

地埋管热泵换热系统热影响半径分析

王涛¹⁾, 朱照亮²⁾, 魏善明¹⁾, 盛慧斌³⁾, 王楠¹⁾

1) 山东省地质矿产勘查开发局八〇一水文地质工程地质大队, 济南, 250014;
2) 中国矿业大学资源学院, 江苏徐州, 221116; 3) 山东省物化探勘查院, 济南, 250014

内容提要:地埋管热泵换热系统是一种在开发利用浅层地热能过程中应用非常广泛的热交换系统。本文依托山东省国土资源厅实施的聊城市浅层地温能调查评价项目, 对聊城市某小区内的地埋管热泵换热系统安装温度自动采集监测装置, 2016年采集一个完整制冷期的地温变化数据, 通过监测地埋管热泵系统换热孔和周边一定距离内监测孔内温度变化, 绘制换热孔和监测孔一定时间范围内温度随时间和距离的关系变化曲线, 分析换热孔在吸收热量后温度通过土壤介质的传播速率和最大影响半径, 从而为实际地埋管热泵换热系统工程设计提供了依据。

关键词:地埋管换热系统、换热孔、监测孔、传播速率、影响半径

浅层地热能是指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, 具有可再生、环保、高效节能、多功能、经济、寿命长的特点 (Wang Zhenkai et al., 2016; Zhao Jun et al., 2001)。地源热泵系统以岩土体、地下水或地表水为热源或冷源, 通过地源侧换热系统、热泵机组和用户端换热系统, 以电能为动力, 将低品位能源转换为高品位的能源, 从而实现大地与建筑物之间的能量交换, 冬季供暖期间向大地提取热量, 而在夏季制冷期间向大地存储热量, 满足空调制冷、供暖或提供热水的需求 (Zhang Zongyuan et al., 2015; Fan Pingping et al., 2005; Li Zhiheng et al., 2017; Yu Xin et al., 2010)。

在第四系厚度比较大的平原地区, 地埋管热泵换热系统应用较多。在实际使用地埋管热泵换热系统中, 如何确定一个合适的埋管间距, 是充分发挥换热孔的换热功率, 减少换热孔之间热干扰, 防止“热短路”, 将地埋管地源热泵的能效比得到最大发挥的关键 (Li Penghui et al., 2012; Chen Chen et al., 2016; Yu Liqiang et al., 2001; Peng Liang et al., 2008)。

为研究地埋管热泵换热系统热影响半径, 科学

合理确定地埋管间距, 本文依托聊城市湖景名士苑小区建设的一个小型地埋管热泵换热系统。2016年通过对该地埋管热泵换热系统换热孔内布设温度采集器, 并在不同距离内设置监测孔, 同时监测换热孔和监测孔内温度变化, 来进行热干扰试验, 获取夏季制冷期向地下释放热量期间的温度变化, 从而获得热影响半径和热传播速率。

1 热干扰试验概况

本次安装地埋管热泵换热系统的为一栋两层别墅, 总建筑面积约 270 m², 去掉车库、阁楼等附属用房, 实际使用地埋管热泵换热系统作为制冷供暖的房间为四个, 总建筑面积约 160 m²左右。

为满足试验要求和实际供暖制冷效果, 共设计 5 个钻孔, R1 和 R2 钻孔 50m, R3 孔深 150m, R4 孔深 200m, R5 孔深 100m, 其中 R1 和 R4 是热泵系统换热孔, R2、R3 和 R5 是监测孔, 所有钻孔均安装地埋管和温度传感器, 温度传感器紧贴 PE 管安装, 50 m 以上每 5 m 间距布设一个温度传感器, 50 m 以下每 10 m 间距布设一个温度传感器, 温度传感器与 PE 管同时埋入孔内, 即温度监测自成孔下入地埋管后就已开始, 开始测得地温初始温度, 作为试验温

注: 本文为山东省国土资源厅-聊城市浅层地温能调查评价项目(编号鲁国土科字(2015)004号)资助的成果。
收稿日期: 2019-08-22; 改回日期: 2019-09-10; 责任编辑: 李曼。
作者简介: 王涛, 男, 1975年生。水工环高级工程师, 主要从事水文地质、工程地质、环境地质工作。Email: shuihuan801@163.com。

引用本文: 王涛, 朱照亮, 魏善明, 盛慧斌, 王楠. 2019. 地埋管热泵换热系统热影响半径分析. 地质学报, 93(s1): 226~232, doi: 10.19762/j.cnki.dizhixuebao.2019232.
Wang Tao, Zhu Zhaoliang, Wei Shangming, Sheng Huibin, Wang Nan. 2019. Influence radius of buried pipe heat pump heat exchange system. Acta Geologica Sinica, 93(s1): 226~232.

