

# 内蒙古哈素海地热井施工技术

李进安

(内蒙古第三地质矿产勘查开发有限责任公司, 内蒙古 呼和浩特 010011)

**摘要:**总结了内蒙古哈素海旅游景区内一眼地热井的施工经验。该井完钻井深 2232.59 m, 使用石油 30 型钻机施工, 回转正循环三牙轮钻头全面钻进, 配合 PDC 钻头取心钻进工艺。三开井身结构, 80 目包网缠丝滤水管。成井后水温、出水量均满足设计要求。同时介绍 PDC 钻头泥包的判断及预防措施。

**关键词:**地热井; 钻井; 成井; 三牙轮钻头; PDC 钻头; 钻头泥包

**中图分类号:** P634; TE249 **文献标识码:** B **文章编号:** 1672-7428(2018)05-0055-03

**Construction Technology of Hasuhai Geothermal Well in Inner Mongolia/LI Jin-an** (Inner Mongolia Third Geological Mineral Exploration Co., Ltd., Hohhot Inner Mongolia 010011, China)

**Abstract:** This paper summarizes the construction experience of a geothermal well in Hasuhai scenic spot of Inner Mongolia. The well completion depth is 2232.59m, Petroleum 30 type drilling rig was used by full face drilling with rotary positive three-cone bit and matching with PDC bit coring drilling process. This geothermal well has 3 - spud structure, 80 mesh wrapped 80 mesh wire wrapping filter pipe. Both the water temperature and the water output meet the design requirements after well completion. The judgment and prevention measures of PDC bit balling are introduced.

**Key words:** geothermal well; drilling; well completion; three-cone bit; PDC bit; bit balling

## 1 工程概况

内蒙古敕勒川文化旅游股份有限公司是全球最大的蒙古文化旅游产业开发企业, 总部设在呼和浩特。核心业务模块包括旅游规划设计、旅游地产开发建设、旅游度假酒店经营管理。我单位受内蒙古敕勒川旅游股份有限公司的委托, 在哈素海景区内钻凿地热井一眼, 该地热井为直井, 设计孔深为 2200 m, 设计目的层为新近系, 采用过滤器成井。工期 60 d。

## 2 地层情况

根据钻探施工岩屑、取心、钻时录井及测井资料解译, 结合区域地质资料综合分析, 钻遇地层自上而下简述如下。

### 2.1 第四系(Q)

地层层位 0~1850 m, 厚 1850 m。

岩性特征: 土黄色、浅灰色粘土、砂质粘土与浅灰色、浅黄色粉细砂层呈不等厚互层, 局部含有砾石。

### 2.2 新近系上新统(N<sub>2</sub>)

地层层位 1850 m 以深, 揭露厚度 382.59 m, 未揭穿。

岩性特征: 棕色泥岩, 灰色、褐灰色粉砂岩。

## 3 主要钻探设备及钻具

施工采用的主要设备有: 石油 30 型钻机配套 41 m K 型钻塔(图 1), F800 型泥浆泵 1 台, Y315L1-4 型电动机 1 台, 12V190 型柴油机 1 台, 泥浆测试仪 1 套(粘度计为马氏漏斗)。



图 1 石油 30 型钻机

收稿日期: 2018-05-04

作者简介: 李进安, 男, 汉族, 1964 年生, 高级工程师, 长期从事水文地质、工程地质、环境地质勘查及钻探工程等技术及管理工作, 内蒙古呼和浩特市赛罕区如意开发区腾飞南路 32 号。

川7-4型取心钻具1套以及其他配套设备,  $\text{O}203$ 、178、165 mm 钻铤若干,  $\text{O}127$  mm 钻杆 3000 m。

## 4 钻井施工

### 4.1 钻进过程

一开采用  $\text{O}444.5$  mm 三牙轮钻头钻进, 钻至井深 480 m, 下入  $\text{O}339.7$  mm $\times$ 9.65 mm 钢级 J55 的 API 标准石油套管 480 m, 随后采用 R42.5 矿渣硅酸盐水泥进行固井, 水泥浆返至地表, 干水泥用量 28 t, 水泥浆平均密度  $1.70 \text{ g/cm}^3$ , 候凝 48 h, 满足设计要求。

