

# 镇泾油田“优快钻井”的现状与潜力

孙艺伟

(中国石化华北石油局国际工程公司,河南 郑州 450006)

**摘要:**结合镇泾油田钻井现状,系统介绍了主要钻井工程工艺技术措施,重点分析“优快钻井”面临的钻井井漏、井眼稳定、定向钻井工艺技术优化、钾胺基聚合物钻井液体系抗盐侵的维护处理、“压稳防漏固井”等技术难点,结合钻井实践提出“优快钻井”的技术措施与方案,对该地区钻井施工具有一定的参考意义。

**关键词:**优快钻井;PDC钻头;复合钻井;井漏;井斜;轨迹控制;镇泾油田

**中图分类号:**TE242 **文献标识码:**A **文章编号:**1672-7428(2011)07-0040-04

**The Present Situation of High Quality and High Speed Drilling of Zhenjing Oilfield and the Potential/SUN Yi-wei**  
(North China Petroleum Bureau, Sinopec, Zhengzhou Henan 450006, China)

**Abstract:** Based on the present drilling situation of Zhenjing oilfield, the paper systematically introduced the main technology measures of drilling engineering, analyzed the technical difficulties of high quality and high speed drilling: drilling well leakage, borehole stability, optimization of directional drilling technology, maintenance of resistance to salt erosion by potassium amine group polymer drilling fluid and leakproof by steady pressure well cementing. According to the drilling practice, the high quality and high speed drilling was put forward, which could be the reference to the drilling construction in Zhenjing oilfield.

**Key words:** high quality and high speed drilling; PDC bit; compound drilling; lost circulation; borehole deviation; trajectory control; Zhenjing oilfield

## 1 镇泾油田钻井概况

镇泾油田位于甘肃镇原、泾川、崇信三县,矿权面积 2515.6 km<sup>2</sup>,是中国石化华北石油局主要作业区块。截止 2008 年已先后针对延 9、长 6、长 8 油藏完成钻井 169 口。2009 年按照“一体化管理、低成本运作”以来,针对红河 16~105 井区等的长 6、长 8 油藏进行勘探开发,已完成钻井 150 口。随着“优选钻头、优化参数、随钻堵漏、四合一复合钻井”等优快钻井技术的实施,钻井速度逐年提高。总体上与长庆油田相比,“优快钻井”方面还有一些差距,还有提速提效的潜力。

### 1.1 钻遇地层

镇泾油田主要勘探开发上古生界油藏,钻遇典型地层见表 1。

### 1.2 井身结构

镇泾油田多采用二级井身结构(见表 2)。从安全施工角度考虑,设计地层胶结疏松的表层井段、洛河水层和目的层段 3 个必封井段。

### 1.3 钻井规模及主要钻井综合技术指标

2008 年镇泾油田进行规模开发阶段,主要钻井综合指标见表 3。由表 3 可以看出,探井、评价井和

开发井的平均钻井周期呈逐步下降趋势,平均机械钻速呈逐步增加趋势。

## 2 “优快钻井”面临的主要技术难点

### 2.1 钻井井漏

井漏是影响镇泾油田钻井速度和周期的主要因素,直接关系到“优快钻井”的成败。应用既适合工区特点,又满足螺杆钻具使用要求的随钻防堵漏工艺技术是实现“优快钻井”的首要问题。

#### 2.1.1 钻井井漏情况

镇泾油田井漏比较普遍,漏失层位主要有一开第四系(井位在塬上的井),二开罗汉洞组、洛河组、直罗组、延安组、延长组等地层。

一开井段第四系黄土层暗沟、裂缝、裂隙发育,无规律可循。钻进时,粘度较低的钻井液易沿着裂缝和裂隙漏失而失返,粘度高的钻井液因循环压耗增加而易憋漏地层,井漏的偶然性极强。

二开罗汉洞组与第四系呈不整合交接,过渡带地层以高孔隙度、高渗透性的粗砂岩和中砂岩为主,纵横交错的裂缝、裂隙发育,普遍存在漏失,严重时进无出。如镇泾 23 井漏速达 80 m<sup>3</sup>/h,且漏失井

收稿日期:2011-03-05

作者简介:孙艺伟(1966-),男(汉族),山东烟台人,中国石化华北石油局国际工程公司工程师,物理化学专业,从事石油工程管理工作,河南省郑州市伏牛路 197 号。

