

水平定向井技术在广东某盐井中的应用

张新春

(河南省地质矿产勘查开发局第二水文地质工程地质队,河南 郑州 450053)

摘要:详细介绍了广东某盐井水平定向对接的钻井技术,包括井身结构、钻井参数、泥浆技术、地质工作、固井以及各分段的具体施工技术。

关键词:水平定向井技术;盐井;泥浆;固井

中图分类号:P634.7 **文献标识码:**B **文章编号:**1672-7428(2007)02-0048-03

1 工程概况

广东某盐井是一对水平定向生产井。井位坐标 $X = 2573732.028$, $Y = 38392946.666$;井口海拔 5.191 m;补心高 1.50 m;钻井方位 6.23°;与目标井水平位移 500.01 m,靶前位移 195.07 m,水平段长 304.94 m,在盐井施工中属于大位移水平井。

工程任务:(1)建成合格的水平生产井,提高卤水产量;(2)通过地质录井,进一步研究盐层的空间分布规律;(3)检验地质模型,深化对构造特征的认识。

2 场区地质条件(见表 1)

表 1 场区地质条件

地层	代号	垂深/m	视厚度/m	岩性描述
第四系	Q	0~32	32	上部土黄色粉质粘土,灰色粉砂层,褐灰色淤泥质粘土;下部浅灰色粉砂岩,含砾砂及砂砾层
	E_1h^2	32~255	223	暗紫红色含灰粉砂泥岩、含灰泥岩,浅灰白色含砾粗砂岩呈不等厚互层夹灰色灰质细砂岩、粉砂岩、浅棕色中砂岩、粗砂岩及灰绿色凝灰岩,浅灰白色砂砾岩
下第三系	E_1h^1	255~733	478	暗紫红色、暗褐棕色含灰泥岩,含灰含粉砂泥岩,浅棕色、浅灰白色粗砂岩,浅棕色、浅灰白色中砂岩,细砂岩呈不等厚互层夹浅棕色砂砾岩,含砾粗砂岩,暗紫红色含灰泥质粉砂岩,浅棕色含灰粉砂质泥岩
	E_2X^2	733~1085	352	上部暗褐棕色、含灰含粉砂泥岩,含灰泥岩,浅灰色中砂岩,细砂岩夹浅灰白色粗砂岩;下部深灰色泥岩,暗棕色含灰含粉砂泥岩,浅灰色灰质粉砂岩夹浅灰白色中砂岩
	E_2X^1	1085~1224	139	深灰色泥岩,暗棕色含灰含粉砂泥岩,浅灰色灰质粉砂岩夹白色中砂岩
	E_1b^3	1224~1320	96(未穿)	岩盐夹深灰色含膏灰质泥岩、含灰泥岩、含膏含云泥岩,顶部为深灰色含膏泥岩夹粉砂岩

3 井身结构

一开用 $\varnothing 394$ mm 钻头钻至 48.20 m;二开用 $\varnothing 244.5$ mm 钻头钻至 1100 m,再用 $\varnothing 215.9$ mm 钻头钻至 1240 m,取心钻进至 1316.00 m,然后打入水泥塞至 1047.87 m,用 $\varnothing 244.5$ mm 钻头螺杆造斜钻进至 1410.33 m;三开用 $\varnothing 152$ mm 钻头钻至 1708.80 m,与目标井对接成功后裸眼完井。

4 钻井参数

本工程钻探设备使用石家庄煤矿机械有限责任公司生产的 TSJ-2000E 型水源钻机;泥浆泵采用 TBW-1200/5 型和 3NB-800 型(定向造斜水平钻进用),通过更换不同直径的缸套、活塞来改变泵的

排量与压力。根据钻遇地层特点及钻机、泥浆泵性能、钻井工艺要求等,在保证钻井质量的前提下优化钻井参数,以达到最佳钻井目的。各钻井井段根据不同的钻井工艺采用了与之相适应的钻井参数。全井钻井参数见表 2。

5 泥浆技术

5.1 两种泥浆体系的转换

在施工中对应不同的施工段,采用了不同的泥浆体系,分别是细分散淡水泥浆和粗分散盐水泥浆。

5.1.1 细分散淡水泥浆

一开钻进中,钻遇地层大多属于第四系地层,由于钻进速度快,地层比较稳定,且表层套管固井后泥浆要排掉等,为了节约材料降低成本,采用了淡水 +

收稿日期:2006-07-04

作者简介:张新春(1978-),男(汉族),河南确山人,河南省地质矿产勘查开发局第二水文地质工程地质队助理工程师,岩土工程专业,从事地热井、超深井、盐井、定向井等工程的技术与管理工作,河南省郑州市南阳路 56 号,13838262792。

表 2 钻井参数表

井段/m	钻压/kN	转速/(r·min ⁻¹)	排量/(L·s ⁻¹)	泵压/MPa	备注
0~48.2	12	48	16.67	0.2	一开钻进
48.2~1240	14~60	48/69	16.61/13.23	0.2~7.0	二开钻进
1240~1316	20~30	48	13.23	6.0	PDC 钻头取心钻进
1105~1410.33	30~50	120	20	12~14	定向钻进
1410.33~1708.80	20~30	180	16	10~12	PDC 钻头三开钻进

