



# 浅层地热能开发利用地质环境影响与监测系统建设研究

刘杰

(山东省物化探勘查院, 山东 济南 250013)

**摘要:**浅层地热能的开发利用能取得的环境、社会和经济效益显著,已被社会广泛认可。但它的开发利用是通过热泵系统,从地质体中汲取地温资源与建筑物间进行能量交换,必然打破地质环境的自然生态平衡。该文分析了地源热泵工程对岩土体和地下水的温度、地下水水位、水质、微生物生存环境等产生的影响。介绍了地质环境监测系统建设内容,包括前端数据采集系统、数据传输系统和控制系统,重点介绍了地埋管和地下水2种不同换热方式热泵工程各自前端数据采集系统中地质环境监测点(孔)平面布置位置和数量、垂向上监测仪器的深度和间隔距离、主要的监测项目、监测精度、频率要求,以及利用监测数据可进行分析的内容等。

**关键词:**浅层地热能;地质环境影响;地质环境监测

**中图分类号:**TK521

**文献标识码:**B

**引文格式:**刘杰.浅层地热能开发利用地质环境影响与监测系统建设研究[J].山东国土资源,2018,34(1):49-55.  
LIU Jie.Study on Impact of the Development and Utilization of Shallow Geothermal Energy to Geological Environment and Monitoring System Construction[J].Shandong Land and Resources, 2018,34(1):49-55.

浅层地热能资源与传统化石类能源相比,具有资源稳定、储量巨大、再生迅速、节能环保、冬夏两用、开发方便等特点,逐步得到较为广泛的应用,并取得了显著的经济、社会和环境效益<sup>[1-2]</sup>。浅层地热能的开发是利用热泵技术从地下环境中汲取热量或冷量,再将冷量或热量注回到地下环境中去,从而实现建筑物与地下环境间的能量交换,达到冬季供暖和夏季制冷的目的。但能量的转移不可避免地对地质环境产生影响<sup>[3]</sup>,而这种影响反过来也会对热泵系统的能效和应用效果等产生作用。因此,建设地源热泵监测系统,对地质环境影响进行监测研究十分必要。

## 1 浅层地热能开发利用对地质环境的影响

浅层地热能开发利用对地质环境的影响及产生的问题主要有:岩土体环境冷热负荷堆积,使得地下环境温度场单趋势变化;岩土体温度变化引发微生物种群改变及数量变化;地埋管施工造成含水层间

的交叉污染,或地面污染物下渗导致地下水水质污染;开采出的地下水不能全部回灌引起地下水水位下降,引发松散层区地面沉降地质灾害等<sup>[4]</sup>。山东地区浅层地热能开发利用工程主要有地埋管和地下水2种换热方式,前者约占热泵工程总数量的85%,后者数量相对较少,约占15%。该文分地埋管和地下水2种换热方式,分析探讨热泵工程运行对地质环境的影响。

### 1.1 地埋管热泵开发利用对地质环境的影响分析

#### 1.1.1 对地质环境温度的影响

地埋管热泵系统运行过程中,不断地向周围的岩土体和地下水中释放热量或冷量,从而使埋管区内及周围一定范围内地质环境的温度发生改变,而变化幅度的大小则受多方面因素的影响,地源热泵工程需求冷热负荷大、地埋管换热量大,热泵机组连续运行、单一制冷或单一供暖、埋管间距小、地下水渗流条件差,此种条件下的地下环境不利于冷热负荷的消散,地质环境温度的变化幅度就越大,反之则

收稿日期:2017-05-24;修订日期:2017-09-02;编辑:陶卫卫

地调项目:中国地质调查局,济南市浅层地温能调查评价(1212011220835)

作者简介:刘杰(1983—),女,山东济南人,工程师,主要从事水工环地质工作;E-mail:54193431@qq.com

较小。

如办公楼、展馆类建筑空调是间歇运行方式<sup>[5-7]</sup>,热泵机组关停时段内,聚集在岩土体中的冷热负荷逐步向周围地下环境释放,有利于地温的恢复;而宾馆、酒店及部分住宅等建筑连续运行方式<sup>[8-10]</sup>,一个取暖季或制冷季内热泵机组24 h运行,换热器持续不断地向地下环境输入冷量或热量,冷热负荷得不到及时消散,温度不断降低/升高呈现单趋势变化。

