

# 水平定向钻进技术在胡底煤矿地质构造勘探中的应用

杜利猛<sup>1</sup>, 石 浩<sup>1</sup>, 姚盼盼<sup>2</sup>, 吕军锋<sup>2</sup>

(1. 中煤科工集团西安研究院有限公司, 陕西 西安 710077; 2. 山西晋煤集团沁水胡底煤业有限公司, 山西 晋城 048021)

**摘 要:** 定向钻孔技术可以精确控制钻孔轨迹, 可满足胡底煤矿对探明地质构造的要求。该矿采用 ZDY6000LD 型钻机施工 4 个近水平定向钻孔, 精确探明主运、辅运石门的煤层走向, 为抽掘采衔接提供了依据。介绍了胡底煤矿地质构造勘探定向孔的设计依据及钻进工艺。

**关键词:** 水平定向钻进; 地质构造勘探; 胡底煤矿

**中图分类号:** P634.7    **文献标识码:** B    **文章编号:** 1672-7428(2014)06-0038-06

**Application of Horizontal Directional Drilling Technology in Geological Structure Exploration in Hudi Coal Mine/** DU Li-meng<sup>1</sup>, SHI Hao<sup>1</sup>, YAO Pan-pan<sup>2</sup>, LV Jun-feng<sup>2</sup> (1. Xi'an Research Institute, China Coal Technology and Engineering Group Corp., Xi'an Shaanxi 710077, China; 2. Qinshui Hudi Coal Industry Co., Ltd., Shanxi Jincheng Anthracite Mining Group, Jincheng Shanxi 048021, China)

**Abstract:** The drilling trajectory can be precisely controlled by directional drilling technology to meet the requirements of geological structural exploration in Hudi coal mine. Four quasi-directional drilling boreholes has been constructed by ZDY6000LD directional drilling rig to accurately prospect coal seam strikes in main and auxiliary transport cross-hole, which provides a basis for coal mining, extraction and digging. The paper introduces the design basis of the directional geological structural exploration hole in Hudi coal mine and the drilling technology.

**Key words:** horizontal directional drilling technology; geological structure exploration; Hudi coal mine

## 0 引言

胡底煤矿位于山西省沁水煤田的南部, 地质构造发育, 为了探明该矿主运石门、辅运石门附近地层变化情况, 为抽掘采衔接提供依据, 引进一台 ZDY6000LD 型定向钻机<sup>[1]</sup>。2013 年 8 月 10 日~9 月 28 日期间, 共断续施工 4 个定向钻孔, 准确探明了煤层走势, 对矿方施工提供了准确的地质参数。

## 1 煤矿井下近水平定向钻进技术

煤矿井下近水平定向钻进技术是通过泥浆泵驱动孔底螺杆马达带动钻头回转切削, 钻进中钻杆不回转<sup>[2]</sup>。设计轨迹和实钻轨迹通过孔口防爆计算机实时显示, 通过调整带弯接头的螺杆钻具改变工具面向角, 控制钻头处的倾角和方位角, 从而达到控制轨迹的目的。在胡底煤矿采用的定向钻进技术与装备如图 1 所示。定向钻进技术与常规回转钻进相比, 除了可以精确控制钻孔轨迹的优点外, 还可以进行孔内开分支, 实现一孔多分支, 减少钻场开拓成本, 钻进遇到孔内事故后可以开分支绕障, 因此在煤矿井下钻探方面发挥了极其重要的作用。

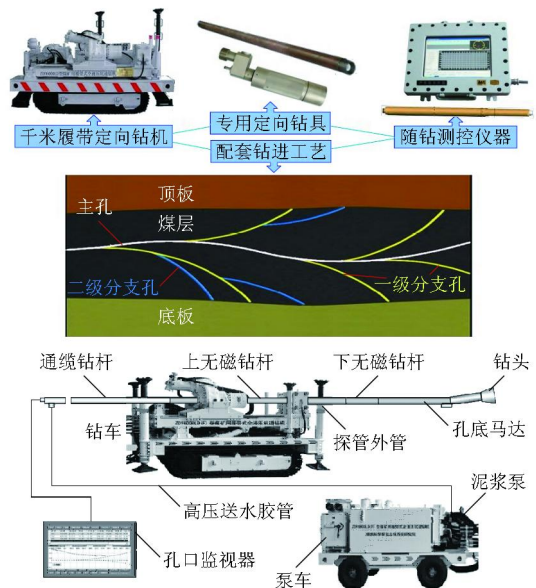


图 1 井下定向钻进装备与连接示意图

根据各个煤矿地层条件以及用途的不同, 定向钻进技术主要用于以下几个方面: 地质构造勘探、煤层及高位瓦斯抽采和探放水及顶底板加固等。

定向孔形式、用途与成孔工艺不同, 其主要钻孔

收稿日期: 2014-01-24; 修回日期: 2014-04-28

作者简介: 杜利猛(1985-), 男(汉族), 河北邯郸人, 中煤科工集团西安研究院有限公司, 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, dulimeng@163.com。

