

页岩气地质调查皖含地 1 井施工工艺

赵 亮, 汪程林

(安徽省地质矿产勘查局 326 地质队, 安徽 安庆 246003)

摘要:皖含地 1 井是在和含巢逆冲推覆构造带中段巢湖背向斜构造带部署实施的一口地质调查井。目的在于获取巢湖—含山—无为地区奥陶系—志留系富有机质页岩的各类地质参数,为本区五峰组—高家边组页岩气资源潜力评价及有利区优选提供地质依据。本文主要阐述了皖含地 1 井的井区概况、钻探施工技术与施工工艺。施工中结合实际情况进行钻井质量控制,在钻进过程中合理调整钻进参数,有效控制钻井顶角,符合地质设计的目的。并对皖含地 1 井进行台效分析,为后期的钻探积累了经验。

关键词:页岩气勘探;钻探;井身结构;钻井质量控制;钻进效率

中图分类号:P634;TE243 **文献标识码:**B **文章编号:**1672-7428(2019)04-0042-06

Drilling of Well Wanhandi - 1 for shale gas geological survey

ZHAO Liang, WANG Chenglin

(Geological Team 326, Anhui Bureau of Geology and Mineral Exploration, Anqing Anhui 246003, China)

Abstract: Well Wanhandi - 1 was a geological survey well deployed and implemented in the Chaohu anticline tectonic belt in the middle section of the inrush nappe zone. The purpose was to obtain various geological parameters of Ordovician-Silurian shale in the Chaohu—Hanshan—Wuwei region, providing geological basis for the evaluation of shale gas resource potential and the optimization of favorable blocks in this region. This paper mainly expounds the general situation of the well site area, drilling techniques and process for Well Wanhandi - 1, drilling quality control, proper adaptation of the drilling parameters during drilling, and effectively control of the borehole inclination, which conforms to the purpose of geological design. Analysis of the rig efficiency is made so as to provide experience for upcoming drilling.

Key words: shale gas exploration; drilling; well structure; drilling quality control; drilling efficiency

0 引言

页岩气是赋存于富有机质泥页岩及其夹层中,以吸附和游离状态为主要存在方式的非常规天然气,成分以甲烷为主,与“煤层气”、“致密气”同属一类。页岩气的形成和富集有着自身独特的特点,往往分布在盆地内厚度较大、分布广的页岩烃源岩地层中。随着油气资源的不断枯竭和消耗,页岩气的开发与利用是以后的发展方向,为了加快页岩气的开发利用,国家制定了相关的优惠政策,同时加大科技攻关力度,突破页岩气勘探核心技术,促进我国页岩气勘探开发的步伐^[1]。皖含地 1 井是安徽省地质矿产勘查局 326 地质队在和含巢逆冲推覆构造带中段巢湖背向斜构造带部署实施的一口地质调查井。

目的是获取巢湖—含山—无为地区奥陶系—志留系富有机质页岩的各类地质参数,为本区五峰组—高家边组页岩气资源潜力评价及有利区优选提供地质依据。

1 井区概况

1.1 井区的基本情况

皖含地 1 井位于安徽省马鞍山市含山县东乡井南庄(东山水库附近),井区公路交通方便,井区内乡道、村道遍布,井位位于村庄附近空地上,周围地形平坦,交通便利,水源充足,钻井工程实施条件良好。

1.2 井区地层概况

收稿日期:2018-11-02; 修回日期:2019-03-20 DOI:10.12143/j.tkge.2019.04.008

作者简介:赵亮,男,汉族,1969 年生,工程师,探矿工程专业,从事探矿技术及管理工作,安徽省安庆市菱湖南路 21 号,18905563213@189.cn。

引用格式:赵亮,汪程林.页岩气地质调查皖含地 1 井施工工艺[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2019,46(4):42-47.

ZHAO Liang, WANG Chenglin. Drilling of Well Wanhandi - 1 for shale gas geological survey[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2019,46(4):42-47.

