

# 多工艺钻进技术在塔山煤矿瓦斯抽采钻孔中的应用

王 新, 杨卫东, 战启帅, 刘 伟, 王天放

(山东省鲁南地质工程勘察院, 山东 济宁 272100)

**摘 要:**大同煤矿集团公司塔山煤矿4号瓦斯抽排孔终孔口径为1200 mm, 孔深423.66 m, 孔底位移 $\geq 2$  m。孔径大、钻孔深、精度高是本工程的主要难点。钻进施工中采用了气动潜孔锤、双壁钻杆气举反循环及组合牙轮多级扩孔等多种工艺, 提高了钻进效率, 保证了孔身质量, 取得了良好的经济效益和社会效益。

**关键词:** 瓦斯抽排孔; 多工艺钻进; 气动潜孔锤; 气举反循环; 双壁钻杆; 组合牙轮钻头; 多级扩孔

**中图分类号:** P634.5    **文献标识码:** B    **文章编号:** 1672-7428(2014)11-0024-04

**Application of Multi-process Drilling Technology in Gas Drainage Borehole of Tashan Coal Mine/WANG Xin, YANG Wei-dong, ZHAN Qi-shuai, LIU Wei, WANG Tian-fang** (Shandong Provincial Lunan Geo-engineering Exploration Institute, Jining Shandong 272100, China)

**Abstract:** The terminal diameter and depth are 1200mm and 423.66m respectively in 4# gas drainage borehole of Tashan coal mine of Datong Coalmine Group Company with displacement less than 2m. The main difficult points in this project are large borehole diameter, deep drilling and high precision. Multi-process of pneumatic DTH hammer, double-wall drill pipe air lift reverse circulation and combined cone multilevel reaming were adopted to improve drilling efficiency, ensure well-bore quality, and achieve good economic and social benefits.

**Key words:** gas drainage hole; multi-process drilling; pneumatic DTH hammer; air lift reverse circulation; double-wall drill pipe; combined cone bit; multilevel reaming

## 1 概述

山西煤矿瓦斯(煤层气)资源极为丰富, 瓦斯(煤层气)抽采利用工作走在全国的前列。山西全省2000 m以浅的煤层气资源量约10万亿 $m^3$ , 占全国的1/3。经国土资源部审查批准, 山西省煤层气探明储量402.19亿 $m^3$ , 可采储量218.39亿 $m^3$ 。

2008年山西省抽采瓦斯(煤层气)24.59亿 $m^3$ , 利用7.37亿 $m^3$ , 利用率仅为30%。针对瓦斯(煤层气)的利用, 国家能源局下发《煤层气产业政策》, 希望改变煤层气沉寂的发展态势, 清理煤层气产业制度障碍, 将煤层气产业发展成为重要的新兴能源产业。

大同煤矿集团公司塔山煤矿矿井瓦斯等级为高瓦斯矿井, 瓦斯(煤层气)储量巨大。为对其进行抽采利用, 计划进行瓦斯抽排系统工程的施工。山西省煤矿瓦斯(煤层气)抽采主要采用井下抽采瓦斯和地面打钻开采煤层气2种方式。由我院施工的塔山煤矿4号瓦斯抽排孔是采用地面钻孔开采煤层气的方式, 钻孔口径1200 mm, 下入 $\varnothing 920$  mm $\times$ 16 mm套管, 必要时可当逃生井使用。

## 2 工程概况

### 2.1 地层情况

本次施工的瓦斯抽采钻孔预计穿过的地层, 自上而下为: 第四系松散层厚0.5 m左右; 侏罗系大同组地层厚约174 m, 其中风化岩段约40 m(该段地层破碎、易造成坍塌掉块; 施工虎龙沟风井井筒检查孔时该段严重漏水); 侏罗系永定组地层厚约171 m; 二叠系地层厚约124 m; 揭露石炭系地层厚约34 m, 其中5煤层厚约14 m。钻孔穿过地层的岩性分别为泥岩、砂质泥岩、粉砂岩、砂岩、煤等, 岩石硬度一般在III~V级。

