

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

李攀义¹, 单文军², 徐兆刚¹, 李艳宁², 岳伟民²

(1. 山东招金地质勘查有限公司, 山东 招远 265400; 2. 北京探矿工程研究所, 北京 100083)

摘要:甘肃肃北县金鹰矿区 ZK1146 井是在甘肃祁连山金矿实施的一口科学钻探井, 矿区地层包括砂岩、泥岩、炭质板岩和千枚岩。地层成岩性、胶结性差, 倾角大, 层理紊乱, 井壁强度低。针对现场情况, 研制了成膜防塌无固相钻井液体系。该体系主要是针对破碎、坍塌掉块及水敏性地层的钻进施工中遇到的主要难题, 具有护壁性、抑制性和胶结性。通过在 ZK1146 井中的应用, 取得了较好的护壁、护心效果, 有效地防止了泥岩的分散, 保证了该项目的顺利施工。

关键词: 钻井液; 成膜体系; 抑制性; 井壁稳定; 千枚岩; 金鹰矿区

中图分类号: P634.6 文献标识码: A 文章编号: 1672-7428(2015)10-0026-05

Research and Application of Solid Free Film-forming and Anti-sloughing Drilling Fluid System in Well ZK1146 of Jinying Mining Area/LI Pan-yi¹, SHAN Wen-jun², XU Zhao-gang¹, LI Yan-ning², YUE Wei-min² (1. Shandong Zhaojin Geological Survey Co., Ltd., Zhaoyuan Shandong 265400, China; 2. Beijing Institute of Exploration Engineering, Beijing 100083, China)

Abstract: Well ZK1146 is a scientific drilling hole for Qilianshan gold mine, which is located in Jinying mining area of Gansu Province; the mining area contains formations of sandstone, mudstone, carbonaceous slate and phyllite with poor lithology and cementation, large dip angle, disordered bedding and low wall strength. Based on this situation, the solid free film-forming and anti-sloughing drilling fluid system was developed with inhibitory and cementation to solve the drilling difficulties in broken, collapse and water sensitive formations. Good effects of borehole wall and core protection have been obtained in well ZK1146, the mudstone dispersing is effectively prevented.

Key words: drilling fluid; film-forming system; inhibitory; borehole wall stability; phyllite; Jinying mining area

ZK1146 井是在甘肃玉门市肃北镇金鹰祁连山金矿的一口科学钻探井, 主要是为了探明该区域黄金储量。该井设计终孔深度 510 m, 终孔口径 75 mm, 全孔取心。现场初始采用的是低固相钻井液体系, 配方为: 4% 钠土 + 0.3% CMC - HV + 0.2% PHP + 0.2% 纯碱 + 1% PVA, 泥浆性能参数为: 漏斗粘度 50 s (苏式漏斗), API 失水量 45 mL/30 min, 密度 1.10 ~ 1.20 g/cm³。ZK1146 孔前期坍塌、掉块严重, 频繁发生孔内事故, 尤其是在 380 ~ 400 m 处扫孔 3 天, 情况未有改观, 因此在 350 m 段处采用成膜防塌钻井液体系钻进, 该体系护壁和护心效果好, 井壁稳定, 有效地保证了项目的实施。

1 ZK1146 井地质工程概况

1.1 ZK1146 井地质概况

收稿日期: 2015-05-20; 修回日期: 2015-06-30

基金项目: 中国地质调查局地质矿产调查评价项目“重点成矿带钻探钻井液关键技术与示范”(编号: 12120113097400)

作者简介: 李攀义, 男, 汉族, 1971 年生, 探矿工程专业, 从事岩石钻探技术研究工作, 山东省招远市盛泰路 108 号, schpanyi@163.com。

通讯作者简介: 单文军, 男, 汉族, 1985 年生, 钻井液与完井液专业, 硕士, 从事钻井液及钻井工艺技术研究工作, 北京市海淀区学院路 29 号探工楼, 82675667@qq.com。

ZK1146 井位于甘肃省玉门市肃北镇金鹰祁连山金矿区。工区地处玉门鹰咀山祁连山金矿区, 地表侵蚀切割强烈, 沟壑梁崩纵横, 地形起伏较大, 地表高差一般为 80 ~ 100 m。二开(100 ~ 500 m), 以砂岩、砂质板岩、粉砂质板岩、炭质泥岩、千枚岩为主, 裂隙发育、破碎、扩径、坍塌、掉块严重(见图 1、图 2)。施工期间由于地层中水敏性矿物吸水膨胀、地层破碎及地应力释放等原因, 引起井壁缩径、坍塌掉块, 引起孔内事故。从施工情况看, 整个钻孔井壁十分薄弱, 稍有疏忽可能引起复杂孔内事故。