工区地层区划属扬子地层区下扬子地层分区和县地层小区。区内第四系地层发育,占总面积的 40%以上,主要分布于长江两岸冲积平原上,构成长江河漫滩及阶地等。基岩出露分布于东部和西北部,主要为震旦系、寒武系、奥陶系、志留系、泥盆系、

石炭系、二叠系、三叠系、侏罗系、白垩系、古近系及新近系地层,其中各地层均较为发育。

本次井位优选所涉及的目的层位主要包括上奥陶统五峰组和下志留统高家边组。皖含地 1 井地层分层见表 1。

表 1 皖含地 1 井地层分层
Table 1 Stratification of Well Wanhandi - 1

层 位	井深/m	层厚/m	岩 性 简 述
第四系	11.88	11.88	第四系浮土
坟头组	182.77	170.89	主要为灰绿色泥岩、粉砂岩、粉砂质泥岩及泥岩
高家边组上段	325.37	142.60	主要为灰色泥质粉泥岩、泥质粉砂岩、泥岩
高家边组中段	1266.05	940.68	主要为深灰色泥岩与灰色粉砂岩互层
五峰组—高家边组下段	1309.95	43.90	主要为黑色泥页岩、黑色含碳硅质泥页岩
汤头组—宝塔组	1344.45	34.50	主要为深灰色泥灰岩、瘤状灰岩
庙坡组	1412.28	67.83	主要为灰色泥质灰岩、泥灰岩夹黑色泥岩

表 2 皖含地 1 井设备配置

Table 2 Equipment configuration for Well Wanhandi - 1

设备名称	规格型号	数量	备注
岩心钻机	HXY-6B	1 台套	完好
泥浆泵	NBB250/6A	1 台套	完好
钻塔	SG-23	1 台套	完好
绞车	SJ-3	1 台	完好
遥控数字测斜仪	KXP-3D	1 台套	完好
泥浆测试仪(4 件套)	粘度仪、密度仪、滤失量仪、含砂量测试仪	1 台套	完好

2 钻井的质量指标和技术要求

(1) 钻井类型:直井;

(2) 钻井设计深度:1500 m;

(3) 井斜、水平位移:井斜 $\nabla 3^\circ$,保证测井井身的顺利畅通,井底位移 $\nabla 30$ m;

(4) 井径扩大率:非地层破碎、垮塌井段,全井井径扩大率 $\leq 15\%$;对可能垮塌井段,井径扩大率 $\nabla 20\%$;

(5) 终孔口径: $\nabla 95$ mm;

(6) 岩心采取率:全井段取心,岩心直径 $\nabla 60$ mm;采取率 $\nabla 90\%$ ^[2-4]。

3 钻井施工技术

3.1 钻探设备

钻探设备根据钻井目的、施工的环境条件、钻探方法、钻井井深和终孔直径等综合因素确定。主要设备见表 2^[5]。

3.2 钻具组合

为提高机械钻速、减轻钻具的磨损,根据地层情况合理使用不同种类钻具及金刚石钻头,钻具使用合理,大大减轻了钻具的磨损,避免了长周期内的钻具事故,同时确保井斜度。

本次一开 $\varnothing 150$ mm、二开 $\varnothing 130$ mm 钻具采用单套金刚石取心钻具,配以 $\varnothing 60$ mm 钻杆。三开 $\varnothing 114$ mm、四开 $\varnothing 95$ mm 钻具均采用绳索取心钻具,配以相应级配的绳索钻杆。钻具组合见表 3。

表 3 钻具组合

Table 3 Drilling tool combination

开次	井深/m	钻 具 组 合	备注
一开	0.00~25.24	$\varnothing 150$ mm 金刚石取心钻具+ $\varnothing 146$ mm 单套取心管+ $\varnothing 60$ mm 外丝钻杆	单套取心
二开	25.24~25.71	$\varnothing 130$ mm 金刚石取心钻具+ $\varnothing 127$ mm 单套取心管+ $\varnothing 60$ mm 外丝钻杆	单套取心
三开	25.71~61.57	$\varnothing 114$ mm 绳索取心金刚石钻具+ $\varnothing 114.5$ mm 扩孔器+ $\varnothing 112$ mm 绳索取心钻具+ $\varnothing 108$ mm 绳索取心钻杆	绳索取心
四开	61.57~1412.28	$\varnothing 95$ mm 绳索取心金刚石钻具+ $\varnothing 95.5$ mm 扩孔器+ $\varnothing 93$ mm 绳索取心钻具总成+ $\varnothing 89$ mm 绳索取心钻杆	绳索取心

