

3.4 偏心引鞋的应用

庄海 8ES-L1 和庄海 8ES-L3 两口井采用悬挂 $\phi 177.8\text{mm}$ 尾管固井完井，在 $\phi 215.9\text{mm}$ 的井眼下入 $\phi 177.8\text{mm}$ 的尾管，环空间隙比较小，为了确保尾管的安全下入，使用了进口偏心引鞋。偏心引鞋在下套管前接在套管的最低部，在下套管的过程中，如果出现“负载荷”或遇卡，可以通过上下活动，慢速旋转套管，调整偏心角度，也可以建立循环，清除沉砂，引导和保证套管的安全顺利下入。

4 主要固井技术

4.1. $\phi 339.7\text{mm}$ 表层采用批量固井技术

为了提高钻机实效，埕海一区大位移水平井表层全部实行批钻作业，即打完一口井的表层，下完套管，钻机随即移开井口，然后进行固井施工作业。根据平台实际情况，研制了快装水泥头，采用端岛无钻机配套技术很好解决了 11 口大位移水平井表层固井（井口连接见图 2）。

表层批量施工程序如下：套管钻进完→循环洗井→循环好后井队拆井口→移井口到下一井位→固井连接井口工具→固井施工（注、替水泥浆）→放空→结束固井施工（洗设备、洗管线）→候凝→拆卸井口固井工具等待→下一口固井施工。



图 2 表层批量固井井口连接

4.2 前置液设计

使用的前置液分为 FLUSH-A 冲洗液和 FM 隔离液两种，采用“冲洗液+隔离液+冲洗液”的组合方式。针对钻井液混油、井壁岩屑清除困难的特点，采取了加大冲洗液、隔离液的用量，提高冲洗液、隔离液浓度等措施。前置液的数量，按照紊流接触时间 $7\text{min}\sim 10\text{min}$ 计算，冲洗液和隔离液的比例为 2:1，控制环空高度计算约为 $300\text{m}\sim 600\text{m}$ 。隔离液密度大于钻井液密度 $0.12\text{g}/\text{cm}^3$ 以上。

4.3 水泥浆量计算

由于大位移井电测井径比较困难，因此，没有实测井径数据作为设计依据。我们的做法是利用庄海 8 区块已经完成井的数据（包括水泥浆量和水泥返高）进行推算该区块的平均环容，并以此作为大位移固井水泥浆计算依据。

4.4 注替排量的选择

排量设计的原则为：注替返速 \leq 套管循环返速 \leq 通井返速。根据大位移井井斜角大，套管贴边严重，提高顶替效率难度较大，结合滩海地区地层破裂压力系数低的特点，注水泥浆排量选择 0.8-1.2m³/min 之间，替泥浆排量为 1.0-1.8m³/min。采用变速顶替钻井液技术，并根据泵压变化及时调整注替排量，避免过高的环空流动阻力造成井下漏失。

4.5 扶正器选型与安放位置设计

由于在大斜度段或水平段，在套管柱的重力作用下扶正器要承受较大负荷，通过综合分析对比螺旋滚轮刚性扶正器和弹性扶正器，最后选用螺旋滚轮刚性扶正器比较合适。一是当井壁不规则时下套管过程中，对螺旋扶正产生一定横向扭矩分力，使扶正器产生转动从而减轻下套管的阻力；二是在管外环空中，当水泥浆穿过扶正器螺旋片时产生旋流，改善了环空流场，从而可提高水泥浆顶替效率，对提高固井质量十分有利。

具体加法是：套管重合段每 4 根套管加 1 只，油气层的增斜段、稳斜段和水平段每 2-3 根套管加 1 只，浮鞋与浮箍之间加 1 只螺旋滚轮刚性扶正器，其安装位置为距浮鞋或浮箍位置 1~1.5m，并采用上下卡箍定位，确保套管居中度，有利于套管安全下入。

4.6 双凝固井技术

为了有效防止固井施工期间发生漏失，采用软件进行平衡压力设计，模拟施工过程，最后确定采用密度为 1.45 g/cm³的低密度胶乳水泥浆体系进行固井。技术套管要求返至表套内，封固段比较长，因此，采用双凝固井技术，即下部 500-800m 井段采用速凝水泥浆封固，上部采用缓凝水泥浆封固，确保缓凝水泥浆压稳速凝水泥浆候凝，减少水泥浆失重造成固井候凝期间发生油气水侵，从而提高封固质量。

