

宁东 3 - 侧 1 井套管开窗侧钻定向工艺技术

李广江

(中石化华北石油局五普钻井公司, 河南 新乡 453700)

摘 要:随着油田勘探开发的进一步深入, 报废井、停产井越来越多, 套管开窗侧钻技术是挖掘老区潜力, 实现油田二、三次采油的有效方法。使用该技术对有价值的报废井、停产井进行开窗侧钻, 不仅能充分利用老井筒, 降低钻井成本、提高经济效益, 而且能有效完善开发井网, 提高增产效果。介绍了宁东油田第一口 $\varnothing 139.7$ mm 套管开窗侧钻水平井的开窗、定向施工情况, 为今后在宁东油田实施此类定向井、水平井打下了一定的基础。

关键词:水平井; 套管开窗侧钻; 小井眼; 斜向器; 轨迹控制

中图分类号: TE243 **文献标识码:** A **文章编号:** 1672 - 7428(2012)01 - 0029 - 04

Casing Cutting Window Sidetracking Drilling Technology in Well Ce - 1 of East Ningxia/LI Guang-jiang (Wupu Drilling Company of North China Petroleum Bureau, SINOPEC, Xinxian Henan 453700, China)

Abstract: With the further development of oilfield exploration, there are more and more abandoned wells and shutdown wells. Casing cutting window sidetracking drilling technology is an effective way to realize tertiary and secondary oil recovery, by which old wells can be made full use and drilling cost can be reduced to improve economic benefit and can effectively perfected the development of well pattern. The paper introduced window cutting and the directional construction of a $\varnothing 139.7$ mm casing cutting window sidetracking drilling for a horizontal well.

Key words: horizontal well; casing cutting window sidetracking drilling; small hole; whipstock; trajectory control

宁东 3 - 侧 1 井是宁东油田布置的第一口 $\varnothing 139.7$ mm 套管开窗侧钻水平井, 目的是开发延安组延₈油藏。在施工中合理选用 DXQ114F $\times$ 230 型斜向器, 配合使用电子陀螺一次坐封成功, 优选碎硬质合金作为主切削刃的 $\varnothing 118$ mm 铣锥开窗侧钻一次成功。使用无线随钻测斜仪及时准确地掌握了井眼轨迹的变化, 配合使用不同规格小井眼单弯螺杆确保侧钻井眼轨迹的控制, 提高了井眼剖面符合率和中靶精度。该井的实施为以后在该工区小井眼的开发和应用提供了依据。

1 钻井设计概况

宁东 3 - 侧 1 井位于鄂尔多斯盆地西缘马家滩断褶带黑山墩东构造, 是利用原宁东 3 - 8 井上部井眼进行套管开窗侧钻, 利用水平井技术开发延安组延₈油层剩余油藏。根据原井实钻地质资料, 该井设计方位 261.39° , A 点垂深 2138.99 m, A 点位移 225.00 m, B 点垂深 2138.99 m, B 点位移 325.00 m, 靶半高均为 1.00 m, 靶半宽均为 10.00 m。

1.1 开窗点选择

开窗点应尽量选择地层稳定、水泥封固质量好的井段, 同时要避开套管接箍和扶正器。根据原井

实钻地质资料、套管数据及固井质量曲线, 结合该井轨迹设计, 选择在 1907 ~ 1910 m 进行开窗侧钻。

1.2 开窗设计

(1) 原宁东 3 - 8 井为直井, $\varnothing 139.7$ mm 套管 (钢级 J55、壁厚 7.72 mm) 下深 2260.59 m, 开窗点处井斜 0.44° , 方位 256° 。

(2) 选用 DXQ114F $\times$ 230 型液压卡瓦式斜向器、 $\varnothing 118$ mm 复式铣锥进行开窗。

1.3 轨道设计

根据原井电测连斜数据, 采用三维轨道设计技术进行轨迹设计。设计参数见表 1。

1.4 井身结构设计

由于受原井套管尺寸的限制, 该井开窗点以下井眼尺寸为 $\varnothing 118$ mm, 完井管柱尺寸 $\varnothing 95$ mm, $\varnothing 139.7$ mm 液压悬挂器尾管悬挂固井。参见表 2、图 1。

