

地源热泵地下换热系统的实验研究

魏加项 唐志伟 马重芳 张宏宇 刘文学

(北京工业大学环境与能源工程学院传热强化与过程节能教育部重点实验室
暨传热与能源利用北京市重点实验室, 北京 100022)

摘要 地源热泵地下换热系统对于地源热泵系统的稳定运行和地源热泵系统的投入成本起着关键的作用。为了对地下换热系统换热效果和周围土壤的温度场进行实验研究,我们在北京工业大学高科技能源楼建立了一套包含 60 套不同结构地下换热系统的实验台。利用温度及流量测试装置获得运行过程中温度变化并计算换热量,探求不同结构地下换热系统的换热情况。本实验台还可以收集系统运行过程中地下换热系统的传热温度扩散半径,实验系统不仅为地源热泵的设计提供了数据,而且为地源热泵的深入研究提供了平台。本文给出的部分实验结果证明,根据当地地质情况、负荷需求及系统运行模式配置能源井是至关重要的。

关键词 换热率; 地下换热系统; 地源热泵

中图分类号: TU831.1 文献标识码: A 文章编号: 0253-231X(2007)01-0146-03

EXPERIMENTAL STUDY OF SUBTERRANEAN HEAT EXCHANGERS IN GROUND SOURCE HEAT PUMP SYSTEM

WEI Jia-Xiang TANG Zhi-Wei MA Chong-Fang ZHANG Hong-Yu LIU Wen-Xue

(Enhanced Heat Transfer and Energy Conservation key Laboratory of Ministry of Education, Heat Transfer and Energy Conversion key Laboratory of Beijing Municipality, College of Environmental and Energy Engineering, Beijing University of Technology, Beijing 100022 China)

Abstract The heat exchanging performance of the subterranean heat exchangers which are named energy collectors here is the designing foundation of ground source heat pump (GSHP) systems. An experimental system which is including 60 kinds of different energy collectors is built by taking into account many factor. Such as the different buried methods, which includes the single U-shaped pipe, double U-shaped pipe, and triplicate U-shaped pipe subterranean heat exchangers; And the different material that energy collectors be made of including stainless steel, high density polyethylene pipes, and crosslinked polyethylene pipes; And the different backfills in the hole including concrete backfill, sand backfill with bentonite, and slurry. The heat transfer performance of the subterranean heat exchangers is studied for each energy well. This study describes the experiment process on which we have carried in order to obtain comparatively accurate data of the heat exchange capacity, and supply the evaluation and comparison of the different subterranean heat exchangers. The experimental results were obtained from November of 2004 to April of 2005. We believe the water temperature in energy collectors is more important than the heat transfer performance of energy collectors.

Key words heat exchange capacity; subterranean heat exchangers; ground source heat pump

1 前言

建筑耗能在国内外整个能源消费结构中占有重要比例^[1,2],而采暖和空调占据了建筑能耗的大部分,合理解决建筑物的供暖和空调问题,能够为社会的可持续发展做出重大贡献。著名的工程热物理

学家吴仲华院士,精辟地为合理配置能源总结为:“分配得当、各得所需、温度对口、梯级利用”。意指对于不同的能源需求,进行合理妥当的资源配置,以实现能源利用效率和能源设备利用效能的最优化;根据能源的品位,实现“温度对口、梯级利用”,将高品位的能源满足高端的需求,将低品位的能源满

收稿日期: 2006-01-23; 修订日期: 2006-11-04

基金项目: 北京市科委“土壤源热泵的示范研究”项目(No.H021820041220)

作者简介: 魏加项(1978-),男,山东安丘人,博士生,从事暖通空调及可再生能源的现代技术研究。

足低端的需求。

供热空调所用的热源或冷源的温度区域极窄。由于低温供暖时热源温度接近人体温度从而感觉上更舒适,更没有高温供暖带来的卫生状况差的弊端,当前设计及运行人员的供暖观念已经从原来的高温(100°C左右)供暖转变为低温(40~60°C)供暖,而建筑空调所需冷水温度也只不过7摄氏度左右,这与自然能源的温度(-15~40°C)差距很小,因此完全可以利用天然冷热源来解决建筑供热空调问题,无需燃烧高品位的一次性能源。热泵技术正由于满足了“温度对口,梯级利用”的原则,能够以极小的代价从自然能源(室外空气、土壤、水等)中获得极大的收益,已经成为当前最为有效的供能技术之一。

地源热泵技术是可再生的供能技术^[3,4],它主要利用浅层土壤的蓄热能力,冬季通过地中集热器收集热能供给室内使用,夏季将室内热量通过地中集热器排入地下,全年循环利用,达到了可再生的目的。

2 实验台构造及实验思路

2.1 实验台介绍

本实验台(图1)建立在北京工业大学高科技能源楼,地下土层基本结构为黄土、沙层、鹅卵石,我们一共打了60口能源井,每口井从直径、深度、回填料、换热系统构造及数量等方面各有特点。60口能源井全部采用并联连接,每口井都能够单独使用。为了控制简便,我们把能源井供回水管全部引入室内,在供回水管路上设置截止阀。

