

◀ 现场与经验 ▶

胜利油田小井眼定向套管开窗侧钻技术

李 广¹ 韩 强² 赵海艳³ 徐忠体¹

(1. 胜利石油管理局 井下作业公司, 山东 东营 257077; 2. 胜利石油管理局 钻井工艺研究院, 山东 东营 257017; 3. 中国石油渤海钻探 大港技术服务公司, 天津 大港 300280)

摘 要:胜利油田为了降低钻井综合成本, 延长老井生产寿命, 提高原油采收率, 达到增产、稳产的目的, 研究应用了小井眼定向套管开窗侧钻技术, 在胜利油田 1999—2007 年间 500 多口定向井中的应用表明, 该技术能明显提高油井产能, 累计增油 73×10^4 t。从套管开窗、定向侧钻和固井技术三方面详细介绍了小井眼定向套管开窗侧钻的施工工艺及注意事项, 指出适用于小井眼套管开窗侧钻井的钻头选型困难是影响机械钻速的主要因素, 应根据地层特性有针对性地设计钻头, 从而提高综合经济效益。

关键词: 小井眼; 套管开窗; 定向钻井; 胜利油田

中图分类号: TE243 **文献标识码:** B **文章编号:** 1001-0890(2008)04-0075-04

胜利油田经过 40 多年的开发, 因套管损坏、井底落物、无法达到地质目的等, 造成几千口井无法用常规修井技术恢复生产。为了最大限度地利用现有地面设施, 完善注采井网, 更好地发掘地下产能, 实现二、三次采油以提高原油采收率, 胜利油田试验应用了小井眼($\phi 139.7$ mm 和 $\phi 177.8$ mm)定向套管开窗侧钻技术, 收到了良好的增产效果。例如, 自 1999 年以来, 井下作业公司共完成定向侧钻井 500 多口, 98% 以上的井侧钻后产能较高, 其中通 61-侧 58 井投产时日产原油超过 200 t, 垦 151-侧 2 井投产时日产原油超过 60 t, 坨 62-侧 65 井投产后用 $\phi 8$ mm 油嘴控制自喷日产原油超过 50 t。目前, 小井眼定向开窗侧钻技术已成为胜利油田各采油厂提高采收率, 实现稳产、增产的重要手段^[1-2]。

1 套管开窗技术

1.1 窗口优选

小井眼定向套管开窗侧钻井, 悬挂器一般在窗口以上约 50 m。开窗位置尽可能下移, 并选在地层相对稳定、固井质量好的井段。在 $\phi 139.7$ mm 套管内开窗侧钻, 多选用直径 117.5~120.6 mm 钻头, 悬挂 $\phi 95.3$ mm \times 6.45 mm 尾管完井; 在 $\phi 177.8$ mm 套管内开窗侧钻, 多选用直径 149.2~152.4 mm 钻头, 悬挂 $\phi 127.0$ mm \times 9.19 mm 尾管完井。

造斜点即窗口位置应选择在固井质量和地层可钻性较好, 稳定的地层, 尽量避开岩石破碎带, 及易

塌、易漏、地层倾角大、方位自然漂移大的地层, 并避开套管接箍^[3-5]。造斜点的深度应根据设计井的垂深、水平位移决定, 应既充分利用老井眼, 又减少裸眼钻进井段的长度, 并能满足采油工艺的需要; 套管开窗的长度要满足起下钻、测井、下套管时钻具组合能顺利通过窗口无挂阻, 一般窗口长度 2~3 m。

1.2 开窗工具的选择

通常采用侧钻导斜器开窗技术, 用铣锥磨铣开窗。其特点是: 1) 开窗速度快, 窗口平整圆滑, 不易形成死台肩; 2) 可一次性完成开窗、修窗及加长窗口的开窗工作。目前普遍采用卡瓦液压锚定式斜向器, 特殊情况下也采用水泥固定地锚斜向器。一般根据套管壁厚、钢级选择适当规格的斜向器。其他主要工具包括: 小径陀螺测斜仪(在套管内复核井眼轨迹, 坐挂斜向器时斜面定向)、套管通径规(长度和外径略大于斜向器, 一般规格为 $\phi 115$ mm, 长度 2 m)和钻杆通径规(通 $\phi 73.0$ mm 钻杆内径, 规格为 $\phi 48 \sim 50$ mm, 长度 20 cm)。

1.3 套管开窗施工

确定了开窗工具后, 合理的钻具组合是实现开

收稿日期: 2008-03-18; **改回日期:** 2008-06-02

作者简介: 李广(1958—), 男, 1983 年毕业于胜利石油学校, 2005 年毕业于中国石油大学(华东)石油工程学院, 修井作业大队大队长, 工程师。

联系电话: (0546) 8642386

窗的关键。主要采用的套管开窗钻具组合为: $\phi 88.9$ mm 方钻杆 + $\phi 73.0$ mm 钻杆 + $\phi 104.8$ mm 钻铤 + $\phi 120.0$ mm 铣锥 + $\phi 117.5$ mm (或 $\phi 120.6$ mm) 一体式斜向器。

