

鄯7-10C侧钻小眼井尾管碰压固井技术研究

顾军¹ 向阳¹ 钱峰² 王学良²

(1. 成都理工大学油气藏地质及开发工程国家重点实验室 2. 吐哈油田钻采工艺研究院)

顾军等. 鄯7-10C侧钻小眼井尾管碰压固井技术研究. 天然气工业, 2003; 23(1): 50~52

摘要 鄯7-10C井是吐哈油田第一口套管开窗侧钻定向井, 它的成功钻井, 为套管开窗侧钻水平井奠定了基础。文中介绍了侧钻小眼井尾管碰压固井技术。实践表明, 碰压成功, 固井质量合格, 这不仅为小眼井固井积累了经验, 也发展了油田固井技术系列。

关键词 套管开窗侧钻 定向井 小眼井 尾管 碰压 固井

套管开窗侧钻是提高油气田开发后期最终采收率最经济有效的一种钻井技术, 主要用于事故井、无效井和套损井的改造, 具有钻井成本低、开发效益好、钻井风险小等特点。鄯7-10井是1992年钻成的一口采油井, 于1995年因成无效井而停产。为了发挥老井的作用和提高油田开发效益, 决定对此井实施套管开窗定向侧钻改造, 即钻鄯7-10C井。目前, 定向侧钻小眼井完井方式多采用裸眼完井和割缝筛管完井, 但因该井地处已注采开发多年的鄯善油田, 考虑到周围注采压力系统的影响, 只得采用尾管固井完井。

基本情况

(1) 地质概况。鄯7-10C井位于吐哈盆地台北凹陷鄯善构造, 岩性是上部以泥岩为主, 夹杂灰岩, 砂岩; 下部为泥岩与砂岩。

(2) 地质设计。要求 $\varnothing 89$ mm 尾管固井水泥返至喇叭口。

(3) 钻井情况。鄯7-10C井完钻斜深 3 200.12 m, 垂深 3 128 m, $\varnothing 118$ mm 裸眼段长 450 m。实际井身结构见表 1。

(4) 完井钻井液性能。钻井液类型为低固相聚磺体系, 密度 1.23 g/cm^3 , 粘度 40 s, 失水 4 mL, 塑性粘度 18 mPa·s, 动切力 12 Pa, 初切力 3 Pa, 终切力 7 Pa, 粘滞系数 0.05, 高温高压失水 14 mL。

表 1 井身结构

套管尺寸 (mm)	钻头尺寸 (mm)	井深 (m)	备注
339.7	444.5	242.77	常规固井(老井)
139.7	216	3150.7	常规固井(老井)
89	118	3200.12	尾管固井(窗口 2 750 m)

固井难点分析

众所周知, 侧钻小眼井固井属非标准间隙固井, 是一个世界性的难题。就该井而言, 其难点可归纳为:

(1) 实钻井眼轨迹为“S”型, 套管易紧贴井壁, 不但难以居中, 还给尾管的下入带来了很大的困难。

(2) 实钻过程中漏失钻井液 7 次 200 m^3 , 其中 J_2q 地层 4 次 70 m^3 , J_2s 地层 5 次 130 m^3 。地层承压能力低, 固井难度大。

(3) 实钻过程中卡钻 2 次, 遇阻划眼 3 次, 累计处理时间 63.5 h, 可能造成井径极不规则, 影响环空封固质量。

(4) 无井径数据, 水泥用量设计只得采用“多打”之招, 结果可能造成水泥浆高返而压漏地层。

(5) 环空间隙小, 尤其是尾管悬挂器处, 不仅会造成施工压力大, 而引发固井漏失, 还会因水泥浆滤入渗透性地层而污染油气层。

(6) 最大井斜角达 32.45° (2 835.30 m 处), 凝固

作者简介: 顾军, 1966年生, 博士生, 高级工程师; 1986年毕业于西南石油学院钻井专业, 曾任吐哈油田钻采工艺研究院副总工程师; 获成果奖 14 项, 出版著作 2 部, 发表论文 53 篇。地址: (610059) 四川省成都市二仙桥东三路 1 号成都理工大学博 2001 级。电话: (028) 84079003。

