

Ø178 mm 套管开窗侧钻实践

梁福成

(中国石化新星石油公司东北石油局,吉林 长春 130062)

摘 要 介绍了任 324-斜 1 井 Ø178 mm 套管开窗施工情况,探讨了 Ø178 mm 套管磨铣开窗侧钻施工及小井眼定向井轨迹控制技术问题。

关键词 磨铣开窗;导斜器;定向井;SST 有线随钻测斜;小井眼

中图分类号 TE243 **文献标识码** B **文章编号** 1000-3746(2001)06-0056-02

套管开窗侧钻是油田开发中后期节约钻井成本,提高采收率的重要手段。在施工过程中,套管开窗与小井眼轨迹控制是关键环节。本文以任 324-斜 1 井的施工过程为例,详细介绍套管开窗和小井眼轨迹控制技术。

1 Ø178 mm 套管开窗工艺技术

目前,常用的开窗方法有 2 种:套管断铣开窗和磨铣套管开窗。2 种方法各有优缺点。断铣法效率较高,但是容易断刀片卡死钻具;磨铣法效率较低,但更安全可靠。任 324-斜 1 井采用磨铣法在原任 324 井中 Ø178 mm 套管内开窗侧钻,据原任 324 井井史和电测资料提示的水泥返高和开窗侧钻目的设计在 2710 m 开窗。其基本原理是:先下入 Ø150 mm 卡瓦式封隔器坐封,再下入导斜器坐键、锁紧,然后依次下入领眼磨鞋、开窗磨鞋、管柱磨鞋等完成套管开窗工作。

1.1 下封隔器

下入封隔器的目的在于封堵潜山地层,替代打水泥塞。下钻前检查指重表是否灵敏、准确,入井要防止碰撞井口,下钻要缓、慢、稳,遇阻不能硬压硬碰,不要开转盘转动钻具,以免提前剪断连接销,导致封隔器掉入井内,封隔器下到预定设计位置,用陀螺仪测定封隔器导向键的方位。

测完方位后,投球、接方钻杆,小排量开泵。立管泵压超过 12 MPa 时剪断销钉,泵压下降,卡紧套管,以 200 kN 压力慢慢下压钻具,使封隔器橡胶膨胀坐封。

1.2 下导斜器

根据测出封隔器导向键的方位来确定固定锚与导斜面的偏转角,目的是找准导斜面的方位,使之与设计方位相同。

下导斜器一定要平稳,控制速度,以防止突然遇阻后剪断螺栓。下钻过程中绝不允许转盘转动钻具,下到离封隔器 3~5 m 时,上下活动几次钻具,然后慢慢下放,导斜器与封隔器自然找正连接并自锁,下压钻柱到 170 kN 时,钻压突然下降到 120 kN,说明销钉被剪断,导斜器已坐入导斜键内,起出钻杆,坐封完成。

1.3 下领眼磨鞋

下领眼磨鞋的目的是为开窗磨鞋制造一个切削面。

钻具组合为:Ø152 mm 领眼磨鞋+Ø90 mm 钻杆 1 根+Ø120 mm 钻铤 2 柱+Ø90 mm 钻杆。磨铣参数为:钻压 10~20 kN,转速 60~70 r/min,排量 20 L/s,泵压 13 MPa,泥浆密度 1.25 kg/L,粘度 47 s。

领眼磨鞋下钻至导斜器顶部 1 m,开泵循环,以 1 挡转速转动,缓慢送钻,通过计算在磨鞋开始切削套管的位置,加压 10 kN,然后压住刹把开始磨铣,直到钻压为 0,使窗口规则。领眼磨鞋一般钻进 0.3~0.5 m,把套管磨穿。

1.4 开窗磨铣

钻具组合:Ø152 mm 铣锥+Ø90 mm 钻杆 1 根+Ø120 mm 钻铤 2 柱+Ø90 mm 钻杆。磨铣参数:钻压 30~50 kN,转速 60~70 r/min,排量 20 L/s,泵压 14 MPa,泥浆密度 1.25 kg/L,粘度 50 s。

任 324-斜 1 井第一次开窗时使用平底磨鞋,当平底磨鞋的死点(即磨鞋的圆心位置)与套管壁相遇时出现不进尺的现象,只好使用 Ø137 mm 磨鞋来磨掉死点区,再下入 Ø152 mm 磨鞋扩眼,这样先后使用 Ø152、137 mm 磨鞋 5 只才把窗口磨完,造成重复起下钻。因此我们建议开窗磨铣使用 Ø152 mm 铣锥为切削工具。

