

废弃油井改造为地热井技术分析

董秋生, 黄贤龙, 郎振海, 杨忠彦

(天津地热勘查开发设计院, 天津 300250)

摘要: 天津地区具有丰富的地热资源和油气资源, 20 世纪 90 年代大港石油集团公司为寻找石油在塘沽地区开凿了一大批石油开采井, 随着石油资源的日益枯竭, 多数油井均已废弃。本文结合该区地热地质资料和油井井身结构, 探索将废弃的石油井改造为地热井, 并通过 T38-1、T38-2 井成功改造实例证明其可行性, 为类似工程提供了借鉴。

关键词: 废弃油井; 地热井; 油井改造

中图分类号: T249 文献标识码: A 文章编号: 1672-7428(2016)06-0018-04

Technical Analysis on Transforming Abandoned Oil Well into Geothermal Well/DONG Qiu-sheng, HUANG Xian-long, LANG Zhen-hai, YANG Zhong-yan (Tianjin Geothermal Exploration and Development-Designing Institute, Tianjin 300250, China)

Abstracts: Tianjin area is rich in geothermal resources and oil and gas resources. In 1990s, Dagang Oilfield Co., Ltd. built a large number of exploited wells for oil prospecting in Tanggu area. With the oil resource exhausting, most of the wells have been abandoned. Combined with geothermal geological datas and oil well configurations, the methods of transforming abandoned oil wells into geothermal wells is explored in this paper, the feasibility is proved through the successful transformation examples of T38-1 and T38-2 wells.

Key words: abandoned oil well; geothermal well; oil well transformation

0 引言

20 世纪 90 年代大港石油集团公司为寻找石油, 在塘沽地区开凿了一大批石油开采井, 目前从油气资源开发的角度考虑, 这些油井应属于废井, 已没有使用价值, 但从地热资源开发利用角度, 经过分析评价, 仅需要对这些石油勘探报废井投入少量资金加以改造, 便可使其成为极有价值的地热井, 产生新的经济价值。并且这些油井的深度、井身构造和套管程序等都适合改造为地热井。符合国家节能减排和能源结构优化的新形势。

1 区域地热地质条件

工作区位于华北沉降带东北部的黄骅凹陷西北部, 北塘凹陷南侧的塘沽鼻状构造带上, 其南部经海河断裂与板桥凹陷相接, 西临沧县隆起。该鼻状构造向东倾伏, 是长期发育的基岩潜山构造, 该构造的形成与海河断裂压扭活动有直接关系, 构造分西断鼻、中背斜、东断鼻三部分。断裂构造中对本区地热地质条件影响较大的是海河断裂(见图 1)。

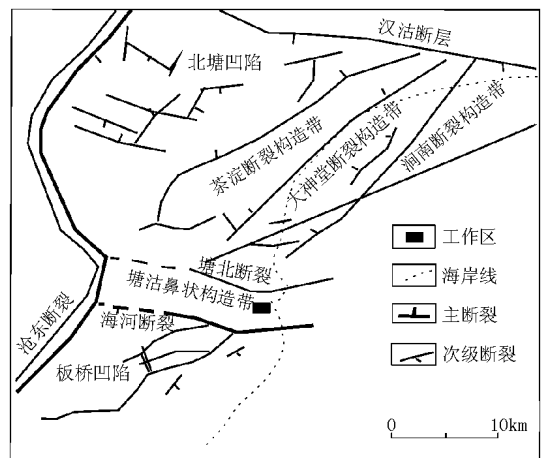


图 1 滨海新区断裂体系图^[1,14]