度背景值,钻孔位置及间距布设见图 1,地下水径流方向为西北向东南方向径流。为研究在实际供暖和制冷期内温度变化规律、温度传播速度、最大影响范围,通过对不同换热孔和监测孔的温度实时监测,绘制换热孔和监测孔一定时间范围内温度随时间和距离的关系变化曲线,来分析上述研究内容,从而为实际地埋管热泵换热系统工程设计时科学合理确定埋管间距提供依据。

设计的 5 个钻孔按由东南向西北地下水径流方向布设,R1 孔与 R2 孔间距 1.5 m,R2、R3 和 R4 孔间距 2m,R4 和 R5 间距 1.5m。R1 孔直径 500 mm,PE 管外采用 1:6 水泥浆回填,其余钻孔直径 150 mm,孔间采用中粗砂回填。2016 年 5 月 15 日至 6 月 3 日,在 R2-R5 孔内均进行了现场热响应试验,其中 R2、R3、R5 进行了 6 kW 恒定功率热响应试验,R4 进行 10 kW 热响应试验,分别求取了单孔换热功率和每延米换热量。6 月 30 日地埋管地源热泵安装调试结束,以 R1 和 R4 孔作为换热孔,正

式进行夏季制冷运行,9 月底结束夏季制冷运行,热泵实际运行方式为间歇运行。

2 浅层地温场特征

2.1 平面地温特征

根据 2016 年全年不同深度(50 m、80 m、100 m、120 m)所测地温平面分布图可以看出,不同深度平面地温分布特征基本相似,总体看,聊考断裂附近以东较高,断裂以西较低;东西向轴部则是中间高两端较低。以 80m 深度为例分析平面地温特征。

80m 深度地温最高处位于工作区东部蒋官屯至大石槽一带和张七村一带,监测最高温度 17.55℃,地温最低处位于工作区西北部邓王村一带,最低温度 13.6℃。平面上地温的高低主要与所在地测量深度内的地层岩性、第四系厚度、地下水水位埋深等因素密切相关。从工作区地层分布情况看,区内全部为第四系覆盖,厚度普遍大于 120 m,地层主要由黏土、粉土、粉质黏土及含水层砂层组

