

# 长庆油田页岩油定向井长筒连续取心工艺

## Long-bore Continuous Coring Technology for Directional Well of Shale Oil in Changqing Oilfield

柳伟荣 姜慧强 王小俊

Weirong Liu Huiqiang Jiang Xiaojun Wang

中国石油川庆钻探工程公司长庆钻井总公司 中国·陕西 西安 710018

CNPC Chuanqing Drilling Engineering Company Changqing Drilling Company, Xi'an, Shaanxi, 710018, China

**摘要:** 2022年长庆油田陇东页岩油部署实施了5口定向井连续取心任务。论文通过分析定向井连续取心中存在的难点,对取心钻头及取心工具选型、钻井液体系选择、取心钻进参数、井眼轨迹优化、井下故障预防进行了研究。针对定向井内筒布局中、连续取心井段长夹层多风险高、破碎地层收获率低等施工难点,制定了一系列技术措施,为今后同类井施工积累了一定的经验。

**Abstract:** In 2022, the Longdong shale oil deployment of Changqing oilfield implemented the continuous coring task of five directional wells. By analyzing the difficulties of continuous coring in directional wells, the paper studies the selection of coring bits and coring tools, the selection of drilling fluid system, coring drilling parameters, the optimization of borehole trajectory, and the prevention of downhole faults. A series of technical measures have been formulated for the construction difficulties such as non-centering of the inner casing of directional wells, high risk of long interlayer in continuous coring section, and low recovery rate of broken formation, which has accumulated some experience for the construction of similar wells in the future.

**关键词:** 定向井; 长筒; 连续取心; 取心筒

**Keywords:** directional well; long barrel; continuous coring; coring barrel

**DOI:** 10.12346/etr.v4i12.7432

## 1 引言

长庆页岩油庆城地区长7油藏主要为半深湖背景下的砂质碎屑流沉积,砂体整体呈现南西~北东展布的形态,并在区内交会叠置,主要发育长7<sup>1</sup>和长7<sup>2</sup>小层。2022年,在环H10、庆H34、合H6、环H36、华H55等5个平台的首口井长6<sup>3</sup>-长7油层实施连续取心,以获取长7储层相关油气基础地质资料、物性等变化特征,为后期勘探开发部署、提高油层钻遇率提供依据。

## 2 施工难点

①洛河组普遍存在漏失,延长组超前注水易发生出水,安全密度窗口窄。

②完钻电测阵列感应项目要求钻井液电阻率高于0.8欧

姆·米,处理钻井液时无法使用盐类化工,细分散低固相体系固相含量高、泥饼厚,起下钻易发生阻卡等复杂情况。

③取心要求“穿鞋带帽”,设计取心井段长达80~130m。常规取心钻头钻进要求每隔30m下牙轮钻头扩眼后才能继续取心,其下钻次数多,施工效率低<sup>[1]</sup>。

④取心井段存在一定井斜,内筒偏于低边、不居中,3根取心筒组合时刚性变弱,内筒与外筒之间存在多点接触,内筒跟着外筒一起转动,岩心难以进入内筒、上行困难,进入岩心筒的岩心容易发生偏磨与破碎,发生卡心等情况<sup>[2]</sup>。

⑤区域内存在断层,天然裂缝较为发育,易发生井漏,地层破碎、成柱性差。泥页岩与砂岩互层频繁,机械钻速变化大,泥岩易破碎、堵心、磨心,井下情况判断困难,取心收获率难以保证。

【作者简介】柳伟荣(1981-),男,中国浙江金华人,本科,高级工程师,从事钻井技术研究。

⑥取心井段无法测量井斜方位,无法控制井眼轨迹,无法通过调整钻压实现增斜、降斜,稳斜段全角变化率易超标<sup>[3]</sup>。

### 3 主要技术措施

①钻开洛河组后,根据地层漏失情况,通过承压堵漏试验,提高地层承压能力。井底500m范围内存在注水井时,二开时提前落实注水井停注、泄压,钻开油层前100m,将钻井液体系由清水聚合物体系转换为细分散低固相体系,提高钻井液密度,平衡注水层压力。

②延长清水聚合物使用井段,推迟转换钻井液体系时机。根据设计井深,提前控制地面钻井液量约120方。准备取心起钻前,用清水聚合物胶液20方,分两次清扫井筒,降低井筒钻井液中固相含量。钻井液转化时,先调整pH值,pH值不稳定区域转化时pH值调至9~10,其它区域转化时控制pH值8~9,再加入JH和CMC提高钻井液粘度、降低失水,一个循环周后加入白土和SFT-2提高钻井液粘切、封堵性、润滑性,确保井壁稳定。

③实施短程起下钻,确保井筒通畅。取心前起钻时,控制起钻速度,遇阻吨位小于10t,无法起出时循环倒划眼。起至洛河顶界后,再通井到底,起下正常后再下取心筒。

④选择满眼取心钻头,减少其下钻次数。井壁稳定、起下钻正常时,选择外径215mm取心钻头,减少牙轮钻头扩眼的次数,减少中途环节,降低施工风险。

⑤优化井眼轨迹、优化取心参数。在确保中靶的前提下,上部井段增大井斜多走位移,降低取心段井斜角,减少内筒与外筒轴线夹角,利于岩心顺利进入内筒。取心时控制小钻压钻进,降低取心筒弯曲程度。

