

菏泽地热供暖开发利用模式前景分析

马龙,冯超臣

(山东省鲁南地质工程勘察院,山东 兖州 272100)

摘要:菏泽位于山东省西南,中低温地热资源丰富,具有很好的开发应用前景。目前菏泽地热的开发利用正处于起步阶段,地热资源的开发利用主要以供暖为主。该文介绍了地热单井供暖开发利用模式,对区内地热供暖的开发利用具有一定的指导意义。

关键词:地热;供暖;模式;菏泽

中图分类号:P314 **文献标识码:**B

引文格式:马龙,冯超臣. 菏泽地热供暖开发利用模式前景分析[J]. 山东国土资源, 2015, 31(2): 24-27. [J]. MA Long, FENG Chaochen. Prospect Analysis on Development and Utilization of Geothermal Heating Mode in Heze City[J]. Shandong Land and Resources, 2015, 31(2): 24-27.

菏泽地处山东省西南部,在全国经济布局中具有承东启西、引南联北的战略地位。北、西、西南与河南省接壤,东连济宁市,东南与安徽、江苏两省毗邻。总面积 12 239 km²。近年来的地热地质勘查工作表明,菏泽地区地热成矿地质条件有利,中低温地热资源丰富,具有很好的开发应用前景。目前菏泽地热供暖的应用主要以住宅小区冬季供暖为主。

1 地热资源概述

1.1 大地构造及区域地层

大地构造单元地处华北陆块鲁西隆起鲁西南潜隆起区菏泽-兖州潜断隆构造单元内,分布有东明凹陷、菏泽凸起及成武凹陷 3 个次级构造单元(图 1)^[1]。区内断裂以近 SN 向和近 EW 向为主。主要控制性断裂有:聊考断裂、田桥断裂、菏泽断裂、巨野断裂等。菏泽市范围内除巨野县核桃园附近有少量古生代基岩出露外,大部被第四系、新近系覆盖,据现有揭露地层资料,从老到新的地层有古生界的奥陶系、石炭系及二叠系,新生界的古近系、新近系及第四系。

1.2 热储层特征

区内可开发利用的热储层主要为新近系砂岩热

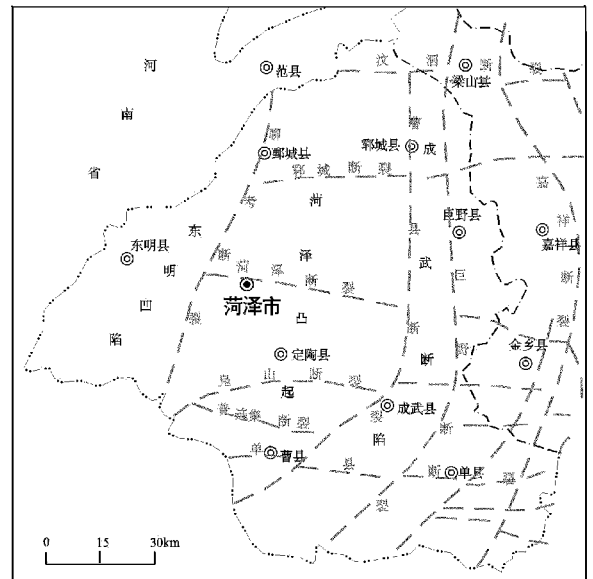


图 1 菏泽地质构造简图

储、古近纪东营组砂岩热储及奥陶纪灰岩热储^[2-4]。

(1)新近纪砂岩热储:属层状裂隙-孔隙型热储。该热储层地层主要为新近纪黄骅群上部的明化镇组和下部的馆陶组。由于新近纪明化镇组热储层埋深相对较浅,盖层厚度小,平均温度一般 40℃左右,温度较低,区内未开发利用程度低。新近纪馆陶组热

储层主要分布在聊考断裂以西,东明凹陷区内,岩性为灰白色砾状砂岩、细砾岩、灰绿色砂岩、砂砾岩,垂向上呈上细下粗的沉积,底部有砾岩分布,孔隙度较大,具有良好的储水空间,单井涌水量 60~100 m³/h,水温 60℃左右,矿化度一般大于 3 g/L,水中含有丰富的对人体健康有益的微量元素成分,具有较好的开发利用前景。

