

丛式井施工顺序优化探讨

谢 鑫,丁少华,王进涛,窦正道,徐 浩

(1.中国石化江苏油田分公司石油工程技术研究院,江苏 扬州 225009)

摘要:丛式井组开发可节约大量的道路、井场建设投资,节省地面空间,便于采油集中建站和管理。由于丛式井组之间井位密集,科学合理的施工顺序对井组之间的防碰至关重要,进而决定丛式井施工是否安全、经济、高效。提出了丛式井施工顺序原则,并对江苏油田F块和B块一些丛式井钻井顺序进行分析。

关键词:丛式井;井口;靶点;钻井顺序

中图分类号:TE22 **文献标志码:**A

Discussion on optimization of cluster well construction sequence

XIE Xin¹, DING Shaohua¹, WANG Jintao¹, DOU Zhengdao¹, XU Hao¹

(Petroleum Engineering Technology Research Institute Of Jiangsu Oilfield Company, SINOPEC, Yangzhou 225009, China)

Abstract: The development of cluster well groups can save a lot of road and well site construction investment, save ground space, and facilitate the centralized construction and management of oil production. Since cluster wells are densely located, a scientific and reasonable construction sequence is essential to prevent collisions between well groups, which in turn determines whether cluster well construction is safe, economical, and efficient. The principle of cluster wells construction sequence is put forward, and some cluster well drilling sequences in F and B block of Jiangsu Oilfield are analyzed.

Key words: cluster wells; wellhead; target; drilling sequence

丛式井组开发可节约大量的道路、井场建设投资,节省地面空间,便于采油集中建站和管理。目前,江苏油田已开采多年,地面水网密布,房屋和农田密集与地下条件常常限制区块开发方案的整体实施,为了满足油藏整体开发的部署要求,减小投资成本,大量使用丛式井钻井技术^[1-2]。由于丛式井组之间井位密集,而且丛式井组之间的施工顺序对井组之间的防碰至关重要。目前“一字形”丛式井组一般施工原则是利用造斜点相互错开的方式实现各井间防碰,通常推荐的钻井施工顺序优化原则是:先钻靶前距大、造斜点浅的井,后钻靶前距小、造斜点深的井^[3]。但是该原则并不能适用于所有平台和部署井间的位置关系,有的反而会出现“蹩腿”现象,即随着井深增加两口井防碰距离出现一个更近的拐点。因此,根据平台与部署井之间相对位置关系,科学地布置井架整拖方向,优化钻井施工顺序,对丛式井施工是否经济、高效,甚至能否成功有重要的影响。

1 丛式井施工原则

1.1 丛式井组设计部署计算模型

根据“一字形”丛式井组施工规则,选择2口井组成的丛式井组进行模拟计算。假设如下:

(1)有A、B两个靶点,A靶点坐标:南北坐标为A1、东西坐标为A2;B靶点坐标:南北坐标为B1、东西坐标为B2。令 $A1 > B1, A2 < B2$ 。

(2)井口坐标:南北坐标X1、东西坐标Y1;

(3)计划采用丛式井组施工,井口的位置有2个地方可以选择,一个位置在靶点的一侧,即 $X1 > A1$ 或 $X1 < B1$ 或 $Y1 < A2$ 或 $Y1 > B2$;一个位置在靶点中

收稿日期:2020-01-02;改回日期:2020-01-22。

第一作者简介:谢鑫(1984—),助理研究员,现从事钻井工艺研究,E-mail:xiexin.jsyt@sinopec.com。

基金项目:中国石化江苏油田分公司科研项目“难动用储量开发关键工艺技术研究应用”(JS20020)。

间,即 $B1 < X1 < A1$ 且 $A2 < Y1 < B2$ ^[4-5]。

(4)由于丛式井组之间的“蹩腿”主要是发生在直井段或者是刚开始造斜的井段,故认为A井“蹩腿”现象发生的点在A井直井段,B井“蹩腿”现象发生的点在B井的刚开始造斜的井段。

