

# 全液压车装钻机在集束式潜孔锤反井施工中的应用

冯起赠<sup>1</sup>, 秦如雷<sup>1</sup>, 许本冲<sup>1</sup>, 和国磊<sup>1</sup>, 赵建勃<sup>2</sup>

(1. 中国地质科学院勘探技术研究所, 河北 廊坊 065000; 2. 西安探矿机械厂, 陕西 西安 710089)

**摘要:**采用 SDC1500 型全液压钻机配套新型集束式反井气动锤施工工艺, 成功解决了传统的反井钻机效率低下的问题。结合内蒙古自治区准格尔煤田黄玉川煤矿大直径排水井工程, 对该施工工艺方法进行了总结。

**关键词:**反井施工; 反井钻机; 全液压车装钻机; 集束式潜孔锤

**中图分类号:** P634.3<sup>+</sup>1 **文献标识码:** B **文章编号:** 1672-7428(2014)06-0023-04

**Application of All Hydraulic Truck-mounted Drilling Rig in Cluster DTH Inverse Well Construction/FENG Qi-zeng<sup>1</sup>, QIN Ru-lei<sup>1</sup>, XU Ben-chong<sup>1</sup>, HE Guo-lei<sup>1</sup>, ZHAO Jian-bo<sup>2</sup>** (1. The Institute of Exploration Techniques, CAGS, Langfang Hebei 065000, China; 2. Xi'an Exploring Machinery Factory, Xi'an Shaanxi 710089, China)

**Abstract:** Almost all the drilling contractors accomplish inverse well construction with mechanical raise boring machine, but it usually works inefficiently. Engineers in CNIET have developed a fast and safe process to drill inverse wells by adopting SDC1500 all hydraulic truck-mounted rig matched with new cluster inverse well pneumatic DTH to solve the inefficiency. This construction process is summed up with the case of large diameter drainage well in a coal mine of Inner Mongolia.

**Key words:** inverse well construction; raise boring machine; all hydraulic truck-mounted rig; cluster DTH

在煤田矿山等场所常常需要施工通风井、物资输送井或救援井等非常规通道。在地下巷道之间的竖直或倾斜联络通道、煤仓、暗井等工程, 由于无法像地面施工井筒那样布置钻机、钻塔等大量设备, 一般要采用反井施工法, 即钻机反打的方法成孔。

## 1 反井施工工艺简介

### 1.1 常规反井施工工艺

目前煤田矿山领域施工通风井、物资井等通道时, 基本均采用反井专用钻机钻进。只有少数情况下, 如矿山救援, 才会应用全液压动力头式钻机进行快速钻进。

常规反井专用钻机采用电机带动液压马达, 液压马达驱动水龙头, 并利用液压动力将扭矩传递给钻具系统, 带动钻杆及钻头旋转, 导孔钻头或扩孔钻头上的滚刀在钻压的作用下, 沿井底岩石工作面进行切削碎岩。反井钻机一般采用泥浆正循环工艺, 进行反扩钻进时应用滚刀式扩孔钻头。反井钻机中应用较广泛的是中煤科工集团西安研究院设计的 LM 系列钻机。

常规反井施工法如图 1 所示<sup>[1]</sup>; 滚刀扩孔钻头见图 2。

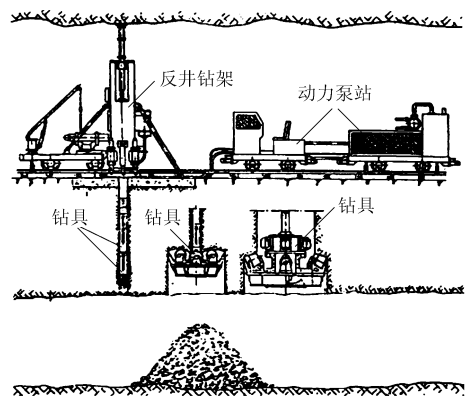


图 1 反井施工示意图



图 2 各种反井扩孔钻头

反井施工的一般工艺流程为<sup>[2]</sup>:

- (1) 前期进场准备, 包括专用供电线缆铺设、钻机基础浇筑等;

收稿日期: 2013-11-30; 修回日期: 2013-12-16

基金项目: 中国地质调查局地质大调查项目“1500 m 车装全液压水井钻机研制(1212011120231)”

作者简介: 冯起赠(1971-), 男(汉族), 吉林珲春人, 中国地质科学院勘探技术研究所地质钻探室副主任、教授级高级工程师, 机械设计及制造专业, 从事科研开发与管理工作, 河北省廊坊市金光道 77 号, fengqizeng@126.com。

