

河南中牟页岩气区块地层特征及钻探问题研究

卢予北^{1,2}, 陈莹^{1,2}, 申云飞¹

(1. 河南省深部探矿工程技术研究中心, 河南 郑州 450053; 2. 河南省地矿局第二地质环境调查院, 河南 郑州 450053)

摘要:页岩气主要以吸附和游离状态贮藏在海相、陆相和海陆过渡相泥页岩中, 这些岩石的沉积过程、时间和类型不同, 表现出了地层或岩石的物理化学性质各向异性的特点。页岩气钻探所遇地层主要是不同时代的泥岩、砂岩、泥质砂岩、砂质泥岩等, 这些岩石对钻井液中水分子具有极强的敏感性。所以, 在钻探过程中常遇到起下钻遇阻、孔内沉渣多、重复破碎、卡钻等问题, 由此花费大量的时间处理, 从而减少了纯钻时间。这些问题的根本原因则是由于岩石膨胀收缩、孔壁坍塌超径所造成的。本文首先对河南中牟页岩气区块地层特征进行了描述, 并就牟页 1 井钻探问题从钻孔缩径和超径 2 个方面进行了理论研究和分析, 最后从钻井液和钻探工艺选择方面提出了原则性的建议。

关键词:牟页区块; 页岩气; 地层特征; 膨胀收缩; 坍塌超径; 钻探问题

中图分类号: P634 文献标识码: A 文章编号: 1672-7428(2016)07-0062-06

Research on Formation Characteristics and Drilling Problems in Zhongmou Shale Gas Block of Henan Province/ LU Yu-bei^{1,2}, CHEN Ying^{1,2}, SHEN Yun-fei¹ (1. Henan Engineering Research Center of Deep Exploration, Zhengzhou Henan 450053, China; 2. No. 2 Institute of Geology and Environment Survey, Department of Geology and Mineral Resources of Henan Province, Zhengzhou Henan 450053, China)

Abstract: Shale gas mainly deposits in marine, continental and transitional facies in mud shale with adsorption and free state, the different deposition process, time and type of the rocks show the anisotropic of physical and chemical properties of strata or rocks. The formations of shale gas drilling mainly include mudstone, sandstone, argillaceous sandstone, sandy mudstone and so on in different times and these rocks have strong sensitivity to water molecules in drilling fluid, therefore a lot of time was spent to deal with difficult tripping, large amount of sentiments, repeated breaking and pipe sticking during the drilling process, the pure drilling time was reduced. The basic reasons of these problems were the diameter shrinkage and oversize caused by rock expansion and wall collapse respectively. This paper describes the formation characteristics of Zhongmou shale gas block firstly, and then the research and analysis on the drilling problems of Mouye well No. 1 are made in borehole diameter shrinkage and oversize, the principled suggestions are put forward for drilling fluid and drilling technology selection.

Key words: Mouye block; shale gas; formation characteristics; diameter shrinkage caused by rock expansion; diameter oversize caused by wall collapse; drilling problem

0 引言

页岩气是一种清洁、高效的非常规能源资源, 主要以吸附或游离状态储藏在泥页岩或高碳泥页岩中的非常规天然气, 成分以甲烷为主, 与煤层气、致密气同属一类^[1]。

在目前的能源消费结构中, 中国的煤炭和石油所占的比例高达 95% 左右。其中, 煤炭的比例在 70% 以上^[2]。通过近年来石油、地矿等系统勘查表明: 我国页岩气能源资源储量巨大, 据初步估算, 页岩气可采资源量约为 26 万亿 m³, 基本与美国资源

量相当^[3-5]。目前, 我国页岩气资源的勘探开发处于一个快速发展阶段, 其中, 页岩气钻井(探)主要以石油钻井技术为代表。

河南中牟页岩气区块(简称牟页区块)调查为国土资源部第 2 轮页岩气探矿权出让项目, 位于河南省郑州市中牟县, 属于南华北盆地上古生界海陆过度相地层, 其勘查目的层为下石盒子、山西组和太原组。通过该区块第一口调查井的勘探和点火试验, 经初步估算, 中牟区块 3500 m 以浅页岩气总储量为 2124.99 亿 m³, 技术可采储量为 127.5 亿 m³, 目

