

## 老油区疏松地层取心关键技术研究及现场应用

许俊良, 宋维华, 任 红

(中国石化胜利石油管理局钻井工艺研究院, 山东东营 257017)

**摘 要:**疏松地层松散, 岩心难以成形, 取心难度大。为进一步提高疏松地层取心收获率, 针对疏松砂岩地层孔隙度较高、岩性脆等特点, 采用滤失量低的取心钻井液, 低钻压、低转速和小排量的取心参数, 及切削型取心钻头和全封闭岩心爪, 形成了老油区疏松地层取心关键技术。该技术在现场应用 14 口井, 取心进尺 311.36 m, 平均岩心收获率达到 85.40%。应用结果表明, 该技术有利于保护岩心、提高岩心收获率, 能够满足浅层疏松砂岩地层取心的需要。

**关键词:**疏松地层 取心 岩心收获率 取心钻头 岩心爪

**中图分类号:** TE244 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-0890(2012)05-0026-04

### Research and Field Application of Key Coring Technology for Unconsolidated Formation in Matured Oilfield

Xu Junliang, Song Weihua, Ren Hong

(Drilling Technology Research Institute, Shengli Petroleum Administration, Sinopec, Dongying, Shandong, 257017, China)

**Abstract:** Core is difficult to take in unconsolidated formation, which features high porosity and brittleness. In order to improve the core recovery in this kind of formations, many measures had been taken, as the analysis of the characteristics of the unconsolidated formation, the low water loss of coring drilling fluid, lower WOB, low rotary speed and flow rate, aggressive core head and full closure core catcher, which formed a key technology for coring in unconsolidated formation in old oilfield. Field tests were conducted in 14 wells with coring footage of 311.36 m and average core recovery of 85.40%. The test proved that it is a safe and reliable technique for core protection and improvement of core recovery, and it can meet the need of coring in shallow unconsolidated sand formation.

**Key words:** unconsolidated formation; coring; core recovery; coring bit; core catcher

要提高老油区疏松地层的采收率, 首先要了解其剩余油分布规律和含油饱和度, 在老油区疏松地层进行钻井取心, 能更多地了解岩层物性参数。但由于老油区经过注水、注聚合物开发, 地层遭到破坏, 给钻井取心造成很大困难, 岩心收获率非常低。如果没有岩心资料, 对剩余油情况不了解, 难以制定合理的开发方案。因而, 岩心收获率低成了制约老油区提高采收率的关键因素。

疏松砂岩储层埋藏深度浅, 地层软、散, 孔隙度较高。采用常规取心技术取心时, 因钻井液含有固相, 取心钻头不是水力冲蚀最小的钻头, 对地层具有

冲蚀作用, 岩心难以成形。而且, 使用的取心筒较长, 稳定性差, 不利于岩心进入。这样, 岩心收获率很难保证。

为此, 笔者根据老油区疏松地层的上述取心技术难点, 研究了取心关键技术, 以提高岩心收获率, 满足该类地层取心的需要。

收稿日期: 2011-12-15; 改回日期: 2012-07-26。

作者简介: 许俊良(1956—), 男, 1984年毕业于胜利油田职工大学钻井工程专业, 高级工程师, 主要从事钻探取心方面的技术研究与钻井新产品研发工作。

联系方式: (0546)8776516, xjl1874@163.com。

## 1 取心关键技术

老油区疏松地层取心关键技术主要包括取心工艺、低侵入取心钻井液、取心筒、铝合金衬筒、砂泥岩取心钻头、全封闭岩心爪、分段出筒和现场冷冻等技术。

### 1.1 取心工艺

地层取心主要有取心钻进、获取岩心及保存岩心等 3 个步骤<sup>[1-3]</sup>。疏松地层的取心也是这样 3 个步骤,只是因为在该类地层取心比较困难,因此在取心作业之前,要制定详尽的取心计划,包括取心工具的设计和各配套技术的选择。

老油区疏松地层取心钻进通常需要以最小的排量、合理的钻压、最低的转速和中等的机械钻速来完成。在东部老油田和新疆车排子地区疏松砂岩地层的取心作业中,机械钻速一般为 1.5~10.0 m/min,排量为 5~8 L/s,钻压为 10.0~20.0 kN,转速为 50~60 r/min,泵冲控制在许可的最低范围内。上述参数可根据地层情况进行调整,提前 0.15~0.30 m 停泵,防止循环冲蚀,转盘转动直至取心钻进结束。

