

# 济南市孔隙裂隙地热田热储特征 及开发利用模式探讨

尹秀贞<sup>1</sup>, 胡松涛<sup>2</sup>, 潘春光<sup>3</sup>, 寇薇<sup>3</sup>, 陆凯<sup>3</sup>, 赵辉<sup>3</sup>

(1. 中化地质矿山总局山东地质勘查院, 山东 济南 250013; 2. 山东省地矿工程勘察院, 山东 济南 250014; 3. 济南市国土资源局, 山东 济南 250099)

**摘要:**以济南市孔隙裂隙地热田地质条件为背景,在全面掌握济南市地热勘查情况的基础上,论述了济南市孔隙裂隙热储特征,认为馆陶组热储埋深适中,富水性较强,属于中低温热储,是济南市孔隙裂隙热储层区最为适宜的开采层;而东营组热储层埋藏较深且分布不稳定,部分地区缺失,富水性较差,目前单独成井开采适宜性较差。并根据热储特征及区位优势,对地热资源开发利用模式进行了探讨。

**关键词:**孔隙裂隙;热储;开发利用模式;济南市

**中图分类号:**P314

**文献标识码:**B

## 0 引言

济南市孔隙裂隙热储属于鲁西北地热田的一部分,分布于商河、济阳两县,是环渤海开发和济南市“北跨”规划的主要战略地。北从济南市界,南至齐河-广饶断裂及聊城-兰考断裂。地质构造上位于齐河-广饶断裂以北的济阳断坳之惠民潜陷。地热区面积 1 750 km<sup>2</sup>。

该文以济南市孔隙裂隙地热田地热地质条件为背景,结合多年地热资源勘查资料,论述了济南市孔隙裂隙地热田热储特征,指出了地热资源开发可持续应用方向,对济南市孔隙裂隙地热资源的开发利用以及地热区远景规划具有一定意义。

## 1 区域地质条件及地热成因

济南地区在大地构造上横跨新华夏第Ⅱ隆起带的鲁西隆起及新华夏第Ⅱ沉降带的鲁西北坳陷区。以EW向的齐河-广饶断裂为界,南部是一个以古生代地层为主体的N倾单斜构造,分布碳酸盐岩类岩溶裂隙热储,热储层为寒武—奥陶纪的灰岩、白云岩夹页岩,盖层为第四系、石炭—二叠系等;北部则

是沉积了厚度较大的新生界松散堆积物的凹陷区,分布碎屑岩类孔隙裂隙热储,热储层主要为新近纪馆陶组、古近纪东营组热储,岩性以砂岩为主,盖层为第四系及新近纪明化镇组,岩性为粘土及粉质粘土层。

济南孔隙裂隙热储区在大地构造单元上位于齐河-广饶断裂以北的华北板块(Ⅰ级)—华北坳陷(Ⅱ级)—济阳断陷(Ⅲ级)—惠民潜陷(Ⅳ级)和(Ⅳ级)埕宁潜隆(Ⅳ级),大部分位于惠民潜陷区内。在惠民潜陷区内,以临邑-惠民断裂为界,以北属惠民潜凹(Ⅴ级),以南属临邑潜凹(Ⅴ级)和王判潜凸(Ⅴ级)区。

济南市孔隙裂隙地热田热储呈层状分布,热流为来自地壳深处及上地幔的传导热流,是以热传导为主的大地热流作用机制下形成的温热水型地热资源。该地热田目前共有31眼地热钻孔,孔深一般在1 300~1 556 m,井口水温54~67℃,大多分布在商河县城区内及周围地区、济阳县北部新一古近系碎屑岩区。

## 2 孔隙裂隙热储特征

据放射性及同位素分析研究,区内地热水属大

收稿日期:2014-05-21;修订日期:2014-06-10;编辑:陶卫卫

作者简介:尹秀贞(1979—),女,山东曲阜人,工程师,主要从事水工环工作;E-mail:xyiuzhen08@163.com。

气降水入渗成因,补给来源区主要是西部的太行山区,属长时间、长距离的地下径流补给,但是径流速度缓慢,补给条件差,开采时主要消耗弹性储存量。在2000 m经济深度内,热储层主要为新近纪馆陶组,另有古近纪东营组、沙河街组和孔店组,目前揭露的含水层组主要为馆陶组和东营组。