1.2 井口坐标在靶点坐标一侧的井位部署

当井口的坐标在靶点坐标的一侧时,丛式井井位部署时要特别避免出现所谓的“蹩腿”现象,如图1、图2所示,A井的靶前距大于B井,井口位置在靶点的右侧^[6-7]。

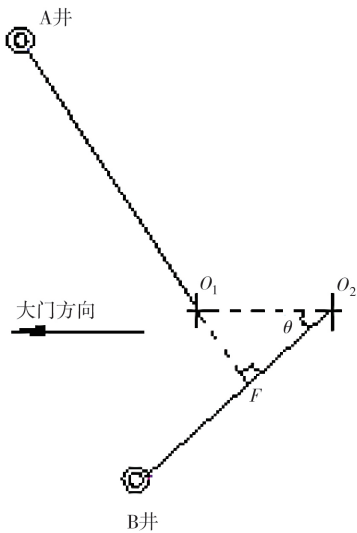


图1 大门向着靶点方向的井口位置

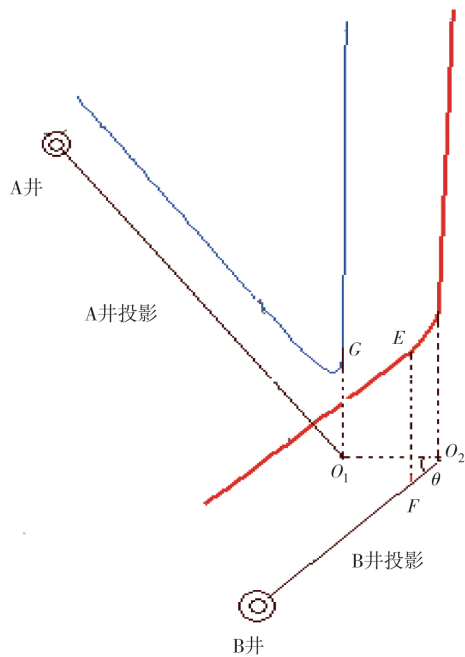


图2 大门向着靶点方向井口位置空间图

B井轨迹上“蹩腿”点E在水平面的投影点为F点,整拖方向线与B井轨迹水平投影的夹角为 θ ;A井直井段“蹩腿”点为G点投影到水平面为点 O_1 ,B井直井段投影到水平面为 O_2 点。 O_1O_2 为整拖距离5 m。 O_1 点到B轨迹水平投影的最短距离 $O_1F = O_1O_2 \sin \theta$ 。G点和E点之间的垂深之差为 ΔH 。则G点和E点的距离S为:

$$S = \sqrt{O_1F^2 + \Delta H^2} = \sqrt{(5 \sin \theta)^2 + \Delta H^2} \quad (1)$$

由于G点和E点最近安全距离为5 m。

$$\Delta H = 5 \cos \theta \quad (2)$$

当井架整拖接近靶点时,即由 O_2 向 O_1 整拖,如图1所示。由于B井先施工,如果A井的造斜点深于B井,则B井轨迹上必然有一点E,与A井上G点垂深之差 $\Delta H = 0$,即蹩腿(见图2)。如果设计将A井的造斜点浅于B,则可确保G点与E点的垂深之差 $\Delta H > 5 \cos \theta$,避免“蹩腿”现象。

反之,如图3所示,当井架整拖远离靶点时,即由 O_1 向 O_2 整拖。由于B井先施工,如果A井的造斜点浅于B井,则B井轨迹上必然有一点E,其与A井上G点垂深之差 $\Delta H = 0$,即蹩腿。如果设计将A井的造斜点深于B井,则可确保G点与E点的垂深之差 $\Delta H > 5 \cos \theta$,避免“蹩腿”现象。

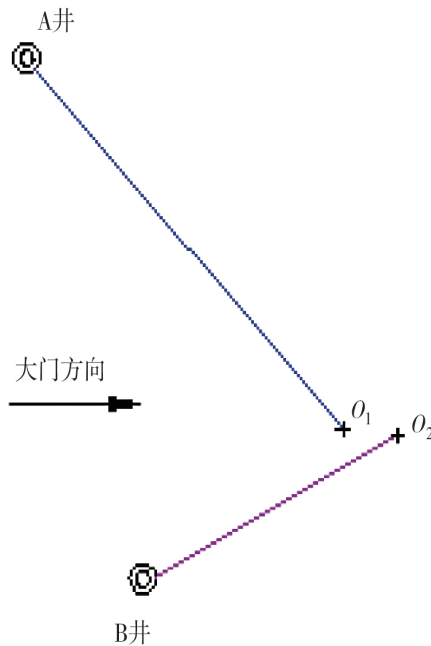


图3 大门背着靶点方向的井口位置

总之,由于A井的靶前距大于B井的靶前距,则A井的造斜点通常会浅于B井的造斜点。当井架整拖接近靶点时,应先钻B井再钻A井,这样便不会出现蹩腿情况,如图1所示钻井顺序。当井架整拖远离靶点时,应先钻A井然后再钻B井,这样便不会出现蹩腿现象,如图3所示钻井顺序。

