

# 塘沽区东营组地热资源开发潜力及其对策分析

杨永江, 张子亮, 刘九龙, 贾志, 穆春一

(天津地热勘查开发设计院, 天津 300250)

**摘要:** 为打造绿色新区, 作为滨海新区核心区的塘沽城区对清洁能源的需求逐年增加, 该区蕴藏着得天独厚的地热资源, 据估算东营组热储地热资源量为  $1.292 \times 10^{16}$  kJ, 可开采量  $10\,585 \times 10^4$  m<sup>3</sup>, 相当于  $53 \times 10^4$  t 标准煤, 减少环境治理费 2 478 万元。本文据已有勘察成果和地热开发利用现状, 对刚刚起步的东营组热储地热资源潜力进行初步分析, 并进行了相应的开采潜力强、中、弱分区, 同时提出初步的地热资源开发利用对策, 为本区地热开发利用规划及可持续发展提供依据。

**关键词:** 东营组; 地热资源潜力; 可持续发展; 塘沽城区

**中图分类号:** P314.1

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1672-4135(2009)03-0216-05

滨海新区地处天津市的东缘, 是北京市的出海门户, 塘沽区地处滨海新区的核心区, 近年来该地区对清洁能源的需求迅速上升, 地热资源的开发强度逐年增长。目前该区已有地热井 30 余眼, 取水层位多为新近系明化镇组和馆陶组, 其中明化镇组考虑地面沉降问题已经限采, 天津地热资源开发利用长期动态观测资料表明: 该区目前有馆陶组地热开采井 35 眼, 地热流体开采量  $811 \times 10^4$  m<sup>3</sup>/a, 开采漏斗中心水位年降幅 5 m/a。由于馆陶组开采过于集中, 尤其是下段已严重超采, 并形成了持续下降的降落漏斗, 在《天津市地热资源开发利用规划(2006-2010)》中已列为限采区, 说明目前勘察的新近系地热资源量已远远不能满足当地发展的需要。东营组直接下伏于馆陶组, 石油勘查及地温场资料表明该组具有良好的地热地质条件, 作为新开发的热储越来越引起人们的关注, 因此查明塘沽区及附近东营组地热资源量, 对其地热资源潜力进行分析和实现地热的可持续发展有着十分重要的意义。

## 1 地质构造特征

本区纵跨了两个Ⅳ级构造单元, 即北塘凹陷和板桥凹陷(图 1), 其中北塘凹陷位于黄骅坳陷的北部, 西以沧东断裂为界与潘庄凸起相接, 北以汉沽断裂为界与宁河凸起相邻, 南以海河断裂为界与板

桥凹陷相连, 总体上基岩顶板埋深西浅东深<sup>[1]</sup>, 新生界厚度 1 300 ~ 5 000 m。板桥凹陷位于黄骅坳陷南部, 西以沧东断裂为界与白塘口凹陷相邻<sup>[2]</sup>, 北以海河断裂为界与北塘凹陷相接; 基岩顶板埋深总体西浅东深, 新生界厚度为 1 500 ~ 5 000 m。

东营组在本区普遍分布, 依据岩性特征, 自上而下可划分为东Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ三个岩性段。东Ⅰ段主要岩性为粉细砂岩与泥岩互层, 上部泥岩发育, 下部粉细砂岩发育; 东Ⅱ段主要岩性主要为泥岩, 夹粉细砂岩层; 东Ⅲ段岩性以粉细砂岩为主, 夹有薄层泥岩, 粉细砂岩发育, 泥质胶结。东营组顶板埋深 1 500 ~ 2 300 m<sup>[1]</sup>(图 2), 表现为西浅东深的特征, 西部靠近沧东断裂为 1 500 m, 而东部则大于 2 000 m。厚度 100 ~ 660 m, 变化较大, 总的表现为中部薄、南北两侧厚的特征, 即以河头为中心向北、东、南方向变厚, 中部西自河头向东至新港船厂地层厚度一般小于 240 m, 如西部的 T06 井为 131 m, 东部的 T38-2 井为 236 m。南部地层厚度加大, T43 井 654 m, 北部亦然, T14 井 613 m(图 3)。

