

新疆尼勒克地区煤层气井钻井复杂处理技术

——以 HDCS-2 井为例

王虎¹, 胡永¹, 朱迪斯^{2,3,4*}

(1. 新疆亚新煤层气投资开发(集团)有限责任公司, 新疆乌鲁木齐 830063; 2. 中国地质调查局油气资源调查中心, 北京 100083; 3. 多资源协同陆相页岩油绿色开采全国重点实验室, 北京 100083; 4. 中国地质调查局非常规油气地质重点实验室, 北京 100083)

摘要: HDCS-2 井是部署在伊犁盆地尼勒克坳陷的一口煤层气参数井+生产试验井, 钻井实施过程中通过优化钻井液参数、高黏钻井液洗井、爆炸松扣等技术措施, 解决了长裸眼煤系地层坍塌掉块、提下钻具遇阻、埋钻等钻井复杂问题, 保障工程顺利完钻并实现地质目的。利用 HDCS-2 井岩样进行了岩石矿物分析测试和扫描电镜观察并基于测井资料构建了三压力剖面, 分析了井壁失稳的机理, 提出如下改进措施: 采用三开井身结构; 采用高切力防塌钻井液体系; 掉块时可配制高黏钻井液(滴流)进行洗井; 慢速起下钻; 优化钻具组合, 煤系地层钻进中配置随钻震击器。对该区域深部煤层气钻井工程实施具有重要实践指导意义。

关键词: 煤层气井; 井壁稳定; 钻井复杂; 钻井液; 三压力剖面

中图分类号: TE28; P634.8 **文献标识码:** B **文章编号:** 2096-9686(2025)02-0020-08

Complex processing technology for coalbed methane wells in Nileke area, Xinjiang: Taking Well HDCS-2 as an example

WANG Hu¹, HU Yong¹, ZHU Disi^{2,3,4*}

(1. Xinjiang Yaxin Coalbed Methane Investment and Development (Group) Co., Ltd., Urumqi Xinjiang 830063, China; 2. Oil & Gas Survey, China Geological Survey, Beijing 100083, China; 3. State Key Laboratory of Continental Shale Oil, Beijing 100083, China; 4. The Key Laboratory of Unconventional Petroleum Geology, China Geological Survey, Beijing 100083, China)

Abstract: HDCS-2 well is a coalbed methane parameter well and production test well deployed in the Nileke Depression of the Ili Basin. Through optimizing drilling fluid parameters, high viscosity drilling fluid flushing, explosive loosening and other technical measures, the drilling complexity problems are solved including block falling, drilling tool obstruction during the tripping, and buried drilling in long open hole of the coal bearing strata, ensuring the completion of the project and the achievement of the geological objectives. Rock mineral analysis testing and scanning electron microscopy observation were conducted using samples from Well HDCS-2, and a three pressure profile was constructed based on logging data to analyze the mechanism of wellbore instability. Improved measures for subsequent projects are suggested as follows: three-section well configuration and a high shear anti collapse drilling fluid system should be adopted, high viscosity drilling fluid (drip) can be configured for well flushing when encounters falling blocks in the well, slow drilling and tripping, optimizing the

收稿日期: 2025-02-13; 修回日期: 2025-02-20 DOI: 10.12143/j.ztgc.2025.02.003

基金项目: 中国地质调查局地质调查项目“西部重点盆地油气地质调查与评价”(编号: DD20240044)、“重点参数井钻探及配套技术应用”(编号: DD20242400)

第一作者: 王虎, 男, 汉族, 1974年生, 高级工程师, 钻井工程专业, 从事石油工程技术工作, 新疆乌鲁木齐市高新区(新市区)四平路266号科创花苑2#商业办公楼B4栋, 642678749@qq.com。

通信作者: 朱迪斯, 男, 汉族, 1982年生, 正高级工程师, 地质工程专业, 硕士, 从事钻井工程、地勘设备研发等工作, 北京市海淀区奥运大厦, judith163@163.com。

引用格式: 王虎, 胡永, 朱迪斯. 新疆尼勒克地区煤层气井钻井复杂处理技术——以 HDCS-2 井为例[J]. 钻探工程, 2025, 52(2): 20-27.

WANG Hu, HU Yong, ZHU Disi. Complex processing technology for coalbed methane wells in Nileke area, Xinjiang: Taking Well HDCS-2 as an example[J]. Drilling Engineering, 2025, 52(2): 20-27.

drilling tool assembly as well as equip drilling vibration hammer during drilling in coal bearing strata. The study can provide valuable practical guidance for subsequent coalbed methane drilling in the region.

