

准西乌苏区块优快钻井液技术

邱春阳,王 伟,秦 涛,郝泽君,肖林通,司贤群

(中石化胜利石油工程有限公司 钻井工艺研究院,山东 东营 257000)

摘要:通过对准西乌苏区块施工中易发生的复杂情况进行分析,制定了井壁稳定钻井液技术对策,研发了聚胺微纳米封堵防塌钻井液体系。该体系抑制性强,封堵性好;在乌苏区块10口井现场应用中井壁稳定,井身质量好,钻完井作业顺利,取得了优快钻井的良好效果。

关键词:乌苏区块;聚胺;微纳米封堵;井壁稳定

中图分类号:TE254 **文献标志码:**A **文章编号:**1673-8020(2021)04-0379-06

准西乌苏区块位于准噶尔盆地西部隆起车排子凸起,是中石化西部新区增储上产的新阵地,油气储藏埋深约2500 m。前期勘探过程中,先后使用聚合物钻井液体系和聚合醇防塌钻井液体系钻进,由于钻井液体系抑制性差,封堵能力薄弱,施工过程中复杂情况不断发生,致使钻完井周期长,严重滞缓该区块的勘探与开发进程。随着钻井液技术的发展^[1-3],新型聚胺类钻井液处理剂^[4]被研发,由于其强效抑制性而得以应用。其中,在巴喀地区进行了胺基聚醇钻井液现场试验^[5],解决了下侏罗系煤层及碳质泥岩的坍塌问题;在塔河油田都护4井三开井段进行了聚胺钻井液应用^[6],解决了大段复杂膏泥岩段泥页岩水化膨胀造成的井壁失稳和缩径问题;在RM19井进行了聚胺聚合物钻井液现场应用^[7],对推覆体地层进行了有效封堵,抑制了软泥岩的膨胀分散;在胜利渤南区块进行了聚胺钻井液现场应用^[8-9],解决了油页岩及软泥岩地层的井壁失稳难题。本文将聚胺钻井液在准西区块进行现场应用,以期取得较好的应用效果。

1 区块地质工程概况

准西乌苏区块位于准噶尔盆地西部隆起车排子凸起,区块地层自上而下发育西域组、独山子组、塔西河组、沙湾组、古近系和石炭系。区块设

计采用三开制井身结构施工。先采用 $\Phi 660.4$ mm钻头钻至井深20 m,下入 $\Phi 508.0$ mm导管,建立井口;一开采用 $\Phi 444.5$ mm钻头钻至井深约300 m,下入 $\Phi 339.7$ mm表层套管,封固上部松散地层;二开采用 $\Phi 311.2$ mm钻头钻至井深约1600 m,下入 $\Phi 244.5$ mm技术套管,封过古近系地层;三开采用 $\Phi 215.9$ mm钻头钻至设计井深完钻,下入 $\Phi 139.7$ mm尾管完井。

2 钻井液技术难点及原因分析

通过调研准西乌苏区块已完钻井工程施工及钻井液体系使用情况,对其复杂情况及发生原因进行了总结,具体如下:

1) 水侵。塔西河组发育两个水层,上部水层位于井深400~600 m处,下部水层位于井深900~1000 m处。钻井液遭受水侵后黏切降低,滤失量剧增。据统计,该区块有7口井在施工中钻井液遭受过水侵,被迫放掉污染钻井液近300 m³;更严重的是,钻井液遭受水侵后,滤失量剧增,裸眼井段受浸泡后坍塌严重,致使井径扩大率超标。造成水侵的主要原因是地层压力认识不清,施工中钻井液液柱压力不能平衡地层孔隙压力,造成地层水溢出。另外,施工中使用的钻井液体系抗水侵能力差,致使钻井液遭受水侵后流变性恶化,加剧井壁失稳。

