

小口径油气地质调查井的问题与工程实践

伍晓龙, 朱芝同, 董向宇, 李文秀

(中国地质科学院勘探技术研究所, 河北 廊坊 065000)

摘要:小口径油气地质调查井作为一种地质调查的工作手段, 在施工过程中遇到很多问题。以已完成施工的羊 D1 井、黑富地 1 井、黑富地 2 井为背景, 对油气地质调查井钻井特点、施工要求和施工难度进行分析, 阐述了由于配套设备、钻井工艺方法和相关安全规范等因素不健全, 对油气地质调查工程带来的风险和对油气赋存情况评价造成的影响。

关键词:油气井; 地质调查井; 小口径钻探; 井控; 钻井液体系

中图分类号:P634 **文献标识码:**A **文章编号:**1672-7428(2019)11-0027-06

Problems and field cases of small-diameter oil and gas geological survey wells

WU Xiaolong, ZHU Zhitong, DONG Xiangyu, LI Wenxiu

(The Institute of Exploration Techniques, CAGS, Langfang Hebei 065000, China)

Abstract: The small-diameter oil and gas geology survey well, when used as a geological survey method, faces a lot of problems and difficulties in the drilling process. Based on the completed Well Yang D1, Well Heifudi-1, and Well Heifudi-2, the drilling characteristics, requirements and difficulty in the oil and gas geological survey well are analyzed. The risks in oil and gas geological survey drilling and the impact on evaluation of the oil and gas occurrence due to incomplete drilling equipment, drilling processes and related safety regulations are explained.

Key words: oil and gas well; geological survey well; small-diameter drilling; well control; drilling fluid system

油气资源是国家战略资源, 目前我国尚缺乏长期稳定的油气基础性、公益性地质调查保障机制。油气企业一般是在已经取得探矿权的区块范围内进行勘探开发活动, 对于新区块、新层系的油气勘探研究裹足不前。党中央、国务院多次要求加强油气资源调查工作, 促进油气勘探开发, 解决快速发展中的能源“瓶颈”问题。“十二五”以来, 中国地质调查局将油气资源调查作为重要工作之一, 先后在重点中小盆地的勘探有了油气发现突破。中国地质科学院勘探技术研究所承担了多项能源矿产地质调查项目, 其中与中国地质调查局沈阳地质调查中心合作, 分别在辽宁省朝阳地区和黑龙江省齐齐哈尔地区完成了羊 D1 井、黑富地 1 井、黑富地 2 井三口小口径

油气地质调查井工程。实施 3 口井的目的为针对新地区、新层系开展的油气地质调查工作。

1 油气地质调查井特点及施工要求

油气地质调查井不同于石油探井和固体矿产勘查孔。该类钻井以获取地层层序、烃源岩特征并为油气储藏发现提供地质资料和测试数据为目的, 调查井主要布置在油气勘探开发企业矿权区域以外, 基本未进行地球物理勘探工作。通常以直井为主, 设计深度在 2000~2500 m, 一般要求全孔取心。

油气地质调查井以机械岩心钻探施工为主, 长孔段取心, 并对岩心进行编录分析。结合录井工作对钻井液中气相组分和含量进行分析, 对地层油、

收稿日期: 2019-02-19; 修回日期: 2019-10-11 DOI: 10.12143/j.tkgc.2019.11.005

基金项目: 国家重点研发计划课题“煤层瓦斯赋存参数的地面准确测定技术及装备”(编号: 2018YFC0808001); 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, 朱芝同, 董向宇, 等. 小口径油气地质调查井的问题与工程实践[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2019, 46(11): 27-32.

WU Xiaolong, ZHU Zhitong, DONG Xiangyu, et al. Problems and field cases of small-diameter oil and gas geological survey wells [J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2019, 46(11): 27-32.