2 施工技术难点

(1) 该井开窗点以上套管内径 124.26 mm, 开窗点以下井眼尺寸为 $\varnothing 118$ mm, 侧钻井眼为小井眼, 相对于常规井眼, 钻井有一定的难度。

(2) 由于首次在该工区施工小井眼水平井, 小

收稿日期: 2011 - 07 - 01; 修回日期: 2011 - 11 - 18

作者简介: 李广江 (1968 -), 男 (汉族), 辽宁新民人, 中石化华北石油局五普钻井公司供应科主任、工程师, 钻井工程专业, 从事钻井工程技术研究工作, 河南省新乡市洪门。

表 1 宁东 3-侧 1 井轨迹设计数据

井深 /m	井斜角 /(°)	井斜方位角 /(°)	闭合方位角 /(°)	垂深 /m	水平位移 /m	南北 /m	东西 /m	造斜率 /[(°)·(30 m) ⁻¹]	靶点
1917.00	0.25	255.98	194.71	1916.67	19.06	-18.44	-4.84	0.15	
2031.32	28.82	272.57	242.56	2026.19	37.41	-17.24	-33.20	7.50	
2031.53	28.82	272.57	242.64	2026.37	37.49	-17.23	-33.30	0.00	
2263.20	90.00	261.38	261.37	2138.99	224.82	-33.73	-222.28	8.00	A
2363.15	90.00	261.46	261.39	2138.99	324.78	-48.60	-321.12	0.00	B

表 2 宁东 3-侧 1 井井身结构

开数	井眼直径 /mm	井深 /m	套管直径 /mm	下深 /m	水泥返高 /m
侧钻	118	2363.15	95	2361.15	窗口以上 100

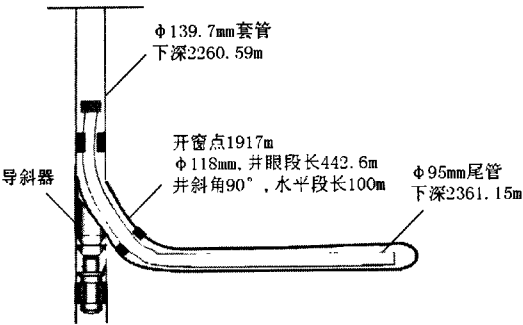


图 1 宁东 3-侧 1 井井身结构示意图

尺寸螺杆钻具的增斜率不好掌握。

(3)小井眼钻井由于钻具尺寸小,钻具受力后力学变化机理相对于大尺寸钻具有一定的差别,从而导致滑动钻进时托压严重,钻井参数选择困难,轨迹控制难度增大。

(4)根据老井实钻地质资料,从侧钻点至 A 靶点地层共发育 10 套煤层,最厚煤层达 6.2 m,确保煤层稳定不坍塌是实现顺利钻井的关键。

(5)在水平井轨迹控制中,方位控制是轨迹控制的重点之一。在套管开窗初始井段,由于新井眼距老井距离近,老井套管对 MWD 方位测量存在磁干扰,实测井眼方位失真,由此可能导致新井眼与老井眼相撞或增加轨迹控制无效井段,从而增加轨迹控制的难度。

3 现场施工情况简述

3.1 井眼准备

采用注水泥塞的办法对 1930.00 m 以深井段进行封固,并对上部套管进行试压,压力增至 25 MPa,稳压 3 min,无压降。

下入 GX-T140 型刮管器、Ø118 mm 通径规对 1930.00 m 以深套管进行刮管通径,并在 1900.00 ~ 1915.00 m 井段反复刮削,保证套管内壁光滑,以有利于斜向器顺利坐封。

利用电子陀螺测斜仪对 1920.00 m 以深井段进行轨迹参数复测,每 30 m 取一测点。经计算,1917.00 m 井深处井斜 0.46°,方位 253.01°,横坐标 -8.77 m,纵坐标 -31.14 m,垂深 1916.11 m,位移 32.35 m,闭合方位 195.73°。根据电子陀螺测量数据,对原设计轨迹进行设计修正,见表 3。

