

BMC 300 型反井钻机的研制及应用

李志¹, 李俊生², 王强¹

(1. 煤炭科学研究总院 建井研究分院, 北京 100013; 2. 云南省地质工程勘察总公司, 云南 昆明 650051)

摘要: 针对国内现有的反井钻机施工能力大都在深度 200 m 以内, 而施工深度 200 m 以上井筒的机型体积较大、质量较大, 不适合在相对狭窄、低矮的巷道中应用的现状, 研制出用于钻凿 300 m 以内井筒, 便于巷道内施工的 BMC 300 型反井钻机。介绍了该反井钻机的适用条件、技术参数和应用特点。该反井钻机在工程实践中, 应用效果良好。

关键词: 深井; 硬岩; 反井钻机; BMC 300

中图分类号: TD421.3 文献标志码: A 文章编号: 0253-2336(2009)09-0097-03

Development and Application of BMC 300 Raise Boring Machine

LI Zhi¹, LI Jun-sheng², WANG Qiang¹

(1. Branch of Mine Construction, China Coal Research Institute Beijing 100013, China;

2. Yunnan Provincial Geological Engineering and Survey Company, Kunming 650051, China)

Abstract Based on the construction capacity of the domestic available raise boring machine was within the depth of 200 m, the machine volume was large, the big quantity was not suitable applied in the narrow and low mine roadway for the depth above 200 m, a BMC 300 raise boring machine was developed to bore a mine shaft within a depth of 300 m and suitable for construction in the mine roadway. The paper introduced the suitability conditions, technical parameters and application features of the raise boring machine. The good benefits were obtained from the application of the raise boring machine in the project practices.

Key words deep mine shaft; hard rock; raise boring machine; BMC 300

反井钻机从 20 世纪 80 年代大量应用于工程建设以来, 在煤矿、水电、交通、旅游等地下工程建设中发挥了重要作用。近几年, 随着我国煤炭、水电建设的迅速发展, 煤仓、暗井、地下厂房式电站和蓄能电站的建设项目越来越多, 同时也出现了反井钻井工程的一些新技术难题, 不仅在软岩地层条件下施工深度 300 m 左右, 直径 1.4 m 左右的立井和长度 200 m 左右的斜井; 而且需要施工硬岩地层条件下的压力管道、调压井、通风井导井等^[1]。鉴于国外反井钻机造价及维护费用高于国内同类机型 3~7 倍, 而国内厂家的机型能力又偏小, 相继完成 BMC 200、300、400 型 3 种反井钻机的研制和试验工作。其中 BMC 300 型反井钻机具有拉力大、扭矩大、结构紧凑的特点, 可在空间有限的巷道中施工较深、较大直径的井筒。

1 BMC 300 型反井钻机适用条件

BMC 300 型反井钻机适用于地下采矿工程(煤矿、金属、非金属矿山、石料开采等)、地下

建筑工程(水库、水电站、蓄能电站、人防工程等)领域^[2], 中硬及硬岩石地层, 岩石抗压强度 120~300 MPa, 钻进深度 300 m、直径 1.4 m 的竖井、斜井; 或在煤矿软岩条件下, 岩石抗压强度小于 120 MPa, 钻进深度 250~300 m, 直径 1.40~1.52 m 的竖井。BMC 300 型反井钻机可拆卸最大部件尺寸为 2 885 mm × 1 418 mm × 900 mm, 可拆卸最重部件质量为 2 824 kg, 可满足上述工程井巷中的工作及运输条件。

2 BMC 300 型反井钻机技术参数设计

反井钻机技术参数应根据钻机适用的条件确定。^① 扩孔扭矩: 扩孔扭矩的大小与钻头直径、刀齿破岩阻力等有密切关系, 根据经验公式计算, 取额定扭矩 $M_0 = 64 \text{ kN} \cdot \text{m}$ 。^④ 钻杆参数: 根据扩孔扭矩大小, 确定钻杆外径 203 mm、内径 80 mm 和 130 mm 变径, 满足 API 标准公扣和母扣强度要求。钻杆的有效长度为 1.0 m, 钻杆平均单位长度质量约为 162 kg/m。^④ 1.4 m 扩孔钻头的质量约

为 2 370 kg, $\frac{1}{4}$ 动力水龙头及主液压缸质量为 3 250 kg, $\frac{1}{2}$ 扩孔拉力: 由滚刀破岩所需拉力、扩孔钻头重力、钻杆重力、动力水龙头及主液压缸重力等组成, 经计算总重力为 1 191.36 kN, 考虑各处的摩擦阻力及其他因素, 取额定拉力 $F = 1\ 250$ kN。BMC 300型反井钻机主要技术参数如下:

导孔直径 /mm	241
扩孔直径 /mm	1 400
钻孔深度 /m	300
钻孔倾角 / (°)	50~ 90
额定转速 / ($r \cdot \text{min}^{-1}$)	0~ 20
额定推力 /kN	550
额定拉力 /kN	1 250
额定扭矩 / ($\text{kN} \cdot \text{m}$)	64

3 BMC 300型反井钻机动力形式

反井钻机主动力由拉力及扭矩 2部分组成。拉力由 2组缸径 200 mm的油缸并行提供, 在 30 MPa压降下, 提供的理论最大拉力 $F_{\text{max}} = 2PS = 1\ 884$ kN $> F$, 钻机拉力输出满足要求, 其中 P 为油缸压力; S 为油缸截面积。

扭矩动力源一般分为直接电机驱动和液压马达驱动 2种方式。电机驱动常见于国外钻深 600 m 以上型号钻机, 采用直流变频驱动。由于国内电机与变频装置结构体积较大, 不适合安装在紧凑型钻机的动力头上, 而引进国外相关设备成本较高, 故该机采用液压马达驱动。为充分满足主机尺寸空间要求, 钻机主减速箱采用二级齿轮减速方式, 总减速比 $i = 7.92$ 。采用的液压马达最大输出扭矩 $M_{\text{max}} = 10 \text{ kN} \cdot \text{m}$, 可计算出钻机主轴输出的最大理论扭矩 $M = 79.2 \text{ kN} \cdot \text{m} > M_0$, 满足破岩需要。

4 BMC 300型反井钻机系统结构及特点

4.1 BMC 300型反井钻机系统结构

BMC 300型反井钻机主要包括主机系统、钻具系统和循环辅助系统 3部分。

1) 主机系统 (图 1), 包括主机、主泵站、副泵站、控制台。主机由马达、减速机构、浮动机构、机架等构成, 是向钻具系统提供动力的执行机构。液压控制系统由主泵站、副泵站、控制台构成, 主要功能是将电能转换为液压能, 向马达、油缸等提供流量、压力和方向可控的液压动力。并联的大流量泵产生的液压油动力控制推进缸的快速升