⑥破碎地层、泥岩地层严格执行操作规程,弱化钻井参数。取心钻头到底后循环一周冲洗内筒,冲走破碎岩屑,投球后待泵压上升0.8~1兆帕后再循环10~15分钟冲洗内外筒环空。采取小钻压(40~50KN)、低转速(40~50r/min)、小排量(20~24L/S)的参数,保持取心工具的稳定性,保护岩心,引导岩心顺利入筒,降低钻头、钻井液对岩心的破坏和冲刷。缩小岩心爪总成与取心钻头间隙,由常规的10~15mm降为8~12mm,缩短岩心进入内筒的初始行程。实时监控机械钻速和泵压,泵压异常波动变化、钻时成倍上升时,果断处理,避免卡心、堵心、磨心。

⑦优化钻具组合。使用加重钻杆替换钻铤提供钻压,减少钻具中钻铤的数量至2根,增加加重钻杆数量至15根,降低底部钻具侧向力,同时保持方位稳定。

### 4 取心工具选择

#### 4.1 PDC 取心钻头

延长组主要为砂岩、泥岩,选择适用于软地层的PDC取心钻头,结合现场实际情况,可选择外径215mm、内径

101mm、12刀翼、金刚石复合片直径13mm的RC475、德州新锐FQ476-2等,扭矩平稳,机械钻速高。

#### 4.2 取心工具

根据215.9mm井眼直径,选择川7-4取心筒。该型常规取心工具配套完善、规格齐全、技术先进,适用于软、中、硬及破碎地层取心。主要由安全接头、旋转总成、差值短节(或稳定器)、外筒、内筒、岩心爪组合件、取心钻头和辅助工具等部分组成。该取心筒具有以下优点:①内外双筒单动悬挂式结构。悬挂轴承担内筒及岩心重量,外筒传递转动扭矩带动钻头旋转破岩,外筒转动时内筒不转动。②投球法确保树心前内筒清洁。取心筒下钻距井底30m时,开泵循环清洗内筒,探到井底后循环一周,待清洗干净后,投入钢球,清洗内外筒间隙,保证内外筒之间的清洁,避免卡心、堵心。③采用卡箍式岩心爪组合,确保顺利割取、抓牢岩心柱。

### 5 钻井液体系

#### 5.1 快速钻进阶段使用无固相聚合物体系

聚合物钻井液体系以清水作为基液,加入高分子聚合物(K-PAM、PAM)的水解物、高分子量纤维素(CMC)等人工配制成具有一定粘度、静切力等性能的钻井液,其密度为1.01~1.02g/cm<sup>3</sup>,漏斗粘度26~30s,pH值7~8.5。具有密度低、流动性好、粘度调节方便、成本低等特点,能够较好地携带和悬浮钻屑的能力,且能在井壁上形成致密的吸附膜,具有一定的护壁能力,并有较好地润滑和减阻作用,有利于提高钻井速度。庆城地区二开后地层稳定,所钻井段无高压层;力学稳定,不需要用高比重泥浆克服井塌,适用无固相聚合物钻井液。

#### 5.2 取心阶段使用细分散低固相体系

上部直罗地层经过一段时间的浸泡后,易发生垮塌造成井下故障。细分散白土浆相比于聚合物钻井液体系,具有密度高、粘度高、失水低、封堵性强、携砂能力强等特点,有助于稳定井壁、预防井下故障。取心期间钻头满眼,需要连续钻进,一旦发生井壁垮塌影响取心作业,后续处理难度大。且聚合物钻井液转化为细分散低固相体系操作简便,满足后续施工需求<sup>[4]</sup>。

### 6 复杂情况处理

#### 6.1 起钻遇阻严重

华55-1井钻至井深1936m、地层长63,起钻准备取心,钻井液密度1.07g/cm<sup>3</sup>、粘度48s、失水6mL。起钻时从井底直至罗底间断严重遇阻,采用倒划方式起出遇阻点。起至井深1050m直罗组时发生卡钻。接地面震击器后震击解卡。后续倒划眼出直罗组后起钻正常。重新下钻通井到底后,调整钻井液性能,密度1.14g/cm<sup>3</sup>、粘度50s、失水6ml,起钻全程正常。

预防措施:准备取心前,将钻井液性能调整至合理区间,

性能满足井壁稳定、携砂要求。起钻时控制上提速度，遇阻吨位小于 10t，活动效果不佳时第一时间接方钻杆开泵、倒划眼，防止扶正器泥包严重、井眼缩径卡钻。

## 6.2 内筒岩心爪总成倒开

环 36-1 井取心起始井深 2288m，地层长 63，井斜 4.97°。下 28.86m 长筒，共连续取心 5 次，第 6 次下 19.06m 中筒。第 3 次取心井深 2341~2368m，进尺 27.0m，心长 15.0m，缺失岩心 12.0m；第 5 次取心井深 2377~2398.5m，进尺 21.5m，心长 8.5m，缺失岩心 13.0m。两次起出内筒时岩心爪总成从丝扣处退开，岩心爪变形，岩心破碎。

