

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

李生海^{1,2}, 马智跃¹, 邓先明¹, 段志强¹, 韩园园¹, 刘晓阳³, 康 鑫²

(核工业二七〇研究所, 江西 南昌 330200; 2. 中国地质大学(武汉), 湖北 武汉 430074; 3. 核工业北京地质研究院, 北京 100029)

摘要:牛头山深钻 CUSD3 孔是中核集团龙灿工程“相山基础地质研究”项目实施的第二个科学深钻钻孔。该孔钻遇的地层包括碎斑熔岩、流纹英安岩、片岩、板岩及千枚岩。地层裂隙发育、破碎、掉块严重, 孔壁稳定性差。根据钻进施工中出现的难题, 选用了高分子无固相冲洗液。应用表明, 该冲洗液具有护壁性好、流动性好、减阻效果好等特点, 取得了良好的效果, 有效地保证该钻孔的顺利完工。

关键词:高分子聚合物; 无固相冲洗液; 护壁; 减阻; 牛头山深钻 CUSD3 孔

中图分类号: P634.6 文献标识码: A 文章编号: 1672-7428(2017)01-0029-04

Research and Application of High-molecular Polymers Solid-free Drilling Fluid in Niutoushan Deep Drilling Hole CUSD3/Li Sheng-hai^{1,2}, MA Zhi-yue¹, DENG Xian-ming¹, DUAN Zhi-qiang¹, HAN Yuan-yuan¹, LIU Xiao-yang³, KANG Xin² (1. Research Institute No. 270, CNNC, Nanchang Jiangxi 330200, China; 2. China University of Geosciences, Wuhan Hubei 430074, China; 3. CNNC Beijing Research Institute of Uranium Geology, Beijing 100029, China)

Abstract: Niutoushan deep drilling CUSD3 belongs to the longcan engineering of china national nuclear corporation, which is second deep drilling of xiangshan fundamental geological research project. Drilling strata includes porphyroclastic lava, rhyolitic dacite, schist, slate and phyllite. The Strata is broken, fracture developed, and severe sloughing, resulting in poor stability of hole wall. According to the problems in drilling construction, select the Polymeric solid free drilling fluid, which has the characteristics of good wall protection, good fluidity, and high efficiency of reducing obstacle. The application in Niutoushan deep drilling CUSD3 achieved good effect, and effectively ensure the scientific drilling successfully completed.

Key words: high-molecular polymers; solid-free flushing fluid; borehole wall; drag reduction; Niutoushan deep drilling hole CUSD3

1 牛头山深钻 CUSD3 孔概况

相山铀矿田牛头山深钻 CUSD3 孔属于江西相山铀矿田牛头山勘查区深部钻探工程施工项目, 该项目来源于中核集团“龙腾 2020 科技创新示范工程——龙灿工程”下属子课题《相山基础地质研究》, 承担单位为核工业北京地质研究院, 钻探施工单位为核工业二七〇研究所。

牛头山深钻 CUSD3 孔钻探的目的是在深入研究相山大型铀矿田牛头山勘查区深部成矿环境, 拓展铀矿资源勘查的第二找矿空间, 研究深部铀多金属成矿环境、成矿潜力、流体演化、控矿构造等, 为突破“攻深扩围”提供技术支撑。

该科研钻孔设计直孔孔深 1600 m, 终孔孔径 $\leq$

75 mm, 孔斜要求终孔顶角 $\geq 15^\circ$, 全孔取心, 岩心采取率平均达到 90% 以上(不含构造破碎带), 构造破碎带为 65% 以上。

牛头山深钻 CUSD3 孔于 2015 年 7 月 18 日开钻, 2015 年 12 月 4 日终孔, 达到地质目的层位, 孔深 1616.18 m, 终孔直径 122 mm, 终孔顶角累计偏差为 2.4° , 全孔平均岩心采取率为 98.9% (含构造破碎带)。施工现场采用的是高分子聚合物无固相冲洗液体系, 配方成分主要为: 聚丙烯酰胺、HV-CMC(纤维素)、改性磺化沥青粉、特效润滑剂, 该体系具有护壁性好、减阻效果好、润滑性好、满足绳索冲击回转工艺要求的特点, 通过在牛头山深钻 CUSD3 孔的应用, 取得了较好效果, 有效地保证该

