

# 大庆油田莺深2井钻井设计与实践

王建艳<sup>1</sup>, 刘永贵<sup>1</sup>, 艾鑫<sup>2</sup>

(1 大庆钻探工程公司钻井工程技术研究院, 黑龙江 大庆 163413; 2. 大庆钻探工程公司钻井二公司 1202 队, 黑龙江 大庆 163000)

**摘要:** 莺深2井是大庆油田2008年完钻最深的一口天然气探井。根据松辽地区的特点,在深入分析影响该地区钻井速度和安全钻进的主要因素的基础上,针对不同的影响因素,进行了优化钻井设计研究,主要从优化井身结构、优选钻头和优选钻井工艺方式几个方面对莺深2井进行了设计优化。实钻结果表明,该井创造了大庆油田超过5500 m 深层天然气探井钻井记录,并且采用氮气及水包油欠平衡钻井技术取得了勘探突破,中途测试获得低产气流,完钻测试获得工业气流,取得了较好的勘探效果。

**关键词:** 钻井; 钻头; 优化设计; 大庆油田; 莺深2井

**中图分类号:** TE242      **文献标识码:** A      **文章编号:** 1672-7428(2009)09-0024-04

**Drilling Design and Practice of Well Yingshen 2 of Daqing Oilfield/WANG Jian-yan<sup>1</sup>, LIU Yong-gui<sup>1</sup>, AI Xin<sup>2</sup>** (1. The Drilling Engineering and Technology Research Institute of Daqing Drilling and Exploration Engineering Company, Daqing Heilongjiang 163413, China; 2. 1202 Team of No. 2 Drilling Company, Daqing Drilling and Exploration Engineering Company, Daqing Heilongjiang 163000, China)

**Abstract:** Well Yingshen 2 is the deepest natural gas exploration well of Daqing oilfield, which was finished drilling in 2008. According to the characteristics of Songliao area and based on the analysis on the main factors which affected drilling speed and safe drilling, research of optimized drilling design was made. Optimization design on well structure, optimal selection of bit and drilling technology were carried out for well Yingshen 2. The record was set for deep natural gas exploration well of Daqing oilfield with over 5500m depth, exploration breakthrough was made with nitrogen and oil-in-water fluid under-balanced drilling technology; low yield gas flow was obtained in the midway test and commercial gas flow was obtained while drilling completion.

**Key words:** drilling; bit; optimization design; Daqing oilfield; well Yingshen 2

大庆松辽盆地北部地区深层气藏储量丰富,2003年以来该地区已完成深探井100余口,勘探目的层位主要位于埋藏深度>2500 m的白垩系下统和侏罗系上统火石岭组及基底。实钻资料表明,泉二段及其以下地层多为砂砾岩、火山岩及变质岩等致密性岩石,可钻性差,在纵向上夹杂大段的砾石层,机械钻速相对较低,起下钻频繁,钻井周期长。莺深2井在设计过程中,采用了3层井身结构,减少了油层分隔长度,降低了施工风险,三开井段(3490~3900.27 m)推广应用了空气、氮气钻井工艺方式,机械钻速较邻井显著提高,现场实践效果良好。

## 1 莺深2井基本情况及难点分析

### 1.1 莺深2井基本情况

莺深2井是松辽盆地北部莺山断陷的一口预探井,设计井深5520 m,勘探钻井目的是为了解莺山

断陷区含气情况,揭示双城断陷深层含气性和沙河子组烃源岩发育情况及资源潜力,扩大勘探成果。目的层为营城组、沙河子组、兼探扶杨油层。完钻层位是沙河子组。

### 1.2 难点分析

在设计中,莺深2井存在目的层多,地层岩性复杂,井底温度较高等难点,同时油气层类型复杂,是否存在异常高压均不可知,井下复杂情况可能超出设计预计,客观上存在一定风险,给工程设计和现场施工带来一定的难度。

