

◀ 固井与泥浆 ▶

提高海 26 区块侧钻井固井质量工艺技术

李 壮 丁文正 王成业 曹 生 张世军 荣 振

(中国石油长城钻探工程有限公司 工程技术研究院, 辽宁 盘锦 124010)

摘要:辽河油田海 26 区块侧钻井固井质量差,油井寿命短。分析认为影响侧钻井固井质量的主要因素环空间隙小、套管不居中、注水泥顶替效率不高等。为此,提出了提高固井质量的一系列技术措施:优选出合理的环空间隙,并利用扩孔技术增大环空间隙,采用双胶塞复合碰压固井技术,优化套管扶正器安放位置及其间距,研制新型配套的固井工具,提高套管居中度和水泥顶替效率。该技术措施在海 18-4C 井、海稠 7-27C 井和海稠 7-25C 井等 20 口侧钻井进行了应用,固井成功率 100%,固井质量大幅提高,侧钻井寿命提高了近两倍。

关键词:侧钻井;固井质量;环空间隙;海 26 区块;辽河油田

中图分类号:TE256 **文献标识码:**B **文章编号:**1001-0890(2009)02-0053-04

辽河油田海 26 区块位于中央凸起南部倾没带南端清水洼陷和二界沟洼陷之间,海外河披覆背斜构造西翼断裂带上,主要含油层位为下第三系东营组马圈子油层,含油面积 13.2 km^2 ,地质储量为 $3.666 \times 10^7 \text{ t}$ 。由于侧钻井技术能有效提高油田采收率^[1-3],挖掘剩余油潜力,降低开发成本。辽河油田从 2000 年开始在该区块实施侧钻作业,到 2003 年,共完成侧钻井 42 口,其平均寿命约 1.5 a,远低于普通生产井寿命,严重制约了侧钻井技术的应用前景。为此,笔者在分析影响侧钻井固井质量因素的基础上,制定了各种技术措施,形成了适合辽河油田海 26 区块侧钻井提高固井质量的工艺技术。

1 影响侧钻井固井质量的因素分析

1.1 环空间隙小

目前海 26 区块的侧钻井主要是在 $\phi 177.8 \text{ mm}$ 套管内侧钻,环空间隙仅为 5~12 mm。由于泥饼的存在和井眼缩径,实际的环空间隙更小,这就导致了固井形成的水泥环薄,很容易在采油和作业工程中损坏,导致侧钻井过早出水或套管损坏。此外,侧钻井环空间隙小,固井施工困难,水泥浆憋漏进入地层及两相液体上返速度过快,很容易引起水泥浆返高不够及水泥浆窜槽,造成固井质量差^[4-6]。

1.2 套管不居中

侧钻井都有一定的斜度,而且环空间隙小,套管

很容易偏心。这就造成固井形成的水泥环分布不均匀或窜槽,水泥环的物理机械性能不能满足各种工况下长期封隔的要求,导致侧钻井过早出水。

1.3 注水泥顶替效率不高

侧钻井尾管偏心使窄边间隙变得更小,所形成的钻井液滞留区不易被水泥浆顶替干净。水泥浆流动阻力大、排量小(比普通井井眼小 $2/3$),不易实现水泥浆的紊流或塞流顶替,直接影响水泥石的密封质量,导致侧钻井过早出水。

2 提高固井质量的技术措施

2.1 环空间隙优选

环空间隙优选应从以下两方面考虑:一是在充分利用泵功率的前提下,提高两相液体顶替效率,保证两相液体的稳定界面和液体流动时,压降最小及雷诺数最大的环形空间;二是考虑水泥石抗压强度、剪切胶结强度、界面渗透率与其直径的关系,并对水泥石在不同环空厚度的受力状况进行分析和计算,

