

山东菏泽地区地热田地质特征

王福花, 侯欣英, 孙鹏, 柳耀君

(山东省第一地质矿产勘查院, 山东 济南 250014)

摘要: 菏泽地热田内蕴藏着丰富的地热资源, 地质构造条件、热储地质条件都比较有利, 是开发地热资源的有利地段。区域地质构造主要为聊考断裂和曹县断裂, 热储层分2大类呈双层结构, 上部为新近系孔隙-裂隙热储, 下部为奥陶系碳酸盐岩裂隙岩溶热储。该区地下热水是50年前形成的, 水中氟、偏硅酸达到矿水命名浓度, 为氟水、硅水; 锶已接近锶水; 偏硼酸已接近矿水浓度, 还含有 F^- , H_2SiO_3 , HBO_2 , Li 等多种对人体有益的矿物元素, 可作为采暖、洗浴等用水。

关键词: 地热地质特征; 地热田; 山东菏泽

中图分类号: P314; TK529

文献标识码: A

菏泽地热田西起聊考断裂, 东至曹县断裂, 北自梁山断裂, 南到省界, 总面积 $5\,222\text{ km}^2$ 。该地热田内蕴藏着丰富的地热资源, 地质构造条件、热储地质条件都比较有利, 是开发地热资源的有利地段。加强对该地区地热资源的勘查与开发, 对促进该地区经济的发展具有深远意义。

1 地热资源地质特征

从近几年的勘查研究成果和已有的钻探资料来看, 菏泽凸起区地下热水2 000 m以浅具有多层。根据其地层埋藏特征和地温梯度的不同, 在平面上分为2个区, 即东区和西区。

1.1 东区

东区位于菏泽凸起东侧, 东边界为曹县断裂。该区平均地温梯度为 $3.3^\circ\text{C}/100\text{m}$ 左右, 新近系热储顶板埋深600~900 m, 热储温度 45°C 左右, 奥陶系热储顶板埋深700~1 100 m, 热储温度 50°C ^[1]。

1.2 西区

西区位于菏泽凸起西部, 其东边界为聊考断裂, 区内的奥陶系基岩凸起上, 自上而下依次覆盖着石炭-二叠系、新近系及第四系。该区平均地温梯度为 $2.60\sim 3.15^\circ\text{C}/100\text{m}$, 新近系明化镇热储顶板埋深

700~1 000 m, 预测1 000 m水温为 $50\sim 55^\circ\text{C}$, 奥陶系马家沟组热储顶板埋深1 000~1 500 m, 温度为 $54.0\sim 69^\circ\text{C}$ 。该段有鄆城、南华和庄寨地热井, 目前鄆城、南华地热井已开发, 主要为餐饮、洗浴, 该井每天利润可达万元以上^①。

表1 菏泽地热井主要参数

井号	井位置	井深(m)	水温(°C)	降深(m)	涌水量(m^3/h)
鄆城地热井	鄆城县城西南	1200	55.3	4.3	106.48
南华地热井	菏泽市北部	1500	54.0	18.36	112.78
庄寨地热井	庄寨村	1969.98	68.0	33.43	90.14

2 区域地质背景

2.1 地层

第四系在全区皆有分布, 一般在400 m左右; 新近系由明化镇组和馆陶组组成, 明化镇组为泥岩、粉砂质泥岩与细砂岩互层; 馆陶组为泥岩与粉砂岩互层; 侏罗系为砂岩或砾岩; 石炭-二叠系主要由山西组、太原组和本溪组组成, 为砂岩、泥岩、页岩、粉砂岩夹砂岩; 奥陶系岩性为一套纯灰岩和泥质灰岩、白云质灰岩互层的组合。

