

尼日利亚边际油田钻井实践及思考

冯江鹏¹ 郭和明² 肖超¹ 田璐¹ 邢树宾¹

(1. 中国石化石油工程技术研究院, 北京 100101; 2. 中国石化国际石油勘探开发有限公司, 北京 100083)

摘要:尼日利亚 Stubb Creek 边际油田的 S5 井在钻井过程中, 井下复杂情况频繁出现, 导致二开侧钻 3 次, 三开又因键槽卡钻无法解卡再次侧钻。分析认为其原因为: 地层软泥岩水敏性极强; 硬脆性泥岩坍塌压力高, 掉块严重; 钻井液性能不能满足安全钻井的要求; 定向井段井眼轨迹控制得不好, 井身质量差; 钻井主承包商人员经验不足。该油田在后续井的钻井中有针对性地采取了以下措施: 用合成基钻井液替代水基钻井液; 提高钻井液密度; 控制井眼轨迹, 提高井身质量; 优选钻头; 更换服务商和现场服务人员。后续的 4 口井由于采取了以上技术措施, 保证了井下安全, 有效提高了钻井速度, 缩短了钻井周期, 加快了 Stubb Creek 边际油田的勘探开发速度。

关键词: 钻井; 事故处理; 合成基钻井液; 井眼轨迹; 尼日利亚; Stubb Creek 边际油田; S5 井

中图分类号: TE28 **文献标识码:** B **文章编号:** 1001-0890(2010)05-0086-04

Nigeria's Stubb Creek Marginal Oilfield Drilling Practice and Thinking

Feng Jiangpeng¹ Guo Heming² Xiao Chao¹ Tian Lu¹ Xing Shubin¹

(1. Sinopec Research Institute of Petroleum Engineering, Beijing, 100101, China; 2. Sinopec International Petroleum Exploration and Production Corporation, Beijing, 100083, China)

Abstract: During the drilling of Well S5 in Nageria's Stubb Creek marginal oilfield, downhole complicated conditions occurred frequently and resulted in 3 sidetracks in second spud, and sidetrack in third spud due to pipe stuck. The analysis shows that the main reasons are the extremely water-sensitive soft mudstone formation, brittle mudstone with high collapse pressure, serious collapse during drilling, drilling fluid which cannot meet the safety requirements, poor well trajectory control during directional drilling, poor wellbore quality, and low technical level of prime contractor personnel. The following measures were used in follow up wells, including using synthetic drilling fluids instead of water based drilling fluids, increasing mud density, improving wellbore trajectory and wellbore quality, using drill bit suitable for this formation, and replacing service provider and field service personnel. The applications of all these in the follow up 4 wells ensured the well safety, improved the ROP, shortened the drilling cycle and accelerated the exploration and development pace of Stubb Creek marginal oilfields.

Key words: drilling; accident treatment; synthetic base drilling fluid; hole trajectory; Nigeria; Stubb Creek Oilfield; Well S5

Stubb Creek 边际油田位于尼日利亚尼日尔三角洲 OML-14 区块与 OML-13 区块的接合部, 面积 42 km²。该油田是中国石化在尼日利亚投入钻井施工的首个区块, 由于对地下情况不是非常熟悉, S5 井在钻井过程中频繁出现井下故障或事故, 导致多次卡钻、爆炸松扣和填井侧钻, 历时 128 d 才完钻。之后转入试油和完井作业, 获得良好油气显示。

针对 S5 井钻井过程中出现的井下故障或事故, 认真总结分析了 S5 井的钻井实践以及地层特点, 提出了

收稿日期: 2010-05-25; **改回日期:** 2010-08-12

作者简介: 冯江鹏(1970—), 男, 河南郑州人, 1993 年毕业于江汉石油学院钻井工程专业, 高级工程师, 主要从事国际石油勘探项目管理及支持工作。

联系方式: (010) 84988561, fengjp.sgky@sinopec.com

以下针对性措施:采用合成基钻井液替代水基钻井液;优化钻井液性能和配方、提高钻井液密度;优化钻井技术措施,强化现场管理;加强承包商组织。在后续 4 口井的钻井施工中采取了以上技术措施没有再出现井下故障或事故,保证了井下安全,提高了钻速,钻井周期由 128 d 下降至 30 d 左右,提高了该油田的勘探开发速度。

