



# 东营市地热资源综合开发利用分析

王峰, 牛全丽

(东营市国土资源局, 山东 东营 257091)

**摘要:** 东营市地热资源丰富, 近年地热资源开采量增加非常迅速。主要开采层位为东营组热储和馆陶组热储, 其开发利用方向主要以供暖、洗浴为主。由于综合利用技术不完善, 在带来经济效益的同时, 不合理开采及尾水的任意排放对当地环境造成一定的负面影响。该文根据当前地热资源开发利用现状及存在的问题, 利用梯级开发模式, 改善了尾水排放对当地环境的影响, 并对东营市地热资源保护与环境治理提出了建议。

**关键词:** 地热资源; 环境影响; 开发利用; 东营市; 黄河三角洲

中图分类号: P314

文献标识码: B

地热能作为一种可再生的新型清洁能源, 对促进能源结构的完善、生态环境的改善和社会的可持续发展等都有十分重要的意义。东营市地热资源丰富, 地热水开发主要以供暖、洗浴为主, 由于综合利用技术不完善, 尤其是热水矿化度高等原因, 地热开发给当地带来一定经济效益的同时, 不合理开采及地热尾水的任意排放也给当地环境造成一定的负面影响, 严重制约了地热资源的开发利用。该文根据当前东营市地热资源开发利用现状, 对东营市地热资源综合开发利用及资源环境保护进行分析研究。

## 1 地热开采利用现状

东营市地热开采始于 20 世纪 90 年代末, 开采热储主要为馆陶组与东营组。2003 年东营市地热井不到 10 眼, 热水开采量仅为 46 万  $\text{m}^3/\text{a}$ 。2007 年东营市地热井已超过 30 眼, 热水年开采量已达 554.1 万  $\text{m}^3/\text{a}$ , 5 年间开采量增加了 508.1 万  $\text{m}^3$ , 热水开采量增加非常迅速<sup>[1-3]</sup>。

目前, 东营市地热井近 40 眼, 主要分布在东营城区、河口城区、河口区仙河镇、孤岛镇等地(图 1、图 2), 地热开发以小区集中供暖为主, 少数用于宾馆洗浴、理疗、温水养殖等。地热水年内开采量随季节变化而不同, 供暖期开采量占全年用水量的 90% 以上。

东营市地热资源的开发利用带动了当地房地产、旅游、休闲、娱乐等其他产业的发展, 增加劳动就业, 促进经济发展, 取得了一定社会、经济及环境效益。据初步计算, 仅 2007 年东营市地热开发就节约标准煤  $5.29 \times 10^4 \text{t}$ , 节约成本 2 922 万元; 减少二氧化碳的排放量 1262.19 t, 减少二氧化硫的排放量 899.3 t, 减少氮氧化物排放量 317.4 t, 减少煤渣量 5 290 t, 节约污染治理费 850.74 万元。

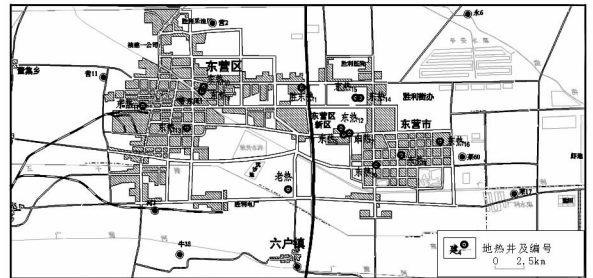


图 1 东营区地热井分布示意图

## 2 地热尾水排放对环境的影响

### 2.1 尾水排放对地表水环境的影响

东营市地热尾水大多直接或通过雨污水管道间接排入地表水体中, 如河口区仙河镇神仙沟和东营区广利河, 以及孤岛镇常年积水的湿地、沟渠等。根据水质分析和弥散试验结果, 地热尾水对广利河的

\* 收稿日期: 2012-03-20; 修订日期: 2012-04-06; 编辑: 陶卫卫

作者简介: 王峰(1973—), 男, 山东东营人, 工程师, 主要从事国土资源矿政管理工作; E-mail: sddydk@126.com.

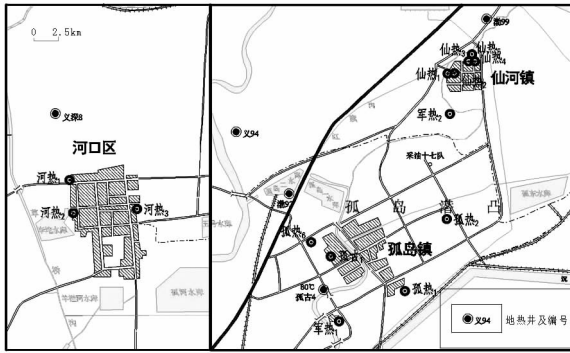


图 2 河口区地热井分布示意图

水质影响仅限于排放口一侧下游 200 m 距离内,矿化度和  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Ca}^{2+}$  等有小幅升高;神仙沟排放口下游矿化度和  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Ca}^{2+}$  等较排放口上游有所升高,可见,区内地热尾水对地表水环境的影响主要表现为地表水含盐量的增加,重金属污染组分污染相对较小。

