

松辽盆地页岩油勘探大口径取心技术

朱芝同¹, 伍晓龙¹, 董向宇¹, 曹龙龙¹, 和国磊¹, 张德军²

(1.中国地质科学院勘探技术研究所,河北 廊坊 065000; 2.中国地质调查局沈阳地质调查中心,辽宁 沈阳 110034)

摘要:大口径取心技术为页岩油勘探提供了准确可靠的岩心地质资料,本文主要介绍了川 7-4 型、KT-194 型大口径常规取心钻具和 ZYVC 型大口径密闭取心钻具的技术参数以及这 3 种取心钻具在松页油 2 井大口径取心中的应用情况,通过对取心钻具、取心钻头、取心钻进参数的调整和改进,机械钻速大幅度提高,岩心质量优良,提高了钻进效率,为页岩油勘探取心提供了丰富经验和技術方法。

关键词:页岩油;大口径取心;常规取心;密闭取心;钻进效率

中图分类号:P634;P618.13 **文献标识码:**A **文章编号:**1672-7428(2019)01-0045-06

Large diameter coring technology for shale oil exploration in Songliao Basin

ZHU Zhitong¹, WU Xiaolong¹, DONG Xiangyu¹, CAO Longlong¹, HE Guolei¹, ZHANG Dejun²

(1.*Institute of Exploration Techniques, CAGS, Langfang Hebei 065000, China;*

2.*Shenyang Center of Geological Survey, CGS, Shenyang Liaoning 110034, China*)

Abstract: The large diameter coring technology provides accurate and reliable core geological data for shale oil exploration. This paper mainly introduces the technical parameters of both Chuan7-4 and KT-194 conventional coring tools and ZYVC sealed coring drill tools, as well as the application of the core drilling tools in Well Songyeyou-2. In the process of coring, the technical measures were constantly improved which has contributed to the mechanical drilling rate, the core quality and the drilling efficiency, providing rich experience and methods for shale oil exploration and coring.

Key words: shale oil; large diameter coring; conventional coring; sealed coring; drilling efficiency

0 引言

随着科学技术的发展,非常规能源勘探、科学钻探项目逐步增多,大口径取心钻探技术也在不断发展与完善。按照对所取岩心是否有特殊要求,钻井取心可分为常规取心和特殊取心,相对应的取心钻具有常规式取心钻具和特殊取心钻具。常规取心是指对所取岩心没有特殊要求的取心作业,主要用于精准确定岩性,通过岩石物性特征发现油气藏,包括短筒取心、中长筒取心、大斜度井取心、水平井取心等;特殊取心是指对所取岩心有特殊要求的取心作业,主要用于评价油气藏,主要包括保形取心、密闭取心、保压取心。在生产实践中,可根据取心目的、油气藏类型、勘探开发阶段等不同条件选择取心方式。

松页油 2 井是中国地质调查局为探明松辽盆地白垩系青山口组泥页岩层段的页岩油赋存状况部署的一口页岩油参数井,钻井取心是本井主要工作内容之一。为达到取全取准页岩油相关参数资料的目的,松页油 2 井取心工作由常规取心和密闭取心两部分组成。本文重点论述这两种取心技术在页岩油勘探中的应用。

1 工程概况

松页油 2 井为油气参数井,位于松辽盆地北部古龙凹陷,设计井深 2340 m。要求目的层取心 200 m,其中密闭取心 18 m。青山口组(K₂qn)发育的厚层泥页岩,是盆地的主力烃源岩之一,具有巨大的页岩油气勘探潜力,是本井的主要目的层。

收稿日期:2018-08-09 DOI:10.12143/j.tkgc.2019.01.008

基金项目:地质调查项目“朝阳-商都地区中-古生界油气战略选区调查(中国地质科学院勘探技术研究所)”(编号:DD20160199)

作者简介:朱芝同,男,汉族,1986 年生,地质工程专业,硕士,从事地质钻探设备及工艺研究工作,河北省廊坊市金光道 77 号,443543481@qq.com。

引用格式:朱芝同,伍晓龙,董向宇,等.松辽盆地页岩油勘探大口径取心技术[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2019,46(1):45-50.