## 2 开采潜力分区

本区东营组热储目前尚未广泛开发利用, 其地热流体有着巨大开发潜力<sup>[3]</sup>(表 1), 东营组年允许开采量  $10.585 \times 10^5$  m<sup>3</sup><sup>[1]</sup>, 目前区内已有古近系地热

收稿日期: 2009-06-06 责任编辑: 林晓辉

基金项目: 天津市塘沽区东营组地热资源普查

作者简介: 杨永江(1965-), 男, 学士, 高级工程师, 从事地热地质研究工作, E-mail: YangyongjiangTJ@126.com。



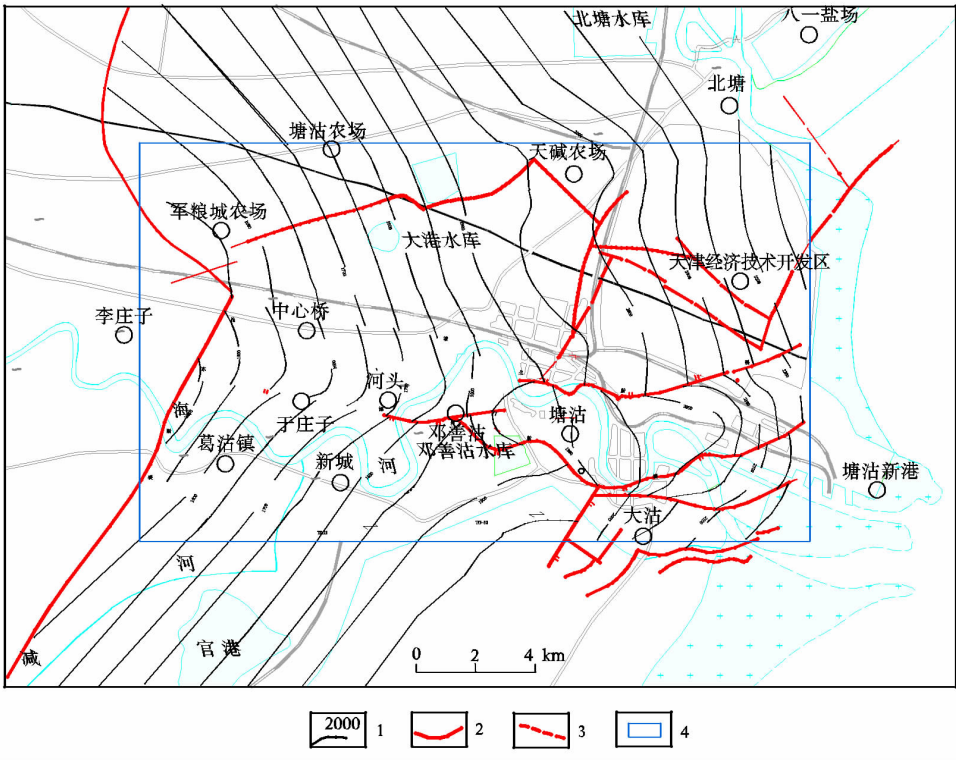


图 2 塘沽城区及附近东营组顶板埋深等值线图

Fig.2 The buried depth isolines figure of Dongying formation roof in Tanggu urban area-suburb

