



# 莱芜市冷家庄地热田地质特征浅析

鹿波,高继雷,王兆林,吴秉禄,白福英,刘伟

(山东省第一地质矿产勘查院,山东 济南 250014)

**摘要:**莱芜市冷家庄地热田地热资源类型属层状兼带状,热源为高庄-冷家庄断裂沟通导热,盖层是第四系、古近系、石炭-二叠系。热储层为奥陶纪灰岩,该热储层顶板埋深2100 m左右,热储层厚度由南向北逐渐增大,地热流体中富含氟、锶、偏硅酸等微量元素,为结垢非常严重,锅垢很多的腐蚀性水。经计算,奥陶纪热储层单井可采资源量为 $7.83 \times 10^5 \text{ m}^3/\text{a}$ 。

**关键词:**地热地质特征;地热田;莱芜市冷家庄

**中图分类号:** P314

**文献标识码:** A

莱芜市地热资源较丰富,主要位于莱芜市西北部冷家庄一带,该地热田地热地质条件较好,热储层埋藏深度适中,水量较大,水温较高,具有代表性的是DR1地热井。该区地热资源具有较好的开发利用前景。地热资源在采暖、洗浴、医疗、养殖、农业种植等方面应用广泛,是较为清洁的新型能源。充分有效的开发利用该区的地热资源,对发展当地经济、保护环境,改善生活质量具有重要意义。

## 1 区域地质背景

### 1.1 地层

该区地层自下而上包括寒武系、奥陶系,石炭-二叠系、侏罗系、白垩系、古近系及第四系。在寨里-杨庄-方下地热分布区大面积覆盖第四系,其下埋藏有古近系、二叠系、石炭系及奥陶系。奥陶纪灰岩是该区的主要热储层(图1)。

(1)奥陶系:岩性以灰色、灰白色、深灰色厚层纯灰岩及厚层豹皮状灰岩为主,夹白云质灰岩、白云岩、泥灰岩等,地层厚度约920 m。

(2)石炭系:岩性为深灰色、灰色粉砂岩,深红色泥岩、页岩,含煤,厚度为150~320 m。

(3)二叠系:岩性为深灰色、浅灰色粉砂岩,深红色泥岩,含煤层,厚度180~320 m。

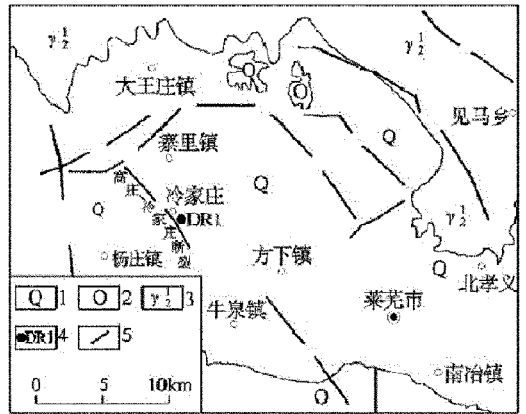


图1 莱芜市冷家庄地区地质简图

1—第四系;2—奥陶系;3—古元古代片麻状花岗岩;  
4—已施工地热井;5—断裂

(4)古近系:岩性为深灰色、浅灰色、深红色泥岩、浅灰色粉砂岩互层,厚度200~1600 m。

(5)第四系:岩性为砂质粘土和砂层,地层由盆地四周向中心渐厚,由几米十几米至中心达50 m左右<sup>①</sup>。

### 1.2 构造

地热田位于鲁西地块之泰莱断陷盆地的中部,断裂构造发育,特别是绕盆地周边发育的环形断裂构造相互交切,且具多期活动的特点。该区以NW, NE及EW向断裂为主,NW向断裂切割NE向、近

\* 收稿日期:2012-05-08;修订日期:2012-07-05;编辑:陶卫卫

作者简介:鹿波(1966—),男,山东新泰人,工程师,主要从事水工环地质工作;E-mail:lubo3000@163.com。

①山东省第一地质矿产勘查院,山东省莱芜市冷家庄DR1单井地热资源勘查报告,2011年。

EW 向 2 组断裂。

高庄-冷家庄断裂位于莱芜盆地西北部,北端切割莱芜弧形大断裂,中经高庄、冷家庄,全长 13 km,南端与何家庄断裂相交,是一条继承性活动较为强烈的高角度正断层。总体走向 320°左右,倾向 SE,倾角 75°左右,该断裂为冷家庄地热田的主要控热构造。

