

伊朗雅达油田首口水平井 S15 钻井技术

庞元平¹, 李 蕾¹, 李 楠²

(1. 中国石化胜利钻井工程技术公司, 山东 东营 257064; 2. 中国石油勘探开发研究院, 北京 100083)

摘要: S15 井位于伊朗阿瓦兹市东南部, 是中国石化在伊朗雅达项目的第一口水平井, 属于侧钻水平井。由于裸眼段比较长、侧钻点深、水平段长、水平位移大等, 该井施工困难大。为保证施工的顺利进行, 针对钻遇地层的特点, 通过制定有效的轨迹控制方案, 选取合适的螺杆及钻具组合, 采取合理的钻井参数及技术措施, 同时优化钻具结构, 顺利的完成钻井任务。总结出适合伊朗雅达地区水平井的配套钻井技术, 为以后水平井的施工提供借鉴。

关键词: S15 井; 轨迹控制; 侧钻水平井; 螺杆; 伊朗雅达油田

中图分类号: TE243 **文献标识码:** B **文章编号:** 1672-7428(2013)04-0027-04

Drilling Technology for the First Horizontal Well S15 in Yada Oilfield of Iran/PANG Yuan-ping¹, LI Lei¹, LI Nan²
(1. Shengli Drilling Engineering and Technology Company, SINOPEC, Dongying Shandong 257064, China; 2. Research Institute of Petroleum Exploration & Development, CNPC, Beijing 100083, China)

Abstract: S15 well is located in the southeast of Ahawaz in Iran, which was a sidetracking horizontal well and the first horizontal well by Sinopec in Yada project in Iran. Because of the long open hole section, deep sidetrack points, long horizontal section and large horizontal displacement, the construction was very difficult. In order to ensure the smooth progress of the construction, aimed at the characteristics of drilled formation, through making up the effective trajectory control scheme, selecting the appropriate screw and BHA, taking reasonable drilling parameters and technical measures and meanwhile optimizing the drilling tool structure, the drilling tasks were successfully completed. The matching horizontal well drilling technologies suitable to Yada of Iran were summed up as the reference for the late horizontal wells drilling construction.

Key words: S15 well; trajectory control; sidetracking horizontal well; screw; Daya oilfield in Iran

伊朗雅达地区含有丰富的石油资源, 其特点是物性好、埋藏深度高、地质储层厚等^[1,2], 布置水平井可以贯穿油层段长, 提高原油产量。S15 是该地区的第一口水平井, 没有前期的地质资料可以借鉴, 需要先打一个直导眼, 获取实际钻进数据以及随钻地层特征数据, 进一步完善地质模型, 电测确定目的层垂深以后回填, 侧钻施工的水平井。该井侧钻点深 2482 m, 完钻井深 4074 m, 垂深 2892.68 m, 水平位移 1354 m。水平段长 900 m。施工周期为 45 天 2.5 h, 进尺 1592 m, 纯钻时间 532.16 h, 平均机械钻速 2.99 m/h, 滑动比为 27.7%, 确保轨迹平滑。同时控制整个水平段在油藏最佳位置穿行, 圆满完成各项钻探任务。

1 设计情况

1.1 地质情况

S15 井是为开发地层 Sarvak4 中部油藏钻探的新区产能建设井, 具体的地质分层见表 1。

1.2 井身结构设计

表 1 S15 井地质分层

地层	顶界深 /m	厚度 /m	岩性描述
Aghajari	15	1099	松散的砂岩以及泥岩、泥灰岩、石灰岩和硬质石膏
Gachsaran	1114	1540	硬石膏和泥岩以及泥灰岩(高压盐水层)
Asmari	426	222	砂岩、泥岩、层状石灰石和页岩
Pabdeh	1114	1540	泥灰岩, 浅褐色和浅灰色石灰岩
Gurpi	426	222	粘土质灰色石灰岩, 泥灰岩
Ilam	1114	1540	褐色石灰岩和乳色石灰岩
Lafan	426	222	泥岩和灰绿色页岩
Sarvak	1114	1540	浅褐色和深褐色石灰岩, 灰色白垩石灰岩

由于上部有松散的砂岩以及硬质石膏在吸水后出现缩径等情况, 采用了表套及时封住上部松软的地层, 以及技术套管封住复杂地层, 为后续的施工解除了隐患。井身结构见表 2。

