

◀ 钻井完井 ▶

doi:10.3969/j.issn.1001-0890.2013.05.013

气体钻井后气液转换新工艺

马庆涛

(中石化胜利石油工程有限公司钻井工艺研究院, 山东东营 257017)

摘 要:为了解决气体钻井后气液转换过程中容易出现的地层水化剥蚀、井壁坍塌、钻井液漏失等问题,对气体钻井后的气液转换工艺进行了研究。分析了 3 种常规气液转换工艺存在的风险,根据井壁润湿反转理论,在井壁上喷淋润湿反转剂使其形成亲油状态,保护井壁不坍塌;在注入钻井液前先将钻头提至上一层套管内,然后旋转钻头喷淋润湿反转剂,对井壁进行润湿反转处理;最后将钻头下到井底,边慢速起钻边小排量注入钻井液。在元坝区块元页 HF-1 井的应用表明,转换时间仅为常规气液转换工艺的 47%,润湿反转剂消耗量仅为常规气液转换工艺的 13%,整个过程无井下故障发生。这说明该气液转换新工艺是一种安全、简易、经济有效的气液转换工艺,可为气体钻井后气液转换提供新的技术支持。

关键词:气体钻井 聚合物钻井液 润湿反转剂 喷淋法 井眼稳定

中图分类号:TE242 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0890(2013)05-0067-04

New Technology of Drilling Fluids Conversion after Gas Drilling

Ma Qingtao

(Drilling Technology Research Institute, Sinopec Shengli Oilfield Service Corporation, Dongying, Shandong, 257017, China)

Abstract: In order to solve the problems such as formation hydration, erosion, borehole collapse, loss of circulation, which are likely to occur during drilling fluid conversion after gas drilling, the gas-drilling fluid alteration process after gas drilling was studied. Three kinds of risks associated with conventional gas-drilling fluid conversion were analyzed. According to wettability reversal theory, spraying wet reversal agent to borehole to make it oil-wet for keeping borehole stability. The procedure includes pulling the bit back up to the last casing, then rotating bit, spraying wet reversal agent to change the borehole wettability. Finally, the drilling bit can be run to the bottom, and pumping drilling fluids at low flow rate while tripping out at slow speed. The application of the procedure in Well Yuanye HF-1 in Yuanba Block showed, the operation time was only 47% that of conversional method, and the consumption of wet reversal agent was only 13% of that in conversional ways, was no trouble occurred. It indicated that new alteration process for gas-drilling fluid was safe, simple, economic, and effective, could provide technical support for drilling fluid alteration after gas drilling in the future.

Key words: gas drilling; polymer drilling fluids; wet reversal agent; spraying method; borehole stability

随着气体钻井技术的不断进步,其应用范围得到不断推广^[1-2],然而在气体钻井结束后转为常规钻井过程中,容易出现地层水化剥蚀、井壁坍塌、钻井液漏失等井下故障,需要采取多次划眼和堵漏措施进行处理,施工风险较大,影响钻井速度。如何安全顺利地进行气液转换是气体钻井后亟待解决的一个难题,除了合理调整钻井液性能之外,科学的转换工艺措施也很重要。目前常用的转换工艺存在钻头、钻具被埋,钻井液与前置液混浆,润湿反转不充分等

风险,替浆效果不佳。为此,笔者提出一种新型转换工艺——采用喷淋法对井壁进行润湿反转处理。

收稿日期:2013-01-26;**改回日期:**2013-07-29。

作者简介:马庆涛(1985—),男,山东阳谷人,2008年毕业于中国石油大学(华东)石油工程专业,2011年获中国石油大学(华东)油气井工程专业硕士学位,工程师,主要从事钻井工程设计和相关研究工作。

联系方式:15266191068, qingtaom1985@163.com。

基金项目:国家科技重大专项“大型油气田及煤层气开发”(编号:2011ZX05022-001)资助

1 气体钻井后气液转换难点

气体钻结束后,在干燥的井眼内直接注入钻井液,没有滤饼的保护,井壁岩石的介质环境和压力状态发生较大变化,容易引起一些井下故障,给转换过程和后续施工带来很多困难。

1) 岩石吸水膨胀引起井壁水化失稳。在气体钻井时,井眼周围地层应力得到充分释放,加之空气锤和钻头的震荡,在井壁横向上形成很多应力释放裂缝,井壁岩石的破碎程度加剧,地层的渗透性和连通性增加,且干燥的井壁没有滤饼保护,转换初期钻井液中的自由水大量进入地层,若地层中含有吸水性强的泥页岩矿物,则会迅速吸水膨胀,剥蚀掉块^[3-4]。

