

深井钻井提速技术研究

王亚东*

(大庆钻探工程公司钻井四公司, 吉林 松原 138000)

摘要:松辽盆地深部地层含有较为丰富的天然气资源,但松辽盆地的地温梯度高、深部地层的岩石可钻性差的问题影响了地下天然气资源的经济高效开采。为了提高机械钻速降低油田开发成本,针对不同深井的地质特点,针对单井的每个开次制定相应的提速技术施工方案,不断的总结完善,取得了良好的深井提速效果。

关键词:钻井提速;优快钻井;徐深气田

中图分类号:TE2 **文献标识码:**A **文章编号:**1004-5716(2023)08-0048-04

为了高效开采油田的深部油气资源,提高机械钻速降低开发成本,大庆钻探针对不同深井的地质特点,对单井的每个开次制定了相应的提速技术施工方案^[1-2],本文以X深平1井为例进行了深井钻井提速技术分析研究。

X深平1井是一口风险探井。该井设计井深4746m,水平段长1500m。各工序施工难点较多,三开后实施近平衡钻井,深层岩性变化大、气藏复杂,气藏压力系数变化较大,需要根据实钻情况调节钻井液密度、粘度等参数,既要做到保护气层,又要保证钻井施工顺利进行。通过应用综合提速措施,该井取得了较高的机械钻速,比设计提前5.5d完钻,为深部地层优快钻井提供了技术参考。

1 X深平1井基本情况

1.1 X深平1井地质情况

X深平1井位于松辽盆地,为一口侧钻水平井,根据邻井钻探成果及地震解释成果,本区深层自上而下揭示的地层为白垩系下统泉头组、登娄库组及基底部分地层。从已有地震资料上看,该井将于青二、三段约1540m钻遇断层,施工时要注意防止井斜、井漏等工程事故的发生。深层致密地层注意防卡、防钻具失效;加强预防火山岩段井漏、井塌,应做好钻井预案,钻探过程中同时预防卡钻;进入目的层按规程做好井控工作;目的层裂缝发育,钻井过程中应做好防漏、堵漏预案,同时预防井漏后诱发井喷。该井储层含有CO₂气体,应预防CO₂气体腐蚀和对环境的影响。三开后深层气藏地层压力预测可能存在误差,要求现场根据实钻情况

调节钻井液性能,即要做到及时发现、保护气层,又要保证钻井施工顺利进行。

1.2 X深平1井井身设计

该井设计井深4746m,实际完钻井深4746m,目的层和完钻层位均为基底。该井为三开井身结构,其中一开完钻井深为300m,钻至四方台组,钻头尺寸为444.5mm,固井水泥浆反至地面;二开设计井深为2750m,钻至登四段,钻头尺寸为275mm;三开设计井深为4746m,钻至基底,钻头尺寸为215.9mm。

1.3 X深平1井井眼轨迹设计

X深平1井设计轨道剖面节点数据见表1。

2 提速技术研究

2.1 一开施工提速情况

一开表层主要提速技术措施:①配制的钻井液膨润土浆,在开钻前应提前充分水化,从而使其性能更为优良;②表层施工的钻压控制在20~40kN范围内,转数控制在50~90r/min内,要确保井眼垂直,不能为了抢进尺随意加大钻压和转盘转速;③接单根时要遵循早开泵晚停泵的技术措施,防止漏失和坍塌掉块情况的发生;④起钻时速度要慢,起钻过程中连续灌注钻井液,从而确保井壁稳定;⑤完钻后要充分循环洗井,从而确保井筒内的岩屑清除干净;⑥完钻后可视情况进行通井作业,保障套管可以顺利下入到底。

按照设计,该井表层(0~300m)使用444.5mm PDC钻头,使用塔式钻具组合。表层实钻参数为:钻进时间5h、平均机械钻速60m/h、钻压20~40kN、泥浆泵排量62L/s、泵压5MPa、钻井液密度1.08g/cm³、钻井液漏斗粘度48~52s。

