

东营凹陷地热田特征及成因机理研究

张红红, 高焕毅, 李苹

山东省地矿工程集团有限公司, 济南, 250000

内容提要:按照三级、四级大地构造单元, 凸起、凹陷的界线、构造断裂带、地热异常的范围等, 将鲁西北地热区划分为若干地热田; 在参考鲁北地区馆陶组、东营组热储埋深、厚度、水化学类型、水量、水温等基础上, 结合当地的地热规划、开发利用情况及行政区界等, 将东营凹陷地热田进一步划分为 5 个地热区块; 通过对东营凹陷地热田已有钻探资料和区域地热地质资料的研究, 结合勘查项目研究成果, 分析了地热田的埋藏条件、补径排条件、地温场及水文地球化学特征, 阐述了地热田边界条件以及地热地质特征, 东营凹陷地热田蕴藏着丰富的中低温地热资源, 热流体为碎屑岩类裂隙孔隙承压水, 矿化度较高, 主要由周边山区大气降水入渗补给形成, 并建立了地热田成因机理概念模型, 为地热资源的合理开发利用提供了重要依据。

关键词:东营地热田; 边界条件; 地热地质特征; 成因机理; 概念模型

东营凹陷地热田地处鲁西北层状热储地热区, 资源储量丰富、开采条件好, 以往勘探程度相对较高, 但目前仍存在部分地热井开发利用无序、地热田边界条件不清的问题, 缺乏对不同热储层空间展布规律、富水性和流体化学特征的系统研究, 对开发利用地热资源具有较大影响。因此, 本文结合以往勘探资料以及近年来取得的成果, 对地热田边界进行了划分, 从温度场、化学场、地热流体动态特征及同位素等方面分析了地热田成因机理(Lü Jinbo, 2004; Zhang Baojian et al., 2009), 并给出直观的三维概念模型。

1 地热田边界条件确定及地热区块的划分

对鲁西北地热区, 按照三级、四级大地构造单元, 凸起、凹陷的界线、构造断裂带、地热异常的范围等, 对地热区进行划分, 将地热区划分为若干地热田。

东营凹陷地热田的构造条件为华北板块、华北拗陷区(I)、济阳拗陷(I_a)的东营潜断陷(I_{a6})。地热田的北部以滨州潜凸(I_{a5}^4)、陈庄潜凸起(I_{a5}^3)与

东营潜凹陷(I_{a6}^2)的界线为界, 西部以惠民凹陷(I_{a4}^2)与东营凹陷(I_{a6}^2)的界线为界, 南部以东营潜凹陷(I_{a6}^2)与牛头潜凹陷(I_{a8}^2)、广饶潜凸起(I_{a8}^1)的界线为界, 东部以海岸线为界。

为便于后期的开发利用与管理, 在参考鲁北地区馆陶组、东营组热储埋深、厚度、水化学类型、水量、水温等基础上, 结合当地的地热规划、开发利用情况及行政区界等, 对东营凹陷地热田进行进一步的划分, 划分出 5 个地热区块, 分别为滨州地热区块、博兴地热区块、利津地热区块、东营地热区块、丁庄地热区块, 地热田边界及地热区块划分见图 1。

2 地热地质特征

区域内地层以太古宇、古生界、中生界为基底, 其上沉积了巨厚的新生代地层, 最大厚度约 7000 余米, 沉积层主要为新近系、古近系。区内古近系在凸起区缺失, 在凹陷区较为发育, 主要为济阳群, 自下而上包括孔店组、沙河街组、东营组; 新近系主要是馆陶组和明化镇组, 东营凹陷地热田地热地质剖面图见图 2。

注: 本文为山东省大型地热田成因机理研究项目(编号鲁勘字(2015)31 号)和山东省地热资源开发利用现状与地热田边界划分研究项目(编号鲁勘字(2016)76 号)资助的成果。

收稿日期: 2019-07-23; 改回日期: 2019-08-28; 责任编辑: 周健。

作者简介: 张红红, 女, 1980 年生。工程师, 从事岩土地质、水文地质方面研究工作。Email: 715014365@qq.com。

引用本文:张红红, 高焕毅, 李苹. 2019. 东营凹陷地热田特征及成因机理研究. 地质学报, 93(s1):184~191, doi: 10.19762/j.cnki.dizhixuebao.2019226.
Zhang Honghong, Gao Huanyi, Li Ping. 2019. Characteristics and genesis mechanism of the geothermal field in the Dongying depression. Acta Geologica Sinica, 93(s1):184~191.