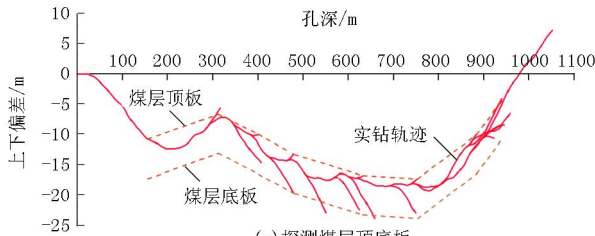
形式及适用范围如下<sup>[3]</sup>。

1.1 地质构造勘探定向钻孔

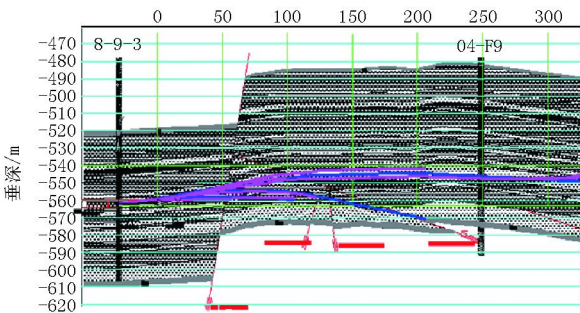
地质构造勘探主要用在煤矿地质情况掌握较少的情况下,在开掘巷道前准确探测地质情况,减少开采成本。煤矿地质构造勘探主要有煤层顶底板走向

(图 2a),探测陷落柱(图 2b),探测断层构造(图 2c),探测地质体边界(如图 2d 中小窑巷道),探测煤层倾角(图 2e)。胡底煤矿定向钻进施工进行了煤层倾角的探测。