(1) 地层层序和地质年代多,深层岩石硬度大,岩石可钻性最高达10.38级,硬度高达5000 MPa,岩性不均匀。

(2) 机械钻速低,钻头磨损严重。5500 m的探井全井机械钻速1.98 m/h,单井钻头用量38只。

(3) 钻井周期长,事故损失时间长。林深3井,

收稿日期:2009-02-25

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助理工程师,石油工程专业,从事探井及其他特殊工艺井钻井工程设计工作,黑龙江省大庆市八百垅钻井工程技术研究院设计中心,wangjianyan@cnpc.com.cn。

完钻井深 4767.00 m,建井周期长达 248.5 天,复杂损失时间达 12.5 天,邻井莺深 1 井完钻井深 4800 m,钻井周期长达 280 天。

(4)井底温度高。平均地温梯度 3.9~4.0 °C/100 m。高温高压对钻井液性能影响较大,根据实钻资料预测,本井井底温度预计达 200 °C。

(5)本井设计中,深层无邻井实测破裂压力数据,设计井身结构和水泥浆返高有难度。

(6)深层地层倾角大。从嫩江组到泉头组地层倾角从 5.1°~11.3°,很容易造成井斜超标。

### 2 优化钻井设计

利用实钻资料分析方法,结合本井施工中存在的难点,重点对莺深 2 井邻井的井身结构设计、钻头选型情况以及空气钻井和欠平衡钻井等工艺方式在徐家围子地区的应用情况进行了分析。从井身结构、钻头选型和钻井工艺方式选择几个方面出发形

成了一套优化设计方案,将新的钻井技术、钻井工艺综合应用到设计中,将以前认为不可能在同一口井应用的技术设计到一口井,从上到下,采用钻井设计技术集成的思想,确保了徐深气田深井钻井提速的顺利进行。

#### 2.1 井身结构优化设计

井身结构设计的主要任务是确定套管的下入层次、下入深度,套管与钻头尺寸配合等内容。在本井设计中,由于没有邻井实测的破裂压力数据,井身结构和水泥浆返高的确定有难度,优化设计的主要思路是在传统的井身结构的基础上,尽量减少油层一级封固长度,降低固井时的井漏风险。为此应将技术套管尽量深下,形成了以技术套管设计为中心,向上向下延伸的 3 层井身结构优化系列,保证技术套管有一定的强度和较大的尺寸,既充分封隔复杂地层,又为顺利钻达目的层提供保证。形成了如图 1 所示的井身结构设计方案。