收稿日期:2008-04-07;改回日期:2009-01-14

基金项目:中国石油天然气集团公司重点科技攻关项目“侧钻井技术完善及推广应用”(编号:2006TG-02-03)部分内容

作者简介:李壮(1982—),男,湖南郴州人,2005 年毕业于长江大学机械制造设计及其自动化专业,助理工程师,现主要从事侧钻井/侧钻水平井方面的技术研究及推广工作。

联系电话:(0427)7807057

确定出既有较高强度,又有良好密封性能的受力状态下的水泥环厚度。

根据相关的研究结果表明,综合考虑水泥石的抗压强度、密封性能及两相液体的顶替效果,辽河油田现有的小井眼与套管组合($\phi 152.4\text{ mm} \times \phi 127.0\text{ mm}$ 、 $\phi 118.0\text{ mm} \times \phi 101.6\text{ mm}$)间隙值在 20~26 mm 范围内较为合理。

2.2 侧钻小井眼段扩孔技术

2.2.1 微台阶扩孔工具研制

为了保证环空间隙达到合理间隙,研制出了微台阶扩孔工具—— $\phi 177.8\text{ mm}$ 套管侧钻井扩孔工具,本体外径 $\phi 148.0\text{ mm}$,工作最大外径为 $\phi 170.0\sim\phi 180.0\text{ mm}$,基本结构如图 1 所示^[7]。

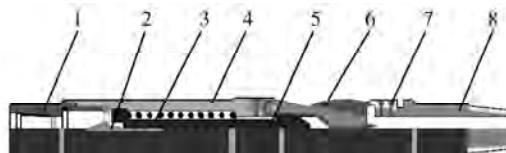


图 1 扩孔工具示意

该工具工作时,液体作用在活塞上产生推力,推动活塞下行,带动刀片伸出工具本体,此时启动转盘实施造台阶作业,造台阶完成后,刀片完全张开,由于分流报警装置的作用,泵压下降 5~8 MPa。此时进行加压,利用刀片上的切削刃破碎岩层进行扩孔施工。

扩孔工具集扩孔和修孔于一体。工作时,下部分进行扩孔,上部分对已扩井眼进行修整,以确保所扩井眼平滑连续。扩孔部分采用了滚动切削机构,修孔部分采用高强度滑动切削机构,工作时具有较长的工作寿命。工具在扩孔过程中引入了分流报警装置,不受钻井液排量波动的限制,工作稳定可靠。工具内采用了安全销、预紧弹簧等安全机构,以确保工具在井下始终处于安全工作状态;研制应用了适应 4 种不同地层岩性的孕镶 PDC 扩孔刀片。

2.2.2 侧钻井扩孔施工技术

1) 扩孔施工方案设计。施工前先检查开窗点上部套管完好情况、裸眼段是否有坍塌缩径现象,并对工具试压。扩孔钻头下至预定井深,单凡尔开泵正常后方可进入下一步操作;开泵定点旋转 10 min 后,向下扩孔 0.5 m;停转盘检查扩孔情况;如果加

压遇阻表明扩孔成功,恢复正常排量继续扩孔;如果找不到台阶,上提至原井深继续造台阶直至成功。 $\phi 152.4\text{ mm}$ 井眼扩孔钻压 20~30 kN,转速 50~60 r/min,排量 18~20 L/s;每扩完一个单根后划眼一次;扩至设计井深后充分循环,直至井底干净。

2) 扩孔钻具组合。 $\phi 177.8\text{ mm}$ 套管侧钻井: $\phi 152.4\text{ mm}$ 钻头 + 微台阶扩孔工具 + $\phi 120.6\text{ mm}$ 钻铤 2 根 + $\phi 88.9\text{ mm}$ 加重钻杆 10 根 + $\phi 88.9\text{ mm}$ 钻杆;扩孔作业时钻压由小到大,逐步增加,以寻找最快扩孔速度的最佳钻压和转速;密切注意扭矩的变化和跳钻情况,若出现蹩跳钻现象,可降低转速和钻压,待恢复正常后,再逐步恢复钻压和转速,不断寻找最优工作参数;接单根前,先停泵,待泵压复零后再缓慢上提钻具;接单根后,下放钻具至上次扩孔井段以上 2~3 m,启动转盘并开泵,然后再下放钻具继续扩孔;扩孔完成或刀片磨损严重时,停止钻进,大排量循环钻井液一周起钻;工具起至上部窗口前,缓慢上提钻具,工具出窗口后,按正常速度起钻。

