

# 聚合物防塌钻井液在天津地热定向井的应用

李会娟, 鲍卫和, 马忠平

(天津地热勘查开发设计院, 天津 300250)

**摘要:**针对天津市地热定向井施工中存在的孔壁不稳的问题, 经过摸索, 采用聚合物防塌钻井液进行护壁堵漏, 取得了良好的效果。介绍了聚合物防塌钻井液的组分、作用机理、特点以及现场应用情况。

**关键词:**地热定向井; 聚合物; 防塌; 钻井液

**中图分类号:** TE249   **文献标识码:** B   **文章编号:** 1672-7428(2007)06-0053-03

**Application of Polymer Anti-caving Drilling Fluid in Directional Geothermal Well in Tianjin/LI Hui-juan, BAO Wei-he, MA Zhong-ping** (Tianjin Design Institute of Geothermal Survey and Development, Tianjin 300250, China)

**Abstract:** Polymer anti-caving drilling fluid was used to deal with hole wall instability in constriction of directional geothermal well in Tianjin. The components, mechanism, specifications of the drilling fluid and the field application are introduced.

**Key words:** directional geothermal well; Polymer; anti-caving; drilling fluid

地热资源是一种环保型能源, 清洁、无污染, 且广泛应用于发电、供暖、洗浴、养殖等相关产业。天津地区地热资源丰富, 利用地热资源在改善生活条件的同时, 还可以减少燃煤等造成的污染。天津地区自 20 世纪 80 年代开始规模化开发地热, 以往开发多以单纯采水为主, 造成了能源浪费, 带来了地下水位下降等诸多问题, 不利于地热资源的可持续发展。20 世纪末, 为合理利用地热资源, 天津地热采用回灌式开发模式, 在钻井方面采用定向井工艺, 使地面井距几米远的同层取水钻孔, 井底距离达 800 m 以上, 以避免采水井和回灌井相互干扰<sup>[1]</sup>。

随着天津地热采灌对井初具规模, 地热定向井逐渐增多, 其中 90% 的地热定向井主力开采层蓟县系雾迷山组一般埋深在 2000 m 左右。

天津地区地热地质构造发育, 地层岩性十分复杂, 给钻井施工带来了很大困难, 特别是定向井施工难度更大。存在的主要问题是: 上部第四系井眼易塌, 中部新近系造浆泥岩层较多且结构较松散, 下部基岩裂隙发育, 易剥落掉块, 给地热定向井施工造成一定难度。以往的水井钻进泥浆已明显不适应, 经多方探索, 我院采用聚合物防塌钻井液并掌握了其技术难点, 顺利完成了 3 眼地热定向井施工任务, 降低了钻井成本, 从而为地热定向井施工积累了宝贵的经验。

## 1 天津地热井的地质、地层特点

钻进雾迷山组地热定向井中, 从开钻到完井钻遇第四系平原组, 上第三系明化镇组、馆陶组, 古生界寒武系, 上元古界青白口系景儿峪组、龙山组, 中元古界蓟县系雾迷山组(目的层)。

第四系平原组岩性主要为黄色、浅灰色粘土, 粉细砂层及薄层, 不等厚的浅黄色砂质粘土, 结构松散, 质地较软, 可钻性好;

上第三系明化镇组上段岩性为灰黄色、灰色砂岩与泥岩呈不等厚互层, 多数砂层及泥岩层为大于 20 m 的厚层, 本层结构较松散, 进尺较快;

明化镇组下段岩性为棕红色、灰绿色的泥岩与黄色、灰黄色的泥质粉砂岩交互成层, 单层厚度较大, 质地坚硬, 多处有裂隙发育, 可见中量的白色钙质团块, 钻进中有漏失;

馆陶组为灰绿色、黄色、浅棕红色粉砂质泥岩与浅棕红色、灰黄色砂岩、泥质砂岩交互成层, 多质地较硬, 上部多为粉细砂, 下层砂粒渐粗, 局部含有黄铁矿及木炭;

古生界寒武系上部为大段的浅棕红色、灰绿色、灰白色泥质灰岩, 夹几层灰岩夹层, 滴酸起泡剧烈, 留有泥质, 质地较硬, 可钻性差, 多分布有方解石脉, 偶见云母;

向下为泥灰岩、灰岩、灰质白云岩, 裂隙发育, 可见白色风化石状钙质团块, 有所漏失, 偶见鲕状灰岩;

收稿日期: 2006-12-04

作者简介: 李会娟(1962-), 女(汉族), 天津人, 天津地热勘查开发设计院工程师, 探矿工程专业, 从事钻井工程工作, 天津市河东区卫国道 189 号, tjzhsm@163.com。

府君山组以灰色、灰白色的已风化的灰岩为主,质地较软,滴酸起泡剧烈且瞬间即逝,裂隙极其发育,漏失大,普遍有泥岩薄夹层;

下部为玫瑰红色泥灰岩,坚硬,滴酸起泡剧烈;

