

反井钻井法在峻德煤矿主井延伸中的应用

马灵姬*, 徐广龙

北京中煤矿山工程有限公司, 北京
Email: 94675112@qq.com

收稿日期: 2021年2月26日; 录用日期: 2021年3月24日; 发布日期: 2021年3月31日

摘要

北京中煤矿山工程有限公司针对峻德煤矿的特点, 在主井井筒延伸工程中, 使用大直径深井(竖井或斜井)系列反井钻机, 采用反井钻井法钻凿煤系地层的施工工艺。该项技术的实施, 为今后在煤矿井下施工反井提供了可借鉴的实践经验。

关键词

煤矿主井, 反井钻井法, 施工工艺

Application of Raise Boring Machine in the Main Shaft Extended Well of the JUNDE Coal

Lingji Ma*, Guanglong Xu

Beijing China Coal Mine Construction Engineering Company Ltd., Beijing
Email: 94675112@qq.com

Received: Feb. 26th, 2021; accepted: Mar. 24th, 2021; published: Mar. 31st, 2021

Abstract

According to the characteristics of JUNDE coal mines, large diameter and deep shaft series of raise boring machine to drilling the coal strata in the project of the main shaft extended, have been used by Beijing China Coal Mine Construction Engineering Company Ltd. The construction process of this technology provides practical experience for using of the raise boring machine underground mines.

*第一作者。

Keywords

Main Shaft, Raise Boring, Construction Process

Copyright © 2021 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

普通竖井钻井法早在 1896 年开始应用, 而反井钻井法出现较晚, 直到 20 世纪 60 年代, 采矿工作者将潜孔式钻机和平巷掘进机的原理应用于反井掘进中, 才有了反井钻机的雏形。1960 年德国采用类似吊罐法的施工装备, 用于施工反井。尽管这种无钻杆反井钻机操作控制困难, 适应地质条件的能力差, 使用起来问题较多, 但它毕竟开辟了机械施工反井的新途径。1962 年, 美国罗宾斯公司研制出第一台有钻杆反井钻机, 从而使反井钻井施工技术在矿业开发中得以应用。而后在不断改进的基础上, 德国、芬兰、日本、前苏联等国的矿山纷纷推广应用, 相继研制出多种类型反井钻机, 并在南非创造出深度达数 km, 直径达 6 m 的最高纪录[1]。

20 世纪 80 年代以后, 我国研究出反井钻井机, 可以从地面向下打井, 也可以在井下各水平层之间打暗井, 而且后者居多, 即可以打直井也可以打斜井。反井钻井法是从下水平巷道或硐室向上掘进一个小断面导井与上水平贯通, 解决了通风、排水、排矸等问题后, 再从下向上刷大到所需直径的施工竖井工艺和技术。利用反井钻机施工反井是机械化的反井钻凿方法, 比吊罐反井法效率高、用人少、成本低又安全, 所以反井钻井出现以后得到迅速的推广应用, 钻井施工技术水平的提高对煤矿建设乃至矿山工程建设的发展有着重要意义, 并取得了良好的经济效益[2] [3] [4] [5] [6]。

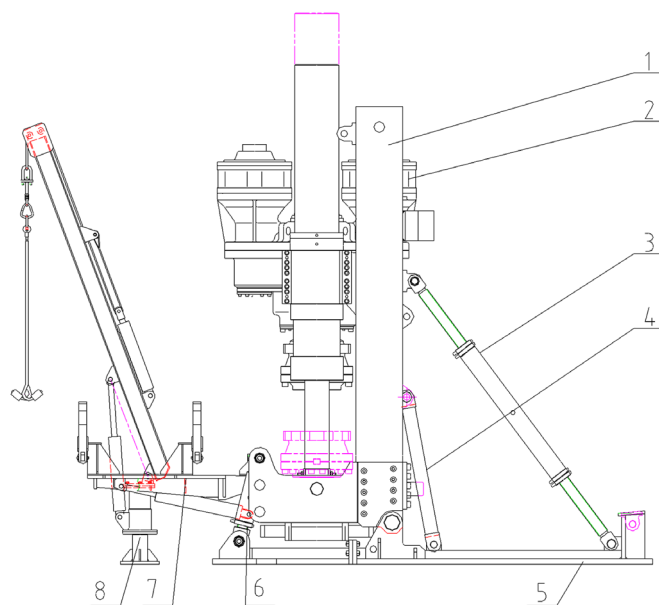
2. 工程概况

峻德煤矿位于黑龙江省鹤岗市峻德区, 是黑龙江省龙煤集团鹤岗分公司的骨干企业, 也是龙煤集团三个安全高效矿井示范工程之一。该矿主井煤系地层下部有花岗岩, 地质构造稳定, 并且该矿井的主井工程已经率先施工完毕, 但是还需开凿导井。由于导井施工受到井下巷道空间限制, 难以像地面凿井那样布置大量的稳绞设备, 所以无法采用由上向下的普通法凿井施工。主井施工的完成为反井法施工提供了良好的下部巷道条件, 因此该矿主井延伸井筒的导井设计采用优化后的 BMC400 型反井钻机施工。

