

北京国子监 JR-181 地热井施工工艺及开发评价

钱开铸 林 叶 常铁森

(航天建筑设计研究院有限公司,北京 100071)

【摘要】 地热资源作为新型可再生能源,可缓解北京经济发展与环境保护的矛盾。经过科学合理的勘查、设计和施工,成功完成 JR-181 地热井。施工过程中,成功处理钻杆断裂、卡钻-坍塌、裸孔成井塌孔堵孔及出水量小等问题,保证了钻进过程进行。该井最终成井深度 3700.88 m,日出水量 519.18 m³,出水温度 69.3 °C,通过验收并被评为优质井。该项目不仅填补了该地区无成功地热井的空白,也对在北京城区内推广地热资源起到积极作用。

【关键词】 地热井;事故;优质井;国子监

【中图分类号】 P 314.1

【文献标识码】 B

doi:10.3969/j.issn.1007-2993.2017.01.011

Drilling Technology and Exploration Evaluation in the Geothermal Well Construction in the Guozijian Region, Beijing

Qian Kaizhu Lin Ye Chang Tiesen

(Aerospace Architecture Design and Research Institute Co., Ltd, Beijing 100071, China)

【Abstract】 As a new type of renewable energy, geothermal resources can solve the contradiction between economic development and environmental protection in Beijing. After scientific and reasonable investigation, designation and construction, the JR-181 geothermal well has been successfully completed. In the processing of construction, successful treatments of drill pipe fracture, drill tool sticking, well blocking with collapse and the small amount of water yield, it ensured the drilling to be processed on schedule. The depth of well is 3700.88 m, the well yield per day is 519.18 m³, the temperature of water is 69.3 °C. With these conditions, the JR-181 geothermal well has been evaluated as high-quality geothermal well. This project has end up the history that there is no geothermal well in the Guozijian region, Beijing. In addition, it plays an positive role to promote geothermal resources development in Beijing.

【Key words】 geothermal well; construction risk; high-quality well; region of Guozijian

0 引言

随着全球经济发展与能源危机的矛盾的加剧,新型可再生能源逐渐成为未来能源战略的发展方向。地热资源作为一种普遍被人们所接受的蕴藏丰富的新型可再生能源,主要用途为发电、供暖、务农和行医等^[1-2]。据世界能源专家预计,地热资源的利用将占世界能源总量的 30% 以上。据调查,中国地热能潜力巨大,并且随着社会经济和生态环境建设的需求,中国地热开发利用每年的增长速度显著,其清洁能源的优势日益明显^[3-4]。由此可知,地热资源的开发与应用具有十分广阔的前景。

北京及周边地区位于国内著名的盆地型地热田,蕴含巨大的地热资源。并且随着北京城市发展与生态环境保护的对立,发展满足生产生活需求的

绿色能源,已成为该地区的重要发展战略之一。在北京地区,地热水集水、热、矿于一体,成功的地热资源项目可提供巨大的经济与环保效益。

由于地热井项目属于复杂系统的施工,有诸多因素影响其最终项目的成功。在地热井施工中会存在常见的施工问题,可分类为机械故障、地质风险及施工组织等方面^[5-7]。其中机械故障包含卡钻、掉钻及钻杆断裂等;地质风险包含漏失、出水量少及水质优劣等;施工组织的纰漏常引发塌孔或堵孔等问题^[8-13]。因此,如何在施工中出现问题时,有效并及时地处理问题,对保障地热井项目的成功显得尤为重要。

本文详细介绍了 JR-181 地热井的施工设计和具体的问题解决方法,这使得该施工项目得以成功,其成功不仅填补了该地区无成功地热井的空白,也

基金项目:北京航天勘察设计院有限公司科研项目(2016 年度)-地热井钻探过程中漏失问题的分析及治理方法的研究

作者简介:钱开铸,男,1987 年生,汉族,江西南昌人,博士,高级工程师,主要从事地热资源开发利用与保护相关工作。E-mail: qiankaizhu@126.com