### 1.3 岩浆岩

该区岩浆岩除前寒武纪变质花岗岩外,均为燕山晚期侵入的闪长岩、闪长玢岩等。前寒武纪变质花岗岩多分布于盆地以外的相对隆起区,燕山期侵入岩除矿山岩体分布于盆地中,其余侵入岩发育于泰莱盆地的边缘地带。燕山期岩浆岩的侵入形成了丰富的铁矿资源。

## 2 地热地质特征

### 2.1 热储层特征及其埋藏条件

地热田位于莱芜市冷家庄一带,热储分布受断裂构造、地层岩性等因素的影响,其特征和埋藏条件及热储的发育程度不同。该区主要热储为奥陶系层状兼带状热储<sup>[1]</sup>。岩性以灰色、灰白色、深灰色厚层纯灰岩及厚层豹皮状灰岩为主,夹白云质灰岩、白云岩、泥灰岩等。

#### 2.1.1 热储层埋藏条件

地热田处于泰莱盆地,为一完整的水文地质单元。区内的热源为正常地温传导既大地热流是本区的主要热源,其次为对流交换;热源通道是区内断裂构造,如高庄-冷家庄断裂,这些断裂不仅沟通了深部热源的上涌,而且也是地下水深循环的主要通道(图 2)。奥灰热储顶板埋深约 2 100 m 左右。DR1 孔揭露奥灰热储顶板埋深为 2 170 m,钻孔未揭穿热储层底板,其上覆盖有较厚的石炭-二叠系、古近系及第四系,总厚度大于 2 000 m。奥灰热储的埋深总体分布规律为:南浅北深,受高庄断裂影响较大,高庄断裂西浅东深。

#### 2.1.2 热储裂隙发育情况及富水性

根据地热井测井资料和降压试验,奥灰层状热储的平均裂隙率为 5%,涌水量为 12.316 L/s,单位涌水量为 0.0621 L/s·m。

### 2.2 地温场特征

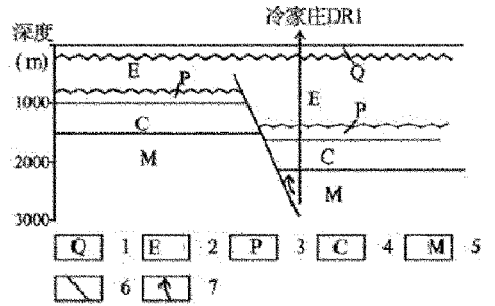


图 2 热储概念模型

1—第四系;2—古近系;3—二叠系;4—石炭系;5—奥陶系;6—高庄-冷家庄断裂;7—地热流体运动方向

#### 2.2.1 地温场水平变化特征

在水平方向上,地温梯度的分布规律是:在石炭-二叠系、侏罗系、白垩系、古近系、第四系盖层厚度大的地段,盖层地温梯度一般较大,多大于 2.0℃/100m;而在盖层厚度小和寒武-奥陶纪地层直接出露的地段,盖层地温梯度一般较小,多小于 2.0℃/100m。

#### 2.2.2 地温场的垂向变化特征

根据不同岩石地层地温梯度特征,就其对成熟所起到的保温性能而言,具有下列由弱到强的趋势,  $E+O < C+P < E$ ,基本与其富水性相反。地温场的垂向变化规律为:石炭、二叠系和古近系地温梯度相对较高,石炭、二叠系地温梯度一般为 1.2~2.9℃/100m,古近系一般 1.3~2.8℃/100m;寒武-奥陶纪灰岩段地温梯度相对较小,一般低于 0.5℃/100m。

## 3 地热流体化学特征

### 3.1 地热流体化学成分特征

该区地热流体中主要阳离子为  $Na^+$  和  $Ca^{2+}$ ,阴离子主要为  $SO_4^{2-}$ 。水化学类型为  $SO_4 - Na \cdot Ca$  型,矿化度 3 078 mg/L,总硬度为 1 179 mg/L,pH 值 7.15。地热流体中含有丰富的对人体有益的微量元素,氟、锶、偏硅酸含量达到命名矿水浓度值标准,可命名为氟水、锶水、硅水,具有一定的医疗价值和保健作用<sup>[2]</sup>。地热流体结垢非常严重,锅垢很多的腐蚀性水<sup>[3]</sup>。

### 3.2 地热流体年龄及成因

据法国 J. ch. 丰特的经验估算法认为:0~5 TU (氡单位)为 40 年以前的古水成分占优;5~40 TU

表示新近入渗水和古水之间的混合水; $>40$  TU 表明新近入渗水占优势<sup>[4]</sup>。该区地热流体中氟含量 2.1 TU,说明地热流体循环时间在 40 年以上。