* 收稿日期: 2007-11-08; 修订日期: 2008-01-02; 编辑: 曹丽丽

作者简介: 王福花(1971-), 女, 山东滨州人, 工程师, 主要从事水工环地质勘查工作。

①山东省第一地质矿产勘查院, 鲁西经济区(黄河以南)地热资源综合调查评价报告, 2005年。

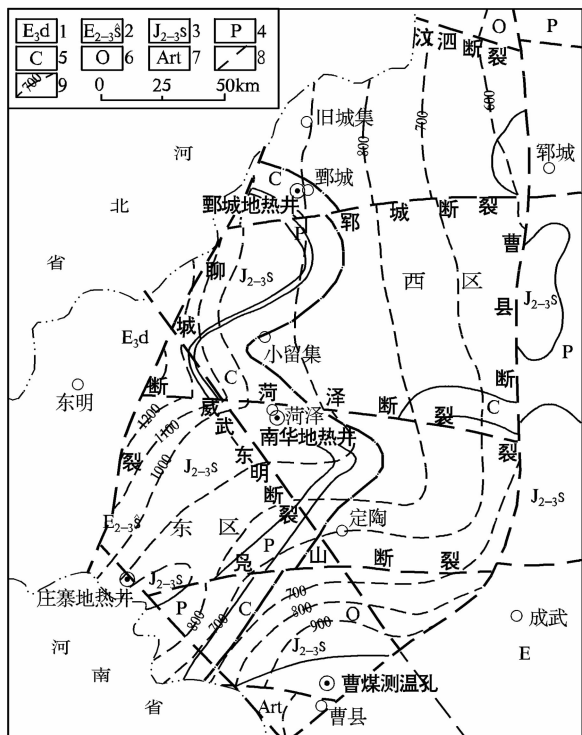


图1 菏泽市地热资源分区图

1—古近纪东营组;2—古近纪沙河街组;3—侏罗纪淄博群三台组;4—二叠系;5—石炭系;6—奥陶系;7—新太古代泰山岩群;8—推测断层;9—新近纪基岩等深线及深度(m)

2.2 区域地质构造

(1)聊考断裂。是鲁西隆起和东明-临清拗陷的分界断裂,走向NE 23°,倾向NW,倾角40°~70°,全长大约270 km,该断裂带对东明凹陷、鲁西南台陷区的沉积和构造格局具有明显的控制作用。断裂东侧上升,西侧下降,落差达3 000 m左右。

(2)曹县断裂。曹县断裂走向近SN向,成武到曹县走向转为NE向,倾向E—SE,倾角70°,呈上陡下缓的铲状。曹县断裂切穿了一系列近EW向的断裂。

2.3 局部断裂构造

(1)郟城断裂。郟城断裂是近EW走向的断裂,西交于聊考断裂,向东延至泗水、泉林,倾向N,倾角60°。

(2)菏泽断裂。菏泽断裂是横亘菏泽凸起的EW向的断裂,西端交于聊考断裂,东至章逢集,断裂向S倾,倾角70°左右,为张性正断层性质。

(3)鳧山断裂。鳧山断裂西起聊考断裂,向东经定陶南、冉堎集与曹县断裂相交并被切错。走向83°,倾向S,倾角70°,长约180 km,落差2 000 m,控

制侏罗系,具压性特征。

(4)成武-东明断裂。成武-东明断裂走向NW 312°,倾向NE,倾角82°。

3 地热田结构

该地热田有2个较好的可开发利用的热储层,即新近系热储和奥陶系热储。地热类型为低温型层状热储,分布面积广,岩性厚度比较稳定。其热储概念模型(图2)如下:

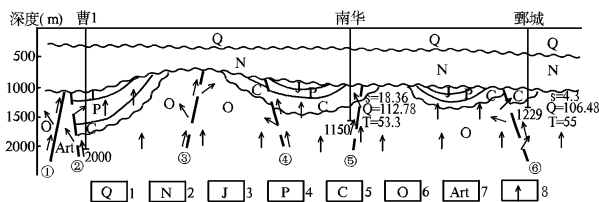


图2 热储概念模型

1—第四系;2—新近系;3—侏罗系;4—二叠系;5—石炭系;6—奥陶系;7—新太古代泰山岩群;8—热源运动方向。①—曹县断裂;②—单县断裂;③—鳧山断裂;④—菏泽断裂;⑤—郟城断裂;⑥—成武-东明断裂。s=18.36 降深(m);Q=112.78 涌水量(m³);T=53.3 出水口温度(°C)

3.1 热源及水源

地热田的热源主要来自地壳深部的热流传导,其次是岩浆热液活动及放射性元素蜕变。另外,区内中生代胶结程度差的岩石,在压实、石化过程中会产生一定的物理-化学压缩热,也为地热田提供了部分热源。地下热水的主要补给来源为大气降水的垂直入渗经深部循环补给,其次是侧向径流补给和沉积地层沉积时保留下来的封存水和沉积水。

3.2 热储盖层

在地热田东部,第四系厚150~200 m,岩性为黏土,粉质黏土,细砂互层,为新近系热储的良好盖层。新近系上部明化镇组厚约750~850 m,岩性以砂质黏土为主,夹中细砂岩,呈半固结状。这套地层是天然热储良好的保温盖层,即新近系下部热储的保温盖层。在地热田西部,除具有第四系和新近系盖层外,还具有侏罗系、二叠系、石炭系地层的覆盖,是深部寒武-奥陶系岩溶裂隙地热储层的另一部分保温盖层。

