

苏里格气田水平井开发技术优化

陈启文 董瑜 王飞 叶超 王赞

中国石油长庆油田公司第四采气厂

陈启文等. 苏里格气田水平井开发技术优化. 天然气工业, 2012, 32(6): 39-42.

摘要 随着水平井开发规模在鄂尔多斯盆地苏里格气田的不断扩大, 一些新的特殊情况又逐渐显现出来, 不同程度地影响着水平井开发综合效益。为此, 在前期形成的水平井配套技术的基础上, 系统分析了水平井施工过程中出现的各类特殊情况和影响因素, 重新对水平井选井、入靶和水平段地质导向等部分关键技术进行了优化, 即: ①水平井井口应选在目标层所处构造低部位, 设计水平段延伸方向为沿局部砂体构造上倾的方向; ②对于目标层由多个单砂体组成的砂层组, 应根据实际钻遇情况灵活调整入靶位置; ③水平段钻遇岩性相变, 应按“先上后下”原则追踪砂层; ④水平段井斜控制合理, 30 m 水平段井斜变化不应超过 $\pm 2^\circ$; ⑤水平段地质导向应以“先追踪砂体, 后参考构造”为原则。现场应用结果表明, 所实施水平井(包括 5 组丛式水平井)全获成功, 完钻水平井平均砂层钻遇率达到 88.2%, 水平井施工单队首次实现 6 开 6 完, 创下 1 000 m 水平段最短钻井时间(3 d)记录, 平均钻井周期为 48.27 d。

关键词 鄂尔多斯盆地 苏里格气田 水平井 开发 技术 选井 入靶 地质导向 优化

DOI:10.3787/j.issn.1000-0976.2012.06.009

鄂尔多斯盆地苏里格气田储层地质条件异常复杂, 虽然河道砂岩大面积连片分布, 但物性普遍差, 多为非有效砂岩, 有效储层分布多呈窄条带状、孤立状, 分布局限, 连续性和连通性差。近年来水平井实施也基本证实了目标层砂体物性、含气性横向变化快的这种特征, 即便在 400 m 左右靶前距范围之内, 作为参照井目标层在水平井入靶位置储层横向变化也非常明显^[1-5]。

目前, 以提高单井产量、提高气田采收率为重要手段的水平井开发方式在苏里格气田得到规模推广和应用, 单井产量超过了同等储层条件直井的 3 倍^[6]。以水平井选井、水平井入靶、水平段地质导向等为核心的技术系列业已形成。随着水平井开发进程的持续推进, 水平井开发技术也相应得到了逐步完善。

事实上, 正是由于苏里格气田复杂的地质条件, 水平井施工不可避免会遇见一些之前没有考虑到的特殊问题, 不同程度影响着水平井开发综合效益, 既要提高开发效果又要降低开发成本, 对水平井实施提出了更高的要求。因此, 有必要对一些技术方案和技术措施进行改进和优化。

1 需要优化的内容

1.1 水平井入靶

苏里格气田储层非均质性强, 作为水平井目标层大多由多套含气单砂体所组成, 它们之间或由泥质薄夹层所分隔, 或由储层物性变化所形成的致密夹层所隔离, 时常遇见靶点 A 处目标砂层组与参照井不一样的特殊情况, 即同一单砂体厚度变薄或增厚, 含气性变差或变好, 泥质夹层变厚或减薄等。而设计一般都选择参照井厚度大、含气性好的单砂体作为入靶位置。如果遇见入靶点位置目标层发生较大变化, 不进行调整仍按原设计靶点入靶, 则存在原目标砂体相变或尖灭风险(图 1), 如何保证水平井入靶是优化的内容之一。

1.2 水平段施工

水平段施工需要根据井斜变化情况及时调整, 采取定向滑动增斜或降斜, 但定向滑动钻时慢, 井斜调整频率越高费时越多, 因此, 应尽量增加复合钻井比例以提高机械钻速, 缩短钻井周期。如何最大限度减少定向滑动频次, 提高水平段施工效率, 是优化的内容之一。

