

贵州大湾煤矿复杂地层井下定向钻进施工技术

于成凤, 金 新, 曹建明

(中煤科工集团西安研究院有限公司, 陕西 西安 710077)

摘要:针对大湾煤矿地区复杂煤层地质构造,采用前进式开分支孔布孔方法,用于探测煤层顶底板位置,精确探明煤层走向,为抽掘采提供依据,为后续工作做好前期准备。贵州大湾煤矿在历年瓦斯鉴定中均被定为瓦斯矿井,瓦斯孔施工采取普通钻进工艺时,会遇到钻进工作量大、孔深达不到要求、施钻轨迹无法精准控制、钻孔瓦斯浓度抽采率低等问题。采取顺层定向孔方法在已探明的煤层中施工长距离钻孔,可实现对复杂煤层远距离瓦斯抽采。现场试验表明:采用前进式开分支孔工艺,能够实现复杂煤层地质构造精确探顶,探明钻孔见煤段高达 75%;通过优化钻孔设计与高精度控制钻孔轨迹大大增加了顺层定向孔在复杂煤层中的覆盖率,钻孔见煤段达 63.7%,提高了瓦斯抽采效率,为巷道的抽掘采工作打好了基础。

关键词:定向钻进;分支孔;顺层定向孔;钻孔轨迹;瓦斯抽采孔;定向钻进装备

中图分类号:P634.7 **文献标识码:**B **文章编号:**1672-7428(2018)03-0024-04

Downhole Directional Drilling Construction Technology in Complex Formation of Dawan Coal Mine in Guizhou/YU Cheng-feng, JIN Xin, CAO Jian-ming (Xi'an Research Institute of China Coal Technology & Engineering Group Corp., Xi'an Shaanxi 710077, China)

Abstract: In view of the complex geological structure of Dawan coal mining area, advancing open branch hole distribution was adopted to detect the location of coal seam roof and floor for accurate determination of the coal seam and provide the basis for gas drainage, tunneling and mining and preparation for the follow-up work. Dawan coal mine is been defined as gas mine in the past years' gas identification, while by ordinary drilling process in gas hole construction, large drilling workload with unqualified hole depth, difficult drilling trajectory accurate control and low gas concentration extraction rate will often be encountered. Long distance drilling in the proven coal seam can be constructed with bedding directional hole construction method to realize long-distance gas extraction in the complicated coal seam. The field test shows that by the advancing open branch hole technology, the accurate probe of complex coal seam top in the geological structure can be completed, it is found that the coal section is 75% of drilling length in a borehole. By optimizing drilling design and high precision control of borehole trajectory, the bedding directional hole coverage is greatly increased in the complex coal seam, coal section is up to 63.7% in another borehole, the gas extraction efficiency is also improved, which provides a basis for gas extracting, tunneling and mining.

Key words: directional drilling; branch hole; bedding directional hole; drilling trajectory; gas extraction hole; directional drilling equipment

贵州大湾煤矿井下地质构造复杂,煤层走向起伏多样,在未开采区域煤层地质资料不详的情况下,准确探明预施工地点地质情况,为后期定向钻进用于瓦斯抽采打好基础,同时节省开采成本^[1-7]。本文以大湾煤矿 120204 机巷迎头地质构造探测以及顺层定向长钻孔施工为例,介绍了地质构造探测以及顺层定向长钻孔施工工艺流程。通过地质构造探测已探明的煤层走势,为矿方施工提供了准确的地质参数,通过钻孔轨迹优化设计给出了确定顺层定向长钻孔布孔方法,得出一套适用于大湾煤矿本煤层定向长钻孔成孔方法和布孔参数,以解决瓦斯预抽、安全综掘巷道难题。

1 配套设备及测量系统

1.1 配套设备

大湾煤矿井下长距离定向钻孔施工中使用的钻机为 ZDY6000LD(B) 型煤矿用履带式全液压坑道钻机,属于低转速大转矩类型,该钻机结构布局合理、工艺适应性强、操作省力、性能安全可靠等优点。主要配套设备见表 1。

1.2 测量系统

测量系统型号为 Y-S-X-W-T(B) 无线随钻测量装置,由防爆计算机、隔爆电源、探管、防爆数据存储器等 4 部分组成。

工作原理:无线随钻测量装置由探管、控制器配套

收稿日期:2017-12-07; 修回日期:2018-03-05

作者简介:于成凤,男,汉族,1988 年生,地质工程专业,硕士,从事定向钻探工艺研究工作,陕西省西安市高新区锦业一路 82 号, yuchengfeng@cctegxian.com。

