

ROCK - 600 型钻机在小秦岭金矿田勘探中的应用

翟新建^{1,2}, 李大鹏^{1,2}

(1.河南省地矿局第四地质勘查院,河南 郑州 450001; 2.河南省小口径钻探工程技术研究中心,河南 郑州 450001)

摘要: ROCK - 600 型钻机是一款适合地质勘查需求的便携式钻机,适用于金刚石绳索取心等多种钻探工艺方法。以河南省小秦岭金矿田观音峪矿区钻探施工为例,介绍了 ROCK - 600 型钻机的使用情况,根据矿区地层条件及钻孔设计要求,合理地选择了钻压、转速及泵量,提高了钻进效率,并对钻机在钻进作业过程中存在的不足提出了一些改进建议,以便该钻机能在不同矿区应用中发挥更大的作用。

关键词: ROCK - 600 型钻机; 岩心钻探; 冲洗液; 小秦岭金矿田

中图分类号: P634 **文献标识码:** B **文章编号:** 1672-7428(2019)09-0094-05

Application of ROCK - 600 drill rig in exploration in Xiaozhiling Goldfield

ZHAI Xinjian^{1,2}, LI Dapeng^{1,2}

(1.No.4 Geological Exploration Institute of Henan Geology and Mineral Bureau, Zhengzhou Henan 450001, China;
2.Research Center of Slim-hole Drilling Engineering Technology in Henan Province, Zhengzhou Henan 450001, China)

Abstract: The ROCK - 600 portable drilling rig is suitable for geological exploration. It can be used for a variety of core drilling methods such as diamond wireline coring. Taking the drilling work in the Guanyinyu mining area of Xiaozhiling Goldfield, Henan Province as an example, the use of the ROCK - 600 drilling rig is introduced. The paper is focused on the proper selection of technical parameters such as mud pump pressure, rotary speed, pump volume, according to the formation conditions and drilling design requirements of the mining area. Meanwhile, a few suggestions for the improvement of the portable drilling rig are proposed, so that it can play a greater role in exploration in different mining areas.

Key words: ROCK - 600 drilling rig; core drilling; drilling fluid; Xiaozhiling Goldfield

小秦岭金矿田观音峪矿区位于河南省灵宝市。该地区是我国主要产金地区之一,大地构造位置属华北地台西南缘的华山台穹,以新太古代典型花岗岩——绿岩建造为主体,产于该类建造的金矿储量和产量都位于金矿之首。国务院办公厅颁布的《找矿突破战略行动纲要》(国办发[2011]57号)中明确提出了“在胶东、小秦岭等金资源富集区加强深部找矿”的要求,为小秦岭深部找矿提供了政策指引和有利保障。为加强地质找矿进度,贯彻落实绿色勘查的发展理念,该地区引进并应用了 ROCK - 600 型便携式全液压钻机。

1 地质概况

小秦岭地区经历了长期的构造变形变质作用,区内褶皱、断裂构造极为发育,晚期沿韧性剪切带活动的压扭性断裂内有含金石英脉充填,并有热液交代构造岩或围岩成蚀变型金矿石。

1.1 地质设计要求

河南省小秦岭金矿田北中矿带观音峪矿区设计工作量 1935 m,钻孔孔深 180~400 m,终孔直径 ≥ 75 mm,岩心平均采取率 $\geq 80\%$,矿心采取率 $\geq 90\%$,孔斜率要求:直孔不超过 $2^\circ/100$ m,斜孔不超过 $3^\circ/100$ m。钻孔设计参数见表 1。

收稿日期:2019-03-11; 修回日期:2019-08-02 DOI:10.12143/j.tkgc.2019.09.012

作者简介:翟新建,男,汉族,1967年生,工程师,探矿工程专业,从事钻探工程、地基与基础工程技术质量管理工作,河南省郑州市科学大道 81 号地质科技大厦 1103 室,295317532@qq.com。

引用格式:翟新建,李大鹏. ROCK - 600 型钻机在小秦岭金矿田勘探中的应用[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2019, 46(9): 94-98.

ZHAI Xinjian, LI Dapeng. Application of ROCK - 600 drill rig in exploration in Xiaozhiling Goldfield[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2019, 46(9): 94-98.

