

◀ 低渗油气田高效开发钻井技术专题 ▶

doi:10.3969/j.issn.1001-0890.2012.03.002

胜利低渗油田长水平段水平井钻井关键技术

韩来聚，牛洪波，窦玉玲

(中国石化胜利石油管理局钻井工艺研究院, 山东东营 257017)

摘要:长水平段水平井钻井技术已经成为低渗透油气田开发的重要技术保障,但国内相关技术起步较晚,对该项技术的认识还需要统一,对如何发展与该技术配套的优快钻井技术有待进一步研究。通过分析该技术在井眼轨道优化设计、井眼轨迹控制和钻井液性能提高方面的主要技术难点,明确了关键技术攻关方向。通过模拟分析井眼轨道摩阻、扭矩,确定了造斜率和井眼轨道类型的优选原则;通过分析靶前位移与裸眼段摩阻系数的敏感性,明确了二者关系,并就其成因进行了钻柱力学解释,提出了靶前位移的优选原则,形成了长水平段水平井井眼轨道设计的主要思路。建立了基于地层可钻性级值的井眼轨迹控制方案优化方法,提出了以旋转减摩技术为基础的井眼轨迹高效控制思路。梳理了井壁稳定、井眼净化和润滑防卡等长水平段水平井钻井液关键技术,介绍了相应的主要技术措施。结合高平 1 井,介绍了上述各关键技术的应用情况,实例验证了各技术的有效性。

关键词:长水平段 水平井 井眼轨道 优化设计 井眼轨迹控制 低渗透油田

中图分类号:TE243 文献标识码:A 文章编号:1001-0890(2012)03-0007-06

Key Drilling Technologies for Long Displacement Horizontal Wells of Low Permeability Reservoirs in Shengli Oilfield

Han Laiju, Niu Hongbo, Dou Yuling

(Drilling Technology Research Institute, Shengli Petroleum Administration, Sinopec, Dongying, Shandong, 257017, China)

Abstract: Drilling long displacement horizontal wells has become an important technical support to develop low permeability reservoirs, but related techniques in China start relatively late. It is necessary to reach a common understanding of the techniques and carry out further research on optimized match drilling techniques. Therefore, the key-point of the technique has been identified by analyzing their difficulties in well trajectory design and control as well as drilling fluid properties. The principles for selection of build-up rate and well trajectory type have been set up through simulating torque and drag. Through analyzing sensibility of friction coefficient and displacement from well head to target point, the main characteristics and their relationship have been determined, the corresponding explanation of drilling string mechanics was given, the selection principle of displacement from well head to the target point was proposed, the main idea for well trajectory design of long displacement horizontal well formed. An optimized well path control solution was established on the basis of formation drillability grades, and then an effective well path control method was presented by rotary reduction of friction. The critical techniques of wellbore stability, hole cleaning and anti-stick lubrication were sorted out and introduced. Well Gaoping 1 is taken as an example to illustrate the above techniques and their effectiveness.

Key words: long horizontal displacement; horizontal well; well trajectory; optimizing design; hole trajectory control; low permeability oil & gas field

截至“十一五”末,胜利油田低渗透油藏探明储量已经超过 10×10^8 t,其中特低渗透储量占三分之一强。该类油藏因具有丰度低、物性差、非均质性严重等特点而很难得到有效动用。为探索低渗透油藏的有效开发手段,胜利油田自 2007 年开始对长水平段水平井钻井关键技术进行研究攻关,目前已完成

收稿日期:2011-10-26; 改回日期:2012-05-05。

作者简介: 韩来聚(1963—),男,山东昌邑人,1983 年毕业于华东石油学院钻井工程专业,2004 年获石油大学(华东)油气井工程专业博士学位,院长,教授级高级工程师,胜利油田首席高级专家,主要从事钻井新技术研究和应用工作。系本刊编委。

联系方式: (0546)8701895, hanlaiju.slyt@sinopec.com。

基金项目: 国家科技重大专项“低渗油气田高效开发钻井技术”(编号:2008ZX05022)部分研究成果。

了 20 余口长水平段水平井的施工,初步形成了长水平段水平井钻井技术。但由于国内相关技术研究起步较晚,对该项技术的认识还不统一,而目前现场生产急需发展长水平段水平井优快钻井技术,以降低低渗透油藏开发成本。为此,笔者在分析长水平段水平井主要技术难点的基础上,对现有钻井技术进行了总结、梳理,提出了提高该类水平井钻井速度的主要思路。

