

青海贵德地区 DR1 地热井井旁涌水原因分析 及处理工艺应用研究

赵东阳^{1,2,3}, 赵 振^{1,2,3}, 罗银飞^{1,2,3}, 董高峰^{1,2,3}, 童 珏^{1,2,3}

(1.青海省环境地质勘查局,青海 西宁 810007; 2.青海省环境地质重点实验室,青海 西宁 810007; 3.青海省地质环境保护与灾害防治工程技术研究中心,青海 西宁 810007)

摘要:地热资源属于清洁能源,主要通过地热井方式进行开发利用,成井工艺质量决定地热资源开发利用。贵德盆地 DR1 地热井由于成井时间较长,出现井旁涌水事故。本文详细分析了井旁涌水原因,采用合理方式成功处理涌水事故。为类似地热工程提供借鉴。

关键词:贵德盆地;地热井;井旁涌水;清洁能源

中图分类号:P634.8;TE249 **文献标识码:**A **文章编号:**1672-7428(2018)10-0087-04

Causes and Treatment of Water Gushing at DR1 Geothermal Well in Guide, Qinghai/ZHAO Dong-yang^{1,2,3}, ZHAO Zhen^{1,2,3}, LUO Yin-fei^{1,2,3}, DONG Gao-feng^{1,2,3}, TONG Jue^{1,2,3} (1.Bureau of Environmental Geology, Qinghai Province, Xining Qinghai 810007, China; 2.Key Laboratory of Environmental Geology, Qinghai Province, Xining Qinghai 810007, China; 3.Qinghai Engineering Research Center for Geo-Environmental Protection and Disaster Prevention, Xining Qinghai 810007, China)

Abstract: Geothermal resources, a type of clean energy, are mainly developed and utilized by geothermal wells; thus, the well completion quality is critical to the development and utilization of geothermal resources. Due to the long construction time of DR1 Geothermal Well in Guide Basin, water gushing occurred near the well. The causes of water gushing near the well are analyzed in detail and the proper way applied to treat the water gushing problem, providing reference for similar geothermal drilling works.

Key words: Guide Basin; geothermal wells; well water gushing; clean energy

地热属于可再生能源^[1],也是一种新型的清洁能源^[2],地热资源的开发利用,不仅可以取得显著的经济和社会效益,更重要的是还可以取得明显的环境效益^[3]。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的作用^[4],贵德盆地是青海省地热资源较丰富的地区^[5]。地热井不同于其他的建设工程,它是一个重要的地下隐蔽工程,其质量不好不仅是经济的问题,更重要的是由此而引发的一系列环境问题,造成一些不可挽回的损失^[6]。在贵德地区地热勘查过程中,DR1 号地热井井旁出现涌水现象,笔者分析其井旁涌水原因,采取合理处理方案,取得了良好的效果。研究总结涌水原因和处理工艺,可为同类工程事故提供借鉴^[7]。

1 地热地质条件

1.1 地层岩性

该孔所揭露地层自上而下依次为第四系、新近系、古近系及印支期花岗岩^[8-9]。地层岩性如下:

(1)0~38.35 m 为第四系全新统冲积(Q₄^{al})亚砂土及砂卵砾石层;

(2)38.35~391.45 m 为新近系上新统(N₂)灰色泥岩,砂质泥岩夹粗砂岩、中细砂岩、粉砂岩地层;

(3)391.45~785.85 m 为新近系中新统(N₁)灰黄色、棕黄色泥岩,砂质泥岩夹薄层细砂岩、中砂岩地层;

(4)785.85~1490.55 m 为古近系(E)棕红色泥岩、砂质泥岩夹薄层中、细砂岩地层,岩性致密完整,裂隙不发育;

收稿日期:2018-07-02

基金项目:青海省科学技术厅基金项目“青海省贵德县扎仓沟地热田热储特征及热潜力研究”(编号:2016-2J-769)

作者简介:赵东阳,男,汉族,1987年生,助理工程师,水文地质与工程地质专业,主要从事水文地质、地热地质调(勘)查评价工作,青海省西宁市德令哈路278号,869089182@qq.com。

