

# 南黄海大陆架科钻 CSDP-02 井第四系、新近系地层 海水冲洗液研究与应用

宋世杰<sup>1</sup>, 李晓东<sup>2</sup>, 陈师逊<sup>1</sup>

(1. 山东省第三地质矿产勘查院, 山东 烟台 264004; 2. 北京探矿工程研究所, 北京 100083)

**摘要:**针对南黄海大陆架科学钻探第四系、新近系地层,通过室内实验,以多功能剂(MBM)和抗盐共聚物(GTQ)为主要处理剂,选出适合第四系、新近系地层的冲洗液配方,并在CSDP-02井海上施工现场应用,取得了良好的效果,保证了钻探施工在第四系、新近系地层中的顺利进行。

**关键词:**南黄海大陆架科学钻探;第四系地层;新近系地层;海水冲洗液;多功能剂

**中图分类号:**P634.6 **文献标识码:**A **文章编号:**1672-7428(2017)04-0010-04

**Study on Seawater Flushing Fluid and Its Application in Quaternary and Neogene Strata for CSDP-02/SONG Shi-jie<sup>1</sup>, LI Xiao-dong<sup>2</sup>, CHEN Shi-xun<sup>1</sup>** (1. The Third Geological Team of Shandong Bureau of Geology and Mineral, Yantai Shandong 264004, China; 2. Beijing Institute of Exploration Engineering, Beijing 100083, China)

**Abstract:** The south Yellow Sea continental scientific drilling project is carried out in Quaternary and Neogene strata, according to the strata characteristics, multifunctional agent (MBM) and anti-salt copolymer (GTQ) were chosen as the main agents for indoor experiments to prepare flushing fluids. The suitable formula of flushing fluids was selected for Quaternary and Neogene strata drilling and applied in the offshore drilling site of CSDP-02, it is proved that the MBM seawater flushing fluids have good effects, which ensures the smooth drilling construction in Quaternary and Neogene strata.

**Key words:** continental shelf scientific drilling in south Yellow Sea; Quaternary strata; Neogene strata; seawater flushing fluid; multifunctional agent

## 1 项目概况

南黄海科学钻探工程 CSDP-02 井是大陆架科学钻探项目(CSDP)的一部分,是我国专门为海洋大陆架研究实施的第一口科学钻探深井。该井位于我国南黄海水域中部隆起西南部,距离最近海岸线约 100 km,位于连云港以东约 170 km、射阳河口东北约 110 km 位置,井位处海水深度 22~25 m。地质设计要求井深 2000 m,完井直径 $\leq 95$  mm,全井取心,岩心采取率 $\leq 85\%$ 。

## 2 地层情况

据石油钻井资料与多道地震资料分析,南黄海水域第四系,平均厚度在 250~300 m。单道地震剖面显示在南黄海北部坳陷存在一个第四系沉降中心,最厚超过 450 m;中部隆起区、南部盆地和勿南沙隆起区厚

度相对稳定,平均在 260 m 左右。

南黄海新近系广泛发育,厚度变化较大。在南黄海南北两个坳陷中,由于受控坳(凹)边界断裂新近系的继承性活动,新近系发育较厚,最厚超过 1000 m;中部隆起区新近系厚度相对较稳定,平均约 350 m;在东部火成岩发育的隆起上,由于基底新近系的持续隆起,新近系相对较薄,个别地段甚至缺失,仅接受早更新世晚期以来的沉积。勿南沙隆起区新近系普遍发育,厚度变化大,总体东厚西薄。

岩性主要是较软且松散堆积的粘土、粉砂、粉细砂为主的沉积物。该区域预测地层岩性情况如表 1 所示<sup>[1]</sup>。

## 3 钻进难点及问题的提出

由于需要全井段取心,第四系、新近系地层是取心钻进的难点所在。

收稿日期:2016-05-30;修回日期:2016-12-22

基金项目:中国地质调查局地质矿产调查评价项目“重点成矿带钻探冲洗液关键技术研究示范”(编号:12120113097400)

作者简介:宋世杰,男,汉族,1966年生,高级工程师,探矿工程专业,主要从事地质岩心钻探、桩基工程等技术工作,山东省烟台市芝罘区机场路 271 号,sysj888@163.com。

