

郓城县浅层地热能勘查评价

孙文广,冷旭勇,王飞,赵长福

(山东省第一地质矿产勘查院,山东 济南 250014)

摘要:浅层地热能是地热资源的组成部分,分布广,利用价值大,既可缓解能源紧张矛盾,又有利于保护环境。该文分析了郓城县浅层地热能条件,对埋管换热方式有关热物性参数进行了测试,对郓城县浅层地热能资源进行了计算评价,并进行了效益分析。

关键词:浅层地热能;埋管换热;效益分析;郓城县

中图分类号:P641.8 **文献标识码:**B

引文格式:孙文广,冷旭勇,王飞,等. 郓城县浅层地热能勘查评价[J]. 山东国土资源,2015,31(1):36-39. SUN Wenguang, LENG Xuyong, WANG Fei, etc. Exploration Evaluation of Shallow Geothermal Energy in Yuncheng County [J]. Shandong Land and Resources,2015,31(1):36-39.

0 引言

浅层地热能是地热资源的组成部分,是蕴藏在地表以下一定深度范围内岩土体、地下水和地表水中具有开发利用价值的热能^[1]。一般指通过换热技术利用的蕴藏在地表以下200 m以内,温度低于25℃的热能。其能量主要来源于太阳辐射与地球梯度增温。浅层地热能分布广,储量大,再生迅速,利用价值大。既可以满足供暖需求,缓解能源紧张矛盾,改善人民生活,同时也直接降低了污染物排放量,有利于保护环境,带来较好的社会效益和经济效益。

近年来,在全国可再生能源建筑应用政策的推动下,许多地区已经陆续开始建设浅层地热能资源利用系统,并取得较好的应用效果^[2]。目前国内浅层地热能开发主要通过地下水换热和埋管换热2种方式,地下水换热方式虽然初期投资稍低,但是较高的运行成本及其对地下水资源的粗放式利用,使其近年来应用率呈下降趋势,而埋管换热方式应用越来越广泛,该文主要就埋管换热方式对郓城县浅层地热能进行评价分析。

1 浅层地热能利用条件分析

郓城县地处黄河下游冲积平原,地形平坦,微向东北倾斜,地面坡降在1:5 000~1:1万,海拔在38.5~47.5 m之间。区内广泛分布着巨厚第四纪堆积物,厚度200 m左右;区内含水层岩性主要以粉细砂、细砂及中粗砂为主,未发现卵石层。

区内广泛分布有第四纪松散岩类孔隙潜水和浅层承压水,水位较浅,地下水资源丰富,大部分地区含水层厚度大于30 m,只有东南部及赵楼西小部分地区厚度小于30 m。根据浅层地热能勘查评价规范(DZ/T 0225-2009)中埋管换热方式适宜性分区指标^[1],郓城县具备良好的水文地质条件和工程地质条件(表1),为浅层地热能埋管换热方式可持续利用提供了基础。

表1 埋管换热方式适宜性分区指标

| 分区 | 分区指标(地表以下200 m范围内) | | | 综合评判标准 |
|------|--------------------|----------|----------|---------------------|
| | 第四系厚度/m | 卵石层总厚度/m | 含水层总厚度/m | |
| 适宜区 | >100 | <5 | >30 | 三项指标均满足 |
| 较适宜区 | <30 或 50~100 | 5~10 | 10~30 | 不符合适宜区和 不适宜区分区条件 |
| 不适宜区 | 30~50 | >10 | <10 | 至少二项指标符合 |

收稿日期:2014-02-15;修订日期:2014-03-05;编辑:陶卫卫

作者简介:孙文广(1973—),男,山东文登人,高级工程师,主要从事水文地质、工程地质、环境地质工作;E-mail:sddkswg@126.com

2 浅层地热能参数测试

2.1 测试原理

测试设备采用北京华清荣昊新能源开发有限公司开发的HQ-H2浅层地热能冷、热响应试验台,该试验台是根据相似理论^[3-4]设计和搭建的一套地理管换热器综合微缩试验台^[5],其功能强大、测试精确度高以及移动性好,能够模拟冬、夏两季地源热泵地理管换热器运行工况。