表 1 镇泾 23 井钻遇地层简表

系	组	代号	垂深 /m	厚度 /m	岩 性 简 述
第四系		Q <sub>4</sub>	275	275	黄灰色黄土层,底部为杂色砾石层
白垩系	罗汉洞组	K <sub>1Z5</sub>	450	175	棕、棕黄色中、细砂岩与褐色泥岩、粉砂质泥岩不等厚互层
	环河组	K <sub>1Z4</sub>	800	350	灰色泥岩、粉砂质泥岩与浅灰色细砂岩、泥质粉砂岩不等厚互层,局部具石膏薄层
	华池组	K <sub>1Z3</sub>	1003	203	褐、棕褐色泥岩、粉砂质泥岩与棕灰色中、细砂岩不等厚互层
	洛河-宜君组	K <sub>1Z1+2</sub>	1258	255	棕灰色中砂岩、细砂岩与棕褐、棕紫色泥岩略等厚互层
侏罗系	安定组	J <sub>2a</sub>	1525	267	上部为褐、棕褐色泥岩与棕灰色细砂岩、泥质粉砂岩略等厚互层;下部为浅棕灰色中、细砂岩与褐、紫褐色泥岩等厚互层
	直罗组	J <sub>2c</sub>	1698	173	上部为灰、灰绿色泥岩与浅灰色细砂岩、泥质粉砂岩等厚互层,下部为浅灰、灰白色粗、中、细砂岩夹灰色泥岩薄层
三叠系	延安组	J <sub>1-2y</sub>	1725	27	灰、深灰色泥岩与浅灰色细砂岩、泥质粉砂岩略等厚互层夹多层煤
			1775	50	浅灰色中、细砂岩与深灰色泥岩等厚互层,顶部为煤层
			1819	44	深灰色泥岩与浅灰色细砂岩、泥质粉砂岩略等厚互层,顶部为厚煤层
	延长组	T <sub>3y</sub>	1832	13	灰黑色炭质泥岩
			1932	100	浅灰色细砂岩、泥质粉砂岩与灰、深灰色泥岩等厚互层
			2072	140	深灰、灰黑色泥岩、炭质泥岩、油页岩与浅灰色细砂岩、泥质粉砂岩略等厚~不等厚互层
			2144	72	深灰色泥岩与浅灰色细砂岩、泥质粉砂岩等厚互层

表 2 镇泾油田井身结构

开钻 程序	钻头尺寸×井 深/(mm×m)	套管尺寸×井 深/(mm×m)	说 明
一开	Ø311×301	Ø245×300	进入白垩系 20~50 m 完钻,固井“口袋”不大于 1 m
二开	Ø216×2400	Ø140×2398	视油气显示情况决定生产套管的下深,固井“口袋”不大于 2 m

表 3 镇泾油田 2008~2009 年度主要钻井综合指标

年份	平均钻井周期/d			平均机械钻速/(m·h <sup>-1</sup> )		
	探井	评价井	开发井	探井	评价井	开发井
2008	27.82	16.35	13.90	10.53	15.53	15.89
2009	15.26	14.67	9.86	15.26	17.86	19.60

段较长,难以一次性解决井漏。仅在洛河组平均每口井堵漏作业时间就达 2~3 天。

洛河组与华池组、安定组交接地带裂缝、裂隙和节理发育,相互交错的砂岩孔隙、岩石节理面、裂缝裂隙构成了钻井液漏失的 3 级通道,存在大型漏失先天条件。

直罗组发生漏失的概率小于罗汉洞组和洛河组,但因砂岩的孔隙度、渗透率高,钻进时多发生渗透性漏失。其灰色泥岩、黑色碳质泥岩与煤层过渡带存在裂缝、裂隙易诱发严重井漏。

延安、延长组井漏不具普遍性,但部分井破碎或断裂带漏失,如红 26 井 2059.68~2060.36 m 延长组,钻进时加不上钻压、放空,发生只进不出的严重井漏,漏速高达 80 m<sup>3</sup>/h 以上。

2.1.2 防漏堵漏存在的问题

2.1.2.1 防漏堵漏材料需要进一步优选

单向压力封闭剂因粒度过于均匀,随钻堵漏的广普性不强。中、粗颗粒复合堵漏剂,缺少片状、纤

维状裂隙弥合材料。堵漏材料(包括临时购入的黄豆、麦秸、海带、锯末和水泥等)因单一或不合理的复配使用都有一定的局限性。

2.1.2.2 一开防漏堵漏存在的问题

针对表层中、小型井漏,采取的随钻堵漏比较有效。对少数裂缝或破碎带大型井漏,复合堵漏浆配合静止堵漏能起到一定的堵漏效果,但不能从根本上解决井漏问题,恢复钻进后再次发生井漏的概率很高。强行堵漏既浪费人力、物力、财力资源,又损失了钻井作业时间。