(2)应用反井专用钻机进行导孔施工,导孔孔径根据终孔要求确定;

(3)根据终孔直径要求确定扩孔次数,选用合适钻具;

(4)在巷道内换上反井专用的滚刀钻头;

(5)回拖扩孔;

(6)井筒施工完成,钻机撤场。

常规的反井施工方法较为简单,所用钻机钻具均经过了多年的实践检验,安全性好。但是有一个问题较为突出,即钻进效率低下,施工成本高。一般施工单位应用常规反井钻机施工 300 m 直径为 700 mm 的煤矿通风井工期大约为 30 天,其中钻机专用基础施工、泥浆池施工以及专用供电线路前期铺设与后期拆除占用了工期的 1/2。而且反井专用钻机钻进工艺单一,一般只能使用泥浆正循环工艺,钻进效率较低,安全与高效无法兼得。

## 1.2 集束式潜孔锤反井工艺

集束式潜孔锤反井工艺是将普通潜孔锤反向安装,并通过一定的配气机构对潜孔锤供气,使单个锤体之间工作互不影响,而组合起来的一种反式施工钻头,一般结构见图 3<sup>[3]</sup>。集束式潜孔锤反井施工与常规反井施工基本相同,主要区别在于集束式

潜孔锤施工钻进速度快、可一次反扩成孔,不需冷却水等。集束潜孔锤工作时,锤体中气流流向见图 3。

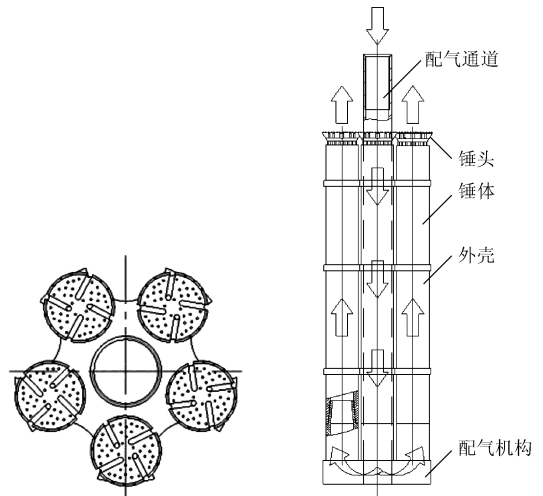


图3 反井专用集束式潜孔锤

集束式潜孔锤反井工艺与常规反井施工工艺以及常规大直径潜孔锤钻进工艺有着很大区别,因而对钻机的要求也不相同,在施工中要根据具体条件选择合适的钻机,这样才能把各种工艺的优势发挥出来。根据相关文献和集束式潜孔锤反井施工经验,将这 3 种工艺对钻进参数的具体要求罗列于表 1<sup>[4-6]</sup>。

表 1 钻进参数对比

钻进工艺	钻压 /kN	转速 /(r·min <sup>-1</sup> )	扭矩 /(kN·m)	气压 /bar	气量/(m <sup>3</sup> · min <sup>-1</sup> )	时效 /m	排渣方式	施工工序
常规反井	300~600	10~30	30	无	无	1	自重掉渣	先导孔后多次反打扩孔
集束式潜孔锤反井	20~40	4~15	0.8~12	0.5~12	51	10	自重掉渣	先导孔后一次反打成孔
常规大直径潜孔锤	35~40	4~5[嵌岩]	20	0.5~0.8	20	2.8	泵吸反循环或气举 反循环[湿式]	一次成孔

注:按照锤头直径为 800 mm,钻遇地层为强风化地层统计。

## 2 SDC1500 型全液压车装钻机的主要特点

SDC1500 型全液压钻机是我所研制的主要用于大口径水井、煤层气抽采井、浅层油气井、矿山救援井等钻井施工的车载钻机。可采用泥浆钻进、空气钻进、气举反循环钻进、跟管钻进等钻进工艺,针对不同地层采用不同钻进工艺达到快速钻进的目的。该钻机转速 0~130 r/min 无级可调,扭矩 0~16 kN·m 无级可调,提升速度 0~0.6 m/s 无级可调,提升力 0~600 kN 无级可调,非常适用于全新工艺探索类的工程施工。该钻机配备空气管路、泥浆管路和泡沫管路,管路之间可通过三通阀门切换,在工作中方便不同钻进工艺的转换。设置有辅助液压动力钳、液压卸扣钳、气动卡瓦、传扭提引器等辅助工具,方便提下各种钻具,可做到最快单根钻具提下时间

