

树 35 - 平 27 水平井密闭取心技术探讨

邓胜聪, 张 孟, 李瑞营

(大庆钻探工程公司钻井工程技术研究院, 黑龙江 大庆 163413)

摘 要: 密闭取心能够提高岩心分析资料的准确性。通过水平段密闭取心, 可以检验水驱油效果、定量分析油层的油水动态及剩余油分布情况。这对制定有效的增产增效措施、提高特低丰度油层单井产量和储量动用程度、完善开发方案等有着重要的意义。与直井密闭取心相比, 水平井密闭取心难度更大。在进行水平段密闭取心技术难点分析的基础上, 从井眼轨迹控制、钻具组合优化设计、取心工具配套和取心参数优选等几个方面进行了研究, 并在树 35 - 平 27 井进行了现场应用, 取得了良好的应用效果。

关键词: 水平井; 水平段; 密闭取心; 轨迹控制

中图分类号: TE243 **文献标识码:** A **文章编号:** 1672 - 7428(2012)02 - 0025 - 03

Discussion of Sealed Coring Technology in Shu35 - P27 Horizontal Well/DENG Sheng-cong, ZHANG Meng, LI Rui-ying (Daqing Drilling Engineering Technology Research Institute, Daqing Heilongjiang 163413, China)

Abstract: Sealed coring can improve the reliability of core analysis data. Water displacing oil efficiency can be inspected; quantitative analysis can be made on the oil-water reservoir dynamics and remaining oil distribution of oil layer through horizontal well sealed coring. This has great significance for making effective production and efficiency increasing measures, increasing individual well producing rate of extremely low abundance layer and reserve producing level, improving the exploitation plan and so on. Sealed coring is more difficult in horizontal well than in vertical well. Based on the analysis on the technical difficulties of sealed coring in horizontal well, the study was made in well trajectory control, bottom hole assembly optimization design, coring tools matching and coring parameters optimization. Good application effect was achieved in Shu35 - P27 well.

Key words: horizontal well; horizontal segment; sealed coring; well trajectory control

1 概述

2006 年, 大庆油田采油十一厂完成了树 36 - 平 27 水平井施工。通过水平井注水 - 直井采油联合开采方式进行油田开发。为了检验水平井注水 - 直井采油联合开采方式的水驱油效果, 定量分析油水动态及剩余油分布情况, 2009 年大庆油田采油十一厂针对注水开发的特低丰度杨 L₁ 层, 进行了树 35 - 平 27 井水平段密闭取心, 取得了较好的效果。通过对岩心的分析化验, 研究水平井注水 - 直井采油联合开采的布井原则和方式, 以制定出有效的增产增效措施, 提高扶杨特低丰度油层单井产量和储量动用程度, 完善开发方案。

该井是大庆油田第一口密闭取心水平井。取心井段 2251.38 ~ 2401.89 m, 连续密闭取心 150.51 m, 岩心长 149.59 m, 岩心收获率 99.39%, 密闭率 98.5%。树 35 - 平 27 井水平段连续密闭取心进尺创造了大庆油田水平井连续密闭取心的最高纪录, 填补了大庆油田水平井密闭取心的空白。

2 水平段连续密闭取心施工技术难点

(1) 地质情况复杂, 割心时经常出现撻心、掉心情况, 易造成收获率低。

(2) 由于地质因素、机械钻速、岩心直径和钻井液等因素的影响, 易造成密闭率低。

(3) 水平段连续取心井段长, 钻头处井斜预测难度大, 主要表现在以下几方面:

LWD 仪器井斜、方位传感器测点位置距离钻头 18 m 左右, 取心前不能直接测量钻头处井斜;

在取心过程中, 由于取心钻具组合造斜能力的不确定性, 钻头处井斜预测困难。

(4) 井眼轨迹控制难度大。连续取心时, 取心钻具组合通常采用调整取心筒上的螺扶外径和螺扶距钻头的距离, 运用复合钻进的方式来调整井斜, 达到井眼轨迹控制的目的。该钻具组合受钻具刚度、钻压、地层因素等的影响较大, 井眼轨迹控制具有很大的不确定性。

