

有机盐钻井液技术研究与应用现状

尹华洲*

(大庆钻探工程公司钻井三公司,黑龙江 大庆 163413)

摘 要:钻井液技术不断发展和进步直接决定着国家石油天然气的勘探开发效率。近年来,国内钻井液技术取得长足进步和发展,为常规油气资源和页岩气、致密油等非常规油气资源高效开发提供了技术支撑。随着深井、超深井和超短半径水平井等特殊工艺井钻探逐渐增多,以及环境保护要求越来越严格,对钻井液技术研究提出了更高要求。有机盐钻井液既有油基钻井液的强抑制能力和井壁稳定能力,还能满足环境保护要求、实现回收再利用,在有机盐钻井液基础上相继形成了KCl-有机盐钻井液、聚合醇有机盐钻井液、复合有机盐钻井液等技术,在国内各大油田和区块得到了大范围应用,特别是在四川页岩气开发过程中发挥了较大作用,井壁稳定效果良好。因此,有机盐钻井液技术能够为特殊工艺井和疑难复杂井安全钻进提供有效技术支持。

关键词:高性能水基;抑制剂;贝克休斯;渤海油田;井壁稳定

中图分类号:TE254.4 **文献标识码:**A **文章编号:**1004-5716(2023)10-0054-03

近年来,“安全、优质、高效、环保”的观念已经逐渐被国内钻井公司采纳和执行。为了既兼顾油基钻井液的高井壁稳定能力,又避免油基钻井液高成本高污染的缺点,国内石油石化行业和石油院校等研究机构,一直在致力于研究一种综合性能与油基钻井液相近的高性能水基钻井液。聚合醇钻井液、硅酸盐钻井液、甲基葡萄糖苷钻井液、有机盐钻井液等都是具有代表性的钻井液新技术。其中,又以有机盐钻井液技术综合性能较为突出,相继形成了KCl-有机盐钻井液、聚合醇有机盐钻井液、复合有机盐钻井液等技术,在新疆高温深井、四川页岩气井等得到大范围应用,均取得了良好的应用效果。因此,有机盐钻井液系列技术为高温深井、超深井和致密油、页岩气等疑难复杂井安全钻进提供了可行的钻井液解决方案。

1 有机盐钻井液技术特点分析

有机盐钻井液最初主要是指甲酸钠、甲酸钾、甲酸铯等有机盐替代无机盐形成的钻井液技术。随着技术发展,有机盐发展为多种低碳(C_1-C_6)有机酸根阴离子与一价金属离子(Na^+ 、 K^+ 、 NH_4^+ 、 NH_3^+ 等)生成的物质,包括有机酸盐、有机酸铵盐、有机酸季铵盐以及它们的复合物,以这些复合物配制基液而形成的钻井液叫做有机盐钻井液。这种钻井液具有极强的抑制防塌性能、

抗高温性能,在高压地层、易水化膨胀和分散的水敏性泥页岩地层具有特殊适应性,目前国内在吐哈油田、克拉玛依油田大范围应用,取得了良好效果,在川渝页岩气开发中也发挥了重要作用。

1.1 基本组成及特点分析

配制有机盐钻井液基液的系列主剂有Weigh1、Weigh2、Weigh3、Weigh4等,加量多在30%~40%之间,因其水溶性好、密度较高,配制的基液密度最高能达到 $1.80g/cm^3$,再加入与之配套的提切剂、降失水剂和泥饼改善剂等辅剂,最终形成的钻井液具有以下特点:①抑制性强。有机盐钻井液的抑制性很强,特别是对蒙脱石、伊利石和伊蒙混层含量较高的泥页岩地层具有良好的抑制水化分散和膨胀的作用,适合于易水化膨胀、易垮塌泥岩、页岩钻井,有利于井壁稳定、井眼规则;②润滑性好。有机盐钻井液有非常好的润滑性,其润滑性能甚至优于油基钻井液,大量的有机酸根具有很强的表面活性,本身就是很好的润滑剂,并能吸附在金属或粘土表面,形成润滑膜,同时,低固相含量能有效地降低摩擦系数。在大斜度定向井和长水平段水平井中能够明显降低起下钻摩阻,减少托压现象发生;③现场易维护。有机盐钻井液处理剂品种少、固相含量低、性能稳定,且抗污染能力强,在现场施工过程中易与维护