表 3 宁东 3-侧 1 井修正轨迹设计数据

井深 /m	井斜角 /(°)	方位角 /(°)	闭合方位角 /(°)	垂深 /m	水平位移 /m	南北 /m	东西 /m	造斜率 /[(°)·(30 m) ⁻¹]	靶点
1917.00	0.46	253.01	195.73	1916.11	32.35	-31.14	-8.77		
1947.00	8.00	285.00	199.59	1946.01	32.52	-30.63	-10.90	7.61	
1977.00	15.70	280.00	209.94	1975.35	33.91	-29.39	-16.93	7.76	
2067.00	38.80	280.00	248.73	2054.82	61.42	-22.28	-57.24	7.70	
2097.00	46.40	275.00	255.71	2076.89	79.82	-19.70	-77.35	8.31	
2127.00	54.00	270.00	259.42	2090.69	102.08	-18.75	-100.35	8.51	
2150.32	57.89	263.43	260.56	2109.15	121.25	-19.88	-119.61	8.60	
2259.60	90.00	261.39	261.39	2138.99	224.87	-33.72	-222.33	8.83	A
2359.60	90.00	261.39	261.39	2138.99	324.87	-48.60	-321.20	0.00	B

3.2 斜向器坐封作业

(1)下斜向器钻具组合:DXQ114F×210 型斜向器+定向直接头+Ø73 mm 钻杆。

(2)下钻到井深 1907.00 m,开泵反循环洗井至

少一周,记下停泵后悬重及上下活动钻具的摩阻。
(3)根据开窗点上部实测轨迹数据及轨迹设计,使用电子陀螺测斜仪将斜向器斜面方位摆放至 280°,反复上下活动钻具,释放钻具扭矩,以确保斜

面方位定向准确。

(4)投球接方钻杆,用清水憋压坐封,憋压达到21 MPa,稳压3 min,反复3次。释放压力后,正转30圈倒扣,倒扣完下放钻具加压20~30 kN,确认斜向器是否坐牢。

3.3 套管开窗侧钻

(1)磨铣钻具组合:Ø118 mm 复式铣锥+211×2A10接头+Ø89 mm 钻铤×4根+2A11×210接头+Ø89 mm 加重钻杆×8根+Ø73 mm 钻杆若干。

(2)磨铣参数:钻压0~30 kN,转速40~50 r/min,排量8~10 L/s。

(3)在磨铣过程中,通过观察返出铁屑的形状和尺寸,及时调整磨铣参数;磨铣至井深1909.80 m时,水泥、岩屑含量已达到90%以上,判断铣锥已铣穿套管完全进入地层;反复划眼修整窗口,直到钻具通过窗口时无挂卡后,开窗工作基本完成。

3.4 定向轨迹控制技术

3.4.1 试钻段

试钻钻具组合:Ø118 mm 牙轮钻头+双母接头+Ø117 mm 扶正器+Ø73 mm 加重钻杆150 m+Ø73 mm 钻杆。

钻井参数:钻压0~30 kN,排量8~15 L/s,泵压8~15 MPa,转盘转速40~50 r/min。

采用增斜钻具组合达到增斜目的,以确保新井眼尽早脱离老井眼达1.00 m以上距离,避免老井套管对无线随钻测量仪器造成磁干扰。试钻至井深1930.00 m,预测井底井斜增至6.00°左右,新老井眼距离已大于1.00 m,新井眼已避开老井眼,基本上达到了避免老井套管磁干扰的目的。

3.4.2 增斜段

由于初次在该工区施工小井眼水平井,螺杆钻具的增斜率没有实钻资料参考,为了防止增斜率达不到设计要求给下部轨迹控制带来难度,第一趟增斜钻具选用1.75°单弯螺杆。

钻具组合:Ø118 mm 钻头+Ø95 mm 1.75°(或1.5°)单扶螺杆+MWD 循环短节+无磁承压钻杆(托盘)+无磁承压钻杆+Ø73 mm 钻杆16根+Ø73 mm 加重钻杆14根+Ø73 mm 钻杆。

