

Analysis on Drilling Technology in Western Sichuan of China

Rui Yu

ZPEB International, Puyang, Henan, 457001, China

Abstract

Taking Puxin-1 well as an example, this paper deeply discusses the drilling related technology and analyzes the use of slip hanging casing head, so it is of great significance for casing wear prevention to center the pipe and surface casing, it is a shortcut to prevent deviation and straighten in West Sichuan block to formulate safety measures and implement them practically. In addition, it is necessary to pay attention to the use of anti collapse materials, pay equal attention to chemical and physical collapse prevention, and timely adjust the mud performance to meet the requirements of collapse prevention and wall protection. PDC+ screw composite drilling in marine stratum can greatly improve the rate of drilling and help to prevent and correct deviation.

Keywords

drilling; technology; casing wear prevention

中国川西地区钻井技术浅析

余锐

中石化中原石油工程海外工程公司, 中国 · 河南 濮阳 457001

摘要

论文以普新-1井为例, 深入探讨了钻井相关技术, 分析了采用卡瓦悬挂式套管头, 故导管、表层套管的居中对套管防磨有十分重要的意义, 并且制订好安全措施并切实执行, 使用大尺寸钻铤, 是川西区块防斜打直的捷径。另外, 还需要注重防塌材料的使用, 化学防塌和物理防塌并重, 有预见性地及时调整泥浆性能, 达到防塌护壁的要求。海相地层使用“PDC+螺杆”复合钻进, 可大幅提高机械钻速, 并有利于防斜与纠斜。

关键词

钻井; 技术; 套管防磨

1 概述

普新-1井于2006年10月22日03:00一开开钻, 2006年11月09日09:30二开, 2007年2月2日07:00第三次开钻, 2007年5月16日16:20完钻, 2004年6月24日18:00完井。钻井周期225.73d, 建井周期264.8d, 全井平均机械钻速2.31m/h, 其中一开 $\phi 444.5\text{mm}$ 井眼平均机械钻速6.54m/h, 二开 $\phi 311.1\text{mm}$ 井眼平均机械钻速 m/h, 三开 $\phi 215.9\text{mm}$ 井眼平均机械钻速2.26m/h。钻机月8.83台月, 钻机月速606.23m/台月。井身质量和固井质量均为合格。

- (1) 完钻井深: 4045.00m (垂深 5346.37m)。
- (2) 完钻层位: 须三段地层。
- (3) 完钻方法: 射孔完井。
- (4) 井径扩大率: 一开: 4.10%; 二开: 16.50%; 三开:

13.40%。

(5) 实际钻头程序: $\phi 660.4\text{mm} \times 34.700\text{m} + \phi 444.5\text{mm} \times 621\text{m} + \phi 311.1\text{mm} \times 3068.00\text{m} + \phi 215.9\text{mm} \times 4045.00\text{m}$ 。

(6) 实际套管程序: $\phi 508\text{mm}$ 导管 $\times 34.700\text{m} + \phi 339.7\text{mm}$ 表套 $\times 621\text{m} + \phi 244.5\text{mm}$ 技套 $\times 3067.94\text{m} + \phi 178.8\text{mm}$ 套管 $\times 5349.96\text{m}$ 。

(7) 井身结构见图1。

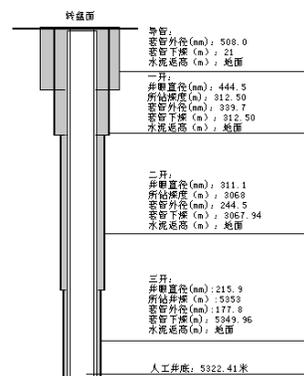


图1 普新1井井身结构示意图

(8) 主要勘探成果

①探明了龙潭组以上地层的含油气情况, 获得地层、岩相、储层等资料, 为评价整个勘探区块资源前景创造条件。

②建立了龙潭组及以上地层岩性、岩相及电性、含油气性、地层压力剖面。

③全井发现异常显示层 109 层共 342.7m, 建成了工业高产气井。

2 钻井过程中遇到的技术难题

中国川西地区地层结构复杂, “塌、卡、漏、喷、毒”等复杂情况普遍存在, 且该井最高地层压力系数达到 2.3, 在钻井施工中, 不可预见因素多^[1]。在该区块仅有黎雅 1 井的实钻资料, 且对方不愿提供相关资料, 所以在施工实钻过程中遇到以下施工难点:

2.1 一开 $\phi 444.5\text{mm}$ 井眼 (34.7.00~621m) 施工存在的技术难点

- (1) 钻井施工中蹩跳钻严重。
- (2) 易井斜, 牺牲钻压控制井斜限制了机械钻速。

2.2 二开 $\phi 311.1\text{mm}$ 井眼 (621~3200m) 施工存在的技术难点

(1) 地层结构复杂, 自蓬莱镇到沙溪庙地层不均质, 砂岩岩频繁互层, 且夹杂页岩砾岩, 可钻性差, 导致了钻头使用磨损严重, 起下钻换钻头频繁, 既限制了钻进速度, 又加大了成本的消耗。

(2) 在从 2100m 开始造斜阶段, 因 MWD 仪器在下入井底后有时不能正常工作, 延误了部分时间, 在造斜阶段, 因地层岩性主要以泥岩为主。

(3) 地层倾角大、易斜, 井身质量控制难度大, 减压吊打限制了机械钻速。

(4) 裸眼段长, 施工时间长, 钻井液浸泡时间长, 易出现复杂和事故。

- (5) 长井段、复杂压力体系的双级注水泥固井难度大。
- (6) 钻井周期长, 套管防脱防磨问题突出。
- (7) 无准确地质资料, 无准确压力预测, 井控难度大。

(8) 须家河气层富含硫化氢剧毒气体, 一旦溢出, 后果严重。

- (9) 地层复杂, 钻井液处理难度大。

(10) 钻井用水硬度大, 水质变化大, 富含 CO_3^{2-} 、 HCO_3^- , 造成钻井液粘切、滤失量控制困难, 钻井液性能不稳。

2.3 三开 $\phi 215.9\text{mm}$ 井眼 (3472.28~5700.00m) 施工存在的技术难点

(1) 须家河组含硅质胶结石英砂岩, 研磨性强, 钻头失效快, 易发生钻头和钻具事故。

(2) 须家河组须四段有裂缝性气藏, 压力较高, 给后续施工带来困难, 由于距技术套管鞋近, 固井时很难压稳, 气窜后影响固井质量。

(3) 雷口坡组雷二段至嘉陵江组嘉 4+5 段易斜, 采用防斜功能最强的钻具组合, 井斜仍有上升趋势 (普新 2 井本段最大井斜 4.2°)。

(4) 储层发育好, 孔隙度高, 存在破碎地层, 有微裂缝, 储层保护的难度大。

(5) 飞仙关组飞二段井漏, 承压能力低, 固井施工难度大, 采用双密度固井, 低密度水泥浆封固质量很难保证。

2.4 $\phi 215.9\text{mm}$ 井眼 密闭取芯 (井段: 4775.19~5201.86m) 施工存在的技术难点

(1) 可借鉴资料较少, 对地层情况不完全了解, 不利于采取相应的技术措施。

(2) 储层密闭取心, 深井、气井密闭取心施工难度大、风险高。

(3) 井深、地层压力大、温度高、泵压高, 易造成密封圈失效, 密闭液性能变差, 工具及钻具刺漏等。

(4) 瞬时钻时变化幅度大, 频率快, 不易准确判断井下情况。

(5) 储层存在破碎地层, 储层物性好, 密闭取心作业施工难度大, 易造成堵心与岩心放炮。

3 钻井技术措施

3.1 钻头及钻井参数优选

3.1.1 钻头使用情况分析

普新 -1 因地层可钻性差, 不同型号的钻头机械钻速明显不同, 本井共用钻头 82 只, 见表 1。

表 1 普新 2 井钻头统计

开次	钻头尺寸 (mm)	钻头型号	数量 (只)	合计 (只)
导眼	660.4	PC2	1	1

一开	444.5	MP2	1	3
		GA515G	1	
		SHT22RG	1	
二开	311.1	SHT22RG	6	28
		SHT33RG	4	
		HJ517G	2	
		HJT537GK	14	
	214.4	CQT203 取芯	2	
三开	215.9	HJT537	14	50
		HJT617	9	
		M1375 PDC	2	
		GP447S PDC	1	
	214.4	CQT203 取芯	2	
		PDC 取芯	17	
		TMX PDC 取芯	1	
		聚晶金刚石取芯	4	

