

# Research and Application of Low Density Drilling Fluid in Complex Stratum

Yan Ma<sup>1</sup> Junlong Luo<sup>2</sup>

1. China National Offshore Oil Corporation, Beijing, 100010, China
2. Beijing Taili Jinghong Institute of Science and Technology, Beijing, 100010, China

## Abstract

During the development of energy resources, drilling will inevitably be performed in complex stratum, which can provide reliable data support for specific well location selection in energy extraction. However, one of the problems that often occur during low-density drilling in complex stratum is fracturing leakage. So the selection of hollow glass microspheres is particularly important. The performance of hollow glass microspheres was compared and evaluated. Based on the dispersion stability, density and rheology, and fluid loss, the effects of hollow glass microspheres on drilling fluid performance were effectively tested. Under the background, a new low-density drilling fluid system was obtained. This new drilling fluid system was mainly realized by using a hollow glass microsphere as a mitigating agent. Its significant feature is better rheology and filtration performance. It also has good dispersion stability.

## Keywords

complex stratum; low density drilling fluid; research; application

## 复杂地层低密度钻井液研究与应用

马岩<sup>1</sup> 罗均龙<sup>2</sup>

1. 中海油研究总院有限责任公司, 中国·北京 100010
2. 北京泰利京鸿科学技术研究院, 中国·北京 100010

## 摘要

在能源资源开发过程中必然会在复杂地层进行钻井,其可以为能源开采方面的具体井位选择提供可靠的数据支撑,但在复杂地层低密度钻井过程中较容易发生的一项问题就是压裂性漏失,对此空心玻璃微珠的选择是尤为重要的。通过对比和评价空心玻璃微珠性能,基于分散稳定性以及密度和流变性、滤失性等基础上针对空心玻璃微珠对钻井液性能造成的影响进行了有效的测试,并且在优化实验的背景下获得了一种新型低密度钻井液体系,这种新型钻井液体系主要是以一种空心玻璃微珠为减轻剂得以实现的,其显著的特点就是流变性和滤失性能较好,同时又具备良好的分散稳定性性能。

## 关键词

复杂地层; 低密度钻井液; 研究; 应用

## 1 引言

中国属于能源大国,同时在能源方面的需求量也非常大,近年来煤层气以及页岩气等新型能源开发力度不断加强,中国已经陆续投入开发了一些岩性脆碎以及裂隙发育储层等复杂地层,但开发的过程有非常大的难度,其在钻井液性能方面的密度具有非常高的要求,在钻井液密度较高的情况下,弱地层的劈裂压力不能承载液柱压力或者极有可能导致微裂隙不断扩大进而造成发生漏失的问题。而在钻井液密度较低的情况下,则能够促使液柱压力进行适当的减低,使得上述发生的漏失问题得以有效避免、同时还能降低钻井液对储层

造成的损害率。

现阶段在复杂地层进行低密度钻井过程中,通常会将油基或者充气钻井液来充当常规的低密度钻井液。在高温环境中如果使用油基钻井液会致使其性能的调控方面十分困难,并且还会对周围的环境造成一定污染;而在使用充气钻井液的过程中问题也较为突出,例如像一些岩屑携带没有较好的效果、在设备方面会投入大量资金等。此外在基于钻井液侵入的背景下会在一定程度上污染储层,十分不利于对储层的深入开采。

## 2 空心玻璃微珠性能评价

从物理性质方面来看空心玻璃微珠的形态呈现为白色微

型空心球体，并且碳酸钙（碱石灰）、硼硅酸盐玻璃是组成空心玻璃微珠的主要物质，而其物理性质也可以说是优势就是低密度并且耐高温性能较高，其热稳定性即便是在高压条件下也能保持较好的性能，其与水和油并不相溶，仅仅通过简单的工艺就能对其进行应用，而在钻井过程中的减压剂通常都会对其进行使用。

在进行实验的过程中可在室内进行，此时通常会对国有生产的高强度空心玻璃微珠（Y2000型）进行选取开展相应的实验，通过测试可以了解到密度为 $0.3\sim 0.35\text{g/cm}^3$ 的空心玻璃微珠在钻井液体系进行加入以后可以促使钻井液密度得到有效的降低，能够其对复杂地层实际的钻探要求和需求能够给予充分满足；在其 $15\text{MPa}$ 的抗压能力并且高于 $600$ 摄氏度的温度时，此时空心玻璃微珠的形态会发生变化，进而导致其自身具备的减压功能丧失。鉴于此，在对低密度的空心玻璃微珠进行使用的过程中应对井内温度进行时刻观测，进而确保因温度较高而导致的钻井液性能失效现象的发生得以有效避免<sup>[1]</sup>。

