

## 缅甸 C2 区块凝灰岩地层钻井液技术

彭胜玉, 耿 铁, 陈忠华, 孙 强, 段连超

(中海油田服务股份有限公司油田化学研究院, 河北三河 065201)

**摘 要:**缅甸 C2 区块凝灰岩地层在钻井施工过程中存在严重井壁失稳问题。基于缅甸 C2 区块凝灰岩地层地质结构特征和矿物组分分析结果,对缅甸 C2 区块已钻井现场使用的钻井液体系进行室内研究优化,研究了一种强抑制强封堵的钻井液体系。现场应用表明,该体系有效减少了缅甸 C2 区块井壁坍塌等井下复杂情况,起下钻速度明显提高,井径规则程度大为改善,钻井周期大幅缩短。强抑制强封堵钻井液体系能够解决凝灰岩地层井壁失稳问题,为该区块优快钻井提供了技术支持。

**关键词:**凝灰岩 井眼稳定 钻井液 缅甸 C2 区块

**中图分类号:**TE254<sup>+</sup>.1 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0890(2012)06-0115-04

## Drilling Fluid for Tuff Formation in Block C2 of Myanmar

Peng Shengyu, Geng Tie, Chen Zhonghua, Sun Qiang, Duan Lianchao

(Oilfield Chemical Research Institute, China Oilfield Service Limited, Sanhe, Hebei, 065201, China)

**Abstract:** Borehole instability often occurs in tuff formation drilling in Block C2 of Myanmar. We analyzed the characteristics and mineral components of the formation systematically. On the basis of the drilling fluid previously used in this area, a strong inhibition and plugging drilling fluid system was developed. Field tests show the performance of the new drilling fluid is for superior to the one previously used. Borehole collapse accidents have been greatly reduced and tripping speed improved significantly. In addition, borehole is more regular and drilling cycle is shortened. The new drilling fluid system can meet the requirements of quick and safe drilling, and borehole instability problems in this area can be solved effectively.

**Key words:** tuff formation; hole stabilization; drilling fluid; Block C2 of Myanmar

凝灰岩是一种压实固结的火山碎屑岩,分选较差,胶结疏松,流体进出容易,容易发生次生蚀变作用<sup>[1]</sup>。缅甸 C2 区块位于缅甸蒙育瓦北约 130 km 处,2011 年,在缅甸中央盆地钦敦次盆 Yeyein 构造带东缘火山岛弧带的 Inyashe 构造上开钻该区块第一口探井 Inyashe-1 井,作业过程中出现了较为严重的凝灰岩地层井壁坍塌问题,致使钻井周期大幅增加。

目前国内外钻遇复杂凝灰岩地层的情况较少,缅甸 C2 区块此前没有进行过石油钻井作业,对凝灰岩地层了解不多。笔者根据缅甸 C2 区块第一口探井钻遇复杂凝灰岩地层的问题,对该区块凝灰岩地层地质结构特征、矿物组分等进行了深入分析,获得了一定的认识,并开展了稳定该区块凝灰岩地层的钻井液技术研究,研究应用了一种强抑制强封堵

钻井液体系并取得了成功。

### 1 地层岩性分析

缅甸 C2 区块区域构造位于中央盆地北部钦敦次盆地<sup>[2]</sup>。该区块上新统、中新统、渐新统、始新统、白垩系之间以及中新统地层内部发育不整合面,形

**收稿日期:**2012-05-09;**改回日期:**2012-10-17。

**作者简介:**彭胜玉(1984—),男,江西余干人,2007 年毕业于中国石油大学(华东)应用化学专业,工程师,现从事钻井完井液技术开发与研究。

**联系方式:**13699116908, pengsy@cosl.com.cn。

**基金项目:**中海油田服务股份有限公司科研课题“缅甸 C2 区块防塌技术研究”(编号:YHB12YF012)资助。

成白垩系—渐新统,中新统一上新统 2 套构造层。该区块经历过 3 次构造运动:在晚始新世至渐新世经历印度板块和欧亚板块硬碰撞、强挤压;在中新世以及上新世经历印支板块的逃逸,造成 C1、C2 所在盆地的旋转走滑,应力释放;在岛弧活动期经历了岛弧抬升、剥蚀。上覆地层压力降低,但水平构造应力有残留,造成高地应力。

缅甸 C2 区块第一口探井 Inyashe-1 井水平地应力较高(由破裂压力高证实),地层中 3 个方向的主应力相对大小为:最大水平主应力>上覆主应力>最小水平主应力,水平地应力差值较大。利用测井数据对 Inyashe-1 井地层强度参数进行了计算分析,随着井深的增加,地层粘聚力和内摩擦角都随着井深增加而逐渐增大,2 个强度参数随井深的增加波动剧烈,说明地层强度变化大,地层软硬交错,地层中存在多层强度较低的层段。对该井三开  $\phi 311.1$  mm 井段与四开  $\phi 215.9$  mm 井段塌块进行点载荷强度与抗压强度试验,结果表明岩心强度离散性大,但随着井深的增深,三开井段塌块的强度有高于四开井段塌块强度的趋势。

