

# 松辽盆地钻井施工关键技术分析

张茂稳 (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:** 随着油气勘探开发深入, 钻井工程面临严峻的挑战。松辽盆地北部深层火山岩储层中发现大规模天然气藏, 深层次天然气勘探开发处于起步阶段, 随着我国优化能源结构, 深层天然气开发技术受到企业的重视。为解决松辽盆地油气田储集层取芯过程取芯钻头选型困难等问题, 分析取芯井段地址特征, 地层可钻性基础上, 开展取芯钻头选型。针对取芯参数优化, 比选后取芯工具配合新型取芯钻头在实践中取得收货率大于 98.98% 的成果。配套关键技术应用解决送料盆地储集层取芯技术难题。

**关键词:** 松辽盆地; 钻井施工; 关键技术

国外火山岩油气勘探已有百余年历史, 70 年代后全球各地发现火山岩油气藏, 我国 1957 年首次发现火山岩油气藏, 已总结经验对国内火山岩油气勘探具有重要指导意义。松辽盆地是古生代褶皱基底长长 750km 菱形的中生代陆相沉积盆地, 南部地理位置为松花江南吉林省北部地区, 开原 - 赤峰断裂地域。松辽盆地南部新陷层火山岩分布广泛, 火山岩储层特征研究成为热点。陆相沉积盆地具有多沉积中心, 相变快等特点, 盆地内南部油气田储层钻井取芯时, 登楼库及营城组火山岩地层可钻性差, 取芯变化差异大, 起钻中掉心严重, 影响地质资料准确性。在分析储集层取芯层位地质特征基础上, 研制优选形成取芯钻头系列, 形成油气田储集层取芯关键技术, 取得平均岩心收货率 98.98% 的应用成果。

## 1 松辽盆地油气藏组合与地层特点

天然气是重要的自然能源, 自 20 年代后, 天然气开发利用快速增长, 管道建设加快天然气进入市场, 天然气利用规模扩大提高人们对天然气的认识, 成为世界第三大能源。我国石油进口量日益增加下, 改善我国能源结构成为当务之急<sup>[1]</sup>。近年来我国在渤海湾, 准格尔等盆地发现火山岩油气储层, 松辽盆地南部长岭断陷发现无阻流量工业气井。油田开发从储层特征, 井网划分, 开发方式等方面具有各自特点, 深层火山岩气田具有岩相变化大, 易发生水侵等特点, 需要加强对深层火山岩气田开发关键技术研究。

吉林省油页岩资源量丰富, 2006 年后, 油页岩资源勘探取得重大进展。松辽盆地发现 4 处超百万亿吨大型油页岩矿床<sup>[2]</sup>。2018 年地质调查局油气资源调查中心在长春岭矿井布置地质调查井, 获取青山口组页岩品质, 力学性质等评价参数, 了解送料盆地南部区深部油页岩分布状态等质量特征。工作区位于松辽平原东部, 总体地势东高西低, 区内地貌单元处于河流冲击平原区。松辽盆地南部断陷层下白垩统火山岭组普遍发育火山岩, 平均有效厚度大于 50m, 火山岩气藏成为松南断陷层油气藏勘探重要领域。火山岩储层特征等认识有待深化<sup>[3]</sup>。针对火山岩储层纵向多期次, 储层非均质性等特点,

应用铸体薄片, CT 扫描等方法, 对火山岩储层特征与控制因素进行系统研究, 总结火山岩储层形成主要控制因素。

深部油气藏组合以火石岭组、营城组深湖 - 半深湖相沉积岩为烃源岩, 是扇三角洲砂体为储层构成的成藏组合, 是主要取心层位。油藏组合埋深大于 1600m, 部分区块火石岭组缺失或钻井未揭示<sup>[4]</sup>。深部储集层以砂砾岩、中细砂岩为主, 火石岭组为火山岩储层, 自生石英填充大部分孔隙, 石英和长石含量 53%~90%, PDC 可钻性级值 7~10。页岩油气取心层位为营城组 1 段大段泥页岩连续取心。部分预探井为确认地层, 确定所钻地层岩性。基底岩性为前震旦系花岗片麻岩、石英片麻岩等, 牙轮可钻性极值普遍大于 10。