施工中均选用金刚石钻头, $\varnothing 150$ 、 $\varnothing 130$ mm 选用电镀金刚石钻头,胎体硬度 HRC25~30,金刚石目数 60~80,平底形; $\varnothing 114$ 、 $\varnothing 95$ mm 选用热压金刚石

钻头,胎体硬度 HRC20~25,金刚石目数 60~100,水口 10~14 个,平底形和锯齿形。

皖含地 1 井钻达井深 1412.28 m,共使用钻头

12只,其中一开使用1只,二开使用1只,三开使用1只,四开使用9只。依照各井深实钻情况及时调整钻头型号,取得了较好的机械效率。

3.3 井身结构

皖含地1井根据地层特征,结合我队的钻具级配,采用三级套管四级井径的井身结构,井身结构如图1所示。

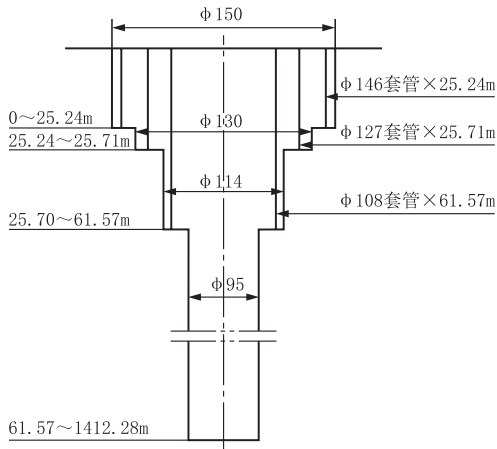


图1 皖含地1井井身结构示意图

Fig.1 Structure of Well Wanhandi-1

一开采用 $\Phi 150$ mm单套取心钻具,由小钻压大排量钻进。钻进依据地层特点,钻压由小到大,先轻压吊打,保证井眼开直;防止刺垮上部松软地层。

二开采用 $\Phi 130$ mm单套取心钻具,钻头从井深25.24 m钻至25.71 m。

三开采用 $\Phi 114$ mm绳索取心钻具,钻头从井深25.71 m钻至61.57 m。

四开采用 $\Phi 95$ mm绳索取心钻具,钻头从井深61.57 m钻至终孔,井深1412.28 m。

3.4 钻进参数(见表4)

表4 皖含地1井钻进参数^[6-9]

Table 4 Drilling parameters of Well Wanhandi-1

钻头直径/mm	井深/m	钻压/kN	转数/(r·min ⁻¹)	排量/(L·min ⁻¹)	泵压/MPa
150	25.24	2~4	175~225	60	0.2
130	25.71	6~8	225~260	60	0.4
114	61.57	8~12	360~490	60~106	0.8
95	1234.00	8~12	490~730	60~106	4~5
95	1412.28	8~12	490~730	60~106	6~7.5

3.5 钻井液

根据页岩气勘探技术规范要求,钻井液不能加入含油、含荧光等化学处理剂和添加剂,我们依据本次钻井岩性,使用的钻井液主要以无固相聚丙稀酰

胺为主,此钻井液具有较好的携带和悬浮岩屑的能力,且能在井壁上形成薄的吸附膜,具有一定的护壁能力和抑制水敏膨胀作用,并且有较好的润滑和减阻作用,配置简单,同时在钻进30~50 m要替换2~3 m³新鲜钻井液,确保井内的钻井液质量,改善流变性、降低滤失量、减少含砂量等。此井在钻进至1234 m处,地层为黑色泥页岩,岩石固结性差,易水敏、剥落、井内出现垮塌,绳索钻具无法到底,在征得测井人员同意后我们改用低固相优质钠土钻井液钻进,增加钻井液密度及粘度,提高排放能力及护壁效果,从而达到钻进目的。本次钻井液配比如下。

