

文章编号: 1000-7393(2010)S0-0063-03

柯柯亚致密砂岩气藏充氮气欠平衡钻完井技术

张彦龙 王建毅 胡 挺 孙新江 杨德喜
(西部钻探工程有限公司吐哈钻井工艺研究院, 新疆鄯善 838202)

摘要: 吐哈油田台北凹陷北部山前构造带柯柯亚区块致密砂岩气藏是吐哈油田发展战略目标的重点攻坚区块, 常规钻井钻速低, 探明储量和保护储层效果差。文中论述了采用充氮气欠平衡钻完井技术解决该区块钻井的问题, 通过优化井身结构、钻具组合, 优选钻头、钻井参数、氮气注入量, 在确保井下安全的情况下最大程度地释放储层能量, 起到了保护储层和探明储量的双重功效, 同时避免了井漏, 缩短了钻井周期。在柯 21-2 井进行了试验, 机械钻速同比提高 127.35%, 欠平衡钻井点火成功 21 次, 投产后采用 $\varnothing 8$ mm 油嘴试产, 日产气约 5×10^4 m³, 效果较好, 可进一步推广应用。

关键词: 柯柯亚; 充氮气欠平衡; 致密砂岩气; 冻胶阀; 储层保护

中图分类号: TE258; TE242 **文献标识码:** A

Nitrogenation underbalanced drilling and completion technology for Kekeya tight sandstone gas reservoir

ZHANG Yanlong, WANG Jianyi, HU Ting, SUN Xinjiang, YANG Dexi

(Tuha-Based Drilling Technology Research Institute of Western Drilling Engineering Co. Ltd., Shanshan 838202, China)

Abstract: Tight sandstone gas reservoir in block Kekeya lying in piedmont structural zone of north Taibei sag is key target in development of Tuha oilfield. Such disadvantages as low drilling rate, poor known reserve and less effective reservoir preservation exist in terms of conventional drilling technology. Based on optimization of wellbore configuration, drill tool combination, drill bit, drilling parameter and nitrogen intake volume, this paper analyses the feasibility for application of nitrogenation underbalanced drilling and completion technology in this block. The finding demonstrates that application of this technology can liberate maximum reservoir energy while ensuring downhole safety, protect the reservoir, explore more reserve, avoid lost circulation and cut cycle time short. Field test in well Ke21-2 shows that penetration rate increases by 127.35 percent year-on-year with 21 times of successful ignition. After commissioning, $\varnothing 8$ mm choke is utilized to test production and 50,000 m³ daily gas production is gained.

Key words: Kekeya; nitrogenation underbalanced drilling; tight sandstone gas; gel valve; reservoir preservation

柯柯亚区块下侏罗统致密砂岩气藏具有埋藏深度大、压实作用强、大套砂岩夹薄层泥岩、薄煤层等地质难度, 常规钻井存在地层研磨性强、钻速低、探明储量和保护储层效果差等工程难题, 且部分井钻井过程中油气显示良好、完钻投产后无产能, 针对这些勘探和钻井中出现的新难题和新矛盾有必要进一步研究解决, 从而推动该区域勘探开发过程中钻井提速、探明储层和油气层保护步伐, 提高勘探开发和

钻井的综合效益, 实现油藏可持续开发目标。

1 地质特征

1.1 岩性特征

柯柯亚构造位于丘陵构造带西段, 整体为一近东西向的长轴背斜, 中下部主要为大套厚层灰色砂岩和灰色、深灰色泥岩互层; 上部大套灰色砂岩夹薄层灰色泥岩, 偶夹薄煤层, 顶部为浅灰色泥岩与煤层

作者简介: 张彦龙, 1984 年生。2008 年毕业于中国石油大学 (北京) 石油天然气工程学院石油工程专业, 现主要从事欠平衡钻井工程技术研究与现场技术服务工作。电话: 0995-8374667, E-mail: zhangyl_thzy@cnpc.com.cn。

互层。砂体发育程度高,砂层厚度大,一般 10~30 m,整体累计厚度超过 200 m,砂岩百分比 60%~80%,横向连续性好,分布范围广。

1.2 物性特征

储层孔隙度、渗透率偏低,平均孔隙度 5.2%,平均渗透率 $0.11 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 。储层敏感性伤害严重,为中等偏强水敏、弱碱敏、中等盐敏、中等偏强酸敏、中偏强速敏储层。储层属于异常低温、正常压力系统。油藏温度为 40~50 °C,气藏原始地层压力 39.56 MPa,地温梯度 2.06 °C/100 m,压力系数 1.10。

2 钻井技术难点

2.1 机械钻速低

该气藏埋藏深度大,三工河组气藏埋深 3065~3277 m,气柱高度 212 m;八道湾组气藏埋深 3303~3786 m,气柱高度 483 m,压实作用强,研磨性强,常规钻井机械钻速低,基本在 1 m/h 左右。

