

滨海新区东营组地热资源条件及开发利用前景浅析

李媛媛，唐永香，靳宝珍，陈瑞军

(天津地热勘查开发设计院，天津 300250)

摘要：地热资源作为清洁的可再生能源，不仅是缓解能源紧张的重要措施，还拥有在滨海新区建设生态城市进程中其他能源所不能比拟的优势。近年来，滨海新区作为主力开采层位的馆陶组水位降幅较大，已形成了开采漏斗，为保护资源实现可持续利用，将大部分地区列为馆陶组的限制开采区。2006年以来，滨海新区相继改造、开凿了4眼古近系东营组地热井。通过对完井资料、水质分析报告的分析表明：该区东营组热储层埋深适中、渗透率较大、地热流体温度73~85℃、水质优良，具有极高的理疗医用价值，开采利用前景诱人。

关键词：地质学；地热资源；开采潜力；高温氟水硅水；医疗康复用水

Analysis on Geothermal Condition, Exploitation and Utilization Prospect of Dongying Reservoir in Binhai New Area

LI Yuanyuan, TANG Yongxiang, JIN Baozhen, CHEN Ruijun

(Tianjin Geothermal Exploitation And Development Designing Institute, Tianjin 300250, China)

Abstract: As a kind of clean and renewable energy source, geothermal is not only a method of remit the energy crisis, but also has some advantages which other energy sources don't have in the process of building the zoology city in Binhai New Area. In recent years, as a main exploitation reservoir in Binhai New Area, Guantao had a large water level drawdown and formed a exploitation funnel. In order to protect resource and achieve the continuable utilization of geothermal, most part of the area was treated as the restriction area. Since the year 2006, four Dongying geothermal wells have been drilled or reformed. From the drilling information and water quality analysis data, it is revealed that: Dongying reservoir in this area has a moderate depth and better permeability. The temperature in the reservoir is from 73℃ to 85℃. The water quality is fine and is worth to utilize on physiotherapy. The prospect of the exploitation and utilization of the Dongying reservoir here is attracting.

Keywords: geology, geothermal resources, exploitation potential, fluorine and silicon hot water, medical treatment water

1 前言

地热资源作为一种可再生的清洁能源，具有绿色、环保、健康、稳定的特点，并以其富含矿物质、利用价值高等得天独厚的优势而备受关注。由地热地质勘探成果显示：滨海新区赋存有极为丰富的地热资源，

作者简介：李媛媛，天津地热勘查开发设计院；E-mail: tj_lyy@126.com

也是我市较早开发利用地热能的地区之一。区内主要以开采新近系馆陶组地热资源为主,由于多年持续开采,热储压力已开始逐年下降,地热井水位埋深、年降幅均较大。因此早在 2004 年的天津市第一轮地热资源开发利用规划中,滨海新区大部分地区的馆陶组热储层就被划为限制开采区,但该区经济发展势头强劲,能源需求巨大,寻找、勘探及客观评价新的可供开发能源已成为当务之急。

由多年地热地质及石油勘探资料证实:滨海新区古近系东营组发育稳定、埋深适中、具备形成地热资源的沉积环境和地质条件。近年来在行政主管部门的支持和社会资金的配合下,滨海新区已开始了对该热储层的初步勘查,并于 2007 年 11 月在板桥凹陷的龙达农业高新技术成功开凿了本区第一眼东营组热储层地热勘探井——TR21 井,随后,又在北塘凹陷开凿了 TR23、TR23B 东营组地热对井。地热井完井资料表明:该区东营组地热流体温度高、水量适中、水质优良,具有极高的利用价值。本文将结合 TR21 等地热井有关资料,对板桥凹陷和北塘凹陷古近系东营组地热资源开发利用前景作一简要分析。

