

# 大庆葡萄花油层氮气专打技术实践

王建艳, 李瑞营, 孙妍, 孙莉

(大庆钻探工程公司钻井工程技术研究院, 黑龙江 大庆 163413)

**摘要:**大庆油田外围葡萄花油层作为中浅层探评井开发的主要目的层,属于“三低”油藏,常规钻井方式开发成本高,经济效益差。由于受“三低”油藏地质特点的影响,常规钻进时钻井液在压差作用下产生滤液从而对储层造成一定程度的损害,受地层本身特性以及过平衡钻井2个因素共同作用,造成单井产量低。氮气作为一种循环介质在储层进行气体钻井,在储层发现和保护上具有明显优势。2011年在外围中浅层进行了葡萄花油层氮气专打钻井技术实践,从井身结构、钻井方式和完井方式3方面进行技术创新,现场试验4口井,平均钻速达24.43 m/h,为邻井常规钻井相应井段机械钻速的2倍以上,钻进过程中排砂口处即发现油流,储层保护效果好,预计增产效果显著。

**关键词:**氮气钻井;“三低”油藏;井身结构;储层保护;葡萄花油层

**中图分类号:**TE242 **文献标识码:**B **文章编号:**1672-7428(2013)11-0032-03

**Practice of Nitrogen Drilling in Putaohua Reservoir of Daqing Oilfield/WANG Jian-yan, LI Rui-ying, SUN Yan, SUN Li** (Drilling Engineering Technology Research Institute of Daqing Drilling & Exploration Engineering Corporation, Daqing Heilongjiang 163413, China)

**Abstract:** Putaohua reservoir is the main target layer for exploration appraisal well in middle-shallow layer of periphery of Daqing oilfield, but it is a “three low” reservoir, the conventional drilling will cause high cost and low benefit; and by the characteristics of “three low” reservoir, the filtrate under differential pressure is harmful to reservoir. The formation characteristics and overbalance drilling result in low single well production. As a circulating medium of gas drilling in the reservoir, nitrogen has obvious advantages in the reservoir discovery and protection. The nitrogen drilling practice was made in Putaohua reservoir in middle-shallow layer of periphery of Daqing oilfield in 2011, technological innovation was carried out in the well structure, drilling technology and completion methods, the average penetration rate reached 24.43m/h in the 4 test wells, which was more than 2 times of that of adjacent wells by conventional drilling technology. Oil flow was found at sand draining outlet in the drilling process with good reservoir protection effects.

**Key words:** nitrogen drilling; “three low” reservoir; well structure; reservoir protection; Putaohua reservoir

## 0 前言

氮气钻井技术是以氮气为主要循环介质的欠平衡钻井技术,相对于常规钻井,其优势主要表现在发现和保护储层,提高油气产量和采收率。自2008年大庆油田空气/氮气钻井技术研究成功以来<sup>[1]</sup>,在大庆深层探评井中进行了30多口的气体钻井试验,在保护储层、提高机械钻速方面效果显著,但是一直没有在中浅层油井中进行实践。

葡萄花油层是大庆外围中浅层“三低”油藏的主要目的层,常规钻井方式进行开发,单井产能低,采油成本高,经济效益差<sup>[2]</sup>。为此,2011年结合氮气钻井取得的经验,在中浅层葡萄花油层开展了氮气专打技术实践,通过4口井现场试验,达到了真正保护储层的目的,在井身结构、钻井方式和完井方式3方面实现了技术创新。