2.2 井下易发生复杂、事故

地层砂泥岩、砂岩与煤层相互交错,易出现井眼缩颈、井壁掉块垮塌等复杂情况,多次发生起下钻电测遇阻、煤层垮塌卡钻等事故;地层研磨性强,钻头易出现疲劳损坏,多次出现掉牙轮事故;裂缝发育,致使地层承压能力低,易发生井漏复杂;多年注水开发,造成同层压力异常,导致水侵,常规钻井过程中经常发生溢流,井控风险加大。常规钻井过程中循环、划眼频繁,复杂、事故处理次数多,时间长,钻井时效低。

2.3 完钻投产后无产能

部分井常规钻井过程中油气显示较好,完钻测试且经酸化压裂后均无产能。常规钻井技术钻至煤层与砂、泥岩互层段(井深 3700.68 m),地层承压能力低,发生裂缝型钻井液漏失,严重污染了储层,堵塞了油气运移通道,油气无法渗流至井筒。

3 充氮气欠平衡必要性和可行性论证

3.1 充氮气欠平衡钻井的技术优势

充氮气钻井液形成的气液混合物为不稳定两相流体,全井筒基本上是以液体为连续相、气体为分散相的两相介质。不稳定气液两相流体的优点是:地面脱气较容易,脱气后的基液可进行常规的净化处理、循环使用;通过对气液比进行有效地调整,达到控制静液柱压力,实现保护油气层、提高机械钻速、防止井漏的目的。

3.2 充氮气欠平衡钻井的技术需求

实施充氮气欠平衡钻井可以有效解决井底压持效应,避免井漏,解决钻井速度和井身质量控制矛盾,减少储层污染,释放储层能量以保护储层和探明储量。

3.3 充氮气欠平衡钻井的可行性

(1)井壁稳定性。井段属正常压力系统,井控难度不大,可进行充氮气欠平衡钻井。

(2)压力系统。施工井段以灰色砂岩和灰色、深灰色泥岩为主,砂体发育程度高,砂层厚度大,一般 10~30 m,横向连续性好,井壁较稳定。可进行充氮气欠平衡钻井。

(3)地层 H_2S 含量。施工井段常规钻井过程中检测到的 H_2S 含量低于 6 mg/L,达到充氮气欠平衡钻井作业指标。可进行充氮气欠平衡钻井。

4 充氮气欠平衡钻井方案

4.1 井身结构

常规钻井所用的井身结构,见表 1,充氮气欠平衡钻井所用的井身结构,见表 2。

表 1 常规钻井所用的井身结构

开钻顺序	钻头		套管		水泥返至 井深/m
	直径/mm	井深/m	直径/mm	井段/m	
一开	444.5	300	339.7	0~300	0
二开	311	2500	244.5	0~2500	100
三开	216	3800	139.7	0~3800	2300

表 2 充氮气欠平衡钻井所用的井身结构

开钻顺序	钻头		套管		水泥返至 井深/m
	直径/mm	井深/m	直径/mm	井段/m	
一开	375	800	273	0~800	0
二开	241	3500	177.8	0~3500	700~2400 2700~3500
三开	152.4	3800	127	3485~3500 3500~3800	套管 打孔管

充氮气欠平衡钻井的井身结构节省了钻井周期、节约了钻井成本,同时降低了欠平衡钻井的安全风险,更有利于实施三开充氮气欠平衡钻井作业;悬挂筛管尾管的完井管柱不但缩短了完井作业步骤和周期,便于更早地投产,同时为油气井后期改造提供了更多的选择余地。

4.2 钻具组合

Ø152.4 mm 钻头 + Ø120 mm 双母接头 (330 × 310) + Ø120 mm 箭形单流阀 (311 × 310) × 2 + Ø120 mm 钻铤 (311 × 310) × 20 根 + Ø89 mm 斜坡钻杆

(至井口 311×310)+Ø120 mm 旋塞阀 (311×310)+Ø120 mm 箭形单流阀 (311×310)+Ø89 mm 斜坡钻杆 (311×310)+Ø120 mm 保护接头 (311×310)+Ø120 mm 方钻杆下旋塞 (311×310)+Ø108 mm 六方钻杆 (311)。

4.3 氮气注入量

根据孔隙压力、漏失压力和储层物性确定的充氮气钻井液当量密度约为 0.86~0.92 g/cm³,以基浆密度、预测产气量、钻具结构、预测储层产出油气物性、地温梯度及预测钻屑粒径等参数为依据,应用欠平衡水力计算软件模拟氮气注入量约 35~40 m³/min,结合钻井液基浆性能、泥浆泵排量确定的氮气排量为 38 m³/min,此时循环当量密度为 0.745 g/cm³左右,能同时满足携岩要求和储层保护要求。

