

中国石化页岩气油基钻井液技术进展与思考

林永学, 王显光

(中国石化石油工程技术研究院, 北京 100101)

摘 要: 围绕着页岩油气资源和复杂地层常规油气资源勘探开发对钻井液技术的需求, 介绍了中国石化近年来油基钻井液技术研究进展与应用情况, 包括油基钻井液技术难点、关键处理剂的研发、柴油基和矿物油基等多套油基钻井液体系的研制、配套工艺技术及现场应用等多个方面。同时根据国内外油基钻井液技术的对比和技术发展的需求, 探讨了中国石化页岩油气资源钻井液技术的发展方向。

关键词: 中国石化 油基钻井液 钻井液添加剂 钻井液性能

中图分类号: TE254⁺.3 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-0890(2014)04-0007-07

Development and Reflection of Oil-Based Drilling Fluid Technology for Shale Gas of Sinopec

Lin Yongxue, Wang Xianguang

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

Abstract: Drilling fluid is critical for exploration and development of shale oil/gas and conventional oil/gas in complex reservoirs. In this paper, Sinopec's research and application of oil-based drilling fluid in recent years were introduced in several aspects, such as technical difficulties, R & D of key agents, development of diesel oil or mineral oil based drilling fluid system, and supporting processes and techniques. Moreover, future development of such techniques in Sinopec was discussed based on the comparison of oil-based drilling fluid techniques in China and abroad, and technical demand.

Key words: oil-based drilling fluid, drilling fluid additive, property of drilling fluid, Sinopec

2009 年以来, 中国石化集团公司大幅增加了非常规油气资源^[1]的勘探投入, 并开始建成我国第一个年产 $50 \times 10^9 \text{ m}^3$ 页岩气的焦石坝页岩气田, 拉开了我国页岩油气开发的序幕。在非常规油气勘探开发中, 钻井施工的主要挑战来自在页岩地层水平井段的井眼稳定。在北美页岩油气开发中, 油基钻井液占 70% 左右, 水基钻井液占 30%。根据 Marcellus、Eagle Ford 和 Haynesville 等 3 个地区上千口井的统计, 使用水基钻井液的主要问题是卡钻复杂情况突出, 钻井周期、下套管时间、施工安全风险都高于油基钻井液。油基钻井液的主要问题是成本与环境保护突出, 并且井漏会增大油基钻井液的成本。国内完成的页岩勘探水平井与开发水平井全部采用油基钻井液, 在页岩油气勘探的初期, 在个别井的定向段层采用过水基钻井液, 但出现过严重的井眼失稳问题, 甚至导致侧钻的严重复杂情况。

油基钻井液(oil-based mud, 简称为 OBM)是一类完全以非(弱)极性油品作为连续相的钻井液体系, 与国内长期以来广泛使用的水基钻井液相比, OBM 几乎不与水敏性地层矿物发生作用, 具有抑制性强、润滑性好、抗污染能力突出等特点。油基钻井液是钻井行业钻探各类页岩、泥岩、盐膏层等复杂地层的重要手段, 也是高温高压深井和复杂定向井安全钻井的重要技术措施^[2]。因此, OBM 是深层常规

收稿日期: 2014-05-20; **改回日期:** 2014-06-16。

作者简介: 林永学(1963—), 男, 山东乳山人, 1984 年毕业于华东石油学院钻井工程专业, 2001 年获石油大学(北京)油气井工程专业工程硕士学位, 教授级高级工程师, 中国石化集团公司高级专家, 主要从事钻井液技术方面的科研与管理工作。

联系方式: (010)84988158, linyx.sripe@sinopec.com。

基金项目: 中国石油化工股份有限公司科技攻关项目“页岩气藏水平井油基钻井液技术研究”(编号: P11053)部分研究内容。

油气与非常规油气资源勘探开发的有力保障,研制具有自主知识产权的油基钻井液也成为中国石化近几年来钻井液技术持续攻关的重要方向。

国内自 20 世纪 80 年代开始应用油基钻井液以来,发展较为缓慢,与国外同类技术相比具有一定的差距,主要表现为流变性差、处理剂用量大、高品质处理剂缺乏、配套技术极其不完善,导致页岩气勘探初期的重点水平井不得不使用国外的油基钻井液,从而大幅度增加了钻井成本。为此,自 2009 年起,随着页岩油气资源勘探开发的迅速发展,中国石化集团公司开展了油基钻井液体系及其配套技术的研究与应用。截至 2014 年,研发了多种关键处理剂,形成了柴油基、矿物油基等多套油基钻井液体系^[3-4],已经基本解决了国内传统油基钻井液技术的不足,在涪陵、彭水等地区共 50 余口井进行了应用^[5-7],有力保障了中国石化上述地区页岩气的勘探开发,取得了良好的经济效益和社会效益。

