

松南气田大尺寸井眼定向优快钻井技术研究

杨以春

华东石油工程有限公司六普钻井分公司 江苏 镇江 212000

摘要: 在松南气田,为了提高深层火成岩气藏单井产量,东北油气分公司部署的水平开发井成为主流,但受腰英台区块目的层营城组易井漏等因素制约,该区块基本采用三开制井身结构施工,为了降低三开目的层施工难度同时满足水平井中靶要求,需要在311.1mm井眼进行定向钻进。本文重点介绍松南气田大尺寸井眼定向优快钻井技术,包括钻头优选、螺杆选型、钻具组合优化、轨迹控制措施和钻井液性能优化等。

关键词: 大尺寸井眼; 工具选型; 性能优化; 提速提效

1 前言

松南气田腰英台区块一直是东北油气分公司长岭断陷的主力区块,每年基本都会部署多口三开制水平开发井。松辽盆地地下白垩统营城组流纹岩是深层气藏开发的主力储层^[1],断陷层内主要为一套火山岩及碎屑岩沉积。

经多年开发,目的层营城组地层压力系数已降至0.7-1.0之间,单井产能持续下滑,为了压减钻井周期,实现降本增效,从2018年开始,东北局对井身结构进行优化调整,二开中完位置从泉头组底部调整至进入营城组10m,这就要求提前在二开311.1mm大尺寸井眼开始定向钻进才能在三开井段顺利中靶,致使二开施工难度大幅提高。

经统计,腰英台区块施工井二开定向段长度平均为468m,单只钻头平均进尺为108m,平均机械钻速为1.53m/h,最低机速仅1.13m/h,存在一定的提速空间。

2 施工难点

常规PDC钻头不适用于大井眼定向钻进。登娄库组含砾,抗压强度高达140MPa以上,常规PDC钻头工具面不稳定且容易崩齿,在肩部切削齿崩齿磨损后,造斜能力会明显下降,导致被动起钻更换钻头。

常规螺杆无法满足提速要求。腰英台地区二开井眼尺寸大,地层岩石抗压强度高,所需破岩能量大,常规螺杆钻具无法满足目前提速要求。

存在托压甚至粘卡现象。滑动钻进初期,造斜率常常无法满足设计要求,需要加压钻进,但加压钻进时易发生托压甚至粘卡,主要原因是螺杆扶正器尺寸306-308mm,几乎满眼,下压吨位偏大易发生粘卡。

井眼净化难度大。因在大尺寸井眼滑动钻进,钻柱持续贴在下井壁,环空条件差,钻进后期因泵压持续上涨抑制排量提升,不利于井眼净化。

对钻井液性能要求比较高。大尺寸井眼定向钻进时,裸眼段基本已达到2600-2900m,井温在106℃左右,

井壁稳定难度大,且中完原则是进入营城组10m,该地层易发生漏失。在同一开次,漏垮同存还要保证润滑能力,对性能要求高。

3 大尺寸井眼定向钻进配套技术

3.1 钻头优选及评价

针对提速提效问题,首先考虑的是优选钻头,以期在提高机械钻速的基础上增加单只钻头行程进尺。以往为了保证工具面稳定,确保造斜率达到要求,主要使用混合钻头进行定向钻进,但混合钻头存在机械钻速稳定、难以提高突破和牙轮存在使用寿命、容易落井的缺点,制约定向钻进提速。

在施工腰平27井之前,已多次尝试使用国产或进口PDC钻头和混合钻头对大尺寸井眼进行定向钻进,但效果并不理想。为了改善此情况,在腰平27、腰平28井两口井施工过程中,先后试用江钻产12 1/4"、型号为KSD1373DFGR的PDC钻头,哈里伯顿产12 1/4"、型号为GTD64Ds的PDC钻头。

