

丛式平台钻井技术在陕北油田开发中的应用

朱万存¹, 叶兰肃², 罗伟¹

(1. 河南省地矿局第四地质矿产调查院, 河南 商丘 476000; 2. 河北省地矿局探矿技术研究院, 河北 三河 065201)

摘要:介绍了丛式平台钻井及其技术经济优势,分析了其在陕北油田生产应用客观必要性,通过丛式井与单井施工统计数据对比分析,阐述取得的显著的规模钻井、资源环境、技术经济和社会效益,为同类油气田、页岩气、煤层气等大中型沉积矿床开发提供参考。

关键词:丛式平台钻井;陕北油田;定向钻井

中图分类号:TE243 **文献标识码:**B **文章编号:**1672-7428(2013)04-0031-05

Application of Cluster Platform Drilling Technology in the Development of Shanbei Oilfield/ZHU Wan-cun¹, YE Lan-su², LUO Wei¹ (1. The Fourth Institute of Geology and Mineral Investigation of Henan Provincial Bureau of Geo-exploration and Mineral Development, Shangqiu Henan 476000, China; 2. The Institute of Exploration Technology, Hebei Provincial Bureau of Geo-exploration and Mineral Development, Sanhe Hebei 065201, China)

Abstract: The paper introduces the cluster platform drilling and its technical and economic advantages, analyzes objective necessity of its application in Shanbei oilfield. By the comparative analysis on the statistics of cluster wells and single well construction, the significant results of scale drilling, resources and environment, economic and social benefits are expounded. It can be the reference to similar development of large and medium-sized sedimentary deposits of oil and gas fields, shale gas, coal seam methane.

Key words: cluster platform drilling; Shanbei oilfield; directional drilling

0 引言

丛式平台钻井是在一个油气井场平台上同时钻出若干口甚至上百口井,各井的井距一般在4~6m,而各井井底则伸向不同方位、不同深度,利用该种钻采系统进行油气矿藏开发。丛式平台钻井技术是针对区域地层岩性特征、地表地貌条件、目的层位赋存深度等具体情况,通过造斜段的选择确定、适宜的井底靶点工程网度、合理的井眼轨迹控制、适用的钻井工艺和优化的钻井液体系等成套钻井技术,在有限的地表空间完成地下多口井的施工任务。

1 丛式平台钻井技术的优越性

当今时代追求社会经济可持续发展的情况下,需要技术与资源环境协调配合,以最小的工业成本支出获取显著社会效益,采用先进的工艺技术已成为社会必然趋势。丛式平台钻井技术是目前大中型石油天然气沉积型矿种,以及煤层气、页岩气等新兴能源勘探开发的一种先进的生产技术方式,并具有明显的技术经济和规模生产优势:能够加快油气田勘探开发速度,节约钻前费用、钻井成本;提高原油产量和开发效益;节约土地占用面积,保护耕地和节

约资源;完井后便于油井集中管理,减少集输流程,节省人、财、物的投资等等。

2 丛式平台钻井技术的适用条件

2.1 油层含油特征基本具备

在全球石油资源紧张的情况下,为充分挖潜利用地下资源,服务于经济社会的高速发展的背景下,深度适宜的斑状含油地层特征即具有工业开采价值,采用单个直井施工显得成本偏高。

2.2 地表地貌特征复杂

区域地表地貌自然条件复杂,特别是在沟壑纵横、山峦交错地区,避开复杂地表地形条件的限制,节约场地平整费用,尽可能地减少植被破坏。

2.3 定向施工配套技术成熟

丛式井施工关键在于井眼轨迹防碰定向施工技术成熟,并合理组配钻井工艺技术,能够大力促进优质、高效、安全、快速钻井获得成功。

3 丛式钻井施工的必要性和可行性

除了区域油层含油特征以及地表地貌复杂条件的限制,需要采取丛式平台钻井施工方案之外,还有

收稿日期:2012-11-29; 修回日期:2013-03-25

作者简介:朱万存(1970-),男(汉族),河南西平人,河南省地矿局第四地质矿产调查院工程师,探矿工程专业,从事地质探矿技术工作,河南省商丘市凯旋南路2号,zhuwancun6666@126.com。

