焦页非常规页岩气井优快钻井技术

王国庆, 王建波, 陈　广, 郭少帅, 张　磊, 许义亮
(中石化中原石油工程有限公司钻井二公司,河南 濮阳 457000)

摘　要:重庆涪陵焦石坝地区上部地层岩性致密、研磨性强、可钻性差,长兴组浅层气活跃且含硫,三开水平段长、摩阻大、泥质页岩层易垮塌。钻井面临的突出问题是机械钻速低、井控难度大、钻井周期长。针对上述气藏钻井难点,重点从钻井工艺、维持井壁稳定以及钻井液方面进行分析,优化钻具结构、优选钻头选型、抑制井壁失稳以加快焦石坝区块钻井速度。"油基螺杆 + 高效 PDC 钻头"配合优质钻井液,经过焦页 12 平台 4 口井的实践应用,大大缩短了钻井周期,焦页 12 – 4HF 井创下了中石化集团公司非常规页岩气水平井最长水平段记录,提速效果显著。

关键词:页岩气;钻井;水平井;井壁失稳;焦石坝地区
中图分类号:P634;TE249　　**文献标识码**:B　　**文章编号**:1672 – 7428(2014)10 – 0017 – 05

Optimized and Fast Drilling for Construction of Jiaoye Unconventional Shale Gas Well/*WANG Guo-qing*, *WANG Jian-bo*, *CHEN Guang*, *GUO Shao-shuai*, *ZHANG Lei*, *XU Yi-liang* (Drilling Company Sinopec Zhongyuan Petroleum Engineering Co., Ltd., Puyang Henan 457000, China)

Abstract: There are the characteristics of dense lithology, strong abrasive and poor drillability in upper formaton in Jiaoshiba area of Chongqing, active shallow gas with sulfur in Changxin formation and long third spud horizontal section, high friction and being easy to collapse in clay shale. The prominent problems were low ROP, difficult well control and long drilling cycle. According to the above difficulties in gas reservoir drilling, the analysis was made mainly on the drilling technology, wellbore stability maintenance and drilling fluid; optimization of drilling tool structure, optimizing bit selection, inhibition of wellbore instability were carried out in order to speed up the drilling speed in Jiaoshiba area. "Screw drill + high efficient PDC bit" with high – quality drilling fluid were applied in 4 wells of the 12th drilling platform and the drilling cycle was greatly shortened. The construction of Jiaoye 12 – 4HF sets the record of the longest horizontal section in unconventional shale gas horizontal well for Sinopec Group, and drilling speed is effectively improved.

Key words: shale gas; drilling; horizontal well; borehole instability; Jiaoshiba area

1　概况

焦页 12 平台 4 口页岩气水平井位于重庆市涪陵区焦石镇楠木村 7 组。位于川东南涪陵区块中部,地处重庆市涪陵区东部,距涪陵城区约 35 km。涪陵区地处四川盆地和盆边山地过渡地带,境内地势以低山丘陵为主,横跨长江南北、纵贯乌江东西两岸。地势大致东南高而西北低,西北 – 东南断面呈向中部长江河谷倾斜的对称马鞍状。本井组 4 口井,焦页 12 – 2HF、12 – 3HF 同时施工;焦页 12 – 1HF、焦页 12 – 4HF 同时施工。该井组于川东高陡褶皱带包鸾 – 焦石坝背斜带焦石坝构造,地表出露下三叠统嘉陵江组,地层倾角 3.40° ~ 5.43°。过井地震测线反映目的层地震波组相位连续,地层平缓,构造变形弱,利于页岩气保存。

本文以焦页 12 – 4HF 为代表详细论述该平台的钻井施工过程及技术措施。

2　焦页 12 – 4HF 井概况

焦页 12 – 4HF 井设计井深 4730 m,水平段长 2095.06 m,最大井斜角 89.61°,目的层为志留系龙马溪组。

2.1　钻井目的

(1)评价焦石坝地区上奥陶统五峰组 – 下志留统龙马溪组页岩气资源潜力,落实水平井单井产能;

(2)优化工程工艺技术,评价不同井距、不同簇间距对单井产能的影响,为该区页岩气整体开发奠定基础,并获取水平井钻完井及气层改造的工程工艺技术参数。

2.2　井身结构(见表 1)

2.3　地质分层(见表 2)