在图1的情况,如果在地质要求必须先钻A井,则必须使A的造斜点比B井深。如果A井靶前距过大,且靶点垂深比B井靶点垂深浅很多,会使钻井施工难度增加。

当井架整拖方向近乎平行于靶点,如图4所示,只要轨迹不交叉,即由 O_2 向 O_1 整拖,就可避免蹩腿。大门朝上时,先钻下边的B井,然后A井。大门向下时,先钻上边的A井,然后B井。如果轨迹相交,便要通过三维井眼绕开,才可以防碰。

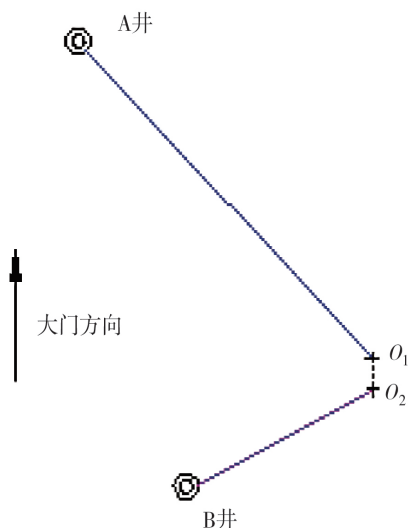


图4 大门和靶点连线方向一致的井口位置

1.3 井口在两个靶点之间的井位部署

当井架整拖方向朝上(见图5),即由 O_2 向 O_1 整拖,很显然 $O_1E > O_1O_2 = 5$,即G和E的距离必然大于5 m。故先钻下边的B井,然后是A井,可避免“蹩腿”现象。

如果轨迹相交,如图6所示,当井架整拖方向朝上,即由 O_2 向 O_1 整拖,B井轨迹上必然有一点E,与A井上G点垂深之差 $\Delta H = 0$,即蹩腿。此时,要通过三维井眼绕开,才可以防碰,但会增加施工难度。

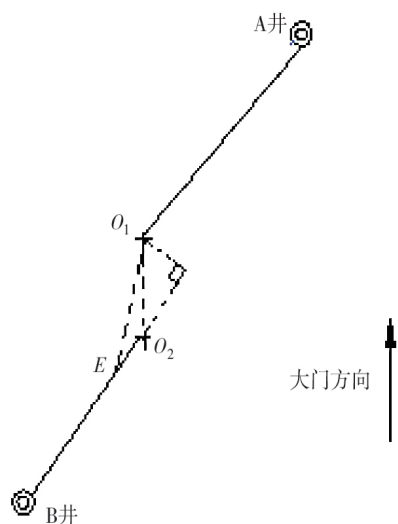


图5 轨迹不交叉的井口位置

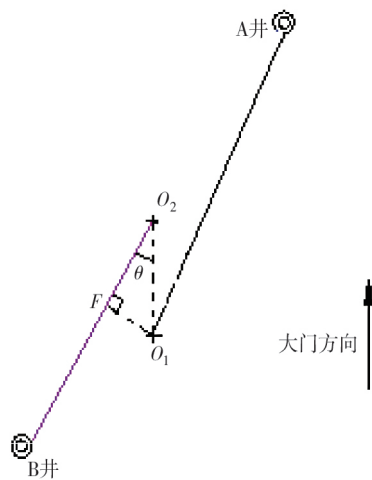


图6 轨迹交叉井口位置

因此,当井口的坐标在靶点之间时,大门朝向没有特殊要求,对造斜点也没有要求,只要轨迹不交叉,按照井的分布顺序施工,便可避免出现蹩腿的现象。

1.4 井口在多个靶点之间的井位部署

丛式井组布井数量往往在2口以上,对于 n 口井的丛式井施工,以井口为中心建立一个坐标系,将井分成4个部分,分别是第一象限井,第二象限井,第三象限井,第四象限井。各个象限之间的井钻井顺序不能相交,要对各个象限中井分别施工。在每个象限内,钻井顺序按照“井口坐标在靶点一侧”中的原则设计。在各象限之间,按照“井口坐标值在两个靶点坐标值之间”和“井口坐标在靶点一侧”中的原则施工(见图7)。

