

浅谈油基钻井液的流变性和稳定性

梁炜镇 (渤海钻探泥浆技术服务公司, 天津 300280)

摘要: 随着非常规能源的发展和钻孔深度的增加, 基于油基钻井液其良好的抑制、耐盐性、耐钙性、耐温性和润滑性而越来越多地被使用。为了解决高密度油基钻井液的沉降稳定性, 对国内外油基钻井液高温高压流变特性进行了实验研究。对高温高压条件下油水乳化液的流变特性进行了研究。和有机土、提切剂、润湿剂降滤失剂、石灰石/重晶石加量对钻井液流变性和沉降稳定性的影响。

关键词: 油基钻井液; 流变特性; 低温

0 引言

油基钻井液与水基钻井液比油基钻井液具有抗高温, 抗盐钙侵, 有利于井壁稳定, 润滑性好和对油气层损害小, 目前已成为钻高难度的高温深井, 大斜度深井, 水平井和各种复杂地层的重要手段, 并且还可广泛的解卡浆和射孔完井液, 修井液和取芯液。

油基钻井液切力小, 高密度沉降稳定性差, 在大位移、水平井钻井中易形成岩屑床, 在一定程度上制约了油基钻井液的应用。油基钻井液流变参数对钻井的安全性、质量和效率具有重要作用。为此, 国内外许多学者对钻井液流动参数的选择和设计进行了大量研究, 提出了流变参数的优选原则和最佳做法, 并为不断提高钻井液的技术水平作出了贡献。钻井液流变参数也是测量钻井液系统和钻井液水平的重要指标, 不仅能适应钻井层, 而且能保持良好的环空状态。

1 低温下油基钻井液流动性变差

钻井液被称为钻井的血液, 其重要性可想而知。油基钻井液的固相颗粒悬浮在油中, 油是连续相, 随着冬季的到来和温度的普遍降低, 钻井工作面临着更多的挑战, 这当中就有低温条件对于钻井液流变性的影响。油基钻井液包括各种悬浮物和不同的化学添加剂, 因此它的流变性相当复杂, 控制起来也不容易。钻井液在运作的进程中会慢慢降低温度, 当温度到达其主要成分也就是油的析蜡点时, 油中会析出固状物的石蜡结晶, 这些析出的石蜡结晶还会粘附在钻井液循环的管道内壁上, 当温度持续降低时, 管壁上的石蜡结晶会扩展, 使得流动的管道直径变小, 钻井液的流动性越来越差, 引发一系列问题, 流动性好的油基钻井液在高速喷出的同时裹挟着岩屑进入环形空间, 保持井底的清洁, 这是钻井液的本职工作。适中的粘度和力度让钻井液能够持续对抗岩屑的重力, 将它夹带出井。所以要时刻保持钻井液良好的流动性, 使它发挥本职工作, 保持钻井工作顺利进行。钻井液的流变性主要通过流变曲线、动静切力、塑性粘度等多种参数来进行描述。油基钻井液不属于牛顿流体, 在低温条件下, 随着剪切速率的调高, 相应的剪切应力也会呈现增高趋势, 它的变化会经过两个不同的阶段, 开始时呈线性增长, 这个阶段还属于牛顿流体, 一旦超过某个特定点, 曲线就不再呈现线性增长, 这个

阶段属于剪切稀释, 具有稀释性, 不再属于牛顿流体。

2 改善油基钻井液流变性能的方法

实验条件: 按钻井液基本配方配制钻井液, 将钻井液密度加重至 2.0g/cm^3 。测定钻井液在 150°C 条件下热滚 16h 后钻井液的流变性能、动态沉降稳定性和静置 24h 后的静态沉降稳定性。

2.1 有机土的影响

有机土是油基钻井液的造浆土, 合理的有机土加量不仅能更好的控制钻井液流变性能, 更能有效提高钻井液的沉降稳定性。当有机土加量从 2.0% 增加到 5.0% 时, 钻井液塑性粘度、动切力和动塑比逐渐增大; 钻井液动态密度差从 0.284g/cm^3 降低至 0.016g/cm^3 , 静态密度差从重晶石直接沉降到降低至 0.15g/cm^3 。综合考虑钻井液的流变性和沉降稳定性, 当有机土加量为 3.5% 时, 钻井液具备合理的流变性能和较好的沉降稳定性。