上元古界青白口系景儿峪组岩性为棕红色、蛋青色、褐灰色泥灰岩及灰岩成不等厚互层,多质地较坚硬,滴酸起泡较剧烈,局部已风化,一撮就碎,到下部风化状的灰岩增多至 $1/4 \sim 1/3$ ,偶有方解石脉;

龙山组岩性上部为棕红色、灰绿色灰质、砂质泥岩,质地较软,中下部以石英砂岩为主,间夹数层棕红色泥灰岩薄层,石英砂岩为白色,质地较纯,细粒结构,泥钙质胶结,较坚硬,主要矿物为石英,有少量的海绿石,有所漏失;

中元古界蓟县系雾迷山组为目的层,岩性以浅褐色、棕红色白云岩为主,单层厚度大,质纯,坚硬性脆,可钻性好,滴酸起泡缓慢且微弱或不起泡,全层裂隙发育,有明显漏失现象,多处有燧石条带<sup>[2]</sup>。

## 2 聚合物防塌钻井液的特点

### 2.1 组分

聚合物钻井液由于其主处理剂为聚丙烯类高分子聚合物而得名,基本组分为大分子抑制剂(乳液大分子、K-PAM、PAMS-601、PAC-141、80A-51等)、小分子防塌降失水剂(HPAN、NPAN等)、聚合物降粘剂(XY-27、XB-40、SD-16等)、防塌剂(SAS、KHm、SMP、NW-1等)、润滑剂(极压润滑剂、水基润滑剂、原油、塑料小球等)、及其它辅助处理剂(消泡剂、乳化剂、碱类、携砂粉、膨润土、重晶石等)<sup>[3]</sup>。

### 2.2 作用机理

高分子阳离子聚合物作为粘土包被抑制剂,其大分子链上含有正电荷基团,与粘土的作用除氢键作用外,主要为粘土表面的负电荷与聚合物分子链上的正电荷之间的静电作用。小分子阳离子作为粘土稳定剂,其分子量小并带有正电荷,易吸附在粘土表面,进入粘土晶层间并取代交换性阳离子而吸附于其中,由于吸附力很强而不易脱附。吸附分子外表面是含有碳氢基团的亲水表面,可阻止水分子进入,故能有效地抑制粘土的水化膨胀和分散,稳定井壁<sup>[4]</sup>。

### 2.3 特点

聚合物钻井液抑制性强,能够防止泥岩粘土地层的水化分散,稳定井壁,减少钻屑分散造浆,降低壤土含量;减少泥浆的排放量,稳定泥浆性能。同

时,由于它具有良好的剪切稀释特性,有利于各类井眼条件下的携砂和发挥水力破岩作用,提高机械钻速。该体系适用于不同区块的浅、中深井。

由于它具有良好的抑制特性,可以防止粘土的水化分散,因而有利于钻井液保持适当的颗粒级配,减少了细颗粒成分,特别是亚微粒子浓度,降低泥浆中的壤土含量,可以防止粘土微颗粒堵塞砂岩孔隙通道,产生固相污染,因此具有较好的保护目的层的作用。

针对地热钻井地层特点,上部第四系平原组地层结构松散,井眼容易出现垮塌,采用高粘度高切力的膨润土浆,提高携砂能力,稳定井眼,有利于安全钻进。第三系明化镇组上段造浆泥岩层较多且结构较松散,必须加强钻井液的抑制性,防止粘土侵入。下部地层岩石质地大都比较坚硬,钻进中要防止剥落掉块,另外多数地层裂隙发育,有不同程度的漏失,钻进中要注意防漏。

根据地层情况,采用低固相钾铵基聚合物钻井液进行钻进。该钻井液抑制能力强,性能稳定,维护处理简单易行。配合使用极压润滑剂增强钻井液的润滑性能可以满足定向钻井的要求。在上部造浆地层,该钻井液可以有效抑制泥岩水化分散,保持较好的流变性能;中下部地层钻速慢,容易形成细的钻屑,使钻井液密度上升,增加了漏失的危险性。针对这种地层情况,在钻井液中加入一定量的聚合物 $\text{NH}_4$ -HPAN和KPAM进行处理,增强絮凝能力强,固相容易分离,易于维持低密度,能够很好地起到防漏和防塌作用。

## 3 现场应用情况

该套钻井液体系先后在SR19D、SR20D和SR23D三口井应用,且均很顺利,下面以SR19D为例介绍现场应用情况。

### 3.1 SR19D定向井概况

该井位于东丽区华明新镇华明家园住宅区,设计造斜点460~500 m,设计方位角 $135^\circ$ ,最大倾角为 $17.6^\circ$ 。由于设计造斜点地层较为松散不宜造斜,故施工造斜点定在820.5 m处。

表层使用 $\text{O}444.5$  mm钻头钻进至井深404.8 m,采用膨润土胺盐钻井液钻进,利用其高粘度和切力携带散砂,稳定井眼,效果比较好。钻井液性能为:密度 $1.06 \sim 1.10$  kg/L,粘度 $22 \sim 28$  s,失水量 $7 \sim 8$  mL/30 min,含砂量 $<0.5\%$ ,pH值 $9 \sim 11$ 。