图 1 东营凹陷地热田边界及地热区块的划分

Fig. 1 Geothermal field boundary and geothermal block division in Dongying depression

2.1 热储

2000m 以内经济开发型热储层主要有新近系馆陶组、古近系东营组。上覆较厚的第四系和明化镇组是该区热储的盖层。

(1) 馆陶组热储层全区广泛广布, 地层厚度变化较大, 与下伏东营组、寒武-奥陶系及太古界呈不整合接触。顶板埋深 500~1250m, 底板埋深一般为 1300~1500m, 凹陷中心埋深大于 1700m, 地层厚度一般为 400~500m, 砂层厚度一般 150~200m, 砂岩百分比 20%~40%。

(2) 东营组热储层顶板埋深一般为 1300~

1500m, 底板埋深 1600~1800m, 地层厚度一般小于 300m, 水平方向的总体趋势为东营凹陷中央厚, 向四周变薄。砂层厚度与地层厚度的分布规律相似, 东营市以北砂层厚度一般大于 150m, 最厚可达 250m, 而凹陷东、西、西南部一般小于 50m。

2.2 地温场

地温反映地球内热能的变化程度, 地温的变化是地质构造条件和地质历史的综合反映。影响地壳浅部地温的主要因素一般有基底面的起伏、构造形态、地下水活动和岩浆活动等。东营凹陷内, 凸凹相间的构造特征和活动断裂带的存在对地壳浅部地温

