

# Continuous multi tube coring technology for shale long sections

Ruigang Zhang

Sinopec Zhongyuan Petroleum Engineering Co., Ltd., Southwest Drilling Branch, Chengdu, Sichuan, 610000, China

## Abstract

The Jingyan-Jianwei area is located in the southwestern part of the Weiyuan structural unit within the northwestern section of the southwestern Sichuan Basin. From 2024 to 2026, following the strategy of "overall planning, phased implementation, capacity evaluation, and regional exploration," 15 exploration wells and 4 well groups were deployed. The goal is to submit proven reserves exceeding 50 billion cubic meters by 2026, which will serve as a critical basis for confirming the reserves of the Qiongzhusi shale gas reservoir. The continuous core logging construction for long well sections is of paramount importance. Through the operational experience of multiple wells, a comprehensive and efficient continuous multi-tube core logging technology for long shale wells has been developed.

## Keywords

Shale; Continuous multi-tube; Core sampling; Tools; measures

# 页岩长井段连续多筒取心技术

张瑞刚

中石化中原石油工程有限公司西南钻井分公司, 中国·四川成都 610000

## 摘要

井研-犍为地区位于四川盆地川西南拗陷西北部威远构造西南部。2024-2026年按照“整体部署、分步实施、评价产能、分区探明”的思路,整体部署探井15口、井组4个,力争2026年提交探明储量超500亿方,为探明筇竹寺页岩气藏储量的准确依据,长井段连续取心施工意义重大。经过多口井的施工经验形成了一套完善高效页岩长井段连续多筒取心技术。

## 关键词

页岩; 连续多筒; 取心; 工具; 措施

## 1 基本情况

### 1.1 地质情况

井研-犍为地区位于四川盆地川西南拗陷西北部威远构造西南部,行政区域隶属于四川省乐山市和自贡市,探矿权面积1195.749km<sup>2</sup>。2024-2026年按照“整体部署、分步实施、评价产能、分区探明”的思路,整体部署探井15口、井组4个,力争2026年提交探明储量超500亿方。取心主要井段为筇竹寺全井段,筇竹寺组在工区内横向展布稳定、可对比性较强,与下伏麦地坪组呈平行不整合接触。在区域地层对比的基础上,根据岩心精细描述性组合、测井特征、岩性组合特征,将筇竹寺组自下而上划分为11层,其中①-③、⑤、⑨号层为黑色富有机质页岩,②-④号层、⑥-⑧号层、⑩-⑪号层以粉砂质页岩、泥质粉砂岩及黏土含有机质页岩为主。

### 1.2 取心设计

取心目的:取得目的层筇竹寺组岩心实物资料,为筇

竹寺组评价、含气性、岩电关系的建立等研究及储层改造等创造条件。

取心层位及进尺:筇竹寺组全井段,预计进尺270m(其中进入⑧小层上部、⑦小层中部相对高GR位置各开展1回次保压取心,每回次保压取心6m,共计2回次12m保压取心)。

取心原则:现场确认进入筇竹寺组开始连续取心,进入麦地坪组2m后结束取心。

## 2 工具概况

### 2.1 取心工具

选用ZYJM-172/101型积木式取心工具,依据设计取心层位、进尺、地层岩性等,推荐采用三筒取心,以提高取心施工效率,减少起下钻次数,该工具特点如下:

(1)采用高强度螺纹及厚壁无缝钢管作外筒,整体进行调质处理,强度高、刚性好,有利于提高岩心收获率、单筒进尺和延长取心钻头使用寿命[3]。

(2)轴承两端无密封,允许少量泥浆流过并起冷却和润滑轴承的作用,结构简单、转动灵活、使用寿命长[3]。

(3)内筒外径121mm,内径101mm,连接螺纹及短

【作者简介】张瑞刚(1986—),中国甘肃通渭人,本科,工程师,从事石油天然气钻井工程研究。

节统一扣型,可多筒连接实现多筒取心。

(4)内筒内壁涂覆合金减小岩心进入阻力,内筒增加支撑扶正短节,滚动轴承设计可有效保持长筒取心时内筒居中,保障岩心顺利进入内筒,可有效降低因内筒偏斜或内筒摆动造成的堵心、磨心风险,减小长筒取心带来的内外筒居中度下降并随之震动增加导致的岩心破碎甚至堵心。

## 2.2 取心成果

中原钻井院 ZYJM-172/101 型组合式积木取心工具,依据设计取心层位及取心进尺需求,推荐采用三筒取心,以提高取心施工效率,减少起下钻次数,根据现场井况可随时调整组合,并研最长取心采用 4 筒取心,心长 36m。

金页 6HF 井三筒连续取心 9 回次,累计进尺 237m,累计岩心长度 236.1m,平均取心收获率 99.62%,取心平均机械钻速 2m/h,创西南工区筇竹寺组多项技术指标。