* 收稿日期:2022-09-26

作者简介:尹华洲(1984-),男(汉族),黑龙江大庆人,工程师,现从事钻井生产技术管理工作。

和处理;④安全环保性好。有机盐钻井液无毒、无害、无腐蚀、无污染、易生物降解,满足SHE要求,有利于油气层保护和环境保护。

1.2 抑制机理分析

有机盐钻井液的主要技术优势就是具有良好的抑制性,适合于易水化膨胀、易垮塌泥岩、页岩钻井。抑制机理主要表现在以下几方面:①水活度低。有机盐钻井液中水的活度远比地层水的活度小得多,这将产生一个渗透压力使岩石中的水保持渗流入钻井液的趋势,钻井液中的水不会渗流入岩石,这有利于井壁稳定及钻屑、粘土的不分散;②离子交换。有机盐溶液中电离出的大量的阳离子 K^+ 、 NH_4^+ 、 $[NH_4R_{4-n}]^+$ 可通过静电引力吸附进入粘土晶格(尤其是蒙脱石晶格中),抑制粘土表面水化及渗透水化膨胀;③有机酸根离子吸附。有机酸根阴离子 $X_mR_n(COO)^{-}$ 可吸附带负电的粘土端面,抑制其水化分散;④压缩双电层。有机盐阴、阳离子对粘土颗粒的吸附扩散双电层具有较强的压缩作用,从而较强地抑制坂土分散。有机盐水溶液的抑制性,在很大程度上取决于有机盐的加量,也就是说能否达到平衡岩石中的吸附压,让岩石中的水向钻井液完井液方向移动,有机盐的加量越多,移动的动力越大。

2 有机盐系列钻井液技术

2.1 甲酸盐钻井液

甲酸盐(甲酸钠、甲酸钾、甲酸铯等)钻井液属于20世纪90年代就开始研究和使用的有机盐钻井液体系,主要是为了降低常规水基钻井液中土粉、加重剂等固相颗粒对储层的伤害,以及减少油基钻井液使用对环境造成的污染。甲酸钠、甲酸钾等有机盐类比氯化钠、氯化钾等无机盐的溶解度更高,可以广泛溶解于淡水、海水,且对钻具的腐蚀性较小,在20世纪80年代末国外已经有甲酸盐体系成功打成多口大难度井的施工案例。之后在国内大港油田等区块也成功应用,相比常规水基钻井液,甲酸盐钻井液配方简单,现场施工维护简单,且钻井液性能稳定性强,钻进中漏斗粘度波动值在25s以内,还表现出良好的润滑性和储层保护能力。但甲酸盐的高成本问题,也限制了推广应用的范围。

2.2 有机盐钻井液

最早的有机盐钻井液体系是由Weigh2和Weigh3两种水溶性加重剂、Redu1和Redu2两种配套降滤失剂、Visco1和Vsico2两种提切剂、无荧光白沥青封堵剂NFA-25和强包被抑制剂IND10组成。2000年在塔里

木东河油田DH区块进行了现场应用,在井深小于5000m时,有机盐浓度控制在10%左右,井深大于5000m时,有机盐浓度在15%左右,钻井液成本有效控制基础上,钻井液抑制性等综合性能得到极大提升,二开井段平均井径扩大率仅为5.4%,取芯、起下钻和完井作业,3次电测以及下套管作业顺利^[1]。

渤海钻探为解决大港油田甲酸盐、硅基防塌、有机正电胶等常规钻井液形成滤饼和进入储层的滤液堵塞了油气通道,不能最大限度发挥水平井泻油面积的难题,开发了一套有机盐钻井液体系,综合性能稳定,抑制性、抗污染能力强、环保、无固相,有利于保护油气层、提高机械钻速和提高固井质量等优点,解决了井壁稳定和保护油气层之间的矛盾,通过在大港油田的应用,取得了非常好的效果^[2]。

2.3 有机盐聚合醇钻井液

川庆钻探工程公司针对四川页岩气开发过程中页岩易吸水导致的井壁剥落、掉块和坍塌等复杂情况,在有机盐钻井液基础上引入具有“浊点效应”的聚合醇,最终形成一套有机盐聚合醇钻井液体系。这套钻井液体系除了具有有机盐钻井液的强抑制性外,封堵性能也得到大幅度提高,因为当井底温度大于聚合醇“浊点”温度时,会向钻井液中析出具有弹性的胶体颗粒,胶体颗粒会在钻井液压差作用下进入到页岩裂缝中起到封堵降失水的作用^[3]。这套钻井液体系的配方如表1所示。

表1 有机盐聚合醇钻井液配方

序号	处理剂	加量
1	膨润土	2%~3%
2	KPAM	1%~2%
3	降滤失剂LS-2	1%~2%
4	酚醛树脂JD-6	2%~3%
5	阳离子乳化沥青SEB	3%~4%
6	有机盐Weigh2	8%~10%
7	聚合醇MSJ	3%~4%
8	水基润滑剂FK-10	3%~4%