对在北京城区内推广地热资源起到积极作用。

1 项目概况

京热-181号井(以下简称JR-181)位于北京市国子监街乙28号(原丁28号)。经北京市国土资源局地热管理处批准,勘查面积为0.66 km²,并审核批准可以施工地热井。JR-181号井实际钻进时间180 d,成井深度3700.88 m,日出水量519.18 m³,出水温度69.3℃,通过了北京市国土资源局地热管理处组织的专家验收,并被评为优质井(见图1)。

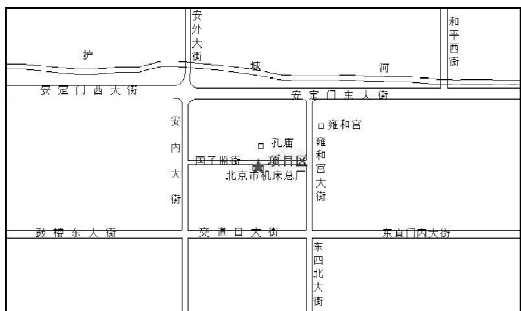


图1 项目区位置

从地质构造方面考虑,项目区位于北京凹陷东北翼,成井深度较深。且地理位置位于北二环内,面积狭小,无法使用大型钻机,对小型钻机的极限续钻能力及施工队伍的施工组织能力要求较高。此外,由于前期物探不明和钻进施工事故无法处理、后期洗井效果差等原因,在项目区邻近的同一构造单元内已存在1眼失败钻井(未出水),2眼不成功钻井(出水量小)的案例。

2 地质条件

2.1 地质构造

国子监地区大地构造位置处于华北断坳(Ⅱ级构造单元)北京迭断陷(Ⅲ级构造单元)坨里-丰台迭凹陷(Ⅳ级构造单元)偏东北部(见图2)。

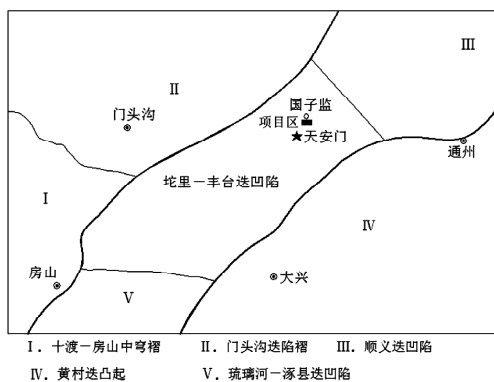


图2 项目区构造

2.2 地层岩性

1)第四系(Q):岩性为土黄色、棕褐色粉质黏土、黏质粉土夹砂砾石层,总体趋势为东北部较厚,向西南方向渐薄,厚度为80~160 m,工区附近厚度

130 m左右,与下伏地层不整合接触。

2)第三系(R):上部为红棕色粉砂质泥岩、砂质泥岩夹砂岩、砂砾岩,下部为灰绿色、紫棕色泥岩、砂质泥岩夹玄武岩及砂砾岩,总体趋势丰台-西四为沉积中心较厚,两翼渐薄,视厚度370~1500 m,工区附近视厚度1000 m左右,与下伏地层不整合接触。

3)白垩系(K):岩性为紫灰色砂质泥岩、泥质砂岩,底部为安山岩、英安岩及凝灰岩等。视厚度600~1500 m,工区附近视厚度1400 m左右,与下伏地层不整合接触。

4)侏罗系髫髻山组(Jt):岩性为紫红色、棕色安山岩及安山质熔岩角砾岩等,视厚度为200~1300 m,工区附近视厚度800 m左右,与下伏地层不整合接触。

5)蓟县系雾迷山组(Jxw):岩性为灰、灰白色白云岩、硅质白云岩及燧石条带白云岩,工区附近视厚度大于1000 m,未完全揭露。

3 项目设计

3.1 井身设计

由于附近地区暂未有成功地热井,依据区域地质调查报告及相邻地区钻探报告,设计JR-181井为“四开”井身结构,设计井深3700 m,目的层为蓟县系雾迷山组(Jxw),采用裸孔完井方法成井(见图3)。