1. 东营组顶板埋深等值线(m); 2. 断裂; 3. 推断断裂; 4. 研究区

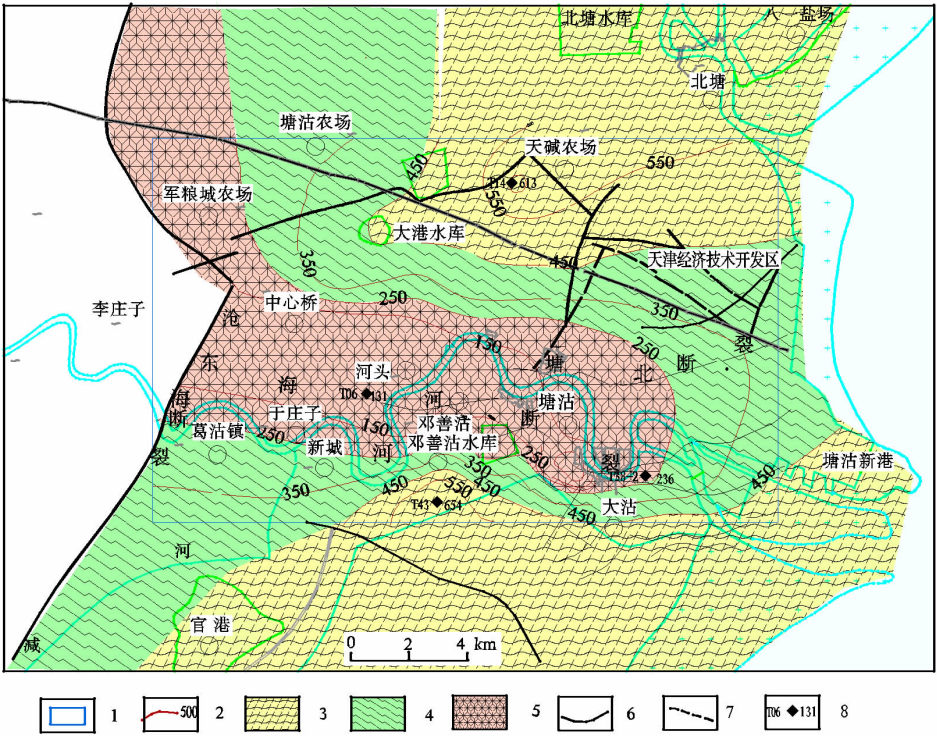


图 3 塘沽城区及附近东营组地热开发潜力图

Fig.3 The geothermal exploitation potential of Dongying formation in Tanggu urban area-suburb

1. 研究区; 2. 东营组厚度等值线及厚度值(m); 3. 强潜力区; 4. 中等潜力区; 5. 弱潜力区; 6. 断裂; 7. 推测断裂; 8. 石油井号及东营组厚度(m)



资料，或利用单井抽水试验资料采用溪哈尔特公式(5-2)计算，抽水影响半径一般 300 ~ 500 m，根据区域热储水文地质条件及地热井的连续开采，因此相邻开采井井距以大于 1 000 m 为宜<sup>⑨</sup>。最大限度的降低开采井之间相互干扰程度，提高单井出水能力。

$$K = \frac{0.366Q}{M \times S_w} \lg \frac{R}{r_w} \tag{4-1}$$

$$R = 10S_w \sqrt{K} \tag{4-2}$$

式中：K- 热储层渗透系数 (m/d)；R- 抽水影响半径(m)；Q- 抽水量(m³/d)；r<sub>w</sub>- 井半径(m)；S<sub>w</sub>- 井筒水位稳定降深(m)；M- 热储层有效厚度(m)。

根据孔隙型热储流体回灌率低的特性，地热流体开采按一采两灌模式进行同层回灌，单井回灌率按开采井 30%计算，回灌井与开采井距离大于 600 m。全年连续开采，开采年限 100 年，水位控制在 150 m 以浅。

弱潜力区单井涌水量应控制在 550 m³/d，开采井总数控制在 5 眼。中等潜力区单井涌水量应控制在 580 m³/d，开采井总数控制在 6 眼。较强潜力区单井涌水量应控制在 600 m³/d，开采井总数控制在 3 眼(其中南区 1 眼)表 2。