2.3 侧钻小井眼段固井技术

2.3.1 双胶塞复合碰压固井技术

海 26 区块侧钻井固井顶替效率低,主要原因有:尾管固井不碰压,井内留水泥塞;替量难以控制,容易发生水泥返高不够、留水泥塞或替空现象;环空间隙小,循环阻力大,环空水泥浆液柱高,易漏低返。为此,研究应用了双胶塞复合碰压固井技术,改进复合胶塞和空心胶塞,保证二者正确复合;浮箍浮鞋采用耐冲击磨损的新型回压凡尔,密封更加可靠;使用便携式尾管计量装置,提高了计量准确度;研制定位自动脱挂尾管悬挂器,实现了侧钻井固井尾管内不留水泥塞,提高了水泥浆顶替效率。

为了保证小井眼段水泥浆顶替效果,有以下情况时必须用加重钻井液:1) $\phi 127.0\text{ mm}$ 尾管,井深 $>2500\text{ m}$,且尾管长度 $>300\text{ m}$;2) $\phi 101.6\text{ mm}$ 尾管;3)若钻杆较短,经计算在顶替过程中钻杆上浮。如果洗井时间 $>8\text{ h}$,阻流环失效、钻杆能上浮,钻井液注在套管内;最高替压若小于 18 MPa,则注在钻杆内。

2.3.2 尾管居中技术

统计表明,当套管偏心度大于 60% 时,水泥浆必然出现窜槽现象。就 $\phi 177.8\text{ mm}$ 套管侧钻井段下入 $\phi 127.0\text{ mm}$ 套管而言,只要套管偏心大于 3

mm, 偏心度就大于 60%。辽河油田侧钻井都有一一定的斜度, 套管在小井眼段偏心度难以保证, 造成固井质量不合格。采用扶正器并合理设计扶正器间距, 能有效实现套管居中。

现场普遍使用弹性扶正器, 根据杆管相似原理, 套管扶正器间距 L' 简化计算公式为:

$$L' = \sqrt{\frac{384 f_{\max} EI}{5q_m \sin \alpha}} \quad (1)$$

式中, f_{\max} 为最大横向变形, mm; E 为钢材弹性模量, kg/cm^2 ; I 为管柱轴惯性矩, cm^4 ; q_m 为管柱在钻井液中单位长度质量, kg/m ; α 为平均井斜角, ($^\circ$)。

根据计算和实际经验, 在直井段每 30 m 下 1 个扶正器, 造斜段每 10 m 下 1 个扶正器, 水平井段每 5 m 下 1 个扶正器。侧钻井必须保证在裸眼段每根套管加 1 个扶正器, 重合段视井斜角加入相应扶正器。对于大井眼段, 使用螺旋扶正器可有效改变环空流态, 提高大井眼的顶替效率。此外, 若井斜较大可采用液压式扶正器来提高尾管居中度。

2.4 新型固井配套工具的研制

2.4.1 封隔式液压尾管悬挂器

为了解决侧钻井尾管固井后水泥下沉的问题, 研制了封隔式液压尾管悬挂器。该悬挂器主要由液压尾管悬挂机构和送入工具总成组成, 包括液动机构、卡瓦锚定机构、液压丢手机构等, 如图 2 所示。

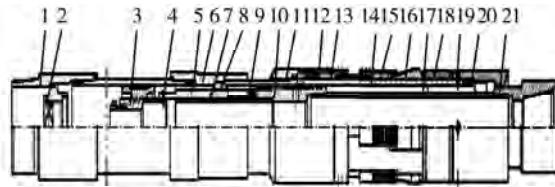


图 2 封隔式液压尾管悬挂器

封隔式液压尾管悬挂器主要技术参数: 最大外径 152.4 mm; 悬挂坐封压力 10 MPa; 丢手压力 15 MPa; 球座打通压力 20 MPa; 空心胶塞剪切压力 15 MPa。

