

◆钻井与完井◆

随钻测压工具Geo-Tap在渤中25-1油田E3S井的应用

刘鹏飞¹ 刘良跃² 司念亭² 赵景芳² 黄毓祥¹ 左存海¹

(1. 中海石油能源发展股份有限公司 监督监理技术公司,天津 塘沽 300452; 2. 中海石油(中国)有限公司 天津分公司,天津 塘沽 300452)

摘要:为了获得渤中25-1油田目前的地层压力数据,验证该油田储层的压力衰竭情况,在E3井侧钻过程中使用哈利伯顿随钻测压工具Geo-Tap在打开油藏的同时测量了地层压力。为获得真实的压力数据,在钻井液等外来液体尚未渗入地层的情况下,吸取地层原始液体进行测量。根据测量所获得的数据,可确定地层压力及其地层相关物性参数,这些数据对后续的采油作业具有指导作用。简要介绍了随钻测压工具Geo-Tap的工作原理、测试流程及在E3S井中的测试过程。

关键词:随钻测井;地层压力;测压工具;渤中25-1油田;E3S井

中图分类号:TE271 **文献标识码:**B **文章编号:**1001-0890(2009)03-0042-03

渤中25-1油田的E3井是一口生产井,完钻于2004年,其主要目的层段为上第三系明化镇组下段,由于储层砂体分布受沉积微相控制,在井网内部和油藏边部都存在着注采井网不完善的区域,造成注水开采效果不佳,一直利用天然能量开采,地层压力下降快,产量持续递减。为了验证目前油藏的衰竭情况,弄清储层压力及其相关储层的物性参数,指导后续采油生产作业,决定在该井侧钻过程中使用哈利伯顿随钻测压工具Geo-Tap对地层压力进行实时测量。

1 工具简介及工作原理

哈利伯顿随钻测压工具Geo-Tap主要由电池堆集和测压总成等组成(如图1所示),它可以在任意井斜角条件下测试地层孔隙压力,在开泵或是关泵条件下都可进行测试,其动力来自自身的电池,电池容量可以满足150个压力测试点的测试要求^[1]。

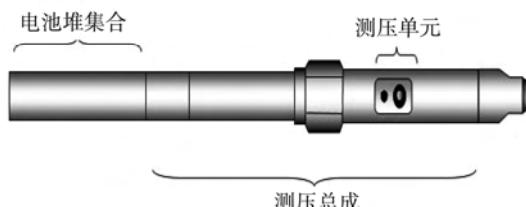


图1 随钻测压工具Geo-Tap的基本结构

当随钻测压工具在井下的深度确定后,从地面

发出下行指令开始测压。下行指令通过地面的GeoSpan传至井下工具^[2]。GeoSpan主要用于连接地面软件系统和井底FTWD等工具串。正是由于GeoSpan的存在,使地面操作者通过改变钻井泵的泵压向井下传输指令,地面发出的压力信号被接受后,通过工具内的传感器对其编码、识别,并执行相应的操作。

工具校好深度后,发出测压指令,此时探针伸出,其外部的塑料密封圈紧贴井壁,吸入管刺穿泥饼伸入地层,吸取地层流体进行压力测试。

流速和吸入管外径的组合决定了一个有效的测试范围,其最大的水位压降波动可以通过以下的球形流动方程求得,在微分中取T=∞时,最终水位下降压力Δp_{dd}为^[3]:

$$\Delta p_{dd} = 0.14696 \left(\frac{v_{dd}}{2\pi r_p} \frac{\tau_p}{K_f} \frac{\mu}{L} \right) \quad (1)$$

式中,Δp_{dd}为最终吸入压力降,MPa; v_{dd}为流速,L/s; μ为黏度,mPa·s;r_p为探针半径,m; K_f为地层渗透率,10⁻³ μm²; τ_p为无因次流动修正系数,τ_p=1.37。

如果吸入速率为10 cm³/s,探针长1.0 cm,可

收稿日期:2009-02-24;改回日期:2009-03-25

作者简介:刘鹏飞(1981—),男,2004年毕业于西南石油学院石油工程专业,2007年获西南石油大学油气田开发专业硕士学位,主要从事钻完井的监督工作。

联系电话:(022)25803637

以测试渗透率为 $(0.5 \sim 1000.0) \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 的地层, 该工具外部的塑料密封圈可以抵抗 42 MPa 压力, 并且在井底条件下的寿命较长。

2 测试流程

1) 在地面上检查随钻测压工具 Geo-Tap, 并设置初始参数;