无固相钻井液:1 m³清水+0.5%~2% PHP(水解度为30%)+0.05%~0.1%纯碱。

性能指标:密度1.005~1.01 g/cm³,粘度16~20 s,滤失量15~25 mL/30 min,泥饼厚度0.1~0.5 mm,含砂量<0.5%,pH值7.5~9.5。

低固相钻井液:1 m³清水+2.5%~5%钠膨润土(200目)+0.2%~0.4%纯碱+0.1%~0.5% PHP(水解度为30%)+0.5%~1%广谱护壁剂。

性能参数:密度1.03~1.06 g/cm³,粘度20~25 s,滤失量10~15 mL/30 min,泥饼厚度1~1.5 mm,含砂量<3%,pH值8.0~9.5。

4 钻井质量控制

4.1 取心技术措施

4.1.1 下钻

下钻操作要平稳,不猛刹、猛放,严防蹩钻,裸眼井段要控制下钻速度,严防遇阻硬压卡钻,遇阻应及时合车开泵冲洗、上下活动钻具,仍下不去时可划眼,划眼钻压控制在2~5 kN,转速175 r/min,划眼畅通后再下钻。下钻过程中操作平稳,严禁猛刹、猛放、猛蹩。钻头距井底最后一根单根应接主动钻杆送水轻压慢转速划眼到底。

4.1.2 循环钻井液

下钻过程中根据井下情况循环钻井液。下钻到底循环钻井液时间是根据钻杆内径及井深来换算钻井液是否到孔底已出钻头的。要把钻井液性能调整好,尤其在替换井内钻井液时,切不可操之过急,急于钻进,新鲜钻井液还没有替换掉井底钻井液,井内沉淀的岩屑还没有彻底排清,很容易出现糊钻。

4.1.3 取心工艺

Ø150、130 mm 单套取心钻进,取心过程主要是靠铁丝或卡料来拧断井内岩心,判断井底岩心是否拧断,需慢转一下钻具,再下放钻具是否能到井底。提钻拧卸钻杆时不可大锤敲打,谨防岩心脱落。同样 Ø114、95 mm 绳索取心钻具,下钻前钻具总成卡簧一定要检查,卡簧是否自如卡着上回次岩心,以防脱心。钻进中代班人员判断钻具是否堵心,切不可磨心、打懒钻。

4.1.4 起钻

起钻操作平稳,不猛刹猛停,防止岩心中途脱落。

4.1.5 出岩心

出岩心在井外进行。专用岩心钳、内筒提环、内筒卡子、岩心顺序不得错乱。部分岩心照片见图 2。



图 2 岩心照片

Fig.2 Core photos

4.2 井斜的控制

测量方案以随钻检测为主,同时单点间断进行检验,以多点进行再次检验。现场所使用的仪器提前做好校正,确保仪器使用精度。本次测斜仪型号:KXP-3D 型遥控数字测斜仪。每钻进 20~30 m 测斜一次,具体做法是把测斜仪接在绳索打捞岩心内管钢丝绳上,在测单点时,提高一个立根 15 m,测斜仪直径 40 mm 可直接出钻头进行单点测斜;若发现井斜增长过快,井斜达到或超过设计,必须加密测斜,查明造成井斜的原因,检查钻杆是否弯曲,把弯曲钻杆替换掉,及时调整钻进三参数,控制进尺,在容许的情况下,以高转速为主,小压力,避免形成台肩增斜,提划眼反复修整界面 3~5 次,处理好错层界面,防止造成井斜变化大及超标,该井终孔顶角 2.96°,井底水平偏距 27.621 m^[10-12]。

4.3 井控措施

根据设计提示,在进入四开井段后,井队把井控安全放在第一生产点上,对全体员工进行与井控有关知识的培训,提高员工的井控防硫意识,切实搞好目的层井控防硫工作。

井控设备选用改进型 2FZ18-21 双闸板防喷器。防喷器组合见表 5,井口装置见图 3^[13-15]。

表 5 防喷器组合

Table 5 BOP combination

钻头直径/mm	压力级别/MPa	组合类别
95	18	127 mm×95 mm-18 MPa 套管头+单闸板(95 mm 全封)