* 收稿日期:2022-03-15

作者简介:王亚东(1970-),男(汉族),辽宁辽阳人,工程师,现从事钻井技术研究和钻井生产管理工作。

表1 X深平1井设计轨道剖面节点数据

序号	说明	测深(m)	井斜角(°)	垂深(m)	视平移(m)	井眼曲率[(°)/30m]
1	侧钻点	2653.40	2.68	2652.85	19.10	0.000
2		2657.00	3.00	2656.45	19.28	2.667
3		2677.00	3.00	2676.42	20.33	0.000
4	第一造斜段	3000.72	54.14	2951.39	169.20	4.741
5	稳斜段	3030.72	54.14	2968.97	193.36	0.000
6	第二造斜段	3186.05	78.00	3031.57	334.04	4.741
7	A靶点	3215.83	80.98	3037.00	363.32	3.000
8	B靶点	3541.06	79.94	3088.00	684.52	1.500
9	C靶点	4382.38	83.75	3235.00	1512.84	1.500
10	D靶点	4745.06	83.75	3274.50	1873.37	0.000
11		4746.00	83.75	3274.60	1874.30	0.079

该井表层钻速与临井对比情况见表2。从表2数据可知,该井的表层实际机械钻速达到了60m/h,超过设计钻速30m/h和临井的19.94m/h,比设计提前了0.47d完钻,说明制定的提速方案取得了一定的效果。

表2 X深平1井表层实钻情况对比

井号	完钻井深(m)	钻速(m/h)	一开周期(d)
邻井	309	19.94	8.58
X深平1井设计	300	30	5.5
X深平1井实钻	300	60	5.03

2.2 二开施工提速情况

在钻头、提速工具和钻进参数优选方面:二开选取

19mm复合片315mm的PDC钻头钻至泉二段,泉二段以下选取311.2mm的PDC钻头配合液动旋冲工具;钻进过程中排量保持在68L/s左右,确保返砂彻底;每钻进一个立柱进行一次划眼作业,从而保证井壁稳定。

在钻井液体系统性能优化方面:将使用的钻井液体系的密度控制在1.10~1.55g/cm³,漏斗粘度控制在45~56s,固相含量控制在13%以内,API失水控制在4mL以内;二开开钻前保证配制的钻井液得到充分的剪切循环,确保钻井液性能达到要求;进入葡萄花油层50m前根据地层情况对钻井液的密度做适当调整,避免油气侵现象的出现;二开钻进过程中,保证四级固控的有效使用,保证振动筛布的目数达到120目,充分去除有害固相。二开实际施工所用的钻井参数见表3。

表3 X深平1井二开实钻参数

钻进井段(m)	进尺(m)	钻时(h)	钻速(m/h)	钻压(kN)	转速(r/min)	排量(L/s)	密度(g/cm ³)	粘度(s)
300~1190	890	39.26	22.67	20~40	90~130	68	1.10	45~53
1190~2750	1560	102.49	15.22	80~140	90~130	68	1.55	48~56

该井二开在300~1190m部分的井段机械钻速较快,达到22.67m/h,而随着地层的加深,岩石硬度增大,在1190~2750m井段,机械钻速下降为15.22m/h,该井段机械钻速下降的主要原因是岩石可钻性差和钻头的持续磨损。二开井段总的平均机械钻速为17.28m/h,高于临井的9.10m/h,但低于设计机械钻速25m/h,二开完钻周期也超出设计周期3.89d。说明在二开井段的施工方案还需要进一步进行调整。

2.3 三开施工提速情况

2.3.1 三开导眼

三开导眼段钻进井段2750~3250m,在导眼段钻遇

层位登娄库组,地层岩性以泥岩、粉砂质泥岩、紫红色泥岩为主。该段施工难点为泥岩吃入较困难。根据地层特点,钻头选择215.9mmJKP-6 SD6648V平面齿钻头,并使用液动旋冲工具帮助提高机械钻速,螺杆选用1.5°,确保完成直井段后可以造斜段钻进。

三开导眼段使用液动旋冲工具作为提速工具,钻具为:∅215.9mmBIT×0.35m+液动旋冲×1.65m+∅178mmDC×9.46m+∅214mmSBT×1.6m+∅178mm×0.5m止回阀+∅178mmDC×18.93m+∅165mmDC×112.76m+∅127mmHWDP×139.69m+∅139.7mmDP。主要的施工参数为:转盘转速80~90r/min、泵压15~

18MPa、泥浆泵排量为35~37L/s、钻压为85~125kN、钻井液粘度50~65s、钻井液密度1.15~1.20g/cm³。

三开导眼段所钻地质分层位于基底,地层为碎裂花岗岩,纯钻时间为142h,共计进尺500m,平均机械钻速为3.52m/h,好于临井同层位2.86m/h的评价机械钻速,低于设计的3.80m/h。