2.1.2.3 二开防漏堵漏存在的问题

“原浆+3%单向压力封闭剂”的随钻堵漏浆配方,对微裂隙、高渗、节理发育和微裂隙地层的防漏堵漏有一定的局限性。

“基浆+墩土+大钾+单向压力封闭剂+复合堵漏剂”的复合堵漏浆配方,因缺少膨胀性的片状、纤维状裂隙弥合材料,静止堵漏、承压堵漏难以达到理想堵漏效果。

2.2 盐岩层污染

何家坪、ZJ3 井区及泾河水道附近,据不完全统计,有 48 口井在白垩系志丹群 500~900 m 井段钻遇盐岩层。因盐岩溶解,红河 24 井钻井液中的氯离子含量高达 61841 mg/L,导致上覆盖层失稳,形成“糖葫芦”井眼,钻井液性能恶化,粘度先增后降,失水持续增大,切力下降,pH 值下降,泥饼变厚,粘滞系数成倍增加等,易造成起钻遇卡、下钻遇阻,增加了钻井液维护处理难度,加大了钻井作业风险,影响“优快钻井”技术的实施。

2.3 直井段的防斜打直

定向井上直井段的防斜打直关系到下步定向井造斜、丛式井的防碰及井眼轨迹控制,常规的“轻压吊打”防斜措施会影响钻井效率,同时增加了下步井眼轨迹控制的难度和作业风险。

## 2.4 定向钻井

随着镇泾油田石油勘探、开发力度进一步加大,丛式定向井平台越来越多。水平位移 $<500\text{ m}$ 定向井磁性单点定向、水平位移 $500\sim 700\text{ m}$ 定向井有线随钻定向、水平位移 $>700\text{ m}$ 的定向井无线随钻定向,定向工具与工艺措施、地层自然造斜或方位自然漂移控制等在一定程度上影响到了“优快钻井”。

## 2.5 井眼稳定

直罗组中上部和延安组井段,部分泥岩水化膨胀剥落、掉块周期性垮塌,易造成起钻遇卡、下钻遇阻等复杂情况。

延安组的煤层胶结性差,在外力作用下容易垮塌,尤其是定向井施工的斜井段,煤层裸露段增加,更易垮塌。如镇泾32、红河267等井因煤层垮塌严重影响测井作业安全。红河41井1806~1811.5 m井段因煤层垮塌导致加单根遇阻、岩屑上返困难等井内复杂情况。

## 3 “优快钻井”工艺技术措施

### 3.1 完善井漏的预防与处理方案

结合镇泾油田以往井漏的预防及处理经验,重点做好堵漏材料优选、防漏配方优化、堵漏技术措施的配套与完善。

#### 3.1.1 堵漏材料的优选

加量不低于3%的单向压力封闭剂钻井液,在正压差的作用下能有效地封堵砂岩、砾石层、破碎煤层及其它地层的微细裂缝和孔隙,在负压差的作用下,可自动解堵。

多功能屏蔽暂堵钻井液,在正压差的作用下可在井壁及很浅的范围内形成有效的屏蔽暂堵环,从而具防漏堵漏、降低泥浆失水、保护油气储层、提高钻井液抑制性等功效。

复合堵漏钻井液,注入到漏层位置,在正压差作用下会迅速在井壁上形成暂堵环,阻止钻井液漏失。

#### 3.1.2 一开防漏堵漏技术措施

一开钻进前,预先配制好随钻堵漏浆,控制粘度(马氏漏斗粘度)60 s以上、壤土含量10%左右。钻进时适时补充高粘CMC胶液,利用第四系黄土层干涸井眼吸水形成的泥饼封堵第四系地层中可能存在的微裂隙。若钻遇大型井漏强行顶漏钻进,完钻后

再注入复合堵漏稠浆,以维持井眼稳定、保证表层套管顺利下入。

#### 3.1.3 二开防漏堵漏技术措施

##### 3.1.3.1 二开渗透性井漏(漏速 $<10\text{ m}^3/\text{h}$ )处理的技术措施

白垩系的环河组、华池组和洛河-宜君组,以及侏罗系安定、直罗组等砂岩发育井段渗透性漏失地层,提前转换“井浆+1.0%~3.0%多功能屏蔽暂堵剂+1.0%~1.5%单向压力封闭剂+1.5%高分子处理剂”随钻堵漏浆。屏蔽暂堵剂加量控制在3%左右不影响螺杆钻具的正常使用,随着进尺的增加及时补充。