气、水等情况进行监测,初步判断钻遇地层油气储藏情况。每一开次钻进完成后进行裸孔小口径地球物理测井,根据测井数据分析计算,印证地层层序和岩性特征,以及油、气、水分层情况。测井完成后实施下套管固井作业,保护上部孔壁,封隔油、气、水层。钻探施工过程中为防止钻遇局部高压油气层而引发井涌、井喷等事故发生,需安装井控装置,为正常施工提供安全保障^[1-2]。

2 油气地质调查井施工面临的问题

2.1 地层压力确定困难

油气地质调查井主要分布在邻井资料缺乏的新区块、新层系,无准确的 Dc 指数或钻录井资料,不能对地层压力有一个准确的预判,井控设备的选择较困难。钻井过程中,需要随时观注钻井液池槽面变化及钻井液中油花、气泡等情况,钻井液密度大小需要及时的进行调整,确保钻井液性能的压力较大。

2.2 区域地质情况问题

油气地质调查井钻遇地层主要以沉积岩中的泥岩、砂岩为主,一般含油层泥页岩水敏性强,油、气、水层上覆盖层和底板中砂砾岩层、粉砂岩层沉积后变质较轻,岩层胶结差、破碎,极易产生掉块、坍塌等现象。由于地壳相对运动形成的区域断裂带导致岩层中裂隙极度发育,局部还含有断层泥,地层稳定性差。另外钻孔中的构造裂缝还会引起孔内钻井液漏失^[1]。

2.3 钻孔口径问题

油气地质调查井钻孔口径通常在 77~122 mm,采用金刚石绳索取心钻进技术,由于机械岩心钻探为满眼钻进,钻杆与孔壁环状间隙小,对钻井液的流变性能要求高^[2]。由于泥页岩极易吸水膨胀,孔内钻井液流动的沿程阻力加大,泥浆泵压力增高,对于抗压能力差的地层,地层压力平衡遭到破坏,地层被压漏导致钻井液循环短路,也极易产生抱钻和粘附卡钻的事故。

2.4 钻井液体系问题

钻井液作为钻探的血液,在钻进过程中起到保护孔壁稳定性、润滑、减阻、降温、携粉等作用。机械岩心钻探之前主要用于固体矿产勘查中,所钻遇的地层以火山岩、侵入岩、变质岩为主,此类岩石坚硬、致密,对钻井液各性能的要求是满足减阻润滑、钻头降温、护壁、携粉等需求。油气地质调查井钻探以沉

积岩为主,对孔壁稳定性的要求较高,其中对钻井液失水性能的要求尤为关键。钻井液体系要确保低密度,低失水量,良好的流变性,因此对钻井液各性能参数要求高。另外还要注意钻井液对钻头的清洁性能,不能产生泥包现象^[3-5]。

2.5 设备及器具问题

2.5.1 钻机

目前施工油气地质调查井主要采用岩心钻探设备,该类设备安装防喷器时需对钻机底座进行改装,或者重新定制底座,无配套提升设备,防喷器安装难度较大。

2.5.2 泥浆泵

油气地质调查井施工一般选用地质钻探用泥浆泵,地质岩心钻探所使用的泥浆泵^[6]压力、流量较小,施工 2000 m 的固体矿产钻孔随孔深加大,泵压升高,地质用泥浆泵耐高压效果差,泵的维修频率大,石油泵压力、排量、体积又太大,使用成本高,不适合小口径岩心钻探。油气地质调查井以泥沙岩地层为主,施工过程中常会因泵排量小,产生糊钻现象,长时间钻进引起泥岩水化导致孔壁失稳,增加施工风险。目前市场上选用合适的泥浆泵比较困难。

2.5.3 固控系统

石油钻井除有成套的钻井液体系和匹配的泥浆泵外,还有一整套钻井液固控系统,也叫钻井液净化系统,用于分离处理钻井液中岩屑、泥砂等颗粒,维持钻井液性能以及储存循环钻井液。配有加重混合装置、灌注装置和化学药剂加注装置。用于改善钻井液的物理和化学性能,以满足钻井工作的需要^[7-8]。油气地质调查井由于经费、施工场地等问题,均未配备钻井液固控系统,钻井液的处理只能沉淀为主,通过循环槽、沉淀池,对钻井液进行沉淀,人工清理循环槽内的岩粉,通过沉淀处理后的钻井液又与钻孔时要求钻井液有好的悬浮效果相矛盾,常在施工过程发现钻井液体系性能差,人工无法处理时只能彻底更换钻井液,增加施工成本和工程风险。

2.5.4 井控设备

在固体矿产勘查中,从矿区选择、施工经验等来看,未发现有井喷、井涌和有毒气体发生,施工过程中未曾安装过井控设备,油气地质调查井与石油探井类似,以勘探发现油气储藏情况为主,施工过程中为确保人员、设备安全,要求加装井控设备^[9-15]。目前地质勘探井井控装置只能借用石油钻井常用设