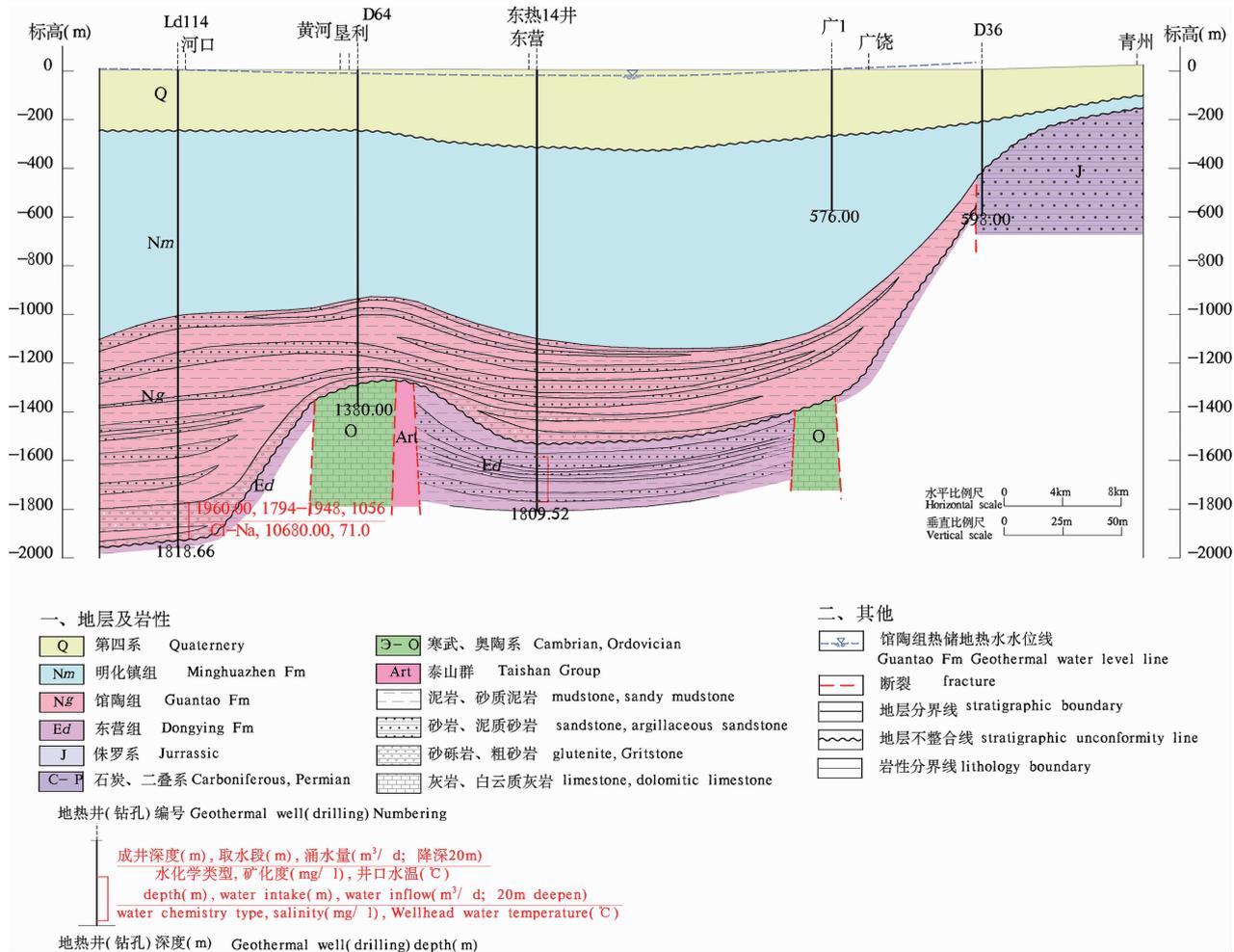


图2 东营凹陷地热田地热地质剖面图

Fig. 2 Geothermal geological section of geothermal field in Dongying depression

分布有着十分重要的影响。

在水平方向上,地温场特征主要受地质构造的影响,其次受盖层厚度及岩性变化影响(Li Changsuo et al., 2013)。地温梯度的水平分布与基岩起伏呈正相关关系。正向构造区,基岩埋藏浅,盖层地温梯度大,热储温度高;在负向构造区,基岩埋藏深,盖层地温梯度小,热储温度低。即隆起区热储温度、地温梯度大于拗陷区的地温梯度。盖层地温梯度是随着基岩面的起伏而变化的(图3)。

东营凹陷地热田在北部、南部凸起的边缘地带,地温梯度高达 3.5~5.0℃/100m;博兴潜凹由于近邻南部泰山-沂山隆起,且埋深浅,地温梯度值高达 3.5℃/100m 以上;东营潜凹区中心地带地温梯度一般<3.5℃/100m。

东营市区内已有地热井测温资料见表1。由表1数据可知,东营市内大部分地区的地温梯度为 3.4~3.6℃/100m,最高值 3.84℃/100m,最低为 3.21℃/100m。

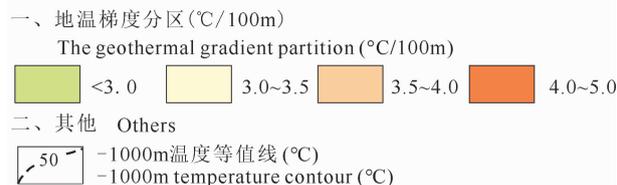
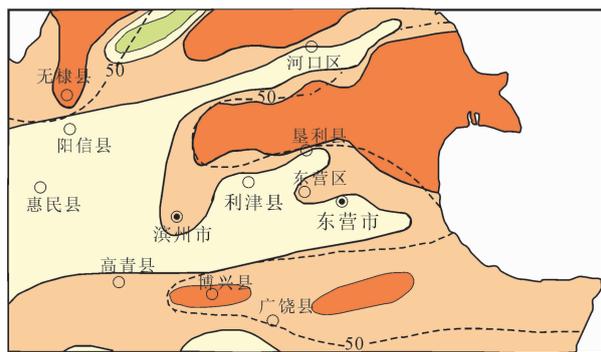


图3 东营凹陷地热田地温梯度分布图 (据“山东鲁北地区地热区划”稍作修改)

Fig. 3 Geothermal gradient distribution map of geothermal field in Dongying depression

表 1 东营凹陷地热田地热井测温数据(据鲁西北地热区划)
Table 1 Geothermal data of geothermal wells in geothermal field in Dongying depression (according to the planning of the geothermal area in northwestern Shandong)

地热井编号	井深(m)	井口温度(°C)	地温梯度(°C/100m)
地热井 1	1632	61.0	3.43
地热井 2	1303	54.0	3.44
地热井 3	1595	62.0	3.34
地热井 4	1575	65.0	3.59
地热井 5	1503	64.0	3.73
地热井 6	1750	74.0	3.78
地热井 7	1645	64.0	3.45
地热井 8	1541	64.0	3.84
地热井 9	1799	71.0	3.54
地热井 10	1509	62.0	3.64
地热井 11	1420	54.0	3.21

在垂直方向上,区域地层恒温带的温度为 14.0°C,恒温带深度 20~40m,恒温带以下,地层温度随埋深增加而增高,总体呈线性关系。地温梯度变化则较复杂,主要受深度、地质结构与岩性的控制(Ma Haoming et al., 2002; Li Xuelun et al., 1997)。一般热传导率低,地温梯度高,反之则低。第四系与新近系结构疏松,热传导率小,起阻热作用;古近系结构较第四系紧密,热传导率大于第四系,尤其是沙河街组因含砂岩比例小,地温梯度最高。垂向上地温梯度总的特征是:新近系比前新近系地温梯度高;以泥岩为主的井段比以砂岩为主的井段地温梯度高。