(1) 典型钻头失效分析

①入井序号：18#

钻头尺寸：311.1mm

钻头型号：SHT22RG

钻头使用情况：所钻地层千佛崖组，岩性为灰色砂岩、泥质粉砂岩，紫红色泥岩、粉砂质泥岩；使用井段 2235.60~2271.83m，进尺 36.23m；钻压 240KN，排量 51L/s，泵压 18~20MPa；使用时间 22.17h，平均机械钻速 1.63m/h。

磨损情况：直径磨小 2mm，1# 牙轮轴承旷动，断 12 齿，齿高磨损 70%。

失效原因：砂岩成分以石英为主，硅质胶结，硬度大，研磨性强；地层、岩性不均质，岩性交错变化，硬薄夹层多，跳钻严重。

②入井序号：33#

钻头尺寸：215.9m

钻头型号：HJ537GHK

见图 2，钻头使用情况：所钻地层须家河组，岩性为石英砂岩；使用井段 3162.68~3226.72m，进尺 64.04m；钻压 200KN，转盘转速 68RPM，排量 30L/s，泵压 14MPa；使用时间 35.67h，平均机械钻速 1.79m/h。

磨损情况：直径磨小 10mm，牙齿全磨秃，轴承完好。

失效原因：石英砂岩研磨性强。



图 2

③入井序号：取芯钻头 Q3#

钻头尺寸：214.4mm

钻头型号：CQT203（天然金刚石）

见图 3，钻头使用情况：取芯层位须家河组，岩性为石英砂岩；使用井段 3247.06~3250.01m，进尺 2.95m；钻压 80~100KN，转盘转速 60RPM，排量 21L/s，泵压 8MPa；使用时间 4.00h，平均机械钻速 0.74m/h。

磨损情况：直径磨小 5mm，齿全磨秃，冠状部磨有 3mm 深槽。

失效原因：石英砂岩研磨性强。



图 3

(2) 典型钻头使用成功范例

①入井序号：10#

钻头尺寸：311.1mm

钻头型号：HJ517G

钻头使用情况：所钻地地下沙溪庙组，岩性为紫红色泥岩、粉砂质泥岩，灰色砂岩、泥质粉砂岩互层；使用井段 1345.03~1622.49m，进尺 277.46m；钻压 300KN，转盘转速 70RPM，排量 52L/s，泵压 16.5MPa；使用时间 81.58h，平均机械钻速 3.40m/h。

磨损情况：断 3 颗齿、碎 5 颗齿，轴承新度 70%。

使用评价：江汉钻头相对于川石钻头，轴承寿命较高，但机械钻速较低，适用于较深井段，有利于提高行程钻速。

②入井序号：47#。

钻头尺寸：215.9mm。

钻头型号：M1375（PDC 钻头）。

钻头使用情况：所钻地层嘉陵江—飞仙关组，岩性为灰岩；使用井段 4229~4700m，进尺 471m；钻压 40~80KN，转速 0.75° 单弯螺杆 +48RPM，排量 29L/s，泵压 16MPa；使用时间 46.08h，平均机械钻速 10.22m/h。

磨损情况：直径磨小 1mm，肩部 12 颗牙齿轻微磨损。

取得成效：平均机械钻速比 HJ537 牙轮钻头提高 365%，创下了单只钻头进尺最高指标。

3.1.2 钻头优选

(1) 在上部地层，可选用轴承寿命短，但钻速较快的川石钻头。

(2) 在陆相地层利用普新 1 井的实钻经验，使用江汉改型钻头取得了很好的综合效益。

(3) 三开与川石、百施特合作开发适应本地区的 PDC 钻头，在雷口坡和嘉陵江地层使用，能大幅度提高综合效益；选用防斜设计的 PDC 钻头配合合理的钻井参数，有利于井斜的控制。

3.2 井身质量控制

防斜打直是本井井身质量控制的难点，而陆相地层的防斜打直是本井防斜打直的重点。在陆相地层主要采用塔式钟摆钻具配合合理的钻井参数来达到这一目的。在井斜控制中使用大尺寸钻铤起到了很好的防斜效用；另外，制定合理而严格的操作措施，抓好井下安全，成功地解决了陆相地层易斜的钻井难题。钻井液方面选用正电胶和聚磺防塌体系，控制失水 $\leq 5\text{ml}$ ，在二开井段使用阳离子沥青粉，在三开井段采用聚磺防塌钻井液体系，有效控制了井径的扩大。

