

金31-平2阶梯式水平井井眼轨迹控制技术

董广华

(胜利石油管理局钻井工艺研究院, 山东 东营 257017)

摘要: 阶梯式水平井是常规水平井发展的一个方向,它具有位移更大、控油面积更广的特点,和常规水平井相比,可以同时开采不同层位的油层等。从阶梯式水平井的轨迹控制技术难点入手,以金31-平2井为例,简要介绍了该井的地质设计、井身轨道设计方案,给出了在该井施工过程中各井段井眼轨迹控制思路、方法,通过分析主要工艺技术,阐明了阶梯水平井实施的重点和配套的技术措施。

关键词: 阶梯式水平井; 轨道设计; 轨迹控制; 钻具组合

中图分类号: TE243 文献标识码: A 文章编号: 1672-7428(2012)03-0030-04

Well Trajectory Control Techniques for the Staircase Horizontal Well Jin 31 - Ping 2/DONG Guang-hua (Institute of Drilling Technology, Shengli Petroleum Administration Bureau, Dongying Shandong 257017, China)

Abstract: Staircase horizontal well is one way of horizontal well development, it has longer section and more control area, and it also can simultaneously mine different oil layers. Starting from the difficulties in well trajectory control and taking the example of well Jin 31 - Ping 2, the paper introduced the geological design and well trajectory design schemes with the well trajectory control idea and methods. By the analysis on the key technology, the implementation focus and the supporting technical measures for staircase horizontal well were described.

Key words: staircase horizontal well; trajectory design; trajectory control; bottom hole assembly

1 概述

阶梯式水平井是常规水平井发展的一个方向,它具有位移更大、控油面积更广,和常规水平井相比,可以同时开采不同层位的油层的特点,同时可以节约投资、缩短工期、改善开发效果。胜利油田纯梁采油厂为了实现1口井同时开采金31-02断块东营组两个垂深相差11.5 m的小层,部署了阶梯式水平井金31-平2井。在井身轨道设计过程中,为了满足油藏、地质设计需求,又能实现设计轨道的实钻可行性,通过摩阻扭矩分析进行轨道优化,在地面条件允许的情况下适当增加靶前位移,在造斜段及两水平段间的调整段采用比较低的造斜率。在实钻过程中,根据该井技术难点制定了详细的减摩降阻、井眼轨迹控制技术措施。由于井身轨道设计合理,井眼轨迹控制方法得当,且采用了先进的MWD、LWD轨迹跟踪测量技术,全井完钻仅用时17天(比设计周期提前13天);电测结果显示在1113.0~1780.0 m井段钻遇3层163.2 m的油水同层,2层274.0 m的纯油层,达到良好的钻探效果,取得了很好的经济效益和社会效益。

2 技术难点

(1) 轨迹控制难度大。该区块已钻水平井不多,对地层造斜率情况不是很了解,不确定入靶前地层有无造斜率失常。尤其在LWD接近20 m测斜零长的情况下,使得井底预测更加困难,一旦地层造斜率发生异常,井底井斜、方位预测出现较大偏差,将会使井眼轨迹控制陷入被动,轻则牺牲几十米水平段,重则填井侧钻。

(2) 中靶难度大。普通水平井的矩形靶为2个,该井4个,且均要求靶半高上下0.5 m,靶半宽左右5 m;而且在现有LWD技术保障下,要求水平井地质中靶而不是数据中靶,即在实钻过程中并不严格按设计靶点垂深控制轨迹,而是结合地质人员在分析随钻测井数据(电阻率伽玛曲线)及砂样的前提下,实时调整靶点垂深,确保井身轨迹准确进入油层并在油层穿行。

(3) 大段裸眼井段。水平段又存在2个阶梯,将造成的钻具摩阻和扭矩急剧增大,使得水平段滑动钻进时钻压的传递困难,工具面难以控制,对井下安全提出了更高的要求。

收稿日期: 2011-12-30

作者简介: 董广华(1979-),男(汉族),山东梁山人,胜利石油管理局钻井工艺研究院工程师,石油工程专业,从事钻井工艺研究、定向井技术服务工作,山东省东营市北一路827号胜利钻井工艺研究院钻井所, dgh8323@163.com。