3　钻井技术

经过总结其他井段的施工经验,在井壁失稳、

收稿日期:2014 – 02 – 24; **修回日期**:2014 – 07 – 24

作者简介:王国庆(1979 –),男(汉族),湖北钟祥人,中石化中原石油工程有限公司钻井二公司川渝项目部技术副经理,石油工程专业,从事页岩气钻井技术现场管理及项目部技术主管工作,河南省濮阳市,wgqwgq2003@126.com。

表 1 井身结构设计数据

井深/m	套管层序	钻头尺寸/mm	套管尺寸/mm	套管下深/m	水泥返深/m
0 ~ 50	导管	660.4	508	50	地面
50 ~ 722	表层套管	444.5	339.7	720	地面
722 ~ 2342	技术套管	311.1	244.5	2340	地面
2342 ~ 4730	生产套管	215.9	139.7	4720	地面

部分井段地层可钻性差和坚持邻井资料调研的基础上,将其应用到实际生产中。焦页 12 - 4HF 井主要运用了螺杆 + PDC 钻头复合钻井技术、油基钻井液钻井技术、LWD 井眼轨迹跟踪技术、地层层位分析技术。

3.1 螺杆 + PDC 钻头复合钻进

表 2 地层分层、岩性描述

地层 系	统	组	代号	底深/m	厚度/m	岩性描述
三叠系	下统	嘉陵江组	T_1j1	316	316	底部为浅灰 ~ 深灰色云质灰岩,与下伏飞仙关组顶部灰黄色泥质白云岩、紫红色泥岩岩性区分明显,呈整合接触
		飞仙关组	T_1f4	705	389	灰黄色含灰、灰质白云岩夹紫红色泥岩
			T_1f3			上部为深灰色含云灰岩与深灰色鲕粒灰岩互层;中部及下部为深灰色含云灰岩与浅灰色鲕粒灰岩互层
			T_1f2			顶部为灰黄色泥质灰岩,深灰色泥质灰岩、深灰色含泥灰岩、深灰色含云灰岩不等厚互层
			$T1f1$			泥灰岩,底部为深灰色泥质灰岩,与下伏长兴组生屑灰岩岩性区分明显(生屑以有孔虫为主)
二叠系	上统	长兴组	P_2ch	879	174	底部深灰色灰岩;上部深灰色含生屑、生屑灰岩;中部及下部深灰色、灰色、浅灰色灰岩不等厚互层,与下伏龙潭组灰黑色碳质泥岩岩性区别明显,整合接触
		龙潭组	P_2l	927	48	顶部为灰黑色碳质泥岩;中部为灰色含生屑、灰色生屑、深灰色、灰色含泥灰岩不等厚互层;底部为灰黑色碳质泥岩,与下伏茅口组灰色、深灰色灰岩、去质灰岩、泥质灰岩岩性区分明显
	下统	茅口组	P_1m	1264	337	茅四段上部灰色、深灰色云质灰岩,灰色含云灰岩;下部深灰色含灰泥岩、灰黑色泥岩夹灰色含云灰岩。茅三段灰色、深灰色灰岩。茅二段灰色含泥灰岩、深灰色泥质灰岩不等厚互层,间夹灰色灰岩、灰色生屑灰岩。茅一段灰色含泥灰岩、深灰色泥质灰岩、灰色灰岩不等厚互层,夹灰色生屑灰岩
		栖霞组	P_1q	1383	119	栖二段灰色灰岩、浅灰色含泥灰岩,夹灰色含泥灰岩。栖一段灰色灰岩、含灰泥岩不等厚互层
		梁山组	P_1l	1395	12	上部灰黑色碳质泥岩与会色灰岩不等厚互层;下部灰色泥岩夹灰色含砾粉砂岩,与下伏石炭系不整合接触
石炭系	中统	黄龙组	C_2h	1417	22	灰白色灰岩夹一层厚 1 m 灰白色云质灰岩
志留系	中统	韩家店组	S_2h	1941	524	上部为灰色含灰泥岩与灰色泥岩互层;中部为灰色泥岩夹灰色灰质粉砂岩条带与灰色泥岩互层;下部为灰色含粉砂泥岩与灰色泥岩互层
	下统	小河坝组	S_1x	2140	199	上部灰色泥岩为主,夹灰色粉砂质泥岩薄层;下部深灰色泥岩为主,夹深灰色粉砂质泥岩薄层及灰色粉砂质泥岩薄层
		龙马溪组	S_1l	A 靶 2388 B 靶 2416	276	上部以深灰色泥岩沉积为主。约 40 m 厚的灰黑色粉砂岩、泥质粉砂岩(位于灰黑色泥页岩顶界,可作为该区龙马溪组内部一标志层),下部灰黑色泥页岩、碳质页岩