备,为满足小口径钻探钻具的需求,要将原有的标准闸板防喷器通径缩小。由于是非常规产品,在选购及配套其他管汇时有一定的困难。

为安装井口防喷器,必须对岩心钻机底盘进行改进,将钻机、钻塔置于做好的加高底盘上,高度一般在 2.2 m 左右。受加高底盘尺寸和结构影响,高度一般不超过 2.5 m,防止塔架失稳,出现安全事故。由于安装空间有限,钻具强度低,选择的井控闸板数量少,压力级别低,常用的井口防喷器结构为双闸板防喷器(半封和全封闸板),压力等级为 21~35 MPa。如果发生压力等级较低的井控需求,试图实现关井作业。孔内出现井涌、井喷事故压力较大时,双闸板防喷器就无法满足关井需要了。另外,对于小口径钻具,目前尚无配套的旋塞阀和防喷单根。

井控装置配套液压远控房、节流管汇、压井管汇在摆放和安装以及放喷池位置和大小等,受施工场地条件限制,都不能满足石油钻井井控技术规范。因此紧急情况下放喷、关井、压井工作很难实施。

2.5.5 钻具

小口径油气地质调查井对岩心采取率有较高要求,为提高岩心采取率和钻进效率,一般以绳索取心钻进工艺为主,尤其是中深度钻孔。与之相匹配的钻杆、钻具壁厚 4.5~5.5 mm,抗挤外压强度小,进行大压力关井时,会挤扁钻具,达不到关井效果;采用绳索取心钻进工艺,钻具内无法安装下旋塞阀和上旋塞阀,无合适尺寸的防喷单根,在出现井喷、井涌时,因不能及时抢装防喷单根,为油气地质调查井的施工带来潜在的风险。

2.6 安全技术规范欠缺

油气地质调查井在施工时无任何完整安全操作规范可查^[16-18],钻探参考机械岩心钻探相关标准,测井参考煤炭行业标准,气测录井参考石油行业录井规范,但在实际施工过程中这些安全规范和一些操作规程又无法满足油气地质调查井施工需求,常常在井场建设,人员安全操作,资料的收集、提交等方面存在一系列问题。

3 油气地质调查井施工

3.1 钻井施工

3.1.1 羊 D1 井施工

2016 年在辽宁省北票市实施了羊 D1 井地质调查孔。主要地层为水敏性强、易造浆的泥岩地层,薄

砂层,粉质粘土层,大段破碎。施工设备选用中国地质科学院勘探技术研究所研制的 YDX-6 型全液压动力头岩心钻机,钻机主要技术参数见表 1。

表 1 YDX-6 型全液压动力头岩心钻机技术参数
Table 1 Technical parameters of YDX-6 full hydraulic top drive core drilling rig

序号	名 称	技术参数	备 注
1	最大扭矩/(kN·m)	13	
2	转速/(r·min ⁻¹)	0~630	
3	提升力/kN	800	
4	加压力/kN	80	
5	最大钻深/m	3500	N 口径
6	功率/kW	481	2×194+93
7	动力头行程/m	20	
8	钻塔高度/m	22.5	可提升 18 m 立根
9	系统压力/MPa	31	
10	底盘高度/m	1.8	
11	总质量/t	43	

YDX-6 型全液压动力头岩心钻机采用长行程给进提升结构,可以实现倒划眼操作,对于处理孔内情况有利。平台高度为 1.6 m,平台下部空间较小,防喷器的安装空间不够,需从地面向下挖 1.5 m 深坑,将四通接头座于底盘之下。平台无配套提升设备,防喷器安装难度较大。平台操作面积较小,并且钻塔不能安装塔衣,东北地区冬季寒冷,施工环境异常艰苦。配套 BW-500 型泥浆泵,最大工作压力 20 MPa,最大输出流量 500 L/min,可满足正常施工需求。

采用绳索取心钻进工艺施工,回转转速 300 r/min 左右,使用无固相化学浆钻井液。由于地层强造浆作用以及钻井液体系对岩屑分选絮凝差的原因,因钻杆自身高速回转产生离心力的作用,钻杆内壁经常结一定厚度的泥皮,导致无法顺利提出取心内管。经过研究对钻井液性能进行调整,控制钻井液失水量在 6 mL 以内,泥皮厚度控制在 0.3 mm,钻杆内壁结泥皮现象有所改善。在钻至 1474.5 m 左右提钻更换钻头,下钻至 1442 m 左右钻具无法通过。分析主要原因是钻井液护壁性能差,泥岩水化,加之 1442~1490 m 地层为局部小构造破碎带,致使孔壁失稳出现塌孔。钻遇孔深 1980~1990 m 下部地层时,钻井液漏失严重,停泵时钻井液又涌入孔内。主要原因为地层抗压能力低,循环泵压较高导致地层压裂,钻井液侵入地层中。采用锯末、核桃仁、封堵剂、碳酸钙粉末等材料封堵地层缝隙。由于