1 长水平段水平井主要钻井技术难点

长水平段水平井作为最大储层接触(MRC)技术的一种重要形式,其技术理念是在有限的水平位移范围内实现水平井眼长度最大化,这使得其在井眼轨道优化设计、井眼轨迹控制和钻井液等方面均面临很大的困难。

1) 井眼轨道优化设计方法有待探索。通过轨道类型和设计参数优选,实现摩阻和扭矩的最小化是长水平段水平井井眼轨道优化设计的主要任务^[1]。当然,不论使用何种设计方法,均不可能找到某个最优稳斜角而使全井的摩阻、扭矩同时达到最小,但可以找到一个合适的稳斜角使其相对较小^[2]。国内曾就利用何种设计方法能够使轨道摩阻、扭矩更小进行过深入研究,提出了悬链线、修正悬链线、侧位悬链线、恒变曲率曲线、摆线、圆弧和侧位抛物线等多种轨道模型^[3-8],并在大位移井井眼轨道设计中得到较多应用。这些轨道模型的优点是能显著降低大位移井的摩阻和扭矩,不足是都需要较大的靶前位移和靶点垂深。但是,为了获取较长的水平段,长水平段水平井的靶前位移不宜过大,否则井底水平位移将更大,导致钻井施工中的摩阻、扭矩进一步增大,甚至无法进行施工。因此,在井底水平位移一定的情况下,需要缩短靶前位移,探索长水平段水平井轨道优化设计的新思路、新方法。

2) 技术的高效性和经济性难以兼顾。井眼轨迹控制主要通过“稳定器+钻铤”组合、滑动导向系统和旋转导向系统 3 种方式实现。“稳定器+钻铤”组合的井眼轨迹控制方式最为经济,但导向能力相对较弱,当地层出现较大变化时,需要起下钻更换钻具;滑动导向系统具有很强的导向能力,但随着水平段延伸,受井下摩阻增大和动力钻具寿命的限制,其钻进效率和轨迹控制有效性快速下降;旋转导向系统可以实现长水平段井眼轨迹的高效控制,但该系统成本高,需要结合产能预测评估其经

济效益。

3) 长水平段钻井液性能要求高。由于地层非均质性广泛存在,所以随着水平段的延长,钻遇地层岩性也逐渐复杂,井眼形态变化随之加剧,在砂泥岩交互频繁的地层甚至出现井壁垮塌、缩径等问题,影响井下安全,这反过来也会影响钻井液流态,进而影响其携岩效果。钻进期间长水平段钻井液性能既要满足携岩、润滑、防塌和井控等方面的要求,又要保证较高的井眼质量以满足完井管柱下入和保障固井质量的要求,因此对其性能要求很高。

2 长水平段水平井钻井关键技术

针对长水平段水平井钻井技术的主要问题,胜利油田在长水平段水平井井眼轨道优化设计技术、井眼轨迹控制技术和钻井液技术方面进行了探索,并在关键技术上取得了突破。

2.1 井眼轨道优化设计技术

长水平段水平井要在既定水平位移内最大限度地实现水平段延伸,就必须对井眼轨道类型、造斜率、靶前位移等设计参数进行优化,以实现摩阻、扭矩最小。基于上述认识并借助现有软件对既定计算条件下的井眼轨道进行了模拟分析,对比了常用轨道类型和主要轨道设计参数对摩阻和扭矩的影响。计算的井眼直径 215.9 mm,水平段长度 1 500 m;钻头扭矩 4 011 N·m,复合钻进钻压 120 kN,滑动钻进钻压 80 kN;钻井液密度 1.05 kg/L,钻井液塑性黏度 18 mPa·s,钻井液动切力 10 Pa。

2.1.1 造斜率与井眼轨道类型对摩阻扭矩的影响

靶前位移固定为 900 m,对造斜率分别为 7.5,15.0 和 20.0 (°)/100m 的单增轨道和修正悬链线轨道进行起下钻摩阻和钻进扭矩分析,结果见表 1。