通讯作者:李晓东,男,汉族,1984年生,工程师,应用化学专业,从事冲洗液技术研究与应用工作,北京市海淀区学院路 29 号,lixid@bjiee.com.cn。

表1 CSDP-02 井地层岩性预测表

地层	地震		深度/ m	预测岩性描述
	层位	时间/ms		
第四系	T1	517	405	粉砂质粘土、砂质沉积物、砂砾沉积物
新近系	T2	645	536	未固结的粉砂质泥岩、泥岩、砂岩
二叠系青龙组	T9	1000	1637	灰岩、泥质灰岩、鲕状灰岩夹白云岩和白云质灰岩,可能夹少量泥岩
二叠系大隆组-龙潭组	T10	1430	2691	上部粉砂岩、细砂岩互层;下部细砂岩、泥岩、煤层
二叠系栖霞组-石炭系	T11	1800	3715	白云质灰岩、灰岩夹少量泥灰岩

地层以淤泥质、粉砂、细砂与泥质沉积物及未固结的泥岩为主,由于局部流塑、软塑护壁困难;而软泥岩属于层理裂隙不发育的岩体,其主要特征有以下几点:粘土矿物以伊蒙无序间层为主,成岩程度低,分散性强,取心困难;泥岩易吸水膨胀,膨胀率高达20%~30%;绝大部分地层属于正常压力梯度,极个别地区此类地层出现异常压力梯度;岩石可钻性级别低,一般为1~3级<sup>[2]</sup>。

钻遇该地层的潜在井下复杂情况主要有:易坍塌、缩径,粘土、泥岩造浆性强,地层自造浆密度高,切力大,含砂量高;钻井过程中易缩径,起钻遇卡,处理不当易发生卡钻、井塌、下钻遇阻、憋泵等。

在第四系、新近系地层钻进,由于地层多为松散的砂、粘土及部分未固结的软泥岩,选择合适的冲洗液体系非常重要,要求冲洗液必须具有较强抑制性和良好的护壁效果。目前,在此类地层钻进时,使用的冲洗液体系有很多类型,如多聚物复合盐欠饱和冲洗液<sup>[3]</sup>、ULTRADRIL 水基冲洗液<sup>[4]</sup>、饱和盐水冲洗液<sup>[5]</sup>、铝盐聚合醇冲洗液<sup>[6]</sup>、硅酸盐欠饱和和盐水冲洗液<sup>[7]</sup>、正电胶聚合物冲洗液<sup>[8]</sup>、阳离子冲洗液<sup>[9]</sup>。这些体系大多用的是欠饱和或饱和盐水冲洗液,这是因为盐水可以阻止泥岩水化膨胀或分散,同时具有较高的密度,有利于井壁稳定。但是上述冲洗液体系都是使用淡水配浆,而在海上钻探施工,淡水取用极不方便,因此有必要开展利用海水配制出具有强抑制性冲洗液的课题研究。

#### 4 海水配浆的难点与对策

海水含有大量的氯化钠,同时还含有很多对配制膨润土浆不利的钙盐和镁盐,其总矿化度一般在3.3%~3.7%(即33000~37000 mg/L),pH值7.5~8.4,密度为1.03 g/cm<sup>3</sup>。海水中盐类的构成比例

和各种离子的含量见表2。

表2 海水中盐类的构成比例和各种离子的含量

盐类名称	占总盐类的百分比/ %	离子名称	海水中的含量/ (mg·L <sup>-1</sup> )
氯化钠	78.32	Na <sup>+</sup>	10400
氯化镁	9.44	K <sup>+</sup>	375
硫酸镁	6.40	Mg <sup>2+</sup>	1270
硫酸钙	3.94	Ca <sup>2+</sup>	410
氯化钾	1.69	Cl <sup>-</sup>	18970
其它	0.20	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	2720
		CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	90

从海水的成分可以看出,海水中钙盐和镁盐的总含量达到了20%左右,对配制膨润土浆很不利,且很多冲洗液处理剂会因为海水中大量电解质的影响而难以发挥其应有的作用,往往需要加入大量的处理剂才能起到调节冲洗液性能的作用。