粘土 + 少量处理剂配制的泥浆。所用粘土为南海非金属材料研究所处理过的钠膨润土。处理剂为中原新材料厂生产的 CMC 及天津天塔牌 NaOH。

二开钻进中,由于地质条件复杂,存在遇水膨胀及掉块等复杂地层,我们采用了 PHP、CMC、FA-367、Na-HPAN、K-HPAN 等高分子处理剂,并坚持钻进中每 2 h 测泥浆性能参数 1 次,使泥浆性能达到安全钻进的要求(见表 3)。

表 3 钻进泥浆性能参数表

井段/m	马氏粘度/s	密度/(kg·L ⁻¹)	失水量/[mL·(30 min) ⁻¹]	泥饼厚度/mm	pH 值
0~48.20	30	1.18	20	1	8
48.20~1207.13	30~36	1.05~1.20	10~15	1	8~10

5.1.2 粗分散盐水泥浆

根据设计要求,在进入盐岩矿层前必须把淡水泥浆转换为盐水泥浆。为此专门停钻配制盐水泥浆。所用材料为 CMC、Na-HPAN、K-HPAN、Na₂CO₃、NaOH、FA-367、XY-27、PHP、固体盐、卤水等。根据事前做的实验情况,按比例进行配制。共用 Na-HPAN 为 3 t、FA-367 为 100 kg、XY-27 为 50 kg、K-HPAN 为 1 t、盐 12 t、卤水 100 余 m³。最终泥浆性能为:马氏粘度 30~35 s,密度 1.23~1.28 kg/L,失水量 6~10 mL/30 min,泥饼厚度 0.8~1.0, pH 值 9~11,波美度 22~26 Be。

5.1.3 泥浆转换

为保证置换盐水泥浆一次成功,在进行大量盐水泥浆置换实验的基础上,通过不断进行改进调整。先制备 3 m³ 素浆于泥浆池中,加 XY-27 为 50 kg,搅拌均匀后泵入孔内;然后在泥浆池内制备 10 m³ 卤水,接着制素浆 2 m³,在制备过程中按比例加入 CMC、Na-HPAN、K-HPAN、Na₂CO₃、NaOH、FA-367、XY-27、PHP 等,搅拌均匀后打入孔内。以后按同步配液,直到盐水泥浆返出孔外。等泥浆在孔内完成 2 个循环性能稳定后钻进。

5.2 定向水平段泥浆

该段钻井对于泥浆的携砂性、润滑性、护壁性、静切力要求很高。为了达到以上要求,使钻井能够

安全进行,通过向泥浆中加入适量的 CMS、磺化沥青、洗衣粉等,使泥浆主要性能指标达到:马氏粘度 42~45 s,密度 1.23~1.28 kg/L,失水量 4~6 mL/30 min,泥饼厚度 0.3~0.5, pH 值 10~12。保持井下摩阻力 10~20 kN。实践证明,泥浆完全达到了施工的要求。

5.3 泥浆的管理与维护

(1) 每 2 h 测泥浆性能参数 1 次。

(2) 日常维护处理在泥浆循环槽内进行,缓慢加入处理剂,边维护边处理。加完处理剂的时间为泥浆循环一次的时间,使处理剂均匀分布,以防大起大落。

(3) 每班勤捞砂,勤维护处理,钻进时注意泥浆颜色等的变化。

(4) 勤开除砂装置,废浆不准再进入循环系统。

(5) 雨天时禁止雨水流入泥浆池内。

6 地质工作

钻井地质工作开展了钻时录井、岩心录井、岩屑录井、泥浆迟到时间测定、钻井液录井、简易水文地质观测、采样化验和井深校正等,并进行了地球物理测井。通过各项地质工作,查明了钻井前预测的盐矿体的埋藏深度、矿层层数及厚度。各矿层系统采集了基本分析样、组合分析样,查明了各矿层的利用组分(NaCl)的含量、矿石类型、矿石品级等情况,对各矿层的伴生有益、有害元素也有了进一步了解。基本查明了斜井段各矿层的埋藏深度,充分了解了各岩盐矿层厚度及其变化。通过地质录井、测井等直接和间接资料,进一步研究了盐层的空间分布规律,检验了地质模型,深化了对本区构造特征的认识。

7 固井

7.1 第一次固井

一开钻至 48.20 m 后,下 J55 钢级 Ø273 mm × 11.43 mm 表层套管,套管下入深度 48.20 m,用 525 普通硅酸盐水泥固井,水泥浆返高 6.3 m 后用地面