2) 容易形成虚厚滤饼,导致卡钻。自由水进入地层后,孔隙、缝、洞中的粉尘随滤液作用时间的延长逐步堆积,形成虚厚的泥饼^[5],该泥饼较为疏松,不能起到稳定井壁的作用,加之地层水化失稳,增加了压差卡钻和阻卡的风险。

3) 容易引起“砂桥”。气体钻井时,钻开的地层没有液柱压力的支持,难以平衡地层应力,容易引起井壁坍塌,一般情况下井径扩大率较大,形成“葫芦状”或“锯齿状”井眼,在转换为常规钻井后由于钻井液携岩效果不佳,易造成“砂桥”卡钻,需要多次划眼进行处理。

4) 发生井漏。气体钻井难以确定所钻井段的地层漏失情况,这为转换钻井液带来很大不确定性。向井眼中注入密度较高的钻井液后,压力增加,自由水进入地层孔隙、缝、洞中,造成钻井液漏失;如果钻井液密度过高或注入速度过快,很可能压裂地层,带来更大的漏失。

2 常规气液转换方法

常规气液转换方法有直接注入法、前置液法和分段注入法3种。

直接注入法是将满足条件的钻井液直接通过钻杆注入井底,然后从环空中返至井口的方法。该方法钻头下到井底,如果发生严重的坍塌,存在钻头、钻具被埋的风险,适合在井壁稳定性较好的地层使用。

前置液法是首先注入一段润湿反转隔离液或堵漏隔离液,然后再注入钻井液进行转换的方法。润湿反转隔离液可以提前对井壁进行预处理,增强防

塌抑制性。堵漏隔离液可以提前封堵可能存在的漏失层,减少钻井液漏失。该方法要保证隔离液与钻井液具有良好的配伍性,不能产生混浆现象,另外,该方法仍然存在钻头、钻具被埋的风险^[6]。

分段注入法是在前置液法的基础上,起钻和注浆作业多次交替进行,分段注入不同密度(或相同密度)的钻井液。该方法可以根据地层特点和压力情况,有针对性地选择钻井液密度,有利于井下安全,也减小了钻头、钻具被埋的风险,但是该方法需要准确计算钻井液的分段注入量和起钻深度,始终保持环空中的隔离液在钻井液之上,由于气体钻井所钻井眼扩大率变化较大,且可能存在漏失层,所以难以准确计算分段注入量和起钻深度。另外,该方法工序相对复杂,且同样存在混浆的可能。

3 气液转换新工艺

在前置液法和分段注入法的基础上,针对其存在的风险和不足,提出了一种新型气液转换工艺,即先用喷淋润湿反转剂的方法对井壁进行润湿反转处理,然后边慢速起钻边小排量注浆,完成气体钻井后干井眼的气液转换。

3.1 优选钻井液和润湿反转剂

根据地层特点和压力系数选择钻井液,并确定合理的钻井液密度。由于井壁无滤饼保护且地层漏失情况不确定,要求注入的钻井液具有较强的封堵和胶结能力,以保证钻井液的造壁性和滤饼质量^[7],可以提前注入一段堵漏隔离液来封堵较大的漏失层;提高钻井液的表面活性和抑制能力,以避免泥页岩的水化剥蚀;保证钻井液具有良好的润滑性和流变性,以减少对井壁的摩擦和冲刷。

目前常用的润湿反转剂有RSF-1、黑色正电胶等^[8]。润湿反转剂的作用原理是改变井壁岩石表面的润湿特性,使其由亲水变为亲油。通过其特有的表面活性原理在井壁形成一层致密的隔离带,减小所注钻井液与井壁的接触角,增大毛细管阻力,减少自由水的侵入量和侵入深度,从而降低泥页岩的水化趋势,起到稳定井壁的作用。

3.2 气液转换工艺

气液转换新工艺的具体操作过程是:气体钻井结束后,起钻至上一层套管内,往钻杆内注入润湿反转剂,并旋转钻头,使润湿反转剂喷淋在井壁上并沿

着井壁往下流,从而对整个井壁进行润湿反转处理,如图 1 所示。充分处理后,下钻到井底,直接注入钻井液,边小排量注钻井液边慢速起钻,直至钻井液返出井口,完成转换作业。然后及时下入常规钻井的钻头和钻具进行通井,并多次划眼,以保证井眼清洁。

该转换新工艺适用于气体钻井后裸眼井壁的润湿反转处理,特别是泥页岩、微裂缝发育的地层^[9-10],可以有效预防气液转换中的井壁失稳问题。以对裸眼段进行充分润湿反转处理为原则确定润湿反转剂喷淋量。喷淋量包括有效用量和附加用量 2 部分:有效用量即覆盖在井壁上发挥润湿反转作用的部分,可用式(1)计算出;附加用量为流入井底和流入裂缝的无效部分,可初定为有效用量的 20%,并根据井眼规则程度和裂缝发育情况进行调整。

$$V = \pi D L \Delta H \quad (1)$$

式中: V 为有效用量, m^3 ; D 为井眼直径, m ; L 为裸眼段长度, m ; ΔH 为润湿反转剂在井壁表面的覆盖厚度, m ,一般取 $0.0005 \sim 0.0010 \text{ m}$ 。

