

加蓬 G4-188 区块钻井液技术难点与对策

金军斌 宋明全 鲍洪志 于玲玲 豆宁辉

(中国石化 石油工程技术研究院,北京 100101)

摘 要:加蓬 G4-188 区块存在表层严重漏失引起基础沉降、UPC 井段缩径严重阻卡、LPC 和 ANG 井段垮塌掉块扩径、地层承压能力分布不均引起的井漏等钻井液技术难点。为此,提出不同开次采用不同钻井液体系及不同工程技术措施的技术对策:一开采用加入随钻堵漏材料的高黏高切钻井液;二开采用强包被抑制性钻井液;三开采用抑制防塌钻井液;钻进坍塌掉块缩径井段采取防阻卡和防扩径技术措施;钻至预计漏层前采取防漏技术措施;钻进高压地层时采取控制流变性和膨润土含量的技术措施。这些技术措施在 SAWZ-5 井、SAWZ-6(2) 井和 SAWZ-7 井的现场施工中取得了良好的应用效果。

关键词:钻井液;井眼稳定;钻井液性能;加蓬;G4-188 区块

中图分类号:TE254 **文献标识码:**B **文章编号:**1001-0890(2010)05-0101-05

Gabon Block G4-188 Drilling Fluid Technology Difficulties and Countermeasures

Jin Junbin Song Mingquan Bao Hongzhi Yu Lingling Dou Ninghui

(Sinopec Research Institute of Petroleum Engineering, Beijing, 100101, China)

Abstract: There exist a lot of technical difficulties in Gabon Block G4-188, including foundation settlement caused by serious surface circulation lost, pipe stuck in UPC formation caused by tight hole, LPC and ANG section wellbore collapse and expansion, circulation lost caused by uneven distribution of formation loading capacity. Therefore, different drilling fluid systems and different technical measures for different well sections were proposed. Plugging materials were added to the high shear and high viscosity drilling fluid in first spud. Strong inhibition drilling fluid was used in second spud. Strong inhibition and anti-collapse drilling fluid was used in third spud. Anti-pipe-stuck and anti-wellbore-expansion techniques were used in section with hole shrinkage and slough problem. Anti-circulation-lost technique was used in circulation lost formation. When drilling high pressure formations, the bentonite contents and rheological property are controlled properly. All these measures were used in wells SAWZ-5, SAWZ-6(2) and SAWZ-7, and excellent results were obtained.

Key words: drilling fluid; hole stabilization; drilling fluid property; Gabon; Block G4-188

加蓬 G4-188 区块位于加蓬海岸盆地(Gabon Coastal Basin)北加蓬次盆中部,加蓬共和国西部第二大城市——让蒂尔港市(Port Gentil)东约 10~45 km 处,面积 1 240 km²。2008 年—2009 年 8 月,中国石化国际石油勘探开发有限公司(SIPC)在该区块钻探了 SAWZ-2 井、SAWZ-3 井、SAWZ-4 井等井,在 UPC(upper pointe clairette)组、LPC(lower pointe clairette)组、ANG 组地层均获工业油流。采用 SPE 标准初步估算,该区块 C1 级地质储量为 614×10⁴ t,加上 SM、GG-NT 的储量共 861×10⁴ t,圈闭资源量为 13.94×10⁶ t,具有广阔的勘探开发

前景。但 SAWZ-1 井、SAWZ-2 井、SAWZ-3 井、SAWZ-4 井和 SAWZ-6(1)井等井的钻井施工表明,该区块存在表层严重井漏、缩径阻卡、掉块垮塌、高密度钻井液流动性差等难题,导致多口井出现“大肚子”井段、SAWZ-4 井长时间划眼、SAWZ-6(1)井被

收稿日期:2010-05-25;**改回日期:**2010-08-24

作者简介:金军斌(1970—),男,山东茌平人,1996 年毕业于中国地质大学(武汉)探矿工程系钻探专业,2010 年获中国石油大学(华东)油气井工程专业工程硕士学位,高级工程师,主要从事钻井液技术研究和现场技术服务工作。

