

# 充气欠平衡钻井液技术在 DP4 井水平段的应用

卢周芳

(中国石化集团华北石油局三普钻井公司, 陕西 咸阳 712000)

**摘要:** DP4 井是中石化华北分公司在鄂尔多斯盆地大牛地气田布置的一口充气欠平衡水平井, 该井目的层为盒 1 段, 地层压系数较低, 压力系数范围 0.83 ~ 0.99 (平均 0.93), 为了有效保护气层, DP4 井水平段全过程采用了充气欠平衡钻井工艺技术。欠平衡钻井工艺采用充气钻井液技术, 通过该工艺在 DP4 井的实施, 在盒 1 气层保护上取得较大成功。主要介绍了充气欠平衡钻井液技术的技术工艺、实施过程和现场实施情况, 并对充气欠平衡钻井液技术在该井实施效果进行了分析评价。

**关键词:** 充气钻井液; 欠平衡钻井; 水平井; 井口装置; DP4 井

**中图分类号:** TE254    **文献标识码:** A    **文章编号:** 1672 - 7428(2010)02 - 0017 - 03

**Application of Aerated Underbalanced Drilling Fluid Technology in Horizontal Section of DP4 Well/LU Zhou-fang**  
(Sanpu Drilling Company of SINOPEC North China, Xianyang Shaanxi 712000, China)

**Abstract:** DP4 well is a horizontal one, locating at the Daniudi gas field of Ordos Basin and drilled with aerated underbalanced drilling technology. The target formation is He 1 with lower formation pressure coefficient from 0.83 to 0.99 (average 0.93). To effectively protect He 1 formation, aerated underbalanced drilling technology was implemented in the whole horizontal section with aerated drilling fluid, and the protection was successful. The paper mainly introduced the aerated underbalanced drilling fluid about the technique & technology, implemetation process and the field situation; and also analyzed and evaluated implemetation effect of aerated underbalanced drilling fluid in this well.

**Key words:** aerated drilling fluid; underbalanced drilling; horizontal well; wellhead equipment; DP4 well

## 1 工程及地质概况

DP4 井位于内蒙古自治区伊金霍洛旗扎萨克镇松道沟大队二社, 构造位置鄂尔多斯盆地伊陕斜坡东北部, 目的层为下石盒子组盒 1 段, 该地层属于晚古生代二叠纪, 河流相沉积, 岩性为浅灰、灰白色中、粗砂岩及含砾粗砂岩及棕褐色泥岩, 属于低压低渗性气藏, 压力系数 0.83 ~ 0.99, 平均 0.93。

DP4 井是一口较大位移水平井, 完钻井深 4360 m, 水平段长 1624 m, 总位移 1972 m, 井身结构:  $\varnothing 444.5 \text{ mm} \times 512.00 \text{ m}$  ( $\varnothing 339.7 \text{ mm} \times 511.82 \text{ m}$ ) +  $\varnothing 311 \text{ mm} \times 2736.00 \text{ m}$  ( $\varnothing 244.5 \text{ mm} \times 2734.94 \text{ m}$ ) +  $\varnothing 216 \text{ mm} \times 4360.00 \text{ m}$ 。

## 2 充气钻井液技术简介

充气欠平衡钻井是在钻井过程中, 允许地层流体进入井内, 循环出井, 并在地面得到控制的一种钻井方式。国外欠平衡钻井技术主要有两类: 第一类为控流钻井 (Flow drilling, 也译作边喷边钻、流钻), 第二类为可压缩性钻井液钻井 (Compressible drilling fluid)。控流钻井, 通常用清水或清洁盐水作为钻井

液, 适用于储层压力较高的地层; 对较低压储层, 可以用低密度油基钻井液实现欠平衡。可压缩性钻井液钻井指采用具有可压缩性的钻井液进行欠平衡钻井, 可压缩性钻井液包括气体、雾、泡沫和充气流体。在采用充气钻井液钻井过程中, 气体在一定压力下通过立管与钻井液一起注入。为了防止钻具内流体产生两相分离, 钻具内装有单向阀。该技术多用于低压或小于静水压力的油藏。加拿大的充气钻井液技术应用较为成熟和广泛, 我国在新疆、辽河和中原油区曾进行过现场试验。

## 3 钻井液技术难点

DP4 井是一口位移比较大的水平井, 水平段长 1624 m, 水平段钻进时主要困难有: (1) 在复合钻进时扭矩很大; (2) 在滑动定向钻进时或起下钻时摩阻大; (3) 在井底高温、高压下氮气中不可避免的有氧气混入造成钻具的氧腐蚀现象。由于以上难点, 要完成本井的施工, 要求钻井液必须有较好的润滑性和较强的抗氧化能力。

收稿日期: 2009 - 11 - 26

作者简介: 卢周芳 (1957 -), 男 (汉族), 山东人, 中国石化集团华北石油局三普钻井公司生产技术科科长、工程师, 石油钻井专业, 从事石油钻井技术工作, 陕西省咸阳市毕塬东路 10 号, sp\_lzf@163.com。

