

# 气测录井在黑富地 1 井钻探中的应用

伍晓龙<sup>1</sup>, 高帅军<sup>2</sup>, 易亚东<sup>3</sup>, 朱芝同<sup>1</sup>, 董向宇<sup>1</sup>, 李文秀<sup>1</sup>

(1. 中国地质科学院勘探技术研究所, 河北 廊坊 065000; 2. 中地装张家口探矿机械有限公司, 河北 张家口 075000;  
3. 黑龙江省第五地质勘查院, 黑龙江 哈尔滨 150090)

**摘要:**黑富地 1 井作为一口小口径油气地质调查井, 文章以该井施工为背景, 简要介绍气测录井施工的原理和操作步骤, 对气测录井施工过程中遇到的问题和解决办法进行阐述, 指出本井气测异常的评价原则和按照该原则对黑富地 1 井钻遇气层的判定情况, 并参照气测录井结果和施工过程中的经验, 分析在施工过程中影响气测录井数据准确性和录井曲线连续性的主要因素, 探索小口径油气地质调查井气测录井操作规范, 说明由于小口径钻井特点对油气储量评价带来的影响。

**关键词:**气测录井; 黑富地 1 井; 油气井; 钻探

**中图分类号:** P634; P413 **文献标识码:** A **文章编号:** 1672-7428(2019)03-0025-06

## Application of gas logging in Well Heifudi - 1

WU Xiaolong<sup>1</sup>, GAO Shuaijun<sup>2</sup>, YI Yadong<sup>3</sup>, ZHU Zhitong<sup>1</sup>,  
DONG Xiangyu<sup>1</sup>, LI Wenxiu<sup>1</sup>

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

2. Zhongdizhuang Zhangjiakou Exploration Machinery Co., Ltd., Zhangjiakou Hebei 075000, China;

3. The Fifth Geological Exploration Institute of Bureau of Geology and Mineral Resources of Heilongjiang Province, Harbin Heilongjiang 150090, China)

**Abstract:** Well Heifudi - 1 is a small diameter geological survey well for oil and gas, and in the context of drilling of the well, the basic principle and operation steps of the gas logging is introduced in this paper. The problems encountered and relevant solutions in gas logging are described. The evaluation principle for abnormality detected by gas logging in the well is explained and used for evaluation of gas formation encountered in the well. With reference to the results and experiences of gas logging, this paper analyzes the influence of major factors on gas logging data accuracy and logging curve continuity, explores the operating procedure of gas logging in small diameter geological survey wells for oil and gas, and describes the effect of small diameter drilling characteristics on the evaluation of oil and gas reserves.

**Key words:** gas logging; Well Heifudi - 1; oil and gas well; drilling

近年来,为加强油气资源勘探开发,实现地质大调查目标,中国地质科学院勘探技术研究所和沈阳地质调查中心合作在东北地区松辽盆地外围突泉盆地、金羊盆地针对新层系研究已经实施了深孔油气调查勘探井,开展了对该区域油气地质的垂向探查<sup>[1]</sup>。为准确分析地层中岩石资料及储藏油气含量,要求在钻井过程中进行全孔取心、井口安装井控装置,同时对全孔进行测井、气测录井作业。气测录

井技术在石油行业油气井勘探中已经普遍应用在小口径岩心钻探施工中应用较少,传感器的安装、配置也无参考,只能在施工中进行摸索思考,探索气测录井在小口径油气地质调查井钻探中的应用。

## 1 项目概况

松辽外围西部盆地油气基础地质调查项目围绕松辽盆地外围滨北地区,在前期取得的地质认识基

收稿日期:2018-12-05; 修回日期:2019-02-15 DOI:10.12143/j.tkgc.2019.03.005

基金项目:中国地质调查局地质调查项目“松辽外围西部盆地油气基础地质调查(中国地质科学院勘探技术研究所)”(编号:DD20179061)

作者简介:伍晓龙,男,汉族,1987年生,工程师,机械设计制造及其自动化专业,主要从事钻探设备设计制造及国家地质勘探科研项目研发工作,河北省廊坊市金光道77号,wxl1987516@163.com。

引用格式:伍晓龙,高帅军,易亚东,等.气测录井在黑富地 1 井钻探中的应用[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2019,46(3):25-30.