二开采用  $\text{O}311$  mm 三牙轮钻头钻至 876.78 m, 然后三开换用  $\text{O}244$  mm 三牙轮钻头至 2232.59 m 完钻终孔。之后进行了测井。测井完成确定含水层位置后, 下入  $\text{O}177.8$  mm $\times$ 8.05 mm 石油套管 1727 m (钢级 J55 符合 API 标准石油套管, 其中滤水管 450 m), 井管下至 2200 m, 2200~2232.59 m 作为沉淀孔, 未下入井壁管。下管完毕之后, 用水泥对该段地层进行了“穿鞋带帽”式封孔, “带帽”固井位置在 433 m, “穿鞋”固井位置在 1318 m, 使用止水伞 4 组, 每两组间隔距离为 3 根井壁管, 用水泥 17 t, “带帽”用水泥 3 t, 在 433 m 处压入水泥浆至石油套管与井壁(一开套管)间。水泥浆平均密度  $1.72 \text{ g/cm}^3$ , 候凝时间 48 h, 满足设计要求。

施工完成的井身结构及套管程序见表 1。

表 1 井身结构及套管程序

开次	井径/ mm	井深/m	套管程序		
			直径 $\times$ 壁厚/mm	下入深度/m	下入长度/m
一开	445	480.00	339.7 $\times$ 9.65	480	480
二开	311	876.78			
三开	244	2232.59	177.8 $\times$ 8.05	2200	1727

### 4.2 钻进工艺

该井采用回转正循环三牙轮钻头全面钻进, 配合 PDC 钻头取心钻进工艺。采用护壁性能好、携粉能力高的化学泥浆为钻井液。

#### 4.2.1 井深 0~480 m 段

采用  $\text{O}445$  mm 钢齿三牙轮钻头钻进, 钻具组合为:  $\text{O}444.5$  mm 钻头 +  $\text{O}203$  mm 钻铤 +  $\text{O}165$  mm 钻铤 +  $\text{O}127$  mm 钻杆。

钻井液为粘度 27~29 s 携粉护壁性能较好的聚合物化学泥浆。

钻压 10~30 kN, 转速 60 r/min, 排量 1300 L/min。

#### 4.2.2 井深 480 m 至完钻

采用  $\text{O}311$  mm 三牙轮钻头钻进至 876 m, 换用  $\text{O}244$  mm 三牙轮钻头钻进至 2232.59 m 完钻, 之后下入  $\text{O}177.8$  mm $\times$ 8.05 mm 石油套管 1727 m, 其中滤水管 450 m, 类型为包网缠丝管。

钻具组合为:  $\text{O}311/244$  mm 钻头 +  $\text{O}165$  mm 钻铤 +  $\text{O}127$  mm 钻杆。

钻井液使用粘度为 23~25 s、密度  $1.15\sim 1.2 \text{ g/cm}^3$  的化学泥浆。

钻压 30~60 kN, 转速 60 r/min, 排量 1300~1500 L/min。

### 4.3 岩心采取

本次地热井施工按设计要求进行了 3 次岩心采取, 配合岩屑录井基本上判定了地层, 取得了准确的地质资料。相对于地质岩心钻机, 石油钻机和水源钻机取心难度大, 加之下部地层主要为泥岩、砂质泥岩, 牙轮钻头循环钻进泥浆泵泵量较大, 取心更加困难。

采用川 7-4 型双管单动取心筒, 规格为 172 mm $\times$ 136 mm $\times$ 18 mm, 配合  $\text{O}215$  mm PDC 钻头进行取心作业, 虽然岩心采取率不高, 但基本满足了取心及地层判断要求, 为工程的顺利进行和资料的搜集提供了可靠的保障。取心情况见表 2。

表 2 取心情况

取心次数	取心深度/m	实际心长/m	岩心描述	岩心照片
1	1197.54~1199.54	0.40	砂质粘土, 灰黑色, 硬塑, 切面有光泽, 主要成分为粘土矿物, 含粉砂	
2	1643.12~1644.12	0.66	粉质粘土, 灰褐色, 主要成分为粘土矿	
3	2167.89~2168.89	0.46	粉质粘土, 灰褐色, 土质较均, 切面光滑	

### 4.4 PDC 钻头泥包的判断和预防

PDC 钻头施工过程中, 钻速高, 进尺快, 钻头磨损小, 可以降低生产成本, 提高效益。

但因进尺快, 钻井液中固相含量高, 钻井液排量小不能有效清洗钻头, 地层本身泥质胶结, 极易造成钻头泥包, 对于钻头泥包有以下几点判断和预防方

法。

#### 4.4.1 钻头泥包判断方法

- (1) 钻进时进尺明显变慢;
- (2) 增大钻压或减小钻压对钻速无明显影响;
- (3) 地层变化时对钻进速度影响不大;
- (4) 一般情况下泵压略有升高或无明显变化,如果水眼堵死则泵压会明显升高;
- (5) 起下钻出现“拔活塞”现象;
- (6) 短起下钻后钻速明显变慢。

