

煤科总院实用技术

大直径反井钻机及反井钻进技术

刘志强

(北京中煤矿山工程有限公司, 北京 100013)

摘要: 为了满足煤矿快速建设采区风井需要, 大直径反井钻机研制和反井钻井施工技术需进一步发展。针对大直径反井钻机技术关键, 对大直径反井钻机技术参数、主机系统和钻具系统进行分析说明。介绍了国内大直径反井钻机开发研制情况, 并给出工程实例。

关键词: 反井钻机; 反井钻进; 风井; 大直径井

中图分类号: TD421 文献标志码: A 文章编号: 0253-2336(2008)11-0001-03

Large diameter raise boring machine and raise boring technology

LIU Zhi-qiang

(Beijing China Coal Mine Construction Engineering Company Ltd., Beijing 100013 China)

Abstract In order to meet the requirements of the rapid construction of the ventilation shaft in the mining blocks of the mine, the research and development of the large diameter raise boring machine and the raise boring construction technology shall be further developed. According to the key technology of the large diameter raise boring machine, the paper analyzed and introduced the technical parameters of the large diameters of the raise boring machine, main machine system and drilling tools system. The paper introduced the development and manufacturing of the raise boring machine in China with the project construction cases.

Key words raise boring machine; raise boring mine ventilation shaft; mine large diameter shaft

随着我国煤矿井工开采技术水平进步, 单一工作面的产量大幅提高, 局部通风量要求很大。但目前矿井多采用集中风井通风方式, 通风距离长, 风阻大, 风量损失严重, 成为安全生产隐患。建立独立通风井正成为煤矿井巷布置的新趋势, 快速建设采区风井成为需要解决的重要施工技术问题。井筒工程一般采用普通法凿井施工, 需要工作人员下到井筒内进行打眼、放炮、出渣、支护等作业, 安全条件差、工作环境艰苦、占用场地大。采区风井井筒工程下部巷道一般已施工到位, 可采用反井钻机快速施工。采用反井法施工井筒, 工作人员不再下井施工, 安全和工效可以大大提高。近几年大直径反井钻机和反井钻井技术取得一定进步, 初步具备反井钻机直接施工采区风井的能力。

1 大直径反井钻机技术

反井钻机施工工艺包括导孔钻进和扩孔钻进, 如图 1 所示。为达到工艺要求, 反井钻机系统组成应包括以下 8 个部分:

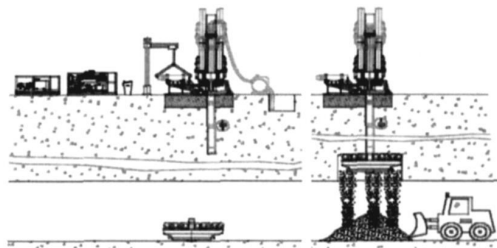


图 1 反井钻机施工井筒工艺示意

1) 主机系统。为钻具施加破碎岩石所需要的推力、拉力、扭矩, 并实现钻具的接卸。其推进导向部分分为油缸推进、链条推进、齿条推进框架导向、圆柱结构导向和矩形结构导向; 旋转驱动部分分为液压马达驱动(高速马达行星减速、低速马达普通减速)、变频电机驱动和直流电机。

2) 动力(驱动)系统。动力系统是高压液压油或电机提供钻机推进、旋转、辅助功能动力的系统。其结构形式为电机带动液压泵、柴油机带动液压泵、变频器供电给电机等。

3) 控制系统。是通过控制调节实现钻机功能参数和辅助作业的系统, 包括液压阀件控制、开关控制和计算机辅助控制。

4) 钻具系统。①钻杆, 分为整体结构、端头墩粗结构和焊接结构; ②导孔钻头, 分为三牙轮钻头和金刚石钻头; ③扩孔钻头, 分为球形、锥形、平面结构式, 整体结构式、组装结构式; ④破岩滚刀, 分为盘形滚刀、镶齿滚刀(锥形齿、球形齿、复合型齿); ⑤稳定钻杆, 分为螺旋形、直条形、扩孔器型。