表 1 定向钻进配套设备

名称	型号	主要功能
钻车	ZDY6000LD(B)	定向钻进主要装备
泵车	BLY260/9 型	提供泥浆压力和流量
钻杆	Ø73 mm×1500 mm 外平钻杆	泥浆传输通道
钻头	Ø98 mm 胎体式复合片四翼平底钻头、Ø153/98 mm 胎体式复合片扩孔钻头、Ø193/153 mm 胎体式复合片扩孔钻头	定向钻进碎岩工具
测量系统	Y-S-X-W-T(B)无线随钻测量装置	信号测量和实时显示量装置
螺杆马达	Ø73 mm(1.25°)三级螺杆马达	定向钻进造斜工具

组成。探管的发射天线与孔底钻头后的上无磁钻杆连接，利用双向电磁波无线传输技术把测斜探管中磁通门传感器、重力加速度传感器测量钻杆的空间姿态参数实时用电磁波经由地层传输到地面后被固定在钻机旁地表天线接收至控制器，电磁波再通过计算机由地面的监视器接收解码还原出传感器测量出的各种动态数据，送给计算机串口通过数据处理软件生成钻孔轨迹图和数据表。测量系统连接如图 1 所示。

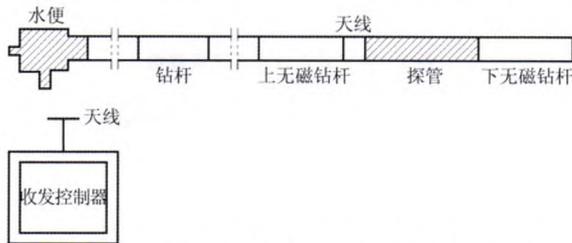


图 1 Y-S-X-W-T(B)无线随钻测斜仪连接示意图

表 2 大湾煤矿 120204 机巷迎头 2 号煤层及顶底板岩性

岩性	岩层厚度/m	岩性表 述
泥质粉砂岩	3.3	浅灰色，中厚层状，显微波状层理，岩石较坚硬，含菱铁矿结核富产大羊羽齿、栉羊齿等植物叶片化石
2 号煤层	1.4	煤黑色，块状、具贝壳状断口半暗型夹亮煤条带发育见方解石细脉，夹研为棕褐色高岭石泥岩
泥质粉砂岩、细砂岩、泥岩	3.0	灰色和浅灰色，显水平层理。产叶片化石，含菱铁矿结核

顶板位置，从而探明煤层起伏变化趋势。该钻场区域地层条件复杂，因此施工的过程中要注意定向钻孔轨迹控制，保证排渣返水通畅。定向钻进至预定探煤点之前，通过调节控制螺杆马达弯头朝向快速上升，预留出分支点^[8]。

2.3 施工工艺流程

根据现场施工要求，设计钻孔轨迹，大湾煤矿 120204 机巷迎头钻场区域中煤层走势未知，设计定向钻孔是为了探测 120204 巷道掘进方向煤层走势，为巷道的瓦斯抽采、掘进提供依据。本钻孔采用前进式开分支的工艺，首先从煤层钻进，向上探测煤层顶板，探顶后后退一段距离选取合适的分支点开分

2 大湾煤矿地质特征与钻孔设计依据

2.1 大湾煤矿地质特征

大湾煤矿隶属于贵州水城矿业股份有限公司，位于贵州省六盘水市钟山区大湾镇境内，大湾煤矿开采范围为水城矿区二塘向斜中、深部，为二塘向斜的主体部分，呈北西向展布的不规则多边形，走向长 11 km，井田平均倾斜宽 2.5 km，面积 19.689 km²。煤种为主焦煤，具有低硫、低灰、低磷等特点。开采方式以倾斜长壁俯斜开采为主，走向长壁开采为辅，综合机械化采煤。大湾煤矿设计生产能力为 90 万 t/a，目前开采 2 号煤层，煤层厚度 1.4 m，系数 $f=0.41$ 。2 号煤层以及顶底板岩性见表 2。

2.2 钻孔设计依据

井下钻场、定向钻孔布孔方式应与现场施工地点的工作面环境地质构造因素、煤层开采现状、钻机工作能力相匹配；为了达到大湾煤矿 2 号煤层良好的瓦斯预抽效果，本煤层定向钻孔布孔时，应使定向钻孔尽量穿过大湾煤矿 120204 机巷迎头 2 号煤层本煤层区域，保证本煤层瓦斯抽采达标，保障巷道安全掘进。