1 S5 井概况

S5 井是尼日利亚边际油田 OML-13 区块的一口定向评价井,完钻井深 2 318 m,钻井周期 128 d,完钻层位为阿格巴达组 D3 层。该井从上到下钻遇 Benin 组地层、Agbada 组地层的 C 层和 D 层。Benin 组地层岩性为松散砂岩夹部分泥岩,易出现钻井液漏失。Agbada 组地层 C 层和 D 层岩性为砂岩含泥岩夹层。S5 井实际井身结构和套管程序为:一开, $\phi 444.5$ mm 钻头钻深 854.4 m, $\phi 339.7$ mm 套管下深 852.0 m;二开, $\phi 311.1$ mm 钻头钻深 2 000.4 m, $\phi 244.5$ mm 套管下深 1 997.8 m;三开, $\phi 215.9$ mm 钻头钻深 2 318.0 m, $\phi 177.8$ mm 套管下深 2 305.7 m。

2 S5 井井下故障及处理

S5 井在钻井过程中,钻进时间仅占了 20.61%,起下钻和处理井下故障时间分别占了 26.54% 和 14.23%,严重影响了钻井周期。

2.1 $\phi 444.5$ mm 井段 (10.2~854.4 m)

$\phi 444.5$ mm 井段使用碳酸钙/氯化钾聚合物钻井液体系、GA134 钻头钻进,钻井过程中因井下落物导致钻进困难,带有井下马达的钻具组合撞击导管致其变形,后采用磨鞋磨铣落物后恢复钻进,完成一开。

2.2 $\phi 311.1$ mm 井段 (854.4~2 000.4 m)

$\phi 311.1$ mm 井段钻遇的地层为 Agbada 组的泥岩、砂岩互层,泥岩占 72%;929~1 356 m 井段为灰色和暗灰色泥岩,发育较差、松软,蒙脱石含量高,极易水化膨胀;1 356~2 000 m 井段为灰色、暗灰色泥岩,且比较发育,压实程度较好,伊利石含量高,地层坚硬,属于脆硬性泥页岩,在水分子毛管力作用下,易成片状脱落,导致井眼坍塌掉块^[1]。

由于该井段使用的水基钻井液抑制性能差、密度

小,无法抑制地层水化膨胀及坍塌掉块,频繁出现起下钻困难及上提遇阻、下钻划眼等井下复杂情况。井眼缩径和坍塌严重,填井侧钻三次,钻井液密度提高之后,情况有所好转。钻至井深 2 000 m, $\phi 244.5$ mm 套管下至井深 2 000 m 结束二开。

2.3 $\phi 215.9$ mm 井段 (2 000.4~2 318.0 m)

$\phi 215.9$ mm 井段钻遇地层依然是 Agbada 组地层,为了发现和保护油气,三开前将钻井液密度从 1.30 kg/L 降至 1.20 kg/L。因为钻井液密度偏低不能平衡坍塌压力,因而再次出现了井下故障,需长时间通井划眼。后来电测通井时又出现了键槽卡钻,采取泡解卡剂及酸液、上下活动、震击等措施无法解卡,于是采用炸断钻杆方式解卡、侧钻。因井下故障频繁出现,钻至井深 2 318 m 时为避免再次发生故障,提前坐挂 $\phi 177.8$ mm 尾管完钻。

3 井下故障原因分析

3.1 地层软泥岩水敏性强

S5 井二开井段钻遇地层存在大段水敏性泥岩,造浆严重,从振动筛上可观察到大量泥糊状钻屑,基本不成岩,水化膨胀明显,容易吸水缩径。由亚甲基膨润土含量测定(MBT)结果可以看出,由于地层造浆导致膨润土含量快速增加,钻进中每天都要开离心机除泥。此外,在压差作用下容易在高渗透砂岩地层形成厚泥饼,这在浸解卡剂和浸酸时从井内返出大量厚泥饼就可得到证实。

3.2 硬脆性泥岩坍塌压力高,极易坍塌掉块

二开井段硬脆性泥页岩地层,极易坍塌而形成“大肚子”井眼。图 1 为返出的泥岩掉块。从图 1 可以看出,泥岩掉块棱角分明。二开井段平均井径扩大率为 37.2%,其中最大井径在井深 2 004.5 m 处,最



图1 S5井三开返出的泥岩掉块

Fig.1 Mudstone cuttings in 3rd spud of Well S5

大井径 479.8 mm,最大井径扩大率达 122.3%。

3.3 钻井液性能不能满足要求

S5 井在设计之初,借鉴了该油田以往钻井资料,采用了较低密度的钻井液,井下故障发生后,提高了钻井液密度,井眼失稳情况得到缓解。该井三开时出于保护油气层的考虑,钻井液初始密度也比较低,只有 1.20 kg/L,而三开上部泥页岩与二开底部泥页岩是同套地层,因此出现了一样的井下故障。由此可知,水基钻井液滤失引起的泥岩水化及偏低的钻井液密度,无法平衡硬脆性泥页岩地层的坍塌压力,从而引起井壁坍塌,是 S5 井发生井下故障的主要原因。

