

宁夏灵武幅、磁窑堡幅综合地质调查 LS01 孔冲洗液护壁技术

何玉云, 王发民

(宁夏回族自治区核工业地质勘查院, 宁夏 银川 750021)

摘要:宁夏灵武幅、磁窑堡幅综合地质调查 LS01 孔设计深度 800 m, 钻探过程中钻遇 200 余米第四系未胶结松散地层, 主要有砾石(漂砾)—粗砂—中砂—细砂互层, 钻孔护壁难度大, 容易发生掉块、塌孔事故, 取心困难; 进入第三系钻遇清水营组紫红色泥岩, 地层造浆且易打滑; 进入白垩系宜君组, 钻遇 365.91 m 的破碎砾岩, 地层松散破碎, 钻进过程易卡钻, 回转阻力大, 回次进尺少, 进尺慢。根据类似钻孔施工资料及地层情况最终采用成膜护壁冲洗液, 钻进过程中穿过多层复杂地层, 成膜护壁冲洗液在破碎砾岩孔段起到了很好的护壁效果, 没有出现掉块、塌孔事故; 岩心采取率满足地质设计要求, 全孔平均采取率达到 95.89%; 节约了套管下入深度, 终孔深度 800 m, 终孔口径 124.00 mm。

关键词:第四系松散地层; 护壁; 成膜护壁冲洗液; 三层管取心钻具

中图分类号:P634.6 **文献标识码:**B **文章编号:**1672-7428(2020)01-0031-05

Drilling fluid wall protection for the comprehensive geological survey Borehole LS01 for the Lingwu and Ciyaobao map sheets in Ningxia

HE Yuyun, WANG Famin

(Ningxia Nuclear Industry Geological Exploration Institute, Yinchuan Ningxia 750021, China)

Abstract: The LS01 hole for comprehensive geological survey of Lingwu and Ciyaobao has a designed depth of 800.00m. During the drilling process, more than 200 meters of Quaternary unconsolidated loose strata was encountered, mainly gravel (boulder)-coarse sand-medium sand-fine sand were interbedded. It was difficult to drill and protect the borehole wall, and prone to have blockage and collapse incidents which made difficult coring. When entering the Tertiary system, the purple mudstone of Qingshuiying formation was met, and the stratum was slippery and produced mud; when entering the Cretaceous Yijun gravel formation, drilling encountered 365.91m broken conglomerate, loose and broken, prone to leading to sticking, high rotatory resistance, less footage per run, and slow advance. In reference to similar borehole drilling data and formation conditions, the film-forming wall-protecting drilling fluid was finally adopted. During the drilling process, the film-forming wall flushing fluid played a good role in drilling through multi-layers of complex strata and provided good wall protection over the broken conglomerate hole section without falling stones and hole collapse accidents. The overall core recovery rate reached 95.89%, meeting the requirements of geological design, which saved casing material. The final hole depth was 800.00 meters, and the final hole diameter was 124.00mm.

Key words: Quaternary loose stratum; wall protection; film-forming wall-protecting drilling fluid; triple-tube coring drill

1 地质与工程概况

宁夏灵武幅、磁窑堡幅综合地质调查 LS01 孔位于 307 国道与 344 国道交叉口东北侧, 属于宁夏

灵武平原区与山前接触地带, 西距黄河约 11 km。

钻孔设计深度 800 m。

1.1 地质概况

收稿日期: 2019-01-17 DOI: 10.12143/j.tkgc.2020.01.006

基金项目: 宁夏回族自治区第八批地勘基金项目“灵武幅、磁窑堡幅 1:5 万综合地质调查项目”(编号: 2017NCZ001803W)

作者简介: 何玉云, 男, 回族, 1985 年生, 工程师, 硕士, 地质工程专业, 主要从事地质岩心钻探及冲洗液等方面的研究及管理工作, 宁夏银川市西夏区贺兰山西路 718 号, heyuyun2010@126.com。

引用格式: 何玉云, 王发民. 宁夏灵武幅、磁窑堡幅综合地质调查 LS01 孔冲洗液护壁技术[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2020, 47(1): 31-35.
HE Yuyun, WANG Famin. Drilling fluid wall protection for the comprehensive geological survey Borehole LS01 for the Lingwu and Ciyaobao map sheets in Ningxia[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2020, 47(1): 31-35.

