

## 安全技术及工程

## 基于高位定向长钻孔的上隅角瓦斯治理研究

李彦明<sup>1,2</sup>

(1. 中煤科工集团重庆研究院有限公司, 重庆 400039; 2. 瓦斯灾害监控与应急技术国家重点实验室, 重庆 400039)

**摘要:**为了研究高位定向长钻孔在上隅角瓦斯治理中的效果,利用定向钻机装备在唐口煤矿进行了煤层顶板定向长钻孔施工和瓦斯抽采效果检验,结果表明:高位定向钻孔最大深度达到606 m,钻孔有效孔段占比超过80%,较普通高位钻孔降低直接辅助工程量达60%以上,降本效果显著。另外,定向高位钻孔比普通高位钻孔的瓦斯抽采浓度提高1倍,抽采纯量提高60%以上,有效降低了上隅角和回风流中瓦斯的浓度,增效明显。

**关键词:**瓦斯治理;高位定向钻孔;定向钻机;采空区;裂隙带;上隅角

**中图分类号:**TD712      **文献标志码:**A      **文章编号:**0253-2336(2018)01-0215-04

## Upper corner gas control based on high level directional long borehole

LI Yanming<sup>1,2</sup>

(1. Chongqing Research Institute, China Coal Technology and Engineering Group Corporation Ltd., Chongqing 400039, China;

2. National Key Lab of Gas Disaster Monitoring and Emergency Technology, Chongqing 400039, China)

**Abstract:** In order to study the effect of the high level direction long borehole in upper corner gas control, a direction drilling equipment was applied to a directional long borehole drilling in the seam roof and the gas drainage effect inspection in Tangkou Mine. The results showed that a max depth of the high level direction borehole reached at 606 m, the effective section of the borehole was over 80% of the borehole, a direction auxiliary engineering amount of the high level directional drilling borehole was reduced over 60% in comparison with the conventional high level borehole and the cost reduction effect was obvious. In addition, the gas drainage concentration with the directional high level borehole was twice of the conventional high level borehole and the gas drainage pure volume was increased over 60%. The gas concentration in the upper corner and the air returning flow was effectively reduced and the effect was obviously improved.

**Key words:** gas control; high level directional borehole; directional drilling rig; goaf; cracking zone; upper corner

## 0 引言

随着国内煤矿开采深度的不断增加,煤层赋存的地质条件越来越复杂,造成煤矿瓦斯治理难度越来越大,其中,生产过程中回采工作面上隅角的瓦斯治理问题已成为当下许多矿井面临的瓦斯治理难题之一<sup>[1]</sup>。目前针对采面上隅角瓦斯治理,国内煤矿主要采用高抽巷、埋管抽采、高位钻孔等方式,其中高位钻孔由于具有施工方便、工程量小、费用低、效果好等特点,被多数煤矿采用。但是受普通钻机装备限制,施工的高位钻孔还是普遍存在钻孔深度浅、

孔径小、辅助工程量大、相邻钻场钻孔衔接处瓦斯抽采效果波动大等诸多问题<sup>[2-3]</sup>。

因此,针对现有高位钻孔技术的短板,非常有必要研究采用定向钻机施工高位定向长钻孔的工艺技术,以进一步提高上隅角瓦斯治理的效果、降低企业成本,保障矿井安全生产。

## 1 高位定向长钻孔抽采上隅角瓦斯技术分析

**高位钻孔抽采上隅角瓦斯的基本原理:**随着采煤工作面推进过程中顶板岩层的逐步垮塌,采空区瓦斯涌入上部的裂隙带区域,通过提前在裂隙层高

收稿日期:2017-10-15;责任编辑:王晓珍 DOI:10.13199/j.cnki.est.2018.01.030

基金项目:国家科技重大专项资助项目(2016ZX05045-003-004)

作者简介:李彦明(1980—),男,河北保定人,副研究员。Tel:023-68683243,E-mail:lnghlym@126.com

引用格式:李彦明. 基于高位定向长钻孔的上隅角瓦斯治理研究[J]. 煤炭科学技术,2018,46(1):215-218.

