

方正地区防斜打快技术研究与应用

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:针对方正地区地层倾角大、自然造斜率高、钻井速度慢、钻进周期长等特点,绘制井斜高发区域及层位,明确最易发生井斜地层为宝一段与新乌组,通过优选防斜、纠斜钻具组合及相应的钻进参数,同时结合复合钻进和垂直钻井系统,形成一套方正地区易斜地层的防斜打快方法,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;复合钻井;垂直钻井系统;防斜快打;方正地区

中图分类号:P634.5;TE249 **文献标识码:**A **文章编号:**1672-7428(2013)01-0035-03

Research and Application of Vertical and Fast Drilling Technology in Fangzheng Area/CHEN Lin-lin (Drilling Engineering and Technology Research Institute of Daqing Drilling and Exploration Engineering Company, Daqing Heilongjiang 163413, China)

Abstract: There are large formation dip, high building rate, slow drilling speed and long drilling cycle in Fangzheng area. The high-risk areas and formations of deviation were drawn to confirm easy deviation formation of Bao I section and Xinwu group; by optimizing anti-deviation BHA and drilling parameters and combining with compound drilling and vertical drilling system, a set of anti-deviation and fast drilling technology in easily inclined formation of Fangzheng area was formed, which can improve drilling speed and shorten drilling time significantly.

Key words: easily inclined formation; BHA; compound drilling; vertical drilling system; anti-deviation and fast drilling technology; Fangzheng area

1 概述

方正断陷位于黑龙江省方正县、通河县、延寿县境内,为依-舒地堑北段受东西两条深大断裂控制双断式断陷的一级负向构造单元,总体呈北东 40° ~ 50° 方向展布。地表多处见油气苗,达连河组、新安村-乌云组、基岩风化壳及白垩系顶部等均见含油气显示,具有良好的含油气远景^[1]。

方正地区在宝泉岭组下部及达连河组、新安村+乌云组均是易斜井段,地层倾角 10° 以上,自然造斜率高达 $0.9^{\circ}/30\text{ m}$,井斜难以控制,实钻过程中 3000 m 左右的井平均测斜次数在20次以上,钻井速度慢,钻进周期长。如“方402井”宝一段、乌云组地层倾角分别为 7.2° 、 15.1° ,采取 0.75° 单弯螺杆降斜,损失5天,制约了钻井速度。通过对已斜井的井位、井斜井段和层位进行统计归类,绘制出井斜高发区域及层位,快速判断发生井斜的风险,同时提出防斜打快的应对措施,提高勘探开发进度^[2]。

2 方正地区井斜情况分析

通过对已斜井的井位、井斜井段和层位统计、归

类,绘制出了井斜高发层位对比图,可以快速判断发生井斜的风险。

根据2006~2010年14口探评井的井斜情况统计(表1),从层位上看,易斜井段主要包括宝一段、达连河组和新安村+乌云组、白垩系,平均自然造斜率 $1.61^{\circ}/100\text{ m}$,最大地层自然造斜率达到 $6.05^{\circ}/100\text{ m}$ 。2007年“方4井”白垩系3250~3325m井段钻进时,井斜由 2.64° 增加到 7.18° 。

表1 方正地区井斜层位统计表

层位	地层倾角/ $(^{\circ})$	统计次数	平均井段/m		井斜/ $(^{\circ})$		造斜率/ $(^{\circ})/(100\text{ m})^{-1}$
			始	终	始	终	
宝一段	7~19.5	14	1745.71	2099.29	0.82	4.00	1.10
达连河组		4	2112.50	2337.50	1.10	7.37	2.95
新安村+乌云组	10~21	10	3004.00	3349.00	1.82	6.05	1.42
白垩系		2	3512.50	3750.00	1.91	5.58	3.38
合计		30	2593.68	2883.95	1.41	5.75	1.50

从统计结果综合来看(见图1),井斜发生频率最高的为宝一段和新安村+乌云组地层,分别占总发生频次的46.67%和33.33%,二者占总发生率的80.00%,其次为达连河组和白垩系地层。因此在宝