ZHU Zhitong, WU Xiaolong, DONG Xiangyu, et al. Large diameter coring technology for shale oil exploration in Songliao basin[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2019,46(1):45-50.

目的层岩性:青二三段(K_2qn^{2+3})主要为致密灰黑色泥岩,局部夹灰色泥质粉砂岩、粉砂岩。青一段(K_2qn^1)为致密灰黑色、灰绿色泥岩,棕灰色粉砂岩。与下伏地层呈整合接触。

依据钻机负荷的选择原则、井控配套要求,同时考虑到井深的不确定性,选用 ZJ40 型钻机进行钻井施工。

2 取心设计

根据地质要求,目的层取心设计见表 1。

表 1 目的层取心设计

Table 1 Coring design of the target strata

层位	设计井段/m	取心类型	取心进尺/m	岩心采取率/%
K_2qn^{2+3}	1985~2093	常规取心	108	≥95
	2093~2111	密闭取心	18	
$-K_1q^4$	2111~2165	常规取心	54	
K_1q^3	2239~2259	常规取心	20	
合计			200	

注:取心井段以现场地质所卡层位为准。

3 取心井段钻井液性能

泥页岩地层所含粘土比例较高,容易水化,钻井过程中常出现井径扩大、井壁失稳、卡钻、糊钻、扭矩及阻力增大等井下复杂情况。为保护井壁稳定性,在泥页岩层段采用 KCl-聚胺强抑制钻井液体系,钻井液配方:1 m³ 清水 + 4% 膨润土 + 0.2% Na₂CO₃ + 0.3% NaOH + 5% KCl + 0.5% PL + 0.5% COP-HFL + 0.5% PAC-LV + 1% CGY + 0.3% 聚胺 + 1.5% FT-1 + 0.5% LUB-S。取心井段 1985~2259 m,具体钻井液性能参数:密度 1.25~1.27 g/cm³,粘度 57~68 s,含砂量 0.3%,失水量 2~3 mL,pH 值 8~9。

4 常规取心钻进技术

4.1 常规取心钻具规格

本井采用了川 7-4 型和 KT-194 型 2 种取心钻具,均为自锁式取心钻具,即利用岩心爪(卡簧)与岩心之间的摩擦力,使岩心爪收缩包心,实现割心。2 种钻具单筒长度均在 9.5~10 m,具体规格见表 2。

4.2 常规取心钻具组合

2 种取心钻具的钻具组合情况见表 3。

4.3 常规取心钻进参数

2 种钻具的推荐钻进参数见表 4。

表 2 常规取心钻具规格

Table 2 Drilling fluid system parameters

钻具型号	钻头类型	钻头外径× 内径/mm	外筒外径× 壁厚/mm	内筒外径× 壁厚/mm	岩心直 径/mm
川 7-4	PDC 钻头	215.9×101	172×18	121×6.5	101
KT-194	孕镶金 刚石钻头	215.9×124	194×12.7	146×8	124

表 3 常规取心钻具组合

Table 3 Drilling assembly of the conventional coring tools

钻具型号	钻具组合(自下而上)
川 7-4	Ø215.9 mm PDC 取心钻头+川 7-4 型取心钻具×2 筒+411×4A10 接头+Ø159 mm 钻铤×6+410×4A11 接头+Ø127 mm 加重钻杆×9 根+Ø127 mm 钻杆
KT-194	Ø215.9 mm 孕镶金刚石取心钻头+KT-194 型取心钻具×2 筒+5LZ172-6 螺杆+Ø178 mm 钻铤×3 根+411×4A10 接头+Ø159 mm 钻铤×6 根+410×4A11 接头+Ø127 mm 加重钻杆×9 根+Ø127 mm 钻杆

表 4 常规取心钻进参数

Table 4 Drilling parameters of the conventional coring

钻具型号	钻头类型	钻压/ kN	转速/ (r·min ⁻¹)	排量/ (L·s ⁻¹)
川 7-4	PDC 钻头	20~90	60~80	16~22
KT-194	孕镶金 刚石钻头	10~60	60~250	20~25