Key words: coalbed methane well; wellbore stability; drilling complexity; drilling fluid; three pressure profile

0 引言

尼勒克煤田是伊犁煤田的重要组成部分,根据前期勘查,预测尼勒克全县可开发煤层气的煤炭资源量为87.5亿t,煤层气资源量为525亿m³,其中:胡吉尔台南部矿区矿权面积109 km²,煤炭资源量31.5亿t,预测煤层气资源量为126亿m³,煤层气开发前景十分可观^[1-2]。该地区前期钻井基本为煤田浅井,2022年有关单位在新疆伊犁州尼勒克县胡吉尔台南部完钻了伊犁盆地第一口煤层气参数井HCS-3井^[3],完钻井深1608 m,但该地区深部煤层气尚未形成配套钻井技术。HDCS-2井为煤层气参数井+生产试验井,构造位置位于伊犁盆地尼勒克坳陷喀什河向斜南翼一号背斜北翼,部署目的是落实井区构造特征、地层层序及煤系烃源岩、储层、盖层发育

情况及分布特征,查明尼勒克坳陷胡吉尔台东中侏罗统煤系地层含气情况,明确勘探开发主要目的层段。该井所在区域八道湾组基本无实钻资料,钻井过程中地层岩性复杂,掉块、垮塌等复杂风险层位多,裸眼段长,钻井难度大。本文总结分析该井钻井工程经验,并通过井壁稳定性分析对钻井工程设计优化提出了建议,对尼勒克地区深部煤层气钻井技术具有重要实践指导意义。

1 钻遇地层与工程难点

1.1 钻遇地层

HDCS-2井钻遇地层自上而下依次为第四系、侏罗系中统西山窑组、侏罗系下统三工河组、侏罗系下统八道湾组,如表1所示。

表1 钻遇地层分层数据
Table 1 Drilling formation layering data

界	系	统	组	设计垂深/m	设计垂厚/m	实钻垂深/m	实钻垂厚/m
新生代	第四系			22.80	22.80	22.80	22.80
中生界	侏罗系	上统	西山窑组(J _{2x})	1750.80	1728.00	1744.00	1721.20
		下统	三工河组(J _{1s})	1931.80	181.00	1920.00	176.00
			八道湾组(J _{1b})	2400.00(未穿)	468.20	2235.00(未穿)	315.00

1.2 区域主要钻井工程难点

结合区域地质资料和邻井施工经验,钻井施工具有以下技术难点:

(1)区域缺少垂深>1000 m的地震资料,不能明确井区目的层(垂深>1500 m)地层产状、断层产状变化的具体数据,不能明确是否存在小断层,导致预测钻遇地层深度、厚度与实钻数据可能有一定偏差。

(2)地层倾角不明确,且泥岩、砂岩、粉砂岩、煤岩互层频现,可能会引起井斜超标。

(3)侏罗系裸眼井段长,岩性变化多,泥岩较发育,煤层较脆、裂缝割理发育,钻井液性能控制不当容易发生井壁垮塌^[4-5]。

(4)取心过程中,下入打捞器打捞岩心筒、出心、重新下入岩心筒,钻具在井中静置时间较长,容

易引起卡钻。

2 HDCS-2井钻井工程情况

HDCS-2井设计井深2400 m。由于尼勒克地区无深部煤层实钻资料,故本井参考拜城地区煤层气钻井工程,采用二开井身结构(见表2)。其中二开钻进至2194 m(八道湾组)时发生煤层坍塌卡钻,侧钻至2235 m后完钻。

2.1 井身结构

一开采用 $\varnothing 444.5$ mm三牙轮钻头,钻进至井深201 m后下入 $\varnothing 339.7$ mm套管。钻具结构为: $\varnothing 444.5$ mm PDC钻头+730/630双母+ $\varnothing 203$ mm定向接头+ $\varnothing 203$ mm钻挺+630×410变径接头+ $\varnothing 165$ mm钻挺+ $\varnothing 127$ mm钻杆。

二开采用 $\varnothing 215.9$ mm PDC钻头,钻进至2194

表2 井身结构
Table 2 Well configuration

井眼开次	钻头尺寸/mm	井深/m	套管规格		下深/m	
			钢级	外径/mm		壁厚/mm
一开	444.5	201	J55	339.7	9.65	199.98
二开(侧钻)	215.9	2235	P110	139.7	9.17	2103.9
二开(原井眼)	215.9	2194				

m卡钻,爆炸松扣回填侧钻至井深2235 m后下入 $\Phi 139.7$ mm套管完钻,完钻地层八道湾组(未穿)。钻具组合为: $\Phi 215.9$ mm PDC+ $\Phi 172$ mm螺杆 1.25° + $\Phi 165$ mm MWD短节+ $411\times 4A10$ 变径接头+ $\Phi 165$ mm无磁钻铤+ $4A11\times 410$ 变径接头+ $\Phi 139$ mm加重钻杆+ $\Phi 127$ mm钻杆。

