

# 海拉尔油田乌东区块螺旋井壁成因分析与解决方法

李欢欢<sup>1</sup>, 武艳红<sup>2</sup>

(1. 大庆钻探工程公司钻井工程技术研究院设计中心, 黑龙江 大庆 163413; 2. 大庆钻探工程公司地质录井二公司, 吉林 松原 138000)

**摘要:**自海拉尔油田实施钻井提速以来,部分井出现螺旋井壁现象,对完井电测曲线造成一定影响,影响测井解释的共151口井,比例达15.60%。螺旋井壁现象在乌东区块尤为明显,仅乌东区块发生明显螺旋井达到36口,占乌东区块全部钻井的28.8%。从地质、工程等角度阐述了形成螺旋井的原因,并提出了解决思路与技术措施。2012年下半年在乌尔逊凹陷2口井试验螺旋井壁预防及解决方法,获得了较好的效果,未再大面积出现螺旋井壁现象。

**关键词:**钻井;螺旋井壁;完井电测;海拉尔油田;乌东区块

**中图分类号:**TE242 **文献标识码:**A **文章编号:**1672-7428(2013)03-0028-04

**Cause Analysis on Spiral Shaft Lining in Wudong Block of Hailar Oilfield and the Solution/Li Huan-huan<sup>1</sup>, Wu Yan-hong<sup>2</sup>** (1. Drilling Engineering Technology Research Institute, Daqing Heilongjiang 163413, China; 2. No. 2 Geology Well Logging Co. of Daqing Exploration Group Co., Songyuan Jilin 138000, China)

**Abstract:** Spiral shaft lining appeared in some wells since the drilling speed improving in Hailer oilfield, log interpretation was affected in 151 wells, 15.60% of the all. This was especially obvious in Wudong block; there were 36 obvious spiral wells, 28.8% of all wells there. The paper discussed the causes of spiral well formation from the view of geology and engineering, and put forward the solution and technical measures. The tests in the second half year of 2012 showed good effects.

**Key words:** drilling; spiral shaft lining; completion logging; Hailer oilfield; Wudong block

## 0 引言

海拉尔油田自2009年钻井提速至今,经钻井完井电测曲线反映,许多井出现螺旋井壁现象,比例达15.60%,尤其在乌东区块发生螺旋井壁就达到36口,占乌东区块全部钻井的28.8%。造成测井时曲线出现周期性摆动变化,尤其是密度、声波、井径、感应等曲线受影响的比较普遍,甚至造成曲线形态和幅度失真。导致地质人员油气层划分难、油水层识别难、射孔井段选择难,给地质分层解释上带来不利影响。对于钻井施工方,由于螺旋井眼的产生,易造成钻具失效快、井眼清洁困难、倒划眼切削新岩石、井眼质量变差、建井费用增加等问题,延长了完井周期,增加了钻井投资成本,甚至影响到建井能否成功。随着钻井技术的进步,为满足勘探开发、减少钻井费用、测井、采油、作业等要求,螺旋井壁问题的研究及如何解决螺旋井壁显得日益迫切。

## 1 乌东区块螺旋井壁造成的危害

### 1.1 乌东区块螺旋井壁情况统计

从2009年海拉尔钻井提速至今,海拉尔油田出现螺旋井壁情况最为显著的是2009、2010年2年,因统计数据较多,选取有代表性的部分统计数据见表1。

表1 乌东区块出现螺旋井壁部分数据

井号	井段/m	层位	岩性	影响曲线	程度
乌138-87	2090~2345	南二	粉砂质泥岩	AC、RHOB、CAL	明显
乌140-88	2250~2550	南一	砂岩	AC、RHOB、CAL	明显
乌144-78	2140~2317	南二	泥岩	AC、RHOB、CAL	明显
乌144-86	2050~2130	南二	泥岩	AC、RHOB、CAL	明显
乌146-83	2060~2235	南二	粉砂质泥岩	AC、RHOB、CAL	明显
乌132-81	2180~2360	南一	泥岩	AC、RHOB、CAL	明显
乌101-97	2335~2460	南二	泥岩	AC、RHOB、NPHI、	明显
	2460~2670	南一	粉砂岩	MSFL、CAL	

从统计数据可以看出,大部分受影响的曲线多是AC、RHOB、CAL等,发生层位多在2000m左右南屯组处,且受影响程度较为明显。乌140-88井测井曲线的显示见图1。

