

海上密集丛式井组 再加密调整井网钻井技术探索与实践

姜伟

中国海洋石油总公司

姜伟.海上密集丛式井组再加密调整井网钻井技术探索与实践.天然气工业,2011,31(1):69-72.

摘要 总结了我国海洋石油总公司承担的国家科技重大专项示范工程中有关海上油气田整体调整加密技术研究和应用成效。该成果获得了以下3个方面的重大突破性进展:①首次在海上的油气田实施整体调整和加密井网的技术方案和实践,为海上油气田今后有效提高采收率和开发效果提供了成功的借鉴;②首次在海上的密集丛式井网中,再钻调整加密的第二套加密井网,在钻井技术上取得成功和突破,特别是在定向井井眼轨迹和防碰绕障等方面技术水平大大提高;③首次在高孔高渗低压的疏松砂岩油气藏中成功采用了一整套储层保护技术,并取得良好的生产效果。同时将该成果应用于海上油气田开采中后期提高采收率领域,大大提升了定向井技术的管理水平和钻井能力,在生产过程中全部达到和超过了原单井的产量。上述技术的成功应用,将极大推动我国海上油气田开发生产能力建设,提升了我国海上丛式井、定向井钻井技术水平,是为今后海上油气田提高开发速度和钻完井技术水平进行的一次成功尝试和探索。

关键词 海上油气田开发 丛式井组 再加密 调整井网 井眼轨迹 防碰绕障 储层保护

DOI:10.3787/j.issn.1000-0976.2011.01.015

“十一五”期间,我国海洋石油总公司开展了油气田高效开发加密调整钻井技术研究,并且将该项技术成功应用于海上油气田开发生产,取得了很好的效果。截至2010年6月底,已成功钻成19口调整加密井,并且取得了三大技术突破:①首次成功使用防碰绕障的定向井技术,安全、顺利地在渤海油气田钻出了第一批加密井;②首次在海上的油气田开发中成功应用油气藏综合调整和加密的技术,取得了很好的开发效果;③首次成功采用储层保护技术,在高孔高渗低压疏松砂岩油气藏中实施钻完井全过程的储层保护技术。该调整加密钻完井工程技术为渤海油气田开发生产提高采收率、完善注采井网、推动钻完井工程技术进步,都具有深刻的现实意义,也为今后海上油气田生产提供了成功的借鉴。

1 开发生产概况

BH36油气田经过10多年的开发^[1],已经形成了一套海上丛式井钻井技术体系^[2-3]且逐渐步入开发的

中后期,为有效提高剩余油气的动用程度,提高采收率,通过实施细致的油气藏工程分析,决定在原来350 m×350 m的开发井网中实施排状加密。井口间距2.0 m×2.0 m,每个钻井平台总井数为16口,控制含油气面积大约2 km²,该油气田垂深平均为1 600 m,平均井深在2 000 m左右。不难看出,在原井网中钻再加密井网进行调整是海上油气田开发所面临的新课题。该区的井身结构如图1所示,平台的基本数据如表1所示。

2 挑战和技术难点

1)新钻井眼与原井眼之间的防碰问题是第一个挑战;即在原本已十分密集的丛式井组中还要再度加密钻出加密井网,这两张网在空间不能碰撞,在定向井技术上是一个巨大的挑战!因为在海上的丛式井是以平台为中心点向四周发散的轨迹平台分布^[4],而加密井网就要在原来平台旁边30~40 m的位置再布置一个井口平台,另钻一组再加密的井网,同样是向周边发散,但又不能与原井网相碰撞。这在技术上和操作上

基金项目 国家重大科技专项“大型油气田及煤层气高效开发示范工程”子课题研究成果(编号:2008ZX05057)。

作者简介 姜伟,我国海洋石油总公司副总工程师兼中海油钻完井技术管理部总经理,本刊第六届编委会委员;1982年毕业于原西南石油学院钻井专业,长期从事钻井技术研究和管理工作,在国内外刊物上已发表论文近150篇。地址:(100010)北京市东城区朝阳门北大街25号。电话:(010)84522639。E-mail:jiangwei@cnooc.com.cn