2) 缩径。沙湾组上部地层含有棕红色和灰黄色泥岩。泥岩中黏土矿物含量高,吸水后膨胀分散,形成小井眼,造成起下钻遇阻卡,被迫划眼,延长钻完井周期;岩屑在环空上返过程中水化分散在钻井液中,造成钻井液体系黏切增高,流变性变差。如果不及时处理钻井液,高黏切钻井液在环空流动过程中会吸附在井壁上,形成长井段小井眼,迫使复杂情况加剧。通过调研分析,前期施工中使用聚合物防塌钻井液体系,通过聚合物大分子物理包被作用防止黏土矿物水化分散,不能解决岩屑的水化问题;之后在钻井液中加入聚合醇抑制剂,在一定程度上增加了钻井液体系的抑制性,但未能彻底解决岩屑的水化分散问题,因此缩径现象时有发生。

3) 井塌。古近系和石炭系之间存在不整合面,不整合面处地层胶结强度低,破碎性强。钻井液滤液侵入不整合面,造成其中的黏土矿物水化,致使岩石胶结强度降低,在钻具振荡等外力作用下坍塌。通过对前期复杂井施工中所使用的钻井液体系进行分析,该体系使用常规封堵剂对地层进行封堵,封堵剂尺寸大,只能对地层中相应的孔隙和裂缝进行封堵,而对于地层中微纳米级的孔隙和裂缝不能有效封堵,滤液在压差作用下渗入,致使井壁坍塌。

4) 井漏。石炭系火成岩地层孔隙及微裂缝发育,施工中易发生井漏。据不完全统计,乌苏区块已完钻井中有8口井在石炭系发生井漏,轻者渗漏,重则单井漏失钻井液几十方。产生漏失的直接原因是钻井液液柱压力大于地层孔隙压力或破裂压力;间接原因是在地层发生漏失后没有及时采取有效的堵漏措施。前期钻探中对地层压力系数认识不清,为了井控安全,使用的钻井液密度大,致使压漏地层。另一个间接原因是起下钻速度过快,高黏切钻井液产生的环空压耗过大,压漏地层,发生井漏。

3 井壁稳定钻井液技术对策

通过分析准西乌苏区块井壁失稳的原因,制定了相应的井壁稳定钻井液技术对策。

1) 针对水侵,一是施工中控制合适的钻井液密度,保证钻井液液柱压力平衡地层孔隙压力,保持钻井液液柱对地层的正压差;二是确保钻井液

体系具有一定的容水限,使钻井液具有一定的抗水污染能力。

2) 针对缩径,首先优选高效抑制剂,增强钻井液体系的抑制性,防止黏土矿物水化膨胀;其次,施工中合理控制钻井液密度,保持井眼内的压力平衡;最后,适量加入液体润滑剂,提高钻井液体系的润滑性,保证起下钻畅通无阻。

3) 针对井塌,必须保证钻井液的封堵性。通过优选微纳米尺寸封堵剂,使钻井液在井壁上能够形成薄、韧且致密的泥饼,既能封堵大的孔隙和裂缝,又能有效封堵微纳米级孔隙和裂缝。其次,钻遇不整合面时,适当提高钻井液密度,通过钻井液液柱径向支撑平衡地层坍塌压力,保持井眼内的力学平衡。最后,注意起下钻速度,防止起下钻速度过快而引起过大的激动压力,从而造成井壁坍塌。

4) 针对井漏,首先在保证井控的前提下,根据地层孔隙压力、坍塌压力和破裂压力合理控制钻井液密度,防止压漏地层。其次,调整钻井液黏切,保持钻井液良好的流变性,防止黏切过大造成环空压耗过大而压漏地层。最后,钻进石炭系之前,提前加入随钻堵漏剂,封堵地层大的裂缝和孔隙,防止井漏。

4 钻井液体系研究

4.1 钻井液体系配方

针对准西乌苏区块地层岩性及钻井液技术难点,通过优选钻井液处理剂,形成聚胺微纳米封堵防塌钻井液体系,配方如下:

3.0%~5.0%膨润土、0.2%~0.4%烧碱 NaOH、0.3%~0.5%聚丙烯酰胺 PAM、0.5%~1.0%胺基聚醇、1.5%~3.0%磺化酚醛树脂 SMP-1、2.0%~4.0%抗盐抗钙降滤失剂、3.0%~5.0%多级封堵剂、0.5%~1.5%双膜承压剂和2.0%~4.0%井壁稳定剂。

4.2 钻井液体系性能评价

4.2.1 流变性能评价

按照配方配制不同密度的聚胺微纳米封堵防塌钻井液体系,在150℃温度下热滚老化16h,测量其流变性,实验结果见表1。

表1 钻井液流变性能评价

Tab.1 Evaluation of rheology property

密度/($\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$)	实验条件	塑性黏度/($\text{mPa} \cdot \text{s}$)	动切力/ Pa	静切力/ Pa		滤失量/ mL		pH
				10 s	10 min	API	HTHP	
1.04	室温	17	7.0	1.5	4.0	2.6		9.0
	老化后	18	8.5	2.5	9.5	3.0	12.0	9.0
1.20	室温	27	8.5	2.5	5.0	2.0		9.0
	老化后	25	8.0	3.5	11.5	2.6	11.8	9.0
1.50	室温	30	9.0	3.0	6.0	1.8		9.0
	老化后	32	12.0	5.5	13.5	2.4	9.6	9.0

从表1可以看出,随着钻井液密度提高,其固相含量增加,钻井液中固相与固相摩擦及固相与液相的摩擦增加,导致钻井液塑性黏度和切力增大。但钻井液老化前后流变性变化不大,说明钻井液高温后流变性能稳定;加重剂加入钻井液体系后,构成泥饼的颗粒粒度重新组合,对泥饼孔隙进行了有效封堵,泥饼变得更致密。因此,随着钻井液密度的增加,钻井液的滤失量逐渐降低,同时说明钻井液体系抗温性好,能够满足钻井工程需求。

4.2.2 抑制性能评价

采用岩心膨胀实验和抑制岩屑分散实验,对聚胺微纳米封堵防塌钻井液的抑制性进行了考查,实验结果见表2。

表2 抑制性能评价

Tab.2 Evaluation of inhibition property

实验介质	16 h 岩心膨胀高度/ mm	岩屑回收率/%
聚合物钻井液	3.95	65.7
聚合醇防塌钻井液	2.05	78.7
聚胺微纳米封堵防塌钻井液	0.82	90.5

由表2可知,与聚合物钻井液和聚合醇防塌钻井液相比,聚胺微纳米封堵防塌钻井液体系的抑制性最强。由于体系中的胺基聚醇^[10-11]分子能够吸附在黏土颗粒上,其独特的分子结构能够使其固定在黏土晶层之间,阻止水分子进入黏土片层中,从根本上抑制了泥页岩的水化膨胀。

4.2.3 封堵性能评价

采用直径为60~80目的石英砂,经过加压后模拟地层孔隙和微细裂缝,加入各种实验介质,固定后加压0.69 MPa,检验钻井液体系的封堵能力,实验结果见表3。

表3 封堵性能评价

Tab.3 Evaluation of formation sealing property

实验介质	侵入深度/ cm		高温高压滤失量/ mL
	15 min	60 min	
聚合物防塌钻井液	2.4	7.6	18.0
聚合醇防塌钻井液	1.8	4.3	15.4
聚胺微纳米封堵防塌钻井液	1.3	1.6	11.2

从表3可以看出,聚胺微纳米封堵防塌钻井液高温高压滤失量只有11.2 mL,并且加压15 min与60 min后侵入砂床的深度相差不大,说明聚胺微纳米封堵防塌钻井液封堵能力强。因为多级封堵剂^[12-14]中的微纳米级配粒子能够封堵地层不同直径的孔隙和裂缝,而双膜承压剂中的柔性粒子能够封堵地层不同形状的孔隙和裂缝,二者协同作用,能够在井壁上快速形成封堵带,阻止钻井液滤液向地层渗入,进而保持井壁稳定^[15-16]。