该地区新生界沉积厚度 3000 m 左右, 揭露地层自上而下有: 新生界第四系、新近系明化镇组和馆陶组、古近系东营组。其岩性描述如下。

(1) 第四系普遍发育, 底板埋深为 340~400 m。岩性为土黄色、浅灰色粘土、粉细砂及浅黄色不等厚薄层的砂质粘土。

(2) 新近系明化镇组发育较为稳定, 底板埋深

1525~1590 m。呈厚层状分布,按岩性特征分为上、下两段。上段为厚层棕红色、灰绿色泥岩,间夹灰白色粉细砂岩;下段为暗棕色、棕红色、含紫红色泥岩与砂岩互层。富水层岩性为粉细砂岩、中砂岩,水温39~50℃,孔隙度约为25%,单井涌水量为40~60 m³/h。

(3)新近系馆陶组具有旋回性强的沉积特点,按岩性可分为三段。

馆Ⅰ:厚度约100 m,岩性为浅灰色粉砂岩与深灰绿色、棕红色、紫红色泥岩呈不等厚互层。富水段岩性以粉—细砂岩为主,孔隙度为25%~30%,水温50~63℃,单井涌水量40~110 m³/h,流体化学类型多为Cl·HCO₃-Na型,矿化度1200~2000 mg/L。

馆Ⅱ:厚度80~100 m,岩性为暗棕红色及灰绿色泥岩,夹棕黄色泥质砂岩及粉细砂岩薄层。

馆Ⅲ:厚250~300 m,上部含砾砂岩偶尔夹薄层泥岩,下部为淡黄色、灰白色、肉红色、灰黑色砂砾岩,成分以石英、燧石为主。该层为本地区主要热储层,富水岩性以含砾砂岩、砂砾岩为主,孔隙度为25%~35%,渗透率在800~1500×10⁻³ μm²之间,井口水温57~85℃,单井涌水量40~120 m³/h,水化学类型多为HCO₃-Na型,矿化度1500~2000 mg/L。

(4)古近系东营组厚度为200~300 m,岩性为灰绿色泥岩与灰白、浅灰色砂岩与含砾砂岩互层,厚度变化较大。

2 废弃油井的选择和改造方法

2.1 废弃油井的选择

改造废弃油井时谨慎选择井位尤为重要。首先,必须通过查找该井的水文地质条件(地层资料、岩性、赋水性、渗透率等)进行详细的分析、论证,有条件的井(孔)还要对含水层厚度分布等情况进行分析,以确定该井热储层条件有无改造价值。然后,收集废弃井的井史、井身结构等资料。另外,尽量选择已下入套管,井身结构完整的废弃井,由于采用二开成井方式的废弃井只有Ø139.7 mm 油层套管,管径细影响出水,改造困难且效果较差,所以应尽量选取三开成井方式,同时表层套管下入深度和直径符合下入潜水泵的要求的废弃井进行改造。

2.2 废弃油井的改造方法

常用的废弃井改造方法主要有3种:开天窗侧钻法、直接射孔法、改造泵室射孔法等。

开天窗侧钻法适用于未钻穿馆陶组或地层结构较好但井内有异物堵塞的三开井。开窗侧钻时首先需要在需要开窗的位置爆破,取出油层套管,然后在爆破位置以下打入50 m厚的水泥塞,最后按照设计进行钻探施工、下管等,这种方法改造成本较高。

直接射孔法适用于已钻穿馆陶组且泵室符合要求的废弃井,改造时在取水层下部做个人工井底,然后对照测井资料在相应含水层处射孔即可,故改造成本较低。

对油井的泵室不符合要求的,应首先改造泵室,即在深度300 m处割断并提出原技术套管和油管,同时封堵两管之间的环形空间。然后再在相应的射孔段射孔,这就是改造泵室射孔法。

3 废弃油井改造案例

本文以T38-1、T38-2两眼石油井的改造施工为例,对废弃油气井的施工过程进行说明,本次改造的废弃井泵室符合要求井身结构好,故采用成本较低直接射孔法。

3.1 热储层情况分析

T38-1、T38-2石油井于20世纪90年代成井(地质报废),井深3301.5 m,钻遇地层均为新生界的第四系、新近系明化镇组和馆陶组、古近系东营组和沙河街组,成井层位均为古近系沙河街组。井身结构如图2所示。

