

# 超短半径水平井的优化设计

李欢欢

(大庆钻探工程公司钻井工程技术研究院设计中心,黑龙江 大庆 163413)

**摘要:**鉴于超短半径水平井在挖潜低效井方面的巨大作用效果,钻井工程设计中将井眼轨迹、钻具组合等方面进行设计优化,形成了一套成熟的超短半径水平井优化设计技术,应用于大庆油田超短半径水平井的施工中,并取得了预期的效果。

**关键词:**超短半径水平井;钻井工程;优化设计;井眼轨迹;大庆油田

**中图分类号:**TE243 **文献标识码:**A **文章编号:**1672-7428(2012)04-0027-04

**Optimized Design of Ultra-short Radius of Horizontal Well/LI Huan-huan** (Drilling Engineering Technology Research Institute, Daqing Heilongjiang 163413, China)

**Abstract:** In view of the great action effect of ultra-short radius horizontal well in inefficient well potential tapping, well trajectory and bottom hole assembly are designed with optimization in well drilling engineering. A set of mature optimized design technology are formed for ultra-short radius horizontal well, which was applied in the construction of ultra-short radius of horizontal well in Daqing oilfield with attended effect.

**Key words:** ultra-short radius horizontal well; drilling engineering; optimized design; well trajectory; Daqing oilfield

“十五”以来,大庆油田原油产量进入了递减阶段。面临的开发问题更加复杂,剩余油分布零散,挖潜难度加大。如何有效开发老井厚油层顶部剩余油、薄差油层、低渗透性油层、稠油油层以及表外储层,成为钻井与开发双方迫切解决的问题。

超短半径水平井技术是一种低成本、高效益的剩余油开采技术,尤其适用于套损井、低产井等老井改造以及开发不经济的层状薄油藏。通过对老油田剩余油分布规律的研究,利用超短半径水平井技术通过侧钻开窗来开发油层厚度2 m以上的厚油层顶部剩余油,取得了较好的经济效果。

## 1 超短半径水平井的技术原理和优势

超短半径水平井是指井眼曲率 $>10^{\circ}/\text{m}$ 的水平井,其利用特殊的井下工具,通过高压水力喷射或柔性钻具旋转钻进破岩,在一口井的同一个油层内或不同油层钻出一个或数个不同方位的辐射状水平井眼,增加老井泄流面积,提高原油产量,然后进行有目的的完井。其优势为:

(1)可以对低产、低效的老井进行剩余油改造挖潜,提高老井原油产量;

(2)利用老井改造,钻井费用少,开采方式不变,侧钻水平位移20 m,仅增加费用50万元左右,

有效降低油田开发成本;

(3)曲率半径小,仅为3 m左右,可满足小规模砂体的水平井钻井,有效避开水层、不需固井堵水,实现一次性完井;

(4)设备简单、施工方便、作业周期短,大修设备即可满足施工要求;

(5)可以多油层开窗,6 m地层开2个窗口,10 m地层开5个窗口,可满足多层、薄互储层的水平井钻井;

(6)施工周期短,只需1~2天。其中,造斜2~3 h,开修窗5~6 h,水平钻进2~3 m/h。施工设备简单,可用采油厂作业的修井机为动力设备。

## 2 超短半径水平井的优化设计

### 2.1 井眼轨迹优化

井眼轨迹的设计难点在于定向井段造斜率高、可控井段短、井眼直径小等,其优化设计是超短半径水平井技术的重要组成部分,是一口水平井能否顺利完成的基础。在进行轨迹设计时,要充分考虑地层特性、工具造斜能力、工艺技术等。设计时除考虑普通水平井的特点外,还必须考虑有利于油层开采,实现地质设计的要求。

大庆油田进行超短半径水平井的轨迹设计时,

收稿日期:2011-11-01

作者简介:李欢欢(1981-),女(达斡尔族),黑龙江讷河人,大庆钻探工程公司钻井工程技术研究院设计中心工程师,机械设计制造及其自动化专业,从事钻井工程设计工作,黑龙江省大庆市八百垅,lihuanhuan@cnpc.com.cn。

采用 LANDMARK 设计软件中的 COMPASS 模块进行轨迹设计,再结合现场施工实际,形成了一套完整的设计方法。

首先,将老井测斜数据校准,导入。为了使设计更加准确,贴合实际,将老井的测斜数据校准(注意其方位角的转换,将磁方位转换成网格方位),以精确校准原井眼的井斜、方位等数据,将其导入 COMPASS,以此为基础,再做超短半径井身剖面设计。