2.2 时效分析

本井钻井总时间为2612 h,生产时间为1877.33 h,纯钻时间为684.95 h,纯钻时间占生产时间的36.59%,机械钻速为3.26 m/h,钻井月速为615.70 m/台月,时效统计见表3。

表3 工程时效统计
Table 3 Engineering efficiency Statistics

总时间/h		2612
	纯钻	684.95
	起下钻接单根扩划眼循环	631.14
生产时间/h	测井	45
	固井	7.5
	辅助	508.74
	合计	1877.33
	合计	734.67
	修理	41.17
非生产时间/h	复杂	104.5
	停待	/
	其它	589
机械钻速/($m\cdot h^{-1}$)		3.26
钻井月速/($m\cdot 台月^{-1}$)		615.7

2.3 取心情况

根据取心设计原则,在上侏罗统西山窑组见显示煤层绳索取心9次70筒,进尺102.42 m,心长97.58 m,采取率95.27%;下侏罗统八道湾组见煤层显示层绳索取心1次4筒,进尺4.71 m,心长4.60 m,

采取率97.66%;共计取心10次74筒,累计进尺107.13 m,心长102.18 m,采取率95.38%,满足设计要求(部分岩心见图1)。取心过程轻压慢转;取心内管采用半合管结构,便于煤心完整取出,避免破碎;并配备防堵心装置,防止煤心脱落或卡滞。取心钻具组合为: $\Phi 215.9$ mm取心钻头+取心外筒+悬挂接头+ $411\times$ 海姆龙扣变径接头+ $\Phi 139$ mm加重钻杆 $\times 8$ +海姆龙扣 $\times 410$ 变径接头+ $\Phi 127$ mm钻杆串,钻进参数见表4。



图1 729.60~1080.20 m区间岩心照片
Fig.1 Core photo of 729.60~1080.20m

表4 取心钻进参数
Table 4 Core drilling parameters

钻压/kN	转速/($r\cdot min^{-1}$)	排量/($L\cdot s^{-1}$)
30	40	28

2.4 钻井工艺技术

2.4.1 一开井段

一开井斜控制 $\geq 2.0^\circ$,钻进地层的主要岩性为第四系松散土层、上侏罗统西山窑组的泥岩与砂岩地层,地层胶结较为疏松,表层钻进应注意防漏和防塌^[6]。

2.4.1.1 井身质量控制措施

(1)为了保证井身质量,开孔吊打,轻压钻进,逐渐加深后转入正常钻进,中途若需循环,在循环过程中活动钻具提拉井壁。

(2)开孔20~30 m领眼靠水冲力钻进;在钻具晃动不严重的前提下逐步提高参数。

(3)使用随钻测斜仪器,每钻进3根测斜1次并及时纠斜,必要时加密测点,保证井身质量。

(4)接单根后先开泵、缓开泵;循环过程中防止定点循环,注意上下活动钻具,防止出现“大肚子”井眼。

2.4.1.2 钻井液工艺

采用膨润土钻井液体系,开钻前对配制钻井液

用水进行 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 的矿化度化验分析,根据含量用 Na_2CO_3 等材料进行处理,钻进过程中加入少量聚合物提高钻井液携砂性能,要求钻井液维持井壁稳定和快速安全钻进,钻井液关键性能指标见表5。

表5 一开钻井液性能指标

Table 5 Drilling fluid properties of first section

井段	密度/($\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$)	漏斗黏度/s	API滤失量/mL
一开	1.03~1.05	30~80	≤ 15

2.4.2 二开井段

二开井斜控制 $\geq 7.0^\circ$,钻进地层为西山窑组、三工河组、八道湾组等侏罗系煤系地层,易发生掉块或井壁坍塌。

2.4.2.1 井身质量控制措施

(1)钻进水泥与地层交界面时容易井斜,钻压控制在20~30 kN,待无磁钻铤进入新地层后再正常加压钻进。

(2)直井钻进3个单根进行一次井斜、方位的测量。

(3)复合钻进时,可根据现场施工情况,调整钻进参数,提高施工速度。

(4)做好钻井液性能维护和直井轨迹控制,减少托压,同时控制好黏度,保证井径,增加冲刷力,防止钻头泥包。

(5)随钻研讨定向作业预案,尽可能进行复合钻进,加强井眼轨迹控制,确保后期生产套管顺利下入。

2.4.2.2 钻井液工艺

采用聚合物钻井液体系,钻井过程中维护井壁,保证煤层段稳定,同时优化使用材料减小对煤层污染。定时测量钻井液性能变化量,每班测量一次密度、黏度、失水量、含砂量等性能,每天测量一次全套钻井液性能,钻井液关键性能指标见表6。