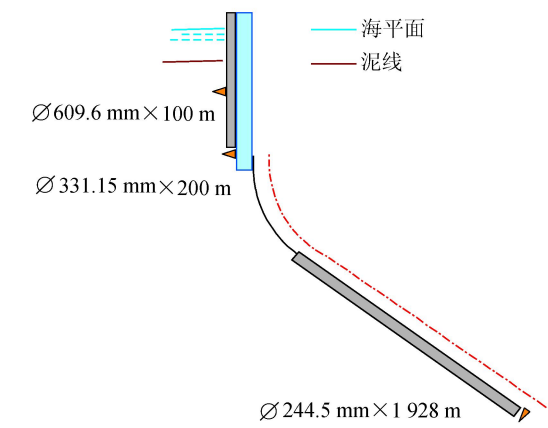


图 1 井身结构示意图

难度非常之大^[5-6],也是中海油在海上油气田首次实施这样的作业。

2)BH36 油气田的产层属于高孔高渗的疏松砂岩储层,加之开发 10 多年以后,地层孔隙压力系数下降到不足水柱压力。同时,由于储层胶结性差,全部需要固井完井,并且还要采用管内砾石充填完井方法,才能保证开发质量。因此,在钻井、固井和完井过程中,疏松砂岩的储层保护技术是一个很大的难题和挑战^[7-8]。如果储层保护不好,造成钻完井的伤害,就会大大影响调整效果,甚至影响到开发调整决策。

3)在海上作业成本高,井网密集、安全控制风险高的条件下,如何实施这套整体加密综合调整的技术方

表 1 钻井平台的基本数据表

井号	造斜点 1/ m	狗腿 1/ (°)·(30 m) ⁻¹	稳斜角/ (°)	方位/ (°)	造斜点 2/ m	狗腿 2/ (°)·(30 m) ⁻¹	井斜/ (°)	方位/ (°)	水平位移/ m
L1	314	3.0	28.0	210.5					209.0
L2	190	3.0	8.4	235.3			8.2	239.1	205.2
L3	185	3.0	33.9	313.3	1 400.0	3.0	34.2	328.5	912.2
L4	294	3.0	22.6	19.8	1 306.0	3.0	14.2	3.2	252.8
L5	180	3.0	34.0	111.8	1 365.0	3.0	41.8	113.4	864.6
L6	148	3.4	39.6	346.2	1 449.5	3.0	41.1	314.0	1 020.8
L7	256	4.0	27.1	36.4					622.2
L8	121	3.6	42.0	92.9					1 020.0
L9	160	3.0	36.6	258.5					858.0
L10	150	3.5	43.5	150.0	1 510.0	3.5	30.5	116.0	1 020.4
L11h	156	3.0	12.0	81.1	823.0	3.5	89.9	50.7	1 229.2
L12	252	3.5	54.0	357.0	1 652.2	3.0	51.8	346.2	1 430.9
L13	183	3.0	41.5	256.3	1 091.0	3.0	47.0	207.4	1 049.9
L14	210	3.0	26.6	242.6					663.2
L15	192	3.5	34.0	291.2					784.3
L16	200	3.5	42.2	302.9	1 423.0	3.0	47.2	320.3	1 196.7
L17	192	3.0	52.7	43.0	1 661.0	3.0	37.2	2.5	1 341.1
L18h	243	3.0	12.1	127.6	798.1	3.0	93.5	204.0	1 170.9
L19h	190	3.0	16.8	257.7	554.0	3.0	89.0	13.0	780.4
合计									16 632.0
平均	201	3.21	32.0	196.5	1 252.7	3.1	39.1	118.9	875.3