##### 3.1.3.2 非目的层大型井漏处理的技术措施

钻遇裂缝、裂隙、破碎带或溶洞等大型、恶性井漏段,采用复合堵漏浆、静止堵漏、承压堵漏联合作业,利用“井浆+2.0%~4.0%多功能屏蔽暂堵剂+1.0%~2.0%单向压力封闭剂+3.0%~5.0%复合堵漏剂+2.0%~4.0%大颗粒堵漏剂”在大裂缝中架桥,纤维材料很好地弥合微裂缝。承压堵漏作业时,憋压不易过高,立压稳定在1.0~2.0 MPa,漏失速度 $<1\text{ m}^3/\text{h}$ 即可。若憋压时,随着堵漏浆的泵入而立压不上升,则定量泵入堵漏浆后,起钻静止堵漏,同时寻求其它堵漏方案。

##### 3.1.3.3 水泥浆堵漏的技术措施

针对承压堵漏无效的非目的层大型井漏,可采用水泥浆自然平衡法或加压挤入法堵漏。

自然平衡法是注入水泥浆后,井筒的液柱压力大于漏层压力,使水泥浆的2/3或3/4进入漏层,随后井筒的液柱压力与漏层达到平衡,在此平衡状态下候凝以实现堵漏的目的。

加压挤入法是注完水泥浆后,把钻具提离水泥面50 m以上,然后循环钻井液,利用循环时的环空压耗把水泥挤入漏层,也可直接加压注水泥浆后关井口、憋压、把预计的水泥浆量挤入漏层,然后起钻候凝以实现堵漏。

##### 3.1.3.4 目的层堵漏的技术措施

若目的层发生较为严重的渗透性漏失时,一般不进行堵漏作业,若继续钻进必须进行堵漏作业时,为最大限度地保护油气层,建议采用“2.0%~3.0%多功能屏蔽暂堵剂+1.0%~2.0%单向压力封闭剂+1.0%~3.0%复合堵漏剂+1.0%~3.0%无渗透油气层保护剂”酸溶性的堵漏材料和非渗透保护油气层成膜材料进行堵漏。

## 3.2 抗盐侵钻井液

立足于自然转换成欠饱和盐水钻井液体系和处理剂来抑制盐层污染,主要通过烧碱或火碱控制、调节钻井液的 pH 值,缓解钻具腐蚀、增加处理剂活性。通过聚阴离子纤维素或 CMC 等处理剂调节失水量,严格控制补充新浆,避免盐岩层进一步溶解。如红河 27 井施工规避了红河 23 井、红河 24 井等井出现的钻井复杂问题,取得了较好的应用效果。

### 3.3 “四合一”优快钻井

二开“一趟钻”钻完井技术的关键是底部钻具组合“四合一”设计,即 PDC 钻头、单弯螺杆钻具、接头、稳定器“四合一”。如镇泾 29 井井深 1901 m,位移 291.12 m,  $\varnothing 216$  mm PDC 钻头 +  $\varnothing 172$  mm  $\times$   $\varnothing 210$  mm 扶正器  $\times 1^\circ$  单弯螺杆 + 定向直接头 + 短钻铤  $\times 3$  m +  $\varnothing 208$  mm 稳定器  $\times 1.50$  m + 无线随钻接头(配合无线仪器) +  $\varnothing 165$  mm 钻铤  $\times 12$  根 + 127 mm 钻杆的“四合一”钻具组合,二开 1514.57 m 的直井段、造斜段、增斜段钻进任务和稳斜段“一趟钻”钻完,钻井周期 7.79 天。

截止 2009 年,已有 15 口定向井,平均钻井周期  $< 10$  天,平均机械钻速高达 19.94 m/h 以上。

### 3.4 直罗组和延安组泥岩防塌

针对直罗组中上部 and 延安组泥岩坍塌问题,提前转换成具有“物化封固 - 抑制水化 - 化学反渗透 - 有效应力支撑”多元协同作用的防塌钻井液。合理调节钻井液流变性,将塑性粘度控制在 10 ~ 20 mPa $\cdot$ s,屈服值控制在 5 ~ 10 Pa,使钻井液流动性指数控制在 0.3 ~ 0.5 之间,保证钻井液呈平板层流,减少钻井液对井壁的冲刷和扰动。