收稿日期: 2016-03-16

基金项目: 河南省国土资源厅 2013 年度地质科研项目“页岩气钻探技术研究”(编号: 2013-9); 河南省国土资源厅 2015 年度国土资源科技项目“河南省页岩地质特征及对钻探技术影响研究”(编号: 2015-26)

作者简介: 卢予北, 男, 汉族, 1964 年生, 二级教授, 省级工程技术中心主任, 河南省学术技术带头人, 地质工程专业, 工学博士, 主要从事深部钻探、地质新能源勘查技术研究和管理工作, 河南省郑州市南阳路 56 号, lu-yubei@263.net。

前牟页 1 井(直井)页岩气稳定抽采量为 700 m³/d。

页岩气储藏特征决定了钻探工程的难度,同时,钻探工程的质量和效率直接影响着页岩气勘查评价和开采。所以,钻探工程在页岩气勘查评价和开发利用中占着举足轻重的地位。

1 牟页区块地质与地层

1.1 勘探区块地理位置

河南省牟页勘查区块面积为 1395.99 km²,涉及郑州、中牟、开封等行政区。其中,牟页 1 井位于开封县西姜寨乡佛堂王村,如图 1 所示。

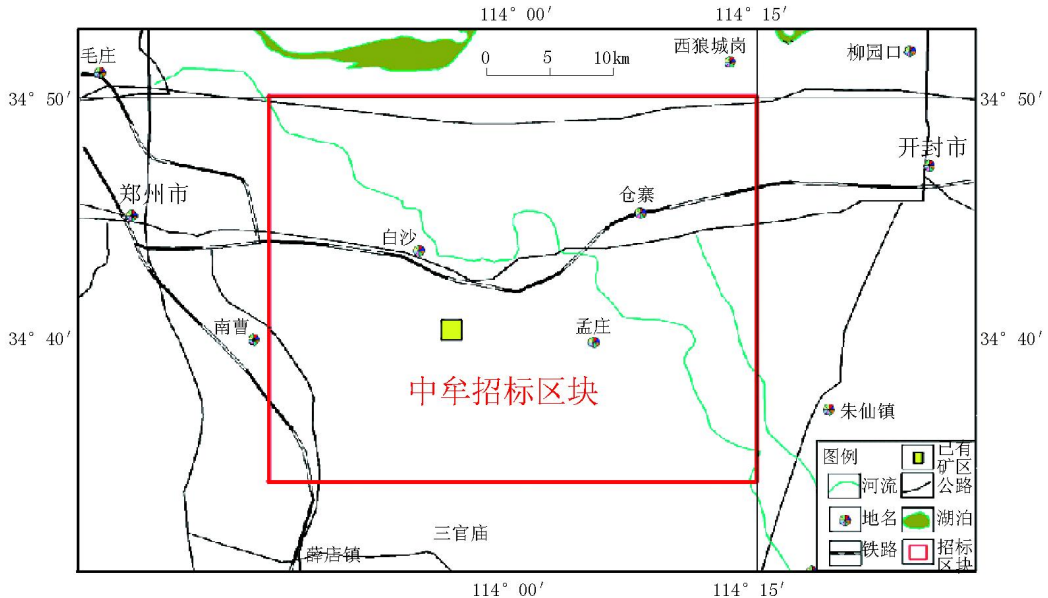


图 1 河南牟页勘查区块交通位置图

1.2 区域构造与地层

中牟勘查区大地构造位置处于开封坳陷西南部及太康隆起西北部。区内南部为一缓北倾的复式背斜断块构造,北部呈陡倾的次级凹陷。区内断裂较为发育,主要有中牟断层、武陟断层和开封断层。自古生代至三叠系接受了海相海陆过渡相和陆相沉积,保存了比较完整的上古生界煤系地层,为煤层气、砂岩气和页岩气的储藏创造了有利条件。