3.1.1 优选江钻产PDC钻头

腰平27井优选江钻产KSD1373DFGR钻头,该钻头采用适应于中硬到硬地层的攻击性线型,使用7刀翼13mm三棱齿复合片切削结构,优化布齿技术,后倾角在10-20度之间;同时采用深排屑槽布置方位及优化水力结构,辅之高耐冲蚀性能的堆焊材料和先进的基体表面强化技术及双排齿设计,使钻头具有更好的水力效果和较长的使用寿命。

在腰平27井定向井段试用2只KSD1373DFGR钻头(表1),钻遇地层均为登娄库组,主要岩性是砂泥岩互层、含砾砂岩。第1只钻头施工期间,井斜从14.7°增加至34.1°,出井后钝钻头主要失效形式为PDC刀翼鼻肩部3-4级磨损,有崩齿,内锥轻微磨损,保径良好;第2只钻头从57.6°增加至77.5°,出井后钝钻头主要失效形式为PDC刀翼

鼻肩部2-3级磨损,存在崩齿,内锥轻微磨损,保径良好。

表1 江钻定向钻头使用情况

序号	井段/m	进尺/m	纯钻/h	机械钻速/(m·h ⁻¹)	钻压/kN	转速/rpm	排量/(L·s ⁻¹)	泵压/MPa
1	3447-3596	149	96.5	1.54	100-140	50+L	47	22
2	3596-3620	24	14	1.71	100-140	50+L	47	22
	3745-3874	128.96	66.5	1.94	100-140	50+L	47	22

从本井试用情况看,硬地层7刀翼定向PDC钻头12 1/4KSD1373DFGR应用效果较好,本口井平均进尺150.98m,机速1.71m/h,与本井的混合钻头进尺相当,机速提升20.42%,初步达到使用效果。后续改进方向,侧面肩部位置切削齿需提高抗冲击能力,在此基础上兼顾抗研磨能力,同时要适当减小后倾角增强攻击性以期提高机械钻速。

3.1.2 优选哈里伯顿产PDC钻头

依据腰平27井定向钻头实钻情况:部分切削齿存在崩齿,针对含砾登娄库组高压抗压强度地层,腰平28井优选哈里伯顿产GTD64Ds钻头,该钻头主切削齿采用13mm双倒角复合片,复合切削,锋利的第一倒角提升机械钻速,较钝的第二倒角提升切削齿寿命,具有更强的抗冲击性,但缺点是攻击性偏弱,考虑到攻击性偏弱,优选6刀翼对攻击性进行平衡,此款钻头更适用于高冲击软硬交错、可钻性差的地层。

该钻头出井新度较高,切削齿轻微磨损,但主切削齿明显钝化,保径齿有部分崩齿,且钻头出井前钻时已经变慢,证明地层吃入门限值极高,需要锋利的齿才能吃入地层。一般来说,切削齿一旦钝化,需要施加更大的钻压才能保持正常钻进,但在定向井段施工时,钻压过大可能会导致部分钻具弯曲造成井内接触点变多引起托压。

表2 哈里伯顿定向钻头使用情况

序号	井段/m	进尺/m	纯钻/h	机械钻速/(m·h ⁻¹)	钻压/kN	转速/rpm	排量/(L·s ⁻¹)	泵压/MPa
1	3594-3798	204	89	2.29	120-140	50+L	50	21

从上表可以看出,在钻井参数基本相同的情况下,GTD64Ds钻头的行程进尺达到204米,机械钻速2.29m/h,均为该区块大井眼定向钻进最好施工指标。但施工后期出现乏力,钻头起出后只是轻度磨损,后续选型应考虑吃入能力,切削齿选用抗研磨更高的齿维持锋利,保径部位可选用抗冲击与抗研磨更均衡的复合片。

3.1.3 钻头应用评价

机械钻速和钻头进尺是反映钻头性能的两个关键参数,钻头机械钻速越高,进尺越多,则提速提效能力越强。这两项技术指标只与所钻地层岩性、泥浆性能和钻头质量有关,在一定程度上可以体现钻头综合能力的优劣,而且具有非常好的长期稳定性。所以,可以用机械钻速与钻头进尺的乘积来评价钻头的使用效果。为了方便应用,特定义钻头使用效果指数(简称钻头效果指数)^[2]如下式(1):

$$R_F=(\Delta D \cdot V_m)^{0.2} \quad (1)$$

式中 R_F ——钻头效果指数;