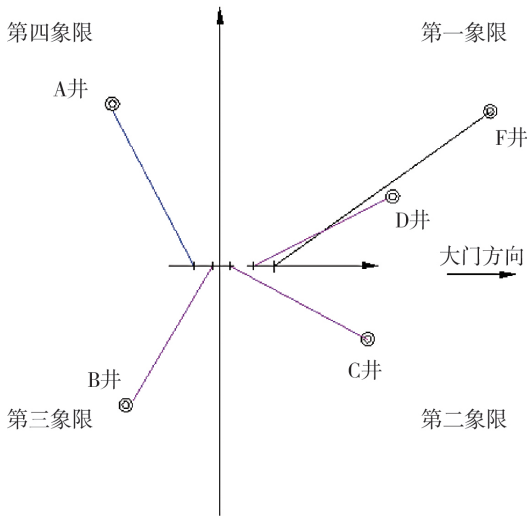


图7 多口丛式井施工设计

如果大门向东如图7所示,总的施工顺序要先施工西边的A和B,然后是东边的C,D,F。由于井架整拖方向是远离靶点,要先钻造斜点浅的,后钻造斜点深的。由于A的靶前距大于B,A的造斜点比B浅,因此要先对第四象限的A施工,然后是第三象限的B。对于井口东边的井,由于是整拖方向接近靶点,因此要先钻造斜点深的,后钻造斜点浅的。由于C井的靶前距比D和F相对较小,因此要先钻C井。又由于F的靶前距比D要大,其造斜点要浅于D。因此要先钻D井,而后钻F井。

2 实例应用

2.1 F断块

F断块是一个断背构造。预计布井f11-6,f11-1,f11-4。

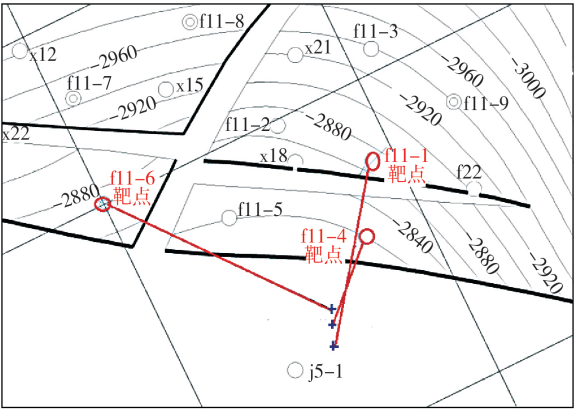


图8 F断块井位部署

勘察井位时,在该井组的南边选择一井口,大门方向选择向北。钻井顺序要求f11-1,f11-4,f11-6,此时由于靶前距由大到小,依次为f11-6,f11-1,f11-4。先钻井口东边的井,由于是接近f11-1和

f11-4的靶点,因此要求f11-1的造斜点要深于f11-4。然后再钻西边井f11-6,其造斜点要浅于f11-4。

2.2 B6断块

B6断块是由北东至北东东向的反向正断层切割形成的断鼻构造,井位密集程度高。B6-106,B6-107,B6-108,B6-109四口井使用一个井场进行丛式井施工(见图9)。

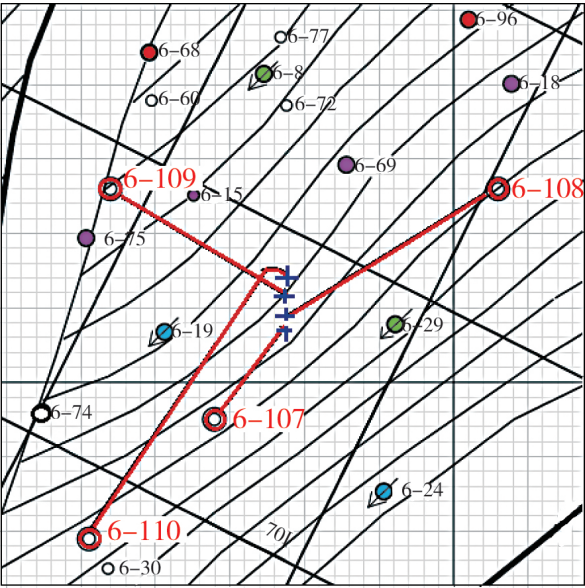


图9 B6断块井位部署

如图9所示,大门方向向北,在以井口为中心的坐标系中,先钻第三象限的B6-107和B6-110,由于B6-107的靶前距小于B6-110,井架整拖方向是远离该两口井,故先钻造斜点浅的B6-110,然后钻B6-107。之后是第二象限的B6-109,第一象限的B6-108,由于这两口井的靶前距和井深很接近,施工顺序无特别要求。故该井组最优化的顺序是: B6-110,B6-107,B6-109或B6-108。