峻德煤矿主井延伸井筒的导井直径为 1.6 m, 深度达到了 206 m。施工过程中, 如果仍采用传统的反井钻机, 其主机需要先进行拆解之后才能运至井下, 在井下组装完成后方可开展施工工作, 这无疑大大增加了施工难度, 从而造成人力和物力的极大消耗[7]。此次峻德煤矿主井井筒延伸工程使用的是经过改良的 BMC400 型反井钻机, 改良后的钻杆长度相比原钻杆缩短了 400 mm, 均为 1000 mm。与此同时钻机的最大工作高度也降低了 800 mm, 使得施工巷道不再进行挑顶作业。

3. 施工设备

峻德煤矿采用北京中煤矿山工程有限公司研制的新型反井钻井设备 BMC400 型反井钻机(图 1), 其主要技术参数见表 1。



1-钻架; 2-动力水龙头; 3-后拉杆; 4-起架拉杆; 5-底座; 6-前支撑; 7-钻杆输送装置; 8-转盘吊

Figure 1. Main engine of BMC400 raise drilling rig

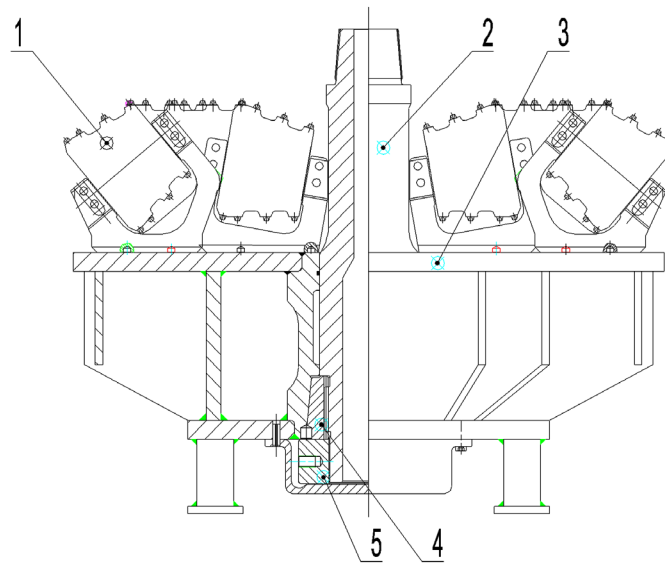
图 1. BMC400 型反井钻机主机

Table 1. Main technical parameters of BMC400 raise drilling rig

表 1. BMC400 型反井钻机主要技术参数

项目	技术参数	单位	指标
基本参数	导孔直径	mm	270
	扩孔直径	m	1.4~2.0
	钻井深度	m	400~300
	钻井角度	°	60~90
	适用岩石强度	MPa	100~150
导孔钻进	出轴转速	rpm	0~22
	推力	kN	1650
	额定扭矩	kN·m	56
扩孔钻进	出轴转速	rpm	2~10
	额定拉力	kN	2450
	额定扭矩	kN·m	80
	最大扭矩	kN·m	100
其他	主机机重	kg	12,000
	钻机功率	kW	129.6

BMC400 型反井钻机由主机、主泵站、油箱副泵站、操作台和钻具五个部分组成, 每台钻机都配有辅助设备。钻机的钻具包括导孔钻头、稳定钻杆、普通钻杆和扩孔钻头。导孔钻头为直径 270 mm 的三牙轮钻头, 稳定钻杆直径为 267 mm, 普通钻杆直径为 228 mm, 扩孔钻头直径 1.6 m, 图 2 为该扩孔钻头的整体结构图。



