

非平面齿取心钻头在东海某井的应用

李石磊

中海油海油发展股份有限公司工程技术分公司 天津 300452

摘要: 东海油气田储层埋深深, 其地层岩性硬度高, 研磨型强, 可钻性级别高, 砂泥岩软硬交错, 有的层位还含有砾石, 常规平面切削齿取心钻头对于砂岩层取心机械钻速比较快, 但在泥岩或泥质含量较重的地层段的取心钻头机械钻速相对于砂岩要慢许多。设计一种能提高在泥岩或泥质含量较重的地层中取心机械钻速的钻头是有必要的。本文中将在全面钻进中使用的非平面齿如斧形齿、三棱齿等异形齿应用在取心钻头, 并在东海砂泥岩软硬交错地层中应用, 取得了一定得效果, 尤其是泥岩或泥质含量较重的地层段取心作业机械钻速相对于类似地层有了显著提高。

关键词: 取心钻头; 泥岩; 非平面齿; 机械钻速

Application of non - planar tooth core bit in a well in East China Sea

Shilei Li

Engineering Technology Branch of CNOOC CNOOC Development Co., LTD Tianjin, China 300452

Abstract: The East China Sea oil and gas reservoirs are deeply buried, with high lithology hardness, strong grinding type, and high drillability. Sand and mudstone are mixed hard and soft and sometimes contain gravel. Conventional surface cutter coring bit has a higher ROP ratio for sandstone coring. However, the mechanical drilling rate of coring bit in shale or argillaceous interval is much slower than that of sandstone. It is necessary to design a bit that can improve the mechanical penetration rate of coring in the formation with heavy mudstone or mud content. In this paper, the non-planar teeth used in the overall drilling, such as axe-shaped teeth, three-edge teeth, and other profile-shaped teeth, are applied in the core bit, and in the East China Sea sand and mudstone cross-soft and hard stratum, and some results have been achieved. In particular, the drilling rate of core operations in sections with heavy mudstone or mud content is significantly higher than that in similar formations.

Keywords: core drilling bit; Mudstone; Non-planar teeth; Rate of penetration

一、东海取心层特点

1.1 取心层岩性

目前东海常见取心主要层位有 A 组、B 组, 其中 A 组岩性上部为灰色、棕色、褐灰色、灰褐色泥岩、粉砂质泥岩与浅灰色、灰白色粉砂岩、粉细砂岩互层夹灰白色含灰质粉砂岩; 中、下部为灰白色粗砂岩、中砂岩、砂砾岩, 浅灰色、灰白色细砂岩、粉砂岩、含灰质粉砂岩夹灰色、棕色、灰褐色泥岩; B 组上部以灰、灰褐、深灰色泥岩为主, 夹灰白色、灰色、浅灰色泥质粉砂岩、细砂岩、中砂岩、含砾细砂岩及煤层; 下部浅灰色细砂岩与灰、深灰色泥岩、煤层呈不等厚互层。

1.2 地层可钻性

两个主要取心层位埋深基本上都是在 3000 米以上, 全面钻进在这个两层随着深度的增加, 钻进的 ROP 明显的降低。例如某井 1 在 A 组上段底部至 B5 底部, 使用 TS516PDC 钻头, 平均 ROP 约 7.79m/h; 某井 2 在 4253-4515m (B5-B7), 使用 HPG635MI PDC 钻头 + 啄木

鸟, 平均 ROP 约 10.16m/h; 某井 3 自 A 组下段至 B3, 使用 ST636 PDC 钻头 + 扭冲工具, 平均 ROP 约 15.36m/h, 3840-4183m (B3-B6), 使用 TM1664RS PDC 钻头 + 扭冲工具, 钻至取心位置起钻, 平均 ROP 约 11.94m/h, 4189-4670m (B7 至完钻), 使用 TM1664RS PDC 钻头 + 扭冲工具, 平均 ROP 约 7.84m/h。

从上面 3 口井在这两个层位全面钻进的平均 ROP 可以看出, B 组地层埋深深, 地层的可钻性相对 A 组更差, 地层的压实强度更高。那么在该层位取心作业时的机械钻速肯定会比全面钻进要慢许多, 尤其时泥岩或者泥质含量较重的井段。