(5) 1490.55~1709.56 m 为印支期花岗岩(γ_5),破碎带裂隙发育,肉红色,致密坚硬。

1.2 地热地质特征

贵德盆地构造层热自流水赋存于第三系构造层中,该地区 200~600 m 的钻孔在不同深度上都揭露到地下热水,形成东西长约 10 km,南北宽约 5 km 的构造盆地型地热异常区,属断陷盆地型层状热储,水温 18.5~34.6 °C。其热储类型及控热机制为大地热流传导增温的裂隙孔隙层状热储^[10]。

1.2.1 新近系低温热储

(1) 盖层。热储顶板埋深于 235.20 m,其上地层主要为新近系上新统砂质泥岩、泥岩、粉砂岩及中粗砂岩,盖层厚度为 235.20 m。

(2) 热储特征。新近系低温热储段埋深在 235.20~556.45 m,热储段长 321.25 m,含水层岩性为中砂岩,厚度 27.35 m。该热储承压水头高出地面 8.87 m,最大降深 25.89 m,出水量为 1288.22 m³/d,热流体水温为 36.5 °C。该低温热储地热增温梯度为 8.81 °C/100 m。

1.2.2 古近系中低温热储

(1) 盖层。热储顶板埋深于 608.50 m,其上地层主要为新近系中、上新统(N)泥岩、砂质泥岩夹薄层中细砂岩及粉砂岩,盖层厚达 608.50 m,岩性为泥岩、砂质泥岩,致密坚硬无裂隙,隔水保温性能良好。

(2) 热储特征。古近系热储段埋深在 608.50~1594.70 m,热储段长度为 986.20 m,岩性为古近系棕红色泥岩、砂质泥岩夹中细砂岩和粉砂岩。该段地热增温梯度为 5.29 °C/100 m,经抽水试验,水量较小,该热储段是处于有热无水状态,开发利用价值较低。

1.2.3 热源的初步分析

本孔在 1490.55 m 揭露到花岗岩体,从岩性和区域资料对比,该花岗岩体应属于印支期(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体,地下水热能主要来源于此花岗岩热源体,通过构造裂隙对流和地热传导增温形成地下热水。

2 项目概况

2.1 地热井施工

该地热井选用 BSZ3200 型钻机施工(见图 1)。

本孔于 2010 年 6 月 14 日开孔,进行钻进下泵室管、固井、岩屑录井、测井、下管止水、洗井、抽水试验等工作,于 2010 年 11 月 17 日结束全部工作,历时 155 天,终孔深度 1709.56 m。



图 1 BSZ3200 型钻机施工现场

2.2 成井情况

该地热井采用“二开”成井结构(见图 2)进行施工。

年代地层	深度/m	井身结构	备注	
新近系(N)	第四系(Q ₄)		一开 钻头直径: 445mm 所钻井深: 206m 套管直径: 339.7mm 套管下深: 200.06m 水泥封固段: 0~201m	
	上新统(N ₂)			391.45
	中生界	中新统(N ₁)		二开 钻头直径: 215mm 所钻井深: 1709.65m 套管直径: 139.7mm 套管下深: 1515.27m 套管重叠: 8.26m
		古近系(E)	785.85	
印支期(γ_5)	1490.55			
	1709.56			