1.5 管柱磨铣

在钻井作业钻具通过窗口以前,必须加长窗口并清除开窗磨铣时遗留的任何毛刺,修整参差不齐的窗口。管柱磨铣的钻具组合为:平底磨鞋+短钻铤(2 m)管柱磨鞋+钻铤(2 柱)+钻杆。磨铣参数为:钻压 10~40 kN,转速 60~70 r/min,排量 20 L/s,泵压 14 MPa,泥浆密度 1.25 kg/L,粘度 50 s。

该组合有较大的刚性,主要目的是依靠钻柱磨鞋的侧面接触窗口,使窗口扩大、加长,得到修整。钻柱磨鞋的侧面接触参差不齐的窗口时会产生扭矩,所以只要发现有扭矩,就必须在该点继续磨铣窗口,直到扭矩消失,上提下放无阻不挂,开窗工作即顺利完成。

下部钻进过程提下钻时,井下钻具组合通过窗口也应注意不能转动,因钻头或扶正器很可能挂住造斜器边沿使造斜器转动或磨坏造斜器。

收稿日期 2000-09-10

作者简介:梁福成(1962-),男(汉族),吉林安图人,中国石化新星石油公司东北石油局油建公司副经理,工程师,钻探工程专业,从事钻井技术工作,吉林省数据和平大街 3-1 号,13604421811。

2 小井眼轨迹控制技术

2.1 工艺措施

任 324 - 斜 1 井设计使用直、增、稳三段制井身剖面定向侧钻 ,井身结构为 : $\varnothing 178\text{ mm} \times 2710\text{ m} + \varnothing 152\text{ mm} \times 3039\text{ m} + \varnothing 104.7\text{ mm} \times 3174.5\text{ m}$,侧钻造斜率 $25^{\circ}/(100\text{ m})$,闭合方位 303.56° ,闭合位移 215.28 m ,最大井斜 57.46° 。因开窗侧钻井眼直径仅为 $152.4\text{ mm}(6\text{ in})$,较小的井径会给定向井井眼轨迹控制带来很多困难 ,经研究后 ,决定在工艺上采取以下措施。

(1)使用小径单点和 SST 有线随钻测量系统定向造斜。由于该井设计造斜率较大 ,为 $7.5^{\circ}/(30\text{ m})$,使用常规的螺杆加弯接头造斜然后转盘增斜的方法 ,造斜率达不到设计要求 ,故必须用单弯螺杆造斜。如果造斜率仍偏小 ,则改用 2° 单弯带下扶正器的螺杆增斜。目的是保证有足够的造斜能力 ,达到设计目标要求。

扭方位作业使用随钻测斜仪对井眼轨迹连续控制。
(2)由于套管是强磁体 ,而 SST 有线随钻工具是利用磁性工具面来控制井眼方向的。因此套管磁干扰严重 ,需改用高边控制造斜工具的装置角 ,跟井眼方向保持一致。用高边控制到 8° ,按 1.5° 单弯造斜率 $10^{\circ}/(30\text{ m})$ 计算 ,假壁墙达 2 m 左右 ,可以避免磁干扰 ,改用磁性工具测量精度较高。

(3)由于钻具的刚性较弱 ,在小井眼常规稳斜钻具降斜较严重 ,每 100 m 降 4° 左右 ,方位漂移每 100 m 右移 $2^{\circ} \sim 3^{\circ}$ 。但该井最大井斜 57° ,按 $7.5^{\circ}/(30\text{ m})$ 造斜率 ,井段应为 $2728 \sim 2956\text{ m}$,靶点斜深在 3084 m ,稳斜段长 128 m ,为了提高机械钻速 ,保证井下钻具安全使用 ,建议用井下动力钻具 + 低速转盘转动的方式钻进。

钻具组合如下 : $\varnothing 152.4\text{ mm}$ PDC 钻头(高 0.15 m) + $\varnothing 120\text{ mm}$ 螺杆(长 5.0 m) + $\varnothing 120\text{ mm}$ 无磁管 1 根(长 9.5 m) + $\varnothing 120\text{ mm}$ 钻铤 15 根(长 135 m) + $\varnothing 90\text{ mm}$ 加重钻杆 25 根(长 235 m) + $\varnothing 90\text{ mm}$ 钻杆(长 2900 m)。

钻进参数 :钻压 $50 \sim 60\text{ kN}$,排量 $16 \sim 20\text{ L/s}$,转速 40 r/min ,泵压 15 MPa 。