时水泥浆易因析水而形成水带,影响固井质量。

(7) 定向小眼井尾管碰压技术含量高,风险大。若碰压失败,一则可能导致替空,二则可能导致钻塞。

(8) 水泥环薄,不均匀,难以形成足够的抗压强度。

固井工艺技术

1. 优选尾管碰压装置

尾管碰压就是将钻杆胶塞经过 $\varnothing 73$ mm 钻杆替至尾管悬挂器中心管,钻杆胶塞在通过中心管的过程中与套管空心胶塞组合,形成的组合胶塞在套管内继续下行至碰压环,而完成碰压。因此,尾管悬挂器的选择尤为重要,必须满足挂得住、倒得开、组合胶塞复合性高、密封套好并能顺利提出等条件。实践证明,如果组合胶塞复合性差,不但会导致碰压失败,还可能造成替空。常用悬挂器分为机械式、液压式和机械液压双作用式三种,各自的优缺点见表 2。

表 2 3 种悬挂器的优缺点对比

类型	优 点	缺 点
机械式	操作简单,成本低,在下尾管时可开泵循环	在下尾管时禁止上提下放活动管柱
液压式	操作简单,成本低,在下尾管时可上下活动管柱	需及时灌浆,在下尾管时可能不开泵循环
双作用式	悬挂可靠性	结构复杂,成本高,在下尾管时减少开泵循环和上下活动管柱

就鄯 7-10C 井而言,选择液压式悬挂器比较理想,其操作简单,安全可靠。综合考虑,决定选用华北钻井工艺研究院研制的 $\varnothing 39.7$ mm \times $\varnothing 101.6$ mm 液压式尾管悬挂器,其设计比较合理,并在结构上进行了改进。诸如,钻杆胶塞与空心胶塞接触面由锥型改为球面接触,增大了接触点,复合性增强了;缩短了中心管顶端与空心胶塞的距离,有效地控制了钻杆胶塞的漂移;密封套由固定式改为镶嵌式,随中心管拔出等。

2. 优化管柱设计

小眼井管柱外径小,柔性大,易弯曲变形,造成固井完井施工困难。因此,有必要进行管柱的结构优选。鉴于该井老井完井套管采用 $\varnothing 39.7$ mm 套管完井的情况,对比 $\varnothing 18$ mm 小井眼下 $\varnothing 89$ mm 和 $\varnothing 101.6$ mm 套管的优缺点。可以认为, $\varnothing 89$ mm 套管可提供足够的泄油通道,且水泥环厚度也相对增加,

满足开发要求,因此选用 $\varnothing 89$ mm 套管完井。管串结构为引鞋 + 套管 1 根 + 浮箍 + 套管 1 根 + 浮箍 + 套管串 + 转换接头 + 尾管悬挂器 + 送入钻具。

3. 优选水泥浆体系

通过对国内外部分油气田小眼井水泥浆体系的调研,决定使用低摩阻低失水零析水水泥浆体系。该体系通过加入分散剂、非渗透性降失水剂等,使水泥—水体系处于相对稳定的悬浮状态,拆散了水泥颗粒在水化初期形成的结构,释放絮凝结构中的游离水,从而提高水泥浆的流动性,减小摩阻。另外,通过高分子中的分子链较强的活性基团,吸附在较大水泥颗粒表面,同时高分子本身吸附许多微小的水泥颗粒,这样在形成滤饼的同时桥接小颗粒,堵塞大颗粒间隙,形成致密的滤饼,从而降低水泥浆的失水。同时,分散与吸附相辅相成的作用,提高了水泥浆的稳定性,形成具有较高抗压强度的水泥环。