WU Xiaolong, GAO Shuaijun, YI Yadong, et al. Application of gas logging in Well Heifudi - 1[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2019,46(3):25-30.

基础上,在松辽盆地外围滨北地区,针对石炭—二叠系新层系开展地质调查井钻探,获取岩心实物,为查明油气地质条件,评价油气资源前景提供基础资料。完成钻井工程设计,实施一口 2000 m 机械岩心钻探油气地质调查井,包括全井取心钻探,地球物理测井,气测、荧光录井,井控配套。为盆地油气资源地质调查、验证油气层含油特性及生储状况提供试验数据信息。

## 2 设备选型

### 2.1 录井设备简介

通过多方考察,结合项目经费情况,选用任丘科新石油设备厂生产的 ZSY2008 型气测录井系统,该录井仪带色谱快速分析系统,录井仪配备了氢焰色谱仪、热导色谱分析仪和硫化氢探头,井深、液位、电导率、钻井液密度等其它钻井工程参数传感器。

### 2.2 气测录井原理

气测录井过程中通过安装在井口的脱气器将孔内返出的钻井液内气体脱出后用气管送至气路分配箱,同时将氢气发生器和空压机产生的氧气也输送至该箱,通过气路分配系统送至色谱箱进行色谱分析,色谱分析数据通过色谱控制箱上的 USB 接口传至计算机系统,现场数据通过 CAN 总线传送到计算机的 RS-232 串口或者 RS-485 并口,把现场数据传输到计算机。通过计算机内路基软件进行分析,将分析结果通过图表和数据格式输出,保存至录井房电脑上<sup>[2]</sup>,原理如图 1 所示。

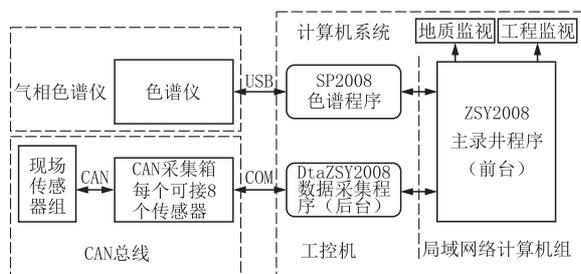


图 1 气测录井原理图

Fig.1 Gas logging schematic diagram

## 3 传感器安装

本气测录井设备除配备色谱分析系统外还配备了井深、液位、电导率、钻井液密度、 $H_2S$  等录井用传感器。不同钻井设备传感器的安装并不相同,本井为小口径油气地质调查井,选用张家口生产的

XY-8 型立轴岩心钻机,之前岩心钻探并未要求录井操作,设备上无传感器安装位置,这对录井传感器安装带来一定困难。为保证录井质量,将现有传感器全部安装上。

一般情况下传感器主要安装井场靠近钻机且通过仪器观察窗能够直接看到井场工作情况的地方,本井传感器安装在井口、设备(钻机和泥浆泵)、泥浆池等处<sup>[3-4]</sup>。

### 3.1 井口处传感器安装

井口安装有电动脱气器、液位传感器、出口温度 3 种传感器,井口传感器原则应安装在距离井口最近的位置,太近会在钻进或者打捞岩粉过程中由于井内喷出的钻井液或者打捞工人不注意而损坏传感器,一般安装位置在距离井口 3~5 m 处。

### 3.2 泥浆池处传感器安装

泥浆池内传感器包括钻井液密度、电导率、液位 3 种传感器。小口径岩心钻探泥浆池主要有 2 个,1 个沉淀池,1 个泥浆池,我们将传感器主要安装在沉淀池内,液位传感器安装在距泥浆池液面 0.5~2 m 处,电导率和钻井液密度传感器直接放入泥浆池内,放入太深会因岩粉沉淀堵住传感器,太浅测量结果不准,一般放入距离泥浆池底 0.5~0.8 m 处。

### 3.3 设备处传感器安装

设备处传感器主要有泵冲和井深传感器,泵冲传感器安装在泥浆泵主轴边上,计算泥浆泵流量;井深传感器安装在一个小的绞车上,该绞车有一大一小 2 个滚筒,将 2 根粗 6 mm 的钢丝绳分别固定在 2 个滚筒上,大滚筒上钢丝绳的另一端固定在主动钻杆上部的水龙头上,小滚筒另一端的钢丝绳挂上配重(配重质量要适当),通过滑轮挂在桅杆上部,确保滚筒能够正反转灵活,从而准确记录井深数据。