如下应用该项技术的必要性。

3.1 丛式平台钻井技术施工必要性

(1) 在已探明储量欠富、低渗透、特低渗油藏区域,在一个井场上布置多井眼施工,按照计划井眼网间密度(井底靶点水平位移),基本平行油层方向分布,能够增大油气开发有效渗流面积,减少油流阻力,聚集具有工业利用价值油气藏流,有效提高油气开发潜能。

(2) 丛式平台钻井可减少单井施工中重复性开山铺路、平整场地等艰巨复杂的钻前工程。在当前全国耕地不足的情况下,节约工业占地面积,节省耕地占用费、青苗赔偿费等钻前成本开支;在施工期能够较好地保护现有的资源环境,并降低平均钻井成本费用。同时,完井后还节省油气开发必要的水电、房屋建筑等基本建设投入。

(3) 丛式井出油投产后,便于油井现场作业管理。和单井相比,能够相对减少人员数量,充分发挥人的潜能和积极性、创造性,同时节约人力成本费用。

3.2 丛式平台钻井施工技术可行性

丛式平台钻井是在油气勘查的基础上所进行的开发性生产钻井,其前提是已经掌握详细的地层地质、油气圈闭资料,在已揭示地层含油规律的基础上开展的风险性较小的钻井作业。已掌握地层造斜规律,定向技术已经成熟地运用在钻井生产之中,造斜费用低廉。同时有与之配套的钻井液工艺技术,丛式油井进入水平段施工时,钻具不粘不卡,呈低摩擦、低密度、高粘度等特点,具有良好流变性且能有效携砂,采用无固相钻井液快速钻井,能够最大限度地保护油层,扩大单井产能,增加开发效益。

4 陕北油田自然特点及地层条件

陕北油田地处鄂尔多斯盆地一平缓的西倾单斜斜坡构造地带,区域沟谷纵横,山峦起伏交错,地表地势相对高差 50~250 m,为典型的黄土高原地貌。区内油气流蕴藏在侏罗系的延₇、延₈和三叠系的长₂、长₃、长₆等砂岩体内,含油级别属斑状—不均匀—均匀等级,油气藏深度分别在 820~930 和 1360~1680 m 之间。自上而下所遇到地层特征见表 1。

表 1 陕北油田区域地层特征

系	统	段	厚度/m	分段岩性地质特征
第四系 Q			0~280	上部黄土覆盖层,垂直裂隙发育,接触面含少量砾石
白垩系 K	志丹统	华池组	45~370	棕红色、红褐色泥岩,粉砂质砂质泥岩互层
		洛河组	95~350	棕红色细砂岩、地层完整稳定
侏罗系 J	中统	安定组	70~90	上部灰黄色泥灰岩,下部细砂岩夹泥岩、粉砂质泥岩
		直罗组	160~180	浅黄、深灰色泥岩、夹浅灰色粉砂岩,底部为灰黄色细砂岩
	下统	延安组	520~550	上部深灰色泥岩与浅灰色细砂岩呈等厚或不等厚互层或夹薄层,含少量膏质成分;下部为灰白色中细砂岩、含砾粗砂岩,其中延 ₇ 、延 ₈ 部分中细砂岩斑状含油
三叠系 T	上统	延长组	450~480	深灰色泥岩与浅灰色细砂岩略等厚或不等厚互层或夹薄层,下部为灰黑色页岩与深灰色泥岩互层,其中长 ₂ 、长 ₃ 、长 ₆ 大部分具斑状—均匀含油,是该区的目的层位

该区地层含油特征:油层地层压力系数较低,约在 0.9~1.0 之间。区域油气矿藏资源广泛、深度适宜,地层相对稳定。可采用无污染、低密度无固相钻井液体系充分保护油层以及国内外成熟的丛式井定向井施工技术,具备采取丛式平台钻井的客观条件。