工作区综合地层区划属柴达木—华北地层大区,华北地层区鄂尔多斯西缘地层分区,以黄河断裂为界可划分为贺兰山地层小区和桌子山—青龙山地层小区。工作区内出露地层自老而新有三叠系、侏罗系、白垩系、古近系、新近系和第四系,具体地层岩性情况详见表 1。

表 1 LS01 孔地层岩性
Table 1 Lithology at Borehole LS01

深度/m	岩 性
0~12.8	破碎砾石层,砾石含量 80%,粗砂含量 20%,砾石砾径 1~13 cm
12.8~205.4	松散粘土—细砂—中砂—粗砂—砾石互层,松散未胶结
210.4~300.9	紫红色泥岩,易打滑
300.9~666.81	破碎砾岩,主要为灰紫间灰黄色砾岩、砂砾岩夹含砾砂岩,砾石砾径多在 2~40 mm,其中 555.00~666.81 m 为断层破碎带
666.81~800.00	中—粗粒长石砂岩,夹杂少量黄色泥岩

1.2 工程概况

LS01 孔为一孔多用,既要采取第四系岩心样品,研究第四系填充序列、查明第四系地层结构,也要扩孔钻探后进行分层抽水试验,揭示下部地下水特征以及鄂尔多斯台地与银川平原地下水的补排关系。岩心钻探采用 XY-6B 型钻机钻进,配备 BW~260/7 型泥浆泵,采用提钻取心工艺。2018 年 8 月 23 日开钻,2018 年 10 月 28 日终孔,终孔深度 800 m,终孔口径 124 mm。采用三开孔身结构,一开采用“ $\Phi 124$ mm 三层管取心钻具+45 m 钻铤($\Phi 68$ mm,壁厚 12 mm)+ $\Phi 60$ mm 钻杆”钻进至 25.6 m,再采用 $\Phi 365$ mm 钻头扩孔至 25.6 m 下

$\Phi 311$ mm 表层套管;二开继续采用“ $\Phi 124$ mm 三层管取心钻具+45 m 钻铤+ $\Phi 60$ mm 钻杆”钻进至 176.1 m,再采用 $\Phi 275$ mm 钻头扩孔至 176.1 m 下入 $\Phi 168$ mm 技术套管;三开采用“ $\Phi 124$ mm 双管钻具+45 m 钻铤+ $\Phi 60$ mm 钻杆”钻进至终孔,具体钻孔结构见图 1。

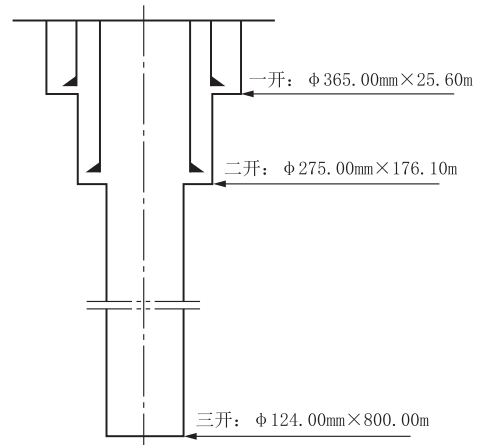


图 1 LS01 孔钻孔结构

Fig.1 Structure of Borehole LS01

2 施工难点及冲洗液选择

2.1 施工难点

(1)第四系地层松散、胶结性差,孔壁易坍塌、掉块。0~205.4 m 为砾石—细砂—中砂—粗砂互层,其中 0~12.8 m 为砾石层,12.8~205.4 m 为细砂—中砂—粗砂互层,岩石未胶结,松散易坍塌,且含有少量粘土,易吸水分散剥落、掉块坍塌^[1],第四系岩心照片见图 2。



图 2 砾石—细砂—中砂—粗砂互层岩心

Fig.2 Interbedded gravel-fine sand-medium gravel-coarse sand cores

(2)钻进泥岩地层易打滑,而且地层造浆导致冲洗液粘度增加。205.4~300.9 m 为紫红色泥岩,钻

进时地层易打滑,进尺慢,而且地层造浆^[2-5]。泥岩地层岩心照片见图 3。



图 3 泥岩地层岩心照片

Fig.3 Photos of mudstone core

(3) 砾岩地层破碎,且存在断层破碎带,孔壁易掉块卡钻^[2-3,6-7]。300.9~666.81 m 为白垩系宜君组砾岩,其中 555.00~666.81 m 为断层破碎带,钻进过程中多次出现提下钻遇阻现象。破碎砾岩地层岩心见图 4。