3.4 定向井井眼轨迹控制差

频繁出现的井下故障,除了钻井液问题引起的垮塌缩径之外,井眼轨迹差、全角变化率大也是一个主要原因。从测斜数据看,有的地方全角变化率比设计大了一倍多,多处井眼的狗腿严重度过大。最大井斜角也超出设计 8.71°,说明井眼轨迹控制较差。

S5 井定向工程师钻井经验不足,在钻井过程中,长时间采用滑动方式钻进,机械地复合设计曲线,不停地调整井斜方位,造成了大量的狗腿,不但影响了井眼轨迹的平滑,而且易造成阻卡或键槽卡钻。表 1 为该井定向井段井眼轨迹数据。

表 1 S5 井眼轨迹数据 Table 1 Well trajectory data of Well S5					
井深/m	进尺/m	滑动钻进进尺/m	井斜角/(°)	方位角/(°)	全角变化率/(°)·30m ⁻¹
985.72	29.26	24	3.48	127.72	4.67
1 014.68	28.96	15	5.65	124.86	4.36
1 157.94	27.44	14	14.56	133.25	5.04
1 244.80	28.65	13	18.73	131.29	5.51
1 415.80	28.00	18	22.47	128.95	5.24
1 616.35	28.35	20	35.10	131.01	4.33
1 731.57	28.96	20	44.38	131.43	3.95

3.5 钻井主承包商人员的经验不足

承担该井施工的井队是新组建的,部分重要岗位人员经验不足。同时因为尼日利亚政策的限制,大部分操作工人都是附近的农民,之前没有一点钻井常识和操作经验,尽管在开钻前进行了一些培训,但显然无法在短时间内成为熟练钻井工人。一开过程中发生的井下落物,以及三开键槽卡钻都是因为操作失误造成的。

4 防止出现井下故障的措施

4.1 应用合成基钻井液体系

针对 DML-13 区块地质条件复杂、泥岩水敏性强、钻井中造浆严重、水化膨胀明显、容易导致泥岩吸水缩径,同时硬脆性泥岩坍塌压力高、垮塌严重的地层特点,在后续钻井二开后的复杂地层钻进中使用了合成基钻井液。合成基钻井液配方为:基础油+0.15%主乳化剂 Synvert-I+0.15%辅乳化剂 Synvert-II+3.00%增黏剂+0.20%降滤失剂 Synvert FLG+0.05%润湿剂 Synvert TWA+

0.05%流型调节剂 Synvert LEM+0.20%生石灰+1.50%氯化钙+水。

合成基钻井液具有良好的流变性能和润滑性能,一般 API 滤失为 0,高温高压滤失量为 2~3 mL,且滤出物为纯油。由于整个钻井过程中与地层接触的流体是油,因此,合成基钻井液可有效避免软泥岩水化膨胀、硬脆性泥岩吸水产生坍塌掉块,且合成基钻井液具有良好的润滑性,可有效防止起下钻阻卡^[2-10]。

现场使用的合成基钻井液的主要性能为:密度 1.3 kg/L,漏斗黏度 70 s,塑性黏度 23 mPa·s,动切力 13 Pa,静切力 4.5/5.5 Pa,HTHP 滤失量 3 mL,泥饼厚度 1 mm,含砂微量,含油 60.5%,含水 24.5%,固相含量 15%,氯化钙质量分数 28%,油水比 71:29,氯离子质量浓度 64 000 g/L,碱度 1.0,过量石灰 1.3,破乳电压 445 V。

4.2 提高钻井液密度

S6 井 ϕ 311.1 mm 井眼段使用合成基钻井液钻进,钻至井深 929.34 m 时开始定向钻进,为检验更换为合成基钻井液后的井下情况改善程度,确认合

成基钻井液的防塌性能,钻井液密度没有提高很快,钻至井深1 556 m时出现了起钻困难,后来在下钻过程中也出现遇阻现象,随即进行了划眼处理,处理井下故障用时4 d。逐步将钻井液密度从1.08 kg/L提高至1.28 kg/L,没有再出现坍塌掉块和井眼不稳定现象,直至完钻井下一直正常。

4.3 控制井眼轨迹,提高井身质量

井眼轨迹控制在边际油田钻井中始终是个难点。鉴于尼日利亚不允许选用国际大公司服务,而本土服务公司的技术水平有限,S5井井眼轨迹控制得不好,井身质量较差。S5井之后更换了定向井承包商,在后续钻井中井眼轨迹控制得较好,井身质量得到了提高。