在金页 20HF 井三筒连续取心 3 回次,累计进尺 80m,累计心长 80m,平均取心收获率 100%,取心平均机械钻速 2.44m/h,平均收获率 100%,80m 取心周期 5.04 天,再创西南工区筇竹寺组多项高指标。

金页 13 井在峨眉山玄武岩储层、筇竹寺组取心取得成功,三开常规取心第 7、8 回次中,应用四筒取心工艺,分别取得 36.5 米和 37 米的单趟进尺,连破该区块单趟进尺最长纪录。

## 3 施工难点

### 3.1 施工难点分析

- (1)上部地层地层易塌,卡钻风险大。
- (2)筇竹寺组岩性为灰-深灰色粉砂质页岩,页岩层理发育,堵心、掉心的几率大,造成回次进尺少。
- (3)筇竹寺组裂缝发育,井漏几率大,且在显示层存在喷、漏同存风险。

### 3.2 技术对策

(1)根据筇竹寺组地层特点,采用组合式积木取心工具,优选双筒或三筒取心方式,提高单筒进尺。本构造取心目的层岩性均质性、成柱性较好,可选用长筒(有效最大取心进尺 18.4m/27.6m)取心工具进行施工作业,可有效提高取心效率,节约取心周期。

(2)针对不同漏失速度进行随钻堵漏或终止取心,保证井下安全。

(3)针对三开筇竹寺组岩性均质性、成柱性较好、地层较稳定,以提高单筒进尺和机械钻速为原则,采用三筒取心方式(单回次最高取心进尺 27.5m),提高单回次进尺及取心效率。