从图1可看出,井径(CAL)、深浅侧向电阻率(LD、LS)和密度校正值(DRHO)均在同一井段出现

收稿日期:2012-11-01

作者简介:李欢欢(1981-),女(达斡尔族),黑龙江人,大庆钻探工程公司钻井工程技术研究院设计中心工程师,机械设计制造及其自动化专业,从事钻井工程设计工作,黑龙江省大庆市八百垧,lihuanhuan@cnpc.com.cn。

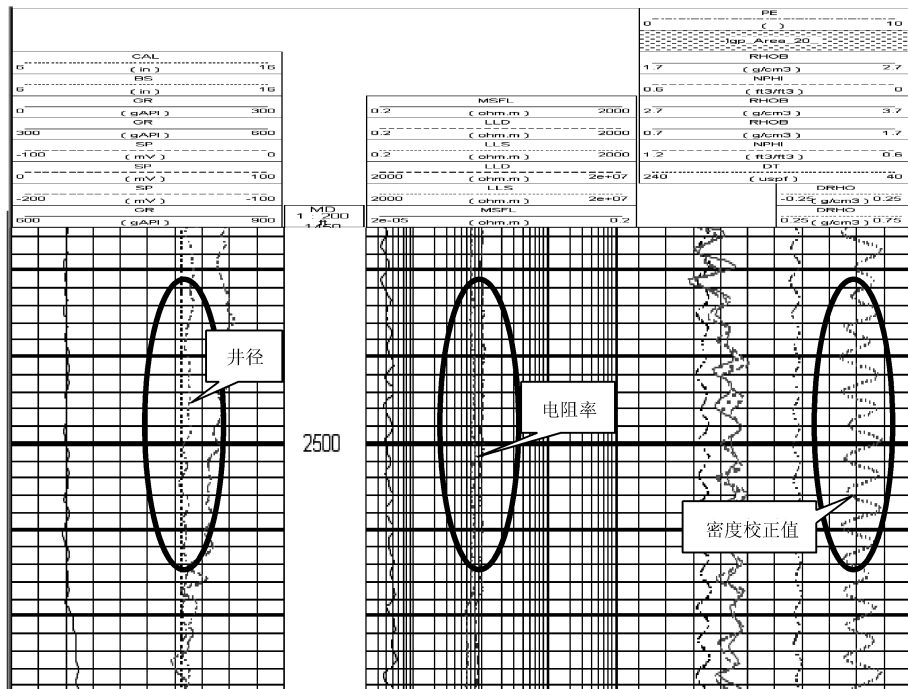


图 1 乌 140-88 井电测曲线截图

正弦周期波动,现场小队通常可以依此判断此段出现了螺旋井壁情况。另外在现场,有时也参考校正岩性密度测井曲线值(ZCOR)来判断是否出现了螺旋井壁。

### 1.2 乌东区块螺旋井壁造成的主要危害

螺旋井壁形成以后,不仅会导致井眼质量变差,还会产生一系列危害:

(1)起下钻以及钻进过程中,滑动摩擦力较高,从而导致下钻困难;钻进中钻压传递困难;钻头工作状态不稳定,致使机械钻速降低;导致钻具失效快,钻头寿命短。

(2)在螺旋井眼中倒划眼时会切削岩石,同样会降低钻井时效和钻头的使用寿命。

(3)螺旋井壁形成后,易造成井眼清洁困难,致使岩屑沉积;而且起下钻时冲击井壁,井壁坍塌致使卡钻事故。

(4)螺旋井壁会使测井响应不稳定,造成密度、声波、井径、感应等曲线出现周期性摆动变化,影响曲线的识别,影响地质及含油气解释结果。

## 2 乌东区块螺旋井壁的成因分析

井眼的形成受地层、钻具组合、钻井参数等多重因素的影响,并且钻进过程中钻头是旋转的,当钻头偏离井眼的中心线钻进,就会在井壁上产生螺旋,形成螺旋井壁。归纳起来,影响螺旋井壁产生的因素主要有如下几个方面。

### 2.1 地质因素

(1)海拉尔油田属断陷盆地,岩性复杂,储层横向变化快、纵向岩性复杂。主要以南屯组、铜钵庙组、大磨拐河组为目的层,岩性以泥岩为主夹大段杂色砂砾岩,地层泥岩、砂岩互层频繁,砾石发育,可钻性差、研磨性强,钻进过程中憋钻、跳钻严重,地层软硬交替导致钻具跳钻严重,造成钻头不正常切削,极易造成螺旋井壁。