1.2 ZK1146 井工程概况

(1) ZK1146 井井身结构(见图 3)。

(2) 井身结构设计数据为: 一开 $\varnothing 114$ mm \times 10 m, 下 $\varnothing 108$ mm 套管, 下深为 10 m; 二开 $\varnothing 95$ mm \times 480 m, 下 $\varnothing 89$ mm 套管, 下深为 480 m; 三开 $\varnothing 75$ mm \times 510 m。

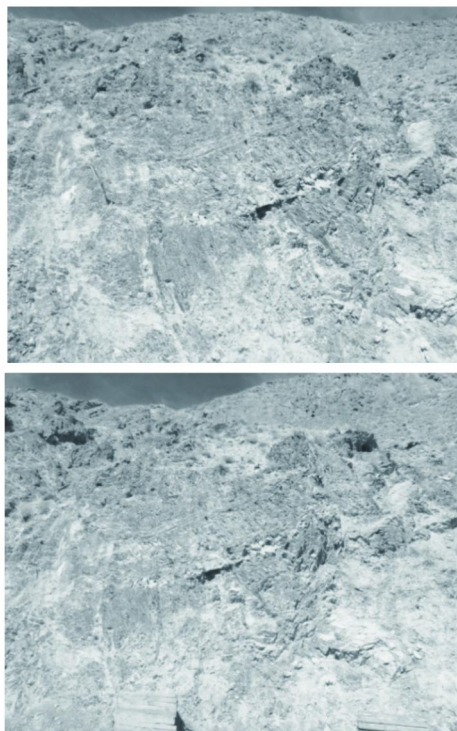


图 1 地表出露的岩层



图 2 现场取出的破碎、松散岩心

2 施工中存在的主要问题及原因

ZK1146 井施工中存在的主要问题是井壁坍塌。造成井壁坍塌的主要原因有以下几个方面。

(1) 水敏性及渗透性极强,吸水后发生分散、剥落(见图 4),直接可导致井壁坍塌。

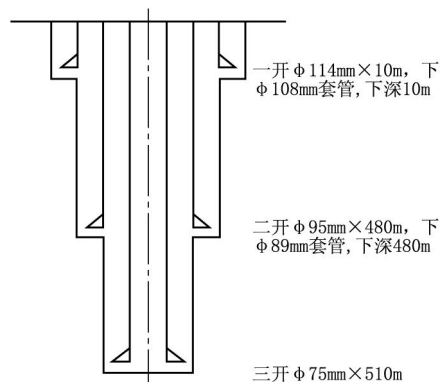
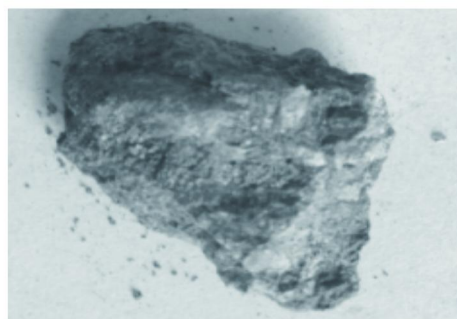
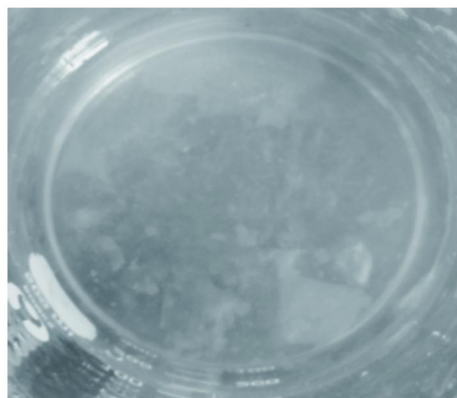


图 3 ZK1146 井井身结构示意图



(a) 浸泡前岩块



(b) 岩块清水浸泡 15s 后

图 4 现场水敏性岩块用清水浸泡前后对比图

为了研究 ZK1146 井岩心强分散的原因,室内对岩心样品进行了成分分析,结果为:35% 绿泥石,30% 滑石,25% 石英,5% 长石,3% 方解石,2% 白云母。