1-滚刀; 2-中心管; 3-1.6m 钻头体; 4-锥套; 5-锁紧螺母

Figure 2. Reaming drill with a diameter of 1.6 m
图 2. 直径 1.6 m 扩孔钻头

4. 施工工艺

4.1. 钻机的安装和调试

由于扩孔钻头的直径相对较大, 所以钻机主机要固定在基础钢梁上, 从而施工前必须要加固基础钢梁, 否则扩孔透孔时钻机将会掉落至井底。加固过程为在基础预留孔上用地脚螺栓将钢梁浇筑牢固, 等到初凝后再利用钻机本身的主推缸把主机竖起来。主泵站、油箱副泵站、控制台、防爆开关等必须要安放在对应的位置上, 确认无误后连接油管, 接着通电、通水, 这一系列操作完成后才可以点动试车, 进行钻机的调试工作。钻机的调试首先要对油泵的转向进行调试, 检测无误后方可开动油泵试车。钻机的调试内容包括: ① 各泵输出压力的调节是否灵活可靠, 是否存在异常响动, 操作各油缸完成相应动作时, 是否会出现爬行现象; ② 转动马达, 输出转速和压力是否稳定, 有无异常等; ③ 正式开钻前需确认所有液压管路没有漏油现象以及各控制线缆的连接是否可靠等。

4.2. 反井钻井工艺

首先选用三牙轮钻头由上至下钻凿出直径 270 mm 的导孔, 之后再用高压洗井液(泥浆或清水)将钻凿后导孔中残留的岩屑冲洗出来。当导孔透孔并与下部巷道贯通后, 将位于下部巷道的导孔钻头卸下, 然后接上事先已运至井下的直径 1.6 m 的扩孔钻头, 使用该扩孔钻头由下至上一次扩孔成井, 操作过程中破碎的岩屑依靠自重落入下部巷道后, 再由运输设备运出。以上反向扩孔操作结束后, 可利用短轨道把扩孔钻头固定, 然后拆除钻机, 最后用手拉葫芦把钢梁和扩孔钻头分别吊离井口, 到此即完成反井钻井的施工。如图 3 所示为 BMC400 型反井钻机钻井工艺。

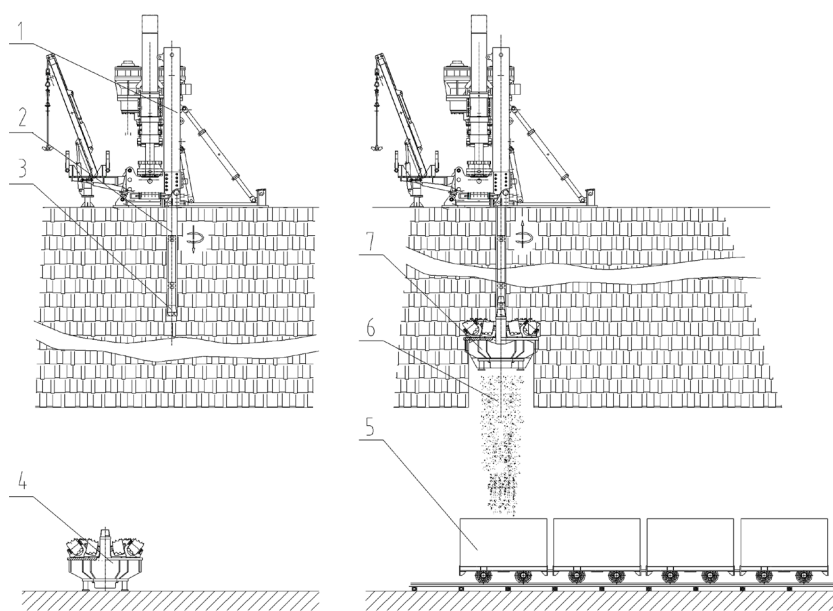
1) 导孔钻进

反井钻机钻进导孔垂直度的控制主要靠钻进过程中的恒压调节[8]。一般情况下, 对于松软地层和过渡地层应采用低钻压, 对于硬岩和稳定地层宜采用高钻压。操作人员应根据不同的岩层调节相应的钻压和转速, 保持钻压和转速的稳定, 否则将影响导孔的质量。另外需时刻注意返碴的情况。如遇到地层结构变化大或不稳定地层(即大裂隙或溶洞等), 一旦出现不返碴的情况, 应立即进行处理。当钻机钻进导

孔时, 如发现钻具旋转困难, 有可能是遇到了裂隙或岩层塌落, 此时应将钻具一边旋转一边提拉高度, 之后再慢速向下扫孔。若经反复扫孔仍无改善时, 一定要提钻后再查明原因, 并进行后续处理。在导孔钻至余 2~3 米即将透孔时, 操作人员应缓缓降低钻压, 并通知下部巷道人员进行警戒, 以防发生事故[9]。

2) 扩孔钻进

在峻德煤矿井下, BMC400 型反井钻机钻凿的主井延伸井筒导井工程, 导井直径 1.6 m, 深度 206 m。由于井壁裸露面积较大, 如果围岩出现不稳定情况, 将会有塌井的风险。因此在扩孔钻进前必须掌握围岩的岩性条件, 判断施工地点是否适合钻凿直径 1.6 m 的竖井。扩孔钻进结束后把扩孔钻头用短轨道锁在井口, 接着拆除钻机和钢梁, 最后再通过井口把扩孔钻头吊离。