惰性材料粒度与地层缝隙不匹配,封堵效果不明显。

3.1.2 黑富地1井、黑富地2井施工

2017、2018年施工的黑富地1井、黑富地2井,选用的主要设备有XY-8型立轴钻机,钻机技术参数见表2。配套BW-320系列泥浆泵2台,FZ14-21系列单闸板防喷器1套。施工前对钻机平台进行改装,将钻机放置在2.2 m高的平台上,便于井口防喷器的安装。XY-8型立轴钻机主动钻杆传递回转,给进行程短,钻进一个单根需多次倒杆,辅助时间长,在遇到孔内复杂情况,急需将孔内钻具提离孔底时,需要先将主动钻杆卸开,拆除大钩,挂上提引器,再将钻具提离孔底,在这一连串动作后,可能已延误时机,为施工带来风险。选用BW-320系列泥浆泵,该泵最大压力8 MPa,最大流量320 L/min,正常钻进时压力保持在4~6 MPa,随孔深加大,压力大于8 MPa,会发生憋泵现象,影响施工进度。

表2 XY-8型立轴式岩心钻机技术参数

Table 2 Technical parameter of XY-8 spindle type core drilling rig

序号	名称	技术参数	备注
1	最大扭矩/(kN·m)	0.8	
2	转速/(r·min ⁻¹)	74、106、150、208、	正转
		300、431、609、845	
		74	反转
3	提升力/kN	600	
4	最大钻深/m	3000	N口径
5	立轴行程/mm	1000	
6	立轴起重力/kN	180	
7	立轴加压力/kN	110	
8	卷扬机钢丝绳直径/mm	21.5(6×19)	
9	单绳拉力/kN	60	
10	钻塔高度/m	22	可提升18 m立根
11	底盘高度/m	2.2	定做
12	功率/kW	75	电动机
13	总质量/t	6.5	

2口井施工时上部地层主要以流沙层为主,下部以黑色泥岩为主。在黑富地1井钻至孔深78和630 m处时,孔内出现大量涌水,采用锯末、重晶石、封堵剂等材料封堵涌水,在此过程均导致孔壁大段坍塌,实施扩孔、下套管、换径的方案。2口井在施工时钻遇黑色泥板岩时均出现取心困难,钻进效率低等问题,分析原因,主要问题是钻井液体系与岩性匹配性不合理,并且缺少固控设备、钻井液中固相含量高所致。

3.2 录井施工

油气地质调查井的施工,要求安装录井设备,由于综合录井仪价格昂贵,使用成本高,一般在施工时使用气测录井仪和荧光录井仪,气测录井仪用来检测施工过程中的气体含量、油气显示情况,预报井涌、井喷、气侵等,为综合评价油气储集层提供数据。

气测录井仪在使用时遇到首要问题是传感器安装困难,石油设备在传感器的安装上位置已经比较固定,基本在出厂前就留出安装位置,采用的全液压岩心钻机和常规立轴式岩心钻机之前未配套使用过录井设备,采用的传感器均为石油行业录井用传感器。每次安装录井传感器时难以确定合适位置,有些传感器根本不适合此类钻机使用,很难找到合适的安装位置,不同的钻机安装传感器时又需重新寻找位置,安装起来比较困难。

其次,气测录井受施工工艺的影响,所采用的钻头结构、钻井液排量,取心工艺等都会对气测录井全烃和组分值含量产生影响。黑富地1井钻井时采用Ø98 mm金刚石钻头,在720 m左右时发现气测显示,正常钻进时全烃基值浓度为0.4%左右,每次取心完成开始钻进前后效值浓度最高达5%左右,峰基比达11,分析原因,由于钻头口径小,况且金刚石钻头钻进为满眼钻进,钻杆和孔壁环状间隙小,同时金刚石取心钻进,岩石破碎面积小,导致岩石中所含气体溢出少,加上环孔钻井液压力变化的作用,取心时,内管完全拉出,钻井液压力消失,气体开始释放,等取心结束后,气体已到达孔口或孔口附近,气测值会变高,这样会对气测储集含量评价带来影响^[19-24]。