根据地层情况及施工要求,优选适合度数的螺杆和钻头类型,组合钻进效果较好。例如,龙马溪组和五峰组是深灰色粉砂质泥岩和灰色含灰泥岩,用 PDC 钻头比三牙轮钻头破岩效果好,机械钻时快。牙轮钻头在此地层使用寿命是 50 h 左右,PDC 钻头则要长得多,因此,选用 PDC 钻头加螺杆可减少起下钻换钻头时间,机械效率大大提高。本井选用 1.5°的油基螺杆,在确保螺杆使用寿命的基础上,一方面可以保证在井眼的扩大率,避免因缩径出现的问题,降低起下钻时的风险;另一方面可以在钻进过程中,减少滑动钻进井段,提高钻井速度。

3.2 油基钻井液钻井技术

水平段越长,摩阻就越大,钻进操作就越困难。选用摩阻小的强封堵油基钻井液,使钻具在长水平段的摩阻维持在一个较低值,提升了钻进效率,也降低了因摩阻过大带来的井下风险;采用高密度钻井液,密度控制在 1.50 ~ 1.60 g/cm^3,提高液柱压力对井壁的支撑作用,防止页岩垮塌。同时,坚持做好 4 级固控,用好振动筛、除砂器、除泥器、离心机等固控设备,严格控制含砂量,维护好钻井液性能,保持住钻井液的稳定性,确保油基钻井液真正发挥作用,通过减少托压的发生,稳定钻头,提高机械钻速。

3.3 LWD 井眼轨迹跟踪和地层层位分析技术

本井采用了 LWD + 伽马组合跟踪分析技术,在施工前期利用 compass 软件设计增斜段,全角变化率控制在 25°/100 m,减小水平段后期的摩阻及扭矩,降低后期施工难度;使用 LWD 精确卡取测点,保证每个测点的准确性,确定造斜井段的实际造斜率;在满足施工要求及“狗腿度”不超标的前提下,将滑动钻进放在快钻时井段进行,有效提高钻进效率;实时监测伽马值变化情况,伽马值出现明显变化时及时通知地质监督,协助地质监督分析地层变化

情况,及时作出井斜、方位调整,以适应地层的变化。

4　钻井施工

4.1　导眼井段(0 ~52.33 m)

使用 Ø660.4 mm 的 ST515GK 钻头钻进,钻进至井深 52.33 m 钻完导眼。下 Ø508 mm 导管,导管下深 52.33 m,固井完后,正井口,用水泥封固好,候凝 24 h,周围用抬杠固定,确保一开钻进不发生漏失,认真进行一开前的整改工作。候凝 24 h 后开始进行一开整改,安装固定到位,试压合格,并按设计要求配备了足够的轻浆、重浆、堵漏材料,泥浆材料储备。

钻具组合:Ø660.4 mm 钻头(ST515GK) + Ø278 mm DC ×3 根 + Ø133 mm 六棱方钻杆。

钻井参数:钻压 10 ~40 kN;转速 30 ~40 r/min。

4.2　一开井段(52.33 ~727 m)

4.2.1　施工情况

一开井段 52.33 ~727 m,钻遇地层:嘉陵关组、飞仙关组、长兴组;主要岩性:以灰色含云灰岩、灰色灰质泥岩、灰色灰岩、灰黑色炭质泥岩为主。

钻具组合:Ø444.5 mm PDC 钻头 + 螺杆 + Ø279.4 mm DC × 3 根 + 831 × 730 接头 + Ø241.3 mm DC + Ø228.6 mm DC + 731 × 630 接头 + Ø203 mm NDC + Ø203 mm DC + 631 × 410 接头 + Ø177.8 mmDC + 411 × 520 接头 + Ø139.7 mm HWDP + Ø139.7 mm DP。

在这一区域,首次尝试用 PDC 钻头 + 螺杆进行钻进,效果良好。钻达井深 727 m,一开完钻。本段进尺 674.67 m,纯钻时间 100.5 h,平均机械钻速 6.71 m/h。一开最大井斜 0.54°/186.85 m,井身质量满足设计要求。

