

防斜打快技术在海拉尔易斜地层的研究与应用

陈琳琳

(大庆钻探工程公司钻井工程技术研究院,黑龙江 大庆 163413)

摘要:针对海拉尔地区地层倾角大、断层多、岩性软硬交替、自然造斜率高等特点,绘制井斜高发区域及层位,明确易发生井斜层位,通过优选防斜、纠斜钻具组合及相应的钻进参数,同时结合随钻井斜预警系统和垂直钻井系统,形成一套海拉尔地区易斜地层的防斜打快技术,对于提高钻井速度、缩短钻井周期具有重要的指导意义。

关键词:易斜地层;钻具组合;防斜打快;海拉尔地区

中图分类号:TE243 文献标识码:A 文章编号:1672-7428(2013)02-0025-03

Research and Application of Anti-deviation and Fast Drilling Technology in Easily Inclined Formation of Hailar/CHEN Lin-lin (Drilling Engineering and Technology Research Institute of Daqing Drilling and Exploration Engineering Company, Daqing Heilongjiang 163413, China)

Abstract: According to the large formation dip, many faults, complex lithology and high nature deflecting rate in Hailar area, high-risk areas and formations of deviation were drawn to confirm easily inclined formation. By optimizing anti-deviation BHA and the corresponding drilling parameters and combining with early warning system and vertical drilling system, a set of anti-deviation and fast technology was formed in easily inclined formation of Hailar, which can significantly improve the drilling speed and shorten drilling time.

Key words: easily inclined formation; BHA; anti-deviation and fast drilling; Hailar

海拉尔地区位于内蒙古自治区呼伦贝尔盟境内,目前已发现16个凹陷,三拗两隆由西向东依次为扎赉诺尔拗陷、贝尔湖拗陷、呼和湖拗陷、嵯岗隆起、巴彦山隆起。地层倾角大,从 $1.7^{\circ} \sim 38.0^{\circ}$,易斜层位多,自然造斜率高达 $2^{\circ}/30\text{ m}$,井斜控制难度大。实钻资料表明,钻至大一或南二段后井斜突然增大、增斜速度极快,每年控斜钻井占57%,每口井控斜损失时间达6天,严重制约了钻井速度。因此对该地区易斜层位进行研究,形成相应的防斜打快技术措施,对于提高该地区的勘探开发进度具有一定的指导意义^[1]。

1 海拉尔地区井斜情况分析

通过对各易斜区发生井斜的已钻井井位、发生井段和层位进行统计归类,绘制出井斜高发区域及层位对比图,可以快速判断井斜发生风险及其易发层位。

1.1 井斜高发区域统计分析

根据2007~2009年105口探评井井斜统计资料,绘制了已斜井井位分布图(见图1),从图1可以看出井斜高发区域为贝尔湖拗陷的贝尔凹陷和乌尔逊凹陷。贝尔凹陷主要分布贝、霍、希字号的井,其中贝字号井17口,霍字号井6口,希字号井20口,分别占所钻井数的16.2%、5.7%、19.0%;乌尔逊

凹陷主要分布乌、苏字号的井,其中乌字号井40口,苏字号井8口,分别占所钻井数的38.1%、7.6%。

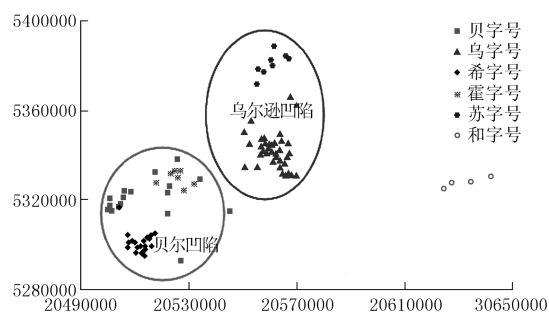


图1 海拉尔地区发生井斜的井位分布

1.2 易斜层位统计分析

从层位上看,易斜井段主要包括伊敏组、大磨拐河组、南屯组、铜钵庙组以及布达特群。通过对井斜高发区域乌尔逊和贝尔凹陷井斜变化段统计分析(见表1、表2),地层自然造斜率平均 $1.38^{\circ}/100\text{ m}$,2007年施工的明2井最高达到 $11^{\circ}/100\text{ m}$,2700~2750 m段井斜由 1.4° 增加到了 6.9° ,远远超出设计值。