由于地质要求钻井的顺序是B6-107、B6-108、B6-109、B6-110。先对第三象限的B6-107施工,之后是第一象限的B6-108,之后是第二象限的B6-109,最后又是第三象限的B6-110。由于不同象限之间的井出现交叉,导致B6-110必须要使用三维轨迹才可避开蹩腿,而三维井的设计使井身质量变差,增大了油井生产时杆管偏磨,同时也增加了施工难度,增加钻井成本。

3 结论

(1)当井口位置在靶点坐标一侧时,大门向着靶点方向,则先实施的井造斜点要深,后实施的井造斜点要浅;大门方向背着靶点方向,则先实施的

井造斜点要浅,后实施的井造斜点要深。

(2)当井口位置在靶点中间时,大门方向没有特定要求,只要轨迹不交叉,按顺序依次施工即可。

(3)对于井组中井数较多的丛式井组,要以井口为中心划分为4个象限,象限之间的井不能交叉,依次对每个象限中的井施工;在每个象限中,按照“井口位置在靶点坐标一侧”和“井口位置在靶点中间”中涉及的原则设计施工。

参考文献:

- [1] 高德利.大型丛式水平井工程与山区页岩气高效开发模式[J].天然气工业,2018,38(8):1-7.
- [2] JJ阿扎,G罗埃罗·萨莫埃尔.钻井工程技术[M].北京:石油工业出版社,2011.

- [3] 陈平.钻井与完井工程[M].北京:石油工业出版社,2005.
- [4] 胡中志,徐小峰,侯怡,等.基于概率分析的密集丛式井组造斜窗口确定方法[J].石油钻采工艺,2011,33(1):23-26.
- [5] 刘晓艳,施亚楠,李培丽.丛式井组总体防碰与钻井顺序优化技术及应用[J].石油钻采工艺,2012,34(2):9-12,16.
- [6] 许军富,徐文浩,耿应春.渤海人工岛大型丛式井组加密防碰优化设计技术[J].石油钻探技术,2018,46(2):24-29.
- [7] 闫铁,焦文夫,毕雪亮,等.基于蚁群算法的丛式井井口分配方法研究[J].断块油气田,2014,21(2):224-227.

(编辑 韩 枫)

(上接第60页)它可有效改善吸液剖面,增加中低渗层吸液量,使得各层驱替液流度差异减小,实现均衡驱替。

(2)高低黏段塞大小、注入速度、注入轮次是影响变黏度聚合物驱注入效果的关键因素。在6倍渗透率级差下,高低黏段塞大小比为0.3时,高低黏段塞恒速交替注入2轮次相比单一段塞提高采收率2.42%,高低黏段塞注入速度比为1:2时,高黏低速+低黏高速段塞注入相比单一段塞提高采收率4.84%。

(3)现场试验结果表明,变黏度聚合物驱技术是聚驱中后期提高聚驱效果的有效措施。

参考文献:

- [1] 周守为,韩明,向问陶,等.渤海油田聚合物驱提高采收率技术研究及应用[J].中国海上油气,2006,18(6):386-389,412.
- [2] 敖文君,阚亮,田津杰,等.渤海稠油油田聚合物驱阶段注采特征研究[J].陕西科技大学学报,2018,36(6):98-102.
- [3] 陈明贵,杨光,石鑫,等.渤海稠油油田早期注聚剖面

返转规律及控制方法研究[J].油田化学,2017,34(2):278-284.

- [4] 未志杰,康晓东,何春百,等.海上稠油聚合物驱交替注入参数优化研究[J].特种油气藏,2018,25(1):78-84.
- [5] 曹瑞波,王晓玲,韩培慧,等.聚合物驱多段塞交替注入方式及现场应用[J].油气地质与采收率,2012,19(3):71-73.
- [6] 涂广玉,魏青涛,陈艳秋,等.大庆油田S区块水驱后聚合物驱注入方式优化研究[J].当代化工,2018,47(2):236-239.
- [7] 曹瑞波,韩培慧,孙刚.变黏度聚合物段塞交替注入驱油效果评价[J].石油钻采工艺,2011,33(6):88-91.
- [8] 黄斌,宋考平,傅程,等.变黏度聚合物驱提高采收率方法[J].中外能源,2012,17(7):35-38.
- [9] 杨菲.聚合物驱多段塞交替注入效果[J].大庆石油地质与开发,2014,33(4):107-110.
- [10] 韩培慧,么世椿,李治平,等.聚合物与碱、表面活性剂交替注入物理模拟实验研究[J].大庆石油地质与开发,2006,25(1):95-97.

(编辑 谢 葵)