(2)古近纪东营组砂岩热储:主要分布于聊考断裂以西,东明凹陷区域内,属层状裂隙-孔隙型热储。该热储含水层组顶板埋深 1 577~2 041 m,热储层受构造控制。其岩性以灰绿色、灰白色砂岩、细砂岩为主,厚度分布不均,在垂向上,上、下部颗粒较粗,中部较细,在有利的构造部位具备储水条件。可利用的砂层约占该组地层厚度的 49.3%,地热流体温度 71.5℃。由于该热储层顶板埋深大,虽水温较高,但成井成本高、风险大,区内开发利用程度低。

(3)奥陶纪灰岩热储层:属灰岩类裂隙-岩溶型热储。该热储主要分布在菏泽凸起区域内,顶板埋深在 1 200~1 700 m。热储层为奥陶纪石灰岩层,埋藏于石炭-二叠系煤系地层之下,地热流体温度平均 58℃。受断裂构造的影响,灰岩岩溶裂隙比较发育,为深部地热水体循环运移提供了通道及储存空间,尤其是奥陶系顶部古风化壳较厚,岩溶裂隙更为发育,形成了良好的储热条件,具有较好的开发利用前景。

2 地热供暖开发利用模式

2.1 地热资源梯级开发利用

地热资源开发利用方式选择地下开采。地热井开采的地热水资源全部用于地热供暖,开发利用较为单一。为了避免已有地热井“消耗型”、“粗放型”开采方式所带来的环境、社会的不良影响,同时为实现地热单井的可持续开发利用,地热资源应进行梯级开发利用(图 2),逐级提热,充分利用地热流体的热能,对经梯级利用、降至较低温度的地热流体进行回灌处理,以实现可持续循环利用^[3]。

地热水梯级利用工艺流程:由开采井采出的地热流体,经除砂后,以较高的温度直接进入换热系统进行热量交换。地热流体首先经过一级板式换热器,经过一级热交换后对小区进行供热,出一级板式换热器的地热流体由于温度较高,如果直接排放就

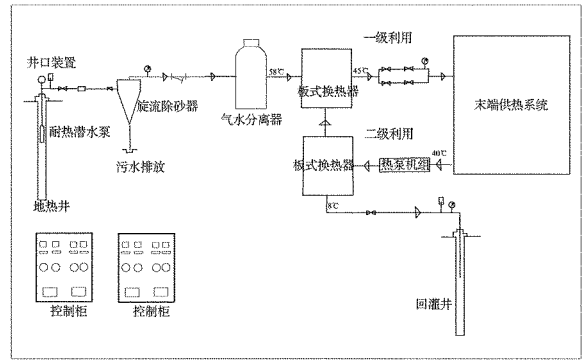


图 2 地热供暖系统工艺流程示意图

会造成地热水能源的浪费,所以采取地热流体梯级利用的形式,出一级板式换热器的地热流体进入二级板式换热器,此部分地热流体可以作为热泵系统的低温热源,热泵系统从中提取热量实现对建筑物的供热,经过逐级提热后的地热弃水水温为 8℃,以充分发掘地热流体所携带的热能,经利用后的地热弃水进入回灌管网,回灌至同层位地热井中。这种地热流体梯级利用+水源热泵的系统形式可以充分的提取地热水中的能量,同时良好的回灌又保证了地热水资源不被浪费。

2.2 地热资源开发利用供暖系统分析

研究区属暖温带大陆型季风气候,按日平均温度≤5℃的起止温度计算,该区域采暖期为 120 d。结合区内已有地热井资料,并假设选定的地热开采出水温度为 58℃。若单纯采用地热供暖,地热一级尾水温度最低可降到 40℃。根据《城镇地热供热工程技术规程》(CJJ138-2010)的规定,一级地热供热负荷(基本热负荷)应按下式计算^[5]:

$$Q_d = 1/3600 G_D \times \rho_p \times C_p \times (t_{di} - t_{do})$$

式中:Q_d—基本热负荷(kW);G_D—地热井开采量(m³/h);ρ_p—地热流体密度(kg/m³);C_p—地热流体的定压比热(kJ/kg·℃);t_{di}—地热流体供水温度(℃);t_{do}—无调峰装置时地热流体回水温度(℃)。经计算,地热水实际开采量为 600 m³/d 时,基本热负荷为 514.5 kW(表 1)。