从统计结果综合来看(见图2),井斜发生频率最高的为南屯组和大磨拐河组,分别占总发生频次的40.65%和30.84%,二者占总发生率的71.49%;其次为铜钵庙组、布达特群和伊敏组。因此南屯组与大磨拐河组钻井过程中应该特别注意防斜。

收稿日期:2012-06-21

作者简介:陈琳琳(1982-),女(汉族),黑龙江大庆人,大庆钻探工程公司钻井工程技术研究院,流体力学专业,硕士,从事钻井设计相关工作,黑龙江省大庆市八百垅,chenlinlin1@cnpc.com.cn。

表1 乌尔逊凹陷井斜层位统计表

层位	地层 倾角 /(°)	统计 井段 数	平均井段 /m		井斜 /(°)		造斜率 /[((°)· (100 m) ⁻¹]
			始	终	始	终	
伊敏组	4~11	12	1001.82	1203.07	0.48	2.16	0.83
大磨拐河组	2~27	38	1616.96	1835.51	1.04	3.47	1.11
南屯组	3~29	59	2349.23	2519.42	1.40	4.05	1.55
铜钵庙组	12~23	22	2417.41	2563.73	1.83	4.11	1.56
布达特群		6	2693.90	2780.55	1.98	4.67	3.10

表2 贝尔凹陷井斜层位统计表

层位	地层 倾角 /(°)	统计 井段 数	平均井段 /m		井斜 /(°)		造斜率 /[((°)· (100 m) ⁻¹]
			始	终	始	终	
大磨拐河组	7~27	28	1802.07	1988.86	1.09	3.18	1.12
南屯组	7~37	28	2382.76	2577.94	1.33	3.99	1.36
铜钵庙组	7~37	10	2892.21	3037.21	1.95	4.56	1.80
布达特群		11	2293.19	2503.19	1.34	3.80	1.17

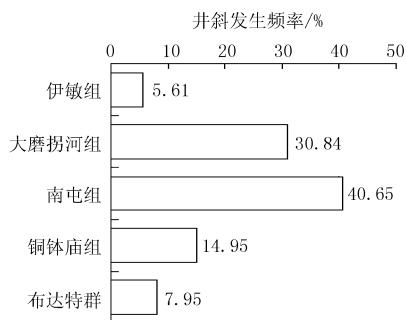


图2 综合乌尔逊凹陷和贝尔凹陷各层位井斜发生频率

2 易斜地层防斜打快技术研究与应用

由于大磨拐河组、南屯组泥岩纹理发育,岩层在不同方向上强度不同,同时地层岩性变化大,不等厚互层,软硬交错,变化频繁,可钻性相差悬殊,钻进时钻头稳定性差易井斜。为了有效地解决大倾角地层防斜打快问题,进行了防斜、纠斜钻具组合及配套钻进参数和应用层位研究,同时针对随钻井斜预警系统和垂直钻井系统进行了现场应用,取得了很好的防斜、提速效果^[2,3]。

2.1 防斜、纠斜钻具组合研究

2.1.1 常见的防斜、纠斜钻具组合

(1)刚性满眼钻具组合。通过提高底部钻具组合的刚性,减小井眼与钻具的间隙,提高底部钻具组合的抗弯曲能力,最大限度地减小钻具弯曲引起的钻头倾角和钻头倾角引起的横向偏斜力。该钻具组合能有效地减小底部钻具弯曲引起的井斜,但没有纠斜能力,因此只适应于造斜趋势不是很强的地层。

(2)钟摆钻具组合。利用钟摆力使钻头产生与井斜方向相反的侧向切削作用,达到纠斜目的。稳

定器的安放位置是根据钻压确定的,超过这个钻压后,稳定器以下的钻柱就会与井壁形成新的切点,导致钟摆钻具纠斜效果失效,所以钟摆钻具使用的成功与否和钻压有直接关系。钟摆钻具虽在直井内无防斜作用,但在井斜发生时却有纠斜作用。

(3)动力复合钻并钻具组合。复合钻井钻头的驱动力有2部分,以井底近钻头处动力钻具输出扭矩驱动为主,以转盘传递扭矩驱动为辅,且钻头转速由转盘和动力钻具二者复合而成,比常规钻井转速提高2倍以上。动力钻具直接驱动钻头,能量传递方式属于液力传递,有效减小了扭矩损失,实现了低钻压、大扭矩和高转速钻进,对提高机械钻速具有重要作用。发生井斜时,靠弯外壳井下马达的偏轴作用使底部钻具在井内旋转过程中产生一个旋转离心力。井下马达配合相匹配的PDC/牙轮钻头进行导向钻进时,转速高,有利于防斜,纠斜能力好^[4]。

