤层倾角平均为 10°。工作面煤层直接顶以泥岩为主, 平均厚度 2.7 m, 其顶部常见一层厚 0.2~1.0 m 的薄煤。局部发育伪顶泥岩或炭质泥岩, 厚 0~0.56 m, 一般为直接顶变薄形成。基本顶以粉砂岩为主, 局部为泥岩, 厚 4.0~6.8 m。3<sub>2</sub> 煤层有 3<sub>1</sub> 和 3<sub>3</sub> 上、下两层邻近层, 3<sub>1</sub> 煤层位于顶板, 平均厚为 0.5 m, 距 3<sub>2</sub> 煤约 4.3 m; 3<sub>3</sub> 煤层位于底板, 平均厚为 0.75 m, 与 3<sub>2</sub> 煤间距约为 6.4 m, 见图 1。

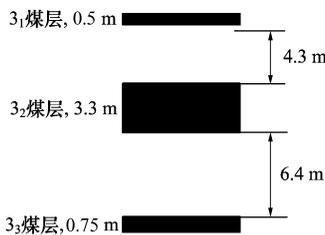


图 1 本煤层及邻近层参数  
Fig. 1 The parameters of coal seam and neighboring seams

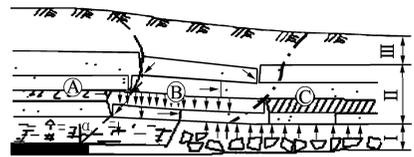
349 工作面采用预抽煤层瓦斯技术抽采煤层瓦斯后, 工作面煤层残余瓦斯含量降为 6.03 m<sup>3</sup>/t, 满足了布置高产高效工作面的条件。工作面走向长 960 m, 倾斜长 150 m, 为矿井的主力生产面。工作面一次采全高, 月推进 150~180 m, 工作面每天平均推进 5~6 m, 日产原煤 5 000 t 左右。

## 2 顶板走向钻孔瓦斯抽采原理

### 2.1 顶板走向钻孔瓦斯抽采的理论基础

根据矿山压力理论<sup>[2,3]</sup>, 随着工作面推进,

在工作面周围将形成一个采动压力场, 采动压力场及其影响范围在垂直方向上形成 3 个带, 由下向上分别为冒落带、裂隙带和弯曲下沉带。在水平方向上形成 3 个区, 沿工作面推进方向分别为重新压实区、离层区和煤壁支撑影响区, 见图 2。随着工作面的向前推进, 采动压力场是随时空变化的。这个采动压力场中形成的大量裂隙, 为瓦斯在采空区上覆岩层中的运移和存储提供了通道和空间, 为顶板走向钻孔的随采随抽提供了条件。



A—煤壁支撑影响区; B—离层区; C—重新压实区  
I—垮落带; II—裂隙带; III—弯曲下沉带

图 2 工作面上覆岩层的分区分带

Fig. 2 The regions and bandings in strata above working face

### 2.2 瓦斯来源分析

顶板走向钻孔的有效抽采段位于采空区的顶板岩层中, 因此工作面回采落煤释放出的瓦斯大都随工作面回风排出。3<sub>2</sub> 煤层顶、底板中各有一邻近层, 3<sub>1</sub> 煤层平均厚度为 0.5 m, 下距 3<sub>2</sub> 煤层约 4.3 m, 处于 3<sub>2</sub> 煤层开采的冒落带内; 3<sub>3</sub> 煤层平均厚度为 0.75 m, 上距 3<sub>2</sub> 煤间距约为 6.4 m, 也处于 3<sub>2</sub> 煤层开采后底板的破坏范围内。由于邻近层距开采层 3<sub>2</sub> 煤层很近, 在 349 工作面的采动影响下, 3<sub>1</sub> 和 3<sub>2</sub> 煤层相对应区域的可解吸瓦斯全部进入 349 工作面的采空区。采空区瓦斯在自身浮力的作用下, 进入采空区上覆岩层的裂隙中。因此, 顶板走向钻孔抽采的瓦斯主要来源于 3<sub>1</sub>、3<sub>3</sub> 邻近层瓦斯和少量采空区遗煤瓦斯。