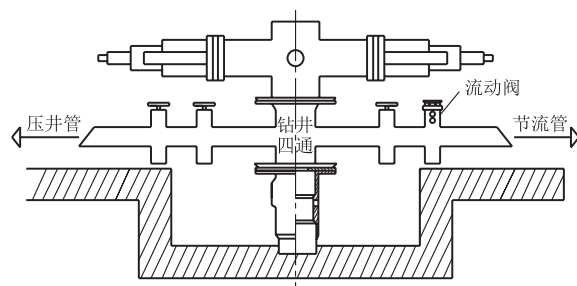


图 3 井口防喷器示意图

Fig.3 Schematic diagram of wellhead blowout preventer

5 钻井主要技术成果

皖含地 1 井严格按照规范的实施细则进行施工,并对井身质量进行验收评级,作业过程中严格执行钻井生产安全制度、操作规程、安全措施。质量评定如下。

5.1 岩心采取率

皖含地 1 井全井采取岩心长度 1393.35 m,岩心采取率 98.66%,达到了合同设计的岩心采取率 ≥90% 的要求。岩心无污染,满足实验测试要求,保存岩心箱数 320 箱。

5.2 井斜测量及控制

皖含地 1 井设计井斜要求:终孔井斜 $\neq 3^\circ$,采用 KXP-3D 型测斜仪进行了 17 次井斜测量,在钻进过程中,根据井斜情况,合理调整钻进参数,克服页岩解理裂隙发育,顶角易朝一个方向增大等特点,通过转速、钻压来控制顶角变化。如发现钻井顶角有增大的趋势,转数提高一档,井底钻头压力减小 2~3 kN 工作压力,又如方位角总是朝一个方向发展,通过改变转速快慢来改变方位角的变化,不让顶角朝一个方向递增,从而有效地控制了钻井的顶角,终孔顶角 2.96°,终孔水平偏距 27.261 m,符合皖含地 1 井的合同要求及地质设计目的。井斜测量成果见表 6。

表6 皖含地1井井斜成果表
Table 6 Deviation results of Well Wanhandi-1

序号	测点深度/m	顶角/(°)	方位角/(°)	X/m	Y/m	Z/m	水平偏距/m	垂直度[偏斜率]/%
1	27	0.07	238.3	-0.008	0.014	27.000	0.016	0.061
2	51	0.04	253.1	-0.020	-0.015	51.000	0.025	0.049
3	101	0.16	284.3	0.023	-0.152	101.000	0.153	0.152
4	199	0.22	275.5	-0.033	-0.572	198.999	0.573	0.288
5	301	0.56	262.8	-0.015	-1.192	300.997	1.192	0.396
6	402	0.25	108.0	-0.229	-1.483	401.995	1.501	0.373
7	500	0.41	215.8	-0.614	-1.655	499.994	1.766	0.353
8	600	0.51	193.2	-1.505	-2.229	599.989	2.689	0.448
9	700	0.71	200.5	-2.732	-2.494	699.981	3.700	0.529
10	800	0.53	207.2	-3.767	-3.056	799.974	4.851	0.606
11	900	1.38	221.9	-5.161	-3.972	899.959	6.512	0.724
12	1000	1.96	229.5	-7.245	-6.105	999.914	9.475	0.948
13	1100	2.23	238.6	-9.859	-9.814	1099.811	13.911	1.265
14	1200	2.51	237.3	-12.074	-13.233	1199.728	17.914	1.493
15	1300	2.63	241.5	-14.346	-17.108	1299.627	22.327	1.718
16	1400	2.92	231.1	-16.775	-21.295	1399.509	27.109	1.937
17	1410	2.96	227.4	-17.110	-21.684	1409.496	27.621	1.960