LI Yanming.Upper corner gas control based on high level directional long borehole[J]. Coal Science and Technology,2018,46(1):215-218.

度施工高位钻孔可将上隅角积聚的瓦斯抽出<sup>[4]</sup>,如图1所示。

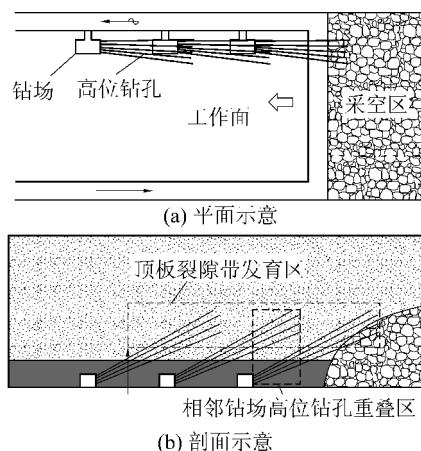


图1 高位钻孔瓦斯抽采示意

Fig.1 Sketch map of gas drainage by high level borehole

通过高位钻孔技术的现场应用及总结,普通高位钻孔除了施工方便、工程量小、效果较好等特点外,还存在2个方面的技术缺陷:①钻孔轨迹基本为单斜孔,位于裂隙带区域的长度仅占全孔长度的40%~60%,有效孔段较短;②在回采到相邻钻场钻孔的重叠区时,受钻孔抽采衔接影响,极易引起瓦斯浓度瞬时增大,造成安全隐患。

目前,定向钻机装备及其技术已十分成熟,因此,利用定向钻进功能施工顶板高位定向长钻孔治理上隅角瓦斯已成为可能。与普通高位钻孔相比,高位定向钻孔具有以下技术优势:①采用定向钻机可以大幅增加钻孔最大深度;②采用定向钻机可以施工更大直径的钻孔;③利用定向钻机轨迹可控的特点,可以将钻孔轨迹严格控制在顶板裂隙带发育区域,大幅增加有效孔长度,进而提高瓦斯抽采浓度和抽采量<sup>[5-7]</sup>,其技术原理如图2所示。

## 2 高位定向长钻孔参数设计

利用高位钻孔抽采上隅角瓦斯的原理是基于岩层移动关键层理论及采空区裂隙分布“O”型圈理论<sup>[8-11]</sup>,即将钻孔的终孔位置布置在顶板裂隙带发育范围内,通过高位钻孔抽采上隅角积聚的瓦斯,以降低工作面回风流瓦斯浓度。

由于不同矿区的煤层及顶板岩性不同,因此其顶板垮落形成的“三带”高度也有差别。为了达到更好的瓦斯抽采效果,在进行高位定向钻孔参数设计之前应先确定施工区域的冒落带和裂隙带高度范围。

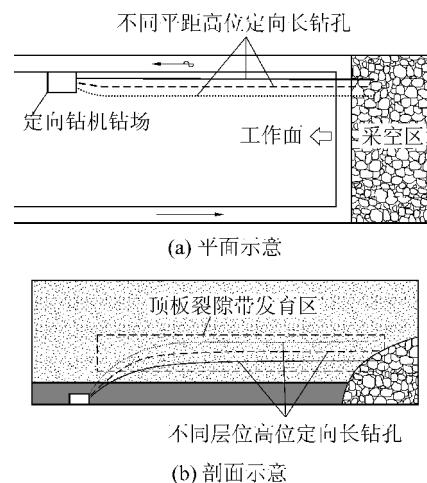


图2 高位定向长钻孔瓦斯抽采示意

Fig.2 Sketch map of gas drainage in high directional long drilling

### 2.1 钻孔裂隙带范围确定

煤层顶板的冒落带和裂隙带垂直高度一般采用经验公式计算<sup>[12-14]</sup>:

$$H_m = \frac{100M}{6.2M + 10.0} \pm 2.5 \quad (1)$$

$$H_l = \frac{100M}{3.1M + 6.0} \pm 6.5 \quad (2)$$

式中: $H_m$ 为冒落带高度; $H_l$ 为裂隙带高度; $M$ 为开采煤层厚度。

因此,高位钻孔高度 $H_z$ 应该满足下列条件:

$$H_m < H_z < H_l \quad (3)$$

本次实施的高位定向钻孔试验选在山东能源淄矿集团唐口煤业公司,矿区南翼的630采区6306工作面,采区内3号煤层厚度9.1~11.1 m,平均10.08 m,由此将 $M=10.08$  m代入理论公式(1)、式(2)计算:

$$H_m = \frac{100M}{6.2M+10.0} \pm 2.5 = 11.4 \sim 16.4 \text{ m}$$

$$H_l = \frac{100M}{3.1M+6.0} \pm 6.5 = 20.6 \sim 33.6 \text{ m}$$

因此,参照公式(3),设计的高位钻孔高度(距煤层顶板)取值范围为:16.4 m< $H_z$ <33.6 m。

### 2.2 钻孔层位选择

为保证钻孔的抽采效果,首先应保证钻孔完整性,避免成孔后孔壁坍塌堵塞钻孔,所以在钻孔布置层位选择时,必须考虑岩层的稳定性和成孔性。根据唐口煤矿煤层柱状图资料显示,煤层顶板16~34 m依次分布着中砂岩、细砂岩、粉砂岩、泥岩和细砂岩,从钻孔施工和孔壁稳定的角度考虑,将高位定向

钻孔最终高度设计在细砂岩和粉砂岩层位为宜。

### 2.3 钻孔参数确定

根据3号煤层基础参数得出的顶板裂隙带发育范围,以及钻孔层位的选择分析,试验共设计了2个定向钻孔钻场,设计施工6组高位定向长钻孔(其中钻孔设计终孔高度为距开孔点高度),设计钻孔孔径为98 mm,其他参数见表1。

表1 6306工作面定向钻孔设计参数

Table 1 Design parameters of directional drilling for No.6306 working face

钻场	孔号	设计方位角/(°)	设计倾角/(°)	设计孔深/m	设计终孔高度/m	距回风巷帮距离/m
1号	1号孔	214	15	500	28	1.0
	2号孔	213	13	500	36	4.5
	3号孔	206	15	500	40	9.0
2号	1号孔	212	10	600	28	1.0
	2号孔	211	10	600	36	5.5
	3号孔	209	10	600	40	9.0

## 3 试验效果分析

### 3.1 高位定向长钻孔施工情况

钻孔参数确定后,采用ZYWL-6000DS型定向钻机在6306工作面进行了钻孔施工,最终实际完成的钻孔参数见表2。

表2 6306工作面定向钻孔实际参数

Table 2 The actual parameters of directional drilling for No.6306 working face

钻场	孔号	开孔方位角/(°)	开孔倾角/(°)	主孔深度/m	终孔高度/m	到回风巷帮距离/m
1号	1号孔	216.9	13.7	507	28	1
	2号孔	215.3	12.3	510	35	5
	3号孔	209.7	13.4	507	39	9
2号	1号孔	212.5	13.5	606	29	1
	2号孔	211.7	12.8	606	36	5
	3号孔	208.1	11.7	516	40	9

通过现场试验总结,覆盖1 000 m长度的工作面只需施工2个定向钻场,而采用普通高位钻孔,按每50 m施工1个钻场计算,覆盖整个工作面需要施工20个钻场,前者方案较后者减少直接辅助工程量80%以上。另外,通过试验完成的6个定向钻孔来看,孔径均为98 mm,最大孔深达到606 m,钻孔终孔轨迹与设计基本吻合,施工过程中选择的细砂岩和粉砂岩层位稳定,基本没有出现塌孔掉块的现象,最终施工的钻孔轨迹如图3所示。