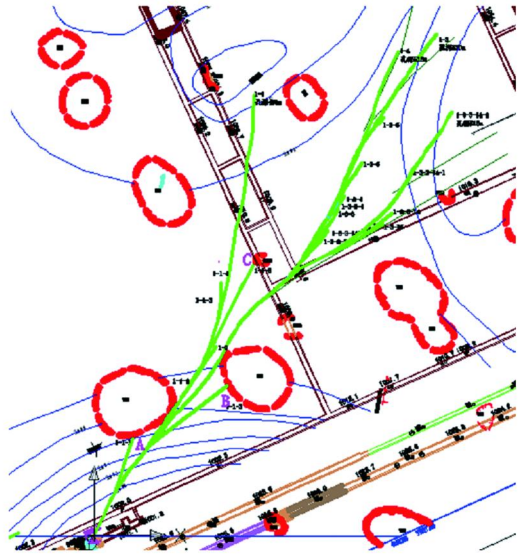
1.2 瓦斯抽采定向钻孔



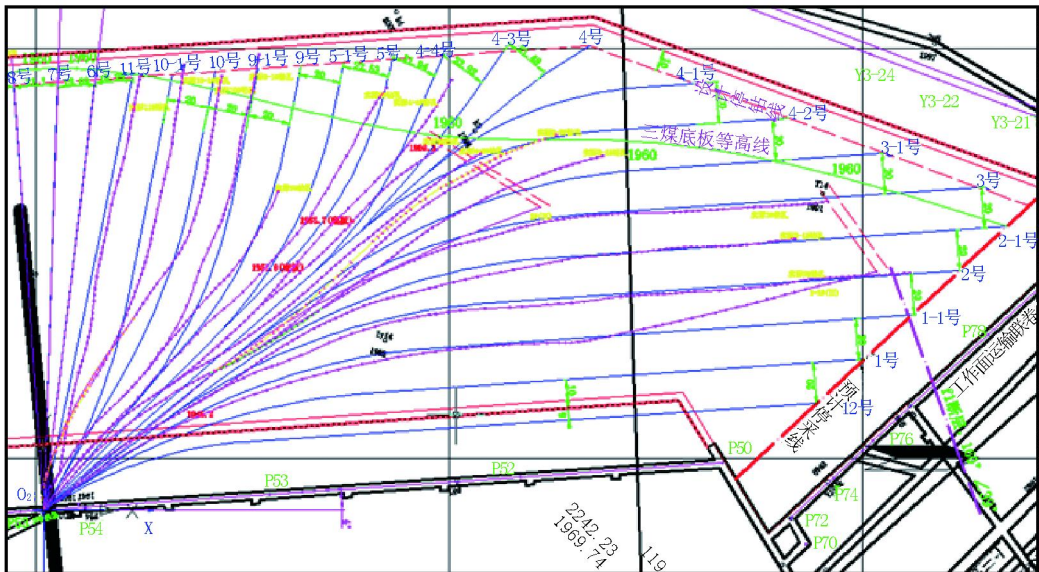
(a) 探测煤层顶底板



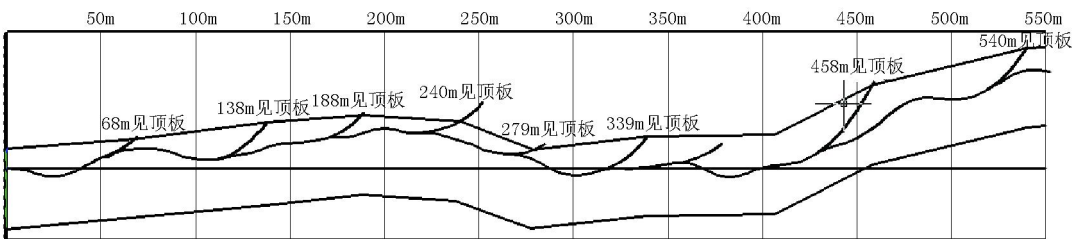
(c) 探测断层构造



(b) 探测陷落柱



(d) 探测小窑巷道



(e) 探测煤层倾角

图 2 定向钻孔在地质构造勘探应用类型

定向钻进用于井下煤层气(瓦斯)抽采钻孔主要分为以下 4 种形式:集束型抽采瓦斯定向钻孔