3 井身轨道设计方案

根据该井油藏、地质设计,为了同时开采东营组Ed3⁵(砂体顶面埋深1005~1009 m)和Ed3⁶(砂体顶面埋深约1020 m)2个小层,通过分析两个小层井控状况、储量动用情况、断层的位置、阶梯式双水平段水平井平面配置关系及控制程度,确定Ed3⁵小层A靶点距油层顶部1 m,B靶点距油层顶部4 m,水平段长度150 m;Ed3⁶小层水平井段距油层顶部1 m,长度250 m,两水平段延伸方向68.45°;阶梯段即

B靶点与C靶点间平面位移150 m,垂降11.50 m。

为了满足油藏、地质设计需求又能实现设计轨道的实钻可行性,通过摩阻扭矩分析进行轨道优化设计,最终设计轨道如下:轨道类型为直-增-稳-增-稳-增-平,设计井深1788.41 m,造斜段最大“狗腿”度20.62°/100 m,调整段降斜“狗腿”度11.59°/100 m,增斜“狗腿”度11.56°/100 m,全井最大水平位移910.30 m。基础数据如表1所示。

表1 金31-平2井井身轨道设计

井深/m	井斜/(°)	方位/(°)	垂深/m	水平位移/m	南北/m	东西/m	“狗腿”度/[(°)·(100 m) ⁻¹]	工具面/(°)	靶点
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
703.16	0.00	65.80	703.16	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
913.69	40.00	65.80	897.00	70.55	28.92	64.35	19.00	0.00	
923.69	40.00	65.80	904.66	76.98	31.56	70.21	0.00	0.00	
1147.15	84.69	65.80	1005.76	269.93	110.65	246.21	20.00	0.00	
1152.49	85.76	66.07	1006.21	275.26	112.82	251.07	20.62	14.00	
1178.49	85.76	67.37	1008.13	301.18	123.07	274.89	5.02	90.00	
1202.04	90.00	68.55	1009.00	324.70	131.90	296.70	18.68	15.58	A
1352.46	90.00	68.55	1009.00	475.01	186.90	436.70	0.00	0.00	B
1428.20	81.28	67.61	1014.75	550.44	215.06	506.69	11.59	5.61	
1502.90	89.89	68.45	1020.50	624.84	242.90	575.70	11.56	5.54	C
1753.41	89.89	68.45	1021.00	875.30	334.90	808.70	0.00	0.00	D
1788.41	89.89	68.45	1021.05	910.30	347.77	841.25	0.00	0.00	

4 钻井工艺

4.1 减摩降阻措施

阶梯式双水平段水平井钻井如何充分的估算和减少摩阻力是设计和施工中考虑的核心问题之一。在本井施工过程中,主要采取以下减摩降阻措施:

- (1)造斜井段全部采用柔性斜坡钻杆,降低钻柱与井眼间的摩阻力;
- (2)运用泥饼控制技术,使钻井液形成薄而韧的优质泥饼;
- (3)在钻井液形成优质泥饼的基础上进行适度混油并充分乳化,尽可能降低泥饼摩擦系数。

4.2 井眼轨迹控制技术

进行钻井参数、钻头优选并制定合理的轨迹控制措施,全井采用1.25°单弯,水平段对钻具进行倒装,定向钻进时,注意井眼修整和清岩;复合钻进时,注意扭矩的变化。钻进方式视不同的井段、轨迹控制的要求选择,尽量“少滑动多转动”,以保证在安全的情况下达到钻井的目的。在实钻过程中,认真分析已钻数据和地层信息,力求准确地预测出井底井斜方位,在靶点垂深已定的前提下采取较低的造斜率入靶,为最终井眼轨迹准确进入油层提供保证。

5 施工简况

5.1 直井段

一开直井段采用塔式钻具防斜,取得了良好的效果。一开井深402 m,井底井斜0.80°;二开出水泥塞吊打150 m后正常钻进,离造斜点20 m(井深690 m)循环起钻,井底井斜1.10°,闭合距0.32 m,闭合方位144.60°,为后面造斜段和水平段施工打下了良好的基础。