5 丛式平台钻井技术在陕北油田的应用

5.1 井身结构及井身剖面

5.1.1 井身结构

陕北油田丛式定向井采用二开完井井身结构(一开 Ø311 mm,二开 Ø215.9 mm 至钻井结束),造斜段集中在地层完整的白垩系志丹统华池组、洛河组段,稳斜段选在侏罗系安定组以下井段,最后到靶点目标完钻。

5.1.2 井身剖面

该区丛式定向井采用的井身剖面类型为:“直—增—稳”三段制剖面,必要时采用“直—增—稳—降低”四段制剖面。

5.2 井眼轨迹控制技术

为防止丛式井临井之间井眼轨迹相碰,并在目标开采层位范围精确中靶,丛式井各定向井的直井段和造斜段钻井过程中,必需监测井眼轨迹具体数据,预测轨迹发展趋势,实时做防碰扫描计算,严防井眼之间相碰。

5.2.1 直井段

在白垩系直井段采用塔式刚性钻具组合防斜打直,加强井斜控制,确保井壁稳定。造斜前 200~300 m 井段,坚持每钻进 50~100 m 监测井斜及方

位。并根据监测结果及时调整钻具组合和钻进参数。

5.2.2 稳斜段

造斜段完成,轨迹达到设计要求,进入稳斜段,采用常规钻具带稳定器钻进。由于稳斜段长,为准确中靶,施工过程中每钻进40~50 m需监测井斜、方位一次,出现偏差,通过调整钻井参数、稳定器位置或钻具组合达到控制井眼轨迹目的,必要时加密(30 m左右)井身轨迹的监测。若在稳斜段钻进中方位漂移过大且无法满足轨迹控制要求,及时提钻换钻具组合,下入螺杆钻具和MWD仪器调整轨迹,在轨迹接近设计方位线时,利用复合钻进时方位的漂移规律进行微调,确保井眼轨迹圆滑,有利于井壁稳定和安全钻井。为了预防丛式定向井施工时钻具经常与井壁接触产生吸附性卡钻事故,稳斜钻具组合必要时加上随钻震击器。陕北油田丛式定向井稳斜段3种常用钻具组合如下:(1)增斜钻具组合,Ø215.9 mm钻头+430×4A0+Ø213 mm稳定器+单流阀+Ø159 mm无磁钻铤+螺杆钻具+Ø127 mm加重钻杆+Ø127 mm钻杆;(2)稳斜钻具组合,Ø215.9 mm钻头+430×4A0+单流阀+Ø213 mm稳定器+Ø159 mm无磁钻铤+Ø127 mm加重钻杆+随钻震击器+Ø127 mm钻杆;(3)降斜钻具组合,Ø215.9 mm钻头+430×4A0+单流阀+Ø159 mm短钻铤(1 m)+Ø213 mm稳定器+Ø159 mm无磁钻铤+Ø127 mm加重钻杆+随钻震击器+Ø127 mm钻杆。

6 施工难点及技术对策

6.1 施工难点

(1)陕北油田造斜井段以下地层岩性不均,有大段硬脆性泥岩、灰岩,易水化膨胀、裂解垮塌;稳斜层段砂、泥岩互层频繁,易造浆、泥包钻头;含油地层渗透性好,存在微裂缝,发生轻漏失。总之井眼安全稳定程度相对较差。

(2)直井段防斜与打快的矛盾,长稳斜段的轨迹控制精度要求高,轨迹控制难度大。由于受地面等条件限制,井场小,丛式井组井距小,防碰绕障难度大。

6.2 技术措施和对策

6.2.1 钻头优选

利用岩石可钻性、硬度和抗压强度等基础数据优选钻头,统计分析陕北油田的钻头使用情况,探索选择适合该区块的高效钻头。

该区定向井造斜施工多在白垩系洛河组砂岩地层稳定井段,选用J₁₁或SH₂₂R型镶齿密封滑动三牙轮钻头,该类型钻头牙齿呈勺形,保径效果好,轴承寿命长,适宜造斜及以上井段组织快速钻井,使用该种钻头平均机械钻速在30m/h左右。稳斜段集中在侏罗系、三叠系的安定、直罗、延安、延长4个组段,泥岩、砂岩频繁互层,局部含钙质灰岩、水敏性强的页岩和硬质泥岩层段。在该井段使用J₂₂或XHP₂系列三牙轮钻头,其自洁性能好,机械钻速高达15m/h左右。2007~2009年,我们在该区施工深度1600~1800 m之间的丛式定向井,二开以下井段采用2个该类型钻头就能够完成单井施工任务。