勘查区为第四系和新近系覆盖,仅有极其零星的三叠系露头,其他地层均深埋于地下。总体而言,区域主要发育奥陶系、石炭系、二叠系、三叠系、侏罗系、白垩系、古近系和第四系。钻遇的地层岩性主要有泥岩、粉砂质泥岩、泥质粉砂岩、中砂岩、细砂岩、泥质灰岩、炭质灰岩等,见表 1。

1.3 地层及岩性特征

牟页区块地层主要以泥岩和砂岩为主。其中,

表 1 中牟勘查区及周围综合地层表

界	地层系统			地质分层		主要岩性	
	系	统	组	深度/m	厚度/m		
新生界	第四系			200	200	细砂、亚砂土	
	新近系		明化镇组	840	640	泥岩、中砂岩、粉砂质泥岩	
			馆陶组	1520	680	泥岩、细砂岩、泥质粉砂岩、中砂岩	
中生界	三叠系	下统	和尚沟组	1855	365	泥质粉砂岩、粉砂质泥岩、粉砂岩、泥岩	
			刘家沟组				
		上统	孙家沟组	2115	230	泥岩、泥质粉砂岩、粉砂质泥岩	
			平顶山组	2190	75	细砂岩、泥岩、中砂岩	
	上古生界	二叠系	中统	上石盒子组	2510	320	泥岩、中砂岩、细砂岩、粉砂质泥岩
				下石盒子组	2810	300	泥岩、细砂岩、粉砂质泥岩、炭质泥岩
		下统	山西组	2890	80	粉砂质泥岩、中砂岩、炭质灰岩、泥岩、煤	
			太原组	2990	100	泥岩、泥质灰岩、炭质灰岩、煤、细砂岩	
下古生界	石炭系	上统	本溪组	3000	10	泥岩、泥质灰岩、灰质白云岩	
	奥陶系	中统	马家沟组	3028	28	泥质灰岩、灰质白云岩	

上部泥岩和砂岩多数为泥质胶结,结构疏松,易水化造浆;下部泥岩吸水性较差,致密、质纯、硬、脆,砂岩成分则以石英为主,次为岩屑和长石,较致密。其中第四系、新近系岩石可钻性1~3级占总钻探进尺的49%,三叠系、二叠系部分泥岩、砂质泥岩可钻性4~6级占总钻探进尺的46%,二叠系下部砂岩、灰岩、白云岩可钻性7级以上,占总钻探进尺的5%。

2 钻探主要问题及原因分析

2.1 钻探主要问题

牟页1井属于该区块页岩气调查井,实际井深3028 m,钻探施工周期105 d,纯钻时间共计31 d,占全部施工周期的29.5%,其井身结构和钻进方法如图2所示,钻遇地层和主要问题见表2。

通过实际钻井过程和图2、表2可看出:划眼通孔、

钻孔及套管结构	钻进方法	钻具组合	施工周期/d	机械钻速/(m·h ⁻¹)
	正循环泥浆	Ø600 mm 刮刀钻头 + Ø127 mm 钻杆	6	26.21
	正循环泥浆	Ø311.1 mm 钻头 + 浮阀接头 + Ø203 mm 无磁钻铤 + Ø165.1 mm 钻铤 + Ø127 mm 加重钻杆		
	螺杆马达钻进	Ø215.9 mm 钻头 + Ø171.5 mm 带扶正器螺杆马达 + Ø165.1 mm 无磁钻铤 + 震击器 + Ø165.1 mm 钻铤 + Ø127 mm 加重钻杆	31.65	3.48
	提钻取心钻进 (2802 ~ 2963 m)	Ø215.9 mm 取心钻头 + 川7-4 双筒取心管 + Ø165.1 mm 钻铤 + Ø165.1 mm 震击器 + Ø165.1 mm 钻铤 + Ø127 mm 加重钻杆	30.65	
	正循环泥浆	Ø152.4 mm 钻头 + Ø120.7 mm 钻铤 + 扶正器 + Ø120.7 mm 钻铤 + Ø88.9 mm 加重钻杆 + Ø88.9 mm 钻杆	37	0.22