## 1 大庆葡萄花油藏地质特点及开发状态

大庆外围葡萄花油层作为中浅层探评井开发的主要目的层,平均储量丰度为 $18.25 \times 10^4 \text{ t/km}^2$ ,岩性为深灰、黑灰、灰色的泥岩及粉砂质泥岩与灰色、棕色、粉细砂岩互层。油层顶面埋藏深度1340~1530 m,葡萄花油层地层厚度13.3~31.2 m,由西北向东南方向逐渐变薄,层数减少。裂缝的平均孔隙度为0.14%,其中宏观裂缝的平均孔隙度0.03%,微观裂缝的平均孔隙度0.11%。宏观裂缝的渗透率主要为 $62.4 \times 10^{-3} \sim 499.0 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ ,微观裂缝渗透率为 $0.1 \times 10^{-3} \sim 37.3 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ ,平均为 $5.37 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ ,裂缝的储集能力小,主要起渗流作用。在实际开发中存在储层丰度底,油层厚度分布不稳定,平面变化大,单井产油量低的现状<sup>[2]</sup>。

收稿日期:2013-02-26

作者简介:王建艳(1981-),女(汉族),新疆人,大庆钻探工程公司钻井工程技术研究院设计中心工程师,石油工程专业,从事钻井设计及相关科研工作,黑龙江省大庆市红岗区八百垅, wangjianyan@cnpc.com.cn。

## 2 氮气钻井主要技术措施

目前,在葡萄油层施工的井,在实际施工中多采用两性复合离子钻井液,进入兼探目的层前控制钻井液密度在  $1.10 \text{ g/cm}^3$ ,防止污染储层,但是实际钻井过程中容易出现井底过平衡情况,造成储层污染。而氮气钻井可以实现真正地保护储层,为此,在井身结构、钻井方式及完井方式等方面进行技术创新,开展葡萄油层氮气专打技术实践。

### 2.1 井身结构

井身结构设计的主要任务是确定套管的层次、下深以及套管与钻头尺寸配合等内容,从而保障整个钻井过程安全、高效。葡萄油层开发井的常规设计主要采用表层  $\text{Ø}342.9 \text{ mm}$  钻头(273.1 mm 套管下深 200 m 左右) + 生产层  $\text{Ø}215.9 \text{ mm}$  钻头(139.7 mm 套管下至井底)的井身结构。为保障氮气钻井安全,降低钻井成本,对井身结构进行优化:用 20 m  $\text{Ø}244.5 \text{ mm}$  导管替代了原有的表层套管, $\text{Ø}215.9 \text{ mm}$  钻头钻至葡萄油层顶后下  $\text{Ø}139.7 \text{ mm}$  套管并固井,二开采用  $\text{Ø}118.0 \text{ mm}$  钻头,氮气钻进葡萄油层 50 m,采用割缝筛管直接完井。

该井身结构设计的主要思想是根据实际钻井时岩性变化确定  $\text{Ø}215.9 \text{ mm}$  井眼完钻井深,保证钻入葡顶但不揭开油层,然后下套管,最底部 6 根套管采用 P110 壁厚 7.72 mm 的套管,以满足后期压裂改造的需要;采用可钻式浮箍、浮鞋和胶塞,浮箍、浮鞋之间连接 1 根 5 m 短套管。 $\text{Ø}139.7 \text{ mm}$  套管固井时水泥浆返到嫩二段底,封固段长度  $\leq 200 \text{ m}$ 。二开采用氮气专打储层,实现最大限度的保护储层,根据产能情况确定裸眼或下入  $\text{Ø}88.9 \text{ mm}$  割缝筛管完井。常规钻井和氮气钻井井身结构如图 1 所示。

