

高位定向长钻孔技术在桃园矿采空区 瓦斯治理中的应用

石浩, 张杰, 何乐

(中国煤炭科工集团西安研究院有限公司, 陕西 西安 710077)

摘要:针对工作面回采后采空区瓦斯易超限问题,采用螺杆马达结合随钻测量技术的定向钻进工艺,在桃园矿 1029 工作面施工了 3 个长距离煤层顶板大直径定向钻孔,最大孔深 531 m,累计进尺 1701 m(含分支孔),通过精准控制钻孔轨迹,使钻孔沿煤层顶板裂隙带延伸,有效抽采煤层回采后采空区内瓦斯,总结了一套适用于采空区瓦斯治理的高位顶板长钻孔施工方法,保障了煤矿安全高效生产。

关键词:高位定向长钻孔;采空区;瓦斯治理;轨迹控制

中图分类号:P634 **文献标识码:**B **文章编号:**1672-7428(2018)07-0037-04

Application of High Position and Long Directional Drilling Technology for Gas Control in Goaf of Taoyuan Coal Mine/SHI Hao, ZHANG Jie, HE Le (Xi'an Research Institute of China Coal Technology & Engineering Group Corporation, Xi'an Shaanxi 710077, China)

Abstract: Aiming at the conundrum of goaf gas excess after working face mining, 3 long-distance coal seam roof large diameter directional borehole were constructed in 1029 working face of Taoyuan mine by using the directional drilling technology combined screw motor with MWD, the maximum hole depth is 531m and the cumulative footage 1701m(contains branch holes). Through the precise control of drilling trajectory, the borehole is extended along the crack zone of the coal seam roof, the gas in the goaf is effectively extracted after the coal seam mining. This paper summarizes a set of drilling construction methods of high position and long borehole in roof for gas control in the goaf to ensure the safe and efficient production of coal mines.

Key words: high position and directional drilling; goaf; gas control; trajectory control

0 引言

淮北矿区煤层地质情况复杂,瓦斯治理难度大,煤矿工作面回采后采空区往往富集大量瓦斯气体,如不及时有效治理往往会导致起火、爆炸等灾难性后果。传统的采空区瓦斯治理常采用施工高抽巷及高位钻场两种方法,高抽巷施工周期长、费用高,一条 500 m 的工作面高抽巷施工成本往往在数百万元;采用高位钻场治理采空区瓦斯的方法需要每隔一定间距施工多个高位钻场,钻机来回多次搬迁施工工程量大,效率低,且采用普通回转钻进方式施工高位钻孔,钻孔轨迹难以控制,有效孔段距离短,废孔率高,采空区瓦斯抽采效果差。

针对上述问题,本文研究采用螺杆马达结合随钻测量系统定向钻进技术施工长距离大直径高位定向钻孔,用于煤矿采空区瓦斯抽采治理。煤矿井下定向钻进技术在本煤层瓦斯抽采、地质异常体探测、

水害治理等^[1-5]方面得到广泛应用,定向钻技术具有钻孔距离长、轨迹精确可控、一孔多分支等优势^[6-8],利用定向钻技术施工高位顶板长钻孔仅需施工一个钻场,并通过轨迹控制技术可以保证钻孔轨迹在煤层顶板裂隙带内延伸,定向先导孔施工完成后 2 次扩孔,施工效率高,钻孔孔径大,抽采效果好,可有效保障煤矿采空区瓦斯安全高效治理。

1 定向钻进技术

1.1 钻进装备

本次施工长距离大直径定向高位顶板钻孔的主要装备有:中煤科工集团西安研究院研制的 ZDY6000LD 型定向钻机^[9](见图 1)、FMC460 型泥浆泵、YHD1-1000 型随钻测量系统、 $\varnothing 73$ mm 通缆钻杆、 $\varnothing 73$ mm 通缆水便、 $\varnothing 89$ mm 普通水便、 $\varnothing 73$ mm 上/下无磁钻杆、 $\varnothing 89$ mm 外平钻杆、 $\varnothing 98$ mm

收稿日期:2018-02-07; 修回日期:2018-05-20

作者简介:石浩,男,汉族,1986 年生,地质工程专业,硕士,从事煤层气井及煤矿井下定向钻进技术研究及装备研发与应用工作,陕西省西安市高新区锦业一路 82 号,shihao@cctegxian.com。