## 2 工程技术要求分析

吉林省地质调查院在长春岭地区开展油页岩矿普查工作, 油页岩钻探工程质量要求较低。矿心采取率  $\geq 80\%$ , 孔斜要求  $> 1/2^\circ / 100\text{m}$ , 多数施工单位采用  $\phi 95/57$  硬质合金肋骨钻头单管钻进, 膨润土钻井液护壁<sup>[5]</sup>。工程钻探地质调查井设计为直井, 达到目标地层段终孔, 钻探质量要求较高。基岩段岩心采取率  $\geq 90\%$ , 终孔孔斜率  $> 5^\circ$ 。岩矿心直径  $\geq 60\text{mm}$ , 同步开展测井等工作。

通过分析松南多口勘探资料, 总结油气田取心主要技术难包括常规取心工具在定向井中取心易引起堵, 松散、成柱性差的地层取心, 岩心收获率低;  $\phi 311.2\text{mm}$  井眼内取心, 使用常规尺寸取心钻头易导致岩心卡箍缩径接头内歪斜, 造成取心进尺少。现场取心钻头型号单一, 导致钻头磨损严重取心机械钻速低。岩心采取率要求较高, 需采用绳索取芯钻进工艺, 最初施工单位钻孔超径, 导致钻杆折断事故频发。绳索取芯钻进工艺无法采用钻铤加压, 泥页岩水敏性强, 钻进地层岩石抗压强度较低。

## 3 取心钻具组合优化

松南储集层取心使用川式常规取心筒, 由于重力作用内外筒不居中, 内筒无法正对取心钻头喉部的问题, 导致引心困难。现场比选使用适合于大斜度井的

DJQ172-101 型取心筒,改进常规川 7-5,在内筒与连接套间安放滚珠支承节,确保内筒处在外筒内部的居中位置,引心时岩心顺利进入内筒并得到保护。

松南大部分储集层成柱性较好,龙凤山区块营城组的松散砾岩取心,起钻中岩心易掉落,地层取心选用卡板岩心爪可以解决此问题。卡板岩心爪适合松散砾岩层地层取心,可以封闭岩心内径为  $\Phi 75\text{mm}$ <sup>[6]</sup>。取心钻达设计进尺后,继续旋转变转 20~30min,利用切削内刃摆动将岩心磨出凹槽,逐步恢复取心钻进参数,卡板张开卡入岩心凹槽,卡板张开后进行割心操作。根据理论计算,取心钻具组合为  $\Phi 215.9\text{mm}$  取心钻头 +  $\Phi 127\text{mm}$  加重钻杆 \*9。取心钻具组合取心工具在井下工况稳定。可降低钻进中发生的制动,消除钻柱扭矩波动、制动和失速。减少由于钻头回旋导致下部钻具回转,引发岩心破碎等情况的发生。

营城组、基岩地层岩石硬度高,以往取心时运用孕镶取心钻头,机械钻速慢,导致岩心长时间在泥浆中浸泡,导致岩心收获率低。研发设计适用于基岩地层取心的 PDC 钻头。设计了 12 个刀翼,6 个刀翼上布置 3 颗 13mm 奔驰齿 7,6 个刀翼布置 2 颗 13mm 斧型齿,刀翼布置 R6 的高压水道;侧面各刀翼间设置有排屑槽;钻头本体的内径处设置高压内水道。解决常规取心钻头钻进时切削齿崩损严重、机械钻速低等问题,通过优选切削齿齿型容易吃入火山岩硬地层,通过优化内外保径,便于岩石力学分析的完整性。

#### 4 成井工艺

龙凤山区块是中石化油气公司的重点勘探开发区,该地区井多以水平井为主采用三开制结构,通过钻进、固井等工序最终成井。龙凤山区块上部为第四系表土层,目的层为营城组。登娄库组地层压实度较高。龙凤山区块多采用三开制井身结构。一开使用 444.5mm 钻头钻至井深 300m 左右泰康组下部稳定泥岩处,封固上部松散地层;二开使用 311.2mm 钻头钻至 2300m 左右,封固青山口组及上部泥岩发育地层;三开使用 215.9mm 钻头钻至营城组储层。

