

## 5.2 套管下入摩擦阻力计算

采用漂浮下套管方式，设计空气段长至 2500m，选择管内摩阻系数 0.25 裸眼摩阻系数 0.35，通过计算，若漂浮段长为 2500m，套管下到 4403m，下放载荷 168.4kN，可以将套管安全下到 4403m。有关计算条件和结果见表 7、8 和图 3。

表 7 套管及有关数据

| 规 范                |                   |              |            |    | 长度 (m) | 钢级  | 壁厚 mm | 单位重量<br>kg/m | 钻井液<br>密度<br>g/cm <sup>3</sup> | 上提<br>下放<br>速度<br>m/min |
|--------------------|-------------------|--------------|------------|----|--------|-----|-------|--------------|--------------------------------|-------------------------|
| 上层套<br>管尺寸<br>(mm) | 上层套<br>管深度<br>(m) | 钻头尺寸<br>(mm) | 尺寸<br>(mm) | 扣型 |        |     |       |              |                                |                         |
| 339.7              | 1218              | 311.1        | 244.5      | 梯  | 1200   | N80 | 11.99 | 69.94        | 1.18                           | 10                      |
|                    |                   |              |            |    | 3203   | N80 | 10.03 | 59.53        |                                |                         |

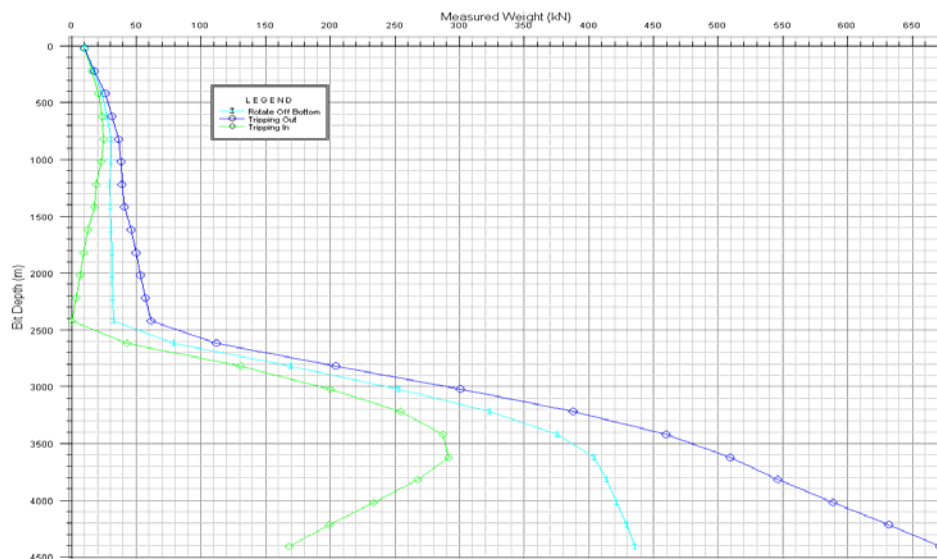


图 3 庄海 8Nm-H3Φ244.5mm 套管大钩载荷

表 7 摩阻计算结果

| 下 深 (m) | 下放载荷 (kN) | 静载荷 (kN) | 上提载荷 (kN) |
|---------|-----------|----------|-----------|
| 220.00  | 15.8      | 16.8     | 17.8      |
| 420.00  | 21.0      | 23.4     | 26.0      |
| 620.00  | 23.5      | 27.2     | 31.3      |
| 820.00  | 24.9      | 30.4     | 36.3      |
| 1020.00 | 23.0      | 30.6     | 38.3      |
| 1220.00 | 18.9      | 29.4     | 39.1      |
| 1420.00 | 17.8      | 29.9     | 41.1      |
| 1620.00 | 12.4      | 30.5     | 46.3      |
| 1820.00 | 9.5       | 31.0     | 49.9      |
| 2020.00 | 6.5       | 31.6     | 53.5      |
| 2220.00 | 3.4       | 32.1     | 57.4      |

|         |       |       |       |
|---------|-------|-------|-------|
| 2420.00 | 0.3   | 32.7  | 61.6  |
| 2620.00 | 43.0  | 79.0  | 112.0 |
| 2820.00 | 130.5 | 169.8 | 204.7 |
| 3020.00 | 199.7 | 252.9 | 301.0 |
| 3220.00 | 254.4 | 323.3 | 387.7 |
| 3420.00 | 287.1 | 375.6 | 459.7 |
| 3620.00 | 291.6 | 404.2 | 509.7 |
| 3820.00 | 267.7 | 413.6 | 546.2 |
| 4020.00 | 233.7 | 421.4 | 588.7 |
| 4220.00 | 199.4 | 429.1 | 632.3 |
| 4403.00 | 168.4 | 435.8 | 671.6 |

### 5.3 施工情况

#### 5.3.1、施工主要难点

- 1) 本井从 100m 开始造斜，裸眼段最大井斜角达到  $96.21^{\circ}$ ，裸眼段长达 3220m，裸眼地层为明化镇，地层特性较为疏松，固井时易发生井漏，并且套管下入较困难。
- 2) 本井为  $\phi 244.5\text{mm}$  大尺寸套管固井，易发生水泥浆窜槽。
- 3) 大位移水平井段底边岩屑床清洗不干净，对固井质量影响较大。
- 4) 套管居中度低，影响顶替效率。