(2)海拉尔油田南屯组地层倾角达到 30°~40°,而且倾角规律性不强,井斜控制十分困难;并且由于地层的各向异性、倾角以及可钻性不同,在钻进过程中,钻头受这些不可抗因素的影响,钻出的井眼井斜、方位频繁变化,极易出现螺旋井壁。

### 2.2 工程原因

#### 2.2.1 钻头类型及结构的影响

(1)自从海拉尔钻井提速以来,在钻头类型的选择上,大多使用的是 PDC 钻头,从而使机械钻速得到较大提高。但同时径向侧切能力也大大加强,增加了井壁的螺旋趋势。

(2)钻头结构方面也有很大的关系,根据统计得出,使用 PDC 钻头配合使用单弯螺杆时,一些保径短的钻头,在井底工作的稳定性及抗地层作用的能力较差,会加剧钻头的侧切效果,尤其斜翼钻头在钻具自转和公转的共同作用下,比直翼钻头更容易产生螺旋井壁(见表 2)。

表2 乌东区块螺旋井壁情况

井号	井段/m	钻头	螺杆特征	严重程度
乌93-103	2025~2570	北4斜翼	1°/206螺	严重
乌101-97	2335~2670	北4斜翼	1°/206螺	严重
乌99-92	无	哈4直翼	1°/206螺	

### 2.2.2 螺杆钻具的影响

目前在海拉尔油田使用的钻具组合多是

表3 乌东区块螺杆钻具组合使用

井号	螺旋井段/m	程度	钻具组合	层位	螺杆
乌132-81	2180~2360	明显	Ø215.9 mm 钻头×0.35 m + Ø172 mm 螺杆×8.07 m + Ø178 mm 钻铤×18.68 m + Ø165 mm 钻铤×63.51 m + Ø127 mm 钻杆	南屯	直
乌101-91	2189~2510	明显	Ø215.9 mm HT2465H 钻头 + Ø172 mm 单弯1°螺杆 + Ø178 mm 无磁1根 + Ø178 mm 钻铤3根 + Ø159 mm 钻铤4根 + Ø127 mm 加重钻杆7根 + Ø127 mm 斜坡钻杆	南屯	单弯

表3钻具组合中的Ø172 mm直螺杆,尺寸、刚性较小,与井眼之间间隙较大,稳定性差,当钻压接近或达到一次弯曲临界钻压时,直螺杆很容易发生一次弯曲,使钻头的破岩方向偏离井眼轴线方向,在钻具公转的作用下也容易形成螺旋井壁,此时直螺杆作用相当于单弯螺杆,单弯螺杆则更加严重;单弯螺杆外壳有一个弯角,还带一个螺旋扶正器,起到了支点作用。这样的结构,使得钻头中心线与钻具轴线之间固有一个夹角,钻头偏指向井壁。在钻进过程中,钻压在径向上有一个分力周向切削井壁,在钻具的公转作用下,随着井眼的延伸,逐渐形成了螺旋井壁,但总体来说,单弯螺杆易发生螺旋井壁,而直螺杆则好得多。

### 2.2.3 钻井参数的影响

钻井参数中除转速、钻压外,其它参数与钻进速度之间的关系对形成螺旋井眼的作用都不大。钻压主要是在滑动钻进过程中影响较大,钻压越大钻具越接近一次弯曲,造成钻具反向公转的幅度越大,同时形成螺旋井眼的侧向分力也越大。转速无论大小都将导致钻具的公转,只是转向不同而已。公转是形成螺旋井眼的必要条件,在此基础上,钻速的大小则决定螺旋井眼的严重程度,即螺距的大小,其为某一值时将影响到测井的效果。

井眼扩大也是发生螺旋井壁的原因之一。因为井眼扩大不仅会导致涡动,而且会影响侧向力和钻头偏转角,自然会形成螺旋井壁。

## 3 螺旋井壁的解决方法

螺旋井眼的形成是很难避免的,而带有结构弯角的导向钻具在旋转钻进过程中必然产生螺旋井眼。应从以下几个主要方面防止螺旋井眼的形成。

Ø215.9 mm 钻头 + Ø172 mm 螺杆(单弯、直) + Ø177.8 mm 钻铤 + Ø212 mm 扶正器 + 钻铤 + 钻杆。统计发现,无论是直螺杆还是单弯螺杆都可能发生螺旋井壁,但从全部统计结果可看出,单弯螺杆发生螺旋井壁的可能性大于使用直螺杆。在乌东区块选取其中2个统计数据见表3。

