

贵德盆地地热井井内热交换工艺应用

冯林传¹, 赵 振^{2,3}

(1. 青海省地质调查局, 青海 西宁 810000; 2. 青海省环境地质勘查局, 青海 西宁 810007; 3. 青海省环境地质重点实验室, 青海 西宁 810007)

摘要: 地热作为一种绿色能源, 具有分布广、无污染、易开发利用等优点, 在供暖、旅游、温泉洗浴、医疗保健、种植养殖等领域具有不可替代的作用。贵德地区地处“三江源”地区, 地热资源开发利用将对“三江源”地区生态环境保护起到一定作用, 通过对贵德盆地 DR1 地热井深井内热交换工艺, 使该井出水温度由 41 °C 提高到 46 °C, 实现了利用井底高温岩石自行热交换方式提高地热井出口温度的目的。同时, 为类似地层地热增温提供了示范。

关键词: 贵德盆地; 地热井; 热交换工艺

中图分类号: P634; TP249 文献标识码: B 文章编号: 1672-7428(2016)10-0250-03

Application of Heat Exchange Process in Geothermal Borehole of Guide Basin/FENG Lin-chuan¹, ZHAO Zhen^{2,3} (1. Qinghai Geological Survey, Xining Qinghai 810000, China; 2. Environmental Geological Exploration Bureau of Qinghai Province, Xining Qinghai 810007, China; 3. Environmental Geology in Qinghai Province Key Laboratory, Xining Qinghai 810007, China)

Abstract: With the advantages of green, clean and easy exploitation, geothermal energy is widely distributed and has irreplaceable role in the fields of heating, tourism, spa bath, health care and cultivation & breeding. Guide area is located in the “Source of Three Rivers” area, the development and utilization of geothermal resources will play a role in ecological environment protection there. Heat exchange process was used in DR1 deep geothermal well in Guide basin, the water outlet temperature increased from 41 °C to 46 °C, the outlet temperature of geothermal well was risen by self heat exchange of high-temperature rocks at the bottom, which can be reference for geothermic warming in similar strata.

Key words: Guide basin; geothermal well; heat exchange process

当前, 应对气候、环境变化和能源资源安全已是全球共同关注的问题, 发展低碳经济、建设低碳型社会, 作为协调社会经济发展、保障安全与应对气候变化的基本途径, 已被越来越多的国家赞同^[1-2]。地热属于清洁的可再生能源^[3-6], 应用广泛、易于开发、无环境污染具有其他能源无法比拟的优越性。地热资源的开发利用, 将资源优势转化为经济优势, 对于实现经济快速发展和生态良性循环具有重要意义^[7-8]。贵德地区地处“三江源”地区, 地热资源开发利用将对“三江源”地区生态环境保护起到一定作用。本文介绍了贵德盆地 DR1 地热井井内增温施工工艺, 将为类似地热工程提供参考意义^[9]。

1 地热井基本情况及要求

结合贵德盆地地热地质条件, 实施地热勘探井

一眼, 设计井深为 2700 m, 编号为 DR1。该位于贵德县河西镇, 地貌部位属黄河南岸二级阶地前缘。目的是为了了解地层结构岩性, 确定深部热储位置、厚度和各项地热地质参数。要求出口温度 45 °C, 出水量 500 m³/d。

DR1 地热井采用 GA-2600 型钻机, 于 2012 年 9 月 11 日开孔, 先后完成了钻进、下泵室管、固井、岩屑录井、定深取心、定深测温、地球物理测井、下管、止水、洗井、射孔、抽水试验等工作, 于 2013 年 7 月 21 日结束全部工作, 历时 315 天, 终孔深度 2701.20 m。成井结构图见图 1。

2 地热地质条件

2.1 地层岩性

该孔所揭露地层自上而下依次为第四系、新近

收稿日期: 2016-05-05

基金项目: 国家高技术研究发展计划(863 计划)项目(编号: 2012AA052803); 青海省科技支撑计划项目(编号: 2014-GX-207)

作者简介: 冯林传, 男, 汉族, 1976 年生, 工程师, 水文地质与工程地质专业, 硕士, 从事水文地质、地热地质调(勘)查评价工作, 青海省西宁市德令哈路 278 号, zhaozhen906@126.com。