图2 牟页1井钻孔结构示意图

表2 牟页1井钻遇地层和主要问题

开次	井深/m	地层及主要岩性	钻探主要问题
一开	416	第四系、新近系,细砂、亚砂土、泥岩、中砂岩、粉砂质泥岩	地层水化膨胀缩径、起下钻遇阻
二开	3015	新近系、三叠系、二叠系、石炭系,泥质粉砂岩、粉砂质泥岩、粉砂岩、中砂岩、泥岩细砂岩、泥质灰岩、灰质白云岩	1500 m 以浅泥岩水化膨胀缩径,下部井壁剥落坍塌、平均超径率21.77%、沉渣较多、卡钻,钻速低、钻头磨损快,其中取心145.14 m 耗时30.65 d
三开	3028	奥陶系,泥质灰岩、灰质白云岩	破碎掉块、井底沉渣多,钻速低

排渣、处理卡钻等辅助时间占用时间较多,纯钻时间不足1/3,从而导致钻探效率低的问题。特别是采用普通提钻取心方式,取心钻进145.14 m,占用时间高达30.65 d。造成这些问题的主要原因是上部钻孔缩径,下部孔壁剥落坍塌。

2.2 孔壁崩塌掉块问题分析

钻井液上返速度与孔壁稳定性和钻探效率有着直接关系。钻井液上返速度过低(层流),井内岩屑排出不彻底,易造成重复破碎、研磨钻头;若上返速度过高(紊流)则对孔壁冲刷作用增强,易造成崩塌、剥落、掉块和超径等。这些问题将导致起下钻遇阻、卡钻或埋钻事故^[6]。

假若把钻井液作为塑性流体,以综合雷诺数 $R_{e\text{综合}} > 2000$ 时为紊流,可按照公式(1)计算最低(临界)所需要的流速^[7]:

$$v_{\text{临界}} = \frac{10\eta_{\text{塑}} + 10 \sqrt{\eta_{\text{塑}}^2 + 2.52 \times 10^{-4} \rho \tau_0 (D-d)^2}}{\rho(D-d)} \quad (1)$$

式中: $v_{\text{临界}}$ ——临界返速,cm/s; $\eta_{\text{塑}}$ ——塑性粘度,Pa·s; ρ ——钻井液密度,g/cm³; τ_0 ——动切力,Pa; D ——井径,cm; d ——钻杆外径,cm。

钻井液的泵量可根据下式来确定^[8]:

$$Q = m(\pi/4)(D^2 - d^2)v_1 \quad (2)$$

式中: Q ——泥浆泵排量,m³/min; m ——由于孔壁、孔径不规则引起的上返速度不均匀系数, m 取1.03~1.1; D ——钻孔直径,m; d ——钻杆外径,m; v_1 ——钻井液在外环空间的上返速度,m/min。

式(2)表明:当环空面积一定时,钻井液的上返速度与泥浆泵的排量成正比。

牟页1井一开、二开和三开的钻井液密度 ρ 分别为:1.10、1.18、1.22 g/cm³,塑性粘度 $\eta_{\text{塑}} = 14 \text{ Pa} \cdot \text{s}$,动切力 $\tau_0 = 13 \text{ Pa}$,一开和二开钻杆外径 $d = 12.7 \text{ cm}$,三开钻杆外径 $d = 8.9 \text{ cm}$,取 $m = 1.1$ 。按照公式(1)和公式(2)分别计算一开、二开、三开不同井径的临

界上返速度和实际上返速度,具体计算值见表3。

从表3中可以看出:实际钻井液的上返速度均

表3 不同开次临界流速计算值与实际上返速度

开次	孔段/m	钻孔直径/mm	临界上返速度/($m \cdot s^{-1}$)	实际上返速度/($m \cdot s^{-1}$)	环空面积/ m^2	实际泵量/($L \cdot min^{-1}$)	超径率/%
一开	0.00~416	311	0.138	0.754	0.063	3152	
二开	416~3015	216	0.267	1.26/0.95(取心)	0.024	2000/1500(取心)	21.77
三开	3015~3028	152	0.364	1.26	0.012	1000	