### 3.1 加强地层规律性的总结和分析,提前预防

加强地层规律性的总结和分析,对不同区块出现螺旋井眼现象的井,分层位进行分析。对易产生螺旋井眼的层位进行提前预防;如增加短起下钻的次数,适当的进行钻井参数、钻具组合的调整,钻头选型进行更换。

### 3.2 目的层进行重点预防,采取多重措施防止螺旋井眼大段出现

首先,在目的层钻进要使用牙轮钻头,采用合理的钻进参数,均匀送钻,适当提高转盘转速,同时控制钻速。钻速较快时采用降低钻压控制钻速措施。若在目的层易发生螺旋井眼井段钻进采用划眼措施,提前预防。表4为推荐使用的钻进参数。

表4 推荐使用钻进参数

钻头类型	钻压/kN	转速/(r·min <sup>-1</sup> )
PDC	20~40	70
牙轮钻头	120~180	70

其次,目的层井段避免使用单弯螺杆钻具组合复合钻进。若目的层使用单弯螺杆,则纠斜井段取出纠斜钻具后,在该井段要认真划眼。

### 3.3 设备、工具、工艺选用上的优化

(1)增强螺杆扶正器的扶正特性。如适当增加螺杆扶正器的直径,确保螺杆扶正器起到修正井壁的作用。如有可能,直井段选用较大尺寸的螺杆钻具,对防斜及预防螺旋井眼将有很好的效果。定向或纠斜时尽量选用弯角、扶正器外径均较小的单弯螺杆。在进入易产生螺旋井眼的层位,尽量采用直螺杆加钻头复合钻进,消除螺旋井眼的根源。

(2)钻进过程中,加强钻井液性能维护,提高井壁稳定性,减少对泥砂岩互层井段的影响。增大钻井液的排量,清洁井眼。

(3) 目的层每钻完一个单根划眼不少于 3 次,修整井壁,使其光滑,必要时每钻进 100 ~ 150 m 进行短起。

(4) 钻具组合方面,在适当增大扶正器的尺寸的同时再加一个扶正器,组成大钟摆,增大钻具组合刚度,既防斜又增加了钻具的稳定性。

(5) 在钻铤选用方面,要与螺杆尺寸相匹配,尤其螺杆上边的两根钻铤,使用较大尺寸钻铤,增加钻柱刚度,增强下部钻具的稳定性。

(6) 钻头选型方面,油层最好使用牙轮钻头。若用 PDC 钻头,要选用保径齿切削作用小、加长、直翼保径的钻头,建议厂家生产此类个性化钻头;使用加长钻头冠保径,保径齿切削作用小,保径效果好的 PDC 钻头。

### 3.4 测井作业过程中的应对措施。

针对易产生螺旋井眼的层位,电测时要降低测井速度。

在测井过程中,尤其在易形成螺旋井眼的井段,要控制上测速度,减少仪器的旋转和摆动。同时在测井过程中一旦发现螺旋井眼现象,测井队应提供存在螺旋井眼曲线及井段数据,钻井队在存在螺旋井眼井段采取有效划眼措施,消除螺旋井眼,满足测井录取资料要求。

### 3.5 补救措施

(1) 采取了各种措施,但仍然出现螺旋井眼,要立即停止电测,下入满眼钻具对螺旋段划眼修复,破坏掉井眼的螺旋趋势后重新测井。

(2) 针对螺旋井壁波幅小的螺旋井眼,下入满眼钻具或扩眼钻头对螺旋井眼反复划眼,即:  $\varnothing 215.9$  mm 钻头 +  $\varnothing 215$  mm 扶正器 + 短钻铤 +  $\varnothing 215$  mm 扶正器 + 1 根钻铤 +  $\varnothing 215$  mm 扶正器 + 3 根钻铤 +  $\varnothing 215$  mm 扶正器 + 钻柱。

(3) 井下具备条件时可使用  $\varnothing 215.9$  mm 的“喇叭”口套铣头 +  $\varnothing 208$  mm (3 ~ 5 m) 套铣筒对发生的螺旋井壁的井段进行划眼来修整井壁。