表 1 钻孔设计参数

Table 1 Borehole design parameters

钻孔孔号	设计孔深/ m	倾角/ (°)	方位角/ (°)	平均岩石 可钻性级别
ZK001	400	80	160	Ⅶ
ZK101	300	80	160	Ⅶ
ZK201	275	75	160	Ⅶ
ZK301	150	90		Ⅶ
ZK401	200	90		Ⅶ
ZK501	190	90		Ⅶ
ZK601	180	90		Ⅶ
ZK701	240	90		Ⅶ
合计	1935			

1.2 钻遇地层

钻孔揭露的地层岩性主要为斜长角闪岩、辉绿岩、伟晶岩、黑云母斜长片麻岩、花岗岩、石英岩,局部易出现坍塌、掉块、膨胀等孔内复杂情况。

2 钻探设备及机具选择

2.1 钻机

钻探施工使用 ROCK-600 型便携式钻机(图 1)。该钻机采用全液压动力驱动、集成化设计,大量采用航空铝合金作为材料,最重的部件只有 150 kg,快插设计,易于拆卸、搬运和组装。钻机结构紧凑,机场占地面积小,乡间小路或人行道即可通行,对周围环境和森林植被破坏小,适合在各种恶劣环境及复杂地质条件下快速地完成钻探施工任务。其技术参数见表 2。



图 1 ROCK-600 型便携式钻机

Fig.1 ROCK-600 portable drill rig

2.2 机具

钻探施工使用的是无锡中地钻探装备有限公司

表 2 ROCK-600 型钻机技术参数

Table 2 ROCK-600 drill rig technical parameters

	HQ	96/63.5 mm	150
施工能力/m	NTW	75.7/56 mm	350
	BTW	60/42 mm	600
	动力部分/kW	73.5(24.5×3)	
最大扭矩/(N·m)	650		
钻进角度/(°)	45~90		
给进行程/m	1.8		
提升力/kN	62(单油缸)		
给进力/kN	32(单油缸)		
动力头最高转速/(r·min ⁻¹)	1500(顶驱式)		
机台面积/(m×m)	4×4		
最重模块/钻机总质量/kg	150(操作台)/1200		

生产的 HQ 和 NTW 绳索取心钻具及总成。

3 钻进施工技术

3.1 管材选择

该矿区采用 HQ 和 NTW 绳索取心钻具钻进。HQ 绳索取心使用范围是开孔至完整基岩;NTW 绳索取心使用深度范围见完整基岩至达到目的层(终孔)。绳索取心钻杆选用无锡中地钻探装备有限公司生产的 HQ(Ø89 mm×5.5 mm)和 NTW(Ø73.3 mm×4.55 mm)系列钻杆(材质为 30CrMnSi)。

3.2 钻进工艺

开孔采用 Ø95 mm 金刚石绳索取心钻进,钻至完整岩石,下入 Ø89 mm 技术套管护壁;换 NTW 绳索取心钻具钻进至终孔(达到地质目的)。局部孔段地层较发育,冲洗液漏失量较大,为了提高钻进效率,采用了随钻堵漏钻进方法。

3.3 钻进参数

在正确选择钻头的情况下,其钻进效率取决于钻进参数,即钻压、转速与泵量。确定金刚石钻进参数时,除了考虑机械钻速外,还要充分考虑钻头的寿命问题。钻头寿命严重影响着小时效率,因此,判别参数的合理与否,主要看机械钻速和金刚石的消耗量。实际施工中采用的钻进参数见表 3。

表 3 采用的钻进参数

Table 3 Drilling parameters

孔段/m	钻进方法	钻压/ kN	转速/(r· min ⁻¹)	泵量/(L· min ⁻¹)
0~完整基岩	HQ 绳索取心钻进	12~15	300~600	45~50
完整基岩~200	NTW 绳索取心钻进	12~14	800~1000	30~45
200~406.47	NTW 绳索取心钻进	10~12	500~800	35~50

3.4 金刚石钻头和扩孔器

该钻孔采用 $\varnothing 95$ 和 76 mm 绳索取心金刚石钻头。为保证钻孔施工安全,加大了 $\varnothing 76\text{ mm}$ 钻头和扩孔器的外径,增大环状间隙,以减少循环阻力;同时选择适合本矿区地层的钻头参数,取得了很好的效果。