4.2 提高地热资源利用率

本区东营组地热资源利用率较低，因此，地热资源研究与开发，必须坚持生产与科研相结合原则，促进地热资源新理论和新技术、新方法的应用，积极推广地热资源梯级循环利用技术，提高地热资源利用率，降低地热流体消耗，节约地热资源、达到地热资源可持续开发利用的目的。

规范、改造地热利用系统，对现有地热利用系统不合理之处实行有计划地改造，特别针对资源浪费严重、效益低下的地热利用系统进行必要的强制性改造。新建供热系统，要本着高起点、高标准建设。探采结合井在审批时，按最新规范和技术标准建设要求。

4.3 加强地热流体回灌工作

天津地区目前已有地热井 318 眼(其中回灌井 42 眼)，开采量 2 604.0 × 10<sup>4</sup>m³，回灌量 586.0 × 10<sup>4</sup>m³，回灌量仅占开采量的 22.5%，随着天津地区地热流体资源的不断开采，由于地热流体开采量远大于补给量，造成热储层地下水位逐年下降，目前水位已降至 -40 ~ -90 m，年降幅达 6 ~ 9 m，已形成了一个较大的降落漏斗<sup>⑩</sup>，维持热储压力的唯一方法是对热储进行流体补充。在地热利用中，地热流体仅作为热能载体，尾水是补充热储层的最佳水源，利用地热尾水回灌也是控制开采热储层水位下降的最佳有效手段。

通过多年回灌试验研究，基岩裂隙型热储回灌问题基本上解决，基本上实现了地热利用尾水全部回灌。但孔隙型热储回灌问题依然存在，主要体现在回灌量偏低，回灌持续时间短。孔隙型热储开采量占全市开采总量的 50%以上，但截止到 2008 年其回灌率才仅 4.6%，可见回灌率过低，属于一种粗放的开发利用模式。因此解决其回灌问题对天津地区地热资源可持续开发利用具有极其重要意义。

对于东营组热储，由于地热开采还处于起步阶段，增加地热回灌尤为重要，有利于维持热储压力，预防热储层压密。考虑到孔隙型热储回灌存在的问题，可选择长年回灌方式，增加总体回灌量，在条件允许的情况下，可选择一抽多灌。结合东营组的发育情况，东营组目前热储压力较高，因此东营组热储回灌建议选择加压回灌方式。同时还需进行成井工艺以及优化布井等优化技术创新，选择合理的成井工艺和优化布井方式，寻找孔隙型热储回灌量衰减的原因，这是至关重要的。

此外，新增供热项目必须建成一采多灌的采、灌系统，通过地热回灌、开采模式的试验研究，寻找到一个好的回灌途径，提高整体回灌率，实现地热资源的可持续利用。

表 2 古近系东营组地热开采井计算一览表

Table 2 The geothermal wells calculation table of Dongying Formation

| 分 区        | 面积<br>(km <sup>2</sup> ) | 允许开采强度<br>(m <sup>3</sup> /a · km <sup>2</sup> ) | 允许开采量<br>(m <sup>3</sup> /a) | 单井采量<br>(m <sup>3</sup> /a) | 对井回灌量<br>(m <sup>3</sup> /a) | 回灌时开采<br>井数 (眼) |
|------------|--------------------------|--|------------------------------|-----------------------------|------------------------------|-----------------|
| 弱潜力区       | 97. 68                   | 3487   | 340625. 59                   | 200750                      | 120450                       | 5               |
| 中等潜力区      | 116. 31                  | 3487   | 405582. 73                   | 211700                      | 127020                       | 6               |
| 较强潜力区 (北区) | 50. 09                   | 3487   | 174673. 68                   | 219000                      | 131400                       | 2               |
| 较强潜力区 (南区) | 11. 17                   | 3487   | 38950. 836                   | 219000                      | 131400                       | 1               |