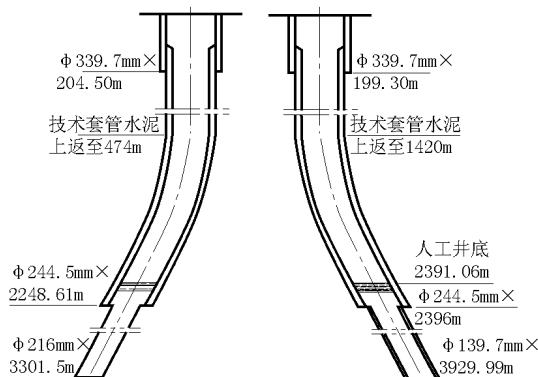


图2 改造前井身结构示意图

根据《天津市地热回灌运行操作规程》(试行)确定采灌井目的层的优先原则是:遵循原水同层回灌,即开采井与回灌井成井目的层相同。为此,选择馆陶组Ⅲ段热储层作为2口井改造的目的层。T38

-1、T38-2井馆陶底板埋深分别为2188.3和2098.6 m,馆陶组Ⅲ段含水层参数见表1。

表1 T38-1、T38-2井含水层参数

井号	含水层厚度/m	孔隙度/%	渗透率/ $(10^{-3} \mu\text{m}^2)$	含泥量/%
T38-1	223.5	22.87~35.2	339.2~1442.2	11.1~25.1
T38-2	203.8	23.2~39.2	533.4~1390.8	10.5~17.5

3.2 油井改造地热井流程

废弃油气井改造前需全面分析和集成已有的地质、物化探、钻探和勘查成果,重点加强油气井的测井、录井、岩屑等资料的综合整理分析,为下一步的改造提供可靠资料,选择热储层。根据T38-1、T38-2井井身结构、地质条件,其改造流程如下。

3.2.1 通井换浆

下入 $\varnothing 215.9$ mm钻头通至 $\varnothing 139.7$ mm套管顶部,确定 $\varnothing 244.5$ mm套管实际深度,将井内钻井液浆用清水替出。

3.2.2 制作人工井底

将钻头下至目标位置后,向井内注入 10 m^3 水泥浆,水泥浆要求采用R32.5普通硅酸盐水泥,密度为 1.75 g/cm^3 。经48 h候凝后,下钻探人工井底的深度。人工井底要求位于取水层以下,厚度必须 >50 m。

3.2.3 测井

通过磁性定位及声幅测井,确定改造井的水泥胶结情况、上返高度及检查每根套管下深;通过GR测井,确定含水层具体位置。

3.2.4 割管

为了满足潜水泵的下入要求,泵室管应为 $\varnothing 339.7$ mm的表层套管且深度 ≤ 300 m,所以需采用 $\varnothing 244.5$ mm水力割刀割掉多余的 $\varnothing 244.5$ mm套管。

3.2.5 固井

割出 $\varnothing 244.5$ mm套管后,进行水泥固井,将 $\varnothing 339.7$ mm套管与 $\varnothing 244.5$ mm套管重叠部位进行封固。

固井技术要求:将井口封闭进行挤水泥作业,干水泥用量 ≤ 5 t,固井水泥采用G级油井水泥,水泥浆密度 1.85 g/cm^3 , $\varnothing 244.5$ mm套管上部水泥塞高度 ≤ 5 m,候凝36 h后将水泥塞钻开,并进行试压,压力 ≤ 3 MPa,稳定时间 ≤ 10 min。

