

泡碱处理粘卡在皖毫地1井的应用

赵洪波^{1,2}, 齐治虎³, 岳伟民^{1,2*}, 蔡正水⁴

(1. 中国地质调查局油气资源调查中心, 北京 100083; 2. 中国地质调查局非常规油气工程技术中心, 北京 100083;
3. 河南豫中地质勘查工程有限公司, 河南 郑州 450016; 4. 安徽省地质矿产勘查局 313 地质队, 安徽 六安 237010)

摘要:当钻柱贴靠井壁时,在钻井液液柱压力与地层压力的压力差作用下,易发生粘附卡钻,给后续钻井施工带来挑战。本文分析了基于粘土的低固相钻井液体系泡碱解卡机制,探讨了不同浓度氢氧化钠溶液对滤饼的影响,结果显示:随时间变化 OH^- 与 Ca^{2+} 等结合对滤饼作用呈现递增趋势,同等条件下6%浓度氢氧化钠溶液对滤饼“消融”效果优于其他浓度。通过处理皖毫地1井粘卡效果表明,泡碱处理基于粘土的低固相钻井液解卡相比泡酸、泡油快速有效,同时能够减少对后续钻井液干扰,降低钻井成本。该经验可对同类粘卡处理提供借鉴作用。

关键词:粘附卡钻;井壁失稳;火碱解卡剂;解卡;皖毫地1井;油气地质调查

中图分类号:P634.8;TE28⁺3 **文献标识码:**B **文章编号:**2096-9686(2024)S1-0348-04

Application of alkali treatment for sticking in Well WBD-1

ZHAO Hongbo^{1,2}, QI Zhihu³, YUE Weimin^{1,2*}, CAI Zhengshui⁴

(1. Oil & Gas Survey, China Geological Survey, Beijing 100083, China;

2. Unconventional Oil and Gas Engineering Technology Center, China Geological Survey, Beijing 100083, China;

3. Henan Yuzhong Geological Exploration Engineering Co., Ltd., Zhengzhou Henan 450016, China;

4. Anhui Geology and Mineral Bureau 313 Team, Lu'an Anhui 237010, China)

Abstract: When the drill string is pressed against the wellbore due to poor mud cake quality, it is prone to sticking under the pressure difference between the drilling fluid column pressure and the formation pressure, which poses a challenge to subsequent drilling construction. In this paper, the mechanism of releasing filter cake in low solid drilling fluid system based on bentonite is analyzed, and the dissolution of filter cake in different concentrations of sodium hydroxide solution is discussed through experiments. The results show that the combination of OH^- with Ca^{2+} and Mg^{2+} increases with time and the 6% sodium hydroxide solution has the better effect on filter cake under the same condition. The application in Well WBD-1 shows that compared with acid soaking and oil soaking, the treatment time of foam alkali is faster, which can avoid larger downhole complexity, reduce the interference to the subsequent drilling fluid and save the drilling cost. The results have a reference value for the similar sticking processing.

Key words: sticking; wellbore instability; pyroalkali pipe-freeing agent; sticking release; Well WBD-1; oil and gas geological survey

0 引言

在钻进过程中,钻遇渗透性地层可引起钻井液

失水,使得在井壁形成的泥饼质量较差。当钻具停
靠井壁时间较长时,井筒钻井液压力与地层压力失

收稿日期:2023-12-04;修回日期:2024-03-13 DOI:10.12143/j.ztgc.2024.S1.055

基金项目:中国地质调查局地质调查项目(编号:DD20230262);中国地质调查局油气资源调查中心英才培养项目(编号:油科创[2023]-YC03号)

第一作者:赵洪波,男,汉族,1988年生,高级工程师,地质工程专业,博士,主要从事深部科学钻探、非常规油气钻井技术研究工作,北京市海淀区北四环中路267号航遥大厦,zhaohb@email.cugb.edu.cn。

通信作者:岳伟民,男,汉族,1984年生,高级工程师,石油工程专业,硕士,主要从事油气钻井工具研发工作,北京市海淀区北四环中路267号航遥大厦,yweimin@mail.cgs.gov.cn。

引用格式:赵洪波,齐治虎,岳伟民,等.泡碱处理粘卡在皖毫地1井的应用[J].钻探工程,2024,51(S1):348-351.

