

章丘市枣园桃花山地热田地质特征分析*

蒙永辉¹,王集宁¹,于得芹²

(1. 山东省地质环境监测总站, 山东 济南 250014; 2. 山东省地质调查院, 山东 济南 250013)

摘要:章丘市枣园桃花山地区蕴藏着丰富的地热资源。根据煤矿勘探和地热普查成果,对桃花山地热田的地质背景、热储特征、地球物理化学特征等进行综合分析,认为桃花山地热田属于典型的带状兼层状、对流兼传导型地热田,热储层为奥陶纪马家沟组灰岩,该区地温梯度主要受断裂控制,断裂导热是形成该地温场的一个重要因素,地热水水源主要为渗入的溶滤水。

关键词:地热田;地质特征;热储层;桃花山;章丘市

中图分类号:P314.1

文献标识码:A

为查明章丘市枣园桃花山地区地热资源赋存概况,山东省国土资源厅以鲁国土资发[2009]132号文件,将此项目列为2009年度省地质勘查项目,并以鲁勘字[2009]057号文下达给山东省地质环境监测总站。通过大量野外地热勘察工作,查明章丘枣园桃花山地热田位于济南单斜构造区内,受构造导水导热的影响,热水资源丰富。结合地热地质调查、地球物理勘探、地热钻探、抽水试验和水质分析等,笔者就桃花山地热田的地质特征进行了探讨分析,从而为今后该地区的地下热水的开采利用提供了地质依据。

1 地质背景

1.1 地层

地层由老到新有:奥陶纪马家沟组、石炭—二叠纪月门沟群本溪组、太原组,二叠纪山西组和石盒子组,三叠纪石千峰群凤凰山组,侏罗纪淄博群坊子组、三台组,白垩纪莱阳群,新近纪黄骅群和巴漏河组,第四纪大站组、洛口组和白云湖组地层。

1.2 构造

根据区域地质资料^[1],该区内主要断裂构造有文祖断裂和钓鱼台断裂。

(1)文祖断裂总体走向NW,倾向SW,倾角70°左右。断裂西盘相对下降,地层相对较新,东盘相对上升,地层相对较老,断层依次切断的地层有二叠纪石盒子组、山西组和石炭—二叠纪太原组等。本溪组各段落差不一,总体看南段落差大,北段落差小,最大断距800m,呈舒缓波状展布(图1)。

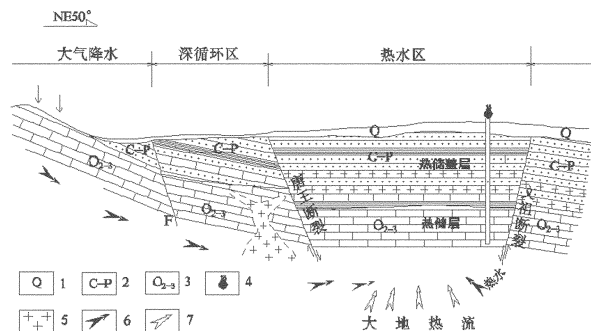


图1 章丘市枣园桃花山地热田概念模型图

1—第四系;2—石炭—二叠系;3—中—上奥陶统;4—地热自流井;5—燕山期侵入岩体;6—地下水流向;7—热传导方向

(2)钓鱼台弧形断裂总体走向NW,倾向SW,倾角80°,呈弧形展布,弧形向SW凸出。该断裂垂直断距60m左右。为一左旋张扭性断裂,是文祖断裂的分支。

根据煤炭部门的地质钻孔和地热勘探孔分析,并结合水质、水温、水循环路线及含水层垂直连通性

* 收稿日期:2010-06-23;修订日期:2010-09-01;编辑:程光锁

作者简介:蒙永辉(1980—),男,甘肃镇原人,工程师,主要从事水文地质、工程地质、环境地质勘查与研究工作;E-mail: mengyonghui1122@126.com。