### 2.3 顶板走向钻孔瓦斯抽采工艺

从风巷中每隔一定距离施工斜巷进入煤层顶板, 在煤层顶板中开挖钻场。从钻场中向工作面采空区方向施工顶板走向钻孔, 钻孔个数不少于 5 个, 钻孔长度根据钻机的施工能力确定, 但一般不小于 80 m, 钻孔开孔位置距煤层顶板不小于 1 m, 沿倾斜方向钻孔控制风巷向下 30 m 的范围, 在垂向上钻孔终孔一般布置在冒落带顶部和裂隙带下部区域。为保证工作面过钻场时顶板钻孔的抽放效果, 前后钻场钻孔压茬不小于 30 m, 见图 3。在工作面采动作用下, 上覆岩层冒落, 形成裂隙。在孔口负压和瓦斯浮力的作用下, 大量采空区瓦斯进入顶板裂隙中, 并沿顶板走向钻孔进入矿井抽放管网, 实

现抽采采空区瓦斯,减少采空区瓦斯向工作面涌入的目的。

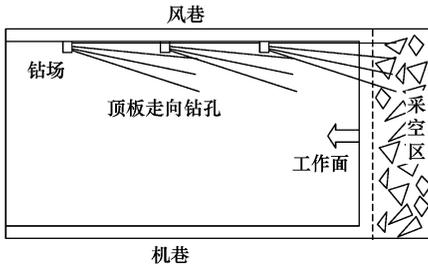


图 3 顶板走向钻孔布置平面

Fig. 3 Ichnography of roof drills along strike

## 2.4 高产高效工作面顶板走向钻孔布置层位研究

顶板走向钻孔瓦斯抽采是利用采空区上覆岩层移动和裂隙发育规律进行抽采的一种瓦斯抽采方法,裂隙沿垂向方向由直接顶、基本顶逐渐向上发育的,在垂向上裂隙发育是时间的函数<sup>[47]</sup>。随着上覆岩层裂隙的发育、岩层的冒落,在采空区的一定位置处形成冒落拱。对于推进速度不同的工作面,顶板走向钻孔有效抽放范围内的裂隙发育状况及采空区冒落拱的位置也不尽相同,工作面推进速度不同引起的采空区冒落拱位置及裂隙发育状况见图 4。

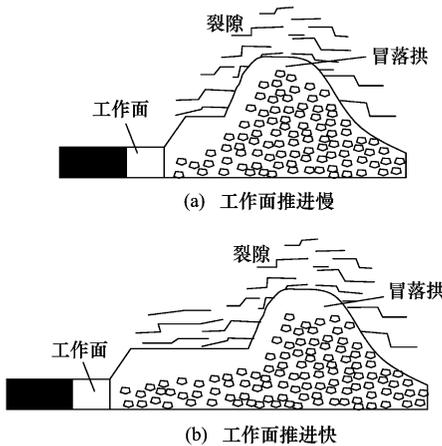


图 4 采空区冒落拱及上覆岩层裂隙发育

Fig. 4 Caving arc and failures development above goaf

从图 4 中可以看出,工作面推进速度的不同,造成采空区冒落拱位置与工作面的距离有所不同。工作面推进速度慢,两者的距离就近,工作面推进速度快,两者距离就远,这是由冒落拱的形成需要一固定时间造成。采空区冒落拱附近裂隙发育比较充分,在垂向上裂隙发育的范围较高。对于推进速度较快的工作面,由于冒落拱位置离工作面较远,则在工作面与冒落拱之间的区域,裂隙发育不太充分,在垂向上裂隙发育高度较低。因此顶板走向钻孔层位的选择应考虑工作面推进速度对上覆岩层

裂隙发育的影响。根据高产高效工作面采空区上覆岩层中裂隙发育的这个特点,为有效抽采采空区瓦斯,防治上隅角瓦斯含量超限,高产高效工作面顶板走向钻孔的布置应降低层位,布置在冒落带范围的岩层内。高产高效工作面顶板走向钻孔布置见图 5。