3.3 测井施工

为准确对地层层序、地层中油气层和储层储集性能含油气性能(孔隙度、渗透率、含油气饱和度和油水的可动性)定量或半定量的评价^[25],油气地质调查井要求对全孔进行裸眼测井,通过测井数据对钻井、录井、编录的数据进行校正,达到钻、测、录结果的统一,获得的测井资料是测井评价、地质研究和油气藏开发的科学依据。

测井施工时选用石油上测井仪器测量时数据全面、准确,针对小口径钻井,又无合适测量仪器,况且价格昂贵,目前所施工的油气地质调查井一般采用煤炭行业测井仪器,施工按照《煤炭地球物理测井规范》(DZ/T 0080-2010)进行,测井项目有自然伽

马、侧向电阻率、自然电位、深浅电阻率、井温、倾角、井径、密度、中子孔隙度、声波时差等,能够基本反映地层油气情况,但和石油测井精度有一定差距。另外,该类钻井口径小,钻遇地层以沉积岩中泥沙岩为主,钻孔周期较长,钻进时钻井液密度小,泥岩水化导致孔壁稳定性差,有部分井段破碎。测井孔内遇阻时,用钻具反复通井,测井仪器有时也难以顺利通过,尤其在测量放射源项目时,孔壁坍塌会导致仪器掉入孔内,为周围环境带来危害,增加施工困难,对测井数据的完整性、准确性带来影响。

4 施工经验总结

(1)尽可能多的搜集施工区域地质资料,邻井钻探资料,有条件的话投入部分经费对该区域进行电法、重磁等物理测量方法,确定地层相关参数。

(2)钻井设计前多听取经验丰富钻探人员意见,设计中多做两套备选施工方案。

(3)选用的施工设备进场前全面保养,根据施工要求进行部分改装调试,确保各设备安装顺利,运转正常;对施工中可能用到的关键配件、材料提前加工或采购。

(4)开孔口径尽量稍大一级,技术套管尽可能深,预留一级钻孔口径。

(5)钻井施工过程中及时调整钻井液参数,保持钻井液干净,多咨询钻井液专业技术人员或者专家,保证钻井液材料配比适当,满足护壁要求。

(6)钻井人员时刻关注进尺情况,给定适当钻进参数,录井人员时刻关注仪器相关曲线变化,对钻井人员进行提示。

(7)测井前调整钻井液性能,与测井人员多沟通,将钻孔情况告知对方,保证测井安全、顺利。

(8)根据施工情况,在保证安全的情况下,尽可能靠近相关施工规范,探索、总结施工小口径地质调查井施工经验。

参考文献(References):

- [1] 张德龙,翁伟,黄玉文,等.油气地质调查井钻井技术与对策[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2017,44(12):21-25.
ZHANG Delong, WENG Wei, HUANG Yuwen, et al. Drilling technical problems and countermeasures of oil and gas geological survey well[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2017,44(12):21-25.
- [2] 吴金生,房勇,石绍云,等.浅层气区地质岩心钻探技术综合研究与应用[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2018,45(8):23-

27.

WU Jinsheng, FANG Yong, SHI Shaoyun, et al. Comprehensive study and application of geological core drilling technology in shallow gas area[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2018,45(8):23-27.