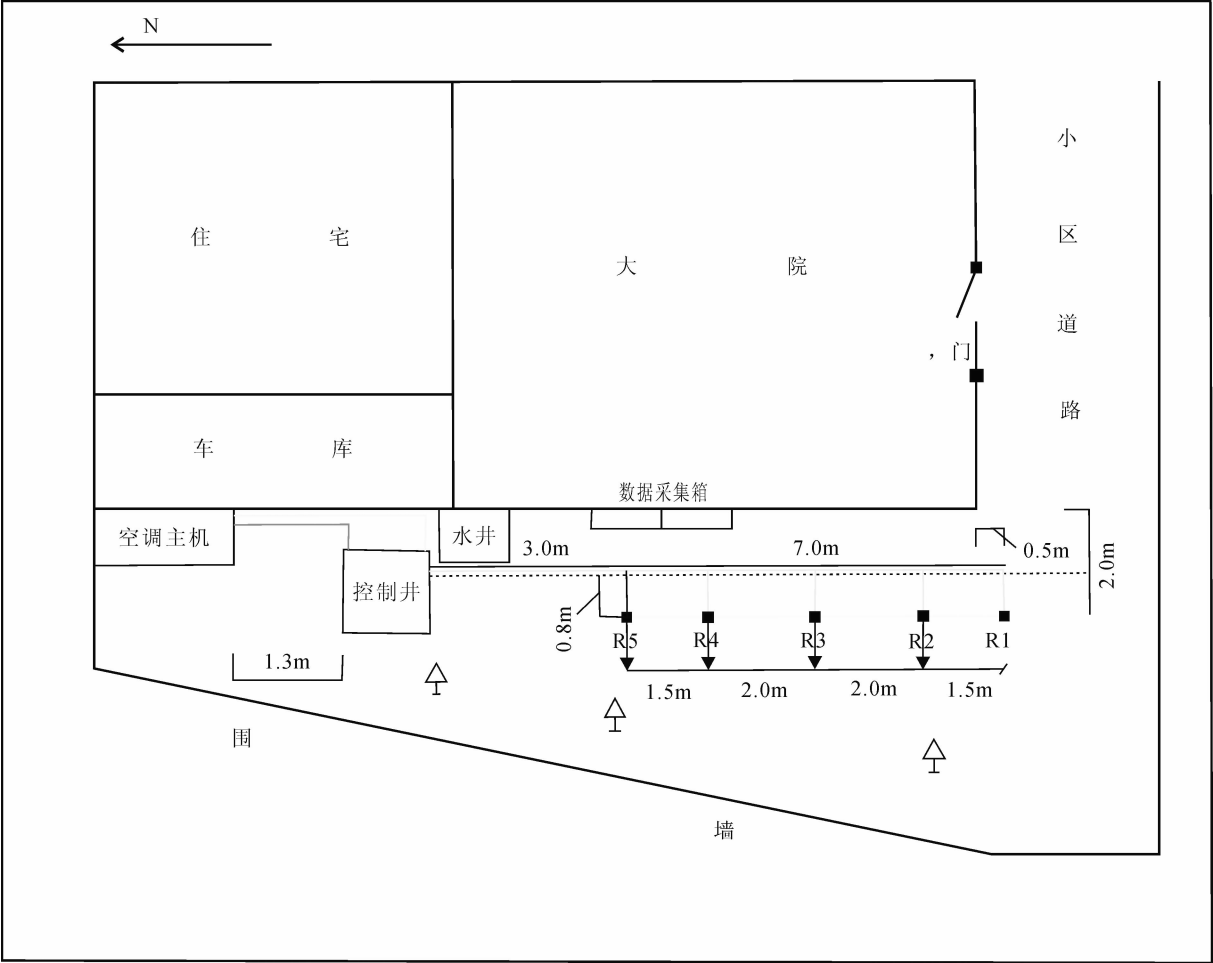


图 1 热干扰试验孔位布置示意图

Fig. 1 Thermal interference test hole layout

成,保温效果较好,监测深度内地温相对较高,根据热响应试验测试取得的初温数据,区内研究深度内初始地温普遍大于 15.0℃。

2.2 垂向地温特征

根据地温监测数据,区内垂向上地温变化特征与地层岩性、含水层厚度及第四系厚度等因素有关。表现在地温梯度上(120 m 测温深度内),则是在第四系全新统厚度较大地区及地下水位埋深较大分布区地温梯度较高。区内地温梯度 1.8~3.8℃/100 m,东昌湖及其附近地下水位埋深较小,第四系厚度相对较小,地温梯度普遍小于 2.0℃/100 m,其东西两侧水位埋深变大,第四系厚度较大,地温梯度增大至 3.0℃/100 m 以上,东部张七村附近地温梯度大于 3.5℃/100 m。全新统松散岩恒温带深度一般 9~39 m,温度 14.6~16.3℃,地温梯度较高,1.8~3.8℃/100 m。

从地温长期监测数据看出,不同监测时间,同一孔同一深度地温值也不相同(图 2、图 3)。同一监测深度,一般是冬季末(2 月下旬)至春季末温度较高,而夏季至冬季初(11 月)相对较低。

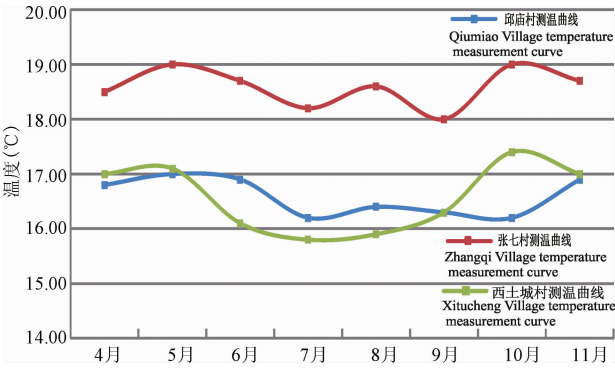


图 2 100m 深度土体时间-地温关系曲线图
Fig. 2 The curve of 100m depth soil time-ground temperature

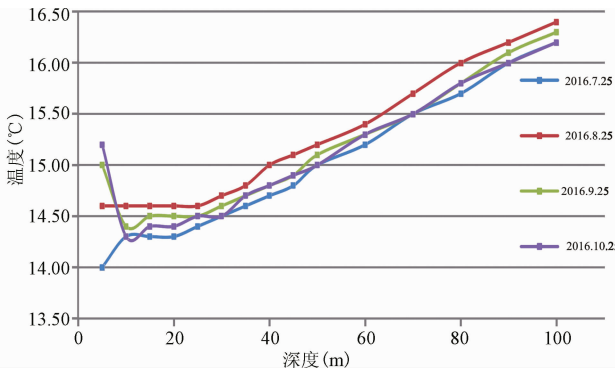


图 3 邱庙村钻孔垂向温度随时间变化曲线
Fig. 3 The curve of Qiumiao Village drilling vertical temperature change with time