V_m ——机械钻速, m/h;

ΔD ——钻头进尺, m。

经测算,江钻、哈里伯顿钻头的RF值分别为3.11和3.42,从使用效果指数看,首选哈里伯顿产GTD64Ds钻头,其次为江钻产KSD1373DFGR钻头。

3.2 螺杆及钻井参数优选

在以往施工井时,大尺寸井眼定向主要使用常规螺杆,平均机械钻速为1.53m/h,为了提高破岩能力,提高机械钻速,腰平27、腰平28井定向段选用两种大扭矩螺杆,包括达坦螺杆、江钻螺杆。两种螺杆的度数均为1.5°,扶正器尺寸均为 $\Phi 308$ mm,主要区别是工作扭矩、本体外径大小不同,达坦螺杆外径244mm、工作扭矩52180N·m,江钻螺杆外径216mm、工作扭矩39982N·m。

为了使螺杆应用对比数据相对准确,腰平27井两种螺杆对应使用的钻头都是江钻产KSD1373DFGR钻头(达坦螺杆对应第2趟)。腰平28井达坦螺杆对应使用的钻头是混合钻头,江钻螺杆对应使用的钻头为哈里伯顿产GTD64Ds钻头,因使用钻头不同,故不作对比。从下表4可以看出,在钻井参数基本相同的情况下,腰平27井江钻 $\Phi 216$ mm螺杆机械钻速较达坦提高12.3%,效率更高。但施工这两口井的基层队钻井泵都属于常规泵(35MPa),泵压和排量受到限制,两类螺杆的功效都未完全发挥,在后续施工中,建议逐步推进高压泵的使用范围。

表4 腰平27、腰平28井大尺寸井眼定向螺杆使用情况

井号	螺杆	井段/m	纯钻/h	机械钻速/(m·h ⁻¹)	钻压/kN	排量/(L·s ⁻¹)	泵压/MPa
腰平27井	达坦(第2趟)	3293-3447	108.5	1.42	120-140	47	22.5
		3447-3596	96.5	1.54	120-140	47	22.5
	江钻	3596-3874	160.5	1.73	120-140	47	22.5
腰平28井	达坦	3186-3594	189	2.16	100-140	50	20
	江钻	3594-3858	113	2.34	100-140	50	21

此外,腰平27井全井使用127mm常规钻杆,腰平28井使用部分(2400米)139.7mm非标钻杆,非标钻杆内径118.62mm,较常规钻杆大10mm,因此,腰平28井的钻进排量较邻井提高3L/s,泵压反而降低2MPa左右。对比两口井使用江钻螺杆期间的技术指标,在都使用PDC钻头时,腰平28井机械钻速较腰平27井提高35.26%。可见,在现有设备不发生变化的情况下,要提高139.7mm非标钻杆或常规钻杆的使用数量,提高井眼净化能力,因非标钻杆接头较常规小,井下安全系数高,推荐使用非标钻杆。

在现有设备基础上,推荐使用Φ216mm螺杆,配合部分139.7mm非标钻杆,基本能满足定向钻进施工需求。

3.3 钻具组合优化

根据以往施工经验,井底使用的钻铤基本为Φ165mm钻铤,本次大尺寸井眼定向钻进钻具组合调整为:Φ311.2mm钻头+1.5°Φ308mm扶正器(Φ216mm/Φ244mm)单弯螺杆+Φ203mm无磁钻铤+悬挂接头+Φ177.8mm钻铤*1根+Φ127mm加重钻杆*3根+Φ127mm钻杆*n根(变化值)+Φ127mm加重钻杆*33根+Φ127mm/Φ139.7mm钻杆*n根。