2.5 钻井复杂情况技术对策

2.5.1 掉块及应对措施

本井在钻进至1200 m时开始有煤层掉块(见图

表6 二开钻井液性能指标

Table 6 Drilling fluid properties of the second section

井段	密度/($\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$)	漏斗黏度/s	API滤失量/mL
二开	1.05~1.20	30~50	≤ 5

2),最大长径可达10 cm。掉块会增加钻井的难度,井壁掉落的岩石块可能会导致卡钻,导致无法正常钻进;此外,掉块还可能导致钻井液的流动受阻^[7],影响钻井液的循环冷却和润滑作用,进一步增加钻井的难度和风险,严重影响钻探工程质量和施工效率。



图2 煤层掉块

Fig.2 falling blocks in Coal seam

应对措施:

(1)改善钻井液性能,将漏失量降到4 mL,减少钻井液中自由水进入井壁对井壁造成的浸泡;提高钻井屈服值和屈服值/塑性黏度比值,保持环空平板层流状态^[8-9];逐步提高钻井液密度。

(2)控制起下钻速度,减少激动压力和抽吸压力对井壁的破坏。

(3)下钻至1200 m左右进行中途循环,循环时大范围活动钻具,避免在定点循环冲垮井壁。

2.5.2 起下钻遇阻及应对措施

本井钻进至2193 m后,起钻后下钻至1930 m遇阻,开泵划眼至井段2082~2087 m与2176~2185 m处出现“大肚子”情况,分析原因为前期绳索取心过程中,井筒内钻井液长时间静止,无法形成高质量泥饼,对井壁产生渗透性浸泡,通井时井壁坍塌形成“大肚子”^[10]。

应对措施:

(1)对遇阻井段进行划眼,划眼时控制钻压(15~20 kN),防止划出新井眼。

(2)若遇转盘负荷增加等异常,第一时间上提钻具。

(3)通过调配高黏钻井液(滴流)携带“大肚子”井段中掉块,返出的掉块已经在“大肚子”井眼中长时间翻滚被磨圆(如图3)。

2.5.3 埋钻及应对措施

本井通过调配高黏钻井液(滴流)携带掉块划眼通过遇阻和“大肚子”井段,耗时5 d。之后钻进至2194 m后,出现钻具提下困难,在泵入高黏钻井液



图3 返出的掉块

Fig.3 The returned falling blocks

时泵压突然上升到 20 MPa 停泵,试开泵憋泵同时导致跳闸断电,恢复送电后上提钻具悬重 800~1000 kN,同时无法下放转动,分析为井壁坍塌埋钻。由于未在钻具组合中配置随钻震击器,无法采用震击解卡,只能通过小排量顶通+转盘憋转尝试解卡。

应对措施:

(1)每隔 1.5 h 进行以下作业:转盘加扭 8~10 圈,如加扭可静止释放,多次加扭静止;活动钻具,上提钻具快速下放冲击力尝试;小排量开泵尝试顶通,憋压后停半小时打开回压阀回压继续小排量开泵。

(2)测卡点,爆炸松扣。下打捞通径加重杆进行钻具通径,测卡点电缆深度为 1747 m,松扣作业完成后,起出井内钻具事故解除,井内“鱼头”位置 1746.51 m,“鱼长”427.98 m。

(3)注水泥封固复杂井段至 1160 m 后侧钻。

3 井壁稳定性分析及优化设计

由 HDCS-2 井实钻情况分析,本井由于井壁失稳导致坍塌卡钻。根据尼勒克地区地质特点和实钻资料,开展井壁稳定分析研究,对井身结构、钻井液密度等提出优化设计建议。

3.1 岩石矿物组成

对 HDCS-2 井部分岩心样品进行全岩及黏土矿物分析,结果见表 7 和表 8。该井钻遇地层矿物以石英和黏土矿物为主,部分层段白云石或含铁矿物含量较高。黏土矿物含量一般在 30% 左右,其中以高岭石为主,在煤层中占黏土矿物含量 80% 以上,在泥岩中平均占黏土矿物含量 50% 以上。较高的