单个埋管换热器对地下环境温度的影响,以换热器为中心,靠近中心,地下环境温度变化幅度大,沿径向远离换热器,地下环境温度变化幅度减小,直至不受影响。间距过小,相邻换热器热影响相互叠加,温度变化幅度增大。因此,埋管工程设计时,场地空间条件允许的前提下,埋管间距尽可能大,最大限度减少或避免管群区换热器间的相互干扰,将温度影响控制在可接受的温变幅度内<sup>[11-12]</sup>。

地下水渗流有利于减弱或消除由埋管换热而引起的冷热负荷累积效应<sup>[13-14]</sup>,冷热负荷以地下水为载体向下游传递,并逐渐消散,渗流速度越快,冷热负荷消散越快,地下环境温度变化相对越小。

### 1.1.2 防冻剂对环境的影响

实际埋管热泵系统密闭管路中的循环介质通常是水。有的工程室外管路埋设深度小于该区的冻土层厚度,或上覆保护(温)层厚度较薄,冬季管内循环水存在上冻的可能,从而造成水流不畅,局部堵塞,甚至管道冻裂。为防止此类事故,一般向循环水中加注适量的防冻剂,还有的工程直接全部采用防冻剂。循环液在管路中闭式循环,通常情况下,热泵系统运行不会对地下环境造成污染。一旦出现埋管管壁破裂或者接缝开裂,循环液在泵压下向外喷射,直接对周围的土壤环境和水环境造成严重的污染,另外,管道安装调试时也有可能发生局部泄露。防冻液大多是有机物,地面泄露还可采用移除的方式将污染物消除,若泄露点位于地下,一旦污染则极难治理。

## 1.2 地下水热泵开发利用对地质环境的影响分析

### 1.2.1 对地下水水位的影响

地下水热泵系统是从开采井汲取地下水,利用热泵技术从中提取冷热量,然后再将水回灌入地下,实现室内环境与地下环境间的能量交换。若同层回灌且采灌量基本平衡,则不会对地下水水位产生明显

的影响;若开采量不能全部同层回灌或为异层采灌,则局部会出现地下水降落漏斗,对地下水水位影响程度的大小取决于工程消耗水量的多少和地下水补给条件的优劣。以济南为例,济南地下水源热泵工程主要分布于长清区城区,地处山前冲洪积平原,含水层颗粒较粗,多粗砂、砾石,富水性较强,抽取的地下水大多数能全部同层回灌,最低的回灌率也在80%左右,加之含水层颗粒孔隙度大,径流条件好,丰水期下伏岩溶地下水的顶托补给强烈。据调查,工程运行以来地下水水位没有明显单趋势下降。而在济南西郊高铁站以西、小清河南部含水层颗粒细、补给条件相对较差的地带,若地下水不能全部回灌,则会以开采井为中心产生一个小范围的地下水水位降落漏斗,停采后,水位缓慢回升;此区域若地下水长时间、高强度开采而又得不到及时补充,区域水位将单趋势大幅度下降,严重的还会引发地面沉降和地面裂缝<sup>[15]</sup>。

### 1.2.2 对地下水水质的影响

热泵工程需水量大,同一场地有时需要施工多口开采井,水井位置不同,地下水水质也不尽相同。即使同一口井,不同含水层间也存在一定的差异,取水段若贯穿多个含水层,地下水多层混合;若浅部含水层受到污染,而深层含水层水质良好,将会产生串层污染。同井不同层水质混合、不同井水质的混合或井组采灌功能的相互转换,都会使地下水水质发生一定的变化;同层回灌则对地下水水质影响较小。若回灌系统密封性差,地下水水质也会因氧化作用发生改变;另外,金属出水管或回灌管还有可能与空气发生细菌锈蚀、电偶缝隙锈蚀、氧浓差锈蚀等污染地下水。意外的井管破裂也有可能使地表污水或污染物直接通过破损处渗入含水层污染地下水。