图 4 破碎砾岩地层岩心照片

Fig.4 Photos of broken conglomerate core

(4) 钻遇含水层,冲洗液性能维护难度大^[8]。孔深 243 m 时钻遇含水层,涌水量约 2.0 m³/h,冲洗

液易被稀释^[9]。

(5) 缺少冲洗液固控设备,冲洗液性能维护难度大。钻孔地层条件复杂,钻进及扩孔过程中产生大量岩粉^[10],而又缺少相应的固控设备,冲洗液性能维护难度大^[11-12],含砂量很难控制在 5% 以下。

2.2 冲洗液选择

为保证在该地区钻孔顺利施工,开展了区域地质资料、相邻黄河大断裂附近钻孔施工及冲洗液使用情况调研与分析,2015 年施工的银川盆地 ZK-1 孔,位于贺兰山东麓冲积扇平原与黄河冲积平原交界处,采用普通低固相冲洗液钻进过程中多次发生孔壁坍塌事故,增加了钻探成本。2018 年施工的银川平原永宁县某钻孔,位于黄河西岸,采用普通低固相冲洗液钻进至 560 m 发生孔壁坍塌事故,最终挪孔。由于该区域地层复杂,如第四系地层厚度大且松散,白垩系地层破碎,选用的冲洗液必须满足不同地层的护壁要求^[13]。因此,在充分调研的基础上,最终采用北京探矿工程研究所研制的成膜护壁冲洗液进行施工,该冲洗液具有良好的隔水及强抑制作用,主要材料有膨润土、成膜体系 B 剂、防塌型随钻堵漏剂、降滤失剂(GPNH)及增粘剂(GTQ)^[4,14]。

成膜护壁冲洗液体系中各处理剂的主要作用见表 2。

表 2 成膜护壁冲洗液体系中各处理剂的主要作用

Table 2 Main functions of various additives in the film-forming wall-protecting drilling fluid system

处理剂名称	主要作用
氢氧化钠	调节配浆水的 pH 值
膨润土	造浆材料,降低滤失量及提高冲洗液粘度
成膜体系 B 剂	提高体系抑制性能、隔水护心
防塌型随钻堵漏剂	封堵裂隙,保护孔壁
增粘剂(GTQ)	增粘及降滤失作用
降滤失剂(GPNH)	降低冲洗液滤失量
重晶石	提高冲洗液密度,出现孔内涌水时使用

3 成膜护壁冲洗液现场应用

3.1 成膜护壁冲洗液现场使用配方

成膜护壁冲洗液配方为:1 m³ 水+1~2 kg 氢氧化钠(NaOH)+30~50 kg 成膜体系 B 剂+10~30 kg 膨润土+10~20 kg 防塌型随钻堵漏剂(GPC)+5~10 kg 降滤失剂(GPNH)+5~10 kg 增粘剂(GTQ)+重晶石。

现场冲洗液性能为:密度 1.05~1.15 g/cm³,

马氏漏斗粘度 53~65 s, 滤失量 6~9 mL/30 min, 含砂量 4%。

3.2 成膜护壁冲洗液配制与维护

(1) 冲洗液配制方法: 在 1.0 m³ 泥浆配浆罐中放入清水, 然后加入 1~2 kg NaOH, 搅拌 5 min 后, 加入 30~50 kg 成膜护壁体系 B 剂, 并搅拌 5 min。再按照配方顺序依次加入 10~30 kg 膨润土、10~20 kg GPC 及 5~10 kg GPNH 搅拌 5~10 min。最后再加入 5~10 kg GTQ, 搅拌 20~30 min 后即可使用。

(2) 冲洗液维护方法: 前期换浆时严格按配方配制冲洗液, 在冲洗液循环使用中, 经常测试冲洗液性能。补浆时需根据地层情况、冲洗液性能及各处理剂的加量, 其中成膜体系 B 剂主要起提高体系抑制性能、锁水护心的作用, 使用时一定要保证其有效浓度, 通常情况下根据取出岩心的状态来判断其浓度是否足够, 如果岩心表面光滑完整, 则说明浓度足量, 可以正常添加或者适当减量^[15]。