黏土矿物含量表明地层的强度较低,黏土矿物以高岭石为主则表明地层的水化膨胀作用相对较弱^[11-12]。

表 7 地层全岩矿物分析结果

Table 7 Mineral composition of rocks

编号	矿物含量/%						
	石英	钾长石	斜长石	白云石	铁白云石	菱铁矿	黏土矿物
煤层-1	42.7	3.5	4.4	6.7			42.7
煤层-2	30.5	4.5	4.5		10.2	19.9	30.4
煤层-3	19.5			50.2		23.1	7.2
煤层-4	62.7						37.3
泥岩-1	60.4	4.1	9.4				26.1
泥岩-2	48.2	3.9	4.4	7.5			36
泥岩-3	56.5	3.4	5				35.1

表 8 黏土矿物分析结果

Table 8 Analysis results of clay minerals

编号	黏土矿物含量/%				伊蒙混层含量/%	
	伊利石	高岭石	绿泥石	伊蒙混层	蒙脱石	伊利石
煤层-1	6	88		6	25	75
煤层-2	9	91				
煤层-3	7	93				
煤层-4	10	84		6	25	75
泥岩-1	9	87		4	25	75
泥岩-2	13	47	24	16	20	80
泥岩-3	19	53	18	10	20	80

通过扫描电镜观察煤岩样品,发现其结构疏松,呈团块状结构,微裂缝发育,煤质及黏土矿物集合体均呈条带状分布(如图 4 所示)。综合岩矿分析和电镜观察结果,钻井液易于进入微裂缝,降低岩石强度,诱发井壁坍塌掉块^[13]。

3.2 三压力剖面构建及优化设计

尼勒克地区地层中黏土矿物含量较高,地层强度较低,同时微裂缝发育,钻井液滤失进入微裂缝进一步降低地层强度,诱发井壁失稳掉块,需设计合理钻井液密度,平衡地层压力,支撑给井壁,实现安全钻井^[14]。

利用测井资料及岩心力学实验构建单井地质力学剖面,进而结合实钻井数据获得 HDCS-2 井的三压力剖面(如图 5 所示),确定各个层段的钻井液安全密度窗口^[15-17]。