(图 3a)、梳状抽采瓦斯定向钻孔(图 3b)、顶板高位抽采瓦斯定向长钻孔(图 3c)和井上下联合抽采瓦斯



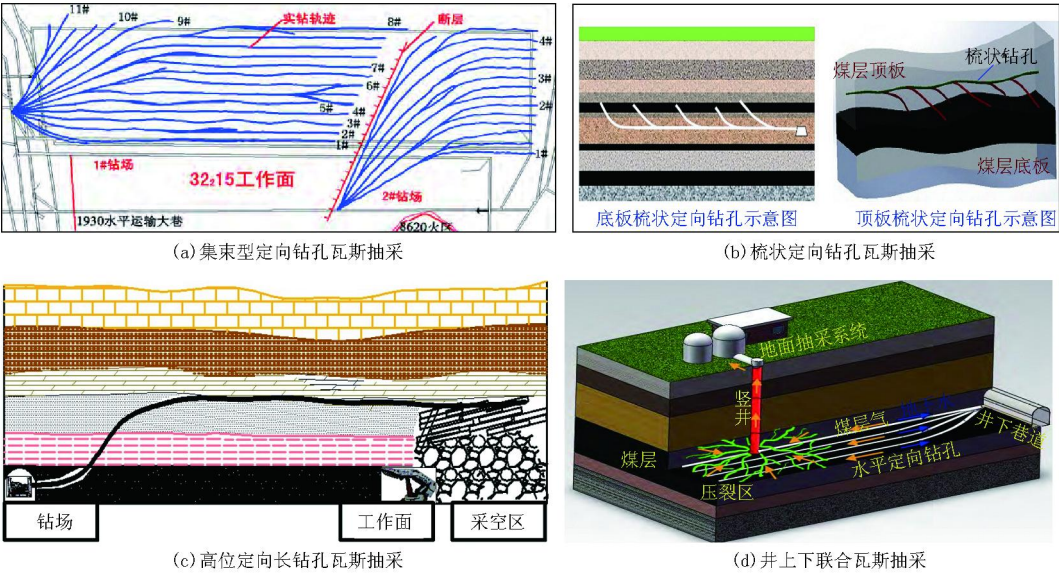


图 3 瓦斯抽采定向孔应用类型

钻孔(图 3d)。

2 胡底煤矿地质特征与钻孔设计依据

2.1 胡底煤矿地质层特征

胡底煤矿地处沁水煤田的南部,位于吕梁—太行断块之沁水坳陷的南部,晋获褶断带西侧,区域地层总体走向为北北东或近南北,倾向北西(见图 4)。主要断层为井田西北边界的寺头正断层,该断层走