稳斜段每 50 m 测一点 ,及时掌握井斜数、方位的变化趋势 ,如偏离设计轨迹 ,影响中靶 ,必须及时起钻 ,改用造斜钻具扭方位或控制井斜。测斜仪器外筒尺寸 $\geq \varnothing 45\text{ mm}$ 。

2.2 施工实践

2.2.1 定向造斜

采用有线随钻测量仪($\varnothing 45\text{ mm}$)定向 ,用单弯螺杆钻具造斜。利用有线随钻测量技术实现了深部位定向、造斜工艺过程的连续控制 ,并使井斜和方位达到设计要求。

钻具组合为 : $\varnothing 152.4\text{ mm}$ PDC 钻头(0.15 m) + 1.5° 单弯(带下 $\varnothing 150\text{ mm}$ 扶正器 5.5 m) + 带键直接头(长 0.5 m) + $\varnothing 120\text{ mm}$ 无磁管 1 根(长 9.5 m) + $\varnothing 120\text{ mm}$ 钻铤 9 根(长 81 m) + $\varnothing 90\text{ mm}$ 钻杆(长 3000 m)。

钻进参数 :钻压 $30 \sim 50\text{ kN}$,排量 $10 \sim 14\text{ L/s}$,泵压 12 MPa 。

由于小井眼环空间隙小和钻进施加的钻压小 ,使扶正器上部钻铤受压后向下弯曲幅度过小和受到限制 ,所以钻头产生的斜向力小 ,造成增斜钻具的造斜能力降低。所以用有线随钻测斜仪配合单弯螺杆进行造斜 ,然后下入微增钻具 ,稳

斜钻进到潜山地层 2 m ,井眼轨迹控制效果非常好 ,没有因方位漂移或井斜下降而改变钻具结构 ,避免了重复起下钻和倒换钻具组合。

2.2.2 稳斜钻进

为控制地层自然降斜 ,采用带 3 个扶正器的微增斜钻具控制轨迹。

稳斜钻具组合为 : $\varnothing 152\text{ mm}$ PDC 钻头(高 0.2 m) + $\varnothing 151\text{ mm}$ 扶正器(长 1.2 m) + $\varnothing 120\text{ mm}$ 短钻铤(长 5.0 m) + $\varnothing 147\text{ mm}$ 扶正器(长 1.2 m) + $\varnothing 120\text{ mm}$ 托盘接头(长 0.5 m) + $\varnothing 120\text{ mm}$ 无磁钻铤(长 9.5 m) + $\varnothing 150\text{ mm}$ 扶正器(长 1.2 m) + $\varnothing 120\text{ mm}$ 钻铤(长 108 m) + $\varnothing 89\text{ mm}$ 加重钻杆(长 190 m) + $\varnothing 89\text{ mm}$ 钻杆。

钻进参数 :钻压 $50 \sim 80\text{ kN}$,排量 $12 \sim 14\text{ L/s}$,泵压 12 MPa 。

2.2.3 三开井段

任 324 - 斜 1 井用先期裸眼完井方式 ,三开目的层为潜山灰岩 ,因井身结构所限 ,潜山钻进用 $\varnothing 105\text{ mm}$ 钻头和 $\varnothing 60\text{ mm}$ 钻杆 ,考虑到所钻地层坚硬 ,且为开窗定向井 ,钻具在井下的作业环境恶劣 ,又因钻具尺寸小 ,抗扭能力小 ,为预防因复杂情况造成的断钻具事故发生 ,决定潜山钻进使用井下动力钻具 ,可有效地改善井下钻具的受力情况 ,提高机械钻速 ,防止钻具扭断。

钻具组合 : $\varnothing 105\text{ mm}$ PDC 钻头(高 0.10 m) + $\varnothing 95\text{ mm}$ 螺杆(长 5.0 m) + $\varnothing 90\text{ mm}$ 钻铤 12 根(长 108 m) + $\varnothing 60\text{ mm}$ 钻杆(长 3100 m)。

钻进参数 :钻压 $20 \sim 40\text{ kN}$,排量 8 L/s ,泵压 $18 \sim 20\text{ MPa}$,泥浆密度 1.05 kg/L ,粘度 $20 \sim 25\text{ s}$ 。

3 其他配套技术

3.1 钻头与钻具选择

由于该井钻进大部分用螺杆钻具 ,很难判断牙轮钻头使用寿命。容易掉牙轮 ,而且掉牙轮事故较难处理。因此在造斜段和稳斜段均使用 PDC 钻头 ,以利于提高钻头在井下的作业时间 ,减少起下钻具次数和防止掉牙轮事故的发生 ,以利于提高机械钻速。使用钻铤时 ,少下 $\varnothing 120\text{ mm}$ 钻铤 ,使用 $\varnothing 90\text{ mm}$ 加重钻杆代替钻铤可减少粘卡事故。