图 2 地热井井身结构示意图

2.2.1 钻井技术及口径

(1) 一开,用 $\Phi 445$ mm 牙轮钻头钻至 200.06 m,下入 $\Phi 273$ mm 泵室管,高出地面 0.68 m。

(2) 二开,利用 $\Phi 216$ mm 牙轮钻头钻至井底 1709.56 m。下入套管 706.68 m,滤水管 808.59 m。

2.2.2 止水

(1) 0~200.00 m,下入 $\Phi 273$ mm 套管,管外采用优质水泥封固止水,使用高压泵入法注入水泥浆

至返至井口为止,共用水泥 20 t。

(2)193.00~200.00 m 在 198.50~199.00 m 处止水,上部用水泥封固。

(3)深部止水位置:在 597~598 m 泥岩段进行止水。

(4)止水材料:198.50~199.0、597.00~598.00 m 处采用膨胀橡胶和优质海带止水。

(5)在大厚度泥岩层位置加了 5 道扶正器,一是起到扶正管子的作用,二是起到阻砂器的作用,阻止砂层砂粒下沉堵塞含水层。

(6)下管止水后等待膨胀橡胶膨胀 48 h 后进行冲孔返浆。后经检查,止水效果良好。

2.2.3 洗井

采用活塞、水泵联合洗井,通过拉活塞和水泵反复抽洗、达到水清砂净,达到洗井效果。

2.2.4 抽水试验

抽水试验段为 235.00~556.45 m 段,含水层为新近系中砂岩,厚度为 27.35 m。本次抽水试验,进行 3 个落程抽水试验。最大降深为 28.10 m,出水量为 1288.22 m³/d,水温为 36 ℃。

3 井旁涌水原因分析及处理方案

3.1 井旁涌水原因分析

该地热井竣工移交地方后,于 2015 年 3 月发现在该地热井旁 3 m 处有涌水现象发生(见图 3),现场测量涌水量为 100 m³/d。根据涌水现象进行分析,可能出现涌水原因有两种情况。

(1)第一种情况,上部 $\Phi 273$ mm 套管腐蚀或破损造成的涌水。套管破损的原因一般为:①套管固井时,因泥浆密度较高而产生串浆,对于固井质量较差的部位,在钻杆抽击或钻头敲击下,管体破损;②拉槽破损;③提钻过程中,钻头将公扣处管口卷起;④抽水过程中,热潜泵泵头敲击^[11]。



图 3 DR1 地热井井旁涌水

(2)第二种情况, $\Phi 273$ mm 套管管外地层涌水,地热井 0~38.35 m 为第四系砂卵石层,没有好的隔水层,长期地下水掏蚀作用,地层中粉细砂流失导致地下水上涌,造成井旁涌水现象。

3.2 处理方案

根据前述井旁涌水事故原因分析,处理方案如下。

(1)第一处理方案(管内止水法):若套管破损范围在 0~20 m 范围内建议先做孔内影像以确定破损位置(见图 4)。

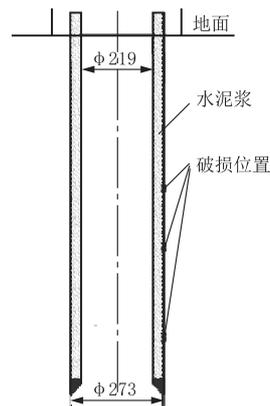


图 4 第一修井方案示意图

具体步骤:①下入 $\Phi 219$ mm 套管,下入深度大于 $\Phi 273$ mm 套管腐蚀或破损位置;② $\Phi 219$ mm 套管下部进行膨胀橡胶海带法止水;③检查止水效果良好后,使用泵入法由 $\Phi 273$ mm 套管与 $\Phi 219$ mm 套管间隙注入水泥,水泥由套管破损位置返出为准,封闭全部环状间隙直至孔口。

(2)第二处理方案(帷幕灌浆法):若 $\Phi 273$ mm 套管外部地层由于第四系孔隙潜水长期掏蚀作用形成涌水通道造成涌水(见图 5)。

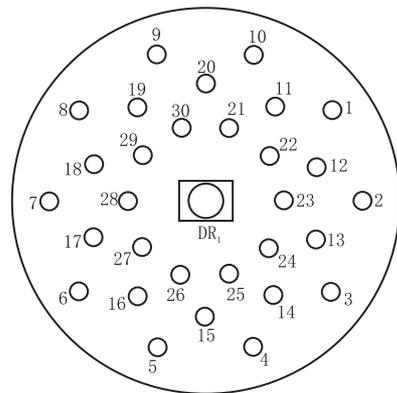


图 5 第二修井方案示意图

处理步骤:①以该地热井为中心,直径范围 10

m内,打8~30个小孔,孔深7~10 m,孔径60 mm,小孔以梅花环状绕于地热井周围;②小孔内下入1 in 钢管;③地热井内下入水泵,将水位抽至10 m以下;④待水位下降至10 m以下时,采用泵入法通过钢管注入水泥浆,以达到对地热井套管周围涌水地层的封闭。