## 4 钻井液技术

### 4.1 钻井液体系的选择

针对大牛地气田盒1段气藏低压、低渗特征,钻井液体系的确定要考虑抑制地层造浆和泥岩水化膨胀所必要的抑制性能。本井水平段为全程欠平衡钻进,要能有效地将钻井液密度控制在设计范围。由于水平段较长,钻井施工后期摩阻必然很大,要求钻井液有较好的润滑性能。水平段钻进过程会经常遇到泥岩,钻井液还需要有一定的防塌能力来保证井壁稳定,同时还要满足大井眼快速钻井的携岩要求。综合以上实际情况,钻井液选择了无粘土相充气欠平衡钻井液体系,该体系易于降解,具有密度低,可降低井底压力,减少钻井液的侵入,同时具有良好的润滑性和储层保护效果。

### 4.2 钻井液的配制及维护处理

钻井液使用无土相充气钻井液体系,钻井液配方为:(4.5%~7.0%)TV-2+(2.0%~3.0%)润滑剂+(0.3%~0.5%)XC+(2.0%~3.0%)HCOOK+(3.0%~5.0%)防水锁剂。

钻井液维护性能指标要求和DP4井实际性能

表1 钻井性能指标要求与DP4井实际指标对比

性能名称	密度/(g·cm <sup>-3</sup> )	漏斗粘度/s	API FL/mL	滤饼/mm	PV/(mPa·s)	YP/Pa	极压润滑系数	静切力/Pa
常温指标	1.02~1.05	40~90	5.0~8.0	痕迹	20~30	8~25	<0.09	2~5/4~8
实际性能	1.02~1.05	41~54	4.0~8.0	痕迹	9~14	5.5~9	0.06~0.07	1.5~3/2.5~6

## 5 现场施工

### 5.1 井口装备

Ø444.5 mm × Ø339.7 mm × Ø244.5 mm 套管头 + FSP35-35 四通 + 2FZ35-35(全封+5 in 半封) + FH35-35 环形防喷器 + Williams 7100 旋转控制头。

### 5.2 充气钻井工艺流程(见图1)

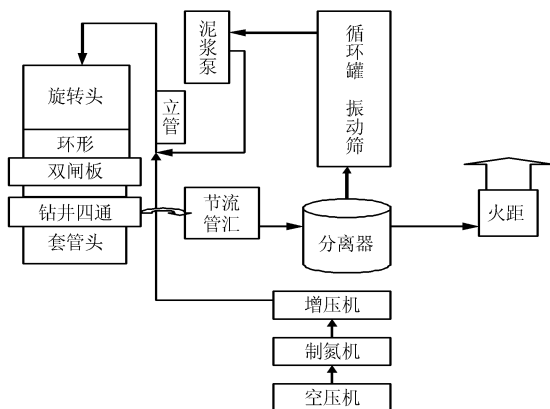


图1 现场充气钻井流程图

指标见表1。在钻进过程中,根据钻井进尺及泥浆量消耗,适时补充胶液维护;为了满足欠平衡钻进及携岩要求,钻井液粘度控制在40~50 s之间,动塑比为0.35~0.6,静切力为(2~3)/(3~7) Pa,这样既满足欠平衡脱气要求又满足携带钻屑要求;在维护过程中调整粘切结构力时处理剂XC加量0.5%~1%,通过补充抗氧剂,减少对处理剂的降解,同时加大降失水剂TV-2的加量,降失水剂的加量为全井泥浆量的7%~8%;通过补充抑制剂甲酸钾维护体系性能稳定;在密度控制中,根据钻井液基液密度增加趋势,更换高目数的筛布,及时清理沉砂罐,增加固控设备运转时间;在钻井液摩阻方面,通过加入水溶性润滑剂来降低摩阻,本井的极压润滑系数控制在0.068~0.078之间;通过提高钻井液的表观粘度,提高抗氧剂的加量,保持缓蚀剂在钻井液中呈过量状态(加量为0.3%左右),保持钻井液pH值在10~12之间等措施来解决钻具在氧含量较高的情况下的腐蚀问题。总之,通过以上技术措施,保持了钻井液性能的稳定,实现了钻井过程中的欠平衡钻进,满足了钻井工程的需要。

### 5.3 充气参数选择

根据DP4井钻井地质设计,盒1段压力系数范围0.83~0.99(平均0.93),采用充气钻井液在水平段进行欠平衡钻井,由于低渗透油藏存在启动压差,欠平衡压差设计稍大一些(以2~3 MPa为宜),泥浆泵排量选择25 L/s,钻井液密度按1.04 g/cm<sup>3</sup>进行计算,井眼等效钻井液密度0.867~0.813 g/cm<sup>3</sup>之间,根据气液两相软件计算出充气量,选择30~50 m<sup>3</sup>/min。

