

浅层地能利用新技术

——地源热泵技术

刘冬生 孙友宏

(吉林大学建设工程学院, 长春 130026)

【摘要】 地源热泵技术是浅层地能利用的一种新技术。介绍了地源热泵工作原理和特点, 并对地源热泵中的关键技术和所面临的问题做了进一步探讨。

【关键词】 浅层地能; 地源热泵; 地下热交换器

【中国分类号】 X 143; X 382

A New Technology by Using Low-Ground Heat —— Ground Source Heat Pump Technology

【Abstract】 Ground Source Heat Pump Technology is a new type technology by using low ground heat. Introducing the principle and character of GSHP, further discussing the key techniques and the problems confronted of GSHP.

【Key words】 low-ground heat; GSHP; ground heat transmitter

地热资源是一种典型的清洁能源, 也被称为“绿色能源”和“可再生能源”。就目前的利用方式来说, 其成本相对较高, 而且技术难度较大。正如科学家所说, 通过钻更深的井寻找地热资源是不经济的。作为浅层地热利用新技术——地源热泵技术, 是利用浅层低品位的地层能源(简称“地能”)的一种有效方式, 也是国际上近几十年才发展的环保、节能高新技术产品。

目前浅层地能在美国、加拿大、日本、瑞士和西欧各国得到广泛的应用, 而我国对浅层地能的利用还只刚刚起步。地源热泵技术充分利用地壳表层土壤中的可再生低温, 通过消耗少量的电能对室内进行供暖/制冷。其占地面积小, 无任何污染, 运行耗电少、成本低, 清洁环境, 可代替锅炉和中央空调, 达到环保节能效果。

1 地源热泵的工作原理

地源热泵遵循逆卡诺原理, 即从外部供给热泵较小的耗功 W , 同时从低温环境 T_L 中

吸收大量的低温热 Q_L , 热泵就可以输出温度高得多的热能 Q_H , 并送到高温环境 T_H 中去, 从而达到将不能直接利用的低温热利用起来^[1](见图 1)。

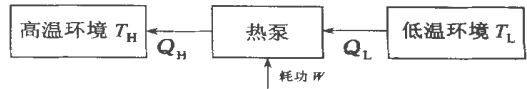


图 1 地源热泵工作原理图

地源热泵根据地下换热器的形式不同可以分为开式和闭式。闭式循环系统有水平埋管和直埋式两种, 其循环介质完全被封闭在管路中, 不受外界环境干扰。常用的循环介质主要是水, 在寒冷地区应添加防冻液, 常用的防冻液有乙二醇、氯化钙、甲醇等。地下直埋式地源热泵适合于用地比较紧张的城市地区, 而且恒温效果好, 维护费用少。一般采用 $\phi 100 \sim 150$ mm 的孔径, 孔深 $100 \sim 300$ m, 孔间距为 $4 \sim 10$ m(见图 2)。地下管线采用高密度聚

乙烯(HDPE)管或聚丁烯(PB)管,管线口径 $\phi 25 \sim 35$ mm,钻孔总长度由建筑面积大小而定。正常是每平方米建筑面积钻孔1 m左右。各孔内管线的连接方式有并联和串联。每一钻孔内可以放单“U”型管,也可放双“U”型管。孔内用与地层岩土成份相近的材料(一般为膨润土水泥或硅砂)充填^[2]。

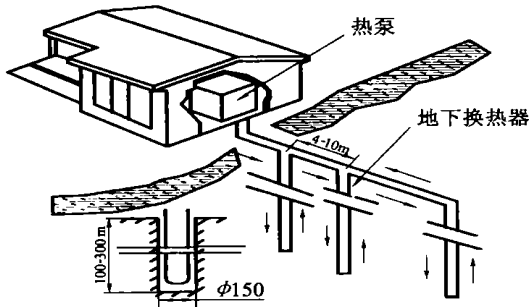


图2 垂直埋管式地源热泵示意图

埋入地下钻孔中的地下换热器一进一回形成回路与大地进行换热。地源热泵在于夏季利用冬季蓄存的冷量供冷,同时蓄存热量,以备冬用;冬季利用夏季蓄存的热量供热,同时蓄存冷量,以备夏用。夏热冬冷地区供冷和供暖天数大致相同,冷暖负荷基本相当,可用同一地下埋管换热器实现建筑的冷暖联供,实属一种节能又保护环境的绿色空调。通常地源热泵消耗1 kW的能量,用户可以得到4 kW左右的热量或冷量。

2 地源热泵技术的特点

1) 属可再生能源利用技术。地表浅层是一个巨大的太阳能集热器,收集了47%的太阳所散发的到地球上的能量。地源热泵利用的就是储存于地表浅层近乎无限的可再生能源,同时地能也是清洁的可再生能源。

2) 属经济有效的节能技术

由于地能或地表浅层地热资源的温度相对稳定,这种温度特性使地源热泵比传统空调系统运行效率要高40%,运行费用可节约30%~40%。

3) 环境效益显著

地源热泵的污染物排放,与空气源热泵相比,相当于减少40%以上,与电供暖相比,相

当于减少70%以上,如果结合其它节能措施节能减排会更明显。

4) 一机多用,应用范围广

地源热泵系统可供暖、空调,还可供生活热水,一机多用,一套系统可以替换原来的锅炉加空调的两套装置或系统;可应用于宾馆、商场、办公楼、学校等建筑,更适合于别墅住宅的采暖、空调。

5) 不占用地面土地

地源热泵的换热器埋在地下,可环绕建筑物布置;可布置在花园、草坪、农田下面或湖泊、水池内;也可布置在土壤、岩石或地下水层内,还可在混凝土基础桩内埋管,不占用地表面积。