ZHAO Hongbo, QI Zhihu, YUE Weimin, et al. Application of alkali treatment for sticking in Well WBD-1[J]. Drilling Engineering, 2024, 51(S1): 348-351.

衡形成高压差,将钻柱推向井壁被泥饼粘附,使得钻具上提、下放、旋转无效,造成粘附卡钻,这一现象早在1937年就被提出^[1-3]。目前在非金属矿产和能源调查钻井过程中仍时有发生,往往受温度、接触时间、钻井液以及钻柱状态、井斜等因素影响。避免粘附卡钻以预防为主,主要方式是通过改善钻井液性能、降低失水量、减少固体颗粒或含砂量,往钻井液中添加防卡剂,减少停钻时间或停钻间隔以及优化钻具组合等^[4-8]。

常规粘卡处理主要有强力起拔或旋转、吊锤工具解卡^[9]、机械震击、憋压、爆炸松扣配合套铣筒、浸泡等方式,在大多数粘卡处理中,在能够建立钻井液循环时,一般采用浸泡处理。通过浸泡可以降低钻井液的表面张力,减小滤饼摩擦系数,减小钻具与滤饼的摩擦力。一般情况下,解卡剂溶液具有很强的渗透性和腐蚀性,渗入钻具与泥饼之间时,破坏了粘附钻柱的泥饼,使钻具与井壁之间的压差减小,从而减小钻具两侧因压差而产生的摩擦力,达到解卡的目的。但在实际过程中,由于粘卡时间、程度不同,往往需要耗费大量的时间,并且解卡效果不理想。地层、滤饼主要成分不同,采用的解卡方法也不同。目前常用浸泡解卡方法包括:(1)以柴油或原油为主要解卡剂的泡油解卡法^[10]; (2)添加水基解卡剂^[11]; (3)浴酸解卡^[12-16]; (4)泡碱处理地热井粘卡^[17]。

1 泡碱溶液解卡机理

1.1 理论分析

粘土是水基钻井液体系的主要添加剂,粘土的主要成分是蒙脱石,由蒙脱石晶格结构可知粘土晶层间有交换性阳离子存在,在钙基粘土中可交换性阳离子主要为 Ca^{2+} , Ca^{2+} 离子取代能力远大于 Na^{+} 离子,氢氧化钠溶液可以提供大量的 Na^{+} 离子,当 Na^{+} 离子达到一定浓度时,可进入晶层间进行取代,这种取代是以等当量进行的,即两个 Na^{+} 离子取代一个 Ca^{2+} 离子,一个 Ca^{2+} 离子吸附水分子数是5,而每两个 Na^{+} 离子吸附水分子数为16.8,这样就增厚了晶层表面的双电层,从而使粘土层间距增大。可以看出火碱对钻井液的作用使粘土颗粒分散加剧,表现为粘度上升,失水量也有所下降。改善泥浆性能,使泥浆体系更为稳定^[18-19]。

火碱(NaOH)在钻井液中常用于调节pH值,浓

度一般较小。当采用氢氧化钠浸泡液用于处理粘卡时,其原理主要是与泥饼中的液体或构成泥饼的固相成分中的 Ca^{2+} , Mg^{2+} 发生化学反应,将泥饼部分地溶解掉而使泥饼变得疏松,使液体的静压力恢复平衡,使之解卡。解卡后,钻柱与井壁之间形成动态滤饼和动态润滑膜(见图1)。由于氢氧化钠溶液密度低于井内钻井液密度,有助于有效降低卡钻位置压差,当浸泡液注入量越大,压差降低越多,所需解卡力也将越小^[20],上提钻具并旋转可实现解卡。