分析,文祖断裂是导水导热断裂,对桃花山热水的形成有着重要的控制作用。

1.3 岩浆岩

根据区域地质资料,该区内的岩浆岩处于齐河—广饶大断裂南缘,与济南岩体、章丘茶叶山岩体、金岭岩体构成了济南—金岭一带的EW向构造岩浆活动带,从岩体侵位的地层时代来看,该区岩浆岩受新华夏系断裂构造活动的控制。该区侵入岩形成时代为中生代燕山晚期,岩体的侵位以浅成相为主。

在广大沉积岩分布区,从不同矿区勘探中了解到,不同的沉积地层中常有基性小岩体侵入。该次地热钻孔主要揭露岩浆岩2层,一层厚1.45 m,岩石呈灰绿色,致密坚硬;另一层厚6.15 m,岩石呈灰绿色,粒状结构,上部坚硬,下部较软。主要侵入于石炭纪、二叠纪地层中,岩浆沿地层的脆弱地带上侵或顺层侵入,其岩性为辉绿岩、闪长岩等。从其岩性特征、侵位地层等分析,为燕山晚期侵入活动的产物。这些岩浆的侵入为地下热量的传递和运移提供了便利条件,从而为地热在该区的形成提供了客观因素。

2 地热田

章丘枣园桃花山地热田受断裂构造控制,属于典型的带状兼层状、对流兼传导型地热田。具有埋藏浅,资源丰富,受构造和岩浆岩体控热等诸多特点。

2.1 热源及水源

区内平均热流值在2.0HFU以上^[2],热源主要来自该区深部奥陶系,热储通过文祖断裂形成垂向热能对流传导。其次为工作区西部、西北深部区域热储的热能对流传导。据煤田地质勘探资料,齐河—广饶断裂以南古生界分布连续,深埋置的灰岩中赋存有较为丰富的地下热水。由于文祖断裂向西北延伸与齐河—广饶断裂交接,南部(浅部)和北部(深部)热储层中地下水可以通过区域主断裂带或次级断裂进行热能传导。

该区热储层以接受奥陶系岩溶水深循环的侧向径流补给为主。南部山区奥陶系灰岩大面积裸露,岩溶地下水接受大气补给后沿地层倾向向山前运移,含水层上覆盖厚度薄,地下水循环交替强烈,形成常温地下水分布赋存区。远离山前地段,随着奥

陶系石灰岩顶板埋藏深度不断增大,地下水补、径、排条件逐渐变差,遇弱透水构造及岩浆岩体阻挡后,形成半封闭状态的含水系统,形成常温地下水和地下热水之间的过渡区。弱透水构造或岩浆岩体的另一侧(地下水流向下游)则形成相对封闭的含水系统,经深部传导热能长期加热后形成热储含水层。

2.2 热储盖层

该区热储盖层主要为第四系、二叠系和石炭系。其中第四系厚约23 m,岩性主要为粉质黏土夹杂姜石状钙质结核;二叠系岩性主要为砂质泥岩、黄绿色粗粒砂岩和中细粒砂岩,地层中部分布有顺层侵入的燕山晚期岩浆岩脉;石炭系岩性主要为黄色厚层状中粒长石石英砂岩、黄绿及深灰色页岩夹黄色砂岩、灰白色泥岩、页岩和铝土岩,地层中夹有数层灰岩。二叠系和石炭系岩石结构致密,热导率低、富水性差,沉积厚度360 m左右。

2.3 热储层

热储层为奥陶纪马家沟组灰岩,属于碳酸盐岩岩溶—裂隙热储,受基底构造控制,顶界面起伏较大。地热钻孔显示热储顶板埋深380 m,当孔深387 m时,地下水自流,水温36.5℃(井底温度),含水层是奥陶系热储含水层,岩溶裂隙发育,是该区理想的热储层。地热钻孔共揭露热储层厚度42.77 m(未穿),终孔井口温度41.0℃,属低温地热资源型。