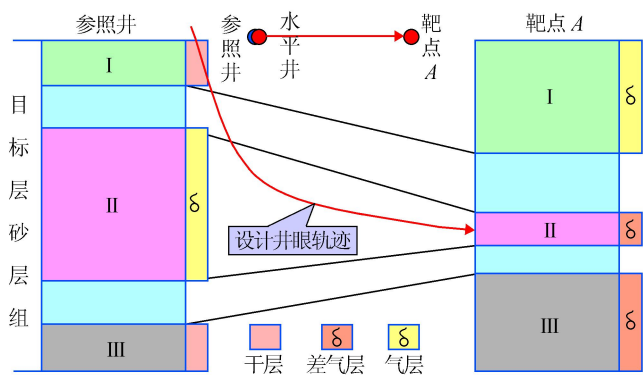


图1 水平井目标层横向变化示意图

1.3 水平段侧钻

当水平段钻遇大段泥岩导致钻井无法正常施工的情况下,一般都采取侧钻的办法在岩性变化点重新寻找砂层。侧钻分填井侧钻和悬空侧钻,悬空侧钻工序简单,而填井侧钻则工序复杂,浪费时间。如何采用最佳导向策略优化侧钻方式或尽量减少侧钻率是优化内容之一。

1.4 水平段井眼轨迹控制

水平段施工,现场地质导向时常难以达到地质目的而随意调整井斜,导致井眼轨迹大幅度起伏。实际上,井眼轨迹不规则或不平滑,造成水平段施工困难或无法正常施工的情况经常发生,尤其是水平段施工后期,有时即便钻遇含气砂体显示良好,也会因井眼轨迹原因导致无法施工而提前完钻,因此,合理调整井斜保持井眼轨迹平滑对水平井顺利施工意义重大。水平段施工如何控制井眼轨迹是优化内容之一。

1.5 水平段地质导向

水平段施工一般按照沿水平段方向前后两口参照井目标气层海拔高度设计井眼轨迹。由于苏里格气田复杂的储层地质条件,水平段钻遇岩性变化不可避免,或钻遇粒度变化、或钻遇泥质夹层、或钻遇岩性相变等,水平段如何最佳导向也是优化内容之一。

2 优化措施

2.1 水平井选井优化

基于水平段施工多采用增斜钻具,复合钻进时多数情况下存在井斜微增等情况,所以在水平井选井、水平段方向选择时应考虑水平井部署区域砂体局部构造变化特征。水平井井口应选在目标层所处构造低部位,设计水平段方向与砂体构造上倾方向基本一致,水平段整体井斜趋势始终在 90° 以上,如此可借助钻进自然增斜而减少人为调整频率,以提高机械钻速。再

者,在发生岩性相变时还可直接向下悬空侧钻^[7]。

2.2 水平井入靶优化

水平井入靶应首先考虑目标层是否为单一砂体或由多个单砂体所组成。如果水平井目标层是由多个单砂体组成的砂层组,厚度应在15 m左右,三元结构明显,入靶目标单砂体厚度不小于6 m,单砂体之间泥质夹层不超过2 m。这种特征的目标层可按以下两种方式入靶。

2.2.1 入靶点上调

如果设计目标单砂体处于砂层组中部或下部,在未钻达设计目标靶点A前,钻遇目标砂层组上部单砂体变厚、含气性变好,可调整设计不在原靶点位置入靶。在当前井斜满足工程入靶条件的前提下,采取强增斜在上部单砂体入靶,可防止因原目标砂体厚度变薄、含气性变差而入靶困难,或无法入靶,或勉强入靶也会因砂层条件逐渐变差而给后续水平段施工带来不可预见的麻烦。

目前,水平井斜井段施工最大增斜率可达 $3^\circ/10$ m,而要保证技术套管顺利下入,增斜率控制在 $2^\circ\sim 2.5^\circ/10$ m较为合理。当增斜至 90° 入靶,垂深下降不超过5 m,完全满足提前入靶要求而不钻穿目标层^[8]。