随着深度增加,不同岩性的地层其增温的快慢不同。在同一钻井中,新生界地温梯度垂向变化取决于该层段砂岩和泥岩累计厚度比例。在以泥岩为主的层段,地温梯度大,增温较快;反之,含砂岩较多的层段,地温梯度相对降低,增温较慢(表 2)。

表 2 新生代地层泥岩和砂岩厚度比与地温梯度关系表
 (据鲁西北地热区划)

Table 2 Relationship between thickness ratio of mudstone and sandstone in Cenozoic strata and geothermal gradient (according to the planning of the geothermal area in northwestern Shandong)

孔号	层位	泥岩与砂岩厚度比(%)	地温梯度(°C/100m)
营 2	Ng	50 : 50	3.5
罗 30	Ed	77 : 23	5.6
永 72	Es	23 : 77	3.79
东风 2	Es	73 : 27	4.24
通古 9	Ek	56 : 44	5.49

2.3 化学场

区内东营凹陷地热田地热流体水化学类型以

Cl-Na 为主,分析结果见表 3。

区域地热流体 Na⁺ 含量 3480~6321mg/L, Cl⁻ 含量 7212 ~ 11189mg/L, SO₄²⁻ 含量 11.48 ~ 912mg/L,总硬度 1654~2130mg/L,矿化度 12100 ~ 18583mg/L,pH 值在 7.0~7.7 之间,地热流体主要成分玫瑰花图见图 4。该地热田的地热流体矿化度较高,进行地热供暖时,需要采取相应的措施,以保证供暖效果。

表 3 东营凹陷地热田地热流体水化学分析综合表
Table 3 Hydrochemical analysis of geothermal fluids in geothermal fluid of Dongying depression

样品号		样品 1	样品 2	样品 3
热储层位		Ed	Ng+Ed	Ed
阳离子 (mg/L)	K ⁺	57.66	39.52	30.8
	Na ⁺	6321.00	3980.00	3480
	Ca ²⁺	737.10	530.30	436
	Mg ²⁺	70.41	80.13	84.2
阴离子 (mg/L)	Cl ⁻	11189.56	7212.59	8620
	SO ₄ ²⁻	11.48	11.48	912
	HCO ₃ ³⁻	105.95	162.54	
	F ⁻	0.73	0.57	0.59
	I ⁻	1.90	2.60	2.78
	Br ⁻	25.50	8.00	
金属离子 (mg/L)	NO ₃ ⁻	6.976	4.83	7.9
	Mn	1.73	0.85	0.372
	Ba	36.88	21.29	24.4
	Li	0.99	1.04	0.50
	Sr	35.61	33.36	27.2
总硬度(mg/L)		2130.71	1654.30	1840
矿化度(mg/L)		18583.00	12100.57	14700
pH		7.48	7.70	7.0
水化学类型		Cl-Na	Cl-Na	Cl-Na

2.4 动态特征

由于地热水埋藏深,主要补给方式为侧向补给和人工回灌,主要排泄方式为人工开采,其动态类型为径流-开采型。根据观测资料,东营区地热主要开采层位是东营组,静水位埋深 60m 左右,其次是馆陶组,静水位埋深 45m 左右。

本次动态监测选择东营市西城区地热井进行动态监测,监测周期从 2016 年 10 月~2018 年 12 月,每月监测 6 次,对地热流体的水位、水温进行监测,动态监测曲线见图 5。

由图可知,地热井静水位 60m 左右,由于该地热井主要用于冬季供暖,因此,在供暖季水位开始下降,降深 40m 左右,供暖结束后,水位开始上升,但整体水位呈下降趋势,水温 62°C 左右。该监测井建井时水位标高为-22.16m,水位埋深 29.16m(2005 年 10 月),去除地热水水温对水位的影响,水位平均