针对该井地质特点和小眼井固井对水泥浆性能的要求,进行了大量实验,得到的水泥浆配方为 G 级水泥 + 0.7% USZ + 1.2% RC800 + 0.4% TW200R。水泥浆性能见表 3,并进行了钻井液对水泥浆的污染试验,结果见表 4。

表 3 水泥浆性能

稠化时间 条件 (\times MPa)	时间 (min)	析水 (%)	API 失水		流变性		24 h 抗压强度		
			温度 ($^{\circ}$ C)	失水量 (mL)	温度 ($^{\circ}$ C)	n	k ($\text{Pa}\cdot\text{s}^n$)	条件 (\times MPa)	强度 (MPa)
82 \times 60	340	0.8	82	36	82	0.48	1.48	160 \times 21	26.4
78 \times 46	320	0.8	78	42	78	0.64	0.72	100 \times 21	25.6
72 \times 46	350	0.5	72	39	72	0.55	1.67	90 \times 21	24.9
62 \times 40	290	0.5	62	46	62	0.67	0.96	80 \times 21	27.8

表 4 水泥浆污染前后性能对比

钻井液 混入量 (%)	稠化时间 (min)	失水量 (mL)	流变性	
			n	k ($\text{Pa}\cdot\text{s}^n$)
0	320	50	0.64	0.72
5	230	90	0.52	1.38
15	68	260	0.25	12.34
30	90	> 260	0.17	27.68

注:试验温度均为 78 $^{\circ}$ C,稠化时间试验压力为 46 MPa,失水量试验压力为 6.9 MPa,流变性试验压力为 0.1 MPa。

由表 4 数据可以看出,该体系能满足小眼井固井施工要求,在混浆量小于 15% 时,钻井液对水泥浆性能无明显影响。

4. 提高顶替效率

通过对小眼井顶替过程中液体流动理论的研究表明,当 $n > 0.6$ 时流动性有所增强,但窄边速度的增加比宽边的增加速率小,即平均速度的增加量主要从宽边走,增大了宽窄边速度差,不利于顶替;当 n 值过小时,窄边速度过小,也不利于顶替。当 $k < 0.5$ 时,窄边流量迅速增大,但其值增加的幅度远小于宽边增加值,不利于顶替;当 $k > 0.5$ 时,窄边流量上升速率迅速下降,同样不利于顶替。因此,水泥浆的 n 值应控制在 0.5 左右, k 值控制在 0.5 ~ 2 Pa·sⁿ 之间。小尺寸管柱具有柔性大和不易居中的特点,套管的偏心度对顶替效率的影响程度大于常规尺寸,因此必须加套管扶正器,以使套管尽可能居中。

使用优质冲洗液能提高环空窄边钻井液滞留线上升速度,缩短冲净时间,有利于提高顶替效率。

5. 细化技术措施

(1) 裸眼井径扩大到 $\varnothing 45 \text{ mm} \sim \varnothing 50 \text{ mm}$,以增加环空水泥环厚度,减少环空压耗。

(2) 针对实际井况,采取有效堵漏措施,提高地层承压能力。

(3) 对 $\varnothing 3 \text{ mm}$ 送入钻具和配合接头用 $\varnothing 46 \text{ mm} \times 300 \text{ mm}$ 通径规通径、称重、测扭矩。

(4) 认真核实尾管悬挂器座挂部位处 $\varnothing 39.7 \text{ mm}$ 原井套管是否变形。

(5) 据井下条件加适量 $\varnothing 39.7 \text{ mm} \times \varnothing 89 \text{ mm}$ 弹性扶正器,尽量使尾管柱居中。