1 min,平均 1.3 min 左右。钻机外形见图 4。



图4 SDC1500 型全液压车装钻机

钻机主要参数为:提升力 0~700 kN;扭矩 0~16000 N·m;提升速度 0~0.6 m/s;转速 0~130 r/min;动力头行程 14 m;最大钻孔直径 711 mm。

## 3 全液压车装钻机配套集束式潜孔锤反井施工工艺

### 3.1 工程概述

在陕西煤田地质局139队承接的位于内蒙古自治区准格尔煤田西南部黄玉川煤矿大直径排水井工程中,该队技术人员大胆创新,提出了一种应用“全液压多功能钻机配套反井专用集束式潜孔锤”的新型反井施工工艺。

该工艺设计施工顺序为:首先应用刮刀钻头开孔,在孔口下入孔口套管导正,之后应用气动潜孔锤打先导孔,最后应用集束式气动潜孔锤反打扩孔,钻孔施工完毕进行孔内清渣及支护。

该工艺具有以下优势:

(1)钻进均采用空气冲击回转钻进,施工效率较泥浆正循环工艺能够提高40%以上;

(2)车装全液压钻机无需铺设基础、集束潜孔锤冲击功率高,可以一次反扩成孔;

(3)车装全液压钻机可配套9.7 m长钻杆,可减少施工辅助时间,提高纯钻效率;

(4)施工过程全程在井上地面完成,操作安全、作业环境好。

### 3.2 配备设备

施工气源由2台寿力900XH型空压机提供。该空压机公称容积流量 $25.5\text{ m}^3/\text{min}$ ,额定排气压力 $2.41\text{ MPa}$ ,额定功率 $280\text{ kW}$ 。

现场配备了8 in气动潜孔锤、 $\text{Ø}216\text{ mm}$ 锤头、 $\text{Ø}700\text{ mm}$ 反井专用集束式潜孔锤、 $\text{Ø}216\text{ mm}$ 扶正器、 $\text{Ø}127\text{ mm}$ 石油钻杆、 $\text{Ø}178\text{ mm}$ 钻铤等钻具。

由于采用空气冲击回转钻进工艺,本次反井施工没有开挖泥浆池等辅助设施。其中 $\text{Ø}700\text{ mm}$ 反井专用集束式潜孔锤是为配合反井施工最新研制,首次应用于现场施工。集束式潜孔锤分2种,一种由3个8 in气动潜孔锤组成,另一种由5个8 in气动潜孔锤组成,冲击功最大可达 $500\text{ J}$ 。

### 3.3 施工情况

本反井项目所在地为黄玉川煤矿主井东侧 $100\text{ m}$ 处,地质构造简单,设计钻遇地层较为软弱。本井设计终孔直径 $700\text{ mm}$ ,终孔深度 $340\text{ m}$ ,预计工期35天,主要用于临时通风、排水和紧急情况下的快速救援通道。

SDC1500型车装钻机进场前无需铺装基础,无需开挖泥浆池。钻机进场后进行了3天的钻具配合试验和操作培训。于2013年8月9日正式开工钻进先导孔,8月20日更换集束式潜孔锤开始进行反井施工,集束式潜孔锤于8月22日凌晨2点出地面,标志着本次反井工程顺利完工。本次施工共用时13天,较预计工期提高60%(节约22天)以上。

图5、图6为施工现场。



图5 钻机进场就位



图6 集束锤扩孔结束

由于初次应用全液压多功能钻机配套反井专用集束式潜孔锤组合形式,施工初期无法确定合理的钻进参数,因此在施工中不断地进行摸索。反井扩孔时根据锤体、空压机和钻机不同的参数,设置了几组不同的试验参数,以选择最佳钻进参数组合。在选取空压机参数时,首选了低压供气以保证不引起锤体共振和破坏巷道内工作环境。不同试验组别钻进参数及应用效果见表2。

根据选取的几组试验数据以及现场试验情况,确定了应用5头式集束锤,单台空压机工作状态选定为 $25.5\text{ m}^3@0.85\text{ MPa}$ (此处为单台空压机的参数,实际施工是2台空压机,所用参数即为表2中的第五组数据),钻机提升力略大于 $G+2\text{ t}$ 的钻进工艺( $G$ 为钻具总重,本次施工钻具长 $340\text{ m}$ ,采用 $\text{Ø}127\text{ mm}$ 石油钻杆,单根长约 $9\text{ m}$ ,单根质量 $0.3\text{ t}$ ;集束锤质量 $2\text{ t}$ ,钻具总质量 $13\text{ t}$ ),此时潜孔锤引起钻机的共振较小,同时钻进效率较高。