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。

一段与新安村+乌云组钻井过程中应该特别注意防斜。

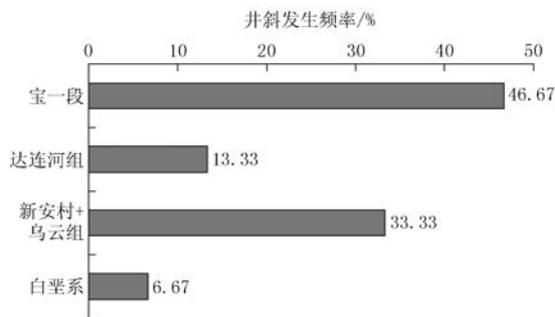


图1 方正地区各层位井斜发生频率

3 易斜地层防斜打快方法研究与应用

方正地区地层倾角大,地层软硬交错,造斜能力强,造斜率高,井身质量控制难度大,提速和防斜的矛盾比较突出。结合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,同时进行了复合钻进和垂直钻井系统防斜现场应用,取得了很好的防斜、提速效果^[3]。

3.1 防斜、纠斜钻具组合研究

3.1.1 常规防斜、纠斜钻具特性

(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,虽没有纠斜能力,但适应于地层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。钟摆钻具在直井内无防斜作用,但在井斜发生时却有纠斜作用。

3.1.2 防斜钻具组合的优选与应用

易斜地层防斜打快的关键是防斜、纠斜钻具组合的优化设计及配套钻进参数的优选。结合方正地区井斜情况及地层特性,运用软件优化设计出相应防斜、纠斜钻具组合,应用层段及配套钻进参数。

(1)常规双钟摆钻具组合:牙轮钻头+ $\varnothing 172$ mm 浮阀 $\times 1 + \varnothing 172$ mm 钻铤 $\times 2 + \varnothing 214$ mm 扶正器 $\times 1 + \varnothing 172$ mm 钻铤 $\times 1 + \varnothing 214$ mm 扶正器 $\times 1 + \varnothing 172$ mm 钻铤 $\times 12 + \varnothing 159$ mm 钻铤 $\times 3 + \varnothing 127$ mm 加重钻杆 $\times 15 + \varnothing 127$ 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:富锦组、宝泉岭组。

(2)满眼钻具组合:牙轮钻头+ $\varnothing 214$ mm 扶正器 $\times 1 + \varnothing 172$ mm 浮阀 $\times 1 + \varnothing 172$ mm 短钻铤 $\times 1 + \varnothing 214$ mm 扶正器 $\times 1 + \varnothing 172$ mm 钻铤 $\times 1 + \varnothing 214$ mm 扶正器 $\times 1 + \varnothing 172$ mm 双向减震器 $\times 1 + \varnothing 172$ mm 钻铤 $\times 15 + \varnothing 159$ mm 钻铤 $\times 3 + \varnothing 127$ mm 加重钻杆 $\times 15 + \varnothing 127$ 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:新乌组、白垩系。

3.2 复合钻井技术的研究与应用

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、大扭矩和高转速的钻进,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 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]。

配备双钟摆复合钻具组合:PDC 钻头+ $\varnothing 172$ mm 动力钻具+ $\varnothing 172$ mm 浮阀 $\times 1 + \varnothing 172$ mm 钻铤 $\times 1 + \varnothing 214$ mm 扶正器 $\times 1 + \varnothing 172$ mm 钻铤 $\times 1 + \varnothing 214$ mm 扶正器 $\times 1 + \varnothing 172$ mm 钻铤 $\times 9 + \varnothing 159$ mm 钻铤 $\times 3 + \varnothing 127$ mm 加重钻杆 $\times 15 + \varnothing 127$ mm 钻杆。推荐层位:宝一段、达连河组、新乌组。

2010 年“方 13 井”宝一易斜段进行了 4 只钻头的涡轮复合钻井现场试验(表 2),涡轮配合高转速 SMD 牙轮钻头和 PDC 钻头,累计进尺 540.12 m,井斜由 3.5°降至 3.2°,平均机械钻速 4.94 m/h,比同区块常规钻井机械钻速提高 22.6%,比同井后期常规钻井机械钻速提高近 1 倍,对比数据见表 3。在

表 2 涡轮钻具钻进数据表

钻头	井段/m	层位	进尺 /m	纯钻时 /h	钻速 /($m \cdot h^{-1}$)
SMD537X	2330.00~2456.85	宝一段	126.85	24.40	5.20
SMD537X	2456.85~2622.22	宝一段	205.37	40.00	5.13
SMD537X	2662.22~2782.93	宝一段	120.71	24.02	5.03
M1665SR	2782.93~2870.12	宝一段	87.19	20.96	4.16
牙轮累计	2330.00~2782.93	宝一段	452.93	88.45	5.12
总累计	2330.00~2870.12	宝一段	540.12	109.41	4.94