(6) 严格控制尾管下放速度,未接悬挂器前不大于 35 m/min,接悬挂器后不大于 18 m/min。

(7) 准确计算送入钻具长度和钻柱伸缩长度。

(8) 用迟到时间的方法求取环空容积。

现场实施

(1) 下套管座悬挂器。通井到井底,循环正常后起钻,下入尾管并按要求连接 $\varnothing 39.7 \text{ mm} \times 101.6 \text{ mm}$ 尾管悬挂器,将尾管安全顺利送至预定井深,经核实其悬重后,投球小排量缓慢憋压,加压后顺利座挂,继续憋压,压力下降,证实球座憋通,循环,停泵,卡瓦加载,倒扣,证实倒扣成功。

(2) 注水泥施工过程。注前置液 0.5 m^3 ,压力由 0 升到 10 MPa;注水泥浆 9.1 m^3 ,压力由 14 MPa 降到 0;投球,注压塞液 0.5 m^3 ,压力为 0;替浆 8.4 m^3 ,压力由 16 MPa 突然升至 20 MPa,表明碰压成功。起钻至座挂位置上部,循环洗井,起钻。经声幅测井评价,水泥返深 2 737 m,人工井底 3 237.64 m,固井质量合格,达到了设计要求。

参 考 文 献

- 1 《钻井手册(甲方)》编写组. 钻井手册(甲方). 北京:石油工业出版社,1990
- 2 顾军. 矿场固井技术. 北京:石油工业出版社,1997

(收稿日期 2002-08-28 编辑 钟水清)

《中国含油气盆地构造学》首发式与学术报告会在北京举行

2002年11月2日,由中国科学院院士李德生等著的《中国含油气盆地构造学》首发式与学术报告会在中国石油勘探开发科学研究院隆重召开。会议由以中国石油勘探开发科学研究院副院长赵文智教授为主任,陈蟒蛟等在京学生为委员的组委会发起组织。中国石油股份公司总地质师贾承造教授、中国海洋石油公司勘探部总经理朱伟林教授、中国地质科学院任纪舜院士等领导,李德生先生的京内外同事好友、学生弟子代表和部分石勘院在读硕士、博士研究生近 100 人参加了会议。

李德生先生是我国著名石油地质学家。现任中国石油天然气集团公司北京石油勘探开发科学研究院总地质师、教授级高级工程师、博士生导师、中国科学院院士、第三世界科学院院士。

会议在庆贺李德生院士及夫人朱琪昌教授伉俪 80 华诞的热烈气氛中举行了《中国含油气盆地构造学》一书的首发式。本书收集了李德生院士 20 篇代表性著作及附录 2 篇,又含有他的同事朋友撰写的 18 篇论文和学生撰写的 15 篇论文;既有中国重要含油气盆地的专题论文,又有全国性综述和理论探讨。这些论文在板块构造和盆地类型,地幔隆升和裂谷成因,逆掩冲断带和前陆盆地,克拉通和海相叠合盆地、复式油气聚集(区)带的成矿规律,构造力学机制和地应力类型,裂缝性储层的缝洞分布规律和断裂控烃理论等方面均有所探索和创新。书中附大量珍贵的实际资料和图件,如基地构造、沉积序列、构造单元、圈闭样式及构造演化图等。由于文章作者多是在中国相关盆地长期从事油气地质勘探的专家、学者,因此,该文集也可以说是中国含油气盆地构造研究的系统总结,具有重要的学术价值和实际意义。

首发式之后,任纪舜院士作了题为《中国含油气盆地大地构造背景》、赵文智教授作了题为《中国叠合含油气盆地石油地质特征与方法》、李德生院士作了题为《我的科技生涯》的精彩学术报告。

(蔚远江 供稿)

.....

ANALYSIS OF DRILLING WORKLOAD AND DRILLING SPEED

Chen Wu ,Zhang Mingquan ,Zhang Naixin and Zeng Gaofeng (Southwest Petroleum Institute). *NATUR. GAS IND.* v. 23 ,no. 1 ,pp. 45 ~ 47 ,1/ 25/ 2003. (ISSN1000-0976 ;**In Chinese**)

ABSTRACT:It is imperative to analyze drilling workload and drilling speed not only from technical angle but also from economic angle. By taking the economic relation between drilling workload and drilling speed as a basis ,an exponential analysis method is adopted from practical angle and the factors influencing drilling workload and drilling speed are overall analyzed in the paper ,which is of important significance for raising drilling speed and decreasing drilling time.