收稿日期: 2016-06-02; 修回日期: 2016-10-13

作者简介: 李生海, 男, 汉族, 1985 年生, 副经理, 工程师, 中国地质大学(武汉)在读硕士研究生, 地质工程专业, 从事钻探技术和生产管理工作, 江西省南昌县莲西路 508 号, 66425120@qq.com。

科研钻孔的顺利完工。

2 地质概况

牛头山深钻 CUSD3 孔位于火山岩型铀矿田相山矿田的西部—牛头山地区,海拔高度 256.11 m,相对高差 78~100 m。该钻孔钻遇地层主要有:

0~561.17 m;1090.17~1518.15 m 碎斑熔岩。岩石具斑状结构,基质为玻基结构,块状构造。斑晶以石英、长石为主。

561.57~1090.17 m 流纹英安岩。岩石呈斑状结构,基质为微晶结构,块状构造。

1518.15~1616.18 m 片岩、板岩及千枚岩。岩石主要由石英、长石、黑云母等矿物组成,片状构造。

地层裂隙发育、胶结性差、破碎严重(见图 1),在钻进过程中由于地层破碎,易发生掉块卡钻现象,造成孔内事故的发生。

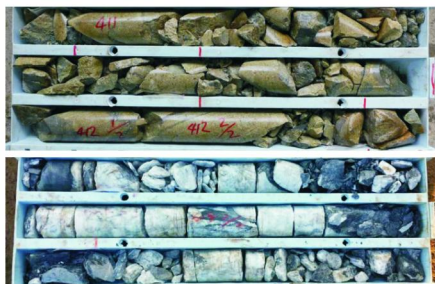


图 1 牛头山深钻 CUSD3 孔取出的部分破碎岩心

3 牛头山深钻 CUSD3 孔钻孔结构

在施工过程中,结合 XY-8DB 型钻机的设备能力、岩层情况,牛头山深钻 CUSD3 孔实际终孔孔身结构图和套管情况如图 2、表 1 所示。

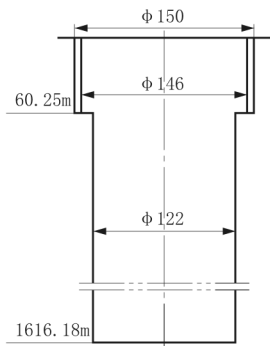


图 2 牛头山深钻 CUSD3 孔实际孔身结构

4 施工中存在的主要问题及原因

牛头山深钻 CUSD3 孔在施工中出现的主要问题

表 1 实际下入孔内套管情况一览表

开钻次数	钻头直径/mm	孔段/m	套管直径/mm	壁厚/mm	钢级	套管总长/m	水泥封固井段/m
一开	150	0~60.25	146	4.5	DZ40	60.25	至孔口
二开	122	60.25~1616.18					

有以下 2 个。

(1) 岩石破碎,孔壁失稳,掉块现象明显。原因是在地质成因、构造运动的作用下形成的破碎带及节理、裂隙发育的地层,松散不稳定、胶结性差,在钻进过程中,泥浆的冲刷和动压力作用下,上覆盖层压力、水平地应力及孔隙压力的平衡状态被破坏,导致孔壁不稳定。

(2) 钻进过程中摩擦阻力大,回转扭矩偏高。原因是使用的 S122 绳索取心钻杆,在回转钻进时,岩石破碎有掉块现象,钻杆与孔壁产生的摩擦阻力会增大,回转扭矩会随着孔深的增加而偏高。