5.2 斜井段

5.2.1 造斜段施工

造斜段最初下入常规定向钻具。由于直井段井底方位比设计方位小,在钻进过程中,先把磁性工具面摆在了略大于设计方位的位置,当测出井斜大于3°后,再用重力高边工具面增斜。实钻过程中,坚持每单根测斜,并认真计算每一组测斜数据,与设计轨道比较,判断井底井斜是超前还是滞后,本着井斜超前位移滞后的原则(实际造斜率也一定要满足后面井段的要求),决定下一步定向钻进或复合钻进。由于实际造斜点比设计造斜点略微提高(691.54 m),1.25°单弯连续定向造斜率(28°/100 m左右)也比设计造斜率高,为使实钻井眼曲线尽量逼近设

计曲线,需要定向钻进和复合钻进不断的交替进行,这样不仅加快了钻进速度,又适当调整了造斜率,使井身轨迹更加圆滑,减少了钻具摩阻,增加了井下安全。这样,通过对井身轨迹的实时控制调整,以保证在靶点垂深确定的前提下实现矢量中靶。钻进至井深 874.60 m,根据地质设计要求,起钻换 LWD。

5.2.1.1 钻具组合

$\varnothing 241.3$ mm HAT127Bit $\times 0.3$ m + $\varnothing 197$ mm PDM $\times 1.5^\circ \times 6.58$ m + $\varnothing 203$ mm (631 $\times$ 410) $\times 0.37$ m + $\varnothing 127$ mm NMDP $\times 8.80$ m + $\varnothing 177.8$ mm MWD $\times 1.46$ m + $\varnothing 127$ mm HWDP $\times 278.60$ m + $\varnothing 127$ mm XPDP。

5.2.1.2 钻井参数

排量:26 ~ 28 L/s; 钻压:60 ~ 100 kN; 泵压:9.0 ~ 10.0 MPa。

5.2.1.3 效果分析

造斜井段采用柔性钻具组合,下入 1.25° 单弯,根据实钻造斜率的高低及井眼轨迹控制的要求决定滑动钻进或复合钻进。

钻进井段:690.00 ~ 874.60 m; 井斜变化: 1.10° ~ 30.00° ; 方位变化: 50.00° ~ 65.50° ; 全角变化率: $15.82^\circ/100$ m。

下入 LWD 后继续造斜段钻进。水平段入靶前,通过分析电阻率伽玛曲线和捞砂情况,确定该井实际油层垂深和第一水平段设计垂深之间没有误差,决定按原设计执行,不再调整 A、B 靶点垂深。钻进至井深 1205.46 m,钻遇 A 点,开始第一水平段钻进。

5.2.2 第一水平段施工

在第一水平段施工中,根据电阻率伽玛曲线、钻时变化及捞砂情况实时控制井眼轨迹,保证井眼轨迹的控制精度,以求水平段最多的在油层中穿行。例如:发现电阻率曲线或伽玛曲线有变化(电阻率值变小或伽玛值变大)并钻时变慢,说明储层物性变差或轨迹靠近油层上下边缘,这样就要结合捞砂情况和井底井身轨迹参数判断油层和轨迹的相对位置,及时对轨迹进行调整,避免水平段脱靶。钻进至井深 1297.99 m,井下单弯到使用寿命,钻时变慢,起钻换单弯和钻头。

5.2.2.1 钻具组合

$\varnothing 241.3$ mm HAT127Bit $\times 0.3$ m + $\varnothing 197$ mm PDM $\times 1.5^\circ \times 6.58$ m + $\varnothing 177.8$ mm (631 $\times$ 410) $\times 0.37$ m + $\varnothing 177.8$ mm TRIM $\times 6.36$ m + $\varnothing 127$ mm NMDP $\times 8.80$ m + $\varnothing 177.8$ mm MWD $\times 1.51$ m + $\varnothing 127$ mm XPDP $\times 363.49$ m + $\varnothing 127$ mm HWDP $\times$

278.60 m + $\varnothing 127$ mm XPDP。

5.2.2.2 钻井参数

排量:26 ~ 28 L/s; 钻压:60 ~ 100 kN; 泵压:9.5 ~ 10.5 MPa。

5.2.2.3 效果分析

倒装钻具 13 柱,优选钻井参数,水平段坚持小调、勤调、少滑动、多转动的原则,改善钻具摩阻和钻井液的携岩能力。

钻进井段:874.60 ~ 1297.99 m; 井斜变化: 30.00° ~ 88.10° ; 方位变化: 65.50° ~ 69.20° ; 全角变化率: $13.74^\circ/100$ m。