联系方式:(010)84988582, jinjb. sgky@sinopec. com

迫移井位、关键井段钻井液流变性难以控制等复杂情况,严重影响着井身质量,造成建井周期长。

为提高井身质量,缩短建井周期,需要分析该区块的钻井液技术难点,提出相应在技术措施。

1 地质概况及钻井液技术难点

1.1 地质概况

加蓬 G4-188 区块钻遇的地层自上而下依次为第四系、第三系、上白垩统的 PG 组、PC 组和 Anguille 组等多套地层。第三系主要分布于该区块的西南部,地层比较齐全,属于滨浅海相沉积,以泥岩为主夹细砂岩和粉细砂岩。PG 组地层的岩性主要为灰色、灰白色粗砂岩、细砂岩夹灰色粉砂质泥岩,总厚度 400~900 m。该地层的储集性能较好,是河流相的陆相碎屑岩。PC 组地层为碎屑岩沉积,厚度 600~1 100 m,根据砂岩和泥岩的集中段划分为 UPC 段和 LPC 段。UPC 段地层岩性为块状砂岩与泥岩略等厚互层,砂岩以细砂岩为主,砂泥岩比为 45%~60%,属于三角洲前缘沉积环境;LPC 段地层岩性为大套泥岩夹薄层砂岩,属于滨浅海沉积环境。Anguille 组地层厚度 320~1 000 m,岩性为一套深灰色、灰黑色的泥岩夹灰色、灰白色的粉细砂岩。属于浅海一大陆架沉积环境。

G4-188 区块钻探的主要目的层为上白垩统 Anguille 组、PC 组 LPC 段和 UPC 段地层。

1.2 钻井液技术难点

1.2.1 井眼失稳严重

G4-188 区块井眼失稳严重,主要表现在水敏性泥岩的水化膨胀缩径和硬脆性泥岩的水化剥落、掉块和坍塌两方面。这两种情况都可引起起下钻阻卡,甚至引起卡钻^[1-4]。如 SAWZ-1 井钻至井深 1 495.16 m,循环测斜后短程起下钻,在 1 350.08~1 185.00 m 井段遭遇严重阻卡,通过开泵上提、活动转盘、超拉 200~300 kN 才慢慢恢复正常。分析认为该井段软泥岩吸水膨胀缩径、钻头泥包,形成拔活塞现象。SAWZ-4 井钻至造斜点(井深 1 215.00 m),更换钻具组合下入定向钻具组合时,下钻划眼、修整井壁非常困难,耗时 69.5 h。

LPC 段和 ANG 井段地层垮塌掉块扩径。测井资料显示 SAWZ-1 井、SAWZ-2 井和 SAWZ-3 井 3 口井在 LPC 和 ANG 井段的平均井径扩大率达到

15.6%,出现多处“大肚子”井段。

1.2.2 井漏

由于 G4-188 区块地层承压能力分布不均,导致钻井液密度控制困难,多次引起井漏:SAWZ-1 井钻至井深 2 308.10 m 时,发现钻井液漏失,排量由 36.3 L/s 提高至 37.6 L/s,泵压由 18.2 MPa 降至 17.2 MPa,出口相对流量由 28.0%降至 7.5%,漏失钻井液 22.5 m³,平均漏速 18.4 m³/h;SAWZ-6 井一开钻进中发生 2 次钻井液有进无出的恶性漏失,导致被迫移井位的严重后果。

1.2.3 钻机基础塌陷

SAWZ-6(1)井施工过程中出现钻机基础塌陷事故。该井一开钻至井深 213.77 m(方余 1.0 m)时,突然发生钻井液有进无出的严重漏失。随后在起钻过程中发生井塌,导致井架底座、钻机底座地面塌陷。经地面初步观察测量发现,以井口为中心呈漏斗状凹陷下沉,下沉区面积为 13 m×13 m,波及整个井架底座及绞车底座部分接触地面,凹陷高低差大约 80 cm,导致井架两边底座内侧及绞车底座前面全部悬空,井架两边底座不均匀下沉,有 8 cm 的高低差。