6.2.2 优化工艺

6.2.2.1 合理钻压是提高钻井速度的重要手段

依据钻具、钻头、地层可钻性和井眼状况等情况选择合适的钻压。上部直井段采用180~220 kN压力均匀送钻;造斜段采用40~60 kN小钻压钻进,且从造斜段整体上考虑控制每一单根钻进参数,并满足井眼轨迹控制要求。下部稳斜井段恢复正常压力参数,并随钻监测井斜变化曲率。

6.2.2.2 钻井液方面

- (1)大排量为造斜段螺杆钻具提供足够的动力;
- (2)提高粘度和切力,充分的携带岩屑;
- (3)合理的钻井液密度,平衡地层压力,同时降低失水,增加井壁稳定性;
- (4)加入足够的防塌剂、润滑剂预防阻卡。

施工中采用K-PAM—CMC—Ca-HPAN—K-HPAN—HPAN复合型无固相钻井液体系,该型钻井液能有效控制固相含量和API失水,抑制复杂地层,适合该区丛式井安全钻井工作要求。其中的聚丙烯酸钾(K-PAM)和水解聚丙烯腈钾盐粉末(K-HPAN)充分水解后,向地层提供钾离子,利用钾离子晶格嵌位作用,抑制泥岩的水化膨胀、剥落掉块趋势;高分子聚合物—水解型聚丙烯酰胺,包被、絮凝作用强,能有效地控制钻屑分散、抑制固含升高;Ca-HPAN及分解后的钾离子在局部钙灰质泥岩井段向地层提供K⁺、Ca²⁺离子,保持井眼—地层间矿化度平衡;体系中CMC的COOH⁻、OH⁻等亲水基团,束缚泥浆中的自由水,与Ca-HPAN、K-HPAN、HPAN结合后,形成中低分子链网结构,具提粘、降失水作用;加入磺化沥青、无荧光润滑剂(WIF),提高泥浆防塌润滑效果。具体配方如表2所示。

表2 K-PAM-CMC-Ca-HPAN-K-HPAN-HPAN 无固相泥浆体系各井段配方及性能

配 方	性 能				
	密度 /(g·mL ⁻¹)	粘度 /s	失水量/[mL· (30 min) ⁻¹]	pH 值	适用井段
100.00% H ₂ O	1.00	15			一开井段
0.5%~0.6% K-PAM + 1.5‰~2.0‰ CMC + 0.3‰~0.5‰ Ca-HPAN + 0.8‰~1.0‰ K-HPAN + 0.2%~0.3% HPAN + 0.1‰~0.2‰ 无荧光润滑剂	1.01~1.02	18~20	25~20	8.0~8.5	直井段或油层顶板以上
0.6%~0.8% K-PAM + 3.0‰~5.0‰ CMC + 0.1‰~1.5‰ Ca-HPAN + 1.5‰~2.0‰ K-HPAN + 0.5%~0.6% HPAN + 0.3‰~0.5‰ 无荧光润滑剂	1.03~1.04	20~22	18~15	8.0~8.5	斜井段或油层

7 丛式平台钻井技术应用效果

7.1 提高技术含量,增加经济效益

丛式平台钻井与定向技术相结合,优质钻井液工艺的成功运用,高技术含量、高附加值的钻井施工特点显现出综合技术经济优势。我们在陕北油田应用丛式平台钻井施工技术以来,不但缩短了施工周期,降低钻井成本,同时带来了显著的经济效益。

7.2 提高技术竞争力,赢得地质市场

采用丛式平台钻井能够在有限的时间内快打、多打优质高产井,同时,为建井单位批量投产、早日生产、提高产出油率创造条件,获得了良好的口碑,赢得了较高的市场占有率。

7.3 节约搬迁费用,提高设备利用水平

一个井场布置多个井眼,避免钻井设备频繁搬迁,既减轻劳动强度,又降低平均搬迁成本费用,提高设备利用率,缩短钻月时间,提高台月利用率,间接地增加了效益,同时还节约了其他钻井成本费用。同一个井场上旧泥浆经过絮凝沉淀处理后可重新利用,泥浆材料费用亦得到了相应比例的减少。

