

老石旦煤矿缓坡斜井大口径通风立眼钻孔关键技术

吴兴荣

(宁夏回族自治区煤炭地质勘查院,宁夏 银川 750011)

摘要:通过老石旦煤矿缓坡斜井通风立眼的施工,叙述了钻遇采空区的几项施工关键技术。针对大口径通风井过采空区、井较深、井径较大的特点,采用大口径反井成孔工艺;导向孔采用无线随钻定向技术,后改用无磁单点测斜潜孔锤定向技术;采用技术套管隔离的方法进行了管底特殊处理,保证技术套管顺利起拔;悬空固井技术,大直径套管人工柔性井底的制作等;对大口径反井施工工艺技术进行了系统全面介绍,并对反井施工过程中发现的问题及取得成果进行的总结,为类似工程的施工具有示范效应。

关键词:通风立眼;导向孔;采空区;反井施工技术;悬空套管固井

中图分类号:P634 **文献标识码:**B **文章编号:**1672-7428(2018)12-0024-04

Raise Boring of Large Diameter Ventilation Holes in Slow Inclined Shafts in Laoshidan Coal Mine/WU Xing-rong
(Ningxia Hui Autonomous Region Coal Geological Prospecting Institute, Yinchuan Ningxia 750011, China)

Abstract: The key technologies for drilling in goaf were elaborated in the construction of ventilation holes by raise boring in the slow inclined shaft in Laoshidan coal mine. In view of the characteristics of large diameter ventilation holes passing through the goaf, deep wells and large diameters of the shaft, the large diameter raise boring process was adopted; the pilot holes were drilled with wireless directional drilling technology, and then the orientation technology of non-magnetic single point inclinometer DTH hammer was followed; the special treatment of the pipe bottom was carried out by the technical casing isolation method to ensure the smooth lifting of the technical casing; cementation of free casing and the large diameter casing artificial flexible bottom were also employed, etc. The large diameter raise boring technology is comprehensively introduced, with the problem and achievements in the raise boring process summarized. It has a demonstration effect for similar construction.

Key words: ventilation hole; pilot hole; goaf; raise boring technology; free casing cementation

1 工程概况

1.1 设计背景

矿井通风设计是整个矿井设计内容的重要部分,是保证安全生产的重要一环。用钻机施工通风立眼,施工后即可投入使用,施工速度快,费用小,及时形成通风系统^[1]。钻孔通风效果良好^[2],可以保证正常通风。本次所设计的神华乌海能源有限公司老石旦煤矿缓坡副斜井通风立眼钻孔,就是为了解决缓坡斜井通风而设计的钻孔。设计孔径 1.2 m,孔深 292 m,全孔下入 $\Phi 800$ mm 无缝钢管,钢管壁厚 ≤ 15 mm,管外环状间隙全部用混凝土固井。

1.2 工艺选择

通过与通风立眼施工法^[3]对比,本次施工因过采空区,且孔深较大,采用反井成孔工艺非常合适。导向孔采用 $\Phi 244$ mm 牙轮钻头由上口向下钻进,

为了保证终孔位移不超标,采用钻孔轨迹控制以及无线随钻定向钻进施工^[4]。当遇到采空区漏孔,正常堵漏效果不好时,采用套管隔离,改用空气潜孔锤钻进技术^[5],配合单点测斜定向,确保孔底坐标位移不超过靶点 2.5 m。导孔钻至终孔层位后,按井队提供的终孔坐标,由矿方开挖硐室,找到钻孔位置,在钻孔下口更换 $\Phi 1200$ mm 反井扩孔钻头,由下口向上反钻至上口,反井施工 292 m。成孔后下入 $\Phi 800$ mm 无缝钢管,然后混凝土固井。