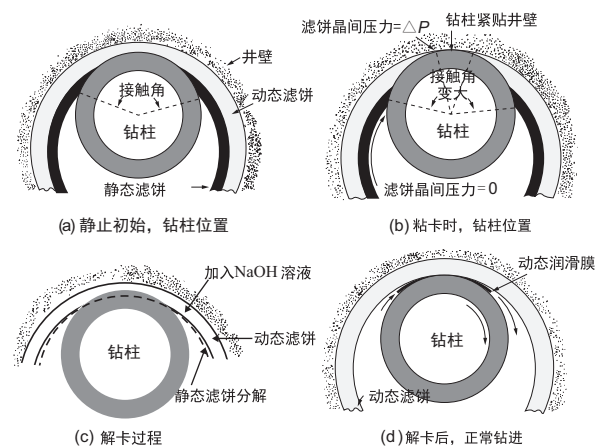


图1 粘卡机理及处理过程

1.2 野外现场试验

取被卡地层岩屑与API失水滤饼,做不同比例浓度碱液的试验,使其与滤饼和被卡地层的岩屑反应达到最佳效果。取浓度为2%、4%、6%的氢氧化钠溶液对滤饼进行浸泡。采用氢氧化钠溶液浸泡反应剧烈,浸泡6h后滤饼开始“消融”,且氢氧化钠溶液浓度越高滤饼脱落速度越快,说明高浓度氢氧化钠溶液能够破坏滤饼的稳定性,对解卡有利,同时考虑氢氧化钠溶液对表层套管和井下钻具的影响,选取高于6%的氢氧化钠溶液作为解卡剂。

基于试验认为:氢氧化钠溶液有助于与粘土基钻井液滤饼的中 Ca^{2+} 发生化学反应,使聚丙烯酰胺等高分子化合物变成水溶性的处理剂^[21],可以用于“消融”钻具与孔壁间的虚厚泥饼,减少钻具与井壁间被泥饼封闭的隔绝面积,使循环液浸入钻具与孔壁间的间隙,降低压差,以期实现对粘卡的处理(见图2、表1)。



图2 加入不同浓度氢氧化钠溶液

表1 不同浓度NaOH溶液对滤饼的影响

NaOH溶液浓度/%	对滤饼的影响
2	静置6h后无明显反应
4	静置6h后无明显反应
6	浸泡1h后,与滤饼中的Ca ²⁺ 等发生化学反应,出现浑浊现象

2 皖毫地1井应用

2.1 粘卡发生原因

皖毫地1井是中国地质调查局在安徽亳州部署实施的小口径页岩气地质调查井,目的在于查明区域地层层序,是评价皖北地区古潜山内油气资源潜力获取岩心实物资料的重要调查井,以期为下一步南华北盆地安徽亳州阜阳地区页岩气勘探开发提供重要依据^[22]。设计井深1800 m,采用绳索取心工艺。当钻至井深1116.97 m,钻机离合器发生故障,上提起 $\Phi 114$ 钻杆5柱立根(90 m),至井深1026.97 m(张夏组、岩性为白云质灰岩),钻头位置位于套管外约348 m,长时间维修未进行钻井液循环,使钻具与井壁间接触区域的钻井液被挤出造成粘附卡钻,同时钻井液中固体颗粒吸附在井壁表面,形成虚厚泥皮进一步影响了“粘附卡钻”力的大小。钻井液为低固相不分散聚合物体系:2%粘土+1%腐植酸钾+0.3%CMC+1.5%广谱护壁剂+1.5%堵漏剂+0.05%大钾+5%纯碱(加土量)+0.05%聚丙烯酰胺。PH为9、失水为7 ml、密度为1.06 g/cm³。发生粘卡时井内钻具组合为: $\Phi 127$ mm金刚石取心钻头 $\times 0.1$ m + $\Phi 127.5$ mm金刚石扩孔器 + $\Phi 118$ 钻

具 $\times 6.3$ m + $\Phi 127.5$ mm金刚石扩孔器 + $\Phi 114$ 绳索取心钻杆180 m + $\Phi 114$ 转换单根4.5 m + $\Phi 114$ 绳索取心钻杆 $\times 760.0$ m + $\Phi 76/89$ mm主动钻杆 $\times 8.27$ m。总长1031.57 m。预估粘卡位置在钻头至上扩孔器段,卡点中心位于孔深1023 m左右。粘卡长度约8 m。

2.2 粘卡处理过程

初步处理。静止半小时,下入第一根立根遇阻,提下困难,后对主动钻杆循环钻井液,上下窜动钻杆。强力提拔钻杆数次,最大提升力达320 kN,使用1档(95 r/min)旋转无效。

