

基岩水井采用泡沫潜孔锤钻进实践

韩尚孝¹, 杨晓奇²

(1. 甘肃省地矿局水文地质工程地质勘察院, 甘肃 张掖 734000; 2. 甘肃省地矿局, 甘肃 兰州 730000)

摘要:通过对甘肃肃北七角井铁矿区 $\varnothing 310$ mm 口径基岩水井空气泡沫潜孔锤钻进施工, 总结验证了空气泡沫潜孔锤钻进施工大口径基岩水井的工艺, 提出了不同孔段的钻进技术措施。

关键词:基岩水井; 空气潜孔锤; 泡沫泥浆; 钻进

中图分类号: P634.5 **文献标识码:** B **文章编号:** 1672-7428(2013)10-0019-04

Practice of Bedrock Well Drilling by Foam DTH Hammer/HAN Shang-xiao¹, YANG Xiao-qi² (1. Institute of Hydrogeology and Engineering Geology, Bureau of Geology and Mineral Resources Investigation of Gansu Province, Zhangye Gansu 734000, China; 2. Bureau of Geology and Mineral Resources Investigation of Gansu Province, Lanzhou Gansu 730000, China)

Abstract: With the construction case of a bedrock well in an iron ore mine of Gansu, which was 310 mm in diameter and constructed by foam DTH hammer, the paper summed up and verified the application of foam DTH hammer technology in large diameter bedrock well construction and presents drilling technologies in different borehole sections.

Key words: bedrock well; air DTH hammer; foam mud; drilling

1 概况

2012 年 8 月, 甘肃省地矿局水文地质工程地质勘察院承担了某矿业公司位于甘肃省肃北蒙古族自治县马鬃山区西段七角井的一眼施工口径为 310 mm、孔深 350 m 的水井。施工区为戈壁山地, 无植被, 海拔 1600 ~ 1700 m。施工区基岩裸露, 常年气候干燥, 夏季最高气温可达 44 ℃。钻探用水需从区外长距离运入, 成本很高; 地表即为岩石, 常规方法难以开孔; 工期很短, 采用常规方法钻进不能满足工期要求。针对这种情况, 我们采用空气潜孔锤钻进工艺, 利用泡沫作为循环介质, 取得了良好的钻进效果。

2 地质条件

地层岩性主要为大理岩, 岩石坚硬 ~ 较坚硬, 性脆, 岩体完整性总体较好, 局部破碎, 含硅质胶结成分, 可钻性为 6 ~ 8 级。

3 施工设备配备及钻进方法

(1) 主要钻探设备: SPJ-300 型水井钻机, BW900 型泥浆泵, RHP750 型空压机 2 台双机并联使用, 卧式储气罐 (3 m³, 8 MPa) 平衡供气压力, 泡

沫泵(泵量 30 ~ 60 L/min, 泵压 > 5 MPa), 潜孔锤 (J250B-0-1A 型), 钎(锤)头 (J250-310-1A 型)。

(2) 钻进方法: 开孔使用 $\varnothing 350$ mm 锤头潜孔锤钻进风化层, 进入完整基岩 3 ~ 5 m 后, 下入 $\varnothing 337$ mm/ $\varnothing 325$ mm × 6 m 钢管, 并用水泥固结。换用 $\varnothing 310$ mm 潜孔锤钻进, 一径到底; 视钻进效率和排渣情况及时由空气排渣改换空气泡沫排渣, 直至终孔。

4 气动潜孔锤钻进

4.1 钻进参数

4.1.1 钻压

潜孔锤钻进, 要保持锤头始终不离开孔底, 必须施加一定的井底压力。但如果钻压过大, 不仅不会增加钻进速度, 还会加速钻头的磨损; 如果钻压不足, 冲击器在工作时反弹跳动, 不但碎岩效果很差, 还会导致钻头磨损和井斜。规范规定^[1]: 钻压应小于回转钻进压力, 一般按钻头直径选取为 80 ~ 150 N/mm。则 $\varnothing 310$ ~ 350 mm 口径, 钻压应为 25 ~ 28 kN。我们使用 $\varnothing 290$ mm、长 1.5 m 的扶正器, 既作扶正导向, 又起加重作用, 防止在钻进 0 ~ 30 m 时因