向 NE30°,倾向 NW,倾角 70°,落差为 350 m,延伸长度约 10 km,对区内煤层气成藏有一定控制作用。区内发育还有石门上向斜、蒲池背斜、蒲池西背斜、李庄背斜、东岭山向斜,井田南部边界附近发育有七坡陷落柱<sup>[4]</sup>。因此,该地煤层起伏较大,对巷道开拓及煤层开采造成一定难度。

井田内主要含煤地层为石炭系上统太原组和二叠系下统山西组。其中,山西组 3 号煤层为全区稳定

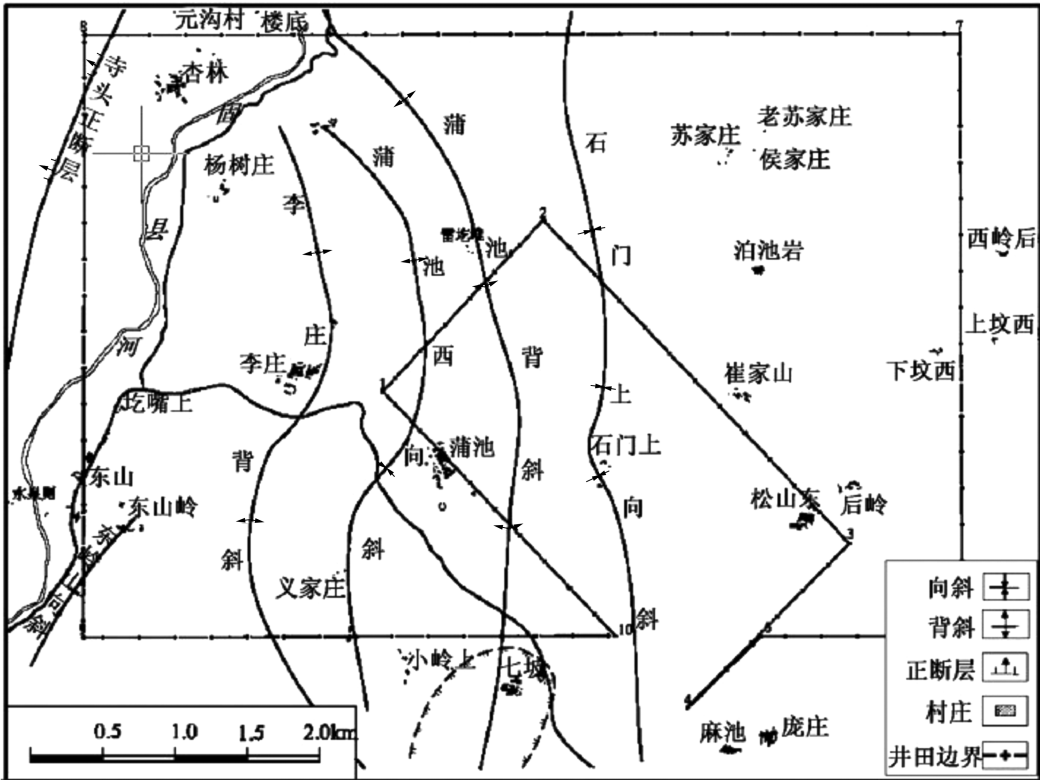


图 4 胡底矿井田地质构造图

可采煤层,煤层破碎且瓦斯压力大,其顶底板岩性主要以泥岩及砂岩为主,如表 1 所示。

表 1 胡底矿 3 号煤顶底板岩性

| 岩石<br>地层                         | 代<br>号 | 厚度/m          |      | 岩 性 描 述                 |
|----------------------------------|--------|---------------|------|-------------------------|
|                                  |        | 分层            | 变化范围 |                         |
| 山西组 P <sub>1s</sub>              | 6.25   | 1.78 ~ 10.52  |      | 上部为深灰色粉砂质泥岩,下部为泥岩夹煤线    |
|                                  | 16.25  | 13.81 ~ 18.39 |      | 深灰色粉砂岩夹透镜状中、粗粒砂岩,含植物化石  |
|                                  | 3.56   | 1.77 ~ 4.57   |      | 深灰色中粒杂砂岩,顶部为细砂岩         |
|                                  | 8.28   | 4.62 ~ 13.93  |      | 深灰色泥岩,粉砂质泥岩,粉砂岩,底部夹炭质泥岩 |
|                                  | 5.53   | 4.77 ~ 6.15   |      | 煤,黑色,层状构造,阶梯状断口,主要可采煤层  |
|                                  | 6.73   | 3.8 ~ 9.67    |      | 深灰~灰黑色泥岩,粉砂质泥岩夹薄层粉砂岩    |
|                                  | 3.80   | 2.32 ~ 6.28   |      | 灰色细粒岩屑石英杂砂岩,碎屑以石英为主     |
| 太原组 C <sub>3t</sub> <sup>3</sup> | 2.40   | 1.27 ~ 2.84   |      | 灰色泥岩,局部含鲕状菱铁矿           |

2.2 钻孔设计依据

钻场位于辅运石门底板煤层 7 m 线,由于煤层易塌孔、喷孔,设计定向钻孔布置在底板中,向上到煤层后开分支孔重新探煤,直到探明地层起伏情况及该区域陷落柱分布。该钻场区域地层起伏倾角大,达到 10°以上,且为负角度,因此在施工过程中应注意控制轨迹,保证排渣顺畅。钻进至探煤点前要急速上升,预留分支点<sup>[5]</sup>,设计钻孔平面图见图 5。

2.3 定向钻孔施工工艺

2.3.1 钻场布置

施工现场开拓钻场,将 ZDY6000LD 型定向钻机及配套装备按图 6 所示连接,该钻机的主要性能参数为:最大额定转矩 6000 ~ 1600(定向钻进 3000 ~ 800) N·m,主轴制动扭矩 1500 N·m,额定转速 50 ~ 190 r/min,最大给进/起拔力 180 kN,主轴倾角