2 滨海新区地热地质条件简介

2.1 地质构造特征

滨海新区为新生界覆盖下、基岩结构呈凸凹相间的构造格局,跨越了沧县隆起和黄骅坳陷两个Ⅲ级地质构造单元,其上分别发育次一级的凸起和凹陷(表 1、图 1)。

表 1 滨海新区构造单元等级划分表

Ⅱ级	Ⅲ级	Ⅳ级	V级
华北断坳区	沧县隆起(Ⅲ ₁)	潘庄凸起、白塘口凹陷	大小东庄凸起、小韩庄凸起
	黄骅坳陷(Ⅲ ₂)	宁河凸起、北塘凹陷、板桥凹陷、岐口凹陷	宁河低凸起、宁河向斜、塘沽鼻状带、北大港凸起

滨海新区属于中、新生代断陷、坳陷盆地,由于中生代以来断陷活动强烈,使该区沉积了巨厚的新生界,相应的地层发育较全,沉积最大厚度达 5 000 m。坳陷区基岩顶板以中生界为主,其次为石炭-二叠系,顶板埋深 1 400~5 000 m,新生代地层总体由西向东部加深,且有加厚的趋势。隆起区基岩顶板以古生界~中新元古界为主,顶板埋深 1 000~1 600 m。

本区已查明的地层除区域上缺失外,其余均有发育。本区主要的热储层有:新近系明化镇组、馆陶组、古近系东营组、奥陶系、寒武系及蓟县系雾迷山组。

2.2 热储层特征

古近系东营组热储层位于馆陶组热储层之下,在沧县隆起区缺失,其余地区均有分布(见图 2),滨海新区 2010 年共有该热储层地热井 4 眼。该热储含水段岩性以砂岩和含砾砂岩为主,根据石油钻孔资料,揭露顶板埋深为 1 412~2 181 m,厚度为 55~648 m,砂岩孔隙度为 23.8%~26.8%,测井资料统计砂层厚度 105.2~188.9 m,砂泥比 35%~38%,流体化学类型为 Cl·HCO₃-Na、Cl-Na 型,矿化度 3 000~8 000 mg/L,水量 30~80 m³/h。根据地温梯度推算本段热流体温度为 70~90℃。据 TR23 井资料:流体温度 76℃,矿化度 2 406.1 mg/L,硬度为 29.5 mg/L,单位降深涌水量为 1.23 m³/(h·m),2010 年 4 月静水位埋深 43 m,年降幅 2.24 m。

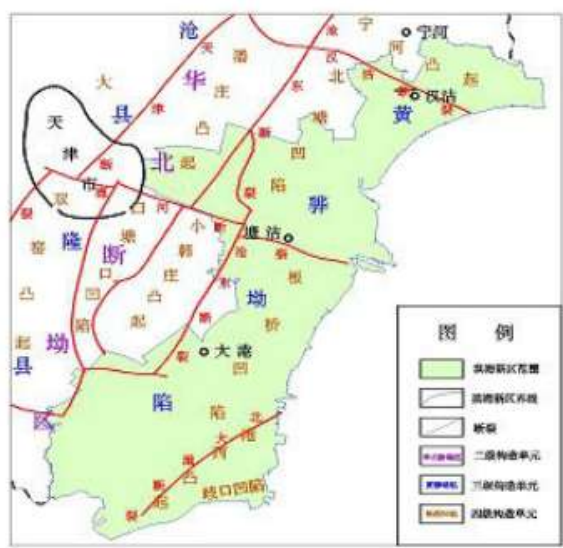


图 1 滨海新区地质构造图



图 2 滨海新区古近系东营组热储层分布图

2.3 地温场特征

滨海新区平均地温梯度为 $2.5 \sim 3.5^\circ\text{C}/100\text{ m}$ ，局部可达 $4.0^\circ\text{C}/100\text{ m}$ 。总体上受地质构造和断裂控制，在区内有 5 个地热异常区。5 个地热异常区分别是：（1）看财庄地热异常区；（2）桥沽地热异常区；（3）山岭子地热异常区；（4）万家码头地热异常区；（5）沙井子地热异常区。