5) 测斜、纠偏系统。用于测斜、纠偏钻具。其中, 测斜仪又分为陀螺测斜仪和照相测斜仪等。

6) 循环系统。用于导孔钻进排渣、冷却、护壁。组成为离心泵、潜水泵、泥浆泵和压气循环。

7) 冷却系统。用于冷却发热液压油或元件。系统包括主要通风机、外循环冷却水和内循环冷却液。

8) 排渣系统。用于扩孔排出岩屑, 需单独配备装岩设备和运输设备。

其中循环系统、冷却系统和排渣系统不需要在反井钻机设计时考虑。根据大直径反井钻机特点需要对如下技术问题进行研究。

1.1 技术参数

反井钻机技术设计参数主要由钻井直径、钻井深度、岩石硬度和强度来确定。钻机的基本参数有钻机推力、拉力、扭矩、输出转速等。其中, 钻机拉力 = (扩孔钻头重力 + 钻杆重力 + 钻压) × 能力系数; 扩孔钻头质量 = 钻头体质量 + (滚刀质量 + 刀座质量) × 滚刀数量; 钻杆质量 = 每米钻杆质量 × 钻孔深度; 滚刀数量由钻头直径确定, 每把滚刀破岩压力由岩石性质决定; 能力系数一般为 1.5~2。扭矩与钻压成正比、与扩孔钻头直径幂级数成正比; 转速与扩孔钻头直径成反比。由这些参数可以推导出钻机的其他技术参数, 如导孔直径、钻机功率、质量、循环液流量等。

1.2 主机系统

主机由动力头、推进油缸、机架、钻杆输送装置、底座、底框架等部分组成。动力头和钻杆连接, 传递破岩所需要的推力、拉力、扭矩和旋转速度; 推进油缸将力传递给动力头; 钻机架承受反扭矩、反推、拉力, 并传递给底座和底框架; 钻杆输送装置在钻进增加或减少钻杆时, 送入或送出钻

杆; 底座和底框架用于承受钻机重力和施工荷载以及扩孔钻头拆卸作业。

1.3 钻具系统

钻具包括导孔钻头、普通钻杆、开孔钻杆、稳定钻杆、异形接头钻杆和扩孔钻头, 其中导孔钻头多为三牙轮钻头。小直径反井钻机钻杆丝扣采用石油系统 API 标准, 大直径反井钻机钻杆采用小锥度大牙型的偏梯形丝扣, 减少疲劳断裂破坏。

大直径扩孔钻头为达到运行平稳、破岩效率高、寿命长, 需要考虑钻头结构形状、滚刀布置、滚刀类型; 需要考虑现场使用和运输情况; 需要限制扩孔钻头外形尺寸、最大件质量。直径超过 3 m 的扩孔钻头, 需要采用拼装结构, 以便在狭窄的井下巷道运输。直径为 5 m 的组装式大直径扩孔钻头如图 2 所示, 第一级扩孔直径 3.5 m, 可单独使用, 也可组装成直径 5 m 扩孔钻头, 一次完成直径 5 m 的风井施工。

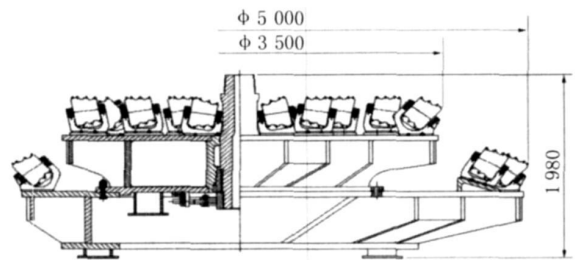


图 2 直径 5 m 的反井钻机扩孔钻头

2 大直径反井钻机国内研制状况

我国煤炭系统从 20 世纪 80 年代开始反井钻机研究, 90 年代从煤炭系统软岩地层到水电系统深井硬岩地层都得到进一步发展, 21 世纪, 根据煤炭风井和水电系统抽水蓄能电站深井、斜井开发需要, 开始研制大型反井钻机。煤炭科学研究总院建井研究分院在国家科技部 2000 年科研院所专项资金资助了“深井反井钻井技术及装备”项目, 完成了国内大型反井钻机 ZFY 2.0/400 (BMC400) 型的研制; 自筹资金完成 ZFY 1.4/300 (BMC300) 型反井钻机的研制; 2004 年国家科技部又资助了科研院所专项资金项目“反井钻机轨迹控制技术及装备的研究”; 2007 年开始国家科技部资助科研院所专项资金滚动开发计划, 将在 3 年内完成“大直径煤矿风井反井钻井技术及装备”项目, 即

完成 ZFY 5.0/600 (BMC600) 型大型反井钻机、配套钻具的研制, 钻井工艺和地层处理技术的研发。近几年随着钻机设备、破岩刀具钻井工艺进步, 反井钻井技术水平得到了很大的提高, 应用范围逐渐扩多, 不但应用井下暗井、煤仓、溜煤眼等浅孔, 主井、副井、风井等井筒工程建设中, 还应用在瓦斯抽放井、地层泄压孔的特殊钻孔工程中。大型反井钻机主要技术参数见表 1。

