

环境地质

德州市城区沙河街组热储地热地质特征研究

杨亚宾, 王秀芹, 刘刚

(山东省鲁北地质工程勘察院, 山东德州 253015)

摘要:通过该井地热钻探及区内已有石油钻探研究资料,对德州市城区古近纪沙河街组地热资源的地质背景、地热地质特征等进行了综合分析研究,认为沙河街组地热资源属于层控型低温地热田,在沧东断裂以东都有分布,热储层厚度超过120 m,地热水中碘、锶、铁、偏硅酸达命名浓度,具有一定的开发利用价值。

关键词:地热资源;沙河街组;赋存特征;德州市城区

中图分类号:P314 **文献标识码:**B

引文格式:杨亚宾,王秀芹,刘刚.德州市城区沙河街组热储地热地质特征研究[J].山东国土资源,2015,31(9):53-56. YANG Yabin, WANG Xiuqin, LIU Gang. Geological Characteristics of Shahejie Geothermal Heat in Dezhou City [J]. Shandong Land and Resources, 2015, 31(9): 53-56.

地热资源集热能与水资源为一体,由于其温度适宜且富含多种对人体有益的矿物质,在采暖、洗浴、工业、医疗、养殖业等领域有广泛的应用价值,是继太阳能和风能之后的一种重要的绿色能源^[1]。德州市地热资源丰富,是区内主要的能源资源之一。2008年,德州市城区成功实施一眼2 318 m地热井,揭露了古近纪沙河街组热储层,水温75℃,涌水量1 704 m³/d。目前,德州市城区地热资源开发主要集中在馆陶组热储,且开发利用程度较高;但这远远不能满足该区域经济生活对地热的需求。为保证区内地热资源可持续开发利用,在现有地热资源开采基础上,进行沙河街组热储地热资源的研究具有重要的意义。

1 地质背景

1.1 地质构造

德州市城区在大地构造单元上属华北板块、华北拗陷区、临清拗陷区临清拗陷的次级构造单元德州凹陷(潜)范围内^[2]。

区内断裂活动,主要受新华夏构造体系的影响,断裂主要发育方向为NNE, NE向,是一个向西散开的断裂系,均隐伏于新近纪地层之下。对工作区

有影响的且与地热密切关系的大型断裂有沧东断裂和减河断裂,影响古近纪地层的沉积。另外,次级构造断裂,芦家河-曹村断裂和F1、F2断裂都属于张性小断裂,可能是构成地下热流或热水的良好通道(图1)。

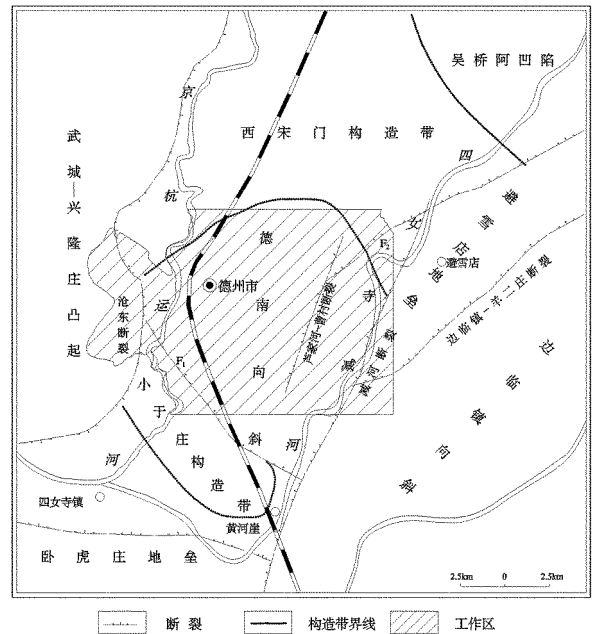


图1 德州凹陷地质构造单元划分图

收稿日期:2014-11-12;修订日期:2014-12-09;编辑:曹丽丽

作者简介:杨亚宾(1981—),女,陕西蒲城人,工程师,主要从事水工环地质工作;E-mail:echoyabin@163.com

1.2 地层

研究区属华北板块的中、新生代断陷盆地,中生代以来,受燕山运动和喜马拉雅运动的影响,一直缓慢下降,沉积了巨厚的新生代地层。3 000 m 以浅地层自老到新分别为古近纪沙河街组、东营组,新近纪馆陶组、明化镇组,第四纪平原组^[3]。