2.2 提切剂的影响

提切剂又称有机土活化剂, 其加量直接影响到钻井液的动切力和加重剂的沉降稳定性。当提切剂加量从 0.2% 增加到 0.5% 时, 钻井液塑性粘度、动切力、动态密度差先增大后减小, 静态密度差逐渐减小。当提切剂加量为 0.3% 时, 钻井液具备合理的流变性能和较好的沉降稳定性。

2.3 润湿剂的影响

全油基钻井液中, 润湿剂对钻井液的动切力影响很大, 有助于提高钻井液的动切力和沉降稳定性。当润湿剂加量从 1.0% 增加到 4.0% 时, 钻井液塑性粘度值变化不大, 动切力逐渐减小; 钻井液动态密度差先减小后增大, 静沉降重晶石全沉降。为保证钻井液具有较好的流变性和沉降稳定性, 润湿剂合理的加量范围在 2.0%~2.5%。为进一步确定其最优加量, 将钻井液在 150°C 条件下热滚 16h, 测其 150°C 高温高压滤失量, 综合考虑钻井液的流变性、沉降稳定性和滤失性等因素, 确定润湿剂合理的加量为 2.5%。

2.4 降滤失剂的影响

油基钻井液所用降滤失剂多为氧化沥青或磺化沥青类处理剂, 其沥青胶质溶于油, 所以该类处理剂在降低钻井液滤失量的同时也会增加钻井液的粘度。在 2.5% 润湿剂钻井液中, 当降滤失剂加量从 2.5% 增加到 5.5%

时, 钻井液流变参数值增大, 动态密度差减小, 静态密度差变化不大。钻井液高温高压滤失量随降滤失剂加量增加变化不大, 这是由于润湿剂加量对钻井液高温高压滤失量存在影响。为保证钻井液具有较好的流变性, 降滤失剂加量取低值 2.5% 即可。

2.5 石灰石 / 重晶石级配的影响

常用的油基钻井液加重材料有重晶石和石灰石, 由于加重材料的粒径和自身密度的差异, 加重材料本身也会影响钻井液的流变性和沉降稳定性。采用纯重晶石加重, 其钻井液动切力、塑性粘度较低; 采用纯石灰石加重, 其钻井液动切力、塑性粘度较大。采用重晶石、石灰石等质量混合加重时, 动静沉降密度差分别为 $0.068\text{g}/\text{cm}^3$ 和 $0.19\text{g}/\text{cm}^3$, 钻井液沉降稳定性得到很大改善, 因此对于低密度钻井液, 尽量采用石灰石加重以提高钻井液的沉降稳定性。对于高密度钻井液采用石灰石与重晶石配比使用的方式提高钻井液的沉降稳定性。综合以上各处理剂的室内评价结果, 得出 150°C 、密度为 $2.0\text{g}/\text{cm}^3$ 的油基钻井液的最优配方为: 5' 白油 +3.5% 有机土 +0.3% 提切剂 +0.3% 主乳 +2.5% 润湿剂 +1.0% 氧化钙 +2.5% 降滤失剂 + 重晶石 + 石灰石 (重晶石与石灰石等质量加入, 石灰石为超细碳酸钙)。测试结果表明, 优化的高密度油基钻井液流变性和沉降稳定性数据较好, 可满足钻井工艺要求。

2.6 控制油水比例

乳状液中水的比例越高, 水滴聚集及融合的比例就越大。含水量小的钻井液具有更高的稳定性, 体积大的水滴相对于体积小的更易于聚结, 如果水滴大小均匀, 那么其状态也就愈稳定。为了让水乳化于油中, 需要加入一定的乳化剂, 这样就会在水珠的周围形成保护膜。同时, 为了使水珠的大小更加均匀, 要用剪切的途径施加一定的压力, 还可以利用离心泵的充分搅拌来加固, 水滴的大小对粘度和凝胶强度也有一定的影响。在水中加入油时, 水珠与水珠的距离变大, 钻井液就会愈加稳定。而当加进水的时候, 水珠变多, 间距变小, 稳定性就会减小。所以说油和水的比例会影响钻井液的粘度。为了调整适当的粘度、凝胶强度还有滤失量, 就要调整适当的油水比例。