更换单弯和钻头后继续第一水平段钻进,钻进至井深 1355.93 m,钻达 B 点,开始调整段和第二水平段钻进。

5.2.3 调整段及第二水平段施工

调整段施工时,由于前面复合钻进稳斜或井斜微降,为了减少调整段滑动钻进工作量并使井眼轨迹更圆滑,从井深 1365.47 m 开始降斜滑动钻进一个单根后复合钻进至井深 1423.53 m,再降斜滑动钻进一个单根后开始复合钻进并为 C 点着陆做准备。复合钻进至井深 1481.02 m,开始向上调整井斜,由于入靶前钻时、地层电阻和伽玛值均没有变化,分析油层有可能下移,所以把井斜预留在 88° 左右,井深 1509.67 m 时预计井底井斜 88.3° 、方位 69° ,已实现 C 靶数据中靶,但钻时还是不快,电阻和伽玛值也没有变化,确定油层下移,决定稳斜钻进找油层,发现油层后再把井斜增至 90° 水平钻进,原设计 C、D 靶不再考核。钻进至井深 1570.00 m,钻时变快,电阻率和伽玛曲线也发生变化,从钻时、电阻和伽玛值及砂样分析确认已进入油层,下一步全力增斜开始第二水平段钻进。C 靶斜深定在 1570.00 m,再钻进 250 m 水平段及 35 m 口袋完钻,D 靶垂深定在 1032.00 m,CD 靶框数据按原设计执行。钻进至井深 1790.00 m,钻时变慢,电阻率和伽玛曲线也跟着变化,此时水平位移已达 908.30 m,分析有可能钻穿油层,进入泥岩,遂向甲方请示后复合钻进至 1806.00 m 完钻,D 靶斜深定在 1770.00 m。

5.2.3.1 钻具组合

$\varnothing 241.3$ mm HAT127Bit $\times 0.3$ m + $\varnothing 197$ mm PDM $\times 1.5^\circ \times 6.75$ m + $\varnothing 177.8$ mm (631 $\times$ 410) $\times 0.37$ m + $\varnothing 177.8$ mm TRIM $\times 6.36$ m + $\varnothing 127$ mm NMDP $\times 8.80$ m + $\varnothing 177.8$ mm MWD $\times 1.51$ m + $\varnothing 127$ mm XPDP $\times 720.69$ m + $\varnothing 127$ mm HWDP $\times 278.60$ m + $\varnothing 127$ mm XPDP。

5.2.3.2 钻井参数

排量:26 ~ 28 L/s; 钻压:60 ~ 100 kN; 泵压:10.0 ~ 11.0 MPa。

5.2.3.3 效果分析

倒装钻具25柱,优选钻井参数,水平段坚持小调、勤调、少滑动、多转动的原则,改善钻具摩阻和钻井液的携岩能力。

钻进井段:1297.99 ~ 1806.00 m;井斜变化:88.10° ~ 89.80°;方位变化:69.20° ~ 69.80°;全角变化率:0.35°/100 m。

5.2.4 小结

在本井施工过程中,由于井身轨道设计合理、控制方法得当,仅用时3天就完成了两水平段及调整段的施工,虽然存在2个阶梯,但井身轨迹圆滑,不仅安全、快速的完钻,而且电测、下套管一次成功,为井队节约了大量的时间,靶点实钻数据见表2。

表2 金31-平2井水平段中靶情况

靶点	井深	井斜角	方位角	垂深	南北	东西	闭合距	闭合方位
参数	/m	/(°)	/(°)	/m	/m	/m	/m	位/(°)
A	1205.46	86.17	68.03	1014.01	130.60	297.21	324.64	66.28
B	1355.93	90.11	67.56	1014.20	185.81	437.13	474.98	66.97
C	1570.00	84.77	68.58	1030.03	263.76	635.39	687.96	67.46
D	1770.00	88.70	69.83	1031.27	337.58	821.19	887.87	67.65

