

鄂尔多斯盆地三维水平井轨道设计与优化

王 超 (中石化华北石油工程有限公司五普钻井分公司, 河南 新乡 453700)

摘 要: 随着中石化华北油气分公司井网密度不断加大, 使得老井场重复利用和丛式井部署逐渐增多, 在进行定向井和水平井轨道设计时, 因地面环境和邻井的限制需要采用三维绕障轨道设计。三维水平井具有轨道控制难度大, 钻井施工难度大, 风险高等特点。本文通过引进综合难度系数, 结合水平投影图和垂直投影图绕障设计, 给出整体三维井眼轨道优化设计。该三维绕障设计方法为今后鄂尔多斯盆地三维绕障水平井的设计及钻井施工提供了借鉴。

关键词: 三维水平井; 综合难度系数; 轨道优化; 鄂尔多斯盆地

随着油田的开发技术的逐渐成熟, 常规的定向井和水平井已经不能满足现在的需求, 密井网的设计也逐渐成为趋势, 因此进行定向井设计时, 需要考虑到邻井的防碰问题, 许多井需要采取三维绕障设计以达到防碰要求。存在多口障碍井时的绕障轨道设计, 并不是单个障碍井绕障设计的简单叠加, 设计时需要考虑到多口障碍井的综合影响。

1 三维水平井设计特点

三维水平井指的是井口、A、B 靶点坐标不在同一条直线上的井。要想实现地质目的, 将三个点很好的“串联”到一起, 就得对钻井轨道进行三维设计。目前, 中石化华北分公司部署的三维水平井一般都是采用“直井段+二维增斜段+三维增斜扭方位段+二维稳斜段+二维增斜段+水平段”六段制剖面设计, 以鄂北工区三维水平井 D17-P6

井为例, 轨道设计见表 1。D17-P6 井轨道投影图见图 1、图 2。

2 三维水平井综合难度系数概念及计算方法

相对常规二维水平井而言, 三维水平井轨道复杂, 设计参数和变量多, 不能简单的以曲率(狗腿度)来衡量其钻井施工难度, 为此我们引入了三维水平井综合难度系数的概念。

三维水平井综合难度系数计算方法: 综合难度系数 = 1 + 偏移比 + 偏垂比。

式中, 偏移比 = 偏移距 / 靶前距。偏移距与靶前距比值越大, 代表在有限的位移内要消除的偏移距越大, 扭方位工作量越大, 施工难度也越大。

偏垂比 = 偏移距 / (靶点垂深 - 造斜点垂深)。该比值越大, 表明在有限的垂深下增井斜的工作量越大, 施工

表 1 D17-P6 井 A 点前设计轨道节点数据

井深 (m)	井斜角 (°)	方位角 (°)	垂深 (m)	南北位移 (m)	东西位移 (m)	闭合距 (m)	全角变化率 (°/30m)	备注
0	0	0	0	0	0	0	0	井口
2074.05	0	65.96	2074.05	0	0	0.00	0	造斜点
2362.79	39	65.96	2341.00	38.51	86.33	94.53	4.052	二维增斜结束
2945.47	79	148	2635.09	-138.44	501.66	520.41	4.054	扭方位结束
3145.47	79	148	2673.25	-304.93	605.7	678.13	0	二维稳斜结束
3228.61	90.23	148	2681.04	-375.02	649.49	750.00	4.038	二维增斜结束 A

表 2 D17-P6 井 A 点前设计轨道节点数据

井深 (m)	井斜角 (°)	方位角 (°)	垂深 (m)	南北位移 (m)	东西位移 (m)	闭合距 (m)	全角变化率 (°/30m)	备注
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	井口
2074.05	0.00	65.96	2074.05	0.00	0.00	0.00	0.00	造斜点
2362.79	39.00	65.96	2341.00	38.51	86.33	94.53	4.052	二维增斜结束
2945.47	79.00	148.00	2635.09	-138.44	501.66	520.41	4.054	扭方位结束
3145.47	79.00	148.00	2673.25	-304.93	605.7	678.13	0.00	二维稳斜结束
3228.61	90.23	148.00	2681.04	-375.02	649.49	750.00	4.038	二维增斜 -A

表 3 摩阻扭矩计算对比

工况	钻压 T	地面扭矩 kN.m			摩阻 T		
		原设计	40° 优化	20° 优化	原设计	40° 优化	20° 优化
起钻	0	0.00	0.00	0.00	17.27	15.21	13.98
下钻	0	0.00	0.00	0.00	11.78	12.95	12.90
滑动钻进	6	0.00	0.00	0.00	12.89	14.28	14.76
旋转钻进	6	13.85	15.41	15.29	0.00	0.00	0.00

难度也越大。

综上所述,在靶前距一定的情况下,三维水平井的偏移距越大,偏移比和偏垂比就越大,钻井施工难度也越大。此方法未考虑水平段的因素,因此只针对于 A 点前施工的综合难度判断。通过近两年在鄂北工区 9 口三维水平井的施工来看,该难度系数的公式切合实际,具有指导意义。由已完成井数据可以看出:随着施工难度系数的增加,斜井段滑动占比和施工周期明显增加。