5 高分子聚合物无固相冲洗液配方

5.1 高分子聚合物无固相冲洗液配方设计

(1) 岩心完整地层。采用的是无固相冲洗液,其配方为:1 m³ 水 + 5~6 kg 聚丙烯酰胺 + 15~16 kg 特效润滑剂。基本性能参数为:密度 1.008 g/cm³,漏斗粘度 18~20 s,API 滤失量 16 mL/30 min, pH 值 8,润滑系数 0.18。

(2) 岩心破碎地层。采用的是高分子聚合物类无固相冲洗液,具有低粘度、低密度、低切力的特点,其配方为:1 m³ 水 + 5~6 kg 聚丙烯酰胺 + 3~5 kg HV-CMC(纤维素) + 10~12 kg 磺化沥青粉 + 15~16 kg 特效润滑剂。基本性能参数为:密度 1.01~1.02 g/cm³,漏斗粘度 24~26 s,API 滤失量 12 mL/30 min, pH 值 8,润滑系数 0.20。

5.2 高分子聚合物无固相冲洗液作用效果

(1) 具有高粘度和弹性的吸附水化层起到堵漏作用。能有效防止水分子向孔壁上的微小裂缝渗入,减少剥蚀掉块。

(2) 具有较好的护壁防塌效果。能在孔壁上形成低渗透率、柔韧、薄而致密的滤饼,降低冲洗液的滤失量,从而减少因冲洗液失水引起的缩径、坍塌现象。

(3) 润滑性能好。选用的特效润滑剂由脂酸钠、龟化油、硬脂酸等经特殊工艺提炼而成,具有降低表面张力,降低摩擦阻力的作用。

(4)具有抗温性能。随着孔深的增加,地层温度逐步上升,在高温条件下,冲洗液中的高分子会发生降解作用,导致冲洗液失水量上升,从而破坏流动性,使冲洗液粘度下降。磺化沥青的分子链主要以 $-C-C-$ 、 $-C-S$ 键,键能相对较强,能抗高温 $180\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

6 高分子聚合物无固相冲洗液在牛头山深钻 CUSD3 孔的应用

6.1 高分子聚合物无固相冲洗液现场使用配方

牛头山深钻 CUSD3 孔在孔深 1168.22 m 遇到岩石破碎、裂隙发育,我们及时调整冲洗液配方,具体配方: 1 m^3 水 + $5\sim 6\text{ kg}$ 聚丙烯酰胺 + $5\sim 8\text{ kg}$ HV-CMC(纤维素) + $10\sim 12\text{ kg}$ 磺化沥青粉 + $18\sim 20\text{ kg}$ 特效润滑剂。

6.2 现场泥浆循环系统及性能测试

6.2.1 现场泥浆循环系统

根据深孔施工冲洗液要求和现场施工条件,对泥浆循环系统进行布置和设置了 5 个取浆点(见图 3)。

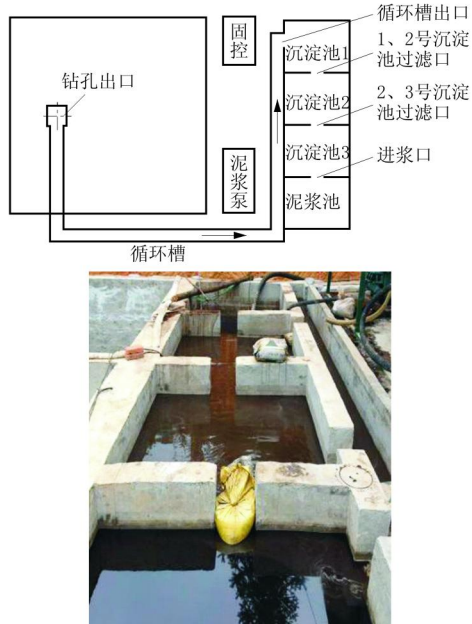


图 3 泥浆循环系统现场布置图及取浆设置点

6.2.2 性能测试

为了方便施工现场冲洗液性能测试,配置了 1 套泥浆性能测试仪器,有 ZNN-D6 型六速旋转粘度计、ZLN-1A 型漏斗粘度计、XYM-1 型液体密度计、ZNS-2A 型中压滤失仪、D90-A 型电动搅拌机、EP-2 型极压润滑仪。