2) 在井口连接工具串;

3) 将随钻测压工具 Geo-Tap 下入到井中, Geo-Tap 处于休眠状态;

4) 钻至目的井深, 循环钻井液, 将井眼清洗干净;

5) 校正井深, 发送命令, 使 Geo-Tap 变为待命状态;

6) 在地面发送测试命令, 定位探针伸出, 进行压力测试;

7) 该测试结束后, 上提, 进行下一测点的测试;

8) 重复 5)~8);

9) 全部测点测试结束, 提出并卸下 Geo-Tap, 下载测试数据。

3 现场应用

3.1 E3 井概况

渤海中 25-1 油田 E3 井 2004 年下半年投入生产, 后因工程原因停产, 为了恢复原设计井网, 提高水驱效率, 最大程度动用地质储量, 决定对 E3 井进行侧钻。

E3 井的井身结构如图 2 所示, 根据中靶的要求以及 $\phi 244.5 \text{ mm}$ 套管固井质量, 侧钻点选在井深 2 300 m 左右。

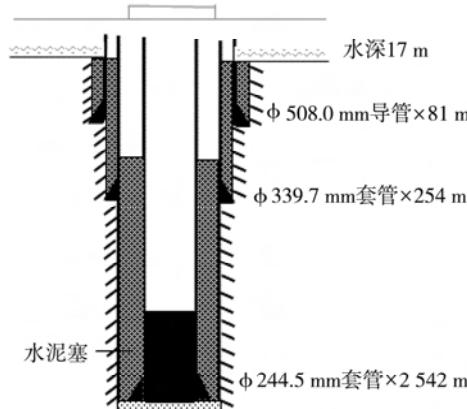


图 2 E3 井井身结构

3.2 测试过程

钻具组合: $\phi 215.9 \text{ mm}$ PDC 钻头 + $\phi 171.5 \text{ mm}$ 马达 (1.15°) + $\phi 165.1 \text{ mm}$ 浮阀 + $\phi 196.7 \text{ mm}$ 稳定器 + $\phi 196.7 \text{ mm}$ FEWD + $\phi 171.5 \text{ mm}$ FTWD + $\phi 171.5 \text{ mm}$ MWD + $\phi 165.1 \text{ mm}$ 短无磁钻铤 + $\phi 165.1 \text{ mm}$ 震击器 + $\phi 127.0 \text{ mm}$ 加重钻杆。在下钻及正常钻进过程中, Geo-Tap 处于休眠状态。为保证 Geo-Tap 能良好运转, 在钻进过程中维持好钻井液性能, 控制含砂量低于 0.1%, 排量控制在 2 L/min 左右, 钻至完钻井深 2 523 m, 循环、清洁井筒。

该井采取从下到上的测试方式进行测试, 具体的测试深度由地质监督和测井监督确定, 第一测试点为井深 2 445 m, 钻头和 Geo-Tap 工具串由井底往上移动, 边移动边释放钻柱扭矩, 井深接近 2 445 m 时, 通过伽马曲线校深, 以消除在钻进过程中钻柱的应力状态和提管柱过程中的差别而引起的深度差。

校深结束后, 通过 GeoSpan 向井下发出“arming”命令, 当信号在井底被井下工具确认后, Geo-Tap 工具由休眠状态转变为待命状态, 同时返回到地面一个确认信息, 地面收到井下返回的确认信号后, 在地面发出第二个压力信号开始执行压力测试, 此时工具探针伸出, 贴靠井壁, 吸入管刺入地层, 吸取地层流体进行压力测试。

Geo-Tap 工具内测试容器容量为 30 mL, 对每一个点测试 3 次, 每次吸入管吸人大约 10 mL 液体, 取其中最稳定的值作为该点的最终压力。对于每一个测试点, 从开始校深到最后测试完成大约需要 15~20 min, 该井测试 6 个点, 测试数据见表 1。