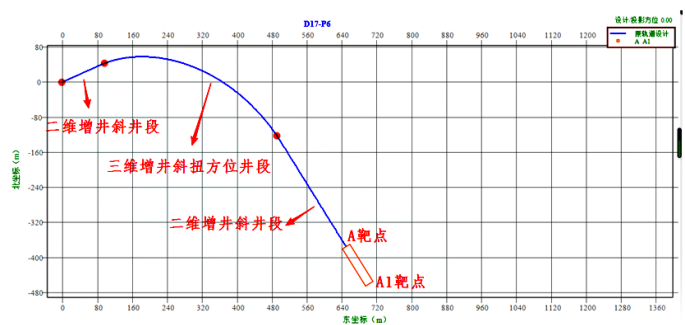


图 1 D17-P6 井 A 点前轨道水平投影图

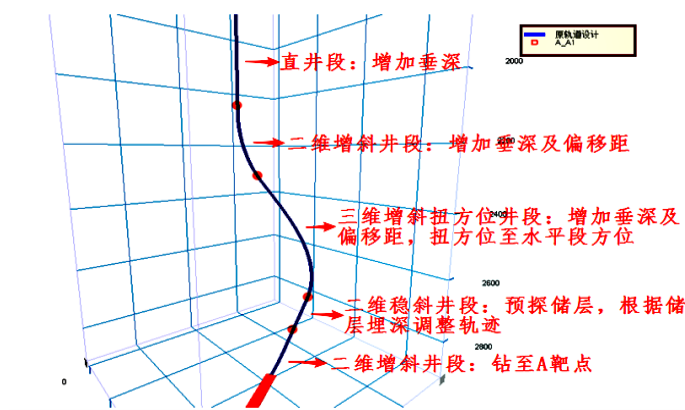


图 2 D17-P6 井三维投影图

3 三维水平井施工难点分析

3.1 三维水平井携岩困难, 钻具受力复杂导致摩阻扭矩大, 钻井难度大, 风险高

三维水平井, 因其井眼轨道空间结构复杂, 岩屑运移也更复杂, 携岩比二维水平井更加困难, 更容易形成岩屑床, 导致钻井摩阻扭矩大幅增加。同时, 三维水平井钻具在井筒内的受力情况更加复杂, 随着后期钻压的增加, 钻具更易发生屈曲, 造成钻具自锁, 轻则导致滑动托压, 滑动钻进困难, 施工效率低, 重则导致井下长时间冲刷形成大肚子、井壁垮塌、滑动粘卡等井下复杂或者井下事故。

3.2 入窗前储层位置的不确定性对后期施工影响大

在鄂北工区, 由于储层埋深、地层差异和变化性比较大, 在快要钻至 A 靶点期间经常会对轨迹垂深进行调整, 少则 0.5m, 多则 10~20m。为满足地质需求, 有时候需要采取强增井斜或者强降井斜施工, 从而出现井眼曲率过大, 对 A 点中完作业带来非常大的难度和风险。

JPH-447 井在 A 靶点着陆期间 (井斜 86°) 因钻遇泥

岩要求稳斜探顶, 后通知快速向下调整, 在对井斜进行反扳期间发生井漏, 导致泥岩井段失稳, 最终造成井下复杂导致该井工程回填。

4 轨道优化实例分析, 以 D17-P6 井为例

4.1 D17-P6 井原设计轨道

D17-P6 井 A 点前设计轨道节点数据见表 2。

D17-P6 井偏移距 352.11m, 靶前位移 750m, 有效垂深 607m, 综合施工难度系数 2.05。本井从 2074.05m 开始造斜, 在井斜 39~79° 井段, 扭方位从 66~148°, 扭方位 82°, 79° 井斜稳斜 200m, 工程施工难度大。

4.2 摩阻扭矩计算

计算参数: 套管摩阻系数 0.29, 裸眼段 0.37, 泥浆密度: 1.20g/cm³。

钻具组合: 222.3mm 钻头 + 165mm 螺杆 + 无磁钻铤 * 1 + 127mm 钻杆 * 90 根 + 127mm 加重钻杆 * 30 根 + 127mm 钻杆。

摩阻扭矩计算对比见表 3。

对比摩阻及扭矩模拟计算结果, 可以看出:

①转盘扭矩: 优化设计比原设计扭矩增加 1.5kN (10%) 左右;

②摩阻: 起钻时优化设计比原设计减小 2.5t (15%) 左右; 下钻时优化设计比原设计增加 1.2t (10%) 左右; 滑动钻进时优化设计比原设计增加 1.6t (12.8%) 左右。

综合结论: 轨道进行优化后摩阻及扭矩与原设计轨道差异性并不是很大。当然, 软件模拟计算只是理想状态下进行的, 如果考虑后期岩屑床的影响, 优化后的轨道摩阻和扭矩应该会比优化前小很多。

5 建议与结论

①三维水平井相对常规二维水平井, 具有轨道结构更加复杂, 参数变量更多等特点, 其施工难度不能简单通过曲率 (狗腿度) 大小来判定, 建议在三维水平井的设计和施工过程中引入综合难度系数概念, 以此来判断其施工难度, 制定详细的施工方案;

②三维水平井钻井施工是一个系统的综合性的工程, 要想实现提速提效目标不能单独依某一方面的努力, 而是得依托钻具组合优化, 钻井参数选择、钻井液体系、钻头选型、技术措施的制定和执行等很多方面的共同努力, 在不断尝试、积累、分析、总结和创新的的基础上, 实现新的突破。

参考文献:

- [1] 张富成, 王卫忠, 扈东勇, 等. 苏里格气田丛式井钻井技术及应用 [J]. 石油钻采工艺, 2009, 31(4): 36-39.
- [2] 田逢军, 王万庆. 长庆油田中半径三维水平井环平 3 井钻井技术 [J]. 石油钻采工艺, 2009, 31(6): 27-31.
- [3] 崔红英, 张建国, 等. 绕障定向井三维轨道选择及设计方法 [J]. 石油钻探技术, 1998, 26(4).
- [4] 唐雪平, 苏义脑, 陈祖锡. 三维井眼轨道设计模型及其精确解 [J]. 石油学报, 2003, 24(4).
- [5] 张小波, 乔忠明, 王峰. 锦 27-平 1 井施工技术 [J]. 石油钻采工艺, 2002, 24(3): 27-29.