2.1.2 优化的适用海拉尔地区的防斜、纠斜钻具组合

对于易斜地层进行防斜打快,主要是防斜、纠斜钻具组合的优化设计及配套的钻进参数优选。通过分析已有防斜、纠斜钻具组合工作原理,运用软件优化设计出与海拉尔地区不同易斜层位地质特性相适应的防斜、纠斜钻具组合,并给出应用层段和配套钻进参数,达到提高钻井速度的目的。

(1)常规双钟摆钻具组合:牙轮钻头 + Ø172 mm 浮阀 × 1 + Ø172 mm 钻铤 × 2 + Ø214 mm 扶正器 × 1 + Ø172 mm 钻铤 × 1 + Ø214 mm 扶正器 × 1 + Ø172 mm 钻铤 × 12 + Ø159 mm 钻铤 × 3 + Ø127 mm 加重钻杆 × 15 + Ø127 mm 钻杆。

推荐参数:钻压 20 ~ 65 kN, 转速 60 ~ 80 r/min, 排量 28 ~ 32 L/s。计算结果表明,当钻压达到 80 kN 时将变为增斜钻具组合。推荐层位:铜钵庙组、兴安岭群。

(2)双钟摆复合钻具组合:PDC 钻头 + Ø172 mm 螺杆 + Ø172 mm 浮阀 × 1 + Ø172 mm 钻铤 × 1 + Ø214 mm 扶正器 × 1 + Ø172 mm 钻铤 × 1 + Ø214 mm 扶正器 × 1 + Ø172 mm 钻铤 × 9 + Ø159 mm 钻铤 × 3 + Ø127 mm 加重钻杆 × 15 + Ø127 mm 钻杆。

推荐参数:钻压 20 ~ 60 kN, 转速 80 ~ 120 r/min, 排量 28 ~ 32 L/s。推荐层位:青元岗组、伊敏组、大磨拐河组、南屯组。

(3)满眼钻具组合:牙轮钻头 + Ø214 mm 扶正器 × 1 + Ø172 mm 浮阀 × 1 + Ø172 mm 短钻铤 × 1 + Ø214 mm 扶正器 × 1 + Ø172 mm 钻铤 × 1 + Ø214

mm 扶正器 × 1 + Ø172 mm 双向减震器 × 1 + Ø172 mm 钻铤 × 15 + Ø159 mm 钻铤 × 3 + Ø127 mm 加重钻杆 × 15 + Ø127 mm 钻杆。

推荐参数: 钻压 140~180 kN, 转速 60~80 r/min, 排量 28~32 L/s。推荐层位: 兴安岭群、布达特群。

2.2 随钻井斜预警系统研究与应用

在海拉尔易斜地区进行钻井作业, 为了时刻监测井斜状况需进行多次测斜作业, 因此增加了测斜时间, 延长了钻井周期。为提高井斜测量效率, 改善井身质量, 开展了随钻井斜监测预警系统研究。该系统包括井斜测量工具和地面接收仪器 2 大部分, 可对井斜进行随钻监测, 对井斜角度起到预警作用。预警范围达到 0°~5°, 精度达到 ±1°, 在正常钻井接单根停泵再开泵时能显示井斜信息, 实现随钻测量功能。

2010 年 6 月 10~25 日在海拉尔贝 78 井, 8 月 9~11 日在霍 3-X4 井进行了现场应用, 应用效果良好, 验证了工具的可靠性。图 3 为贝 78 井脉冲波形图。

2.3 垂直钻井系统现场应用

垂直钻井系统是一种高精度高效率的钻井工具, 其主要技术特点有: (1) 改善井眼质量, 提高钻井安全性; (2) 解放钻压, 提高钻速; (3) 自动调整钻具纠斜能力, 提高井眼轨迹控制灵活性; (4) 自动纠斜能力, 提高井眼轨迹控制精度^[5,6]。