开窗磨铣分为以下三个阶段:

1) 开始要轻压慢转,然后中压中速磨铣,钻压应控制在 $0 \sim 5$ kN,转速 $60 \sim 80$ r/min,使铣鞋先磨出一个均匀接触面并达到磨铣切削的目的。

2) 钻压应控制在 $5 \sim 15$ kN,转速 $120 \sim 150$ r/min,使铣锥沿套管外壁均匀磨铣,保证窗口长度。

3) 钻压控制在 $0 \sim 5$ kN,转速 $120 \sim 150$ r/min,定点快速铣进,其长度等于一个铣锥长度。

在开窗磨铣过程中,钻井液上返速度均应大于 0.6 m/s,以有效携带磨铣掉的套管金属碎屑,循环出口应使用强磁打捞器吸附返出的铁屑,并及时清理,振动筛保持完好,防止铁屑进入循环罐,影响裸眼钻进时钻井泵的正常使用。

2 定向侧钻技术

2.1 钻头的选择

国内小井眼定向侧钻钻头可选择范围很小。目前,胜利油田适应于 $\phi 137.9$ mm 套管开窗侧钻用的钻头有直径 $117.5 \sim 120.6$ mm 单牙轮钻头、三牙轮钻头或 PDC 钻头。其中单牙轮钻头只有 3 种类型,即 YA437, YA517, YC517, YC537 (YC517 是在 YA517 钻头的基础上,对牙轮顶部镶装若干金刚石复合片,以加强抗磨性能,并对齿径、露高、齿形及其布齿方式进行了改进),软地层选用 YA437、YA517 钻头,研磨性稍高的地层选用 YC517 钻头。实践证明,这 3 种钻头都适合滑动钻进和复合钻进,在出现机械钻速变慢现象时,很少出现轴承先期失效,其主要问题是牙齿易磨损。PDC 钻头多为 4 刀翼或 6 刀翼,复合片直径 13 mm。根据地层特性设计的有针对性的钻头不是很多,大多是通用性钻头,往往是机械钻速低就起钻再尝试其他型号的钻头,这制约着小井眼钻井机械钻速的提高。

2.2 定向侧钻工具选择

在定向钻进中,为了实现快速钻进,往往都设计了较长的稳斜稳方位井段,增斜段相应减小,因此,必须准确控制增斜段的井斜角变化率。目前通常采用弯动力钻具造斜,常用的有 1.0° 、 1.5° 和 1.75° 弯

动力钻具等。为了提高造斜率,一般都是缩短井下动力钻具的长度,相对于涡轮钻具,螺杆钻具明显较短,目前常用的螺杆钻具长度一般为 3.7 m 左右。在使用螺杆钻具造斜时,地层因素(各向异性、硬度)是很重要的影响因素,因此,在设计时要充分了解地层情况,在造斜井段必须加强地质预报。

2.3 钻具组合

试钻 一般裸眼试钻进尺为 $15 \sim 20$ m,这可为裸眼定向钻进下定向工具及脱离磁干扰创造井眼条件,也可以初步了解地层的可钻性。钻具组合为: $\phi 117.5$ mm 单牙轮钻头 + $\phi 104.8$ mm 钻铤 + $\phi 73.0$ mm 钻杆 + 方钻杆;钻压 $30 \sim 50$ kN,如有蹩跳钻现象应及时起钻,观察钻头,处理井底铁屑,待井底无铁屑后再恢复正常钻进。

定向钻进 小尺寸钻具虽然稳斜能力差,但在随钻测量仪器的监测下,能充分发挥造斜能力强的特点。常用钻具组合为: $\phi 117.5$ mm PDC 钻头 + $1.5^\circ \times \phi 104.8$ mm 螺杆钻具 + $\phi 104.8$ mm 无磁钻铤 + $\phi 88.9$ mm 加重钻杆 + $\phi 73.0$ mm 钻杆 + 方钻杆。

稳斜钻进 要根据靶心位置对井斜角和井斜方位角进行调整,钻具组合为: $\phi 117.5$ mm 单牙轮钻头 + $1.25^\circ \times \phi 104.8$ mm 螺杆钻具 + $\phi 104.8$ mm 无磁钻铤 + $\phi 88.9$ mm 加重钻杆 + $\phi 73.0$ mm 钻杆 + 方钻杆。

完井钻进 中靶后应根据地层情况选择合理的钻井参数,保持井眼轨迹稳定。钻具组合为: $\phi 117.5$ mm PDC 钻头 + $\phi 104.8$ mm 无磁钻铤 + $\phi 88.9$ mm 加重钻杆 + $\phi 73.0$ mm 钻杆 + 方钻杆。