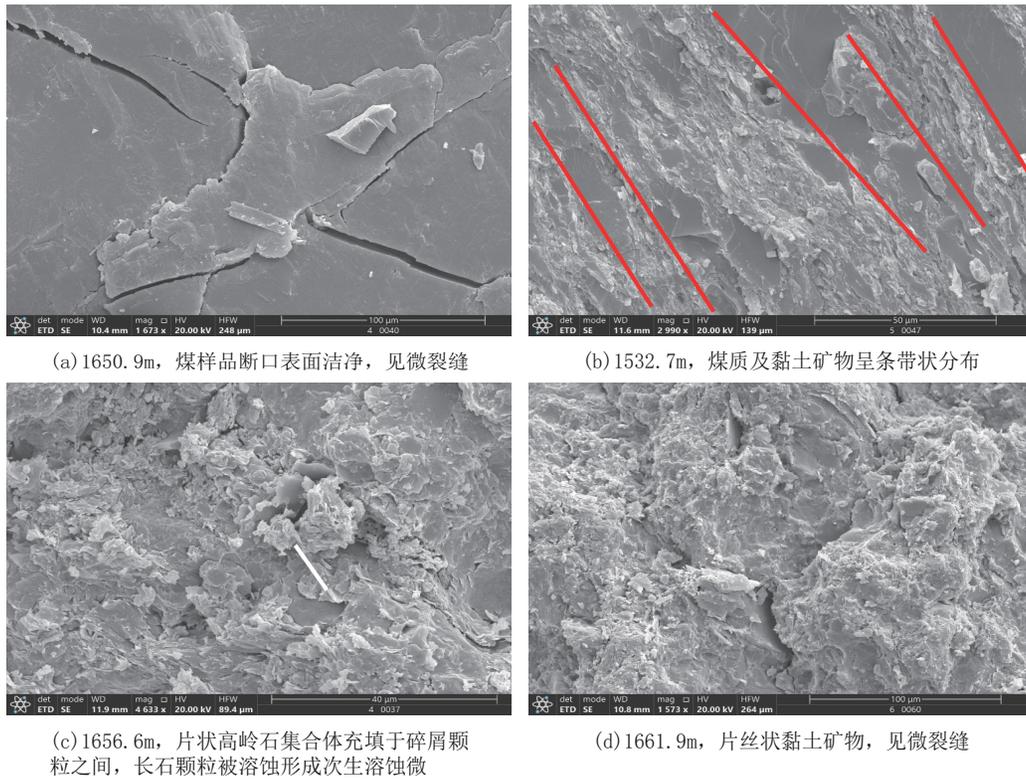


图4 岩心扫描电镜

Fig.4 Core scanning electron microscope pictures

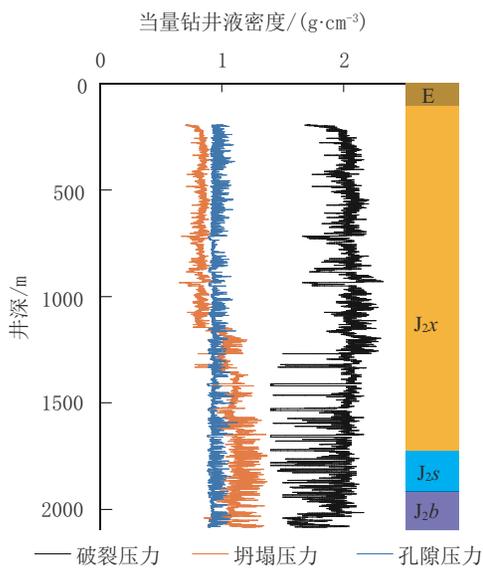


图5 三压力剖面

Fig.5 Three pressure profile

三压力剖面显示该井钻遇地层为常压地层^[18]。表层钻井液密度窗口较宽,地层破裂压力为2 g/cm³左右。自西山窑组(J_{2x})下部起,地层坍塌压力提升至1.1~1.2 g/cm³,破裂压力一般为1.9 g/cm³,部分

夹层段低至1.5 g/cm³。由于大量强度较低的煤层存在,三工河组(J_{2s})和八道湾组(J_{2b})地层破裂压力的变化幅度较大,上部钻井液密度窗口为1.2~1.4 g/cm³。由于深部地层缺乏测井资料,根据最下部的趋势推测八道湾组(J_{2b})下部地层坍塌压力将进一步增加。根据三压力剖面,建议优化钻井工程设计^[19-22],采用三开井身结构(如图6所示),二开进入三工河组下入套管,封隔上部西山窑组易失稳煤系地层,三开钻进三工河组(J_{2s})和八道湾组(J_{2b})等煤系地层;对比实钻二开井身结构,可有效减少煤系地层裸眼段长度,提高八道湾组深部煤系地层钻进和取心的安全性。同时建议钻井液密度为1.25~1.35 g/cm³,确保钻井液可以平衡地层压力,保持井壁稳定。

4 结论与建议

HDCS-2井实施过程中通过优化钻井液参数、高黏钻井液洗井、爆炸松扣等技术措施,解决了长裸眼煤系地层坍塌掉块、提放钻具遇阻、埋钻等钻井复杂问题。并基于岩心全岩及黏土矿物分析和扫描电镜可知尼勒克地区煤系地层中黏土矿物含

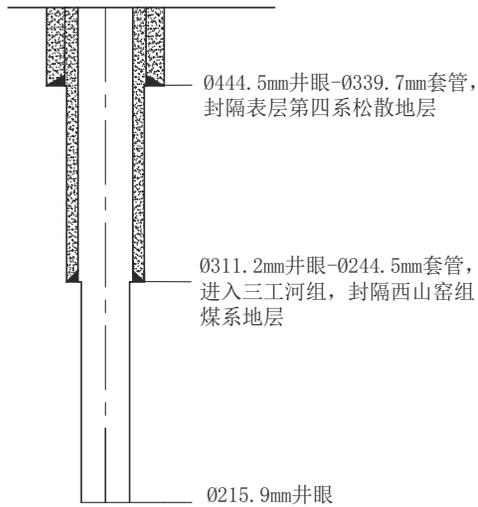


图6 优化后的井身结构

Fig.6 Optimized well configuration

量较高,以高岭石为主,微裂缝发育,钻井液滤失进入微裂缝降低地层强度,诱发井壁掉块。利用测井资料构建了HDGS-2井的三压力剖面,该井钻探工程带来的一系列钻井复杂的主要原因是深部地层强度较低带来的地层坍塌压力升高,钻井液安全密度变窄,没有及时调整钻井液密度造成了井壁力学失稳。