#### 5.3.2. 采取的主要技术措施

1) 井眼准备。完钻后采用倒划眼起钻，然后再次通井，消除岩屑床，保持井壁光滑、平整、无键槽；采用一定数量的高粘度稠浆循环携砂，彻底清洁；采用大排量循环洗井，彻底冲洗井底泥砂，为套管顺利下入提供良好的井眼条件。

2) 泥浆性能的调整。下完套管后，通过加入钻井液处理剂逐步降低粘度、切力，控制  $\tau/\eta$  在 1~2 之间， $\tau$  值可控制在 15mPa 以内，流性指数  $n$  值控制在 0.65~0.8 之间，为提高顶替效率创造条件。

3) 采用不同摩阻系数计算下套管的摩擦阻力，应用漂浮技术保证套管安全下入。本井漂浮长度为 2770m，预计下套管剩余钩载 100KN，实际下套管剩余钩载 500KN。

4) 前置液设计。采用  $5\text{m}^3$  冲洗液+ $10\text{m}^3$  隔离液+ $5\text{m}^3$  冲洗液的组合方式，占环空高度 600 米，提高顶替效率。

5) 水泥浆设计。本井为防止固井时发生井漏，设计水泥浆密度为  $1.45\text{g}/\text{cm}^3$  的低密度胶乳水泥浆体系。

水泥浆配方：嘉华 G 级水泥+26%漂珠+15%微硅+8%胶乳+6%降失水剂+4%膨胀剂+1.5%纤维+1.5%CF40S 分散剂+6%早强剂+4-6%调凝剂+0.5%消泡剂

水泥浆主要性能：密度： $1.45\text{g}/\text{cm}^3$ ，API 失水： $46\text{ml}/7\text{MPa}.30\text{min}$ ，自由水： $0/\text{倾斜 } 45^{\circ}$ ，抗压强度：领浆： $11.2\text{MPa}/55^{\circ}\text{C}.48\text{h}$ ，尾浆  $14.4\text{MPa}/55^{\circ}\text{C}.48\text{h}$ ；稠化时间：领浆： $350\text{min}$ ，尾浆  $290\text{min}$ ；流动度： $23\text{cm}$ ， $N$  值=0.66。

6) 扶正器位置及数量。在浮鞋、浮箍处每根套管下一只螺旋滚轮刚性扶正器, 浮箍以上到漂浮接箍(1640-4410m)每5根套管下一只螺旋滚轮刚性扶正器, 450-190m每1根套管下一只螺旋滚轮刚性扶正器, 井口以下下一只刚性扶正器, 共100只。

7) 可靠的井下工具和附件。使用 DAVIS 的漂浮接箍和专用漂箍、浮鞋, 以及专用固井胶塞, 使用 Weatherford 的螺旋滚轮刚性扶正器。

8) 合理设计水泥浆量。由于未测井径, 表层套管采取零附加, 技套水泥量附加量控制在 10-15%。

### 5.2.3. $\phi 244.5\text{mm}$ 套管固井固井施工情况

2008年8月3日20:48-4日0:00, 开泵11.6MPa顶通漂浮接箍放气, 4日0:00-1:50, 灌泥浆; 1:50-5:27, 循环泥浆, 排量0.6-2.2 $\text{m}^3/\text{min}$ , 压力1.0-8.8MPa; 5:27-5:50, 注冲洗液 FLUSH-A 10 $\text{m}^3$ , FM隔离液 10 $\text{m}^3$ 排量 0.7-1.0 $\text{m}^3/\text{min}$ ; 5:50-8:21 注水泥浆 159 $\text{m}^3$ , 排量 0.7-1.1 $\text{m}^3/\text{min}$ , 最大密度 1.46 $\text{g}/\text{cm}^3$ , 最小密度 1.43 $\text{g}/\text{cm}^3$ , 平均密度 1.45 $\text{g}/\text{cm}^3$ ; 8:21-10:40, 替泥浆至 164 $\text{m}^3$ , 排量 1.5-1.2 $\text{m}^3/\text{min}$ , 最高压力为 8MPa; 10:40-10:43, 替泥浆至 167 $\text{m}^3$ 碰压, 压力为 12MPa, 排量 1.0-0.5 $\text{m}^3/\text{min}$ 。

## 6 结论与建议

1) 利用区块下套管的实际摩擦阻力, 反推计算出的下套管摩阻系数的估算方法适用于大位移水平井套管安全下入计算。

2) 采用偏心引鞋和漂浮接箍的漂浮下套管技术, 是保证大位移水平井套管安全下入的有效手段之一。

3) 在上层套管中适当增加刚性滚轮扶正器, 可减少下套管的摩擦阻力、增加下套管的下放力。

4) 使用螺旋刚性滚轮扶正器, 可以减小下套管的摩擦阻力, 并在固井过程中能产生旋流作用, 既能有利于套管的顺利下入, 又能提高大位移水平井固井的顶替效率。

5) 采用“冲洗液+隔离液+冲洗液”或冲洗液和隔离液的比例为 2:1 的组合方式, 按照紊流接触时间 7min~10min 或按环空高度 300m~600m 进行设计的前置液, 在大位移水平井固井中能有效起到冲洗和隔离作用。

6) 利用已知的水泥量和水泥返高, 推算出的平均环空容积, 适用于无电测井径数据的区块大位移水平井的水泥量计算。

7) 使用的微膨胀韧性胶乳水泥浆体系, 性能指标良好, 能满足大位移水平井固井要求。

8) 双凝水泥固井技术是提高固井质量的有效方法之一。