### 3 空心玻璃微珠对钻井液性能的影响

#### 3.1 分散稳定性

对于空心玻璃微珠来说，其具备的显著特征就是具有较小的真密度，对比其体积密度来说约 $58\%$ 左右，并且其和水之间很难溶解，将清水加入到其中后会发现仅仅在很短的时间内液体表面就会浮现出空心玻璃微珠，而钻井液性能变差也会由此造成，不利于其应用作用的充分发挥。所以切实有效的控制空心玻璃微珠的分散稳定性是尤为重要的一项关键内容。

在开展实验对钻井液进行测验的过程中，采用的测验形式为基于开始分层时间和完全分层时间的基础上来对钻井液性能减弱的程度进行准确的表征，基于完全分层的钻井液背景下可以明确的是钻井液性能已经消失<sup>[2]</sup>。在实验进行过程中会对不同种类的处理剂进行选择和使用（钠基膨润土、NaOH、CMC-HV、FA-367、植物胶以及聚乙二醇），而将清水加入到适量的处理剂中，进而将均匀分散的基浆进行良好的配制，此时在配置好的基浆中还应该将搅拌均匀后的 $5\%$ 空心玻璃微珠加入其中并保持静置的状态中，进行时刻的观察进而将钻井液分层时间进行切实有效的测试，进而在此基础上对空心玻璃微珠的性能进行评价（测试结果如图1）。

处理剂	加量/%	开始分层时间/min	完全分层时间/min
清水		0	1
钠基膨润土	5	600	> 3 000
NaOH	2	0	1
CMC-HV	2	5	60
FA-367	2	1	7
植物胶	2	2	30
聚乙二醇	4	2	15

图1 处理剂对钻井分层时间的影响

通过室内实验进行进一步的测验可以了解到，如果加入超过 $4\%$ 的钠基膨润土处理剂，就会致使不断且迅速变长的钻井液分散稳定时间现象的发生。基于从微观角度进行分析的背景下可以发现，片状或者棒状结构是粘土矿物具备的主要形态，而在这样形态下的粘土矿物较为容易产生的现象就是颗粒间进行连接，进而在此基础上促使粘土矿物形成新的结构形式即空间网架。基于粘土含量足够高的情况下，粘土矿物会逐渐向整个空间进行蔓延，进而致使连续网架结构将整个空间布满，而对于此类粘土矿物的联系空间网架结构属于强度较强的结构形式，其能够对空心玻璃微珠的上覆力进行一定程度的抵抗。所以说一旦在钻井液中含有的膨润土量与标准值相比较高时，就能够良好的控制空心玻璃微珠的悬浮稳定性。值得注意的是，一旦在膨润土加量较大的背景下会对低密度钻井液的密度和流变性造成一定程度的影响，所以说应确保将膨润土的加量在 $4\%\sim 5\%$ 的范围内进行合理的控制，如此才能确保其自身性能的良好发挥<sup>[3]</sup>。

#### 3.2 密度

在实验过程中为了测试因空心玻璃微珠加量是否会影响到钻井液密度、往往会将 $5\%$ 钠基膨润土和 $0.5\%$ 碳酸钠向清水中加入进而实现一种基浆的配制，此时在这个配制好的基浆中加入空心玻璃微珠，就能够测试到钻井液密度是否会因空心玻璃微珠加量而造成一定程度的影响。静置一段时间后可以观察到空心玻璃微珠加量越大钻井液密度降低的幅度就越大，两者之间会呈现出正比例的关系，而在空心玻璃微珠加量到 $20\%$ 时，密度会降至约 $0.75\text{g/cm}^3$ 降，而在复杂地层开展钻井工作时、可以通过对井深和地层压力系数等因素的分析和探究进而对钻井液的密度进行合理调整，确保能够满足工作实际需求。此外因钻井液悬浮能力会受到固相颗粒加入而造成一定影响，所以在加入空心玻璃微珠的过程中应