3.2.6 射孔

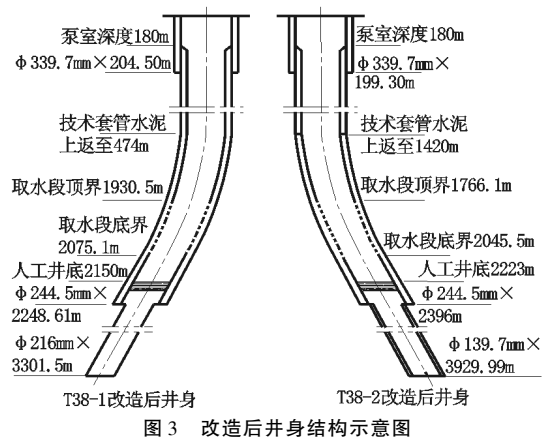
根据测井解释成果,将馆陶组Ⅲ段射开,T38-1井总厚75.9 m,T38-2井总厚82.5 m,采用有线射孔方式射孔。装补孔闸门,配合测井车用89弹进行电缆补孔。T38-1井段1930.5~2075.1 m,总厚度144.6 m;T38-2井段1877.8~2045.5 m,总厚度148.9 m,孔密15孔/m,枪响无油气显示。

3.2.7 探砂面冲砂

下入钻杆探砂。

3.2.8 洗井

下入600 m风管用气举洗井,洗至水清砂净。改造后井身结构如图3所示。



3.3 改造后产能分析

改造后T38-1井为开采井,T38-2井为回灌井。通过降压试验,测得T38-1井出水量 $60 \text{ m}^3/\text{h}$,水温 62°C ,静水位102 m,动水位130 m,达到供暖取水要求。

在使用过程中跟踪观测T38-2井在整个供暖期的回灌效果,观测时间自2009年11月15日—2010年3月7日,历时2688 h。历时曲线见图4。

通过观测曲线可知,T38-2井回灌井瞬时回灌量最大 $64 \text{ m}^3/\text{h}$,稳定回灌井达 $60 \text{ m}^3/\text{h}$,基本能达到100%回灌,满足要求。

4 经济效益与前景分析

依据《地质调查项目预算标准》(中国地质调查局2010年试用本)规定,开凿地热井的费用主要包括:进尺费(安装与拆卸钻机、钻进、护壁、填写班报表、下管、固井、测井、洗井、试水等)、成井材料费、设备折旧费、税费等。设计两眼馆陶组地热井(两斜,单井井深均以2200 m计),成井工艺为射孔成井,单井凿井费用约为500万元,2眼井开凿费用为

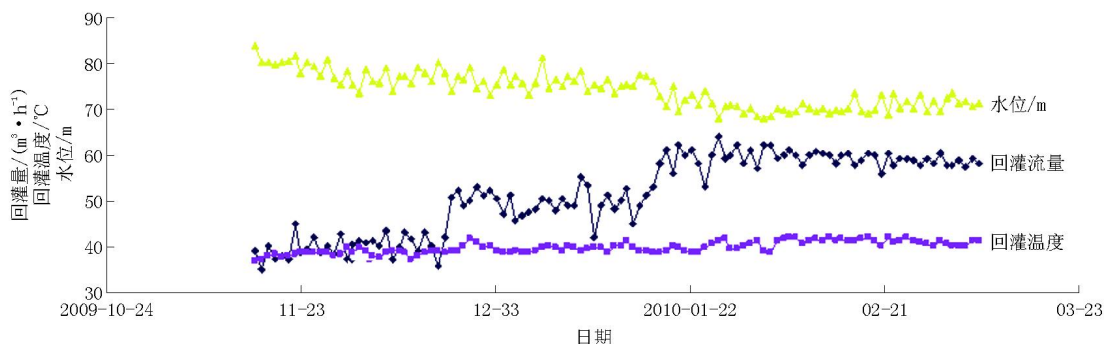


图4 T38-2井供暖期回灌观测曲线

1000万元。除此以外还需论证费40万元,监理费25万元(凿井费用 $\times 2.5\%$),储量评价费10万元,探矿权评估费用约50万元,故开凿2眼地热井总费用约为1125万元。而改造两眼废弃油气井的改造费用仅为280.97万元,节约投资约844万元。