(1) 设备安装按规定要求达到平、正、稳、固、牢。

(2) 指重表、记录仪、泵压表必须灵敏、准确、好用。

(3) 上部井段严格控制井斜，为下部井段的钻进争取主动；在表层钻进中，轻压吊打，严格控制井斜。

(4) 采用有效的井斜监测措施；坚持定进尺测斜，井斜变化严重时加密测量，并利用微机处理数据，做好井身质量预测。

(5) 优选钻具组合，并根据不同情况及时调整钻进参数；根据实际情况选用防斜、纠斜钻具，用 PDC 钻头或 PDC 钻

头加螺杆轻压吊打钻进，加强防斜效果。

(6) 起钻时观察下部钻铤的弯曲度，如发现弯曲应及时甩掉。

(7) 根据钻时的快慢及时调整钻压，处理好软硬交界面处的钻进；地层交界面、软硬交错地层至少吊打钻进 30~50m。

(8) 钻遇裂缝地层时如有跳钻等现象，降低钻压，并对裂缝井段反复划眼，消除可能出现的狗腿或台阶。

(9) 绘制地层、井斜及各井段的钻进参数曲线图，通过分析，优选出有利防斜的最优钻进参数，并及时调整。

(10) 打电测领眼时，带扶正器吊打，确保打直，为下部钻进打好基础。

其中，论文对防斜钻具组合进行详细介绍，内容如下：

(1) 塔式钟摆钻具组合

钻头 + $\Phi 229\text{mm}$ 减震器 + $\Phi 228.6\text{mmDC} \times 2$ 根 + 稳定器 + $\Phi 228.6\text{mmDC} \times 4$ 根 + $\Phi 203\text{mmDC} \times 9$ 根 + $\Phi 127\text{mmDP}$ 。

使用井段：0.00~353.83m。钻压 20~80KN，转速 40~100rpm，平均机械钻速 2.41m/h，井深 310m 处最大井斜 1.0°。

(2) 大尺寸钻铤塔式钟摆钻具组合

钻头 + $\Phi 279.4\text{mmDC} \times 3$ 根 + $\Phi 229\text{mm}$ 减震器 + $\Phi 311\text{mm}$ 稳定器 + $\Phi 228.6\text{mmDC} \times 6$ 根 + $\Phi 203\text{mmDC} \times 9$ 根 + $\Phi 127\text{mmHWDP} \times 12$ 根 + $\Phi 127\text{mmDP}$ 。

使用井段 353.83~1011.58m。钻压：120~140KN；转速：80rpm；平均机械钻速：5.14m/h；井斜最大 1.3° /100m。

(3) 钟摆钻具组合

钻头 + 钻铤 $\times 2 \sim 3$ 根 + 稳定器 + 钻铤 + $\Phi 127\text{mmHWDP} + \Phi 127\text{mmDP}$ 。

使用井段：1011.58~3371.25m；3541.42~3834.12m；3927.00~4229m；4700.00~5353.00m；参数上采用大钻压 70rpm 的转速，在使用中根据井下情况，及时调整稳定器的安装高度，基本能控制井斜，保证井身质量。

(4) 柔性钟摆钻具组合

$\Phi 215.9\text{mm}$ 钻头 + $\Phi 177.8\text{mmDC} \times 2$ 根 + $\Phi 215\text{mm}$ 稳定器 + $\Phi 127\text{mmHWDP} \times 1$ 根 + $\Phi 158.8\text{mmDC} \times 24$ 根 + $\Phi 127\text{mmHWDP} \times 26$ 根 + $\Phi 127\text{mmDP}$ 。

使用井段：3371.25~3541.42m。钻压：180~220KN；转速：65rpm；平均机械钻速：1.50m/h；井斜 3° 降至 1.9°。

使用井段：3834.12~3927.00m；钻压：40KN；转速：80rpm；平均机械钻速：1.35m/h；井斜 4.5° 降至 4.2°。

(5) 应用螺杆的高转速轻压吊打防斜。钻具组合 Φ215.9mmPDC 钻头 + (0.75°) 172 mm 螺杆 + Φ158.8mmDC×1 根 + Φ215mm 稳定器 + Φ158.8mmDC×11 根 + 止回阀 + Φ127mmHWDP×20 根 + Φ127mmDP。