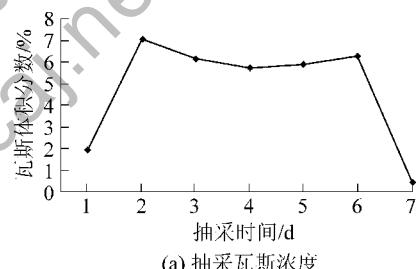


图3 6306工作面高位定向钻孔成孔轨迹示意

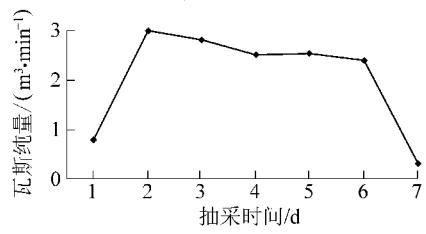
Fig.3 Trajectory diagram of high position directional drilling hole in No.6306 working face

### 3.2 高位定向长钻孔瓦斯抽采情况

为便于观察高位定向长钻孔的瓦斯抽采效果,特选择6306工作面最靠近定向钻场的普通钻场钻孔作为对比,所有钻孔在施工完成后即安装抽采管路接抽。由于6306工作面宽仅为60 m,而回采速度每天可达12~14 m,因此普通高位钻孔的钻孔服役周期远小于定向高位长钻孔,二者之间的效果对比如图4、图5所示。



(a) 抽采瓦斯浓度



(b) 抽采瓦斯纯量

图4 普通高位钻孔瓦斯抽采情况

Fig.4 The gas drainage of common high level borehole

从图4、图5可以看出,一组普通高位钻孔正常情况下可以抽采5~7 d,最大瓦斯体积分数维持在6%左右,瓦斯抽采纯量2.5~3.0 m<sup>3</sup>/min;而一组定向高位长钻孔正常情况下可以抽采50 d,瓦斯体积分数保持在12%左右,瓦斯抽采纯量4~5 m<sup>3</sup>/min。二者相比,后者比前者瓦斯浓度提高1倍,瓦斯抽采纯量提高60%以上。另外,对比现场收集数据,采用普通高位钻孔时,工作面回风流瓦斯体积分数在0.24%~0.30%,上隅角瓦斯体积分数在0.4%~0.6%,改用高位定向钻孔后,工作面回风流瓦斯体积分数在0.20%~0.24%,上隅角瓦斯体积分数在