1.3 井身轨迹设计

S15 井采用单链弧的设计剖面, 在施工过程中易掌握动力钻具的造斜率, 现场施工容易实现。具体设计见表 3。

收稿日期: 2012-11-28; 修回日期: 2012-12-20

作者简介: 庞元平(1983-), 男(汉族), 山东菏泽人, 中国石化胜利钻井工程技术公司助理工程师, 石油工程专业, 主要从事定向井与水平井的优化设计以及现场的技术指导工作, 山东省东营市东营区, pangyuanping12@163.com。

表2 S15井身结构

开数	钻头尺寸 /mm	深度 /m	套管尺寸 /mm	套管下深 /m	水泥返高 /m
导管	660.4	22	508.0	22	
一开	444.5	300	339.7	298	地面
二开	311.1	1517	244.5	1515.19	地面
三开	215.9	4074	177.8 × 114.3	3174 × 4074	1407.86

表3 S15井身轨迹设计

井深/m	井斜角/(°)	方位角/(°)	垂深/m	南北/m	东西/m	水平位移/m	“狗腿”度/[(°) · (30 m) ⁻¹]	备注
0	0	345.00	0	0	0	0	0	
2482.00	0	345.00	2482.00	0	0	0	0	KOP
2798.86	44.19	345.00	2768.36	112.30	-30.09	116.26	4.185	
2799.86	44.19	345.00	2769.08	112.97	-30.27	116.96	0	
3115.51	89.94	345.00	2888.84	386.37	-103.53	400.00	4.347	靶A
4015.51	89.94	345.00	2889.84	1255.70	-336.46	1300.00	0	靶B

(2)该井为中深水平井,受套管层次限制,需裸眼钻穿全部增斜段和水平段,造成后期施工摩阻大和循环系统压耗大、排量小,这样携带岩屑效果差,容易造成卡钻。

(3)该井的水平段长度比较长,中靶精度要求比较高,在施工的过程中,由于摩阻和扭矩比较大,在水平段中很难调整轨迹,而一旦轨迹调整不好,出现严重的“狗腿”弯,会给后续的施工带来很大的困难。

(4)该井的施工周期长,长期的钻进和频繁的更换钻具结构,易导致增斜段产生键槽,造成卡钻事故。

2.2 采取的措施

(1)由于造斜点较深,循环系统功率有限,使得钻井液排量不足,普通 $\varnothing 172$ mm动力钻具的性能不能正常发挥,而地层可钻性差及回填效果的不理想加剧了侧钻的难度。为此重新填井,采用 2.5° 弯接头配合直动力钻具,采用MWD650随钻测斜仪器监测工具面进行侧钻,解决了侧钻难的问题。

(2)通过泵压的压差来控制工具面,特别是对于PDC定向,控制难度更大。造斜段初期,泵压升高150~200 psi(1.03~1.38 MPa),反扭角大致稳定在 $150^\circ \sim 180^\circ$ 。

(3)采用优质钻井液,增加润滑性,提高井壁稳定性及携岩效果,起下钻时注意预防键槽卡钻^[3~5]。及时短起下。钻进过程中,根据井下摩阻情况每钻进150~200 m短起下,保证井眼畅通,及时破坏岩屑床,降低施工时摩阻扭矩。

(4)随着水平位移的不断延伸,摩阻扭矩增大,托压现象日益严重,水平段后期滑动钻进很困难,尝

2 钻井施工中遇到的难点和采取的措施

2.1 遇到的难点

(1)该井侧钻点比较深,定向造斜难度大,而侧钻时钻具需要长时间的静止,不利于井底的安全,侧钻后直接下入PDC钻头定向钻进,由于井斜小,工具面很难控制,影响增斜效果。

试通过控制钻压,达到较好的稳斜效果,减少了滑动调整井段,提高了钻井时效。

3 井眼轨迹控制技术

3.1 直井段

为了确保直井段打直,一开以及二开直井段采用了光钻铤钻具组合控压吊打。

一开钻具组合: $\varnothing 444.5$ mm钻头 + $\varnothing 203.2$ mm钻铤53.22 m(其中无磁钻铤一根) + $\varnothing 127$ mm钻杆。钻进参数:钻压20 kN,排量60~70 L/s,泵压3~4 MPa,转速60 r/min,扭矩5~6 kN·m。

二开钻具组合: $\varnothing 311.1$ mm钻头 + $\varnothing 203.2$ mm钻铤53.22 m(其中无磁钻铤一根) + $\varnothing 127$ mm钻杆。钻进参数:钻压40~50 kN,排量60~65 L/s,泵压8~15 MPa,转速70 r/min,扭矩8~10 kN·m。