$\varnothing 95\text{ mm}$ 绳索取心钻具选用的金刚石钻头外径 95 mm ,扩孔器外径 95.7 mm 。钻头参数:金刚石品级 SDBVB(英国),粒度 $46\sim 80$ 目,浓度 100% ;胎体硬度 HRC $30\sim 35$,水口 10 个,唇面为圆弧式。 $\varnothing 76\text{ mm}$ 绳索取心钻具选用的金刚石钻头是在原钻头外径增加了 0.5 mm (原钻头外径为 $\varnothing 75.5\text{ mm}$),扩孔器外径 76.7 mm 。钻头参数:金刚石品级 SDBVB,粒度 $46\sim 80$ 目,浓度 100% ;胎体硬度 HRC $5\sim 10$,水口 10 个,唇面为同心圆尖齿形。扩孔器选用的是 SDBVB 级金刚石+聚晶条($2\times 2\times 5$)的烧结扩孔器。

3.5 冲洗液选择

在该矿区施工之前,冲洗液配方的设计作为该矿区的重点工作,根据事前预估的地层资料,研究优选出了 5 种冲洗液配方,以满足可能钻遇不同地层时的需求,然后根据实际施工地层灵活选用和调整。在钻进过程中,因开孔地层较为完整,从经济成本和使用方便方面来考虑冲洗液的类型,选择使用下列 3 种无固相冲洗液。

配方 1: 1 m^3 清水 + 0.4% CMC + PHP 干粉 $300\sim 500\text{ ppm}$ + 0.30% 的植物胶,(即每 1 m^3 冲洗液中加入 $300\sim 500\text{ g}$ 水解聚丙烯酰胺),用以进行开孔护壁。

配方 2: 1 m^3 清水 + 0.1% CMC + $100\sim 300\text{ ppm}$ PHP + $0.3\%\sim 0.5\%$ 荧光高效润滑剂,用以基岩护壁。PHP 是由聚丙烯酰胺水解而成,主要用作水基不分散钻井液的絮凝剂,抑制造浆强,可维持冲洗液的低密度,具有一定的增粘作用。在稳定的基岩段,冲洗液的粘度指标可降低,重点增加冲洗液的润滑性能。

配方 3: 水: 高效润滑剂 = $1000: 12$ 的比例混合,经搅拌均匀,送入循环池,用以稳定基岩护壁。 06 荧光高效润滑剂,颜色为暗灰色,主要为软脂酸、硬脂酸等脂肪酸盐类阴离子表面活性剂,具有高效润滑冷却性能,抗温能力强,洗洁力好,润滑系数降低率高,扭矩系数降低率达到或超过 50% ,是在皂

化粉基础上改进的一种新型的润滑冷却剂。

护壁堵漏:当钻遇裂隙及破碎地层,钻井液有流失现象,冲洗液消耗大,冲洗液无法满足施工要求时,采用 803 堵漏剂堵漏起到了良好的效果。

4 应用实效

在应用 ROCK-600 型便携式钻机的生产实践中,相对于在该矿区施工的立轴钻机,钻进效率得到提高,搬家周期大幅缩短,占地毁林面积减少显著,一定程度上实现了绿色勘查,取得了较好的经济效益和环境效益。同时也存在着许多问题,下一步可着重改进。

4.1 钻探施工效率大幅提高

ROCK-600 型全液压便携式钻机在 400 m 以浅钻孔施工,钻进效率相对立轴钻机得到大幅提高。钻进效率对比情况见表 4。

表 4 钻进效率对比
Table 4 Drilling efficiencies

钻机	孔号	孔深/ m	用时/ h	纯钻进 时间/h	台月效 率/m	小时效 率/m
ROCK-600 型便携式全 液压钻机	ZK201	269.95	264	113.20	736.23	2.38
	ZK001	406.47	432	189.35	677.45	2.15
	ZK101	308.57	456	221.45	487.22	1.39
	平均效率				615.62	1.88
XY-4 型立 轴钻机	ZK301	139.67	456	234.40	220.53	0.60
	ZK701	229.27	600	311.65	275.12	0.74
	平均效率				304.31	0.88
XY-4 型立 轴钻机	ZK601	182.01	384	152.12	341.27	1.20
	ZK501	182.14	240	140.64	546.42	1.30
	ZK401	200.13	528	220.22	272.90	0.91
	平均效率				304.31	0.88