### 5.4 欠平衡主要技术要点

(1)所有欠平衡设备安装到位后,欠平衡作业开始前,对所有地面和井口装备按要求进行试压。

(2)在施工过程中,根据实际情况及时调整气液比,满足全过程欠平衡的要求。

(3)钻完立柱后接钻杆前先停止注气,继续泵入钻井液,直到将钻井液替到最上面一个止回阀以下停泵,然后加钻杆立柱作业。

(4)接好钻杆立柱后,先开泵,然后充气,待立管压力恢复正常后才开始继续钻进。

(5)在起下钻作业时,不需要压井,利用井内套管阀进行起下作业,从而实现全过程欠平衡作业。

(6)由于水平段较长,下钻时如果靠钻具自身重力无法输送钻具时,开启顶驱转动钻具进行下钻。

## 5.5 水平段施工情况及施工效果分析

### 5.5.1 水平段施工情况

DP4 井 2008 年 6 月 12 日开始水平段钻进施工,2008 年 7 月 17 日完成,该井完钻井深 4360 m (斜深),垂深 2514.17 m,总位移 1970.73 m,水平段长 1624 m。水平段岩性主要为砂岩,局部夹泥质砂岩薄层,为了减少对储层的伤害,水平段使用无粘土相钻井液充气欠平衡技术,保持了钻井液性能的稳定,实现了钻井过程欠压钻进,在欠平衡条件下做到了接立柱正常、携砂正常、起下钻畅通,也满足了充气条件下液气分离器的脱气要求,施工全程没出现遇阻、遇卡等井内复杂情况和井内事故。

### 5.5.2 施工效果分析

(1)该体系钻井液易于降解,十分利于保护油气层。在 DP4 井取得较好油气成果,多次下钻到底测后效火炬能持续点火,点火时间统计见表 2。

表 2 DP4 井地质测后效时间统计

序号	井深/m	时长/min	火焰高度/m	火焰颜色
1	3377.25	33	3~5	桔黄色
2	3586.12	40	3~6	桔黄色
3	3718	23	2~5	桔黄色
4	3927.4	56	2~6	桔黄色
5	4067.19	53	2~11	桔黄色
6	4198	140	3~9	桔黄色
7	4291	86	3~4	桔黄色

(2)满足了较大位移水平井钻井施工的要求。充气钻井液具有携岩能力强,DP4 井钻进时泵排量 25 L/s,充气量 50 m<sup>3</sup>/min,根据气液两相软件计算出水平段最小流动速度 1.4 m/s,该体系钻井液封堵防塌性能好,井壁稳定,全井钻进期间未见掉块现象,起下钻施工未见大段划眼现象,全井施工比较顺利,钻井性能指标见表 3。

表 3 DP3 井与 DP4 井机械钻速对比

井名	钻井方式	井段/m	井眼尺寸 /mm	进尺 /m	平均机械 /(m·h <sup>-1</sup> )
DP3	未充气	2885~4086	215.9	1201	2.53
DP4	充气	2736~4360	215.9	1624	6.04

(3)提高水平段钻井效率。DP4 井通过采用充气欠平衡钻井工艺,有效降低了钻井液当量密度,提高了机械钻速,水平段平均机械钻速为 6.04 m/h,与常规井钻井液钻井机械钻速相比,提高 2.39% (见表 3),由于水平段较长的影响,钻至水平段后期钻头机械速低,综合分析实际机械钻速提高程度还应高一些。

## 6 认识与结论

(1)与常规钻井相比,采用充气欠平衡钻井液技术工艺能有效提高环空返速,在大井眼、低排量的情况下仍能较好满足携岩要求,不易在水平段形成岩屑床,还能有效降低水平段摩阻,更有利于较大位移水平井的实施。

(2)充气欠平衡钻井液技术首次在鄂北工区 DP4 井的成功应用,除了大幅提高了钻井速度,还在油气保护上取得了较好效果,多次下钻到底测后效火炬能持续点火。

(3)因为是充气钻井,钻具氧腐蚀问题较为突出,本井加入的防腐剂及缓蚀剂,促进钻井液在钻具表面成膜,同时保持钻井液较高的 pH 值,解决钻具在氧含量较高情况下的腐蚀现象。

(4)DP4 井充气量最大 50 m<sup>3</sup>/min,这是国内目前充气钻井注气量最大的一口井,因为上部井段气体滑脱严重,导致段塞流,井口返浆易溢出出浆槽,钻进时无粘土相钻井液要适当提高粘度,降低气体的滑脱速度。

## 参考文献:

- [1] 姚德辉,李建成,燕修良. 充气钻井液在云参 1 井的应用[J]. 石油钻探技术,2002,30(4):34-35.
- [2] 陈军,陈永明,燕修良,等. 胜利油田高油气比地层欠平衡钻井技术[J]. 石油钻探技术,2005,33(4):34-36.
- [3] 俞宪生. DF1 井氮气泡沫欠平衡钻井实践与认识[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2009,36(1):14-17.
- [4] 熊军. 欠平衡钻井技术在梨深 1 井的应用[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2008,35(6):37-40.
- [5] 葛明军. 乳化柴油钻井液在石油欠平衡钻井中的应用[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2007,34(11):43-45.