3 固井作业

3.1 下尾管

为方便以后油井生产与修井作业,尾管直径应越大越好,但增加尾管直径必然会降低固井水泥环厚度,影响固井质量。因此,在综合考虑两方面因素的基础上,通过计算确定 $\phi 139.7$ mm 套管内开窗侧钻时选用 $\phi 95.3$ mm 尾管。为了提高悬挂尾管的可靠性和密封性,将尾管与原套管重叠段的长度定为 50 m 左右。为了防止单向阀失效,影响固井质量,采用了浮鞋浮箍和自灌自锁浮箍。

侧钻井井斜角大,环形空间较小,因此尾管居中

是保证固井质量的重要因素之一,下套管前认真通井划眼,短程起下钻,测油气上窜速度。通井时在遇阻井段反复上下划眼,确保井眼畅通;下钻到底后,以高出钻进排量 5%~10%的排量充分洗井或用携砂剂配成稠浆,循环一周彻底清砂;然后短程起下钻测油气上窜速度,根据油气上窜速度调整钻井液密度;最后调整好钻井液性能,在四号罐钻井液中加入 1 000 kg 玻璃微珠,往井内泵入 30 m³ 钻井液以封闭裸眼。下小尺寸套管应注意以下几点:

- 1)严格控制套管下放速度不小于 30 s/根,每下完 15 根套管灌满钻井液一次,下完全部尾管灌满钻井液,称悬重并做好记录。
- 2)悬挂器入井前卸下倒扣接头清洗检查,涂抹黄油,并在反扣上下装好机油,用链钳紧扣到位后松一扣。悬挂器入井时要扶正,慢慢通过转盘、井口导管,不得磕碰悬挂器,以免损坏卡瓦和弹簧。
- 3)下钻杆时要锁死转盘,卡死底钳,不能让其转动,防止提前倒开扣。
- 4)尾管出窗口 10 m 后要控制钻具下放速度小于 4 柱/min,每下一柱要灌钻井液,每下 3 根灌满一次,同时在下放过程中密切关注井口钻井液返出情况,若井漏则起出全部管柱进行堵漏处理。
- 5)下完全部管柱后,灌满钻井液,称悬重,做好记录并核对。
- 6)下完尾管后小排量顶通,循环后再坐挂,然后准备固井施工。

3.2 固井施工

在固井作业前,要认真做好水泥浆稠化试验,并根据钻井液和水泥浆的性能合理确定前置液,以尽可能地提高水泥浆顶替效率。尾管固井过程中要注意以下几点:

- 1)为了降低流动阻力和保证施工安全,在水泥浆中加入降滤失剂控制滤失量;
- 2)严格控制水泥浆的稠化时间;
- 3)施工过程中控制好压力,优化固井过程中的排量,综合考虑地层承压能力、水泥浆流态和前置液用量,用低速顶替以提高顶替效率;
- 4)适当降低钻井液的密度、塑性粘度、屈服值和静切力,从而降低循环压耗;
- 5)注水泥前调整钻井液性能并充分洗井,根据电测井径和井斜角数据合理确定扶正器的数量和安放位置,洗井及顶替过程中活动套管,依靠机械力来清除泥饼和滞留的钻井液从而提高顶替效率;
- 6)固井结束后,候凝 48 h 后再进行其它完井作业,确保井下水泥在凝固前不会受到激动而降低固井质量。

4 现场应用情况

1999—2007 年,胜利油田井下作业公司在胜利油田共完成定向侧钻井 500 多口,在现河采油厂施工的几口井(通 61-侧 58 井、河 68-侧 27 井等)初产均超过 100 t/d,稳产超过 50 t/d,按单井平均日增油 4 t 来计算,累计增油 73×10⁴ t,对油田的增储上产做出了较大的贡献。这些定向侧钻井全部符合甲方地质设计要求,井眼轨迹控制良好,中靶率 100%,最大完钻井深 3 394 m,最大裸眼长度 1 002.0 m,最大井斜角达 68°,开窗点最大井深 2 825.61 m,最大水平位移达 466 m,靶心距最小 1.09 m,固井质量合格率 98%。平均施工周期:2 200 m 以浅的定向侧钻井平均 23 d;井深 2 200 m 以深的定向侧钻井平均 28 d。部分侧钻井技术指标见表 1。