在钻遇上部砂体顶部时井斜一般在 80° 左右,需要稳斜基本查明上部气层情况,如果上部砂层与参照井一致,可继续快速下探按原设计入靶,而不至于造成过长的无效靶前距。典型井如苏6-18-20H2井,在钻遇目标砂层组上部单砂体时,砂体厚度变厚,由于干层变为气层,后调整入靶位置在上部单砂体入靶(图2)。

2.2.2 入靶点下调

如果设计目标单砂体处于砂层组上部或中部,在钻达设计目标层位置砂体厚度变薄,甚至相变或尖灭而很快钻遇泥质岩,这种情况显然不必考虑在原位置入靶,应继续稳斜向下追踪下部单砂体,井斜控制可以根据预测下部砂体位置而设定,一般保持在 84° 或略低于该值即可^[9]。

2.3 水平段侧钻方式优化

2.3.1 水平段趋势水平或上翘

如果水平段井眼轨迹整体井斜趋势大于等于 90° ,钻遇岩性相变应先向上继续增斜追砂层,因目前入靶位置多在目标砂层中上部,井眼轨迹上方始终留有3~5 m空间,一方面,充分利用增斜钻具自然增斜功能,减少定向滑动频次;另一方面,即使向上追踪砂体无果,可以退回岩性变化点直接向下悬空侧钻而不用填井侧钻。

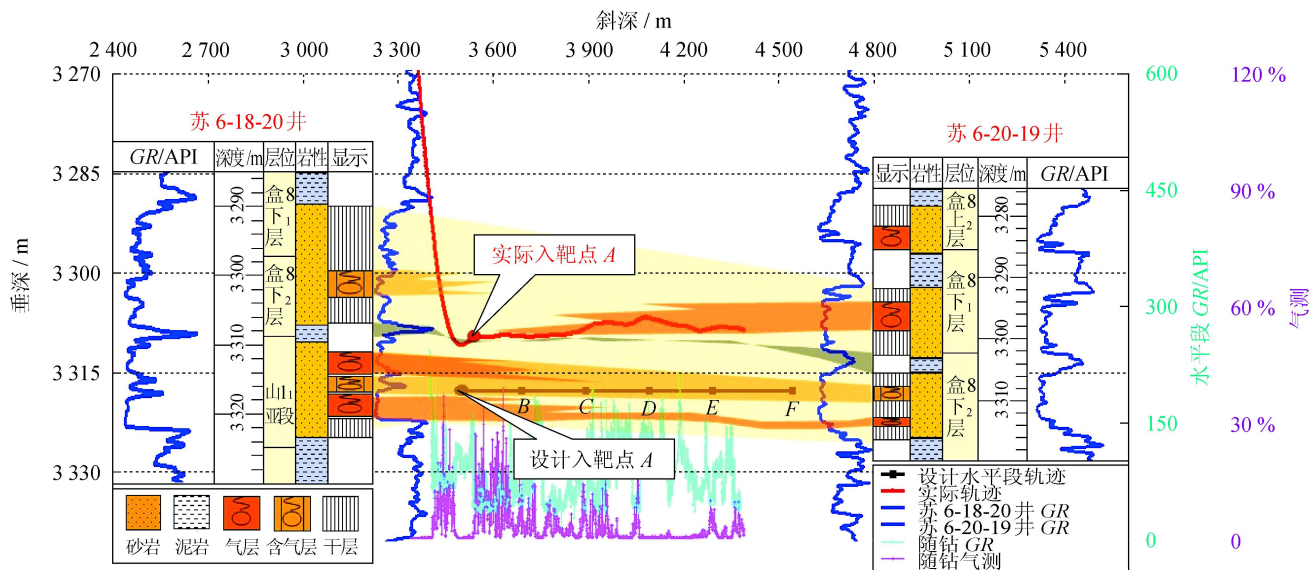


图 2 苏 6-18-20H2 井随钻剖面图

2.3.2 水平段趋势下倾

当水平段井眼轨迹整体井斜趋势小于 90° , 钻遇泥岩时如果井斜角不低于 88° , 且增斜较为容易仍可先向上或平追上部砂层; 如果向上增斜困难, 可将井斜再适当降低向下探砂层(井斜调整以满足追上砂层后仍能继续施工为原则)。如果向下追踪砂层失败, 则填井在岩性变化处侧钻向上追砂体。