2.4 开发利用现状

滨海新区对东营组地热资源的开发尚处于起步阶段，目前只有 3 眼开采井，其中一眼井是石油勘探井射孔改造而成的地热井 T20-2，出水温度 85°C ，主要用于供暖。第二眼井为 TR21，出水温度 73°C ，仅用于洗浴、游泳和矿泉水开发。第三眼井为中生态城 TR23 井，出水温度 76°C ，用于住宅供暖。

3 地热资源开采潜力分析

用体积法计算可得，滨海新区东营组地热资源总量为 $4.96 \times 10^{19}\text{ J}$ ，折合标准煤 $16.86 \times 10^8\text{ t}$ ；可回收地热资源量为 $0.22 \times 10^{19}\text{ J}$ ，为地热资源总量的 4.44%，折合标准煤 $0.76 \times 10^8\text{ t}$ 。下面重点对热流体可采资源量进行计算：

根据该地区对热储层热水资源的实际开采利用，设定开采方式为定流量长年开采，开采年限延续 100 年；设定最大动水位埋深不超过 150 m。

计算时将本区仅有的 4 眼东营组热储层地热井作为基础，在地热开发的空白区域适当增加 5 眼虚拟开采井一并代入模型进行计算。同时由于把沧东断裂概化成了隔水断裂，根据虚井映射法原理，因此，有 18 眼井代入模型计算。

结果表明滨海新区东营组可采流体量为 $0.7014 \times 10^4\text{ m}^3/\text{d}$ 。维持现状开采并增加 5 眼虚拟井进行水位动态预测，对滨海新区东营组热储层未来开采动态变化趋势进行分析。预测 30 年后，滨海新区东营组热储层最大水位埋深为 139 m（图 3）。

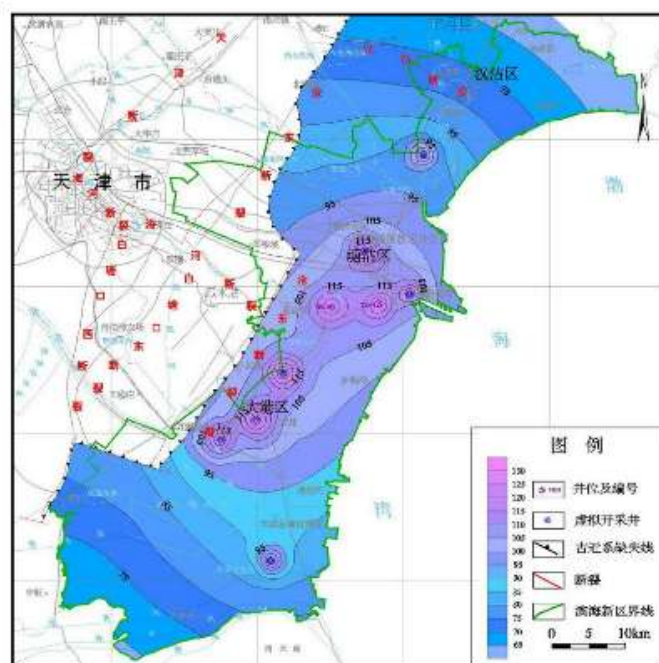


图3 布置虚拟井后开采30年预测地热流体水位等值线图

4 地热流体开发利用前景分析

4.1 地热流体水化学特征及水质评述

东营组是天津地区开始尝试开发的埋深最大的孔隙型热储层，目前在评价区内分布有4眼东营组开采井，其中的T20-2为石油改造井。与同一地点的新近系地热流体相比，东营组地热流体的矿化度明显增高，但 SO_4^{2-} 含量通常很低，含有较高的 CO_3^{2-} 离子和气体，水质类型为 $\text{Cl} \cdot \text{HCO}_3\text{-Na}$ 型（表2）。