### 1.2.3 对温度场的影响

能量交换后的循环水通过回灌井进入地下,不可避免地会使周围地下水及岩土体的温度升高或降低,其中主要含水层中地下水温度影响最大,并且随着热泵运行时间的推移,温度的变化幅度会逐渐加大,影响范围也不断向外扩展。换热功率大,地下水径流条件好,冷热负荷以地下水为载体由主要含水层迅速向外扩展,扩展速度和影响程度以沿地下水流向为最。若采灌井间距过小,即使回灌井位于开采井的下游,由于开采井取水形成局部降落漏斗,漏斗伸向回灌井方向,回灌井温度的变化也可能会影

响到开采井周围,使得热泵机组利用地下水的温差减小,影响系统换热效率,当利用温差小于 $3^{\circ}\text{C}$ 时,节能效果和应用效果会明显降低。只有确定合理的采灌井间距,才能避免地下水流动形成“热短路”,保障工程制冷或供暖效果。

#### 1.2.4 对微生物的影响

水源热泵工程回灌改变地下水和含水层颗粒的温度,有可能影响到对温度变化敏感的微生物的生活环境,从而对其种群及数量产生影响。

## 2 地质环境监测系统建设

浅层地热能地质环境监测系统一般包括前端数据采集系统、数据传输系统与控制系统三大部分。系统建设遵循监测方式自动化、监测技术手段先进、监测内容全面、监测精度高的原则,以实现监测实时、查询方便、效果直观的目的。

### 2.1 前端数据采集系统建设

地下水热泵系统和地埋管热泵系统由于其换热方式不同,其数据采集系统建设内容也不尽相同<sup>[16-18]</sup>。

#### 2.1.1 监测站选择原则

一个监测站即是一个安装监测装置进行数据监测与采集的热泵工程。监测站选择遵循如下原则:

(1)典型性:选择典型水文地质条件、不同地层岩性构成和地质构造单元的地源热泵工程<sup>[19]</sup>。

(2)代表性:选择在热泵工程较集中的地段;考虑工程不同的换热方式,地埋管和地下水2种换热方式兼顾;结合建筑物功能,考虑工程不同运行方式和模式,如以冬季供暖为主或以夏季制冷为主单季节利用的工程,冬季供暖和夏季制冷负荷强度基本均衡的工程,医院、宾馆、住宅等热泵机组连续运行的工程,学校、办公楼、写字楼、商场、展馆等间歇运行的工程;考虑工程规模,如小到百十平方米的小户,大到上万平方米的楼宇或建筑群,均应覆盖;重点监测单一浅层地热能资源利用工程,兼顾浅层地热能与深层地热、燃油燃气、太阳能、电能等多能源联合利用的工程。

(3)可操作性:考虑热泵工程的分布现状特点和实际情况,便于建设和管理。

(4)结合实际,区别对待:已完工或已投入使用的地源热泵工程,确需作为监测站的,应按监测站建

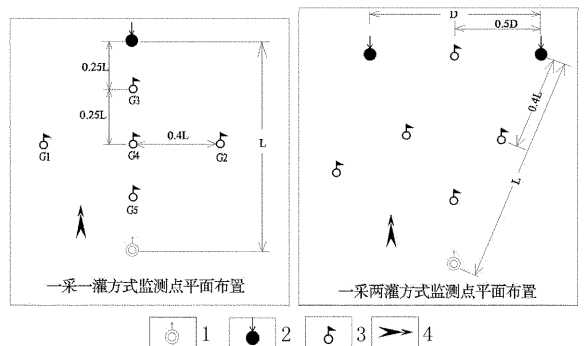
设要求补充换热监测孔或地温观测孔,安装相应的仪器设备;筹建、在建的地源热泵工程,在工程建设时同步建设监测系统。

#### 2.1.2 地下水热泵前端数据采集系统建设

##### (1)地质环境监测点平面布置

地下水热泵地质环境监测点包括开采井、回灌井和观测孔。

一般情况下,回灌井位于开采井的下游,观测孔应布置在开采井与回灌井之间,条件允许时可在采灌井连线侧面其他方向上布设一定数量的观测孔。以“一采一灌”和“一采两灌”2种组合方式加以说明。