## 2.1 新近纪馆陶组热储

馆陶组热储广泛分布于齐广断裂以北、陵县-老黄河口断裂以南区域,仅在宁津潜凸区缺失。热储顶界埋深一般在750~1200 m,底界埋深1100~1400 m,厚度200~300 m,自商河县北部、东南部往中部及西南部埋深及厚度逐渐增大。馆陶组热储含水层岩性主要为灰色、灰白色粗砂岩和砂砾岩,垂向上呈上细下粗的正旋回沉积,底砾岩明显,砾石成分以石英为主,含少量黑色燧石及暗色矿物,砾石直径1~10 mm不等,呈次棱角一次圆状,磨圆度中等,分选性一般,泥质胶结,砂砾岩成岩性差,呈疏松状。孔隙度大,一般为20%~30%,具有良好的储水空间。热储的含水砂层累计厚度50~108.8 m,约占地层厚度的17.63%~38.74%<sup>[1]</sup>。

按富水性分为3个区,富水性较强的区分布在

表1 济南市孔隙裂隙水文地质资料

井号	位置	孔深/m	热储层 厚度/m	水位降 深/m	涌水量/ (m <sup>3</sup> /d)	水温/℃	水化学类型
商热1	商河县经济开发区	1556.00	69.00	103.7	1627	57.5	Cl-Na
商热2	县城西北部粮食局	1352.00	86.00	33.2	2030	58.0	Cl-Na
商热3	县城北部豪门庄园住宅区	1350.00		20	1300	56.0	Cl-Na
商热4	县城东北涌鑫花园住宅区	1339.53	72.00	31.4	2302	56.0	Cl·SO <sub>4</sub> -Na
商热5	县城南环路齐鲁水郡温泉城内	1350.00		20	1300	57.0	
裕都1号	商河县玉皇庙镇裕都小区	1500.00	108.80	30	1920	54.0	Cl-Na
JR-013	商河县贾庄镇	1309.98	86.59	35	1944	58.0	Cl-Na
洼里王	济阳县北	1478.26	71.00	62.7	456	52.5	Cl-Na

## 2.2 古近纪东营组热储

东营组热储在工作区分布较为广泛,局部地区缺失。热储顶界埋深1100~2000 m,厚度为50~500 m。总体上,热储顶界埋深及厚度自北部和东南部往中部及西南部有增大趋势。在北部宁津潜凸区、陵县-老黄河口断裂南侧的惠民潜陷斜坡地带、东南部的陡河以南至齐广断裂一带和县城附近,东营组缺失。目前济南市没有东营组热储单独成井的地热井,仅有商热1号和洼里王地热井为馆陶组与东营组热储混合成井,洼里王主要开采东营组热储。

县城、贾庄、龙桑寺一带,大体沿S316省道呈NE-SW向条带状展布,东西长约36.5 km,南北11.2 km,面积411.62 km<sup>2</sup>,占热储区面积的23.5%。含水砂层较发育,在合理降深20 m时,单井出水量1000~2000 m<sup>3</sup>/d。热水含水层厚度86 m左右,占热储总厚度的38.74%左右,上下热对流较强,其地温梯度较低,一般在1.32~1.57℃/100 m。已有24眼地热井(包括开采井、回灌井)。该区的两侧为富水性中等区,含水砂层发育一般,总面积480.44 km<sup>2</sup>,占热储区面积的27.5%。合理水位降深20 m时,推断单井出水量500~1000 m<sup>3</sup>/d。含水层上下热对流较弱,其地温梯度较高,一般在1.57℃~1.82℃/100 m,目前该区分布有玉皇庙镇4眼地热井。富水性较差区位于商河县东北部、东南部及济阳县北半部,面积826.36 km<sup>2</sup>,占热储总面积的47.3%,合理水位降深20 m时,推断该区单井出水量小于500 m<sup>3</sup>/d,井口水温为53~58℃(表1)。

馆陶组热储埋深适中,富水性较强,属于中低温热储,是济南市孔隙裂隙热储层区最为适宜的开采层。

东营组热储层顶界埋深为1100~1412 m,推测底界埋深为1500~1600 m,平均孔隙度为26.0%。洼里王地热井钻探1478.26 m,揭露东营组厚度366.26 m,未揭穿。热储含水层厚50~80 m,利用热储含水层厚度为63 m左右,占揭露热储层厚度的17.2%,含水层有8层,单层厚度5~10 m。商热1号井终孔深度内(1566 m)揭露中东营组厚度154 m,含水层总厚度16 m。含水层岩性以粉砂岩、泥质粉砂岩为主,其富水性较差,在合理降深20 m时,普遍小于300 m<sup>3</sup>/d,地温梯度在1.81℃/100m左右。矿化度较高,东营组热储温度