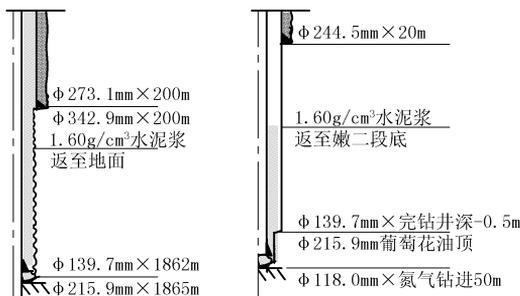


图 1 常规钻井和氮气钻井井身结构对比图

### 2.2 钻井方式

常规钻井采用两性复合离子钻井液进行钻进,由于井底过平衡<sup>[3]</sup>,导致储层一定程度的污染,单井原油产量低。为实现真正地保护储层,提高“三

低”油藏葡萄油层的产量,对钻井方式实现技术创新,利用氮气在葡萄油层钻进 50 m,来减少钻井液滤液对储层的伤害,达到评估葡萄油层产能的目的。在氮气钻井施工过程中,采用氮气和柴油混合注入的方法来稀释井下原油,从而保证了当钻进中有原油产出时,原油能顺利被循环到地面,防止因此而造成不返屑和阻卡的现象。在实际钻井施工中,根据井下情况,合理设计注气排量,氮气钻进钻井参数设计如表 1 所示。为保证携岩效果,还根据井底压力,利用 HUBS 气体钻井设计软件对设计的注入压力,进行了气体返速计算,保证了井眼清洁,计算结果如表 2 所示。

表 1 氮气钻进钻井参数设计

井下情况	设计机械钻速 $/(m \cdot h^{-1})$	设计注气排量 $/(m^3 \cdot min^{-1})$
正常钻进	30	50 ~ 60
井下出油	25	50 ~ 80

表 2 应用 HUBS 软件计算的注入压力、井底压力、节点返速

井下情况	井深 /m	钻井介质	机械钻速 $/(m \cdot h^{-1})$	注气排量 $/(m^3 \cdot min^{-1})$	注入压力 /MPa	井底压力 /MPa	节点气体返速 $/(m \cdot s^{-1})$
正常	1480	氮气	30	50	2.20	1.65	8.32
				60	2.60	1.97	8.49
出油 0.5 $m^3/h$	1480	氮气	25	50	2.89	2.83	4.76
			25	80	3.81	3.73	5.15

注:计算的岩屑尺寸直径为 3 mm,厚度为 4 mm。

### 2.3 完井方式选择

氮气钻进至设计完钻井深,循环至井眼清洁起钻。利用钻具配合丢手工具连接  $\text{Ø}88.9 \text{ mm}$  割缝筛管下至井底,通过正转,倒开丢手工具,使筛管顶部位置处于技术套管内。完井后直接采油,不用压裂改造,降低了完井成本。当出现减产情况时,下入打捞工具取出可回收式筛,可进行后期压裂改造等工艺措施来提高产量。

## 3 实践效果

在大庆外围中浅层共开展了 4 口井葡萄油层氮气专打技术实践<sup>[3]</sup>,现场应用情况良好。对比 2011 年初施工,2011 年 8 月以来投产 25 口井,产油情况明显高于常规钻井施工的井,其中 25 口井的产油产液如表 3 所示,平均日产油 1.3 t。

F180X14 井候效 42 h 后测井探油面高 590 m,投产后日产油 3 t 以上,是邻井日产油量的 1.5 倍以上;F175X14 井钻进过程中伴有大量原油返出,起出钻具及钻头沾满原油,投产后日产量 6 t 以上,是邻井