1—开采井;2—回灌井;3—观测井;4—地下水主要径流方向

图1 地下水热泵地质环境观测孔平面布置图

“一采一灌”方式是一口井开采地下水,汲取热量后的循环水全部注入到另一口回灌井中。地下水观测孔布置在开采井与回灌井之间连线上以及与连线相垂的方向上。其中采灌井连线中垂线上布置 $G_1$ 和 $G_2$ 两个(图1);采灌井连线上观测孔的数量以不少于2个为宜( $G_3$ 、 $G_4$ ...),距离回灌井大约 $0.25L$ 、 $0.5L$ ...( $L$ 为采灌井间距)。

“一采两灌”方式则是一口井用于开采地下水,2口井进行回灌。地下水观测孔仍然主要布置在采灌井之间,其数量以不少于3个为宜;为全面研究采灌条件下地下水温度场特征,条件允许时可在回灌井之间增布适当数量的观测孔。

观测孔深度视其揭露的主要含水层而定,其所揭露的主要含水层应与采灌井相同。最终成孔口径以方便采取水样、安装监测设备为准。成孔时滤水管位置、成孔工艺、监测目的含水层等与采灌井相同。

##### (2)监测仪器布置

监测仪器主要包括电磁流量计、温度传感器、水

位传感器(水头压力计)、用电计量装置、压力传感器等,仪器均要求能够自动监测、自动记录和自动存储。

开采井和回灌井揭露的所有取水层和回灌层、观测孔与取水层和回灌层存在水力联系的含水层,均应安装温度传感器;所有抽水井、回灌井和观测孔中均布置水位传感器(图 2)。

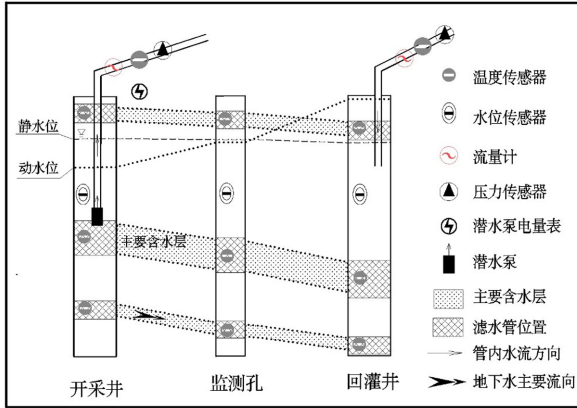


图 2 地下水热泵地质环境监测仪器垂向布置图

开采井进水管和回灌井回水管安装温度传感器、压力传感器和流量计;潜水泵安装用电计量装置。

### (3) 监测项目与目的

包括开采井和回灌井的抽灌量,采灌井及其周围一定范围内(大于影响半径)相同含水层水位、水温 and 水质,潜水泵用电量等。重点对采灌井及周围的含水层温度的变化以及采灌井之间热冷锋面的移动进行监测。

① 开采量和回灌量监测。在开采井管和回灌井管上安装电磁流量计,监测开采井的取水量及回灌井的回灌水量,了解地下水循环利用量、消耗量以及工程正常运行对地下水的需求情况、地下水的供给保障程度;掌握回灌能力及回灌井堵塞问题。

② 地下水位监测。在回灌井、开采井和观测孔中分别安装水位传感器(条件允许时,在抽水井和回灌井影响半径之外区域也应布置观测孔,安装相应水位传感器),监测热泵系统运行过程中场地水位变化和采灌停止时的水位恢复情况,实时掌握地下水流动形态,分析工程运行对场地及区域地下水的影响。

③ 水温监测。在抽水井管和回灌井管及地下水观测孔中均安装温度传感器。依据监测数据,了解监测采出水的温度和灌入水的温度,掌握热泵系统

利用地下水的温差,以及温差变化对供暖和制冷效果的影响;分析回灌水对开采井的水温是否产生影响、影响程度及响应速度,指导相似水文地质条件下采灌井合理间距的确定;分析采灌井及周围地下水温度场的分布特征、变化情况,了解工程运行过程中冷热负荷聚集和停止运行后的消散规律;分析热泵工程运行效能受地下水温度变化的影响程度。