### 3.4 传感器标定

ZSY2008 气测录井系统全烃最小检知浓度达到 100 ppm、烃组分最小检知浓度达到 30 ppm、二氧化碳最小检知浓度达到 2000 ppm,硫化氢检知浓度范围 0~100 ppm,重复性误差 $\pm 10\%$ 。为减少因传感器标定产生的误差,气测录井传感器的标定主要分两部分,一部分传感器在出厂前已标定完成,现场只需安装即可,一部分传感器在现场进行标定。出厂前标定完成的传感器有钻井液密度、电导率、出口温度、 $H_2S$  等 4 种。2017 年 9 月 16 日对现场液位、井深、泵冲传感器和录井色谱仪自身进行现场标

定。液位传感器标定时按照其安装标准,在 0.5~2 m 之间取不同的位置,记录 3~4 组测量值,保存至仪器内(现场记录 3 组测量值);井深和泵冲传感器标定时先将绞车和泥浆泵主要参数输入仪器内部保存,通过实际测量值和理论计算值对比,调整部分参数,做到测量值和理论计算值基本一致;录井仪自身色谱分析系统标定时配备组分气体浓度值分别为 10%、1%、1‰、1‰ 4 种混合气体,按照由大到小的顺序进行测量记录,完成后保存全部数据,退出软件标定界面,标定完成后综合运行仪器,对测量数据整理分析,确保准确后开始录井作业,在后续录井施工过程中,录井队人员要加强仪器保养、维护,定期录井色谱仪进行标定和校验,确保录井数据准确无误,为后续数据分析做好保障。

#### 4 录井操作

仪器安装调试、标定完成后开始气测录井,正式录井前将仪器按正确顺序开机后空载运行 48 h 左右,可保证录井数据的准确性;录井过程中每周对仪器色谱进行现场和室内注样标定,及时检查仪器测

量数据的准确性。录井人员在录井操作过程中时刻对录井界面进行关注,注意气测含量、泥浆池进出口液面等参数的变化,有变化及时告知钻台司钻人员,确保施工安全。

该井气测录井施工过程中,录井队人员每天井口注样进行录井系统气密性检验,全井共进行录井系统气密性检验 130 次。各班组根据钻进情况,260~1600 m 每钻进 200 m 实测迟到时间一次;1600~2089 m 每钻进 100 m 实测迟到时间一次。油气显示层段加密测量,保证了录井资料的准确性和可靠性。见油气显示后,每次取心后进行后效测量,每天进行一次传感器的校验,防止由于其他原因对气体进行误判,发现气测异常显示及时与井队沟通,停钻循环,有效预防井喷等钻井事故的发生。

#### 5 气测录井结果分析

##### 5.1 录井工作量统计

黑富地 1 井设计井深 2000 m,完钻井深 2089.4 m,终孔口径 77 mm,录井施工累计开机 5 个月,录井具体工作量见表 1。

表 1 黑富地 1 井气测录井工作量完成情况  
Table 1 Gas logging work amount completed for Well Heifudi - 1

项 目	井段/m	设计工作量	实际完成工作量	评 价	
气 测 录 井	气测工作量	269.4~2089.4	1800 m	1889.4 m	按规范进行
	迟到时间	269.4~2089.4	1 次/100 m(1900 m 后 1 次/50 m)	实测 5 次	按设计要求进行
	进样及校验	269.4~2089.4	每次停钻	20 次	按规范要求进行
	烃类气体	689.4~2089.4	连续分析	连续分析	全烃和烃组分连续测量、数据可靠
	CO <sub>2</sub>	269.4~2089.4	连续监测	连续监测	连续测量、数据可靠
	H <sub>2</sub> S	269.4~2089.4	连续监测	连续监测	连续监测、数据准确
	后效测量	269.4~2089.4	气异常后,下钻均测后效	实测后效 26 次	按规范要求进行

##### 5.2 气测异常解释原则

黑富地 1 井为小口径油气地质调查井,最小钻进口径 77 mm,与石油钻井(一般  $\phi 152\sim 216$  mm 终孔)相差甚大,因而气测基值较低,气测基值范围会随着孔内气量的不同产生变化,本井气测浓度基值主要维持在 0.014%~0.5%,0.003%~0.006%,0.1%~0.8% 范围内,结合小口径油气地质调查井钻孔气测异常显示情况以及全烃、组分气测值的变化范围和持续时间长短,本井以基值浓度的 3~5 倍以上确定为气测异常显示<sup>[5-6]</sup>。