远远高于临界上返速度的3.46~5.5倍,整个钻井过程中均呈现出紊流流态。孔内循环流速过高时,不但直接冲刷孔壁,起到冲蚀剥落作用,同时还改变了地层层理面矿物成分,从而出现片状或块状坍塌。特别是当岩性脆性较为明显和矿物成分不均时,该问题尤为突出。另外,钻井进入二开以后,纯钻时间短、停待或辅助时间长,导致地层岩石在钻井液中浸泡时间过长,使泥岩、泥质砂岩、页岩、泥灰岩等内部细小裂缝的缝尖应力强度因子增加,见图3,其结果是:岩石临界断裂韧性降低、裂缝逐步扩展、强度降低,易形成崩塌^[9]。

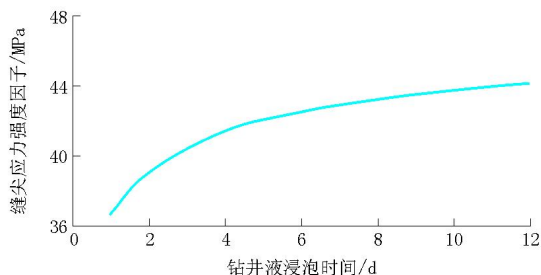


图3 泥岩浸泡时间与裂缝缝尖应力强度因子的关系

牟页1井二开钻头直径216 mm,实际井径平均262.9 mm,平均超径21.77%。钻孔超径后,对钻井液流态很难控制,同时对固井和孔内钻具安全造成较大影响。如:在取心钻进2897.24、2921.92、2931、2963 m时,因倒泵、加钻杆、割心等停止孔内循环几分钟时间则出现岩屑迅速沉淀,多次发生卡钻问题和事故。另外,在二开和三开钻进过程中由于孔壁剥落坍塌严重,钻具下入时均要耗费大量时间冲孔排渣。图4是牟页1井从孔底排出的崩塌掉块。

2.3 地层膨胀及钻孔缩径问题分析

页岩、泥岩、砂质泥岩和砂岩中的主要成分是高岭石、蒙脱石等粘土矿物,这些矿物的强亲水性使得该类岩石具有强烈的物理化学敏感性,特别是对水的敏感性^[10]。粘土矿物中其成分、含量和孔隙度不同,其物理化学敏感性和强度不同。试验证明:泥岩孔隙率与吸水量、吸水速率成正比关系^[11-13]。所以,当不同深度或不同时代的泥岩、页岩、砂质泥岩



图4 牟页1井崩塌掉块图像信息

或泥质砂岩等接触到钻井液时,其岩石破坏的方式、程度和速度不同。

从岩石破碎难易程度,按照前苏联M. M. 普罗托奇雅可诺夫提出的普氏硬度系数可将岩石划分为不坚固(软岩)和中等坚固(中等坚硬岩石)2种类型。其中,岩石结构疏松者其普氏硬度系数在1.5~3之间;岩石结构比较致密者,其普氏硬度系数多数在4~5之间。根据形成岩石时沉积时代不同,泥岩、页岩的塑性指数在5~23之间,属于粉土、粉质粘土和粘土范围。塑性指数愈大,表明泥岩或页岩中土的颗粒愈细,比表面积愈大,岩石中的粘粒或亲水矿物(如蒙脱石)含量愈高^[14],其可塑状态下含水量变化范围就愈大。

根据上述物理化学特性分析可知:(1)泥岩、泥质砂岩和页岩属于较软—中硬级别;(2)塑性指数较高,具有极强的亲水性和可塑性;(3)泥岩和页岩沉积时代不同,过程复杂,其矿物成分及含量不同,表现出各向异性特点。所以,可将泥岩和页岩划分为软岩和硬脆性岩石2大类^[15]。一般情况下,上部地层岩石孔隙率和塑性指数较大,岩石经过钻井液浸泡后易亲水产生膨胀缩径。下部较深地层岩石上覆地层压力较大、孔隙率较低、岩石强度较高,属于脆性岩石。当钻井液中水在外力冲刷和应力作用下,通过不同方式进入岩石微小裂缝后与粘土矿物发生物理化学作用后出现崩塌、剥落、掉块等现象。