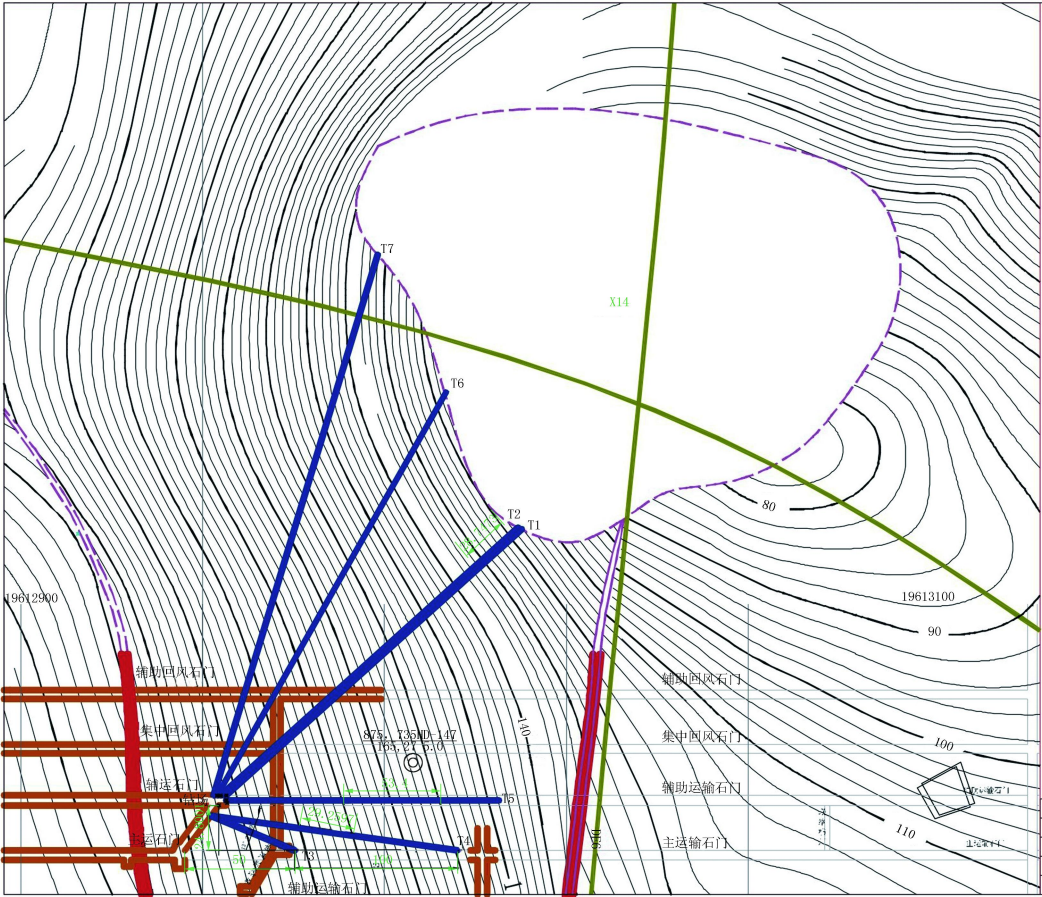


图 5 设计钻孔平面布置图

-10° ~ 20°,电动机功率 75 kW,行走速度 0 ~ 2.5 km/h,最大爬坡能力 20°。顶板和边帮进行挂网喷浆,底板硬化处理。水、电、风、通讯等必需设施就位。

2.3.2 设计钻孔

根据施工要求设计轨迹,该区域煤层起伏较大,

设计钻孔为了探测主运和辅运巷道掘进方向的煤层趋势,为抽掘采衔接提供了依据。由于煤层瓦斯压力大且破碎,本煤层施工难度大,难以保证施工安全。因此,将钻孔布置在底板砂岩中,采用前进式开分支的方法,探煤后开分支继续探煤,依次“探顶—



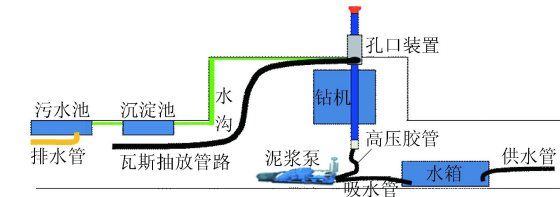


图 6 井下钻场设备平面布置图

开分支—再探顶—再分支...”,直到将煤层倾角探明,如图 2e 所示。

根据要求设计钻孔参数,编制施工方案与技术措施,为施工做好准备。

2.3.3 钻孔施工

根据钻孔开孔设计参数(倾角、方位角)稳固钻机,采用回转钻进工艺钻进 12 m 开孔,钻具组合:Ø96 mm PDC 平底钻头 + Ø73 mm 钻杆。

之后扩孔 6 m,钻具组合:Ø153 mm 扩孔钻头 + Ø73 mm 钻杆。

安装孔口装置如图 7 所示,“两堵一注”进行封孔。

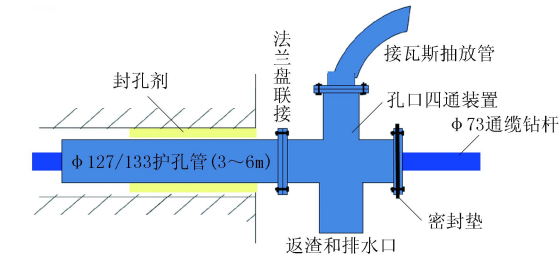


图 7 孔口装置管路连接图

下入定向钻具,钻具组合:Ø96 mm PDC 平底钻头 + Ø73 mm 无磁螺杆钻具(1.25°) + Ø73 mm 下无磁短节 + Ø73 mm 无磁探管 + Ø73 mm 上无磁短节 + Ø73 mm 通缆钻杆。

调整工具面进行钻进,一般每钻 6 m 停泵测量,根据轨迹控制方法调整工具面,加钻杆继续钻进至下一次测量,直至该分支钻孔结束。提钻寻找分支点进行开分支施工下一个分支孔,达到预定孔深后终孔提钻,按要求封孔。

钻孔施工步骤见图 8。

3 胡底煤矿定向钻孔实钻情况

本次胡底煤矿共施工 4 个定向钻孔,本着先易后难的原则,依次施工 T5、T4、T1、T2 号钻孔,施工情况见表 3。T5 号钻孔施工方位 90°,孔径 96 mm,分 2 次探顶,探明辅运地层走向;T4 号钻孔施工方位角 103°,偏移至主运位置后方位纠为 90°,共 3 次