使用井段：4229.00~4700.00m；钻压：80KN；转速：48rpm+ 螺杆复合钻进；平均机械钻速：10.22m/h；井斜维持在 2°~3.2° 之间。

3.3 技术管理

3.3.1 防止坍塌掉块卡钻的技术措施

由于构造应力的作用沙溪庙组、自流井组和须家河组的泥、页岩地层易垮塌地层多，并且夹煤层含膏盐，裂缝发育，断层交错，在钻遇这些井段时，极易发生井壁垮塌，为防止井塌卡钻事故发生，制定了以下预防措施并在操作中逐一落实。

(1) 认真分析井下情况，弄清地层破裂压力、地层压力、地层坍塌压力，及时调整钻井液密度，控制由于力学不稳定因素造成的坍塌。

(2) 在易坍塌层调整钻井液流型，减轻钻井液对井壁的冲刷。

(3) 在坍塌地层必须保证泥饼质量，提高钻井液的造壁、护壁性能及对微细裂缝的封堵能力。

(4) 勤维护、处理，保证钻井液具有良好的粘切，既保证钻井液能有效的携砂、悬砂，又有利于下钻及开泵。

(5) 起钻时连续灌满钻井液，控制起钻速度，防止抽吸造成井塌。

3.3.2 钻头事故的预防

(1) 钻压、转速应在推荐范围内使用，必须避免大钻压、高转速同时使用。

(2) 入井钻头必须记录其生产日期、编号，调研邻井牙轮钻头的使用寿命，控制钻头的平均使用时间。

(3) 结合钻头的机械钻速，地层变化和转盘扭矩，综合分析钻头使用情况，防止牙轮落井。

(4) 出井钻头必须对其进行测量外径，防止新钻头入井，卡入小井眼内。

(5) 钻头掉齿较多时，下只钻头要带随钻捞杯进行打捞，

及时更换钻头型号，适应地层变化。

(6) 配备一定数量其型号与井眼和钻具尺寸相符的打捞工具，如反循环篮打捞，卡瓦打捞筒，公锥、磨鞋、强磁打捞器等。

3.3.3 防止压差卡钻的技术措施

在漏失层，如果泥浆性能不好，泥饼过厚，压差过大，当钻具静止时间较长，易造成压差卡钻，井斜越大，压差卡钻的机率越大。

(1) 调整好钻井液性能，做到近平衡压力钻井。

(2) 提高钻井液的润滑性能，降低泥饼的厚度和泥饼粘滞系数。

(3) 禁止长时间静止钻具，要经常活动钻具（上提下放和转动）。

(4) 尽量减小井斜和全角变化率、简化下部钻具组合。

3.3.4 井漏的预防、处理措施

川西地区普遍存在井漏问题。在本井的沙溪庙组发生多次漏失，飞仙关组也出现不同程度的漏失，主要应用的技术措施有以下几点。

(1) 钻进中根据实钻和 dc 指数跟踪情况，确定合理的钻井液密度，维护微超平衡地层压力。

(2) 泥浆粘度、切力要适当，保持钻井液有较好的流变性。

(3) 在多种工况下，开泵排量都要由小逐渐增大，不得人为憋漏地层；裸眼段长，要中途循环泥浆破坏其结构力。

(4) 钻进中发生渗透性漏失，漏失速度小于 3m³/h，可采取降低排量，提高泥浆粘度或静止堵漏的方法。

(5) 对漏失速度大于 3m³/h，小于 10 m³/h 的裂隙性漏失，立即停止循环，起钻至套管内，用 GD-I、GD-III 与 QPL-Y 加其他桥堵材料桥塞堵漏，先用静止堵漏的方法堵漏，之后井口加压挤堵巩固堵漏成果。

(6) 发生大于 10 m³/h 或只进不出的漏失时，立即起钻至套管内，其间吊灌泥浆，防止井漏造成井喷。采取如下措施：用大颗粒材料加狄塞尔堵漏，以上方法无效时请示甲方采用注水泥或胶质水泥堵漏。

(7) 非油层段可选择高效堵漏材料，憋压挤堵，提高其抗压能力，满足下部施工的要求，减少油气层出现喷漏并存的复杂情况。

3.4 井控管理

邻井川岳 83、川岳 84 井,都存在不同程度的井涌、井喷。本井是一口重点评价井,预测地层压力偏低,钻井过程中随时都有可能发生井涌、井喷。因此,井控工作是本井的核心工作,也是本井钻井工作的重中之重。在硬件上,采用一类井口装置,按要求配齐配全内防喷工具,制定防喷预案、作业计划书;在软件上,加强日常工作中的井控管理:在职工中开展学习井控条例和井控技术,重点岗位都取得井控操作证,定期进行防喷演习,从开钻始即执行干部 24 小时值班,液面监测实行四人联坐。确实“立足于一次井控,强化二次井控,杜绝井喷失控。”在具体工作中,我们作到以下几点:

(1) 各层套管入井前进行强度校核,固井后进行抗内压试验,每次开钻前在监督指导下进行设备试压,试压合格后方可开钻;下套管后,钻开第一个砂层后,做地破试验。

(2) 注重员工业务素质提高,认真进行防喷演习,次次有讲评,有总结,不断提高班组作战能力,做到“班自为战”;由井控工程师、井队工程师轮流讲课,加强井控培训,提高人员井控素质。

(3) 加强座岗,强化溢流监测,24 小时有人坐岗;实行三人联坐制度,专人负责,做到及早发现溢流,快速控制井口。

(4) 根据 dc 指数预测地层压力及时调整泥浆比重,做到近平衡压力钻井。二开后各井段施工时,每只钻头入井开始钻进之前以及每日白班做低泵速试验,并做好记录,为可能遇到的压井提供依据。

(5) 各次开钻及钻开油气层前对井控装置试压,合格后才能进行下道工序的作业。钻开油气层起钻前、压井后起钻前、测井、下套管、固井、中途测试等作业前,做到充分循环除气,并短起下计算油气上窜速度。

(6) 按要求备足加重材料、重泥浆:加重材料长备 200t、重泥浆长备 240m³,加重、除气、搅拌等装备落实到人头,保持完好;井控装备坚持每天例行检查保养。

3.5 钻具管理

对于深井,钻具管理的质量,直接关系到井下安全和钻井速度。本井严格按标准进行钻具管理。

(1) 钻具配备按设计要求配 S135 一级钻具和 G105 一级钻具。全部钻铤、接头、加重钻杆使用 LET 扣。

(2) 所有送井的钻杆、钻铤、特殊工具、接头、方钻杆等必须进行探伤;钻具水眼满足要求。开钻后探伤工住井,在蹩跳严重井段坚持每趟钻都进行钻具探伤,杜绝有伤钻具入井。

(3) 建立严格的钻具管理制度,钻具的转送、摆放、上下钻台都严格按照要求操作。所有入井工具都要有几何尺寸的记录(外径、内径、长度、扣型),特殊工具要画出图纸。

(4) 钻具上下钻台戴护丝,做好入井检查;丝扣连接涂好丝扣油,坚持使用丝扣膜。定期倒换钻具,减少钻具的疲劳损伤。

(5) 坚持使用双向减震器,减轻钻柱震动;但减震器和随钻震击器要控制在其使用寿命内。特殊工具检查保养好放在管架上,达到随时可入井使用。

3.6 油气层保护

钻井的目的就是找油找气,普新 2 井始终坚持“有目的层,不为目的层”的原则,为了更好地发现油气层,保护好油气层,在施工中主要采取以下措施:

(1) 按要求测油气上窜速度,及时调整泥浆密度,在安全范围内,尽量采用低泥浆密度。

(2) 严格控制钻井液滤失量小于 4ml,加强各工序的协调配合,提高钻井速度,缩短建井周期,减少油期层的浸泡时间。

(3) 加重材料选用钛铁矿粉,充分利用四级净化系统,严格控制钻井液的固相含量,尽量减少钻井液中的有害固相,油气层段膨润土含量控制在设计范围,含砂控制在 0.2% 以内,减少有害固相对油气层的伤害。

(4) 使用可解堵堵漏材料,减小对储层的损害。使用表面活性剂,能有效地降低储层岩石的界面张力,有助于储层液相的反排。

(5) 严格把好钻井液材料关,所用钻井液药品必须经质检部门检验合格后方可上井,并有质检合格证复印件,避免钻井液的重复处理。

(6) 做好事故的预防工作,避免油气层裸露段发生复杂情况。

(7) 选择合适的钻井液和钻井液流变性能,以有利于井眼稳定,有利于发现和保护油气层,有利于钻井速度的提高。

3.7 取芯技术措施

普新 -1 进行了多类型取芯作业,其中气井密闭取芯在

川东尚属首次。为保证取芯施工的安全顺利进行，主要作好以下工作：

- (1) 每次、每项取芯作业都经过了认真的准备，对工具及地层等进行了认真的调研，准备工作认真、充分。
- (2) 工具选择基本适应井下情况，工具维护、保养到位，能充分发挥其效能。
- (3) 制定了详细、操作性强的技术措施，并认真实施。
- (4) 制定了详细的预案，取芯作业中出现的问题，能迅速、准确的解决。
- (5) 选用合适的钻井液性能，保证了井下安全。
- (6) 各种仪表齐全、准确，便于井下情况的及时判断。