图1 ZDY6000LD型定向钻机

PDC弧角定向钻头、 $\text{O}133/94\text{ mm}$ 扩孔钻头、 $\text{O}153/133\text{ mm}$ 扩孔钻头、 $\text{O}73\text{ mm}$ 1.25°单弯螺杆马达等。

1.2 高位顶板定向长钻孔施工技术

1.2.1 钻孔设计原则

钻孔设计要遵循以下基本原则:根据工作面长度、钻场位置及钻机施工能力设定钻孔孔深;根据工作面走向及布孔方式设计主勘探线方位;根据钻孔有效抽采半径布置钻孔间距;根据冒落带及裂隙带高度计算公式结合煤层上部岩层情况,确定裂隙带标高,将钻孔设计布置在工作面回采后裂隙带底部;合理设置孔口段倾角及方位,使钻孔快速进入目标层位,提高目标层位钻遇率;每隔一定间距预留分支点。

1.2.2 钻孔轨迹控制技术

定向钻工作原理是螺杆钻具工作时靠高压水驱动钻头回转破碎岩石,而螺杆钻具外管及钻杆柱不回转,螺杆钻具前端布置有弯外管,通过随钻测量系统测量钻孔参数并及时调整钻进参数,从而可达到定向钻进目的。定向钻进施工过程中,通过探管可随钻测量钻孔倾角、方位及工具面向角(螺杆钻具弯头朝向),通过钻机转动钻杆一定角度达到调整工具面实现定向钻进目的,并根据实测轨迹与设计轨迹之间上下、左右偏差决定采用降斜、稳斜、增斜、降方位、增方位等不同轨迹控制方法确保钻孔实钻轨迹沿设计轨迹钻进。每50~80 m间距通过先快速降斜(工具面向角调整为 180°)再快速增斜(工具面向角调整为 0°)的施工方法预留分支点。

1.2.3 开分支技术

分支钻孔是指在施工过程中为了绕开遇到的断层、破碎及泥岩等不稳定地层,或在不影响主孔施工的过程中去探测附近地层(标志层)走向变化等目的从主孔中通过控速钻进等方法侧钻出一条新的钻孔。在高位大直径定向长钻孔施工中可有意通过开

分支技术增大钻孔覆盖范围,增加瓦斯量抽采,减少开孔个数,节省材料,提高施工效率。

1.3 施工流程

高位顶板长钻孔施工技术主要包括开孔及孔口装置安装、定向钻进、开分支等工艺,施工流程图如图2所示。

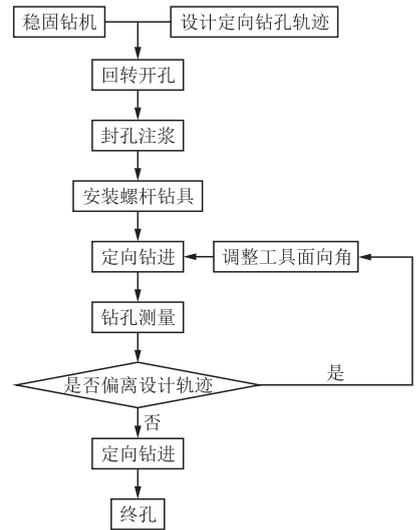


图2 施工工艺流程图

1.3.1 开孔及孔口装置安装方法

根据设计方位、倾角,一开采用 $\text{O}98\text{ mm}$ 钻头回转钻进12 m,然后采用 $\text{O}153/94\text{ mm}$ 扩孔钻头扩至12 m,下入9 m $\text{O}127\text{ mm}$ 壁厚10 mm的孔口管,采用水泥砂浆或聚氨酯封孔。孔口管外露部分长度为15 cm,连接孔口四通,分别连接负压管路及孔口除渣器等,待孔口水泥砂浆凝固后下入定向钻具组合,进行定向钻进。