1 页岩油气勘探对油基钻井液技术的挑战

页岩油气资源的商业开发采用水平井技术,页岩气水平井水平段的长度通常为 800.00~2500.00 m。首先,页岩气井的目的层是以硬脆性矿物为主的地层,其页理、层理、微裂隙发育,钻井过程中井壁失稳和井漏的风险大;其次,为有利于后续水力压裂和达到获得更高产能的目的,页岩油气水平井通常沿着或者接近最小水平主应力的方位钻进,这种轨道设计增大了井壁失稳的风险;另外,长水平段钻进对井眼清洁能力也提出了极高的要求。综上所述,页岩油气资源的开发对油基钻井液提出了严峻的挑战,需要深入研究解决低油水比条件下的乳化稳定性、保障井眼净化的低 ECD 流变性能控制、防漏堵漏和含油废弃物的处理等系列技术难点。

1.1 低油水比条件下的乳化稳定性

确保 OBM 中的水相液滴在油相中均匀分散、乳化稳定是 OBM 的基本要求,也是对其流变性、封堵性等其他性能进行有效调控的基础与根本前提^[8]。一般情况下,OBM 的油水比大多为 70~90:30~10,以破乳电压(ES)衡量其乳化稳定性,ES 高于 400 V 即可达到钻井施工的需求。就 OBM 的组成而言,油水比越低、其成本越低,但意味着其乳化稳定性会变差。因此,低油水比是衡量 OBM 技术水

平的一项重要技术指标,也是降低 OBM 成本的重要措施,而设计、研发、使用高性能的乳化剂是提高低油水比 OBM 乳化稳定性的关键与核心。

1.2 保障井眼净化的低 ECD 流变性能控制

与水相比,用作 OBM 连续相的基础油均具有较强的温度敏感性,即其黏度受温度影响较大。因此,OBM 通常在低温条件下具有较高的黏度与切力,随着温度的上升,其黏度和切力大幅降低。另外,国内可以用于 OBM 调控黏度和切力的处理剂很少,因此,OBM 流变性能调控的难度很大。国内 OBM 配制完成后通常具有较理想的流变性能和相对合理的黏度和切力,但经过高温老化或者入井后其流变性能迅速变差,表现为切力低、悬浮能力差。钻井过程中为了提高 OBM 的切力,增强携岩能力,不得不大量使用有机膨润土、乳化剂等亲油胶体,结果使 OBM 的漏斗黏度和塑性黏度大幅升高,从而造成环空压耗明显上升、ECD 大幅升高,不仅导致钻速下降,而且增大了诱导性漏失的风险。总之,OBM 的流变性能控制一直是国内 OBM 研发面临的突出问题,也是与国外 OBM 的主要差距所在^[9]。因此研发高效的流变性能调节剂是解决该问题的关键。

1.3 与油基钻井液配套的防漏堵漏

OBM 由于成本较高,因此钻井过程中如何减少消耗、避免漏失是有效降低 OBM 应用成本的关键。由于与水基钻井液具有本质的区别,因此常规的防漏堵漏材料与技术在 OBM 中难以获得理想的效果。国外在使用 OBM 钻井时,广泛使用 Soltex、Barcarb 等专用封堵材料解决其漏失问题,但截至目前仍未能有效解决 OBM 的漏失问题;国内也很少进行 OBM 专用防漏堵漏技术的研究。因此,OBM 的漏失问题也是钻井液工作者亟待解决的技术难题之一。

1.4 含油钻屑或废弃油基钻井液的处理

含油钻屑或废弃 OBM 不经处理直接排放会对环境造成较大的影响:其影响程度取决于 OBM 的毒性、生物可降解性和聚集特性;影响范围主要取决于废弃物的排放量、排放深度等,在深水区域由于水流作用,排放点越深,影响区域就越广。国内含油钻屑与废弃 OBM 的处理技术发展较慢,尚不成熟,现阶段难以完全达到我国环保法律法规规定的要求,这也是环境保护和钻井液科技工作者亟待解决的突出问题之一^[10]。