常用海水冲洗液体系主要有硅酸盐冲洗液、有机盐冲洗液、聚合醇冲洗液、甲基葡萄糖甙冲洗液以及合成基冲洗液,但是大部分冲洗液材料成本高、生物降解性差,难以得到广泛推广<sup>[10]</sup>。

在使用海水配制泥浆时一般有3种方案:(1)加入处理剂(如纯碱、烧碱),除去海水中的钙、镁离子后再配浆;(2)不除去海水中的钙、镁离子,直接用可以在海水中造浆的材料(如凹凸棒石)来配浆,该方案要求钻井现场有比较完善的剪切搅拌设备;(3)先用淡水配浆,使膨润土预水化,然后再加入海水配成冲洗液。这是目前海上钻井最常用的一种方案。

## 5 室内实验

### 5.1 处理剂选择

使用海水配制冲洗液要求选择有效的处理剂,以减小海水中的各种电解质对泥浆性能的破坏。我们采用第一种方案,选择了多功能剂(MBM)和抗盐共聚物(GTQ)为主要处理剂,进行海水冲洗液体系配方实验。

多功能剂(MBM)是一种膨润土有机改性材料,是以钠膨润土为基材,通过一定的工艺条件将自制的降失水剂和处理剂等以晶面接枝共聚、层间插入、离子互换、物理吸附等方式复合制备出的多功能复合材料。其特点是在钠膨润土中引入酰胺基(-CONH<sub>2</sub>)、羧钠基(-COONa)及磺酸基(-SO<sub>3</sub>H)等基团,使其同时具有造浆材料和处理剂的特性,且具

有较好的抗盐性和抑制性。多功能剂在盐水或海水中的加量一般为3%~5%<sup>[11]</sup>。

抗盐共聚物(GTQ)是一种含有多种官能团的聚合物,其分子链上有大量的-COONa和-SO<sub>3</sub>Na,这2种基团为强水化基团,可显著提高粘土颗粒的胶体稳定性,且不受水中电解质的污染影响。GTQ具有增粘、提切、降失水、抗污染等功能,可用于配制淡水、盐水和海水冲洗液。抗盐共聚物在盐水或海水中的加量一般为0.5%~1%<sup>[12]</sup>。

## 5.2 配方实验

选用从现场采取的海水作为配浆用水,在海水中加入0.1%烧碱和0.1%纯碱进行处理,分别加入3%、4%和5%的MBM,其性能如表3所示。

表3 不同加量MBM的海水冲洗液性能

MBM加量/%	塑性粘度/(mPa·s)	动切力/Pa	API滤失量/mL	苏式漏斗粘度/s	密度/(g·cm <sup>-3</sup> )
3	6	2.5	12.0	22	1.04
4	9	4.0	10.5	25	1.04
5	11	5.0	9.5	29	1.05

从表2可以看出,使用MBM配制海水冲洗液,各项性能良好,且放置24h未分层,证明其胶体稳定性较好。为保证MBM海水冲洗液具有更好的携带性和稳定性,配制上述4%MBM的海水冲洗液,在其中分别加入0.5%、0.75%、1%的抗盐共聚物GTQ,并测定性能,如表4所示。

表4 不同加量GTQ的海水冲洗液性能

GTQ加量/%	塑性粘度/(mPa·s)	动切力/Pa	API滤失量/mL	苏式漏斗粘度/s	密度/(g·cm <sup>-3</sup> )
0.50	13	6.0	8.0	33	1.04
0.75	15	8.0	7.0	38	1.04
1.00	18	9.0	6.5	45	1.05

为了检验MBM海水冲洗液的抑制性能,使用页岩膨胀量测定仪分别对蒸馏水、海水、饱和盐水和MBM海水冲洗液进行了测定,其中MBM海水冲洗液的配方为:海水+0.1%烧碱+0.1%纯碱+4%MBM+0.75%GTQ。测定结果见表5和图1。

表5 膨胀量测定结果

类型	膨胀量/mm						相对膨胀降低率/%
	1h	2h	3h	4h	5h	6h	
蒸馏水	3.88	4.35	4.85	5.22	5.46	5.56	0
海水	2.33	2.65	2.97	3.25	3.45	3.59	35.4
饱和盐水	1.31	1.55	1.76	1.98	2.10	2.24	59.7
MBM海水冲洗液	0.82	1.08	1.31	1.44	1.62	1.69	69.6