4.4 选择合适的钻头

高质量、适应地层特点的钻头是提高机械钻速、降低钻井成本的重要手段。借鉴在该区块开发多年的壳牌公司的钻头选型经验,选择适合边际油田地层岩性的PDC钻头。在后续井的钻井中选用了贝克休斯公司的 $\phi 311.1$ mm HCM607(M323)和 $\phi 215.9$ mm HCM607(M323)PDC钻头,效果明显,钻完相应井段时钻头的磨损极小,每只钻头都可以使用2井次以上。

4.5 更换钻井服务商和现场服务人员

尽管有尼日利亚政策的限制及当地合作伙伴的干扰,项目部还是逐渐更换了部分不合格的现场服务工程师和承包商。同时,要求钻井主承包商提高作业人员技术水平,要求钻机服务商更换合格、经验丰富的现场操作和管理人员。

5 结论与建议

1) 在一个新区块钻第一口井时,在技术和工艺方面必须要足够的重视,并且要能得到及时有效的技术支持。

2) 钻井现场必须配备技术水平高、业务熟练、协调组织能力强的监督,以利于钻井施工安全顺利进行。

3) 加强对技术能力有限的当地技术服务商的管理是保障钻井安全顺利进行、保证井身质量的很重要的一个方面,同时还要重视和强化钻井技术讨论会的作用。

4) 现场管理人员和技术人员之间需要有充分的交流、沟通和协调。

参 考 文 献

- [1] 屈沉治,孙金声,苏义脑. 新型纳米复合材料的膜效率研究[J]. 石油钻探技术,2008,36(2):32-35.
Qu Yuanzhi, Sun Jinsheng, Su Yinao. Study on membrane efficiency of a new nanocomposite[J]. Petroleum Drilling Techniques, 2008, 36(2): 32-35.
- [2] 耿娇娇,鄢捷年,李怀科,等. 具有恒流变特性的深水合成基钻井液[J]. 石油钻探技术,2010,38(2):91-94.
Geng Jiaojiao, Yan Jienian, Li Huaik, et al. Synthetic-based drilling fluid with constant-rheology used in deepwater drilling [J]. Petroleum Drilling Techniques, 2010, 38(2): 91-94.
- [3] 王松,宋明全,刘二平. 国外深水钻井液技术进展[J]. 石油钻探技术,2009,37(3):8-12.
Wang Song, Song Mingquan, Liu Erping. Development of foreign deepwater drilling fluid [J]. Petroleum Drilling Techniques, 2009, 37(3): 8-12.
- [4] 王越之,罗春芝,施建国,等. 合成基钻井液储层保护技术研究[J]. 石油钻探技术,2003,31(1):31-32.
Wang Yuezhi, Luo Chunzhi, Shi Jianguo, et al. Study on synthetic drilling fluids for reservoir protection [J]. Petroleum Drilling Techniques, 2003, 31(1): 31-32.
- [5] 张琰. 合成基钻井液发展综述[J]. 钻井液与完井液,1998,15(3):28-31.
Zhang Yan. Review on the development of synthetic-based drilling fluids[J]. Drilling Fluid & Completion Fluid, 1998, 15(3): 28-31.
- [6] 罗跃,王志龙,梅平,等. 合成基钻井液技术研究进展[J]. 湖北化工,1999,16(2):9-10.
Luo Yue, Wang Zhilong, Mei Ping, et al. Development in research of synthetic drilling fluids[J]. Hubei Chemical Industry, 1999, 16(2): 9-10.
- [7] 肖稳发,向兴金,罗春芝,等. 合成基钻井液体系的室内研究[J]. 钻采工艺,2000,23(3):78-81.
Xiao Wenfa, Xiang Xingjin, Luo Chunzhi, et al. Laboratory study on synthetic based muds [J]. Drilling & Production Technology, 2000, 23(3): 78-81.
- [8] 向兴金,肖稳发,罗春芝,等. 醚基钻井液的室内研究[J]. 钻井液与完井液,1998,15(6):3-6.
Xiang Xingjin, Xiao Wenfa, Luo Chunzhi, et al. Laboratory study on ether-base drilling fluid[J]. Drilling Fluid & Completion Fluid, 1998, 15(6): 3-6.
- [9] 许明标,邢耀辉,肖兴金,等. 酯基钻井液性能研究[J]. 油田化学,2001,18(2):108-110,100.
Xu Mingbiao, Xing Yaohui, Xiao Xingjin, et al. A Study on performance properties of ester base drilling fluid [J]. Oilfield Chemistry, 2001, 18(2): 108-110, 100.
- [10] 任丽荣,张琰. 酯基钻井液页岩抑制性研究[J]. 钻井液与完井液,2001,18(3):12-14.
Ren Lirong, Zhang Yan. Inhibitive ability of ester-based drilling fluid[J]. Drilling Fluid & Completion Fluid, 2001, 18(3): 12-14.