对 5 个取浆点进行了性能测试(见表 2)。

表 2 高分子聚合物无固相冲洗液性能参数表

位置	密度/ ($\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$)	表观 粘度/ ($\text{mPa}\cdot\text{s}$)	漏斗 粘度/ s	动 塑 比	失水量/ [$\text{mL}\cdot(30\text{ min})^{-1}$]	pH 值	胶体 率/ %	润滑 系数
1	1.0240	3.0	21.06	0.30	18	7	100	0.180
2	1.0216	3.0	20.95	0.30	18	7	100	0.182
3	1.0184	3.2	19.28	0.28	18	7	100	0.173
4	1.0230	3.2	18.84	0.28	18	7	100	0.178
5	1.0310	3.5	26.00	0.28	16	8	100	0.20

6.3 高分子聚合物无固相冲洗液现场使用效果

高分子聚合物无固相冲洗液在孔深 1168.22 m 开始使用,至 1616.18 m 终孔,取得了理想的应用效果。主要体现在以下几个方面。

(1)具有稳定性和触变性、抗温性能强。根据测井资料得知,该孔平均温度梯度为 $3.10\text{ }^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$,即使温度在 $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ 以上仍能降低失水。孔壁稳定,掉块现象明显减少,未出现卡钻现象,同时减小了钻具、泥浆泵缸套和活塞的磨损。