正常情况下, 如果向下钻遇泥岩垂厚在 $2\sim 3\text{ m}$, 泥岩段长度在 100 m 以上, 考虑到向上追踪仍要重复钻遇大段泥岩, 只有填井侧钻才容易追上上部砂体。填井侧钻是不得已而为之。

因此, 水平段钻遇岩性相变时应尽量按照“先上后下”的原则追踪砂层, 这样可以减少填井工序(特殊情况除外), 可节省钻井时间 3 d 以上。

2.4 水平段井眼轨迹控制优化

施工经验表明, 水平段井斜控制应保持合理的井斜变化率, 相应井段内井斜不宜变化过大, 一般 30 m 水平段控制在 $\pm 2^\circ$ 范围之内即可。假如设计要求水平段按 90° 水平钻进, 则控制井斜在 $88^\circ\sim 92^\circ$ 之间较为合理, 超出该井斜范围, 随着井斜偏差的增大钻具摩擦阻越大, 水平段施工将越来越困难, 因此, 水平段施工应尽量不要超出该范围, 除非在即将完成水平段施工时发生岩性相变, 可以按照 $\pm 5^\circ$ 偏差的大井斜探明地质情况, 以达到地质认识的目的。

2.5 水平段地质导向优化

由于苏里格气田复杂的砂体叠置关系, 常见以交错单砂体所引起的“假构造”, 因此, 水平段地质导向关键是对水平井部署区域目标层“真假构造”的识别。但

无论是同一砂体真构造, 还是由不同砂体形成的假构造, 水平段施工都不应过分注重设计构造趋势而忽视岩性变化, 应以“先追踪砂体、后参考构造”的原则灵活调整导向。以苏里格气田中区水平井施工为例, 采取该导向方法取得了显著效果, 全年有 5 口井采取追踪砂体导向而偏离设计井眼轨迹获得成功, 砂层钻遇率明显提高。典型井如苏东 $67-07\text{H}1$ 井, 水平段末端与设计井眼轨迹偏差达 11 m , 而砂层钻遇率达到 84.4% (图3)。

3 优化效果

通过水平井开发技术优化, 水平井配套技术更加完善, 应用效果更加明显, 水平井施工出现复杂情况频次明显减少, 多项开发、技术指标再次被刷新。

1) 全年所实施水平井(包括 5 组丛式水平井)全获成功, 丛式水平井比例占全年水平井总井数近一半(47.6%)。

2) 全年完钻水平井平均砂层钻遇率达到 88.2% , 较上年提高近 15% ; 有效储层钻遇率 66.9% , 较上年提高了约 6% 。其中苏 $6-20-14\text{H}$ 井水平段长 $1\ 100\text{ m}$, 钻遇砂层 $1\ 100\text{ m}$, 砂层钻遇率 100% ; 苏 $6-15-7\text{H}$ 井水平段长 $1\ 095\text{ m}$, 创最高有效储层钻遇率(93.4%)。

3) 水平井施工单队首次实现 6 开 6 完。

4) 创 $1\ 000\text{ m}$ 水平段最短钻井时间(3 d)。

5) 全年完钻 21 口井, 平均钻井周期 48.27 d , 创最短钻井周期(26.96 d), 其中 4 口井钻井周期缩短在 30 d 以内, 创同等水平段长度($1\ 319\text{ m}$)最短施工时间(4.21 d)。

