

某地热井水量小原因分析及洗井方法选择

张庆盟¹, 邢向渠², 赵普辉², 吴富政², 张文龙²

(1. 河南省地矿局第一地质勘查院, 河南 郑州 450001; 2. 河南省地矿局第二地质环境调查院, 河南 郑州 450053)

摘要:某地热井因施工周期长、中间又进行了事故处理等, 初步抽水水量较小, 后经物理、化学洗井方法相结合, 水量增加了2倍, 达到了预期效果。

关键词:地热井; 洗井; 方法选择

中图分类号: TE249 **文献标识码:** B **文章编号:** 1672-7428(2013)08-0039-03

Analysis on the Causes of Small Water Yield in a Geothermal Well and the Well Washing Method Selection/ ZHANG Qing-meng¹, XING Xiang-qu², ZHAO Pu-hui², WU Fu-zheng², ZHANG Wen-long² (1. No. 1 Geological Exploration Institute, Henan Provincial Bureau of Geo-exploration and Mineral Development, Zhengzhou Henan 450001, China; 2. No. 2 Institute of Geo-environment Survey, Henan Provincial Bureau of Geo-exploration and Mineral Development, Zhengzhou Henan 450053, China)

Abstracts: Because of the long construction period and the accident treatment, the initial pumping water was not sufficient in a geothermal well. By combining the physical and chemical well washing methods, the water yield increased by 2 times with the desired effect.

Key words: geothermal well; well washing; method selection

1 项目概况

1.1 地质概况

该区地层结构自上而下依次为: 第四系、新近系、二叠系、石炭系、奥陶系、寒武系等。

第四系主要岩性为粘土、细砂互层。新近系岩性以粘土为主, 夹灰白色砂质泥灰岩, 半胶结中细砂。

二叠系: 以灰、灰绿、深灰色灰岩, 灰、紫灰色泥岩、砂质泥岩, 灰黄、橙黄色中、细粒砂岩互层, 下部有薄层煤层, 该层厚度较大。

石炭系(C): 下部以燧石层、煤线和泥质粉砂岩为主; 中部为中粗粒石英砂岩、含黄铁矿颗粒和团块; 上部为灰色泥质细砂岩、砂质泥岩; 中间夹薄层煤。

奥陶系: 该区富集有多种组分, 年代由老到新均有分布, 上部以不同颜色的灰岩、白云岩、页岩为主, 下部则为砖红色细砂岩, 粉砂质泥(粉)晶白云岩。

寒武系: 该区深部为中元古界五佛山群马鞍山组。主要岩性为紫红、浅肉色厚层石英岩状砂岩, 底部为砾岩。

1.2 地层特点

该地热井开采段地层自上而下为: 石炭系、奥陶

系、寒武系灰岩、泥质灰岩及部分泥页岩等, 其特点是地层坚硬、脆, 间夹脉状、条带状石英, 岩石研磨性强, 对钻进工作不利。含水层特点是含条带状、斜层状、细微裂隙, 局部可能有小型溶洞。

1.3 采用的钻探方法

根据以上地层岩性特征, 我们选用泥浆正循环常规钻探方法钻进, 为加快钻进速度, 项目后期引入螺杆钻 + PDC 复合钻具钻进技术, 提高了钻进效率。

1.4 洗井抽水情况

在成井工作完成后, 根据钻井结构及特点先后进行了物理透孔、潜水泵大降深、空气、酸化洗井, 在每一次洗井工作完成后, 都用潜水泵抽水以验证洗井效果。

从抽水情况看, 采取有针对性的洗井方法, 每一种洗井工艺之后水量均较之前有所增加, 最终出水量达到 21 m³/h, 出口水温 38 ℃。

2 主要问题分析

该地热井水量小的原因大致可以归纳为以下几点。

2.1 地层原因

收稿日期: 2013-06-04

作者简介: 张庆盟(1961-), 男(汉族), 河南方城人, 河南省地矿局第一地质勘查院工程师, 钻探工程专业, 从事钻探工程技术研究及管理工作, 河南省郑州市高新区莲花街 56 号; 邢向渠(1975-), 男(汉族), 河南汝州人, 河南省地矿局第二地质环境调查院高级工程师, 勘察工程专业, 从事地热井施工、技术、项目管理等工作, 河南省郑州市南阳路 56 号地矿大厦 702 室, xxq-0016@163.com。

开采层段为灰岩、泥质灰岩、页岩,质地均一、稳定,含水层是含有少量的条带、倾斜及微裂隙,地层富水性差。

2.2 采用的钻进方法

为泥浆正循环方法钻进成孔,为了孔壁稳定,使用优质低固相不分散泥浆体系,其良好的性能可以顺利完成钻探工作,但对于以取水为目的的地热井来说十分不利,泥浆中的高分子处理剂及优质粘土吸附在孔壁上,并有部分钻井液渗透到裂隙内,很难排除。