测试原理^[6-7]如下:将测试装置的水路循环部分与所要测试的地理管换热孔内的HDPE管路相连接,形成闭式环路,通过仪器内的微型循环水泵驱动环路内的载冷剂不断循环,同时测试装置内的设备不断加热或降温环路中的载冷剂。该闭式环路内的载冷剂不断循环,热泵装置所产生或需要吸收的热量就不断通过地理管换热孔内的HDPE管释放到岩土或从岩土中吸收热量。在闭式环路内的载冷剂循环的过程中,测试车将各种测试工况下进、回测试车的载冷剂温度、岩土温度,以及流量和实验装置产生的热量或所吸收的热量进行采集并记录在相应的数据处理仪器中,后期对数据进行处理。

2.2 测试步骤

首先钻凿2个换热测试孔,孔深120 m,孔径150 mm,分别编号D1,D2孔。钻凿完成后下入U型HDPE管并回填,回填采用原浆。测试孔安装完成2天后进行岩土换热能力测试,测试首先对D1孔进行岩土体平均初始温度测试,之后进行D1孔的稳定热流测试和稳定工况(夏季工况)测试,最后进行D2孔的稳定工况(冬季工况)测试。在测试过程中共作3次水压试验。

2.3 测试数据分析

2.3.1 岩土平均初始温度测试

岩土平均初始温度测试历时13 h,在该时间段内,测试车未向地理管提供冷、热量的情况下使地理管内水形成循环,测得的循环水温度即为岩土的初始温度。经测定,岩土平均初始温度为17.9℃。

2.3.2 稳定热流测试

稳定热流测试循环水中连续输入稳定功率热量,测定地理管换热器进出水温度的响应情况,进而计算岩土体的热物性参数。测试流量设定为

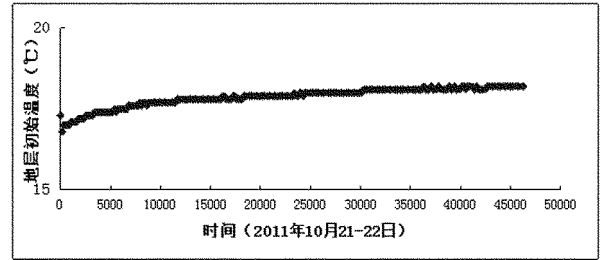


图1 地层初始温度随时间变化曲线

1.5 m³/h,加热功率为6 kW,历时48 h。实验数据分析采用Hart和Couvillion建立的线源模型^[5-9],利用恒热流模拟试验数据计算岩土体导热系数,试验数据曲线图及测试参数表见图2、表2。计算岩土体导热系数为2.75 W/m·K。

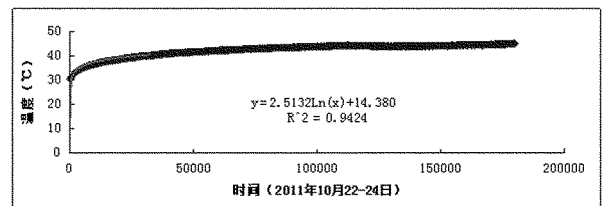


图2 稳定热流测试地理管换热器进出水平均温度变化曲线及对数拟合曲线

表2 稳定热流测试参数

| 设定加热功率/kW | 平均加热功率/kW | 单位换热 量/(W/m) | 加热功率 波动/kW | 流量/ (m ³ /h) | 数据记录 周期/min |
|-----------|-----------|--------------|------------|-------------------------|-------------|
| 6 | 5.990 | 86.81 | 0.3 | 1.5 | 3 |

2.3.3 稳定工况(夏季工况)测试

夏季工况运行时,地理管换热孔吸热,测试设定初始参数为地理管换热孔进水温度35℃,流量为1.5 m³/h,测试历时48 h,测试结论如下:

由测试数据可以得出,在测试装置开始运行至40 min,地理管换热器进水温度稳定到设定运行工况点35℃左右,故稳定工况(夏季工况)的测试数据从40 min后为有效数据。在此时间段内,地理管换热孔的进水温度均值35.1℃,出水温度均值31.5℃,进出水温差3.6℃,进水温度与设定值偏差0.1℃,在有效时间内,进水温度与设定值偏离均小于0.3℃,测试数据有效。

随着运行时间的增加,地理管换热器换热量、瞬时流量逐渐趋于稳定。流量均值为1.5 m³/h,换热器换热量均值7.62 kW,换热孔深120 m,因此每延米地理管换热器换热量为63.46 W/m。