2 钻井液体系优选及性能评价

2.1 优选钻井液体系

根据加蓬 G4-188 区块的地层特点和钻井液技术难点,通过大量的室内试验,优选出不同开次使用的钻井液体系。

一开,采用加入随钻堵漏材料的高黏切 CMC 钻井液体系,以钻穿松散弱胶结高渗易漏地层。

二开,采用强抑制钾铵基聚合物钻井液体系,以抑制水敏性泥岩水化膨胀缩径。其基础配方为 4.0% 膨润土 + 0.2% Na₂CO₃ + 0.3% KPAM + 0.5% CMC-LV + 1.5% NH₄PAN + 3.0% SPC-220 + 0.5% 液体润滑剂。

三开,采用聚合醇防塌钻井液体系,以控制硬脆性泥岩的水化剥落掉块,在钻进高压地层时通过合理控制膨润土含量和使用稀释剂调整钻井液的流变性。其基础配方为 3.0% 膨润土 + 0.2% Na₂CO₃ + 0.2% KPAM + 0.3% CMC-LV + 1.0% NH₄PAN + 3.0% SPC-220 + 3.0% PF-TEX + 2.0% 聚合醇 + 3.0% OSAMK + 2.0% 聚合醇 + 1.0% 液体润滑剂。

2.2 泥页岩滚动回收试验

采用 G4-188 区块钻屑在室内进行滚动回收试

验,结果见表 1。由表 1 可知,随着大分子包被抑制剂和防塌主剂的加入,钾铵基聚合物钻井液体系和聚合醇防塌钻井液泥页岩滚动回收率大幅度提高。

表 1 泥页岩滚动回收试验结果

Table 1 Mudstone cuttings roller recovery test results

配方	表观黏度/mPa·s	塑性黏度/mPa·s	动切力/Pa	API 滤失/mL	滚动回收率,%	
					钻井液 6 h	清水 2 h ^①
1 [#]	12	4	8.0	24.8	52.8	26.4
2 [#]	27	23	4.5	6.4	85.6	60.0
3 [#]	31	25	5.0	4.6	94.6	74.6
4 [#]	37	24	13.0	3.8	98.8	78.4

注:1[#]为 4.5%膨润土基浆;2[#]为 1[#]+0.1%KPAM+2.5%SPC-220+0.5% CMC-LV+0.5%NH₄PAN;3[#]为 2[#]+0.1% KPAM +0.5%NH₄PAN+2.5% PF-TEX+3.0% OSAMK;4[#]为 3[#]+3.0%聚合醇+0.1% KPAM+0.5%NH₄PAN;①为在钻井液中滚动 6 h 回收的钻屑又放入清水中滚动 2 h 的回收率。

2.3 钻井液抗劣土试验

用 G4-188 区块磨碎泥岩粉末进行聚合醇防塌钻井液抗污染试验,结果见表 2。从表 2 可以看出,在聚合醇防塌钻井液中加入 15%或 20%的泥岩粉,钻井液黏度稍有提高;在 150 ℃温度下,滚动 16 h 后黏度稍有降低,滤失量也有降低的趋势。说明该钻井液具有很强的抑制性。

表 2 聚合醇防塌钻井液抗劣土试验

Table 2 Polyol drilling fluid anti-caving in unconsolidated rock

泥岩粉加量,%	条件	表观黏度/ mPa·s	塑性黏度/ mPa·s	动切 力/Pa	静切 力/Pa	API 滤失 /mL
15	常温	35.0	23	12	5.0/8.0	5.2
	常温	38.0	25	13	5.0/9.5	4.8
	静止 24 h	39.0	25	14	6.0/11.0	4.6
20	常温	41.0	26	15	6.0/10.0	4.4
	150 ℃滚动 16 h	38.0	25	13	5.0/11.0	4.2