2.3 事故处理

在钻井工程后期,因为发生了粘附卡钻事故,为处理事故安全,项目又加大了对泥浆方面的投入,事故处理前后历时28天,因此对于洗井工作带来了极大的不便。

3 洗井方法及效果

洗井方法的选定在地热洗井中显得尤其重要,经协商确定洗井的具体方法包括:物理透孔方法、潜水泵大降深洗井、空气洗井、酸洗井等,逐步增大出水量,以达到预期的目的。

3.1 物理透孔

即通过物理方法将粘附于钻孔壁上的泥皮、处理剂除掉。成井工作结束后,先后下入刷孔器和自制高压喷水器针对含水层位进行彻底的清洗。之后下入220 m扬程、20 t/h出水量的潜水泵进行试抽,从抽水的情况来看,出水量只有 $7 \text{ m}^3/\text{h}$,出口水温 $26 \text{ }^\circ\text{C}$,动水位在潜水泵上部。

3.2 空压机(即空气)洗井

第二步采用的是英格索兰 XHP-1070 型空压机洗井,性能为出风量 $30.6 \text{ m}^3/\text{h}$,额定压力 2.6 MPa 。其原理:通过高压空气将钻孔内的水排出,形成负压,在此负压作用下,将滞留在孔壁上的泥皮、岩屑、孔底沉淀以及储存在裂隙内的部分钻井液残留物从孔内返出,达到洗井的目的。

3.2.1 空压机正循环洗井

因为是基岩地热钻孔,地层稳定,首先直接下入钻杆,用钻杆作为风管,与方钻杆、高压管直接连接到空压机上,开动空压机待其工作稳定后,向井内送风,初步下钻深度为220 m,当井内的存水被吹出后,继续加接钻杆80 m后继续吹风,不断增大钻杆下入深度,最后钻杆下至420 m持续送风洗井,达到大降深空压机洗井的目的。从洗井的效果来看,能够初步达到洗井的目的,井水颜色从灰黑色变为灰

黄色,再变为灰白色、乳白色。经抽水检测:出水量为 $12 \text{ m}^3/\text{h}$,出口水温为 $28 \text{ }^\circ\text{C}$ 。

3.2.2 下入混合器洗井

根据现场施工条件,我们用260 m $\text{O}60 \text{ mm}$ 钻杆,加工一气水混合器,将主钻具下到孔底,气水混合器下到260 m深,以上为双钻具。将 $\text{O}60 \text{ mm}$ 钻杆与进风管连接,将 $\text{O}89 \text{ mm}$ 钻杆与方钻杆、高压管、出风管连接,形成气路循环:高压风从进风管、 $\text{O}60 \text{ mm}$ 钻杆下行进入气水混合器,在此处受高压空气压力作用下进入 $\text{O}89 \text{ mm}$ 钻杆内,其在 $\text{O}89 \text{ mm}$ 钻杆内部形成气液混合物,因其密度比纯水小,将沿着 $\text{O}89 \text{ mm}$ 钻杆上行,从方钻杆、出风管排出孔外。而混合器上部的气液混合物对其下部的 $\text{O}89 \text{ mm}$ 钻杆内的清水形成负压,在该负压的作用下,混合器下部的水源源不断地从孔底通过 $\text{O}89 \text{ mm}$ 钻杆上返至地表,形成洗井通道。根据多种固相在钻杆中的上返流速理论:当选用风量设定为 $10 \text{ m}^3/\text{min}$,出水量为 $7 \text{ m}^3/\text{h}$ 时在 $\text{O}89 \text{ mm}$ 钻杆内的上返流速可达到 43.8 m/s ,能够将直径 0.035 m 的岩屑返出^[2],因此其洗井效果相当显著。

从现场洗井情况看,出水量仍然没有多大变化,为了增大洗井效果,通过向孔内注入清水以弥补水量的不足,还能清除孔底沉渣。在经过2天的洗井后,下泵抽水检测洗井效果,出水量为 $15 \text{ m}^3/\text{h}$,出口水温 $34 \text{ }^\circ\text{C}$,静水位为230 m。

3.3 酸化洗井

经过上述洗井方法处理后,仍没有达到设计及预定的目标。而含水段地层多为泥灰岩、白云质灰岩等地层,确定采用酸化洗井,选用高浓度的盐酸作为目的液体进行灌注。

其作用原理:含水层位矿物主要为灰岩,其本身就与盐酸发生化学反应,可以使本来不太发育的裂隙变宽变大;滞留在裂隙内的钻井液主要成分是优质粘土和处理剂,而粘土矿物结构在一定条件下处于一种稳定状态,并具有一定的粘结力(图1),常规方法无法将其从裂隙中清除干净。通过盐酸的作用,负离子可以与粘土的 Al^{3+} 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 Fe^{3+} 等