直井段最大井斜 0.97° ,直井段井底的水平位移-1.2 m,从而为造斜段和稳斜段的施工创造了良好的条件。

3.2 侧钻井段

该井段使用的钻具组合为: $\varnothing 215.9$ mm HJT537 + $\varnothing 172$ mm动力钻具(扶正块尺寸为 $\varnothing 210$ mm) + $\varnothing 172$ mm浮阀(431 × 410) + $\varnothing 165$ mm弯接头(2.5°) + $\varnothing 172$ mm短无磁钻铤 + $\varnothing 172$ mm悬挂(MWD) + $\varnothing 127$ mm无磁承压钻杆 + 1根 $\varnothing 127$ mm加重钻杆 + $\varnothing 165$ mm柔性短节 + $\varnothing 165$ mm震击器 + 31根 $\varnothing 127$ mm加重钻杆 + $\varnothing 127$ mm钻杆。钻进参数:钻压0~10 kN,排量28~30 L/s,泵压12~15 MPa。

3.3 增斜段

该段的难度在于采用PDC钻头定向施工,工具

面控制难度大,不稳定,造成造斜率失常和方位在设计方位左右摆动幅度大,这样就需要更多的滑动钻进和经常调整方位,不利于提高机械钻速,也影响了井眼轨迹。该井段施工过程中穿过几个泥岩夹层,最厚的一层是垂深2624~2632 m,斜深2626~2635 m,在不影响轨迹的前提下,穿泥岩层时尽量采用旋转钻进以提高机械钻速,钻进时效1 m;泥岩层滑动钻进钻进时效更慢,为0.5 m,托压现象明显,穿过泥岩层后钻时立刻恢复正常。井斜超过50°以后,开始出现滑动托压现象,但并不严重,偶尔会有钻压不回、工具面不动的现象,有时钻压会突降,突降超过20 kN容易造成憋泵,提起活动钻具后情况会好转。工具面有时不容易一次压到位,建议初始工具面摆在右偏60°左右,逐渐压到20°~30°后将钻具在井底正转90°,根据情况可以适当增加,通过这种方式能够将工具面尽量控制在合理的区间内,保证滑动效果。井斜超过80°以后滑动钻进变得异常困难,每次下放都会托压,钻压不停上涨,超过100 kN就会憋泵,已经无法再继续滑动钻进,通过短起下倒滑眼措施充分清洁井眼后也依然得不到改善,分析原因可能是由于加重钻杆的位置太靠下以及动力钻具下端的扶正块托压造成,决定起钻更换钻具组合,把加重钻杆换到井斜较小的位置,并把动力钻具下端的扶正块尺寸由原来的 $\varnothing 210$ mm改为 $\varnothing 206$ mm。拖压憋泵现象有了明显改善。

井斜小于50°时的钻具组合为: $\varnothing 215.9$ mm PDC + $\varnothing 172$ mm 动力钻具(扶正块尺寸 $\varnothing 210$ mm) + $\varnothing 172$ mm 浮阀(431×410) + $\varnothing 172$ mm 短无磁钻铤 + $\varnothing 172$ mm 悬挂(MWD) + $\varnothing 127$ mm 无磁承压钻杆 + 1根 $\varnothing 127$ mm 加重钻杆 + $\varnothing 165$ mm 柔性短节 + $\varnothing 165$ mm 震击器 + 31根 $\varnothing 127$ mm 加重钻杆 + $\varnothing 127$ mm 钻杆。钻进参数:钻压20~40 kN,排量27~29 L/s,泵压16~18 MPa,转速40 r/min,扭矩8~10 kN·m。

井斜50°~90°时的钻具组合为: $\varnothing 215.9$ mm PDC + $\varnothing 172$ mm 动力钻具(扶正块尺寸 $\varnothing 206$ mm) + $\varnothing 172$ mm 浮阀(431×410) + $\varnothing 172$ mm LWD短节 + $\varnothing 172$ mm 悬挂(MWD) + $\varnothing 127$ mm 无磁承压钻杆 + $\varnothing 127$ mm 加重钻杆 + $\varnothing 165$ mm 柔性短节 + $\varnothing 165$ mm 震击器 + $\varnothing 127$ mm 加重钻杆 + 60根 $\varnothing 127$ mm 钻杆 + 30根 $\varnothing 127$ mm 加重钻杆 + $\varnothing 127$ mm 钻杆。钻进参数:钻压20~60 kN,排量27~28 L/s,泵压18~20 MPa,转速40 r/min,扭矩8~12 kN·m。