3 地热田物理特征

3.1 电测深特征

电测深是利用地层岩性电阻率之间的差异性来划分地层和地质构造^[3]。从电测深成果分析:

(1)测深曲线良好地反映了与地层的对应关系,图2反映了3个电性单元。第一电性单元反映第四系的冲积层、砂质黏土电性特征,其视电阻率值较低23~25 $\Omega \cdot m$,即曲线浅部的平缓段;第二电性单元为曲线中部的上升段,综合反映二叠系、石炭系电性特征,对应 $AB/2 = 38 \sim 500$ m位置,此段视电阻率23~56 $\Omega \cdot m$;第三电性单元为从曲线上的极大值开始的缓慢下降段,反映奥陶系灰岩电性特征,极大值对应点 $AB/2 = 500$ m。

(2)等视电阻率(ρ_a)断面图在各剖面共同特征为:浅部等值线值低,深部等值线值较高;等值线在断裂构造及附近呈现低阻异常变化即呈现“V”,

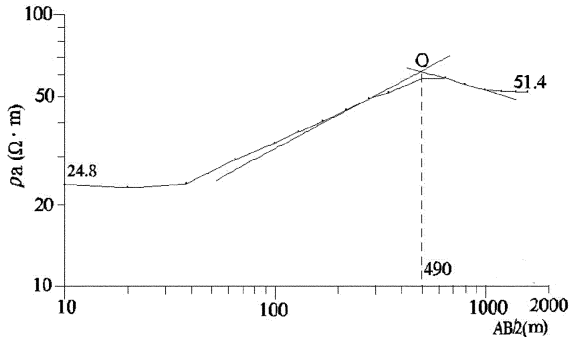


图2 ZK2-2井视电阻率测深曲线

“U”形态或呈现“台阶”、“斜坡”状,远离断裂构造等值线平缓。

3.2 地温场特征

通过工作区浅层地温调查和地热钻探孔测温,工作区内的浅层地温场具有以下分布规律:

(1)工作区内的变温带在0~13 m之间,恒温带在13~30 m之间,平均深度为18 m,恒温带的温度在14.55~15.60℃之间,平均温度15.10℃,30 m以下为增温带;

(2)通过计算,地温梯度大于3.00℃/100m的区域分布于文祖断裂带内,其中地热井的地温梯度高达6.83℃/100m。

4 地热田流体的化学特征

4.1 地下热水的水化学特征

地下热水化学特征反映了地下热水同围岩之间的溶解与溶滤作用,同时体现了岩浆活动、大气降水入渗及含水层之间的补给等因素^①。为了客观评价地热流体特征,在抽水试验稳定后分别取平行样分析。

(1)奥陶纪马家沟组热储层地下水的水化学类型为 $\text{SO}_4^{2-}\text{Cl}^- \text{Na}^+ \text{Ca}^{2+}$ 型,阴离子以 Cl^- , SO_4^{2-} 离子为主;阳离子以 Na^+ , Ca^{2+} 离子为主;矿化度为5051.44 mg/L(表1),全硬度为2075.22 mg/L(以 CaCO_3 计),pH值7.22,游离 CO_2 含量10.42 mg/L。

(2)该地热田地热水中含有丰富的微量元素组分,地热水中对人体有益的微量元素氟含量3.09 mg/L,偏硅酸含量33.41 mg/L,锶含量11.03 mg/L,锂含量1.38 mg/L,偏硼酸含量6.61 mg/L,均达到了医疗矿水的标准,其中锶、氟达到了命名的