4 钻井液技术

4.1 钻井液的配置与维护

普新-1 在钻井液应用方面，根据设计并结合普新 1 井的成功经验主要作好各钻次的处理与维护工作。

(1) 一开配 100m³ 预水化膨土浆，密度 1.02 g/cm³，粘度 50s。充分水化后开钻，于井深 312.50m 一开完钻。一开钻井过程中，采用复配胶液进行维护。

(2) 二开采用正电胶钻井液体系。充分发挥其触变性好的优点，解决大井眼、低返速的携砂问题，有效清洗井筒，保证二开作业的顺利施工。

①适时加入防塌材料，做好预防。

②定期向钻井液中加入了一定量的石灰，对钻井液进行处理，消除了 CO₃²⁻、HCO₃⁻对钻井液的影响。

③保持合理的钻井液密度，平衡地层压力，满足安全钻进的需要。

④坚持使用好四级固控设备，清除有害固相，使用润滑剂，降低钻井液摩擦系数。

⑤加强现场维护，控制钻井液失水 ≤ 5ml，改善泥饼质量，保证钻井液良好的护壁性。

(3) 三开采用聚合物防塌钻井液体系，严格控制塌含，按高密度钻井液来维护处理，满足井控工作的特殊需要；控制钻井液失水 ≤ 4ml，采用钛铁矿粉加重料，搞好油气层保护。

①三开开钻前对钻井液进行了全面调整，将塌含降到 25g/l，补充足量的 SMC、PSP、SMT 等磺化材料，提高钻井液的抗污染能力及高温稳定性。

②在润滑性方面除使用好四级固控设备外，加大润滑剂

用量，降低钻井液摩擦系数。

③提高钻井液 PH 值，并维持在 11 以上。

④密闭取芯前，控制钻井液失水 ≤ 3ml，保证密闭取芯密闭率。

⑤使用可解堵加重料钛铁矿粉，控制钻井液塌含，采用近平衡钻井，尽量减少储层污染，做好油气层保护工作。

⑥加入足量防塌材料，提高钻井液的护壁性，维护井壁稳定。

4.2 钻进过程中遇到的难点及技术措施

4.2.1 井漏

普新-1 井上部地层胶结性明显不如普新一井，在该井段钻进极易发生井漏和井塌，所以在钻进之初我们就加强了这方面工作。在遇到井漏后不急不躁根据漏速的不同配置不同浓度的膨润土浆加之 FCR-- II、FDJ-2 等配置不同类型的堵漏浆，取得了较好的效果。在三开钻进到井深 5028.60m 时，发生渗透性漏失，在打开该层位的第一个小时内，共漏失钻井液 6.09 m³。由于我们正在进行密闭取芯作业，正常堵漏措施无法进行，只好在取芯的过程中采取尽可能的补充胶液，同时适当的降低循环排量维护正常的钻井液体积。根据取出岩芯的情况，我们在下钻到底循环的过程中，边循环边加入 2% 的 FCR-- II 进行了堵漏，达到了预期的目的。

4.2.2 井下掉块的问题

从普新-1 井开钻到打完中完进尺的施工过程中，一直伴随着掉块的发生，为了尽可能的抑制掉块和避免周期性垮塌的发生，从普新-1 井开钻伊始就加强了这方面的工作。

(1) 加强对钻井液滤失量的管理，严格控制滤失量在 4ml 以下。

(2) 一次性加入 2% 防塌能力较强的阳离子沥青粉，用来加强其防塌和封堵能力，在钻进的过程中定期补充以保证其在钻井液中的含量。

(3) 采用具有良好的润滑性和封堵性较强的乳化沥青，从而有力的保证了井壁的稳定和井下的安全。

4.2.3 钻井液起泡的问题

在钻至 1000m 井深时为防止井下掉块的发生增强钻井液的封堵性，一次加阳离子沥青粉 5000Kg 钻井液的封堵性得到了改善但是却引发了气泡的产生。为彻底解决这一难题先后使用了消泡剂三种均未达到理想的效果。三开在钻进过程