表2 东营组地热流体主要化学组分含量表/（mg/L）

井号	深/m	K^+	Na^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Cl^-	SO_4^{2-}	HCO_3^-	CO_3^{2-}	矿化度	pH
TR21	2 294.88	8.2	956.6	7.1	0.9	1001.5	6.9	829.9	0	2862.6	8.17
T20-2	2 584.36	15.2	1 188.0	9.1	1.0	1293.9	39.2	839.0	24.0	3466.9	8.64
TR23	2 609.66	8.0	801.1	10.5	0.9	831.3	116.1	579.7	0	2406.1	8.14
TR23B	2 610.00	7.9	779.7	9.7	0.8	852.6	105.1	619.4	0	2436.2	8.25

东营组地热流体，根据现有的4眼热水井的水质资料，矿化度 $>2\ 400\ \text{mg/L}$ 。阴离子以 Cl^- 、 HCO_3^- 为主，但与相近矿化度的馆陶组地热流体相比， Cl^- 离子的绝对含量增大、摩尔百分比含量增大；而 HCO_3^- 离子的绝对含量减少、摩尔百分比含量降低，即水质类型向着 Cl-Na 型转化。

通过生活饮用水评价可知，地热流体的铁离子、氯化物、溶解性总固体、氟化物等含量超标，因而不宜直接作为饮用水水源；对照医疗矿泉水水质标准，可知该区地热流体是以氟化物、偏硅酸为主的复合型医疗矿泉水；通过饮用天然矿泉水评价可知，地热流体界限指标有锶、锌、游离 CO_2 等未达标，限量指标碘化物和氟化物含量超标，污染指标挥发性酚、亚硝酸盐含量超标，达不到天然饮用矿泉水质量标准，需进行一定的处理方可进行矿泉水开发；如作为洗浴用水时，热流体的铁离子、氯化物、溶解性总固体、氟化物、挥发性酚含量超标，同时 CH_4 和 CO_2 在水中的含量较高，具有一定的腐蚀性和刺激性，大部分地热流体需进行一定的处理方可用于游泳池用水。地热流体中对洗浴用水影响最大的离子为 TFe 离子，当 $\text{TFe} > 0.3\ \text{mg/L}$ 时，应经除铁罐除铁。根据水质检测结果，本区东营组地热流体的 TFe 离子含量一般 $0.28 \sim 1.28\ \text{mg/L}$ ，个别还可能更高，应加以滤除。同时该区的总矿化度都很高，因此游泳或洗浴后应再用自来水冲洗。

本区地热井的地热流体中挥发性酚为 0.027~0.4 mg/L, 据相关标准, 洗浴和游泳挥发性酚小于 0.005 mg/L, 此成分严重超标; 通过农灌水和渔业用水评价, 本区东营组地热流体不能直接用于农灌水和渔业用水。对于农灌水超标的项目有: 水温, 氯化物及氟化物以及挥发性酚; 对于渔业用水超标的项目有氟化物及挥发性酚, 如果用此类用途, 必须先经过处理; 本区东营组地热流体属于轻微腐蚀、无结垢热流体。

综上, 滨海新区东营组地热流体可作为理疗用水, 有较高的医疗价值。其中偏硅酸洗浴能改善血管扩张, 降低心血管病发病率, 可以治疗皮肤病、妇科病、糖尿病, 对皮肤病及粘膜有洁净、洗涤消毒消炎作用, 可治疗皮肤粘膜伤口及溃疡等, 有较高的医疗价值; 氟水洗浴能消除褐斑、使皮肤变白, 对银屑病疗效最佳, 其疗效与水中氟含量成正比; 但是地热流体中酚的含量 (1.0 mg/L) 超出洗浴用水指标 (< 0.05 mg/L), 可加入 ClO_2 去除酚后直接用于理疗和生活洗浴。另外, 该热矿水温度高达 91°C , 可实行 $37\sim 42^\circ\text{C}$ 水温的温热浴和水温 $> 42^\circ\text{C}$ 的高温浴, 具有促进血液循环和淋巴循环等作用, 而且热矿水的相对密度比淡水高, 人体在其中所受到的浮力也比淡水大, 使得肢体重量在水中变轻, 运动较容易, 有利于运动障碍的肢体运动, 促进血压循环。对关节功能障碍、骨折后遗症、神经麻痹均有利于功能恢复。如浴时胸围及四肢都因静水压力而缩减, 加强了呼吸运动和气体交换, 对呼吸器官有利。