一开井段施工关键点在于防斜打快,配合优选的钻井参数达到防斜目的。二开井段钻进层位从第四系到进入泉头组,上部地层可钻性较好,地层软硬交接逐渐明显,泥岩的致密性渐渐加强,姚家组施工中掉块较多,施工关键点在于防斜打快。上部地层相对松软可钻性好,岩屑易堵井口管,排量要控制在 55L/s 以上,保证岩屑能及时返出,适当降低粘度,用“早开晚停”方式,中间增加短起下等措施。钻穿易缩径地层后继续钻进一定进尺。三开井段钻进层位主要是泉头组、营城组,地层特点是砂、泥岩软硬交错变化大,泥岩或砂泥岩易水化剥蚀掉块,要防止起侵。

针对龙凤山区块嫩江组易缩径,姚家组红色泥岩易造浆,营城组裂缝可能较发育,钻井中易出现复杂情况的施工特点,通过抑制膨润土造浆实验,优选 KPAM 为钻井液抑制剂;通过岩心渗透率测试实验,优选了降滤失剂 KFT- II 作为钻井液封堵防塌剂,通过各种配伍研制了封堵型防塌钻井液体系。钻井液具有良好的流变性、抑制性和封堵防塌性。FT-3 的失水造壁效果较好,初步选定 FT-3 为钻井液体系的封堵防塌剂。根据龙凤山气田钻井工艺要求,确定抗高温防塌钻井液配方。

要求下套管前采用原钻具进行通井,对遇卡井段、井眼曲率变化大的井段反复划眼,保证套管顺利下入;通井时调整钻井液性能,增强携岩性,泥饼厚度  $\leq 0.5\text{mm}$ ;摩阻系数  $\leq 0.08$ ;控制下套管速度,套管下到位以后,井底的稠浆返出后,提高排量循环处理泥浆,泥浆性能满足固井要求后进行固井施工。该区块完井大多使用尾管回接的方式,将尾管悬挂器悬挂在直井段固井后坐封封隔器,下入回接套管至井口。

#### 5 结论

随着经济的高速发展,深层天然气受到世界的关注,为提高深层油气田开发效益,国内外学界积极寻求有效的天然气开采技术。本文研究根据分析松辽盆地油气藏组合与地层特点,总结工程技术要求,提出松辽盆地钻井施工关键技术。储集层地质特征优选了不同型号的系列取心钻头,可以解决常规储集层的取心技术难题。松南油气田部分胶结弱、松散砾岩层取心,使用卡板岩心爪可以保证岩心收率。新研制的 G506-BZ 型取心钻头可提高火山岩的机械钻速,确保高岩心收率。

#### 参考文献:

- [1] 吴德军,朱小锋,刘树华,李舜丰.松辽盆地松南油页岩地质调查井绳索取心钻进技术[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2020,47(03):44-48.
- [2] 符伟.深反射剖面揭示的松辽盆地北部深部结构、动力学背景与油气远景[D].长春:吉林大学,2019.
- [3] 邹长春,张小环,赵金环,彭诚,张淑霞,李宁,肖亮,牛一雄,丁娱娇,秦宇星,林峰.松辽盆地科学钻探工程松科二井东孔上白垩统地球物理测井科学成果[J].地球学报,2018,39(06):679-690.
- [4] 杨世亮.水平井地质导向技术在松辽盆地葡萄花油层的应用[J].西部探矿工程,2017,29(05):74-77+81.
- [5] 王璞璐,刘海波,任延广,万晓樵,王树学,瞿雪姣,蒙启安,黄永建,黄清华,高有峰,王成善.松辽盆地白垩系大陆科学钻探“松科2井”选址[J].地学前缘,2017,24(01):216-228.
- [6] 程慧玲.钾盐共聚物钻井液体系的应用实践[J].中国石油和化工,2016(12):69+52.