碱量的确定。解卡液的用量,应根据井径、被卡段钻具规格、地层缩(扩)径大小以及地面损耗因素确定,根据解卡液用量计算式:

$$V = 0.785k(D_1^2 - D^2)H_1 + 0.785d^2h + 0.785D_1 \times H_2$$

式中: D_1 ——二开井段直径(钻头外径); D ——钻具组合外径(约等于114绳索取心钻杆外径); d ——钻具组合平均内径(约等于114绳索取心钻杆内径); H_1 ——钻具外解卡液浸泡液面至钻头的距离; h ——钻具内解卡液液面至钻头的距离; H_2 ——钻头至井底的距离(见图3)。按管外高于卡点25 m,管内高于管外50 m,附加系数 k 一般选择1.2~1.5,本次按1.5进行计算,结果为1.71 m³。

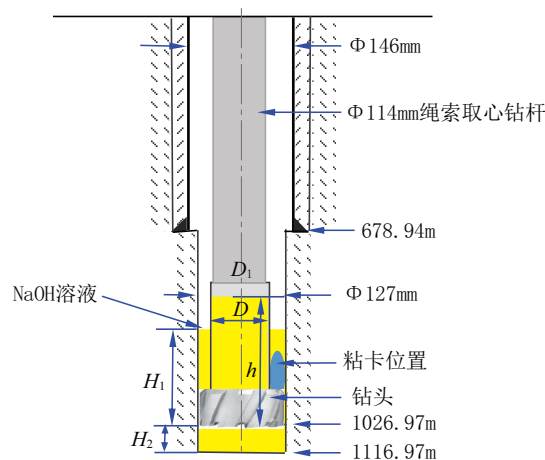


图3 皖毫地1井井身结构及卡点位置

替浆量:

在计算解卡液用量的同时,必须准确地计算出替浆量,公式为:

$$V_{替} = V_0 + V_{地}$$

式中: $V_{替}$ ——替浆液总量, m³; V_0 ——钻具内替浆

量, m^3 ; $V_{地}$ ——地面管路内的替浆量, m^3 。

采用 114 mm 钻杆, 钻杆内径为 100 mm, 估算钻杆及主动钻杆总长约 950 m, 立管和高压管内径均为 76 mm, 总长 30 m, 泥浆泵 6 in 吸浆管长 9 m, 内径 152 mm。则:

$$V_0 = 0.785 \times (0.1^2 \times 950) = 7.4575 \text{ m}^3$$

$$V_{地} = 30 \times 0.785 \times 0.0762 + 8 \times 0.785 \times 0.07172 + 9 \times 0.785 \times 0.1522 = 0.332 \text{ m}^3$$

$$V_{替} = 7.79 \text{ m}^3$$

实施碱溶解卡过程。解卡时, 所需碱液量浸泡井段为 998~1116.97 m (118.97 m), 首先在 1 m^3 水中加入 NaOH 150 kg, 后继续加水配置碱水 2 m^3 , 浓度比例为 7.5%。先将 1.71 m^3 解卡液充分溶解后, 通过泥浆泵注循环至孔内, 泵压一直稳定在 3 MPa。注入碱水后, 随后泵入约 7.8 m^3 替浆液, 将解卡液送到位, 静置 1.5 h, 后每 15 min 循环钻井液 1 min, 同时上提下放钻具, 前后累计循环 18 次后, 上提旋转钻具成功, 后继续大排量循环钻井液 10 min, 起出钻具, 有效解除本次小井眼长裸眼段卡钻事故。后续施工时, 针对泥岩、页岩段, 在保证工程安全的前提下, 尽可能降低钻井液粘度、密度、固相含量和失水量, 以达到防塌、防漏、防喷、防卡目的^[23]。

3 结论与建议

(1) 准确配置高浓度火碱液解卡剂、精确计算卡点部位及解卡剂用量处理小口径油气钻井粘卡经济高效。应用于灰岩、泥岩等易浸润地层、砂岩等易漏失地层解卡, 泡碱处理后, 钻井液 PH 值可控, 对井壁破坏性较小, 有助于后续施工。

(2) 小口径油气调查井井眼小、钻柱与井壁环状间隙小, 一旦发生粘卡处理不及时, 极易引发高难度井下复杂。为预防粘卡发生, 应减少钻具在裸眼段静止时间。长时间停钻时, 需将钻具上提至套管内或间断循环钻井液, 降低发生粘卡机率。

(3) 建议进一步开展页岩气等非常规油气常见储层类型防卡钻井液室内配伍性研究及现场应用。

参考文献:

[1] Ryan Caenn, Darley H C H, George R. Gray Composition and

Properties of Drilling and Completion Fluids (Seventh Edition) [M]. 2017:367-460.