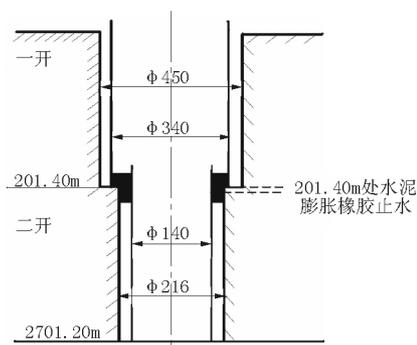


图1 DR1井井身结构示意图

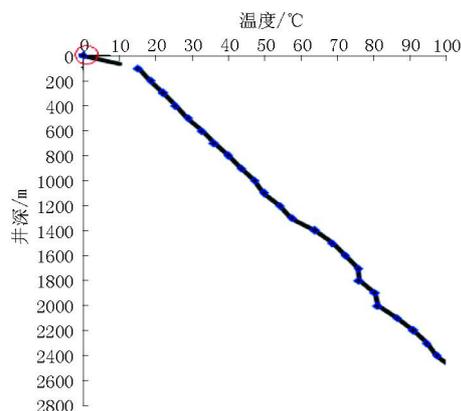


图2 DR1井井底温度与孔深变化曲线图

系、古近系及印支期花岗岩^[10-11]。地层岩性如下:

(1)第四系全新统(Q_4^{al}):冲积亚砂土及砂卵砾石层,厚度31 m。

(2)新近系上新统地层(N_2):上部以红色泥岩夹粗砂岩、中细砂岩、粉砂岩为主。下部以青灰色、灰白色泥岩、砂质泥岩为主夹薄层中砂岩、粉细砂岩,厚度为386.00 m。

(3)新近系中新统地层(N_1):上部以灰褐色泥岩、砂质泥岩为主夹薄层灰白色粗砂岩、中砂岩。下部为砖红色泥岩、砂质泥岩夹薄层粉细砂岩、中砂岩,厚度为307.30 m。

(4)古近系地层(E)以棕红色、桔红色泥岩、砂质泥岩、泥质砂岩夹薄层中细砂岩为主,厚度为682.70 m。

(5)印支期花岗岩(γ_5),完整花岗岩,厚度为1301.20 m。

2.2 热储特征

依据地层岩性及测井资料,DR1地热井划分为两个热储层段,即新近系低温热储及古近系热储^[12]。新近系低温热储:热储层段为226.30~397.00 m,含水层厚48.70 m,岩性主要为中砂岩。热流体温度为41℃,出水量达968 m³/d,是贵德盆地最理想的低温地热开发利用的热储层段。古近系中低温热储:热储层段为997.80~1372.40 m,含水层厚130.50 m,含水层岩性为粉细砂岩。热流体温度为35℃,出水量116 m³/d。花岗岩段有热无水,井底地层温度为107℃,从图2井底温度曲线可以看出:钻孔中的井温随井深增加而增高。

2.3 热源的初步分析

DR1井终孔井深2701.20 m,在1400 m处揭露到花岗岩体,揭露段长度为1301.20 m。井底花岗岩温度达107℃,从岩性和区域资料对比,该花岗岩

体应属印支期(γ_5)花岗岩体,成岩相对比较晚,岩体内存有热源体和离子蜕变产生大量热能成为贵德盆地地下热水的热源。另外,通过地热传导增温是形成地下热水的一个重要因素。该孔位于沿黄河东西向转换断层带的南侧,虽没有揭露到断裂带,但距离较近,深部热源的热能沿构造裂隙向上对流,储存和沿含水层向侧向扩散而形成地下热水^[13-14]。

3 井内热交换工艺及效果

3.1 井内热交换工艺

3.1.1 射孔

射孔技术的基本原理是利用射孔弹爆炸后,由聚能效应产生的高温高压爆轰波冲击套管而完成^[15]。本次目的将上部低温热储段含水层射开,利用低温热储段热水水量,通过井底高温花岗岩进行加温,提高热水温度,增大出水量。

(1)射孔设备参数:射孔枪型号为89 mm,长2.00~4.00 m为一根,每米有射孔弹16枚,每弹药量 ≤ 28 g,平均穿透 ≥ 750 mm。总计专用射孔弹800枚。