2.3.4 稳定工况(冬季工况)测试

冬季工况运行时,地理管换热器放热,测试设定初始参数为地理管换热孔进水温度 5°C ,流量为 $1.5\text{ m}^3/\text{h}$,测试历时 48 h ,测试结论如下:

由测试数据可以得出,在测试装置开始运行至 60 min ,地理管换热器进水温度由初始温度稳定到设定运行工况点 5°C 左右,故稳定工况(冬季工况)测试的测试数据从 60 min 后为有效数据。在此时间段内,地理管换热孔的进水温度均值 5.0°C ,出水温度均值 7.3°C ,进出水温差 2.3°C ,进水温度与设定值偏差 0°C ,在有效时间内,进水温度与设定值偏离均小于 0.3°C ,测试数据有效。

随着运行时间的增加,地理管换热孔换热量、流量逐渐趋于稳定。流量均值为 $1.5\text{ m}^3/\text{h}$,换热孔换热量均值 7.21 kW ,换热孔深 120 m ,因此每延米地理管换热孔换热量为 60.10 W/m 。

2.3.5 测试结论

(1)地层初始温度。测得地层初始温度为 17.9°C 。

(2)稳定热流测试。设定地理管换热孔加热功率 6 kW ,流量 $1.5\text{ m}^3/\text{h}$ 。根据对现场测试数据的分析,岩土体导热系数为 $2.75\text{ W/m}\cdot\text{K}$ 。

(3)稳定工况(夏季工况)测试。设定地理管换热孔进水温度 35°C ,流量 $1.5\text{ m}^3/\text{h}$ 。该工况下,地理管换热孔实际进/出水温度: $35.1^{\circ}\text{C}/31.5^{\circ}\text{C}$,换热量 7.62 kW ,折合每延米换热量 63.46 W/m 。

(4)稳定工况(冬季工况)测试。设定地理管换热孔进水温度 5°C ,流量 $1.5\text{ m}^3/\text{h}$ 。在该工况下,地理管换热孔实际进/出水温度: $5.0/7.3^{\circ}\text{C}$,换热量 7.21 kW ,折合每延米换热量 60.10 W/m 。

3 郓城县浅层地热能资源评价

3.1 浅层地热容量计算

根据《浅层地热能勘查评价规范》(DZ/Z 0225-2009),采用体积法计算浅层地热容量,分别计算包气带和饱水带中的单位温差储藏的热量,计算下限取试验钻孔深度 120 m ,然后合并计算调查区范围内的地质体的储热性能。

经计算,郓城县范围内浅层地热容量为 $6.22\times 10^{14}\text{ kJ}/^{\circ}\text{C}$,折合标准煤 $2\ 122.18\times 10^4\text{ t}^{[8]}$ 。

3.2 地理管换热功率计算

根据《浅层地热能勘查评价规范》(DZ/Z 0225

-2009),采用换热量现场测试法进行计算,计算公式如下:

$$Q_h = D \times n \times 10^{-3} \quad (1)$$

$$D = K_z \times \Delta T \times L \quad (2)$$

$$n = \frac{M \times \tau}{5 \times 5} \quad (3)$$

式中: Q_h 为工作区换热功率, kW ; D 为单孔换热功率, W ; n 为计算面积内换热孔数量; K_z 为综合热传导系数, $\text{W/m}\cdot\text{k}$; ΔT 温差,U形管内循环液平均温度与岩土体原始温度之差, $^{\circ}\text{C}$; L 为U型地理管换热器长度, m ; M 为工作区面积, m^2 ; τ 为土地利用系数。

经计算,地理管换热功率,冬季为 $7.85\times 10^6\text{ kW}$,可开采资源量约 $0.81\times 10^{14}\text{ kJ}$ (按 120 天计),相当于标准煤 $2.77\times 10^6\text{ t}$;夏季为 $8.01\times 10^6\text{ kW}$,可开采资源量约 $0.83\times 10^{14}\text{ kJ}$ (按 120 天计),相当于标准煤 $2.83\times 10^6\text{ t}$ 。