由于 120204 机巷迎头钻场施工工作面为 2 号煤层，设计定向钻孔布置在煤层中，在煤层中通过调整钻具倾角以及前进式开分支工艺探测煤层顶底板，直到探明地层起伏情况以及 2 号煤层分布。120204 机巷迎头钻场 2 号煤层下面是 3 号煤层，因此只需要对 2 号煤层顶板进行探测，确定 2 号煤层

支继续探顶，依次类推，直至钻进到设计孔深为止，探明煤层倾角，提钻终孔。

2.3.1 钻孔设计

根据施工要求设计定向钻孔钻进参数、编写钻孔设计轨迹方案并制定现场相关施工技术措施，做好施工前期准备。定向钻孔轨迹设计时，通过控制钻孔倾角（即马达弯头朝向）来进行轨迹控制，达到探测煤层顶板的效果。

2.3.2 施工工艺

开孔施工工艺主要采用普通回转钻进进行施工，主要目的是安装孔口管和孔口四通，实现边钻进边抽采，防止钻孔施工过程中瓦斯超限。孔口管采

用 $\varnothing 150$ mm PVC管,下入深度15 m。首先采用“ $\varnothing 98$ mm PDC钻头+ $\varnothing 73$ mm普通外平钻杆”钻具组合,回转钻进至15 m;其次采用“ $\varnothing 153/98$ mm PDC扩孔钻头+ $\varnothing 73$ mm普通外平钻杆”钻具组合,回转扩孔钻进至15 m;最后采用“ $\varnothing 193/153$ mm PDC扩孔钻头+ $\varnothing 73$ mm普通外平钻杆”钻具组合,回转扩孔钻进至15 m。按设计要求下入 $\varnothing 150$ mm PVC管15 m,并采用两堵一注方式进行注浆固管,通过法兰盘安装孔口四通,并连接抽采系统。

定向钻进主要采用滑动钻进工艺,采用的定向钻具组合为:矿用无线随钻测斜仪 YSXWT(B)+ $\varnothing 73$ mm外平钻杆+ $\varnothing 98$ mm胎体式复合片钻头”施工至设计孔深。

在钻孔轨迹参数变化较小孔段,可以采取复合钻进工艺。复合钻进工艺是指回转钻进与定向钻进工艺交替使用,钻进效率高^[9-12]。

通过调整测量系统软件上面的工具面向角来控制定向钻孔钻进轨迹。大湾煤矿使用的定向钻机所配套的钻杆长度为1500 mm的外平钻杆,定向钻进施工时,一般一次性加2根钻杆,定向钻进通常钻进3 m时,关闭泵车停止高压水的输送,待水压降下来后通过测量系统软件进行定向钻孔实钻轨迹参数的测量。根据定向钻孔实钻轨迹与设计轨迹之间的偏差进行工具面向角的调整,调整到预期的设计轨迹后,继续加钻杆钻进至下一次目标位置,一直施工至该分支孔结束为止,提钻后根据设计轨迹以及实钻轨迹情况寻找合适的开分支点,下钻继续施工下一个分支孔,施工定向钻进钻孔达到设计孔深后提钻终孔,最后按照大湾煤矿施工要求进行封孔。钻孔施工步骤如图2所示。

3 大湾煤矿定向钻孔施工及分析

大湾煤矿定向钻进施工主要采用滑动式定向钻进工艺^[13-15],钻进过程中通过泥浆泵产生的高压水驱动孔底马达转子回转,再通过万向轴和传动轴带动钻头回转碎岩,同时,通过不断调整孔底马达弯头朝向,进行钻孔轨迹人为控制,最终实现定向钻进。根据钻孔开孔倾角、方位角设计参数,来进行钻机的稳固等工作。本次共施工定向长钻孔2个,1号定向钻孔为地层地质构造探测孔,主孔深度303 m,探顶分支孔7个,分支孔累计孔深888 m,施工工艺为梳状孔前进式开分支方式。2号定向钻孔设计轨迹