挤注方法,再次固井。

7.2 第二次固井

二开钻至 1410.33 m 后,下入 N80 钢级 $\varnothing 177.8$ mm \times 10.36 mm 技术套管 286.921 m 和 J55 钢级 $\varnothing 177.8$ mm \times 9.19 mm 技术套管 1121.833 m,套管下入深度 1408.754 m。使用 G 级油井水泥固井,水泥浆返出地面,候凝后用声幅测井检查固井质量,结果为:胶结差的占固井段的 9.3%,胶结中等的占 69.1%,胶结良好的占 21.6%。

8 水平定向施工技术

根据基本数据,结合钻井设备的能力及动力钻具的造斜能力,采用国际通用的 LANDMARK 钻井软件进行工程的多个轨迹设计。对设计出的轨迹再进行钻具、套管的摩阻扭矩及强度的校核分析。

8.1 直井段

为确保直井段打直,采用了如下技术措施,直井段最大井斜 $< 2^\circ$,基本符合该水平井的施工要求。

(1) 钻具组合: $\varnothing 244.5$ mm HJ517L 钻头(0.25 m) + 430 \times 4A10 接头(0.61 m) + $\varnothing 158$ mm 无磁钻铤 $\times 2$ 根(17.19 m) + $\varnothing 158$ mm 无磁钻铤 $\times 19$ 根(165.63 m) + 4A11 \times 410 接头(0.50 m) + $\varnothing 89$ mm 钻杆。

(2) 钻进参数:钻压 120 kN,转速 110 r/min,排量 26 L/s,泵压 20 MPa。

(3) 泥浆性能:密度 1.25 g/cm^3 ,漏斗粘度 51 s,API 失水量 3.6 mL。

8.2 增斜段

8.2.1 侧钻措施

采用以下措施,进尺 40 m,侧钻成功。

(1) 钻具组合: $\varnothing 244.5$ mm HA517G 钻头(0.25 m) + $\varnothing 172$ mm 1.75° 单弯(7.77 m) + $\varnothing 165$ mm(431 \times 4A10) 定向直接头(0.37 m) + $\varnothing 158$ mm 无磁钻铤(8.75 m) + 4A11 \times 410 接头 + $\varnothing 89$ mm 斜坡钻杆。

(2) 钻进参数:钻压 0 ~ 30 kN,转速依马达而定,排量 20 L/s,泵压 13 MPa。

(3) 泥浆参数:密度 1.24 g/cm^3 ,漏斗粘度 44 s,切力 $3/8$ Pa,屈服值 6.5 Pa,含砂量 0.2%,固相含量 12%,pH 值 9。

8.2.2 增斜段措施

井段为 1115 ~ 1411 m,最后井斜 80° ,方位 8.82° ,二开完钻,轨迹平滑。

(1) 钻具组合: $\varnothing 244.5$ mm HJ 517G 钻头(0.25 m) + $\varnothing 172$ mm 1.5° 单弯头(7.65 m) + $\varnothing 165$ mm(431 \times 4A10) 定向直接头(0.44 m) + $\varnothing 158$ mm 无磁钻铤(8.75 m) + $\varnothing 89$ mm 斜坡钻杆。

(2) 钻进参数:钻压 60 kN,转速依马达而定,排量 20 L/s,泵压 13 MPa。

(3) 泥浆参数:密度 1.24 g/cm^3 ,漏斗粘度 24 s,切力 $3/8$ Pa,屈服值 6.5 Pa,含砂量 0.2%,固相含量 12%,pH 值 9。

8.3 水平段

水平段采用滑动钻进和旋转钻进,侧斜间距 > 10 m,实时预测、实时调整井斜和方位,确保轨迹在靶区内瞄准目标点中心。水平段经纯钻进时间 4 天,在井深 1708.8 m 处两井实现成功对接。

(1) 钻具组合: $\varnothing 152$ mm PDC 钻头(0.31 m) + $\varnothing 120$ mm 1.5° 单弯头(5.34 m) + $\varnothing 103$ mm(331 \times 330) 定向直接头(0.44 m) + $\varnothing 89$ mm 无磁承压钻杆(8.96 m) + $\varnothing 89$ mm 钻杆。

(2) 钻进参数:钻压 60 kN,转速依马达而定,排量 16 L/s,泵压 16 MPa。

(3) 泥浆参数:密度 1.22 g/cm^3 ,漏斗粘度 25 s,切力 $3/8$ Pa,屈服值 7 Pa,含砂量 0.2%,固相含量 12%,塑性粘度 $16 \text{ mPa}\cdot\text{s}$ 。

9 结语

通过水平定向井技术在本工程中的应用,不但大大提高了单井产量,提高了卤水浓度,而且减少了投资,节约了成本。

通过本工程的施工,获得了以下几点认识:

(1) 在导眼侧钻时,严格按参数钻进,保证侧钻的成功率;

(2) 先进的软硬件,优化的轨迹设计,得当的技术措施,确保了顺利施工。

(3) 关键数据的准确采集,测量仪器的高精确度,是实现对接的关键之一;

(4) 精确的计算,实时预测,准确的实际井身轨迹控制是实现对接的又一关键;

(5) 工程的成功需要业主、施工方紧密配合。