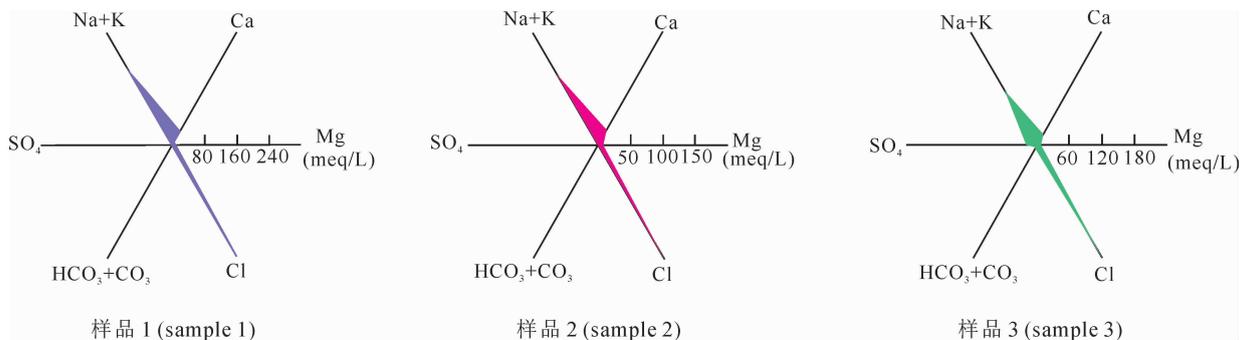


图 4 东营凹陷地热田地热流体主要成分玫瑰图

Fig. 4 Rose flower diagram of the main component of geothermal fluid in geothermal field of Dongying depression

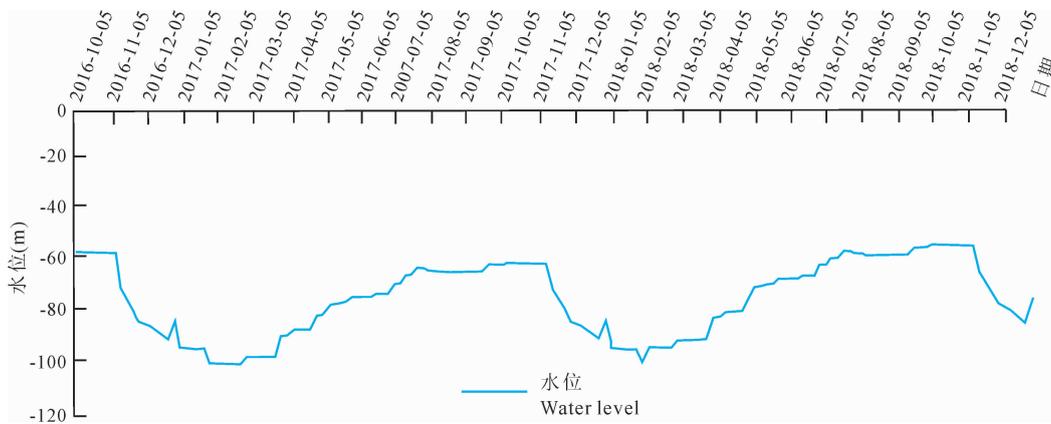


图 5 东营凹陷地热田动态监测曲线

Fig. 5 Dynamic monitoring curve of geothermal field in Dongying depression

下降了 25m, 平均下降速率 2.23m/a。地热水的水温也主要受开采情况的影响, 随着开采情况的变化而变化。

3 地热流体成分研究

3.1 离子比例系数

由地热流体离子特征系数的分析可知(表 4), 区内地热流体起源于大气降水, 在漫长的地质年代中, 以极其缓慢的速度由补给源区向下径流, 径流过程中与围岩发生水岩交替, 形成现在的水化学特征。

由表 4 可知, 区内地热流体矿化度一般为 829 ~ 19375mg/L, 远小于现代海水的盐度(35000g/L), 故其成因不可能是古海水封存水; 根据水化学资料, 地热流体 Cl/Br 比远大于现代海水, Br/I、Br/F 比远低于现代海水, 说明地热流体具有大陆溶滤特征。区内馆陶组、东营组地热资源埋深大, 上伏有厚层不透水-微透水地层, 大气降水不能垂直入渗补给地热水。

地热流体离子特征里系数的分析可知, 区内馆陶组、东营组地热流体起源于大气降水, 在漫长的地

表 4 东营凹陷地热田地热流体离子特征比例系数表

Table 4 Ionic characteristic scale factors of the geothermal fluid in geothermal field of Dongying depression