其次,要在软件中查出侧钻点 A(即靶点 A)在老井中数值,以其作为设计起始点,开始进行轨迹设计。一般轨迹为三段制,即直(开窗)—增(造斜)—稳(水平),通过现场实际逐步完善了施工工艺,设计曲率半径多控制在 3 m 左右,如 3.2、2.87 m 等。

B1-5-46 井的轨迹设计结果见表 1。

表 1 B1-5-46 井侧钻水平井设计数据

设计项目	测深 /m	井斜角 /( $^{\circ}$ )	方位角 /( $^{\circ}$ )	垂深 /m	N/S /m	E/W /m	水平位移 /m	造斜率 /[( $^{\circ}$ )(30 m) $^{-1}$ ]
造斜点	988.80	0.00	0.0	988.80	0.00	0.00	0.00	0.00
靶点 B	993.72	87.99	155.3	992.00	-2.81	1.29	3.09	536.82
靶点 C	1013.72	87.99	155.3	992.70	-20.97	9.64	23.08	0.00

## 2.2 钻具组合优化设计

### 2.2.1 下导斜器钻具组合

导斜器 + 定向接头 +  $\varnothing 73$  mm 钻杆 + 方钻杆。

### 2.2.2 开窗钻具组合

把特制的柔性钻具组合装入导向管内,使其只能按照设计的方向传递扭矩到钻头,在斜向器的帮助下,使钻头出原井眼,修窗达到上提下放无明显阻卡为止。

钻具组合: $\varnothing 120$  mm 铣锥(图 1) +  $\varnothing 73$  mm 钻杆短节 +  $\varnothing 73$  mm 钻杆 + 方钻杆。



图 1 铣锥

### 2.2.3 修窗钻具组合

$\varnothing 120$  mm 铣锥 +  $\varnothing 73$  mm 钻杆短节 +  $\varnothing 73$  mm 钻杆 + 方钻杆。

### 2.2.4 造斜段钻具组合

造斜钻具组合主要由造斜钻头体总成、多功能割缝导向管、柔性钻杆、造斜尾管等几部分组成。在造斜时,将造斜器下入设计深度,再下入陀螺仪定位,确定深度和造斜方向都准确无误之后丢手。下入造斜钻具,在柔性钻杆、导向筛管及钻压等参数控

制下使并眼造斜率达到  $18^{\circ} \sim 20^{\circ}/\text{m}$  完成造斜。大庆使用大角度斜向器,斜角为  $7^{\circ}$ ,常规斜向器斜角一般为  $2^{\circ} \sim 4^{\circ}$ ,这样一方面有利于套管开窗,减小套管开窗长度,另一方面,有利于造斜,开窗点完毕后该处井斜已达到  $7^{\circ}$ 。斜向器见图 2。



图 2 斜向器

钻具组合: $\varnothing 118$  mm 钻头 + 造斜工具 + 柔性钻杆 + 扶正器 +  $\varnothing 73$  mm 钻杆 + 方钻杆。

### 2.2.5 水平段钻具组合

水平钻具组合主要由水平钻头体总成、导向管、柔性钻杆、水平尾管等几部分组成。水平钻头体与导向管轴线平行,后端接有快速接头,倒转半圈上提则可以实现与水平钻头体脱离。水平钻具尾管上端是反扣补芯及反扣接箍与导向管相连,该方案设计的宗旨就是可以实现钻具及柔性钻杆与导向管及水平钻头体实现分离,从而根据完井需要进行导向管完井。其中水平钻头体总成、导向管、柔性钻杆等见图 3~5。

钻具组合: $\varnothing 118$  mm 钻头 + 定位接头 + 柔性钻



图 3 水平钻头体总成



图 4 导向管

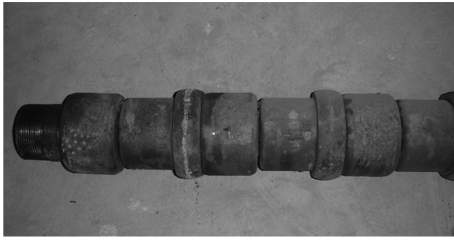


图5 柔性钻杆

杆(外接导向管) + 扶正器 + Ø73 mm 钻杆 + 方钻杆。

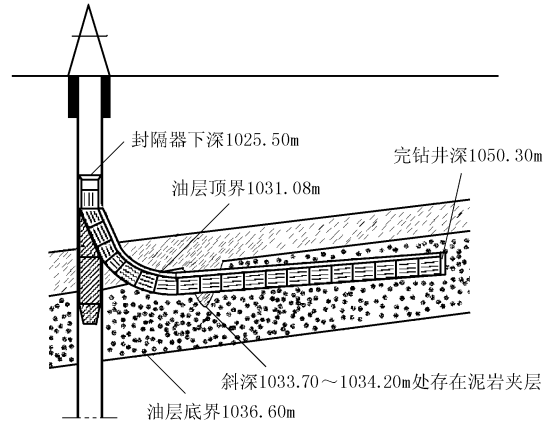


图6 杏8-丁3-122井井身结构图

表2 杏8-丁3-122井完井基本情况

真北方 位/(°)	最大井 斜角/(°)	造斜段 井深/m	完钻井 深/m	水平位 移/mm	井眼长 度/m	完井方式	侧钻 层位
48.36	94.30°	1035.00	1050.30	21.40	23.19	导向筛管	葡I31