## 4 取心技术措施

### 4.1 准备

#### 4.1.1 技术要求

(1)井壁稳定,井内无溢流、漏失,上提、下放无阻卡,井底无落物。

(2)钻井液性能符合施工要求,特别是密度和 PH 值尽量保持高限。

(3)加重材料和加重液储量符合设计要求。

(4)特别注意的是常规长筒取心必须通井,确保井眼畅通,井底清洁。

#### 4.1.2 井眼准备

(1)起钻前应充分循环钻井液,将井底循环干净,保证井下无金属落物。

(2)循环和处理钻井液性能符合设计要求,保证井下情况正常。

(3)取心作业前,井身质量必须符合设计要求,起下钻畅通,无掉块、阻卡现象。起下钻遇卡遇阻井段应先通井划眼,消除阻卡后,方可下钻取心。

#### 4.1.3 钻具及设备准备

(1)确保钻井仪器、仪表灵敏且显示准确。

(2)确保泥浆泵、绞车等机械设备运转正常,在取心钻进中地面设备不发生问题。

(3)检查好钻具,保证在取心钻进中钻具不发生问题。

(4)如果使用顶驱,则顶驱转速 20-80rpm 可调。

(5)井控设备完好,完成闸板防喷器的活动和井控演习、低泵速试验,内防喷工具、防喷钻杆(或立柱)、大直径旁通阀准备到位。

#### 4.1.4 取心工具准备

(1)测量取心工具及取心钻头长度、内外径尺寸,符合设计要求。

(2)取心钻头水眼畅通,取心工具内筒卡盘、岩心钳、岩心爪、岩心爪组合件等辅助工具配套、准备齐全。

(3)准备 4~6 套 ZYJM-172/101 型组合式积木取心工具。

(4)完成工具检查、组装,悬挂轴承要手转灵活,内筒转动灵活,丝扣连接完好无损。

## 4.2 下钻

(1)下钻过程中盖好井口,严防井口落物。

(2)平稳操作,不猛刹、猛顿,防止钻具剧烈摆动。

(3)裸眼井段严格控制下放速度,缓慢匀速下放钻具,观察好指重表,遇阻不超过 50kN,可上下活动或循环钻井液,不得硬压强下,不可使用取心钻具组合大段划眼。

(4)下钻每 20~30 柱顶通水眼,若遇顶通泵压较高时,可循环 10~30min。

(5)钻头离井底一个单根开泵循环钻井液,循环正常后,校好指重表,下放钻具实探井底,校对到底方入,在钻具上标记到底方入记号,清洗井底。

## 4.3 钻进

(1)树心参数:钻压 10~20kN、转速 40~50r/min、排量 25L/s,钻进 0.3~0.5m 后,逐步提高钻井参数。

(2)取心参数:钻压 60~80kN、转速 60~80r/

min、排量 25 ~ 28L/s。

(3) 取心钻进过程中要做到“均匀送钻”。

(4) 取心钻进过程中,无特殊情况,一般不停泵、不停转,钻头不提离井底,注意各种参数的变化。

(5) 取心钻进过程中,需保证钻井液性能稳定,认真做好钻时记录,密切观察泵压、转盘扭矩等参数变化,准确判断井下情况。

#### 4.4 割心

(1) 根据指令要求完成取心进尺后,利用岩心爪与岩心的摩擦力以及岩心爪座的锥面,使岩心爪抱紧岩心而拔断。

(2) 在割心前 0.5m 左右,比原钻压多加 30 ~ 40kN,形成粗心,以便割心岩心爪抓牢。

(3) 形成粗心后刹住刹把磨 20min,钻压恢复到原钻压的 1/4 ~ 1/3 时割心。

(4) 割心时停顶驱上提割心,上提时要注意观察指重表变化。

#### 4.5 起钻

(1) 取心井段和气层上部 300m 内严格控制起钻速度,起钻时绞车使用低速,平稳操作,不猛刹、猛顿,防止甩掉岩心。

(2) 禁止用转盘绷扣、卸扣。

(3) 起钻过程中连续向井内灌满钻井液,认真核对灌浆量。

#### 4.6 出心

(1) 岩心出筒前及岩心出筒时,监测硫化氢浓度,如含硫化氢,应立即使用硫化氢防护设备,保障人员安全。

(2) 出心方式采用大门坡道出心,出心后岩心由地质方负责整理、保管及后续工作,岩心盒由地质方提供。

(3) 出完心,检查、保养岩心筒、轴承及岩心爪等易损件,必要时更换易损件,并重新组配取心工具,以备下次取心使用。

#### 4.7 异常情况判断与处理

(1) 堵心、磨心及终止条件

堵心是由于岩心的岩性、构造、应力释放、钻头切削破坏、钻具摆动等因素导致其破碎,使岩心不能有效进入内筒,堵在取心内筒底部的现象。在发生堵心后,破碎岩心之间相互挤压、磨损、消耗,导致收获率低。发生堵心时,钻井参数常发生以下变化:

①钻压上涨不回;②钻时大幅上涨;③泵压上涨;④扭矩降低。发生磨心时,钻井参数常发生以下变化:①钻压大幅上涨,回落慢;②钻时大幅上涨;③泵压出现规律性涨落;④扭矩变化大;⑤振动筛返砂量大幅增多。

取心期间若发生堵心或磨心,可先调高钻井参数观察,若钻压没有继续上涨、机械钻速有所提高,可继续取心钻进;若参数仍异常须及时割心,保障取心收获率。

(2) 放空及取心终止条件

取心钻进期间发生放空,若液面较稳定,下探进尺不超过 0.3m,看好扭矩防卡;终止条件为下探进尺 0.3m 探不到井底则将取心钻头提离取心开始位置以上循环、起钻、出心,发生漏失立即上提至安全位置降排量循环堵漏,井下正常后直接循环起钻(不再下放取心钻进)。

## 5 经验教训及改进

### 5.1 取心筒落井故障

(1) 对工具和工艺的匹配风险研判经验不足。为提高取心钻进机械钻速,前期广泛使用螺杆+双筒取心工艺,提速效果明显,为进一步提高取心效率,使用螺杆+三筒取心工艺。

(2) 提速思路有缺陷,未充分认识到螺杆带长筒会导致下步钻具在承受反扭矩后松扣。

(3) 取心技术人员在下钻遇阻时,未考虑要求起钻通井,而是采用冲划下钻方式。

改进优化:一是改变取心组合,3筒及以上组合严禁配套使用低速螺杆;二是取心前必须保证井眼畅通,严禁取心工具长段划眼。

### 5.2 岩心脱心异常

(1) 筲竹寺组 6 号小层层理发育、钻时快,导致岩心直径较细,割心时岩心爪未抓牢岩心,导致脱心。

(2) 卡箍式岩心爪卡瓦范围窄,针对层理发育地层的可靠性不高。

(3) 操作存在大意和经验注意思想,采用旋转割心上提,进一步使岩心爪失效。

结束语:井研-犍为地区页岩长井段连续多筒取心技术的研发与应用,成功破解了该区域筲竹寺组易塌、易堵心、机速慢等施工难题。通过选用 ZYJM-172/101 型积木式取心工具、优化钻具组合与施工参数、制定针对性技术对策,实现了取心收获率 99.86% 的高水平成果,创下多口井单趟进尺、机械钻速等多项区域纪录,为 500 亿方探明储量目标的推进提供了精准的岩心实物支撑。该技术体系不仅完善了页岩气长井段连续取心的工艺标准,其工具适配、参数调控及异常处理经验,也为同类复杂页岩地层的取心施工提供了可复制的实践范例。未来可进一步结合地层岩性差异优化工具细节,探索智能化监测与参数自适应调节技术,持续提升取心效率与成果质量,为页岩气资源的高效勘探开发注入更强动力。

### 参考文献

- [1] 王治国,严焱诚,黄河淳,等.井研-犍为地区难钻地层钻头优选及应用[J].科技和产业,2024,24(16):194-198.
- [2] 余瀚泽.井研-犍为地区筲竹寺组页岩储层特征及其脆性评价研究[D].成都理工大学,2023
- [3] 王婷.《石油取心工具使用说明书》翻译项目报告[D].广西大学,2018.