### 3.5 煤层钻井技术

钻煤层时严格控制钻井液密度,抑制煤层坍塌压力。提前 30 m 向钻井液中补充 1.5% ~ 2% 单向压力封闭剂、1% ~ 2% 无荧光磺化沥青和 1% 防塌润滑剂,优化钻井液性能,控制钻井液粘度、失水、润滑性、抑制性、携岩性和防塌性能,减轻钻井液对裂缝的侵入,钻井液中适当加入表面活性剂,以降低毛细管效应对煤层强度的影响。加强煤层上、下泥页岩井段的防塌,减小泥页岩垮塌对煤层的影响。尽量采用结构简单的钻具组合以减小煤层段井壁碰撞和起下钻时挂拉。尽量减少钻井液对煤层的浸泡和扰动时间。

煤层中钻进,每钻进 5 m 划眼 1 ~ 2 次,每钻完一个单根划眼 2 次。密切注意振动筛上岩屑返出情况,发现掉块增多等井壁坍塌征兆,则必须停止钻进,调整钻井液性能,并反复划眼循环,直至井眼稳

定、返出岩屑正常。控制钻速,密切关注扭矩、泵压变化,遇阻不可强拉强压,尽量开动转盘活动钻具。煤层井段以复合钻进方式快速穿过,避免在煤层段滑动钻进。煤层钻进时,适当降低钻井液排量、降低转盘转速。起下钻作业时,操作平稳,严格控制起下钻速度,遇复杂情况需要开泵时,避免在煤层井段开泵,避免钻具在煤层段旋转,最大限度减少钻井液对煤层的冲刷,减少激动压力对煤层井壁稳定的影响。

### 3.6 压稳防漏固井

镇泾油田漏失层位多、井漏频繁发生,固井前认真做好室内实验,优化水泥浆性能,完善固井施工方案,同时要求钻井队做好井眼准备,必要时通过地层承压试验,检验堵漏效果,验证井眼承压能力是否符合固井要求。

固井施工过程中,针对漏失层位采用压力节点控制,在水泥浆到达漏失层位时适当降低顶替排量,控制井口压力在 3 MPa 以内,解决固井井漏的问题。

## 4 认识与建议

(1)“四合一”钻具组合具备塔式钟摆钻具的防斜能力、多稳定器钻具结构的稳斜稳方位能力、复合钻井的滑动可调性、PDC 钻头加螺杆复合钻井等综合优势,是实现定向井二开“一趟钻”完钻的关键技术。

(2)优化定向井剖面设计,充分发挥上部地层可钻性好、定向效率高、洛河组容易调整轨迹的优势,提高上部井段施工效率,最大限度减小下部井段控制井眼轨迹的难度。

(3)优选堵漏材料,完善适应工区地层特点和螺杆钻具使用要求的随钻堵漏工艺技术措施,是实现“优快钻井”的基础。

(4)针对部分井区地层含砾问题,尝试高效三牙轮钻头配合单弯螺杆钻具复合钻进,提高钻井速度。

(5)定向井下部井段滑动钻进调整轨迹时,合理送钻使反扭角稳定在一个较小范围内,有利于减少滑动钻进时间,提高轨迹调整效率。

(6)进一步完善抗盐侵的“钾胺基聚合物钻井液体系”,以减少钻井复杂时间,提高钻井速度。

(7)针对镇泾油田固井漏失、环空窜槽、水泥返高不够和污染油气层、第二界面胶结质量不理想等问题,开展低密度高强度水泥浆体系(HLC 水泥浆体系)的攻关研究,提高固井质量。

(8)完善钻井设备及辅助配套设施,完善生产组织管理,科学、合理地组织、安排各岗人员进行平

(下转第 46 页)

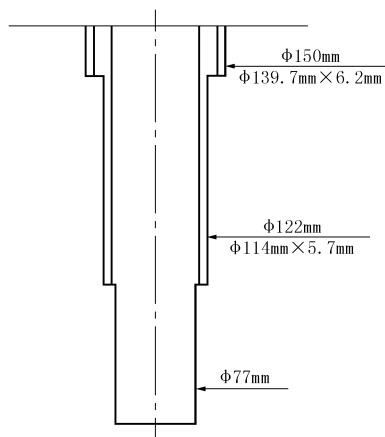


图3 小秦岭地区深孔钻孔结构

m 隔离上部破碎地层,再以  $\phi 77$  mm 绳索取心钻具钻进,在 768 ~ 771.5 m 遇到缩径坍塌地层,以  $\phi 95$  mm 钻具扩孔钻进至 771.5 m,下入  $\phi 89$  mm 套管(技术套管)6 m 隔离缩径坍塌地层,然后换回  $\phi 77$  mm 绳索取心钻进直至终孔。