(3) 为了确保冲洗液性能的正常发挥和岩粉及时沉淀, 根据场地情况设置了长距离的冲洗液循环槽, 配置了 2 个 5 m³ 左右的沉淀池。

3.3 成膜护壁冲洗液应用效果

(1) 护壁效果良好, 施工过程顺利。全孔钻遇 6 种不同特点的复杂地层, 地层变化大, 钻孔护壁难度大, 成膜防塌无固相冲洗液很好地发挥了防塌护壁效果, 没有发生掉块卡钻事故, 确保了钻进工作的顺利实施。

(2) 钻探质量达到优秀级别, 地质设计岩心钻探全孔岩心采取率不得低于 90%, 由于冲洗液“护心”效果明显, 该孔全孔平均岩心采取率达到 95.89%, 为地质研究工作提供了强有力的保障。成膜冲洗液“护心”效果见图 5。

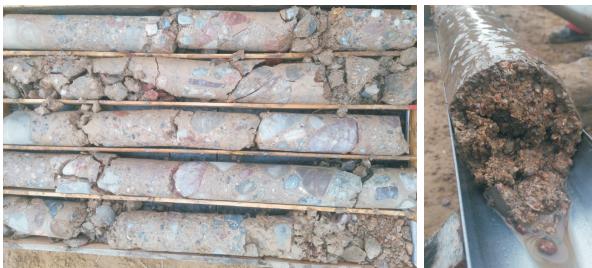


图 5 成膜护壁冲洗液体系“护心”效果

Fig.5 “Heart protecting” effect of the film-forming wall-protecting drilling fluid system

(3) 悬浮携带岩粉效果明显。全孔钻进过程中没有出现提下钻遇阻现象, 提下钻顺畅, 终孔后物探测井探头一次性测至孔底, 取得了完整的测井资料。

(4) 简化了钻孔结构, 降低了钻进风险。LS01 孔岩心钻探终孔孔深 800.00 m, 二开套管下入深度 176.1 m, 在三开 623.9 m 的裸眼钻进过程中, 钻遇多种复杂地层, 成膜护壁冲洗液有效保证了孔壁安全, 没有发生孔内事故, 节约套管约 500 m, 减少了提下套管的辅助时间, 降低了孔内套管层数, 降低了施工风险。

(5) 节约了成本, 增加了社会效益。由于维护方法简单合理, LS01 孔岩心钻探施工采用成膜护壁冲洗液, 没有发生孔内事故等复杂情况, 相比于银川盆地黄河大断裂附近其它钻孔, LS01 孔全孔施工顺利, 有效节约了成本, 增加了社会效益。

4 结论

(1) 对于全孔地层较复杂的钻孔, 选择合理的冲洗液护壁技术非常关键, 合理选择冲洗液体系既可以保证孔壁安全, 又可以节约下套管的数量, 从而简化钻孔结构, 确保施工过程顺利。

(2) 成膜护壁冲洗液的“护壁护心”效果良好, 钻进过程中提下钻顺畅, 没有出现掉块、坍塌等复杂情况, 岩心采取率达到 95.89%, 符合地质设计要求。

(3) 成膜护壁冲洗液可以有效保护松散砂层和松散破碎碎岩地层的孔壁稳定, 避免掉块、坍塌等复杂情况的发生, 提高了施工效率, 节约了钻探综合成本, 增加了社会经济效益。

(4) 现场应用成膜护壁冲洗液在没有固控设备的情况下要合理布置冲洗液循环系统, 勤捞岩粉, 确保冲洗液各项性能参数保持在合理范围之内, 有利于保证孔壁安全和提高施工质量。

参考文献 (References):

- [1] 李攀义, 单文军, 徐兆刚, 等. 成膜防塌无固相钻井液体系在金鹰矿区 ZK1146 井中的应用研究[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2015, 42(10): 26-30.
LI Panyi, SHAN Wenjun, XU Zhaogang, et al. Research and application of solid free film-forming and anti-sloughing drilling fluid system in Well ZK1146 of Jinying Mining Area[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2015, 42(10): 26-30.
- [2] 陶士先, 付帆. 地质钻探冲洗液技术[M]. 北京: 地质出版社, 2015.