3 温度监测及分析

3.1 换热孔温度监测分析

(1)R1 孔温度监测分析:R1 孔深 50 m,设计钻孔直径 500 mm,回填材料为水泥浆,该孔 6 月 11 日成孔回填结束开始温度监测,6 月 11 日成孔注浆后,受水泥浆固化产生热量影响,温度也随之升高,40 m 深度处温度监测最高达 27.43℃,随后温度又开始下降,至 6 月 29 日温度恢复至 18.43℃。6 月 30 日地埋管热泵系统开始运行,温度又开始升高,随孔内持续吸收热量,7 月 11 日温度最高升至 25.31℃,7 月 11 以后地埋管热泵呈间歇运行模式,温度也随之产生上下波动,期间最低温度恢复至 18.52℃。9 月 30 日以后热泵系统停止运行,温度呈缓慢下降趋势,至 10 月中旬开始进行试供暖调试,地下土壤通过地埋管热泵系统释放热量,温度开始呈持续下降状态。

(2) R4 温度监测曲线分析:R4 孔深 200m,作为换热孔,其温度变化与热泵运行关系密切。以 50 m 深度变化为例。5 月 31 晚至 6 月 3 日早进行了 10 kW 的恒定热流热响应试验,受其影响,其温度变化趋势与之相对应,由热响应试验前的 17.42℃升至试验结束时的 29.56℃,随试验结束后温度开始下降,6 月 30 日降至 17.10℃,6 月 30 日地埋管热泵换热系统开始运行,温度随之上升,6 月 30 日至 7 月 25 日由于外界气温相对较低,地埋管热泵主要以间歇方式运行,白天运行时间长,夜间运行时间短,与之对应的监测温度变化频率比较高,这期间温度最高升至 23.8℃左右,最低至 17.85℃左右。7 月 25 日以后,随外界气温不断升高,地埋管热泵连续运行时间变长,孔内吸收热量逐渐达到最高,温度也随之升至最高,监测 R4 换热孔 50 m 处地温达 26.3℃左右。8 月 30 日以后随外界温度降低,热泵连续运行时间变短,换热孔吸收热量相对减少,温度也有明显降低,至 9 月底夏季制冷结束,温度开始持续降低。从温度随时间变化曲线可以看出,100 m、150 m 和 200 m 等其它深度的温度变化规律与 50 m 的变化趋势基本一致,只有 10 m 深度处温度受地表温度影响较大,其温度变化规律相对差一些。

3.2 监测孔温度监测曲线分析

(1)R2 温度监测曲线分析:50m 的 R2 孔为监测孔,5 月 21 日至 5 月 24 日孔内进行了 6kW 的热响应试验测试,试验结束后从 5 月 26 日至 6 月 15 日左右温度与时间曲线可以看出(图 5a),地面下 50