1-主机; 2-钻杆; 3-导孔钻头; 4-待接 $\Phi 1.6\text{m}$ 钻头; 5-井下出渣系统; 6-掉落的岩石; 7-扩孔状态 $\Phi 1.6\text{m}$ 扩孔钻头

Figure 3. BMC400 type raise boring machine drilling technology

图 3. BMC400 型反井钻机钻井工艺

5. 应用效果

峻德煤矿主井延伸井筒采用改良后的 BMC400 型反井钻机施工导井, 该项目已竣工, 历时 49 天。反井钻井技术统计见表 2。

Table 2. Technical statistics of main shaft extended anti-well drilling in JUNDE Coal Mine

表 2. 峻德煤矿主井延伸反井钻井施工技术统计

项目	指标
反井钻机型号	BMC400 型
地质条件	煤系地层、兼有花岗岩
导孔深度(m)	206
扩孔深度(m)	206
钻孔倾角($^{\circ}$)	90
导孔直径(mm)	270

Continued

扩孔直径(m)	1.6
导孔偏斜(mm)	200
导孔偏斜率(%)	0.097
导孔时间(d)	10
导孔纯钻进用时(d)	8.33
扩孔时间(d)	14
扩孔纯钻进用时(d)	10.8
导孔平均钻速(m/d)	20.6
实际导孔平均钻速(m/d)	24.7
扩孔平均钻速(m/d)	14.7
实际扩孔平均钻速(m/d)	19.07

工程应用表明, 采用反井钻井法, 选用改良后的 BMC400 型反井钻机施工主井延伸井筒的导井, 具有以下优缺点:

- 1) 钻井速度快。直径 1.6 m, 深度 206 m 的主井延伸井筒导井工程净钻进时间为 460 h, 体现了该型反井钻机快速施工反井的优越性;
- 2) 成井质量好。该型反井钻机钻井偏斜小, 深 206 m 导孔偏斜仅为 200 mm, 偏斜率小于 1‰;
- 3) 施工安全。采用 BMC400 型反井钻机施工竖井, 避免了传统方法对井筒围岩的扰动, 井壁更加稳定。缩短了施工人员在下部巷道的作业时间, 施工比较安全;
- 4) 井下运输困难。在井下通过上下坡路段和巷道狭窄处运输难度较大;
- 5) 组装和拆卸用时较长。

6. 结语

峻德煤矿采用改良后的 BMC400 型反井钻机成功完成了钻凿直径 1.6 m, 深度 206 m 的主井延伸井筒的导井工程。该案例说明, 反井钻井法在钻井速度、成井质量、安全施工和环境保护等方面较以前采用传统施工方法有明显的改善。反井钻井法的采用不仅取得了良好的经济效益, 还大大提升了施工的安全性。此外该案例也为其它矿山、水电、储气、交通等领域的地下工程建设提供了可借鉴的经验。

基金项目

天地科技股份有限公司科技创新创业资金重点项目(2018-TD-ZD003)。

参考文献

- [1] 吴三(毛). 反井钻井技术及其在铀矿通风工程中的应用[J]. 铀矿冶, 2010, 29(1): 1-4.
- [2] 赵延召, 陈见存, 罗炎炙, 陈义军, 夏志锋, 段忠何, 刘超. 反井钻井法在煤矿通风竖井施工中应用及技术研究[J]. 能源与环保, 2019, 41(9): 177-181+185.
- [3] 张永成, 基盛, 王占军, 等. 钻井施工手册[M]. 北京: 煤炭工业出版社, 2010.
- [4] 刘志强. 反井钻机技术装备及发展[J]. 煤炭科学技术, 2001, 29(4): 9-12.
- [5] 杜晓瑞, 李华泰. 钻井工具手册[M]. 北京: 中国石化出版社, 2014.
- [6] 张永成, 孙杰, 王安山. 钻井技术[M]. 北京: 煤炭工业出版社, 2008.

- [7] 赵海明, 李建奇. BMC400 型反井钻机在溜井施工中的应用[J]. 中国矿山工程, 2016, 45(5): 62-66.
- [8] 陈远坤, 刘志强. 反井钻机钻凿斜井偏斜控制技术[J]. 建井技术, 2006, 27(2): 34-36.
- [9] 徐广龙, 张秀英. 用大直径反井钻凿煤矿风井[J]. 建井技术, 2012, 33(5): 42-43+27.