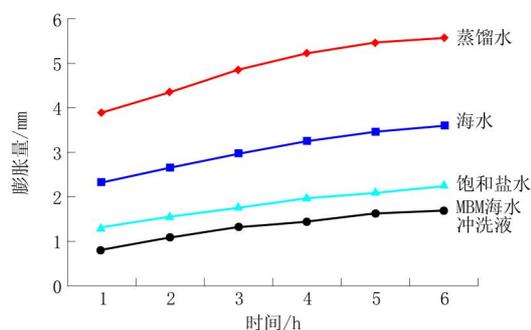


图1 膨胀量变化曲线图

通过对比可以看出,MBM海水冲洗液的抑制性优于饱和盐水、海水、蒸馏水。

## 6 MBM海水冲洗液现场使用情况

### 6.1 现场所用设备及循环系统

现场所用设备为:HX Y-8型钻机;K31-9型钻塔;BW300/16型泥浆泵;NJ-600型配浆泵;TGLW350-692T型离心机;XZ-2型旋流振动筛除砂器;机台配套泥浆性能检测仪器。

冲洗液循环系统由2个10 m<sup>3</sup>罐和3个1 m<sup>3</sup>罐组成并配有0.3和0.7 m<sup>3</sup>的搅拌罐各1个,如图2所示。



图2 现场循环系统

### 6.2 现场冲洗液配制

现场按照配方“海水+0.1%烧碱+0.1%纯碱+4%~5%MBM+0.6%~0.8%GTQ”配制冲洗液。配浆时,直接从平台下抽取海水到搅拌罐,先加纯碱和烧碱处理,按照处理剂粘度由低到高的顺序,先加入MBM,搅拌10~20 min,待MBM完全搅匀后再加入GTQ,由于GTQ粘度较高,加入时需要慢慢撒入搅拌罐。根据冲洗液中岩粉含量,可以按需加入少量包被剂,有助于岩粉絮凝沉淀。

### 6.3 现场冲洗液性能维护

(1)每天测试冲洗液性能2~3次,在泥浆循环30 min后从出口取浆测试。

(2)冲洗液性能:苏式漏斗粘度30~50 s,密度

1.05 ~ 1.20 g/cm<sup>3</sup>, API 滤失量 6 ~ 10 mL, pH 值 8 ~ 9。

(3) 漏斗粘度, 控制在 50 s 以内, 30 ~ 40 s 最佳。若粘度过高, 则减少抗盐共聚物的加量, 或者不加。

(4) 密度在 1.20 g/cm<sup>3</sup> 左右比较合适, 若低于 1.15 g/cm<sup>3</sup>, 则加重晶石来提高密度。

(5) API 滤失量控制在 10 mL 以内, 6 ~ 8 mL 最佳, 若超过 10 mL, 则适当增加 MBM 和 GTQ 的加量。

(6) pH 值控制在 8 ~ 9, 若低于 8, 则加入少量纯碱或烧碱。

(7) 由于冲洗液中无用固相(泥砂、岩粉)较多, 须经常开启固控设备, 以去除无用固相。

#### 6.4 MBM 海水冲洗液使用效果

(1) 护壁效果好。该井地层含有大段软泥岩, 极易膨胀缩径, 同时还有大量堆积松散强度较低的泥砂互层。在施工过程中使用 MBM 海水冲洗液, 井壁稳定, 无明显缩径, 起下钻通畅。

(2) 有效保护取心。从现场取出岩心可以看出, MBM 海水冲洗液具有较好的抑制能力, 能有效保护岩心。图 3 为现场取出的岩心照片, 可以看到岩心被冲洗液包裹完好, 未受到污染。