## 4 应用效果

2012 年下半年在乌尔逊凹陷乌 36 和乌 42 两口井试验螺旋井眼的避免以及解决方法,取得了较好的效果,特别是乌 42 井,电测显示井壁光滑,未大面积出现螺旋井眼。

乌 42 井是部署在海拉尔盆地贝尔湖坳陷乌尔逊凹陷中部隆起带上的一口预探井,设计井深 2850.00 m,实钻井深 2789.00 m,目的层为南屯组。

乌 42 井钻井难点多,一是伊敏组到南屯组地层倾角范围为  $7.6^{\circ} \sim 19.0^{\circ}$ ,地层倾角大;二是从 2337 线地震时间剖面上看,本井将于伊敏组三段 + 二段下部约 840 m、伊一段中下部约 1290 m、大一段顶部 2110 m 左右分别钻遇断层;三是本井于伊敏组、大磨拐河组可能有煤层;四是在南屯组钻遇砂岩及砂砾岩时,控制钻进参数及钻速,防止出现螺旋井眼。

针对乌 42 井地质条件及可能出现螺旋井眼的情况,制定了施工措施,施工中未大面积出现螺旋井眼,提高了施工质量。

(1) 二开采用钟摆钻具组合,轻压吊打确保井眼打直,合理施加钻压,定点测斜,加密测斜,发现井斜上涨趋势,及时采取降斜措施。

(2) 二开钻至大磨拐河组前对钻井液进行一次大处理,加足腐钾、防塌剂、树脂和 NPAN,达到稳定井壁的目的,后续施工钻井液性能稳定,携砂能力好,从而确保了施工的顺利进行,避免了螺旋井眼的出现。

(3) 重视下部地层钻头选型,合理选择钻头类型,钻进过程中时刻观察钻时、扭矩等参数的变化,每次钻头接触井底后轻压启动转盘,避免了瞬间冲击载荷对钻头的损害以及对井壁的不规则影响。从而避免了钻头事故的发生,提高了机械钻速和井身质量。

乌 42 井实钻井径、井斜均在标准要求内,井壁光滑,井径及井斜情况如图 2 所示。

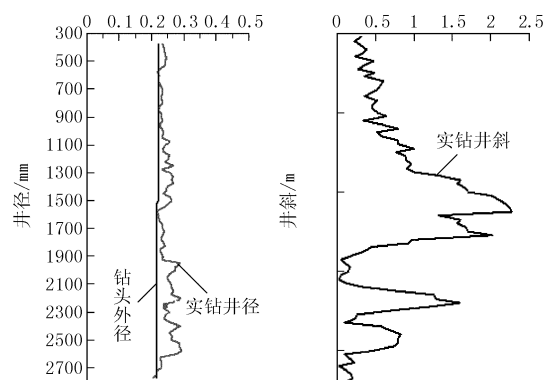


图 2 乌 42 井井径、井斜示意图

## 5 结论与建议

(1) 提速与井眼质量是辩证关系,提速的同时要兼顾井身质量。所以避免螺旋井眼的措施应分层段——非目的层以提速为主,而目的层以保证井身质量为主,以保证能够满足精细化解释地层的需要。  
(下转第 34 页)

显增长,泥饼质量很差,通过加入 CMC、SMP-1 等方法,逐步将失水量降回到 5 mL 左右,提高了泥饼质量;受地层破碎影响,且固井水泥层不是很厚,水泥渣相对较少,对钻井液污染小,所以粘度变化不大,加少量 SMT,降粘效果明显,NaHCO<sub>3</sub> 的加入也使 pH 有一定下降。

同一工程中,因钻孔坍塌埋钻事故处理需要,2011年6月水泥封孔,自孔深 1088.56 m 注入 G 级油井水泥 8 t。处理方法:抽取部分钻井液进备用

池,方便加入新浆,在候凝期间就向池中加入磺化单宁(SMT)约 135 kg,充分循环;自 895.82 m 处扫水泥,透孔后,钻井液粘度上升到最高 164 s,钻井液配方:水+1%~2% SMT+0.5% NaHCO<sub>3</sub>,同时排出部分稠浆;钻井液粘度降到 50~70 s 后,钻井液配方:水+1%~3% 土+2% SMT+0.5% NaHCO<sub>3</sub>;至 1051.50 m 后侧钻,钻井液配方:水+3% 土+1%~2% SMP-1+2% KHm+1% SMC+5% 纯碱(土重)+0.3%~0.8% CMC+1% SMT。