工艺流程为:1)取心开始前,取心钻头下探至井底后再提离井底 1.5 m;2)循环,投入第一个球封堵内筒(有些工具不用投球);3)启动转盘并以最低的泵冲启动钻井泵;4)下放到井底开始取心钻进;5)取心钻进结束前 0.15~0.30 m 停泵;6)取心钻进结束,停转盘;7)投入第二个钢球,让其自由下落;8)按工具说明书进行割心;9)开泵顶通钻头水眼停泵;10)起钻。

### 1.2 岩心防侵入技术

取心钻井液中的添加剂一般有膨润土、重晶石粉、碳酸钙、氯化钾、氢氧化钠或氢氧化钾、改性淀粉及一些杀菌剂或聚乙二醇,一般不添加高 pH 值的表面活性剂、木质素磺酸盐、润滑剂、防腐剂、乳化剂、破乳剂、消泡剂和分散剂等助剂。岩心防侵入技术中,取心钻井液设计为一种低密度、低 pH 值的 KCl 聚合物钻井液,其密度、黏度、动切力和 pH 值分别为 1.067 kg/L、35~45 s、10~18 Pa 和 8.5。

取心过程中,当钻井液滤液在压差作用下侵

入地层时,钻井液滤液就会侵入岩心,侵入量取决于岩石与地层流体的性质、钻进参数及钻井液滤液特性。常规取心作业中,钻井液侵入通常发生在以下 3 个主要区域:1)当钻井液滤液形成流体汇集带时,会导致钻头下边岩心被全面侵入;2)钻头冠部与喉部;3)由静止滤失引起的取心内筒中的侵入(见图 1)。

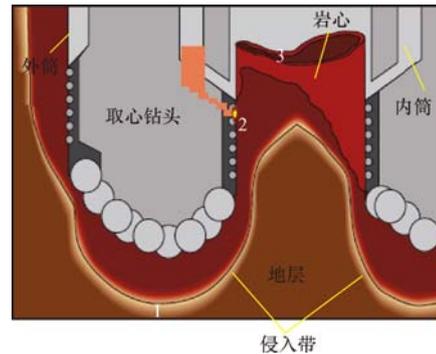


图 1 常规取心中的滤液侵入示意

Fig. 1 Conventional coring filtrate invasion figure

1. 钻头下部;2. 钻头喉部;3. 内筒内部

带 PDC 钻头的低侵入取心系统会极大降低钻井液滤液的侵入,原因是:1)PDC 取心钻头的切削齿布置在抛物线形的刀翼上,与随机布齿相比,更有助于减小对滤饼的损坏;2)改进了布齿设计,采用更少的切削齿,以增加切削齿的吃入深度,从而获得更高的取心钻进速度;3)减少了内保径齿数量,从而缩短了岩心与保径齿的接触时间;4)取消了喉部布齿,从而保护滤饼。PDC 取心钻头最大的改进是采用了唇面排水水眼,它可迫使钻井液沿钻头中心径向向外流(见图 2)。图 3 给出了更清晰的唇面排水水眼和保径齿的情况。图 4 为取心钻头的内部形状及钻井液流向水眼的示意图。