表 1 部分 $\phi 139.7$ mm 套管开窗侧钻井主要技术指标

井号	开窗井段/m	完钻井深/m	侧钻进尺/m	水平位移/m	闭合方位角/(°)	靶心距/m	最大井斜角/(°)	钻井周期/d
河 90-侧 8	1 898.0~1 901.0	2 350	452.0	150.5	106.9	10.6	31.6	16
王 3-侧斜 8	1 702.0~1 704.0	2 327	625.0	175.3	2.5	5.6	23.0	18
坨 143-侧 9	2 796.0~2 598.7	3 099	503.0	282.3	103.0	8.2	43.0	40
坨侧 103	2 148.0~2 151.5	2 494	346.0	162.8	135.3	4.3	36.0	12
梁 44-侧 61	2 163.0~2 166.0	2 606	443.0	203.0	65.0	4.1	41.0	18
梁 38-侧 85	2 169.0~2 172.0	2 574	405.0	153.1	24.0	11.6	31.3	10
营 14-侧 4	1 688.1~1 691.3	2 178	487.0	263.2	149.0	10.3	47.6	10
河侧 91	1 915.0~1 918.0	2 326	411.0	139.5	323.0	5.2	32.6	8

5 结论与认识

1)在胜利油田 500 多口井的现场应用表明,小井眼定向套管开窗侧钻技术已成为油田死井复活,老井挖潜,完善注采井网,提高原油采收率的重要技术手段之一。

2)小井眼定向套管开窗造斜点应选择在固井质量好、岩性稳定的地层,尽量避开岩石破碎带,易塌、易漏、地层倾角大、方位自然漂移大的地层,并避开套管接箍。

3)适用于小井眼定向侧钻的钻头可选型号少是制约机械钻速进一步提高的主要因素之一,为此,应

根据地层特性,有针对性地设计适合于小井眼钻井的钻头,以提高机械钻速。

参 考 文 献

- [1] 魏文忠,郭卫东,贺昌华,等. 胜利油田小眼井套管开窗侧钻技术[J]. 石油钻探技术,2001,29(1):19-22.
- [2] 周跃云,许孝顺. 胜利油田套管开窗侧钻技术[J]. 石油钻探技术,2001,29(4):34-35.
- [3] 张永青,刘杰. 任丘地区套管开窗侧钻配套技术[J]. 石油钻探技术,2000,28(1):24-25.
- [4] 李鹏. 开窗侧钻“S”形定向井钻井工艺[J]. 石油钻探技术,2004,32(5):64-66.
- [5] 张东海,童明金. $\phi 139.7$ mm 套管开窗侧钻技术现状及展望[J]. 断块油气田,2006,13(2):65-67,79.

Casing Sidetrack in Slim Wellbore in Shengli Oilfield

Li Guang¹ Han Qiang² Zhao Haiyan³ Xu Zhongti¹

(1. Downhole Service Company, Shengli Petroleum Administration, Dongying, Shandong, 257077, China; 2. Drilling Technology Research Institute, Shengli Petroleum Administration, 257017, China; 3. Dagang Drilling Technique Service Co., Bohai Drilling Co., CNPC, Dagang, Tianjin, 300280, China)

Abstract: Casing sidetrack in slim wellbore has been investigated and applied in Shengli Oilfield to reduce drilling cost, prolong old wells' production life, improve oil recovery. From 1999 to 2007, the application results of this technique in more than 500 directional wells indicate that this technique improved the oil recovery significantly and the cumulative incremental oil production is 73×10^4 t. The application procedure and the associated challenges of this technique were presented in detail from side tracking and directional drilling to cementing operation. The difficulty of proper bit selection is the main factor affecting drilling speed. The bit should be designed according to the formation characteristic to improve comprehensive economic benefits.

Key words: slim hole; casing window; directional drilling; Shengli Oilfield

欢迎从网上下载《石油钻探技术》期刊全文检索系统

在重庆维普资讯有限公司的帮助下,2006 年本刊编辑部将《石油钻探技术》1991—2005 年共 1873 篇文章及信息制成了基于 Windows 操作系统的全文检索光盘(单机版),并给近年来在本刊发表过稿件、订阅过期刊的部分石油工程技术人员进行了免费赠送。该检索光盘具有检索速度快、使用操作简单、功能强大等优点,采用 pdf 全文浏览器,可方便对文章浏览、打印、文本识别、图像截图等。一年多来,获赠者众多,普遍表示给他们查找资料提供了方便。但这种“申请—刻录—邮寄”的方式费时费力,不够简便,为此,本刊编辑部近日将全文检索系统存放在网络硬盘中,广大读者可以通过网络免费下载使用。我们对您惟一的要求,就是希望您在撰写论文、科技报告和技术总结时多参考本刊曾经刊发过的论文,同时积极向您身边的同事、朋友宣传本刊,以努力提高本刊的知名度。

下载全文检索系统的步骤是:1)登陆网页: <http://mail.sinopd.com>, 进入邮箱系统界面;2)用户名: ztjs, 密码: ztjs;3)登陆邮箱, 点击“存储文件夹”;4)点击“网络存储”;5)6 个压缩文件全部下载后解压即可应用。