该工具结构合理, 安全可靠, 具有密封性能好, 流道面积大, 耐高温高压的特点, 能有效实现封隔器的悬挂锚定、解封丢手, 不但能满足普通侧钻井的需要, 尤其能适应稠油热采井的特殊要求。现场应用表明, 该悬挂器在防止水泥浆下沉, 在提高尾管封固

质量方面起到了重要作用。

2.4.2 小尺寸热应力补偿器

热采井套管损坏的主要原因是套管受热后受压, 冷却后受拉导致丝扣破坏或套管变形。为了减缓稠油侧钻井蒸汽吞吐过程中热应力对尾管造成的破坏, 研制了热采侧钻井用小尺寸热应力补偿器, 该装置能有效减缓热应力对尾管造成的损坏, 对延长侧钻井寿命具有十分重要的意义。小尺寸热应力补偿器的结构如图 3 所示。

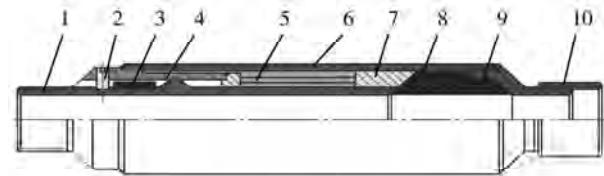


图 3 小尺寸热应力补偿器示意

主要技术参数: 最大外径 142.9 mm; 内通径 112.0 mm; 伸缩量 100 mm; 工作压力 ≤ 20 MPa; 工作温度 ≤ 350 $^\circ\text{C}$; 抗拉力 100×10^4 kN; 抗挤强度 18 MPa。

该工具由密封套、耐高温密封部件、接头等组成, 在外力作用下可产生一定量的轴向运动。其上端母扣与下端公扣和套管连接在一起, 固井时同时被水泥封固, 可达到保护套管的目的。

2.4.3 液压式套管扶正器

为了解决常规套管扶正器不能使套管有效居中的问题, 研制并应用了液压式套管扶正器。结构如图 4 所示。工作时, 液压力推动活塞, 轴向压缩扶正系统使其径向扩大, 迫使套管居中, 形成均匀的环形空间, 可避免水泥浆窜槽, 有利于提高固井质量。

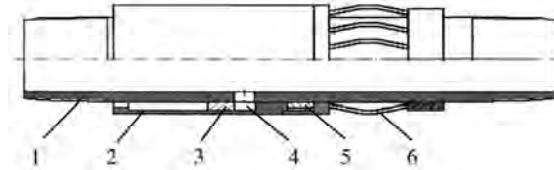


图 4 液压扶正器结构

其技术参数: 最大外径 145.0 mm; 最小内径 112.0 mm; 打开压力 15 MPa; 最大承压 25 MPa; 工作温度 ≤ 350 $^\circ\text{C}$; 长度 1.2~1.8 m; 最大张开外

径 220.0 mm。

3 现场应用及效果分析

截至目前,海 26 区块已完成了海 18-40C 井、海稠 7-27C 井、海稠 7-25C 井、海稠 13-21C 井等 20 口侧钻井,全面应用了扩孔、双胶塞碰压固井、套管居中等技术,扩孔成功率 100%,碰压固井成功率 100%,固井质量优质率为 80%。较早实施的试验井,如海 15-25C 井、海稠 7-23C 井等迄今为止安全生产 2 a 多,比统计的未试验的侧钻井平均寿命提高了近两倍。已投产的部分试验井简况见表 1。