注:聚合醇防塌钻井液配方为 4.5%膨润土+0.2%KPAM+3.0%SPC-220+2.0%OSAMK+1.0%NH₄PAN+3.0%聚合醇。

2.4 钻井液流变润滑性试验

表 3 为聚合醇和液体润滑剂加量对钻井液性能的影响。从表 3 可以看出:随着聚合醇和液体润滑剂加量的增大,塑性黏度和动切力缓慢增大、API 滤失量和粘附系数逐渐降低,但动切力增幅很大,粘附系数大幅度降低,动塑比也明显增大,钻井液流变性能较好。当聚合醇加量超过 1.5%以后,钻井液主要性能变化不大。

表 3 钻井液流变润滑性试验结果

Table 3 Drilling fluid rheological lubrication test results

配方	表观黏度/ mPa·s	塑性黏度/ mPa·s	动切 力/Pa	API 滤失/ mL	粘附系数
1 [#]	20	17	3	5.0	0.16
2 [#]	24	18	6	4.3	0.10
3 [#]	28	20	8	4.1	0.07
4 [#]	32	21	11	3.8	0.04
5 [#]	36	23	12	3.6	0.03

注:1[#]为 4.0%膨润土+0.2%KPAM+3.0% SPC-220+2.0% OSAMK+1.0%NH₄PAN;2[#]为 1[#]+0.1%液体润滑剂+0.5%聚合醇;3[#]为 1[#]+0.2%液体润滑剂+1.0%聚合醇;4[#]为 1[#]+0.3%液体润滑剂+1.5%聚合醇;5[#]为 1[#]+0.4%液体润滑剂+2.0%聚合醇。

2.5 钻井液加重试验

表 4 为聚合醇防塌钻井液加重至不同密度时的性能。从表 4 可以看出:随着钻井液密度的增大,钻井液的表观黏度和塑性黏度有增加的趋势,但动切力变化不大,API 滤失有先减小后增大的微弱变化,钻

表 4 钻井液加重试验结果

Table 4 Drilling fluids weighting test results

密度/ kg·L ⁻¹	表观黏度/ mPa·s	塑性黏度/ mPa·s	动切 力/Pa	API 滤失/ mL	粘附系数
1.20	24	18	6	4.2	0.05
1.40	27	20	7	3.8	0.05
1.60	33	25	8	4.0	0.07
1.80	41	32	9	4.4	0.08
2.00	55	45	10	4.8	0.12

注:加重试验使用的钻井液配方为 3.0%膨润土+0.2%KPAM+2.5% SPC-220+2.0%OSAMK+1.0%NH₄PAN+1.5%聚合醇+0.3%液体润滑剂,使用重晶石加重。

井液的润滑性逐渐降低,即使钻井液密度加重至 1.80 kg/L 还保持较好的流变性,完全能够满足 G4-188 区块地层压力当量密度为 1.75 kg/L 的要求。

3 主要工程技术措施

3.1 上部井段防阻卡技术

1) 大、中、小分子聚合物配制成 0.5%~1.5% 的胶液以细水长流的方式交替补充,以提高钻井液的抑制能力和包被能力^[3-4];通过调整 NH_4PAN 的加量控制钻井液的黏度和动切力,钻进中尽可能保持低黏切;大分子聚合物加至设计上限,防止水敏性地层吸水膨胀。

2) 确保钻井液中高分子聚合物的有效含量,严格控制钻井液的 API 滤失,以改善泥饼质量。

3) 定期加入润滑剂和防泥包清洁剂 RH-4,提高钻井液润滑性能,预防卡钻和钻头泥包。

4) 充分利用四级固设备控设备清除钻屑,清除钻井液中的有害固相,保持较低的含砂量。

5) 加强短起下钻制度,及时修整不规则井壁、破坏缩径阻卡点。

3.2 防扩径技术

1) 加足 PF-TEX、聚合醇和 OSAMK 等防塌剂,充分发挥聚合醇防塌钻井液体系的封堵防塌优势。

2) 定期补充 PF-TEX、QS-2,使其在钻井液中的含量保持为 3%,利用其“一刚一柔”的特性,提高钻井液的封堵性能,改善泥饼质量。

3) 聚合醇必须配成胶液以细水长流的方式在一到两个循环周内加入,并确保钻井液中聚合物防塌剂的含量达到要求,严禁直接加入到钻井液罐中,而是在高温下与一些消泡剂一块加入。