表3 2011年葡萄花油层投产井生产情况

序号	井号	投产时间	预计产液 /t	厚度/m		生产情况/t			备注
				砂岩	有效	产液	产油	含水	
1	8Z20	2011.08	2.9	6.6	2.3	2.7	1.9	29.6	
2	8Z14	2011.08	2.7	10.4	2.1	2.5	1.7	32.0	
3	8Z15	2011.08	2.7	5.0	2.1	2.3	1.7	26.1	
4	8Z12	2011.08	3.3	8.8	2.6	3.3	2.0	39.4	
5	8Z16	2011.08	3.6	21.0	2.8	3.2	2.5	21.9	
6	8B54	2011.09	3.6	7.8	2.8	3.1	1.6	48.4	压裂
7	8Z17	2011.08	3.1	7.4	2.4	2.7	1.9	29.6	
8	8Z14	2011.08	3.7	2.9	2.9	2.9	2.2	24.1	
9	8Z20	2011.08	1.1	9.0	0.9	1.3	0.8	38.5	
10	8Z15	2011.09	2.3	7.7	1.8	1.9	0.5	73.7	
11	8Z13	2011.09	3.5	5.2	2.7	3.6	1.1	69.4	
12	8Z15	2011.09	0.7	7.2	0.6	0.7	0.5	28.6	
13	8Z14	2011.09	2.2	3.4	1.7	1.9	1.4	26.3	
14	8Z16	2011.09	1.6	2.6	1.3	1.5	1.2	20.0	
15	8Z17	2011.09	2.6	6.8	2.0	2.2	1.7	22.7	
16	8Z134	2011.11	15.0			9.8	1.0	89.8	
17	8F180	2011.09	1.0	7.5	2.8	1.2	1.0	16.7	
18	8F180	2011.09	1.6	7.0	1.3	1.5	1.3	13.3	
19	8F178	2011.09	2.2	9.2	1.1	1.6	0.3	81.3	整体压裂区块,全井压裂
20	8F178	2011.09	2.4	6.8	1.2	0.9	0.4	55.6	整体压裂区块,全井压裂
21	8F175	2011.09	1.0	5.5	1.4	2.6	2.2	15.4	
22	8F178	2011.08	3.8	6.2	1.9	3.3	2.8	15.2	整体压裂区块,全井压裂
23	8F174	2011.08	2.3	9.4	1.8	0.3	0.2	13.0	
24	8F174	2011.09	0.7	5.4	0.6	2.7	0.0	100.0	
25	8F176	2011.09	1.8	7.2	1.4	1.1	0.9	18.2	
平均						2.4	1.3	37.9	
1	F180X14					3.0	2.2		氮气钻进储层
2	F175X14					6.0	3.75		氮气钻进储层
3	Y195-67					5.5	3.5		氮气钻进储层
4	Y199-64					5.8	3.7		氮气钻进储层
平均						5.1	3.3		

日产油2.5倍以上。

Y195-67井气体钻井井段1429~1485m,层位为姚一段,进尺56m,总钻进时间2.28h,平均机械钻速24.56m/h,是常规钻井的2倍。Y199-64井,气体钻井井段1421~1468.88m,层位为姚一段,进尺47.88m,总钻进时间1.97h,平均机械钻速24.30m/h,是常规钻井的2倍。Y195-67井及Y199-64井在钻井过程中,伴有大量原油返出。

#### 4 结论

(1)氮气钻井可显著提高机械钻速。试验的4口井,氮气钻井井段平均机械钻速24.43m/h,为邻井常规钻井的2倍以上。

(2)采用氮气和柴油混合注入的方法不仅可以达到保护储层的目的<sup>[4]</sup>,而且可以稀释井下原油,从而使原油很顺利的被循环到地面,解决了因地层出油造成的不返屑和阻卡现象。

(3)采用氮气钻井有利于保护油气层。试验4口井,Y195-67井及Y199-64井在钻井过程中,伴有大量原油返出。投产井日产量为常规邻井的2倍以上。

(4)氮气钻井有利于保护环境。采用氮气钻井时,不使用钻井液,减少了废弃钻井液的处理量,节约了钻井液费用和减少了化工产品对环境造成的污染。

#### 参考文献:

- [1] 周英操,王广新,赵德云,等. 充气钻井技术在大庆油田的应用[J]. 西部探矿工程,2006,(9).
- [2] 杨昌玉,赵兰水. 经济有效的开发大庆油田“三低”油藏[J]. 油气田地面工程,2001,20(5).
- [3] 马晓伟,张显军,赵德云,等. 空气/氮气钻井技术在徐深28井的成功实践[J]. 石油钻采工艺,2008,(6).
- [4] 杨毅,齐彬,马晓伟. 气体钻井注气模型优选及设备优化配置分析[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2011,38,(7).
- [5] 陈晓华,邓红琳,闫吉曾,等. 泡沫钻井在大牛地气田盒1气层的应用[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2011,38(10).