4.2.2　一开施工的主要难点及应对措施

4.2.2.1　施工难点

一开为 Ø444.5 mm 大井眼,且一开钻遇地层较硬,在钻井过程中主要有如下难点。

(1)钻进时易跳钻,钻具中带减震器,每趟钻需对钻具进行检查,井场备好一定数量的公锥及卡瓦捞筒,出现钻具事故及时打捞。

(2)一开大井眼,且钻遇地层较硬,钻井速度得不到保证。

(3)一开井眼钻头尺寸大,需要大尺寸钻铤配合高钻压才能提高机械钻速,而钻压较大时容易产生较大井斜,优选钻进参数有较大难度。

(4)地层软硬交错,憋跳严重,岩性变化较大,钻时幅度变化快。且地层有可能出水,井下钻具易卡、地层易垮塌。

(5)通井过程中划眼困难,憋停严重,且憋停后上提钻具困难。通井到底后有沉砂,下套管作业风险大。

(6)井眼及套管尺寸大,裸眼井段长,固井施工中容易发生泥浆窜槽,上部地层承压能力较低,有可能漏失,一开固井难度大。

4.2.2.2　应对措施

针对焦页 12 -4HF 井所遇到的难点,通过参考邻井资料合理采用新技术,主要的应对措施如下。

(1)穿长兴组前,加强应急预案的演练和防硫知识的培训工作,确保井队安全生产,预防 H_2S 事故的发生。

(2)井眼钻头尺寸大,下部钻具组合采用以 Ø279、254、228、203 mm 钻铤为主的塔式钻具组合,并配以 PDC 钻头 + 直螺杆组合,在保证井眼直、正的情况下,提高机械钻速。

(3)根据实钻及岩性的变化及时调整、优化钻进参数。满足携岩要求,保证正常钻进,钻完立柱后充分循环划眼携带井底岩屑。

(4)测斜或起钻前充分循环,见排砂口岩屑明显减少,井下正常后方可测斜或起钻。

(5)严格按设计要求进行通井和下套管作业,制订出完善的技术措施,尽量保证在下套管过程中不发生井漏,严格按固井设计施工,做好各项准备工作,确保固井施工安全顺利进行,保证固井质量。

4.3　二开井段(727 ~2377 m)

4.3.1　施工情况

4.3.1.1　直井段钻进(727 ~1922 m)

扫塞完出现进尺,进入二开钻进,钻至 1922 m 处,循环起钻准备进入增斜段。

钻具组合(727 ~ 1922 m):Ø311.2 mm HJT537GK 钻头 + Ø244.5 mm 直螺杆 + 730 × 631 接头 + Ø228.6 mm DC + 630 × 731 接头 + Ø308 mm LF + Ø203 mm NDC + Ø203 mm DC + 631 × 410 接头 + Ø177.8 mm DC + 411 × 520 接头 + Ø139.7 mm HWDP + Ø139.7 mm DP。

钻进参数:钻压 160 ~240 kN,转速 50 r/min,排量 50 L/s,立压 8 ~16 MPa。

4.3.1.2　增斜段钻进(1922 ~2377 m)

增斜钻具组合下钻到井底,循环排净沉砂后开始增斜段钻进。

牙轮钻头钻具组合:Ø311.2 mm HJT537GK 钻

头 + Ø244.5 mm 弯螺杆 + 730 × 631 接头 + Ø228.6 mm DC + 630 × 731 接头 + Ø308 mm LF + Ø203 mm NDC + Ø203 mm DC + 631 × 410 接头 + Ø177.8 mm DC + 411 × 520 接头 + Ø139.7 mm HWDP + Ø139.7 mm DP。

钻进参数:钻压 160 ~ 240 kN,转速 50 r/min,排量 50 L/s,立压 16 ~ 20 MPa。

钻进至井深 2377 m,地质录井通知二开中完,循环短起下完,再次循环后起钻。二开进尺 1650 m(727 ~ 2377 m),纯钻时间 358.5 h,平均机械钻速 4.60 m/h。平均井径 318.1 mm,平均井径扩大率 2.18%;最大井斜 54.10°/2376.00 m。井身质量满足设计要求。

4.3.2 二开施工井斜的控制措施

(1)水基泥浆后期定向时,每次起钻检查扶正器外径,确保扶正器尺寸;

(2)每钻进 200 m 短程起下钻,并测斜,及时掌握井斜情况,并根据井斜变化情况及时调整钻井参数及井下钻具组合。

4.3.3 二开施工的主要难点和技术措施

4.3.3.1 施工难点

二开钻进井段所钻遇层位较多,地层岩性变化大,且存在气层、漏层,主要难点:

(1)二开井段含多处气层,全烃显示活跃,井控风险大;