由分析结果可以看出,该矿区岩样中绿泥石含量高,吸水膨胀强分散。ZK1146 井石英含量为 25%,且软硬交替互层。

(2) 地层胶结性差,层理、裂隙发育,孔壁强度低。

(3) 绳索取心钻进较小的环空间隙,使得提钻时抽吸力很大(特别是粘度较高时),是造成井壁坍塌。

塌的重要诱因。

(4) 摩擦阻力大、循环泵压高。

取心至 400 m 后,由于进尺较慢,采用稠泥浆进行钻进,环空间隙小,泵压较高(250 型泵泵压 8 ~ 10 MPa)。

3 成膜防塌无固相钻井液配方及室内评价

3.1 成膜防塌无固相钻井液配方设计

3.1.1 成膜防塌无固相钻井液参考配方

(1) 上部地层(200 m 以浅)。采用普通聚合物无固相钻井液。配方为:1 m³水 + 0 ~ 30 kg 土粉 + 2 ~ 3 kg 包被剂(BBJ) + 5 ~ 10 kg 随钻堵漏剂(GPC) + 2 ~ 5 kg 抗盐共聚物(GTQ)。

(2) 下部地层(200 m 以深)。采用成膜防塌无固相钻井液,配方为:1 m³水 + 50 kg 成膜体系用 A 剂 + 2 ~ 8 kg 抗盐共聚物(GTQ) + 10 kg 防塌减阻剂(GFT) + 2 ~ 3 kg 包被剂 + 20 ~ 30 kg 封堵剂(GFD-1),遇到黑板岩、千枚岩地层时,再加入成膜体系用 B 剂 20 ~ 70 kg。

成膜钻井液基本性能参数为:漏斗粘度 19 ~ 30 s,密度 1.04 ~ 1.15 g/cm³,API 滤失量 5 ~ 10 mL/30 min,泥皮厚 0.5 mm,pH 值 12 ~ 14,润滑系数 0.2。

3.1.2 钻井液体系组分及作用

成膜钻井液体系中所用的处理剂及其作用如下。

(1) 成膜体系 A、B 剂。成膜 A 剂和 B 剂是一种具有较强成膜性和粘接性的护壁材料,对于强水敏分散剥落地层具有良好的护壁效果,并能显著提高取心质量。

(2) 包被剂(BBJ),具有选择性絮凝和包裹岩屑的作用,能抑制地层造浆,有利于泥浆的固相控制。

(3) 抗盐共聚物 GTQ,具有增粘、提切、降失水、抗污染等功能,用作增粘剂。

(4) 防塌减阻剂 GFT,具有良好的分散性及低的软化点,能胶结破碎地层,封堵孔壁微孔隙或微裂缝,提高孔壁稳定性。

(5) 防塌型随钻堵漏剂,具有良好的水溶胀桥接封堵功能,粘附性强,可用于封堵漏失地层,也可以降低钻井液的失水量。

(6) 封堵剂 GFD-1;用于提高钻井液密度,平衡地层的坍塌压力;同时具有封堵破碎地层,提高地层的坍塌压力。

3.1.3 钻井液室内浸泡试验效果

(1) ZK1146 孔 194 m 处岩心浸泡试验效果。为了评价成膜钻井液的成膜及强抑制性能,对 ZK1146 孔 194 m 处岩心进行了浸泡实验,效果见图 5 和图 6。