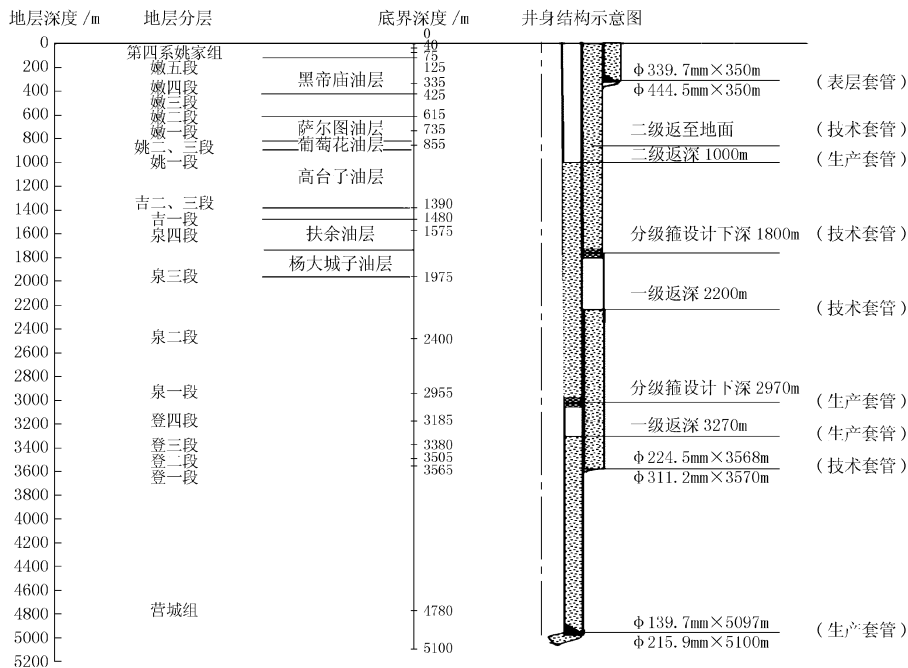


图 1 莺深 2 井井身结构设计

#### 2.2 钻头综合选型

在徐家围子地区利用综合“定量”选型方法,根据所钻遇的地层级别与钻头类型的对应关系确定所钻井段的级值与适合于这种级别地层的钻头类型,构造了一个钻头“综合指数 R”,利用已钻井的实钻数据进行综合评价,图 2~4 用最优化理论和模糊数学中聚类分析的方法针对一开、二开、三开的地层进行了钻头优选。

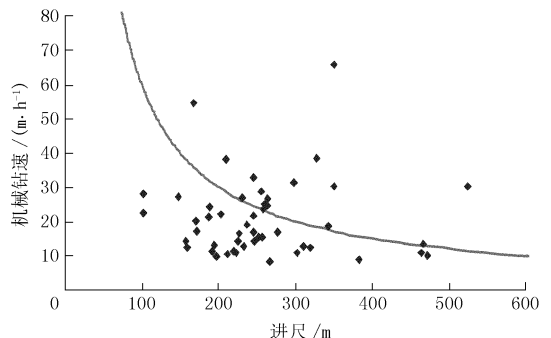


图 2 一开钻头综合评价结果图

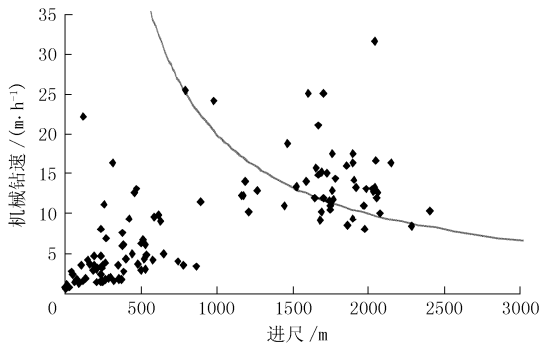


图3 二开 PDC 钻头综合评价结果图

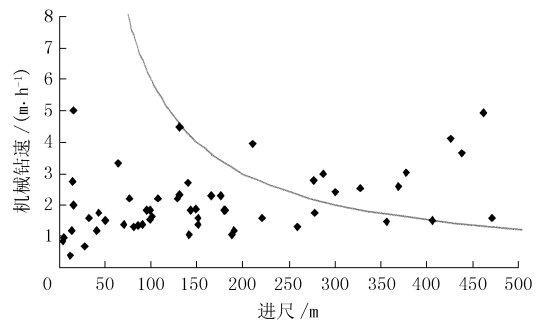


图4 三开营城组地层钻头综合评价结果图

落在曲线上方的钻头即为优选出来现场应用情况较好的钻头,结合该曲线,形成如表1所示的优选结果。

表1 徐家围子地区钻头优选结果

开钻次序	地层层位	常规近平衡钻井	气体/欠平衡钻井
一开	第四系、明水组、四方台组	Ø445 mm R235H	Ø445 mm R235H
二开	嫩江组、姚家组、青山口组、 泉头组上部	Ø315 mm M1951SGU、Ø445 mm M1665SS	Ø315 mm M1951SGU、Ø311.2 mm M1665SSM、 Ø311.2 mm DSX56D
三开	泉头组下部、登四三段	Ø215.9 mm DSX259	Ø215.9 mm HJT537GK
	登三段、登二段	Ø215.9 mm HJT617GH	Ø215.9 mm HJT617GH
	营城组上部	Ø215.9 mm HJT637GH	Ø215.9 mm HJT637GH
	营城组下部、沙河子组	Ø215.9 mm HJT737GH	Ø215.9 mm HJT737 GH