表 1 不同造斜率条件下的摩阻和扭矩数据

Table 1 Torque and drag at different built-up rates

井眼轨道	造斜率/ (°) · (100m) ⁻¹	摩阻/kN		钻进扭矩/ (N·m)
		起钻	下钻	
单增	7.5°	141	165	18 565
	15.0°	167	168	19 120
	20.0°	197	189	21 400
修正悬链线		143	163	18 245

注:套管内摩阻系数 0.15,裸眼摩阻系数 0.20。

由表 1 可知: 在靶前位移相同的情况下, 随着造斜率的增大, 井眼轨道摩阻和扭矩逐渐增大; 修正悬链线轨道在降低井眼轨道起下钻摩阻方面无明显优势(若再减小靶前位移, 悬链线轨道将无法应用)。

现场应用中, 双增、三增等井眼轨道类型较为常用, 其主要目的是要满足实际施工的要求(比如有利于水平段着陆、绕障要求等), 但其井眼轨道圆滑程度比单增轨道略差。因此, 从控制摩阻扭矩和有利于现场施工等方面综合考虑, 长水平段水平井宜选用造斜率较低的单增或双增轨道。

2.1.2 靶前位移对摩阻扭矩的影响

在水平井井眼轨道设计中, 靶前距、造斜点和造斜率等设计参数相互关联。在一定的靶点垂深条件下, 靶前距越大, 造斜点、造斜率的可选范围越大; 反之, 则需要较大的造斜率, 造斜点可选范围亦随之缩小。而合理控制水平段特别是裸眼井段的摩阻系数是降低长水平段水平井钻井期间摩阻扭矩的重要目标, 因此, 分析靶前位移对裸眼井段摩阻系数的敏感性可直观了解二者关系。

基于上述认识, 选取靶前位移分别为 350, 500 和 700 m(水平段长 1 500 m, 套管内摩阻系数为 0.25), 研究了滑动钻进时井眼轨道对摩阻系数的敏感性, 见图 1。

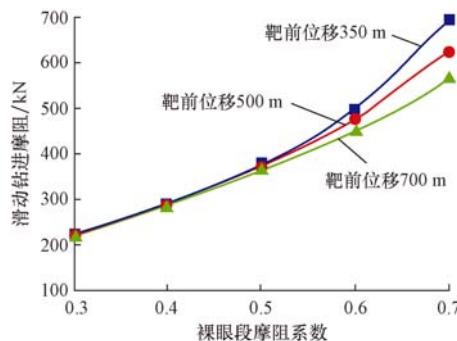


图 1 滑动钻进时井眼轨道对摩阻系数的敏感性曲线

Fig. 1 Sensitivity of wellbore trajectory to friction coefficient during sliding drilling

由图 1 可知: 当裸眼井段摩阻系数小于 0.5 时, 靶前位移对摩阻系数的影响非常接近; 当裸眼段摩阻系数大于 0.5 时, 靶前位移 700 m 的轨道对摩擦系数的敏感性明显小于其他靶前位移的轨道。但是这种敏感性减小的趋势随着靶前位移的增大逐渐趋于弱化, 主要是因为摩擦阻力的大小与摩阻系数和正压力相关联。正压力是一种合力, 包括管柱重力

引起的接触正压力、轴向力和弯曲井眼耦合作用产生的正压力和管柱弯曲刚度与弯曲井眼耦合作用产生的正压力。裸眼段摩阻系数较小时, 管柱重力引起的接触正压力在正压力合力中占主导地位, 靶前位移小、全角变化率较大的井眼轨道因其造斜井段短, 正压力相对较小, 因此摩阻力小。这也是水平段长度较短的水平井使用小靶前位移的原因之一。

但随着摩阻系数的增大, 轴向力和弯曲井眼耦合作用产生的正压力在正压力合力中的比例升高, 靶前位移小、全角变化率较大的井眼轨道因其狗腿度较大, 与钻柱轴向力耦合产生的正压力增大, 因此摩阻力相对较大。增大靶前位移、降低狗腿度可以减小轴向力和弯曲井眼耦合作用产生的正压力, 但由于斜井段长度随之增大, 管柱重力引起的接触正压力亦随之上升, 这一措施减小正压力的作用被部分抵消, 且随着靶前位移的不断增大, 该方法降低正压力的作用越发不显著。