矿水浓度,属低温地热资源中的氟·锶型医疗热矿水,具有较高的医疗价值。对人体有害元素均未超标。

表1 桃花山地热田代表性地热流体水质分析

分析项目	含量(mg/L)	分析项目	含量(mg/L)	分析项目	含量(mg/L)
K^+	75.46	偏硅酸	33.41	溴	1.56
Na^+	733.50	全硬度	2075.22	砷	<0.005
Ca^{2+}	652.92	矿化度	5051.44	汞	<0.0001
Mg^{2+}	107.99	pH值	7.22	铜	<0.05
总(Fe)	1.19	硒	<0.0005	铅	<0.005
Cl^-	822.94	锶	11.03	铬	<0.006
SO_4^{2-}	2424.39	锂	1.38	锌	<0.05
HCO_3^-	202.63	锰	<0.05	镉	<0.0025
游离 CO_2	10.42	氟	3.09	钼	<0.005
偏硼酸	6.61	碘	<0.10	氰化物	<0.006

注:测试结果为国土资源部济南矿产资源监督检测中心和山东省矿泉水勘查鉴定中心测试结果的平均值。

4.2 热储温度

章丘枣园桃花山地热田热储埋藏较浅,且属于低温地热资源,故采用钾镁地热温标进行计算,其计算公式如下^[4]:

$$t = \frac{4418}{13.98 - \lg(C_1/C_2)} - 273.15$$

式中: t —热储温度(℃); C_1 —水中钾的浓度(mg/L); C_2 —水中镁的浓度(mg/L);

根据水质化验结果:钾、镁的浓度分别为75.46 mg/L,107.99 mg/L。通过计算热储温度87.50℃。可见章丘枣园桃花山地热田的化学组分到达溶解平衡时的温度曾高达80℃左右。

5 结语

(1)章丘枣园桃花山地热田位于文祖断裂带西侧,为典型的带状兼层状、对流兼传导型地热田。

(2)地热田的热储盖层为第四系、二叠系和石炭系,热储层为奥陶系。热源主要为中生代岩浆活动和深部奥陶系热储层共同作用,通过文祖断裂形成的垂向热能对流传导,水源为渗入的溶滤水。

(3)该地热田的地温梯度主要受构造控制,浅

① 王文璟、刘善军等,山东省地质环境监测总站,山东省济南市鸭旺口地热田详查报告,1989年。

部地温场的形成主要与地质构造、地层岩性、地下水活动有关。

(4)地热水中含有丰富的微量元素组分,锶、氟达到了命名的矿水浓度,属低温地热资源中的氟·锶型医疗热矿水,具有较高的医疗价值。

参考文献:

- [1] 山东省第四地质矿产勘查院. 山东省区域地质[M]. 济南:山东省地图出版社,2003.
- [2] 陈静生. 水环境化学[M]. 北京:高等教育出版社,1991.
- [3] 宋希利,方庆海. 综合物探方法在济南章丘地区地热资源勘查中的应用[J]. 山东国土资源,2010,26(3):26-30.
- [4] 王莹,周训. 应用地热温标估算地下热储温度[J]. 现代地质,2007,21(4):606-612.

Analysis on Geological Characteristics of Taohuashan Geothermal Field in Zaoyuan of Zhangqiu City

MENG Yonghui¹, WANG Jining¹, YU Deqing²

(1. Shandong Monitoring Center of Geological Environment, Shandong Jinan 250014, China; 2. Shandong Geological Surveying Institute, Shandong Jinan 250013, China)

Abstract: Taohuashan area in Zaoyuan of Zhangqiu city is rich in geothermal resources. According to the results of coal exploration and geothermal survey, geological background, characteristics of geothermal reservoir, geophysical and chemical characteristics of Taohuashan geothermal field are analyzed comprehensively. It is regarded that Taohuashan geothermal field is a typical belt with layered type, convection with conduction geothermal field. Its geothermal reservoir is Ordovician Majiagou limestone. Temperature gradient in this area is mainly controlled by faults, and fracture conductivity is an important factor for the formation of the geothermal field. Water source is mainly infiltration water.

Key words: Geothermal field; geological characteristics; geothermal reservoir; Taohuashan; Zhangqiu city