坍塌岩块岩性复杂,主要以凝灰岩为主,黏土矿物含量高,以伊/蒙混层为主,混层成分以蒙皂石为主,水化性强。分析随机选取的 Inyashe-1 井钻井过程中 8 块塌块的矿物组分可知:7 块塌块黏土矿物占 42%~52%;非黏土矿物以石英、长石为主,分别占 17%~36%、7%~30%;1 块塌块以非黏土矿物为主,黏土矿物仅占 10%;非黏土矿物中以长石和石英为主,分别占 55%和 26%。由以上分析可知,地层黏土矿物以无序伊蒙混层为主,占 59%~94%,

其次为高岭石、绿泥石与伊利石<sup>[3]</sup>。

对 Inyashe-1 井大量塌块进行薄片分析可知,该区块地层存在以下特点:云母呈细条状或定向排列,岩石中长轴颗粒和片状矿物定向排列;泥岩具有扰动构造;岩石蚀变强烈,原岩结构不易分辨,凝灰质成分充填粒间,多已斑脱岩化或脱玻化、绿泥石化;塌块存在构造裂缝与溶蚀缝。

大量塌块存在定向明显的辟理破裂面,多数在钻井之前就已经破碎,表明是构造应力作用形成的,并不是钻具或钻头机械破碎或震动所致。三开  $\phi 311.1$  mm 井段的泥岩在用手翻动拍照过程中,岩石沿裂缝破碎成许多小碎块,也再次证明地层破碎。由此可知,该区块垮塌井段地层岩样没有有效的胶结物,内部微裂隙发育,岩石硬脆破碎,极易受“水劈”作用而剥落。

## 2 Inyashe-1 井三开、四开钻井液性能评价

Inyashe-1 井三开  $\phi 311.1$  mm 井段钻井液配方:膨润土浆 + NaOH + PAC-HV + PAC-LV + XC + NPAN + TEMP + Plus + KCl + JLX-C + PHIB + MONYL + GBL + LPF + DYFT-II + 重晶石粉 + LUBE;现场四开  $\phi 215.9$  mm 井段钻井液配方:膨润土浆 + XC + SMP + TEMP + Plus + JLX-C + KCl + PHIB + MONYL + GBL + LPF + 重晶石粉 + LUBE。

室内配制的三开/四开钻井液的主要性能见表 1。从表 1 可以看出,该钻井液动切力、动塑比较高,高温高压滤失量较低。

表 1 Inyashe-1 井现用钻井液性能

Table 1 Performance of original drilling fluid in Well Inyashe-1

井段	密度/ ( $\text{kg} \cdot \text{L}^{-1}$ )	静切力/Pa	表观黏度/ ( $\text{mPa} \cdot \text{s}$ )	塑性黏度/ ( $\text{mPa} \cdot \text{s}$ )	动切力/Pa	动塑比	API 滤失 量/mL	高温高压 滤失量/mL
三开	1.67	5.5/12.0	69	40	29	0.725	3	9.4
四开	1.63	3.0/8.5	68	44	24	0.545	5	8.8

采用 Inyashe-1 井现场钻井液配方配制钻井液对三开、四开塌块进行回收率与膨胀率试验。一次回收率试验:称取 6~10 目并在  $105\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 3\text{ }^{\circ}\text{C}$  的恒温箱中烘 4 h 的钻屑 50.0 g,置于装有 350 mL 钻井液的高温罐中,在  $80\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 3\text{ }^{\circ}\text{C}$  的钻井液滚子炉中,滚动 16 h 后,再过 40 目筛称量,并在  $105\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 3\text{ }^{\circ}\text{C}$  的恒温箱中烘 4 h。二次回收率试验:将上述钻屑过 40 目筛,在  $105\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 3\text{ }^{\circ}\text{C}$  的恒温箱中烘 4 h 钻屑,

置于装有 350 mL 清水的高温罐中,在  $80\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 3\text{ }^{\circ}\text{C}$  的钻井液滚子炉中滚动 4 h 后,过 40 目筛称量,并在  $105\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 3\text{ }^{\circ}\text{C}$  的恒温箱中烘 4 h。Inyashe-1 井塌块一次回收率、二次回收率都在 94%以上,40,80  $^{\circ}\text{C}$  膨胀率均在 6.5%以下。表明 Inyashe-1 井三开、四开所使用的钻井液具有强抑制性。