④ 水质监测。定期在采灌井及观测孔中分别采取水样进行分析,分析回灌水对原生水环境中微生物的影响,检验地下水中微生物种类及数量的变化;监控工程运行对地下水质量的影响,是否受到污染,是否有细菌滋生,受到污染要了解其污染程度及发展趋势;监测地下水化学成分有无发生变化。

⑤ 管路压力监测。在进水管和回水管上安装压力传感器,监测管路渗漏情况,掌握系统运行状况。

⑥ 设备用电监测。潜水泵安装用电计量装置,监测电能消耗情况,结合热泵机组及其他加压设备、热辅设备、照明设备等用电监测情况,计算系统总能耗,分析整个热泵系统的能效和节能情况。

### 2.1.3 地埋管前端数据采集系统建设

#### (1) 地质环境监测孔平面布置

地质环境监测孔包括换热监测孔、地温监测孔和水质监测孔。地埋管换热监测孔是借用埋管孔,在换热器上按一定间隔绑缚上温度传感器,测量埋管换热孔不同深度的温度。地温监测孔是在施工的钻孔内布置温度传感器,专门用于地温监测。换热监测孔与地温监测孔配合,了解埋管区及外围地温特征,分析换热器热影响范围和工程运行对地质环境的影响程度。水质监测孔用于地下水样品采集。

监测孔平面布置原则:① 埋管群中心区域、平面形状的长边和短边中间以及拐角之处<sup>[20-21]</sup>均应布置换热监测孔和地温监测孔;② 监测孔布置应考虑地下水流向,在水流的上游、下游及垂直水流方向上均应有换热监测孔和地温监测控制;③ 换热监测孔与地温监测孔常常结合组成若干个监测孔组,每组包含换热监测孔 1 个和地温监测孔 1~6 个,监测孔间距也因其其在管群区中的位置而异;④ 水质监测孔应布置在水流的下游管群边界中心位置附近。

以管间距为 X、7×9 阵列管群为例(图 3),平面形状为长方形。管 B 为管群中心区域换热监测孔,以其为正方形左上角顶端,相邻的 4 个换热孔中心(交叉连线中点)布置一个专门的地温监测孔,再在

其左、右、下各  $0.3X$ 、 $0.5X$  和  $0.4X$  布置 3 个地温监测孔。在管群边缘及拐角分别布设换热监测孔；地下水流上游管群长边中心(管 C)、地下水流下游管群长边中心(管 A)、与地下水流向垂直方向管群短边中心(管 E)、管群拐角(管 D 和管 F)。管 A 和管 C 监测孔组主要监测在地下水渗流作用下管群上游区域和下游区域换热孔对地温的热影响范围,同时了解有相邻换热孔的情况下其侧向温度变化特征,地温监测孔数量较多,主要沿地下水流向布置,上游布置 5 个,与换热孔的距离  $0.3X \sim 0.9X$ ;下游布置 7 个,与换热孔的距离  $0.2X \sim 1.8X$ 。管 D、管 E、管 F 监测孔组主要是监测管群短边垂直与地下水流向方向上换热孔热扩散范围。具体到一个热泵工程,监测孔的位置和数量应根据实际需要和监测目的作适当调整。