由此可以得出如下结论: 增大靶前位移可以在一定程度上减小钻井过程中的摩阻和扭矩, 但这种作用随着靶前位移的增大逐渐弱化。因此, 优选靶前位移时, 需要考虑钻井液类型、井眼轨迹控制技术等因素对裸眼井段摩阻系数的影响, 然后根据具体区块的技术应用能力合理选取靶前位移。

2.2 长水平段井眼轨迹控制技术

旋转钻进是目前实现井眼轨迹控制效率最高的一个钻进方式。在旋转导向钻井技术难以实现低成本应用的情况下, 提高滑动导向系统的复合钻进稳斜能力是一种经济高效的水平段井眼轨迹控制方法。胜利油田结合钻井实践, 提出了根据地层可钻性级值优选水平段底部钻具组合的方法(见表 2)和配套措施^[9], 可提高复合钻进稳斜能力。其主导思想是以地层可钻性级值 K_d 作为依据, 调整螺杆钻具本体稳定器及其上部欠尺寸稳定器外径, 构成与地层可钻性相适应的稳斜底部钻具组合, 从而提高滑动导向系统的复合钻进稳斜能力。

上述井眼轨迹控制思路的目标是通过复合钻进的方式进行长水平段轨迹控制, 即通过旋转钻进解决井下摩阻大、滑动钻进困难的问题。除上述方法之外, 还可以考虑使用“变径稳定器+螺杆钻具”或“变径稳定器+钻铤”的底部钻具组合控制长水平段井斜, 即通过调整变径稳定器的外径改变底部钻具组合的受力状态, 达到控制井斜的目的。

表 2 基于地层可钻性分析的底部钻具组合优选参考原则
Table 2 Optimizing principle of BHA based on the formation drillability analysis

地层分级	条件	说 明
1	$K_d \leq 3.0$	滑动/旋转钻进进尺比约为 1:6, 可以不使用欠尺寸稳定器; 通过调整钻进参数、划眼等技术措施可以保证控制井眼全角变化率
2	$3.0 < K_d \leq 4.5$	滑动/旋转钻进进尺比约为 1:3, 需使用欠尺寸稳定器等工具; 可通过调整螺杆钻具结构尺寸和钻进参数控制井斜
3	$K_d > 4.5$	滑动/旋转钻进进尺比小于 1:2, 调整螺杆钻具结构参数或使用旋转导向钻井技术

2.3 钻井液技术

井壁稳定技术、井眼净化技术和润滑防卡技术是长水平段水平井钻井液技术的核心。

1) 井壁稳定技术。针对长水平段水平井的井壁稳定问题通常采取以下措施:a. 保持合理的钻井液密度, 提供有效液柱压力, 保持井筒周边力学平衡;b. 优化钻井液粒度分布, 保证优质泥饼的形成, 阻止孔隙压力传递;c. 优选抑制剂, 提高钻井液滤液的抑制性, 抑制黏土矿物的水化分散, 降低固相含量。

2) 井眼净化技术。通过调整钻井液流变性能

来保证携岩效率, 其中动塑比是一项重要的指标参数, 在控制合理钻井液黏度和切力的前提下, 适当提高钻井液的动切力, 保持动塑比在 0.5 以上, 增强钻井液的携岩能力。

3) 润滑防卡技术。从钻井液的角度来讲, 减小水平井摩阻主要有 3 条途径:a. 保证井眼清洁, 降低钻井液固相含量;b. 降低滤失量, 减小泥饼厚度, 形成薄而致密的优质泥饼;c. 添加高效润滑材料, 降低钻具与井壁之间的摩擦系数。

3 实例分析

胜利油田长水平段水平井钻井技术已经为国内大牛地气田、新场气田和长庆油田的近 20 口井提供了技术支撑, 并在胜利油田的纯梁、河口和滨南等区块应用了 10 余口井。其中, 高平 1 井是胜利油田第一口位垂比大于 4 的大位移水平井^[10], 该井设计 A 靶垂深 867.00 m, B 靶垂深 929.00 m, AB 靶点间水平位移 3 008.13 m。