(2)上部井段地层可钻性差,钻具憋跳现象严重,且地层研磨性较强,钻头磨损严重;

(3)二开中完钻水泥塞及 Ø244.5 mm 套管附件易形成水泥环,在后期三开钻进过程中引发卡钻等事故;

(4)大斜度段,定向拖压现象非常严重。

4.3.3.2 技术措施

针对以上难点,我队在公司驻井领导的精心指导下制定了严谨的技术措施:

(1)加强井控培训工作及坐岗监管制度,实行三岗联坐制度,及时发现井下异常情况;

(2)当钻进过程中发生漏失时,根据漏速情况选择合理的堵漏浆配方及堵漏方式,在配制堵漏浆过程中及时向井筒内吊灌泥浆,防止液面下降过快,当井口失返时,开泵上提钻具至正常井段后停泵、关井再迅速组织人员配制堵漏浆及后续堵漏工作;

(3)根据实钻经验及邻井资料比对,在二开上部井段选用 HJT537GK 牙轮钻头耐磨性较强,使用时间较长,且钻时较为平均;

(4)钻塞过程中采用小钻压钻进,且每次通过套管附件时按照每钻进 2 ~ 3 cm 划眼 2 ~ 3 遍,确保附件被彻底碾碎;

(5)定向过程中,频繁划眼,避免长期定向钻进导致上提遇阻甚至卡钻。

4.4 三开井段(2377 ~ 4720 m)

4.4.1 施工情况

4.4.1.1 增斜段钻进(2377 ~ 2572 m)

扫塞完开始三开钻进,至 2380 m 处循环起钻更换增斜组合钻具。

扫塞钻具组合:Ø215.9 mm WHMGE461 - 5 PDC 钻头 + 410 × 430 接头 + Ø127 mm HWDP × 24 根 + Ø127 mm DP × 15 根 + 520 × 411 接头 + Ø139.7 mm HWDP × 15 根 + Ø139.7 mm DP。

增斜钻具组合:Ø215.9 mm HJT537GK 钻头 + Ø172 mm 螺杆(1.5°) + Ø127 mm NHWDP + 定向短节 + Ø127 mm HWDP + Ø127 mm DP + Ø127 mm HWDP + Ø139.7 mm HWDP + Ø139.7 mm DP。

钻进参数:钻压 140 kN,转速 50 r/min,排量 30 L/s,立压 17 ~ 21 MPa。

定向复合钻进至井深 2772 m,循环起钻准备进入水平段组合钻具。

4.4.1.2 水平段钻进(2572 ~ 4720 m)

更换百斯特 T1655B PDC 钻头、1.25° 油基螺杆、Ø211 mm 扶正器稳斜组合,下钻至井底循环排净沉砂后,开始钻进,至 2590 m 进入水平段。

钻具组合:Ø215.9 mm 钻头 + Ø172 mm 螺杆(0.75° ~ 1.25°) + Ø127 mm NHWDP + 定向短节 + Ø127 mm HWDP + Ø127 mm DP + Ø127 mm HWDP + Ø139.7 mm HWDP + Ø139.7 mm DP。

钻进参数:钻压 60 ~ 100 kN,转速 50 r/min,排量 26 L/s,立压 18 ~ 24 MPa。

定向、复合钻进至井深 4720.00 m 完钻,循环短起下,拉顺井壁,测试油气上窜时间。短起下完,循环测得油气上窜速度为 5.8 m/h,满足后续施工要求。三开进尺 2343 m,纯钻时间 355.5 h,平均机械钻速 6.59 m/h。三开井段采用 Ø215.9 mm 钻头进行钻进,平均井径 218.6 mm,井径扩大率 1.25%。最大井斜 92.6°/2955.03 m,井底水平位移 2505.8 m/4720.00 m,闭合方位 2.13°,满足设计要求。

4.4.2 三开施工的主要难点及应对措施

4.4.2.1 施工难点

三开钻进在目的层龙马溪组与五峰组间穿水平段,水平段长达 2130 m,主要难点如下。

(1)三开水平段较长、井筒返砂能力较差,特别是在滑动钻进过程中,岩屑易堆积于钻具下方,造成环空不畅、上提下放钻具摩阻较大等现象。

(2)三开水平段 PDC 钻头定向钻进时难以稳定工具面,且稳斜段所使用 0.75°螺杆造斜率较低,而地层倾角不稳定。

(3)龙马溪组主气层钻进井控风险较大。

(4)按甲方要求,为保证井眼轨迹始终在龙马溪与五峰组间的气层内穿行,不断调整井斜导致定向工作量大,井眼轨迹平滑度较差,上提下放摩阻较高,达 160 ~ 200 kN。