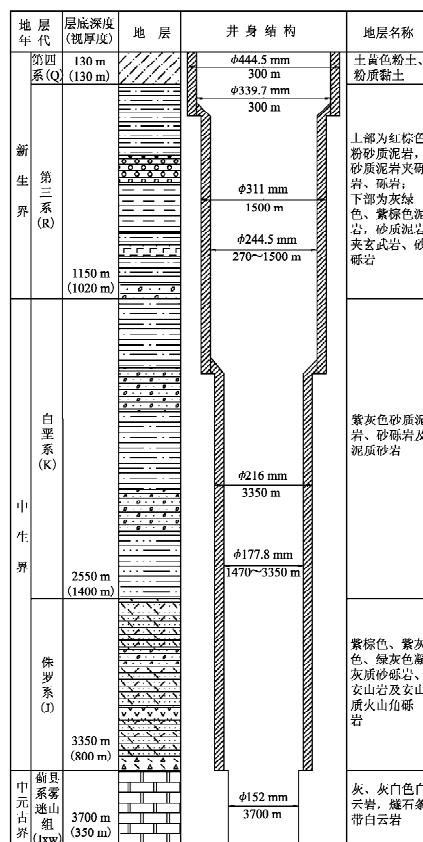


图3 井身结构

3.2 盖、储层特征

1) 盖层特征:第四系的粉质黏土、黏土层,第三系中的含砾含粗砂泥岩,白垩系中灰、深灰色泥岩,均属保温盖层。根据采集的数据可知,白垩系泥岩保温效果较好,地温梯度为 $2.45\text{ }^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$ (计算段埋深为 $1145\sim 2175\text{ m}$),见图 4。

2) 储层特征:储层为蓟县系雾迷山组燧石条带白云岩,岩石属于碳酸盐岩,质脆,受构造和地下水作用,易产生岩溶裂隙,利于地下水径流和赋存。根据采集的数据可知,地温梯度为 $1.86\text{ }^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$ (计算段埋深 $> 3350\text{ m}$),见图 4。

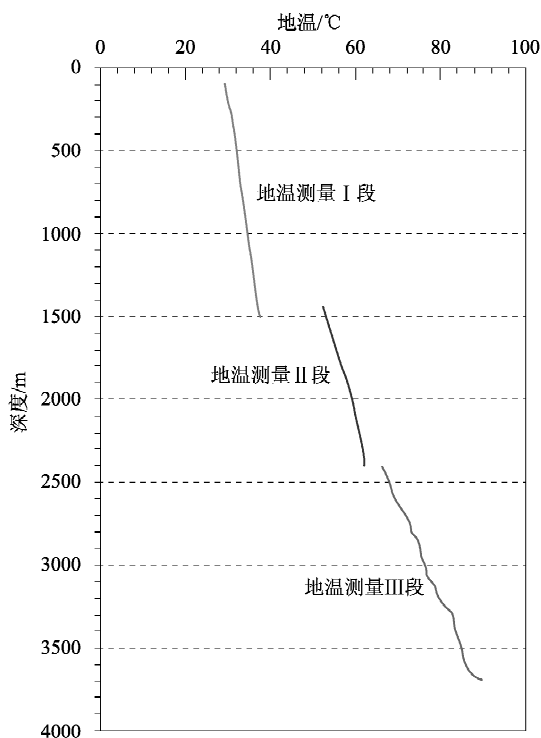


图 4 地温变化曲线

3.3 钻井设备

施工“一开”时选用水源-2000 型钻机,后来从“二开”开始,便使用 GZ-2600 型钻机至终孔,采用牙轮钻头正循环方式全面钻进。

4 成井工艺

4.1 一开阶段

本地热井“一开”孔直径为 $\phi 444.50\text{ mm}$,深度为 300.50 m 。下外径 $\phi 339.7\text{ mm}$ 的无缝钢管为表层套管,实际下入深度为 $0\sim 300.20\text{ m}$ 。水泥浆返至地表,预留水泥塞 10 m 。