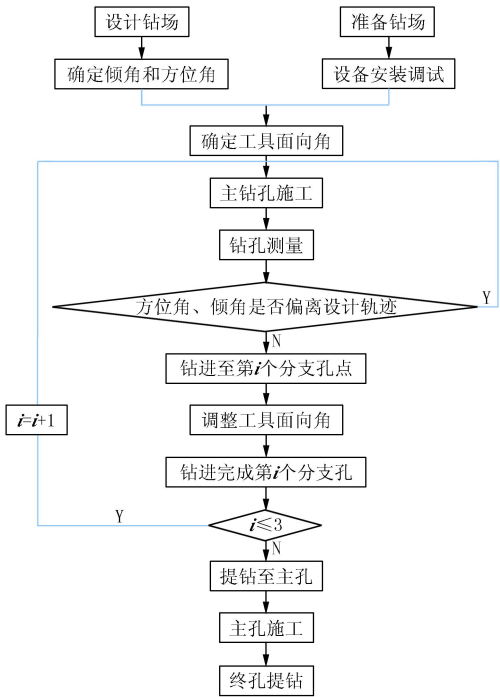


图 8 前进式开分支孔施工工艺流程

探顶,探明了主运地层走向;T1、T2 号钻孔施工为了探明该地区发育 X14 陷落柱边界,T1 号钻孔探明地层倾角,T2 号钻孔探陷落柱边界。施工工艺采用梳状孔前进式开分支方式,轨迹统计见图 9、图 10。

表 3 胡底煤矿定向钻孔施工统计

| 钻孔编号 | 分支个数 | 主孔孔深/m | 见煤点孔深/m | 见煤点视平移/m | 见煤点左右偏差/m | 见煤点上/下偏差/m |
|------|------|--------|---------|----------|-----------|------------|
| T5   | 1    | 141    | 69      | 68.19    | 0.55      | -9.64      |
|      |      |        | 141     | 136.19   | 0.62      | -34.02     |
|      |      |        | 84      | 80.09    | 20.96     | -13.13     |
| T4   | 2    | 144    | 140     | 132.16   | 25.75     | -32.00     |
|      |      |        | 144     | 135.22   | 28.66     | -32.89     |
| T1   | 1    | 192    | 158     | 153.10   | 2.85      | -31.27     |
|      |      |        | 192     | 187.19   | 0.42      | -36.81     |
| T2   | 1    | 225    | 无       | 无        | 无         | 无          |