##### 5.3 气测异常显示分析

本井从 260 m 开始至井底连续观测,观察岩心是否有气体溢出。室内分析烃组分测定项目:CH<sub>4</sub>、

C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>、C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>、*i*C<sub>4</sub>H<sub>10</sub>、*n*C<sub>4</sub>H<sub>10</sub>、*i*C<sub>5</sub>H<sub>12</sub>、*n*C<sub>5</sub>H<sub>12</sub>。非烃类测定项目:CO<sub>2</sub>、H<sub>2</sub>S。通过气测录井发现异常显示,气测异常显示段在 624.00~786.00 m,持续厚度 162 m,1979~2050 m,持续厚度 71 m,两段累计持续厚度 233 m。详细气测异常显示段井深、含量记录见表 2,随钻气测录井部分油气显示如图 2 所示。

从表 2、图 2 及钻遇地层分析知上层气体主要在上白垩嫩江组,岩性为黑色泥岩、灰黑色泥岩,全烃基值 0.436%,峰值 5.04%,峰基比 11.5,其中 C<sub>1</sub> 为组分中主要含量。下部气体主要出现在钻遇二叠系,岩性较致密坚硬的黑色绢云母板岩中,在 2004 m 之后有明显的气测异常,气测基值在 0.3%~0.4%,

表2 气测异常显示记录  
Table 2 Gas abnormal indication record

序号	井段/m	气测范围/ %	全烃基值/ %	组分含量/%							厚度/ m
				CH <sub>4</sub>	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	iC <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	nC <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	iC <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	nC <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	
1	626.4~630.70	0~0.17	0.0258	0.0346	0	0.0167	0.0251	0.0236	0.0542	0.0927	4.3
2	650.8~04.80	0.022~0.315	0.224~0.1	0.0438	0.0365	0	0.0206	0.0384	0	0	54
3	705.8~719.80	0.5	0.4	0.5031	0.0148	0.0037	0.0025	0.002	0.003	0.005	14
4	720~729	0.9~3.8	0.5~1.43	0.6014	0.659	0.0025	0.0022	0	0	0.0012	9
5	730~736	0.1~0.9	0.0843~0.71	0.5998	0	0	0.0036	0.0011	0	0	6
6	737~746	0.8~5.31	0.2~1.43	0.8435	0.0426	0.0214	0	0	0	0	9
7	750~762	0.4~0.9	0.4~0.6	0.5882	0.002	0	0	0	0	0.0011	12
8	763~767	0.9~2.03	0.4~1.1	0.4621	0.0264	0	0.0153	0	0	0	4
9	768~786	0.4~0.7	0.3~0.6	0.3204	0	0	0	0.001	0	0.0023	8
10	786~797	0.6~2.11	0.016~1.23	0.7621	0.0622	0.0078	0.0003	0	0	0.0011	11
11	1843~1845	0.3~0.7	0.1~0.5	0.3362	0	0	0.0011	0	0	0	2
12	1901~1907	0.1~1.1	0.0762~0.53	0.5324	0.002	0	0.0036	0.0135	0.006	0.009	6
13	1941~1946	0.1	0.073	0.1134	0.012	0.0722	0.003	0.0062	0.001	0	5
14	1950~1952	0.1~0.2	0.0826	0.0644	0.006	0.005	0.002	0.002	0.004	0.001	2
15	1956~2002	0.1~0.3	0.1136	0.1243	0.0835	0	0.0074	0	0.0041	0	46
16	2003~2033	0.1~3.6	0.0631~0.4602	0.2643	0	0.0063	0	0.0048	0.0021	0.002	30
17	2034~2089.4	0.2~4.4	0.21~1.3	0.8364	0.8821	0	0	0	0	0	55.4