样品编号	矿化度 (mg/L)	r_{Na}/r_{Cl}	Cl/Br	Br/I	Br/F
1	4844.18	1.16	1547.72	2.0	0.843
2	4808.35	1.23	1493.61	1.75	0.81
3	5394.69	1.31	1335.31	1.60	1.23
4	4169.30	1.36	890.21	4.0	1.58
5	5013.61	1.30	833.39	3	1.78
6	4926.60	1.28	833.39	3.33	1.82
7	3642.38	1.96	806.11	2.22	0.65
8	5394.67	1.28	722.51	4.14	2.74
9	8251.51	1.12	810.33	4.60	4.95
10	10554.73	0.92	986.4	4.87	10.37
11	5568.24	1.11	719.20	4.59	4.15
12	16518.98	0.86	1284.93	2.68	10.42
13	19375.16	0.73	761.66	15.00	25
14	18583.00	0.87	438.81	13.42	34.93
15	12100.57	0.85	901.57	3.08	14.04
16	829.02	2.19	1212.2		
平均值	8123.44	1.22	973.58	4.69	7.69
现代海水	35000	0.80	300	1116.7	67.0

质年代中, 以极其缓慢的速度由补给源区向下径流, 径流过程中与围岩发生水岩交替, 形成现在的水化

学特征。

3.2 $\delta^{18}\text{O}$ - δD

根据东营凹陷地热田内地热流体同位素分析数据(表 5),可知东营凹陷地热田的 $\delta^{18}\text{O}$ 测定值介于 $-10.36\text{‰} \sim -3.46\text{‰}$, δD 的测定值介于 $-68.42\text{‰} \sim -31.57\text{‰}$, 平均值分别为 -7.52‰ 和 -56.95‰ 。

根据同位素测试所得数据绘制关系图(图 6), 东营凹陷地热田地下热水的 δD 和 $\delta^{18}\text{O}$ 同位素数据均位于全国大地降水线附近, 表明东营凹陷地热田的地下热水主要来自大气降水, 经历了一个相当长时间的雨水沉降的循环过程。

为表明某水样同位素对现代大气降水的偏离程度, 引进 d 的概念, 其定义为 $d = \delta\text{D} - \delta^{18}\text{O}$ 。当 $d < 10\%$, 表明为正常大气降水; 当 $d < -10\%$ 时, 表明干热气候条件下(蒸发浓缩)的降水; 当 $d > +10\%$ 时, 表明是与现今不同气候条件下的降水, 表 3 中

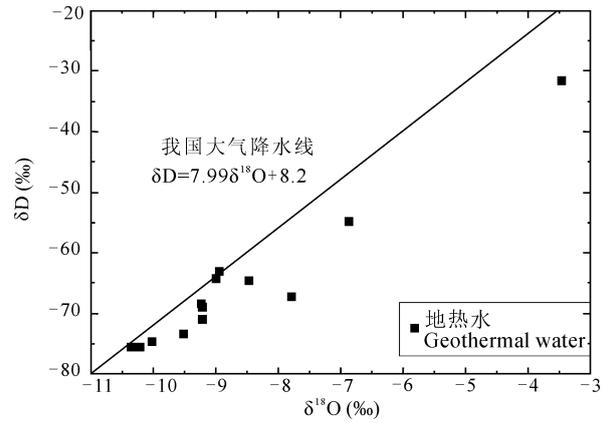


图 6 东营凹陷地热田地热流体 $\delta^{18}\text{O}$ - δD 关系图

Fig. 6 Relationship between $\delta^{18}\text{O}$ and δD of geothermal fluid in geothermal field of Dongying depression

营凹陷地热田各样品的 d 值均小于 10% , 因此可以判断东营凹陷地热田内的地下热水都起源于现代大气降水。同时地下水在径流过程中, 溶解围岩中的 $\delta^{18}\text{O}$ 使其 $\delta^{18}\text{O}$ 升高, 发生了 $\delta^{18}\text{O}$ 漂移。

3.3 ^3H

由表 5 可知, 东营凹陷地热田地热流体的 ^3H 含量为 $4.1 \sim 26.8\text{ TU}$, 地热田的补给较远。

4 成因机理及区域储热概念模型

根据区域常量离子分布规律, Na^+ 、 Cl^- 、 K^+ 含量由西往东逐渐增多, SO_4^{2-} 、 HCO_3^- 含量由西往东逐渐减少, 说明地热流体的径流途径为由西往东。

地热田地热流体形成年代较老, 循环周期较长。本区地热为自然增温型, 热储层为馆陶组、东营组, 盖层为第四系, 热源主要来自上地幔传导热和地

表 5 东营凹陷地热田地热流体同位素测试表
Table 5 The isotope test data of geothermal fluid in geothermal field of Dongying depression