6 结论

(1)井身轨道设计中,在满足油藏、地质设计要求的前提下通过摩阻扭矩分析进行轨道优化是本井安全、顺利施工的前提。

(2)施工中,应结合已钻井眼各参数情况对钻具的造斜性能进行及时对比分析以便较准确预测井底井眼数据,尽量减少施工作业中的判断失误和重复作业。

(3)单弯马达的造斜率随钻压的增大及井斜的变大而有所增大,但这种变化是有限度的,不会超过由单弯马达本身结构所决定的最大造斜能力范围,其造斜率是相对稳定的;LWD可以对岩性变化能有效识别,但提前预测井段有限(电阻率径向50 cm,伽玛径向30 cm),而且测量点距钻头都在10 m以上,所以判断地层变化还要结合钻时、返砂及邻井情况。

(4)钻井参数、钻头优选及合理的轨迹控制措施是大位移阶梯水平井施工中的重要技术环节,这既保证了轨迹圆滑,减少了摩阻,又能高效安全的钻完全井,节省钻井成本。

参考文献:

- [1] 闫铁,刘维凯,邹野,等.阶梯水平井轨迹优化设计[J].石油钻采工艺,2007,29(3):8-10.
- [2] 刘希东,贺昌华,王胜雷.FEWD在阶梯式水平井钻井中的应用[J].石油钻探技术,2002,30(4):18-21.
- [3] 范兆祥,刘会斌.中5-平615阶梯式调整水平井钻井技术[J].断块油气田,2004,11(1):62-65.
- [4] 张书瑞,申胡成,杨春和,等.南246-平309阶梯水平井井眼轨迹控制技术[J].石油钻采工艺,2007,29(4):13-15.
- [5] 吕广元,王炳红,张文学,等.H4三维绕障阶梯式水平井钻井技术[J].石油钻探技术,2001,29(3):25-27.
- [6] 郭建国,乔晶,朱静.杜84-馆平12S型三靶点水平井井眼轨迹控制[J].石油钻采工艺,2005,27(5):8-10.
- [7] 范志国,木哈塔尔,贾永红,等.多靶浅层水平井轨迹控制及尾管柱下入技术[J].石油钻采工艺,2009,31(2):32-34.
- [8] 刘晖.梁9-平1水平井井眼轨迹控制技术[J].石油钻采工艺,2005,27(4):25-28.
- [9] 石崇东.庄平6井井眼轨迹控制技术[J].内蒙古石油化工,2008,34(2):121-122.
- [10] 李文飞,周延军,陶林,等.煤层气鱼骨状分支水平井轨道优化设计方法研究[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2011,38(4):1-5.
- [11] 刘志强,胡汉月,史兵言,等.煤层气多分支水平井技术探讨[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2011,38(6):6-9.

“十二五”我国地热能市场规模将达700亿元

《中国矿业报》消息(2012-03-15) 随着节能减排力度的加大,作为一种重要的清洁能源,地热能的应用越来越受到重视。记者日前从科技部获悉,科技部已编制完成《中国地热能利用技术及应用》宣传手册。科技部表示,未来地源热泵产业空间巨大,目前销售额已经超过80亿元,并以每年20%以上的速度在增长。

科技部预计,“十二五”期间,我国将完成地源热泵供暖(制冷)面积3.5亿m²左右,届时整个地热能开发利用的总市场规模至少在700亿元左右。

为加快地热能利用技术推广转化,推动新能源开发利用,2011年4月~2012年3月,科技部会同重庆市科委共同组织开展了全国范围地热能利用技术及应用情况的调研工作,编

制完成了《中国地热能利用技术及应用》宣传手册。

科技部在宣传手册中表示,中国地域辽阔,浅层低温能可利用量巨大,而“十二五”规划中明确提出,非化石能源在未来能源结构中占15%以上。因此,可以预见,随着地热能利用技术的快速进步,地热能利用在我国未来能源利用中必将占有更为重要的地位。

地源热泵是一种利用地球表面浅层水源(地下水、海水、河水 and 湖水等)或地下土壤热源的低品位热源,通过热泵、制冷循环,制取冷量供夏天空调使用、制取热量供冬天取暖使用。

业内人士表示,地源热泵制热要比常规的电制热或燃油、燃气制热经济,通常制取相同的热量,地源热泵的耗电量只有电热耗电量的1/4到1/5。因此,地源热泵市场广阔。