4) 严格控制钻井液的密度,必须保证井壁稳定所需要的钻井液液柱压力,要提前加重。严格控制钻井液的滤失量,在高密度井段还要控制高压滤失量,尽量减小因滤失引起的掉块。

5) 严格控制起下钻速度,防止机械撞击对井壁稳定的影响,适当降低排量,减小井壁冲刷。

3.3 防漏技术措施^[1-4]

1) 钻进预计的漏层前加入粒径小的随钻堵漏剂,发现漏失时增大复合堵漏剂的加量;振动筛使用 60~80 目筛布以防止堵漏剂被筛除。

2) 全力开动固控设备清除有害固相,防止施工过程中钻井液密度自然升高,钻井液密度应尽可能低,以防止压差过大导致的漏失。

3) 使用高黏度钻井液增大钻井液在地层孔隙中的流动阻力,达到高渗地层中的止漏效果。

3.4 流变性 & 膨润土含量控制

G4-188 区块 UPC 下部井段和 Anguille 组地层使用的最高钻井液密度达到 1.73~1.75 kg/L,膨润土含量是影响高密度钻井液流变性的指标,必须严格控制,具体措施为:用膨润土含量为 70~80 g/L 的钻井液开钻,由于钻井期间的消耗、胶液补充量和钻井液总量的增加,膨润土含量逐渐降低,在一开完钻时降至 50 g/L,以便为下套管和固井提供条件;二开膨润土含量由 50 g/L 逐渐降至 35 g/L;三开膨润土含量的控制原则是在不影响钻井液携岩的情况下,膨润土含量应尽可能低,达到通过控制膨润土含量调整钻井液流变性的目的。

4 应用效果分析

优选出的钻井液体系在 SAWZ-5 井、SAWZ-6(2)井和 SAWZ-7 井的钻井施工中进行了应用,取得了良好的现场应用效果。

1) 钻井液良好的包被抑制性使 SAWZ-5 井、SAWZ-6(2)井和 SAWZ-7 井上部井段钻进过程中,返出的井岩屑层次极为分明,钻屑成型度极好。

2) 起下钻极为顺利,无任何阻卡现象出现。在 SAWZ-5 井、SAWZ-6(2)井和 SAWZ-7 井钻井期间,每次起下钻都畅通无阻,没有出现任何阻卡现象。这充分说明钻井液抑制性好,能有效防止 G4-188 区块上部井段水敏性泥岩的水化膨胀缩径。

3) 井径极为规则、井身质量好。SAWZ-5 井、SAWZ-6(2)井和 SAWZ-7 井(二开次井)二开平均井径扩大率分别为 3.24%、2.74%和 3.08%,SAWZ-5 井、SAWZ-6(2)井三开平均井径扩大率分别为 9.47%和 8.83%,井身质量比 SAWZ-1 井、SAWZ-2 井和 SAWZ-3 井三口井(平均井径扩大率达到 15.6%)明显提高,没有出现“大肚子”井段,这充分说明了该井段钻井液防塌抑制性极强,采取的钻井工程措施得当。

4) 未出现任何钻头和稳定器泥包现象。三口井钻井过程中从未因钻井液的问题进行起钻,每趟

钻起出的钻头、稳定器等处均无任何泥包现象。这说明钻井液携岩效果好、钻井液清洁。

5) 防漏技术措施在 SAWZ-6(2)井、SAWZ-7 井表层钻进中成效显著。SAWZ-6(2)井是 SAWZ-6(1)井的替身井,两井相距只有 19 m;SAWZ-7 井距钻机基础塌陷的 SAWZ-6(1)井只有 290 m,采用防漏技术措施后,表层钻进使用黏度 100 s 的高黏钻井液,并加入随钻堵漏剂,顺利钻穿了漏失层。