表3 涡轮钻进与常规钻进对比

钻进方式	钻井天数 /d	单只钻头 进尺/m	机械钻速 /(m·h ⁻¹)	备注
常规钻进	8.00	240.00	4.03	方正区块统计
涡轮钻进	9.33	135.03	4.94	
对比	+1.33	-43.7%	+22.6%	

不牺牲钻速的前提下,达到了控制井斜,保证井身质量的目的。

2011年,4口井采用复合钻井(表4),复合进尺比例达17.77%,平均机械钻速达3.81 m/h。比2010年复合钻井数提高53.33%,复合进尺提高12.97%,复合钻井的机械钻速提高38.55%。

表4 方正地区2011年复合钻井统计表

井号	钻进井段/m	进尺 /m	纯钻时 间/h	机械钻速 /(m·h ⁻¹)
方21	2077.29~2319.71	242.42	34.00	7.13
	2319.71~2751.64	431.93	55.50	7.78
	3524.45~3662.45	138	98.83	1.40
	3662.45~3809.00	146.55	74.00	1.98
	4012.28~4131.65	119.37	91.67	1.30
方19	4131.65~4181.00	49.35	51.00	0.97
	1342.86~1567.21	224.35	63.17	3.55
	1892.66~1915.09	22.43	9.50	2.36
方22	1915.09~1983.66	68.57	25.50	2.69
	807.66~1447.45	639.79	36.17	17.69
方15	3156.19~3290.00	133.81	33.00	4.05
	834.25~937.97	103.72	37.00	2.80
合计		2320.29	609.34	3.81

3.3 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]。

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。

POWER-V由控制部分、翼肋支出及机械偏置机构组成。控制部分内部包括测量传感器、井下CPU和控制电路,不随钻柱旋转,测量系统测出井底的井斜角和方位角,按照要求将其内部的电子控制部分固定在某一个方位上(即高边工具面角)。支撑翼肋的支出动力是钻井过程中自然存在的钻柱内外的钻井液压差,由控制部分控制一套盘阀结构将钻柱内高压钻井液引入相应的翼肋支撑液压腔,在压差作用下将翼肋在预计位置支出,迫使钻头向井眼低边方向钻进,达到降斜和控制井眼轨迹的目的。

2008~2011年在10口井上应用了垂直钻井系统(表5),其中斯伦贝谢公司POWER-V垂直钻井系统4口,平均进尺708.10 m,平均井斜由4.42°控制在0.14°,平均机械钻速达3.39 m/h,比邻井提高95.95%;贝克休斯公司VertiTrak垂直钻井系统6口,平均进尺1049.67 m,平均井斜由5.98°控制在

表5 垂直钻井系统在方正地区应用情况

井号	地层	厂家	钻头型号	施工井段/m	纯进尺 /m	降斜效果/(°)		机械钻速 /(m·h ⁻¹)	邻井钻速 /(m·h ⁻¹)	提高 /%
						始	终			
方8	宝二段	斯伦贝谢	HJT537GK	2758.3~3492.7	734.40	2.90	0.10	3.89	1.46	166.44
方10	达一段、新安村组	斯伦贝谢	HJT537GK	1835.00~2574.7	739.70	5.80	0.10	2.89	1.69	71.01
方16	达连、河组	斯伦贝谢	HJT537GK	2137.3~3096.5	953.27	1.50	0.10	3.19	1.67	91.02
方403	宝一段、达二段	斯伦贝谢	M1665SR、HJT537G	2714.91~3120.00	405.09	7.46	0.23	4.36	3.07	42.02
方12	新+乌组	贝克休斯	M1665SR、SMD537X	1651.86~1815.05	163.19	2.71	0.21	3.73	2.37	57.38
方13	达一段、新+乌组	贝克休斯	HJT637GH	3155.16~3815.08	659.92	10.05	0.25	1.42	1.31	8.40
方15	宝一段、新安村组	贝克休斯	HJT517GH、HJT537GK	937.97~2384.45	1439.63	3.54	0.19	5.67	3.56	59.27
方19	富锦组、基底	贝克休斯	LM517GK、HJT537GH、HJT537GK、SMD537X	586.02~1892.66	923.19	4.13	0.16	2.67	2.54	5.12
方21	宝三段、新安村组	贝克休斯	HJT537GK、G506、M1665SR、SMD537X	1632~4007.7	1403.36	9.27	0.17	2.74	2.62	4.58
方22	宝二段、达一段、乌云组	贝克休斯	M1665SR、SMD537X、B619E、HJT537GK	1447.45~3156.19	1708.74	6.20	0.30	4.80	3.02	58.94