3.1 长水平段水平井井眼轨道设计方法应用

根据长水平段水平井轨道优化设计的原则, 对高平 1 井不同靶前位移和造斜率模拟轨道对应的摩阻和扭矩进行了计算对比, 主要数据见表 3。

表 3 高平 1 井不同靶前位移对应的井眼轨道摩阻扭矩

Table 3 Torques and drags corresponding to different displacements from well head to landing point for Well Gaoping 1

靶前位移/m	摩阻/kN			扭矩/(N·m)		斜井段长/m
	起钻	下钻	平均	上提	钻进	
280	382.10	405.30	393.70	23 640.0	26 136.1	432.36
350	374.90	400.00	387.45	23 810.9	26 278.9	541.95
450	371.90	407.90	389.90	25 141.1	27 527.5	692.31
550	365.30	415.60	390.45	26 311.2	28 558.3	832.60
650	360.70	432.40	396.55	27 713.6	29 918.2	969.85

由表 4 可知, 靶前位移 280, 350 和 450 m 对应井眼轨道的摩阻相差不足 10 kN, 靶前位移为 350 m 时的摩阻最小, 且钻进扭矩处于较低水平, 可以为复合钻进提供扭矩空间。故高平 1 井选用了靶前位移 350 m 的单增轨道。

3.2 水平段井眼轨迹控制技术应用

高平 1 井于井深 1 077.99 m 进入水平段。由于位于风化壳顶部, 地层胶结较差, 可钻性级值低, 使用的钻具组合为: $\phi 311.1$ mm 钻头 + $\phi 203.2$ mm 1.5° 单弯螺杆 + 配合接头 + $\phi 203.2$ mm 地质导向短节 +

单向阀 + $\phi 203.2$ mm 无磁钻铤 + MWD 短节 + $\phi 127.0$ mm 斜坡钻杆 + $\phi 127.0$ mm 加重钻杆(6 柱) + $\phi 127.0$ mm 钻杆。该组合复合钻进稳斜效果较好。

随着水平段的延伸, 地层逐渐变硬, 可钻性级值逐渐超过了 3.0, 上述钻具组合在复合钻进时井斜增大的趋势越发显著。至井深 1 400.0 m 以深, 即便是钻压为 40.0 kN, 井斜增大率也达到了(7° ~ 8°)/100m, 需要滑动钻进降低井斜。因此, 钻具组合调整为: $\phi 311.1$ mm 牙轮钻头 + $\phi 203.2$ mm 1.5° 单弯螺杆 + $\phi 303.0$ mm 稳定器 + 配合接头 + $\phi 203.2$ mm 地质导向短节 + 单向阀 + $\phi 203.2$ mm

无磁钻铤+MWD 短接头+ $\phi 127.0$ mm 斜坡钻杆+ $\phi 127.0$ mm 加重钻杆(6 柱)+ $\phi 127.0$ mm 钻杆。

该钻具组合在原钻具组合上增加了 $\phi 303.0$ mm 欠尺寸稳定器, 钻压为 80.0 kN 时, 井斜增大率为($2^{\circ} \sim 3^{\circ}$)/100m, 调控钻压即可实现稳斜, 直至井深 1 782.00 m 下入 $\phi 244.5$ mm 技术套管。三开之后的水平段井眼轨迹控制也在底部钻具组合中使用了欠尺寸稳定器, 并结合地层特性进行底部钻具组合及钻进参数优选。底部钻具组合为: $\phi 215.9$ mm PDC 钻头+ $\phi 172.0$ mm 螺杆钻具+配合接头+单向阀+ $\phi 210.0$ mm 稳定器+地质导向短节+MWD 测量短节+ $\phi 127.0$ mm 无磁承压钻杆+ $\phi 127.0$ mm 斜坡钻杆(40 柱)+套管防磨器(1 个)+ $\phi 127.0$ mm 斜坡钻杆(21 根)+套管防磨器(1 个)+ $\phi 127.0$ mm 斜坡钻杆。

底部钻具组合中主要工具的调整原则为:

1) 螺杆钻具在水平段 2 000.00 m 以内, 根据井下摩阻情况, 以使用 $1.00 \sim 1.25^{\circ}$ 单弯螺杆为主; 水平井段 2 000.0 m 以上, 为了提高滑动钻进的降斜效果, 应使用 1.5° 单弯螺杆。