3 关键技术

作为一项结合土壤环境学、钻探、热交换、制冷、暖通空调、建筑材料学等多学科知识的技术,影响地源热泵系统性能的因素是多方面的。根据目前已有的实例分析,其关键技术是地下换热器的优化设计、土壤热性能研究、回填材料的研发和供暖/制冷系统的合理配置。

1) 地下换热器优化设计

地下换热器的设计合理与否直接影响到地热利用效率和投资成本,是当前闭式地源热泵技术推广的难点。采用紊流技术提高热传导效率,可以达到节约钻孔数,并结合优化的地下换热器的类型、数量,可以降低投资成本。

2) 土壤的热性能研究

地源热泵系统的性能与土壤性能是紧密相关的,土壤环境中热源的最佳间隔和深度取决于土壤的热性质和气象条件,并且是随地点而变化的。研究地源热泵所应用地区的土壤环境温度和热流性质是地源热泵系统成功使用的前提,也是进行地源热泵方案设计的基础。土壤的性能研究主要包括土壤的能量平衡、热工性能、土壤中的传热与传湿和环境对土壤热工性能的影响等。

土壤的热工性能,土壤热参数一般是指定容比热 C 、导热系数 λ 和热扩散度 D_r ,为了解温度随时间和空间的变化规律,必须测量或计

算这三个参数的值。

3) 回填材料的研发

地源热泵系统地下换热器就是将大地作为热源和热汇, 通过与地层发生热交换而达到换热的目的。位于循环系统中的热交换介质与地层之间的热交换作用总是通过位于其间的回填材料与 U 型管的材质来完成的, 所以回填材料以及 U 型管的材质的导热系数决定着系统热交换的效率。

在以 U 型管中的热交换介质为液体柱所形成的热场中, 主要的研究对象有三个方面: 与热交换介质紧密接触的 U 型管材质、回填材料、地层的热物性。它们都是整个系统研究的基本性研究工作。

4) 地源热泵系统的合理配置

目前, 在我国已经运行的地源热泵系统中, 存在着一些问题, 其中系统的配置是一个重要的方面。如何对热泵、风系统管道、水系统管道、中央泵站、机房集管和管道之间的配置进行优化, 提出一套合理的配置方案也是地源热泵技术得以广泛应用的重要因素。

4 地源热泵的工程应用

长春市地源热泵采暖/制冷实验示范项目是由日本政府提供全部资金和设备的国际合作与开发项目, 旨在推广地源热泵的运用。

工程共计施工地下热交换井 16 口, 孔深 100 m, 开孔口径 $\phi 150$ mm, 终孔口径 $\phi 100$ mm, 间距为 5 m。最后由于场地的实际情况, 小距离的移动了 3 个孔位。

其钻孔的平面布置见图 3。

该工程施工工期为 45 d。自投入使用以来, 经过监测, 外界温度最低达到零下 30°C 以下时, 装置安全运行, 室内温度稳定在 $15 \sim 20^{\circ}\text{C}$ 。另外经测试计算 COP 值平均为 3.1, CO_2 的减少量为 30 t, SO_2 的减少量为 1.5 t (以长春地区每年取暖时间 165 d 计算)^[3], 无论是从节能还是从环保的角度来看, 都充分显示了地源热泵技术的优越性。

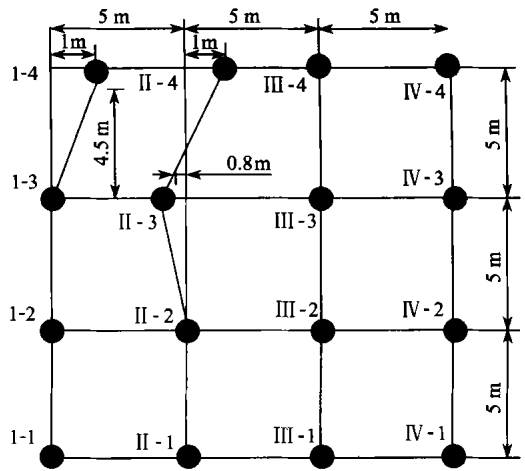


图 3 钻孔施工平面布置图

5 地源热泵技术展望

地源热泵系统作为一项新技术, 目前已取得很大发展, 虽然有许多问题亟待解决, 但应用前景非常广泛。瑞士学者 Rybach 在 1999 年指出, 中国是世界上直接利用地热潜力最大的国家, 名列世界第一, 原因有两个: 一是中国国土辽阔, 近地表低温地热资源丰富; 二是中国人口众多, 采暖和制冷工业的基础相对薄弱, 将来需求量无可比拟。地源热泵技术的推广离不开岩土钻掘工程, 特别是直埋式地源热泵系统, 其岩土钻掘工作量更大, 其钻孔长度与供暖/制冷建筑面积的比约为 1~2 倍, 地下系统的投资约与地上系统相平。这既为岩土钻掘工程开辟了一个新领域, 也提供了一次发展的机遇。

参 考 文 献

- 1 耿惠彬. 热泵. 北京: 机械工业出版社, 1986
- 2 孙友宏 胡克 庄迎春等. 岩土钻掘工程应用新领域——地源热泵技术. 岩土钻掘工程 2002(增刊): 7~12
- 3 高彬, 真司·池内等. 中国长春市: 极寒冷地への地中热利用ヒートポソフ技术の适用·普及调查. 技术情报. 地热, 2001(3): 43~49

收稿日期: 2002-09-26