2 中国石化油基钻井液技术主要进展

近 5 年来,中国石化针对国内 OBM 体系流变性差、处理剂用量大、高品质处理剂缺乏、配套技术不完善等突出问题,通过借鉴吸收、自主研发等技术手段,在 OBM 关键处理剂、钻井液体系和含油废弃物处理技术方面均取得了可喜的进展,为 OBM 技术的自主化应用奠定了良好的基础。

2.1 油基钻井液处理剂

2009 年以来,中国石化围绕 OBM 乳化剂、有机膨润土、流变性调节剂和降滤失剂等开展了相关的技术攻关,并在有机膨润土、乳化剂和流变性调节剂的研发方面取得了突出的进展,研制的产品在现场取得了良好的应用效果。

2.1.1 有机膨润土

有机膨润土是 OBM 的基本组分,它可以有效提高 OBM 的黏度、切力,并能降低 OBM 的滤失量。国内的有机膨润土主要应用于油漆、印染、日化等领域,专门用于 OBM 的有机膨润土类型较少,质量也差别很大。为此,董天雷等人^[1]利用钠膨润土与季胺盐类表面活性剂、插层剂等进行充分吸附反应,制得了具有良好造浆性能的有机膨润土,这种亲油膨润土在柴油和白油中具有良好的分散性能和增黏效果,其胶体率达到 95% 以上,整体指标优于国外的同类产品。

2.1.2 乳化剂

乳化剂是确保 OBM 乳化稳定性的关键与核心处理剂。国内 OBM 乳化剂一直以脂肪酸、脂肪酸皂和烷基苯磺酸皂等表面活性剂为主,其分子内通常含一个亲水基团和一个亲油基团,其亲油基团分布于油相中,亲水基团带有负电荷,通过与水相中的 Ca^{2+} 作用,呈“锚状”分布于油水界面上(见图 1(a))。但由于亲水基团均带有负电荷,在油水界面上铺展时,分子间由于同性电荷的斥力作用会显著影响其分布的致密程度,因此不利于油水界面膜强度的提高,也不利于钻井液切力的提高,表现为乳化稳定性不高、切力很低。

为了克服上述不足,王显光等^[3]设计、研发了分子内具有多个吸附基团、通过化学键将吸附基团内部链接的低聚大分子乳化剂 SMEMUL。相比传统乳化剂,SMEMUL 具有较大的分子伸展体积,其多个亲水基团可以同时界面上吸附,像多个锚嵌入

水相中(见图 1(b)),由于其分子直接通过化学键相连,避免了多个亲水基团间的电荷斥力,因此,乳化剂在油水界面上排列的更加致密、稳定性更高。同时,由于亲油基团数量更多,分子间多个亲油基团发生缠绕,形成胶束的概率大幅增大,利于油相结构力的提高。通过上述 2 方面的综合作用,使这种新型的大分子乳化剂具有传统乳化剂无法比拟的乳化效果。

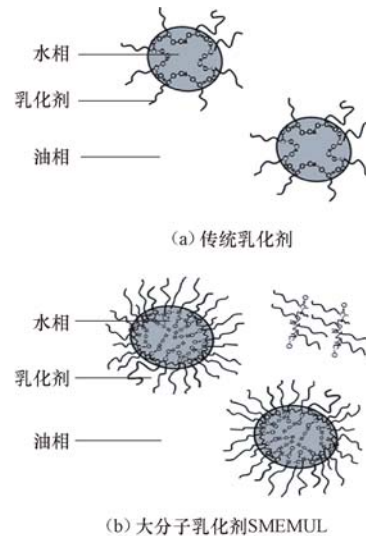


图 1 传统乳化剂和大分子乳化剂乳化原理

Fig. 1 Schematic diagram of emulsification principles of traditional emulsifier and macromolecule SMEMUL

2.1.3 流变性调节剂

针对 OBM 结构力低、切力调控措施少的问题,何恕等人^[7]基于界面吸附和电性吸附理论,通过电性材料和强吸附材料的设计与使用,研制了一种新型 OBM 流变性调节剂 SMHSFA。通过与 SMEMUL 的协同作用,加入少量 SMHSFA 即可显著提升 OBM 的切力、结构力、动塑比和低剪切速率下的黏度(见图 2),改善其流变性能,尤其适用于长水平段水平井或大位移井的钻井施工。