2) 使用牙轮钻头钻进时, 可根据井眼稳定情况, 在动力钻具上部接 $\phi 208.0 \sim 212.0$ mm 欠尺寸稳定器, 以尽量降低复合钻进时井斜微增的趋势; 使用 PDC 钻头钻进时, 由于 PDC 钻头的侧向切削力较强, 复合钻进时微增井斜的程度比牙轮钻头要低。所以, 在地层可钻性较好时, 可以考虑不使用欠尺寸稳定器, 但需要根据实钻情况具体分析; 一般情况下, 建议使用欠尺寸稳定器, 以 $\phi 205.0 \sim 208.0$ mm 为宜。

3.3 钻井液技术应用

根据高平 1 井的地层特点和该井对钻井液的要求, 结合以往成功经验, 在定向水平段采用高效清洁钻井液, 并在开钻前对钻井液组分进行了优选。

二开主要穿过明化镇组、馆陶组及中生界地层, 地层以泥岩、泥质砂岩为主, 且具有成岩性差、易造浆、水化分散严重等特点, 由于井眼大, 大量黏土进入钻井液使其性能难以控制, 另外携砂和润滑也很关键。针对这些问题, 该井二开采用聚合物抑制剂、天然高分子絮凝剂、胺基抑制剂及有机胺等高效抑制剂有效控制地层造浆, 同时在保持钻井液流变性的同时增加润滑剂的加量, 以保证钻井液的润滑性, 并适时加入不同类型的防塌剂, 在护胶的同时增强钻井液的防塌能力。二开钻井基本钻井液配方: 膨

润土浆+0.3%PAM+1.5%KFT+1.0%SMP-1+0.5%SF-1+1.0%胺基抑制剂+2.0%BH-1+4.0%BM-1。

为提高钻井液的润滑性能和抑制防塌性能, 确定了三开水平段的基本钻井液配方: 膨润土浆+0.3%PAM+1.5%KFT+1.5%SMP-1+0.5%SF-1+2.0%胺基抑制剂+5.0%BH-1+10.0%BM-1。

三开井段, 加强了现场固控设备的使用, 采用 180 目振动筛布, 合理使用离心机, 保证钻井液中固相含量较低。通过大、中、小高分子聚合物与胺基抑制剂的复配作用提高了钻井液的抑制性, 保证了钻井液中润滑剂 BH-1 的有效含量, 必要时配合固体润滑剂以提高其润滑性。施工期间, 钻井液性能处理以稳定为主, 钻井液黏度控制在 50~70 s 之间, 保持适当的切力, 根据钻井液性能及摩阻的变化情况适时补充白油润滑剂及各种分子量的聚合物在钻井液中的有效含量。

4 结论及建议

1) 长水平段水平井的主要特点是水平段长度大, 其造斜点、靶前位移、全角变化率和井眼轨道类型等主要井眼轨道设计参数的可选范围要远小于常规大位移井, 因此不宜采用较为复杂的轨道设计方法, 应以摩阻扭矩有效控制为目标, 重点考虑全角变化率、靶前位移等主要设计参数的优化。

2) 通过建立地层可钻性级值与工程措施的对应关系, 探索了地层条件对井眼轨迹的影响规律, 该方法有助于确定具体区块长水平段水平井井眼轨迹控制的基本钻具组合和相应钻进措施。

3) 井壁稳定技术、井眼净化技术和润滑防卡技术是长水平段水平井钻井液技术的核心。胜利油田针对不同储层特点开发出了无黏土、润滑防塌等钻井液和包括 BH-1 高效润滑剂在内的多种钻井液处理剂, 并通过现场试验形成了长水平段水平井钻井液技术。

4) 胜利油田已经初步具备了长水平段水平井钻井能力, 但还需开展长水平段裸眼减摩技术、基于井壁稳定性评价的井眼轨道优化设计技术、结合变径稳定器开发的长水平段井眼轨迹高效控制技术、页岩油气水平井钻井液技术等系列配套技术, 以期形成长水平段水平井优快钻井技术。