### 3 应用效果

大庆油田由于储层薄、砂体规模小、直井热采经济效益差,各采油厂各区块开展超短半径水平井技术应用,寻求加快该区块稠油的经济有效动用程度。先后进行了多口井的试验,取得了喜人的效果。

#### 3.1 杏8-丁3-122井试验情况

##### 3.1.1 基本情况

井身结构见图6,完井基本情况见表2。

##### 3.1.2 杏8-丁3-122井改造后效果

杏8-丁3-122井试验前日产液11.8 t,日产

油2.1 t,含水82.3%。其开发的葡I31砂岩厚度6.2 m,有效厚度5.2 m。沿斜深1033.15 m的人靶点钻进了18.14 m的水平段,有效增强了流体的渗流能力。改造后最高日产油9 t,投产两个多月累积增产193.3 t。具体投产效果见图7。

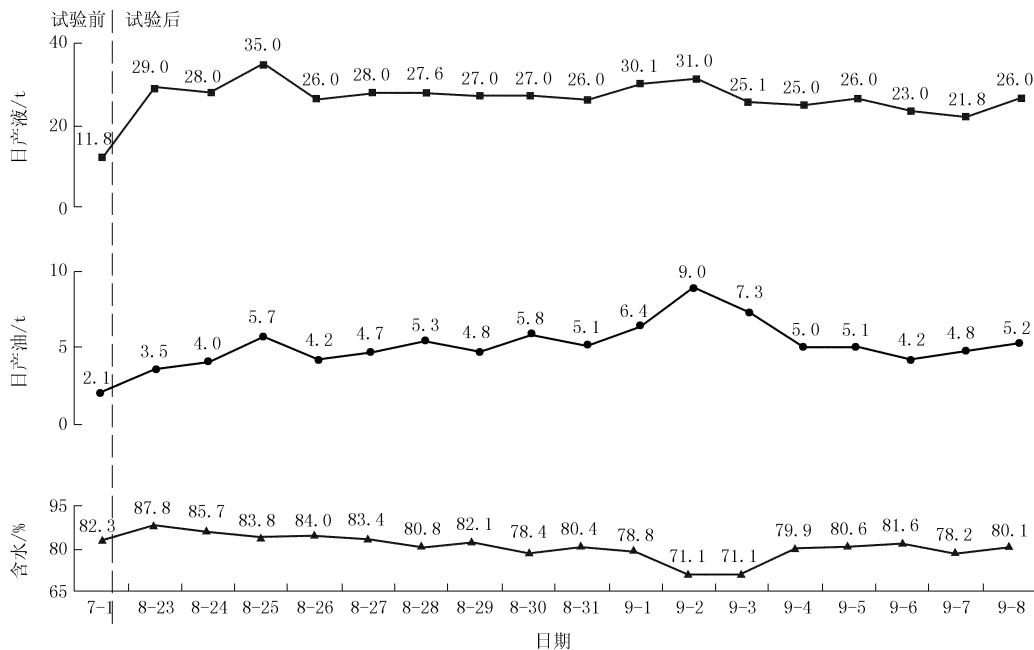


图7 杏8-丁3-122井投产效果

#### 3.2 江37-28-侧平14井试验情况

针对大庆油田部分稠油区块需热采方式开采,采油九厂在江37区块开展了超短半径水平井钻井试验,寻求有效的经济动用途径。

##### 3.2.1 基本情况

井身结构见图8,完井基本情况见表3。

##### 3.2.2 江37-28-侧平14井改造后效果

改造后74天内,江37-28-侧平14井注气速度增强,注气速度由74 t/d提高到178 t/d。注气阶段总注气量由740 t提高到1000 t。其吸气量变化

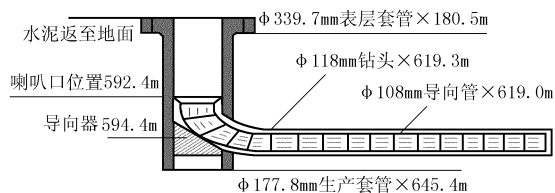


图8 江37-28-侧平14井井身结构图

表3 江37-28-侧平14井基本情况

网格方 位/(°)	最大井 斜角/(°)	造斜段 井深/m	完钻井 深/m	水平位 移/mm	井眼长 度/m	完井方式	侧钻 层位
90	87.14	599.20	619.28	16.26	21.26	导向筛管	GI1