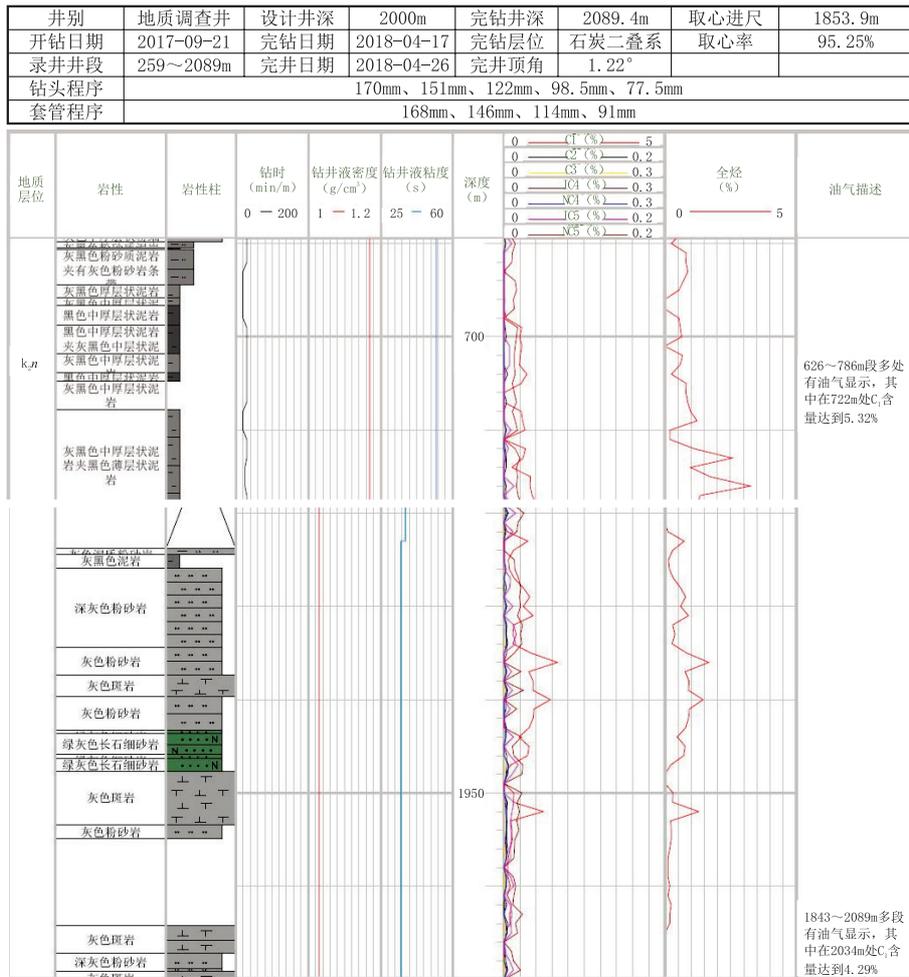


图2 黑富地1井随气测录井图  
Fig.2 Gas logging records of Well Heifudi - 1

有逐渐增大的趋势,钻进中气测异常高值可达 1.6%~1.8%,后效值达 4%左右,每次取心后开始钻进前气测异常值都会有从小到后随着时间增长数值趋于稳定值 0.1%~0.8%。

为确切分析气测组分含量,用气体取样袋已采集气样(17 袋,每袋 1 L)开展测试分析,进行气体的组分、含量、同位素组成特征、成气母质的有机质类型和演化程度及气体的伴生物特征等分析。

#### 5.4 气测录井影响因素分析

通过黑富地 1 井气测录井操作,发现影响气测录井准确性因素主要有以下几个方面<sup>[7-14]</sup>。

##### 5.4.1 脱气器安装位置的影响

钻井液脱气要求将脱气器安放在距井口 3~5 m,且流动平缓,泥浆槽坡度 $<3^{\circ}$ 。如果上述条件不满足,如泥浆槽坡度过大,造成钻井液通过脱气器时流速很快,脱气器还未来得及脱出气体,钻井液已快速流走,很难检测到油气层。