表 1 基本热负荷计算

| 基本热负荷(kW) | 地热井开采量/m ³ /h | 地热流体密度/kg/m ³ | 地热流体的定压比热(kJ/kg·℃) | 地热流体供水温度(℃) | 无调峰装置时地热流体回水温度/℃ |
|-----------|--------------------------|--------------------------|--------------------|-------------|------------------|
| 514.5 | 25 | 983.1 | 4.1868 | 58 | 40 |

可直接供热量即一级地热供热负荷 514.5 kW。若要增加供热负荷,需要采用热泵装置进一步降低地热回灌温度,根据常规热泵蒸发器侧额定参数(15℃/7℃),地热回灌温度最低可降到 8℃,根据本项目供暖情况,设计回灌温度为 8℃,通过以下公式计算^[5]:

$$Q_i = 1/3600Q \times \rho_{\text{水}} \times C \times (T_{\text{进}} - T_{\text{出}}) \cdot COP / (COP - 1)$$

式中: Q_i —单井可供热量(kW); Q —地热流体流量(m^3/h); $\rho_{\text{水}}$ —地热流体密度(kg/m^3); C —地热流体的定压比热($\text{kJ}/(\text{kg} \cdot ^\circ\text{C})$); $T_{\text{进}}$ —地热流体一级利用后的尾水温度($^\circ\text{C}$); $T_{\text{出}}$ —地热流体二级利用后的尾水温度($^\circ\text{C}$); COP —热泵制热系数。经计算,热泵可增加二级供热负荷 1 161.6 kW(表 2)。

表 2 调峰热负荷计算

| 二级供热 热负荷 (kW) | 地流 体流量 (m^3/h) | 地热流体 密度 (kg/m^3) | 地热流体的 定压比热 ($\text{kJ}/(\text{kg} \cdot ^\circ\text{C})$) | 地热一级 尾水温度 ($^\circ\text{C}$) | 地热二级 尾水温度 ($^\circ\text{C}$) | 热泵制热 系数 |
|---------------------|--|--|---|--------------------------------------|--------------------------------------|------------|
| 1161.6 | 25 | 983.1 | 4.1868 | 40 | 8 | 4.7 |

设计一级和二级供热能力总热负荷为 1 676.1 kW,根据现代节能型建筑的设计理念及以往相关工作经验,住宅区建筑热负荷一般取 $45\text{W}/\text{m}^2$,据此计算,该地热井可供暖面积约 $3.7 \times 10^4 \text{m}^2$ 。

3 热供暖尾水回灌系统及动态监测方案

3.1 地热供暖尾水回灌系统

(1)回灌类型与模式。采用同层对井回灌模式,一眼回灌井对应一眼开采井,即:回灌井的注水层与开采井取水层位于同一热储层。

(2)回灌方法。由于区内无回灌经验,在地热系统建设前期,应进行回灌试验,以确定回灌参数。因此,设计地热回灌先采用真空回灌,再进行密封加压回灌,加压回灌过程中将回灌井密封,使回灌井处于真空状态,避免空气的进入,通过离心泵加压进行回灌。考虑到目前已有管道、设备的承压能力,省内进行过的回灌试验中,所加的回灌压力均在 0.05~0.22MPa 之间。可根据回灌水量的大小调节压力,尽可能保证全量回灌。

(3)回灌系统工程。回灌工程设施包括回灌井和回灌管路。回灌井的结构设计采用和开采井相同的设计方案,且需安装提水泵进行回扬;回灌管路包括输水管路、进水管路、用水管路、排水管路等^[5]。

(4)在地热回灌前应检查回灌水源净化处理系

统的精度能否达到不同热储层回灌系统的精度要求,其中热储层回灌系统需对回灌水进行去除水中悬浮固体物质的过滤处理,过滤精度应达到 $50 \mu\text{m}$,因此回灌系统需安装粗过滤器。