## 2.2 尾水排放对地下水环境的影响

地热尾水主要是通过垂直和侧向入渗对沟渠两侧地下水水质产生影响。虽然东营地热开采区包气带岩性以粉土和粉砂为主,结构松散,渗透性能良好,地下水埋藏较浅,渗流途径短,较利于地热尾水补给地下水。但是东营市地热水常规离子中  $\text{K}^+$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ , 矿化度的含量仅略高于地下水背景值,而  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{NO}_2^-$  的含量低于地下水背景值,加之地热尾水排放于地表水中经稀释后含量迅速降低,因此,对东营市而言,地热尾水对地下水环境影响较小。

## 2.3 尾水排放对土壤环境的影响

为了解地热尾水排入沟渠对两侧土壤易溶盐的影响,在地热排放点下游沿垂直沟渠布置 3 个取样断面,取样断面距沟渠的距离分别为 1 m, 5 m, 10 m;测试点位选择在孤岛镇乐苑小区和芙蓉小区。根据试验分析结果,沟渠附近易溶盐含量普遍高于该场区的背景值,含量变化亦显示出相同的趋势,即随地热水排放沟渠距离的增加,土壤易溶盐含量逐渐减小,在 5 m 处含量仍高于背景值,10 m 处已低于或接近土壤易溶盐背景值,说明地热尾水排放对沟渠两侧土壤盐碱化造成明显的影响,影响距离在 5~10 m 之间。因此,东营市地热尾水对区内土壤环境影响较小<sup>[4]</sup>。

## 2.4 地热尾水热污染问题

《污水排入城市下水道水质标准》(CJ3082—

1999)规定,城市热排水温度不得高于  $35^\circ\text{C}$ 。从目前来看,东营地热尾水排放温度一般在  $35\sim 40^\circ\text{C}$  之间,大多高于标准最高允许温度,存在一定的热污染。但是,由于地热水的热量交换和热量散失,热污染会在较短距离的局部范围内引起水温升高,影响范围较小,影响时段也短,随着利用技术的提高,热量得到充分利用,且经过一定的环境防治措施后,可将污染影响控制在最低。

地热尾水排入天然湿地等,促使水体和局部空气的温度升高,改变了生态平衡,从而影响植物正常生长环境,促使植物生长更快。从该地的地质环境条件来看,对湿地的生态环境没有明显的不良影响。

## 3 梯级开发利用模式及效益分析

东营市地热资源是集热、矿、水于一体的资源,具有供热、采暖、医疗洗浴、旅游休闲、娱乐健身、温室种植、养殖等用途,资源开发应实行梯级开发、综合利用,发挥资源的综合效益。

### 3.1 地热资源梯级开发模式

东营市地热水水温一般  $60\sim 90^\circ\text{C}$ ,按照温度高低进行梯级开发综合利用。 $60\sim 90^\circ\text{C}$  可用于采暖, $40\sim 60^\circ\text{C}$  可用于医疗、洗浴、温室种植, $25\sim 40^\circ\text{C}$  可用于水产养殖和土壤增温。

#### (1) 东营市主城区、河口城区

地热水主要应用领域是地热供暖、洗浴、医疗保健,重点是地热的梯级开采,提高地热能的利用率,地热利用可分 4 级:

第一级:首先将  $70^\circ\text{C}$  左右地热水集中到泵站通过换热器换热后,供给采暖管网系统,地热水水温降至  $40\sim 50^\circ\text{C}$ 。

第二级:排出的低温热水再进入二级换热器提供给地板辐射式采暖系统,水温降至  $25^\circ\text{C}$ 。

第三级:利用热泵技术将  $25^\circ\text{C}$  左右的热水进行提温,水温加到  $65\sim 75^\circ\text{C}$ ,换热后回水作为热泵的热源,再次进入系统进行供暖。

第四级:换热后尾水温度  $30^\circ\text{C}$  左右,经除铁系统处理后进入住户洗浴或送入室内游泳池用于温泉洗浴、娱乐、医疗保健等。最后回灌至地下。

#### (2) 仙河镇和孤岛镇地区

充分利用地热水温度高的优势,进行梯级开采、综合利用,其地热利用可分 3 级:

第一级:70~80℃地热水用于供暖。

第二级:换热后的地热水水温40~50℃,用于发展温室种植,或经除铁系统处理后用于洗浴、医疗。

第三级:30℃左右地热水用于水产养殖或用作景观用水。

### 3.2 地热资源梯级利用效益分析

以2007年东营市地热资源利用的总热量 $6.92 \times 10^{14}$ J为参考进行分析。以温度为主要表征因素来计算,一级利用(70℃→40℃)的热量为 $6.92 \times 10^{14}$ J,折合标准煤 $5.29 \times 10^4$ t;则二级利用(40℃→30℃)的热量为 $2.31 \times 10^{14}$ J,折合标准煤 $1.76 \times 10^4$ t;三级利用(30℃→25℃)的热量为 $1.16 \times 10^{14}$ J,折合标准煤 $8.82 \times 10^3$ t。