##### 5.4.2 钻井工程参数的影响

钻时(或转速):钻时高,单位时间内破碎的岩石体积小,相应产生的破碎气亦少,全烃值则低,反之则高。

钻头直径:钻头直径大,破碎面则大,单位时间内破碎的岩石体积多,相应产生的破碎气亦多,全烃值则高,反之则低。

钻井液排量:排量大,钻井液在井底滞留时间短,单位体积的钻井液所溶入的气样量少,全烃值则低,反之则高。

##### 5.4.3 钻井液性能的影响

钻井过程中,只有当井内钻井液柱压力与地层压力处于一种近似平衡时才是最理想的状态,因而钻井液对正常钻井是重要的,同样它的性能也同样影响气测录井资料的显示。钻进液柱产生的液柱压力高于地层压力时,施加给地层的压力较大,地层油气侵入钻井液的量很小,因而录井的各项资料显示绝对含量较低,相反,钻井液柱产生的压力略低于地层的压力时,地层中大量的油气不断渗入钻井液,使气测录井显示相对较高。钻井液粘度越高,脱气越困难,气测值显示越低。

##### 5.4.4 钻进不连续性的影响

油气地质调查井一般采用绳索取心施工,施工过程中需要停钻、取心,这就导致钻进无法连续,取心时间过长,钻进开始时发现气体含量较高,对录井

数据的连续性和准确性带来困难。

##### 5.4.5 传感器自身精度的影响

油气地质调查井和石油钻井相比工程费用差距很大,在设备的选用上就会大打折扣,传感器精度质量便会降低,加之该类钻井为满眼钻进,钻井口径小,环状间隙小,气体溢出含量低,为录井仪器分析和数据记录的准确性带来困难,影响后续对孔内油气含量的分析。

#### 5.5 气测录井质量评价

由于无适合小口径油气地质调查井气测录井技术规范,我们在黑富地 1 井气测录井操作时参考的石油行业技术标准《油气探井完井地质录井规范》(SY/T 6195-2008)、《油气探井气测录井规范》(SY/T 5788.2-2008)、《油气探井油气水层录井综合解释规范》(SY/T 5969-2005)和《黑富地 1 井钻井地质设计》等技术规范和相关标准,施工中发现石油行业上述录井规范和本井施工相差甚大,执行起来很困难,部分要求根本无法满足。按照部分规范内容和本井施工工艺做对比,咨询相关技术人员,确保安全的前提下,探索和总结气测录井注意事项及安全操作步骤,最终圆满地完成了气测录井工作,为项目的顺利完成提供了确切的气测资料。

全井全烃曲线连续,烃组分、非烃组分分析及时准确,无漏测、误测现象;录井前进行仪器刻度和迟到时间测定,录井过程中坚持进行仪器稳定性检查、迟到时间测定、管线气密性检查、电脱脱气效率检查,确保气测录井原始数据的准确性;后效测量按要求进行。气测原始记录图、气测原始记录表和气测钻时记录表,图表打印清楚,无丢失或重复整米现象;充分分析钻井液、钻井工艺和目的层的物理特征,气测异常层段录井解释准确<sup>[15]</sup>。黑富地 1 井气测录井资料符合相关技术规范和地质设计要求,达到了地质目的。

## 6 结论

(1)黑富地 1 井通过气测录井分析油气显示层段共 17 层,总累计厚度 233 m,钻进过程中全烃峰值达 5.04%,对数值的分析只能初步判定该地区内油气含量,为后续井位布置和施工提供了参考。

(2)黑富地 1 井为小口径地质调查井,钻孔口径较小,主要以岩心钻探为主,导致破碎面积小,地层内溢出气体含量较低,加上小口径钻探基本为满眼

钻进,环状间隙小,气体溢出难度大,最后导致井口检测到的气体含量较小,气测值较小。受到孔径影响,部分专用仪器无法入井测量,从而对气测评价影响较大,但可通过较小的钻探成本投资,大致分析该地域油气储量情况,为后续进行大口径石油钻井提供一定依据。

(3)通过该井施工,分析发现小口径油气钻井和大口径石油钻井在后效测量方式上的不同是小口径油气钻井需在取心后和下钻完成后测量后效,而大口径油气钻井只需下钻完成后测量后效,取心完成后钻进前测量的后效值均大于下钻完成后测量的后效值。

(4)气测录井和小口径油气井钻探配合应用实例较少,按照选用的钻机类型,考虑井深、扭矩等传感器的布置,投入经费,提高录井设备质量、传感器精度等,编制适合油气地质调查录井规范,确保录井施工的安全性、录井数据的准确性和完整性。