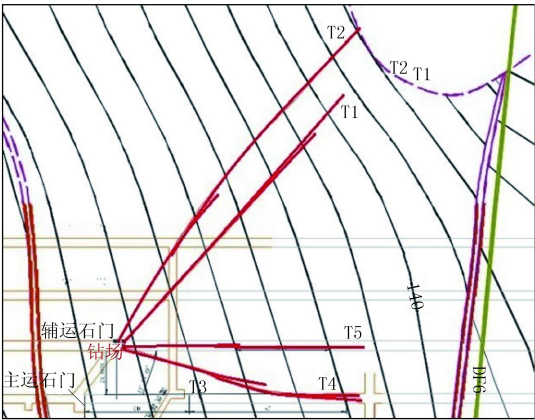


图 9 胡底煤矿定向钻孔轨迹平面图

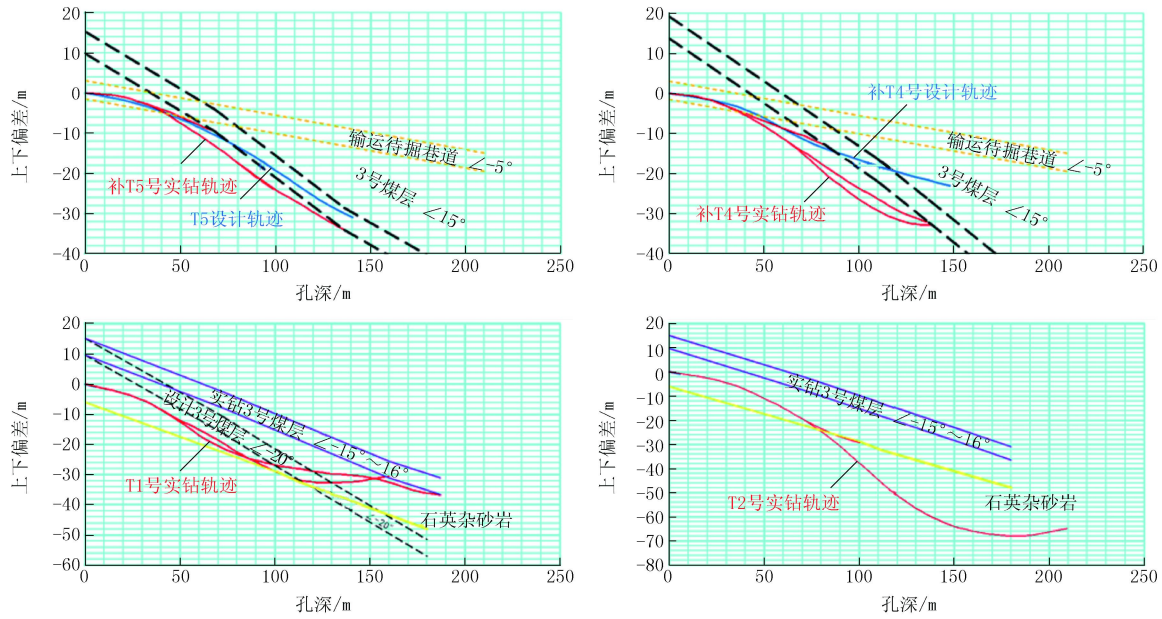


图 10 胡底煤矿定向钻孔轨迹剖面图

4 定向钻孔数据分析

定向钻进轨迹计算采用均角全距法,探煤靶点计算结果见表3。如图 11 所示,水平位移是指轨迹上某点至孔口所在铅垂线的距离(OA),其中视平移为水平位移在设计方位线上的投影长度(OB),左右偏差为轨迹上某点至设计铅垂面的距离(AB),上下偏差为轨迹上某点至孔口所在水平面的距离(AC)<sup>[5,6]</sup>。

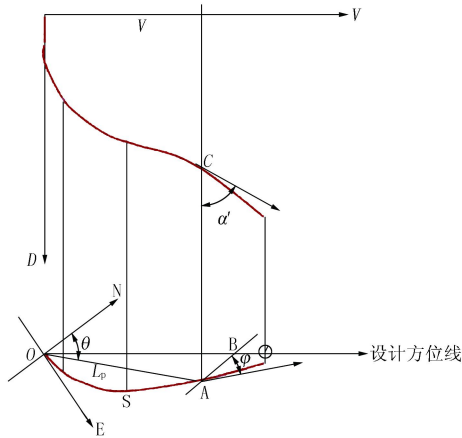


图 11 定向钻进轨迹计算示意图

根据三角函数原理,计算辅运石门煤层倾角  $\alpha$  为:

$$\alpha = \arctan \frac{-34.02 + 9.64}{136.19 - 68.19} = -19.73^\circ \quad (1)$$

由式(1)可以得到辅运视平移为 80.09 m 处的煤层上下偏差为 -5.37 m。

主运与辅运之间的煤层倾角  $\beta$  为:

$$\beta = \arctan \frac{-13.13 + 16.63}{20.96 - 0.55} = 9.72^\circ \quad (2)$$

由式(2)可以得到主运左右偏差为 25.75 m,视平移为 80.09 m 处的煤层上下偏差为 -12.31 m。

辅运石门煤层倾角  $\gamma$  为:

$$\gamma = \arctan \frac{-32.00 + 12.31}{132.16 - 80.09} = -20.71^\circ$$

5 结语

由于定向钻进技术可以精确钻孔轨迹,同时有可以在原钻孔轨迹中开分支多次探顶,得到煤层与底板分界点的三维坐标数据。因此胡底煤矿进行了定向钻孔的施工,通过在底板向上探煤时的轨迹参数,计算得出了辅运石门处煤层倾角为 -19.73°,主运石门处煤层倾角为 -20.71°,主运与辅运之间地层倾角为 9.72°。另外,利用定向钻孔轨迹的可控性,进行了陷落柱的勘探工作。

参考文献:

[1] 杨旭,黄寒静,李乔乔.定向长钻孔施工技术在急倾斜煤层中的应用[J].煤炭科学技术,2012,40(10):80-83.  
[2] 姚宁平,张杰,李乔乔.煤矿井下近水平定向钻技术研究与应  
用[J].煤炭科学技术,2011,39(10):53-57.  
[3] 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.  
[4] 王凤清.沁水盆地胡底井田地质特征及煤层气赋存规律[J].  
中国煤炭地质,2011,23(7):22-27.  
[5] 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.  
[6] 孙荣军.煤矿井下随钻测量技术及钻孔轨迹数据处理方法研  
究[D].陕西西安:煤科总院西安研究院,2009.