该钻具入井后,自1930 m开始定向钻进。由于井斜偏小,采用磁性工具面进行定向,工具面稳定在280°左右,钻进至井深1950.17 m时,测得井斜12.43°,方位287.06°,增斜率高出设计偏多。考虑到1.75°单弯螺杆转盘钻进不利于钻具安全,决定

起钻换1.5°单弯螺杆。

由于上趟钻增斜率偏高,1.5°螺杆入井后以转盘钻进为主配合滑动钻进调整方位,钻进至井深1998.43 m时,测得井斜20.30°,方位282.46°,实钻轨迹垂深与设计基本符合。进行待钻井眼轨迹预测,下部井段确保安全着陆的增斜率为8.4°/30 m,开始以滑动钻进为主配合转盘钻进,并微调方位,使实钻轨迹在垂深和方位上逐渐与设计轨迹吻合。

在钻进过程中,现场地质组根据实钻地层情况,将A靶点垂深调整为2138 m。钻进至井深2245 m时,井斜增至88.7°,方位调整至265°,此时垂深2137.80 m,闭合方位260.14°,位移213.26 m,实现顺利着陆于A靶。

3.4.3 水平段

钻具组合:Ø118 mm 钻头+Ø95 mm 1.25°螺杆+循环短节+无磁承压钻杆+Ø73 mm 钻杆30根+Ø73 mm 加重钻杆150 m+Ø73 mm 钻杆。

在水平段定向施工中,现场采用以转盘钻进为主,根据现场地质组对垂深的要求,配合滑动钻进进行微调井斜和方位,确保井眼在地质要求的范围内穿行。

由于摩阻大,钻具柔性强,导致托压严重,滑动钻进钻速很慢甚至无进尺,有时甚至转盘钻进也很困难。钻进至井深2305.84 m时,水平段钻遇的煤层坍塌,阻卡严重,继续施工安全风险很大,决定提前完钻。

3.5 实钻轨迹数据处理

该井实钻轨迹参数如表4所示。

图2、3为该井设计与实钻轨迹投影图。

4 结论与建议

(1)Ø139.7 mm 套管开窗侧钻技术是小井眼钻井与定向技术的结合,定向仪器、小井眼钻具和井下工具的成功运用和事故的处理对钻井设备要求较高,建议尽量完善设备配套。

(2)套管开窗是侧钻定向的前期工作,根据不同的井眼尺寸选择合适的开窗方式是保证开窗后侧钻工作顺利进行的前提。根据本工区施工的3口套管开窗定向井,Ø139.7 mm 套管采用斜向器开窗方式操作简便,开窗周期短,完全满足侧钻定向需要。