#### 4.4.2 钻头泥包预防方法

- (1) 泥浆中混油或增加润滑剂投入量,使钻屑不易粘附到钻头上;
- (2) 加大钻井液聚合物含量,控制失水量,提高泥饼质量;
- (3) 提高钻井液抑制性,减少泥页岩的水化分散;
- (4) 对高渗砂层,可使用屏蔽暂堵技术,减少渗透性漏失;
- (5) 做好 PDC 钻头的选型工作,钻头水眼,流道设计应利于排屑;
- (6) 下入 PDC 钻头前,应充分循环泥浆,清洗井眼,防止起钻后滞留在井眼内的钻屑继续水化分散;
- (7) 下钻时在钻头流道表面涂满黄油,形成一层保护膜,减少钻头和泥浆中的劣质固相接触时间,起到保护作用;
- (8) 控制下钻速度,防止钻头突然冲入沙桥;
- (9) 钻头到达井底后必须先开泵,充分冲洗井底和钻头,循环后轻压慢钻 1~1.5 m,再正常钻进;
- (10) 尽量采用低钻压、高转速、大排量,不要盲目使用高钻压进行钻进。

#### 4.5 滤水管

因取水目的层为砂层,成井时取水段加工滤水管的同时要进行包网缠丝,该地热井包网目数为双层 80 目。否则会大量出砂,造成地热水不能抽清。

### 5 岩屑录井、测井及抽水试验

#### 5.1 岩屑录井

从地面进行岩屑录井,0~500 m 每 10 m 捞取一包岩屑,500~2232.59 m 每 5 m 捞取一包岩屑,共取得岩样 396 个,岩屑采取率 100%。

#### 5.2 测井

根据设计,对 480~2232.59 m 井段进行了地

球物理测井,测井项目主要包括标准测井(自然电位、2.5 m 底部梯度电阻率、0.4 m 电位电阻率),综合测井(自然伽玛、补偿声波速度),连续测温,井斜测井,地层渗透率、地层孔隙度,按 1:500 出图。

#### 5.3 抽水试验

该井在钻探施工结束后进行了抽水试验,其中最大降深抽水试验延续时间为 3 d,通过三角堰观测水量,留点温度计记录温度,最大出水量 31.3 L/s (2704 m<sup>3</sup>/d),水温 64 ℃,水温、水量均满足地热井开发的要求。

### 6 结语

该井设计井深 2200 m,实际井深 2232.59 m;设计井口温度 50 ℃,实际井口温度 64 ℃;设计出水量 1000 m<sup>3</sup>/d,实际出水量 2704 m<sup>3</sup>/d。钻进方法、施工工艺、井身及井管结构、井斜要求、水文测井、封闭止水、抽水试验及水质化验等方面均符合设计要求。

尽管内蒙古哈素海区域地热资源开发利用取得了一些成效,但还是存在地质工作的滞后,对地热井田的规模,边界,热储层的埋深、分布、温度、水质特征、动态特征及地热水允许开采量、开采年限和地热井田开发的合理性及后期的保护尚且缺乏全面了解和论证。

在钻井工艺方面,迫切的需要将石油钻井中先进、成熟的工艺与地质岩心钻探、水文水井钻探技术有机的结合,充分利用先进设备,优选工艺参数,提高钻井效率,确保成井质量,缩短建井周期。

#### 参考文献:

- [1] 许刘万,伍晓龙,王艳丽.我国地热资源开发利用及钻进技术[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2013,40(4):1-5.
- [2] 宋国龙,董劲松,李进安.乌兰哈达变质岩地层地热勘探井钻头选择与取心工艺[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2016,43(12):41-44.
- [3] 高明亮.鄂北工区 PDC 钻头泥包特征分析及预防措施[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2009,36(9):21-23,27.
- [4] 张金龙,于占国,吴志怀,等.钻头泥包原因及对策分析[J].石油地质与工程,2008,22(3):97-98.
- [5] 邵俊琪.天津市地热井钻进与成井工艺[J].探矿工程,2001,(S1):202-204.
- [6] 陈庭根,管志川,等.钻井工程理论与技术[M].山东东营:中国石油大学出版社,2000.
- [7] 石立明.复杂地层岩心钻探综合治理技术[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2008,35(2):12-14.
- [8] 宋淑玲.国外钻井取心新技术(二)[J].石油机械,2000,28(10):53-57.