

# 静观 ZK1 号地热井的施工及开发利用计划

任良治, 田正权, 邝光升, 田贵维

(重庆市地勘局 208 水文地质工程地质队, 重庆 400700)

**摘要:**介绍了静观 ZK1 号地热井施工概况和设备机具选择, 简述了分层钻进措施; 采用“三开两固”成井, 各次钻具配套, 泥浆性能指标, 固井工艺措施及抽水试验方法。经测定其井口水温 63.5℃, 由于其井口自流量仅为 421.9 m<sup>3</sup>/d, 不利于下一步开发利用, 拟定在距原井 700 m 处再施工一定向井, 并提出了定向井的初步设计方案。

**关键词:**地热井; 设备机具; 固井; 定向井; 开发利用

**中图分类号:** TE249      **文献标识码:** A      **文章编号:** 1672-7428(2010)10-0048-03

**Construction of Jingguan ZK1 Geothermal Well and Development & Utilization Plan/REN Liang-zhi, TIAN Zheng-quan, KUANG Guang-sheng, TIAN Gui-wei** (208 Hydrogeology and Engineering Geology Team, Chongqing Bureau of Geology and Minerals Exploration, Chongqing 400700, China)

**Abstract:** This paper introduces the machinery and equipment for geothermal well construction, and describes the stratification drilling measures; 3-section and 2-cementing for well completion, drilling tool matching, mud property, well cementing and pumping test. It was unfavorable for further development and utilization with wellhead water temperature of 63.5℃ and flowing yield only 421.9 m<sup>3</sup>/d. Another directional well was planed to construct 700 m away from the original well; and the design scheme was put forward.

**Key words:** geothermal well; machine equipment; well cementing; directional well; development and utilization

## 1 概述

静观 ZK1 号地热井位于重庆市北碚区静观镇。早在 20 世纪 90 年代, 静观镇就被中国花木协会授予“中国花木之乡”的美誉。镇内有极富农家特色的“乡村嘉年华”等旅游景点, 加之其北连金刀峡风景区, 南接主城区, 西与著名的北温泉、缙云山风景区毗邻, 地理位置极为优越。2007 年初, 我队与重庆市地科投资有限责任公司看准商机, 计划总投资 3000 余万元, 请相关专家经过近 2 年的论证, 在距“乡村嘉年华”约 1 km 处, 通过土地流转的方式, 征地 10 亩。2009 年初在征地范围内布设 ZK1 号地热井, 经过 3 个多月时间完成施工, 终孔井深 2290 m。井口自流量为 421.9 m<sup>3</sup>/d, 洗井后井口压力 1.32 MPa。通过抽水试验, 专家推荐允许开采降深为 380 m(含压力水头), 推荐允许开采量为 942.8 m<sup>3</sup>/d。井口最高水温 63.5℃。取水样经权威检测机构测试, 该地热水为含偏硅酸、偏硼酸的氟、锶硫酸钙型低温医疗热矿水, pH 值 7.32, 是有较高医疗价值、沐浴等多种用途的医疗热矿水。

## 2 ZK1 号井成井工艺

### 2.1 施工设备

根据重庆地区地层特点及该井初步设计, 钻孔需穿过的主要岩层为侏罗系中下统下沙溪庙组、新田沟组、自流井组、珍珠冲组、三叠系上统须家河组第 1~6 段砂泥岩地层夹煤线, 三叠系中统雷口坡组泥灰岩夹灰质白云岩地层, 最后在三叠系下统嘉陵江组碳酸盐地层(热储层)终孔, 设计井深 2200 m(实际终孔井深 2290 m)。其钻探施工设备见表 1。

