

茂加 65-82 井双分支超短半径水平井钻完井技术

杨决算, 郑瑞强

(中国石油大庆钻探工程有限公司钻井工程技术研究院, 黑龙江大庆 163413)

摘要: 为了进一步完善超短半径水平井钻完井技术, 提高单井产油量, 大庆油田设计施工了茂加 65-82 双分支超短半径水平井。针对 2 个分支井眼曲率半径不一致导致井眼轨迹控制难度大、分支井眼与窗口密封难度大等技术难点, 根据茂加 65-82 井原井眼情况, 对双分支水平井眼的井身结构、井眼轨道进行了优化设计, 并在钻头体与导向管之间设计了倾角, 以满足造斜要求, 顺利完成了曲率半径分别为 5.9 和 3.2 m 的上下分支水平井眼, 井眼轨迹达到了设计要求。茂加 65-82 侧钻双分支水平井初期日产油量 2.5 t, 与原井产油量相比提高了 8.3 倍, 目前日产油量 1.0 t, 已累计增油 380 t。茂加 65-82 双分支超短半径水平井的顺利钻成为大庆油田剩余油挖潜提供了一种新的技术手段。

关键词: 超短半径水平井; 分支井; 钻井设计; 井身结构; 井眼轨迹; 茂加 65-82 井

中图分类号: TE243⁺.9 **文献标志码:** A **文章编号:** 1001-0890(2016)01-0063-04

Drilling and Completion Technology for a Two-Branch Multi-Lateral Ultra-Short Radius Horizontal Well: Maojia 65-82, Daqing Oilfield

YANG Juesuan, ZHENG Ruiqiang

(Drilling Engineering Technology Research Institute of Daqing Drilling and Exploration Engineering Corporation, Daqing, 163413, China)

Abstract: To further improve ultra-short radius horizontal well technology, the Daqing Oilfield team designed a two-lateral ultra-short radius horizontal well for Maojia 65-82. They designed it with two branches to improve the yield of a single well. In order to overcome the difficulties of well trajectory control and difficulties of sealing branch holes and windows due to different curvature radius in the two branched holes, the inclination angles between the drill bit and the guide pipe were designed to meet the requirement of buildup. They combined the optimum design for the casing program which was completed incorporating well profiles and well trajectory optimum design based on the original borehole conditions of the well. As a result, the upper and lower branches with radius of curvatures of 5.9 m and 3.2 m were completed successfully in the Well Maojia 65-82. The initial daily oil production in the Maojia 65-82 was 2.5 t, which is 8.3 times higher than that of the original borehole. At present, daily oil production is 1.0 t and cumulative oil production is 380 t. The completion of the multilateral ultra-short radius horizontal well Maojia 65-82 with two branches may provide a new method for exploitation of residual oil in the Daqing Oilfield.

Key words: ultra-short radius horizontal well; multilateral well; well design; casing program; well trajectory; Well Maojia 65-82

单分支超短半径水平井钻完井技术在油田中后期剩余油挖潜、提高增注效果中发挥了显著作用^[1-3]。自 2009 年以来, 大庆油田已先后钻成了 48 口单分支超短半径水平井, 均达到了预期的增产增注效果。为了进一步完善超短半径水平井钻完井技术, 降低钻井成本, 增大油层泄油面积, 大庆油田开展了双分支超短半径水平井钻完井技术研究, 并在茂加 65-82 井进行了应用, 获得成功。

收稿日期: 2015-06-26; **改回日期:** 2015-12-03。

作者简介: 杨决算(1964—), 男, 湖南汨罗人, 1985 年毕业于江汉石油学院钻井工程专业, 教授级高级工程师, 主要从事钻井工程技术研究。E-mail: yangjuesuan@cnpc.com.cn。

基金项目: 中国石油天然气集团公司重大科技专项“大庆油田原油 4000 万吨持续稳产关键技术研究”之课题“喇萨杏油田厚油层顶部挖潜工艺技术研究”(编号: 2011E-1206)资助。

1 茂加 65-82 井钻完井技术难点

双分支超短半径水平井钻完井所用的专用施工工具与单分支超短半径水平井基本一致,因此技术难点主要是施工工艺,而目前国内双分支超短半径水平井很少,可借鉴经验较少。通过分析茂加 65-82 井原井眼数据及分支井眼目的层情况,认为该井钻完井技术难点如下:

1) 上下两分支井眼曲率半径不一致,井眼轨迹控制难度大。上分支井眼曲率半径为 5.9 m,下分支井眼曲率半径为 3.2 m。在不改变导向管结构的情况下,要实现曲率半径 5.9 m,需对钻井参数和钻头体倾角进行优选。