SUBJECT HEADINGS:Drilling , Workload ,Drilling speed , Analysis

Chen Wu (*Associate professor*) , born in 1963 ,graduated in petroleum geology at the Southwest Petroleum Institute. He is always engaged in the teaching and research on the economic activity analysis of enterprises. He published more than 20 articles and 6 books and finished 6 ministerial and provincial research projects and the other 15 projects. Add :Nanchong ,Sichuan (637001) ,China Tel : (0817) 2642764

.....

WELL CEMENTING TECHNIQUES IN EAST SICHUAN

Li Fude and Zeng Yi (Downhole Operation Department of SPA). *NATUR. GAS IND.* v. 23 ,no. 1 ,pp. 47 ~ 49 ,1/ 25/ 2003. (ISSN1000-0976 ;**In Chinese**)

ABSTRACT:On the basis of analyzing the geological and geomorphic features relevant to well cementing and borehole geological conditions in East Sichuan and of introducing several commonly used cementing techniques in the region ,some emphatically considered problems as gas channeling prevention ,leak resistance and H₂S corrosion protection and several important difficulties of raising cementing quality as well as the fundamental methods of solving and overcoming these problems and difficulties are proposed in the paper. Through cementing practice it is proved that these methods are feasible and reliable ,thus having important guiding significance for further raising cementing quality in this region.

SUBJECT HEADINGS:Sichuan , East ,Deep well ,Ultradeep well ,Well cementing ,Technique

Li Fude (*Senior engineer*) , born in 1962 ,graduated in drilling engineering at the Southwest Petroleum Institute in 1983. He has been engaged in well cementing technology and scientific research for a long time. Add :Longchang ,Sichuan (642150) ,China Tel : (0832) 3929422

.....

RESEARCH ON LINER BUMP-PRESSURE CEMENTING TECHNIQUE OF SLOT SIDETRACKING SLIM HOLE SHAN 7-10C

Gu Jun and Xiang Yang (State Key Laboratory of Oil/ Gas Reservoir Geology and Development ,Chengdu University of Technology) and Qiang Feng and Wang Xueliang (Research Institute of Drilling and Production Technology ,Tuha Oil Field). *NATUR. GAS IND.* v. 23 ,no. 1 ,pp. 50 ~ 52 ,1/ 25/ 2003. (ISSN1000-0976 ;**In Chinese**)

ABSTRACT:Well Shan 7-10C is the first slot sidetracking directional hole and its successful drilling lays a foundation for slot sidetracking horizontal well. The liner bump-pressure cementing technique of slot sidetracking slim hole is introduced in the paper. Through practice it is indicated that the bump-pressure is successful and the cementing quality is up to standard ,which not only accumulates experience for cementing slim hole but also expands oil field cementing techniques.

SUBJECT HEADINGS:Slot sidetracking ,Directional well , Slim hole ,Liner ,Bump-pressure ,Well cementing

Gu Jun (*senior engineer*) , born in 1966 ,graduated in drilling engineering from the Southwest Petroleum Institute in 1986. Now he is a postgraduate studying for his doctorate. He was once the associate engineer in chief in the Research Institute of Drilling and Production Technology ,Tuha Oil Field ,won fourteen achievement prizes and published two books and fifty-three articles. Add :Chengdu , Sichuan (610059) ,China Tel : (028) 84079003

.....

STABILITY OF NON-NEWTONIAN FLUID AND ITS FLOW PATTERN DISCRIMINATION

Liu Naizhen and Wang Tingrui (Liaohu Petroleum