(5) 取心难度大。水平段取心与直井取心的不

收稿日期: 2011 - 07 - 26

作者简介: 邓胜聪(1980 -), 男(汉族), 四川南充人, 大庆钻探工程公司钻井工程技术研究院工程师, 测控技术与仪器专业, 从事定向井、水平井技术研究及现场技术服务工作, 黑龙江省大庆市红岗区八百垅, dengshengcong@cnpc.com.cn。

同之处在于取心工具的轴线与重力方向不同,在重力的作用下,取心工具躺在井筒底边上,取心钻进时树心困难。

在钻压的作用下,容易使岩心筒弯曲,进入岩心筒的岩心也容易发生偏磨与破碎,容易造成堵心、卡心现象。

水平段取心时需要精确控制钻压,与直井取心相比,水平段取心钻压较小。另外取心钻进时容易托压,钻压不能有效加到钻头上,造成加压困难。而且,钻压释放时,还容易造成别螺杆和憋泵。

3 水平段连续密闭取心技术

针对水平井水平段连续密闭取心存在的技术难

点,结合树35-平27井的实际情况,开展了水平井连续密闭取心技术研究。通过对井眼轨道和钻具组合优化设计,取心工具和取心参数优选,从而保证水平段长井段密闭取心的顺利实现。

3.1 井眼轨道优化设计

井眼轨道优化设计时,首先要考虑直井段实钻垂深和井底位移对水平井设计造斜点的影响,选择合理的井身剖面;其次要考虑到取心工艺,设计合理的井眼曲率,保证取心钻具的顺利下入。综合以上因素,树35-平27井井眼轨道采用七段制设计,既给实钻施工留有调整的余地,又降低了造斜率,确保取心工具能顺利下入。井眼轨道优化设计数据如表1所示。

表1 树35-平27井井眼轨道设计数据

关键点	测深 /m	井斜角 /(°)	方位角 /(°)	垂深 /m	N/S /m	E/W /m	造斜率/[(°)· (30 m) ⁻¹]	“狗腿”度/[(°)· (30 m) ⁻¹]
造斜点	1810.18	0.00	0.00	1810.18	0.00	0.00	0.00	0.00
造斜1完	1968.44	41.18	254.06	1954.32	-15.90	-55.68	7.34	7.34
稳斜完	1985.12	41.18	254.06	1966.88	-18.91	-66.25	0.00	0.00
造斜2完	2165.33	86.34	260.58	2044.57	-51.66	-200.17	7.52	7.58
探油顶完	2178.93	87.02	260.58	2045.36	-53.88	-233.57	1.50	1.50
靶点A	2178.93	89.44	260.58	2045.36	-55.46	-243.10	7.50	7.50
靶点B	2361.53	89.44	260.58	2047.36	-83.76	-413.70	0.00	0.00
靶点C	2534.56	88.27	260.58	2053.16	-112.06	-584.30	2.00	2.00
靶点D	2708.18	88.27	260.58	2058.40	-140.46	-755.50	0.00	0.00

3.2 取心钻具组合优化设计

在水平井水平段连续密闭取心作业中,若采用弯螺杆定向钻井实施井眼轨迹控制,必然导致井眼轨迹控制步骤增加,损失取心井段,造成取心不连续。另外,多次起下钻更换钻具组合,使得钻井周期延长,钻井成本增加。因此,水平段连续密闭取心钻具组合采用直螺杆加转盘复合钻进方式实施井眼轨迹控制。这样,通过对水平段连续密闭取心钻具组合优化,既能达到连续取心的目的,又能缩短钻井周期,提高工作效率,节约钻井成本。

水平段连续密闭取心钻具组合优化设计主要包括增斜、稳斜和降斜3种情况。

3.2.1 稳斜钻具组合

Ø215.9 mm 钻头(0.3 m) + Ø213 mm 螺扶稳定器(0.5 m) + Ø178 mm 取心筒(7 m) + Ø213 mm 螺扶稳定器(0.5 m) + Ø165 mm 直螺杆(7 m) + Ø127 mm 斜坡钻杆(800 m) + Ø127 mm 加重钻杆(200 m) + Ø127 mm 斜坡钻杆。