牟页1井一开地层主要由细砂、亚砂土、泥岩、中砂岩、粉砂质泥岩等组成。其中:泥岩特征为:棕

色,质较纯,性较软,吸水造浆,微含粉砂,局部含灰质,滴酸起泡。中砂岩特征为:棕色,中粒为主,少量细粒,成分以石英为主,岩屑次之,少量长石,次棱角状,分选中等,泥质胶结,胶结中等,泥岩含量20%。泥质粉砂岩特征为:棕色,粉粒,少量细粒,泥质胶结,局部含灰质,滴酸起泡,胶结中等,泥岩含量35%。这些特征反映出岩性不同,但是均属于泥质胶结,含有大量粘土矿物。在钻井液长期浸泡下,岩石中大量的粘土矿物极易发生膨胀作用而产生钻孔缩径。实际中该井起下钻遇阻、反复划眼或长时间大泵量冲孔则可足以证明上述的理论解释。

3 页岩气钻探关键技术

通过上述研究分析可知:页岩气钻探过程中孔壁稳定性的破坏是由于地层(岩石)与钻井液中的水分子之间物理化学作用的结果。地层(岩石)在钻井液中浸泡时间越长,岩石和孔壁的稳定性的越差,极易造成严重缩径或超径问题。所以,快速钻探、快速完钻对孔壁稳定具有重要意义。即:页岩气钻探工程中,钻井液技术和钻探工艺合理选择最为关键。

3.1 钻井液与上返速度选择原则

通过理论分析研究和大量的实践证明:钻井液的化学性质对泥岩、泥质砂岩、页岩等孔壁稳定性起着一定作用^[16-19],钻井液流态(上返速度)对孔壁的稳定性的同样有着直接影响。所以,在实际钻探过程中就钻井液选择和孔内循环介质的上返速度(紊流和层流)控制应把握以下原则。

(1)泥岩、泥质砂岩、页岩等以粘土矿物组成的岩石亲水性较强,在钻进过程中易出现岩石膨胀(缩径)或崩塌掉块(超径)等问题,应根据不同地层或岩石特性选择抑制性较好的钻井液尤为重要。

(2)实践证明:在页岩气钻探过程中,钻井液粘度越高,孔壁达到临界坍塌破坏点的时间越长,孔壁则越稳定^[20]。同时,粘度越高循环系统携渣能力越强,并且孔内岩屑或崩塌物沉降速度越慢,可以降低“砂桥”卡钻或埋钻的风险。所以,合理选择钻井液粘度,不仅可以提高孔壁的稳定性的,还可以减少孔内的卡钻、埋钻事故和岩屑的重复破碎。

(3)泥岩、泥质砂岩、页岩等对钻井液中的水分子具有极强的敏感性,同时其物理化学作用对近孔壁地层的强度影响巨大^[21],钻井液密度(孔内液柱压力)对孔壁坍塌、掉块有直接关系。特别是深部

地层出现岩石崩塌、掉块现象时,在不压裂地层条件下尽可能提高钻井液密度,以免产生孔壁失稳问题。

(4)钻孔孔壁的稳定性的与钻井液流态有关。当钻井液处于层流状态时,有利于孔壁稳定。但是,上返流速过低则导致携渣能力差,孔底岩屑不能及时排除,易造成重复破碎、钻头研磨和钻探效率低。当钻井液处于紊流状态,上返速度过高时,钻探效率明显提高,但是,钻井液对孔壁冲刷作用增强,不利于孔壁稳定,易造成崩塌、掉块、孔壁超径率过大等问题。所以,针对不同的地层选择合适的钻井液流态对稳定孔壁、提高效率具有主要的意义。

(5)钻井液流态(上返速度)与泥浆泵排量、钻孔环空面积、流态密度、岩屑颗粒直径等有着直接关系。在地层特征了解和以往钻探经验基础上,根据钻孔结构和钻具规格合理选择泥浆泵排量至关重要^[22]。