沙河街组:属于河湖相沉积,自下而上可分为 4 段,地层岩性以泥岩和细砂、粉细砂岩为主,为上细下粗的正旋回交互沉积。沉降中心位于德城区中心,向东、向西受沧东断裂和减河断裂影响逐渐变薄,沧东断裂西侧缺失。

东营组:属盆地断陷末期弱氧化环境下的浅湖相和河流相充填沉积,地层岩性以泥岩、砂质泥岩与细砂、粉砂岩不等厚互层为主。地层厚度 50~300 m,局部地段缺失。

馆陶组:主要为细一中砂岩及泥岩不等厚互层;底部灰白色为砂砾岩、砾状砂岩。

明化镇组:属于河湖相沉积,主要为泥岩和砂岩互层为主。

平原组:属河湖相松散沉积,地层岩性主要由粉质粘土、粉土及粉砂、粉细砂组成,与下伏明化镇组呈不整合接触。

1.3 岩浆活动

德州地区在早古近纪火成岩较发育,大体有 4 期岩浆活动:第一期在始新世早期(相当于孔店组二段)见有近百米厚的火成岩,主要为基性玄武岩-安山岩、凝灰岩及凝灰质砂岩;第二期在始新世末期(相当于孔店组三段)火成岩有 10 层,累计厚度 100 m 以上,主要岩性为中-基性的安山岩-玄武岩、凝灰岩;第三期在渐新世(相当于沙河街组中部)有 7.5 m 厚的玄武岩;第四期在渐新世后期(相当于沙河街组一段),见多层玄武岩与生物灰岩互层。

2 地热资源类型及地热地质特征

2.1 地热资源类型

区内沙河街组热储地热水赋存于沙河街组河湖相沉积砂岩中,属层状孔隙-裂隙型热储,地表无热流显示,地热资源类型属热传导型。

2.2 热储层埋藏分布特征

区内沙河街组分布主要受基底起伏和区域构造

的控制。在沉降中心于官屯一小东关一带其顶板埋深 1 800 m 左右,沉积厚度大于 1 000 m,向凹陷边缘扩展,其沉积厚度逐渐变薄,至大王桥-宋官屯以东地段,其顶板埋深小于 1 600 m,沉积厚度小于 900 m,而在普查区陈庄乡以西即沧东断裂上升盘地段,沙河街遭受剥蚀完全缺失。热储砂层岩性主要为细砂、粉细砂与灰质砂岩,泥砂互层,泥质胶结,砂层厚度 120~150 m,占地层厚度的 10%~19%,分布规律与地层分布规律相似。

2.3 热储层水文地质特征

沙河街组与上覆东营组整合接触,地层自上而下可分为四段,其中沙四段是主要的富水层,该层段细砂岩发育,厚度 80~100 m,单层厚度 2~7 m,孔隙度 14.10%~18.19%,渗透率 $(26.95\sim 663)\times 10^{-3}\mu\text{m}^2$,渗透性较好。

根据区内 DS1 井资料,降深 20 m 时单井涌水量 560 m³/d;地热水矿化度为 30.61 g/L,水化学类型为 Cl-Na 型,井口水温为 75℃,属低温地热资源中的热水型地热资源。

2.4 热储压力背景特征

根据油田地质研究成果资料,区内沙河街组声波时差偏离压实线,呈欠压实状态,具有与其深度不相适应的较高的孔隙度、较高的流体含量和异常高的流体压力(超压)。因而,泥岩产生的欠压实高压和砂岩间的压力差,构成沙河街组热储地热水运移的主动动力。

2.5 地热水运动特征

在天然状态下,沙河街组热储层地热水基本处于静止状态,人工开采是影响地热水动态特征的主要影响因素。根据 DS1 井水位动态监测数据,其最低水位-59.11 m,最高水位-6.75 m,变幅 52.36 m,是典型的供暖特征曲线,即在冬季采暖期水位下降明显,非采暖期水位逐恢复。但是,由于沙河街组热储埋藏深度大,开采条件下弹性释水是其主要补给源,补给过程缓慢(图 2)。