1.3 钻遇采空区情况

该钻孔钻遇 2 个采空区分别在 21.74~23.14 m,78~81 m 两段,穿过 2 次采空区用时 40 d。

2 施工关键技术

2.1 导向孔过采空区技术

收稿日期:2018-05-28;修回日期:2018-11-14

作者简介:吴兴荣,男,汉族,1969年生,高级工程师,一级注册建造师,从事钻探技术工艺研究工作,宁夏银川市兴庆区国商北路银川国际商贸城 2 期 1 栋 13 楼, wuxinron@sina.com。

施工至 21.74 m 时发现泥浆漏失,之后钻具放空至 23.14 m,下部有坍塌填方松散层 0.7 m,底板 23.84 m,确定采空区高度为 2.14 m。首先通过向采空区投黄土、水泥球、灌注水泥砂浆^[6]等都无法封堵该采空区,最后研究决定采用下放 $\Phi 273$ mm 技术套管的方法对采空区进行隔离^[7]。为了解决套管最后顺利起拔的问题,在套管下部焊接挡圈、缠绕麻绳、麻绳内外涂抹黄油等方法来保证套管顺利起拔见图 1。导向孔施工结束后,很轻松地就把套管全部起拔出来了。实践证明此办法可行实用。

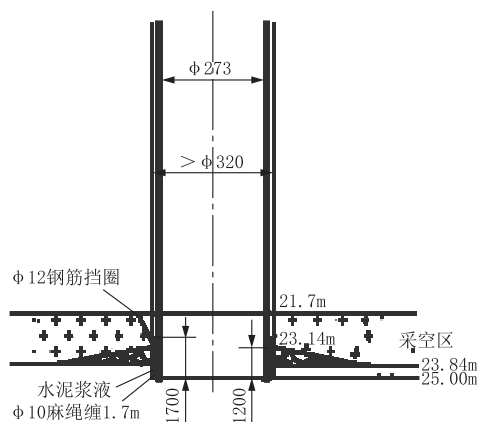


图 1 套管底部处理方法

在通风立眼钻孔施工至孔深 91 m,更换泥浆后,扫孔至 87 m 处发生漏失,上钻后测水位 81 m,对 78 m 以浅架桥后发现未发生漏失,最后判断漏失层位在 78~81 m 之间。经和矿方联系走访,71~81 m 为十六煤,判断该段为十六煤保留煤柱,因施工扰动,煤柱坍塌,形成空洞。

处理十六煤采空区先通过填堵的方法进行,向孔内打水泥浆、投黄土、灌注细石砼等方法都未达到对采空区的封堵,最后一次投入了 10 m^3 左右黄土也无法将采空区填起,决定采用空气潜孔锤来完成导向孔的施工。

先采用 $\Phi 245$ mm 牙轮钻头扩孔至 91 m 后,下入 $\Phi 159 \text{ mm} \times 6 \text{ mm}$ 套管 91.5 m,套管底部处理方法与上部采空区类似。导向孔施工结束后,也很轻松地就把套管全部起拔出来了。再次证明此办法可行实用。

2.2 潜孔锤遇地层出水的施工技术

在使用潜孔锤施工时,钻压保持在 8~15 kN,钻具转速一般控制在 14~24 r/min,风量一般在 $20 \sim 24 \text{ m}^3/\text{min}$ ^[8],本次潜孔锤施工钻压严格控制在

12 kN 以内,专门购买调速电机将钻具转速控制在 16 r/min 以内,保证潜孔锤的锤头不被磨损。风量一般采用空压机低压,当岩粉上返不正常时采用空压机高压进行钻进。

在使用空气潜孔锤施工至 130 m 后地层中的涌水量越来越大,从孔口返上的不是干燥的灰尘,而是泥水混合物。上钻后再钻进时,会在孔口喷出大量的水,还发生钻头泥包现象。