2) 上分支井眼的筛管不在主井眼内悬挂,其与窗口之间的密封难度大。由于下分支井眼完井的需要,需将上分支井眼筛管下入到过窗口 20~50 cm 处悬挂,因此需要设计单独的密封机构,以确保上分支井眼与筛管之间的密封。

2 工程设计

2.1 井眼主要数据

原井眼完钻井深 1 490.00 m, $\phi 139.7$ mm 油层套管下深 1 487.03 m, 1 216.26~1 487.03 m 井段为壁厚 9.17 mm 的 $\phi 139.7$ mm 套管,最大井斜角 1.49°。

上分支井眼目的层井段 1 420.00~1 426.00 m,砂岩有效厚度 4.0 m,地层倾角 -4.1°。下分支井眼目的层井段 1 444.00~1 449.00 m,砂岩有效厚度 3.8 m,地层倾角 1.5°。

2.2 井身结构设计

根据超短半径水平井钻井工艺及钻完井工具的特点^[4],选用 $\phi 118.0$ mm 钻头及可实现 18°/m 弯曲的 $\phi 89.0$ mm 高强度绕丝防砂筛管。为了避免先钻上分支井眼、窗口变形导致下分支井眼斜向器无法下入情况的发生,采取先钻下分支井眼、再钻上分支井眼的施工方案。茂加 65-82 井设计井身结构见表 1。

2.3 分支井眼轨道设计

在分析扶余油层构造特征、砂体发育情况、剩余油分布及注采关系的基础上,结合侧钻超短半径水平井的工艺特点对茂加 65-82 井双分支井眼轨道进行优化设计^[5]。

表 1 茂加 65-82 井设计井身结构

Table 1 Casing program design of Well Maojia 65-82

井眼	井深/m	钻头直径/mm	套管类型	套管直径/mm	套管(筛管)下深/m
原井眼	46.00	311.1	表层套管	244.5	46.00
	1 490.00	215.9	生产套管	139.7	1 487.03
下分支	1 468.40	118.0	绕丝防砂筛管	89.0	1 414.00~ 1 467.70
上分支	1 447.00	118.0	绕丝防砂筛管	89.0	1 418.50~ 1 446.50

注: $\phi 89.0$ mm 绕丝防砂筛管内径 72 mm、钢级 J55。

该井上分支井眼所钻层位扶余油层(FI8 层)沿着茂加 65-811 井方位砂体发育稳定,且河道砂层呈片状分布,地层倾角也满足要求,因此确定侧钻方位角为 310°。该井眼设计曲率半径 5.9 m,水平位移初步定为 25.6 m,可根据现场工艺条件,尽量延长;水平段井斜角为 85.9°,地层倾角为 -4.1°,斜向器斜面长 1.2 m,计算出造斜点井深为 1 418.00 m,入靶点靶窗以水平段设计起点 B 为中心,井深 1 427.00 m,垂深 1 424.00;终靶点靶窗以水平段设计终点 C 为中心,井深 1 447.00 m,垂深 1 425.40 m。同理可设计下分支井眼轨道。两分支井眼轨道的设计情况见表 2。

表 2 茂加 65-82 井两分支井眼轨道设计

Table 2 Trajectory design of the two-lateral well Maojia 65-82

设计项目	井深/m	垂深/m	井斜角/°	方位角/°	水平位移/m
上分支井眼造斜点	1 418.00	1 418.00	0		0
上分支井眼靶点 B	1 427.00	1 424.00	85.9	310.00	5.6
上分支井眼靶点 C	1 447.00	1 425.40	85.9	310.00	25.6
下分支井眼造斜点	1 443.30	1 443.30	0		0
下分支井眼靶点 B	1 448.40	1 446.50	91.5	120.00	3.2
下分支井眼靶点 C	1 468.40	1 446.00	91.5	140.00	23.2

3 现场施工

3.1 双分支井眼钻井

3.1.1 下分支井眼

1) 施工准备。首先进行通井、洗井,锚定下分

支井眼斜向器后对下分支井眼进行开窗与修窗作业^[6]。斜向器下深如图 1 所示。

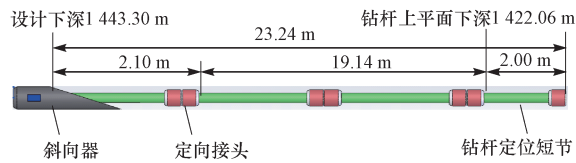


图 1 斜向器下深示意

Fig. 1 Schematic of whipstock setting depth

2) 造斜钻进。下分支井眼设计造斜率为 $18^{\circ}/\text{m}$ ，为了满足造斜要求，钻头体与导向管之间设计有倾角 α ($\alpha=1.8^{\circ}$) (见图 2)，并且采用反循环钻进方式，以提高钻井液对钻头偏离柔性钻具中心轴线的举升力。为了满足造斜段井斜角的测量需求，在普通测斜仪的基础上，研发了长 120 mm、直径 90 mm 的存储式电子多点测斜仪。当开窗侧钻完成后，起出井内钻具，把设定好启动时间的测斜仪随柔性钻具