参 考 文 献

References

- [1] 赵金洲,韩来聚,唐志军.高平 1 井大位移水平井钻井设计与施工[J].石油钻探技术,2010,38(6):29-32.
Zhao Jinzhou, Han Laiju, Tang Zhijun. Design and drilling of Gaoping 1 ERD horizontal well[J]. Petroleum Drilling Techniques, 2010, 38(6): 29-32.
- [2] 卢明辉,管志川.大位移井轨道设计中关键参数的确定[J].石油钻探技术,2003,31(5):70-71.
Lu Minghui, Guan Zhichuan. Calculations of the key parameters in trajectory designs for extended reach wells[J]. Petroleum Drilling Techniques, 2003, 31(5): 70-71.
- [3] Payne M L,Cocking D A, Hatch A J. Critical technologies for success in extended reach drilling[R]. SPE 28293,1994.
- [4] 韩志勇.定向井悬链线轨道的无因次设计方法[J].石油钻采工艺,1997,19(4):13-16.
Han Zhiyong. Method of non-dimensional design of cautionary shape profile of directional well[J]. Oil Drilling & Production Technology, 1997, 19(4): 13-16.
- [5] 张建国,黄根炉,韩志勇,等.一种新的大位移井轨道设计方法[J].石油钻采工艺,1998,20(6):6-10.
Zhang Jianguo, Huang Genglu, Han Zhiyong, et al. A new design for long reach well trajectory[J]. Oil Drilling & Production Technology, 1998, 20(6): 6-10.
- [6] 卢明辉,管志川.大位移井摆线轨道设计方法[J].石油大学学报:自然科学版,2003,27(6):33-35.
Lu Minghui, Guan Zhichuan. Design method for cycloid trajectory of extended reach well[J]. Journal of the University of Petroleum, China: Edition of Natural Science, 2003, 27(6): 33-35.
- [7] 崔红英,张建国,韩志勇.两维定向井轨迹设计的通用方程[J].钻采工艺,1999,22(4):16-19.
Cui Hongying, Zhang Jianguo, Han Zhiyong. General equation for 2D directional-well trajectories[J]. Drilling & Production Technology, 1999, 22(4): 16-19.
- [8] 张建国,崔红英.侧位抛物线大位移井轨道设计[J].中国海上油气:工程,2000,12(2):35-38.
Zhang Jianguo, Cui Hongying. Design of lateral parabola extended-reach well trajectory[J]. China Offshore Oil and Gas: Engineering, 2000, 12(2): 35-38.
- [9] 牛洪波.大牛地气田长水平段井眼轨迹控制方法[J].天然气工业,2011,31(10):64-67.
Niu Hongbo. Trajectory control methods for long sections of horizontal wells at the Danniudi Gas Field[J]. Natural Gas Industry, 2011, 31(10): 64-67.
- [10] 冯光通,马凤清,曹向峰,等.高平 1 井井眼轨迹与井身结构设计[J].石油钻探技术,2010,38(6):33-36.
Feng Guangtong, Ma Fengqing, Cao Xiangfeng, et al. The trajectory and casing program design of Well Gaoping 1[J]. Petroleum Drilling Techniques, 2010, 38(6): 33-36.

《石油钻探技术》荣获中国石化第四届优秀期刊二等奖

近日,中国石化第四届优秀期刊、第一届优秀编辑评选结果揭晓。《石油钻探技术》荣获二等奖,并位列该等级第 2 名;常务副主编陈会年获得优秀编辑荣誉称号。

本届评选工作依据《中国石化期刊管理办法》和《中国石化期刊质量考核评分标准》,在期刊编辑部自查自评的基础上,通过石油工程、石油化工专家和期刊编辑专家对期刊报道内容、编辑出版质量、期刊日常管理等方面的综合考核,并结合参评编辑事迹材料,评定初审成绩,经中国石化总部期刊考核评比小组审核,按成绩高低等因素确定了最终获奖名单。在中国石化 50 家公开出版的各类期刊中,评出期刊一等奖 5 名,二等奖 10 名,三等奖 15 名,鼓励奖 3 名;同时,评出优秀编辑 15 名。

中国石化期刊考核评比活动每三年开展一次。《石油钻探技术》编辑部认真分析了前三届评比未获奖励的原因,在努力提高编校质量的基础上,努力提高期刊刊发论文的技术先进性、创新性及实用性,全面提高期刊质量。在此次评比中,根据评比办法积极准备评比材料,最终获得优秀期刊二等奖。编辑部将以此次获奖为契机,分析了解与优秀期刊的差距,并采取相应措施,争取在下一届优秀期刊评比活动中获得更好的成绩!