该区地热流体中  $\delta D$  为  $-73 \times 10^{-3}$ ,  $\delta O^{18}$  为  $-9.9 \times 10^{-3}$ , 经研究对比  $\delta D$  和  $\delta O^{18}$  的值在克雷格标准降水直线  $\delta D = 8\delta O^{18} + 10$  附近(图 3), 说明地热流体主要由大气降水成因, 通过深循环在地温作用下加热而形成<sup>[5]</sup>。

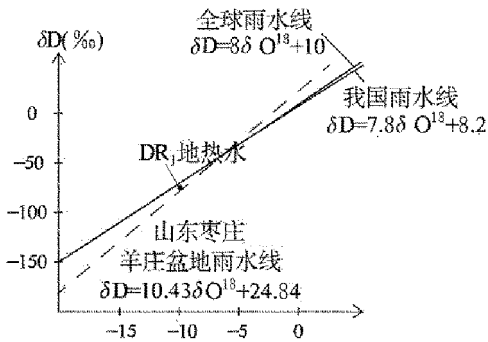


图 3  $\delta D \cdot \delta O^{18}$  值与标准雨水线对比图

#### 4 可采地热资源量评价

采用热储法对地热区内单井地热资源量进行了估算<sup>[6]</sup>。单井稳定产量为  $2.819 \times 10^{15}$  J, 每天排放的热量为  $7.723 \times 10^{10}$  J, 根据标准煤的燃烧值 1t 标准煤可产生  $2.93202 \times 10^{10}$  J 的能量, 折合标准煤 2.634 t/d。区内热储层的可布井总数为 8 个。区内允许可采地热水资源量为  $7.83 \times 10^5 \text{ m}^3/\text{a}$ 。

## Primary Study on Geological Characteristics of Lengjiazhuang Geothermal Field in Laiwu City

LU Bo, GAO Jilei, WANG Zhaolin, WU Binglu, BAI Fuying, LIU Wei

(No. 1 Exploration Institute of Geology and Mineral Resources, Shandong Jinan 250014, China)

**Abstract:** Lengjiazhuang geothermal field in Laiwu city belongs to layered and ribbon type. Its heat source is Gaozhuang - Lengjiazhuang fracture communication thermal conductivity. The covering layers are Quaternary, Paleogene and Carboniferous Permian. Thermal reservoir are Ordovician limestones. The depth of the geothermal reservoir roof is about 2100m. The thickness of heat reservoir increases gradually from south to north. Geothermal fluid is rich in fluoride, strontium metasilicate trace elements. Scaling and corrosive water is very serious. boiler scale. Single well recoverable resource of Ordovician thermal reservoir is  $7.83 \times 10^5 \text{ m}^3/\text{a}$ .

**Key words:** Geothermal and geological characteristics; geothermal fields; Lengjiazhuang in Laiwu city

## 5 结论

(1) 该区主要地热热储层埋深在 2 000 m 以下, 温度小于  $90^\circ\text{C}$ , 属低温地热资源, 热储类型为层状兼带状。区内的高庄-冷家庄断裂富水性较强, 不仅沟通了深部热源的上涌, 而且也是地下水深循环的主要通道, 对该区的地热形成极为有利。

(2) 氟、锶、偏硅酸达到矿水命名浓度, 可命名为氟水、锶水和硅水。该区奥陶系地热水含有  $\text{F}^-$ ,  $\text{Sr}$ ,  $\text{H}_2\text{SiO}_3$ ,  $\text{HBO}_2$ ,  $\text{Li}$  等多种对人体有益的矿物元素, 可用于采暖、医疗洗浴等用水。

(3) 该区地下热水是 40 年前形成的, 其主要来源是大气降水通过深循环在地温作用下被加热形成的。

## 参考文献:

- [1] 陈墨香. 华北地热[M]. 北京: 科学出版社, 1988.
- [2] 王福花. 山东菏泽地区地热田地质特征[J]. 山东国土资源, 2008, 24(4): 44-47.
- [3] GB50021-2001. 岩土工程勘察规范[S]. 2001.
- [4] 李常锁. 济南北部地热田地热地质特征浅析[J]. 山东国土资源, 2008, 24(4): 39-43.
- [5] 郑永飞, 陈江峰. 稳定同位素地球化学[M]. 北京: 科学出版社, 2000: 150-153.
- [6] GB/T11615-2010. 地热资源地质勘查规范[S]. 2010.