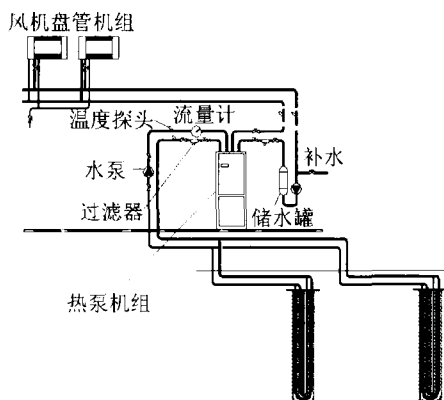


图1 实验台原理流程图

能源井侧换热过程为:地中集热器中流体在地下循环过程中通过管壁与周围土壤换热,在流经热泵机组的换热器时与换热器另一侧的制冷剂换热,然后再回到地下与土壤换热,完成一个循环。由上

述换热过程可知,只要测得热泵机组换热器处能源井侧进出水温度及水流量就可以求得从地下提取的热量,从而可以求得能源井换热率。

2.2 实验设备的选型

2.2.1 设备的选择 热泵机组使用本实验室自主研发的龙树NLHP100型热泵机组,机组技术参数见表1。水泵我们按照主机最大需水量选取,并考虑到1.2的系数,水量选为2.5 m³/h,扬程根据水力计算取为10 m水柱。

表1 NLHP-100 热泵机组参数

额定功率	2.5 kW		
制冷量	10 kW	末端流量 1.72 m ³ /h	地下流量 2.15 m ³ /h
制热量	10.8 kW	地下流量 1.43 m ³ /h	末端流量 1.85 m ³ /h

2.2.2 测试装置的选择 我们使用标定过的铜-康铜T型热电偶采集供回水温度,使用DMF-1B型质量流量计采集供回水流量,流量计最大量程3 m³/h。

3 实验结果分析

在实验过程中,记录热泵机组冷水与热水进出口水温以及流量,其中温度采集系统每一分钟采集一次数据,连续运行稳定后停机并开始考察水温恢复过程,此处提供了48#能源井实验结果(见图2、图3、图4)。

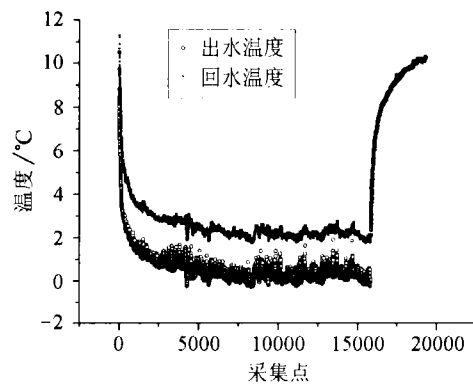


图2 48#井制热时供回水温度变化过程

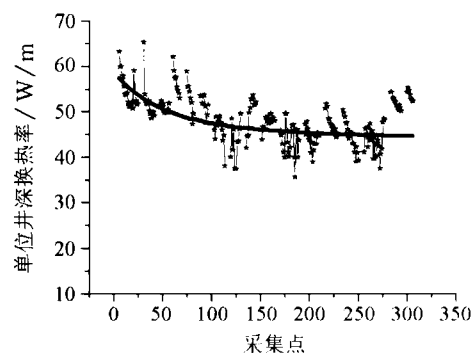


图3 48#井制热时单位井深换热率

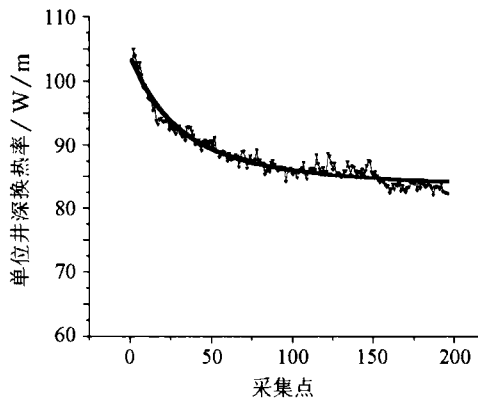


图4 48#井制冷时单位井深换热率

表2 48#能源井参数

井径/mm	井深/m	换热器构造	回填料
250	90	双U型 PE管	50%沙、35%石子、 5%水泥、10%膨润土

4 结 论

本次实验过程中,地源热泵系统在稳定后单位井深换热率制热工况下约为45 W/m,制冷工况下达到了85 W/m,与现有数据相比,换热量有了较

大的提高^[5]。但是值得注意的是,由于实验采取了极端的方式,制热工况时回水温度达到零度,热泵运行条件恶化,机组功耗增加,制热量减少。在改变回填料配方、合理设置集热器的基础上,可以提高能源井换热效率,从而减少能源井总深度以达到节省初投资的目的,但运行费用可能会有所增加。

参 考 文 献

- [1] Olympia Zogou, Anastassios Stamatelos. Effect of Climatic Conditions on the Design Optimization of Heat Pump System for Space Heating and Cooling. *Energy Convers*, 1998, 33(7): 609-622
- [2] 康艳兵, 马志永. 建筑节能领域可再生能源的利用方式. *中国能源*, 2002, (6): 37-40
- [3] S B Riffat. Innovative Sustainable Technologies and Buildings Developed By the School of the Built Environment. In: *A Review, 12th International Heat Transfer Conference*. Grenoble, France: 2002. 389-394
- [4] Jitendra B, Singh P E, Gustav Foster P E. Ground Source Technology Application for an Indoor Water Park. *ASHRAE Transaction: Symposia*, 1998. 687-691
- [5] 王勇, 付兆祥. 地源热泵研究——地下换热器性能研究: [硕士论文]. 重庆: 重庆建筑大学, 1997