4.4 常规取心钻进工艺流程

取心技术工艺流程主要包括:入井前准备、钻具检查—钻到底—取心钻进—割心—起钻—岩心出筒。

4.4.1 入井前准备、钻具检查

在地面组装钻具前,应对外管、内管的弯曲度进行检查,检查旋转总成(单动机构)的轴承灵活性以及与内管、卡簧座丝扣连接状况。检查钻头外径、内径尺寸,调整卡簧座与钻头内台阶的间隙达到 10~15 mm。取心钻头、外筒均用大钳紧扣,上扣扭矩:10~15 kN·m。

4.4.2 下钻到底

下钻至井底 2~3 m 时,先大排量(22~24 L/s)冲洗孔底后再进行探底。必要时循环调整钻井液,离实际井底 0.5 m 不间断活动钻具。

4.4.3 取心钻进

使用川 7-4 型钻具,待下钻完毕,循环钻井液冲洗内筒后,卸开方钻杆,从钻杆试验内投入钢球,开泵送入球座,在泵压上升 0.5~1 MPa 时,钢球正常进入球座,开始取心钻进。使用 KT-194 型孔底动力取心钻具时,组装时则投入钢球。

取心钻进开始时,选取钻压为 5~10 kN 进行

孔底造型,等钻出井底形状与钻头外形相吻合后,逐渐增加钻压到 10~30 kN 进行树心,待树心钻进 0.3~0.5 m 后正常加到设计钻压。

4.4.4 割心

割心时,停泵停转盘,缓慢上提钻具注意观察指重表显示,视地层和钻具情况,一般悬重增加 50~150 kN 又立即消除,岩心割断。若悬重增加而割不断岩性时,则应停止上提钻具,保持岩心受拉状态,转盘钻进时,回转钻进直至岩心拔断,如井底动力回转,则开泵直至岩心拔断。

4.4.5 起钻

割心起钻,操作应平稳,严禁猛提、猛放、猛顿,防止钻具剧烈摆动,丢失岩心。起钻过程中,应及时向井内灌满钻井液。

4.4.6 岩心出筒

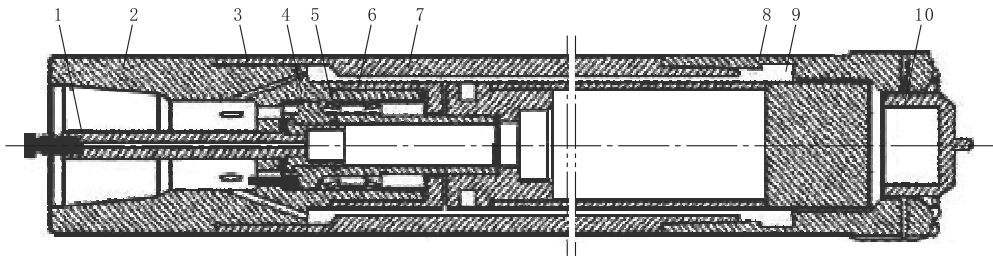
岩心出筒可采用在钻台上或场地上 2 种方式。

在钻台上出心,利用岩心自重,采用岩心钳控制岩心落出段长;在场地上出心利用水力或者机械方式推出岩心,按岩心出筒顺序标出方向、序号,依次排列在岩心盒内。

5 密闭取心钻进技术

5.1 密闭取心钻具规格

密闭取心是利用取心钻具和密闭液取出不受钻井液污染的岩心,进而判断地层含油饱和度、油水动态等数据的重要技术手段。本井密闭取心采用 ZYVC 密闭取心钻具(钻具结构参见图 1),属于自锁式取心钻具,钻具单筒长度在 9.5 m 左右。具体规格参数:ZYVC 型钻具,215 mm×115 mm(外径×内径)PDC 钻头,178 mm×11.5 mm(外径×壁厚)外筒,140 mm×8 mm(外径×壁厚)内筒,岩心直径 115 mm。



1—平衡活塞;2—分水接头;3—上接头;4—T型接头;5—轴承;6—轴承压帽;7—外筒;8—钻头;9—岩心锁紧机构;10—密封活塞

图 1 钻具结构示意图

Fig.1 Drilling tool structures

取心钻具组装好后,灌满密闭液,安装平衡活塞,取心钻进前,下放钻具让密封活塞接触井底,加压剪销,密封活塞上行直到钻头接触井底,此时密闭液流出达到钻头顶部的时,由于内筒下端通过密封圈与钻头内表面形成密闭区域,隔离了钻井液对岩心的接触。随着岩心进入内筒,密闭液在岩心表面形成保护膜。钻具安装见图 2、图 3。