2.2 油基钻井液体系

中国石化根据不同区块的地质情况、工程施工需求,研发了柴油基、矿物油基、合成基等 OBM,部分 OBM 的性能达到了国外先进 OBM 的水平。

王显光、何恕等人^[3,7]以研发的高效乳化剂 SMEMUL 和流变性调节剂 SMHSFA 为核心处理剂,基于页岩水平井工程要求,构建、形成了具有低塑性黏度、高切力特征的柴油基和矿物油基 2 套油基钻井液(简称为 LVHS OBM)体系,并且配套了

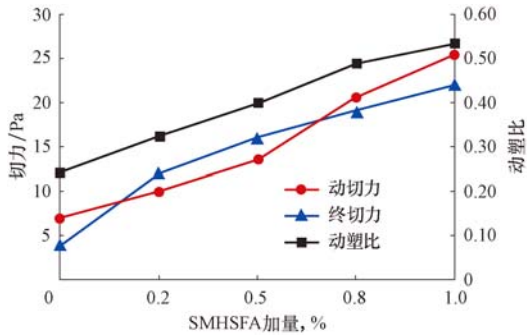


图 2 SMHSFA 加量对油基钻井液性能的影响
Fig. 2 Influence of SMHSFA amount on property of oil-based drilling fluid

LVHS OBM 的现场施工工艺、回收再利用技术、防漏堵漏技术和与含油废弃物处理工艺,从而形成了完善的 LVHS OBM 技术。LVHS OBM 的配方为 0 号柴油(或 3 号白油)+20.0% CaCl₂溶液+3.5% SMEMUL+2.0% CaO+2.0% 有机膨润土+2.0% 降滤失剂+0.3% SMHSFA+3.0% 封堵剂,其与国外先进 OBM 的性能指标对比见表 1。

表 1 LVHS OBM 与国外 OBM 性能的对比

Table 1 Comparison of properties between LVHS OBM and OBM of foreign companies

体系名称	密度/(kg·L ⁻¹)	破乳电压/V	塑性黏度/(mPa·s)	动切力/Pa	静切力/Pa	动塑比	高温高压滤失量/mL
国外 OBM	1.40	650	30	9.0	4/7	0.30	2.8
LVHS OBM	1.40	1235	29	12.5	5/7	0.44	2.4
国外 OBM	1.70	720	56	13.5	9/18	0.24	2.6
LVHS OBM	1.70	1 051	39	12.5	5/8	0.32	2.6

封堵剂,具有良好的封堵性能。该钻井液体系满足了济阳坳陷页岩水平井钻井的需要,而且对人体健康的影响较小。

刘明华等^[5]针对中原油田非常规油气资源钻探的需求,先后研发了全油基和油包水两套 OBM 体系。全油基钻井液以白油为基础油,其配方为 5 号白油+4%~5%乳化剂+4%~5%有机膨润土+4%~6%降滤失剂+1%~2%润湿剂+1%~2%提黏剂+3% CaO。该钻井液体系具有较低的生物毒性和较好的综合性能,很好地满足了中原油田等环境敏感地区的钻井要求。油包水钻井液体系以柴油为基础油,其配方为 0 号柴油+4%~5%乳化剂+2%~4%有机膨润土+3%~6%降滤失剂+1%~2%润湿剂+1%~2%流变性调节剂+3% CaO+3%封堵剂,其性能稳定、抑制性强、井壁稳定性好,在涪陵地区取得了良好的应用效果。

2.3 含油废弃物处理技术

针对使用 OBM 钻井过程中产生的含油钻屑污

由表 1 可以看出, LVHS OBM 的性能指标达到了国外公司 OBM 的水平,并且还具有以下技术特点:1)漏斗黏度和塑性黏度较低、切力较高、动塑比理想,有利于长水平段井眼净化;2)油水比为 70~90:30~10,具有良好的乳化稳定性,破乳电压 700~1 600 V;3)柴油和矿物油均可做为基油,可以满足不同环境条件下钻井施工的要求;4)具有良好的封堵防漏效果,可以有效保障微裂缝发育地层的井壁稳定。