1.3.2 定向钻进技术方法

定向钻进过程应保证钻孔轨迹沿着设计轨迹穿行。一般每6 m/3 m测量1次钻孔轨迹,根据实钻轨迹与设计轨迹之间的偏差调整螺杆钻具工具面向角,当实钻轨迹与设计轨迹偏差 $>2\text{ m}$ 时采用调整工具面连续造斜,快速逼近设计;当实钻轨迹与设计轨迹上下(或左右)偏差 $<1\text{ m}$ 时,采用调整工具面稳斜钻进,慢速靠近设计。施工过程应严格控制给进压力,并密切观察各仪器仪表参数及孔口返水情况,一旦出现憋泵、返水返渣等异常情况应降低给进速度,加大泵量冲孔,如破碎带返渣掉块过多过大,频繁憋泵多次处理无法通过,可采取退钻至安全孔段,开分支绕过不稳定地层孔段。

1.3.3 开分支方法

开分支时选取倾角为持续增长孔段(最好为正值孔段),将工具面向角调整为 180° ,采用减压给进、控时钻进的方法,钻进速度根据岩层软硬情况为 $40\sim 60\text{ min}$ 每行程,岩层较硬的情况下适当降低给进速度,待给进压力持续增加、泥浆泵压力略有增加、钻孔返水颜色变深可判断出分支已开出。

1.3.4 扩孔

为增加瓦斯抽采效果,增大裂隙导通范围, $\text{O}98\text{ mm}$ 高位定向长钻孔施工完成后,提钻更换 $\text{O}89\text{ mm}$ 外平钻杆依次采用 $\text{O}133/94\text{ mm}$ 、 $\text{O}153/133\text{ mm}$ 扩孔钻头,回转扩孔至孔底。

2 应用情况

2.1 桃园矿 II 1029 工作面概况

桃园煤矿 II 2 采区位于补 3 线北 100 m ,南至各煤层工广煤柱边界,浅部以 -520 m 为界,深部至 -800 m 水平。采区走向长约 2500 m ,倾斜宽约 1600 m ,面积约 4.5 km^2 。采区共划分为四个区段双翼布置工作面,自上而下每个区段的底板标高分别为: -540 、 -600 、 -665 、 -730 、 -800 m ;区段平均斜长 170 m 。本区开采煤层主要有 7_2 号煤、 8_2 号煤及 10 号煤,10 号煤层两极厚度 $0.54\sim 4.04\text{ m}$,平均厚 3.22 m ,为较稳定煤层,煤层顶板为泥岩、粉砂岩和砂岩,岩性变化复杂,砂岩与泥岩、粉砂岩常相间出现,底板多为泥岩及粉砂岩。

本次计划在 1029 工作面主采煤层 10 号煤上部施工 3 个高位顶板定向长钻孔,用于治理工作面回采后采空区瓦斯问题,1029 工作面 10 号煤顶板地质情况如表 1 所示。

表 1 1029 工作面 10 号煤顶板地质情况

序号	岩性	厚度/m	距离/m	岩性描述
6	中粒岩	0.48	31.55	灰白色,石英为主
5	泥岩	1.84	31.07	黑色,致密,上部含炭质较高,分布少量云母碎片
4	中砂岩	10.43	20.64	上部浅灰色、褐黑色,致密,中下部灰白色,块状,成分主要为石英,含云母碎片、菱铁质矿物,裂隙填充方解石
3	泥岩	6.47	10.21	灰色—灰黑色,致密,含粉砂质
2	细砂岩	1.93	3.74	灰白色,发育有水平微波状层理
1	泥岩	1.81	1.81	灰色,致密,质硬脆,含云母片
0	10 煤	3.70	0	黑色,块状,条痕为褐黑色,沥青和玻璃光泽,半暗—半亮型

2.2 钻孔设计

根据采空区瓦斯富集规律,在 1029 工作面回风

巷附近顶板上隅角设计施工 3 个高位定向长钻孔 A1、A2、A3 用于治理 1029 工作面 10 号煤采空区瓦斯,设计距 1029 回风巷依次为 15 、 25 、 35 m ,终孔位置距 10 号煤上为 $15\sim 20\text{ m}$,设计孔深均为 500 m ,孔径 153 mm 。高位定向长钻孔布置图如图 3 所示。