案,这在过去海上油气田开发中是不曾采用过的,缺少这方面可以直接借鉴的经验^[9-10]。这对我们来讲,在海上油气田开发模式上又是一个大挑战。

3 关键工程技术及其应用成果

3.1 密集丛式井组调整再加密井网的防碰分析技术

首先针对加密井平台(L 平台)周边已钻井的井眼轨迹情况进行分析。BH36 油气田中与 L 平台相关的有原来的 A、B 和 J 这 3 个井口平台,其中 B 平台与新

钻调整 L 平台、井口中心距仅为 45 m。因此要对相邻井和有可能干扰井的情况进行综合分析。

对有可能井眼要发生干扰的井,全部采用陀螺复测井眼轨迹,并且全部要进行井眼邻井程度分析和防碰扫描分析计算。通过对海上原平台上的已钻生产井的轨迹测量,了解和掌握了原井眼的准确位置,同时对于已钻井和待钻井的轨迹邻近程度进行了分析。通过防碰扫描分析,可以看出:对相邻的 B 平台而言,在 500~900 m 范围内井眼中心距在 18~20 m 不等,而

这一井段还是原平台在 200~550 m 造斜井段的井眼和方位变化最大的井段,要引起全面重视。图 2 是原 B 平台丛式井组与先加密密加 L 平台丛式井组示意图(两个平台中心距 45 m),图 3 则是两个平台水平投影示意图。

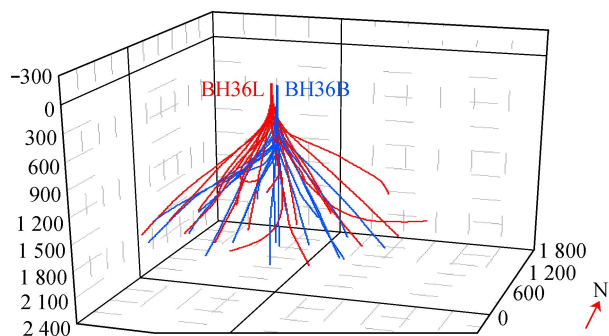


图 2 绕障防碰井眼的实钻轨迹示意图

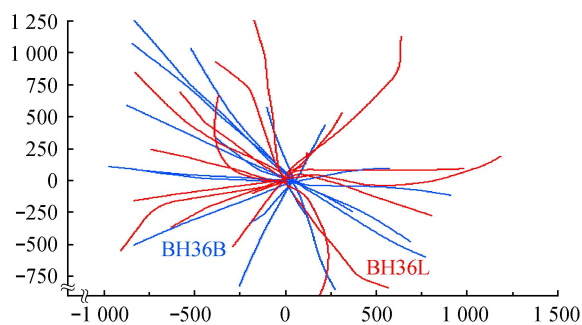


图 3 B、L 两个平台水平投影示意图

3.2 采用合理钻井工程技术措施,保证井眼轨迹安全

1)对于一般情况下的直井段,则尽可能注意在表层段把井打直。在这里采用的是 $\varnothing 444.5$ mm 井眼里的大直径钟摆钻具组合:

$\varnothing 444.5$ mm Bit+F/V+ $\varnothing 228.6$ mm NDC1+ $\varnothing 228.6$ mm DC+ $\varnothing 434.975$ mm STAB+ $\varnothing 203.2$ mm DC4+ $\varnothing 196.85$ mm F/J+JARS+ $\varnothing 149.225$ mm HWDP14+ $\varnothing 149.225$ mm DP

此时钻井参数选择为低压吊打,尽可能把井打直。通常情况下:WOB 介于 0.5~2 t,泵排量介于 2 200~3 000 L/min,转速为 60 r/min。

2)井距很密,就要考虑表层预斜的方案。因此,在表层就要开始造斜,确保后面钻井作业的安全,此时采用钻具组合一定要注意:①一定要使用牙轮钻头;②要采用弯接头马达和陀螺的组合;③要确保造斜率,使预造斜在浅层就要成功。所采用的钻具组合为:

$\varnothing 444.5$ mm Bit+ $\varnothing 244.5$ mm MUD MOTOR (AKO1.5°)+ $\varnothing 425.45$ mm STB+ $\varnothing 203.2$ mm F/V