4 井旁涌水事故处理

根据该地热井井旁涌水原因分析及处理方案,井旁涌水事故处理步骤如下。

首先采用第一种修井方案,将60 m³/h深井水泵下至 $\phi 273$ mm套管内50 m进行抽水试验,当井内水位下降值27 m时,井旁涌水现象消失。

由此确定,井旁涌水主要是上部 $\phi 273$ mm套管27 m左右套管之间连接处腐蚀或破损造成的涌水。

其次,根据套管破损位置,下入30 m $\phi 219$ mm套管,底部进行膨胀橡胶海带托盘止水,等待膨胀橡胶膨胀48 h后,检查止水效果(见图6)。

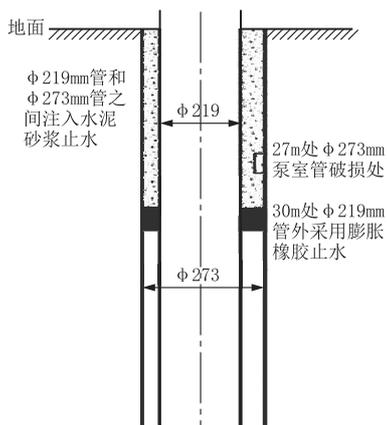


图6 DR1井修井工艺示意图

最后,在 $\phi 273$ mm套管与 $\phi 219$ mm套管间采用优质水泥封固止水,使用高压泵注入水泥浆返至井口为止,封闭全部环状间隙直至孔口。

同时,为了防止该地热井周边由于地下水长期掏蚀作用形成的孔隙,管外造成二次涌水现象,处理时,兼顾第二种修井方案在地热井周边进行帷幕灌浆,确保地热井周边不再发生涌水事故:①以该地热井为中心,直径范围1、3、5 m内,打8~20个小孔,

孔深7~10 m,孔径60 mm,小孔以梅花环状绕于地热井周围;②小孔内下入1 in 钢管;③采用泵入法通过钢管注入水泥浆,以达到对地热井套管周围涌水地层的封闭。

5 处理效果检验

该地热井修井处理后经3年多时间,未发现钻孔及其附近有涌水现象,证明该井井旁涌水处理效果较好。

6 结语

通过DR1号地热井井旁涌水原因分析,认为今后地热井在施工过程中,管材连接处绝对不能出现损坏现象,否则会造成严重后果。本次对DR1地热井井旁涌水处理工艺取得了良好效果,可为今后类似地热井事故处理提供经验。

参考文献:

- [1] 赵振,于漂罗,陈惠娟,等.青海省西宁市地热田成因分析及资源评价[J].中国地质,2015,42(3):803-810.
- [2] 卢予北,李艺,卢玮,等.新时代地热资源勘查开发问题研究[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2018,45(3):1-8.
- [3] 罗文行,孙国强,房艳国,等.景洪市嘎栋地热井特征及成井工艺总结分析[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2016,43(10):257-260.
- [4] 冯林传,赵振.“孔内热交换工艺”在贵德盆地地热井勘探中应用研究[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2016,43(10):250-252.
- [5] 郭万成,时兴梅.青海省贵德县(盆地)地热资源的开发利用[J].水文地质工程地质,2008,35(3):79-92.
- [6] 卢予北.地热井常见主要问题分析与研究[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2004,31(2):44-47.
- [7] 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):18-23,35.
- [8] 赵振,罗银飞,陈惠娟,等.青海省贵德盆地地下水资源勘查报告[R].青海西宁:青海省环境地质勘查局,2014.
- [9] 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.
- [10] 廖媛,马腾,陈柳竹,等.青海贵德盆地高神低温地热水水化学特征[J].水文地质工程地质,2013,40(4):121-126.
- [11] 张勇,彭新明.地热井表层套管常见事故及处理技术[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2011,38(12):32-34.