3.2.2 增斜钻具组合

Ø215.9 mm 钻头(0.3 m) + Ø213 mm 螺扶稳定

器(0.5 m) + Ø178 mm 取心筒(7 m) + Ø165 mm 直螺杆(7 m) + Ø127 mm 斜坡钻杆(800 m) + Ø127 mm 加重钻杆(200 m) + Ø127 mm 斜坡钻杆。

3.2.3 降斜钻具组合

Ø215.9 mm 钻头(0.3 m) + Ø178 mm 取心筒(8.5 m) + Ø165 mm 直螺杆(7 m) + Ø127 mm 斜坡钻杆(800 m) + Ø127 mm 加重钻杆(200 m) + Ø127 mm 斜坡钻杆。

3.3 取心工具优选

在水平段密闭取心过程中,螺杆驱动取心筒旋转,取心筒带动钻头旋转破岩。随着进入取心筒中岩心长度的增加,螺杆驱动岩心筒扭矩增大。考虑到直螺杆的驱动力,选择的取心筒不宜过长,通常在8 m左右。通过对比分析,选取了我院研制的密闭取心工具。

3.3.1 工具结构

该工具为双筒双动式取心工具。主要由大接头、丝堵、内外岩心筒、上下螺扶、内筒密封圈、卡箍岩心爪、密闭头、剪销和取心钻头等组成,如图1所示。

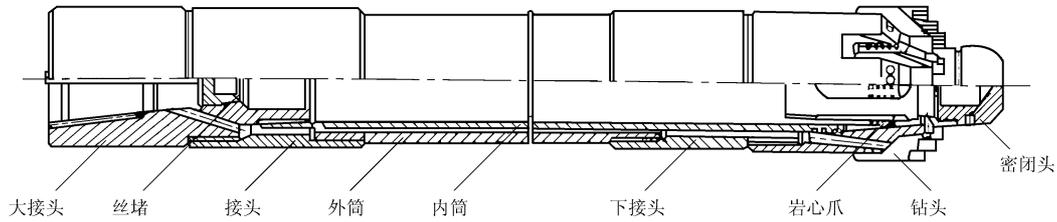


图 1 取心工具结构示意图

3.3.2 工作原理

取心钻进时,内外筒同时随钻具旋转,内筒里注满密闭液。当密闭头通过岩心爪进入内筒,密闭液则从间隙流出,并均匀地涂在岩心表面上,形成一层保护膜,防止钻井液浸入岩心。而所钻取的岩心,克服岩心爪的摩擦力进入内筒。割心时上提钻具,岩心爪沿钻头锥面下行,产生径向锁紧力,将岩心卡紧。当上提拉力达到岩心断面极限拉力时,岩心即被割断。

3.4 取心参数优选

优选取心参数,能够有效减小岩心先期污染,提高岩心收获率和密闭率。取心参数主要对钻井液、钻进参数等进行优选。通过钻井液参数优选,在保证携砂和井眼稳定的同时,减小取心钻进摩阻,有利于取心钻进。优选钻压和转速,满足取心工艺要求,避免复合钻进过程中因共振引起树心困难等,保证钻具组合处于最佳工作状态,优选参数见表 2。

表 2 取心参数

泥浆类型	钻进方式	钻压 /kN	转盘转速 /($r \cdot \min^{-1}$)	机械钻速 /($m \cdot h^{-1}$)	排量 /($L \cdot s^{-1}$)
油基	树心	5 ~ 10	20 ~ 25	1 ~ 2	24 ~ 30
泥浆	取心钻进	20 ~ 40	30 ~ 60	8 ~ 12	