图 2 装配密封活塞与取心钻头

Fig.2 Assembling sealed piston and coring bit



图 3 组装好的密闭取心钻头

Fig.3 Assembled sealed coring bit

密闭取心钻具组合(自下而上)如下:

Ø215 mm 密闭取心钻头+ZYVC 密闭取心钻具+521×410 接头+Ø178 mm 钻铤×3 根+411×4A10 接头+Ø159 mm 钻铤×6 根+410×4A11+Ø127 mm 加重钻杆×9 根+Ø127 mm 钻杆。

5.3 密闭取心钻进参数

5.2 密闭取心钻具组合

密闭取心推荐钻进参数:钻压 20~60 kN, 转速 50~60 r/min, 排量 18~22 L/s。

5.4 密闭取心钻进工艺流程

密闭取心为特殊取心作业, 其工艺流程与常规取心有所区别, 主要有:

(1) 钻井液中加入示踪剂。在密闭取心作业开始前, 在钻井液中加入一定量示踪剂, 目的是检测密闭率。

(2) 组装钻具。首先把钻头与外筒上紧, 然后密封活塞组装在岩心爪组合件上, 与内筒上紧, 装入外筒中, 上紧外筒各螺纹, 最后在钻头销钉孔穿销固定密封活塞。

(3) 灌装密闭液。从取心工具最上端灌入密闭液, 直到密闭液达到限位接头为止, 然后放入平衡活塞, 分割密闭液和钻井液。

(4) 下钻。下钻平稳, 严禁划眼, 遇阻不能超过 30 kN, 否则提前剪断密封活塞销钉, 造成密闭液泄漏。

(5) 取心钻进。下钻到离井底 1 m, 大排量循环冲洗井底, 准备取心时, 将钻具放至井底, 加压 30~50 kN, 剪断销钉, 然后上提钻具, 使钻压保持在 10~20 kN, 开始树心钻进。树心 0.3 m 后, 按照设计钻进参数开始正常钻进。

(6) 割心及出心。取心进尺达到预计长度时, 停止钻进, 上提钻具割心, 与常规割心方法相同; 出心前先取出平衡活塞, 然后与常规方法一样进行出心, 出心过程中注意保护岩心, 防止岩心被污染。

6 取心钻进难点与对策

6.1 技术难点

(1) 在松辽盆地钻遇的青山口组泥岩致密、硬度高, 局部含钙, 普遍机械钻速低, 川型取心钻具在该类泥岩地层取心应用较少, 无取心经验可借鉴。本井有 3 个回次采用川 7-4 型取心钻具, 平均机械钻速 0.53 m/h, 距离本井 50 km 处的另一口页岩油参数井取心也采用该型钻具, 平均机械钻速 0.42 m/h, 2 口井取心效率都很低。

(2) 为提高钻进效率, 在取心过程中先后更换 4 个钻头厂家、6 个取心钻头类型(包括 5 个 PDC 钻头, 1 个巴拉斯钻头), 均未达到理想效果。泥岩地层, PDC 钻头、巴拉斯等尖齿钻头理论上可以提高机械钻速。但在实际钻进过程中 PDC 钻头因切削

齿类型、布齿方式与钻具的转速和排量不匹配, 容易产生“泥垫”现象。巴拉斯、尖齿钻头钻进过程中稳定性差、易崩齿, 导致寿命短, 也难以获得理想的钻进效率。

(3) 取心效率低导致上部裸眼时间长, 井壁易坍塌、掉块, 甚至失稳。常规转盘驱动的取心钻进方法钻柱稳定性差, 对井壁干扰大, 尤其在泥页岩地层中不利于保护井壁稳定。

6.2 解决对策

经过调研和论证, 在致密泥页岩层段, 实施顶驱+螺杆钻复合回转钻进取心工艺。采用 KT-194 型取心钻具, 配套孕镶金刚石钻头, 其取心工艺优势主要体现在以下几个方面:

(1) 选用孕镶金刚石取心钻头, 圆周均布 12 只胎体块, 钻头金刚石胎体硬度适合岩石硬度, 钻头切削唇面形状为圆弧形, 12 个矩形水口显著改善切削齿的冲洗效果, 减少“泥垫”的产生, 加强钻头内外保径, 提高钻头寿命, 实现高效率、长钻程取心工作。

(2) 采用孔底动力与顶驱复合钻进取心, 与单独顶驱(转盘)回转相比, 扭矩传递效率高, 上部钻柱低速回转平稳, 下部可以产生较高回转速度, 适合金刚石取心钻进要求, 并有利于保护井壁。

(3) KT 型取心钻具在科学钻探、地质勘探、石油天然气勘探、非常规油气勘探等领域应用广泛, 是我国大陆科学钻探攻克复杂地层常用的一种钻具。该钻具是将传统的石油钻井大口径钻具特点及岩心钻探金刚石薄壁取心技术的特点相融合, 对沉积岩、变质岩及岩浆岩具有较广泛的岩石适应性。可配套使用金刚石、PDC、巴拉斯、硬质合金等多种钻头, 常与螺杆钻具、涡轮钻具及液动锤等井底钻具配合使用。

7 取心钻具应用效果分析

7.1 取心数据

目的层共进行了 13 回次取心, 总进尺 202.02 m, 岩心总长 199.67 m, 平均岩心采取率 98.8%。其中川 7-4 型取心钻具在目的层段进行了 3 个回次的取心, KT-194 型取心钻具在目的层进行了 8 个回次的取心。ZYVC 密闭取心钻具在目的层进行了 2 个回次的取心。各钻具取心数据见表 5。

7.2 取心数据评价

使用川 7-4 型取心钻具在目的层钻进 3 个

表 5 3 种取心钻具应用效果统计

Table 5 Application effects of the three coring tools

回次	取心井段/m	层位	进尺/m	心长/m	岩心采取率/%	机械钻速/(m·h ⁻¹)	钻具型号
1	1990.20~2005.55	K ₂ qn ²⁺³	15.35	14.75	96.1	0.40	川 7-4
2	2005.55~2022.35	K ₂ qn ²⁺³	16.80	16.77	99.8	0.48	
3	2022.35~2031.35	K ₂ qn ²⁺³	9.00	9.00	100.0	1.00	
4	2031.35~2042.40	K ₂ qn ²⁺³	11.05	10.40	94.1	1.20	
5	2042.40~2061.55	K ₂ qn ²⁺³	19.15	19.14	99.9	0.95	KT-194
6	2061.55~2081.59	K ₂ qn ²⁺³	20.04	20.01	99.9	1.10	
7	2081.59~2090.59	K ₂ qn ²⁺³	9.00	9.00	100.0	0.45	ZYVC
8	2090.59~2099.59	K ₂ qn ¹	9.00	8.80	97.8	0.50	
9	2099.59~2117.89	K ₂ qn ¹	18.30	17.70	96.7	1.10	KT-194
10	2117.89~2136.45	K ₂ qn ¹	18.56	18.78	101.2	1.00	
11	2136.45~2154.95	K ₂ qn ¹	18.62	18.50	99.4	1.20	
12	2154.95~2173.57	K ₁ q ₄	18.65	18.62	99.8	1.20	
13	2245.50~2264.15	K ₁ q ₃	18.65	18.20	97.6	0.72	
总计			202.02	199.67	98.8		川 7-4

回次,进尺 50.8 m,获取岩心长度 49.72 m,平均岩心采取率为 97.9%,平均机械钻速为 0.53 m/h。使用 KT-194 型取心钻具在目的层钻进 8 个回次,进尺 133.37 m,获取岩心长度 132.15 m,平均岩心采取率为 99.1%,平均机械钻速为 1.1 m/h。使用 ZYVC 型密闭取心钻具在目的层钻进 2 个回次,进尺 18 m,获取岩心长度 17.8 m,平均岩心采取率为 98.9%,平均机械钻速为 0.47 m/h。