### 2.3 钻井液设计

根据地质设计可知,本井嫩江组以上地层疏松,钻进中要注意防漏、防塌,青山口组有大段泥岩段地层,要防止井壁坍塌、防止井漏。设计二开井段采用两性复合离子钻井液,钻井液密度  $< 1.28 \text{ g/cm}^3$ ,粘度  $50 \sim 70 \text{ s}$ ,失水量  $< 4 \text{ mL}$ 。三开井段井底温度较高,采用抗高温有机硅钻井液钻井,密度控制在  $1.10 \sim 1.15 \text{ g/cm}^3$ ,粘度  $50 \sim 75 \text{ s}$ ,失水量  $< 3 \text{ mL}$ 。4700 ~ 5300 m 井段主要以 SF260-2、OCL-BST-Ⅲ、抗

高温保护剂的胶液维护为主,提高钻井液的抗高温能力。

### 2.4 优化钻井工艺方式选择

通过统计分析徐深气田深井完钻资料发现,复合钻井技术能够大幅度提高机械钻速,PDC 钻头复合钻井试验使 PDC 钻头钻速提高 41%,引进 PDC 钻头采用复合钻井技术是提高深井泉二段至登娄库组地层钻速的主要手段(见表2)。

表2 PDC 钻头复合钻井试验效果表

井号	钻头型号	井段/m	地层	钻压/kN	转速/( $\text{r} \cdot \text{min}^{-1}$ )	排量/( $\text{L} \cdot \text{s}^{-1}$ )	进尺/m	钻速/( $\text{m} \cdot \text{h}^{-1}$ )	钻井方式
升深 202	DSX259	2230	泉二	120	110	34	324.29	2.12	转盘钻井
		2554	泉一	140					
		2554	泉一	120	30	33	202.31	2.99	复合钻井
		2756	登三	140					

气体钻井技术能够大幅度提高机械钻速,大庆油田 2005 年和 2006 年在徐深 21 井、徐深 302 井深层泉二段及以下地层进行了气体钻井试验,在深层提速方面取得突破性进展。通过开展气体钻井破岩机理的初步研究,结合 3 个压力预测结果以及地层出水预测技术,在深层泉二段及以下地层设计应用气体钻井技术可以大幅度提高钻井机械钻速。

对于探井,欠平衡钻井技术不仅能够及时发现

和保护油气层,同时能够提高机械钻速,提高单只钻头进尺,缩短钻井周期。

因此,在综合分析上述钻井工艺技术在该区块钻井的优点,结合本井地质条件情况,三开井段具备气体钻井条件,因此设计三开实施欠平衡钻井,泉二段至登娄库底部进行气体钻井技术试验,钻遇气层全烃显示良好后转为流体欠平衡,现场实施方案如表3所列。

表3 莺深2井施工方案

开钻次序	井深/m	钻进方式	钻头类型
一开	0~350	常规钻进	PDC钻头
二开	350~3490	复合钻进:3142.19~3223.50 m	PDC钻头
三开	3490~5520	空气钻进:3490.00~3879.52 m	HJT617GH 牙轮钻头
		氮气钻进:3879.52~3900.27 m	
		欠平衡:3900.27~5520.00 m	

### 3 实钻效果

本井实际完钻井深5520 m,使用全面钻进钻头共计34只,全井平均机械钻速2.37 m/h,全面机械钻速2.38 m/h;一开平均机械钻速65.63 m/h,二开平均机械钻速2.88 m/h,三开平均机械钻速1.64 m/h。