二开 $\text{O}311$  mm钻头钻进至井深1284.38 m,开

钻前在地面罐中配制聚合物  $\text{NH}_4 - \text{HPAN}$  和  $\text{KPAM}$  将原膨润土钻井液转型为聚合物钻井液。钻进中加入防塌剂、润滑剂等材料。在钻至泥岩地层其有较好的抑制泥浆造浆及减小钻具摩阻的效果,从而有效地控制钻井液的粘度与密度,避免了压差卡钻事故的发生。二开钻井液性能:密度  $1.10 \sim 1.17 \text{ kg/L}$ ,粘度  $25 \sim 30 \text{ s}$ ,失水量  $6 \sim 7 \text{ mL/30 min}$ ,含砂量  $< 0.5\%$ ,pH 值  $7 \sim 9$ 。钻进顺利。

三开采用  $\varnothing 216 \text{ mm}$  牙轮钻头钻进至井深  $1797.96 \text{ m}$ ,继续使用与二开相同的钻井液体系,随着井深增加补充聚合物的加量,保证了钻井施工的顺利进行。

### 3.2 技术难点

#### 3.2.1 大井眼携砂

二开采用聚合物钻井液钻进,保持体系中处理剂的含量,充分抑制地层造浆;粘度控制在  $35 \sim 45 \text{ s}$ ,密度在  $1.10 \text{ kg/L}$  以下;充分利用好固控设备,每钻进  $80 \sim 150 \text{ m}$  进行短起下钻,防止岩屑床的形成,保持井眼清洁,必要时可采用稠钻井液清扫井眼。

#### 3.2.2 润滑防卡

加入防塌剂、胺盐降低钻井液的失水,改善泥饼质量,定向钻进前加入极压润滑剂,保持泥浆具有良好的润滑性。钻进过程中要特别注意扭矩和附加拉力的变化,维持体系润滑剂的含量。

#### 3.2.3 易塌地层和砾石层的处理

钻进过程中钻遇页岩地层、煤层都易发生地层剥落掉块或垮塌,遇砾石地层携带困难。针对以上情况,宜采用低失水高粘切泥浆,保证钻井液具有较高的动塑比和合理的静切力,以满足井下净化需要;尽量加大循环排量,及时清除井眼中的钻屑,一般失水量  $> 6 \text{ mL/30 min}$ ,粘度  $60 \sim 80 \text{ s}$ ,必要时进行短起下钻保证井眼清洁。

## 4 经济分析

天津地热定向井施工初期,一般采用腐植酸钾细分散泥浆体系混原油或添加水基润滑剂的方法,来提高泥浆的润滑性,降低其粘滞系数,预防“粘卡”。在施工中由于受粘土造浆地层影响,泥浆粘度变化很大,性能很难控制,频繁地排放泥浆和调配泥浆,泥浆材料用量大成本增加,耗费了人力物力,同时钻井速度减慢,而且容易造成井内复杂情况,产生孔内事故,采用原泥浆体系施工的定向井经常出现“粘卡”事故,由于钻井周期长还易出现“键槽卡钻”事故。

采用聚合物防塌钻井液与腐植酸钾细分散泥浆体系对比,泥浆材料消耗单井要节约 3 万元以上,钻井周期缩短 10 天左右,钻井直接成本节约 20 万元左右。采用聚合物防塌钻井液经 3 口地热定向井施工均安全无事故,避免了孔内事故带来的损失。

## 5 结语

实践证明,利用聚合物防塌钻井液可满足天津地区地热定向井施工中各复杂井段的护壁防卡要求,能够安全、优质、高效地完成地热钻井任务,并且经济性能良好,是天津地区地热定向井施工中首选的泥浆体系。

### 参考文献:

- [1] 天津地热勘查开发设计院. 天津市基岩热储岩溶裂隙回灌试验研究[Z]. 2004.
- [2] 地质矿产部地质专报:天津市区域地质志[M]. 北京:地质出版社,1982.
- [3] 编写组. 钻井手册[甲方][M]. 北京:石油工业出版社,1990.
- [4] 朴昌浩. 阳离子聚合物钻井液机理探讨[J]. 钻井液与完井液, 1990,(4):25-30.

## 在新疆发现 2 亿 t 大油田

北京晨报 2007 年 05 月 31 日消息 在发现四川大气田之后,中石化再度公告,中石化集团在新疆地区发现原油地质储量 1.4 亿 ~ 2 亿 t 的新油田。

中石化在新疆塔河油田 12 区勘探发现的新的储油区块是一个储量介于 1.4 亿 ~ 2 亿 t 之间的新“宝藏”地,其含油面积为  $899.5 \text{ km}^2$ 。中石化在公告中表示,2007 后 4 月 11 日,该区块内的 AD4 油井的钻探深度达到 6558 m,当天生产

原油 1018 t。中石化预计将在该区块最多钻探 120 口高产井,形成一个年产 200 万 t 的石油生产基地,但没有透露具体的建设时间表。

塔河油田是中石化旗下的第二大油田,总储量在 27 亿 t 左右。此前中石化曾预测,2007 年塔河油田原油产量达到 536 万 t,比 2006 年增长 11.9%。