从表 4 可以看出,ROCK-600 型便携式全液压钻机相对 XY-4 型立轴钻机平均台月效率提高 202% ,平均小时效率提高 214% 。

4.2 搬家及钻机安装周期缩短

ROCK-600 型全液压便携式钻机与 XY-4 型立轴钻机的搬家、钻机安装时间对比如表 5 所示。

从表 5 可看出:ROCK-600 型便携式全液压钻机相对于传统的 XY-4 型钻机搬家时间和安装时间显著减少。这是因为 ROCK-600 型钻机实行集成化设计,总质量 1.2 t ,最重模块仅 150 kg ,仅需 4 人即可抬运,条件良好的路段可使用皮卡车进行转运。传统的 XY-4 型立轴钻机搭配 SG-8 型钻塔、BW-250 型泥浆泵、搅拌机 etc 配套设备,重达 5 t ,转场时钻塔需要拆卸零散,搬运不便。

表 5 钻机搬家和安装时间对比
Table 5 Comparison of movement time and rig-up time
between various drills

钻机类型	孔号	搬家用时/h	安装用时/h
ROCK-600	ZK201	12	7
型便携式全	ZK001	14	6
液压钻机	ZK101	11	6
	ZK301	24	20
	ZK701	38	18
XY-4 型立	ZK601	40	19
轴钻机	ZK501	42	18
	ZK401	45	17

4.3 修路、平机场占地面积小

ROCK-600 型钻机人工便道(路宽 0.8~1.2 m)即可搬运,机场面积仅需 4 m×4 m 既能满足施工要求,而 XY-4 型立轴钻机单件较重,人工搬运不便时需使用三轮车或皮卡搬运,运输设备道路路宽在 1.5~1.8 m 以上,机场除摆放钻塔外,还要满足现场机械设备、管材的摆放及冲洗液循环的要求,面积应在 6 m×6 m 以上。

4.4 夹持器锁死系统工作时间短

ROCK-600 型便携式全液压钻机在观音峪矿区施工的 ZK201 在 215.53 m 发生跑钻事故,主要原因是班长操作不当和班组人员责任心不强造成的。该孔使用的是 NTW 绳索取心钻杆,在下入第 119 根钻杆时,动力头扭矩不足导致钻杆丝扣吃丝少,此时 1 号发动机意外熄火,半分钟内未启动,夹持器无法自动夹紧,因钻杆自重较大导致钻杆丝扣脱扣,引发了跑钻事故。后来检查发动机熄火的原因主要是油箱存在大量油沫,造成供油不畅。因为机台人员加柴油时,油桶里存在油沫,没有过滤,直接加入油箱,造成油箱内积存大量油沫,而柴油滤芯长时间不更换,油沫进入供油管,造成的供油不畅。如钻机夹持器能在液压系统动力缺失的情况下,锁住回油的时间更长点,这样会给钻机人员更多的处理时间,减少事故的发生。

4.5 处理事故能力略显不足

ROCK-600 型便携式全液压钻机在观音峪矿区施工的 ZK201 跑钻事故后,换低转速动力头液压马达(200 r/min,650 N·m),下入公锥锥住钻杆,提拉不动,后强力提拔,机座翘起,仍没提出,多次尝试后丝扣脱扣。后考虑钻孔漏失严重,孔内基本为干孔,钻杆因自重较大,下落到孔底并挤死在孔内,决定改用割刀进行切割。割刀下入 145.58 m,无法

继续下入,慢转割刀,开始切割钻杆。切割后,下入公锥锥住钻杆,后起上 97 根钻杆。通过对孔内事故情况进行分析研究,一致认为孔内钻杆无法起出,无法继续施工,移孔重新施工。ROCK-600 型钻机正常钻进使用的是 1300 r/min、260 N·m 的动力头马达,处理事故采用低转速马达,可强力提拔时,机座翘起,不敢继续增大提拔力度,最终导致处理事故失败。