本井三开在3490.00~3900.27 m采用空气钻进,其中空气钻进段3490.00~3879.52 m,进尺389.52 m,纯钻进时间48.21 h,平均机械钻速8.08 m/h;氮气钻进段3879.52~3900.27 m,进尺20.75 m,纯钻进时间4.68 h,平均机械钻速4.40 m/h,莺深2井气体钻井井段综合机械钻速7.76 m/h,而邻井莺深1井相同井段钻速1.22 m/h,因此本井比邻井钻速提高6.36倍;莺深1井相同井段使用牙轮钻头8只,莺深2井同比节省牙轮钻头6只。

本井三开后采用水包油钻井液体系进行欠平衡钻进,井底压力较常规的低,同时对井下钻具有较好的润滑作用,单只牙轮使用时间较长,钻进过程中,扭矩平稳。设计实施流体欠平衡钻井井段3900~5520 m,井段长度1620 m,纯钻时1130.47 h,所用钻头数量为15只,欠平衡井段单只钻头的平均进尺108 m,平均机械钻速1.42 m/h。同比单只钻头进尺增加了58 m,机械钻速提高了18.33%。

(上接第23页)

(1)在加扶正器钻进时,由于工区地层研磨性强,使得扶正器尺寸难于选择,新的满眼扶正器可能在某些井段引起接单根或起下钻困难,尺寸较小扶正器对修整井壁无效果。因此,要注意对钻井参数进行调整和随时掌握扶正器磨损情况。同时,考虑到使用牙轮钻头井内带扶正器钻进时,接单根和起下钻较为困难,控制钻井液粘度在30~55 s、密度在1.07 kg/L以内、失水量10 mL即可。

(2)调整钻井参数和泥浆性能必须和地层情况相适应,对易塌的井段,要及时降低排量,以免影响

在勘探上及时发现保护储层。莺深2井3879.52~3900.27 m钻进烃值58%,后效78%,用6.35 mm油嘴、38.1 mm挡板试气日产11597 m<sup>3</sup>。

### 4 结语

(1)本井实际完钻井深5520 m,钻井周期208天,建井周期238天,同比2006年完成的徐深22井相比,在井深增加200 m的情况下,建井周期节约了30天;

(2)钻头综合选型方法的应用,有效的提高了钻头进尺,减少了钻头用量,节约了钻井成本;

(3)在钻井设计中考虑综合利用气体钻井等提速钻井工艺方式的思路是合理的,能大幅度提高机械钻速,降低了钻头使用数量,缩短建井周期;

(4)钻井设计优化技术采用的提速钻井工艺极大的提高了钻井机械钻速,但是与降低成本存在一定矛盾,还需要进一步开展相关技术的研究。

### 参考文献:

- [1] 李祖光,翟应虎,史海民,等. 优化钻井技术在提高松南地区深井钻井速度中的应用[J]. 钻采工艺,2008,31(5):137-138,141.
- [2] 杨明合,翟应虎,韩福彬,等. 提高徐家围子深井钻井速度的优化钻井技术[J]. 天然气工业,2008,28(3):67-69.
- [3] 王昌利,刘永贵,杨淑静. 大庆徐深28井气体钻井实践[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2008,35(8).
- [4] 王昌真,刘永贵. 庆深气田深层勘探钻井配套技术研究与应用[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2008,35(9).
- [5] 孔凡军,刘永贵,张显军,等. 徐深气田深层气体钻井设计及对策[J]. 天然气工业,2008,28(8):64-66.
- [6] 李增乐,周庆刚. 庆深气田火山岩地层三个压力预测技术研究[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2008,35(11).

井身质量。各类情况下排量控制参考标准:使用牙轮钻头钻进时,控制排量在32 L/s,现场实际操作以接单根不遇阻为限;使用PDC外头钻进时,控制排量在28~30 L/s;目的层井段控制排量在26~28 L/s。

(3)通过利用好固控设备解决各类钻井液现存问题。调整和维护钻井液性能要做到“细水长流”、做到使用好固控设备、做到基本能控制性能,减少放浆,搞好环保。通过配置好的预水化壤土浆,解决失水大的问题,同时,固相的控制有利于流变性的改善,对解决钻头泥包现象有一定效果。