0.3%~0.4%。由此证明,采用高位定向钻孔抽采上隅角瓦斯,其效果更突出。

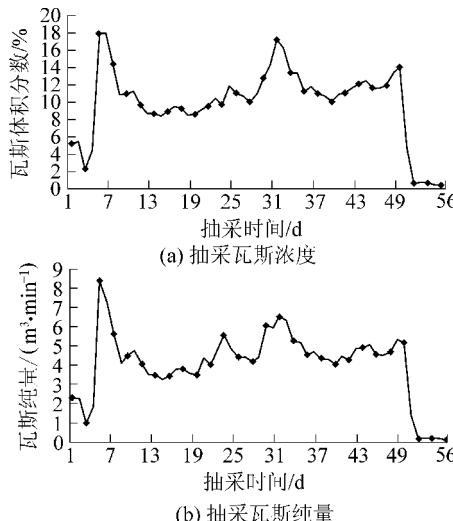


图5 定向高位长钻孔瓦斯抽采情况

Fig.5 The gas drainage of high position directional drilling

## 4 结 论

1) 相比于普通高位钻孔,采用定向钻机施工的高位钻孔深度、有效孔段等均提高较多,而且后者的瓦斯抽采效率更高,瓦斯治理效果更明显。

2) 通过在唐口煤矿进行的高位定向钻孔试验表明,本次试验计算的高位钻孔裂隙带发育范围较为准确,高位钻孔层位选择较为合理,为后期钻孔的瓦斯高效抽采打下基础。

3) 通过现场试验表明,采用顶板高位定向长钻孔可以有效降低工作面回风流和上隅角瓦斯浓度,该工艺技术未来将成为煤矿井下上隅角瓦斯治理的一个主要方向。

## 参考文献(References):

- [1] 芦倩,李霞,朱耀杰,等.两进一回通风系统邻近瓦斯运移规律研究[J].太原理工大学学报,2010,41(3):231~234.  
LU Qian, LI Xia, ZHU Yaojie, et al. Study on the gas moving law of "U+L" ventilation system with two intakes and one return in near coal bed [J]. Journal of Taiyuan University of Technology, 2010, 41(3): 231~234.
- [2] 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.
- [3] 刘洋,尤跟林.高位钻场钻孔瓦斯抽采技术应用与分析[J].

煤炭技术,2011,30(1):97~99.

LIU Yang, YOU Genlin. Application and analysis of high level drilling site gas drainage technology [J]. Coal Technology, 2011, 30(1): 97~99.

- [4] 董振军.顶板走向高位钻孔解决上隅角瓦斯超限技术研究[J].煤炭技术,2012,31(11):111~112.  
DONG Zhenjun. Study on technology of solving as overrun with highly-located drilling method at upper corner [J]. Coal Technology, 2012, 31(11): 111~112.
- [5] 李泉新,石智军,史海岐.煤矿井下定向钻进工艺技术的应用[J].煤田地质与勘探,2014,42(2):85~92.  
LI Quanxin, SHI Zhijun, SHI Haiqi. The application of directional drilling technology in coal mine [J]. Coal Geology & Exploration, 2014, 42(2): 85~92.
- [6] 王海柱.顶板千米定向钻孔在寺河煤矿二号井中的应用[J].煤,2016,25(3):20~21.  
WANG Haizhu. Roof kilometer directional drilling application of the No.2 shaft in Sihe Coal Mine [J]. Coal, 2016, 25(3): 20~21.
- [7] 刘洋.高瓦斯矿井采空区大直径高位钻孔瓦斯抽采技术研究[D].太原:太原理工大学,2013.
- [8] 王依磊.高位钻孔技术在特厚煤层瓦斯治理中的应用[J].煤矿安全,2017,48(1):120~122.  
WANG Yilei. Application of high-level-borehole technology in gas control of super high seam [J]. Safty in Coal Mines, 2017, 48(1): 120~122.
- [9] 姬中民,潘结南.采空区瓦斯分布数值分析及高位钻孔抽采技术应用[J].煤炭技术,2015,12(8):75~76.  
JI Zhongmin, PAN Jienan. Numerical analysis of goaf gas distribution and application gas drainage technology with high level boreholes [J]. Coal Technology, 2015, 12(8): 75~76.
- [10] 张军,王建鹏.采动覆岩“三带”高度相似模拟及实证研究[J].采矿与安全工程学报,2014,31(2):249~255.  
ZHANG Jun, WANG Jianpeng. Similar simulation and practical research on the mining overburden roof strata "three-zones" height [J]. Journal of Mining & Safety Engineering, 2014, 31(2): 249~255.
- [11] 李家彪.新安矿采空区高位钻孔瓦斯抽采技术研究[D].焦作:河南理工大学,2011.
- [12] 肖炼.顶板高位钻孔瓦斯抽采数值模拟及应用研究[D].湘潭:湖南科技大学,2014.
- [13] 王福厚.高位钻孔抽采瓦斯冒落带及裂隙带高度确定方法[J].煤炭技术,2008,27(8):75~76.  
WANG Fuhou. Determination mehod of caving & fracture zone height for gas drainage by high level borehole [J]. Coal Technology, 2008, 27(8): 75~76.
- [14] 黄书祥.唐口煤矿综采工作面采空区瓦斯分布数值模拟[J].煤矿安全,2015,46(9):162~165.  
HUANG Shuxiang. Numerical simulation of gob gas distribution at mechanized mining face in Tangkou Mine [J]. Safty in Coal Mines, 2015, 46(9): 162~165.