中,为了解决起泡的问题,对钻井液进行了转换可是依然未能解决这一难题,且三开过程中的气泡比二开的更加顽固,更加难以控制,经过多方了解和现场的小型实验证明导致钻井液起泡的根本原因是水源的表面张力太大,为了解决这一难题,首先在钻井液中一次性加入3%的水基润滑剂以用来降低水的表面张力,使气泡更容易释放,之后又一次性加入2%的消泡剂,将气泡杀掉。这样才能使钻井液起泡这一问题得到了控制。

4.2.4 大段膏盐层的污染

在雷口坡、嘉陵江和飞仙关四段地层中含膏,特别是嘉四、嘉五段地层的膏中含盐。与普新1井不同,在该井的嘉四和嘉五段的钻进过程中钻遇了长达145m的纯盐层。

在上述井段施工的前期,为了有效的的预防膏盐层对钻井液造成较大的影响,首先使用了具有较强抗污染能力的聚磺钻井液体系,同时严格控制膨润土含量在22~18g/l,固相含量控制在允许范围之内,加大使用具有较强抗盐膏能力的SD-17W、GK-97等处理剂对钻井液进行维护,使钻井液具有较强的抗污染能力和良好的流变性,并且定期补充一定量的LV-CMC进行护胶,从而有力的保证了钻井液性能的长期稳定和井下的安全。

4.2.5 长井段密闭取芯对钻井液性能的特殊要求

由于密闭取芯是一项较新的钻井工艺,为了更好的配合密闭取芯,提高密闭率,最大限度的降低钻井液滤液对岩芯的污染,在三开伊始就加强了对钻井液滤失量的控制,严格控制失水小于3ml,特别是在取芯施工的过程中更是严格控制失水小于2.5ml,尽量减少滤液对井壁的浸泡,为之做好井眼上的准备。积极调整维护好钻井液的常规性能,使之均匀稳定,为深井段连续取芯的起下钻作业创造一个良好的工作环境。为了更好的保证连续取芯过程的起下钻作业,尽可能的减少井下摩阻对起下钻作业的影响,在取芯作业的施工过程中,定期的加入无荧光润滑剂和防塌效果较好的低软化点沥青粉,从而保证了起下钻作业的畅通无阻。

5 技术攻关及新技术、新工艺的应用

在普新-1井的钻井施工中,积极引进新技术、新工艺,并针对井下复杂情况组织了一系列的技术攻关,保证了施工质量,加快了施工进度。

(1) PDC钻头+井下动力钻具复合驱动,吊打防斜,

提高机械钻速,创下了241m/d和180m/班(12小时)的川东指标。

(2)使用LET扣钻铤,减少断钻具事故,节约钻井成本。

(3)应用FM系列钻柱式防磨减扭接头,有效保护套管,见图4。



图4 FM-197防磨减扭接头

(4)根据本井的特点进行了调研,在总结普新1井的基础上制定了本井的施工措施,认真落实《川东地区钻井操作规程》。

(5)与西南石油学院合作,成功解决了二开钻井液起泡问题。

(6)与中原钻井研究院合作,成功完成深井、气井的密闭取心作业。

6 经验与教训

(1)本井采用卡瓦悬挂式套管头,故导管、表层套管的居中对套管防磨有十分重要的意义。

(2)制订好安全措施并切实执行,使用大尺寸钻铤,是川西区块防斜打直的捷径。

(3)川西地层跳钻严重,必须选用优质钻具,钻铤丝扣最好用LET扣;并确定合理的探伤周期,及时进行钻具探伤,对特殊地层每趟钻都要进行钻具探伤。

(4)注重防塌材料的使用,化学防塌和物理防塌并重,有预见性地及时调整泥浆性能,达到防塌护壁的要求。

(5)泥浆要控制好失水,使用斜坡钻杆,防止长时间施工拉出键槽。

使用双向减震器,减缓钻柱的振动,能很好预防钻具钻头事故的发生。

(6)海相地层使用“PDC+螺杆”复合钻进,可大幅提高机械钻速,并有利于防斜与纠斜。

参考文献

- [1] 杨博仲,汪瑶,叶小科.川西地区复杂超深井钻井技术[J].钻采工艺,2018(04):6-7+38-41.