4.2.4 抗水污染性能评价

按照聚胺微纳米封堵防塌钻井液体系配方配制密度为 $1.50 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ 钻井液作为基浆,分别加入不同体积的水,150℃下老化16 h,测量钻井液的流变性,检测体系的抗污染能力,结果见表4。

表4 抗水污染性能评价

Tab.4 Evaluation of water resistance property

项目	实验条件	塑性黏度/($\text{mPa} \cdot \text{s}$)	动切力/ Pa	静切力/ Pa		滤失量/ mL		pH
				10 s	10 min	API	HTHP	
基浆	室温	30	9.0	3.0	6.0	1.8		9.0
	老化后	32	12.0	5.5	13.5	2.4	9.6	9.0
基浆+5%水	室温	28	8.0	3.0	5.5	2.0		9.0
	老化后	27	7.0	4.5	12.0	3.6	10.6	9.0
基浆+10%水	室温	24	6.0	2.5	4.0	3.4		9.0
	老化后	22	5.5	3.0	8.0	4.6	12.8	9.0

由表 4 可知,钻井液被水侵入后,钻井液中固相与固相及固相与液相的摩擦几率减小,因此钻井液的黏切降低;从钻井液体系老化前后看,老化后的钻井液体系塑性黏度和动切力降低,但是老化后大分子伸展,形成网状结构的能力增加,静切力增加,但幅度不大,并且钻井液流变性依然良好,表明聚胺微纳米封堵防塌钻井液体系抗水污染能力强。

5 现场应用

5.1 现场钻井液施工工艺

聚胺微纳米封堵防塌钻井液体系在准西乌苏区块二开井段进行了应用,现场钻井液施工工艺如下:

1) 采用 8.0% 膨润土浆开钻,钻完进尺后,配制漏斗黏度大于 60 s 的稠浆用于封井,确保下套管顺利。

2) 二开开钻前,在套管内循环钻井液,按照配方低限逐渐加入各种处理剂,待钻井液性能符合设计要求后开钻。

3) 钻进过程中均匀加入胶液维护钻井液性能,抑制地层黏土矿物水化膨胀,胶液由 0.3% 烧碱 NaOH、0.45% 聚丙烯酰胺 PAM 和 0.5% 胺基聚醇配制而成;进入沙湾组,将胺基聚醇的含量提高到 1.0%,防止棕红色和灰黄色泥岩膨胀分散。

4) 钻井液滤失量控制在 5 mL 以内。塔西河组前,保证钻井液体系具有 10% 的容水限;沙湾组前,中压滤失量控制在 2 mL 以内;石炭系前,高温高压滤失量控制在 12 mL 以内,防止泥页岩水化膨胀,并有效保护储层。

5) 上部地层钻进中加入 0.5% 双膜承压剂,防止地层发生渗漏;古近系前,加入 2.0% 多级封堵剂和 1.0% 井壁稳定剂,并随着进尺的增加而补充其含量,有效封堵地层孔隙和微细裂缝,防止井塌;进入石炭系,加入 1.0% 随钻堵漏剂,封堵地层中大的孔隙和裂缝,防止井漏。

6) 钻进中钻井液密度控制在设计下限;进入塔西河组,提高钻井液密度到设计上限。进入古近系,在井控安全的前提下,钻井液密度控制在设计下限,防止井漏,并有效发现油气藏。

7) 钻井液流变性控制在低黏低切状态,适当冲刷井壁;沙湾组底部,适当提高钻井液的黏切,

利于携带岩屑及稳定井壁。

8) 钻进中严格执行短程起下钻制度,刮掉吸附在井壁上的虚厚泥饼,畅通井眼;注意起下钻速度,特别是在古近系和石炭系施工时更要注意,防止在起钻速度过快而致使不整合面垮塌,防止下钻速度过快压漏石炭系地层。