+ $\varnothing 203.2$ mm NDC+ $\varnothing 203.2$ mm MWD+SNDC+ $\varnothing 196.85$ mm F/J+JARS+ $\varnothing 149.225$ mm HWDP14+ $\varnothing 149.225$ mm DP

钻井参数为:WOB 介于 1~5 t,泵排量介于 2 200~3 100 L/min,通常情况下表层预斜要求井眼轨迹的控制比较严格。同时由于上部地层疏松,造斜率较低,通常井斜达到 8°~10°即可以考虑下 $\varnothing 331.15$ mm 套管了。

3.3 密集丛式井组再加密井网安全钻井及井眼轨迹控制措施

1)精心的前期研究和防碰设计十分重要。由于海上油气田原本生产井所用丛式井组,井距就很密集,上部井段防碰的问题和矛盾十分突出。因此,对于防碰和绕障问题,要在项目前期工作中预先研究和落实。对于防碰绕障要从设计阶段开始,从绕障设计到钻井施工设计,从井眼轨迹优化到施工过程的落实,在防碰措施上要有保证。

2)在做绕障设计前,对老井要复测陀螺,并且要进行严格的待钻井眼和老井轨迹的防碰扫描分析,防碰扫描的点不能太少,至少要保持在 10 m/点左右。

3)钻井施工过程中防碰井段要加密测点,及时对此邻井距离根据 MWD 的 G Total、B Total 以及 Dip 的变化,及时掌握井下磁力场的变化,保证井眼安全。

4)对于采用陀螺定向的井,要采用牙轮钻头,测准井眼方位和工具的位置,注意保持较高的造斜率,及时将井眼按照安全的方向钻出去。

3.4 使用一套流变性能好、储层保护效果良好的水基钻完井液体系^[1],满足了开发的需求

1)首先针对储层的物性,开展了高孔高渗疏松砂岩储层污染的主要原因及影响因素的评价,通过在该地区的钻完井工作实践以及室内污染评价,并且从目前开发的实际情况获知该区的孔隙压力系数不到 0.7,另外同时还有高孔高渗的特点,极易在钻完井过程中受到污染和伤害。因此,堵塞孔喉成为污染和伤害最主要的影响因素。找到了关键因素,那么钻完井液在打开储层时的封堵,就成为了关键因素之一。同时,还要考虑到孔隙压力要低于钻完井液的液柱压力。因此还要有水压能力的封堵,才能用于现场实际作业。应用情况表明,在以往射孔开始至完井结束,完井液要漏失 600~800 m³/d·井,而现在正常情况下,仅仅漏失 300 m³/d·井左右,比原来减少 50%~60%。

2)钻井液同时也具备很好的流动性能和抑制性

能,在一般的定向井钻井工程中,屈服值 YP 一般维持在 $8\sim 10$ 。水平井如 L11h 井, YP 可达到 13 左右。同时 3 转/6 转的读数比值控制在 $4\sim 6$ 左右,水平井段控制在 $11\sim 13$,满足了井眼深化和携砂的要求。同时也大大提高了钻井效率。钻井速度最快的 L1 井,钻井周期仅 $3\sim 4$ d/井,取得了很好的效果。

3)同时,为了避免在固井过程中注水泥对储层造成的伤害和影响,在水泥中采取了纤维堵漏技术,使得每口井的固井水泥浆密度顺利达到 $1.90\text{ cm}^3/\text{g}$ 以上,对有效封固储层起到很好的作用。

由于综合采取了以上储层保护综合措施,L 平台的油气井投产以后,平均单井产量达到 ODP 钻后配产的 $1.3\sim 1.5$ 倍,这充分说明了储层保护技术在该油气田取得了好的效果。