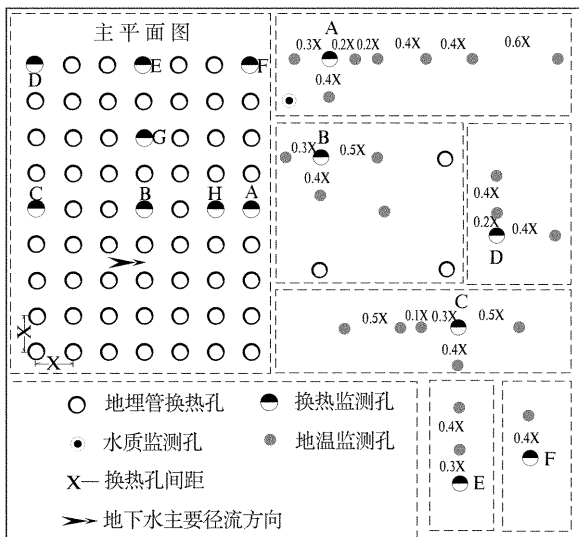


图3 地埋管热泵地质环境监测孔平面布置图

## (2) 监测仪器布置

监测仪器主要包括电磁流量计、温度传感器、压力传感器等,仪器要求均能自动监测、自动记录和自动存储。

①所有监测孔均布设温度传感器,以监测换热孔壁温度及周围岩土体温度变化情况,分析地埋管热影响范围。换热监测孔温度传感器垂向间距  $10 \sim 20 \text{ m}$ ,以  $10 \text{ m}$  间隔为宜;地温监测孔在深度  $35 \text{ m}$  和  $40 \text{ m}$  上分别布置 1 个温度传感器。温度传感器位置和数量根据地层岩性适当调整,含水层和隔水层对应的位置均应布设(图 4)。

②地埋管总进水管(或划分的若干小单元)和总回水管安装温度传感器、进水管压力传感器、流量计。

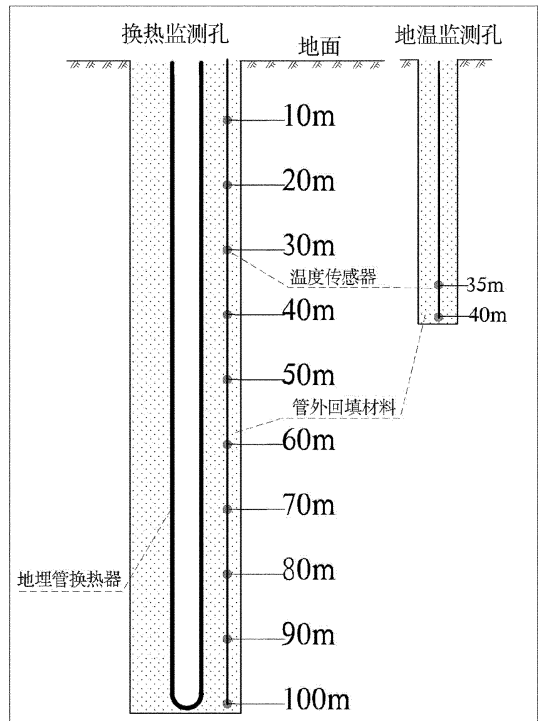


图4 地埋管监测孔监测仪器垂向布置图

## (3) 监测项目与目的

包括埋管区及外围的岩土体温度、地下水水质、管路循环水的压力、流量等。重点是监测埋管区岩土体的温度变化情况。

①温度监测。包括岩土体温度监测、管内循环水的温度监测。依据监测数据分析地埋管区地温场特征、系统长期运行过程时地埋管换热器的热影响范围和热传导速率;监测管群进出口循环水的温度,了解利用温差,分析系统换热效能;通过分析,为科学调整系统运行策略和相似地质条件区地埋管换热器合理间距、长度的确定提供依据,指导同类热泵工程科学设计与施工;与系统总能耗监测相结合,分析地温场变化对系统节能情况 and 应用效果的影响<sup>[22-25]</sup>。

②地下水水质的监测。定期在埋管区采取地下水水样进行化验,检验水中微生物种类及数量的变化,分析掌握工程运行对地下水质量的影响。

③管路水压力和流量监测。在地埋管进出水管上安装压力传感器和流量计,监测管路中循环水的压力和流动速度,及时掌握管路密封质量和有无泄露;控制管内循环液合理流速,以期达到最大换热效果。

### 2.1.4 数据监测要求

温度监测:监测精度  $0.01^\circ\text{C}$ ;监测频率与热泵机组运行与否及运行时间相关,在机组启动前 2 天至

启动后第10天时段内以及关停前2天至关停后10天时段内为1次/h,启动后第11天至第30天和关停后第11天至第30天时段内逐步由1次/h调整为1次/6h,启动后第31天至关停前2天时段以及关停第31天后至启动前2天的时段内为1次/6h(图5)。