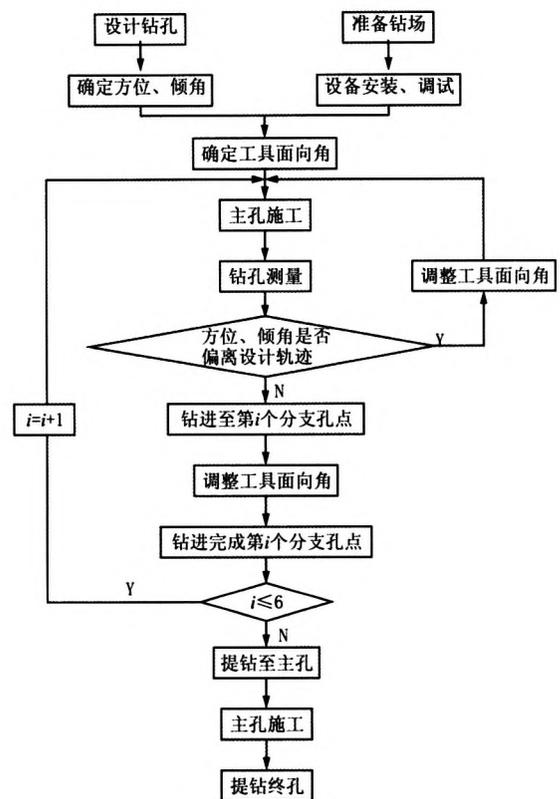


图2 前进式开分支工艺流程图

是在1号钻孔地层情况探明的前提下为依据进行设计的。根据1号钻孔的实钻轨迹,以及见煤孔段,做出2号钻孔设计轨迹。

2号定向钻孔为顺层定向孔,主孔深度306 m。2个定向主孔以及分支孔钻进累计进尺1497 m。施工情况统计表见表3,实钻轨迹如图3~6所示。

表3 大湾煤矿2个定向钻孔施工统计

钻孔编号	主孔深/m	分支孔编号	分支孔深/m	见煤点孔深/m
1号孔	303	T1	143	12~33,42~63
		T1-1	48	45
		T1-1-1	84	无
		T1-2	123	72~74,117~123
		T1-1-1-1	249	174~303
		T1-1-1-1-1	39	180~186
		T2	72	无
2号孔	306	无	无	0~48,159~306