8 丛式平台钻井技术社会经济效益分析

8.1 技术经济效益分析

丛式平台钻井技术应用于陕北油田钻探生产施工以来,带来了巨额收入和明显的社会经济效益。

2009年陕北油田丛式钻井平台与单井施工代表性技术经济资料统计数据见表3。

表3 2009年陕北油田丛式钻井平台与单井施工代表性技术经济资料统计数据

井别	井深/m	泥浆费用/万元	单位泥浆成本/(元·m ⁻¹)	钻井材料成本/万元	单位材料成本/(元·m ⁻¹)	纯钻时间/h	机械钻速/(m·h ⁻¹)	台月数/台月	台月效率/m	井场占地面积/亩	搬迁费用/万元	修路长度/km
Y	1609.00	3.20	19.89	12.59	78.25	128.11	12.56	0.32	5028.13	3.85	6.50	3.2
Y-1	1620.00	3.02	18.64	13.12	80.99	132.83	12.20	0.35	4628.57			
Y-2	1615.00	2.85	17.65	13.28	82.23	135.73	11.90	0.37	4364.86			
Y-3	1640.00	2.63	16.04	13.65	83.23	137.22	11.95	0.38	4315.78			
D	1560.00	3.50	22.44	16.80	107.69	183.78	8.49	0.58	2689.66	3.23	6.00	2.5

ZJ20B(或F-3200)型配套钻井设备从事丛式平台井施工,一年可完成4个平台共18眼1620m深的油井。同类设备从事单井施工,最多可完成8眼1560m深的油井。丛式井单位钻井价格280元/m,单位平均材料钻井成本81.18元/m;单井施工单位价格330元/m,单位平均材料钻井成本107.69元/m。另外从事丛式井施工造斜费用3万元/井,

可节约泥浆费用0.2万元/井;搬迁费6.5万元/井,丛式井井眼移位费0.5万元/井,平均2.0万元/井;钻前开通道路、平整井场、土地有偿转让使用权、青苗赔偿等费用合计达15万余元,该项费用属于建设单位支付。

丛式钻井与单井施工2个代表年统计数据见表4。

表4 2009年丛式钻井与2006年单井施工对比

年 份	施工井数/口	全年累计进尺/m	全年纯钻时间/h	纯钻效率/(m·h ⁻¹)	年钻月数/钻月	钻月效率/m	完成收入/万元	成本支出/万元	年毛收益/万元	全年井场占地面积/亩	累计搬迁费用/万元	累计修路长度/km
2009	18	28976.1	2402.66	12.06	7.82	3705.38	811.33	246.15	565.18	15.9	26.0	12.5
2006	8	13352.5	1593.38	8.38	5.16	2587.69	440.63	144.21	296.42	24.6	45.3	19.7

从表4中对比分析得出:

(1)丛式井施工节约了搬迁时间,提高了台月

利用率,年钻月时间长,设备利用率高,为开展工厂式钻井施工提供了条件,同时减少搬迁次数,节省搬

迁费用,能够充分集约利用工业生产时间,最大程度地创造规模钻井效益。

(2)典型代表年丛式平台钻井与单井相比,相同钻井设备一年可比单井施工多10眼井,数量相当于单井施工的2.25倍。钻探工作量丛式井是单井施工的2.17倍,增加15623.6延米,增幅117%。纯钻时间得到充分利用,采用无固相钻井液技术,钻探效率亦得到大幅度提升,提高43.91%。

(3)虽然丛式井价格低于单井,由于丛式井钻井成本偏低,其单位边际收益略小于单井施工边际收益 $[(280-81.18) < (330-107.69)]$,从收入 $(811.33 > 440.63)$ 和毛收益 $(565.18 > 296.42)$ 两方面分析,丛式井明显高于单井施工,前者分别是后者的1.84倍和1.91倍,增幅分别为84.13%和90.67%。