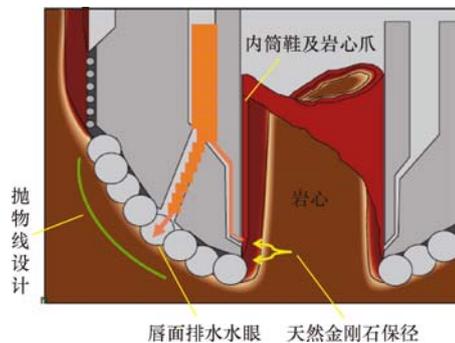


图 2 PDC 取心钻头的侵入示意

Fig. 2 PDC core bit invasion figure

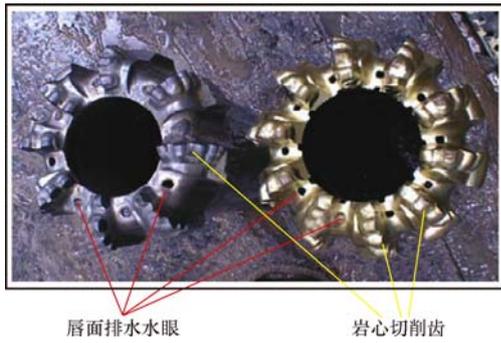


图 3 低侵入取心钻头的唇面排水水眼和切削齿  
Fig. 3 Bottom hole and tooth of low invasion core bit

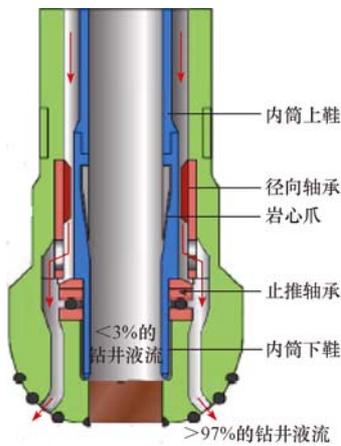


图 4 低侵入取心钻头的内部结构  
Fig. 4 Inner structure figure of low invasion core bit

低侵入 PDC 取心钻头是疏松地层取心的最佳选择,然而在东部老油田,单一取心钻头不能同时满足砂岩和泥岩取心的要求,用泥岩取心钻头取砂岩岩心会发生严重的冲蚀,用砂岩取心钻头取泥岩岩心则会发生堵心。

### 1.3 岩心爪的选择与使用

由于取心工具的结构不同和地层软硬差异,可选配的岩心爪有许多种类型,如指状/滑动摩擦式、打捞篮式、卡板式和全封闭式等,其中全封闭式岩心爪最适用于疏松砂岩地层取心<sup>[4]</sup>。全封闭式岩心爪的取心原理是:岩心通过液力割心或机械加压机构使岩心爪变形得以保存,割心前投球,使其坐到一个活塞上,打压后,驱动活塞下行抵达内筒,内筒下行,使岩心爪闭合,抓住岩心。

所谓全封闭岩心爪,即岩心爪收缩后各爪紧靠在一起,中间不留圆孔,各爪之间没有间隙,实现全封闭。国外采用的是贝壳形的全封闭岩心爪,使用效果不太好,故不采用。有时采用弹簧式和摩擦式

岩心爪的组合形式,用弹簧式岩心爪来阻挡岩心,用摩擦式岩心爪割断岩心。

### 1.4 取心筒

全封闭岩心爪主要用于双筒工具,其中内筒的稳定性非常重要。扶正器有助于保持内筒不产生转动,防止内筒出现涡动,最为重要的是在内筒从外筒取出的过程中可预防岩心碎裂。许多油田在疏松砂岩地层取心时都采用了保形岩心筒。图 5 为取心工具的悬挂结构和钻井液通过内筒的流动示意图。

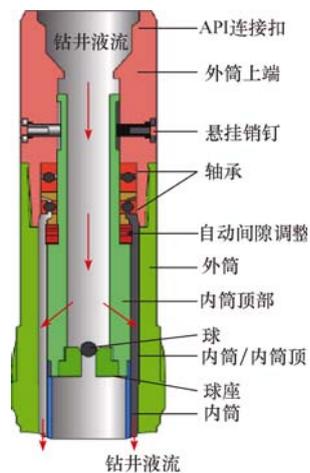


图 5 内筒钻井液流动示意  
Fig. 5 Inner tube drilling fluid

## 2 现场应用

2005 年 6 月,老油区疏松地层取心关键技术在营 27-斜1井进行了现场试验。取心层位为馆陶组底部地层,地层疏松,不成岩,取心难度大,以前利用常规取心工具岩心收获率都较低。取心井段为 1 382.00~1 385.71 m,该井段井斜角 43°,岩心收获率 100%。

继营 27-斜1井之后,在垦 71-检41 井馆陶组和东营组地层利用该技术取心 19 筒,取心总进尺 116.83m,平均岩心收获率 97.4%,密闭率 84.15%。

2006 年 10 月,在草 4-11-斜414 井破碎地层中利用该技术取心,取心井段 1 172.57~1 231.59 m,取心 3 筒,岩心长 14.07 m,平均岩心收获率 93.68%。

该技术还在胜利、南海和新疆等油田进行了应用,岩心收获率都在 80%以上。部分应用井的统计

数据见表 1。

表 1 应用井岩石取心数据  
Table 1 Core statistical data table

井号	取心井段/m	进尺/m	岩心长/ m	岩心收获 率, %
排 601-21	472.00~499.00	27.00	12.40	45.93
排 61	264.00~1 003.80	50.00	41.26	82.52
排 62	77.40~223.50	16.90	13.20	78.11
哈浅 1	288.00~730.90	35.10	26.15	74.50
金平 2	842.75~846.35	3.60	3.60	100
排 63	60.20~87.74	7.75	7.35	94.84
春 2-5	930.17~985.36	18.90	14.14	74.81
哈浅 2	192.50~1 010.00	15.95	15.15	94.98
QHD33-2-2	1 057.05~1 063.58	6.53	6.53	100
春 2-4	966.00~976.39	10.35	9.47	91.50
Went3-2-A4P1	1 119.00~1 377.70	59.38	59.38	100
哈浅 4	274.00~687.00	25.50	24.90	97.65
哈浅 5	340.00~598.70	25.20	23.43	92.98
哈浅 7	80.60~214.00	9.20	8.95	97.28