二、取心钻头

取心钻头作为取心作业中最为关键的工具, 其工作性能不但直接影响取心作业的收获率, 而且也影响钻井作业的效率与成本。金刚石复合片 (PDC) 是将金刚石粉和硬质合金粉置于超高压高温的条件下烧结而成, 该材料既具有金刚石的高耐磨性, 也具有硬质合金的高抗

冲击韧性, 金刚石复合片广泛应用于取心钻头。

目前在东海油气田取心主要层取心作业所使用的PDC取心钻头切削齿都是平面齿, 在砂岩段取心机械钻速在1.5m/h以上, 完全满足取心作业要求, 但泥岩或泥质含量较重的层段中的机械钻速相对比较慢, 甚至有些井段低于0.8m/h。东海取心层岩性不可能全面为砂岩, 取心井段还有泥岩夹层, 因此结合现有钻头型号, 在其基础上通过取心钻头三维模拟软件建模设计了一款能在泥岩或泥质较重的地层提高取心机械钻速的钻头。同时根据全面钻进钻头应用的非平面切削齿的使用效果, 将非平面切削齿应用在取心钻头。

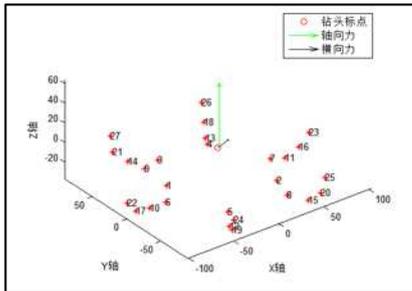


图1 钻头受力示意图

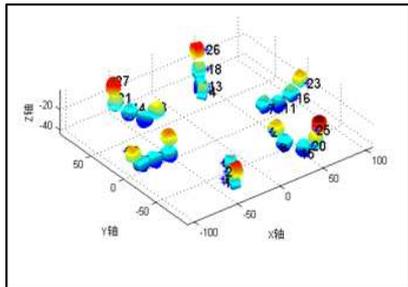


图2 钻头三维结构图

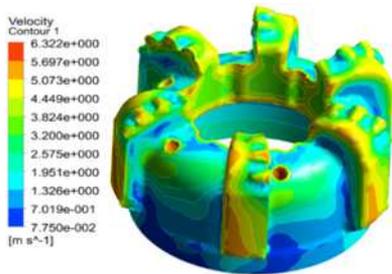


图3 钻头流速图

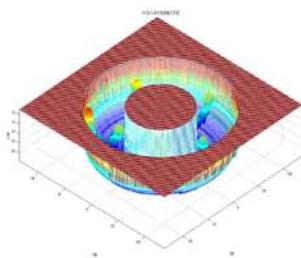


图4 钻头与井底接触图

新取心钻头型号为CQP565MG, 该型号钻头冠部形

状优化短圆弧冠型, 增加钻头的攻击性; 采用六刀翼提高钻头在取心钻进过程中尤其在软硬交错地层的稳定性; 采用中等布齿密度布齿设计, PDC切削齿高出露齿设计, 提升钻头快速钻进能力。同时切削齿采用非平面齿(斧形齿), 即利用斧形齿产生的高点载荷, 使切削齿更易于吃入泥岩塑性地层, 提高钻头机械钻速。

三、现场应用

东海某井计划在B组见油气显示好的井段进行取心一回次, 取心钻头计划使用的为新型号取心钻头CQP565MG。

3.1 取心工具选择

经过地层岩性分析, 再结合在该层位的取心经验, 采用自锁式取心工具进行取心作业, 自锁式取心工具通过直接上提钻具, 靠自锁式岩心爪与岩心的摩擦将岩心拔断, 自锁式取心工具能够实现中长筒取心作业, 能有效提高取心作业时效, 降低作业成本; 采用内壁摩擦阻更小的铝合金内筒, 其摩擦阻是常规钢内筒的十分之一, 能在降低岩心入筒阻力, 也能减少岩心与内筒的摩擦阻力, 一定程度上降低堵心的风险, 有助于提高取心收获率。

3.2 钻井液性能参数

表1 钻井液性能参数

钻井液体系	密度 (g/cm ³)	漏斗粘度 (s)	塑性粘度 (mPa·s)	滤失量 (mL/30min)
水基钻井液	1.39	53	36	1.8

3.3 取心钻具组合

8-1/2"取心钻头+自锁式CQX172-101双筒取心工具(上端扣型410)+变扣(411×630)+浮阀(阀芯为翻板式, 无承托环, 631×630)+8"钻铤×3根+7-3/4"机械震击器(带挠性接头)+变扣+5"加重钻杆14根