降及液压马达的旋转, 小流量泵产生的高压油动力控制推进缸的慢速进给及其他辅助油缸动作。液压系统工作原理如图 2所示。

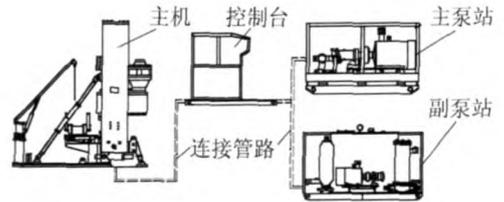


图1 BMC 300型反井钻机主机系统结构

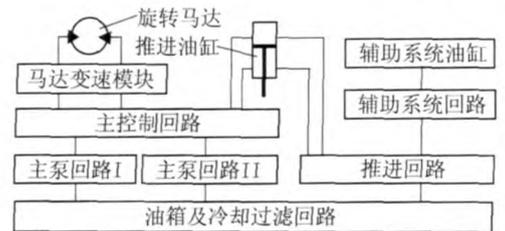


图2 BMC 300型反井钻机液压系统工作原理

2) 钻具系统包括导孔钻头、普通钻杆、稳定钻杆、异形接头、扩孔钻头等。钻杆是传递扭矩与进给力机构, 钻头是承接扭矩与进给力, 直接接触并破碎岩石的机构。

3) 循环辅助系统包括泥浆泵、循环管路等, 用于产生、输送并循环洗井液, 在导孔阶段使用, 不断循环的洗井液利用反循环原理将井底破碎的岩渣携带至地面。

4.2 BMC 300型反井钻机特点

1) 该钻机采用紧凑式分体设计, 在满足较大钻凿能力的前提下, 便于在巷道等低矮空间中运输和工作。其施工速度是普通法的 5~ 10倍, 是吊罐法的 3~ 5倍。

2) 主机系统针对煤矿需要轨道运输、有防爆要求的施工环境及水电站、金属矿山、隧道等一般要求的施工环境分别设计不同结构, 既安全可靠, 又节省成本。

3) 采用全套自备的钻杆搬运与装卸辅助设备, 包括液控小型转盘吊、液控机械手、翻转架、辅助卸扣装置等, 使钻杆的装卸灵活准确、操作机械化。

4) 钻机采用双主泵系统供油, 灵活控制流量并降低购置与维护的成本。

5) 主马达采用低速大扭矩双速马达, 能输出

更高的扭矩, 更有利于导孔钻进转速选择。

6) 钻机配备高性能液压油过滤、冷却系统, 保证钻机液压系统能长时间连续、稳定的工作。配备闲时液压油过滤系统, 及时进行润滑油清洁。

7) 采用液压助力、比例控制换向系统, 能够方便、省力地进行无级调速、换向和其他操控。

8) 预留可选配的电液集中控制系统接口, 方便自动操控要求较高的用户选用。该系统结构更加紧凑, 具有自动调节钻进参数、自动过载及误操作保护、数字化显示、比例操控等特点。

5 应用实例

山东淄博矿业集团埠村煤矿回风立井, 采用 BMC 300型反井钻机施工, 施工直径 2.0 m, 深 313 m, 纯施工工期 47 d 纯施工效率 200 m 月, 其中导孔钻进 20 d 施工速度为 0.65 m/h, 扩孔钻进 27 d 施工速度为 0.48 m/h, 钻孔综合偏斜率 0.44%, 不仅满足了工程要求, 而且施工速度快, 钻孔精度高, 成井质量好。

2) 山西晋城煤业集团寺河小东山煤矿风井, 施工直径 2.5 m, 深 268 m, 采用 BMC 300型反井钻机施工, 施工工期 55 d, 体现了速度快、质量好的优点。

3) 四川溪洛渡水电站的 2条通风斜井, 采用 BMC 300型反井钻机施工直径 1.4 m导孔, 然后采用爆破方法扩大至所需断面。钻孔长度为 212.62 和 212.76 m, 围岩主要由玄武岩及各层上部的角

砾集块熔岩组成, 钻孔综合偏斜率为 1.06% 和 0.46%^[3], 满足了设计要求。

6 结 语

BMC 300型反井钻机解决了国内紧凑环境工作条件下, 深井反井钻机施工技术难题。采用高性能主机及液压控制系统, 提高了反井钻机适用性、稳定性及易操作性。该机型反井钻机性价比合理, 可替代进口钻机, 降低了施工成本。能适应有防爆要求及一般要求施工环境中软、硬岩层钻凿工程, 其应用效果良好, 适用范围更加广泛。

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 (10).
- [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).
- [3] 陈远坤, 刘志强. BMC300型反井钻机在溪洛渡电站通风井施工中的应用 [J]. 水利科技与经济, 2006 (12).
- [4] 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 (11).
- [5] 马志远. BMC (1M) 系列反井钻机在山西反井工程中的应用 [J]. 中国煤炭, 2009 (1).

作者简介: 李 志 (1977-), 男, 新疆石河子人, 工程师, 主要从事反井钻机施工及破岩刀具技术的研究工作。Tel 13522837080 E-mail lizhim@163.com

收稿日期: 2009-04-06 责任编辑: 张 扬

(上接第 124页)

3 结 语

通过计算仿真和分选试验, 证明了基于煤和矸石存在的密度差异, 利用具有一定流速的顶水实现井下煤矸分选的方法的可行性。通过对分选管内的顶水流场流线进行模拟, 发现分选管内顶水流速的分布规律, 并据此设计了分选试验装置。根据试验结果, 在单颗粒分选试验所得基础上, 得到煤与矸石分选所需的顶水流速。

参考文献:

- [1] 费祥俊. 浆体与粒状物料输送水力学 [M]. 北京: 清华大学出版社, 1994

- [2] 刘五秀. 水力提升机的基本理论与计算 [M]. 沈阳: 东北工学院出版社, 1977.
- [3] 岑可法. 工程气固多相流动的理论及计算 [M]. 杭州: 浙江大学出版社, 1990.
- [4] 张远君. 流体力学大全 [M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 1991.
- [5] 斯莫尔烈夫. 矿井水力提升与风力输送 [M]. 北京: 煤炭工业出版社, 1956.
- [6] 钱 宁, 万兆惠. 泥沙运动力学 [M]. 北京: 科学出版社, 1983.

作者简介: 宋 静 (1984-), 女, 河北晋州人, 硕士研究生, 研究方向为机械设计 & 理论。Tel 15862174602, E-mail songjing303@163.com

收稿日期: 2009-03-12 责任编辑: 代艳玲