3.2 钻探工艺选择

3.2.1 不同类型页岩气井钻探工艺选择

页岩气钻探(井)大致可分勘查井和生产井2大类型,勘查阶段又分参数井、战略调查井、预探井等^[23]。根据目前国内外钻探工艺发展趋势,复合钻探工艺已成为高效钻探的主要手段。实践证明:页岩气钻探中采用多种钻探工艺组合使用时,可以明显地提高钻探效率。不同阶段钻探目的不同其工艺也有所区别,主要有全面钻进、取心钻进、气体钻进等。如:页岩气生产井可采用“空气钻进+正循环钻井液钻进(螺杆马达)”工艺;页岩气参数井(调查井)可采用正循环钻井液钻进(螺杆马达)+绳索取心“二合一”钻探工艺等^[24]。见表4。

3.2.2 不同地层条件钻探工艺选择

一般页岩气埋藏深度都在2000~4000m,有海相、陆相和海陆过渡相3种主要类型。由于页岩气赋存地层条件的多样化钻进过程中会钻遇多种地层条件,所以,根据不同地层条件选择合理的钻探工艺可实现快速钻进目的,表5是卢予北、蒋国盛、陈莹等人完成的2013年度河南省地质科研项目(编号:2013-09)《页岩气钻探技术研究》中提出的钻探工艺选择。

页岩气钻探中,对于需要取心的孔段,绳索取心钻进和油气密闭取心两种工艺可适应的地层条件范围广,空气取心钻进在地下水丰富地区不适用;对于全面钻进孔段,正循环钻井液钻进适用的地层条件范围广,空气钻进不适用于含浅层气及H₂S的地层。

表4 不同类型页岩气钻探工艺选择

页岩气井类型	钻探(井)目的	适用的钻探工艺
参数井	了解区域构造、地层层序、厚度、岩性、生气储气及该层条件	绳索取心钻探工艺 正循环钻井液钻进(螺杆马达)+绳索取心 正循环钻井液钻进(螺杆马达)+密闭取心
	获取页岩气地质参数	空气取心钻进工艺(缺水、严重漏失地层)
预探井	发现页岩气藏、验证页岩气产气能力	正循环钻井液钻进(螺杆马达) 空气潜孔锤钻进工艺(缺水、严重漏失地层)
	查明气藏分布、厚度、地层岩性物性以及含气量,评价气田规模、生产能力及经济价值	正循环钻井液钻进(螺杆马达)+绳索取心 正循环钻井液钻进(螺杆马达)+密闭取心 正循环钻井液钻进(螺杆马达) 空气/泡沫欠平衡钻进
生产井	采气	正循环钻井液钻进(螺杆马达) 空气钻进+正循环钻井液钻进工艺 空气/泡沫欠平衡钻进工艺 空气潜孔锤钻进工艺

表5 不同地层条件的页岩气钻探工艺选择

地层条件	钻探工艺	
	取心钻进	全面钻进
稳定松散地层	绳索取心钻进、油气密闭取心钻进、石油钻井+绳索取心钻进	正循环钻井液钻进
基岩地层	空气取心钻进、绳索取心钻进	空气潜孔锤钻进、正循环钻井液钻进
无水或缺水地层	空气取心钻进	正循环钻井液钻进、空气潜孔锤钻进、泡沫钻进
地下水丰富地区	绳索取心钻进、油气密闭取心钻进、石油钻井+绳索取心钻进	正循环钻井液钻进空气、泡沫钻进、充气钻井液钻进
破碎、漏失地层	空气取心钻进、绳索取心钻进	空气钻进(不含浅层气及H ₂ S)、泡沫钻进、空气潜孔锤钻进

4 结语

通过上述研究分析和大量的工程实践可知:影响页岩气钻探工程的主要问题可以划分为客观原因和主观因素2个方面。客观原因主要是因为钻遇地层(岩石)对钻井液中水分子具有极强的敏感性,而造成不同深度的膨胀缩径和孔壁崩塌掉块超径等问题,对钻探带来许多潜在的风险。主观因素主要是钻井液性能指标和化学性质不能起到较好地抑制和控制作用;其次是钻头适应性选择、泵量合理控制、钻探方法优选等钻探工艺没有达到最佳选择。为此,结合地层或岩石的物理化学性质各向异性特点,在页岩气钻探工程中钻井液对地层的抑制性和