(2)射孔实施方案:根据物理测井资料,选取地层含水好的孔段进行射孔。射孔层段为227~670 m,分13段进行射井,射孔长度为50 m,射弹为800枚。

射孔顺序由下至上进行,射开后水量、水温有明显变化,井口自流量为5.618 L/s。水温达41℃。经抽抽水试验,出水量为968.46 m³/d,达到射孔要求。

3.1.2 井内热交换工艺

在井 $\Phi 140$ mm井管内,下入 $\Phi 73$ mm套管,在189.00 m处 $\Phi 140$ mm井管口采用膨胀橡胶止水,

Ø73 mm 套管总长度为 2680 m。强迫上部热水向下循环加热,孔底进入 Ø73 mm 导水管内,从井口抽出,从而提高地下热水的温度(图 3)。

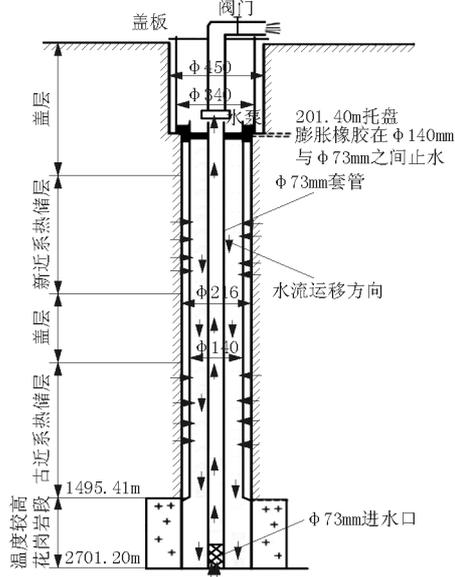


图 3 DR1 井井内热交换安装示意图

3.2 井底热交换效果

为了检验井内热交换效果,进行不同出水量抽水试验。

(1) 出水量控制在 $10 \text{ m}^3/\text{h}$ 左右时,动水位埋深 21.60 m,出水量为 $9.48 \text{ m}^3/\text{h}$,井口水温 $42 \text{ }^\circ\text{C}$ 。

(2) 出水量控制在 $20 \text{ m}^3/\text{h}$ 左右时,动水位埋深 127 m 左右,出水量为 $20.22 \text{ m}^3/\text{h}$,井口水温 $44 \text{ }^\circ\text{C}$ 。

(3) 出水量控制在 $25 \text{ m}^3/\text{h}$ 左右时,动水位埋深 180.84 m,出水量为 $25.14 \text{ m}^3/\text{h}$,井口水温 $46 \text{ }^\circ\text{C}$ 。

从上述试验结果可以看出:抽水的水量越大,水温增加的越高。

4 结语

通过低温高水量流体和无水高温岩石的热交

换,使 DR1 地热井温度提高了 $5 \text{ }^\circ\text{C}$ 左右,满足了设计技术要求,并取得了良好的效果。同时,为类似条件下地热资源开发积累了经验。

参考文献:

- [1] 卢予北. 河南地热(中深)井金属井管腐蚀与结垢试验研究[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2004, 31(8): 49-52.
- [2] 马忠平, 王艳宏, 沈健, 等. 天津馆陶组地热回灌井钻井和射孔工艺探讨[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2014, 41(8): 36-39.
- [3] 赵振, 于漂罗, 陈惠娟, 等. 青海省西宁地热田成因分析及资源评价[J]. 中国地质, 2015, 42(3): 803-810.
- [4] 蔺文静, 刘志明, 王婉丽, 等. 中国地热资源及其潜力评估[J]. 中国地质, 2012, 40(1): 312.
- [5] 李炳平, 叶成明, 何计彬, 等. 山东温石塘地热田回灌补源压裂增注试验[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2014, 41(12): 6-10.
- [6] 于孝民, 杨春光, 董国明, 等. 唐山市第一眼蓟县系地热井钻井及成井技术[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2014, 41(2): 41-44.
- [7] 卢予北. 郑州市超深层地热资源科学钻探工程[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2005, 32(7): 43-47.
- [8] 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.
- [9] 陈进宝, 苏金宝, 陈娟, 等. 句容赤山湖地热井成井工艺方法[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2013, 40(8): 35-38.
- [10] 赵福森, 张凯. 青海贵德 ZR1 干热岩井钻进工艺研究[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2016, 43(2): 18-23.
- [11] 赵振, 罗银飞, 陈惠娟, 等. 青海省贵德县三河平原区地热资源勘查报告[R]. 青海西宁: 青海省环境地质勘查局, 2014.
- [12] 陈惠娟. 青海省贵德盆地地热特征及地热资源评价[D]. 北京: 中国地质大学(北京), 2014.
- [13] 陈惠娟, 赵振. 青海省贵德盆地地热资源赋存条件及开发利用前景分析[J]. 青海环境, 2010, (4): 21-25.
- [14] 李小林, 吴国禄, 雷玉德, 等. 青海省贵德扎仓寺地热成因机理及开发利用建议[J]. 吉林大学学报(地球科学版), 2016, 46(1): 220-228.
- [15] 李永壮, 苟红彬, 贾兰凤. 射孔技术在地热资源开发中的应用[J]. 水文地质工程地质, 2002, 29(3): 49-51.