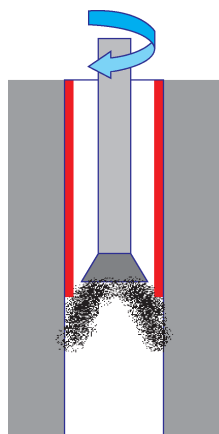


图 1 润湿反转剂的喷淋示意

Fig. 1 Diagram of wet reversal agent spraying

3.3 工艺优点

1) 工序简单,作业时间短。气体钻井结束后直接起钻至上一层套管内,不用更换钻头和钻具,转换过程中边注钻井液边起钻,减少了起下钻次数,缩短了作业时间。

2) 避免了钻头、钻具被埋的风险。起钻至上层套管内,即使存在较严重的井壁坍塌,也能完全避免钻头、钻具被埋;注浆过程中边注钻井液边起钻也降低了这种风险。

3) 有利于保护井壁。起下钻次数少,且第一次下钻时井壁不再干燥,减轻了钻具和钻头对井壁的

碰击破坏;带钻头注钻井液,避免了常规转换工艺中光钻杆注浆对井底的冲击。

4) 井壁润湿反转效果更好。喷淋润湿反转剂,保证了它与井壁的充分接触和反应,同时避免了混浆的发生;即使地层存在大的孔隙或裂缝漏失,润湿反转剂的消耗量也不会增加很多。

4 现场应用

元页 HF-1 井在二开空气钻井结束转换为常规钻井时采用了气液转换新工艺。该井二开空气钻井使用 $\phi 111.1 \text{ mm}$ 钻头从井深 705.00 m 钻至井深 $3\ 100.00 \text{ m}$,但钻至井深 $3\ 000.00 \text{ m}$ 以后接单根困难,井底沉砂 $5.00 \sim 6.00 \text{ m}$,起钻摩阻 $80 \sim 120 \text{ kN}$ 。考虑到井下安全,钻至井深 $3\ 100.00 \text{ m}$ 时停止采用空气钻井,转换为常规钻井。裸眼段为蓬莱镇组、遂宁组和上沙溪庙组地层,岩性为泥岩、砂岩、页岩以及砂泥岩互层。根据裸眼段的地层特点和地层压力,选用密度为 1.32 kg/L 的聚磺润滑防塌钻井液,其配方为 $\text{MEG} + 3\% \text{ SCL}$ 。按聚磺润滑防塌钻井液的配方配制 200 m^3 钻井液。

起钻至井深 700.00 m 进入表层套管,注入润湿反转剂,并旋转钻头对井壁进行喷淋,共消耗润湿反转剂 1.8 m^3 。充分处理后,首先注入 50 m^3 高含油前置液;再以 20 L/s 的排量注入 170 m^3 聚磺润滑防塌钻井液,边小排量注钻井液边慢速起钻。转换结束后,更换钻头,下钻探底,井底沉砂 47.00 m ,及时循环钻井液,并进行划眼,划眼段长 42.00 m ,划眼结束,开始以常规钻井方式钻进。

该次气液转换作业用时 36 h ,消耗润湿反转剂 1.8 m^3 ,整个过程没有发生井下故障。对比多口井气体钻井结束后替换钻井液的情况发现,润湿反转剂的消耗量明显减少(见表 1)。元坝 5 井在井深 $2\ 693.26 \text{ m}$ 处采用“前置液+分段注入法”进行气液转换,用时 77 h ,施工时间远长于新转换工艺^[11]。可见,采用气液转换新工艺可以大大节省钻井材料,明显缩短施工时间。

5 结论与建议

1) 利用喷淋润湿反转剂的方法对井壁进行预处理,润湿反转剂在重力作用下沿井壁下流,保证了润湿反转剂与井壁的充分接触和反应,避免了与钻井液的混浆,与前置液法相比润湿反转效果更好。

表 1 不同气液转换工艺效果对比

Table 1 The result comparison with the change of different gas-drilling fluids

井号	气体钻井结束井深/m	裸眼井直径/mm	润湿反转剂消耗量/m ³	施工时间/h	转换方法
普光301-4	3 686.00	314.1	12.0	77	前置液+分段注入
元坝 5	2 693.26	311.1	13.0		
建 431	2 755.00	314.1	14.0		
P204-2	3 648.00	314.1	13.0		
元坝 16	2 878.00	479.4	33.0	36	前置液+直接注入
元页 HF-1	3 100.00	311.1	1.8		新方法