3.2 泥浆技术

$\varnothing 177.8\text{ mm}$ 套管开窗侧钻的井眼是 $\varnothing 152.4\text{ mm}$,因井眼的环空间隙小 ,泥浆的流动阻力大 ,故井下泥浆循环是建立在小排量、高压压的小井眼条件下 ,泥浆要具有较强的抑制造浆能力和防塌防粘卡性能 ,并具有较低的滤失量、摩擦系数以及良好的流动性。

根据侧钻井的工艺要求和地层岩性的构成情况 ,在定向侧钻中采用了具有抑制性的钾铵基聚合物泥浆体系。泥浆的主要性能参数 :粘度 $35 \sim 45\text{ s}$,API 失水量 $< 5\text{ mL}$,HTHP 失水量 $< 15\text{ mL}$,范氏切力 $1 \sim 3\text{ Pa}$,膨土含量 70 g/L 。为了降低摩阻和减少粘卡事故 ,保证电测和下套管顺利 ,泥浆中加入塑料小球和 8501 防卡剂。该泥浆体系成功应用于任 324 - 斜 1 井的开窗侧钻中未发生因泥浆性能问题而造成井壁坍塌或者粘卡事故等复杂情况。实践证明 ,该体系泥浆具

(下转第 64 页)

从表 1 可以看出 , 通过以上处理 , 泥浆密度基本不变 , 粘度由 29 ~ 33 s 升至 48 ~ 52 s , 初切力、终切力及动切力都明显升高。尽管循环上返速度仍为 0.44 ~ 0.53 m/s , 但振动筛分离出的钻屑量明显增加 , 颗粒变大 , 表明泥浆的携带能力明显提高。此后在正常钻进中 , 继续用 HV - CMC 进行维护 , 使泥浆性能相对稳定。起下钻顺畅 , 井下情况稳定 , 满足了 CCSD - 1 井一开钻井施工要求。

2 固相控制

CCSD - 1 井井径大 , 钻屑密度大 , 研磨性强 , 给泥浆携砂增加了难度 , 如固相控制不好 , 会严重影响钻进时效和钻头寿命。为此 , 我们采取了强化清砂措施 , 每次起钻前用双泵大排量(大于 60 L/s) 净化井底。由于地层因素和钻头的选择 , 该井钻屑相对较小 , 且细砂含量大。振动筛使用 50 目和 84 目进口 DERRICK 波纹型筛布 , 使用率 100% , 除砂器使用率 > 90% , 离心机使用率 > 50%。通过有效固相控制 , 一开泥浆密度控制在 1.04 ~ 1.06 g/cm³ , 固相含量 3% ~ 4% , 含砂量 < 0.1%。控制泥浆的固相含量 , 清除有害固相 , 起到了提高钻进时效、延长钻头寿命的作用 , 在可钻性 7 ~ 9 级的纯结晶岩使用 Ø444.5 mm 三牙轮钻头钻进 , MAXC44CD 钻头纯钻时间 196.68 h , 累计进尺 81.27 m , 钻头基本完好。

3 循环漏失的处理

井深至 26.07 m 时 , 钻遇该井第一构造破碎带 , 井眼发生漏失现象 , 漏失速度 4 m³/h 左右 , 且有进一步加剧的趋势 , 如不及时处理 , 不仅导致泥浆消耗急剧增加 , 还有可能危害井眼稳定。根据以往钻井经验 , 选用以超细颗粒、纤维为主要成分的随钻堵漏剂——GD - III , 在泥浆中的用量为 1.5% ~

(上接第 57 页)

有失水小、摩阻低、抑制效果好、泥浆排放量小的特点 , 为小井眼钻井的泥浆体系选择提供了经验。

3.3 固井工艺

该井设计 Ø152 mm 钻头进潜山地层后挂 Ø127 mm 尾管固井。因为开窗侧钻井眼与所下套管的间隙比较小 , 过小的间隙则会造成下套管困难和泥浆过早脱水形成水泥桥 , 特别是在斜井段中 , 套管难以居中 , 下套管和固井施工难度较大 , 为了保证尾管顺利下井并能悬挂住 , 以确保固井质量 , 在工艺上采取下列几项措施。