表 1 施工用主要设备机具表

序号	名称	规格型号	单位	数量	备注
1	钻机	F-100	台	1	
2	钻塔	A31-135G	套	1	
3	天车	TC-130	台	1	
4	绞车	JC-130	套	1	
5	游车大钩	YG135	个	1	
6	转盘	ZP-175	套	1	
7	水龙头	CH125	个	1	
8	泥浆泵	3NB-1000	台	2	
9	柴油机	PZ12V190B	台	3	备用 1
10	发电机	TZH2-100	台	2	备用 1
11	防喷器组	346.2 mm × 2Fz35 ~ 35	套	1	

### 2.2 钻孔结构

根据地层情况, 采用“三开两固”成井。

一开: 用 Ø311.2 mm 牙轮钻头钻至 200 m, 下入

收稿日期: 2010-09-10

**作者简介:**任良治(1962-), 男(汉族), 四川南充人, 重庆市地勘局 208 水文地质工程地质队地科勘察设计院副院长、高级工程师, 探矿工程专业, 从事水文地质钻探技术与管理工作, 重庆市北碚区天生劳动村 10 号, 208renlz@sina.com。

Ø244.5 mm 套管作永久性固井。

二开:用 Ø215.9 mm 牙轮钻头钻至 1566 m,下入 Ø177.8 mm 套管作永久性固井。

三开:用 Ø152.4 mm 钻头钻至目的层位。考虑到须家河组一、三、五段易发生坍塌,必须封固,故在须家河组和雷口坡组采用实管,嘉陵江组井段采用花管成井(见图 1)。

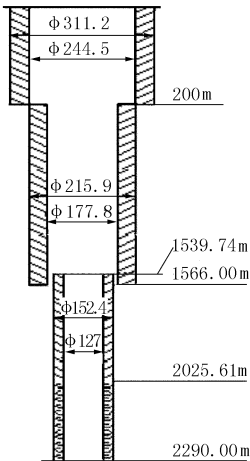


图 1 ZK1 号井井身结构示意图

2.3 钻进工艺

2.3.1 钻具组合

一开选用 P3 钻头,二开选用 SH33/SH33R 钻头,三开选用 SH33/H517 钻头,钻具组合见表 2。

表 2 钻具组合表

序号	钻头尺寸/mm	井段/m	钻具组合
一开	311.2	0~200	Ø311.2 mm 钻头 + Ø203 mm 钻铤 × 18 m + Ø301 mm 稳定器 + Ø203 mm 钻铤 × 36 m + Ø177.8 mm 钻铤 × 54 m + Ø159 mm 钻铤 × 81 m + Ø127 mm 钻杆 + 133.5 mm 方钻杆
二开	215.9	~1566	Ø215.9 mm 钻头 + Ø177.8 mm 钻铤 × 18 m + Ø208 mm 稳定器 + Ø177.8 mm 钻铤 × 36 m + Ø159 mm 钻铤 × 112 m + Ø127 钻杆 + 133.5 mm 方钻杆
三开	152.4	~2290	Ø152.4 mm 钻头 + Ø120 mm 钻铤 × 135 m + Ø89 mm 钻杆 + 88.9 mm 方钻杆

2.3.2 钻井液

根据地层情况,一开、二开、三开采用不同的钻井液。

一开:0~200 m 井段,用膨润土加 10% 的 Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 配制普通泥浆。膨润土预水化处理 48 h 后使用。

二开:200~1566 m 井段,用膨润土加聚丙烯酸钾配制低固相优质泥浆护壁。

三开:1566~2290 m 井段,采用清水钻进。

经现场实测各段钻井液主要性能指标见表 3。

表 3 实测钻井液主要性能指标

开钻次序	一开	二开
密度/(g·cm <sup>-3</sup> )	1.08~1.22	1.05~1.16
漏斗粘度/s	23~31	23~35
pH 值	9.5~10	9~11
失水量/(mL·30min <sup>-1</sup> )	15~22	13~15
泥皮厚度/mm	1~1.5	0.5~1
静切力/Pa	2~3	2~4
含砂量/%	5~7	2~5