2.3.2 三开造斜情况

造斜段2657~3215m,自井斜1.2°钻进,钻遇层位登四段、登三段、基底。施工难点为基底地层花岗岩研磨性强,钻头吃入困难,造斜时工具面不稳,基底含砾石对钻头冲击破坏强。根据岩性和施工特点,钻头选用抗冲击性能好和稳定性强的215.9mm非平面齿PDC钻头;螺杆选用1.5°,提高造斜能力;仪器选用MWD,提高探层能力。三开钻具组合为:∅215.9mm钻头×0.35m+∅172mm旋冲螺杆×7.94m+∅178mm止回阀×0.5m+∅178mmNMDC×19.1m(MWD)+∅172mm悬挂接头×0.95m+∅127mmHWD×279.55m+∅139.7mmDP。

三开造斜段所钻目的层为基底,地层岩性为碎裂花岗岩,三开总进尺558m,总纯钻时间307.5h,机械钻速1.81m/h,由于造斜段采用定向钻进所以机械钻速相对较低。三开造斜段的实钻情况见表4。

表4 三开造斜段实钻情况

项目	参数	项目	参数
水眼	3×15°,6×12°	螺杆型号	7LZ172X7Y-3-1.5°
仪器	MWD	提速工具	旋冲螺杆
转速(r/min)	50	泵压(MPa)	17
泥浆比重(g/cm ³)	1.18	排量(L/s)	35
粘度(s)	57~60	钻压(kN)	50~100
所钻地质分层	基底	地层岩性	碎裂花岗岩
进尺(m)	392	纯钻时间(h)	171
机械钻速(m/h)	2.29	开泵时间(h)	201

2.3.3 三开水平段情况

水平段钻进井段3215~4746m,钻遇层位基底,岩性以紫灰色碎裂花岗岩为主,施工难点为花岗岩可钻性差对钻头冲击性强,水平段稳斜效果要求高。根据岩性和施工特点,钻头选用215.9mm复合钻头,提高钻头抗冲击性的同时不影响机械钻速;螺杆选用1°,提升水平段的稳斜效果,仪器选用MWD,提高探层能力。三开水平段使用的钻具组合为:∅215.9mm复合钻头×0.39m+∅172mm1°螺杆×8.56m+∅178mm止回阀×0.5m+∅172mm坐键接头×0.67m+∅178mmNMDC×9.46m

(MWD)+∅172mm限流阀×0.85m+∅127mmHWD×52.58m+∅139.7mmDP×1374.66m+∅127mmHWD×212.58m+∅139.7mmDP。三开水平段总纯钻时间420h,机械钻速3.30m/h。三开水平段的实钻情况见表5。

表5 三开水平段实钻情况

项目	参数	项目	参数
水眼	4×12°,2×14°	复合片	13mm
螺杆型号	1°	仪器	MWD
转速(r/min)	50	泵压(MPa)	20
泥浆比重(g/cm ³)	1.23	排量(L/s)	32
粘度(s)	57~60	钻压(kN)	120~160
所钻地质分层	基底	地层岩性	紫灰色碎裂花岗岩
进尺(m)	1387	纯钻时间(h)	420
机械钻速(m/h)	3.30	开泵时间(h)	235

3 提速分析

本井至4746m完钻,实际钻井周期191.5d,通过应用综合提速措施,该井取得了较高的机械钻速,比设计提前5.5d完钻,为大庆油田深部地层优快钻井提供了技术参考。

其中一开钻进周期对比纸上钻井节约0.12d,得益于开钻后大排量高转数钻进,减少了循环时间,提高了机械钻速。提前配好钻铤立柱,节约了接单根时间。

二开钻进周期为14.1d,钻井过程中有井壁剥落现象,将密度提至设计上限后剥落有所减缓;在二开钻进至1420m时,根据设计要求进入葡萄花油层前50m加重,由于即将钻开注水层,根据邻井注水压力及设计要求,全井密度由1.25g/cm³提至1.52g/cm³。

三开导眼设计井深3250m,实际井深3250m,实际共取机动芯五筒,取芯进尺共24.03m,芯长23.86m,取芯收获率99.29%。

三开施工中,花岗岩研磨性极强,且在水平段定向施工中钻压很难全部加在钻头上,给钻进施工带来了困难。造斜段所采用的牙轮钻头+螺杆导向的钻具组合,很好地控制了狗腿度,平滑地过渡到水平段。水平段优选复合钻头+1°螺杆以应对目的层紫灰色碎裂花岗岩,有效地增加了钻速,大大节约了钻进周期。并且每次起钻丈量扶正器外径,有磨损及时更换,很好地控制了井斜,减少了定向进尺,提高了机械钻速。