样品编号	δD (‰)	$\delta^{18}\text{O}$ (‰)	^3H (TU)	d	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	校正后 ^{14}C 年龄 (ka)
1	-64.69	-8.46	22.3 ± 2.2	-56.23	-20.69	5.911 ± 0.24
2	-31.57	-3.46	20.3 ± 1.6	-28.11	-22.29	7.45 ± 0.30
3	-63.12	-8.94	22.3 ± 2.6	-54.18	-21.62	4.54 ± 0.17
5	-68.42	-9.23	26.8 ± 2.4	-59.19	-20.77	5.91 ± 0.23
7	-64.22	-8.99	19.4 ± 1.4	-55.23	-17.19	7.10 ± 0.28
8	-73.49	-9.52	4.7 ± 0.5	-63.97	-15.76	5.37 ± 0.20
10	-71.13	-9.22	4.4 ± 0.4	-61.91	-20.14	1.10 ± 0.05
13	-54.82	-6.87	21.5 ± 2.2	-47.95	-19.78	8.37 ± 0.34
14	-67.30	-7.78	1.1 ± 0.1	-59.52	-18.76	3.89 ± 0.14
15	-74.65	-10.02	24.3 ± 2.0	-64.63	-18.43	6.57 ± 0.26
16	-66.35	-7.72	4.1 ± 0.1	-58.63	-18.57	6.76 ± 0.21

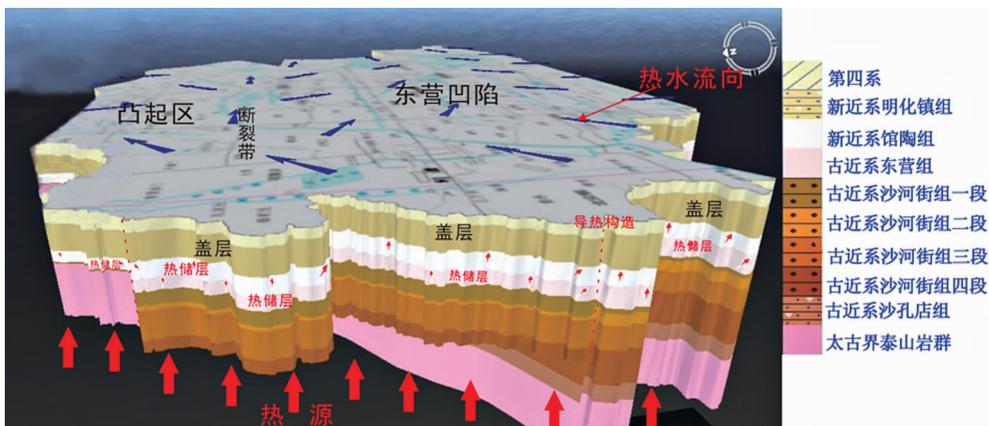


图 7 东营凹陷地热田成因机理概念模型

Fig. 7 The conceptual model of the genetic mechanism of geothermal field in Dongying depression

壳深部的正常热传导,区内地下热矿水除少量沉积物沉积时保留下来的沉积水和封存水外,绝大部分为在沉积物形成后在漫长的地质时期中,由远、近山区的侧向径流补给,由构造断裂带沟通了地下热源,从而形成地热(Liu Fei et al., 2008; He Yunxiang, 2009; Sun Ruigang et al., 2010; Tian Su, 2012)。东营凹陷地热田成因机理概念模型见图7。

5 结论

(1)东营凹陷地热田蕴藏着丰富的中低温地热资源,具有以盆地传导型面状热储为主要特征。

(2)东营凹陷地热田地下热水为碎屑岩类裂隙孔隙承压水;地下热水阳离子均以 Na^+ 占绝对优势,阴离子以 Cl^- 含量最高,为弱碱性水,属 $\text{Cl}-\text{Na}$ 型水。热流体矿化度较高,一般为 $12\sim 19\text{g/L}$ 。

(3)东营凹陷地热田不同来源地下水的氢、氧同位素组成表明,地下热水主要是由周边山区大气降水入渗补给形成。

(4)东营凹陷地热田热流体富含特殊的微量元素,对医疗皮肤病具有一定的医疗保健价值。其为复合型矿泉水,属康复医疗型地热资源。

References

He Yunxiang. 2009. Exploration on the genetic characteristics of Qinggang geothermal field in Ruyuan County, Guangdong Province. *Engineering Technology*, 22 (in Chinese with English abstract).