此外, 热流体温度较高, 且为轻微腐蚀、无结垢型水, 适宜作为供暖用水。另外, 在经过资质部门评价, 并经过一定处理后可考虑用于矿泉水开发、游泳、农灌水、渔业等用途。

4.2 地热资源开发利用环境经济效益分析

地热流体用于供暖、理疗、生活热水, 代替锅炉、燃气供热等常规热源, 减少了废弃物的排放, 节约了污染的治理费用, 有效的保护了生态环境, 显示了以“健康”、“绿色”、“环保”等主题, 对滨海新区的生态化建设有着十分深远的意义。近年来滨海新区作为主力开采层位的馆陶组水位降幅较大, 已形成了开采漏斗, 为保护资源实现可持续利用, 将大部分地区列为馆陶组的限制开采区, 东营组地热流体可作为满足社会经济需求的后备保障能源。

5 结论

华北断坳区黄骅坳陷北塘凹陷和板桥凹陷区古近系东营组热储层埋深适中、渗透率较大、热储流体静水位较高、流体温度 $73\sim 85^\circ\text{C}$, 热储条件优越, 是开采前景较理想的后备能源。且地热流体水质较好, 属于氟水、硅水, 极宜适用于康复理疗保健。随着现代社会药物的副作用和药源性疾病给医疗带来的种种困扰, 开发无毒副作用而又具有广泛临床疗效的热矿水理疗, 充分利用热矿水的温度、浮力、压力等物理作用, 以及热矿流体水质成分的药物化学性能和所含放射性元素对机体各系统器官功能调节的综合作用, 有利于提高身体素质, 也合乎人类越来越强烈的“回归自然”的心愿, 必将会受到社会各界的广泛关注和欢迎, 开发利用前景十分诱人。

当然本文的分析只是基于几眼地热井勘探成果和地热流体质量检测结果的基础上进行的。如果在该区要对古近系东营组热储层开展大规模开发和利用, 还需进一步投入相关针对性的物探工作、地温场调查及地热地质勘查工作, 更深入的了解本区地质构造、地层基本情况及热储水文地质参数。正式用于康复医疗之前, 也需要经过有检验资质的专业部门进行专项化验和评价。

参考文献

- [1] 胡燕、林黎, 等. 天津市滨海新区地热资源可持续开发潜力评价报告[R]. 天津: 天津地热勘查开发设计院, 2008: 190-200.
- [2] 靳宝珍, 张子亮, 等. 天津市滨海新区地热资源潜力调查研究[R]. 天津: 天津地热勘查开发设计院, 2007: 34-39.
- [3] 靳宝珍, 孙宝成, 等. 天津市塘沽区东营组地热资源普查报告[R]. 天津: 天津地热勘查开发设计院, 2008: 45-58.
- [4] 江国胜, 康楠, 等. 天津中新生态城建设公寓 TR23、TR23B 地热对井勘探报告[R]. 天津: 天津地热勘查开发设计院, 2010: 5-20.
- [5] 陈瑞军, 张芬娜, 等. 天津滨城龙达投资发展有限公司 TR21 东营组地热井勘探报告[R]. 天津: 天津地热勘查开发设计院, 2007: 25-41.

- [6] 黄骅坳陷北塘地区区域地质特征[R]. 天津: 大港油田地质勘探开发研究院, 1982.
- [7] 天津市塘沽地压型地热勘查可行性分析报告[R]. 2002.
- [8] 李奇. 医疗矿水及其应用[J]. 四川地质学报, 2000, 20 (4): 311-316.