采用 20~40 目砂床测定  $80\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、3.5 MPa 压差下的滤失量,来评价钻井液的封堵性能。从试验结果

(见表 2)可以看出:1)三开钻井液具有一定的封堵性能,但 20~40 目滤失量均大于 10 mL,该钻井液封堵性能不佳;2)四开钻井液也具有一定的封堵性能,但封堵 20~40 目砂床效果不够好,滤失量达 16.5 mL,不能满足 Inyashe-1 井稳定井壁的需要。

### 3 钻井液配方优化及性能评价

#### 3.1 钻井液配方优化

鉴于 Inyashe-1 井现用钻井液不能维持井壁稳定、钻井液性能亟待改善的情况。基于缅甸 C2 区块凝灰岩地层地质组构特征和矿物组分等的分析结果,以及对井壁失稳原因的综合分析认为:缅甸 C2 区块凝灰岩地层裂缝比较发育,要稳定井壁必须提高钻井液的抑制性及封堵性。首先,在现用钻井液配方基础上进行优化,通过提高盐的质量分数来降低钻井液滤液活度,减少侵入地层的滤液量,从而稳定井壁;其次,提高钻井液黏度,增大静初切力和动切力,降低钻井液高温高压滤失量,从而提高钻井液封堵性;再次,在封堵材料的选择上复配使用不同粒径的材料,新增新型封堵剂,并增加常规封堵剂用量,钻井液封堵性能;此外,增大润滑剂加量,改善

钻井液的润滑性,利用润滑剂的乳化液滴来加强钻井液封堵性能。

根据上述优化思路,利用单因素法、正交试验法等研究方法,通过大量室内配方优化试验,优化了抑制剂、封堵抑制等各种材料的种类和浓度,最终研究出了一套强抑制强封堵钻井液体系,优化后的三开钻井液配方为:膨润土浆+NaOH+PAC-LV+NPAN+TEMP+LPF+LSF+KCl+NaCOOH+JLX-C+PF-FRS+PF-FT-1+PLUS+重晶石粉;四开钻井液配方为:膨润土浆+NaOH+PAC-LV+TEMP+SMP I+LPF+LSF+KCl+NaCOOH+PF-FRS+PF-FT-1+JLX-C+PLUS+重晶石粉。

#### 3.2 钻井液体系性能评价

现用三开、四开钻井液和优化后的三开、四开钻井液配方均具有较好的流变性和较小的高温高压失水量(小于 10 mL)。

##### 3.2.1 封堵性能评价

从试验数据(见表 2)可知,20~40 目砂床滤失量和砂床清水漏滤失量,三开优化配方最小,四开优化配方也较小,说明优化后钻井液的封堵性能较好。

表 2 优化前后钻井液砂床滤失量、砂床清水漏失量

Table 2 Sand bed fluid loss and water filtration loss before and after optimization

钻井液	20~40 目砂床滤失量/mL						20~40 目砂床清水漏失量/mL					
	5 min	10 min	15 min	20 min	25 min	30 min	5 min	10 min	15 min	20 min	25 min	30 min
现用三开配方	1.0	2.2	3.0	3.8	4.2	5.0	14.4	16.0	17.8	18.8	19.6	20.6
三开优化配方	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.2	0.4
现用四开配方	14.0	14.5	15.0	15.8	16.0	16.5	1.1	1.9	2.5	3.0	3.8	4.6
四开优化配方	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6

##### 3.2.2 抑制性能评价

钻井液抑制性能评价结果如图 1 所示。由图 1 可知,各配方钻井液钻屑回收率高,膨胀率低,抑制性能均较好。

##### 3.2.3 岩样抗压强度试验

取从 Inyashe-1 井作业现场带回来的塌块若干,每块分别磨成 2 块,其中一块不进行钻井液浸泡直接测岩石强度,另外一块用钻井液浸泡 4 h 再测岩石强度。研磨切割出的各个岩块的尺寸皆满足点载荷试验要求。

对 7 组 Inyashe-1 井井壁坍塌掉块进行该井

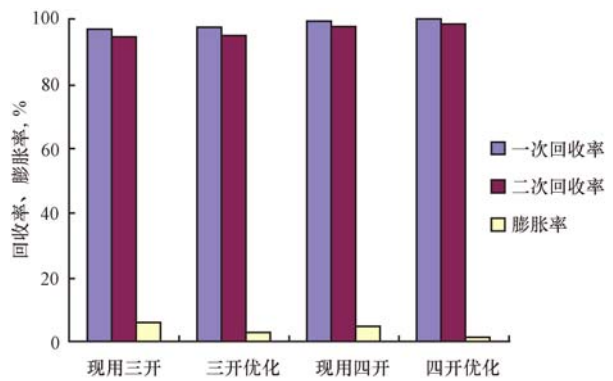


图 1 优化前后钻井液体系的回收率与膨胀率

Fig.1 Recovery rate and expansion rate of the drilling fluid before and after optimization