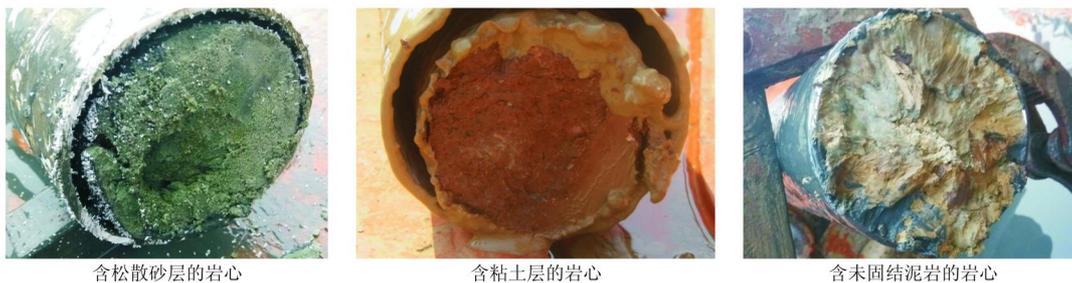


图 3 现场取出的岩心照片

(3) 具有较强的悬浮能力, 可以顺利将钻进时产生的钻屑、泥砂携带出来, 保持了井底清洁。

(4) 具有良好的流变性, 既不会冲蚀井壁和岩心, 又可保持良好流动性, 使泵压不至于过高。

(5) 配制冲洗液和后期维护简单便捷, 大大节省了劳动力。

## 7 结论

使用多功能剂 MBM 和抗盐共聚物 GTQ 配制的海水冲洗液具有优异的性能, 能够满足在南黄海大陆架第四系、新近系地层钻进中使用海水配浆的要求。按照配方“海水 + 0.1% 烧碱 + 0.1% 纯碱 + 4% ~ 5% MBM + 0.6% ~ 0.8% GTQ”配制的冲洗液, 其性能稳定; 苏式漏斗粘度 30 ~ 50 s, 密度 1.05 ~ 1.20 g/cm<sup>3</sup>, API 滤失量 6 ~ 10 mL, pH 值 8 ~ 9。

通过在现场应用 MBM 海水冲洗液, 发现该冲洗液具有较强的抑制能力, 起到了很好的护壁效果, 顺利完成了在极易出现坍塌、缩径的第四系、新近系地层中的钻进任务; 具有良好的悬浮能力、流变性和低滤失量; 同时该冲洗液配制和维护简单便捷, 利于钻井平台上使用。

## 参考文献:

- [1] 陈师逊, 宋世杰. 中国东部海区科学钻施工技术探讨[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2014, 41(12): 1-5.
- [2] 艾贵成, 梁志印, 赵雷青, 等. “软泥岩”钻井技术探讨[J]. 西部探矿工程, 2009, (4): 110-112.
- [3] 薛玉志. 胜利 1 井三开钻遇软泥岩钻井液技术[J]. 钻井液与完井液, 2007, 24(4): 1-4.
- [4] 孔庆明, 常锋, 孙成春, 等. ULTRADRIL™ 水基钻井液在张海 502FH 井的应用[J]. 钻井液与完井液, 2006, 23(6): 71-73, 76, 87.
- [5] 艾贵成, 邱佩瑜, 王宏, 等. 有机盐聚合醇氯化钾钻井液的应用[J]. 钻井液与完井液, 2006, 23(3): 51-53.
- [6] 卢彦丽, 王彬, 宋芳, 等. 铝盐聚合醇钻井液体系在辽河油田的应用[J]. 钻井液与完井液, 2005, 22(1): 11-13, 118.
- [7] 郭春华, 马玉芬. 塔河油田盐下区块盐膏层钻井液技术[J]. 钻井液与完井液, 2004, 21(6): 21-24, 81.
- [8] 张民立, 周建东, 王志军, 等. 正电胶磺化混油聚合物钻井液在长裸眼水平井中的应用[J]. 钻井液与完井液, 2002, 19(5): 28-30, 57-58.
- [9] 艾贵成, 牛春, 李菁, 等. 高密度低黏度阳离子钻井液技术的研究与应用[J]. 钻井液与完井液, 2007, 24(6): 8-10.
- [10] 吴长勇, 梁国昌, 冯宝红, 等. 海洋钻井液技术研究与应用现状与发展趋势[J]. 断块油气田, 2005, 12(3): 69-71.
- [11] 付帆, 胡继良, 王新萍, 等. 地质钻探新型多功能复合剂研究与应用[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2012, 39(S2): 153-156.
- [12] 贾宏福, 罗刚, 付兆友, 等. MBM-GTQ 盐水冲洗液体系的研究与应用[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2015, 42(12): 23-27.