3 油基钻井液的现实应用

按流体介质来分类油基钻井液可划分为水基、油基、和合成基等几种类型的钻井液。更细化来说, 油基钻井液还可分为油相钻井液和油包水乳化钻井液 (反向钻井液) 两大类, 前一种是氧化沥青、有机酸、碱、稳定剂及高闪光柴油的混合体系, 一般只有 3%~5% 的水, 后一种含有各种化学添加剂, 用来稳定水乳化合物, 这种类型的含水量可以有 50%, 同时添加适量的乳化剂、稀释剂、抗凝剂和加重剂等, 增强低温环境下钻井液的流动性。最初的油基钻井液主要依靠国外产品, 成本高昂, 近年来我国拥有了自主研发的钻井液体系, 在

BD、LS、WZ 中广泛应用。BD19-2-2 是高温高压状态下的深度直井, 井的总深度为 5300m, 考虑到盆地这种地形状况, 钻井作业后一阶段改为选用油基钻井液进行工作, 首先经过大量的室内研究了解到可以经受低温高压且有着良好的流变性的油基泥浆, 也是我国在南海区域首次使用我国自主化生产处理剂的油基钻井液体系; 另外还有 WZ12-1-A16b 井也同样使用了油基钻井液, 它在我国南海北部的湾海区, 是一口开窗侧钻井, 井的深度是 3053m, 它的倾斜角是 37.80° , 所以垂直深度是 2490m, 在后期阶段同样使用了油基钻井液体系, 钻井液从始至终维持着比较好的流变性能, 滤失量比较低, 抗污能力强, 保障了钻井工作的顺利进行。

4 结束语

①通过 VST 沉降测试法测试高密度油基钻井液的静态沉降和动态沉降参数, 可以评价钻井液体系的沉降稳定性; ②有机土含量与钻井液沉降稳定性和粘度呈正比, 有机土含量越高, 钻井液沉降稳定性越好, 但是钻井液粘度太高影响体系流变性, 所以有机土的最优加量为 3.5%; ③润湿剂不但影响钻井液的动切力和沉降稳定性, 还会影响钻井液的滤失性, 所以润湿剂的加量应该综合考虑, 合理加量为 2.5%; ④降滤失剂对油基钻井液的滤失量影响不大, 但是加量过大会增大钻井液的粘度, 所以降滤失剂加量尽量取低值; ⑤有机土加量定时, 分别调整提切剂、润湿剂、降滤失剂和加重材料等处理剂的加量和配比, 可以提高钻井液体系的沉降稳定性和流变性。

参考文献:

- [1] 侯瑞雪, 张景富, 徐同台等. 处理剂对抗高温高密度油基钻井液沉降稳定性的影响 [J]. 钻井液与完井液, 2014(05):46-47.
- [2] 刘扣其, 邱正松, 曹杰, 等. 油基钻井液组份对体系沉降稳定性的影响 [J]. 石油化工高等学校校报, 2014(5): 54-56.
- [3] 耿铁. 深水恒流变合成基钻井液技术研究 [D]. 北京: 中国石油大学, 2019.
- [4] 尹达, 吴晓花, 刘锋报, 徐同台, 晏智航, 赵续荣. 抗 160°C 超高密度柴油基钻井液体系 [J]. 钻井液与完井液, 2019, 36(03):280-286.
- [5] 庄官政. 油基钻井液用有机黏土的制备、结构和性能研究 [D]. 北京: 中国地质大学, 2019.
- [6] 王金树, 周芳芳, 刘世恩, 等. 高密度油基钻井液流变性及沉降稳定性 [J]. 承德石油高等专科学校学报, 2017 (3).
- [7] 徐同台, 叶飞, 侯瑞雪. 全油基钻井液流变性对动态沉降稳定性的影响 [J]. 数学的实践与认识, 2015(21).
- [8] 洪伟. 浅谈高温高密度油基钻井液体系的研究及应用 [J]. 中国化工贸易, 2014(33):17-17+18.