- [2] Etehad Ali, Altun Gursat. Thermal effects on differential pressure pipe sticking tendency[J]. Journal of Petroleum Science and Engineering, 2016, 146:50-60.
- [3] 陈谱. 压差粘吸卡钻及处理[J]. 工程勘察, 1986(1):55-56.
- [4] 周华安. 深井高密度钻井液防粘卡系列添加剂[J]. 油田化学, 1990(2):119-124.
- [5] 王德承. 控制粘卡程度实现快速解卡[J]. 钻采工艺, 1990(2):80-84.
- [6] 王福元, 廖兴松, 张光义. 浅谈深斜井防粘卡技术[J]. 钻采工艺, 1998(1):3-5.
- [7] 董云安, 陈小元, 袁建平. 防粘卡钻具组合的改进及应用[J]. 石油钻采工艺, 2003(3):39-40.
- [8] 曹可义, 朱玉新, 傅在林. 煤层气井钻具粘卡事故的预防与处理[C]. 第十六届全国探矿工程(岩土钻掘工程)技术学术交流年会论文集. 中国地质学会探矿工程专业委员会, 2011:252-254.
- [9] 马映辉, 范记林, 泽旺多吉, 等. 岩心钻探用内置式吊锤的研制与应用[J]. 钻探工程, 2023, 50(S1):405-409.
- [10] 赵振云. 油基解卡液处理粘附卡钻事故的分析与应用[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2016, 43(2):32-35.
- [11] 郑祥玉. 用水基解卡液解除粘卡事故[J]. 钻井液与完井液, 1987(3):32-37.
- [12] 李占超. 泡酸解卡技术在格拉芙油田的应用分析[J]. 化工管理, 2020(17):108-109.
- [13] 陈文博, 柳志勇, 曹欣. 泡酸解卡技术在小井眼长裸眼侧钻井中的应用[J]. 钻采工艺, 2020, 43(1):121-122, 125.
- [14] 邓昌松, 李兴亭, 冯少波, 等. 碳酸盐岩地层漏失水平井卡钻泡酸解卡技术[J]. 钻采工艺, 2018, 41(5):28-31, 8-9.
- [15] 邓昌松, 宋周成, 李兴亭, 等. 泡酸解卡技术在 TZ4SH 井的实践与认识[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2017, 44(6):38-40, 44.
- [16] 邓昌松, 何银坤, 冯少波, 等. 泡酸解卡技术在塔中 11 井的应用与认识[J]. 石油钻采工艺, 2015, 37(5):120-123.
- [17] 刘东柱. 一起地热井粘附卡钻事故的处理[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2011, 38(8):23-25, 28.
- [18] 何世鸣, 周健, 侯德峰. 膨润土用于钻井泥浆改性与增效机理探讨[J]. 中国非金属矿工业导刊, 2002(4):15-17.
- [19] 代万庆, 赵汉伟. 水敏性地层“粘附卡钻”事故的分析与处理[J]. 矿产勘查, 2022, 13(7):967-974.
- [20] 徐玉山. 粘吸卡钻处理方法[J]. 石油钻采工艺, 1992(4):35-42.
- [21] 林金福, 李锡, 罗文来. 昆明盆地地热钻井粘钻事故的分析与处理[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2009, 36(4):20-22.
- [22] 赵洪波, 朱迪斯, 黄正, 等. 南华北盆地亳州—阜阳地区页岩气钻井技术[J]. 石油钻采工艺, 2020, 42(6):679-683.
- [23] 齐治虎, 魏思宇, 徐影, 等. 安徽北部地区小口径地质调查井施工技术研究[J]. 钻探工程, 2021, 48(S1):155-159.

(编辑 王文)