- [3] 王中华.复杂漏失地层堵漏技术现状及发展方向[J].中外能源,2014,19(1):39-48.
WANG Zhonghua. The status and development direction of plugging technology for complex formation lost circulation[J]. Sino-Global Energy, 2014,19(1):39-48.
- [4] 任茂,任惠,欧彪,等.浅谈川东北地区堵漏技术[J].断块油气田,2008,15(6):105-108.
REN Mao, REN Hui, OU Biao, et al. Application of lost circulation prevention technology in Northeast Sichuan Area[J]. Fault-Block Oil & Gas Field, 2008,15(6):105-108.
- [5] 胡栋.矿区复杂地层钻进护壁堵漏措施[J].世界有色金属,2018(5):249-250.
HU Dong. Plugging measures of drilling wall in complex strata of mining area[J]. World Nonferrous Metals, 2018(5):249-250.
- [6] 柴喜元,雷泽勇,刘晓阳.小口径深孔绳索取心钻探用泥浆泵性能参数计算[J].地质装备,2018,19(4):7-11,14.
CHAI Xiyuan, LEI Zeyong, LIU Xiaoyang. Calculation of mud pump performance parameters for small diameter deep hole wireline core drilling[J]. Equipment for Geotechnical Engineering, 2018,19(4):7-11,14.
- [7] 冯美贵,朱迪斯,翁伟,等.地质岩心钻探冲洗液固控系统及配套工艺研究[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2016,43(5):63-70,75.
FENG Meigui, ZHU Disi, WENG Wei, et al. Research on solid control system of flushing fluid circulation in geological core drilling and the matching technology[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2016,43(5):63-70,75.
- [8] 张玉华,李国华,熊亚萍,等.钻井液固控系统配套现状及改进措施[J].石油矿场机械,2007,36(12):84-87.
ZHANG Yuhua, LI Guohua, XIONG Yaping, et al. The current status and improvement methods of mud solid control system[J]. Oil Filed Equipment, 2007,36(12):84-87.
- [9] 魏武,周长虹,邓虎,等.气体钻井井控安全分析与控制[J].钻采工艺,2018,41(5):102-104.
WEI Wu, ZHOU Changhong, DENG Hu, et al. Safety analysis and control of gas drilling well control[J]. Drilling & Production Technology, 2018,41(5):102-104.
- [10] 冯数玖.井控过程中侥幸心理的危害与预防[J].中国安全生产科学技术,2014,10(S2):41-43.
FENG Shujiu. Hazards and prevention of fluky mind in well-control operation[J]. Journal of Safety Science and Technology, 2014,10(S2):41-43.
- [11] 杜钢,于洋飞,熊朝东,等.钻井井喷失控因素分析及预防对策[J].中国安全生产科学技术,2014,10(2):120-125.
DU Gang, YU Yangfei, XIONG Chaodong, et al. Analysis on factors and preventive action for drilling uncontrollable blowout[J]. Journal of Safety Science and Technology, 2014,10(2):120-125.

- [12] 王高杰. 钻井井控技术中有关问题探讨[J]. 断块油气田, 2017, 24(6): 851—854.
WANG Gaojie. Discussion on well control technology of drilling[J]. Fault-Block Oil and Gas Field, 2017, 24(6): 851—854.
- [13] 吴志均, 陈刚, 郎淑敏, 等. 天然气钻井井控技术的发展[J]. 石油钻采工艺, 2010, 32(5): 56—60.
WU Zhijun, CHEN Gang, LANG Shumin, et al. The development of the well control technique in natural gas drilling[J]. Oil Drilling & Production Technology, 2010, 32(5): 56—60.
- [14] 乌其昆·卡德尔. 井控设备在石油钻井施工过程中的应用[J]. 化工设计通讯, 2017, 43(11): 270.
WU Qikun · Ka Deer. Application of well control equipment in oil drilling construction[J]. Chemical Engineering Design Communications, 2017, 43(11): 270.
- [15] 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.
- [16] 谢祺. 石油钻井现场安全管理与监护[J]. 化工设计通讯, 2016, 42(2): 73.
XIE Qi. Safety management and monitoring in the field of petroleum drilling[J]. Chemical Engineering Design Communications, 2016, 42(2): 73.
- [17] 张思民. 油气田钻井设备管理探讨[J]. 装备制造技术, 2014(1): 126—127.
ZHANG Simin. Oil and gas drilling equipment management[J]. Equipment Manufacturing Technology, 2014(1): 126—127.
- [18] 郭杰. 钻井施工现场风险源分析与风险控制措施[J]. 内蒙古石油化工, 2010, 36(20): 31—33.
GUO Jie. Job safety analysis and safety control measures at well-drilling sites[J]. Inner Mongolia Petrochemical Industry, 2010, 36(20): 31—33.
- [19] 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.
- [20] 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.
- [21] 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.
- [22] 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. Analysis of factors affecting gas logging[J]. Qinghai Petroleum, 2010, 28(1): 99—103.
- [23] 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, LÜ 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.
- [24] 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.
- [25] 张鑫. 石油勘探测井技术措施探讨[J]. 中国石油和化工标准与质量, 2018, 38(19): 170—171.
ZHANG Xin. Technical measures for petroleum exploration and well logging[J]. China Petroleum and Chemical Standard and Quality, 2018, 38(19): 170—171.

(编辑 韩丽丽)