3.4 水平段

本井段的钻具结构和井斜在50°~90°时的结

构大致一样,只是调整了加重钻杆的位置,这样能减小滑动钻进时的摩阻和扭矩。钻具结构为: $\varnothing 215.9$ mm PDC + $\varnothing 172$ mm 动力钻具(扶正块尺寸 $\varnothing 206$ mm) + $\varnothing 172$ mm 浮阀(431×410) + $\varnothing 172$ mm LWD短节 + $\varnothing 172$ mm 悬挂(MWD) + $\varnothing 127$ mm 无磁承压钻杆 + $\varnothing 127$ mm 加重钻杆 + $\varnothing 165$ mm 柔性短节 + $\varnothing 165$ mm 震击器 + $\varnothing 127$ mm 加重钻杆 + 135根 $\varnothing 127$ mm 钻杆 + 30根 $\varnothing 127$ mm 加重钻杆 + $\varnothing 127$ mm 钻杆。由于地质资料不详细,根据实测的油层伽玛和电阻率多次更改了靶点,水平段出现了“反阶梯”井眼,又加上井眼清洁效果有限,后期的滑动钻进异常困难,我们尝试利用钻压控制井斜的稳斜效果。此钻具结构在转动钻进时自然增斜率1°~2°/100 m,每个立柱定向3~4 m即可控制井斜变化,大大减少了滑动钻进的比例,提高了机械钻速。

4 优质的钻井液体系

(1)一开直井段采用配浆开钻,配制150 m³膨润土钻井液,预水化24 h以上,FV控制在80 s左右。

(2)二开直井段采用KCl聚合物泥浆体系,将一开原浆用水稀释至粘度40 s左右,控制粘土含量在30 g/L左右;加入5% KCl,并补充足够抑制剂,保证其含量不低于0.2%,使泥浆具有良好的抑制能力,以便更好地抑制粘土分散;为有效控制固相,用抑制包被剂抑制钻屑水化分散。

(3)斜井段的钻井液是本井的重中之中,采用的基本配方:2%~3%膨润土浆 + 0.3%~0.5%聚合物絮凝剂 + 2%~3%抗温抗盐降失水剂 + 2%~3%封堵防塌剂 + 3%超细碳酸钙 + 1%~2%聚合醇(纳米乳液) + 3%~6%润滑剂 + 0.5%~1%非渗透油层保护剂。开始测钻后首先改善泥饼质量,使其形成薄而致密的泥饼,减小钻具和泥饼的接触面,达到降低摩阻的作用。同时加入2%~3%润滑剂,随着井斜的增加,逐渐增加其加量,并混入原油,并一直保持含油量在8%左右,以后根据磨阻情况,及时补充。在维护钻井液中含油量同时补充固体润滑剂降低钻具与井壁硬摩擦,控制泥饼摩擦系数控制在0.06以下。井斜达到40°时,增加液体润滑剂含量达到3%以上,可根据磨阻情况,加入一定量的固体润滑剂,进一步降低摩阻和扭矩。井斜达到80°时,将润滑剂含量提高至6%以上,改善滑动钻井过程中钻压的传递。在维护钻井液中含油量同时补充固体润滑剂降低钻具与井壁硬摩擦,泥饼摩擦系数应尽可能低于0.07。钻井液中加入了非渗透处理剂

进行油层保护,以控制钻井液和水泥浆液进入油层。

5 结论与认识

通过对 S15 水平井的钻井实践,形成了一套伊朗雅达地区水平井钻井工艺技术,为以后该地区的水平井施工提供了经验。

(1)在充分考虑问题和困难的情况下,通过优选套管层次和各层的下深可最大限度地减少膏泥岩地层缩径的影响;通过优化井眼轨迹可减少施工难度,并能保证实钻井眼轨迹的圆滑性,减少摩擦及扭矩。

(2)动力钻具扶正块尺寸对滑动钻进的影响。总结出了 $\varnothing 215.9$ mm 井眼造斜段使用扶正块尺寸 $\varnothing 210$ mm、度数为 1.5° 的动力钻具比较合适,既较好地解决了造斜段托压现象,同时对动力钻具造斜能力影响不大。如果出现滑动钻进很困难的情况,可以把扶正块尺寸改为 $\varnothing 206$ mm。

(3)在井眼长特别是裸眼井段长,粘度大、泥浆润滑不好等不利条件下,粘卡、加压困难、动力钻具功率得不到发挥等问题会随之出现,这时采用滑动

钻进比较困难,可以通过泵压表的压差来控制工具面。为避免在大井斜条件下钻进,出现钻柱吸附卡钻,采用加重钻杆替代钻铤,满足钻机负荷提升;用斜坡钻杆可减少钻具摩擦;增加钻井液排量及钻井液环空返速,辅之倒划眼和短起下钻可有效清洁井眼。同时根据井下情况,及时搞好短起下钻。