架内,成孔管与拔管架焊接;

(2)将夯管锤朝外打,借助拔管架拔出成孔管;

(3)打出一根成孔管,即从焊接部位割下一根成孔管,重新将拔管架与再下一根成孔管焊接,直至拔完为止。

4.9 封孔成井

(1)在成孔管拔出后,即要进行封孔作业;

(2)采用水泥砂浆注浆封井,注浆时将注浆管插入井管外环状间隙后进行封口;

(3)浆液用砂浆搅拌机搅拌均匀,浆液初凝前用完,注浆管路保持畅通。

4.10 洗井

注浆工作完成后,在水泥砂浆凝固前,立即在井管中插入0.5 in(Ø12.7 mm)水管至花管5~8 m,注清水洗井。首先将井内的砂浆冲出井外。待水清后,再将水管继续插到井底注水,注入的水自井口流出,水清为止。

5 施工效果

5.1 夯管锤成孔工艺的地质适应性

气动夯管锤作为非开挖敷设管线的新型设备,具有工艺先进、施工程序简便、施工周期短、质量好、投资小等优点。根据实际施工情况,孔深0~30 m打入较快,随着深度的加深,摩阻力的增大,速度逐渐变慢。但在进入库区矿浆层时,摩阻力增加不大,湿润的土体进尺较快。土体中的石块对打入速度有一定的影响,有较小石块时可以通过,但是石块较大时很难通过。所以,该工艺不适合孔比较深且块石含量大的地层,也不适合卵砾石地层。

(上接第37页)

0.22°,平均机械钻速达到3.19 m/h,比邻井提高了23.64%,均取得了很好的防斜、纠斜和提速效果。

4 结论

(1)方正地区最易发生井斜为宝一段和新安村+乌云组地层,钻进过程中要特别注意防斜。

(2)优化设计出了适应方正地区易斜层位的防斜、纠斜钻具组合,同时应用复合钻井技术,达到了提高钻井速度的目的。

(3)应用垂直钻井系统,取得了很好的防斜、纠斜以及提速效果。

5.2 施工效果

在本项目施工中,设计5个孔共400 m。实际完成423.2 m,纯钻进时间124 h,平均时效3.41 m/h。施工技术统计见表2。

表2 仰斜式排水孔钻进统计

孔号	孔深/m	纯钻时间/h
1	88.5	34.22
2	86.3	32.25
3	84.3	29.27
4	81.7	27.27
5	82.5	28.45

6 结语

通过夯管锤成孔施工这一新型工艺在玛曲县格尔珂金矿矿山地质环境恢复治理二期工程中的应用,成功并完成了5个仰斜式排水孔的施工任务,为我单位掌握坝体地质条件复杂、软弱夹层内施工仰斜式排水孔积累了实践经验,取得重要的技术参数,为该工艺的推广使用积累了经验。

参考文献:

- [1] 张建.非开挖导向钻进浅层水平井施工实践[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2010,37(2).
- [2] 黄辉.镜屏一级电站尾水调压室大角度上仰锚索施工[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2009,(2):55-56.
- [3] 颜纯文.非开挖管线施工技术的发展及我国对策[J].探矿工程(岩土钻掘工程),1998,(2,3).
- [4] 孙丙伦.应用气举反循环钻进工艺成功解决钻井施工疑难问题[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2007,36(6).
- [5] 刘永杰,古凤林,刘彦林.岩土灌浆技术在滑坡治理中的应用[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2010,37(3):66-70.

参考文献:

- [1] 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.
- [2] 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.
- [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] 潘仁杰.螺杆钻具控制井斜的理论分析与应用研究[D].四川成都:西南石油学院,2003.
- [5] 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.