侯业贵等人^[4]针对柴油基钻井液生物毒性大的问题,通过优选基础油和处理剂,形成了一套以精制白油为基础油的低芳烃、强封堵 OBM 体系,其配方为精制白油+25.0%CaCl₂溶液+3.0%主乳化剂+1.5%辅乳化剂+2.0%润湿剂+3.0%有机膨润土+3.0%降滤失剂 CFA+2.0%CaO+2.0%复合封堵剂 FB+0.5%提切剂。该 OBM 体系在油水比为 80:20、1.20~1.80 kg/L 的密度范围内均具有较好的流变性能、乳化性能和沉降稳定性。由于使用了刚性、柔性和树脂类封堵材料的复合处理剂作

染严重的问题,中国石化集团公司的多家研究单位均开展了废弃物处理研究,实现了该领域的技术突破。徐力等人^[12]研制了一套含油钻屑清洗装置,该装置具有搅拌、混合、清洗、脱液干燥等功能,处理量大(钻屑处理量 5 m³/h),采用移动式组装设计,处理后钻屑的含油量可降至 3%左右,基本满足了钻井过程油基钻屑随钻处理的要求。位华等人^[13]将固相清洗技术与生物处理技术有效结合,设计集成了具有高速离心、快速脱液、固液分离等功能的新含油钻屑处理装置,含油钻屑经该装置处理后其含油量可降至 3%以下,再利用生物处理技术进行集中处理。室内效果表明,经过 30~90 d 可彻底实现钻屑的无害化,达到 GB 4284—1984《农用污泥中污染物控制标准》规定的排放要求。

3 中国石化油基钻井液技术的应用

近 5 年来,通过关键处理剂的研发与 OBM 体系及其配套技术的攻关,中国石化页岩气 OBM 技

术得到了迅速发展,基本解决了传统 OBM 技术的不足,研发了以 LVHS OBM、低芳烃强封堵 OBM 和全油基钻井液为代表的多套 OBM 体系和配套技术,在非常规油气资源与常规深层油气资源的勘探开发中得到了广泛的应用。截至 2014 年 4 月,中国石化采用 OBM 技术钻进的页岩油气水平井达 50 余口,均取得了良好的应用效果,大幅提高了中国石化页岩气 OBM 技术水平,实现了高性能 OBM 技术的自主化,为涪陵页岩气获得商业性开发、彭水页岩气取得重大进展提供了技术保障,取得了良好的经济效益和社会效益^[14]。下面以中国石化重点地区的页岩气水平井焦页 1HF 井和彭页 2HF 井为例介绍现场应用情况。

3.1 焦页 1HF 井

焦页 1HF 井是中国石化部署在川东南地区川

东高陡褶皱带包鸾-焦石坝背斜带焦石坝构造高部位的一口评价井。该井采用三级井身结构,三开($\phi 215.9$ mm 井眼)钻探目的层为下志留统龙马溪组下部地层,岩性主要为深灰色-黑色页岩、碳质泥岩,设计水平段长 1 000.00 m,完钻井深 3 692.00 m。该井在二开造斜井段使用水基钻井液钻至龙马溪组上部地层时,井壁失稳严重。为了保证三开长裸眼水平段钻进安全顺利,在室内试验和技术论证的基础上,三开井段采用强封堵全油基钻井液进行钻井施工,其配方为 4.30% 有机膨润土+5.00% 主乳化剂+0.50% 辅乳化剂+3.00% 降滤失剂+1.00% 润湿剂+3.00% CaO+4.00% FT+0.95% CaCO₃(800 目)+1.35% CaCO₃(1 200 目)+3.80% CaCO₃(1 600 目)+0.40% 超细凝胶+1.00% 封堵剂+重晶石,三开不同井段强封堵全油基钻井液性能如表 2 所示。

表 2 焦页 1HF 井三开井段强封堵全油基钻井液的性能

Table 2 Properties of whole oil-based drilling fluid with plugging in the third spud of Well Jiaoye 1HF

井深/m	密度/ (kg·L ⁻¹)	漏斗黏度/s	破乳电压/V	塑性黏度/ (mPa·s)	动切力/ Pa	静切力/Pa	高温高压滤失 量/mL
2 500.00~2 555.00	1.48~1.53	71~85	715~750	20~41	6.5~7.5	3~4/4~5	4.0~3.6
2 555.00~2 900.00	1.53~1.57	72~86	750~1258	38~44	6.5~9.0	3~5/4~10	3.2~1.6
2 900.00~3 653.00	1.57~1.61	86~91	1 258~1 750	44~51	8.5~9.0	5~7/10~14	1.4~1.6