曲线见图9。

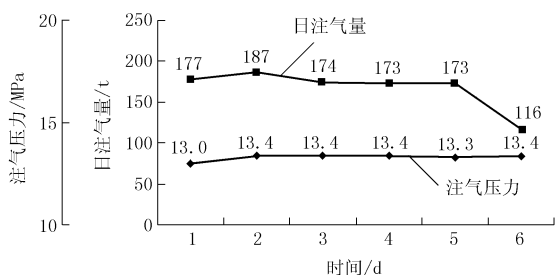


图9 江37-28-侧平14井吸气量变化曲线图

改造后,江37-28-侧平14井产液量明显上升,放喷后平均日产液8.4t,日产油3.4t,综合含水59.5%,日产液量是直井的2.0倍。经过两个周期投产后,累计产油284t。江37-28-侧平14井和江37-28-14井生产对比情况见图10。

#### 4 结论与建议

(1)超短半径水平井钻井技术是改造挖潜低效井的技术手段之一。

(2)超短半径水平井技术具有成本低、周期短、施工简单、完井先进、增产明显等特点。

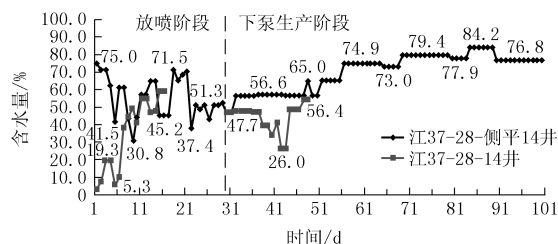
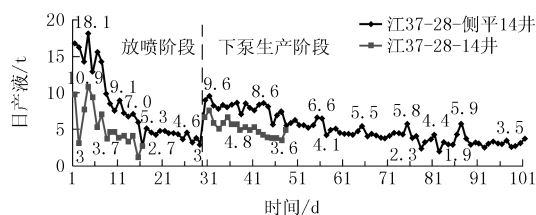


图10 江37-28-侧平14井与原井生产对比

(3)超短半径水平井对厚油层顶部剩余油的挖潜及停产井、低效井的改造意义重大,具有广阔的应用前景。

(4)对砂体规模小,直井开发效益差,常规水平井设计、钻井难度大的区块,建议应用超短半径水平井挖掘剩余油。

(5)对特低渗透油田注水压力高的井,建议应用超短半径水平井进行解堵,提高注水效果。

#### 参考文献:

- [1] 翟科军. 短半径水平井钻井技术在塔河油田的研究与应用[J]. 钻采工艺,2005,28(4):18-19.
- [2] 黄文辉,冯义,杜智勇,等. 哈萨克斯坦扎那若尔油田侧钻短半径水平井技术[J]. 西部探矿工程,2008,(2):78-82.
- [3] 陈世春,王树超. 小井眼侧钻短半径水平井钻井技术[J]. 石油钻采工艺,2007,29(3):11-14.
- [4] 胥豪,闫振来,汪海波,等. 小井深超短半径水平井钻井技术在塔河油田的应用—以TK1105CH井为例[J]. 石油地质与工程,2009,23(6):80-83.
- [5] 张运明,崔宏生,蒋崇贵,等. 超深短半径水平井技术在塔河油田的成功应用[J]. 西部探矿工程,2005,(5):72-76.

(上接第26页)

30井火山岩地层的成功应用,为松南深层火山岩钻井提速提供了新的思路,应加快在火山岩地层的推广应用。

(5)旋冲钻井技术与钻压的匹配上,在不同地区、不同地层表现出的特性不同,需要进行摸索、总结。

#### 参考文献:

- [1] 黄志强. 旋冲钻头破岩机理仿真研究[J]. 西南石油大学学报,

2010,(1).

- [2] 蒋宏伟,刘永胜,翟应虎,等. 旋冲钻井破岩力学模型的研究[J]. 石油钻探技术,2006,34(1).
- [3] 王雷. 旋冲钻井技术在石油钻井中的应用[J]. 钻采工艺,2005,(1).
- [4] 林元华. 旋冲钻井钻头仿真模型的建立研究[J]. 石油钻探技术,2004,32(2).
- [5] 李国华. 旋冲钻井参数对破岩效率的影响研究[J]. 石油钻探技术,2004,32(2).
- [6] 林元华. 旋冲钻井技术钻速仿真研究[J]. 石油学报,2004,(5).