收稿日期: 2013-05-30

作者简介: 韩尚孝 (1961-), 男 (汉族), 甘肃永登人, 甘肃省地矿局水文地质工程地质勘察院副总工程师兼探矿科科长, 探矿工程专业, 从事探矿工程施工及技术管理工作, 甘肃省张掖市张火公路 203 号, laohan2013zy@163.com; 杨晓奇 (1958-), 男 (汉族), 河北秦皇岛人, 甘肃省地矿局工勘处处长, 探矿工程专业, 从事探矿工程技术与管理工作, 甘肃省兰州市红星巷 123 号, 1135997968@qq.com。

钻压过小,潜孔锤钻进产生井斜和振动震坏水龙头等。

4.1.2 转速

由于潜孔锤碎岩为体积破碎,故转速无需太高。球齿钻头的磨损与转速成正比,岩石愈硬,研磨性愈高,转速应低些。转速大小与潜孔锤的最优转角和冲击频率有关,其三者关系为:

$$A = 360N/f$$

式中: A ——最优转角, ($^{\circ}$); N ——钻具转速, r/min; F ——冲击频率, 次/min。

根据岩性取最优转角为 11° , 潜孔锤冲击频率为 600 次/min, 则求得钻具转速为 18 r/min。现场通过改装动力端皮带轮, 使转盘获得 20 r/min 的转速。

4.1.3 风量

潜孔锤钻进速度快, 单位时间内所产生的岩屑颗粒大且多, 需要较大的风量才能使孔底干净。同时潜孔锤本身也需一定的风量才能正常工作。供风量不仅是保证冲击器工作的基本条件, 也是保证钻孔是否能正常排粉的重要因素, 因为在干空气的钻进情况下, 排粉效果的好坏主要与上返风速有关, 而风速跟供风量发生直接关系。风量的选择应根据所用冲击器的性能以及要满足洗井所需的上返风速而确定^[2]。J250B-0-1A 型潜孔锤其额定风量为 $30 \text{ m}^3/\text{min}$ 。根据规程^[1], 当井内上返风速 $> 15 \text{ m/s}$ 时, 排渣效果良好。

对已确定的潜孔锤和井径, 其上返速度验算如下:

$$\begin{aligned} V &= Q/S_{\text{环}} \\ &= 40 \times 4 / [3.14 \times (0.31^2 - 0.089^2) \times 60] \\ &= 9.65 \text{ m/s} \end{aligned}$$

式中: V ——井壁与钻杆环状间隙的空气中上返速度, m/s; Q ——2 台并联空压机的总风量, $40 \text{ m}^3/\text{min}$; $S_{\text{环}}$ ——井壁与环状间隙断面面积, m^2 。

按此计算, 井内上返风速仅为标准风速的 64.33%, 再考虑沿程管路损失和背压, 排渣效果将远不能达到要求。对此, 常规方法是在孔底钻具上方安置取粉管。

为快速优质完成施工任务, 我们尝试用泡沫作为循环介质, 在低风速情况下保证正常钻进。

在干空气钻进阶段, 要通过进尺数和井口返出的岩粉量对比计算, 确定井内残留岩屑是否过多, 一旦影响钻进, 可利用储气罐排气阀快速打开, 瞬间大量送气制造“井喷”强制排粉。

4.1.4 风压

潜孔锤的冲击频率和冲击功都与风压有关, 当风压从 0.6 MPa 提高到 1.03 MPa 时, 钻进效率可增加 1 倍^[3]。一般认为, 所用压缩空气的压力高, 则潜孔锤钻进的效率也高, 而且钻头的使用寿命也长^[2]。因潜孔锤在钻进时, 除去潜孔锤正常工作所需要的风压外, 还要加上随钻孔深度增加而产生的沿程管路压降以及克服水位以下水柱压力所产生的压力。考虑到空压机能力, 选定潜孔锤工作风压为 0.5~0.7 MPa。