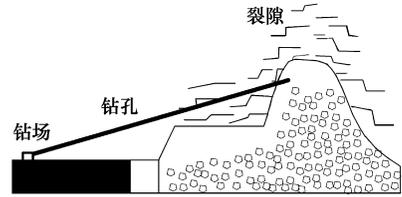


图 5 顶板走向钻孔

Fig. 5 Ichnography of roof drills along strike

不同工作面推进速度条件下顶板走向钻孔终孔的位置见表 1,祁南煤矿 349 工作面开采厚度为 3.3 m,工作面推进速度为 5~6 m/d,钻孔终孔位置布置在距煤层顶板 10~15 m 的范围内(属于冒落带),抽放效果很好,解决了工作面上隅角瓦斯含量超限问题。

表 1 工作面推进速度与顶板走向钻孔终孔距煤层垂距的关系

Table 1 Relation between mining velocity and vertical distance from bottom of roof drills along strike to coal seam

应用工作面	推进速度/ (m·d <sup>-1</sup> )	采厚/ m	垂距/ m	倍数	效果
海孜矿 II 1024	0.8~1.2	2.7	20~30	7~11	好
芦岭矿 II 825-1	1~1.5	2.1	20~25	9~12	好
潘一矿 2312(3)	2~2.5	3.0	15~18	5~6	好
祁南矿 711	2~3	2.1	15~20	7~9	好
祁南矿 349	5~6	3.3	10~15	3~5	好

注:垂距为钻孔终孔与煤层顶板的距离;倍数为垂距与开采厚度之比

## 3 349 工作面工程应用实例

### 3.1 钻孔参数优化过程

1<sup>#</sup> 钻场钻孔抽采的是工作面初次期间瓦斯,从 2<sup>#</sup> 钻场钻孔控制的区域开始,上覆岩层移动和裂隙发育进入周期性发展阶段。

2<sup>#</sup> 钻场钻孔设计长度 90~110 m,钻孔压茬 20~40 m,根据走向顶板钻孔一般的布孔原则,布置在裂隙带下部,则 8~10 倍的采高,钻孔终孔距煤层垂距 25~30 m,钻孔终孔与风巷的平距为 5~30 m。每个钻场布置 5 个钻孔,分两排布置,上排 2 个,下排 3 个,孔底间距为 5~8 m。当工作面推进到 2<sup>#</sup> 钻场钻孔控制的范围后,2<sup>#</sup> 钻场各钻孔没有瓦斯,瓦斯抽采量几乎为零,工作面上隅角频频出现瓦斯含量超限,造成工作面断电现象。工作面推进到 2<sup>#</sup> 钻场钻孔终孔 50 m 后,2<sup>#</sup> 钻场各钻孔才开

始抽采到瓦斯,并随着工作面向前推进,瓦斯量逐渐增大.考虑到2<sup>#</sup>钻场钻孔层位过高,钻孔后50 m没有起到抽放作用,钻孔利用率低等原因,3<sup>#</sup>钻场钻孔在施工时下调了10 m,布置在距煤层顶板15~20 m的范围内,从抽放效果来看还是不好,无法充分发挥顶板走向钻孔的作用.

在施工4<sup>#</sup>钻场钻孔时做了较大调整,将钻孔长度加长到120 m,钻孔压茬增加到50 m,钻孔终孔与顶板的垂距缩小到10~15 m的范围,布置在冒落带范围的岩层内,即3~5倍采高.通过钻孔层位和前后钻场钻孔压茬的调整,顶板走向钻孔的利用率得到了最大化,4<sup>#</sup>钻场钻孔的抽采量大幅度提高,钻场的平均混合流量可达20 m<sup>3</sup>/min以上,瓦斯含量为20%~30%,单孔平均瓦斯抽采纯量达1 m<sup>3</sup>/min以上,且由于钻孔压茬加长,工作面过钻场时实现了前后钻场钻孔搭接抽放,将工作面上隅角瓦斯含量控制在允许的范围内,满足了高产高效工作面的安全生产需要.349工作面顶板走向钻孔优化过程见表2.