## 4 施工效果及结论

(1)钻机满足精确控制的要求(转速精确控制,无级可调与地层和钻机参数匹配;提升力精确可控,无级可调与地层和钻机参数匹配;提升速度精确

表2 钻进参数试验统计

试验组别	风压 /MPa	风量/( $\text{m}^3 \cdot \text{min}^{-1}$ )	集束锤组成 / (头 $\times$ mm)	提升力 /kN	钻机转速 /( $\text{r} \cdot \text{min}^{-1}$ )	钻机扭矩 /( $\text{N} \cdot \text{m}$ )	钻速 /( $\text{m} \cdot \text{h}^{-1}$ )	现场情况
1	0.71	25.5	3 $\times$ 245	140	20 ~ 30	8000	2	钻速慢
2	0.71	25.5	3 $\times$ 245	200	0	16000	0	无进尺,憋锤
3	0.71	25.5	3 $\times$ 245	150	20	8000	5	钻速慢
4	0.85	51	3 $\times$ 245	150	20	8000	7	钻速提升
5	0.85	51	5 $\times$ 245	150	20	8000	10	钻速提升明显,钻进平稳
6	0.85	51	5 $\times$ 245	150	40	16000	12	设备振动明显

可控,无级可调与地层和钻机参数匹配)。

(2)钻机设有可调缓冲机构,防止大功率冲击对钻机的损坏,试验证明采用高压氮气缓冲机构用效果很好,满足大冲击功潜孔锤施工要求。

(3)先导孔施工注意控制钻进速度,以 10 ~ 20 m/h 为好,严防快打造成井斜。

(4)液压钻机配套集束潜孔锤反井工艺是新工艺,在钻具结构、钻具配套上有进一步的探索空间。

(5)潜孔锤反井工艺可用于多层巷道孔施工,避免工人的井下劳作。

## 参考文献:

- [1] 刘俊英,刘志强.反井钻机及反井钻井技术发展[J].水利科技与经济,2005,11(10):639-640.
- [2] 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(11):1-3.
- [3] Kourt H,胡国强.集束式潜孔锤结构[J].探矿工程译丛,1993,(1):42-44.
- [4] 蒋荣庆,殷琨.FGC-15型大直径单头潜孔锤钻具系统研制[J].探矿工程,1995,(5):17-19.
- [5] 洪钟.潜孔锤组反井钻凿工艺探讨[J].矿山机械,1998,(3):16-17.
- [6] 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):40-44.
- [7] 殷其雷,博坤,李忠.贯通式潜孔锤反循环钻进技术在复杂地层中的应用[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2008,35(5):9-12.

(上接第22页)

## 4 钻探技术效果

该项目施工主孔1个,分支孔2个(见图4),均在各自方向上穿过目标靶点,证实了该区域角砾岩筒形态不规则,产状较复杂,金赋存于角砾岩筒次级构造和围岩中矿化蚀变较强部位。该项目从工艺、地质效果、目的等方面都满足了设计要求,达到了预期的效果。

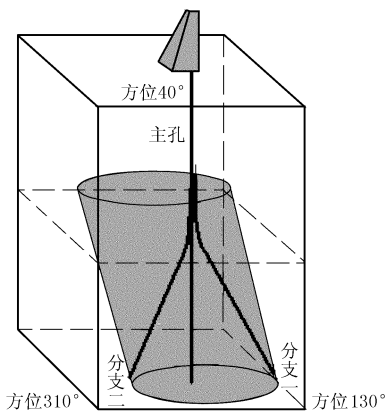


图4 钻孔轨迹示意图

## 5 结语

实践证明, $\varnothing 60$  mm 螺杆钻器具在小口径固体矿产勘查中与相关机具(XY-44型钻机、BW320型泥浆泵、S59和S75钻具等)配套使用,进行定向钻进技术是可行的。特别是在岩石可钻性级别 $< 6$ 级的造斜区域中,螺杆钻定向侧孔的效果较好,能够有效达到造斜目的和多方位控制矿体的效果。

## 参考文献:

- [1] 黄才启,刘良根.深部矿产勘探与受控定向钻进技术方法思考[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2009,36(S1):122-124.
- [2] 王建伟,胡海鹏,索晓晶.金厂矿区复杂地层钻探施工技术与认识[J].地球,2013,(7):153-154.
- [3] 李平.广西栗木锡矿区深孔钻进工艺研究[J].矿产与地质,2009,23(4):384-387.
- [4] 赵广伟,段晓君,尹西君.金厂矿区钻探复杂地层综合治理探讨[J].中国西部科技,2010,09(32):12-12.
- [5] 向军文.定向钻进技术及其应用[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2007,34(9):28-32,36.