- TAO Shixian, FU Fan. Geological drilling flushing fluid technology[M]. Beijing: Geological Publishing House, 2015.
- [3] 陶士先, 纪卫军. 地质钻探复杂地层冲洗液对策及应用案例[M]. 北京: 地质出版社, 2015.
- TAO Shixian, JI Weijun. Countermeasures and application cases of drilling fluids for geological drilling in complex formation[M]. Beijing: Geological Publishing House, 2015.
- [4] 熊正强, 陶士先, 李艳宁, 等. 国内外冲洗液技术研究与应用进展[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2016, 43(5): 6—12.
- XIONG Zhengqiang, TAO Shixian, LI Yanning, et al. Progress in research and application of flushing fluid technology both in China and Abroad[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2016, 43(5): 6—12.
- [5] 胡继良, 陶士先, 纪卫军. 破碎地层孔壁稳定技术的探讨与实践[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2011, 38(9): 30—32, 64.
- HU Jiliang, TAO Shixian, JI Weijun. Discussion of borehole wall stability technology in broken formation and the practice [J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2011, 38(9): 30—32, 64.
- [6] 孙丙伦, 陈师逊, 陶士先. 复杂地层深孔钻探泥浆护壁技术探讨与实践[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2008, 35(5): 13—15, 24.
- SUN Binglun, CHEN Shixun, TAO Shixian. Discussion and practice on wall protection with slurry in deep-hole drilling in complicated formation[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2008, 35(5): 13—15, 24.
- [7] 颜志华, 王剑武, 石得权. 复合泥浆解决失稳地层钻进难题[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2015, 42(2): 57—59, 64.
- YAN Zhihua, WANG Jianwu, SHI Dequan. Drilling difficulties in unstable formation being solved by compound mud[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2015, 42(2): 57—59, 64.
- [8] 段志强, 李生海. 低固相冲洗液在赣南再里地区的应用研究[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2016, 43(6): 26—29.
- DUAN Zhiqiang, LI Shenghai. Application of low solid flushing fluid in Zaili Area of South Jiangxi[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2016, 43(6): 26—29.
- [9] 姜桂春. 聚炳烯酰胺无固相冲洗液在复杂地层中的应用研究[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2015, 42(1): 34—37.
- JIANG Guichun. Application of polyacrylamide solid-free drilling fluid in complex strata drilling[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2015, 42(1): 34—37.
- [10] 孙宗席. 甘肃文县阳山矿区复杂地层用冲洗液研究[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2012, 39(12): 32—35.
- SUN Zongxi. Study on washing fluids for complex formation in Yangshan Mining Area of Gansu[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2012, 39(12): 32—35.
- [11] 陈灿, 王畅. 湖南常宁仙人岩矿区复杂地层钻探护壁堵漏技术[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2018, 45(5): 37—39.
- CHEN Can, WANG Chang. Wall protection and plugging technology in complex stratum drilling in Xianrenyan Mining Area of Hunan[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2018, 45(5): 37—39.
- [12] 王江平. 嵩县大王沟钼矿区破碎地层金刚石绳索取心钻进实践[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2012, 39(10): 40—42.
- WANG Jiangping. Practice of diamond wire-line coring drilling in broken formation of Dawanggou Molybdenum Mining Area in Song County[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2012, 39(10): 40—42.
- [13] 李生海, 马智跃, 邓先明, 等. 高分子聚合物无固相冲洗液在牛头山深钻 CUSD3 孔的应用研究[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2017, 44(1): 29—32.
- LI Shenghai, MA Zhiyue, DENG Xianming, et al. Research and application of high-molecular polymers solid-free drilling fluid in Niutoushan deep drilling hole CUSD3[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2017, 44(1): 29—32.
- [14] Xiong Zhengqiang, Tao Shixian, Li Xiaodong, et al. Development and application of anti-collapse & anti-drag agent for drilling fluid[J]. Procedia Engineering, 2014, 73: 55—62.
- [15] 陶士先, 李晓东, 吴召明, 等. 强成膜性护壁钻井液体系的研究与应用[J]. 地质与勘探, 2014, 50(6): 1147—1154.
- TAO Shixian, LI Xiaodong, WU Zhaoming, et al. Research and application of the strong-film-forming wall-protecting flushing fluid system for drilling[J]. Geology and Exploration, 2014, 50(6): 1147—1154.

(编辑 韩丽丽)