4.4 欠平衡完井

利用冻胶阀实现筛管完井,具体操作程序如下:利用自产油气充满储层段,进入技术套管内→起钻至井深 3000 m 左右→利用 2 部水泥车注胶→顶替→起钻至冻胶顶部→成胶→循环钻井液→观察井口压力有无异常→下筛管→接尾管悬挂器→倒扣→下油管柱→破胶剂破胶→坐油管挂→装采油树→氮气气举返排→投产。

悬挂尾管下入组合: Ø177.8 mm YX 型引鞋 (LTC)+ Ø127 mm 打孔筛管 (满足目标层)+ Ø127 mm 定压盲板+ Ø127 mm 套管 × 2 根+ XG-Ø177.8 mm × Ø127 mm 型液动悬挂器+ Ø120 mm 箭型单流阀+ Ø88.9 mm 斜坡钻杆 (至井口)。

丝堵+ Ø73 mm 平式油管 × 2 根+ 滑套+ Ø73 mm 平式油管 × 59 根+ (喷射器+ Ø73 mm 平式油管 × 3 根) × 14+ Ø73 mm 平式油管 × 1 根+ Ø73 mm 加大油管 × 1 根+ 堵塞器+ Ø73 mm 加大油管 (至井口)+ Ø93 mm 双公接头+ 油管挂 (萝卜头)+ Ø73 mm 加大油管 × 1 根。

5 现场应用

5.1 施工概况

该技术在柯 21-2 井进行了先导性试验,该井设计井深 3810 m,完钻井深 3698 m。2010 年 2 月 10 日一开钻进,钻至井深 3614 m,完成了 Ø177.8 mm 技术套管作业。三开实施充氮气欠平衡钻井,钻至井深 3617.93 m,全烃值、套压迅速上升,10 s 之内全烃值自 10.2203% 上升至 99.7682%,套压自 0.05 MPa 上升至 0.9 MPa;循环系统液面上升,液量增多

6 m³;火炬点火成功,火焰高达 7~8 m,主焰呈橘黄色,底部夹带蓝焰,外围伴有灰黑色烟雾。钻至井深 3698 m,完成地质钻探任务并完钻。

在井深 3000 m 实施冻胶阀欠平衡完井作业,成功暂堵了油气上窜。在完成坐封采气树作业后启动了 2 台套制氮车通过采气树正举返排冻胶,掏空压力 13 MPa,举穿压力 16.5 MPa,泄压试点火,火焰高约 8~10 m,呈橘黄色,燃势凶猛。

5.2 试验效果

该井三开充氮气欠平衡钻井井段 3616.95~3698 m,进尺 81.05 m,纯钻时间 2807 min (录井统计),机械钻速 1.732 m/h,较邻井柯 21 井同比提高 127.35%,提速效果明显;钻进施工期间多次点火成功,整个施工过程中 (正常钻进、起下钻、打冻胶、下筛管、下油管、气举返排) 共计点火成功 21 次,共燃烧时长达 6812 min,单次火焰燃烧最长时长达 1142 min,火焰最低 2 m,火焰呈橘黄色,夹带蓝焰,伴有浓烟,表明该区块八道湾组致密砂岩层有可观的天然气储量。完钻试产后,日产气约 5 × 10⁴ m³。

6 结论和认识

(1) 柯柯亚致密砂岩气层采用充氮气欠平衡钻井,机械钻速、钻头进尺及钻头寿命均有大幅度提高,对于解决柯柯亚区块钻速慢等技术问题提供了一条行之有效的途径;

(2) 充氮气欠平衡钻井可以有效解决柯柯亚致密砂岩气藏常规钻井过程中的井漏问题,减少储层污染,缩短钻井周期;

(3) 充氮气欠平衡钻井在柯柯亚致密砂岩气藏开采过程中具有巨大的发现和保护储层优势,应加大推广和应用力度,提高勘探开发的综合效益。

参考文献:

- [1] 杨虎,王利国. 欠平衡钻井基础理论与实践[M]. 北京:石油工业出版社,2009: 98-104.
- [2] 李克向,解浚昌. 钻井手册 (甲方)[M]. 北京:石油工业出版社,1990: 265-315.
- [3] 陈庭根,管志川. 钻井工程理论与技术[M]. 山东东营:中国石油大学出版社,2006: 46-65.
- [4] 金衍,陈勉,卢运虎,等. 一种气体钻井井壁稳定性分析的简易方法[J]. 石油钻采工艺,2009,31(6): 48-52.

(收稿日期 2010-09-12)

[编辑 薛改珍]