#### 4.4 建立示范工程

地热资源的开发利用涉及众多领域,尤其是有些新技术、新工艺尚处于探索阶段,在发展中急需示范工程的带动。选择不同的热储类型扩大利用领域,建立起集约化利用方式的旅游、农业及医疗矿泉等地热示范工程,并在管理过程中以示范工程为样板,推广应用示范工程技术,起到以点带面,全面提高的作用。

(1)选择两眼相邻较近的停采石油探井对东营段进行射孔改造,进行生产性回灌试验与研究,实现科研与生产相结合。示范工程区应选择在较强开采潜力区,运用成熟研究成果在其它区域加以推广。

(2)选择距稳定水源较近的停采石油探井对东营段进行射孔改造和常年性回灌试验研究。

#### 4.5 利用中注意的事项

在东营组地热井成井后除了对地热流体进行常规水质分析外,还应对地热流体进行气体样分析。明确地热流体中油脂类物体和气体的含量,如含量超标可采用油水分离器除去油脂和水中伴生气,并对流体中气体进行统一收集、统一处理<sup>[6]</sup>。地热井房要符合《天津市地热利用工程设计标准(试行)》中相关设计及相关规范要求。

### 5 结论

塘沽城区及附近位于黄骅拗陷中部,东营组广

泛分布,该层蕴含丰富的地热资源,东营组为半开启半封闭型的热储层,一般都含有水溶性甲烷,厚度和分布面积较大,但流体补给条件较差,属消耗型开采潜力区<sup>[7]</sup>,具有一定的开发潜力,海河断裂以北的塘沽鼻状构造带上开发潜力较小,往北、南、东三个方向具有一定的开发潜力。目前本区东营组热储层的开发尚处于起步阶段,加大东营组热储较强开采潜力区地热流体的开发力度是可行的。

#### 参考文献:

- [1] 靳宝珍,孙宝成,林黎,等. 天津市塘沽区东营组地热资源普查报告[R]. 天津地热勘查开发设计院,2008.
- [2] 张淑凤,林黎,张淑清,等.天津市滨海地区地热资源普查[R]. 天津地热勘查开发设计院,1999.
- [3] 张子亮,刘斐,靳宝珍,等. 天津市滨海新区地热资源潜力调查研究报告[R]. 天津地热勘查开发设计院,2007.
- [4] 陈墨香. 华北地热[M].北京:科学出版社,1988.
- [5] 董建军,李春华,王坤,等. 天津市地热资源开发利用规划技术报告[R]. 天津地热勘查开发设计院,2004.
- [6] 蔡义汉. 地热直接利用[M]. 天津:天津古文出版社,2004, 488-628.
- [7] 李明朗,李春华,张百鸣,等.塘沽地区地压型地热田勘探可行性分析报告[R]. 天津地热勘查开发设计院,2002.
- [8] 曾梅香,田光辉,阮传侠,等. 2008年天津地热资源开发利用动态监测年报[R]. 天津地热勘查开发设计院,2008.

## Geothermal Resource Potential and Exploitation Countermeasure Analysis of the Dongying Formation in Tanggu Area

YANG Yong-jiang, ZHANG Zi-liang, LIU Jiu-long, JIA Zhi, MU Chun-yi  
(Tianjin Institute of Geothermal Exploration and Deleopment Design, Tianjin 300250, China)

**Abstract:** In order to meet the development need of a new area, Binhai New District, in Tianjin, more and more clean energy, geothermal resources, has been prospected. It is suggested that the geothermal resources in the Dongying Formation is up to  $1.292 \times 10^{16}$  kJ, and its exploitable reserves is about  $1.0585 \times 10^8 \text{ m}^3$ , equaling to  $53 \times 10^4$  ton standard coal, cutting down environmental management cost 24 780 000 yuan. According to existing prospecting achievement and the geothermal development, the arthors carry out the first step analysis of the Dongying Formation geothermal resource potential, and divid the studing area into three potential zones, and provide preliminary geothermal exploitation countermeasure for geothermal sustainable development of this area.

**Key words:** Dongying Formation, geothermal resources potential, sustainable development, Tanggu area.