表 1 BMC 系列中的大型反井钻机

技术参数	BMC300	BMC400	BMC600
	(ZFY 1. 4 /300)	(ZFY 2. 0 /400)	(ZFY 5. 0 /600)
导孔直径 /mm	244	270	350~ 380
扩孔直径 /m	1. 4	2. 0	5. 0
钻孔深度 /m	300	400	600
钻杆直径 /mm	203	228	328
推力 /kN	550	1 650	1 300
拉力 /kN	1 250	2 450	6 000
扭矩 /(kN· m)	64	80	300
主机功率 /kW	128. 5	128. 5	264. 0
转速 /(r· min ⁻¹)	20~ 30	20~ 30	0~ 15
钻孔倾角 /(°)	60~ 90	60~ 90	60~ 90
工作尺寸 /m×m×m	3. 53×	4. 85×	—
	1. 75×3. 48	1. 90×5. 25	—
运输尺寸 /m×m×m	3. 0×	3. 5×	—
	1. 4×1. 7	1. 4×1. 75	—
主机质量 /t	8. 7	12. 5	25

3 工程实例

山西晋城矿业集团寺河煤矿为改善通风条件, 在小东山位置新建通风竖井 2 条, 1 号竖井直径 2. 5 m, 井深 267 m; 2 号竖井直径 3. 5 m, 井深 269 m。2 条竖井均采用反井钻机施工, 首先使用 IM-200 型反井钻机施工直径 216 mm 的先导孔, 完成后, 拆除 200 型反井钻机, 并安装 BMC400 型反井钻机 (图 3), 先将 216 mm 先导孔扩大至 270



图 3 晋城寺河煤矿小东山风井反井钻井施工现场

mm, 在下水平安装扩孔钻头 (1 号直径 2. 5 m, 2 号直径 3. 5 m), 扩孔钻进至上水平成井。施工进度统计见表 2。

表 2 小东山新建通风井施工进度统计

统计参数	通风竖井	
	1 号	2 号
直径 216 mm 导孔钻时间 /d	20	17
导孔平均日进尺 /m	13. 35	15. 82
导孔纯钻进时间 /h	309. 20	284. 23
导孔纯钻进速度 /(m· h ⁻¹)	0. 86	0. 95
导孔从 216 mm 扩大到直径 270 mm 时间 /d	3	2
直径 2. 5 m 扩孔时间 /d	23. 5	41
扩孔平均日进尺 /m	11. 36	6. 56
纯扩孔时间 /h	229. 30	579. 17
纯扩孔速度 /(m· h ⁻¹)	1. 16	0. 46
总施工时间 /d	46. 5	60
综合成井速度 /(m· 月 ⁻¹)	176. 26	134. 50

注: 小东山 1 号通风竖井直径 216 mm 孔钻时间为 2006-08-14-09-02, 导孔从 216 mm 扩大到直径 270 mm 时间为 2006-09-23-10-16, 小东山 2 号通风竖井直径 216 mm 孔钻时间为 2006-09-11-09-28, 导孔从 216 mm 扩大到直径 270 mm 时间为 2006-12-9-2007-01-19。

4 结 语

大型反井钻机研制和反井钻井施工技术得到广泛推广, 对煤矿井筒建设, 特别是煤矿采区风井建设和改扩建工程有重要意义。随着反井钻孔精度提高, 结合地层条件和工程状况, 采用地层加固施工等工艺, 反井钻机一次钻进成井, 将是井筒施工技术的突破和发展方向。近几年一些大直径反井钻井工程, 对反井钻机技术发展和推广起到导向作用。

参考文献:

[1] 刘志强. 水电工程应用反井钻井技术的新进展 [J]. 水力发电, 2004 (11).
[2] 刘志强, 王 强. 强力反井钻机的研制及应用 [J]. 煤炭科学技术, 2005 (4).

作者简介: 刘志强 (1962-), 男, 河北徐水人, 研究员, 煤炭科学研究总院建井研究分院副院长, 北京中煤矿山工程有限公司副总经理, 从事钻井法凿井技术和反井钻井施工技术研究。Tel 010- 84263105 E-mail liuzhiqiang@ vip. sohu. com

收稿日期: 2008-06-28 责任编辑: 张 扬