(2)具有良好的流变性。流动时和静止后粘度均较低,起下钻和开泵时没有出现较大的压力波动,从未出现憋泵状况。泵量泵压与孔深关系变化见图 4。

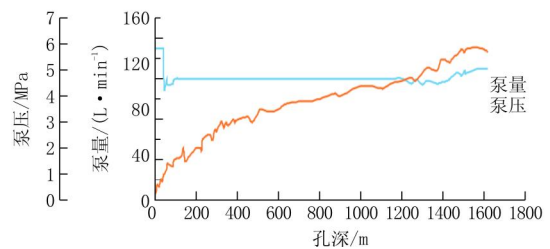


图 4 泵量泵压与孔深关系变化

(3)减阻效果好。随着孔深的增加,回转扭矩变化稳定。扭矩与孔深关系变化见图 5。

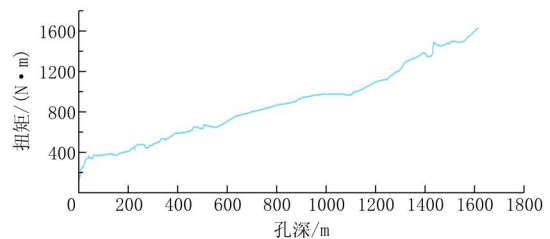


图 5 扭矩与孔深关系变化

(4)打捞岩心顺利。该冲洗液具有良好的絮凝和吸附岩屑的作用,净化能力强,性能稳定,不易在绳索取心钻杆内结泥皮。

(5)液动冲击器在孔内工作情况稳定、良好。

该冲洗液具有良好的携砂性能和自我净化能力。使用的PQ液动冲击器共投入655回次,正常工作648回次,使用成功率达到98.9%。

(6)钻头使用寿命长。钻进过程中金刚石钻头出刃良好,最高使用寿命达226.52 m。使用后的金刚石钻头及出刃效果见图6。

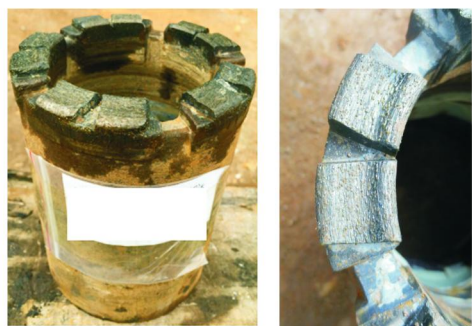


图6 使用后的Ø122 mm 金刚石钻头及出刃效果

6.4 高分子聚合物无固相冲洗液性能现场维护

(1)泥浆配方中的部分高分子材料,需要进行预水化的,一定要提前进行水化,不得直接加入干粉。

(2)配制好的泥浆要在储浆池中静置8 h后,方可加入泥浆循环池中。

(3)经常测试钻进使用的冲洗液性能,根据其性能,及时补充新鲜的冲洗液;钻孔换浆要上至下逐步替换,不能一次性替完,以免造成孔壁失稳事故的发生。

(4)严格控制冲洗液固相含量,利用好固控设施,及时清理循环槽和沉淀池中的岩粉。

(5)泥浆池、沉淀池要做遮雨设施,防止雨水流入破坏泥浆性能,也要防止冲洗场地的水流入池中。

(6)现场要配专人负责泥浆性能的维护,做好泥浆技术档案;现场泥浆材料要做好标注,并做好分类存放及防潮措施。

6.5 高分子聚合物无固相冲洗液成本分析

高分子聚合物无固相冲洗液在牛头山深钻CUSD3孔的应用,取得了良好的经济效益,降低了冲洗液成本。具体见表3。

表3 高分子聚合物无固相冲洗液成本分析

材料名称	每孔用量/t	金额/元	成本/(元·m ⁻¹)
聚丙烯酰胺	0.5	10740	22.47
磺化沥青粉	1.175	15980	
HV-CMC	0.2	4696	
特效润滑剂	0.5	4900	

7 结语

(1)针对不同的地层,优选泥浆材料和处理剂,进行冲洗液配方室内试验,确定冲洗液性能参数,合理选择配置泥浆固控设备和净化系统,做好泥浆日常维护措施,才能保证钻探施工的顺利进行。

(2)高分子聚合物无固相冲洗液具有良好的润滑性及适当的粘度,能显著地降低回转扭矩;能增加孔壁颗粒之间的胶结力,增加孔壁的稳定性,在孔壁上形成一层很薄的泥皮,降低冲洗液的失水量;具有良好的岩粉携带性,减少钻头的重复破碎,提高钻头的寿命,适用于完整稳定的地层。

(3)高分子聚合物无固相冲洗液配制简便、维护方便,减少现场工人的劳动强度,提高班组时间利用率,有利于提高钻探效率。

(4)高分子聚合物无固相冲洗液在该地区牛头山深钻CUSD3孔的成功应用,对该地区其他机台施工冲洗液的选用具有一定的指导意义。

参考文献:

- [1] 鄢捷年. 钻井液工艺学[M]. 山东青岛:中国石油大学出版社, 2005.
- [2] 李攀义,单文军,徐文刚,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.
- [3] 李生海,段志强,韩园园,等. 相山地区河元背深钻CUSD2孔钻探技术[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2015, 42(10): 6-10, 16.
- [4] 康鑫,李生海,刘晓阳,等. 河元背地区绳索取心钻进泵压计算模型的建立与应用[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2016, 43(2): 28-31.
- [5] 刘晓阳,李大昌,叶雪峰. 中国铀矿第一科学深钻施工概况[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2013, 40(S1): 297-304.
- [6] 姜桂春. 聚丙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, 41(1): 34-37.
- [7] 李勇,陈怡,王虎,等. 磺化沥青钻井液在贵州地热能勘探中的应用[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2015, 41(1): 27-30.
- [8] 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.
- [9] 冯美贵,朱迪斯,翁炜,等. 地质岩心钻探冲洗液固控系统及配套工艺研究[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2016, 43(5): 67-70, 75.
- [10] 彭朝洪,肖长波,徐飞,等. 叶舞凹陷ZKX井深部盐层钻井液技术研究[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2016, 42(2): 28-32.
- [11] 王聪,孙孝刚. 无固相冲洗液在深溪锰矿施工中的应用[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2014, 41(3): 25-28, 32.
- [12] 颜志华,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.