6 实际施工效果及效率分析

6.1 施工进度

我单位6号机组于2017年8月22日开钻至2017年12月6日完钻,历时107d,完井井深1412.28m,完井时间2017年12月20日。

6.2 台月效率分析

钻井平均台月效率396m,最高台月效率528.42m。绳索取心钻进随着钻井井深至900m后,台月效率逐渐降低,回次岩心打捞时间增长,辅助时间增加,纯钻进时间减少;该井在钻进井深1212m处,出现5~6m易水敏泥岩,岩石固结性差,井径出现缩径、垮塌,后期采用低固相钠土钻井液钻进,泵压升高,井底阻力增大,转速降低等因素,导致纯钻进小时效率降低、台月效率降低。

钻井纯钻进时间率47.66%,提下钻时间率7.81%,设备维修时间率6.56%,内管投放与取心时间率17.56%,其他辅助时间率20.39%,具体作业时间分布如图4所示。

7 结语

本次页岩气钻探总结了以往的钻井施工经验,注意控制钻进速度,实施跟踪测斜,每20~30m测斜一次,及时掌握孔斜情况,避免井斜超大重新纠斜

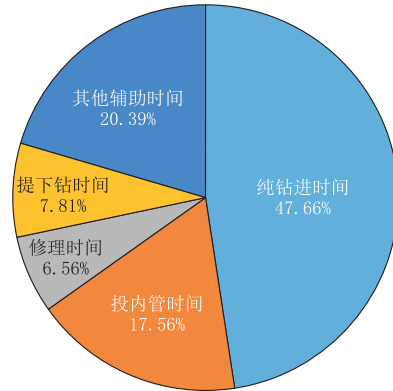


图4 皖含地1井施工作业时间分析图

Fig.4 Analysis chart of drilling time of Well Wanhandi-1

等不必要的辅助时间。该钻井终孔井斜在 3° 以内,满足了合同技术要求。

岩心采取率:充分实现绳索取心钻具岩心采取率高的优点。利用 $\varnothing 95$ mm绳索取心钻头与 $\varnothing 89$ mm绳索取心钻杆和井壁环空间隙大、排粉畅,泵压低,岩心不宜堵等特点,勤换钻井液,遇松散、破碎岩层,不打懒钻。该井采取岩心长度1393.35m,岩心采取率98.66%,满足了合同设计的岩心采取率 $\geq 90\%$ 要求。

钻井效率:根据泥页岩地层自然造浆的特点,四开钻进钻头主要选择阶梯式金刚石钻头,该类型钻头底唇面过水快,排粉快,不易糊齿,四开95mm口径平均时效1.22m,最高时效1.81m;全井平均时效1.15m。

深孔钻进风险较大,需稳中求快,钻进中若稍有不慎,影响进尺,重者钻井达不到设计要求,造成巨大的经济损失。钻前应加强员工钻井培训技能,提高业务水平,增强安全、环保观念,加强服务意识,科学打井。

参考文献(References):

- [1] 尹亮先,李得新,田小林,等.沙漠地区页岩气地质调查井施工技术[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2017,44(3):17-20.
YIN Liangxian, LI Dexin, TIAN Xiaolin, et al. Construction technology of geological survey well for shale gas in desert area [J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2017, 44 (3): 17-20.
- [2] DZ/T 0227-2010,地质岩心钻探规程[S].
DZ/T 0227-2010, Geological core drilling regulations[S].
- [3] 朱恒银,王强,张正,等.大直径加重管绳索取心技术在页岩气勘探中的应用研究[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2016,43(10):160-164.
ZHU Hengyin, WANG Qiang, ZHANG Zheng, et al. Appli-