从表 1 可以看出, 14 口应用井取心进尺共计 311.36 m, 平均岩心收获率 85.40%, 进一步证明该技术有利于保护岩心、提高岩心收获率, 能够满足浅层疏松砂岩地层取心的需要, 应继续在该类地层中推广应用。

### 3 结 论

1) 在疏松地层采用低侵入钻井液、短取心筒、铝合金衬筒、切削型取心钻头、全封闭岩心爪等进行

取心, 岩心收获率超过 85%。同时, 采用低固相钻井液、低钻压、低转速和小排量, 岩心钻进期间对岩心冲蚀更小。

2) 采用冠部没有唇面排水孔的低侵入取心钻头, 有利于降低近岩心区域的冲蚀; 采用双筒取心工具可提高疏松地层的岩心收获率; 采用岩心防侵入技术可防止钻井液滤液侵入岩心, 以保证岩心处于原始状态。

3) 全密封岩心爪配以保形取心技术和各种取心钻头, 可解决老油区疏松地层的取心难的问题, 有利于提高该类地层的岩心收获率。

### 参 考 文 献

#### References

- [1] Skopec R A, McLeod G. Recent advances in coring technology: new techniques to enhance reservoir evaluation and improve coring economics[J]. Journal of Canadian Petroleum Technology, 1997, 36(11): 22-29.
- [2] Rathmeel J J, Gremley R B, Tibbitts G A. Field applications of low invasion coring[R]. SPE 27045, 1994.
- [3] 许俊良, 薄万顺, 蒋庆祥. 球悬挂取心技术[J]. 石油钻采工艺, 2005, 27(4): 85-86.  
Xu Junliang, Bo Wanshun, Jiang Qingxiang. Ball hanging coring technology[J]. Oil Drilling & Production Technology, 2005, 27(4): 85-86.
- [4] 许俊良. 疏松及破碎地层取心新技术[J]. 钻采工艺, 2009, 32(1): 22-23, 26.  
Xu Junliang. New coring technology for unconsolidated and broken formation[J]. Drilling & Production Technology, 2009, 32(1): 22-23, 26.

## 欢迎订阅 2013 年《断块油气田》

《断块油气田》是中国石油化工集团公司主管、中原石油勘探局主办、专门研究断块油气田的综合性刊物, 国内外公开发行人, 国内统一连续出版物号 CN 41-1219/TE, 国际标准连续出版物号 ISSN 1005-8907。

开设栏目有专论综述、地质勘探、开发工程、钻采工艺、测井测试、信息简讯等, 报道内容涉及断块油气田研究的各个领域。被《中国期刊全文数据库(CJFD)》、《中国学术期刊综合评价数据库(CAJCED)》、《中国核心期刊(遴选)数据库》、《中国学术期刊(光盘版)》、《中国石油文摘》、美国《剑桥科学文摘(自然科学)》、美国《剑桥科学文摘(工程技术)》、美国《石油文摘(PA)》、美国《化学文摘(CA)》、美国《乌利希期刊指南》、波兰《哥白尼索引》等数据库收录。

《断块油气田》承办广告业务(广告经营许可证号: 4109004000001), 在推广新技术、新产品、开拓市场、沟通产销渠道、宣传企业形象方面, 竭诚为广大客户提供最优质的服务。

《断块油气田》为大 16 开版本, 双月刊, 单月 25 日出版, 每期定价 10 元, 全年 60 元(含邮费)。每年还有一定数量的合订本, 每册 80 元。可以在邮局订阅(邮发代号 36-351), 也可以直接汇款至《断块油气田》期刊社订阅。汇款地址: 河南省濮阳市中原东路 360 号《断块油气田》期刊社; 收款人: 简本君; 邮政编码: 457001。联系电话: (0393)4820093, 4824957; E-mail: dkyqt@vip.163.com; 网址: www.dkyqt.com。