3.3 热储层

该地热田内热储层有2类:一是新近系下部热储层,西部比较发育。该层砂岩、砂砾岩胶结疏松,

孔、裂隙发育,具有良好的储热空间,构成孔隙-裂隙型层状地热储;二是奥陶系马家沟组热储,岩性为中厚层灰岩,岩溶裂隙发育,具有储热空间,构成岩溶裂隙型热储层。

3.4 构造通道

地热田内隐伏断裂构造十分发育,聊考断裂和曹县断裂为近期仍在活动的深大断裂,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。

4 地热田地质特征

4.1 地热田地球物理特征

(1)地温梯度特征。第四系地层温度 15.1 ~ 36.5℃,地温梯度为2.50 ~ 4.73℃/100m,新近系地层温度36.5 ~ 57.4℃,地温梯度2.66 ~ 3.45℃/100m,石炭系地层温度48.0 ~ 58.6℃,地温梯度0.78 ~ 2.43℃/100m。平均地温梯度为2.60 ~ 3.15℃/100m。奥陶系石灰岩热储温度 54.0 ~ 69.1℃,呈负梯度(见图3)。

(2)深部重力场特征。该区重力异常表现为 NNE 向为主,且重力异常值由东向西减小,在聊考带南段,异常线相对密集,而北段这种相对密集现象消失,受到近 EW 向重力异常的叠加,在聊考带东侧存在菏泽、单县重力异常。当延拓高度为 30 km 时,该区深部重力异常表现为 SN 走向,重力值由东向西减少。

(3)深部磁力场特征。该区航空磁力异常以聊考断裂为界,断裂西侧以负异常为主,等值线比较稀,表现为大面积的异常体,且异常值不高,最高只有 +250 nT。而在断裂的东侧以正异常为主,异常值比较高,最高可达 +500 nT,等值线比较密集,出现许多小的异常圈。

(4)视电阻率特征。第四系视电阻率在 15 ~ 40 Ω · m 之间,明化镇组视电阻率在 5 ~ 1 Ω · m 之间;馆陶组为阻含水层,视电阻率在 8 Ω · m 左右,侏罗系、上古生界的视电阻率值大于馆陶组,大于 10 Ω · m,奥陶系灰岩呈相对高阻。

4.2 地热田地球化学特征

(1)地热水化学成分特征。该区地热水中主要阳离子为 Na⁺ 和 Ca⁺,阴离子主要为 SO₄²⁻ 和 Cl⁻。水化学类型为 SO₄-Na · Ca 或 SO₄ · Cl-Ca · Na,矿化度为 3606.71 ~ 4 111.0 mg/L,总硬度为 1504.45 ~ 1 848.0 mg/L;pH 为 6.92 ~ 7.4(表2)。该区地热水中氟、偏硅酸达到矿水命名浓度,为氟水、硅水;锶已接近锶水;偏硼酸已接近矿水浓度,地热水还含有 F⁻, H₂SiO₃, HBO₂, Li 等多种对人体有益的矿物元素,具有较高的医疗价值。该区地下热水对金属具腐蚀性,除硫酸根对混凝土有强腐蚀性外,其他项目对混凝土无腐蚀性。碳酸钙不结垢,能生成硫酸钙垢,可能生成硅酸盐垢。

(2)地热水年龄及成因。法国 J. ch 丰特估算认为:“0 ~ 5 TU(氡单位)说明 40 年前的古水成分占优势,5 ~ 40 TU 表示新近的人渗水和古水之间有混合作用,>40 TU 表示新近入渗水占优势”。该区南华地热水氡含量 < 0.50 TU,反映地下热水循环时间在 50 年以上。

该区南华、庄寨地热水中 δD 含量分别为 -57.0 × 10⁻³ 和 -69.0 × 10⁻³, δO¹⁸ 含量分别为 -9.2 × 10⁻³ 和 -9.6 × 10⁻³,经研究对比,δD 和 δO¹⁸ 的值在克雷格标准降水直线附近,说明地下热水由大气降水补给形成,属大气成因。