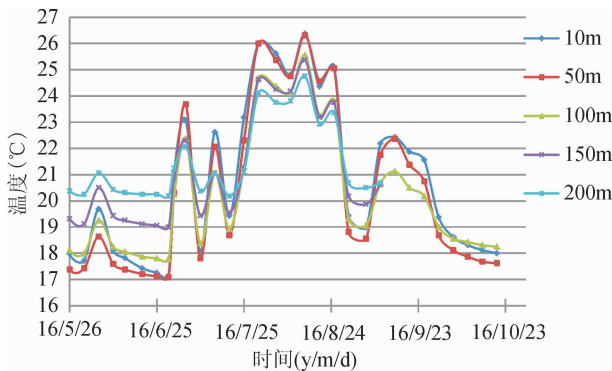


图 4 R4 换热孔温度监测曲线

Fig. 4 The curve of R4 heat exchange hole temperature monitoring

m 处温度随时间增加而不断降低,最初 3d 温度下降趋势非常明显,随后变化逐渐趋缓。地面下 10 m 处 6 月 10 日以前,规律性与 50 m 处基本一致,6 月 10 日以后温度曲线波动较大,规律性差,分析原因地面下 10 m 处位于地温变温带内,主要受地面温度影响,因此变化大。50 m 温度曲线则比较稳定,热响应试验前测得初始温度为 16.65℃,5 月 24 日 13 点试验结束时测得最高温度 36.12℃,随后温度持续降低,至 6 月 10 日后温度基本恢复至 16.68℃并开始趋于稳定。在地埋管热泵换热系统 6 月 30 日至 9 月 30 日运行期间,地面下 10 m 处温度不断上下波动,波动幅度在 0.6℃左右,无明显规律,无法分析地埋管热泵运行对其温度变化是否产生影响,若产生影响也无法判断其影响程度。地面下 50 m 处地温监测数据则未见明显异常,温度始终在 16.68℃初始地温附近波动,温度上下波动幅度在 $\pm 0.03^{\circ}\text{C}$ 之间,通过温度数据分析,在一个制冷季的持续吸收热量后,在沿地下水径流方向上 50 m 的 R1 换热孔温度变化影响范围小于 1.5 m,即其热干扰半径小于 1.5 m。

(2)R3 和 R5 温度监测曲线分析:150 m 的 R3 孔和 100 m 的 R5 孔作为监测孔分别布置在换热孔 R4 的两侧,R3 孔在 R4 孔地下水径流上游,R5 孔在 R4 地下水径流下游,距 R4 换热孔分别为 2 m 和 1.5 m。从温度与时间变化曲线上(图 5b)可以看出,在热响应试验期间,温度曲线呈陡升陡降状态,R3 监测孔 100 m 深度处温度升至 22.65℃,150 m 深度处温度升高至 22.81℃,5 月 30 日热响应试验结束后,100 m 深度处温度快速恢复至 17.65℃,150m 深度温度恢复至 18.89℃后,之后都基本保持稳定。6 月 30 日地埋管换热系统运行后,R4 换热

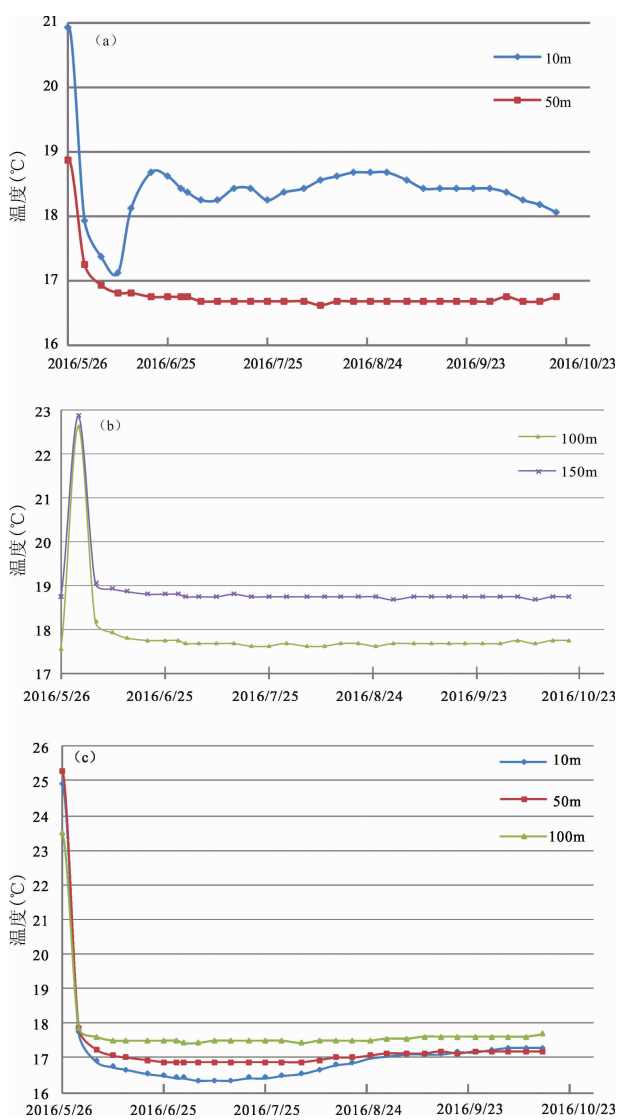


图 5 监测钻孔温度曲线

Fig. 5 Temperature curve of monitoring heat exchange hole
(a)—R2 钻孔温度监测曲线;(b)—R3 钻孔温度监测曲线;
(c)—R5 钻孔温度监测曲线
(a)—R2 drilling temperature monitoring curve;(b)—R3 drilling temperature monitoring curve;(c)—R5 drilling temperature monitoring curve