2.6 热储概念模型

2.6.1 热储层

该区属层控低温地热田,该次研究热储层为古近纪沙河街组孔隙-裂隙型热储层,上下均为隔水层,水平方向上无线延伸、均质、各向同性(图 3)。

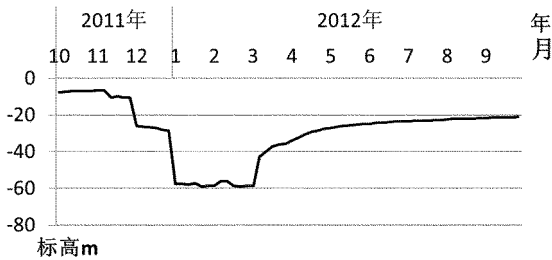


图 2 DS1 井水位动态变化曲线图

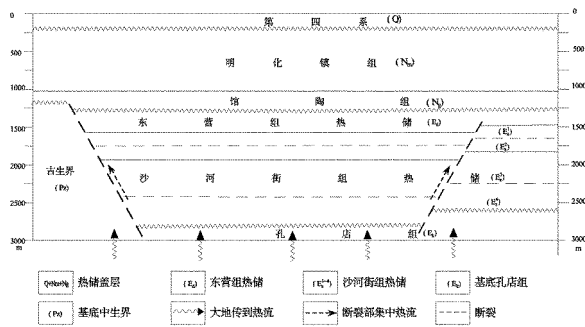


图 3 热储概念模型

2.6.2 热储盖层

热储盖层为第四纪平原组、新近纪明化镇组和馆陶组、古近纪东营组，厚约 1 456~1 616 m，岩性为粘土、砂质土夹松散砂层以及泥质砂岩、砂质泥岩和砂岩组成，其密度小，导热性能差，热阻大，是天然的良好热储保温层。

2.6.3 热源及水源

正常大地传导型热流为该区地热资源的主要热源，局部沿深大断裂带也存在对流型。地热水的补给源为远近山区的大气降水深循环补给。

3 地热流体化学特征

3.1 水化学特征

含盐量高是区内古近纪热水的特征，矿化度 30.6g/L，水中阴离子以 Cl⁻ 为主，含量 18.1 g/L，毫摩百分数 98.3%；阳离子以 Na⁺ 为主，含量 11 g/L，毫摩百分数 90.8%。按舒氏分类法，水化学类型为 Cl-Na 型。

3.2 微量元素

在长时间的地下水溶滤作用和不断地循环径流交替作用下，沙河街组热储地热水中含富含碘、溴、锶、锂、铁、偏硅酸等多种微量元素，其中碘、锶、铁含

量、偏硅酸达命名浓度，属于碘·锶·铁·偏硅酸，含量达到命名矿水浓度，具有较高的的理疗价值。

3.3 放射性元素组分特征

地热水不断溶解围岩物质成分，使围岩产生热蚀变，造成放射性物质不断在热水中聚集，一般随着深度的增加，温度增高，放射性元素的含量增大，所以区内沙河街组地热水放射性元素含量明显高于上部地层热储。沙河街组地热水中镭的含量为 0.56 Bq/L，经换算属弱放射性水。

3.4 地热流体的年龄及成因分析

地热流体各组分之间的比例系数可以用来判断地热流体的成因，常用的比例系数有 γ_{Cl}/γ_{Br} 、 γ_{Na}/γ_{Cl} 等。经计算沙河街组热储地热流体 $Cl/Br = 897.7$ ， $\gamma_{Na}/\gamma_{Cl} = 0.94$ ，大于海水的相关系数值 ($Cl/Br = 29.3$ ， $\gamma_{Na}/\gamma_{Cl} = 0.85$)，说明具有大陆溶滤水的特征。

据区内同位素分析结果，区内沙河街组热储地热流体的同位素 δD 、 $\delta^{18}O$ 关系投影点均在中国大气降水直线附近 ($\delta D = 8\delta^{18}O + 10$)，说明区内地热水源于大气降水(图 4) [4]。

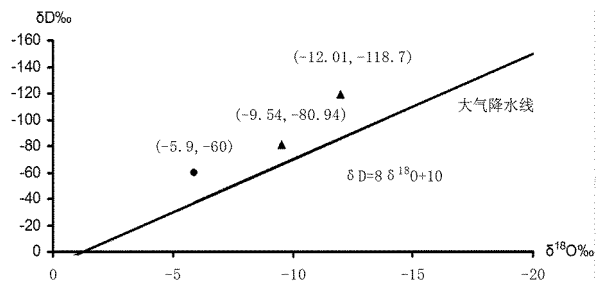


图 4 德州凹陷地热水中 δD 、 $\delta^{18}O$ 同位素关系图

按 J·ch·丰特划分标准，区内沙河街组热储地热水氟含量 (1.6 ± 1.2) TU，反映地下水热水循环时间在 50 年以上。地热水中 ^{14}C 年龄为 1.526 万~2.504 万 a，由于现代大气中的 CO_2 进入所采集的水样中，使所测年龄要远小于地热水的实际形成年龄，由此可见，区内地热水的形成年代久远，补给途径长，径流速度缓慢。