可见,东营地热资源梯级利用与粗放型直接利用相比,多产生热量 $3.47 \times 10^{14}$ J,折合标准煤 $2.64 \times 10^4$ t;在原有基础上,节约成本1458万元,减少二氧化碳的排放量631.1t,减少二氧化硫的排放量449.7t,减少氮氧化物排放量158.7t,减少煤渣量2645t,又节约污染治理费425.37万元。因此,开展东营地热资源的梯级利用,其经济效益和环境效益都非常显著。

## 4 地热资源保护与环境防治对策建议

### 4.1 优化地热开采方案

东营城区馆陶组热储可布置井数为39眼,合理井距为3834m;东营组热储可布置井数38眼,合理井距为3884m。仙河镇、孤岛镇馆陶组热储可布置井数为30眼,合理井距为2060m;东营组热储可布置井数28眼,合理井距为2133m。河口城区馆陶组热储可布置井数为28眼,合理井距1706m;东营组热储可布置井数为27眼,合理井距1737m。

河口城区主要开采层位为馆陶组热储,采用网状布井,宜井深度1800~2000m;河口区孤岛镇、仙河镇主要开采层位为馆陶组热储,采用网状布井,宜井深度1600~1900m;东营区中心城区主要开采层位为东营组热储和馆陶组热储,两热储单独开采,严禁混层开采,地热井网状布设。

### 4.2 合理排放地热尾水

地热尾水排放温度控制在30℃以下。东营区

城区地热资源大量开采后,地热尾水可以通过专用管道排入广利河下游(开发区东八路以东河段);河口区孤岛镇向西排入黄河故道;仙河镇沿神仙沟和新卫东河排放神仙沟下游;河口城区向西排入新挑河下游。但应注意的是要合理分散安排排放口位置,避免集中于同一处排放,以提高河水的分散降解能力,减轻对河水水质的污染。

### 4.3 加强地热动态监测

地热井应建立动态监测制度,对地热井水的温度、水位、流量、化学成分和气体成分含量等进行监测。地热井权单位应及时、准确地将监测资料上报国土资源主管部门,并保持动态监测的连续性,真实反映地热开发的历史性变化。

### 4.4 进行地热尾水回灌试验

开展地热水开采和同步回灌、地下换热等开发模式试验研究,实现地热资源的可持续开发利用。即先期在东营区中心城区完成2组地热回灌试验,1组为同层对井回灌,1组为异层对井回灌,待条件适宜时,推广至全市所有地热井实施生产性回灌。回灌模式优先选用同层对井回灌,只能采用异层回灌方式的,开采层的水质应好于回灌层。回灌方法可根据回灌难易选用无压回灌和加压回灌。

### 4.5 加强资源开发的管理

建立地热资源开发利用数据库、动态监测系统及自动化信息管理系统,对数据随时更新和动态分析,以实现管理工作的现代化;加强地热资源法规建设,制定地热资源管理条例,健全和完善地热资源由国土资源部门统一管理的体制;采取法律、行政、经济、技术等有利措施,努力提高地热资源的利用效率,使地热开发和综合利用步入良性循环,保障地热资源的可持续利用。

## 参考文献:

- [1] 武羽晓,王珏,尚宇宇,等.黄河三角洲地区地热资源及其开发利用前景初析[J].山东国土资源,2003,19(5):32-36.
- [2] 郭友琴.黄河下游冲积扇河南段平原地热资源开发保护[J].人民黄河,2007,29(3):37-38.
- [3] 王新兰.热污染的危害及管理建议[J].环境保护科学,2006,32(6):69-71.
- [4] 赵全升,李悦,谢新民,等.环境系统分析原理[M].北京:地质出版社,2005.

# Analysis on Comprehensive Development and Utilization of Geothermal Resource in Dongying City

WANG Feng, NIU Quanli

(Dongying Bureau of Land and Resources, Shandong Dongying 257091, China)

**Abstract:** Geothermal resource is very rich in Dongying city. Exploitation of geothermal resources has increased very rapidly in recent years. Main exploitation layers of thermal energy storage are Dongying formation and Guantao formation. Its development and utilization are heating bath. Due to imperfect technologies of comprehensive utilization, the irrational exploitation and the tail water of any emissions have caused some negative impacts to local environment. In this paper, based on the current development of geothermal resources and present condition of development and utilization, by using cascade development model, the impact of tail water discharge to local environment has been improved. Some suggestions for geothermal resources protection and environmental governance have been put forward as well.

**Key words:** Geothermal resources; environmental impact; development and utilization; Dongying city; the Yellow River delta area