建议后续该地区钻井工程采取以下措施:(1)优化钻井工程设计,采用三开井身结构,二开进入三工河组下入套管,封隔上部易失稳煤系地层;(2)采用高切力防塌钻井液体系,漏失量控制在5 mL以下,保护储层和稳定井壁;(3)井内出现掉块时可配置高黏钻井液(滴流)进行洗井,将掉块推举出井口;(4)慢速起下钻,减少激动压力和抽吸压力对井壁的破坏;(5)优化钻具组合,在煤系地层钻进中配置随钻震击器,处理掉块卡钻。

参考文献(References):

- [1] 李瑞明,周梓欣,张伟,等.“十四五”以来新疆煤炭地质工作进展及发展方向[J].新疆地质,2024,42(1):7-13.
LI Ruiming, ZHOU Zixin, ZHANG Wei, et al. The progress and development direction of coal geological work in Xinjiang during the “14th Five Year Plan” period[J]. Xinjiang Geology, 2024,42(1):7-13.
- [2] 裘品姬.新疆煤炭行业“十三五”发展的思考与建议[J].煤炭经济研究,2015,35(1):14-21.
QIU Pinji. Consideration and proposals on Xinjiang coal industry development in the “13th Five Year Plan”[J]. Coal Economic Research, 2015,35(1):14-21.
- [3] 王丙乾,刘子强.新疆尼勒克县胡吉尔台南部矿区煤层气成藏

研究[J].中国煤层气,2023,20(5):8-11.

WANG Bingqian, LIU Ziqiang. Research on coalbed methane occurrence in southern Hujilantai mining area in Nileke of Xinjiang [J]. China Coalbed Methane, 2023,20(5):8-11.

- [4] 程悦瀚,张统得,赵瞻,等.裸眼侧钻技术在川马页1井的应用实践[J].钻探工程,2024,51(5):122-129.
CHENG Yuehan, ZHANG Tongde, ZHAO Zhan, et al. Application of open hole sidetracking technology in Well Chuanmaye 1 [J]. Drilling Engineering, 2024,51(5):122-129.
- [5] 朱迪斯,赵洪波,刘恩然,等.长江下游(安徽)地区页岩气钻井工程难点及对策分析[J].钻探工程,2022,49(5):11-21.
ZHU Disi, ZHAO Hongbo, LIU Enran, et al. Shale gas drilling difficulties and their solutions in the lower reach of the Yangtze River (Anhui) [J]. Drilling Engineering, 2022,49(5):11-21.
- [6] 赵洪波,张龙,沈立娜,等.三门盆地油气调查优快钻井技术[J].钻探工程,2024,51(6):111-118.
ZHAO Hongbo, ZHANG Long, SHEN Lina, et al. Efficient drilling technology for oil and gas survey in Sanmenxia Basin[J]. Drilling Engineering, 2024,51(6):111-118.
- [7] 于文强,杨书港,张林鹏,等.深层煤层气防塌钻井液优化研究[J].云南化工,2024,51(6):67-70.
YU Wenqiang, YANG Shugang, ZHANG Linpeng, et al. Optimization study of Anti-Collapse drilling fluid for deep coalbed methane [J]. Yunnan Chemical Technology, 2024,51(6):67-70.
- [8] 王在明,陈金霞,沈园园,等.JN1H井煤岩气长水平段钻井井壁稳定技术[J].钻井液与完井液,2023,40(3):356-362.
WANG Zaiming, CHEN Jinxia, SHEN Yuanyuan, et al. Borehole wall Stabilization technology for drilling the long horizontal section coal rock gas well JN1H [J]. Drilling Fluid & Completion Fluid, 2023,40(3):356-362.
- [9] 黄维安,邱正松,杨力,等.煤层气钻井井壁失稳机理及防塌钻井液技术[J].煤田地质与勘探,2013,41(2):37-41.
HUANG Weian, QIU Zhengsong, YANG Li, et al. Instability mechanism of sidewall and anti-sloughing drilling fluid technique for coalbed methane well drilling [J]. Coal Geology & Exploration, 2013,41(2):37-41.
- [10] 朱迪斯,孟祥龙,王胜建,等.新苏地2井长裸眼段长浸泡地层加深钻井技术[J].钻探工程,2025,52(1):130-138.
ZHU Disi, MENG Xianglong, WANG Shengjian, et al. Long open hole and long-immersion formation deepen drilling technology in Well Xinsudi-2 [J]. Drilling Engineering, 2025,52(1):130-137.
- [11] 白杨,翟玉芬,罗平亚,等.四川长宁页岩气长水平段油基钻井液井壁稳定技术[J].钻采工艺,2024,47(6):152-158.
BAI Yang, ZHAI Yufen, LUO Pingya, et al. Wellbore stabilization technology of oil-based drilling fluid in long horizontal section of shale gas in Changning block, Sichuan basin [J]. Drilling & Production Technology, 2024,47(6):152-158.
- [12] 秦涛,孙金波,王伟,等.准噶尔盆地中部永进油田超深井井壁稳定钻井液技术[J].天然气勘探与开发,2024,47(5):86-94.
QIN Tao, SUN Jinbo, WANG Wei, et al. Drilling-fluid technologies for borehole stability in ultra-deep wells, Yongjin oilfield, central Junggar Basin [J]. Natural Gas Exploration and