预防措施：内筒上扣时用链钳加力上紧，内筒悬挂轴承转动灵活。控制取心钻压小于 60KN，转速低于 60r/min，排量小于 24L/S。破碎地层取心下双筒或单筒，减小内外筒轴线夹角，弱化取心转数、排量。取心钻进期间密切关注泵压变化，泵压异常波动、钻时明显变慢时，立即割心起钻。

## 7 现场应用

从延长 63 开始取心，至长 7 结束，共实施 5 口定向井

长筒连续取心，取心钻具组合： $\Phi 215$  取心钻头  $\times 0.3\text{m}+$  川 7-4 取心筒  $\times 28.85\text{m}$  或  $19.06\text{m}+165\text{mm}$  钻铤  $\times 19\text{m}+127\text{mm}$  加重钻杆  $\times 140\text{m}+127\text{mm}$  普通钻杆。取心下钻前，检查好绞车、链条、钻井泵等传动系统、循环系统，确保取心期间设备运转正常。下到底后循环一周，冲洗内筒、井底，投球冲洗内外筒间隙。按照“树心—取心钻进—割心”顺序进行操作，以钻压 20KN 树心 0.2m，取心钻压 40~60KN、转速 55r/min、排量 24L/S。割心前将钻压加大 20KN，以获得较粗的岩心。待钻压恢复到 20KN 时，上提 0.5m 割心。如果悬重先上升 100~200KN 后下降至原悬重，表明岩心割断。如果悬重不下降，应下放钻具至原悬重，继续转动转盘恢复钻压至 0KN，再次割心，如此反复操作直至割心成功。

5 口井累计取心进尺 321.12m，其中环 36-1 井处于两个断层夹缝之间，破碎地层取心收获率低，其他 4 口井取心收获率 100%，取心情况如表 1 所示。

从图 1 可以看出，取心井段井斜稳斜或微降（平均  $-0.21^\circ/30\text{m}$ ），方位微增（ $0.29^\circ/30\text{m}$ ）m，全角变化率为  $0.42^\circ \sim 1.26^\circ/30\text{m}$ ，满足井身质量要求。

表 1 取心情况统计表

井号	取心井段 (m)	取心趟数 (趟)	取心进尺 (m)	收获率 (%)	机械钻速 (m/h)
合 6-1	1840.77~1868.37	1	27.6	100	5.52
庆 34-1	2029.78~2075.2	2	39.62	100	7.92
环 10-1	2367~2420.9	3	53.9	100	3.51
环 36-1	2288~2409	6	121	88.07	2.47
华 55-1	1936~2015	3	79	100	4.27

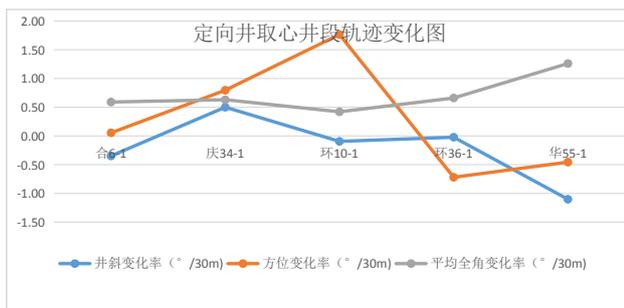


图 1 取心井段轨迹变化统计图

## 8 结论

①二开后快速钻进至取心井段，转换细分散体系时性能达到稳定井壁、满足携砂性能要求。起钻时控制速度，遇阻时倒划眼修正井壁虚泥饼、缩径地层。

②取心前井况正常、无溢流井漏，短程起下钻正常后，再下取心筒。取心钻头禁止大段划眼。

③定向井连续取心选择满眼钻头，可以避免扩眼环节，

减少起下钻次数，提高取心施工效率。

④优化轨迹设计，施工中前期走足位移，将取心井段井斜控制在小于  $10^\circ$ ，提高内筒居中度，有助于提高取心收获率。

⑤破碎地层下双筒或单筒取心，弱化钻井参数，降低对岩心的破坏，泵压异常升高、钻时明显变慢及时割心起钻。

⑥取心工具认真检查丈量，每次入井前检查悬挂轴承完好情况，按照标准扭矩上扣。内、外筒零配件有损坏时及时更换。

## 参考文献

- [1] 石崇东,高龙,宁金生,等.镇钾1井长井段连续取心钻井工艺[J].石油钻采工艺,2012,34(5):111-114.
- [2] 刘洪彬,张林平.运用常规取心工具进行定向井取心作业[J].钻采工艺,1996(5):13-17.
- [3] 孙立全.定向井稳斜段长井段取心技术探讨[J].长江大学学报(自科版),2013,10(20):72-74.
- [4] 胡文华.聚丙烯酰胺低固相泥浆在复杂地层的护孔效果[J].探矿工程,1983(5):56-57.