4.1.5 冲击频率

当风量和风压均达到潜孔锤所要求的额定值后, 选定的潜孔锤其冲击频率为 600~800 次/min。

4.2 钻具组合

锤(钎)头 + 钎尾 + 潜孔锤 + 2 组扶正器 + $\varnothing 89 \text{ mm}$ 钻杆 + 机上钻杆。

4.3 钻进操作要求

(1) 下钻要匀速, 禁止猛冲猛蹶等激烈活动; 要保证下入井内的钻杆内眼是干净无杂物的; 下钻时, 丝扣部分必须涂抹丝扣油, 个别丝扣间隙大的还应缠麻后抹丝扣油, 保证丝扣部分不能漏气; 下钻距井底 1 m 时先送气, 后回转, 缓慢回转到底; 提钻时, 先停止进尺, 感觉空转后, 提升至 1 m 后, 吹孔 3~8 min(根据孔深和返渣情况)再停止回转, 停止送风, 开始正常提钻。

(2) 下钻遇阻时, 坚决禁止猛冲猛蹶, 应对遇阻部位作正确判断和分析, 提离钻具距遇阻部位 1 m 距离, 先送气, 后回转, 缓慢回转扫通遇阻部位, 感觉空转后, 停止回转, 提升至遇阻部位上部, 再次确定遇阻部位的情况, 确定塌孔程度。

(3) 正常钻进过程中, 遇泥层、粘土等泥质软岩层时, 可能产生“泥领”和泥环现象, 所谓“泥领”就是在井壁某处形成环状, 使井径缩小, 导致粗径钻具无法通过, 泥环就是在井内钻杆某处形成环状, 使钻杆直径“变大”的现象。“泥领”和泥环可能同时形成, 使钻具无法提出井外。处理的办法是向井内加水后送风, 并上下窜动钻具, 但禁止将钻具上提拉死或下放猛冲猛蹶。

(4) 正常钻进时, 注意排粉情况, 每次提钻或专门将钻具提离井底 10 m 高时, 清除井口周围排出的岩粉, 大体估计钻进进尺数与排出的岩粉相当, 即 1 m 进尺应有 1 m 同直径体积的岩粉排出, 否则就要专门探查井底岩粉沉积情况, 防止重复破碎或埋钻事故的发生。

(5) 钻进时,从井内排出的岩屑,主要堆积在井口管周围,一般每进尺6 m清渣一次;渣量必须估算,据此掌握排渣效果,并判断钻进参数的合理性。

(6) 注意检查送气系统中管路或储气罐等处可能漏气的地方,一经发现必须采取措施防护,分析造成漏气的原因,对严重漏气的部件及时更换。

(7) 钻进过程中,遇下列情况必须提钻,分析判明产生的原因:①如果进尺与返渣量相差太大;②听潜孔锤工作声音,如果声音闷而不脆;③摸胶管不脉动;④风压表数值为零或数值过大;⑤空压机声音忽高忽低,表现不正常。

5 泡沫泥浆的使用

5.1 泡沫剂

泡沫剂使用 ADF-3 型^[4],为淡黄色透明状液体,密度 1.03 g/cm^3 , pH 值 $8 \sim 10$, 浊点 $\geq 95 \text{ }^\circ\text{C}$, 起泡力 $\geq 185 \text{ mm}$, 抗高温 $80 \text{ }^\circ\text{C}$, 抗氯化钠 10% , 抗 Ca^{2+} 1000 mg/L 。现场加量为 $1\% \sim 5\%$ 。通过泡沫泵与空气管道直接送入井内。