4 结论和认识

1)针对目前我国海上油气开发的技术特点,对其关键技术开展了一系列的技术攻关,并且将攻关的研究成果迅速在工程实践中加以应用,取得了产、学、研、用的良好效果。

2)海上丛式生产井组的整体再加密钻井技术的关键技术之一在于对定向井井眼轨迹的控制,特别是对于上部井段的防碰和绕障,这是整体加密工程是否能够实现的关键和核心技术。通过技术研究,在研究区的调整加密钻井工程实践中逐步形成了一整套完善的防碰扫描、绕障防碰、钻完井储层保护技术系列,并且在工程实践中取得了很好的开发效果。

3)目前对井眼防碰虽然已经研究并开始应用防碰预警监测系统,但是应用的井数还不够多,还需要进一步扩大应用范围,完善技术性能以进一步提高其精度,增加实用性,更好地服务于现场实践。

4)在丛式井绕障和防碰工作中,最重要的是避开磁干扰准确定向,目前需要加强对陀螺定向工具的研究和应用。在干扰条件下连续测量出准确定向的方法,也是今后长期需要加强研究的目标。

5)尽管取得了上述成效,但还要加大研究力度,扩大实验和示范的规模,在井眼防碰、疏松砂岩保护以及精确定位井下工具等技术的研究和应用方面,还要进一步加大研究和应用的力度,并且在此基础上,尽快形成海上油气田高效开发钻完井技术体系。

6)从目前开发政策和技术上发展来看,今后在很多海上油气田都将要采用这种整体调整加密的方式,

提高采出程度,提高油气田开发效益。因此,需要继续攻关钻完井关键技术,进一步提高钻完井技术水平和对定向井、三维绕障井的设计和施工水平。

参 考 文 献

- [1] 姜伟.辽东湾绥中 36-1 油田实验区丛式井钻井技术回顾与展望[J].中国海上油气,1996,8(1):47-52.
- [2] JIANG Wei. The application of modern high quality and high speed drilling technology in SZ36-1 Oil Field development of phase II in Bohai [C]// paper SPE 64615-MS presented at the International Oil and Gas Conference and Exhibition, 7-10 November 2000, Beijing, China. New York: SPE, 2000. DOI:10.2118/64615-MS.
- [3] 姜伟.辽东湾 SZ36-1 油田高难度丛式钻井[J].天然气工业,1991,11(5):53-57.
- [4] JIANG Wei. Technique for close cluster well head concentrated high quality and high speed drilling and cementing surface interval in SZ36-1D of Liaodong Bay [C]// paper SPE 62776-MS presented at the IADC/SPE Asia Pacific Drilling Technology, 11-13 September 2000, Kuala Lumpur, Malaysia. New York: SPE, 2000.
- [5] JIANG Wei. Modern technique, complete sets, high quality and high speed drilling applied in Bohai [C]// paper 50881-MS presented at the SPE International Oil and Gas Conference and Exhibition, 2-6 November 1998, Beijing, China. New York: SPE, 1998.
- [6] 姜伟.渤海三维双靶高难度定向井钻井工艺[J].天然气工业,1998,18(3):48-51.
- [7] 姜伟.储层保护技术在渤海油田开发中的应用[J].中国海上油气:地质,2002,16(6):394-399.
- [8] 姜伟.渤海 QK17-2 油田大位移水平井完井液体系研究[J].中国海上油气:地质,2003,17(2):112-117.
- [9] JIANG Wei, ZHOU Shouwei, LIU Liangyue, et al. Application and prospective of sand management with multilateral wells by means of drilling and completion technology for EOR in Bohai bay [C]// paper 104431-MS presented at the International Oil & Gas Conference and Exhibition, 5-7 December 2006, Beijing, China. New York: SPE, 2006.
- [10] 姜伟.渤海绥中 36-1D 区丛式井密集井口优质快速集中钻固表层技术[J].中国海上油气,2001,13(6):24-26.
- [11] JIANG Wei, DENG Jianmin, Zhang Xiaocheng, et al. Pay zone protection during drilling in offshore oilfield producing with high porosity, high permeability and low pore pressure [C]// paper SPE 136733-MS presented at the International Oil and Gas Conference and Exhibition, 8-10 June 2010, Beijing, China. New York: SPE, 2010.