现场用钻井液浸泡前后的强度测量,结果为:在7块钻井液浸泡过的岩心中,2块岩心浸泡4h后岩心碎裂,强度完全丧失;2块强度不到2MPa,如果再增长浸泡时间,岩心很可能也会碎裂;另外3块岩心浸泡后强度最少降低了37%;7块岩心浸泡后,抗压强度平均降低76.49%。

又对8组井壁坍塌岩块进行优化后的钻井液中浸泡前后的抗压强度测量,结果如图2所示。从图2可以看出:8块岩心在优化后的钻井液中浸泡4h后,抗压强度平均降低51.04%。

岩石强度试验表明,三开/四开钻井液优化后抑制封堵综合能力比现用三开/四开钻井液有明显提高。

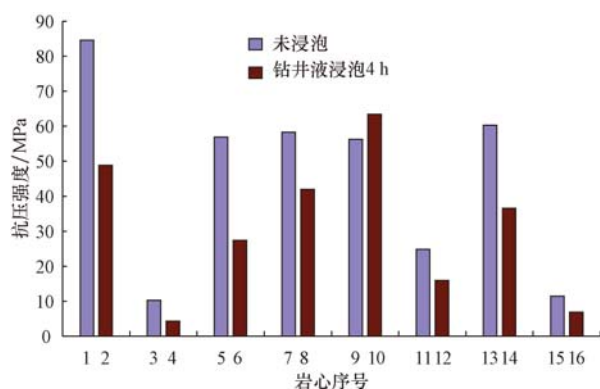


图2 塌块在优化后的钻井液中浸泡前后的抗压强度

Fig. 2 Compressive strength of collapsed block before and after soaked by the optimized drilling fluid

## 4 现场应用

优化后的强抑制强封堵钻井液在缅甸C2区块Inyashe-2井和Inyashe-3井进行了应用。与Inyashe-1井一样,2口井构造位置均位于缅甸中央盆地钦敦次盆Yeyein构造带东缘火山岛弧带的Inyashe构造上。3口井井身结构相同,完钻井深大致相同。

Inyashe-1井因处理井壁坍塌引起的复杂情况,钻井周期超过70d,Inyashe-2井及Inyashe-3井的平均起下钻速度明显高于Inyashe-1井,减少了井壁失稳等

复杂情况,大幅缩短了钻井周期,只有40d多。而且,Inyashe-2井 $\phi 215.9$ mm井段井径规则,起下钻顺畅,电测作业顺利; $\phi 177.8$ mm尾管顺利下至设计位置。Inyashe-3井 $\phi 215.9$ mm井段井径规则,起下钻顺畅,电测作业顺利。

## 5 结论及建议

1) 设计出了一种强封堵强抑制钻井液体系,较好地解决了缅甸C2区块凝灰岩地层井壁失稳问题。

2) 研究发现,PF-LSF、PF-LPF和PF-FRS等封堵降滤失剂共同使用可以提高钻井液对凝灰岩地层的封堵能力,引入NaCOOH能够降低滤液的活度,有利于提高钻井液的综合性能。

3) 合理的钻井液密度对稳定凝灰岩地层至关重要,Inyashe-2井和Inyashe-3井在对应深度使用的钻井液密度比Inyashe-1井均有所提高,使相应井段出现井壁坍塌的情况大幅减少。

## 参考文献

### References

- [1] 章凤奇,庞彦明,杨树锋,等. 松辽盆地北部断陷区营城组火山岩锆石 SHRIMP 年代学、地球化学及其意义[J]. 地质学报, 2007,81(9):1248-1258.  
Zhang Fengqi, Pang Yanming, Yang Shufeng, et al. The study of volcanic Zircon age, Geochemistry and significance in Yingcheng Northern rift zone in Songliao Basin[J]. Acta Geologica Sinica, 2007,81(9):1248-1258.
- [2] 蒋卫东. 缅甸C2区块油气地质条件分析[J]. 科技创新导报, 2010(23):77.  
Jiang Weidong. Analysis of the oil-gas and geological conditions in Myanmar C2[J]. Science and Technology Innovation Herald, 2010(23):77.
- [3] 李刚,杨志,刘晓坡,等. 缅甸C2区块凝灰岩地层安全钻井技术应用研究[J]. 长江大学学报:自然科学版;理工卷, 2012,9(7):86-89.  
Li Gang, Yang Zhi, Liu Xiaopo, et al. Application of safety drilling technique in tuff formation of Block C2 in Myanmar [J]. Journal of Yangtze University: Natural Science Edition: Science & Engineering, 2012,9(7):86-89.