5.2 泡沫浓度

施工到孔深 176 m 时,遇含水层,由于出水量不大,潜孔锤钻进形成的热风将面状岩粉粘在钻杆柱上,造成提钻困难。经研究决定采用泡沫泥浆。起初泡沫浓度为 $4\% \sim 5\%$,加注泵量 40 L/min ,排粉效果很好。钻进到 220 m 后,感觉到井底已干净,就将泡沫浓度调整为 $2\% \sim 3\%$,通过制造“井喷”的方式排除岩屑,效果良好。排出井外的岩屑混在泡沫中流入沉淀池中,该井泡沫泥浆是一次性使用,流出井外沉淀池中就废弃。

5.3 泡沫泥浆的使用

由于材料准备不足和认识上的差异,开孔后直到 176 m 见水以前,一直是干空气钻进,上返风速不足,随着孔深变大,返出的岩屑由颗粒变为粉末状堆积在井口,需专门用人力清理,浪费了很多时间。小米粒大的颗粒占比不到 4% 。表明孔底重复破碎严重。 176 m 后使用泡沫泥浆,每钻进 6 m ,人为制造一次“井喷”排屑,方法是先开启空压机,待空压机工作稳定后,开启接在管汇中的泡沫泵,将配好的泡沫送入井内,约 $10 \sim 20 \text{ min}$ 后,井口就返出混有岩屑的泡沫泥浆,见图 1、图 2。

6 潜孔锤专用拆卸工具的使用

由于潜孔锤本身的质量较重(约 200 kg),其直径较大($215 \sim 350 \text{ mm}$),钎头直径 $310 \sim 350 \text{ mm}$,



图 1 泡沫携带岩屑返出井口



图 2 泡沫携带岩屑流入沉淀池

钻进过程中由于回转阻力的影响,导致提钻后在地面人工用链钳卸扣困难,因此,我们使用了专用卸扣机具,卸扣器为液压钳,只要卸开一扣,就可以用链钳自由拧卸,避免了用大锤锤击卸扣的方法,有效地保护了丝扣不受伤害。

7 钻进效果

表 1 为该井钻进效率表,分析表 1 数据: $0 \sim 10 \text{ m}$ 孔段,仅靠钻具自重加压,由于钻具重力不够(机杆 $6.2 \text{ kN} +$ 潜孔锤 2 kN),达不到潜孔锤钻进所需要的理想钻压,不仅效率低,还震坏了 2 个水龙头; $10 \sim 30 \text{ m}$ 钻进,因加工的扶正器(也相当于加重杆)运到现场,钻压达到 $18.7 \sim 23.4 \text{ kN}$,情况稍有好转; $30 \sim 176.4 \text{ m}$ 孔段,钻具重力满足了潜孔锤所需要的压力,小时进尺得到提升,但在施工中孔口清渣消耗了大量时间; $176.4 \sim 350 \text{ m}$ 孔段,用了泡沫泥浆后,孔底岩粉边钻进边随潜孔锤工作后的余气和泡沫直接返到地面沉淀池,无需在孔口清渣,但空压机供气量和压力显得有点不足,不能满足潜孔锤工作需要,影响了钻进效率的提升。

在该井施工中,平场地、安装、拆迁进出工地,用时 10 天 ,从开钻到完钻总计 25 天 。但纯钻进时间只有 98.3 h ,其它时间为辅助和事故时间,平均时效为 3.56 m ,远高于同样地层同口径其它钻进方法。

表1 全井钻进效率表

孔深/m	岩性	纯钻用时/h	小时进尺/m	循环介质	钻进情况
0~10	岩石完整,可钻性8级左右	6.7	1.5	空气	班纯钻进时间占30%,清理井口岩粉占70%
10~30	同上	8	2.5	空气	同上
30~176.4	同上	34	4.3	空气	同上
176.4~350	岩石完整,有裂隙及破碎带,含水	49.6	3.5	泡沫+空气	岩粉随空气泡沫在钻进过程中返至沉淀池;专门排粉的时间占纯钻进时间的3%~5%
0~350 m 总计		98.3	3.56(平均)		