本井设计要求岩心采取率不低于 95%,3 种取心钻具实际采取率都达到了设计要求,取心质量优良(见图 4)。取心效率方面,KT-194 型取心钻具在青山口组泥岩层段的机械钻速为川 7-4 型取心钻具、ZYVC 密闭取心钻具的 2 倍以上。3 种取心钻具的机械钻速对比见图 5,极大地缩短了取心周期,达到了取心提速的目的。实践证明,KT-194 型钻具更适用于该区域泥岩地层取心。

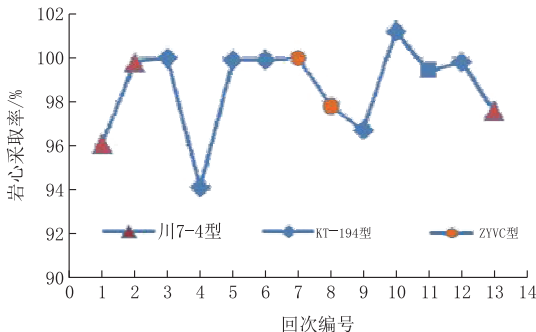


图 4 3 种钻具岩心采取率对比图

Fig.4 Core recovery rate of the three drilling tools

7.3 取心效果

采用 KT-194 型钻具所进行的的目的层 8 个回次

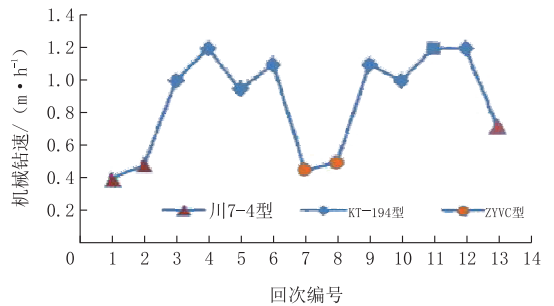


图 5 3 种钻具机械钻速对比图

Fig.5 Penetration rates of the three drilling tools

的常规取心钻进,从开始下钻到完成取心,取心过程比较顺利,没有出现复杂情况,成功完成了本次取心任务,取出的岩心见图 6。同时,由于所选用的 KCl-聚胺强抑制钻井液性能优良,悬浮携带岩屑效果较好,针对水敏性泥岩地层有较好的失水抑制性,所形成的泥皮薄而韧,井壁始终保持稳定,为取心钻进顺利进行创造了良好的条件。

8 结论与建议

从本参数井钻井实践可看出,KT-194 型取心钻具配套孔底动力复合回转的钻进工艺能够较好地适应松辽盆地页岩油钻井取心钻进的实际需要,适应该地区的地层特性,选用的钻进参数、钻具组合和操作方法合理,使用的 KCl-聚胺强抑制钻井液体系能够满足该地区使用动力钻具的需要。大口径孔底动力取心技术的应用为其它地区页岩气、页岩油等非常规油气资源勘探取心提供了一种成功的经验方法。



图6 获取的目的层岩心

Fig.6 The target formation cores

参考文献(References):