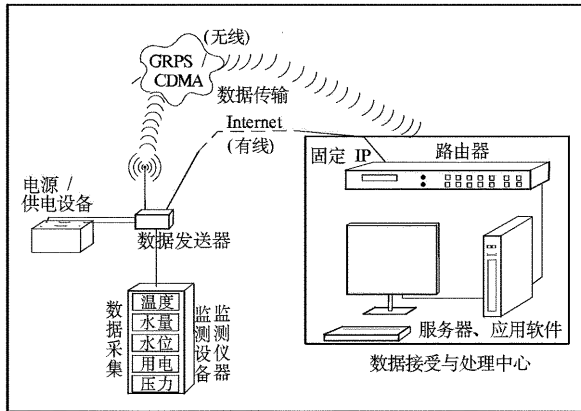


图5 地质环境监测系统构成图

**水质监测:**微生物监测热泵机组运行过程和关停期间每10天取1次;其他组分监测热泵机组运行过程每10天取1次,关停期间每30天1次。启动前5天和关停后2天内需保证各取1次。

**开采量与回灌量监测:**监测精度 $0.001\text{ m}^3$ ,监测频率1次/h。

**地下水位监测:**监测精度1 mm,监测频率1次/6h。

**管路压力监测:**监测精度0.01 MPa,监测频率1次/6h。

**设备用电监测:**监测精度0.01度,监测频率1次/6h。

## 2.2 数据传输系统建设

数据采集系统采集的数据经由发射器利用无线传输(GPRS,CDMA)或有线网络(Internet)传输出去,用户数据中心进行接收。

网络传输要求能通过非对称数字用户线路(ADSL)宽带连接上网的监测站,这种方式信号稳定;无线传输无需互联网连接,但通信质量受信号强度影响,相对而言,数据传输速度和响应速度较慢,有时发生数据吊事现象。

## 2.3 控制系统建设

所有的数据监测与传输均采用自动化、实时同步化,监测数据可现场查看、储存,可远程传输至数

据中心进行储存、查询、分析、统计等,输出Excel格式或自动绘制以图表形式显示。数据发射系统需要带网口工控机、DTU模块、组态软件等,数据中心由工控机、VPN、显示器、软件等组成,配备网桥。

## 3 结语

浅层地热能大规模开发利用的时间较短,仅仅十余年,建设单位往往重视工程建设而忽视能源开发对地质环境造成的影响,大多工程没有建设相应的监测系统,即使建有监测系统的工程,其监测项目也较少,多数缺乏有效的管理,使得监测成为摆设,目前热泵工程运行5年、10年或更长时间对地质环境到底有多大影响,影响程度如何,尚缺乏强有力的数据来以佐证。因此,建设完善的地质热泵监测系统甚至区域动态监测网,对监测数据进行科学分析,及时发现问题并采取有效措施进行防治和补救,才能保障热泵工程经济、高效、节能和持久运行。