为50~67℃。

东营组热储层埋藏较深且分布不稳定,部分地区缺失,富水性较差,目前单独成井开采适宜性较差。

### 3 水质评价

根据孔隙裂隙地热水水质分析资料,地热水清澈透明、无异味、微咸,无肉眼可见物,水化学类型Cl-Na型,矿化度6.458~11.296 g/L,属于咸水-盐水。根据《地热资源地质勘查规范》(GBT11615Cl-2010)附录C《理疗热矿泉水水质标准》,孔隙裂隙地热水锶含量已达命名浓度,偏硅酸、偏硼酸、溴、碘含量达到了矿水浓度,可命名为富含多种微量元素的锶型理疗热矿水(表2)。

表2 地热水水质评价

项目	Br (mg/L)	I (mg/L)	Sr (mg/L)	Fe (mg/L)	HBO <sub>2</sub> (mg/L)	H <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub> (mg/L)	氡 (Bq/L)	温度 (℃)	评价 结果
医疗价值浓度	5	1	10	10	1.5	25	37	≥34	
矿水浓度	5	1	10	10	5	25	47.14		
命名矿水浓度	25	5	10	10	50	50	129.5		
城区产业园区	7.0	1.55	19.95	0.21	10.00	37.97	4.7	56	锶水
贾庄JR-013	7.0	1.55	14.95	0.13	10.00	32.72	3.4	58	锶水

### 4 地热资源开发利用模式探讨

济南市的孔隙裂隙热储主要分布于北部商河、济阳两地,与该市的“北跨”战略城市发展战略相契合,城市发展可以促进地热相关产业的健康发展。全市的孔隙裂热储埋藏深度适中、属于中低温热水,可以直接用于地热供暖、养殖、农业温室种植、工业生产等方面。由于水中富含人体有益微量元素,可用于医疗保健、洗浴和旅游度假等开发。

(1)地热供暖模式。地热是绿色清洁能源,暖工程地热供暖具有开发周期短、成本低廉、供热温度稳定等优点,若处理好地热供暖尾水回灌问题,仅取地热中的“热量”,利用地热供暖不会对环境产生任何污染。据统计,全国地热供暖面积以每年19%的速度增长<sup>[2]</sup>,北京、天津、西安、郑州、鞍山等城市均开采较大规模地热用来供暖,其中天津市地热供暖面积较大,约占全国地热供暖总面积的一半,地热供暖经济效益和环境效益显著。

(2)医疗保健和温泉旅游度假模式。地热流体中含有溴、碘、偏硅酸、偏硼酸以及微量的放射性元素氡等成分,温泉疗养可以利用地热水进行水疗、气

疗和泥疗等方式,对人体起到一定的医疗保健作用。温泉度假村等地热旅游项目在全世界发展炙热,目前国内温泉旅游度假比重占地热直接利用的71%<sup>[3]</sup>。

(3)农业温室种植及水产养殖模式。地热资源可应用于生物的反季节、异地养殖与种植。冬季利用地热水对温室大棚进行供暖,种植较高档的花卉和蔬菜瓜果等,不仅节约常规能源,而且可保证北方地区冬季蔬菜的供应。另外,地热可应用于鱼苗培养及热带鱼类越冬。

(4)工业生产模式。地热还可以在工业方面用于纺织印染、化工提炼、皮革加工、食品加工、农业干燥、造纸等。

### 5 开发利用建议

济南市孔隙裂隙地热资源丰富且开发较早,利用地热供暖、洗浴、养殖已经为当地带来了一定的社会经济收益,但同时也存在地热资源利用率不高、开采量控制不合理、地热弃水乱排放等现象,结合《济南市地热资源的开发利用规划》,提出以下3个方面的建议。

(1)地热资源综合梯级利用。地热资源的高效综合利用已成国内外关注的话题,国内天津、北京、河北等地均开展了示范项目的建设,取得了显著成效<sup>[4]</sup>。济南市应结合全市需求,开发出一套符合该市的地热资源综合梯级综合利用集成系统,让地热这一宝贵的清洁能源得以高效利用,用好资源的同时也大大节约了资源。