在室内对体系抑制性、封堵性等综合性能进行了评价,并与聚合物钻井液、聚磺钻井液性能进行了对比。从实验结果可知:①有机盐聚合醇钻井液24h页岩滚动回收率达到99%(清水回收率92.4%),高于聚合物钻井液和聚磺钻井液的92.4%和98.0%,8h线型膨胀量为1.05mm(清水),远低于聚合物钻井液和聚磺钻井液

的1.39mm和1.15mm,说明有机盐聚合醇钻井液抑制性比同类其他钻井液强;②在90℃条件下的高温高压失水实验,有机盐聚合醇钻井液滤失量仅为5.0mL,远远低于聚合物钻井液和聚磺钻井液的17.6mL和11.0mL;③活度检测实验显示,有机盐聚合醇钻井液活度为0.541,小于聚合物钻井液和聚磺钻井液的0.571和0.569。体系在N206井取得成功应用,连续取芯和起下钻作业均没有压差卡钻现象,提速效果明显,PDC钻头机械钻速达10.97m/h,牙轮钻头机械钻速达6.29m/h。

2.4 KCl-有机盐钻井液

为解决空气钻后地层井壁容易发生吸水膨胀导致井壁失稳的井下难题,西南油气田公司工程技术研究院在有机盐钻井液基础上对钻井液抑制性进一步升级,形成了KCl-有机盐聚合物钻井液^[4]。钻井液在有机盐和KCl双重作用下能够有效抑制空气钻后裸露地层水化分散和膨胀的难题,钻井液配方如表2所示。室内评价实验可知,这套体系的滚动回收率(清水,27.5%)和线型膨胀率(清水,23.0%)分别为91.2%、11.0%,均高于KCl-聚合物钻井液和有机盐聚合物钻井液,加入5%土粉后,钻井液性能变化小;钻井液体系API滤失量在老化前后都只有2mL,150℃高温高压滤失量小于10mL,且携岩能力较强,综合性能大幅度提升^[5]。

表2 KCl-有机盐钻井液配方

序号	处理剂	加量
1	膨润土	2.0%
2	KPAM	0.2%
3	抗温降滤失剂 Redul	1.0%
4	PAC-LV	1.0%
5	封堵防塌剂 NRH	4.0%
	氯化钾	7%
6	有机盐 Weigh2	10%
7	防卡润滑剂 FK-10	3%

KCl-有机盐聚合物钻井液在双鱼石区块进行了现场应用,顺利钻过沙一段、凉高山组、自流井组及须家河组强水敏性泥岩地层,施工中井壁稳定,井眼通

畅,振动筛上返出岩屑规整、棱角分明,井径规则,平均井径扩大率小于10%,起下钻及后期电测、下套管作业顺利,为该区块深层页岩气的高效勘探提供了技术支持。

3 有机盐钻井液发展趋势

近年来,随着钻井工艺和化工材料科学进步,水基钻井液技术得到了飞速发展,有机盐钻井液技术的独特优点也越来越受到重视和广泛应用。但从有机盐钻井液多年来的应用实例来看,有机盐钻井液的性能和成本等方面还有许多工作需要开展:①要解决有机盐成本较高的难题,为保证钻井液体系的强抑制性和良好流变性,有机盐的加量通常在30%以上,由于有机盐单位成本较高,这就导致钻井液总体成本居高不下,有研究者选择添加无机盐或者复合无机盐来降低有机盐加量,但也会损害有机盐钻井液的总体性能,往往得不偿失,也限制了有机盐钻井液的推广应用范围。因此,需要通过技术手段或改善合成工艺来降低有机盐单位成本;②要对有机盐钻井液作用机理、有机盐与配套处理剂相互作用机理以及高温高密度条件下有机盐流变性控制机理进行深入研究,只有对机理深入研究基础上,才能开发出抗温性好、综合性能优异的有机盐钻井液;③加强有机盐钻井液回收和重复再利用技术研究,加强废弃钻井液重复利用方面的研究工作,不仅仅是基液回收的问题,还包括钻井液的继续利用以及转化成其他工作液问题。

参考文献:

- [1] 周建东,李在均,邹盛礼,等.有机盐钻井液在塔里木东河油田DH1-8-6井的应用[J].钻井液与完井液,2002,19(4):21-23.
- [2] 步宏光,张民立,唐世忠.有机盐钻井液技术在大港油田水平井的研究与应用[J].钻采工艺,2011,34(1):83-85.
- [3] 肖金裕,杨兰平,李茂森,等.有机盐聚合醇钻井液在页岩气井中的应用[J].钻井液与完井液,2011,28(6):21-23.
- [4] 周代生,李茜,苏强.KCl-有机盐聚合物钻井液在川西双鱼石区块的应用[J].钻井液与完井液,2018,35(1):57-60.
- [5] 胡进军,邓义成,王权伟.PDF-PLUS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):36-39.