确保其加量适中, 过大或过小都会对钻井液悬浮能力造成影响, 此时可以将空心玻璃微珠加量在 40% 的范围内进行合理控制, 确保其功能作用的良好发挥。

### 3. 流变性

钻井液性能的一项重要衡量指标就是流变性, 温度和压力都会对其造成一定影响, 所以在空心玻璃微珠浓度不同时必然会影响到钻井液的流变性(此时测试的方式为: 基于常温常压条件的背景下, 在配制好的基浆中加入空心玻璃微珠, 测试空心玻璃微珠是否会在不同浓度条件下影响到钻井液流变性)。空心微珠玻璃加量和钻井液中固相含量呈正比, 也就是说在前者加大的情况下后者也会随之增多, 并且固相颗粒总面积以及颗粒间内摩擦力都会出现逐渐加大的情况, 如此就会致使钻井液塑性黏度开始越来越强<sup>[4]</sup>。因为钻井液在流动过程中表现出的总黏度为钻井液的表现黏度, 而在钻井液表现黏度中还包含其他黏度即流体内部内摩擦所产生的一部分黏度, 所以可以明确的是基于钻井液中固相颗粒含量加大的背景下, 随之增大的还有钻井液的表现黏度。在动塑比值较小的情况下可以明确的是钻井液剪切稀释性也会逐渐变的弱化, 而此时剪切速率较低所以携岩效果并不是十分良好。在空心玻璃微珠实际应用过程中应将钻井液固相含量进行合理的控制, 并且在调整流变性的过程中可以适当加入其他助剂。

### 3. 滤失性

在实验过程中将 5% 纳基膨润土、1% 碳酸钠向清水中加入, 进而实现基浆的配制, 此时在配制好的基浆中加入空心玻璃微珠, 可以发现在空心玻璃微珠加量增大的背景下, 随之呈现出上升趋势的就是钻井液 API 失水量, 而在加量到 15% 的空心玻璃微珠时, 约 45ml 为钻井液 API 失水量上升值, 与基浆的失水量比是远超的现象, 可以明确基浆滤失性会由空心玻璃微珠的加入而产生不好的作用。

## 4 低密度钻井液研究

将空心玻璃微珠加入到低密度钻井液中, 能够促使低密度钻井液溶解率进行一定的扩大, 并且低密度钻井液在纳基膨润土中会表现出较好的分散稳定性, 能够促使钻井液分散性得到有效的改善, 同时对钻井液流变性等方面的改善有一定积极作用; 但存在的缺点就是配制而成的钻井液泥皮质量并不好, 所以会造成严重的滤失。所以此时可以将 CMC-HV

加入到钻井液中, 对泥皮质量进行有效的改善, 并且其还能对钻井液分散性进行一定改善以及对钻井液流变性进行调节。钻井液滤失性的改善会因降滤失剂腐殖酸钾和磺化褐煤而得以实现, 并且腐殖酸钾的防塌作用也十分显著, 这种钻井液在复杂地形的应用能够充分发挥自身的功能作用<sup>[5]</sup>。

## 5 低密度钻井液应用

在某矿区 1 号钻孔中应用, 矿区具有复杂的孔地形并且具有较大的岩层动态变化和岩石可钻性等级, 同时矿层在很深的地层中埋藏且产状较陡。钻孔段的下部的岩层状态主要是灰岩和碳泥质板岩, 裂隙很大所以漏失现象很容易发生, 并且与其相邻的钻孔(2号)在约 640m 以下的孔段位置漏失问题十分频繁, 而基于顶漏钻井的施工条件下, 影响效率并且岩心采取率也不高。为了确保类似上述问题发生得以有效避免, 在一号钻孔的 643m 处加入套管之后就降低密度钻井液投入使用, 指导钻孔深为 713m 处为止, 可以发现钻井液在滤失性和流变性方面有很好的表现, 并且其携岩效果也十分好, 漏失问题得以有效避免, 钻孔顺利完成, 可见低密度钻井液使用效果十分显著。

## 6 结语

本文通过对空心玻璃微珠性能进行评价, 进而测验了空心玻璃微珠对钻井液性能的影响, 最终表明低密度钻井液在复杂地层钻井中的应用效果十分显著。因此建议相关工作人员, 在对复杂地层进行钻井施工过程中, 可以根据实际情况对低密度钻井液进行合理使用, 确保其能够充分发挥自身的作用、有效避免钻井过程中漏失等问题的出现。

## 参考文献

- [1] 刘彦学. 松南气田低密度低伤害随钻堵漏钻井液技术[J]. 钻井液与完井液, 2019,36(04):442-448.
- [2] 杨强. 复杂地层低密度钻井液研究与应用[J]. 中国石油和化工标准与质量, 2019,39(10):152-153.
- [3] 陈铨, 许洋, 赵素丽, 石秉忠, 李涛. 高分子中空微珠低密度钻井液技术在十屋地区的应用[J]. 特种油气藏, 2018,25(05):172-174.
- [4] 罗健生, 李自立, 罗曼, 李怀科, 刘刚, 赵春花. 深水钻井液国内外发展现状[J]. 钻井液与完井液, 2018,35(03):1-7.
- [5] 杨双春, 韩颖, 侯晨虹, 潘一, 张海燕. 环保型白油基钻井液研究和应用进展[J]. 油田化学, 2017,34(04):739-744.