Li Xuelun, Sun Xiaogong, Wang Yonghong. 1997. Distribution and origin of warm springs in Shandong Peninsula. *Journal of Ocean University of Qingdao*, 27(3):389~396 (in Chinese with English abstract).

Liu Fei, Wang Longhu, Hong Jiangsheng. 2008. On origin of Bantang geothermal field and its run-off passage in Chaohu

area, Anhui. *Jiangsu Geology*, 32(3):172~178 (in Chinese with English abstract).

Lü Jinbo. 2004. Characteristics of the geothermal field in northern Beijing and the influence of its exploitation on seismic ground fluid behavior. Institute of Geology, China Seismological Bureau (in Chinese with English abstract).

Ma Haoming, Cai Jianbo. 2002. Discussion on the origins of hot spring along the coast of South China. *Acta Scientiarum Naturalium Universitatis Sunyatseni*, 41(1):82~86 (in Chinese with English abstract).

Sun Ruigang, Gao Shujian, Chi Yibin. 2010. Discussion on the genesis of the geothermal field in the east of Zhaoyuan City. *Gansu Science and Technology*, 26(13):50~51 (in Chinese with English abstract).

Tan Jiahua. 2010. The characteristics of temperature field and origin analysis of Xiaosanjiang geothermal field. *Groundwater*, 32(2):16~18 (in Chinese with English abstract).

Tian Su. 2012. The study on the mechanism of structural geothermal fields of Weihai. Mester's thesis of University of Jinan (in Chinese with English abstract).

Zhang Baojian, Shen Zhaoli, Qiao Zengbao, Qi Lin. 2009. Analysis on hydro-chemical features and origin of the hot spring in karst geothermal field, east Liaocheng City. *Carsologica Sinica*, 28(3):263~268 (in Chinese with English abstract).

参 考 文 献

何运翔. 2009. 广东省乳源县青岗地热田成因特征探索. *工程技术*, 22.

李学伦, 孙效功, 王永红. 1997. 山东半岛温泉的分布规律和成因. *青岛海洋大学学报*, 27(3):389~396.

刘飞, 汪龙虎, 洪江生. 2008. 浅谈安徽巢湖半汤地热田成因及径流通道问题. *地质学刊*, 32(3):172~178.

吕金波. 2004. 京北地热田特征及其开发对地震地下流体动态的影响. 中国地震局地质研究所.

马浩明, 蔡剑波. 2002. 华南沿海温泉成因探讨. *中山大学学报(自然科学版)*, 41(1):82~86.

孙瑞刚, 高书剑, 迟义宾. 2010. 招远市城东地热田成因探讨. *甘肃科技*, 26(13):50~51.

谭家华. 2010. 小三江地热田地温场特征及成因分析. *地下水*, 32(2):16~18.

田粟. 2012. 威海地区构造型地热田成因机制研究. 济南大学, 硕士学位论文.

张保健, 沈照理, 乔增宝, 亓麟. 2009. 聊城市东部岩溶地热田地下水水化学特征及成因分析. *中国岩溶*, 28(3):263~268.

Characteristics and genesis mechanism of the geothermal field in the Dongying depression

ZHANG Honghong* , GAO Huanyi, LI Ping

Shandong Geo-Mineral Engineering Group Co. Ltd. , Jinan, 250000

** Corresponding author : 715014365@qq.com*

Abstract

According to the boundaries of uplifts and sags, tectonic fault zones and the range of geothermal anomalies of tertiary and fourth tectonic units, geothermal area in northwestern Shandong province is divided into several geothermal fields. On the basis of thermal storage depth and thickness, hydrochemical types, water volume and water temperature of Guantao and Dongying formations in northern Shandong province, along with local geothermal planning, development and utilization and administrative boundaries, this study further classified the geothermal field in Northwest Shandong province into five geothermal blocks. Based on drilling data and regional geothermal geological data of the geothermal field in the Dongying depression, as well as previous research results of recent exploration projects, this study analyzed the characteristics of burial conditions, supplementary and drainage conditions, geothermal field and hydrogeochemical characteristics of the Dongying geothermal field. The results reveal that the geothermal field in the Dongying depression hosts abundant medium- and low-temperature geothermal resources. Thermal fluid is confined pore water of clastic rocks with high salinity and high mineralization degree, and results mainly from infiltration and recharge of atmospheric precipitation in surrounding mountainous areas. This paper establishes a conceptual model of geothermal field formation mechanism, which provides an important basis for the rational development and utilization of geothermal resources.

Key words: Dongying geothermal field; boundary conditions; geothermic geological feature; genetic mechanism; conceptual model