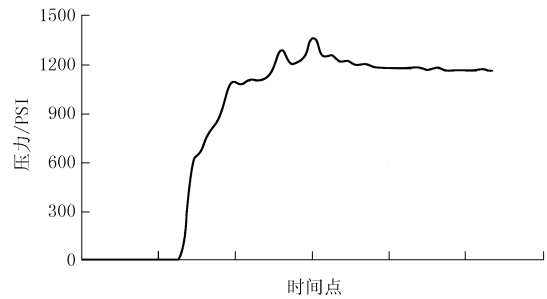


图 3 贝 78 井脉冲波形图

VertiTrak 垂直钻井系统主要由 MWD 传感器、高性能泥浆马达、导向执行机构等组成。MWD 控制短节由重力传感器、控制电路、涡轮发电机、脉冲发生器以及液压控制系统组成。钻进时当 MWD 重力传感器检测到有井斜趋势时, 即可启动液压控制系统部件, 1~2 个推力块在液压力作用下伸出向井壁施加作用力, 通过井壁对推力块的反作用力强迫钻头向垂直方向移动, 同时 MWD 实时传送井斜数据到地面系统以跟踪和监测。当井眼完全垂直时, 3 个推力块全部收回, 纠斜过程结束。

2009~2011 年在 15 口井中应用贝克休斯公司 VertiTrak 垂直钻井系统, 取得了很好的防斜、纠斜效果(表 3), 平均井斜由 3.01° 控制到 0.32°, 平均机械钻速达到 6.07 m/h, 比邻井提高了 49.14%。

表 3 贝克休斯公司 VertiTrak 垂直钻井系统在海拉尔地区应用情况

井号	地层	钻头型号	下入井深 /m	起出井深 /m	纯进尺 /m	机械钻速 / (m·h ⁻¹)	邻井钻速 / (m·h ⁻¹)	提高 /%	降斜效果/(°)	
									降前	降后
乌 32-1	大一段	PFM565	2443.60	2496.30	52.69	2.72	2.28	19.30	4.09	0.40
	大一段	PFM565	2580.20	2781.60	201.41					
希 44-58	大一段	TH1654D	2121.00	2531.00	410.00	10.59	4.12	157.04	2.08	0.60
乌 34-1	大二段	B535ES	2026.00	2634.90	608.88	7.78	4.70	65.53	4.65	0.34
	南二段	SMD517G	2930.00	3106.60	176.68					
苏 47	南二段	SMD517	1278.60	1407.30	128.64	5.53	5.16	7.21	3.00	0.13
	南一段	HJ517G	1525.40	1549.70	24.25					
霍 3-3	基底	SMD517	1792.01	1920.00	127.99	4.03	2.59	55.60	2.80	0.40
贝 78	铜钵庙组	HJ517G	1428.30	1490.00	61.7	5.29	4.64	14.01	2.30	0.80
贝 3-13	布达特群	HJ517G	1260.13	1502.98	242.85	6.17	4.64	32.97	2.00	0.30
	南二段	TH1654D	1807.07	1848.62	41.55					
乌 33-1	南一段	TH1654D	1850.68	2165.53	314.85	4.71	3.74	25.94	2.00	0.10
	铜钵庙组	HJ437	2176.36	2401.02	224.66					
贝 16-B6	布达特群	HJ437	1667.65	2091.00	423.35	4.65	3.48	33.62	2.70	1.50
贝 3-14	南一段	84KM243-II	794.23	1175.30	381.07	7.64	7.58	0.79	1.50	0.50
	布达特群	HJ517G	1202.32	1320.00	117.68					
乌 38-2	南一段	HT2465H	1887.21	2133.82	246.61	5.01	4.08	22.79	3.00	1.20
	铜钵庙组	HJ517G	2430.46	2614.96	184.50					
霍 54-58	大一段	PFM635B	660.00	1475.00	815.00	22.91	11.12	106.03	2.50	0.40
贝 303	铜钵庙组	TH1654D	1519.00	1707.48	188.48	8.90	4.01	121.95	2.90	0.50
	铜钵庙组	SMD517	1744.53	1815.00	70.47					
贝 3-15	南一段	B535EKS	836.78	1016.00	179.22	17.21	15.58	10.46	2.32	0.17
贝 41-2	南二段	B535EKS	1666.45	1836.99	170.54	4.60	2.17	112.09	3.00	0.39
	基底	HJ517G	2314.15	2400.00	85.85					