### 2.2 施工技术要求

(1) 一开孔径为1450 mm, 穿过风化带和烧变岩带40 m左右, 见稳定完整的基岩后换径(换径深度以实际见稳定完整的基岩深度为准)。该段下 $\varnothing 1350$  mm $\times$ 10 mm护壁管。外壁空间用水泥浆灌注充实。

(2) 正常基岩段孔径为1200 mm, 钻至终孔后下入 $\varnothing 920$  mm $\times$ 16 mm瓦斯工作管。工作管与外壁之间用水泥浆灌注充实。

(3) 护壁管为螺旋焊管, 采用对接方式; 工作管

收稿日期: 2014-06-30; 修回日期: 2014-07-14

作者简介: 王新(1986-), 男(汉族), 山东济宁人, 山东省鲁南地质工程勘察院, 勘查技术与工程专业, 从事勘查技术工作, 山东省济宁市兖州区建设东路272号, 563614989@qq.com。

为无缝钢管。

(4) 终孔坐标位移  $\geq 2$  m。

(5) 套管焊接,并加焊 3~5 道加强筋,接口处须进行密封处理,管道单根最大长度  $\geq 9$  m。

### 2.3 设备选型

根据施工技术要求,结合我院现有设备状况,本次瓦斯抽采钻孔主要钻探设备选型如表 1 所示。

表 1 主要钻探施工设备选型

设备名称	型号规格	工作能力	备注
钻机	GZ-2000	扭矩 25 kN/m, $\varnothing 127$ mm 钻杆 钻进时可钻深度为 1500 m	
钻塔	A 型塔	塔高 27 m, 承载能力 135 t	
泥浆泵	RL 3NB-500	缸径 170 mm 时排量 30.01 L/s	
空压机	阿特拉斯 XRXS976	风压 2.5 MPa, 最大风量 77.7 $m^3/min$	气动潜孔 锤钻进
空压机	徐州环宇 LGVF16/60	风压 6.0 MPa, 最大风量 16 $m^3/min$	气举反循 环钻进

另外配备:

(1) 振动筛、旋流器、泥浆搅拌机等钻进配套设备;

(2)  $\varnothing 127$  mm 单壁钻杆、 $\varnothing 127$  mm 双壁钻杆;

(3)  $\varnothing 203$  mm 钻铤、 $\varnothing 230$  mm 钻铤;

(4)  $\varnothing 311$  mm 气动潜孔锤钻具,  $\varnothing 750$ 、 $950$ 、 $1200$  mm 组合牙轮钻头若干。

### 2.4 施工周期

该瓦斯抽采钻孔自 2012 年 8 月 2 日开钻,于 2013 年 10 月 11 日顺利完工,累计施工日期 436 天。

## 3 多工艺钻进技术

孔径大、钻孔深、精度高是该工程的主要难点。经过反复论证,我们首先采用气动潜孔锤钻进工艺施工先导孔,以确保先导孔的正直。由于钻机扭矩仅 25 kN·m,远不能满足  $\varnothing 1200$  mm 孔径施工要求,我们采取三级扩孔的办法成井,即先导孔施工完后使用  $\varnothing 750$  mm 组合牙轮钻扩孔头,然后换  $\varnothing 950$

mm 组合牙轮钻头扩孔,最后采用  $\varnothing 1200$  mm 组合牙轮钻头成井;考虑到 RL 3NB-500 型泥浆泵排量仅 30.01 L/s,不能满足大口径泥浆上返速度的要求,我们决定大口径施工时采用气举反循环工艺,以满足清渣的要求。

### 3.1 气动潜孔锤钻进工艺施工先导孔

本工程钻孔的垂直度要求高,是钻孔验收最重要的一项质量指标,不能有丝毫的偏差。采用常规的回转钻进方法根本无法保证钻孔垂直度。气动潜孔锤钻进工艺因其回转转速低、钻进压力低、成孔效率高、钻孔质量好等特性非常适合先导孔施工,因此本工程选用气动潜孔锤钻进工艺施工先导孔。