9) 合理使用固控设备。振动筛、除砂器和除泥器使用率达到 100%;钻井液密度提高后,开动离心机时,后面补充加重钻井液,保持钻井液流变性稳定。

10) 完钻后,进行短起下钻;下钻到底后充分循环,配制高黏切钻井液泵入井中,净化井眼;待振动筛无岩屑返出后,配制润滑封井浆(即井浆中加入 1.0% 磺化酚醛树脂 SMP-1、0.5% 双膜承压剂、1.0% 多级封堵剂和 0.5% 油基润滑剂),封闭整个裸眼井段,保证完井作业顺利。

5.2 应用效果

聚胺微纳米封堵防塌钻井液体系在准西乌苏区块 10 口井进行了现场应用,取得了良好的应用效果。

1) 抑制性好。聚胺微纳米封堵防塌钻井液体系抑制性强,解决了沙湾组地层泥岩水化膨胀导致的缩径难题,钻进过程中井壁稳定,起下钻顺畅。

2) 封堵能力强。钻井液体系封堵能力强,解决了不整合面地层破碎及石炭系火成岩坍塌导致的井壁失稳难题。

3) 钻完井作业顺利。应用聚胺微纳米封堵防塌钻井液施工的井电测一次到底,取芯作业顺利,下套管一次成功率均达到 100%。

4) 达到了优快钻井的效果。应用的 10 口井钻完井周期短,机械钻速高(见表 5);和前期已完钻 14 口井比较,平均钻井周期约降低 16.60%,平均机械钻速约提高 12.43%(见表 6),达到了优快钻井的效果。

6 结论及建议

通过对准西乌苏区块地质特点及钻井液技术难点进行分析,明确了该区块井壁失稳机理,研发了聚胺微纳米封堵防塌钻井液体系。该体系在乌苏区块 10 口井进行了现场应用,施工中井壁稳定,钻完井作业顺利,取得了优快钻井的良好

效果。

准西乌苏区块个别已完钻井施工中遭遇盐膏层和煤层,应该对聚胺微纳米封堵防塌钻井液体系配方继续进行优化,完善其性能,进一步增强其

抗污染能力。虽然该区块钻完井周期已缩短,但提速提效潜力巨大,应深入钻研,加快准西乌苏区块勘探开发进程。

表5 应用井钻完井时效

Tab.5 Time effect of drilling and completion well

井号	完钻井深/m	钻井周期/d	完井周期/d	机械钻速/($\text{m} \cdot \text{h}^{-1}$)	平均井径扩大率/%
苏1-平2井	1726.0	11.4	16.3	13.48	4.15
苏1-平3井	2042.0	15.3	18.4	17.16	6.54
苏1-7井	2100.0	11.8	20.9	11.49	4.16
苏13井	2300.0	34.5	56.3	6.93	7.83
苏1-斜12井	1920.0	11.3	17.3	7.06	0.26
苏1-18井	2070.0	24.8	26.9	11.42	4.43
苏1-20井	2010.0	13.0	15.4	18.27	5.15
苏19井	2290.0	10.6	16.1	23.02	8.47
苏131井	2757.0	43.4	66.0	7.46	4.11
苏132井	2080.0	46.4	63.6	12.09	6.38

表6 钻完井时效对比

Tab.6 Time effect comparison about drilling and completion well

项目	平均完钻井深/m	平均钻井周期/d	平均机械钻速/($\text{m} \cdot \text{h}^{-1}$)	复杂情况发生率/%
前期14口井	2089.0	26.68	11.42	6.5
应用10口井	2129.5	22.25	12.84	0

参考文献:

- [1] 张启根,陈馥,刘彝,等.国外高性能水基钻井液技术发展现状[J].钻井液与完井液,2007,24(3):74-77.
- [2] 邱伟娜,闫娜,叶海超.国外页岩气钻井液技术新进展[J].钻井液与完井液,2014,31(6):76-81.
- [3] 李午辰.国外新型钻井液的研究与应用[J].油田化学,2012,29(3):362-367.
- [4] 鲁娇,方向晨,王安杰,等.国外聚胺类钻井液用页岩抑制剂开发[J].现代化工,2012,32(4):1-5.
- [5] 周晓宇,赵景原,熊开俊.胺基聚醇钻井液在巴喀地区的现场试验[J].石油钻采工艺,2011,33(6):33-36.
- [6] 张瑜,张国,徐江,等.新型聚胺钻井液在都护4井泥岩段的应用[J].石油钻探技术,2012,40(6):33-37.
- [7] 胡进军,邓义成,王权伟.PDF2PLUS聚胺聚合物钻井液在RM19井的应用[J].钻井液与完井液,2007,24(6):72-76.
- [8] 邱春阳,吴晓文,秦涛,等.准噶尔盆地永进油田井壁稳定钻井液技术研究[J].鲁东大学学报(自然科学版),2015,31(4):375-379.

- [9] 邱春阳,周建民,王宝田.胜利渤南区块抗高温高密度聚胺钻井液技术[J].鲁东大学学报(自然科学版),2014,30(2):182-185.
- [10] 张浩.铝胺基钻井液在夏103-1HF井的应用[J].石油钻探技术,2013,41(2):59-64.
- [11] 张瑜,张国,徐江,等.新型聚胺钻井液在都护4井泥岩段的应用[J].石油钻探技术,2012,40(6):33-37.
- [12] 马成云,宋碧涛,徐同台,等.钻井液用纳米封堵剂研究进展[J].钻井液与完井液,2017,34(1):1-8.
- [13] 耿学礼,苏延辉,郑晓斌,等.纳米微球保护储层钻井液研究及应用[J].钻井液与完井液,2016,33(4):32-35.
- [14] 刘恩新,宋东勇,崔巨师,等.低渗透油田油层伤害机理及保护措施研究[J].断块油气田,2003,10(6):39-42.
- [15] 左兴凯.非渗透钻井完井液体系的研究与应用[J].石油钻探技术,2008,36(4):41-44.
- [16] 白小东,蒲晓林.水基钻井液成膜技术研究进展[J].天然气工业,2006,26(8):1-3.

The Drilling Fluid Technology with High Quality and High Speed in Wusu Block of Western Junggar Basin

QIU Chunyang, WANG Wei, QIN Tao, HAO Zejun, XIAO Lintong, SI Xianqun

(Drilling Technology Research Institute, Sinopec Shengli Petroleum Engineering Co., Ltd., Dongying 257000, China)

Abstract: The technology countermeasures about borehole stability was formulated after the reason of down-hole troublesome condition in wusu oilfield were analyzed. The poly-amine micro-nanometer plugging and anti-collapse drilling fluid was researched and developed. The drilling fluid had good inhibitive ability and high formation sealing ability. The drilling fluid was applied at ten wells in Wusu Block. The borehole wall was stable, the borehole quality was high and the target stratum was drilled smoothly. At last, the good result of excellent and fast drilling was achieved.

Keywords: Wusu Block; poly-amine; formation sealing with micro-nanometer particle; borehole stability

(责任编辑 李秀芳)

(上接第 378 页)

Abstract ID: 1673-8020(2021) 04-0374-EA

Influence of *Enteromorpha Prolifera* Green Tide on Marine Water Environment: Taking the Environmental Monitoring and Analysis of *Enteromorpha Prolifera* Green Tide in Haiyang in 2020 as an Example

WANG Dongliang, JIANG Wei, LI Feng

(Marine Environment Monitoring Center of Yantai, Yantai 264003, China)

Abstract: Since 2008, the green tide has landed in the southern sea area of Haiyang City every year, which has shown a normalized development trend. This paper analyzed the water quality monitoring data during the occurrence of green tide in Haiyang City in 2020. The impact of green tide on seawater quality in the initial, peak and final stages was studied, and the temporal and spatial variation characteristics of environmental factors before and after the occurrence of green tide was grasped, which provided data support when the relevant government departments formulate effective measures to deal with *Enteromorpha prolifera*.

Keywords: green tide; Haiyang City; water quality monitoring; environmental factor

(责任编辑 李维卫)