4.2 二开阶段

“二开”施工孔径为 $\phi 311\text{ mm}$,深度为 1500.38 m 。下外径为 $\phi 244.5\text{ mm}$ 的无缝钢管为一级技术套管,含引

鞋、注浆阀及喇叭口,下入深度为 $270.13\sim 1500.38\text{ m}$ 并全固井,预留水泥塞 10 m 。

4.3 三开阶段

“三开”施工孔径为 $\phi 216\text{ mm}$,深度为 3041.01 m 。下外径 $\phi 177.8\text{ mm}$ 的无缝钢管为二级技术套管,预留水泥塞 10 m ,并采用上部戴帽。

4.4 四开阶段

“四开”施工孔径为 $\phi 152\text{ mm}$,深度为 3700.88 m 。下外径为 $\phi 139.7\text{ mm}$ 孔隙率为 18% 的花管,下入深度为 $3036.79\sim 3700.88\text{ m}$ 。

5 事故处理及风险规避

1) 钻杆断裂:施工过程中“二开”和“三开”均出现了一次钻杆断裂的事故,采用震击器解卡并起钻至套管脚,由于处理及时,可正常起钻,并未影响施工进度。

2) 卡钻-坍塌:终孔后洗净过程中,发生了卡钻-坍塌事故。及时采用用反丝钻杆卸开钻杆和套钻的方法,将卡钻事故处理,并将泥浆调稠,将坍塌的岩屑带出,处理了坍塌事故。

3) 裸孔成井塌孔堵孔:综合钻机的续钻能力和地层实际破碎情况,改变原设计中取水段裸孔完井的成井方法,下入 $\phi 139.9\text{ mm}$ 花管防止塌孔堵孔,有效避免取水段塌孔堵孔风险。

4) 出水量小:为了取得更大的出水效果,分析钻进施工中的施工记录,通过对钻进速度突然变化的部位和泥浆的漏失段的判断,采取了射孔工作,共射孔 7 段,共 35 m ,有效增加出水量,避免水量过小风险。

6 开发评价

6.1 百年总热量 Q_w

根据本井抽水试验资料,假设开采使用时出水量为 $519.18\text{ m}^3/\text{d}$,出水温度为 $69.3\text{ }^{\circ}\text{C}$,按此水量开采 100 年,所排放的总热量为:

$$\begin{aligned} Q_w &= 36500Q \cdot C_w(t_w - t_0) \\ &= 36500 \times 519.18 \times 982.76 \times (69.3 - 15) \\ &= 9.926 \times 10^{11} (\text{kcal}) \end{aligned}$$

式中: Q_w 为热水井开采 100 年所排放的总热量, kcal; Q 为热水井日开采水量, 519.18 m^3 ; C_w 为热井平均热容, $982.76\text{ kcal}/(\text{m}^3 \cdot ^{\circ}\text{C})$; t_w 为地热水的平均温度, $69.3\text{ }^{\circ}\text{C}$; t_0 为地热常温带温度, $15\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

6.2 单位面积热储能 Q_r

依据地热井地质剖面,地热井开采利用热储层单位面积可开采的热储量:

$$\begin{aligned}
 Q_r &= K \cdot H \cdot C_r (t_r - t_0) \\
 &= 0.15 \times 440.88 \times 594 \times (79.2 - 16) \\
 &= 2.483 \times 10^6 \text{ (kcal/m}^2\text{)}
 \end{aligned}$$

式中: Q_r 为地热井开采影响区内可采热储量, kcal; K 为热储层地热采收率, 碳酸盐岩取 0.15; H 为热水井所利用的热储层厚度, 440.88 m; C_r 为热储层平均热容量, 594 kcal / (m³ · °C); t_r 为热储层地热平均温度, 79.2 °C。