孔开始吸收热量,PE 地埋管周边温度开始上升,随时间推移,换热孔 R4 最高温度升至 26.3℃,但根据温度自动监测数据显示,R3 监测孔 100 m 和 150 m 处温度未发生明显的变化,100 m 深度处基本保持在 17.62~17.70℃间波动,150 m 深度处基本保持在 18.90℃左右上下波动,直至 9 月 30 日地埋管热泵夏季制冷运行结束,R3 孔各深度处的温度未见大的波动。监测孔 R5 在 5 月 25 日至 27 日现场热响应试验期间,从温度与时间变化曲线(图 5c)可以看出,与其它监测孔温度变化规律相似,呈陡升陡降状

态,最高温度升 25.41℃,随试验结束温度迅速恢复至接近初始地温状态。不同深度温度亦有不同,10 m 处恢复至 16.3℃左右,50 m 处恢复至 16.87℃左右,100 m 处恢复至 17.43℃左右,由于 10 m 处温度受地表温度影响较大,主要分析 50 m 和 100m 处温度变化规律。R4 换热孔 6 月 30 日开始运行后,从温度与时间监测曲线上看出,在地埋管热泵运行初期温度 R5 孔 50 m 和 100 m 未发生明显变化,50 m 和 100 m 出温度分别在 16.9℃和 17.45℃附近波动,7 月 30 日以后换热孔 R4 最高温度升至 26.3℃后,R5 孔温度开始出现明显变化,呈缓慢上升趋势。至 9 月 30 日地埋管热泵运行结束时,R4 孔 50m 和 100m 深度温度 19℃左右,监测孔 R5 孔 50 m 深度处温度升高至 17.18℃,100 m 深度处温度升高至 17.62℃,分别升高了 0.28℃和 0.17℃,呈现温度升幅随深度增大而减小的规律。根据 R5 钻孔揭露的地层岩性资料,50 m 埋深处地层岩性为饱和粉细砂,而 100 m 埋深处地层岩性为粉质黏土,粉质黏土本身导热系数明显小于粉细砂,因此 100 m 处热量传播速率较 50 m 相对滞后,且最终温度上升幅度小于 50 m 深度处的粉细砂。

3.3 热影响半径分析

通过对换热孔 R1、R4 和监测孔 R2、R3 和 R5 孔温度监测数据分析,在地埋管热泵系统夏季制冷期间,换热孔吸收热量,温度升高,并通过土壤介质在一定影响半径范围内传播热量,使周围土壤温度升高(Yuan Yanping et al., 2008; Li Longjian et al., 2011; Che Wenhao et al., 2015; Tang Yongxiang et al., 2014)。根据对换热孔不同距离的监测孔温度监测数据,R2 孔在整个制冷期内温度未发生明显变化。分析其原因,由于 R1 换热孔半径 250 mm,孔内回填材料为水泥浆,固化后可以近似看作为岩体,但在其吸收热量后的热量传播能力要小于 50 m 深度处饱和砂层,影响了其热量在土壤介质的传播速率,虽然 R2 监测孔位于 R1 孔地下水径流下游,有利于热量传播,但热传播距离仍小于 1.5 m,即热影响半径小于 1.5 m。

R4 换热孔半径 75 mm,孔内回填材料为粗砾砂,该回填材料在地埋管吸收热量后有利于热量向周边传播。R3 监测孔位于 R4 换热孔地下水径流上游 2 m,温度监测数据显示,在整个制冷期间,温度未见明显变化,表明 R4 换热孔地埋管吸收热量后逆着地下水流向热量传播距离小于 2 m,即热影响半径小于 2m。

R5 监测孔位于 R4 换热孔地下水径流下方 1.5 m,当 R4 换热孔运行 30d 后,即 R4 换热孔地埋管吸收热量达到温度最高值后,R5 孔 50 m 深度处温度发生较明显变化,温度开始上升,100 m 深度处比 50 m 深度要滞后 15 天左右温度才发生变化,即沿地下水径流方向,一个夏季制冷期,温度影响半径达 1.5 m,换热孔吸收热量热传播速率 0.017 m/d 左右。

4 结论

根据对不同监测孔温度时间变化曲线分析,在地埋管热泵换热系统运行过程中,影响热量在地下土壤介质中传播速率和影响半径的因素很多,就本试验而言,主要包括地下水流向、钻孔孔径、钻孔回填材料、土壤介质岩性、地源热泵运行方式等。