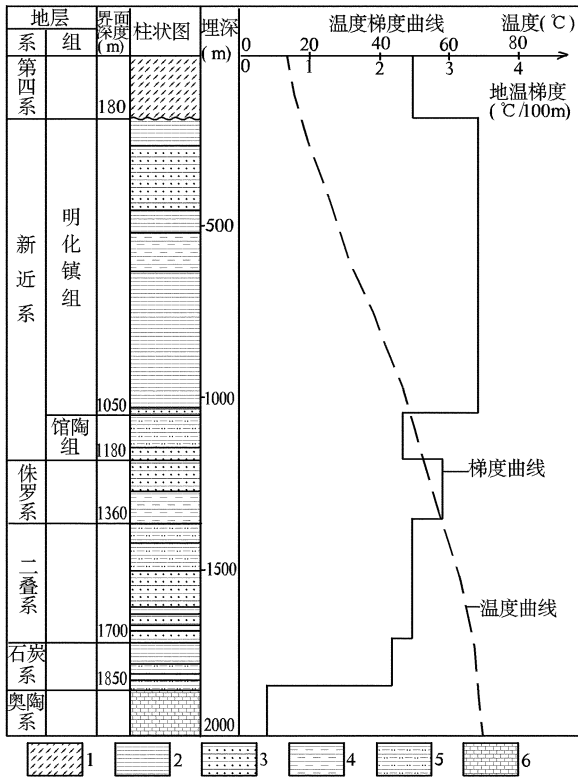


图3 曹煤1孔综合柱状图

1—粉质黏土;2—页岩;3—砂岩;4—泥岩;5—含砂页岩;6—灰岩

表2 菏泽地区地热水化学成分

项目	鄆城	南华	庄寨	项目	鄆城	南华	庄寨	项目	鄆城	南华	庄寨
矿化度	4111	3712.8	3606.71	SO ₄ ⁻	2224	2062.89	1739.44	Cu	5.10	<0.02	0.02
总硬度	1848	1504.45	1567.33	Cl ⁻	325	324.66	499.32	Cr		<0.004	<0.004
pH	7.4	6.92	7.02	F ⁻	3.28	3.50	3.50	Pb	<0.001	<0.001	<0.001
K ⁺	5.83	32.77	42.2	Br	0.62	0.80	1.40	Hg	<0.0002	<0.0001	<0.0001
Na ⁺	503	542.86	476.7	I	0.083	0.18	0.11	As	<0.001	<0.01	<0.001
Ca ²⁺	514	445.85	470.76	H ₂ SiO ₂	48.0	25.19	45.89	Fe	1.21	1.221	1.509
Mg ²⁺	137	95.95	92.78	Li	0.635	0.515	0.713	HPO ₄ ²⁻	<0.1	<0.02	<0.04
NH ₄	0.15	1.52	0.80	Sr	6.75	9.18	10.70	CN ⁻	<0.002	<0.001	<0.001
HCO ₃ ⁻	165	170.16	159.48	Zn	<0.004	0.18	<0.10	NO ₂	<0.003	<0.002	<0.002

5 地热资源量估算

采用热储法对区内2000 m以浅的地热资源量进行了估算。新近系热储地热资源量 5.4463×10^{19} J,折合标准煤 1.8575×10^9 t;奥陶系热储地热资源量 7.4796×10^{19} J,折合标准煤 2.5510×10^9 t,地热田地热资源总量 1.29259×10^{20} J,折合标准煤 4.4085×10^9 t;新近系热储可利用地热资源量 1.3616×10^{19} J,折合标准煤 4.6438×10^8 t;奥陶系热储可利用地热资源量 1.1295×10^{19} J,折合标准煤 3.8265×10^8 t。总可利用地热资源量 2.4835×10^{19} J,折合标准煤 8.4703×10^8 t。新近系允许可采地热水资源量为 3.05×10^8 m³/a,奥陶系允许可采地热水资源量为 2.05×10^8 m³/a。

Geological Characteristics of Geothermal Fields in Heze Area of Shandong Province

WANG Fu-hua, HOU Xin-ying, SUN Peng, LIU Yao-jun

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

Abstract: Geothermal resource is very rich in Heze geothermal field. Geological tectonic conditions, geothermal reservoirs are relatively favorable for exploiting geotherm. Regional geological structures are mainly composed of Li-aokao fault and Caoxian fault. Geothermal reservoir was divided into two major double-decker structure, the upper part is Neogene pore-fractured geothermal reservoir, while the lower part is the Ordovician carbonate fractured karst geothermal reservoir. Underground geotherm was formed in 50 years ago. The contents of fluoride in water and pianguisuan can reach the degree for naming as mineral water. The geotherm also contains some useful mineral elements, such as F⁻, H₂SiO₃, HBO₂ and Li. Thus, it can be used in heating and bathing as well.

Key words: Geological characteristics of geotherm; geothermal field; Heze in Shandong province

6 结论

(1)热储层分2大类呈双层结构,上部为新近系孔隙-裂隙热储,下部为奥陶系碳酸盐岩裂隙岩溶热储。

(2)氟、偏硅酸达到矿水命名浓度,为氟水、硅水;锶已接近锶水;偏硼酸已接近矿水浓度。该区奥陶系地热水含有F⁻, H₂SiO₃, HBO₂, Li等多种对人体有益的矿物元素,可作为采暖,洗浴等用水。

(3)该区地下热水是50年前形成的,其主要来源是大气降水通过深循环在地温及地热气作用下被加热而形成的。

参考文献:

[1] 孔庆友,张天祯,于学峰,等. 山东矿床[M]. 济南:山东科学技术出版社,2006,201-205.