现场应用表明,采用强封堵全油基钻井液钻进期间,在 1.48~1.61 kg/L 的密度范围内,其性能稳定,确保了页岩地层井段的井眼稳定和井眼净化,水平段平均井径扩大率仅为 1.05%,取得了良好的应用效果。

3.2 彭页 2HF 井

彭页 2HF 井是部署在上扬子盆地武陵褶皱带彭水德江褶皱带桑柘坪向斜构造的一口页岩气评价水平井。该井采用三级井身结构,钻探目的层为下志留统龙马溪组地层,岩性主要为深灰色-灰黑色页岩、灰黑色-黑色碳质页岩,设计水平段长 1 200.00 m。由于龙马溪组地层页岩页理和微裂隙发育,极易发生井壁失稳,且该井设计水平段长,易形成岩屑床和出现托压现象,因此该井存在井壁稳定难度大、井眼清洁要求高、钻具摩阻大和漏失风险高等钻井技术难点。

针对彭页 2HF 井存在的钻井技术难点,在室内试验和技术论证的基础上,三开采用 LVHS OBM 进行钻进,钻进井段为 1 620.00~3 990.00 m,累计进尺 2 370.00 m,完钻水平段长 1 650.00 m,水平

位移 1 932.84 m,创 2012 年国内陆上页岩气水平井水平段和水平位移最长的纪录,不同井段 LVHS OBM 性能见表 3。

彭页 2HF 井三开实钻表明,LVHS OBM 性能稳定,漏斗黏度和塑性黏度低、切力高,动塑比一直保持在 0.36~0.50,携岩返砂正常,起下钻通畅。与 LVHS OBM 配套的防漏堵漏技术效果显著,与同区块邻井相比,LVHS OBM 日消耗量减少达 15.8%,总漏失量仅 260 m³,减少 48%,井漏损失时间减少高达 30%,大幅度降低了钻井成本。

LVHS OBM 成功解决了彭水区块的页岩井壁失稳、长水平段携砂困难、摩阻大和漏失频发等钻井技术难点,经济效果显著。

4 中国石化油基钻井液技术展望

随着非常规油气资源和常规深层油气资源勘探开发的深入,中国石化页岩气 OBM 技术得到了迅速发展,已经形成了多套具有自主知识产权的高性能 OBM 体系,并初步形成了防漏堵漏、回收再利用等配套技术,部分技术指标已经接近国外同类技术

表 3 彭页 2HF 井三开井段 LVHS OBM 的性能

Table 3 Properties of LVHS OBM in the third spud of Well Pengye 2HF

井深/m	密度/ ($\text{kg} \cdot \text{L}^{-1}$)	漏斗黏度/s	破乳电压/ V	塑性黏度/ ($\text{mPa} \cdot \text{s}$)	动切力/Pa	静切力/Pa	高温高压滤失 量/mL
1 620.00~2 173.00	1.26~1.29	65~75	800~1 100	20~24	8.0~12.0	3.5~4.5/4~6	0.4~0.8
2 173.00~3 100.00	1.29~1.31	65~78	1 000~1 100	21~27	8.5~11.0	4.5~6.5/5~8	1.2~2.4
3 100.00~3 990.00	1.30~1.32	67~90	1 000~1 450	23~28	10.0~13.5	4.5~8.0/6~13	1.8

水平,大幅缩小了与国外先进技术的差距。然而,与国外先进技术相比,国内 OBM 技术仍还有一定的差距,今后应加强以下技术研究:

1) 围绕改善 OBM 的乳化稳定性和流变性能控制,研制新型高品质、低成本处理剂,特别是抗高温高效乳化剂、具有类似恒流变特征的增黏剂、高效黏度稀释剂和低荧光、低成本的降滤失剂;

2) 研发抗高温的高密度 OBM,以满足特殊勘探地区的高压深井、超深井钻探需求;

3) 以注重环保、降低成本为重点,开展以气制油、合成油等多种新型油品为基油的 OBM 体系研究;针对不同地质情况、工程的需要,形成具有自主化知识产权的 OBM 体系,以满足不同地区、不同工况的勘探开发要求;