(3)小井眼开窗侧钻水平井,由于井眼小,钻具柔性大,托压严重程度要比常规井眼高,小井眼钻井液技术是确保此类井能否顺利钻成的关键。

表4 宁东3-侧1井实钻轨迹数据表

测深 /m	井斜角 /(°)	方位角 /(°)	垂深 /m	南北 /m	东西 /m	闭合距 /m	闭合方位角 /(°)	全角/[(°)· (30 m) ⁻¹]
1917.00	0.46	253.01	1916.11	-31.14	-8.77	32.35	195.73	0.366
1931.22	5.80	295.82	1930.30	-30.80	-9.60	32.26	197.31	8.003
1940.74	12.83	287.03	1939.69	-30.24	-11.03	32.19	200.04	22.602
1949.53	19.95	283.34	1948.11	-29.59	-13.42	32.49	204.40	24.559
1958.97	20.30	284.74	1956.98	-28.80	-16.57	33.23	209.91	1.892
1968.48	20.04	285.80	1965.90	-27.94	-19.74	34.21	215.23	1.415
1978.11	20.04	280.88	1974.95	-27.18	-22.95	35.57	220.17	5.252
1997.35	19.78	280.70	1993.02	-25.85	-29.42	39.16	228.70	2.494
2016.55	24.17	265.94	2010.88	-25.65	-36.42	44.55	234.84	11.423
2026.13	27.16	266.29	2019.52	-25.94	-40.56	48.14	237.40	9.375
2035.73	28.92	268.04	2027.99	-26.16	-45.06	52.11	239.86	6.071
2064.48	32.34	269.45	2053.00	-26.42	-59.23	64.86	245.96	10.234
2081.84	38.14	268.79	2067.26	-26.53	-69.12	74.04	249.00	14.014
2091.32	41.18	269.49	2074.56	-26.62	-75.17	79.74	250.50	9.724
2110.58	49.88	264.29	2087.96	-27.44	-88.94	93.08	252.85	12.625
2129.38	52.82	264.09	2099.78	-29.07	-103.47	107.48	254.31	7.204
2139.33	55.42	264.69	2105.61	-29.86	-111.50	115.42	255.01	7.975
2148.69	57.88	265.19	2110.75	-30.55	-119.28	123.13	255.63	7.998
2158.39	61.39	266.39	2115.66	-31.16	-127.63	131.38	256.28	11.318
2168.06	65.13	266.79	2120.01	-31.68	-136.25	139.88	256.91	11.655
2187.19	71.85	265.89	2127.12	-32.79	-153.96	157.41	257.98	12.694
2196.73	75.15	266.39	2129.83	-33.40	-163.08	166.47	258.42	10.486
2206.18	76.68	266.29	2132.13	-33.99	-172.23	175.55	258.84	4.867
2225.66	81.12	266.89	2136.23	-35.21	-191.23	194.44	259.57	13.575
2235.16	85.56	265.99	2137.33	-35.79	-200.65	203.81	259.89	14.302
2244.67	88.59	265.09	2137.81	-36.53	-210.11	213.26	260.14	9.970
2254.29	91.01	263.19	2137.85	-37.51	-219.68	222.86	260.31	9.595
2263.95	89.08	262.99	2137.84	-38.67	-229.27	232.51	260.43	6.026
2273.59	87.80	263.09	2138.10	-39.84	-238.84	242.14	260.53	3.995
2283.23	88.02	263.19	2138.45	-40.99	-248.40	251.76	260.63	0.752
2292.58	90.88	262.79	2138.54	-42.13	-257.68	261.10	260.71	9.266
2305.84	88.30	262.79	2138.64	-43.80	-270.83	274.35	260.81	5.837

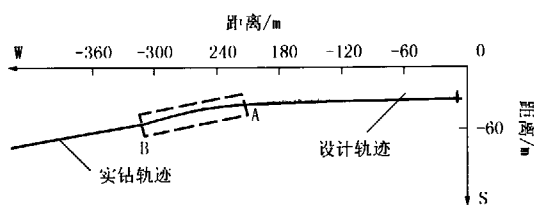


图2 宁东3-侧1井设计与实钻轨迹水平投影图

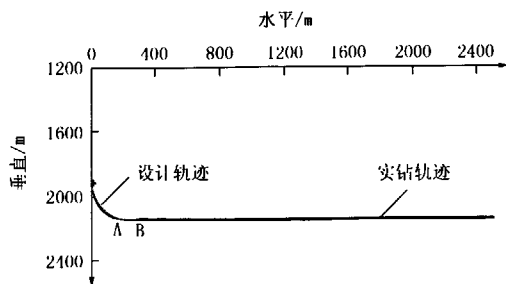


图3 宁东3-侧1井设计与实钻轨迹垂直投影图

(4)套管开窗侧钻工艺技术在宁东油田的成功应用,为报废井、停产井重新建产提供了一条经济合理的新手段,建议加强该工艺技术的推广应用。

参考文献:

- [1] 韩志勇. 定向井设计与计算[M]. 北京:石油工业出版社, 1989.
- [2] 李鹏. 开窗侧钻“S”定向井钻井工艺[J]. 石油钻探技术, 2004, 32(6).
- [3] 郭建国,等. 杜84-馆平12S形三靶水平井井眼轨道控制[J]. 石油钻采工艺, 2005, (5).
- [4] 苏义脑. 水平井井眼轨迹控制[M]. 北京:石油工业出版社, 2000.
- [5] 杨育升,等. 稠油井 $\phi 177.8$ mm套管开窗侧钻技术[J]. 石油钻采工艺, 2011, (2).
- [6] 盛勇,等. 塔里木KS101超深井套管开窗侧钻技术[J]. 石油钻采工艺, 2005, (4).