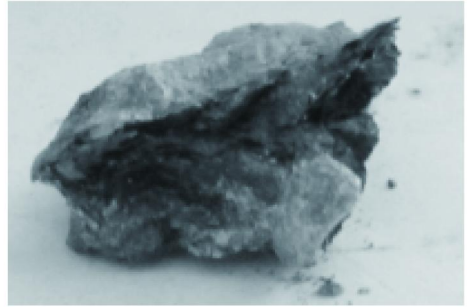


图 5 浸泡前的岩块

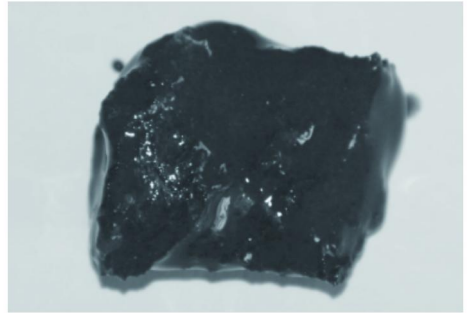


图 6 成膜钻井液浸泡 24 h 后的岩块

浸泡试验结果表明,该岩心经成膜钻井液浸泡 24 h 后依然完好。

(2) 其它孔段灰色岩心浸泡试验效果。岩心块浸泡前见图 7,不同钻井液浸泡后效果见图 8 ~ 10。

试验结果表明,用成膜钻井液浸泡 24 h 后的岩心较原岩心明显变硬,强度提高,效果明显好于另外 2 种常用钻井液。

3.2 成膜防塌无固相钻井液配制与维护

3.2.1 配制方法

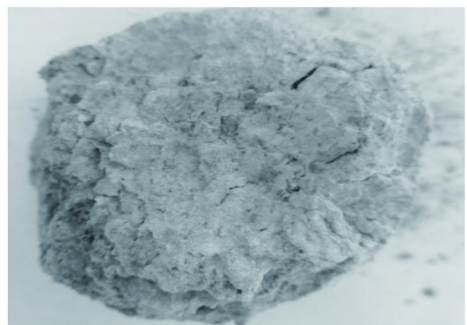


图 7 岩心块浸泡前



图 8 用“8% 膨润土 + 1% 腐植酸钾 + 0.1% HV - CMC”浸泡 24 h 后松塌

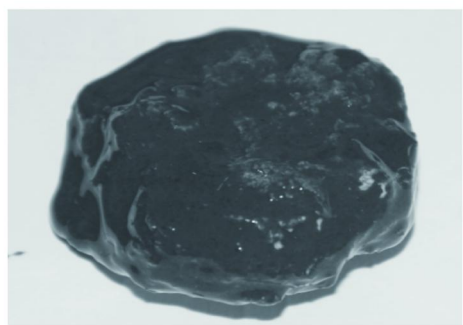


图 9 用双聚体系浸泡 24 h 后松软

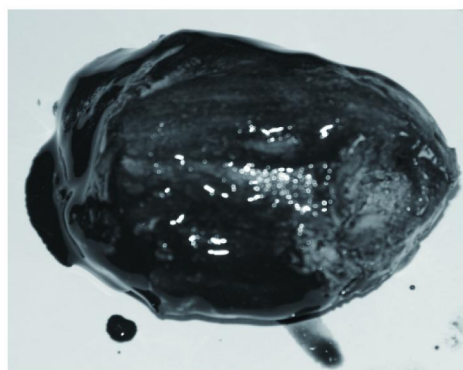


图 10 用成膜钻井液浸泡 24 h 后变硬

在泥浆搅拌机中放入清水,然后加入成膜体系用 A 剂,待其充分分散后按照配方顺序依次加入抗盐共聚物、防塌减阻剂搅拌 5 ~ 10 min,然后再加入包被剂、封堵剂(GFD-1),充分搅拌后即可使用。

3.2.2 钻井液维护方法

(1)前期换浆时严格按配方配制钻井液,在钻井液循环使用中,需经常测试钻井液性能。补浆时可根据性能,参考配方,结合各处理剂作用调整钻井液性能。

(2)成膜体系用 A 剂及 B 剂使用时一定要保证

其有效浓度,通常情况下可以根据取出岩心的状态来判断其浓度是否足够,如果岩心表面比较粗糙、有剥蚀现象,则说明浓度不足,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。

(3)GTQ 主要起提粘、提切、降失水的作用,现场根据需要的泥浆粘度,控制加量。

(4)包被剂主要起絮凝岩屑的作用,消耗速度较快,需定期补充预先配置好的胶液。

(5)防塌减阻剂、封堵剂主要起防塌护壁的作用,对粘度影响不大。

(6)严控钻井液固相含量,需及时清理循环槽和沉淀池中的岩粉,如果清理不及时,岩粉混入钻井液中容易造成钻井液粘度上升、固相含量升高,钻杆内壁结垢等问题,这时就需采用排出部分旧浆、补充新浆的办法来调整钻井液性能。

3.2.3 现场需要的检测仪器

现场需配备:漏斗粘度计(苏式粘度计清水为 15 s);密度计;滤失量测定仪。

4 成膜防塌无固相钻井液体系在 ZK1146 井现场应用

4.1 成膜防塌无固相钻井液体系现场使用配方

现场钻井液配方:1 m³ 水 + 50 kg 成膜体系 A 剂 + 20 ~ 50 kg 成膜体系 B 剂 + 2 ~ 5 kg 抗盐共聚物(GTQ) + 10 ~ 20 kg 防塌减阻剂(GFT) + 10 ~ 20 kg 随钻防塌堵漏剂(GPC) + 2 ~ 3 kg 包被剂 + 20 ~ 30 kg 封堵剂(GFD-1)。

钻井液配制:先将成膜体系 A 剂、成膜体系 B 剂、随钻防塌堵漏剂、纯碱等依次加入到配浆罐中,待充分溶解或分散均匀后,加入包被剂和抗盐共聚物,充分搅拌后,倒入泥浆池中搅拌均匀,循环过程中慢慢加入防塌减阻剂。