4) 加强与 OBM 匹配的防漏堵漏技术研究,通过研发专用材料和制定技术措施,形成与 OBM 匹配的防漏堵漏技术,降低实钻时的 OBM 消耗和井下漏失,降低钻井成本;

5) 深入开展 OBM 循环利用、固液分离和含油钻屑处理等方面的研究,通过与环境保护、工程机械等领域结合,集成相关技术,形成经济可行的含油钻屑和废弃 OBM 处理技术,满足环境保护的需要;

6) 依据 OBM 技术的发展,建议由集团公司相关管理部门牵头,不断建立、修订、完善中国石化 OBM 技术的相关规范与技术标准,指导 OBM 安全、高效施工;

7) 建议加大高性能水基钻井液的研究与攻关,有针对性的“量身定做”页岩油气水平井专用水基钻井液体系,实现非常规资源的低成本、绿色开发。

参 考 文 献

References

- [1] 李新景,胡素云,程克明.北美裂缝性页岩气勘探开发的启示[J].石油勘探与开发,2007,34(4):392-400.
Li Xinjing, Hu Suyun, Cheng Keming. Suggestions from the development of fractured shale gas in North America[J]. Petroleum Exploration and Development, 2007, 34(4): 392-400.
- [2] Hutton A, Listair Paul, Vickers Stephen R, Davidson Marcus, et al. Design and application of invert emulsion drilling and aqueous completion fluids for long horizontal multilateral wells[R]. SPE 121905, 2009.
- [3] 王显光,李雄,林永学.页岩水平井用高性能油基钻井液研究与应用[J].石油钻探技术,2013,41(2):17-22.
Wang Xianguang, Li Xiong, Lin Yongxue. Research and application of high performance oil base drilling fluid for shale horizontal wells[J]. Petroleum Drilling Techniques, 2013, 41(2): 17-22.
- [4] 侯业贵.低芳烃油基钻井液在页岩油气水平井中的应用[J].钻井液与完井液,2013,30(4):21-24.
Hou Yegui. Application of low aromatics oil-base drilling fluid in shale gas horizontal well[J]. Drilling Fluid & Completion Fluid, 2013, 30(4): 21-24.
- [5] 刘明华,孙举,王阳,等.油基钻井液在中原油田非常规油气藏开发中的应用[J].中外能源,2013,18(7):38-41.
Liu Minghua, Sun Ju, Wang Yang, et al. Application of oil-based drilling fluid in unconventional oil-gas reservoirs, Zhongyuan Oilfield[J]. Sino-Global Energy, 2013, 18(7): 38-41.
- [6] 何振奎.泌页 HF1 井油基钻井液技术[J].石油钻探技术,2012,40(4):32-37.
He Zhenkui. Oil base drilling fluid technology applied in Well Biye HF1 [J]. Petroleum Drilling Techniques, 2012, 40(4): 32-37.
- [7] 何恕,李胜,王显光,等.高性能油基钻井液的研制及在彭页 3HF 井的应用[J].钻井液与完井液,2013,30(5):1-4.
He Shu, Li Sheng, Wang Xianguang, et al. Research of high performance oil base drilling fluid and application in Pengye 3HF[J]. Drilling Fluid & Completion Fluid, 2013, 30(5): 1-4.
- [8] 鄢捷年.钻井液工艺学[M].东营:石油大学出版社,2001:240-260.
Yan Jienian. Drilling fluid technology[M]. Dongying: Petroleum University Press, 2001: 240-260.
- [9] 王中华.国内外油基钻井液研究与应用进展[J].断块油气田,2011,18(4):533-537.
Wang Zhonghua. Research and application progress of oil-based drilling fluid at home and abroad[J]. Fault-Block Oil & Gas Field, 2011, 18(4): 533-537.
- [10] 刘婷婷,黄志宇,邓皓,等.废弃油基钻井液无害化处理技术与工艺进展[J].油气田环境保护,2012,22(6):57-60.
Liu Pingting, Huang Zhiyu, Deng Hao, et al. Technology and progress of harmless treatment for waste oil-based drilling fluid[J]. Environmental Protection of Oil & Gas Fields, 2012, 22(6): 57-60.
- [11] 董天雷,田先国,孙远龙.一种高性能有机膨润土的制备方法:

- 中国, 201110235817. 3 [P]. 2011-08-17.
- Dong Tianlei, Tian Xianguo, Sun Yuanlong. A method to product high performance organobentonite; CN, 201110235817. 3 [P]. 2011-08-17.
- [12] 徐力, 董怀荣. 废弃钻井液深度净化技术研究[J]. 西部探矿工程, 2014, 26(2): 64-68.
- Xu Li, Dong Huairong. Research on technology of waste drilling fluid [J]. West-China Exploration Engineering, 2014, 26(2): 64-68.
- [13] 位华, 何焕杰, 王中华, 等. 油基钻屑微乳液清洗技术研究[J]. 西安石油大学学报: 自然科学版, 2013, 28(4): 90-94.
- Wei Hua, He Huanjie, Wang Zhonghua, et al. Oil-base drilling cuttings cleaning separation technology [J]. Journal of Xi'an Shiyou University: Natural Science Edition, 2013, 28(4): 90-94.
- [14] 路保平. 中国石化页岩气工程技术进步及展望[J]. 石油钻探技术, 2013, 41(5): 1-8.
- Lu Baoping. Sinopec engineering technical advance and its developing tendency in shale gas [J]. Petroleum Drilling Techniques, 2013, 41(5): 1-8.
- [编辑 刘文臣]

Cflex 多级固井系统

Cflex 多级固井系统是由 Archer 公司研制的, 与传统固井相比, 采用该系统固井可以明显提高固井质量。该井系统在设计时主要考虑了胶结质量、灵活性、效率与效果。

胶结质量 Cflex 多级固井系统按最高胶结质量设计, 根据 ISO 14310 标准评价可得 VO 级。采用 Cflex 多级固井系统固井时, 在水泥胶结后还需要执行两级密封程序: 机械拉力和水力压力协同作业, 以避免意外风险, 确保持久密封。水泥环胶结质量可以达到“气体密封”级别, 具有极高的抗张强度和破裂应力。

灵活性 Cflex 多级固井系统有多种规格, 可以用不同的材料加工, 可以根据客户的要求定制生产。该系统固定在套管上, 可进行多级固井作业。该系统具有 4 个循环孔, 可以适应不同的循环当量密度和循环流速。该系统还可用于洗井、压裂等作业。

效率与效果 Cflex 多级固井系统操作简洁方便、快速, 固井质量高。该系统设计紧凑, 其内径与套管内径匹配, 可以提供无限制循环通道; 其外径不大于套管接箍, 从而尽可能地减少对循环当量密度的影响, 降低套管蠕动带来的风险。该系统具备多个循环孔, 允许大排量循环, 可以显著提高固井质量。

Cflex 多级固井系统在墨西哥湾 1 口水平井进行了现场试验, 水泥环胶结质量达到了“气体密封”级别。

中石化石油工程机械有限公司研制出自动化动力猫道装置

动力猫道装置是指在钻井、修井过程中, 将井场钻具自动送上和放下钻台的装置。动力猫道可与钻杆自动处理装置、二层台钻具自动排放装置、铁钻工、气动卡瓦等联合使用, 实现井口钻杆操作全自动化或半自动化, 大大提高钻井工作效率, 增强施工的安全性。目前, 国外的动力猫道主要有固定式、举升式、机械手臂等 3 种。固定式动力猫道适用于低钻台或小型钻机, 如修井机和 2 000 m 以下的小钻机, 缺点是钻具与 V 形槽之间的摩擦大, 对钻具的保护不够。举升式动力猫道比较适用于我国陆地大型钻机, 但国外设计的尺寸比较大, 不符合我国对运输尺寸的要求。机械手臂的优点是处理能力强、速度快、自动化程度高, 缺点是不易维修、成本高、安装复杂、不宜频繁拆装和运输。为此, 中石化石油工程机械有限公司研制了适合国内移动运输的自动化动力猫道装置。

该装置属于固定式动力猫道, 包括动力猫道和液压排管架 2 部分, 可由场地人员通过液压手柄控制, 也可由钻台人员通过手动操作盒或中央控制台进行远程控制, 使作业人员远离高危作业区域, 降低作业风险, 实现管柱在地面排管区与钻台面之间的机械化输送。同时, 该装置运用程序控制实现了设备一键操作, 可有效提高作业效率, 减少操作人员, 降低生产成本。该装置主体部分采取撬装形式, 作业完成后可直接连接拖车快速搬移。其他辅助装置可拆分成模块, 形成若干小件, 方便运输。