通过分析,由于克取的岩粉与水混合,增加了岩粉比重,增大了岩粉的粘性,空气循环已经无法将克取的岩粉全部携带出来,有一部分粘在了孔壁,一部分提钻后落在了孔底,下钻过程容易发生钻头泥包,影响钻进效率。为了解决此问题,采用泡沫钻进方法。泡沫钻进是空气钻进必不可少的配套工艺技术,泡沫流体的应用,不仅有利于解决和克服于空气循环所遇到的困难和问题,而且对改善和提高空气钻进的应变能力,有着十分重要的意义^[9],施工现场采用洗衣粉溶解后倒入钻杆内,利用空气循环产生的大量泡沫携带岩粉,增强了循环介质携带岩粉能力,同时润滑了钻具,降低了钻头泥包现象的发生,提高了钻探效率,取得了非常好的效果。

2.3 反井施工技术

反井施工技术的原理是将原钻孔作为导孔,在坑道内安装二次扩孔钻头,钻杆通过钻机油缸的轴向上顶力对扩孔钻头施加工作压力,同时通过钻机带动钻杆回转对扩孔钻头传递扭矩,向上进行反拉扩孔钻进,钻扩出所需要的钻孔直径及长度^[10]。大口径反井钻机工艺与正常钻进工艺刚好相反,通过短钻杆反向提拉旋转克取岩粉,岩粉落入孔底,通过井下巷道清理岩粉,孔内淋水冷却钻头,每上提扩孔进尺 1.0 m,将钻杆卸掉一根,这样上提钻进一根钻杆,卸掉一根钻杆,一直钻扩到地面,反井施工结束。

根据设计的孔径、设计的孔深,调研国内大直径反井钻机研制状况^[11],本次选择使用 ZFY-2.5/100D 型全液压大口径反井钻机施工。

2.3.1 反井钻机地基处理

钻机定位不稳定会造成钻孔偏斜,因此一定要保证施工前钻机被牢牢地固定在混凝土基础上,以承受因钻进产生的推力和扭矩,否则施工中会出现钻机身摇动,严重影响钻机的定位和稳定,从而使钻机移位和钻孔偏斜^[12]。设计反井钻机地基尺寸为 $4.0 \text{ m} \times 3.0 \text{ m} \times 1.0 \text{ m}$,地基上下铺设二层

Ø16 mm 的钢筋网,通过计算完全能够达到反井施工所需要的强度。浇筑 C25 混凝土 12 m³ 等待凝固,3 d 后进行反井钻机的安装及调试工作。

2.3.2 反井施工关键技术

(1)施工中一定要勤对钻具进行称重,掌握孔内钻具的总重,随时观察钻压表,上提压力不能大于 2 MPa;在进尺慢的情况下,将上提压力调至 1.5 MPa 左右。主泵压力采用 8 MPa 左右,最大控制在 12 MPa,转速为钻机的最低转速 14~16 r/min。

(2)从硬岩层进入软岩层时,一定要将上提压力调小,待顺利穿过该软岩地层后,方可使用正常的上提压力施工。

(3)从软岩层进入硬岩层时,会出现憋车的情况,操作人员应控制住操作手柄,适当的调小压力,不出现憋车现象后方可使用正常的压力进行施工。

(4)反拉过巷道底板时,压力表的压力调至 0.2~0.32 MPa,不得提空,以免造成孔内不规则影响将来下套管作业。到顶板时钻头全部接触原始地层后再进行正常钻进。

(5)反井钻机下齿圈承受着所有钻具的重力和扭矩,由于本孔孔深、孔径大,下齿圈长时间在高压、大扭矩的情况下容易从下齿圈薄弱点断裂造成跑钻事故,所以要备用能够及时更换的下齿圈。通过联系厂家对下齿圈薄弱位置进行了加固。同时在反拉过程中对下齿圈进行不定期的检查和探伤,确保下齿圈不带伤工作。此外,严格控制上顶力,通过计算与现场试验推导出压力表 1 MPa 相当于 115 kN 左右拉力,根据厂家提供的上顶拉力极限是每个滚轮为 70 kN,6 个滚轮合计拉力极限为 420 kN,施工过程最大上顶拉力控制在 360 kN 以下,正常施工上顶拉力控制在 200 kN 左右。另外,在钻机井口加装了 Ø178 mm 钻杆扶正器,一是保护钻杆居中,二是一旦大齿圈发生意外断裂,也能保证钻杆不掉入孔内造成损失。