2) 气体钻井后气液转换新工艺工序简单,施工时间仅为常规气液转换工艺的 47%,润湿反转剂的消耗量仅为气液转换工艺的 13%,可以避免或降低钻头、钻具被埋的风险,是一种安全、简易、经济的气液转换工艺。

3) 应设计一种喷淋润湿反转剂的专用工具,安装在钻具底部,在起钻或下钻过程中,对整个井壁进行更充分的喷淋处理。

参 考 文 献

References

- [1] 董明健. 元坝 124 井超深井钻井提速配套技术[J]. 石油钻探技术, 2011, 39(6): 23-26.
Dong Mingjian. Technology to increase drilling speed used in ultradeep Well Yuanba 124[J]. Petroleum Drilling Techniques, 2011, 39(6): 23-26.
- [2] 崔卫华, 侯绪田, 郑清国, 等. 气体/泡沫钻井技术在也门砂岩地层的应用[J]. 石油钻探技术, 2009, 37(4): 107-109.
Cui Weihua, Hou Xutian, Zheng Qingguo, et al. Applications of air & foam drilling in sandstone in Yemen[J]. Petroleum Drilling Techniques, 2009, 37(4): 107-109.
- [3] 陈富全, 罗玉祥, 李家龙, 等. 龙岗地区气体钻井结束后卡钻原因分析[J]. 钻井液与完井液, 2009, 26(6): 86-87.
Chen Fuquan, Luo Yuxiang, Li Jialong, et al. What caused the pipe sticking in completed wells in Block Longgang[J]. Drilling Fluid & Completion Fluid, 2009, 26(6): 86-87.
- [4] 刘翔, 王娟, 金承平. 气体钻井转化常规钻井的替入钻井液技术[J]. 钻采工艺, 2008, 31(4): 37-39.
Liu Xiang, Wang Juan, Jin Chengping. Drilling fluid technique of gas drilling translation into conventional drilling[J]. Drilling & Production Technology, 2008, 31(4): 37-39.
- [5] 赖尉, 何兴华, 黄晓琳. 普光105-2井空气钻井后钻井液替入技术[J]. 钻井液与完井液, 2010, 27(4): 90-92.
Lai Wei, He Xinghua, Huang Xiaolin. Displacement technology of drilling fluid after air drilling for Puguang Well 105-2[J]. Drilling Fluid & Completion Fluid, 2010, 27(4): 90-92.
- [6] 王亮, 吴正权, 杨兰平, 等. 川东地区高峰场区块气体钻井后的钻井液转换工艺[J]. 天然气工业, 2011, 31(3): 59-62.
Wang Liang, Wu Zhengquan, Yang Lanping, et al. Drilling fluids transformation after gas drilling at the Gaofengchang Block in the Eastern Sichuan Basin[J]. Natural Gas Industry, 2011, 31(3): 59-62.
- [7] 丁海峰, 魏学成, 张新旭, 等. 空气钻井过程中的钻井液转换[J]. 石油钻探技术, 2006, 34(4): 12-15.
Ding Haifeng, Wei Xuecheng, Zhang Xinxu, et al. Mud system transformation in air drilling practices[J]. Petroleum Drilling Techniques, 2006, 34(4): 12-15.
- [8] 叶文超, 曾李, 梁伟. 普光气田气体钻井钻井液转换技术[J]. 钻采工艺, 2010, 33(3): 122-124.
Ye Wenchao, Zeng Li, Liang Wei. Displacement technology of drilling fluid after air drilling in Puguang Gas-Field[J]. Drilling & Production Technology, 2010, 33(3): 122-124.
- [9] 苗锡庆, 张进双, 苏长明, 等. 气体钻井转换钻井液井壁稳定技术[J]. 石油钻探技术, 2008, 36(3): 29-32.
Miao Xiqing, Zhang Jinshuang, Su Changming, et al. Enhancing wellbore stability by gas-liquid drilling fluids replacement in gas drilling[J]. Petroleum Drilling Techniques, 2008, 36(3): 29-32.
- [10] 孙长健, 张仁德, 漆林, 等. 气体钻井转换钻井液保持井壁稳定技术[J]. 钻采工艺, 2010, 33(2): 15-16, 23.
Sun Changjian, Zhang Rende, Qi Lin, et al. Enhancing wellbore stability technique while mud system transformation in gas drilling[J]. Drilling & Production Technology, 2010, 33(2): 15-16, 23.
- [11] 詹富斌. 润湿反转隔离液技术在元坝 5 井的应用[J]. 西部探矿工程, 2010, 22(10): 79-81.
Zhan Fubin. Application of wettability alteration spacer technology in Well Yuanba 5[J]. West-China Exploration Engineering, 2010, 22(10): 79-81.

[编辑 刘文臣]