(4)优良的钻井液体系和净化设备是水平段较长的水平井钻井成功的重要保证。

参考文献:

- [1] Andreessen E, Blida H, Hilled A. Rotary Steerable System Improves Reservoir Drilling Efficiency and Wellbore Placement in the Stafford Field [J]. SPE39329, 1998; 313 - 326.
- [2] Shen Z H, Wang R H. A Design and Experimental Study of Spiraling Water Jet [A]. The 3rd Pacific Rim Intern. Conf. On Water Jet Tech [C]. 1992; 79 - 91.
- [3] 许越永,黄根炉,王爱国,等. YM7 - H1 超深水平井施工困难及其原因分析 [J]. 石油钻探技术, 2005, 33(6): 12 - 14.
- [4] 周跃云,魏文忠,孙海芳,等. 深水平井钻井技术探讨 [J]. 石油钻探技术, 1998, 26(1): 3 - 7.
- [5] 耿书肖,张永青,等. 水平井卡钻事故处理实践及预防措施探讨 [J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2010, 37(2): 10 - 12.

姜大明:发挥“国家队”综合优势 助推找矿重大突破

中国地质调查局网站消息(2013-04-17) 2013年4月16日,国土资源部部长、党组书记、国家土地总督察姜大明到中国地质调查局调研,并与干部职工座谈。姜大明强调,要提高对做好地质调查工作重要性的认识,更加有力地推进实现地质找矿重大突破,增强地质调查工作的科技创新活力,提高地质调查工作服务水平。国土资源部党组成员、副部长、中国地质调查局局长汪民主持座谈会并汇报工作。

姜大明首先来到全国地质资料馆,详细听取地质资料数字化成果介绍,查看了部分珍贵实物地质资料,并在局内展览馆参观了地质调查成果展。在随后的座谈会上,姜大明对近年的地质调查工作给予充分肯定。他指出,近年来,中国地质调查局认真贯彻党中央国务院的决策部署和总体要求,善谋划、重实干,地质调查工作取得了长足发展,在经济社会发展中的地位越来越高,作用越来越明显。主要表现在基础地质工作程度大幅提高,矿产资源调查评价取得重大进展,地质工作服务领域不断拓展,地质理论创新和地质调查技术攻关取得了一批开创性成果,队伍能力和素质明显提升。

姜大明对进一步做好地质调查工作提出五点要求:一是提高对做好地质调查工作重要性的认识。进一步增强责任感和使命感,从全面建成小康社会、实现中华民族伟大复兴的“中国梦”、打造“中国经济升级版”的全局和战略高度,精心谋划和加快推进地质调查工作。

二是更加有力地推进实现地质找矿重大突破。实现找矿突破战略行动的目标任务,要继续健全和实施地质找矿新机制,抓好各项政策措施的落实。中国地调局要充分发挥“国家队”、“野战军”的综合优势,真正起到基础先行和方向

引领作用,助推找矿取得重大突破。

三是切实增强地质调查工作的科技创新活力。要进一步深化对地质工作规律的认识,加强地质领域重大基础理论研究,实施技术科技重大攻关,推进高新技术开发与应用,注重地质调查科技人才的培养。

四是不断提高地质调查工作服务水平。主动适应经济社会发展,瞄准生态文明建设和国家重大战略需求,充分发挥地质调查工作专业技术优势,积极拓展服务领域,不断加强农业地质、城市地质、水文地质、工程地质和环境地质工作,大力推进地质资料信息化、产业化和共享,为建设美丽中国提供更加优质的服务。

五是加强班子和队伍建设。要建设“坚强、团结、温暖”的领导班子和干部队伍;发扬地质工作“三光荣”、“四特别”的优良传统,建精建强国家公益性地质调查队伍,不断增强队伍的凝聚力、战斗力和活力;认真贯彻中央八项规定和国务院第一次廉政工作会议要求,改进作风,廉政勤政。

汪民介绍了中国地调局的基本情况、主要工作成果及业务和队伍建设进展。他表示,中国地调局将以党的十八大精神和中央领导同志指示精神为指导,求真务实,锐意进取,不断开创新局面,重点做好五方面工作:一是坚持资源环境并重方针,充分发挥地质工作多重服务功能;二是全力保障和促进找矿突破战略行动;三是加强地质环境调查评价,服务生态文明建设;四是把科技创新放在更加突出的位置;五是扎实推进队伍建设。

国土资源部有关司局负责人参加了调研。