#### 参考文献(References):

- [1] 张大权,张家强,王玉芳,等.中国非常规油气勘探开发进展与前景[J].资源科学,2015,37(5):1068-1071.  
ZHANG Daquan, ZHANG Jiaqiang, WANG Yufang, et al. China's unconventional oil and gas exploration and development: progress and prospects[J]. Resources Science, 2015,37(5):1068-1071.
- [2] 吴龙斌.对气测录井技术的几点认识[J].录井技术,2000,11(2):19-25.  
WU Longbin. A bit of cognition upon gaslogging technology [J]. Mud Logging Technology, 2000,11(2):19-25.
- [3] 王志刚,薛倩冰,吴纪修,等.气测录井在南方页岩气黔绥地1井中的应用[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2018,45(7):1-5.  
WANG Zhigang, XUE Qianbing, WU Jixiu, et al. Application of gas logging in shale gas Well Qiansuidi-1 in South China [J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2018,45(7):1-5.
- [4] 赵联忠,谭效林,刘景辉.综合气测录井仪在煤层气钻井中的应用[J].山东煤炭科技,2010,(6):17-18.  
ZHAO Lianzhong, TAN Xiaolin, LIU Jinghui. Application of comprehensive gas measure meter in seam gas boring shaft[J]. Shandong Coal Science and Technology, 2010,(6):17-18.
- [5] 李祖遥,胡文亮,夏瑜,等.利用气测录井资料识别油气层类型方法研究[J].海洋石油,2015,35(1):78-85.  
LI Zuyao, HU Wenliang, XIA Yu, et al. Studies about the method for identification of the oil and gas layer types with gas logging data[J]. Offshore Oil, 2015,35(1):78-85.
- [6] 朱立丰.影响气测录井准确度的因素分析[J].石化技术,2017,24(12):128.  
ZHU Lifeng. Analysis of factors affecting the accuracy of gas logging [J]. Petrochemical Industry Technology, 2017,24(12):128.
- [7] 贾翠竹.录井技术在煤系地层评价中的应用[J].录井工程,2006,17(4):60-62,80.  
JIA Cuizhu. Application of mud logging techniques in coal measure strata evaluation [J]. Mud Logging Engineering, 2006,17(4):60-62,80.
- [8] 曹凤俊.气测录井资料的影响分析及校正方法[J].录井工程,2008,19(1):22-24.  
CAO Fengjun. Gas logging data influence analysis and correction method[J]. Mud Logging Engineering, 2008,19(1):22-24.
- [9] 刘文忠,吕文起,张宏艳,等.气测录井在辽河油区特种油气藏中的应用[J].特种油气藏,2003,10(4):14-16.  
LIU Wenzhong, LV Wenqi, ZHANG Hongyan, et al. Application of gas logging in Liaohe special oil and gas reservoir[J]. Special Oil & Gas Reservoirs, 2003,10(4):14-16.
- [10] 芦城,杨亚娟.气测录井影响因素分析[J].青海石油,2010,28(1):99-103.  
LU Cheng, YANG Yajuan. The analysis of gas Logging influence factor[J]. Qinghai Petroleum, 2010,28(1):99-103.
- [11] 尚锁贵.气测录井影响因素分析及甲烷校正值的应用[J].录井工程,2009,20(4):42-45.  
SHANG Suogui. The analysis of gas Logging influence factor and the application of methane corrected value[J]. Mud Logging Engineering, 2009,20(4):42-45.
- [12] 何朕.影响气测录井的因素分析[J].石化技术,2015,22(9):186.  
HE Zhen. Analysis on influential factors of gas logging[J]. Petrochemical Industry Technology, 2015,22(9):186.
- [13] 方锡贤.煤层气勘探中的录井技术[J].天然气工业,2004,24(5):36-38.  
FANG Xixian. Logging techniques in coalbed methane exploration[J]. Natural Gas Industry, 2004,24(5):36-38.
- [14] 李伟,周先文.综合录井技术在川西地区钻探中的应用[J].天然气工业,2006,26(5):67-69.  
LI Wei, ZHOU Xianwen. Application of compound logging technology in explorations in West Sichuan Basin[J]. Natural Gas Industry, 2006,26(5):67-69.
- [15] 田伟志.气测录井检测评价油气储层技术的相关分析[J].当代化工研究,2018,(11):106-107.  
TIAN Weizhi. Correlation analysis of oil and gas reservoir detection and evaluation technology in gas logging[J]. Modern Chemical Research, 2018,(11):106-107.

(编辑 韩丽丽)