表 1 海 26 区块已投产的部分试验井简况

井号	扩孔 井段/m	侧钻井		扩孔 井径/mm	固井 井径/mm	侧钻后 最高日产油量/t	累计产油量/t
		扩孔 井段/mm	固井 质量				
海 15-25C	1 435~1 790	152.0	170.0	优	5.2	7 474	
海 18-40C	1 675~1 900	152.0	175.0	优	3.0	3 038	
海 18-41C	1 540~1 680	152.0	175.0	优	6.9	2 507	
海 C9-33C	1 558~1 825	152.0	170.0	优	8.4	6 466	
海稠 7-27C	1 528~1 725	152.0	170.0	合格	4.6	3 888	
海 161-24C	1 621~1 720	152.0	195.0	优	6.3	3 212	
海稠 7-23C	1 525~1 825	152.0	185.0	优	3.5	243	
海稠 7-25C	1 550~1 708	152.0	175.0	优	5.1	725	
稠 13-19C	1 620~1 844	152.0	175.0	优	2.9.0	114	
稠 13-21C	1 600~1 820	152.0	175.0	合格	2.1	43	

4 结论与认识

1) 影响海 26 区块侧钻井固井质量的主要因素为环空间隙小,套管不居中,注水泥顶替效率不高等。

2) 确定了有利于提高侧钻井固井质量的合理环空间隙,并研制出了微台阶扩孔工具进行侧钻小井眼段扩孔。

3) 为提高套管居中度和水泥顶替效率,采用了双胶塞复合碰压固井技术,优化了套管扶正器间距和安放位置,并研制出了液压扶正器、封隔式液压尾管悬挂器、小尺寸热应力补偿器等固井配套工具。

4) 现场应用结果表明,采取所制定的技术措施后,海 26 区块侧钻井的固井质量得到了大幅提高,侧钻井寿命提高了近两倍。

参 考 文 献

- [1] 薄珉,陈勋,巩永丰,等.辽河油田侧钻井技术[J].石油钻采工艺,2003,25(2):21-24.
- [2] 张桂林.胜利油田水平井钻井技术现状与发展趋势[J].石油钻探技术,2005,33(2):66-70.
- [3] 魏文忠,郭卫东,贺昌华,等.胜利油田小眼井套管开窗侧钻技术[J].石油钻探技术,2001,29(1):19-22.
- [4] 李明.利用扩孔方法提高侧钻小眼井的固井质量[J].石油钻采工艺,2002,24(5):33-35.
- [5] 孙继明.中原油田老井侧钻技术的进步与展望[J].石油钻探技术,2003,31(3):69-70.
- [6] 于文平,刘天科,裴建忠.胜利油田古潜山深井侧钻技术[J].石油钻探技术,2002,30(2):4-6.
- [7] 丁文正,荣振,曹生,等.微台阶扩孔技术在玄武岩地层中的应用[J].石油机械,2007,35(11):52-54.

[审稿 马升华]

Cementing Technology Used on Sidetracking Wells in Block Hai-26

Li Zhuang Ding Wenzheng Wang Chengye Cao Sheng Zhang Shijun Rong Zhen

(Engineering Technology Research Institute, Great Wall Drilling & Exploration Co. Ltd., CNPC, Panjin, Liaoning, 124010, China)

Abstract: Poor cementing quality in Hai-26 block in Liaohe Oilfield causes shorter well life. Factors affecting cementing quality in this area include narrow annulus, eccentric casing string, lower mud displacement efficiency, etc. Therefore, a series of technical measurements are proposed, including optimizing reasonable annular clearance, enlarging annulus using reaming tool, employing double-plug cementing technique, optimizing casing centralizer placement and spacing, developing novel cementing tool, centering casing and improving mud displacement efficiency. This technology has been used on sidetracking wells of Hai-18-4C, Haichou-7-27C, and Haichou-7-25C, etc. successfully. The cementing quality is improved remarkably and life of the sidetracking wells is prolonged two times.

Key words: sidetracking well; cement quality; annulus clearance; Hai 26 block; Liaohe Oilfield