## 参考文献:

- [1] 李志恒,卢建荣,杜凤林,等.德州市浅层地热能资源潜力评价[J].山东国土资源,2017,33(5):42-46.
- [2] 吴振,王松涛,祝子惠,等.威海市环翠区浅层地热能开发利用适宜性分区研究[J].山东国土资源,2015,31(2):28-31.
- [3] 高新宇,范伯元,张宏光,等.浅层地热能开发利用对地质环境影响程度的探索性研究[J].现代地质,2009,23(6):1185-1193.
- [4] 刘瀚,陈安国,周吉光,等.浅层地热能开发利用的环境效应[A]//资源环境承载力与生态文明建设学术研讨会论文集[C].北京:中国大地出版社,2013:56-61.
- [5] 吴春玲,惠超微,王雯霞,等.地源热泵间歇运行方式对地温恢复和机组效能的影响[J].制冷与空调,2014,28(4):410-414.
- [6] 尚妍,李素芬,代兰花.地源热泵间歇运行地温变化特征及恢复性研究[J].大连理工大学学报,2012,(3):350-356.
- [7] 刘文学,唐志伟,张宏宇,等.地源热泵间歇制热运行的试验研究[J].可再生能源,2008,26(1):59-61.
- [8] 王艳霞,蒋绿林,高伟.地源热泵长期运行对生态环境的影响[J].安徽农业科学,2008,36(24):671-672.
- [9] 程向明,张玉瑾.地源热泵多年长期运行工况对土壤温度场的影响[J].苏州科技学院学报(自然科学版),2016,33(3):71-75.
- [10] 张春一,晋华,刘虎,等.渗流对竖直地埋管换热器换热性能的影响[J].水电能源科学,2015,(10):108-111.
- [11] 刁乃仁,崔萍,方肇洪.竖直地埋管换热器常见设计问题分析[J].地源热泵,2012,(10):5-10.
- [12] 余斌,王洋浩,颜亮.钻孔间距和布置形式对地埋管管群传热影响的研究[J].制冷与空调,2010,10(5):31-34.

- [13] 陆观立.地下水渗流对地理管换热影响分析[J].福建建设科技,2011,(1):62-63.
- [14] 王洋浩,余斌,颜亮.地下水渗流对地理管管群传热的影响[J].化工学报,2010,61(S2):63-67.
- [15] 李宇,张远东,魏加华.利用水源热泵开发浅层地热能若干问题的探讨[J].城市地质,2007,2(3):11-16.
- [16] 耿毅男.浅层地温能监测系统设计[J].中国煤炭工业,2016,(9):50-51.
- [17] 卫万顺,郑桂森,冉伟彦,等.浅层地温能资源评价[M].北京:中国大地出版社,2010:163-169.
- [18] 卫万顺,李宁波,冉伟彦,等.中国浅层地温能资源[M].北京:中国大地出版社,2010:126-130.
- [19] 何潇楠.浅层地温能开发利用动态监测网建设[J].科技创新与应用,2015,(15):257.
- [20] 田光辉,程万庆,曾梅香,等.天津市浅层地热能开发利用动态监测网建设[A]//地温资源与地源热泵技术应用论文集(第四集)[C].北京:地质出版社,2011:28-35.
- [21] 张晓力,廉小亲.地源热泵远程监测系统及数据处理分析[J].可再生能源,2010,28(3):126-129.
- [22] 高世轩.上海地源热泵系统对地质环境热影响研究[J].上海国土资源,2012,33(1):67-70.
- [23] 闫岩,汪旭,杨锐,等.我国浅层地温能开发利用应注意的一些问题及对策建议[J].西部资源,2014,(6):201-204.
- [24] 孔祥军,孙振添,张国山,等.浅层地温能可持续开发利用几点建议[J].城市地质,2014,(S1):135-139.
- [25] 柴慧鹏,张建.对浅层地温能开发利用探讨[J].地球,2015,(7):345.

## Study on Impact of the Development and Utilization of Shallow Geothermal Energy to Geological Environment and Monitoring System Construction

LIU Jie

(Shandong Geophysical and Geochemical Exploration Institute, Shandong Jinan 250013, China)

**Abstract:** The development and utilization of shallow geothermal energy can achieve remarkable environmental, social and economic benefits, and have been widely recognized by the society. But it is realized by absorbing geothermal resources from the geological body through the heat pump system and carried out energy exchange with buildings. This process will inevitably break the natural ecological balance of geological environment. In this paper, the influence and the influence degree of ground source heat pump project on rock and soil and groundwater temperature, groundwater level, water quality and microbial environment have been analyzed. The construction contents of geological environment monitoring system have been introduced, including front-end data acquisition system, data transmission system and control system, focusing on introducing two different heat exchange forms as underground pipe and groundwater, plane location and quantity of geological environment monitoring poles in front-end data acquisition system in each heat pump project, the depth and interval distance of monitoring project vertically, main monitoring projects, accuracy precision and frequency requirements, and analysis which can be carried out by a series of monitoring data.

**Key words:** Shallow geothermal energy; impact to geological environment; geological environment monitoring