(4)丛式井平均移位费用2.0万元/井,是单井施工搬迁费(6.0万元/井)的33.33%,加上丛式井施工的造斜费用3万元/井,仍然低于单井搬迁费 $(5.0 < 6.0)$ 。另外,每眼井还可节约泥浆费用0.3~0.9万元,平均节约0.6万元/井。

8.2 资源环境与社会效益分析

(1)减少耕地占用面积,节约土地资源,保护农业环境,促进经济社会可持续发展。

(2)旧泥浆的处理和重新利用避免对农业生态环境的污染。

(3)得到当地政府居民的支持,更好地促进当地经济建设的迅速发展。

(4)加强钻井现场管理,形成规模钻井条件,促进钻井作业工厂化。

9 结语

由于陕北油田油气资源丰富,地表地貌复杂,在丛式平台钻井技术成熟、可行的条件下,有必要应用该项技术。采用丛式平台井施工在产生良好的社会效益同时,还要创造出比单井施工高得多的经济效益,通过多方面的数据综合对比说明,丛式平台钻井适用于该区施工,是一项值得推广的、能产生规模效益的钻井技术。

参考文献:

- [1] 刘润波. 大庆油田薄油层水平井钻井技术[J]. 石油钻探技术, 2010, (6).
- [2] 赵盼, 杨义栋, 禄振芳. 陕北油田探采结合井施工技术[J]. 城市建设理论研究, 2011, (27).
- [3] 史凯娇, 徐同台. 钾无固相钻井液和完井液研究[J]. 石油钻探技术, 2011, (2).
- [4] 刘丽, 房会春, 顾辉亮. 地层压力保持水平对低渗透油藏渗透率的影响[J]. 石油钻探技术, 2011, (2).
- [5] 武恒志. 低渗油气田高效开发钻井技术研究与实践[J]. 石油钻探技术, 2012, (3).
- [6] 韩来聚, 牛洪波, 窦玉玲. 胜利低渗油田长水平段水平井钻井关键技术[J]. 石油钻探技术, 2012, (3).

第十七届全国探矿工程(岩土钻掘工程)学术交流年会征文通知

我国地质找矿突破战略行动已经进入关键年,为贯彻落实我国地质找矿新机制、实现地质找矿“358”宏伟目标。由中国地质学会探矿工程专业委员会主办、中国武警黄金部队总指挥部承办的“第十七届全国探矿工程(岩土钻掘工程)学术交流年会”,将于2013年10月中旬在江西南昌举行。会议的主题:紧密围绕整装勘查区和重要成矿区带的找矿突破,寻找更多的清洁能源,推广应用一批新技术装备和方法技术,研发创新深部找矿,快速勘查新理论、新技术、新方法和新仪器设备,提高我国地质调查和资源发现能力。

会议议题:

1. 深部岩心钻探技术
2. 钻探新设备、新仪器、新材料
3. 科学钻探技术
4. 页岩气勘探与开发技术
5. 煤层气勘探与开采技术
6. 工程勘察与基础工程施工技术
7. 非开挖施工技术
8. 地质灾害防治与地质环境治理技术
9. 地下水及地热资源勘探与开采技术
10. 工程管理与安全生产

会议主办单位:中国地质学会;中国地质学会探矿工程专业委员会

会议承办单位:中国武警黄金部队总指挥部

会议论文征集:论文题目可根据大会主题和议题自由选定。会议论文应是未经发表过的最新成果。学术委员会将组织专家对所提交的论文进行审查,通过审查的论文将以论文集形式正式出版。论文篇幅应控制在5000字以内,以电子文档(Word格式)提交至大会秘书处。

论文全文截止时间:2013年5月30日

论文请按时通过电子邮件同时提交到“zlx2096827@126.com”,并通过电话或短信通知联系人,以便确认是否传送成功。

会议联系人

会议秘书处:中国地质学会探矿工程专业委员会秘书处

联系人:张林霞

电话:0316-2096827(传真);13932678655

邮箱:zlx2096827@126.com

地址:河北省廊坊市金光道77号探工学会

邮编:065000