本次试验地埋管热泵换热系统在一个完整制冷季期间(运行 90d),在间歇运行方式下,地埋管沿地下水径流方向布设,钻孔回填材料为粗砾砂,土壤介质岩性为粉细砂和粉质黏土,相同条件下,热量在饱和粉细砂层中传播速率要明显高于在饱和黏性土介质中的传播速率,其热影响半径达 1.5 m。当回填材料为水泥浆时,热影响半径小于 1.5 m;反之在地下水径流相反方向上,热影响半径远小于 1.5 m。对比分析上述因素中,地下水流向和钻孔回填材料对热传播速率和影响半径影响较大。

由于本次热干扰试验只进行了地埋管地源热泵夏季制冷期间歇式运行方式下的地温监测,监测时间较短,同时埋管方式较为简单,布局较为单一,相对于大型地埋管热泵换热系统对整个小区进行供暖和制冷时,在一定范围内大量分布的换热孔而言,影响热量在土壤介质中传播的影响因素较少,没有考虑换热孔之间长期热量积累和热量散失的叠加效应,因此得出的结论具有一定的局限性(Diao Nairen et al., 2005)。但本文在数据分析基础上研究了地埋管热泵系统在土壤介质中的温度影响半径、热量传播速率和影响范围,从而为热泵系统发挥出最大的能效比提供了参考依据,进一步优化管间距布置,有效减少钻孔数量,降低成本。

References

- Che Wenhao, Bai Li, Chang Wentao, Hua Yawei. 2015. The effects of non-equidistant arrangement of buried pipes on the soil temperature field and heat flux of Jilin Jianzhu University, 32(5):31~34 (in Chinese with English abstract).
- Chen Chen, Li Nan. 2016. Research and application of ground source heat pump system. China Resources Comprehensive

- Utilization, 34(9): 44~46 (in Chinese with English abstract).
- Diao Nairen. 2005. Heat transfer analyses of ground heat exchanges and their engineering applications. Beijing: Tsinghua University 16~18 (in Chinese with English abstract).
- Fan Pingping, Duan Mulin, Wang Xuelong, Wei Jianzhong. 2005. Development and research situation of ground-source heat pump. Gas and Heat, 25(10): 66~71 (in Chinese with English abstract).
- Li Longjian, Bao Jianzhen, Liao Quan, Cui Wenzhi. 2011. Effect of backfill on the performance of ground heat exchanger. Civil Engineering and Environmental Engineering, 33(5): 90~94 (in Chinese with English abstract).
- Li Penghui, Liu Zehua, Wang Xinhua, Jin Lei, Yang Xiaomin. 2012. Research situation of ground coupled heat pump system. Clean and Air Conditioning Technology, (2): 60~64 (in Chinese with English abstract).
- Li Zhiheng, Lu Jianrong, Du Fenglin, Liu Huan, Li Dongliang, Wanxin. 2017. Assessment on potential of shallow geothermal resources in Dezhou City. Shandong Land Resources, 33(05): 42~46 (in Chinese with English abstract).
- Peng Liang. 2008. Character analysis and the program design of ground-source heat pump system. Chongqing University Master's thesis.
- Tang Yongxiang, Li Wei, Yu Yanan, Li Bo, Tian Xinmin, Zhang Fenna, Huang Zhi. 2014. Assessment on suitability partition of shallow geothermal energy utilization modes in Binhai New Area. Gas and Heat, 34(1): 21~25 (in Chinese with English abstract).
- Wang Zhenkai, Xiao Quanxing, Yang Yunqi. Discussion on the development and utilization mode of shallow geothermal resources in 2016. Engineering Technology, (11): 276~276 (in Chinese with English abstract).
- Yu Liqiang, Zhang Kaili, Li Fan. Experimental study on ground-source heat pump system of vertical buried pipe// Academic Exchange Conference of Building Thermal Power Branch of China Architecture Society: 22~25 (in Chinese with English abstract).
- Yu Xin, Wang Ruzhu, Yan Xiaoqiang. 2010. Progresses in research of vertical pipe ground-source heat pump systems. HVAC, 40(2): 1~9 (in Chinese with English abstract).
- Yuan Yanping, Lei Bo, Yu Nanyang, Cao Xiaoling, Zhang Dan. 2008. Heat transfer of ground heat exchanger for GSHP. HVAC, 38(4): 318~319 (in Chinese with English abstract).
- Zhang Linhua, Qu Yunxia, Fang Yuhong, Li Angui. 2004. The system design for closed-loop ground heat pumps. Journal of Xi'an University of Architecture and Technology (Natural Science Edition), 36(1): 61~65 (in Chinese with English abstract).
- Zhang Zongyuan, Sun Xiaotao, Wang Fei, Pan Jinming. 2015. On the suitability zoning of shallow geothermal energy utilization modes in Linyi City. Shandong Land Resources, 31(8): 42~44 (in Chinese with English abstract).