4 现场应用

树 35 - 平 27 井造斜段施工完后进入探油顶段,由于油层下移,钻进至井深 2200 m 时,LWD 数据显示进入油层(见图 2)。经甲方判断,该层为取心层位,立即调整井斜,为取心做准备。井深 2251.38 m 时,经预测井底井斜 89.7°,符合取心条件。甲方要求平行于地层取心,结合取心井段地层倾角(取心井段地层倾角为 88°),决定下入降斜钻具组合取心。利用降斜钻具组合自动降斜的特点,实现平行于油层取心的目的。该钻具组合成功下入井底,并取得了良好的应用效果。为了及时掌握井下取心井斜变化情况,每取心 50 m,下入 LWD 补测工程参数和地质参数。通过测斜数据,找出钻具组合对井眼轨迹的控制规律,利用 COMPASS 软件对待取心井眼轨迹进行设计和预测,为下一步取心施

工做准备。取心到 2347.15 m 时,下入 LWD 进行复测,测深 2317.7m,井斜降到 87.28°。改用单螺扶微增斜,直到取心完。连续密闭取心 23 筒,进尺 150.51 m,岩心长 149.59 m,岩心收获率 99.39%,密闭率 98.5%。

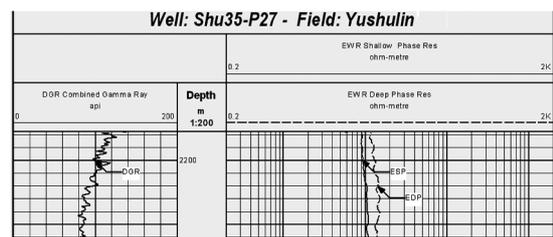


图 2 LWD 油层显示图

在整个取心过程中,通过优化钻具组合,实现了水平段连续密闭取心井眼轨迹的调整,并取得了很好的效果(见表 3)。从表 3 可以看出:从 2251.38 ~ 2313 m,降斜钻具组合降斜非常平稳,2313 ~ 2404 m,微增钻具组合增斜效果明显。在增斜过程中,井斜出现先微降后增,主要原因在于增斜钻具组合首先要克服降斜趋势,然后显现增斜特点。

表 3 取心段轨迹数据

井深 /m	井斜角 /($^{\circ}$)	方位角 /($^{\circ}$)	垂深 /m	N/S /m	E/W /m	视平移 /m	“狗腿”度 /($^{\circ}$) /($30 m$) ⁻¹
2258.76	89.38	259.30	2048.61	-50.03	-299.88	304.0261	0.73
2267.92	89.17	259.23	2048.72	-51.73	-308.88	313.1820	0.74
2276.95	88.83	258.99	2048.88	-53.44	-317.75	322.2106	1.39
2286.26	88.51	258.95	2049.10	-55.22	-326.88	331.5116	1.01
2295.50	88.15	258.57	2049.37	-57.02	-335.94	340.7438	1.72
2304.56	87.68	258.15	2049.70	-58.85	-344.81	349.7909	2.07
2313.70	87.28	257.85	2050.10	-60.75	-353.75	358.9187	1.65
2322.79	86.84	257.56	2050.56	-62.68	-362.61	367.9782	1.72
2331.85	86.60	257.36	2051.08	-64.64	-371.44	377.0092	1.05
2340.98	86.63	257.35	2051.62	-66.64	-380.34	386.1137	0.11
2350.23	86.53	257.45	2052.17	-68.65	-389.34	395.3282	0.45
2368.67	86.38	257.14	2053.31	-72.70	-407.30	413.7046	0.55
2377.90	86.38	257.22	2053.90	-74.74	-416.29	422.9051	0.25
2386.48	86.22	256.90	2054.45	-76.66	-424.63	431.4508	1.23
2395.95	86.03	256.82	2055.09	-78.81	-433.83	440.8754	0.65
2404.97	86.47	257.25	2055.68	-80.83	-442.60	449.8637	2.02



图3 ZK1903号钻孔捞砂器捞起的钻渣照片

5 结语

通过队校合作攻关,研究出了新型泥浆体系,在白马矿区复杂地层钻探中得到成功应用。研究和应用中,获得以下体会:

(1)攀西钒钛磁铁矿整装勘查钻孔施工中建立的新型泥浆体系使用对复杂地层钻进具有很强的针对性和较好的使用效果,对下一步外围深部普查项目的钻探施工具有普遍的指导意义。