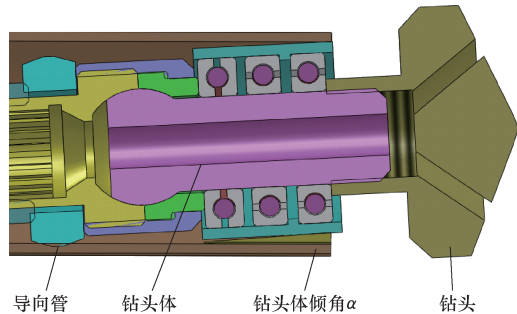


图 2 钻头体倾角 α 示意

Fig. 2 Schematic of bit dip angle

下入井内，以开窗点为起点，每 30 s 下行 300 mm 测量一次数据，直到测至所需井深，每个测点的测量数据包括时间、测深、井斜角等。

3) 水平段钻进。由于水平段钻具组合由导向管和柔性钻具构成，且导向管只传递钻压不旋转，柔性钻具在导向管内旋转，因此钻进过程中，导向管与井底之间的摩阻较大，并且随着水平进尺增加而增大。在造斜率 $18^{\circ}/\text{m}$ 的情况下，超短半径水平井水平位移受到极大限制，经过多口井验证，水平位移超过 23 m 后，托压现象严重，机械钻速急剧下降。根据水平段施工前期钻具重力小、摩阻小，后期钻具长度增长、重力大、摩阻大的特点，在水平段反循环钻进初期采用低钻压、高泵压钻进（钻压 30~50 kN，泵压 5~8 MPa），后期采用高钻压、低泵压钻进（钻压 50~80 kN，泵压 4~5 MPa），以保证井眼轨迹满足轨道设计要求。

3.1.2 上分支井眼

下分支井眼完钻后，按同样的施工工序进行上分支井眼施工^[7]。由于上分支井眼曲率半径为 5.9 m，且没有与之配套的导向管，钻造斜段时，需将钻头体倾角 α 减小至 1° ，并采用低钻压、低泵压钻进（钻压 10~40 kN，泵压 4~5 MPa），减小反循环时钻井液对钻具的举升力，从而降低造斜率。表 3 为该井上下分支井眼设计轨道与井眼轨迹的对比。由表 3 可看出，井眼轨迹与设计轨道基本符合。

表 3 设计井眼轨道与井眼轨迹对比情况

Table 3 Comparison of designed and actual borehole trajectory

井眼		造斜点井深/m	井斜角/($^{\circ}$)	方位角/($^{\circ}$)	靶点垂深/m	水平位移/m	完钻井深/m	总进尺/m
上分支井眼	设计	1 418.0	85.9	310.0	1 424.0	25.6	1 447.0	30.2
	实钻	1 418.0	84.2	310.0	1 423.7	25.8	1 447.2	30.4
下分支井眼	设计	1 443.3	91.5	120.0	1 446.5	23.2	1 468.4	26.3
	实钻	1 443.3	89.1	118.7	1 446.2	23.3	1 468.5	26.4

3.2 双分支井眼完井

打捞上分支井眼斜向器前，先下上分支井眼完井筛管，为保证其与窗口密封，专门设计了上端带皮碗的筛管，并且使筛管皮碗过窗口 20~50 cm。打捞上分支井眼斜向器后需对下分支井眼进行反循环冲砂，再将防砂筛管下至井深 1 467.80 m，悬挂器鱼顶高出上分支井眼窗口 15 m 以上。该完井方式实现了上、下分支井眼全部筛管完井，但还未能实现上分支井眼与主井眼之间的悬挂与密封，后期无法对上分支井眼进行冲砂作业。茂加 65-82 井绕丝防

砂筛管完井井身结构如图 3 所示。

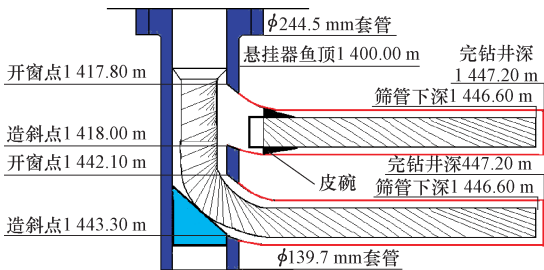


图 3 茂加 65-82 井绕丝防砂筛管完井井身结构

Fig. 3 Well profile with wire wrapped sand control screen liner well completion of Well Maojia 65-82