2.4 固井

该井第一次固井深度选择在 200 m,固井前钻井液密度为 1.05~1.15 g/cm<sup>3</sup>。选用 G 级水泥,水泥浆密度为 1.75 g/cm<sup>3</sup>。套管串结构:Ø244.5 mm 引鞋 + Ø244.5 mm 套管鞋 + 联顶节。

第二次固井深度为 1566 m,固井前钻井液密度为 1.15 g/cm<sup>3</sup>。选用 G 级水泥,水泥浆密度为 1.85 g/cm<sup>3</sup>。套管串结构:Ø177.8 mm 引鞋 + Ø177.8 mm 套管鞋 + 承托环 + Ø177.8 mm 套管 + 联顶节。

固井工艺采取的主要技术措施:

- (1) 固井前检查井内泥浆密度,严格控制在 1.15 g/cm<sup>3</sup> 以内。
- (2) 各层套管质量必须符合 API 标准,各层套管所用钢级均为 J55、壁厚 ≤ 8.05 mm 的套管,套管附件符合规范。
- (3) Ø177.8 mm 技术套管每下入 20~25 根灌注井浆一次,防止挤毁套管和套管附件。
- (4) 下入套管时要认真对扣、上扣、紧扣,各层套管最下面 5 根要进行铆固。
- (5) 每次固井候凝后进行声幅测井检测固井质量。

有固井质量问题应及时采取补救措施,达到固井质量要求。表层套管固井后,二开前安装 346.2 mm × 2Fz35~35 双闸板防喷器试压合格,探水泥塞后用清水对套管试压 3 MPa。三开探水泥塞后用清水对套管试压 3~5 MPa,稳压时间 > 30 min。

2.5 洗井

该井共进行 2 次洗井。第一次将 Ø73 mm 风管下至 1000 m,采用 S10-250 空压机正循环洗井。洗井后水头压力稍有下降,自流量却明显增大,由洗井前的 2.488 L/s 增加到 4.88 L/s,且水色清澈,泥砂明显减少,其效果十分显著。第二次洗井在试抽水之后进行,将 Ø73 mm 风管下至 1500 m 处,用同样的空压机正循环洗井,目的是想进一步增大井口自流量。但效果不明显,自流量无增大趋势。

2.6 抽水试验及取得的成果

经过气举洗井后,将 R150-ES-21 型深井泵

下到井深 250 m 处进行抽水试验。通过三角堰观测其稳定水量为  $942.8 \text{ m}^3/\text{d}$ 。

根据物探测井资料分析,将该井 234.2 m 处定为常温点,计算出地温梯度为  $2.25 \text{ }^\circ\text{C}/100 \text{ m}$ 。热储层温度计算公式:

$$T = (d - h)(\Delta t / \Delta h) + t_0$$

式中:  $T$ ——热储温度,  $^\circ\text{C}$ ;  $d$ ——热储埋藏深度,该井取 2285 m(热储层底板深度);  $h$ ——常温层埋藏深度,根据井温曲线,取 234.2 m;  $\Delta t / \Delta h = 2.25 \text{ }^\circ\text{C}/100 \text{ m}$ ,根据测井计算地温梯度确定;  $t_0$ ——常温层温度,取  $24.04 \text{ }^\circ\text{C}$ 。

计算结果:  $T = (2285 - 234.2) \times 0.0225 + 24.04 = 70.18 \text{ }^\circ\text{C}$ 。

通过计算,该井的热储层热储温度  $70.18 \text{ }^\circ\text{C}$ 。根据 ZK1 地热井观测资料,井口水温最高为  $63.5 \text{ }^\circ\text{C}$ 。由此可见,该井长期开采的热储温度能够得到保证。