表 1 地层压力实测数据

| 井深/ m | 钻井液液柱压力/kPa | | | 地层压力/kPa | | | 地层压 力系数 |
|----------|-------------|----------|----------|----------|----------|------|------------|
| | 测前 | 测后 | 第一次 | 第二次 | 第三次 | | |
| 2 351 | 20 657.4 | 20 595.4 | 16 091.1 | 16 092.4 | 16 093.8 | 0.98 | |
| 2 385 | 20 759.3 | 20 774.6 | 11 081.6 | 11 101.4 | 11 101.8 | 0.67 | |
| 2 415 | 21 016.0 | 20 960.8 | 14 485.9 | 14 497.4 | 14 484.1 | 0.86 | |
| 2 418 | 21 078.0 | 21 043.5 | 14 520.4 | 14 591.5 | 14 591.5 | 0.86 | |
| 2 442 | 21 340.0 | 21 340.0 | 14 877.5 | 14 876.7 | 14 877.1 | 0.87 | |
| 2 445 | 21 346.9 | 21 305.6 | 14 897.3 | 14 897.8 | 14 896.4 | 0.87 | |

4 结论与认识

1) E3S 井应用随钻测压工具 Geo-Tap 测定了储层压力,验证了储层压力衰竭情况,明确了层间压力矛盾,据此可针对目前储层压力合理调整生产压差,改变采油计划以获得最大产量。

2) Geo-Tap 测压工具在钻井过程中能实时监测到地层压力和流体数据,为现场复杂情况的处理提供数据支持,有效提高钻井效率,保障井场安全,并增加对油藏的了解,对以后该地区的钻井作业提供重要指导。

Application of Geo-Tap in Well E3S of Bohai 25-1 Oilfield

Liu Pengfei¹ Liu Liangyao² Si Nianting² Zhao Jingfang² Huang Yuxiang¹ Zuo Cunhai¹

(1. Supervision & Technology Company, CNOOC Energy Technology & Services Ltd., Tanggu, Tianjin, 300452, China; 2. Tianjin Branch of CNOOC Ltd., Tanggu, Tianjin, 300452, China)

Abstract: In order to obtain current formation pressure to verify reservoir pressure declining, formation pressure while drilling (FPWD), Geo-Tap was used to evaluate formation pressure while drilling through pay zones in Well E3. Before drilling fluid infiltrate into formation, the original formation fluid was retrieved. Using the measured data, the initial formation pressure and formation-related parameters are determined. These data are important for the following oil production. This paper introduces the working principle of Geo-Tap and field applications on Well E3S.

Key words: Logging while drilling; formation pressure; Bohai 25-1 Oilfield; Well E3S

关于稿件的几点要求

为了方便石油工程界的技术及管理人员投稿,并进一步加快稿件处理速度,缩短论文发表周期,从 2008 年 12 月 1 日起,本刊网上投稿审稿系统(在线办公系统)正式启用。现对所投稿件提出几点要求,请广大作者理解和支持。

- 1) 文章题目力求简洁、明了、切实。作者署名一般不超过 5 人,其余人员可以附言形式注明,并译成英文。
- 2) 摘要 300~500 字,反映文章的主要论点和结论等,并译成英文。
- 3) 初选 3~5 个关键词。
- 4) 正文一般不超过 6000 字。要求:主题突出,层次清楚;文字精炼,语句通顺;数据准确,文责自负。公式符号应分清文种、大小写、上下角、正斜体,易混淆的要注明,建议使用公式编辑器。
- 5) 参考文献请按照本刊 2004 年第 1 期公布的参考文献著录格式要求著录,或参考本刊最新期刊。
- 6) 作者简介包括:出生年份,性别,籍贯,毕业(进修)时间及学校、专业,主要经历、成就及现任职务。
- 7) 本刊编辑部不鼓励一稿两投,但严厉禁止一稿多发,一旦发现,会影响投稿者的信誉,将很难再在本刊刊发论文。
- 8) 请注明联系人详细通讯地址、电话(包括手机)、电子信箱等信息(论文最后注明)。
- 9) 请从网上投稿,本刊网站:<http://www.syzt.com.cn>; 联系电话:0534-2670163, 2670121; 联系邮箱:syzt@vip.163.com。
- 10) 如果稿件内容为自然科学基金、863、973、省部级以上科研项目,请务必在文章最后注明项目名称及编号。本刊对于这类稿件会在最快的时间内送审,并在最短的时间内刊出。

参 考 文 献

- [1] Mark Proett, Mike Walker, David Welshans, et al. Formation testing while drilling, a new Era in formation testing[R]. SPE 84087, 2003.
- [2] Proett Mark A, Chin Wilson C. New exact spherical flow solution with storage for early-time test interpretation with applications to early-evaluation drillstem and wireline formation testing[R]. SPE 39768, 1998.
- [3] Proett M A, Seifert D J, Chin W C, et al. Formation testing in the dynamic drilling environment: the PWLA 45th Annual Logging Symposium, Noordwijk, June 6-9, 2004[C].