3.3 施工效果

该井上、下两分支井眼均达到了设计要求,水平位移分别为 25.8 和 23.3 m。相对于单井眼,油藏泄油面积增大 1 倍左右,产油量也相应增加。该井原井日产液量 0.8 t,日产油量 0.3 t。侧钻双分支水平井眼后,初期日产液量 4.6 t,日产油量 2.5 t,分别是原井的 5.8 倍和 8.3 倍。目前,该井平均日产液量 1.8 t,日产油量 1.0 t,分别是原井的 2.3 倍和 3.3 倍。目前已累计增油 380 t,预测累计增油 500 t 以上。

双分支超短半径水平井应用修井机及专用工具完成,钻井费用 60 万元/口,技术服务费用 25 万元/口,按油价 2247.5 元/t 计算,可获得经济效益 27.4 万元。另外,该井为首口双分支试验井,所钻目的层物性和含油性较差,若所钻目的层物性和含油性较好,则侧钻双分支超短半径水平井眼后,增产效果会更好。

4 结论与建议

1) 通过调整钻头体倾角并采用相对应的钻井参数,成功实现了茂加 65-82 井曲率半径 5.9 m 分支井眼轨迹的精确控制,为双分支超短半径水平井钻完井积累了经验。

2) 曲率半径 5.9 m 水平段与曲率半径 3.2 m 水平段相比,钻进时托压明显减轻,因此有必要研制与 4.0、4.5 和 5.0 m 等曲率半径配套的超短半径钻具,在降低不同曲率半径井眼钻井难度的同时,实现井眼轨迹的精确控制。

3) 建议研制与超短半径钻具配套的井下减摩降阻工具,以减轻水平段钻进时的托压现象,延长水平位移,进一步提高油井产量。

参 考 文 献

References

[1] 宫华,郑瑞强,范存,等. 大庆油田超短半径水平井钻井技术

[J]. 石油钻探技术,2011,39(5):19-22.

GONG Hua, ZHENG Ruiqiang, FAN Cun, et al. Ultra-short radius horizontal well drilling technology in Daqing Oilfield [J]. Petroleum Drilling Techniques, 2011, 39(5): 19-22.

[2] 汪孟洋,龙飞,何沛,等. 超短半径水平井轨迹控制技术[J]. 断块油气田,1998,5(2):62-66.

WANG Mengyang, LONG Fei, HE Pei, et al. The track control of horizontal section in URHW [J]. Fault-Block Oil & Gas Field, 1998, 5(2): 62-66.

[3] 张永清,张阳,邓红琳,等. 红河油田长 8 油藏水平井钻完井技术[J]. 断块油气田,2015,22(3):384-387.

ZHANG Yongqing, ZHANG Yang, DENG Honglin, et al. Technology of well drilling and completion for horizontal well in Chang 8 oil reservoir of Honghe Oilfield [J]. Fault-Block Oil & Gas Field, 2015, 22(3): 384-387.

[4] 周爱照,王瑞和,李成嵩,等. 河 3-支平 1 井 TAML5 级分支井钻完井技术[J]. 石油钻探技术,2012,40(2):117-123.

ZHOU Aizhao, WANG Ruihe, LI Chengsong, et al. Drilling and completion technology of the TAML5 lateral well-Well He 3 Radial 1 [J]. Petroleum Drilling Techniques, 2012, 40(2): 117-123.

[5] 倪益民,袁永嵩,赵金海,等. 胜利油田两口超短半径侧钻水平井的设计与施工[J]. 石油钻探技术,2007,35(6):57-59.

NI Yimin, YUAN Yongsong, ZHAO Jinhai, et al. Design and implementation of two-short radius side-tracking horizontal wells in Shengli Oilfield [J]. Petroleum Drilling Techniques, 2007, 35(6): 57-59.

[6] 朱健军. 侧钻超短半径水平井 J37-26-P14 井钻井设计与施工 [J]. 石油钻探技术,2011,39(5):106-109.

ZHU Jianjun. Drilling design and implementation of sidetracking ultra-short radius horizontal Well J37-26-P14 [J]. Petroleum Drilling Techniques, 2011, 39(5): 106-109.

[7] 李欢欢. 超短半径水平井的优化设计[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2012,39(4):27-30.

LI Huanhuan. Optimized design of ultra-short radius horizontal well [J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2012, 39(4): 27-30.

[编辑 刘文臣]