(1) 认真做好通井准备工作。通井时对缩径井段反复划眼 , 下钻到底后循环泥浆 , 调整好泥浆性能 , 当泥浆性能良好、井壁稳定、井下正常、泥浆净化无沉砂后 , 泥浆中混入适量塑料小球 , 以确保井下畅通无阻 , 短起下 15 柱 , 确实不阻不挂没有问题后 , 起钻下尾管。

(2) 把握好水泥质量及化验关。在小间隙、高泵压状态下固井 , 对水泥浆提出了更高的要求 , 必须很好地控制水泥浆失水、稠化时间和流变性能 , 控制水泥浆失水量 < 150 mL/ (30 min) , 稠化时间 250 ~ 300 min , 并具有良好的流变性能 , 我们采用 D 级水泥加入 2% MS - 88 水泥降失水剂配制的水泥浆 , 可满足设计要求。

(3) 采用可靠的尾管悬挂工具及合理的下部结构 , 以确

2.0% , 大排量泵入井底起钻 , 静止 3 h 后 , 下钻循环 , 漏失消失。表 1 数据表明 , 随钻堵漏剂 GD - III 加入后 , 对泥浆各项性能影响不大 , 堵漏效果良好。在以后钻进过程中 , 不断补充 GD - III , 维持泥浆中含量在 1% ~ 2% , 基本控制了井下漏失现象。在一开钻进中 , 共消耗 GD - III 3.8 t , 堵漏费用为 12160 元。

4 综合泥浆成本分析

CCSD - 1 井一开井段泥浆材料用量情况如下 : 钠膨润土 14.5 t , 纯碱 1.04 t , 高粘 - CMC 1.825 t。制备泥浆 180 m³ , 泥浆材料费用合计 51007.40 元 , 泥浆成本为 283.37 元/m³ , 而一开井段消耗泥浆 60 m³ , 折合每米泥浆成本 169.41 元。为了降低全井泥浆成本 , 减少排放泥浆对环境的污染 , 根据取心钻井对泥浆性能的要求 , 我们将一开泥浆进行简单处理后 , 使其性能能够满足金刚石取心钻进需要 , 预计在 1000 m 以内可继续使用。实际上 , 截至二开取心钻井井深近 600 m 时 , 泥浆中只补充了钠膨润土 4.5 t (价值 2848.5 元)。

5 结语

(1) 在坚硬致密的结晶岩层中进行大井径钻进时 , 钻进速度低、钻井周期长 , 固控净化及定时清砂是泥浆技术的重要组成部分。

(2) 钻进大井径、高密度结晶岩层的泥浆体系 , 应保持合适的壤土含量和较高的泥浆粘度和动切力 , 保证泥浆携带岩屑和净化的能力。

(3) 在变质岩地层中钻进 , 往往会遇到不同程度的破碎层和漏失带 , 根据井下漏失情况 , 确定合适的堵漏防漏技术也是满足循环携砂、降低泥浆成本和钻井施工需要的关键。

保尾管下得去、挂得住、倒得开 , 尾管一次下至预定位置 , 用水泥车小排量开泵循环泥浆 , 并逐渐加大排量 , 循环 2 周后 , 调整好泥浆性能 , 做好泥浆净化工作。

(4) 注水泥前置液用 MS - 88 药液 3 m³ , 采用 1 台水泥车配水泥浆 , 入混合罐 , 2 台水泥车双抽注入井内 , 保证在高压状态下水泥浆密度均匀 , 替泥浆用大功率水泥车 , 提高顶替效率 , 保证固井质量。

4 认识与体会

(1) 磨铣开窗方法具有开窗速度快、磨铣套管少、铁屑容易带出地面等优点。这种开窗方法适合开窗点深、难度大、多层套管的定向侧钻工艺要求。但是用磨鞋磨铣时中心死点无法消除 , 使用铣锥可以克服磨鞋磨铣工艺上的死点区。

(2) 该井在井深、高温条件下 , 使用陀螺仪准确测量并定准开窗窗口的方位。

(3) 小井眼增、稳斜困难 , 不宜用转盘大幅度增斜 , 我们采用有线随钻测量技术 , 一次性地定向造斜至最大井斜。稳斜段钻进采用微增或增斜钻具组合 , 以克服小尺寸钻具刚性较弱的缺点 , 稳斜稳方位效果非常明显 , 实现了井眼轨迹的良好控制 , 没有发生扭方位或中途倒换钻具组合的现象。

(4) 小井眼使用动力钻具和 PDC 钻头 , 有利于提高钻井速度 , 减少起下钻次数 , 保证钻具安全工作。