6.3 开采权益保护范围

按照均衡原理, 热储层可采热储量与地热井开采 100 年所排放总热量保持均衡所需热田面积为:

$$\begin{aligned}
 F &= Q_w / Q_r \\
 &= 9.926 \times 10^{11} \div (2.483 \times 10^6) \\
 &= 3.998 \times 10^5 \text{ (m}^2\text{)}
 \end{aligned}$$

上述地热田面积按圆面积估算地热井的影响半径:

$$\begin{aligned}
 R &= \sqrt{F/\pi} \\
 &= \sqrt{3.998 \times 10^5 \div 3.14} = 356.7 \text{ (m)}
 \end{aligned}$$

6.4 水质评价

本井地下热水水化学类型为 Cl⁻ · HCO₃⁻ - Na⁺ (氯重碳酸钠) 型水, 符合典型北京市地热水化学特征^[14]。根据热矿水类型分类可命名为氟、偏硅酸型温泉水, 具有医疗价值。本井热水中虽然其他水质常数指标符合要求, 但氟、铁和氯化物超标, 不适于饮用。

7 总结

1) 该地热井项目的成功, 满足了北京地区协调能源需求与绿色环保的矛盾的要求, 为在北京及周边地区推广地热资源创造了经济价值与环保效益。

2) 该地热井的成功完井, 填补了北京国子监地区地热资源开发的空白, 证明了该地区可在系统严谨的勘察、设计、施工的精心工作下, 开发利用可观的地热资源。

3) 施工中, 选用科学合理的方法, 处理卡钻事故, 并采用射孔技术, 在满足水温的基础上, 获得更大的水量。

4) 该地热井成井深度 3700.88 m, 日出水量 519.18 m³, 出水温度 69.3 °C, 属医疗热矿水, 通过

了北京市国土资源局地热管理处组织的专家验收, 并被评为优质井, 完成合同要求。

参 考 文 献

- [1] 彭文泉, 赵海滨, 戚树林, 等. 聊城市城区地热地质特征与地热资源开发利用[J]. 城市地质, 2014(2): 36-38.
- [2] 丁同领, 高 嵩. 武汉-1 超深地热井钻井成井工艺[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2012, 39(8): 23-25.
- [3] 庞忠和, 黄少鹏, 胡圣标, 等. 中国地热研究的进展与展望(1995-2014)[J]. 地质科学, 2014, 49(3): 719-727.
- [4] 汪集暘, 龚宇烈, 陆振能, 等. 从欧洲地热发展看我国地热开发利用问题[J]. 新能源进展, 2013, 1(1): 1-6.
- [5] 柯柏林. 地热资源勘查项目的风险管理[J]. 可再生能源, 2008, 26(6): 101-105.
- [6] 田 勇. 福州地热井施工组织与管理[J]. 探矿工程, 2003(增刊): 257-258.
- [7] 郝刚强, 王智慧, 姜亚东. 地热井施工流程及工程控制技术探讨[J]. 西部资源, 2015(1): 105-106.
- [8] 田京振, 李砚智. 河北省牛驮镇地热田钻探工艺[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2009, 36(8): 27-30.
- [9] 于进洋, 白占学, 郑秀华, 等. 控压钻井及其在高温地热勘探开发中的应用[J]. 2013, 40(1): 19-23.
- [10] 张长茂, 鲍洪智. 廊坊 s 地热井坍塌卡钻事故的发生及处理[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2007(11): 41-42.
- [11] 李振杰, 徐云鹏. 水泥浆自然平衡法堵漏技术在 RDH-1 地热井中的应用[J]. 西部探矿工程, 2012(5): 87-89.
- [12] 刘殿有, 冯长英, 王 利, 等. 从地热钻井大裂隙漏失的堵漏实践谈桥接堵漏[J]. 西部探矿工程, 2015(6): 35-41.
- [13] 于孝民, 杨春光, 董国明, 等. 唐山市第一眼蓟县系地热井钻探及成井技术[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2014, 41(2): 41-44.
- [14] 刘颖超, 刘 凯, 孙 颖, 等. 北京市地热水地球化学特征[J]. 南水北调与水利科技, 2015, 13(2): 324-329.

收稿日期: 2016-12-05