5 结语

(1)ROCK-600 型便携式钻机在小秦岭金矿田观音峪矿区的应用表明,该便携式全液压钻机具有效率高、搬迁方便、对地层适应性强、对环境破坏小等特点,非常适合在钻孔较浅、搬迁频繁、修路困难的矿区施工。

(2)从施工钻孔来看,与施工能力相当的立轴式钻机相比,ROCK-600 型钻机搬迁快、施工效率高和施工成本低,但由于自身设计原因,在施工中一旦出现孔内事故,其处理事故能力方面有所不足。

(3)ROCK-600 型钻机配套的泥浆泵对冲洗液质量要求比较高,所以在施工中冲洗液不循环使用,在干旱缺水地区施工,成本较高。

(4)ROCK-600 型钻机是以涡轮增压柴油机为动力,建议增加电动机动力,能拓宽钻机的施工领域(适应坑内钻探),实现绿色钻探。

参考文献(References):

- [1] 杨培智,郑明珠. EP600 便携式全液压钻机在广西良结新寨矿区钻探中的应用[J]. 科技经济导刊, 2016(7): 87-88.
YANG Peizhi, ZHENG Mingzhu. Application of EP600 portable full hydraulic drill in Liangjie Xinzhai mining area in Guangxi[J]. Technology and Economic Guide, 2016(7): 87-88.
- [2] 宋端正. HC600 型全液压动力头便携式钻机在陇东南山区生产应用效果及经济性分析[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2013, 40(4): 48-50.
SONG Duanzheng. Application effects of HC600 full hydraulic dynamic head portable rig in mountain area of southeastern Gansu the economic analysis[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2013, 40(4): 48-50.
- [3] 陈磊,董昌波. HC-600 型便携式钻机在山区的钻探施工技术[J]. 新疆有色金属 2018, 41(4), 26-27, 30.
CHEN Lei, DONG Changbo. Drilling with HC-600 portable rig in the mountain area[J]. Xinjiang Nonferrous, 2018, 41(4), 26-27, 30.
- [4] 陈明军. 便携式钻机在绿色勘查中的应用[J]. 低碳世界, 2018(9): 45-46.

- CHEN Mingjun. Application of portable drilling rigs in green exploration[J]. *Low Carbon World*, 2018(9):45-46.
- [5] 侯俊卿, 马贵世, 阮向农, 等. MK3-15 Wagon Wheel 便携式钻机在中东地区的应用与改进[J]. *物探装备*, 2018(3):161-164.
HOU Junqing, MA Guishi, RUAN Xiangnong, et al. The application and improvement of MK3-15 Wagon Wheel portable rig in Middle Region[J]. *Equipment for Geophysical Prospecting*, 2018(3):161-164.
- [6] 安峰. HC600 型全液压力头便携式钻机钻头优选与钻机高效利用[J]. *甘肃科技*, 2017(6):112-114.
AN Feng. HC600 full hydraulic drift portable drill rig and drill bit optimized and high efficiency use of drill[J]. *Gansu Science and Technology*, 2017(6):112-114.
- [7] 安峰. 冲洗液循环系统在 HC-600 型全液压力头便携式钻机上的试用[J]. *甘肃科技*, 2017(5):26-28, 100.
AN Feng. Trial of flush liquid circulation system on HC-600 full hydraulic drift portable drill rig[J]. *Gansu Science and Technology*, 2017(5):26-28, 100.
- [8] 刘广志, 等. 金刚石钻探手册[M]. 北京:地质出版社, 1991.
LIU Guangzhi, et al. *Diamond drilling handbook*[M]. Beijing: Geological Publishing House, 1991.
- [9] 张祖培. 金刚石钻进技术[M]. 北京:地质出版社, 1985.
ZHANG Zupei. *Diamond drilling technology*[M]. Beijing: Geological Publishing House, 1985.
- [10] 乌效鸣, 胡郁乐, 贺冰新, 等. 钻井液与岩土工程浆液[M]. 武汉:中国地质大学出版社, 2002.
WU Xiaoming, HU Yuele, HE Bingxin, et al. *Drilling mud and geotechnical engineering slurry*[M]. Wuhan: China University of Geosciences Press, 2002.
- [11] 刘志峰. 无固相冲洗液在变质岩系复杂地层绳索取心钻进中的应用[J]. *探矿工程(岩土钻掘工程)*, 2017, 44(4):14-18.
LIU Zhifeng. Application of solid-free flush fluid for wire-line coring in complex metamorphic rock formation[J]. *Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling)*, 2017, 44(4):14-18.
- [12] 蔡礼山, 苏长明, 刘金华. 易漏失地层承压能力分析[J]. *石油学报*, 2010, 31(2):311-317.
CAI Lishan, SU Changming, LIU Jinhua. Analysis on pressure-bearing capacity of easily leakage formation[J]. *Acta Petrolei Sinica*, 2010, 31(2):311-317.
- [13] 宋军, 陈礼仪, 张统得. 若尔盖轴矿田复杂地层泥浆技术研究与应用[J]. *探矿工程(岩土钻掘工程)*, 2016, 43(12):1-5.
SONG Jun, CHEN Liyi, ZHANG Tongde. Research and application of mud technology in complex formation of Ruergai Uranium mining field[J]. *Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling)*, 2016, 43(12):1-5.
- [14] 李锡. 背包式钻机的工程应用与存在的若干问题[J]. *探矿工程(岩土钻掘工程)*, 2016, 43(5):56-58, 62.
LI Xi. Engineering application of knapsack type drilling machine and its problems[J]. *Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling)*, 2016, 43(5):56-58, 62.
- [15] 刘广志. 岩心钻探事故预防与处理[J]. 北京:地质出版社, 1982.
LIU Guangzhi. *Prevention and treatment of core drilling accidents*[J]. Beijing: Geological Publishing House, 1982.