5 结 论

1) 室内试验证明,钾铵基聚合物防塌钻井液和聚合醇防塌钻井液体系具有良好的防塌抑制性、抗污染能力和润滑防卡性能。

2) 钾铵基聚合物防塌钻井液和聚合醇防塌钻井液体系能够有效解决 G4-188 区块上部井段的缩径阻卡和下部井段的严重扩径问题,且现场钻井液流变性好、性能稳定。

3) 钻井液防塌抑制性强、井径规则;钻井液润滑防卡效果好,起下钻畅通无阻、没有任何阻卡现象。

4) SAWZ-5井、SAWZ-6(2)井和 SAWZ-7 井等 3 口井的现场应用表明,所提出的技术措施针对性强、有效可行。

参 考 文 献

- [1] 宋明全,王悦坚,江山红. 塔河油田深井超深井钻井液技术难点与对策[J]. 石油钻探技术,2005,33(5):80-82.
Song Mingquan, Wang Yuejian, Jiang Shanhong. Technical challenges and solutions of drilling fluid techniques in deep and ultra-deep wells in Tahe Oilfield[J]. Petroleum Drilling Techniques,2005,33(5):80-82.
- [2] 石秉忠,金军斌. 复合金属离子聚磺混油钻井液体系的研究与应用[J]. 石油钻探技术,2000,28(5):35-36.
Shi Bingzhong, Jin Junbin. Study and applications of complex metallic-iron polysulfide drilling fluid system[J]. Petroleum Drilling Techniques,2000,28(5):35-36.
- [3] 魏新勇,刘庆来. 塔河油田钻井液技术现状及对策[J]. 石油钻探技术,2001,29(2):41-42.
Wei Xinyong, Liu Qinglai. Drilling fluid technique status and games in Tahe Oilfield [J]. Petroleum Drilling Techniques, 2001,29(2):41-42.
- [4] 李鹏. 塔河油田优快钻井液技术[J]. 石油钻探技术,2005,33(3):66-68.
Li Peng. The drilling fluids employed while safe and rapid drilling in the Tahe Oilfield[J]. Petroleum Drilling Techniques, 2005,33(3):66-68.
- [5] 金军斌,徐江,张玉宁. 新型硅酸盐无渗透钻井液的研究与应用[J]. 石油钻探技术,2009,37(2):48-52.
Jin Junbin, Xu Jiang, Zhang Yuning. Study and application of a new silicate non-permeable drilling fluid[J]. Petroleum Drilling Techniques,2009,37(2):48-52.

欢迎订阅 2011 年《钻井液与完井液》

《钻井液与完井液》创刊于 1983 年,双月刊,国内外公开发刊,国际标准连续出版物号:ISSN 1001-5620,国内统一刊号:CN 13-1118/TE。每期 86 页,大 16 开,逢单月末出版,全刊彩色印刷。

该刊是中国科技论文统计源期刊(中国科技核心期刊),被美国《化学文摘》、荷兰“SCOPUS”数据库、“EI EnCompass”数据库、“Bibliographic Databases”数据库、美国《石油文摘》、《中国石油文摘》、《中国学术期刊(光盘)》、《中国期刊全文数据库》、《万方数据-数字化期刊群》、《中国核心期刊(遴选)数据库》和《中国科技期刊数据库》等国内外检索机构或数据库收录,同时为河北省优秀期刊、中国期刊方阵“双百”期刊、第二届全国优秀科技期刊评比二等奖期刊。

该刊报道内容包括钻井液、完井液、固井液、射孔液、压井液、修井液、酸化液、压裂液等方面的科研生产新成果、新技术、新进展、新经验、新观点和国内外科技简讯及市场动态等。栏目设置有理论研究与应用技术、专论、经验交流、动态与简讯。

《钻井液与完井液》国内定价为 18.50 元/册,全年 6 期共 111.00 元。编辑部自办发行,邮汇与信汇均可,欢迎订阅。

邮局汇款:河北省任丘市 19 号信箱(062552);收款人:编辑部。

联系人:张万隆;电话:(0317)2725487/2722354;E-mail:zjywjy@126.com。

银行汇款:中国石油集团渤海钻探工程有限公司;开户行:中国建设银行股份有限公司华北石油分行;帐号:1300 1699 8080 5050 6752。