钻压可以提高造斜工具的造斜率,因此在油层中进行定向钻进时要适当加大钻压,这样才会取得较好的增斜效果;通过降低钻井液的排量,来减小井底的水力冲刷能量,也可以提高滑动钻进效果^[7]。由于东营组油层较疏松,可钻性好,二开中完后循环、下套管等作业使井底井斜下降较大(三开钻具出管鞋后复测二开井底井斜为 85.50° ,比预计降低 4°),再加上水平段距离辽西大断层约 50 m ,因此在全力增斜的同时须降方位以避开断层,轨迹控制更加严格。为此本井段降低排量至 1200 L/min ,以 $20\sim 40\text{ kN}$ 的参数滑动增斜同时降方位,旋转转速 50 r/min 。滑动钻进至 2036 m 后预计井底井斜 91.62° ,方位 29.05° ，“狗腿”度分别为 5.19° 、 4.84° ,轨迹已追上设计,继续降方位钻进,同时根据随钻测井曲线判断下部地层倾角较大,扭方位的同时继续全力增斜,使完钻井斜接近 96° ,顺利完钻,实钻井眼轨迹见图3。

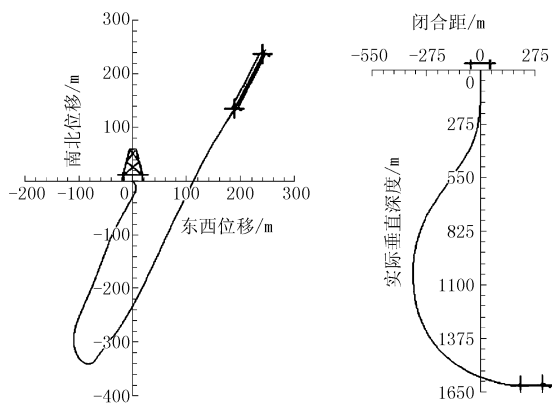


图3 旅大 B2h 井实钻井眼轨迹

后续井采取井底井斜预留 2° 并甩最后一单根

循环等措施,避免了三开水平段钻进时井斜控制的被动。

3 结语

(1)加密调整水平井碰撞风险高,在不能获得陀螺测斜数据的情况下,防碰井段一定要使用牙轮钻头钻进并盯紧各项参数变化,把好防碰作业的最后关。

(2)对于较疏松,可钻性好的油层,着陆时应考虑中完后循环、下套管等作业对井底井斜的影响,着陆时井斜比设计井斜可适当大些,以避免水平段钻进时轨迹控制的被动。

(3)本井全井段采用常规螺杆钻具钻进,与采用国外先进的旋转导向钻具相比,不但节约了成本,也有利于加密调整水平井钻井技术的全面推广。

参考文献:

- [1] 罗玉金,汪兴华,周永福.丛式井的优快钻井技术[J].重庆科技学院学报(自然科学版),2007,9(3):7-11.
- [2] 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[J].天然气工业,2011,31(1):69-72.
- [3] 张献振,刘宝昌,卢彬,等.尖齿状金刚石复合片钻头在油页岩矿区的钻进实验[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2011,38(3):64-67.
- [4] 刘亚军,王晓鹏,王昆剑,等.绥中36-1油田新型钻头的优化设计及应用[J].断块油气田,2011,18(5):669-671.
- [5] 邢广宇,谷玉堂,陈勇,等.提高砂岩油藏水平井钻井速度技术实践[J].西部探矿工程,2011,(5):85-97.
- [6] 窦玉玲.长水平段大位移井井眼轨道优化设计[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2011,38(7):50-52.
- [7] 杨恒昌,翟文涛,刘永旺.水平井水平段轨迹控制技术探讨[J].科学技术与工程,2011,11(35):8872-8881.

(上接第27页)

3 结语

(1)海拉尔地区井斜高发区域为乌尔逊和贝尔凹陷,南屯组和大磨拐河组地层最易发生井斜。

(2)优化设计出与海拉尔地区易斜层位地质特性相适应的防斜、纠斜钻具组合,并给出应用层段和配套钻进参数,同时应用随钻井斜预警系统,达到了提高钻井速度的目的。

(3)应用 VertiTrak 垂直钻井系统,取得了很好的防斜、纠斜及提速效果。

参考文献:

- [1] 王晓旭.海拉尔地区三个地层压力的预测与计算[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2010,37(8):13-17.
- [2] 李欢欢.海拉尔油田钻头选型分析[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2010,37(7):15-17.
- [3] 杨力.几种防斜技术在宣页1井的试验应用[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2011,38(5):37-38.
- [4] 李文明,陈绍云,刘永贵.优快钻井配套技术在希50-54井应用实践[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2010,37(6):4-6.
- [5] 周延军,陈明,于承朋.元坝区块提高钻井速度技术方案探析[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2010,37(5):1-4.
- [6] 刘磊,刘志坤,高晓荣.垂直钻井系统在塔里木油田应用效果及对比分析[J].西安石油大学学报(自然科学版),2007,22(1):79-81.