(6)反井钻头磨损情况判断方法:①听声音,听钻头与孔壁的克取声音是否均匀;②看成色,将钻具下至巷道内检查钻头使用情况;③观进尺,在同一地层反拉过程中观察进尺情况,若进尺变慢则分析原因,有可能钻头出现磨损。

(7)反井扩孔至钻头距基础 2.5 m 时,降低钻压慢速钻进,认真观察,如果基础周围出现异常情况要及时采取措施处理,继续缓慢扩孔,直至钻头露出

地面^[13]。

2.3.3 反井施工要注意的问题

(1)反井钻机施工前一定要按照厂家设计要求浇筑混凝土地基,保证地基能够达到钻探过程中需要的强度 2 倍以上,不可图省事或节约成本而仅对地基进行简单的处理。

(2)下钻时应该带钻头下钻,这样可以在下钻遇阻后进行扫孔,避免钻具无法下放后重新上钻。

(3)安装反井钻头时一定要将巷道顶板与钻头接触的地方进行修整,并保证在安装钻头时保持通讯畅通。

(4)反井施工时一定要控制上顶力,不得随意加压钻进,钻遇硬地层可以缓慢克取,钻遇软地层时一定要控制进尺,不能抢进尺。

(5)对所有的反井钻杆进行探伤检查,尤其是旧钻杆,确保不能将废钻杆下入孔内,在下钻过程中检查钻杆丝扣及齿圈丝扣,不准带伤作业。

2.4 下套管及固井关键技术

反井扩孔结束后开始准备下套管及固井等工作,大口径钻孔的工作管下放和固管工艺直接关系到钻孔的成败^[14]。该孔需要下入 Ø800 mm×15 mm 的套管,按原设计需要下入 292 m 套管,通过查看地层,下部地层完整坚硬,矿方变更设计,要求只对上部采空区进行套管封堵,确定下入的套管长度为 130 m,下入的套管总质量约 38 t。变更设计后套管悬空如何固井及保证固井质量就成了问题,通过现场讨论,采用了人工制作柔性井底的方法解决了这一难题。

2.4.1 人工柔性井底制作方法

将套管下部砸成外径 Ø900 mm 的喇叭口,在喇叭口以上 1 m 段打眼焊接钢丝绳。钢丝绳的焊接方法是:钢丝绳左右间距 50 mm,上下间距 100 mm,上下钢丝绳要错位进行焊接,焊接的方法是首先在套管上面割眼,之后将钢丝绳穿在套管上,在套管内外对钢丝绳进行焊接,焊接完成后对钢丝绳外端采用工具将其分开。在钢丝绳上部焊接扶正器,扶正器采用厚度 20 mm 的钢板,高度 100 mm,长度 400 mm,一组扶正器共计 8 块,在套管外圈均匀的进行焊接,制作的人工柔性井底实物见图 2。

2.4.2 焊接

恶劣天气使焊条受潮,坡口生锈,增加焊接金属中氢扩散机会,容易产生焊接缺陷,恶化焊接金属的



图 2 人工柔性井底实物

机械性能。因此,要采取必要的防护措施并加强焊条的使用管理,以保证焊接质量^[15]。为了保证焊接质量,本次下套管外雇专业焊工进行焊接操作,焊接过程中采用保温箱对焊条进行保温,主要目的就是保证焊接质量达到预定要求。

2.4.3 固井

固井前先投黄土,不得投石料,以免在使用一段时间钢丝绳发生锈蚀后石料落入孔内造成人员伤害事故。投黄土的顺序是先投大块黄土,后逐渐变细,最后投入粉末状的黄土,投完黄土后向环状间隙倒入 0.5 m^3 清水,将黄土软化后向环状间隙打入密度为 1.75 kg/m^3 水泥浆 3 m^3 ,不能打太多,水泥浆液凝固 2 d 后人工柔性井底固化制成。剩余固井工作利用商品混凝土罐车正常进行浇筑完成。