3.4 取心钻进参数

表2 取心钻进参数表

钻压 (T)	转速 (rpm)	扭矩 (kN·m)	排量 (L/min)	泵压 (MPa)
2-6	40-50	8-15	1000-1100	7.2-7.7

3.5 取心结果

表3 取心结果数据

井段 (m)	层位	取心进尺 (m)	岩心长 (m)	收获率 (%)	备注
4227.00~4245.00	B组	18	17.49	97.2	双筒取心

3.6 取心钻头效果

CQP565MG 新型号取心钻头出井, 取心进尺 18m, 纯钻时间 6.98h, 平均 ROP2.58m/h。取心钻头整个取心钻进过程中整体运行平稳, 取心钻进参数平稳, 钻头出井无崩齿、正常磨损。



图 5 取心钻头入井前



图 6 取心钻头出井后

取心井段其中 4240.73 ~ 4242.36m 为泥岩。通过与其它井类似层位泥岩段取心作业参数进行对比, 该型号钻头在相同层位泥岩段的 ROP 明显提高, 说明斧形齿对于泥岩段取心作业有提速效果。

表 4 钻头使用对比表

井名	钻头型号	深度 (m)	岩性	取心钻进参数	平均 ROP (m/h)
本井	CQP565M	4240.73 ~ 4242.36	泥岩: 灰色, 质不纯, 局部粉砂富集, 夹粉砂质条带、煤条带, 微含灰质, 性硬。	钻压 3-4T 转速 40~50rpm 排量 1100L/min	3.3
4 井	CQP768	4465.89 ~ 4470.95	泥岩: 深灰色, 质较纯, 局部夹泥质粉砂岩及沥青质煤条带, 性硬。	钻压 5-7T 转 40-50rpm 排量 700~1000L/min	1.3
5 井	CQP768	4653.10 ~ 4653.46	深灰色泥岩: 质纯, 性硬。	钻压 6-7T 转速 40-50rpm 排量 700-1000L/min	0.5

本井	CQP565M	4240.73 ~ 4242.36	泥岩: 灰色, 质不纯, 局部粉砂富集, 夹粉砂质条带、煤条带, 微含灰质, 性硬。	钻压 3-4T 转速 40~50rpm 排量 1100L/min	3.3
4 井	CQP768	4465.89 ~ 4470.95	泥岩: 深灰色, 质较纯, 局部夹泥质粉砂岩及沥青质煤条带, 性硬。	钻压 5-7T 转 40-50rpm 排量 700~1000L/min	1.3
5 井	CQP768	4653.10 ~ 4653.46	深灰色泥岩: 质纯, 性硬。	钻压 6-7T 转速 40-50rpm 排量 700-1000L/min	0.5

四、结论与认识

非平面切削齿取心钻头在东海这口井的成功应用, 说明非平面切削齿应用到取心钻头, 有助于提高取心机械钻速;

非平面切削齿的使用效果, 是适用于东海取心地层的岩性, 异形齿更能吃入地层, 对于泥岩段取心作业提速有一定的效果, 可以在其它取心作业中应用, 以便更好的证实是否对其它区块泥岩段取心作业有提速效果。

非平面齿也具有很好的抗冲击效果, 在含有砾石的层位非平面齿取心钻头可以进行应用。

根据非平面齿在硬、极硬地层的钻进情况, 也可以尝试用非平面齿取心钻头在硬、极硬地层进行取心作业。

参考文献:

- [1] 李石磊, 恩平 15-1 构造疏松地层取心技术研究与应用 [J], 工程技术研究, 2022 年第 4 卷第 3 期.
- [2] 樊洪海, 冯广庆, 肖伟, 马金良, 叶志, 赵聪. 基于机械比能理论的钻头磨损监测新方法 [J]. 石油钻探技术. 2012(03)
- [3] 孟英峰, 杨谋, 李皋, 李永杰, 唐思洪, 张军, 林四元. 基于机械比能理论的钻井效率随钻评价及优化新方法 [J]. 中国石油大学学报 (自然科学版). 2012(02)