控制性。同时,选择合理的工艺或方法对快速钻探、孔壁稳定、降低事故具有重要的现实意义。

参考文献:

- [1] 张金川,金之钧,袁明生.页岩气成藏机理和分布[J].天然气工业,2004,24(7):15-18.
- [2] 王丽波,郑有业.中国页岩气资源分布与节能减排[J].资源与产业,2012,14(3):24-30.
- [3] 张抗,谭云冬.世界页岩气资源潜力和开采现状及中国页岩气发展前景[J].当代石油石化,2009,17(3):9-12,18.
- [4] 张金川,徐波,聂海宽,等.中国页岩气资源勘探潜力[J].天然气工业,2008,28(6):136-140.
- [5] 李登华,李建忠,王社教,等.页岩气藏形成条件分析[J].天然气工业,2009,29(5):22-26.
- [6] 闫存章,黄玉珍,葛春梅,等.页岩气是潜力巨大的非常规天然气资源[J].天然气工业,2009,29(5):1-6.
- [7] 吴焯,卢予北,陈莹.钻井液流态对孔壁稳定性的影响[J].煤田地质与勘探,2013,41(3)90-93.
- [8] 鄢捷年.钻井液工艺学[M].山东东营:中国石油大学出版社,2003:1-85.
- [9] 乌效鸣,胡郁乐,贺冰新,等.钻井液与岩土工程浆液[M].湖北武汉:中国地质大学出版社,2002:10-11.
- [10] 卢运虎,陈勉,金衍,等.钻井液浸泡下深部泥岩强度特征试验研究[J].岩石力学与工程学报,2012,31(7):1400-1405.
- [11] 聂兴平,杨川琴,孙宝华,等.泥页岩井壁失稳机理研究[J].内蒙古石油化工,2010,(24):183-184.
- [12] 何满潮,周莉,李德建,等.深井泥岩吸水特性试验研究[J].岩石力学与工程学报,2008,(6):1113-1115.
- [13] 徐同台.油气田地层特性与钻井液技术[M].北京:石油工业出版社,1998:336-369.
- [14] 孙强,冯永,朱术云,等.饱水岩石加载变形过程中视电阻率-渗透率的关联性[J].煤田地质与勘探,2012,40(2):86-87.
- [15] 卢予北,张林霞.页岩地质特征及钻井液选择[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,2015:416-423.
- [16] 刘波,鄢捷年.高效防塌钻井液的研制及在新疆塔河油田的应用[J].石油大学学报:自然科学版,2003,27(5):56-59.
- [17] 邓虎,孟英峰.泥页岩稳定性的化学与力学耦合研究综述[J].石油勘探与开发,2003,30(1):109-111.
- [18] OORT Van, HALE Mody. Critical parameters in modeling the chemical aspects of borehole stability in shales and in designing improved water based shale drilling fluids[R].SPE 28309,1996.
- [19] 王建华,刘杰,张进.页岩气开发钻完井技术探讨[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2015,42(10):1-5.
- [20] 程远方,张锋,王京印,等.泥页岩井壁坍塌周期分析[J].中国石油大学学报:自然科学版,2007,31(1):63-71.
- [21] 王倩,周英操,唐玉林,等.泥页岩井壁稳定影响因素分析[J].岩石力学与工程学报,2012,31(1):171-179.
- [22] 卢予北,吴焯,陈莹.页岩气钻探关键技术问题分析研究[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2012,39(S1):27-31.
- [23] 彭黎臻,吴聪,李奋强.浅析页岩气钻井井别分类及井号命名[J].江西煤炭科技,2014,(4):129-132.
- [24] 卢予北,吴焯,陈莹.绳索取心工艺在大口径深部钻探中的应用研究[J].地质与勘探,2012(6):1221-1228.