3 通风立眼钻孔取得的成果

(1)当钻遇采空区在 50 m 以浅时直接通过下套管的方法快速的对采空区进行封堵,没有必要尝试其它堵漏方法,浪费时间和材料。

(2)在使用空气潜孔锤钻遇含水地层时,当地层涌水量不大时可以向孔内灌注发泡剂、洗衣粉等能产生大量泡沫的方法来携带孔底的岩粉,必须保证供风量能够达到施工需要,同时要严格控制进尺,以免造成埋钻事故。

(3)反井钻机齿圈是个薄弱环节,通过联系厂家对齿圈薄弱位置进行了加固,通过计算与现场试验

推导出压力表 1 MPa 相当于 115 kN 左右拉力。

(4)通过聘请专业焊接工进行焊接作业,使我单位的焊工学习到了新的方法和知识,这将提高我单位焊工下套管的作业水平。

(5)人工柔性井底的设计与制作,成功地完成了悬空固井难题。为我单位在悬空固井方面积累了经验,为同类钻孔的固井提供了借鉴依据。

4 结语

老石旦煤矿缓坡斜井通风立眼历时 128 d,圆满完成了施工任务。本次施工也是钻探技术综合应用的典范,从导向孔的无线随钻定向技术,到改用潜孔锤施工后的无磁单点测斜定向技术;从常规钻进技术到反井施工技术;从技术套管的下放及顺利起拔到大直径套管下放及悬空固井技术,特别是大直径套管人工柔性井底的制作,是本次施工的创新点和亮点。反井施工技术是沟通煤矿巷道与地面通道最经济、快速有效的手段,也是一种钻探新工艺,希望该项技术能在更广阔领域推广及应用。

参考文献:

- [1] 赵俊杰,杨宗泉.施工回风立眼解决采区延伸阶段矿井串联通风的应用研究[J].内蒙古煤炭经济,2015,(2):177.
- [2] 刘彦斌,尚青战,路瑞恒,等.钻孔通风技术在配电室通风中的应用[J].中州煤炭,2012,(6):73-74.
- [3] 范世兴,高明玉.通风立眼施工法[J].同煤科技,2001,(3):23.
- [4] 樊腊生,张伟,吴金生,等.汶川地震断裂带科学钻探项目 WFS-4 孔定向钻进技术应用[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2014,41(9):101-108.
- [5] 张涛.空气潜孔锤钻探施工工艺研究与应用[J].中国煤炭地质,2016,(10):58-62.
- [6] 郑勇军,胡晓斌,刘宏韬.长沙沟矿点水泥堵漏应用[J].西部探矿工程,2017,(10):80-81.
- [7] 李志有,刘帅.帷幕注浆和套管隔离法在穿越采空区瓦斯孔施工中的应用[J].中国煤炭地质,2016,(9):67-69.
- [8] 陈怡.空气潜孔锤钻进工艺在贵州岩溶地区供水成井施工中的应用[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2005,32(10):45-46.
- [9] 张文佑,庄东生,李大用.ADF-1 型泡沫剂[J].探矿工程,1988,(4):1-4.
- [10] 李永超,罗永贵.反井施工技术在处理钻孔穿越坑道中的应用[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2014,41(6):27-30.
- [11] 刘志强.大直径反井钻机及反井钻进技术[J].煤炭科学技术,2008,36(1):1-3.
- [12] 徐子平.反井钻机钻进方向偏斜控制技术研究[J].煤炭技术,2008,27(6):8-11.
- [13] 程守业.铁矿井下近 300m 深立井反井施工技术研究[J].中国矿业,2014,(7):96-99.
- [14] 刘波,马黎明.大口径钻孔下管固管工艺探讨[J].中国煤炭地质,2014,(6):69-70.
- [15] 赵锦辉.恶劣天气中焊接施工的措施[J].焊管,2004,(3):72-73.