(编辑 韩丽丽)

(上接第 103 页)

- [10] 刘远亮. 基坑开挖对邻近地铁隧道影响的 Midas GTS 三维数值模拟分析[J]. *探矿工程(岩土钻掘工程)*, 2013, 40(1):70-72.
LIU Yuanliang. Midas GTS 3D numerical simulation analysis on influence of foundation pit excavation to subway tunnel[J]. *Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling)*, 2013, 40(1):70-72.
- [11] 董昌周, 曲晨. 地形偏压连拱隧道衬砌内力研究[J]. *浙江科技学院学报*, 2011, 23(3):216-219.
DONG Changzhou, QU Chen. Study on lining force of multi-arch tunnels in topographical uneven pressure[J]. *Journal of Zhejiang University of Science and Technology*, 2011, 23(3):216-219.
- [12] 朱正国, 刘志春, 孙明磊, 等. 偏压连拱隧道围岩压力及结构计算[J]. *辽宁工程技术大学学报(自然科学版)*, 2010, 29(1):75-78.
ZHU Zhengguo, LIU Zhichun, SUN Minglei, et al. Calculation of surrounding rock pressure and structure of multi-arch tunnel under unsymmetrical pressure[J]. *Journal of Liaoning Technical University (Natural Science)*, 2010, 29(1):75-78.
- [13] 蔡来炳. 软弱围岩浅埋偏压连拱隧道力学效应研究[D]. 上海:同济大学, 2008.
CAI Laibng. Research on the mechanical behavior of unsymmetrical loading twin-arched tunnels located on the shallow weak rock mass[D]. Shanghai: Tongji University, 2008.
- [14] 张永春. 朝阳隧道浅埋偏压段台阶法施工研究[D]. 长春:吉林大学, 2018.
ZHANG Yongchun. Study on construction method of shallow buried biased tunnel on hegang-dalian expressway-take Chaoyang Tunnel as an example[D]. Changchun: Jilin University, 2018.
- [15] 钟善桐. 钢管混凝土结构[M]. 北京:清华大学出版社, 2003.
ZHONG Shantong. *The concrete-filled steel tubular structures*[M]. Beijing: Tsinghua University Press, 2003.
- [16] 于永生, 王成. 公路隧道掘进中地应力释放系数研究[J]. *重庆交通大学学报(自然科学版)*, 2009, 28(S1):390-392.
YU Yongsheng, WANG Cheng. Study on releasing coefficients of ground stress during highway tunneling[J]. *Journal of Chongqing Jiaotong University (Natural Science)*, 2009, 28(S1):390-392.

(编辑 王建华)