4.7 漂浮固井技术

为了保证水泥封固质量，在大位移井段以及水平井段顶替密度低的液体，由于这批大位移水平井垂深在 1200-1600m 之间，采用了 1.45g/cm³ 的低密度水泥浆，钻井液密度在 1.07-1.20 g/cm³ 之间，采用海水作为顶替液通过计算施工压力在安全范围之内，因此，所有井都采用海水作为顶替液。在密度差的作用下，使大位移井段以及水平井段的套管产生一定的向上浮力，减轻套管柱的贴边率，提高套管居中度，确保顶替效率的有效提高。

5 固井现场应用

2007~2008 年 8 月现场应用实施固井 11 口井 13 井次，固井质量均合格。其中 ϕ 244.5mm 生产套管固井 11 口井， ϕ 177.8mm 生产尾管小间隙固井 2 口井； ϕ 244.5mm 生产套管采用漂浮下套管技术，其水垂比大于 2 以上的有 5 口，大于 3 以上的有 1 口，即庄海 8Nm-H3（原）井，其水垂比达到了 3.66； ϕ 177.8mm 生产尾管固井水垂比大于 2 以上的有 1 口，即庄海 8Es-L1 井其水垂比达到了 2.09；水平位移最大的井是庄海 8Es-H5 井，其水平位移达到了 4191.48m。

表 4 大位移水平井固井技术数据统计

井号	斜深 (m)	垂深 (m)	水平位移 (m)	最大井斜 (°)	水垂比	套管尺寸 (mm) × 下深 (m)	密度 (g/cm ³)	封长 (m)	漂浮接箍位置 (m-m)
庄海 8Ng-H1	3376	1275.28	2758	89.8	2.16	∅244.5×3370.48	1.45	2220	1077.592-1076.992
庄海 8Ng-H2	3208	1272.17	2592.45	89.7	2.04	∅244.5×3203.17	1.45	2058	1632.966-1627.566
庄海 8Ng-H3	3482	1270.49	2812.78	88.3	2.21	∅244.5×3479.284	1.45	2482	1191.054-1190.454
庄海 8Es-H1	3490	1507.88	2760.59	93.09	1.83	∅244.5×3486.422	1.45	2290	1195.408-1194.808
庄海 8Es-L1	3303	1438.3	2568.68	81.61	1.79	∅244.5×3297.138	1.45	2103	-----
	4035	1569.53	3283.42	81.47	2.09	∅177.8×4032.5	1.45	835	悬挂器位置 3202.3-3215.17
庄海 8Es-H4	3369	1539.95	2581.88	91.8	1.68	∅244.5×3364.946	1.45	2044	968.713-968.093
庄海 8ES-H3	3643	1531.3	2906.29	90.92	1.90	∅244.5×3638.841	1.45	2393	1142.264-1141.644
庄海 8Nm-H3	4438	1067.73	3910.41	90	3.66	∅244.5×4435.417	1.45	3267	1187.919-1187.299
庄海 8Es-H2	3504	1512.37	2778.35	89	1.84	∅244.5×3501.493	1.45	2204	1307.159-1306.539
庄海 8Es-H5	4873	1533.02	4191.48	90.5	2.73	∅244.5×4870.282	1.45	3470	1752.411-1753.031

庄海 8Nm-H3 井固井实例

庄海 8Nm-H3 是一口三开五段制大位移水平井，设计井深 4690m，垂深 1067.30m，水平位移 4171.15 m，水垂比达 3.91。实际完钻井深 4729 m，垂深 1071.06m，水平位移 4198.56m，水垂比达 3.92。该井 ∅311.1mm 钻头钻至 4438m，套管下深 4435.417m，阻位 4411.222m，垂深 1067.73m，井底水平位移 3910.41m，水垂比为 3.66，本层套管采用漂浮下套管技术顺利下入套管（漂浮接箍位置为 1638.928-1626.308m），然后实施固井作业。固井质量检测，实际水泥返高 450 米，固井质量合格。