参 考 文 献

- 车文昊, 白莉, 常文涛, 化亚魏. 2015. 地埋管群对非等间距布置对管群土壤温度场及热通量的影响. 吉林建筑大学学报, 32(5): 31~34.
- 陈晨, 李南. 2016. 地源热泵系统的研究与应用. 中国资源综合利用, 34(9): 44~46.
- 刁乃仁. 2005. 地埋管换热器的传热问题研究及其工程应用. 北京: 清华大学 16~18.
- 范萍萍, 端木琳, 王学龙, 尉建中. 2005. 土壤源热泵的发展与研究现状. 煤气与热力, 25(10): 66~71.
- 李隆键, 鲍建镇, 廖全, 崔文智. 2011. 回填料对地埋管换热器性能的影响. 土木建筑与环境工程, 33(5): 90~94.
- 李鹏辉, 刘泽华, 王新华, 金雷, 杨晓敏. 2012. 地埋管地源热泵系统的研究现状. 洁净与空调技术, (2): 60~64.
- 李志恒, 卢建荣, 杜凤林, 刘欢, 李东亮, 万鑫. 2017. 德州市浅层地温能资源潜力评价. 山东国土资源, 33(05): 42~46.
- 彭亮. 2008. 地源热泵系统特性研究与模拟程序开发. 重庆大学硕士学位论文.
- 唐永香, 李嫒嫒, 俞仍安, 李波, 田新民, 张芬那, 黄志. 2014. 滨海新区浅层地热能利用方式适宜性分区评价. 煤气与热力, 34(1): 21~25.
- 王震凯, 肖全兴, 杨云霄. 2016. 浅层地热资源开发利用模式探讨. 工程技术: 文摘版, (11): 276~276.
- 于立强, 张开黎, 李凡. 2001. 垂直埋管地源热泵系统实验研究. 中国建筑学会建筑热能动力分会学术交流大会, 22~25.
- 余鑫, 王如竹, 翟晓强. 2010. 竖直埋管地源热泵系统研究进展. 暖通空调, 40(2): 1~9.
- 袁艳平, 雷波, 余南阳, 曹晓玲, 张丹. 2008. 地源热泵地埋管换热器传热研究. 暖通空调, 38(4): 318~319.
- 张林华, 曲云霞, 方肇洪, 李安桂. 2004. 闭环地源热泵系统设计研究. 西安建筑科技大学学报(自然科学版), 36(1): 61~65.
- 张宗元, 孙晓涛, 王飞, 潘锦铭. 2015. 临沂城区浅层地热能利用方式适宜性分区研究. 山东国土资源, 31(8): 42~44.
- 赵军, 袁伟峰, 朱强. 2001. 地源热泵系统. 太阳能, (1): 26~27.

Influence radius of buried pipe heat pump heat exchange system

WANG Tao^{*1)}, ZHU Zhaoliang²⁾, WEI Shanming¹⁾, SHENG Huibin³⁾, WANG Nan¹⁾

1) *Shandong Provincial Bureau of Geology&Mineral Resources 801 Branch of Hydrogeology and Engineering Geology, Jinan, 250014;*

2) *School of Resources and Geosciences, China University of Mining & Technology, Xuzhou, Jiangshu, 221116;*

3) *Shandong Institute of Geophysical & Geochemical Exploration, Jinan, 250014*

** Corresponding author :shuihuan801@163.com*

Abstract

Buried pipe heat pump heat exchange system is a kind of heat exchange system which is widely used in the shallow geothermal energy development and utilization. Based on investigation and evaluation of shallow geothermal energy resources of Liaocheng implemented by Shandong Provincial Department of Land & Resources, we install automatic temperature collecting and monitoring devices in buried pipe heat pump heat exchange system of some communities in Liaocheng City. We collects the temperature automatic monitoring and monitoring device for the buried heat pump heat exchange system, and monitors the heat exchange hole of the buried heat pump system and the monitoring hole within a certain distance. The relationship between temperature and time-distance in the heat exchange hole and monitoring hole in a certain time range is drawn. Finally, the propagation rate and maximum influence radius of the heat transfer hole through the soil medium after heat absorption are analyzed. The result provides the basis for the engineering design of the actual buried heat pump heat exchange system.

Key words: buried pipe heat pump heat exchange system; heat exchanging holes; monitoring holes; propagation velocity; influence radius