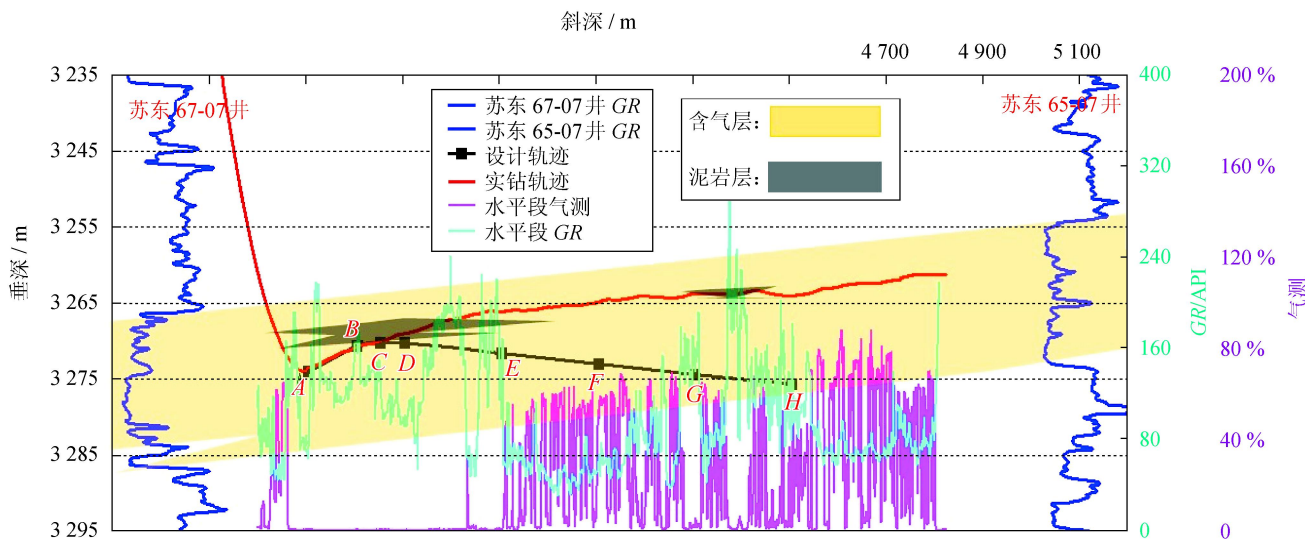


图 3 苏东 67-07H1 井随钻剖面图

4 结论

1) 水平井井口应选在目标层所处构造低部位,设计水平段延伸方向沿局部砂体构造上倾方向,可利用水平段钻进自然增斜效果,减少井斜调整频率,提高施工效率。

2) 对于目标层由多个单砂体组成的砂层组,应根据实际钻遇情况灵活调整入靶位置,可有效避免因目标层横向变化导致入靶效果不佳或无法入靶。

3) 水平段钻遇岩性相变,应按“先上后下”原则追踪砂层,可减少填井侧钻施工工序,节省钻井时间,提高施工效率,缩短钻井周期。

4) 水平段井斜控制合理可以降低施工难度,30 m 水平段井斜变化不应超过 $\pm 2^\circ$ 。

5) 水平段地质导向应以“先追踪砂体,后参考构造”为原则,有利于提高砂层钻遇率。

参 考 文 献

[1] 张明禄,李进步,安文宏,等.苏里格气田盒8段气藏有效砂

体成因模式[J].天然气工业,2008,28(增刊2):14-17.

[2] 张吉,达世攀,张志刚.苏里格气田有效储层分类评价[J].天然气工业,2008,28(增刊2):28-30.

[3] 李进步,张吉,张清,等.苏里格气田盒8段储层综合评价[J].天然气工业,2008,28(增刊2):9-13.

[4] 祝金利,艾芳,王继平,等.苏里格气田苏10区块优化布井技术[J].天然气工业,2007,27(12):111-113.

[5] 李会军,张文才,朱雷.苏里格气田优质储层控制因素[J].天然气工业,2007,27(12):16-18.

[6] 何光怀,李进步,王继平,等.苏里格气田开发技术新进展及展望[J].天然气工业,2011,31(2):12-16.

[7] 靳秀菊,毕建霞,刘红磊,等.水平井优化设计技术在普光气田产能建设中的应用[J].天然气工业,2011,31(5):58-60.

[8] 佟长海,鲁港,谭静,等.水平井的中靶分析[J].天然气工业,2008,28(3):64-66.

[9] 李建奇,杨志伦,陈启文,等.苏里格气田水平井开发技术[J].天然气工业,2011,31(8):60-64.

(修改回稿日期 2012-03-31 编辑 韩晓渝)