#### 3.1.1 机具选择

影响气动潜孔锤的关键因素是风量、风压、风速(环空上返速度),要求空压机、潜孔锤与钻孔孔径有一个良好的匹配。正循环钻进时一般要求环空上返速度  $< 15$  m/s,随着孔深增加还要留有一定余量。经过验算,结合自有设备状况,我们选用阿特拉斯 XRXS976 型空压机,先导孔孔径 311 mm,理论计算环空上返速度 20 m/s 左右。

#### 3.1.2 钻具组合

110 mm  $\times$  110 mm 主动方钻杆 +  $\varnothing 127$  mm 单壁钻杆 +  $\varnothing 203$  mm ( $\varnothing 230$  mm) 钻铤 +  $\varnothing 311$  mm 气动潜孔锤、钻头。

#### 3.1.3 工艺参数

钻头直径 311 mm,起止井深 0~435.95 m,钻压 8~12 kN,转速 30~40 r/min,风压 2.5 MPa,风量 77.7  $m^3/min$ 。

#### 3.1.4 效果分析

(1) 实现了高效钻进。在本次开孔采用  $\varnothing 311$  mm 气动潜孔锤钻进,钻进至 435.95 m 仅用时 105.6 h,钻进时效达 4.11 m。

(2) 保证了钻孔垂直度。本次施工钻孔全孔段测斜数据如表 2 所示。通过表 2 数据可知,孔底位移

表 2 测斜数据及孔底位移情况记录

孔深 H/mm	井斜角 $\theta/(^\circ)$	方位角 $\alpha/(^\circ)$	X/mm	Y/mm	Z/mm	孔底位移/mm	偏移率/%	孔底坐标
0	0	0	0	0	0	0	0	X:4421246, Y:541590
50	0.4	132.6	-0.105	0.179	-49.999	0.208	0.416	X:4421245.895, Y:541590.179
100	0.3	157.8	-0.344	0.357	-99.998	0.496	0.496	X:4421245.656, Y:545190.357
150	0.4	133.9	-0.587	0.532	-149.99	0.792	0.528	X:4421245.413, Y:545190.532
200	0.3	151.5	-0.823	0.720	-199.99	1.094	0.547	X:442145.177, Y:545190.720
250	0.3	148.3	-1.049	0.851	-249.99	1.351	0.540	X:4421244.951, Y:545190.851
300	0.3	140.9	-1.262	1.003	-299.99	1.612	0.537	X:4421244.738, Y:545191.003
350	0.2	187.2	-1.450	1.074	-349.99	1.805	0.515	X:4421244.550, Y:545191.074
400	0.2	177.3	-1.624	1.067	-399.99	1.940	0.480	X:4421244.376, Y:545191.067
430	0.1	260.2	-1.680	1.044	-429.99	1.950	0.460	X:4421244.320, Y:545191.044

仅1.95 m,完全满足了设计条件,为下一步顺利成井创造了良好基础。

### 3.2 组合牙轮钻头多级扩孔

#### 3.2.1 常规正循环扩孔钻进钻具组合

该钻具组合由上至下为:110 mm × 110 mm 主动方钻杆 + Ø127 mm 单壁钻杆 + Ø203 mm (Ø230 mm) 钻铤 + Ø750 mm (Ø1200 mm) 组合牙轮钻头。组合牙轮钻头见图1。



图1 组合牙轮钻头

#### 3.2.2 工艺参数

考虑到钻机扭矩较小,为减少机械事故,我们采用“小规程”钻进,即“小钻压、低转速”钻进。具体规程参数见表3。

表3 正循环扩孔钻进参数

钻头直径/mm	起止井深/m	钻压/kN	转速/(r·min <sup>-1</sup> )	泵压/MPa	泵量/(m <sup>3</sup> ·min <sup>-1</sup> )
750	0~424.49	100~120	60~70	5~6	500.167
1200	5~116.64, 270.09~423.66	60~70	20~25	5~6	500.167