4.3.4.2　技术措施

针对以上出现的几个问题,我队从以下几个方面做了相应的措施,具体工作如下:

(1)水平段钻进时采取每钻进 10 m 上提钻具划眼一次的方式提高返砂量保证井筒清洁;

(2)水平段施工,尽量减少定向次数,双扶螺杆定向长度控制在 3.5 m 以内,有效降低"狗腿度";优化钻进参数,在满足泵压及螺杆钻具要求的前提下尽量提高钻压,并叮嘱司钻双驱钻进时要跟上钻压,保证定向效果;

(3)做好井控工作预防,每日定员定岗检查井控设备,闸门组待定工况并做好液面监测工作,严格执行"三岗联坐制";

(4)钻进过程中勤划眼,每滑动钻进一个单根,便上提钻具将所钻井段划眼 2 ~ 3 遍;

(3)实时监测伽马值变化情况,伽马值出现明显变化时及时通知地质监督,协助地质监督分析地层变化情况,及时作出井斜、方位调整,以适应地层的变化。

5　结论及建议

(1)焦石坝区块上部地层一开钻进建议选择 PDC 钻头,机械钻时高于牙轮钻头的同时,还减少了因牙轮钻头磨损严重起钻更换钻头时间,节约大量时间。

(2)直井段防斜打直是影响钻进效率和定向轨迹质量的重要因素,选择好适应地层的防斜打直钻具组合是防斜的关键。

(3)增斜段下入 LWD 跟踪测斜,直井段测斜≯50 m,造斜井段≯20 m,掌握井眼井斜、方位及造斜率的变化,并及时进行调整,确保实钻与设计轨迹的吻合性。搞好中靶预测分析和井眼轨道的控制工作,确保中靶。

(4)造斜井段施工时,造斜初期要尽快地确定入井钻具的造斜能力,确定滑动钻进的段长及双驱钻进的短长,保证既能满足造斜率的要求,又能做到轨迹平滑,全角变化率不超标。

(5)确定造斜井段造斜率的关键是保证每个测点的准确性及测点位置的卡取。在测点出入较大的位置进行多次测量,选择合理、准确的测斜数值;为保证测斜位置的准确性,要求测斜时钻头离井底距离的固定性,保证卡准测点。

(6)稳斜段的钻进过程中,在满足设计要求的前提下,尽量采用双驱钻进方式,为井下安全带来了保障。采用弯度较小的螺杆,达到以旋转钻进为主,通过定向方式与旋转钻进方式的合理结合确保井眼轨迹光滑,最大限度地降低阻力。并根据实际情况适时进行短起下作业,保证井下安全。

(7)焦石坝区块产层多在龙马溪组与五峰组两个地层,地质层位对比、地层倾角的确定都有一定难度,因此在使用伽马定位的同时,加强与地质人员结合至关重要。与地质师及时沟通,为地质师提供井眼轨迹计算数据,为其卡好层位奠定良好基础。

参考文献:

[1]　姜政华,童胜宝,丁锦鹤.彭页 -1 页岩气水平井钻井关键技术[J].石油钻探技术,2012,40(4):28 -31.

[2]　王显光,李雄,李永学.页岩气水平井用高性能油基钻井液研究与应用[J].石油钻探技术,2013,41(2):17 -22.

[3]　卢运虎,陈勉,安生.页岩气井脆性页岩井壁裂缝扩展机理[J].石油钻探技术,2012,40(4):13 -16.

[4]　周贤海.涪陵焦石坝区块页岩气水平井钻井完井技术[J].石油钻探技术,2013,41(5):26 -30.

[5]　崔恩华,班凡生,袁光杰.页岩气钻完井技术现状及难点分析[J].天然气工业,2011,31(4):1 -3.

黑龙江镜泊湖畔成功钻探一优质地热井

《中国矿业报》消息(2014 - 10 - 21)　黑龙江省一勘院地热公司在位于镜泊湖南湖附近的镜泊乡成功钻探一优质地热井。目前,取水检测工作正在进行中。

据了解,该井深 1931 m,水温达 51 ℃,用 32 t 的水泵抽水每小时流量达 50 t。当地有关部门一人士表示,该地热井的成功钻探,对推动当地经济发展,拓展镜泊湖旅游意义重大。