8 结论

(1)利用空压机提供空气动力,运用泡沫作循环介质,能够有效发挥空气潜孔锤钻进的优势,使其在大口径基岩中顺利施工并大幅度提升钻探效率。但随着孔深加大钻进效率降低,最好配高压大风量空压机,以充分发挥潜孔锤钻进的效果。

(2)为降低消耗,在浅孔段可使用干空气钻进,视排渣情况及时更换空气+泡沫钻进,以提高效率;当孔深进一步加大,钻进时效 <1 m时,由于燃油成本加大,应采用球齿牙轮钻头钻进。

(3)在水井施工中,因口径大,潜孔锤自然直径和质量大,拧卸潜孔锤接头部件最好用专用的拧卸工具,以免损伤潜孔锤丝扣。

(4)潜孔锤锤头应排队使用,按直径先大后小为序。防止下钻扩孔,造成外沿硬质合金磨损严重和崩落,影响效率和钻头寿命。

参考文献:

- [1] DZ/T 0227-2010,地质岩心钻探规程[S].
- [2] 刘家荣,王建华,王文斌,等.气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.
- [3] 国土资源部人力资源开发中心,职业鉴定中心,等.水文井钻探工[M].北京:地质出版社,1999.
- [4] 谈晓丽,苏长寿,赵晓俐,等.ADF型泡沫剂性能的改进与应用[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2005,32(S1):309-311.
- [5] 陈怡.空气潜孔锤钻进工艺在贵州岩溶地区供水成井施工中的应用[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2005,32(10):45-46.
- [6] 赵长福.空气泡沫钻进技术在地质岩心钻探中的应用前景[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2005,32(8):45-49.

(上接第18页)

因事故停钻的高额费用。相比之前的人工操作,更好的控制了温度范围。

4 结论

在钻井泥浆制冷系统中引入此智能温控单元,提高了泥浆制冷系统的自动化程度,解决了泥浆制冷过程中的重要隐患。在保证天然气水合物钻井泥浆冷却系统有效工作的同时,使操作更加便捷,降低了劳动强度。将智能单元引入到泥浆制冷温度控制系统后,也将对整个制冷系统本身也起到一定的保护作用,柔和、合理的开关使得硬件的寿命得到延长,减少硬件损坏,可大幅度提高钻井泥浆制冷系统的可靠性。

参考文献:

- [1] 赵江鹏,孙友宏,郭威.钻井泥浆冷却技术发展现状与新型泥

浆冷却系统的研究[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2010,37(9):1-5.

- [2] 李国圣,孙友宏,郭威.天然气水合物钻井泥浆冷却系统的设计及现场应用[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2011,38(2):8-11.
- [3] 叶建良,殷琨,蒋国盛,等.天然气水合物钻井的关键技术与对策[J].探矿工程,2003,(5):45-48.
- [4] 陈友明.基于ARM处理器S3C2440的无纸记录仪的设计[J].电子世界,2012,(5):123-129.
- [5] 赵伟国,王文海,冯华.基于嵌入式系统的新型无纸记录仪[J].机电工程,2004,21(3):47-50.
- [6] 陈作义,杨晓西,叶国兴,等.天然气水合物概况及最新研究进展[J].海洋通报,2002,21(3):78-85.
- [7] 金庆煊.天然气水合物—未来的新能源[J].中国工程科学,2000,(11):29-34.
- [8] 周怀阳,彭晓彤,等.天然气水合物勘探开发技术研究进展[J].地质与勘探,2002,38(1):70-73.
- [9] 郭平,刘世鑫,杜建芬.天然气水合物气藏开发[M].北京:石油工业出版社,2006,95-96.
- [10] 市川佑一郎.甲烷水合物的勘探与生产[J].田志坤,译.国外钻井技术,1997,12(6):1-8.