- Development, 2024, 47(5):86-94.
- [13] 幸雪松, 庞照宇, 刘岳龙, 等. 割理结构对WW盆地煤层气井井壁稳定性影响研究[J]. 钻采工艺, 2024, 47(5):100-106.
XING Xuesong, PANG Zhaoyu, LIU Yuelong, et al. Investigation on the influence of cleat structure on the coalbed methane borehole stability in WW basin[J]. Drilling & Production Technology, 2024, 47(5):100-106.
- [14] 刘颖. 陆相泥页岩地层三压力预测及井壁稳定性分析[J]. 江汉石油职工大学学报, 2021, 34(5):5-7.
LIU Ying. Triple-pressure prediction and borehole wall stability analysis of continental shale formation[J]. Journal of Jianghan Petroleum University of Staff and Workers, 2021, 34(5):5-7.
- [15] 智慧文. 中江气田HL区块三压力剖面建立及应用[J]. 新疆石油天然气, 2020, 16(3):30-32.
ZHI Huiwen. Establishment and application of three pressure profile in HL Block of Zhongjiang Gas Field[J]. Xinjiang Oil & Gas, 2020, 16(3):30-32.
- [16] 狄明利. 珠江口盆地古近系地层三压力剖面研究[J]. 广东化工, 2020, 47(7):40-41.
DI Mingli. Study on three pressure profile of Paleogene formation in Pearl River Mouth Basin[J]. Guangdong Chemical Industry, 2020, 47(7):40-41.
- [17] 丁万贵, 吴晓光, 冯力, 等. 临兴区块基于钻井参数的三压力剖面计算方法[J]. 能源与节能, 2019(12):2-5.
DING Wangui, WU Xiaoguang, FENG Li, et al. Three-pressure profile calculation method based on drilling parameters in Linxing Block[J]. Energy and energy conservation, 2019(12):2-5.
- [18] 刘伟, 吴超, 赵姗姗. 四川W区块地层压力预测方法及应用[J]. 信息系统工程, 2024(4):75-78.
LIU Wei, WU Chao, ZHAO Shanshan. Zhao shanshan prediction method and application of formation pressure in Sichuan W block[J]. China CIO News, 2024(4):75-78.
- [19] 牛晓, 潘丽娟, 甄玉辉, 等. SHB1-6H井长裸眼钻井液技术[J]. 钻井液与完井液, 2016, 33(5):30-34.
NIU Xiao, PAN Lijuan, ZHEN Yuhui, et al. Drilling fluid technology for long open hole section of well SHB1-6H[J]. Drilling Fluid & Completion Fluid, 2016, 33(5):30-34.
- [20] 赵凯, 侯红, 赵大伟, 等. 复杂破碎地层孔底驱动快速跟管钻进技术研究[J]. 钻探工程, 2023, 50(5):140-145.
ZHAO Kai, HOU Hong, ZHAO Dawei, et al. Research on the technology of fast drilling with casing driven at the bottom borehole in complicated broken stratum[J]. Drilling Engineering, 2023, 50(5):140-145.
- [21] 张席芝, 杨亚平, 寇永渊, 等. 金川矿区复杂地层钻探孔壁失稳机理与对策研究[J]. 钻探工程, 2023, 50(6):69-76.
ZHANG Xizhi, YANG Yaping, KOU Yongyuan, et al. Research on mechanism and countermeasure of borehole wall destabilization in complex formation of Jinchuan mining area[J]. Drilling Engineering, 2023, 50(6):69-76.
- [22] 杨宽才, 孟燕杰, 许权威, 等. 松散破碎地层钻进高吸水树脂堵漏剂合成与评价[J]. 钻探工程, 2024, 51(6):39-47.
YANG Kuancai, MENG Yanjie, XU Quanwei, et al. Synthesis and evaluation of highly absorbent resin plugging agent for drilling in loose broken formation[J]. Drilling Engineering, 2024, 51(6):39-47.

(编辑 王文)