钻井液性能:密度 1.03 ~ 1.10 g/cm³,粘度 30 ~ 45 s,滤失量 3 ~ 5 mL/30 min。

4.2 成膜防塌无固相钻井液体系现场使用效果

使用成膜防塌无固相钻井液体系共施工了 118 m(400 ~ 518 m),取得了比较理想的效果,具体表现在以下几个方面。

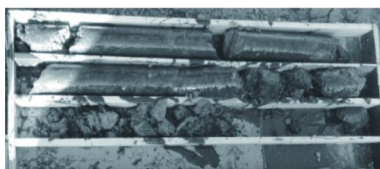
(1)护壁效果好,井壁稳定。每次起下钻均无遇阻现象,取心时下钻到底。下套管时井壁稳定,提下钻无遇阻现象。

(2)抑制造浆能力强,泥浆流动性好,岩粉携带

能力强、地表沉降效果好。下钻时井底几乎无沉淀, 钻具直接就能下到井底(见图11)。



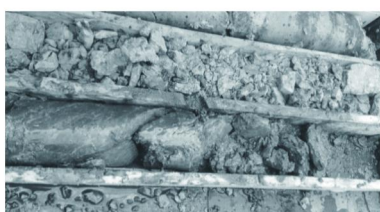
(a) 现场配置的钻井液



(b) 用成膜体系后现场取出的岩心松散性强



(c) 千枚岩地层岩心效果图



(d) 用成膜体系后现场取出的岩心破碎较严重

图11 成膜防塌无固相钻井液体系现场使用效果

(3) 岩心采取率高, 采用成膜防塌无固相钻井液体系后, 岩心采取率100%。

(4) 使用成膜防塌无固相钻井液体系后, 正常钻进期间泵压2~4 MPa。

(5) 成膜防塌无固相钻井液体系, 配制方法简单, 维护方便。

4.3 成膜防塌无固相钻井液体系成本分析

成膜防塌无固相钻井液体系在现场应用具有良好的经济效益, 大大降低了冲洗液成本。每立方米冲洗液成本与一般采用的冲洗液相比节约了30%

~50%。具体见表1。

表1 成膜防塌无固相钻井液体系成本分析

冲洗液体系	材料名称	加量/kg	单价/(元/t)	金额/元
矿区其它非常用冲洗液体系	钠土	60	1000	60
	聚丙烯酰胺	0.5	18500	9.25
	防塌剂	50	5000	250
	高粘纤维素	20	15000	300
	合计			619.25元
成膜防塌体系	成膜A剂	50	5000	50
	成膜B剂	20~50	5000	20~50
	增粘剂GTQ	3~5	18300	54.9~91.5
	包被剂	2~3	13100	26.2~39.3
	封堵剂GFD-1	20~30	2200	44~66
	随钻堵漏剂	20~30	5000	100~150
	防塌减阻剂	10~20	8500	85~170
	合计			295.1~446.80元

5 结论

(1) 成膜防塌无固相钻井液体系, 护壁效果好, 抑制造浆能力强, 抑制坍塌掉块效果好。

(2) 成膜防塌无固相钻井液体系, 有效地防分散作用, 在强分散岩心表面形成了一层致密有韧性的保护膜, 有效地保证了取心质量和采取率。

(3) 成膜防塌无固相钻井液体系, 携砂能力强, 流动性好, 配制简单, 维护方便, 减轻了现场钻工的工作量, 提高了钻探效率。

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] 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(9): 1147-1154.
- [3] 胡继良, 陶士先, 纪卫军, 等. 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.
- [4] 孙玉学, 王媛慧, 李玉莲, 等. 延安地区井壁坍塌机理及钻井液技术研究[J]. 钻井液与完井液, 2009, 26(5): 76-78.
- [5] 李浩, 陈礼仪, 陈尔志, 等. 新型水基钻井液成膜处理剂的研制与应用[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2010, 37(4): 20-22.
- [6] 孙金声, 刘雨晴, 唐继平, 等. 超低渗透钻井液完井液技术研究[J]. 钻井液与完井液, 2005, 22(1): 1-4.
- [7] 孙金声, 林喜斌, 张斌, 等. 国外超低渗透钻井液技术综述[J]. 钻井液与完井液, 2005, 22(1): 57-59.
- [8] 徐同台, 赵忠举, 袁春, 等. 国外钻井液和完井液技术的新进展[J]. 钻井液与完井液, 2004, 21(3): 1-10.
- [9] 白小东, 蒲晓林, 等. 水基钻井液成膜技术研究进展[J]. 天然气工业, 2006, 26(8): 75-77.
- [10] 张克勤, 方慧, 刘颖, 等. 国外水基钻井液半透膜的研究概述[J]. 钻井液与完井液, 2003, 20(6): 1-5.