

# 钾钙基聚合物钻井液在胜页2平台的应用

张茂稳 郑 宁

中石化华东石油工程有限公司六普钻井分公司 江苏镇江 212000

**摘要:** 针对南川区内上部地层二叠系龙潭组煤层垮塌、志留系韩家店组泥岩水化分散以及龙马溪页岩破碎掉块等难题,在常规氯化钾聚合物钻井液的基础上,引入氯化钙,结合室内试验,将钻井液转换成钾钙基聚合物钻井液。通过在胜页2平台三口井的应用表明,该体系能有效抑制易造浆地层黏土水化分散,维持易垮塌煤层、页岩地层稳定,为降本增效提供了技术支撑,为今后钾钙基聚合物钻井液体系的应用起到了一定的借鉴意义。

**关键词:** 钾钙基; 抑制性; 井壁稳定; 降本增效

南川区块构造位置主体位于川东南武陵褶皱带,南川区内页岩气目的层为志留系的龙马溪和奥陶系的五峰组页岩,页岩气上部水基钻井液技术难点为井壁稳定、润滑防卡和井眼清洁等。常规氯化钾聚合物钻井液抗钙能力较弱,钻遇大段膏质泥岩地层时易受污染,钻井液失水上升,流变性变差,造成地层缩径、垮塌等复杂。在常规氯化钾聚合物钻井液基础上引入氯化钙,转换成钾钙基聚合物钻井液,增强了体系的抗钙、防塌性能<sup>[1]</sup>。胜页2平台施工的三口井采用钾钙基聚合物钻井液,流变性和滤失量等得到有效改善,对煤层、泥页岩等水敏地层的稳定性增强,较好地解决了龙潭组煤层垮塌、韩家店组泥岩水化分散问题,表现出抑制性强、流动性好,固相含量低、易于维护等优点,钻井施工顺利,收到良好的应用效果。

## 一、抑制泥页岩水化分散机理

1. 利用KCl提供K<sup>+</sup>,而K<sup>+</sup>的直径与硅氧四面体的六角环的直径相等,镶嵌在硅氧四面体的六角环中,导致易水化的泥页岩呈较好的惰性,从而降低泥页岩的水化分散。

2. CaCl<sub>2</sub>溶解在水中,可水解为Ca<sup>2+</sup>和Cl<sup>-</sup>,而Ca<sup>2+</sup>与泥页岩中的Na<sup>+</sup>发生离子交换,使钠质土转变成钙质土。同时, Ca<sup>2+</sup>与黏土产生不可逆的吸收作用,在黏土颗粒的表面形成水化硅酸钙6CaO·3SiO<sub>2</sub>·2H<sub>2</sub>O,在泥饼地层之间形成一层致密的保护膜,致使钻井液难以对其进行冲刷破坏有效防止水进入地层。离子交换和吸附都降低了黏土颗粒的亲水性和分散度,从而抑制泥页岩的分散<sup>[2]</sup>。

## 二、胜页2平台地层特点及施工难点

1. 龙潭组煤层脆性好,机械破坏和水力冲击稳定性差。对钻井液流型要求高,既要有力冲刷携带出粘附在井眼上的劣质固相保持井眼清洁,又能有效维持煤层稳定不掉块垮塌保持井眼稳定。

2. 地层中泥岩相对较多,水敏性强。该平台水基钻

井液施工井段中,泥岩段占50-60%,其中茅口组至韩家店组占80%以上。茅口组至韩家店组泥岩中黏土矿物总量在60%以上,水敏性较强,钻井液施工过程中造浆严重。

3. 龙马溪组硬脆性页岩,以伊利石为主,页岩清水回收率达90%以上,属非膨胀型破碎性岩石,且地层层理微裂缝、孔隙较发育。一方面,滤液进入地层后会产生膨胀压力,导致岩石强度降低,发生井塌等复杂;另一方面,钻井液液柱压力沿微裂缝层理进入地层,压力传递导致井周应力分布发生变化,导致井壁围岩破碎、垮塌。

4. 常常出现粘卡及托压问题。为了提高开采效率,平台井普遍采用在油层中平行钻进的方式。胜页2平台,井眼密度大,定向防碰压力突出,且胜页2平台韩家店组地层倾角不稳定,在施工过程中轨迹不断变化,使扭矩和提升阻力提高,增加施工的风险。

软泥岩极易分散,形成劣质固相。另外,为了压稳长兴组浅层气、平衡页岩气打开后释放的地应力也需要加入较多的加重材料,部分井水基钻井液中完密度可达1.5g/cm<sup>3</sup>以上,使钻井液中的固相含量大大提高,造成泥饼虚厚、摩阻增大,不仅会出现起下钻困难,也经常会出现托压问题。若钻井液性能控制不好,钻进至韩家店组后,提升阻力可达50t以上。

## 三、钻井液技术措施

处理井下复杂情况必须遵循“预防为主”的原则,钻井液维护处理时要采取有针对性的技术措施。

1. 选择合理的钻井液密度。上部长兴组浅层气、龙潭组煤层揭开间隔时间短,应将钻井液密度从1.06g/cm<sup>3</sup>左右快速提至1.20-1.25g/cm<sup>3</sup>以压稳浅层气、平衡煤层坍塌应力;页岩层被揭开后,地应力释放,会造成地层压力不平衡而坍塌,再加上气侵风险,现场施工中应根据据动筛返出岩屑情况、气测值变化,及时调整钻井液密度。

2. 提高钻井液抑制性。钻进至茅口组,地层中泥质

含量逐渐增多, 必须提高钻井液的抑制性。为此, 将聚合物钻井液转变成钾钙基聚合物钻井液体系, 利用 $K^+$ 的镶嵌作用、 $Ca^{2+}$ 的离子交换和吸附效应, 抑制泥页岩水化分散<sup>[3]</sup>。