## 5 结论

(1)深孔钻孔结构设计关系到钻探的成败,新

(上接第 39 页)

并适当调整扩孔器的摆放数量和结构,避免或减少了扫孔和提下钻次数,提高了钻探效率,降低了施工成本。

(4)针对不同地层特点,采取不同的探矿施工工艺和合理的钻进技术参数,对保证岩心采取率和控制钻孔弯曲度是关键所在,尤其对于软硬互层、漏失地层等,必须适当减压钻进,并适当降低转速、加大泵量;对于坚硬“打滑”地层,应适当加大钻压,降低转速,减小泵量。因此,选择合理的钻进参数是保证地质钻探施工质量的前提。

(上接第 43 页)

行交叉作业,减少设备维修、保养等辅助作业时间,提高钻井效率。

(9)通过引进、消化、推广应用新技术,实施快速钻井、快速测井、快速完井等综合配套工艺技术,实现“优快钻井”目标。

## 参考文献:

- [1] 杨成超. 陕北地区小位移深造斜点定向井施工技术探讨. 西部探矿工程, 2006, (5).
- [2] 许庭云, 熊大富. 华北分公司镇泾油田钻井防漏堵漏技术探讨

的矿区应深入了解地层构造,合理设计钻孔结构,才能保证钻遇复杂地层时适时下入套管隔离复杂地层,保证钻探顺利进行。

(2)深孔钻探开孔孔径应加大,开孔孔径加大会降低上部钻探效率,但是,孔径加大为深部钻探处理复杂地层留下了扩孔下套管的空间,能保证深部钻探顺利进行。

## 参考文献:

- [1] 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.
- [2] 朱恒银. 2706 m 试验孔施工关键装备与技术[A]. 特深孔设备配套与施工技术研讨会及第二届全国地质勘探技术研讨会[C]. 安徽六安, 2010.
- [3] 王达. 深孔岩心钻探的技术关键[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2009, 36(S1).
- [4] 王达, 张伟, 张晓西, 等. 中国大陆科学钻探工程科钻一井钻探工程技术[M]. 北京:科学出版社, 2007.
- [5] 陈风云, 谷天本. 西平铁矿深孔绳索取心钻探技术应用[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2010, 37(6).
- [6] 孙德学, 陈伟, 张元清, 等. 沉积岩松软地层深孔绳索取心钻探技术实践[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2010, 37(1).

## 参考文献:

- [1] 孙丙伦, 陈师逊, 陶士先. 复杂地层深孔钻探泥浆护壁技术探讨和实践[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2008, 35(5): 13 - 16.
- [2] 石立明. 复杂地层岩心钻探综合治理技术[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2008, 35(2): 12 - 14.
- [3] 张元清, 宋健. 长白矿区复杂地层多金属矿深孔施工技术[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2010, 37(12): 13 - 16.
- [4] 胡成涛, 郑门关, 周红心, 等. 湖北磷矿复杂地层深孔钻探施工工艺[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2010, 37(11): 19 - 21.
- [5] 曾石友. 嵩县多金属矿区复杂地层岩心钻探施工综合技术[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2010, 37(11): 16 - 18.
- [6] 张春波, 等. 绳索取心金刚石钻进技术[M]. 北京:地质出版社, 1985.

[J]. 内蒙古石油化工, 2009, (8).

- [3] 冯树攀, 魏红利, 苗克顺. 水基无粘土低固相钻井液在镇泾工区的应用[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2010, 37(7): 25 - 27, 36.
- [4] 俞宪生. 鄂尔多斯盆地镇泾工区钻井堵漏技术措施[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2009, 36(6): 19 - 20, 23.
- [5] 李文明, 陈绍云, 刘永贵. 优快钻井配套技术在希 50 - 54 井应用实践[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2010, 37(6): 04 - 06, 12.

注: 本文撰写过程中还参考了《长庆地区井下事故与复杂的预防》(张连水. 长庆钻井工程总公司技术交流材料汇编)和《定向井二开“一趟钻”钻完井技术研究》(姚战利, 袁立志. 长庆钻井工程总公司技术交流材料汇编)。