4 效益分析

在国家大力发展循环经济、推广可持续发展模式的背景下,浅层地热能的开发利用不仅能优化能源供给结构,还能产生巨大的环境效益和经济效益。在目前资源紧缺的状况下,浅层地热能的开发利用使经济效益得到充分体现。依据当地浅层地热能资源的特点、能源消耗结构以及经济技术等社会要素进行系统规划,才能最大限度地合理开发利用该资源^[10]。根据郓城县地理管换热方式换热功率计算结果分析,可开采资源量转化的经济效益是非常可观的。调查区内可开采资源量 $1.64\times 10^{14}\text{ kJ}$ (冬、夏季共 240 天计),折合标准煤 $5.60\times 10^6\text{ t}$,可转化经济效益 38.85 多亿元。

参考《地热资源地质勘查规范》(GB/T11615-2010),进行节能和减排效果分析。按地理管换热方式换热功率计算,每年能节省 $5.60\times 10^6\text{ t}$ 标准煤,减少 CO_2 排放量 $1.34\times 10^7\text{ t}$ 、减少 SO_2 排放量 $0.95\times 10^5\text{ t}$ 、减少 NO_x 排放量 $3.36\times 10^4\text{ t}$ 、减少悬浮质粉尘排放量 $4.48\times 10^4\text{ t}$ 、减少煤灰渣排放量 $5.60\times 10^3\text{ t}$ 。可见,浅层地热能的开发利用,可减轻对自然环境的污染压力,有利于经济社会可持续发展。

5 结语

(1)郓城县具备良好的水文地质条件和工程地

质条件,为浅层地热能埋管换热方式可持续利用提供了基础。

(2)经测定:岩土平均初始温度为 17.9°C ;岩土体导热系数为 $2.75\text{ W/m}\cdot\text{K}$;夏季工况换热量 7.62 kW ,折合每延米换热量 63.46 W/m ;冬季工况换热量 7.21 kW ,折合每延米换热量 60.10 W/m 。

(3)经计算,郯城县范围内浅层地热容量为 $6.22\times 10^{14}\text{ kJ/}^{\circ}\text{C}$,折合标准煤 $2\ 122.18$ 万t,具有较好的经济和节能减排效果,浅层地热能的开发利用,有利于经济社会可持续发展。

参考文献:

[1] DZ/T 0225-2009,浅层地热能勘查评价规范[S].
[2] 刘树亮,许静波,衣伟虹,等.潍坊市浅层地热能资源调查及开发利用研究[J].山东国土资源,2013,29(10-11):67-69.

[3] 薛禹群,朱学愚.地下水动力学[M].北京:地质出版社,1979.
[4] 陈鸿雁,徐蕾,孙晓萍.地下水运移的物理模拟实验方法研究[J].吉林水利,2000,(6):25-17.
[5] 毕文明,岳丽燕,韩再生,等.埋管换热性能综合微缩试验研究[J].水文地质工程地质,2014,41(1):144-148.
[6] 岳丽燕.垂直埋管换热性能影响因素分析[D].北京:中国地质大学,2012:22-23.
[7] 赵飞.地源热泵U型竖埋管传热过程的模型构建及数值模拟[D].北京:中国地质大学,2011.
[8] 刁乃仁.埋管换热器的传热问题研究及其工程应用[D].北京:清华大学,2005:16-18.
[9] 毕文明,郭艳春,王琳.埋管地源热泵系统岩土热物性参数研究[A]//地温资源与地源热泵技术应用论文集[C].北京:地质出版社,2009:105-111.
[10] 杨红亮,郑康彬,郑克棣,等.中国浅层地热能规模化开发与利用[A]//中国地热能成就与展望——中国地热发展研讨会论文集[C].北京:地质出版社,2010,97-115.

Exploration Evaluation of Shallow Geothermal Energy in Yuncheng County

SUN Wenguang, LENG Xuyong, WANG Fei, ZHAO Changfu

(No. 1 Exploration Institute of Geology and Mineral Resources, Shandong Jinan 250014, China)

Abstract: Shallow geothermal energy is one part of geothermal resources. It distributes widely and has great utilization value. It can not only relieve the contradictions of energy shortage, but also protect environment. In this paper, the condition of shallow geothermal energy in Yuncheng county has been analyzed, relative thermophysical properties of pipe heat exchanger ways have been tested, calculation and evaluation of shallow geothermal resources have been carried out, and benefit analysis has been carried out as well.

Key words: Shallow geothermal energy; pipe heat exchanger ways; benefit analysis; Yuncheng county