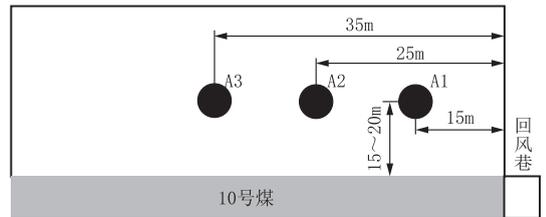


图 3 1029 工作面高位孔布置图

施工钻场位于 10 号煤层顶板 5.5 m ,A1、A2、A3 钻孔布孔间距 10 m 、开孔方位角差 7° 、距钻场底 1.5 m ,均以倾角 8° 开孔,施工地层需先穿过泥岩,进入中砂岩,施工孔段岩层主要为中砂岩,进入设计层位后倾角应控制在 0° 。

2.3 钻孔施工情况

A1 钻孔开孔后快速爬升至目标层位 10 号煤层顶板 20 m ,钻进至 369 m 时因泥岩缩径,提钻至 303 m 处开分支 A1-1,降低钻孔高度 5 m ,绕过存在缩径风险的泥岩孔段,继续钻进至 477 m 处时憋泵不返水,提钻至 438 m 处有卡钻现象,继续提钻至 387 m 时压力恢复正常,下钻至 450 m 时开分支 A1-2,继续施工钻进孔深 531 m ,完成 A1 定向钻孔施工。

判断 A1 孔施工后期进入中砂岩上部泥岩层位,存在塌孔及缩径等难以成孔因素,为避开存在缩径风险的泥岩孔段,将 A2 钻孔设计施工高度降低至煤层顶板 18 m ,施工至 372 m 处再次遇到塌孔孔段,提钻至 282 m 处开分支 A2-1,将钻孔施工高度降低至煤层顶板 15 m ,施工至 465 m ,遇塌孔,多次冲孔处理不过,提前终孔。

根据 A1 及 A2 钻孔施工情况,再次调整 A3 钻孔施工高度至煤层顶板 12 m 位置,钻孔主要分布在较为稳定的中砂岩,施工至 510 m 顺利终孔。

高位定向顶板长钻孔完成后,依次用 $\text{O}133/94\text{ mm}$ 扩孔钻头、 $\text{O}153/133\text{ mm}$ 扩孔钻头将钻孔扩孔至孔径 153 mm 。A1、A2、A3 钻孔平面投影图、垂直剖面投影图如图 4、图 5 所示。

2.4 瓦斯治理效果

根据工作面回采过程采空区瓦斯监测,高位定向钻孔瓦斯抽采纯量 $0.06\sim 31.58\text{ m}^3/\text{min}$,抽采浓度

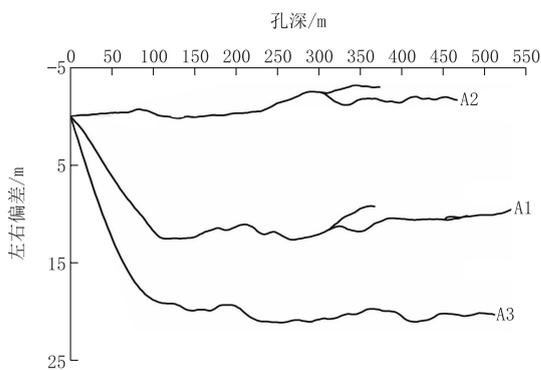


图4 钻孔轨迹平面投影图

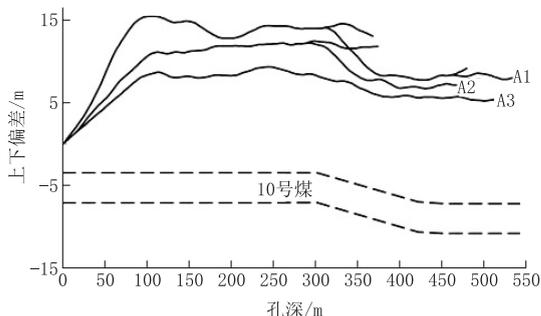


图5 钻孔轨迹垂直剖面投影图

0.77%~70.47%，工作面上隅角瓦斯浓度最大0.35%，未出现采空区瓦斯浓度超限情况，工作面顺利、安全回采，有效保障了采区安全生产。

3 结论

(1)总结了一套适用于采空区瓦斯治理的高位

(上接第36页)

(3)对于堆积在矿区的碎石渣等进行了有效的回收利用和处理，利用碎石渣充填井成井工艺处理采空区是一种绿色处理方式，有利于保护矿区环境和有效利用工程施工占地。

参考文献:

- [1] 石英霞,李诺,杨艳.河南省栾川县三道庄钨钼矿床地质和流体包裹体研究[J].岩石学报,2009,25(10):2575-2587.
- [2] 郑英飞,王茂森.栾川钨矿采空区钻探技术试验研究[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2014,41(2):22-25.
- [3] 李冬霜,王茂森,梁毅.洛阳栾川钨矿复杂地层钻进工艺研究与试验[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2009,36(6):10-12.
- [4] 胡振阳.潜孔锤反循环钻进技术在河南栾川钨矿复杂地层中的试验与理论研究[D].吉林长春:吉林大学,2004.
- [5] 张金柱,张金良,朱宏伟,等.潜孔锤技术在三道庄钨矿采空区探测中的应用[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2011,38(7):66-68,72.

顶板长钻孔施工方法,利用螺杆钻具结合随钻测量系统的定向钻进技术可精确控制钻孔轨迹,保证钻孔在工作面回采后裂隙带内延伸,有效地保障了瓦斯的抽采效果。

(2)利用该方法在桃园矿Ⅱ1029工作面顶板施工了3个大直径高位顶板定向长钻孔,孔深可达500 m以深,布孔层位在10号煤层顶板12~15 m成孔性最好。

(3)桃园矿Ⅱ1029工作面在回采过程中未发现瓦斯超限情况,有效保障了煤矿安全高效生产。

参考文献:

- [1] 方俊,陆军,张幼振,等.定向长钻孔精确探放矿井老空水技术及其应用[J].煤田地质与勘探,2015,43(2):101-105.
- [2] 姚克.ZDY12000LD大功率定向钻机装备研发及应用[J].煤田地质与勘探,2016,44(6):164-168.
- [3] 石浩,张杰.煤矿井下精确定向探放水技术[J].煤矿安全,2015,46(2):64-67.
- [4] 张杰,姚宁平,李乔乔.煤矿井下定向钻进技术在矿井地质勘探中的应用[J].煤矿安全,2013,44(10):131-134.
- [5] 石浩.精准定向钻进技术在煤矿水害治理应用[J].煤炭工程,2018,50(3):75-78.
- [6] 石智军,姚宁平,叶根飞.煤矿井下瓦斯抽采钻孔施工技术与装备[J].煤炭科学技术,2009,37(7):1-4.
- [7] 孙荣军,石智军,李锁智.煤矿井下定向钻进配套钻头的选型与使用[J].煤田地质与勘探,2014,42(1):83-86.
- [8] 姚宁平,张杰,李全新,等.煤矿井下梳状定向孔钻进技术研究与实践[J].煤炭科学技术,2012,40(5):30-34.
- [9] 方鹏,田宏亮,郭迪,等.ZDY6000LD(A)型履带式全液压定向钻机及其应用[J].煤田地质与勘探,2011,39(2):74-77.
- [6] 王茂森.全孔反循环潜孔锤参数优化及其钻进工艺研究[D].吉林长春:吉林大学,2007.
- [7] 博坤.贯通式潜孔锤反循环钻进技术钻具优化及应用研究[D].吉林长春:吉林大学,2009.
- [8] 迟永坤,邢维金,李凤之,等.兰家沟钨矿采空区探测[J].矿业工程,2010,8(6):23-25.
- [9] 程宝成,李永峰,谢克家,等.河南省钨矿资源特征、开发现状及产业发展对策[J].资源与产业,2014,16(1):66-70.
- [10] 牛建光.洛阳钨矿采空区的稳定性仿真分析与研究[D].吉林长春:吉林大学,2007.
- [11] 刘宇.南泥湖露天钨矿境界内采空区探测的建议[J].露天采矿技术,2013,(8):16-17,19.
- [12] 东玲.汝阳东沟钨矿南区采空区分类治理方案研究[J].现代矿业,2015,31(8):152-155.
- [13] 王启明,徐必根,唐绍辉,等.我国金属非金属矿山采空区现状与治理对策分析[J].矿业研究与开发,2009,29(4):63-68.
- [14] 李夕兵,李地元,赵国彦,等.金属矿地下采空区探测、处理与安全评判[J].采矿与安全工程学报,2006,(1):24-29.
- [15] 张金柱,张金良,朱宏伟.洛钼集团三道庄钨矿采空区探测与治理技术探讨[J].陕西地质,2010,28(2):81-85.