(5)回灌系统主要设备:①粗过滤器:过滤管道及系统残留的物理悬浮固体或化学沉淀物,提高地热回灌率。在运行过程中,过滤器两端应安装监测器,通过监测,可根据压力的变化辨别过滤器工作的状态,并决定清洗滤料的时间,以保证过滤效果。选择滤料材料要考虑耐温和耐压,宜优先选用石英砂滤料,按单层石英砂滤料级配填充滤料,并应定期补充滤料。②排气灌:排气灌应安装在加压泵、回灌井口之前,用以在回灌前排出尾水中的不凝气体,以防止压力发生变化生成气泡,产生气堵。③加压泵:是为了防止由于回灌井口压力过高(回灌水位上升较快)而回灌困难,在不具备重力回灌条件时,采用加压回灌方案。回灌压力,流量要经过前期回灌试验求得。④反冲洗:应确保有反冲洗水的水源,当反冲洗水源不能满足过滤器的反冲洗水量时,应设置储水装置,保证过滤器的反冲洗要求。需设置反冲洗污水的压力排水系统。反冲洗强度控制在 $12 \sim 15 \text{L}/\text{s} \cdot \text{m}^2$,过滤器置两端的压力差值达到 $50 \sim 60 \text{kPa}$ 时,需进行反冲洗。

3.2 地热供暖动态监测方案

对地热开采井和回灌井进行地下热水动态长期监测,主要包括水位、水量、水温、水质等。监测手段可采取地下水自动监测仪,逐步更新与改进地下水动态监测手段和方法,不断提高监测质量和水平。同时要提高监测信息的传输、储存和处理效率。根据监测结果,若出现地热水水位、水质等变化异常,适当调整地热水供水方案。

(1)水位监测。每天监测 1 次,水位监测数据精确到厘米级。每次监测水位时,进行数据分析时,均应考虑周边地热井的抽水状况,分析是否受到附近的地热井抽水影响。

(2)水量监测。计量地热水量的仪器,采用耐热的热水流量计进行实时监测,需要满足测量精度要求,水量误差在 5% 以内。并要定期检验仪器误差,并及时校正。

(3)水温及气温的监测。在监测水位、水量的同时,也应该监测地热井出水口水温、地热尾水的温度、回灌井地热水水温。天气情况和气温也要同时

监测。

(4)水质监测。水质监测每年应进行一次,水质检测项目主要包括常规阴阳离子、微量元素、矿化度、总硬度、pH 值、氨、放射性元素(总 α 、总 β)等。

4 结 论

(1)菏泽地处山东省西南部,区内地热成矿地质条件良好,中低温地热资源丰富,具有很好的开发应用前景。目前菏泽地热的开发利用主要以住宅小区地热供暖为主。

(2)区内可开发利用的热储层主要为新近纪砂岩热储、古近纪东营组砂岩热储及奥陶纪灰岩热储。

(3)对于地热供暖系统宜采用地热流体梯级开发利用模式,提高地热资源可利用程度,以实现地热资源的可持续开发利用。

(4)加强地热回灌试验的研究,从而为地热供暖

尾水回灌提供一定的参考数据。

(5)加强地热开采井和回灌井的动态监测工作。建立地热单井动态监测系统,对开采量、回灌量及其引起的水位、水温、水质变化及环境影响实行有效监测,保证地热资源的可持续开发与利用。

参 考 文 献:

- [1] 孔庆友,张天祯,于学峰,等. 山东矿床[M]. 济南:山东科学技术出版社,2006:199-201.
- [2] 陈墨香. 华北地热[M]. 北京:科学出版社,1988:94-102.
- [3] 蔡义汉. 地热直接利用[M]. 天津:天津古文出版社,2004:488-628.
- [4] 冯超臣,马龙,张旭. 山东省定陶县城区地热资源分析及开发利用[J]. 城市地质,2012,7(4):28-31.
- [5] CJJ138-2010. 城镇地热供热工程技术规程[S].
- [6] GB/T11615-2010. 地热资源地质勘查规范[S].

Prospect Analysis on Development and Utilization of Geothermal Heating Mode in Heze City

MA Long ,FENG Chaochen

(Lunan Geo-engineering Exploration Institute, Shandong Yanzhou 272100, China)

Abstract: Heze locates in southwest of Shandong province. Low medium temperature geothermal resources are very rich in this area with very good development prospect. At present, the development and utilization of geothermal resources in Heze city is still at its initial stage, and the development and utilization of geothermal resources is mainly in heating mode. In this paper, development and utilization of geothermal heating mode has been introduced. It will has a certain guiding significance to the development and utilization of geothermal heating in this area.

Key words: Geothermal; heating; pattern; Heze city