表2 349工作面顶板走向钻孔参数优化  
Table 2 Parameters optimization of roof drills along strike in 349 work face

优化步骤	钻场	单孔长度	钻孔压茬	垂距	效果
1	2 <sup>#</sup>	90~110	20~40	25~30	差
2	3 <sup>#</sup>	90~110	20~40	15~20	差
3	4 <sup>#</sup> ~10 <sup>#</sup>	120	50	10~15	好

### 3.2 原因分析

2<sup>#</sup>钻场钻孔后50 m抽不到瓦斯是由于工作面推进速度过快造成的,349工作面为高产高效工作面,月推进速度为150~180 m,每天平均推进5~6 m,且顶板岩层坚硬,采空区上覆岩层移动缓慢,周期来压步距长,这一段钻孔层位过高,裂隙发育到该层位需一定时间.在有效时间内,采空区遗煤瓦斯及邻近层瓦斯进入顶板走向钻孔的裂隙通道未能形成,大量瓦斯进入工作面,造成上隅角瓦斯含量超限.

4<sup>#</sup>钻场钻孔层位降低,在有效时间内,布置钻孔的层位裂隙可达到充分发育,采空区瓦斯就可以顺利进入钻孔,这样顶板走向钻孔就能发挥最佳抽采效果.

## 4 结论

1) 349工作面为综合机械化开采,一次采全

高,则顶板走向钻孔抽采的瓦斯主要来源于31和33邻近层瓦斯和少量的采空区遗煤瓦斯.

2) 工作面的推进速度不同,工作面后方一定范围内岩层的裂隙在垂向上的发育状况不同,工作面与采空区形成的冒落拱位置之间的距离也不相同.

3) 采煤工作面顶板走向钻孔布置层位的确定应考虑工作面的推进速度因素,得出工作面的推进速度与顶板走向钻孔的布置层位成反比关系,工作面推进速度快,顶板走向钻孔的布置层位应相应较低,反之,应相应较高.

4) 经过顶板走向钻孔参数优化,最终将349工作面顶板走向钻孔终孔布置在10~15 m的范围内,即冒落带范围的岩层内,抽放效果显著,顶板走向钻孔的利用率高,解决了上隅角瓦斯含量超限问题.

### 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: 95-108.
- [2] 布克林斯基 B A. 矿山岩层与地表移动[M]. 王金庄, 洪 钺, 译. 北京: 煤炭工业出版社, 1988: 1-2.
- [3] 陈炎光, 钱鸣高. 中国煤矿采场围岩控制[M]. 徐州: 中国矿业大学出版社, 1994: 62-63.
- [4] 张向东, 范学理, 赵德深. 覆岩运动的时空过程[J]. 岩石力学与工程学报, 2002, 21(1): 56-59.  
ZHANG Xiang-dong, FAN Xue-li, ZHAO De-shen. Time and space process of overburden strata movement[J]. Chinese Journal of Rock Mechanics and Engineering, 2002, 21(1): 56-59.
- [5] 涂 敏, 刘泽功. 煤体采动顶板裂隙发育研究与应用[J]. 煤炭科学技术, 2002, 30(7): 54-56.
- [6] 刘泽功, 袁 亮, 戴广龙, 等. 采场覆岩裂隙特征研究及在瓦斯抽放中应用[J]. 安徽理工大学学报, 2004, 24(4): 10-16.  
LIU Ze-gong, YUAN Liang, DAI Guang-long. Study on the characteristics of the gob roof cracks in stopes and its application in gas drainage[J]. Journal of Anhui University of Mining and Technology, 2004, 24(4): 10-16.
- [7] XU Jia-lin, YU Bei-jian, LOU Jir-fu, et al. Characteristics of gas emission at super length fully mechanized top coal caving face[J]. Journal of China University of Mining & Technology, 2007, 17(4): 447-452.