(2)对于复杂地层钻探施工,采用“产、学、研”

(上接第27页)

5 结论与认识

(1)水平井长段密闭取心技术在树35-平27井中得到了成功应用,填补了大庆油田水平井水平段长段密闭取心空白。

(2)树35-平27井井眼轨道优化设计合理,有利于现场施工。通过设计稳斜段和探油顶段,消除了造斜工具造斜率的不确定性和油层误差带来的影响;通过降低造斜段“狗腿”度,为取心工具的顺利下入创造了条件。

(上接第30页)

层,防塌钻井液体系的选择应多样,不同的防塌钻井液体系针对不同的区块效果不同。

(5)在钻井液研发或优选方面,适当控制滤失量,加强抑制性研究。调整好钻井液性能,物理防塌和化学防塌并重,做到低失水、高矿化度、高滤液粘度、适当密度和粘度,有效地控制钻井液中自由水向地层渗透,严禁负压钻进。钻入易塌层段前,按泥浆设计要求一次性加入防塌剂,含量达到3%左右,以后钻进中要注意不断补充。

(6)强化短起下清沙,保证上部井段的通畅,为复杂情况处理提供保障。减化钻具结构,少下钻铤。

模式有机结合,对于指导钻探生产和提高生产单位钻探技术水平大有益处。

参考文献:

- [1] 黄汉仁,杨坤鹏,罗平亚. 泥浆工艺原理[M]. 北京:石油工业出版社,1984.
- [2] 鄢秦宁,孙友宏,彭振斌. 岩土钻掘工程学[M]. 湖北武汉:中国地质大学出版社,2001.
- [3] 吴隆杰,杨凤霞. 钻井液处理剂胶体化学原理[M]. 四川成都:成都科技大学出版社,1992.
- [4] 鄢捷年. 钻井液工艺学[M]. 山东东营:中国石油大学出版社,2001.
- [5] 李之军,陈礼仪,贾军,等. 汶川地震断裂带科学钻探一号孔(WFSD-1)断层泥孔段泥浆体系的研究与应用[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2009,36(12):13-15,19.
- [6] 中国煤田地质总局. 煤田钻探工程 第五分册 钻井液[M]. 北京:煤炭工业出版社,1994.
- [7] 孙丙伦,陈师逊,陶士先. 复杂地层深孔钻探泥浆护壁技术讨论与实践[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2008,35(5):13-16.
- [8] 王文臣. 钻孔冲洗与注浆[M]. 北京:冶金工业出版社,1996.
- [9] 周金葵. 钻井液工艺技术[M]. 北京:石油工业出版社,2009.

(3)水平段取心钻具组合设计合理,通过调整不同的钻具组合来进行井眼轨迹控制,取得了良好的效果。全井在取心过程中,未使用单弯螺杆进行井眼轨迹调整,实现了水平段连续取心。

(4)通过取心工具和取心参数优选,提高了岩心收获率和密闭率。

参考文献:

- [1] 易贵华,等. 密闭取心技术[J]. 新疆石油天然气,2008,(4).
- [2] 王建毅,等. 影响岩心密闭率因素[J]. 吐哈油气,2000,(1).
- [3] 龚志敏. 定向井长筒取心技术应用[J]. 石油钻探技术,1995,(3).

每钻进80~100m短起下清砂一次。

(7)在钻时慢的区块如72块,增加钻头选型,加快钻时利于维护井壁稳定。

参考文献:

- [1] 崔杰,赵金海,等. 井壁稳定性分析及应用[J]. 石油工程技术,2009,7(1):16-20.
- [2] 李炎军,萧林,等. 井壁稳定技术在涪洲11-1油田的应用[J]. 石油钻采工艺,2007,9(6):19-21.
- [3] 鄢捷年. 钻井液工艺学[M]. 山东东营:中国石油大学出版社,2001.
- [4] 罗建生,鄢捷年. 页岩水化对其力学性质和井壁稳定性的影响[J]. 石油钻采工艺,1999,21(2):7-13.