### 3.3 气举反循环扩孔钻进

双壁钻杆气举反循环钻进方法原理是将空压机的压缩空气经气水龙头、双壁主动钻杆、双壁钻杆的环状空间送到气水混合器;通过气水混合器进入内管,利用压缩空气在液体中等温膨胀作用,造成钻杆

内外的流体密度差;在此压差作用下,使钻杆内的泥浆、岩屑和气体的三相混合体连续不断地携出地表;再将处理过的泥浆送入(流入)孔内,经孔底进入钻具内,补充排出循环液的空间,如此不断形成反循环过程。在气举反循环钻进中,使用大直径的钻杆,增加混合器的浸入深度,并输送足量的空气,上返岩渣的能力也增大。

大口径气举反循环钻进工艺以其钻进效率高、排渣效果好、钻头寿命长、成井质量好等诸多优点在大口径深井钻探中得到广泛应用。本项工程在大口径扩孔钻井中采用气举反循环工艺,确保排渣顺利,提高了效率。

采用Ø1200 mm 组合牙轮钻头钻进孔深116.64~270.09 m 以及Ø950 mm 组合牙轮钻头钻进进尺46.08 m (253.09~299.17 m) 均使用了双壁钻杆气举反循环钻进工艺。

#### 3.3.1 机具选择

压风机选用蚌埠生产的 LGVF16/60 型,额定风压6.0 MPa,最大风量16 m<sup>3</sup>/min。

#### 3.3.2 气举反循环扩孔钻具组合

该钻具组合由上至下为:气水龙头 + 气盒子 + 110 mm × 110 mm 双壁主动方钻杆 + Ø127 mm 双壁钻杆 + Ø127 mm 单壁钻杆 + Ø203 mm (Ø230 mm) 钻铤 + Ø950 mm (Ø1200 mm) 组合牙轮钻头。

#### 3.3.3 气举反循环扩孔工艺参数(表4)

表4 气举反循环(扩孔)钻进规程参数

钻头直径/mm	起止井深/m	钻压/kN	转速/(r·min <sup>-1</sup> )	风压/MPa	风量/(m <sup>3</sup> ·min <sup>-1</sup> )
950	253.09~299.17	100~120	60~70	6	16
1200	116.64~270.09	70~80	25~35	6	16

Ø1200 mm 组合牙轮钻头钻进418.66 m 时采用的正反循环钻进工艺效果分析以及Ø950 mm 组合牙轮钻头钻进46.08 m 时采用的反循环工艺效果分析见表5。

表5 正循环扩孔钻进与反循环扩孔钻进效果对比

地层	钻进方法	钻头直径/mm	钻头类型	起止深度/m	进尺/m	纯钻时间/h	辅助时间/h	平均时效/m
基岩	正循环	1200	扩孔组合牙轮	5~116.64, 270.09~423.66	265.21	1877	230.5	0.141
基岩	反循环	1200	扩孔组合牙轮	116.64~270.09	153.45	562	172.5	0.273
基岩	反循环	950	扩孔组合牙轮	253.09~299.17	46.08	168	41.5	0.274

相比钻孔正循环钻进时,采用双壁钻杆气举反循环工艺钻进时能够提高孔内钻井液上返时携带岩粉的能力,从而使孔底沉降的岩粉减少,降低岩粉重复研磨率,保持孔底清洁干净,进而能有较高的机械

钻速,提高钻进效率。

本次钻孔Ø1200 mm 口径扩孔的施工过程中,由于本次钻孔口径大,随着钻进孔深的加深,地层坚硬程度的增高,使用Ø127 mm 双壁钻杆反循环工艺

钻进的优势便凸显出来。反循环钻进时钻井液上返携带岩粉的能力比正循环工艺钻进时强,正如表5中计算数据显示,反循环工艺比正循环钻进时效快0.132 m,效率提高幅度近1倍。

相对于正循环而言,反循环携带上来的岩屑颗粒明显较大,钻头磨损程度明显降低。另外从下套管前清孔的情况看,清孔效果良好,提钻后24 h内孔内基本无沉渣,保证了下管工作的顺利进行。