此组合结构简单,将无磁钻铤上部钻铤调整为7"钻铤,使底部钻具刚性得到提高,在定向钻进期间,既能满足钻压有效传递,也能满足4.5-5°/30m造斜率的要求。优选钻头时经常提到,定向钻进易托压,压力释放时,PDC复合片易受到冲击破坏,加上地层抗压强度高,对钻头的冲击损伤相当大,所以,钻压的有效传递对钻头行程进尺的提高作用明显。

但Φ244mm螺杆环空间隙偏小,井下发生阻卡的概率大、风险高,造斜钻进需要加压钻进,易发生粘卡,综合考虑后,一般不推荐使用。

3.4 钻井液性能优化

腰英台区块施工井大尺寸井眼定向段一般从泉头组底部开始,钻穿登娄库组,进入营城组地层20m结束,该井段的主要难点是登娄库组压力系数在0.77-1.11之间,营城组一般在0.5-0.7,登娄库组以上地层失稳及营城组漏失风险同存,地层温度达100℃以上,且定向钻进期间存在托压。针对以上难点,目前采用的钻井液体系主要为抗高温聚磺防塌钻井液,重点从过程与性能控制入手。

过程控制上,要用好振动筛等固控设备,尽可能使用高目数筛布,严格控制无用固相,根据需要间歇使用离心机,以“净化”保“优化”;其次,要求斜井段100-150m短起下一次,保证上部井眼畅通;同时要优化轨迹,控制合适的造斜率(5.5°/30m以内),防止造斜率偏

高引起起下钻困难;此外,为了防止进入营城组过多发生失返性漏失,要强化和地质方沟通,卡准地层,严格控制进入营城组深度,但也不能进入太少,若二开中完未有效封隔登娄库组、营城组界面,三开钻进时钻井液密度一般低于1.12 g/cm³,界面易发生垮塌造成卡钻。

性能控制上,层流和紊流都不利于岩屑的携带,改型层流有利于岩屑携带,使井眼净化,对井壁的冲刷较轻,这就要求动塑比在0.34-0.48的范围^[3]。依据施工经验,要控制好钻井液失水≤4ml,及时调整合适的比重1.26-1.30 g/cm³,保持井壁稳定,提高钻井液抑制防塌能力,做好井眼清洁工作;同时,要增加聚合物、磺化材料用量,提高抗高温能力,使性能更稳定、可控;此外,为了降低摩阻、改善润滑效果,控制摩阻系数≤0.08,要调整润滑剂加量,使含油量保持在2%以上,还可以使用部分石墨粉降阻;最后,为了降低界面卡层漏失风险,可视情况加入适量超细碳酸钙进行封堵。

4 结论与建议

(1)大尺寸井眼定向用PDC钻头肩部切削齿选用抗研磨更高的齿维持锋利,保径部位可选用抗冲击与抗研磨更均衡的复合片,内锥部分选用抗冲击能力更强的复合片防止崩齿。

(2)目前正在推广使用大扭矩螺杆,但要充分发挥螺杆功效,需要高压泵及高压循环管汇支持。为改善水力参数,积极引入使用139.7mm非标钻杆,增加水眼内径,降低循环压耗。

(3)底部钻具组合常规钻铤尺寸优化为7",提高钻具刚性,利于钻压有效传递,减轻托压现象。

(4)定向钻具组合中,可以加入排量满足螺杆要求的水力振荡器,强化钻压有效传递,避免钻头早期失效,延长使用寿命。

(5)在硬件设备能力提升的情况下,持续探索大扭矩螺杆使用效果,并对螺杆外径尺寸进行优选,确保井下安全。

参考文献

- [1]安天下.惠民凹陷商741地区古近系火成岩储层特征研究[硕士论文].山东青岛:中国石油大学(华东),2011.
- [2]邹德永,黄勇,刘笑傲,潘龙.顺北一区V号断裂带北部二叠系地层破岩工艺评价与优化[R].乌鲁木齐:中石化西北油田分公司,2019.
- [3]陈庭根,管志川.钻井工程理论与技术[M].山东东营:中国石油大学出版社,2006.