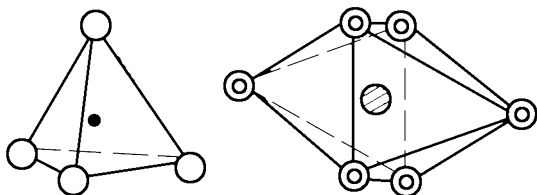


图1 粘土矿物的晶体结构形式

反应形成可溶性产物和大量气体,再通过空气洗井中形成的负压将其充分排出,进一步疏通含水通道,达到洗井的目的^[1]。

3.3.1 盐酸灌注量的确定

在准确对比有利含水层位置、深度及累计厚度后,根据钻孔直径及超径系数计算盐酸用量 Q :

$$Q = k\pi r^2 h$$

式中: r ——钻孔直径; h ——注酸段总长度; k ——超径系数。

初步确定灌注盐酸总长度 h 为 320 m,将有关数据代入上式计算,可得出该孔盐酸灌注量为 13.5 m³,为确保盐酸足够的使用量,确定本次灌注量为 15 m³。

3.3.2 顶替盐酸量的计算

在盐酸灌注完后,为将滞留在钻具内的盐酸全部注入地层,应采用清水加稳定剂的混合物顶替盐酸到钻具与钻孔的环隙。具体替浆量计算如下:

$$Q_t = V_1 + V_2 + V_3 + V_4 + V_5$$

式中: Q_t ——替浆量; V_1 ——钻杆内容积; V_2 ——方钻杆内容积; V_3 ——高压管内容积; V_4 ——泥浆泵内容积; V_5 ——进水管内容积。

经过计算,替浆量为 7.48 m³。

3.3.3 酸化洗井效果

在盐酸洗井工作完成后,下入出水量为 20 m³/h、扬程为 370 m 的深井潜水泵进行抽水洗井。经过 3 天的洗井后,出水量达到 21 m³/h,出口水温 38 ℃,达到了设计及项目预期的目的,获得了较为满意的技术经济效果。

3.4 洗井效果对比

通过以上不同的洗井方法对该地热井进行充分的清洗,逐步地增加了水量、水温等,达到了预期的目的,具体见表 1。

表 1 不同洗井方法的效果

洗井方法	出水量/(m ³ ·h ⁻¹)	出口水温/℃
常规洗井	7.0	26.0
空压机洗井	15.0	34.0
酸化洗井	21.0	38.0

4 结论与建议

4.1 结论

从整个地热井项目的施工情况看,造成水量小的原因有:

(1) 地层因素:主要由泥岩、砂岩、灰岩地层组成,硬度大,研磨性强,且所含裂隙较小,多数发育程度差;

(2) 钻进方法:施工采用常规泥浆正循环钻进工艺,由于钻井液的长期使用形成泥皮附着,部分渗透到裂隙内;

(3) 钻孔事故:孔内事故的处理使钻井液滞留孔内的时间较长,增加了洗井难度;

(4) 施工周期长。

项目根据施工情况,合理选用了物理、空气、酸化洗井方法对该地热井进行彻底的清洗,逐步增大了出水量,达到了洗井的目的。

4.2 建议

通过该项目洗井情况,我们建议:

(1) 优化钻井工艺,采用先进的钻进技术钻进成孔,优先选用空气钻井、气举反循环钻井等欠平衡钻进技术;

(2) 尽量不使用钻井液参与的钻探方法,避免钻井液对地层的污染;

(3) 根据钻进方法及地层特点,合理选用不同的洗井方法或洗井组合,往往能够达到理想的洗井效果。

(4) 按照每种洗井方法的操作要求及操作步骤进行,确保每种洗井工艺达到预期的目的。

参考文献:

- [1] 卢予北. 钻探技术研究与实践[M]. 河南郑州:黄河水利出版社,2008.
- [2] 杨宗仁,袁洁,张鹏,等. 超大直径、巨厚漂卵石地层钻井泥浆护壁洗井工艺技术[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2010,37(4):50-53.
- [3] 谷懿,胥建华,胥妹. 大峡谷地热井增水技术措施分析[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程)2006,33(6):49-52.
- [4] 任良志,李勤义,熊章华,等. 地热井洗井工艺探讨[J]. 地下空间与工程学报,2010,(S2).
- [5] 刘广志. 特种钻探工艺学[M]. 湖北武汉:中国地质大学出版社,1999.