3. 优化钻井液流型。为了满足下部地层悬浮带砂需求, 同时保持对井壁的有效冲刷、减弱对龙潭组煤层的水力冲击, 钻井液应保持合适的流变性, 钻井液漏斗粘

度为46-55s, 动切力为5-8Pa, 静切力为1-3Pa/3-8Pa时较为合适。

#### 四、室内试验

##### 1. 确定 $CaCl_2$ 加量

室内对KCl聚合物钻井液中加入不同浓度的 $CaCl_2$ 进行了各项性能测试, 最终确定 $CaCl_2$ 最优加量。胜页2-9HF井 $CaCl_2$ 加量试验性能见表1。

表1 钻井液性能表

序号	配方	PV /mPa·s	YP /Pa	Gel /Pa	FL <sub>API</sub> /mL	MBT /g/L	pH	Cl <sup>-</sup> /mg/L
1	试验浆	18	5	2/5	8	34	9	2600
2	1 <sup>#</sup> (试验浆+0.2% NaOH+3% KCl)	22	13	4/14	9.4	30	10	18200
3	1 <sup>#</sup> +0.2% $CaCl_2$	21	11	3/12	9.0	31	9	19000
4	1 <sup>#</sup> +0.3% $CaCl_2$	22	9	3/9	8.6	31	9	19400
5	1 <sup>#</sup> +0.4% $CaCl_2$	20	7	2/7	8.4	30	9	19600

注: 试验浆为胜页2-9HF井上部聚合物钻井液, 基本配方为: 3%膨润土+0.1% NaOH+0.5% DS-301。

从表2可以看出, 随着 $CaCl_2$ 加量的增加, 钻井液流型不断改善。通过观察泥饼发现, 钾钙基聚合物钻井液泥饼比常规氯化钾聚合物钻井液泥饼更加致密, 韧性更好。

##### 2. 优选降失水剂

聚合物类降滤失剂在降滤失剂中应用最广泛, 而CMC-LV和PAC-LV又是最常用的聚合物类降滤失剂。现场对两种材料进行降失水效果评价, 将不同浓度降滤失剂加入到试验浆(3%膨润土+0.1% NaOH+0.5% DS-301+3% KCl+0.3%  $CaCl_2$ )中优选降滤失剂, 试验结果可以看出, 随着加量的增加, 钻井液滤失量都呈现降低趋势, 但PAC-LV在同等加量下表现出较好的抗盐降失水效果, 其形成的泥饼致密而坚韧。

#### 五、现场应用

##### 1. 体系转换

胜页2平台三口井均在钻进至茅口组中部(1500m左右)时, 按照室内试验将钻井液转换成钾钙基聚合物钻井液, 在上部聚合物钻井液中加入0.8% PAC-LV、3% KCl、0.3%  $CaCl_2$ 。

##### 2. 维护措施

(1) 固相控制。钻井液体系转换前200m左右, 加大双除一体机、离心机使用效率, 最大限度清除劣质固相, 为体系转换打下良好基础。转换后, 逐步提高振动筛筛布目数, 做好一级固控的同时, 每班保证双除一体机利用率在60%以上。每次接立柱时冲洗检查筛布, 发挥好锥形罐的沉砂作用, 及时放掉锥形罐沉砂。

(2) 失水控制。钾钙基聚合物钻井液施工井段中, 泥岩段长, 严格控制API滤失量在5mL以下, 日常维护时定期干加PAC-LV, 同时加入磺化沥青粉改善泥饼封堵效果, 进一步降低失水, 抑制泥页岩水化分散。

(3) KCl、 $CaCl_2$ 加量控制。性能稳定后, 胶液中KCl按照3%加量持续补充, 维持钻井液良好的抑制性。每天坚持测钙离子含量, 根据粘切变化情况, 及时调整 $CaCl_2$ 加量, 使黏土始终处于适度分散状态, 维持钻井液流型在合适范围内; 同时, 加入 $CaCl_2$ 消除地层中酸性气体对钻井液流型的影响。

##### 3. 应用效果

胜页2平台三口井施工过程顺利, 性能稳定。

胜页2-11HF井在揭开龙马溪页岩后, 持续气侵, 火焰高度达4-5m, 持续时间达6h。从表中可以看出, 钾钙基聚合物钻井液流动性好, 性能稳定; 从整个施工流程来看, 施工过程顺利, 性能维护处理简单, 很好的解决了长段泥岩和脆性煤层、页岩的井壁稳定问题。即使在受到严重气侵后, 钻井液也未发生较大波动, 仍保持合适的流变性, 表现出良好的抗污染能力。

#### 六、结束语

(1) 钾钙基体系利用 $K^+$ 的镶嵌作用、 $Ca^{2+}$ 的离子交换和吸附效应, 具有良好的抑制能力, 有效解决了韩家店组泥页岩水化分散问题。

(2) 钾钙基钻井液流动性良好, 泥饼致密, 有效降低环空流阻和泥饼粘滞系数, 同时防止了因钻屑粘附井壁或钻杆导致的起下钻困难、卡钻等复杂。

#### 参考文献:

- [1]王中华.页岩气水平井钻井液技术难点及选用原则[J].中外能源, 2012, 17(4): 43-47.
- [2]李家龙、周建.氯化钙加重钻井液的室内试验与现场应用[J].钻采工艺, 1998, 21(3): 62-64.
- [3]王俊祥.页岩气水基钻井液抑制性研究[J].化工管理, 2015, (7): 222-223.