(2)地热尾水进行回灌。地热尾水的回灌可以减少地热水的消耗,是延长地热田的开采寿命、确保地热资源的永续利用的根本途径,同时也可解决地热尾水外排对环境造成的热污染和化学污染问题<sup>[5]</sup>。建议根据孔隙裂隙地热资源实际情况,在地热田内开展回灌试验和示踪试验,对回灌模式和机理展开研究,保证科学合理的实施回灌。

(3)地热资源开发的规范化管理。按照“有序有偿、供需平衡、结构优化、集约高效”的总方针,根据《中华人民共和国矿产资源法》及相关的法律法规,健全各项规章制度,实现地热资源开发的科学化、规范化管理。

同时加强地热资源动态监测,实时采集和监控各个地热井运行情况数据,准确掌握资源动态,科学

规划和调控地热资源。

## 参考文献:

- [1] 李振函, 康凤新, 刘国爱, 等. 济南地热温泉[M]. 北京: 地质出版社, 2013: 34 - 35.
- [2] 詹麒, 崔宇. 我国地热资源开发利用现状与前景分析[J]. 理论月刊, 2010, (8): 170 - 172.

- [3] 任永飞, 潘翠, 王海波. 中美地热资源开发利用现状对比[A]// 中国环境科学学会学术年会论文集[C]. 北京: 中国环境科学出版社, 2011: 3500 - 3504.
- [4] 廖月芝, 龚宇烈, 刘国钦. 广东省丰顺县地热资源利用现状及开发模式探讨[J]. 中国人口·资源与环境, 2011, (21): 92 - 95.
- [5] 王彦俊, 王贞国, 王岩, 等. 德州市地热资源开发与保护[J]. 山东国土资源, 2005, 21(5): 31 - 35.

## Discussion on Characteristics and Exploitation and Utilization Model of Pore - crack Geothermal Fields in Jinan City

YIN Xiuzhen<sup>1</sup>, HU Songtao<sup>2</sup>, PAN Chunguang<sup>3</sup>, KOU Wei<sup>3</sup>, LU Kai<sup>3</sup>, ZHAO Hui<sup>3</sup>

(1. Shandong Geological Prospecting Institute of China Chemical Geology and Mines General Bureau, Shandong Jinan 250013, China; 2. Shandong Geo - engineering Exploration Institute, Shandong Jinan 250014, China; 3. Jinan Bureau of Land and Resource, Shandong Jinan 250099, China)

**Abstract:** Based on geological conditions of pore - crack geothermal field in Ji'an city, on the basis of grasping basic situation of geothermal exploration in Jinan city, characteristics of pore - crack geothermal fields in Jinan city have been introduced. It is regarded that buried depth of Guantao geothermal reservoir is moderate and water abundance is strong. It belongs to the medium low temperature geothermal reservoir. It is the most suitable mining layer in fracture pore reservoir area in Ji'an city. Dongying geothermal reservoir is deeply buried, the distribution is not stable, and some areas are lack water. The suitability of single well is poor. According to characteristics and regional advantages of geothermal fields, exploitation and utilization of geothermal resources have been studied.

**Key words:** Pore - crack; geothermal field; exploitation and utilization mode; Jinan city

(上接第 33 页)

## Analysis on Hydro Geological Characteristics of Shouguang City

YU Deqin<sup>1</sup>, MENG Yonghui<sup>2</sup>

(Shandong Geological Surveying Institute, Shandong Jinan 250014, China, Shandong Monitoring Center of Geological Environment, Shandong Jinan 250014, China)

**Abstract:** Shouguang city is located in the middle of shandong peninsula and south of Laizhou bay in Bohai Sea. It is a major vegetable production base in China. In recent years, due to rapid development of industry and agriculture, and the development and utilization of groundwater, a series of environmental and geological problems occurred, and hydrogeological conditions has also changed a lot. Based on comprehensive investigation (Shouguang) of regional geological, hydrogeological engineering geological environment with the scale of 1:100000 in Peninsula blue economic zone, hydrogeological characteristics of shouguang has been analyzed systematically, the rich water areas have been delineated, and the vision exploration has been predicted. It will provide the basis for sustainable utilization of groundwater resources in Shouguang city.

**Key words:** Hydrogeological characteristics; dynamic characteristics; water rich section; protection countermeasures; Shouguang city