表 2 钻井液性能变化对比

钻井液参数	密度/(g·cm <sup>-3</sup> )	漏斗粘度/s	静切力 τ <sub>s</sub> (1'/10')/Pa	失水量/mL	泥饼厚度/mm	含砂量/%	pH 值
封孔前	1.45~1.49	50~60	2~3/8~10	6~7	0.3~0.5	0.3~0.8	9~10
封孔后	1.38	>100	4~6/20~25	>20	0.9~1.2	1.7	11
透孔、侧钻	1.30~1.32	25~42	1.5~2/5~8	13~25	0.6~0.8	<0.4	11~13
出新孔后	1.32~1.35	35~55	1.5~2/6~8	<10	0.6~0.8	0.2~0.4	11

处理情况:封孔后扫水泥塞时钻井液粘度上升,失水量增加,泥饼质量变差,含砂量增大,提前向池中加入磺化单宁对控制粘度增长效果较好;加入 SMP-1、SMC、KHm、CMC、PHP 等材料使失水量缓慢下降,在换浆后失水量降至 13 mL,之后进入缩径地层前,改善钻井液性能中,失水量还有大幅下降;钻井液含砂量增大,加强固相含量的控制后,含砂量下降明显。

## 5 结论

在水泥固井或水泥填孔施工后,水泥在孔内水化产生大量的 Ca<sup>2+</sup> 与 OH<sup>-</sup>,使钻井液性能发生较大改变,不再适用于钻探施工,通过添加适量的 NaHCO<sub>3</sub> 或 SAPP(Na<sub>2</sub>H<sub>2</sub>P<sub>2</sub>O<sub>7</sub>) 来沉淀钻井液中的 Ca<sup>2+</sup>,也可以起到降低 pH 值的作用;添加 SMT 等稀释剂降低粘度和切力,SMP、KHm、CMC 等降低钻井液的滤失量,改善其流变性能,使之能达到符合钻探施工

的各项性能。

## 参考文献:

- [1] 朱恒银,张文生,张正,等.汶川地震断裂带科学钻探 WFS-3 钻探施工技术报告[R].安徽省地矿局 313 地质队,2012.
- [2] 黄汉仁,杨坤鹏,罗平亚.泥浆工艺原理[M].北京:石油工业出版社,1984.
- [3] 陶士先,陈礼仪,单文军,等.汶川地震断裂带科学钻探项目 WFS-2 孔钻井液工艺研究[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2012,38(9).
- [4] 张统得,陈礼仪,刘徐三,等.汶川地震断裂带科学钻探项目 WFS-3 孔泥浆技术的设计与应用[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2012,38(9).
- [5] 鄢泰宁.岩土钻掘工程学[M].湖北武汉:中国地质大学出版社,2001.
- [6] 吴隆杰,杨凤霞.钻井液处理剂胶体化学原理[M].四川成都:成都科技大学出版社,1992.
- [7] 鄢捷年.钻井液工艺学[M].山东东营:中国石油大学出版社,2001.

(上接第 31 页)

(2)使用大尺寸螺杆、钻铤,必须考虑井壁稳定的问题,一旦井壁不稳定,必将造成起钻困难甚至卡钻,泥浆方面要加大投入,保证性能满足井下需要。

(3)针对螺旋井壁波幅大的螺旋井眼,常规修整措施难以取得效果时,建议研制井壁破除器修整井壁。

(4)螺旋井眼是多种因素形成的,是很复杂的课题,研究这些因素如何影响螺旋井眼以及影响程度十分必要,特别是研究不同因素耦合作用的影响是当前乃至今后研究的重点。

## 参考文献:

- [1] 赵金海,张云连,韩来聚,等.螺旋井眼的产生、危害和防止[J].石油钻探技术,2003,31(6):17-19.
- [2] 蒋恕.螺旋井眼的产生机理及其防治思路[J].天然气工程,2003,23(4):59-61.
- [3] Robello Samuel,刘修善.井眼曲折、扭矩、钻井参数和能量:在井眼轨道设计中起什么作用?[J].SPE123710.
- [4] 罗仁杰.螺旋井眼对微电极、井径等测井曲线的影响[J].内蒙古石油化工,2012,(5):38-39.
- [5] 刘磊.海塔地区螺旋井眼产生的原因分析和预防措施[J].中国石油和化工标准与质量,2012,(2):177.