- cation research on large diameter weighted combined wire-line coring technology for shale gas exploration[J]. *Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling)*, 2016, 43(10):160-164.
- [4] 黄晟辉, 奎中, 吴金生, 等. 页岩气基础地质调查湘洞地 1 井施工技术[J]. *探矿工程(岩土钻掘工程)*, 2018, 45(3):14-18.
HUANG Shenghui, KUI Zhong, WU Jinsheng, et al. Construction technology of Well Xiangdongdi-1 for basic geological survey of shale gas[J]. *Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling)*, 2018, 45(3):14-18.
- [5] 任启伟, 刘凡柏, 高鹏举, 等. 3500m 岩心钻探装备在油气井勘查中的示范应用[J]. *探矿工程(岩土钻掘工程)*, 2018, 45(10):57-61.
REN Qiwei, LIU Fanbai, GAO Pengju, et al. Demonstration application of 3500m core drilling rig in oil and gas well exploration[J]. *Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling)*, 2018, 45(10):57-61.
- [6] 房勇, 钱锋. 地质勘探套管钻进技术专用套管的研制及应用[J]. *探矿工程(岩土钻掘工程)*, 2018, 45(8):10-14.
FANG Yong, QIAN Feng. Development and application of the special casing for geological prospecting casing drilling technology[J]. *Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling)*, 2018, 45(8):10-14.
- [7] 秦诗涛, 宗庆伟, 孙晓飞, 等. 页岩气钻完井技术现状与难点探究[J]. *石化技术*, 2015, 22(3):103.
QIN Shitao, ZONG Qingwei, SUN Xiaofei, et al. Studies on development and difficulties of drilling and completion in shale gas wells[J]. *Petrochemical Industry Technology*, 2015, (3):103.
- [8] 王宗友, 陈刚, 乔生贵. 页岩气调查黔地 4 井钻探技术[J]. *探矿工程(岩土钻掘工程)*, 2018, 45(2):1-6.
WANG Zongyou, CHEN Gang, QIAO Shenggui, et al. A brief discussion on the drilling technology of shale gas survey in Qiandi Well-4[J]. *Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling)*, 2018, 45(2):1-6.
- [9] 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.
- [10] 李得新, 首照兵, 吴金生. 页岩气基础地质调查万地 1 井钻井堵漏技术[J]. *探矿工程(岩土钻掘工程)*, 2017, 44(2):23-26.
LI Dexin, SHOU Zhaobing, WU Jinsheng. Plugging technology in Wandi-1 Well for basic geological survey of shale gas in Micangshan-Dabashan Frontal Zone[J]. *Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling)*, 2017, 44(2):23-26.
- [11] 邝光升, 孙宇, 杨建军, 等. 云阳黄岭岩盐矿 ZK0001 深孔取心技术[J]. *探矿工程(岩土钻掘工程)*, 2018, 45(3):53-56, 61.
KUANG Guangsheng, SUN Yu, YANG Jianjun, et al. Coring technology for deep hole ZK0001 of Huangling Rock Salt Mine in Yunyang[J]. *Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling)*, 2018, 45(3):53-56, 61.
- [12] 张东方. 聚龙小镇 DZK1 地热勘查孔钻探施工技术[J]. *探矿工程(岩土钻掘工程)*, 2018, 45(11):29-33.
ZHANG Dongfang. Drilling and construction technique of DZK1 geothermal exploration hole in Quanzhou[J]. *Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling)*, 2018, 45(11):29-33.
- [13] 石绍云, 邓伟, 吴金生, 等. 大庆油田浅层气地区小口径岩心钻探井控防喷技术研究[J]. *探矿工程(岩土钻掘工程)*, 2018, 45(6):14-18.
SHI Shaoyun, DENG Wei, WU Jinsheng, et al. Research on well control and blowout prevention technology for small diameter core drilling in shallow gas area of Daqing Oilfield[J]. *Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling)*, 2018, 45(6):14-18.
- [14] 龙志平, 王彦祺, 周玉仓, 等. 平桥南区页岩气水平井钻井优化设计[J]. *探矿工程(岩土钻掘工程)*, 2017, 44(12):34-37.
LONG Zhiping, WANG Yanqi, ZHOU Yucang, et al. Drilling optimization design of shale gas horizontal well in south block of Pingqiao[J]. *Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling)*, 2017, 44(12):34-37.
- [15] SY/T 6426-2005, 钻井井控技术规程[S].
SY/T 6426-2005, Technical specification for well drilling control[S].

(编辑 韩丽丽)