### 3 存在问题及下步开发计划

#### 3.1 存在问题

经相关专家认定,该井属“高温低产”地热井,经水质分析化验,其水质良好,对人体有较高的药疗价值。但由于该井井口自流量只有  $421.9 \text{ m}^3/\text{d}$ ,如限于井口自流量开发利用,其量偏小。如用动力抽水利用,虽然水量可以达到  $942.8 \text{ m}^3/\text{d}$ ,但长期固定成本会大大增加,而且不符合“节能减排”的要求。如果超过征地范围(在该井的影响半径范围外)再布一井,则会给集中开发利用造成 3 大困难:(1)要重新通过土地流转获得用地,用地成本很高;(2)铺设管道占地太多,需经过大量农田和苗圃,费用太高;(3)热水远距离输送的保温效果差,直接影响地热水的功效。

#### 3.2 开发利用计划

经反复论证,对各种方案进行比选,初步确定在征地范围内,距 ZK1 井约 700 m 处,施工 ZK2 号井。采用“顶层进”的方法,沿垂直岩层面方向施工一定向井,预计深度 1900 m,预测定向井底部与 ZK1 号井孔底距离为 480 m,与 ZK1 号井形成“姊妹井”。如图 2 所示。

定向井参照《定向井轨道计算与轨迹计算》(SY/T 5435 - 2003)标准进行计算,采用二维轨道设计中的三段轨道模型,即“直—增—稳”型轨道。从造斜点开始,以井深为自变量,选定步长为 50 m,计算出分点数据。

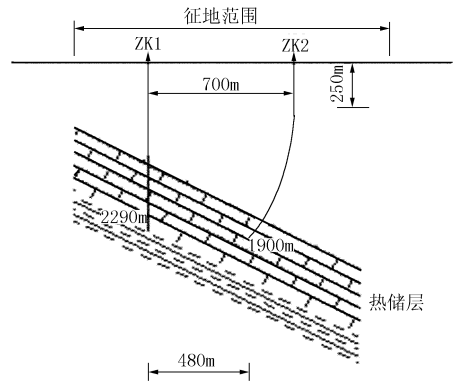


图2 定向井初设示意图

井身设计基本数据为:井口坐标  $X = 3306220.7$ ,  $Y = 36358339$ ,  $Z = 335$ ;定向方位  $290^\circ$ ,水平位移 220 m;开窗口位置 250 m;靶点垂深 1570.49 m;靶点斜深 1591.00 m;靶点坐标  $X = 3306004.9$ ,  $Y = 36358417.6$ ,  $Z = 1570.49$ ;靶区半径及靶心距 50 m。

井深 0 ~ 250 m 为直孔段,严格将钻孔弯曲度控制在  $1^\circ$  以内。250 m 开始造斜至 800 m,为增斜段。800 ~ 1900 m 为稳斜段。

### 4 结论及建议

(1)根据重庆地区的地层特点及热储层埋藏深度,施工 ZK1 号井的设备选型、机具配套、钻进工艺措施是可行的。

(2)ZK1 号井经过 2 次空压机正循环洗井,水量虽有增大,但效果并不明显。建议在有条件时设计反循环洗井机具,效果可能更好。

(3)固井是地热井施工的重要环节。固井作业前,必须校正好井深,设计好套管串,排好顺序,并进一步校正套管强度。

(4)开工前应制定周密的安全应急预案。内容应包括“井喷失控应急预案”、 $\text{H}_2\text{S}$  中毒应急预案、防火应急预案等。

(5)定向井的设计,应充分考虑原井眼的轨迹和热储层的倾角,以最少的工作量穿透热储层。

### 参考文献:

- [1] 吕玉香,等.重庆市北碚区静观“中国花木之乡”地热井(ZK1)完井报告[Z].重庆:重庆市地勘局 208 水文地质工程地质队,2009.
- [2] 李连生.第三系地层中地热井施工常见的主要问题[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2004,31(9): 59 - 60.
- [3] 刘广志.特种钻探工艺学[M].武汉:中国地质大学出版社,1999.
- [4] 屠厚泽.钻探工程学[M].武汉:中国地质大学出版社,1987.