综上所述，区内沙河街组地热水主要由东南部、西部山区大气降水汇集成地表径流后，在漫长的地质年代中，在水头差位能的作用下，沿断裂带或岩层的孔隙向深处运移，被围岩加热成为地热水，并与围岩发生水盐反应，溶解了大量的微量元素成分。受

热的地下水由于密度差异引起的自然对流,加上补给区水头差的驱动,使地下水得以缓慢地进行循环交替运动,将地热水在孔隙—裂隙中存储下来,从而形成了地热水^[5]。

4 可采资源量评价

参照 DS1 井抽水试验数据,按照单井开采量为 560 m³/d,开采服务年限为 100 年,最大允许降深 150 m,利用水热均衡法计算沙河街组地热水可开采量 265.7 万 m³/a,总放热量为 4.738×10¹⁶J。

5 地热水腐蚀性评价

利用 DS1 地热井水质化验资料,沙河街组地热水对金属具强腐蚀性,对混凝土无分解性与结晶性侵蚀;属于水垢很多水,但无碳酸钙水垢。由于地热水对金属具有强腐蚀性,因此在利用此地热流体时建议用钛板换热器换热后进行间接利用、同时可选用玻璃钢、PVC 等塑料管材。另外,区内地热水矿化度及主要离子含量较高,不能直接排放^[5]。

6 结语

(1)德州市沙河街组热储埋藏深度大于 1 600 m,地热水赋存于沙河街组河湖相沉积砂岩中,属层状孔隙—裂隙型热储。热储厚度 80~100 m,渗透率 (26.95~663)×10⁻³μm²。降深 20 m 时单井涌水量

560 m³/d,井口水温为 75℃,属低温地热资源中的热水型地热资源。

(2)利用水热均衡法计算沙河街组地热水可开采量 265.7 万 m³/a,总放热量为 4.738×10¹⁶J,具有一定的开采价值。

(3)含盐量高是区内古近纪热水的特征,矿化度 30.6 g/L,水化学类型为 Cl-Na 型。地热水中含富含碘、溴、锶、锂、铁、偏硅酸等多种微量元素,属于碘·锶·铁·偏硅酸含量达到命名矿水浓度,具有较高的的理疗价值。

(4)区内沙河街组地热水源于大气降水,由东南部、西部山区大气降水在水头差位能的作用下,沿断裂带或岩层的孔隙向深处运移,进行循环交替运动,在孔隙—裂隙中存储形成地热水。

参考文献:

- [1] 王浩,张震宇,杨建华.禹城市城区东营组热储地热资源赋存特征研究[J].山东国土资源,2014,30(1):33-36.
- [2] 杨德平,潘元林,张天祯,等.山东矿床[M].济南:山东科学技术出版社,2006:47-50.
- [3] 张增奇,刘明渭,宋志勇,等.山东省岩石地层[M].北京:中国地质大学出版社,1996:269-273.
- [4] 王奎峰,李文平,韩代成,等.山东省临清地热田地热水化学特征及热水起源研究[J].地质调查与研究,2014,(3):230-236.
- [5] 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):36-38,23.

Geological Characteristics of Shahejie

Geothermal Heat in Dezhou City

YANG Yabin, WANG Xiuqin, LIU Gang

(Lubei Geo-engineering Exploration Institute, Shandong Dezhou 253015, China)

Abstract: In this paper, through analysis on geothermal well drilling and oil drilling datas, geological background and geothermal geological characteristics of geothermal resources in Paleogene Shahejie formation in Dezhou city have been studied comprehensively. It is regarded that Shahejie geothermal resources belongs to stratabound type low temperature geothermal field. It distributes in east of Cangdong fault belt, and the thickness of thermal reservoir is more than 120m. The contents of iodine, strontium, iron and metasilicate in geothermal water have reached the named concentration, and have certain value of development and utilization.

Key words: Shahejie formation; geothermal resources; occurrence characteristics; Dezhou city