#### 4 取得的成果

本次施工钻孔终孔口径大、孔深较深、垂直度要求高,加之钻孔所遇地层较为坚硬,给我方施工带来了不小的挑战。我方经过缜密的组织,在钻孔施工中运用了气动潜孔锤工艺、多级扩孔工艺技术、双壁钻杆气举反循环钻进工艺相结合的钻进施工形式,精心组织、科学施工,取得了良好的效果。

纵观本次施工过程,取得的主要成果有以下几个。

(1)气动潜孔锤施工先导孔,既保证了质量,又为后期成井创造了良好条件。

(2)多级组合牙轮钻头扩孔工艺,保证了施工过程中的设备安全,实现了“小马拉大车”,为使用水井钻机施工大口径瓦斯排放孔、逃生井进行了有益探索,积累了宝贵经验。

益探索,积累了宝贵经验。

(3)采用大口径气举反循环工艺为成井提供了工艺保证,成井质量、排渣效果良好,为顺利下套管、成井提供了可靠保障。

#### 5 建议

(1)在本次钻孔施工中,采用了组合牙轮钻头钻进并取得了良好的效果。可进一步优化组合牙轮钻头上牙轮的排列布局,提高钻进效率。

(2)钻进参数的选择对本次大口径钻孔的施工质量影响很大,可进一步探索钻进参数的配置,保证钻孔施工质量。

#### 参考文献:

- [1] 许刘万,王艳丽,刘江,等.影响水井钻探效率的因素及提高钻井速度的关键技术[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2014,41(4).
- [2] 许刘万,刘智荣,赵明杰,等.多工艺空气钻进技术及其新进展[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2009,36(10).
- [3] 赵金洲,张桂林.钻井工程技术手册[M].北京:中国石化出版社,2004.
- [4] 刘家荣,王建华,王文斌,等.气动潜孔锤钻进技术若干问题[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2010,37(5).
- [5] 王三牛,王聪,刘玮,等.科学深钻扩孔钻头及钻进技术研究[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2012,39(3).

#### (上接第23页)

总结了定向长钻孔施工的经验。寺河煤矿井下瓦斯抽采定向长钻孔成功应用,充分证明复合定向钻进技术不仅实现了钻孔的高效钻进,而且能使钻孔孔壁平滑,防止憋泵、卡钻,减少了事故处理时间,提高了钻孔成功率和钻进效率,采用复合钻进与常规定向钻进相比,平均机械钻速提高了26.8%。随着复合一定向钻进技术的不断发展和完善,将会在各种需求钻探技术的工程领域中发挥越来越重要的作用。

#### 参考文献:

- [1] 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(9):1-4.
- [2] 郝世俊.沿煤层定向长钻孔施工技术[A].中国煤炭学会煤炭建设与岩土工程专业委员会.矿山建设工程新进程—2006全

国矿山建设学术会议文集(下册)[C].江苏徐州:中国矿业大学出版社,2006.

- [3] 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.
- [4] 石智军,董书宁,姚宁平,等.煤矿井下近水平随钻测量定向钻进技术与装备[J].煤炭科学技术,2013,41(3):1-6.
- [5] 许超.煤矿瓦斯抽采定向长钻孔高效成孔工艺研究[J].金属矿山,2011(6):490-492.
- [6] 祝靖.国内大位移井轨迹控制中降低摩阻技术现状及应用分析[J].西部探矿工程,2013(10):51-54.
- [7] 吴捷.钻井提速技术研究及其在淮东地区的应用[D].湖北荆州:长江大学,2013.
- [8] 石智军,李泉新,许超.煤矿井下随钻测量定向钻进技术及应用[J].地质装备,2013,14(6):32-36.
- [9] 何建华,张进军,管军才,等.水平定向钻孔在大佛寺煤矿瓦斯抽采中的优势探讨[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2012,39(8):36-38,53.
- [10] 石智军,董书宁,姚宁平,等.煤矿井下近水平随钻测量定向钻进技术与装备[J].煤炭科学技术,2013,03:1-6.