- [1] 张伟.大陆科学深孔取心钻进技术述评[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2012,39(S1):1-5.
ZHANG Wei. Review of core drilling technologies used in continental scientific deep drilling projects [J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2012,39(S1):1-5.
- [2] 李诚铭.新编石油钻井工程实用技术手册[M].北京:中国知识出版社,2008.
LI Chengming. New practical technical manual for petroleum drilling engineering[M]. Beijing: China Knowledge Publishing House, 2008.
- [3] 陈彬滔,潘树新,王天奇,等.松辽盆地齐家—古龙凹陷青山口组深水细粒沉积体系的微相类型及其页岩油气勘探意义[J].中南大学学报(自然科学版),2015,46(9):3338-3345.
CHEN Bintao, PAN Shuxin, WANG Tianqi, et al. Sedimentary microfacies of deepwater fine-grained depositional system and its significance for shale oil and gas exploration in Qingshankou formation, Qijia-Gulong depression, Songliao Basin, Northeast China[J]. Journal of Central South University (Science and Technology), 2015,46(9):3338-3345.
- [4] 王稳石,隆东,闫家,等.松科2井二开大口径同径取心钻进技术[C]//中国地质学会探矿工程专业委员会.第十八届全国探矿工程(岩土钻掘工程)技术学术交流年会论文集.北京:地质出版社,2015:749-754.
WANG Wenshi, LONG Dong, YAN Jia, et al. Drilling technology of large diameter coring in the second interval of well Songke-2 [C]//Mineral Engineering Committee, Geological Society of China. Special for the Nineteenth National Exploration Engineering (Drilling and Tunneling) Academic Conferences. Beijing: Geological Publishing House, 2015:749-754.
- [5] 李亚刚,冯辉,刘志军,等.页岩气钻井中川7-4常规取心工具的应用[J].西部探矿工程,2017,29(10):57-59.
LI Yagang, FENG Hui, LIU Zhijun, et al. Application of conventional coring tools in Zhongchuan 7-4 shale gas drilling [J]. West-China Exploration Engineering, 2017,29(10):57-59.
- [6] 朱永宜,王稳石,松科一井(主井)取心钻进工艺[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2008,35(9):1-5,10.
ZHU Yongyi, WANG Wenshi. Coring drilling technology in Well-1 (main shaft) of Songliao Scientific Drilling[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2008,35(9):1-5,10.
- [7] 杨雪.双筒取心器与顶驱钻机应用于井筒检查孔施工[J].建井技术,2015,36(5):55-58.
YANG Xue. Double-tube core and top drive drilling machine applied to checking borehole construction of mine shaft [J]. Mine Construction Technology, 2015,36(5):55-58.
- [8] 刘文武,赵志涛,翁炜,等.页岩气基础地质调查皖南地1井钻探施工技术[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2018,45(10):66-70.
LIU Wenwu, ZHAO Zhitao, WENG Wei, et al. Drilling of Wannandi Well-1 for Basic Shale Gas Geological Survey[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2018,45(10):66-70.
- [9] 李让,吕跃滨,杨晨涛,等.自锁式深井密闭取心工具的研制与应用[J].石油矿场机械,2012,41(4):57-60.
LI Rang, LÜ Yuebin, YANG Chentao, et al. Development and application of self-locking sealed coring tool for deepwell [J]. Oil Field Equipment, 2012,41(4):57-60.
- [10] 江岩.密闭取心技术探讨[J].西部探矿工程,2015,27(9):49-52.
JIANG Yan. Discussion on closed coring technology [J]. West-China Exploration Engineering, 2015,27(9):49-52.
- [11] 李飞,李桂芳,任自伟,等.密闭取心技术在塔里木油田中的应用[J].钻采工艺,2010,33(4):112-113.
LI Fei, LI Guifang, REN Ziwei, et al. Application of sealed coring technology in Tarim oilfield [J]. Drilling and Production Technology, 2010,33(4):112-113.
- [12] 曹龙龙,朱永宜,王稳石,等.松科2井三、四开次取心钻头技术对策与应用效果[C]//中国地质学会探矿工程专业委员会.第十九届全国探矿工程(岩土钻掘工程)技术学术交流年会论文集.北京:地质出版社,2017:213-216.
CAO Longlong, ZHU Yongyi, WANG Wenshi, et al. Technical measures of coring bit for the third and fourth intervals of Well Songke-2 and the application effects [C]// Mineral Engineering Committee, Geological Society of China. Special for the Nineteenth National Exploration Engineering (Drilling and Tunneling) Academic Conferences. Beijing: Geological Publishing House, 2017:213-216.
- [13] 王稳石,张恒春,闫家.科学超深井硬岩取心关键技术[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2014,41(1):9-12.
WANG Wenshi, ZHANG Hengchun, YAN Jia. Key technology of coring in hard rocks for scientific ultra-deep drilling [J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2014,41(1):9-12.
- [14] 杨甘生,王达.科钻一井取心钻进技术研究[J].石油钻探技术,2006,34(3):8-11.
YANG Gansheng, WANG Da. Research on coring technology in well CCSD-1 [J]. Petroleum Drilling Techniques, 2006,34(3):8-11.
- [15] 张晓西,杨甘生,朱永宜,等.大口径硬岩钻探技术在中国大陆科学钻探工程中的应用[J].探矿工程,2003,(1):23-27.
ZHANG Xiaoxi, YANG Gansheng, ZHU Yongyi. The application of large diameter hard rock drilling technology in China continental scientific drilling engineering [J]. Exploration Engineering, 2003,(1):23-27.