本次共施工2个长钻孔,7个分支孔。1号钻孔为煤层顶板探测孔。通过开分支方式进行探顶,由表3可看出,1号孔见煤段进尺为230 m,整个钻孔见煤率高达75%。

根据1号钻孔的实钻轨迹,以及见煤孔段,把见煤点连接成一条曲线,作为2号钻孔设计轨迹,设计轨迹如图5、图6所示。由表3可看出,2号钻孔

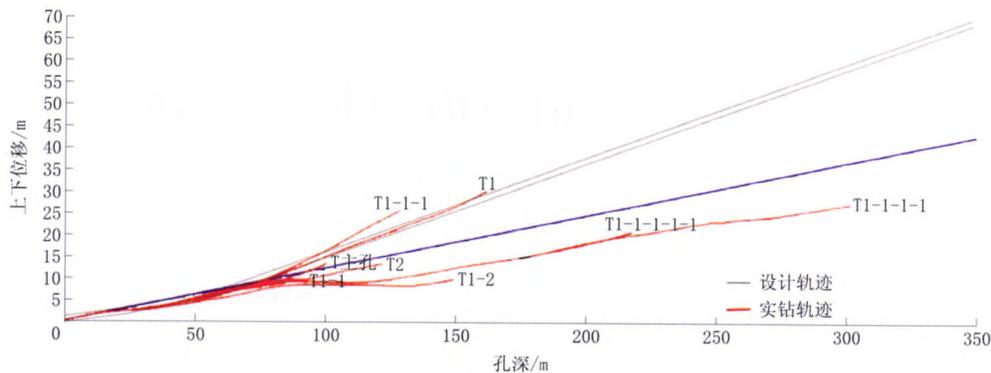


图 3 1号钻孔、分支孔实钻轨迹剖面图

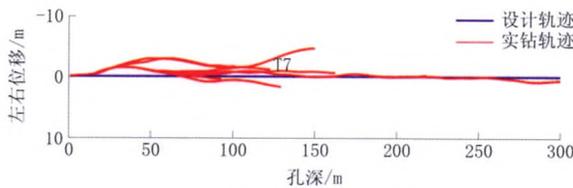


图 4 1号钻孔、分支孔实钻轨迹平面图

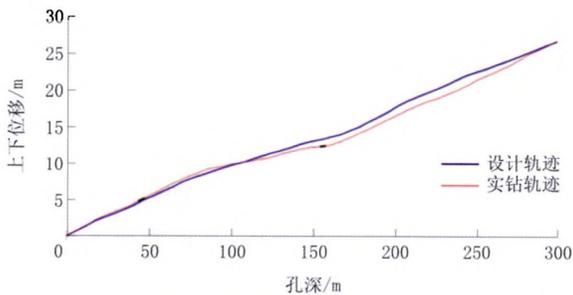


图 5 2号钻孔实钻轨迹剖面图

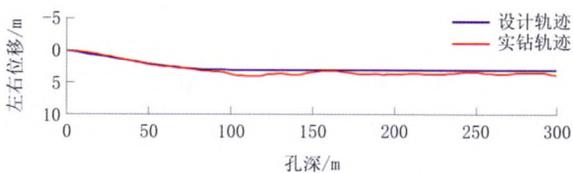


图 6 2号钻孔实钻轨迹平面图

见煤段进尺为 195 m, 整个钻孔见煤率为 63.7%。2 号定向钻孔钻进过程具有代表性, 可为后续定向钻孔施工提供参考。

本次采用 ZDY6000LD(B) 型定向钻机以及附属定向钻进装备, 共完成 2 个定向长钻孔, 完成分支孔数 7 个, 所有分支孔深累计 888 m, 定向钻孔钻进累计孔深 1497 m。

4 结论

利用前进式开分支孔工艺, 实现了 1 号钻孔复杂煤层地质构造精准探顶, 钻孔见煤段高达 75%。分析研究并优化设计 1 号钻孔实钻轨迹以及见煤段

作为 2 号钻孔设计轨迹, 施工钻进过程中高精度控制 2 号钻孔轨迹大大增加了顺层定向孔在复杂煤层中的覆盖率, 2 号钻孔见煤段高达 63.7%, 较大幅度提高了瓦斯抽采率, 为巷道掘进打好基础。

ZDY6000LD(B) 型定向钻机以及附属定向钻进装备与工艺适合于大湾煤矿定向钻孔施工, 为实现大湾煤矿本煤层区域瓦斯治理和巷道安全掘进提供了一个有效的工艺方法, 对于大湾煤矿安全高效生产有重要意义。

参考文献:

- [1] 李子豪. 长距离定向钻探技术在探查小煤矿边界及老空水中的应用[J]. 煤炭工程, 2015, 47(5): 36-38.
- [2] 石浩, 张杰. 煤矿井下精确定向探放水技术[J]. 煤矿安全, 2015, (2): 64-68.
- [3] 李长寅, 邢德恩. 深井采煤工作面探放水技术应用[J]. 煤炭工程, 2011, 43(7): 31-32.
- [4] 姬中奎, 任强. 布尔台煤矿大采面老空区积水探放水技术研究[J]. 煤炭工程, 2013, 45(10): 66-68.
- [5] 刘基, 赵忠证, 丁湘. 千米定向钻机在高压探放水中的应用研究[J]. 煤炭工程, 2014, 46(11): 36-38.
- [6] 谭军, 廉法宪, 宋辉. 负压俯角探放老空区积水的技术应用[J]. 煤炭工程, 2015, 47(1): 50-52.
- [7] 王毅武, 金向阳. 开采煤层上方老空区积水的防治技术[J]. 煤炭工程, 2013, 45(4): 53-54.
- [8] 姚宁平, 张杰, 李泉新, 等. 煤矿井下定向钻孔轨迹设计与控制技术[J]. 煤炭科学技术, 2013, 41(3): 7-11, 46.
- [9] 刘金凯, 张春雷, 霍利杰, 等. 近水平煤层大采高综放开采冒落带高度研究[J]. 煤矿安全, 2014, 45(7): 23-25.
- [10] 杨贵. 综放开采导水裂隙带高度及预测方法研究[D]. 山东青岛: 山东科技大学, 2004.
- [11] 夏小刚, 黄庆享. 基于空隙率的冒落带动态高度研究[J]. 采矿与安全工程学报, 2014, (1): 102-107.
- [12] 倪绍虎, 何世海, 汪小刚, 等. 裂隙岩体水力学特性研究[J]. 岩石力学与工程学报, 2012, 31(3): 488-498.
- [13] 方俊, 石智军, 李泉新, 等. 顶板高位定向大直径长钻孔钻进技术与装备[J]. 矿业研究与开发, 2015, 35(7): 92-97.
- [14] 张村, 屠世浩, 白庆升, 等. 陷落柱周边应力变化及推采控制研究[J]. 中国矿业大学学报, 2014, (6): 974-980.
- [15] 姚宁平, 张杰, 李乔乔. 煤矿井下近水平定向钻技术研究与应[J]. 煤炭科学技术, 2011, 39(10): 53-57.