在天津滨海新区,新近系馆陶组、古近系东营组热储层普遍发育,且赋水性好,渗透性高,水量较大(单井一般 $>60\text{ m}^3/\text{h}$),水温较高(一般 $>60\text{ }^\circ\text{C}$),可以用于采暖、种植、养殖、洗浴等多种用途,具有较高的利用价值,如果能够充分对废弃油气井进行改造,不仅能充分利用已有资源,而且可以加快地热资源的开发利用。地热资源开发受到政府相关部门的监督,废弃油井所在位置并不一定位于政府部门规划的地热开发区块上,所以目前在册的成功改造的废弃井并不多。但是随着国家对新能源的重视程度的加深,这一方法一定会得到推广。

5 结论与建议

本文通过2口废弃油井的改造,证明其施工的可行性,为废弃油井改造地热井提供了示范。在施工过程中得到以下结论和建议。

(1) 废井改造时,前期收集地热地质和水文地质资料十分重要,需要对水量、水温、回灌率及改造方案可行性、施工成本等进行论证评估。

(2) 选取开采对井时还应注意采灌井的间距不易过小,防止“热贯通”问题。

(3) 地热流体一般都具有腐蚀结垢性,所以管道要采取一定防腐防垢措施。

(4) 对于地热资源开发主要是如何采用不同的工艺方法,钻凿出不同深度的地热井,并将热能携带到地面充分利用。但因专门开发成本较高,而且地质风险也大,故油田在勘探开发过程中废弃的油

井结合技术改造,能够开发成有价值的地热井,实践证明在技术上完全可行,成本低,应用价值高,市场前景广阔。

参考文献:

- [1] 李文龙,黄贤龙,张连第,等.天津市滨海新区地热地质条件及热储特征分析[J].中国水运,2014,14(11):280-282.
- [2] 李媛媛,唐永香,靳宝珍,等.滨海新区东营组地热资源条件及开发利用前景浅析[C]//中国科学技术协会,天津市人民政府.第十三届中国科协年会第14分会场——地热能开发利用与低碳经济研讨会论文集,2011:59-63.
- [3] 马忠平,庞海,王艳宏,等.天津地区地热钻井及成井技术[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2008,35(12):9-11.
- [4] 甄华,莫中浩.报废油井改造成地热井的方法[J].煤气与热力,2007,27(1):47-50.
- [5] 环衍忠,王学工,王世壮,等.废弃油井改造成地热井的可行性[C]//中国能源研究会,北京地热国际研讨会,2002:381-384.
- [6] 阎钦实,于英太.京津冀油区地热资源评价和利用[M].湖北武汉:中国地质大学出版社,2000:179.
- [7] 宋恩武,李岚,王少娟,等.将废弃油(气)井改造为地热井的方法[J].地热能,2006,(1):38-40.
- [8] 阎长宾,开发庆,于晓聪,等.利用废弃油井开发地热能[J].可再生能源,2008,(2):90-92.
- [9] 王正国.定向射孔及其地质条件[J].国外测井技术,2007,(4):80-82.
- [10] 李永壮,荀红彬,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.
- [11] 刘永胜,陈小元,肖宝军. Tawila6 井取套修井技术[J].西部探矿工程,2006,(1):23-25.
- [12] 胡艳,沈健,等.天津市滨海新区新近系馆陶组地热流体流场三维数值模型模拟方法[C]//中国科学技术协会学会学术部,第十三届中国科协年会第14分会场——地热能开发利用与低碳经济研讨会论文集,2011:106-113.
- [13] 胡艳.天津市滨海新区地热资源可持续开发潜力评价报告[R].天津地热勘查开发设计院,2008:190-200.
- [14] 沈建.天津市滨海新区地热资源潜力调查研究[R].天津地热勘查开发设计院,2007:34-39.
- [15] 李媛媛,唐永香.天津市塘沽区东营组地热资源普查报告[R].天津地热勘查开发设计院,2008:45-58.
- [16] 沈建.天津市滨海新区地热资源潜力评价[R].天津地热勘查开发设计院,2010:46-48.