4 结论

(1)该井使用的提速措施主要有:在钻头优选的基础上使用恰当的钻具组合;在二开和三开井段使用液

动旋冲工具进行提速,在施工工艺方面使用适当的泥浆泵排量并及时进行划眼作业;在钻井液方面控制合理的钻井液密度、较低的固相含量、较强的润滑性、较低的失水并充分使用四级固控。

(2)地质方面的提速要点有:二开泉三段紫红色泥岩可钻性差,应该优选钻头并使用提速工具加快钻速;三开盖层可钻性差,钻头易磨损外径,控制好钻头使用时间,加强钻具及转换接头管理,按要求的使用时间及时更换;基底地层花岗岩研磨性强,钻头吃入困难,造斜时工具面不稳,基底含砾石对钻头冲击破坏强。

(3)本井实际钻井周期191.5d,通过应用综合提速措施,取得了较高的机械钻速,比设计提前5.5d完钻。

(4)针对不同深井的地质特点,对单井的每个开次制定相应的提速技术施工方案,通过不断的总结完善,可以取得良好的深井提速效果。

参考文献:

- [1] 冯定.涡轮钻具复合钻进技术[J].石油钻采工艺,2007,29(3):19-21.
- [2] 韩来聚,周延军,唐志军.胜利油田非常规油气优快钻井技术[J].石油钻采工艺,2012,34(3):11-15.

(上接第47页)

(3)本文介绍了“以堵为主,抑制水化,合理密度”为原则的裂隙页岩的防治措施。通过将压力转移试验与评估相结合的方法,优选出了一种具有较好效果的强封堵钻井液配方,并在气田中得到了成功的应用。

6 结论

(1)根据泥页岩的特点和钻井工艺的需要,钻井液具有良好的流动性、良好的封堵抗崩能力。具有较小的过滤能力,润滑性能好,能有效地阻止岩浆的水化和膨胀率,使井壁具有较好的稳定性。是当前较为理想的泥页岩地层钻探方案。

(2)在基本的油基钻井液中,合理地进行封堵材料的添加,既可以有效地进行页岩裂缝的封堵,同时能够有效地避免钻井液渗入,避免了页岩地层的软化和坍塌压力的上升,从源头保证了页岩钻井的井壁稳定。

(3)钻井工程密度窗口的选择需要结合邻井的实际施工情况和该区的勘探资料,密度窗口的选择要有合理的依据,尽量选择较大的密度进行钻进,可以最大限度地发挥钻井液的封堵能力,同时也能够最大限度地平衡地层压力。

参考文献:

- [1] 李茂森,尹雨红,范劲.防塌封堵剂对油基钻井液性能的影响及机理[J].当代化工研究,2022(2):60-63.
- [2] 郭鹏,彭波,崔海涛,吕波,李斌.吉木萨尔页岩油水平井油基钻井液封堵技术研究与应用[J].中国石油和化工标准与质量,2022,42(14):83-86.
- [3] 陈二丁,赵红香,张海青,邱春阳.页岩油合成基钻井液纳米封堵剂制备及评价[J].承德石油高等专科学校学报,2022,24(2):29-32.
- [4] 廖泰武,李坤豫,胡靖,王文进,胡友林.钻井液封堵剂高温高压封堵性能评价方法[J].科学技术与工程,2019,19(29):12-15.
- [5] 范白涛,何松,冯恒椿,周定照,邢希金,岳前升.可重复利用的水基钻井液及其在渤海湾油田应用[J].石油工业技术监督,2022,38(7):77-80.
- [6] 袁志平,景岷嘉,王宝刚.一种凸显水基与油基钻井液润滑性能差异性的室内评价方法[J].广东化工,2022,49(11):41-44.
- [7] 肖泮峰,冯学荣,温建泰,陈璐鑫,夏成宇.反相乳液聚合法制备钻井液抗温增黏提切剂及其性能评价[J].精细石油化工,2022,39(3):92-95.
- [8] 李庆超,程远方,邵长春.允许适度坍塌的水合物储层最低钻井液密度[J].断块油气田,2019,26(5):60-63.
- [9] 幸雪松,周长所,曹文科.高密度钻井液致地层坍塌机理分析[J].重庆科技学院学报:自然科学版,2021,23(5):22-24.